

モンゴル国  
鉱業省

# モンゴル国

## 石炭開発利用マスタープラン調査

2013年11月

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

委託先  
（一財）石炭エネルギーセンター

産公
JR
13-162

## 目次

第 1 章 序論	1
1.1 調査の背景	1
1.1.1 「モ」国の概要	1
1.1.2 「モ」国における産業と経済成長の現況	2
1.2 調査の目的	3
1.3 調査のフロー	4
1.4 調査体制	4
1.4.1 カウンターパート機関	4
1.4.2 新・旧政府組織	6
1.4.3 調査団の構成及び分担	7
1.5 調査スケジュール	10
第 2 章 主要な石炭供給国及び北東アジア等の石炭需給予測	11
2.1 世界のエネルギー需給現状分析	11
2.1.1 世界のエネルギー需給	11
2.1.2 アジアのエネルギー需給	13
2.2 世界の石炭需給及び価格の将来動向分析	17
2.2.1 世界の石炭埋蔵量	17
2.2.2 石炭需給の現状	17
2.2.3 石炭需給の見通し	33
2.2.4 石炭価格の現状と見通し	43
2.3 北東アジア等における石炭需給の将来予測と北東アジアの石炭市場の将来分析	46
2.3.1 石炭需要	46
2.3.2 石炭供給	55
2.4 「モ」国の石炭需給実績と輸出可能性予測	68
2.4.1 石炭需給実績	68
2.4.2 輸出可能性予測	69
第 3 章 石炭開発分析と将来の開発計画	75
3.1 「モ」国の石炭関連法・政策のレビュー	75
3.1.1 新鉱物資源法	75
3.1.2 地方開発基本理念	78
3.1.3 鉱物分野開発政策	79
3.1.4 投資政策	80
3.1.5 石炭プログラム	81
3.1.6 「石炭分野開発」に係わる国の指針	81
3.1.7 「モ」国政府が発表した優先的に実施される大型事業概要	82
3.1.8 石炭生産・販売に伴う税制	82
3.2 既存炭鉱の状況と新規炭鉱計画	85
3.2.1 概要	85

3.2.2	南ゴビ	93
3.2.3	東ゴビ	101
3.2.4	Ulaanbaatar 周辺	102
3.2.5	北部	104
3.2.6	西部	106
3.2.7	東部	109
3.2.8	南部	110
3.2.9	炭鉱生産計画の課題と提言	112
3.3	経済インフラ開発計画	119
3.3.1	経済インフラ調査計画概要	119
3.3.2	国内インフラの現状と課題	121
3.3.3	石炭輸出に係るケーススタディ	137
3.3.4	コンテナ輸送に関する調査結果	148
3.3.5	その他の石炭輸送手段	149
3.3.6	経済インフラに関する課題と提言	150
3.4	石炭開発の新技術	151
3.4.1	CBM (Coal Bed Methane)	151
3.4.2	地下ガス化 (Underground Coal Gasification, UCG)	152
第4章	石炭利用技術の活用可能性	153
4.1	「モ」国における石炭利用の現状と改善可能性の検討	153
4.1.1	石炭火力発電所	153
4.1.2	HOB 及び産業ボイラ	184
4.1.3	民生・公共事業・運輸部門	190
4.1.4	ハウスコーキスの製造状況	197
4.1.5	選炭技術の現状分析と改善可能性の検討	204
4.2	「モ」国におけるこれからの石炭利用技術導入	209
4.2.1	世界の石炭利用の概要と動向	209
4.2.2	「モ」国への石炭利用技術導入の概論	213
4.2.3	「モ」国の石炭利用技術導入の可能性とリスク分析	227
4.3	2025年までの「モ」国のエネルギー需要予測	241
4.3.1	調査の方法	241
4.3.2	エネルギーの需給状況及び石炭等の用途	242
4.3.3	2025年までのエネルギー需要の見通し	247
4.3.4	2025年までの石炭国内需要の見通し	258
第5章	石炭関連施設における環境保全計画	260
5.1	環境保全の取り組みに係る世界の現状と「モ」国の現状	260
5.1.1	環境保全の取り組みに係る世界の現状	260
5.1.2	環境保全の取り組みに係る「モ」国の現状	268
5.2	関連法整備・政策のレビュー	274
5.2.1	「モ」国の石炭に係る環境関連法及び政策の一覧	274

5.2.2	主要環境関連法及び政策の内容	275
5.3	「モ」国における環境保全の技術的現状	276
5.3.1	上流分野（炭鉱・輸送）における環境保全の現状	277
5.3.2	下流分野における環境保全の現状	282
5.3.3	遊牧民への社会配慮	288
5.4	環境保全に関する課題と提言	290
5.4.1	炭鉱開発・操業分野	290
5.4.2	石炭利用分野	290
5.4.3	法整備・政策関連	291
5.4.4	遊牧民関連	292
第 6 章	石炭開発・利用マスタープランの策定と提言・アクションプラン	293
6.1	石炭開発マスタープラン	293
6.1.1	石炭開発の提言とアクションプランの項目	293
6.1.2	マスタープラン	296
6.1.3	提言とアクションプランの項目とスケジュール	298
6.2	石炭利用マスタープラン	301
6.2.1	石炭利用状況と予測	301
6.2.2	マスタープラン	304
6.2.3	提言、アクションプランの項目とスケジュール	306
第 7 章	JCC ミーティングとワークショップ	311
7.1	JCC ミーティング議事録	311
7.2	ワークショップ	321
7.3	国内研修	326

## 参考資料

1.1 「モ」国の石炭に関する政策案	330
1.1.1 石炭プログラム	330
1.1.2 「石炭分野開発」に係る国の指針	331
1.1.3 「モ」国政府が発表した優先的に実施される大型事業の内容	336
1.2 石炭開発の新技术	337
1.2.1 CBM (Coalbed Methane)	337
1.2.2 石炭地下ガス化	337
1.3 世界の石炭利用技術の概要	343
1.3.1 選炭技術	340
1.3.2 改質・加工技術	351
1.3.3 燃焼技術	358
1.3.4 ガス化技術	360
1.3.5 液化技術	369
1.3.6 製鉄技術	373
1.3.7 熱分解技術	377
1.3.8 排煙処理技術	379
1.3.9 石炭灰有効利用技術	385
1.3.10 活性炭製造技術	388
1.4 法令等	390
1.4.1 2003年8月21日付国家専門監査総庁第309指令「鉱山を一時的及び最終的に閉山することに対する規則」	390
1.4.2 「モ」国における環境基準	394
1.4.3 日本における高圧ガス等保安に関する代表的な保安規則	399

## 略語表

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
APEREC	Asia Pacific Energy Research Center	アジア太平洋エネルギー研究センター
BOT	Build Operate Transfer	民間企業活用インフラ建設方式
BREE	Bureau of Resources and Energy Economics	資源・エネルギー経済局
CBM	Coalbed Methane	炭層メタンガス
CCS	Carbon Capture and Storage	二酸化炭素回収・貯留
CCT	Clean Coal Technology	クリーンコールテクノロジー
CHP	Combined Heat & Power	熱電供給システム
COG	Coke Oven Gas	コークス炉ガス
COM	Coal Oil Mixture	石炭・重油混合燃料
CWM	Coal Water Mixture	石炭・水混合燃料
DME	Dimethyl Ether	ジメチルエーテル
DOR	Department of Road	モンゴル道路庁
EIA	Energy Information Administration	米国エネルギー省・エネルギー情報局
FIFTA	Foreign Investment and Foreign Trade Agency	外国投資庁
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GTZ	German Technical Assistance Agency	ドイツ技術協力公社
HGP	Herlen Gobi Pipeline Project	エルレン川-ゴビ砂漠パイプラインプロジェクト
HOB	Heat Only Boiler	熱供給ボイラ
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IEEJ	The Institute of Energy Economics, Japan	日本エネルギー経済研究所
IEO	International Energy Outlook	国際エネルギーアウトルック
IGCC	Integrated Gasification Combined Cycle	石炭ガス化複合発電
IGFC	Integrated Gasification Fuel Cell	燃料電池複合発電
IMF	International Monetary Fund	国際金融基金
JCC	Joint Coordinating Committee	共同調整委員会
JCOAL	Japan Coal Energy Center	石炭エネルギーセンター
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LPG	Liquefied Petroleum Gas	液化石油ガス
MCA	Millennium Challenge Account-Mongolia	モンゴル国ミレニアム・チャレンジ・アカウント
MMRE	Ministry of Mineral Resources and Energy	モンゴル鉱物資源エネルギー省
MNS	Mongolian National Standards	モンゴル国標準規格
MRAM	Mineral Resources Authority of Mongolia	モンゴル鉱物資源庁
MTG	Methanol to Gasoline	メタノール由来合成ガソリン
MTZ	Mongolian Railway State Owned Shareholding	モンゴル鉄道

NAQ	National Air Quality	国家大気質庁
NEB	National Energy Board	国家エネルギー委員会
OGP	Orhon-Gobi Pipeline Project	オルホン-ゴビ砂漠パイプラインプロジェクト
OJT	On the Job Training	職場内訓練
RAM	Railway Authority of Mongolia	モンゴル鉄道庁
toe	Ton of oil equivalent	石油換算トン
UBC	Upgraded Brown Coal	改質低品位炭
USC	Ultra Super-Critical	超超臨界圧力プラント
WB	World Bank	世界銀行
WEC	World energy Council	世界エネルギー会議
WEO	World Energy Outlook	世界エネルギーアウトルック

# 第1章 序論

## 1.1 調査の背景

モンゴル国（以下、「モ」国）は、金、銅、石炭、ウラン、レアメタル等の鉱物資源が豊富であり、これまで80種類の鉱物資源、1,000か所の鉱床、8,000か所の鉱物資源の存在が確認されている。鉱業のGDPに占める割合は2002年に10%であったが、2011年には22%に達し、輸出の83%を占めるなど、今日の「モ」国にとって最も重要な産業となっている。

特に石炭については、これまで「モ」国では主に国内用エネルギー源として利用していたが、南ゴビ地域のTavan Tolgoi炭鉱（未開発石炭炭鉱では世界最大、埋蔵量約64億t）の開発が開始されつつあり、今後数年で5,000万t規模に海外輸出が拡大することが見込まれている。特にコークス用原料炭輸出が期待されている。更に、炭鉱開発を含めた資源開発プロジェクトも計画・進行しており、周辺インフラ開発計画（鉄道・道路・電力等）が公表されるなど、「モ」国の石炭セクターを取り巻く環境がここ数年で急激な変化を遂げている。しかしながら、将来の石炭開発政策、石炭利用政策を含む「モ」国政府の「石炭プログラム」については、2007年より策定が計画されているものの、未だに確定されていない状況であり、輸出戦略なども含む中長期的計画の策定が求められている。

このような状況において、中長期における総合的な石炭の開発及び利用に関するマスタープランの作成を内容とする「石炭開発利用マスタープラン調査」が「モ」国政府より我が国政府に要請された。これを受けて、JICAは2011年7月、要請内容の確認のための協議を行い、「モ」国要請機関である鉱物資源エネルギー省は1995年にJICAが実施した「モンゴル石炭産業総合開発調査」の内容をレビューするマスタープランの作成を要望していることが確認された。その後、2011年12月の詳細計画策定調査を経て、2012年3月にRecord of Discussionの署名を行った。

### 1.1.1 「モ」国の概要

「モ」国は、ロシアと中国の間に挟まれた内陸国であり、全面積は1,565,600km<sup>2</sup>と日本の約4.2倍である。国土の約65%はステップと呼ばれる草原、南部には砂漠（ゴビ砂漠）が広がり国土の約15%を占めており、森林と山岳地帯は約12%で主に北部に位置している。

「モ」国のエネルギーバランスの特徴としては、一次エネルギーに占める石炭の割合が高いということが挙げられる。2009年のデータ<sup>1</sup>では、石炭が一次エネルギーに占める割合は72.9%であった。将来的に「モ」国における石炭依存割合は、輸送部門の発達に伴い、石油の消費量が増加することにより、現状に比べて相対的に減少することが予測されているが、一次エネルギーに占める石炭の割合は2030年予測値<sup>1</sup>で59.8%と依然として高く、「モ」国における主たるエネルギー源としての石炭の地位は変わらないと言える。

石炭の用途としては、電力・熱供給CHP（Combined Heat & Power）が80%、住宅用燃料9%、工業その他11%である。特に熱の供給が極めて重要で、主要な発電所は全てCHP方式である。発電所では年間平均で石炭の約60%が電力、40%が熱に消費されるが、熱生産の約80%は冬場（9

<sup>1</sup> IEA Statistics & Balance, [http://www.iea.org/stats/pdf\\_graphs/MNTPES.pdf](http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/MNTPES.pdf)



月/中～5月/中) のものである。

「モ」国の石炭資源は15の主要石炭堆積盆に埋蔵されており、約320か所以上の石炭鉱床が確認されている。「モ」国の資源量は1,650億tであり、その内の約70%が褐炭と言われている。「モ」国の2011年石炭生産量は約3,300万tであり、その内の約620万tが国内で消費され、約2,600万tが輸出されている。「モ」国の石炭輸出量は2003年より急激に増加しており、大部分が中国向け原料炭である。中国における石炭の需要は、2008年～2035年間で年平均1.2%増加し、2035年には約28億tに達するとの予測があり、今後更に「モ」国石炭の輸入量が伸びるものと予想される。

近年、「モ」国においては大規模炭鉱の開発計画が進み、特に南ゴビ地方における原料炭の開発は世界的な注目を集めている。「モ」国政府は南ゴビにあるTavan Tolgoi 鉱床を「戦略的重要鉱床」と位置づけ、開発方針等を政府主導で進めている。「モ」国政府が保有する鉱区は、WEST TSANKHI 地域と EAST TSANKHI 地域に分けられ、EAST TSANKHI 地域は、国営企業である Erdenes Tavan Tolgoi 社が現在採掘を進めている。一方、WEST TSANKHI 地区は、開発方式を「モ」国が独自に行うのか、外資によるのか新政権になり未だ不明であるが、近いうちには資源量6億tと言われる WEST TSANKHI 地区の開発が開始されるものと思われる。

1997年に制定された「モ」国の鉱物資源法では、国内はもとより、外国からの申請者に対しても鉱区が開放されており、税の優遇措置も受けることが可能であった。このため、国内では一部に、貴重な資源の国外持ち出しにより自国への利益の還元がない、国益の損失であるといった意見も出てきた。このような背景から、鉱物資源法改定が行われ、新鉱物資源法では資源開発による国益の確保、更に近年各国で叫ばれている環境保護にメスが入れられ、今後国内資源開発の発展に繋がるものと期待されている。

### 1.1.2 「モ」国における産業と経済成長の現況

表1-1に「モ」国の経済概況について示す。「モ」国の基幹産業は、モリブデン、銅、石炭を中心とした鉱業、畜産業を中心とした農牧林業である。農牧林業では、カシミヤ、羊毛、皮革、毛皮、木材・家具などが中心である。鉱業では、モリブデン、銅、石炭が多く産出されている他、金、銀、錫、タングステン、鉛、オイルシェル、石油などの開発が期待されている。

2008年までの「モ」国経済は、主要輸出産品である鉱物資源の世界市場における価格高騰の影響を受けて順調に推移してきたが、石油製品・穀物価格の高騰、世界同時経済不況による資源価格やカシミヤ原毛価格の急落等の要因により、「モ」国経済は大きく落ち込んだ。2008年の経済成長率は、世界同時不況が発生するまで銅の価格が高値で推移していたこともあり、8.9%とそれほど低下しなかったが、2009年は1.3%まで低下した。

こうした「モ」国経済に対しIMFの財政プログラム及び同プログラムに基づく政府の財政引締め政策、また最大の輸出相手国である中国経済の回復と資源価格の再上昇により、「モ」国経済はV字回復傾向にあり、2010年の成長率は6.3%、2011年は17.26%であった。

一方、鉱物資源価格の上昇に伴う予算収入の増加により、「モ」国政府は、「人間開発基金」を創立し、国民一人当たり150万Tgを分配する政策、2010年10月より公務員の給与の30%引上げの決定等を再び始めている。2010年は幸いにも鉱物資源価格の上昇により財政黒字となったが、鉱物資源価格が下落すれば「モ」国のマクロ経済に再び大きなダメージを与える可能性が高いことが懸念される。

今後の「モ」国経済における主要な課題としては以下の項目が考えられる。近年の「モ」国経済は、銅をはじめとする鉱物資源価格の変動に大きく左右されており、今後安定した経済成長を目指すためには、鉱物資源開発における着実な進展を目指す一方で、鉱物資源のみに依存しない経済構造の構築が求められる。

- 1) 銅・金鉱床、石炭鉱床等、鉱物資源分野における開発の推進
- 2) 貧困対策、貧富の格差の縮小
- 3) インフラの整備
- 4) 地域開発による地域格差の縮小
- 5) 環境破壊対策

表 1-1 「モ」国の経済概況

主要産業	鉱業 牧畜業 流通業 軽工業	主要貿易品目	(1)輸出 鉱物資源（石炭、銅精鉱、螢石） 原油 牧畜産品（カシミア、皮革）
各目 GDP	8,557.6 百万米ドル (2011 年、世界銀行)		(2)輸入 石油燃料
一人当たり GDP	2,562 百万米ドル (2011 年、世界銀行)		自動車 機械設備類
経済成長率	17.3% (2011 年、NSC)		日用雑貨
インフレ率	10.2% (2011 年、NSC)		医薬品
失業率	約 7.7% (2011 年、NSC)	外貨準備高	2,273.9 百万ドル (2011 年、NSC)
貿易総額	11,415.9 百万ドル (2011 年、NSC) (収支: -2,568.3 百万米ドル) (1)輸出 4,817.5 百万米ドル (2)輸入 6,598.4 百万米ドル	主要貿易相手国	(1)輸出 (2011 年、NSC) 中国、ロシア、カナダ、イタリア、韓国 (2)輸入 (2011 年、NSC) 中国、ロシア、アメリカ、日本、韓国
		通貨	トグログ (MNT)
		為替レート	1 米ドル=1,265.46 トグログ(2011 年通年平均、NSC)
		2011 年度 国家予算	収支 約 1 百万米ドル (2011 年、NSC) 歳入 約 4 兆 401 億トグログ (約 3,477.5 百万米ドル) 歳出 約 4 兆 792 億トグログ (約 3,786.8 百万米ドル)

出典：外務省ホームページ 2012 年 8 月現在

## 1.2 調査の目的

本業務は、2025 年を目標年次とした「モ」国の持続可能な石炭開発利用計画を策定することを目的としている。具体的には、石炭の輸出多角化を見据えた北東アジア等（日本、中国、韓国、ロシアを中心に東南アジアを含む「モ」国炭の潜在的輸出市場等）における石炭需給予測の検討を行い、「モ」国石炭開発に係る既存の情報の整理・分析及びクリーンコールテクノロジー (CCT)

等の石炭利用技術の活用可能性を検討した上で、石炭開発利用マスタープランの作成を行うものである。

### 1.3 調査のフロー

本調査の石炭開発利用マスタープラン検討フローを図 1-1 に示す。

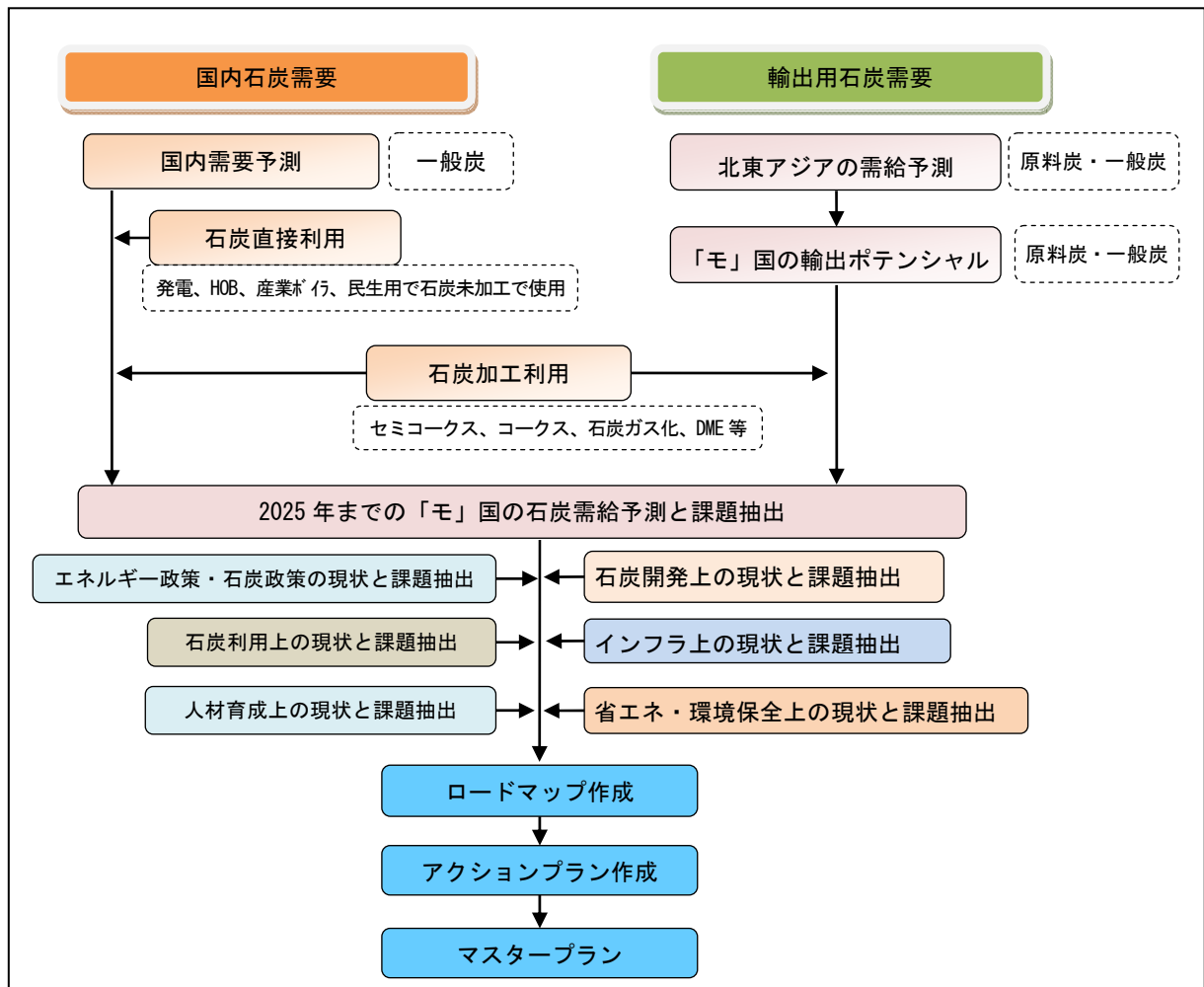


図 1-1 石炭開発利用マスタープラン検討フロー

### 1.4 調査体制

#### 1.4.1 カウンターパート機関

カウンターパートである Joint Coordinating Committee (JCC) のメンバーセクターを中心に実務担当者を選定したカウンターパートチームを設置、担当業務毎に技術移転を含めて、資料・データ分析、計画業務を、その他関連機関とともに密接に連携して実施した。

本事業実施中に 2012 年 6 月 28 日の総選挙の結果、省庁の改編が行われた。図 1-2 に旧政権下、図 1-3 に新政権下でのカウンターパート機関を記載する。

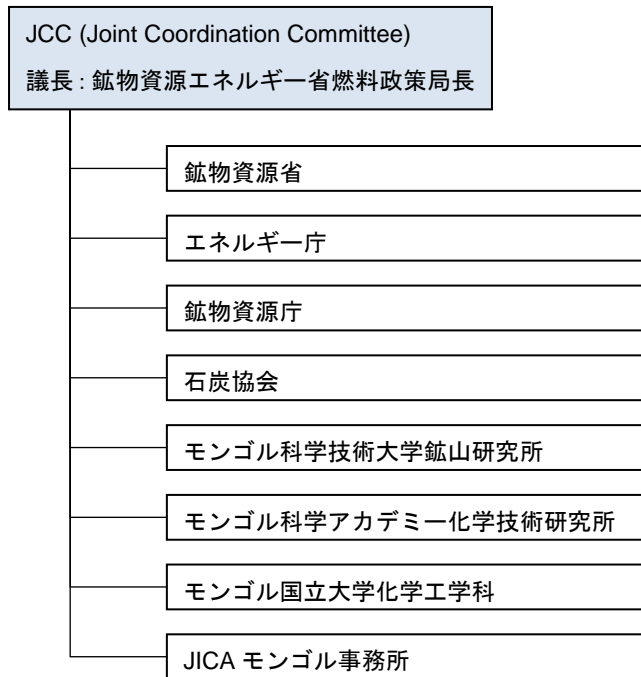


図 1-2 旧政権での JCC メンバー

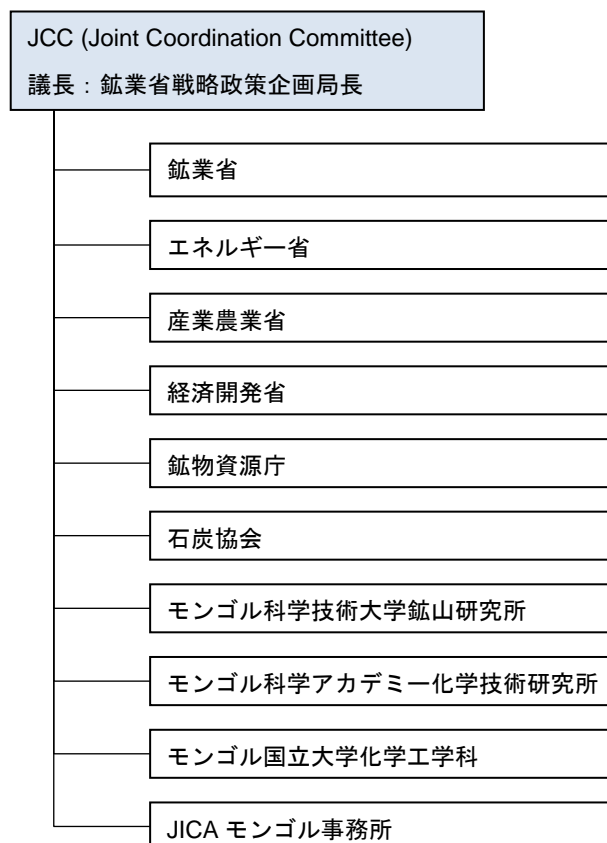


図 1-3 新政権での JCC メンバー

## 1.4.2 新・旧政府組織

### (1) 旧組織

図 1-4 に旧政権下の鉱物エネルギー省の組織図を示す。色塗りの部分は旧政権下でのカウンターパート窓口である燃料政策局である。

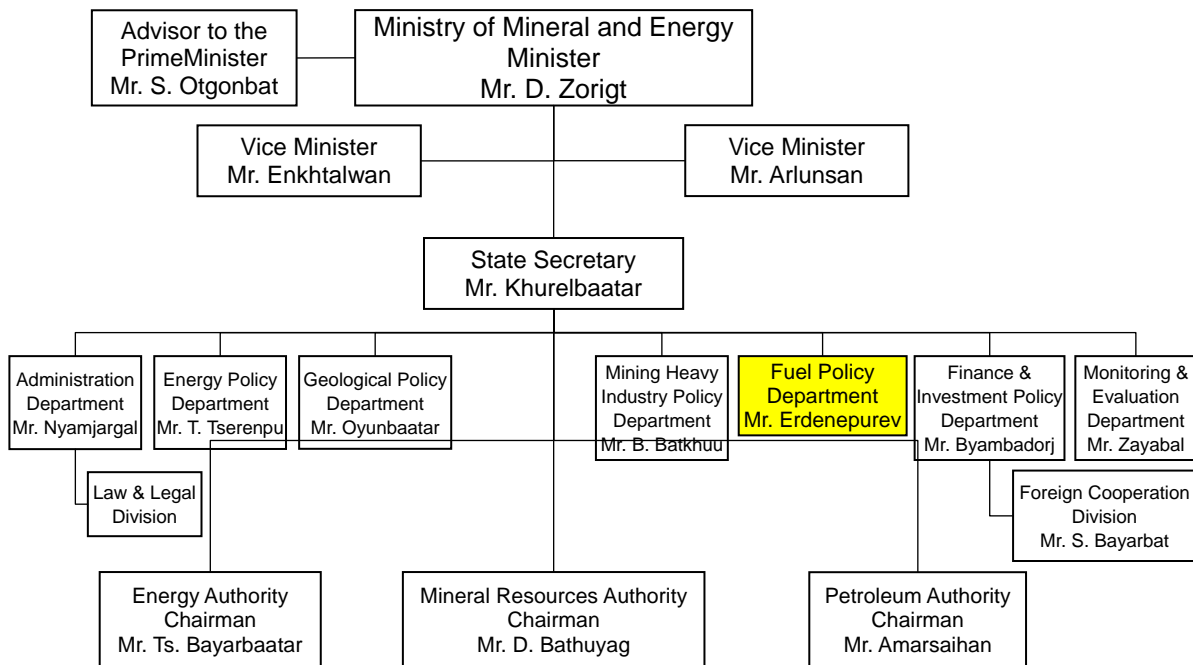


図 1-4 2012年8月までの資源エネルギー省の組織

### (2) 新組織

図 1-5 に新政権下の鉱業省の組織図を示す。色塗りの部分は新政権下でのカウンターパート窓口である戦略政策企画局である。

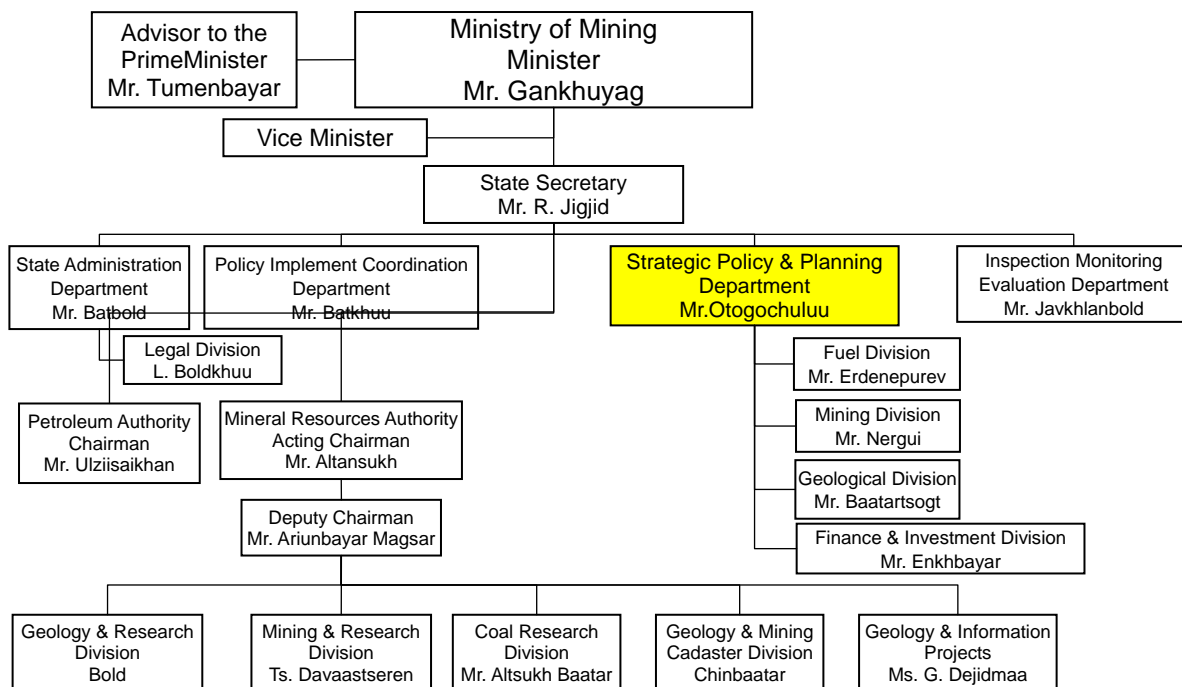


図 1-5 2012年9月以降の鉱業省の組織

### 1.4.3 調査団の構成及び分担

#### (1) 調査団の編成

マスタープラン調査団は、下記の4つのチームから構成されている。

- (a) 北東アジア等の石炭需給の将来予測チーム
- (b) 石炭開発の現状分析と将来の開発計画チーム
- (c) 石炭利用技術の活用可能性チーム
- (d) 石炭関連施設における省エネ・環境保全計画チーム

#### (2) 作業分担内容

本調査の業務従事者毎の分担作業内容を表 1-2、表 1-3 に示す。

表 1-2 分担作業内容 (1)

氏名	担当	業務内容
遠藤 一	総括	全体総括 石炭開発利用マスタープランの全体策定 アクションプランの総括
上原 正文	副総括/石炭開発	総括の補佐 石炭開発利用マスタープラン（石炭需給、石炭開発、経済インフラ）の策定 アクションプラン（石炭需給、石炭開発、経済インフラ）の精査
森田 浩仁	経済・市場分析 1	北東アジアの石炭需給（石炭市場）の将来分析（総括、石炭供給国を担当） 主要石炭生産国の供給能力 モンゴル炭の北東アジア市場への進出の可能性 モンゴル国内既存炭鉱の石炭供給可能性の分析 モンゴル国による石炭の将来供給量の検討
佐川 篤男	経済・市場分析 2	北東アジアの石炭需給（石炭市場）の将来分析（石炭消費国を担当） 中国、韓国、台湾、日本の石炭需要予測（上記各国の石炭需要モデル作成） インド、東南アジア諸国の石炭需要見通し 世界のエネルギー需給の分析 世界の石炭需要及び価格の将来動向の分析
山下 栄二	石炭開発計画 1	モンゴル国石炭関連法整備・政策のレビュー モンゴル国の「石炭プログラム」策定に向けた提言を前提としたモンゴル国内の炭鉱開発、経済インフラ開発の課題と提言 石炭開発計画総合検討
田中 恒祐	石炭開発計画 2	モンゴル国内石炭情報レビュー（炭田分布、石炭埋蔵量及び賦存状況） モンゴル国内の炭鉱開発計画のレビュー
小泉 光市	石炭開発計画 3	モンゴル国内炭鉱の生産状況、開発計画等の情報収集及び分析 石炭生産に関する法整備の検討と提案
川村 靖	石炭利用計画 1	世界の石炭利用の概況 石炭利用関連法整備・政策のレビュー 石炭開発利用マスタープラン（石炭環境政策、石炭利用政策）の提言 DME 担当からの新利用技術（CCT）等の石炭利用技術の活用可能性の検討 DME 技術担当
小山 俊太郎	石炭利用計画 2	石炭ガス化・発電担当からの新利用技術（CCT）等の石炭利用技術の活用可能性の検討 石炭ガス化・発電技術担当 石炭利用技術に向けた人材育成、教育等の提案と OJT の具体的な提案

表 1-3 分担作業内容 (2)

氏名	担当	業務内容
小柳 伸洋	CCT・ガス化 1	新利用技術 (CCT) 等の石炭利用技術の活用可能性の検討 モンゴル国選炭技術の現状分析と改善可能性の検討
中村 貴司	CCT・ガス化 2	2025 年をターゲットとしたモンゴル国の適用可能性 (ブリケット、コークス、ガス化、DME) の経済評価検討
山田 敏彦	CCT・ガス化 3	モンゴル国鉱工業・建設部門 (発電用ボイラー等) における石炭利用の現状と改善可能性の検討
高田 茂伸	CCT・ガス化 4	モンゴル国鉱工業・建設部門 (産業用ボイラー等) における石炭利用の現状と改善可能性の検討
鎌田 淳一	CCT・ガス化 5	現地ワークショップの開催 石炭利用技術を中心とした本邦研修プログラムの検討・策定
今野 泰宏	CCT・ガス化 6	モンゴル国電力部門 (発電用タービン等) における現状と改善可能性の検討
常 静	CCT・ガス化 7	CCT 情報収集業務
石原 紀夫	関連インフラ計画 1	石炭の開発インフラに係る既存のデータの分析・モンゴル国の国家石炭プログラム策定に向けた提言を前提としたモンゴル国内の経済インフラ開発の課題と提言
古賀 判司	関連インフラ計画 2	石炭の開発インフラに係る既存のデータの収集・整理 (国内需要家向け輸送、鉄道輸送、道路輸送)
井上 晴夫	環境社会配慮 1	「JICA 環境配慮ガイドライン」 カテゴリー C に則り、マスタープラン提案内容で環境や地域社会に及ぼすまたは及ぼす恐れのある影響について調査、予測、評価の実施 省エネ・環境保全の取組にかかる世界の潮流とモンゴル国の現状分析 2025 年をターゲット年としたモンゴル国省エネ・環境保全計画の検討
富田 新二	環境社会配慮 2	省エネ・環境保全の関連法整備・政策のレビュー モンゴル国の省エネ・環境保全の技術的現状と可能性の検討



### 1.5 調査スケジュール

図 1-6 に本調査における全体の調査計画を示す。

年	2012								2013		
月	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
現地調査	第一次調査 □		第二次/第三次調査 □		第四次調査 □			第五次調査 □			
国内作業	□	□	□		□			□			
報告書提出	▲ インセプション		▲ プロGRESS			▲ インテリム			▲ ドラフトファイナル		
JCC	▲		▲			▲			▲		
W/S	第1回W/S					第2回W/S			第3回W/S		

年	2013									
月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
現地調査				第六次調査 □		第七次調査 □				
国内作業				□	□	□				
報告書提出							▲ ファイナル			
JCC						▲				
W/S						第4回W/S				

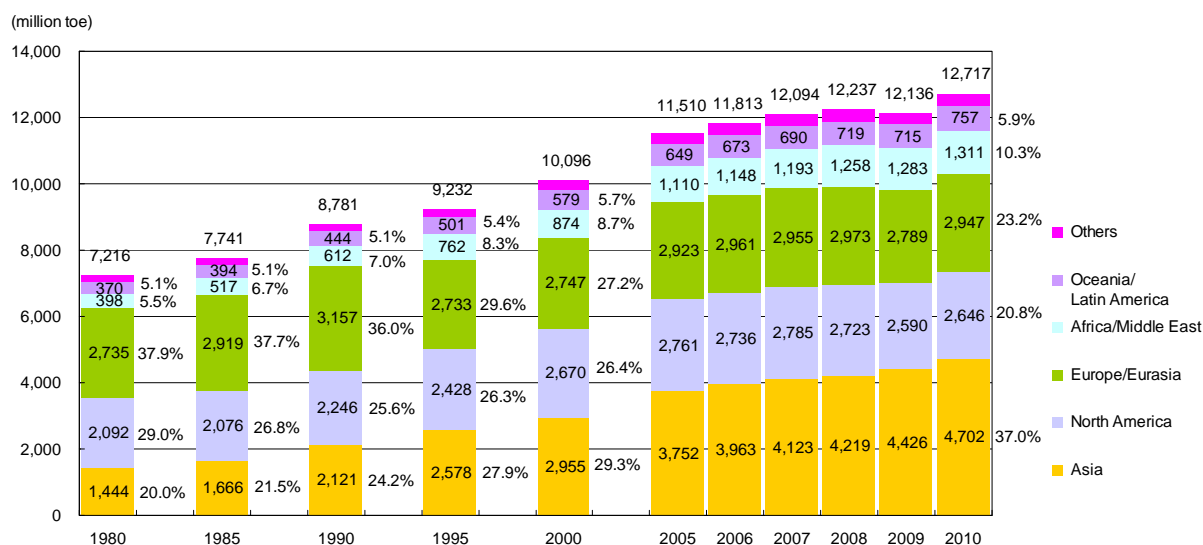
図 1-6 調査計画

## 第2章 主要な石炭供給国及び北東アジア等の石炭需給予測

### 2.1 世界のエネルギー需給現状分析<sup>2</sup>

#### 2.1.1 世界のエネルギー需給

世界の一次エネルギー消費<sup>3</sup>は図 2-1 に示すように 2008 年までは右肩上がりの増加を示したが、2009 年に世界同時不況の影響から前年比で 1 億 200 万 toe (石油換算トン、ton oil equivalent) 減少し、121 億 3,600 万 toe となった。しかし、2010 年の一次エネルギー消費は、経済回復に伴い大きく増加し、前年比 5 億 8,200 万 toe 増の 127 億 1,700 万 toe となった。地域別に見ると、いずれの地域でもエネルギー消費を増加させており、特にアジア<sup>4</sup> (対前年比 2 億 7,600 万 toe 増) や欧州/ユーラシア<sup>5</sup> (同 1 億 5,900 万 toe 増) での増加が大きくなっている。地域別のシェアの変化を見ると、1980 年には欧州/ユーラシアが 37.9% で最大のシェアを占め、北米が 29.0% で続き、アジアは 20.0% にとどまっていた。しかし、1997 年以降、アジアが最大のシェアを占めるようになり、2010 年にはアジアのシェアが 37.0% にまで拡大しているのに対して、欧州/ユーラシアは 23.2% に、北米は 20.8% にそのシェアを縮小している。



注：その他は、国際航空及び外航海運のための燃料。

出典：IEA、「Energy Balance of OECD/Non-OECD Countries 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-1 世界の地域別一次エネルギー消費量の推移

世界のエネルギー消費をソース別に見ると、図 2-2 に示すように石油の消費が最も大きなシェアを占めており、石炭がこれに続いている。2000 年から 2010 年に向けてのソース別の消費量の

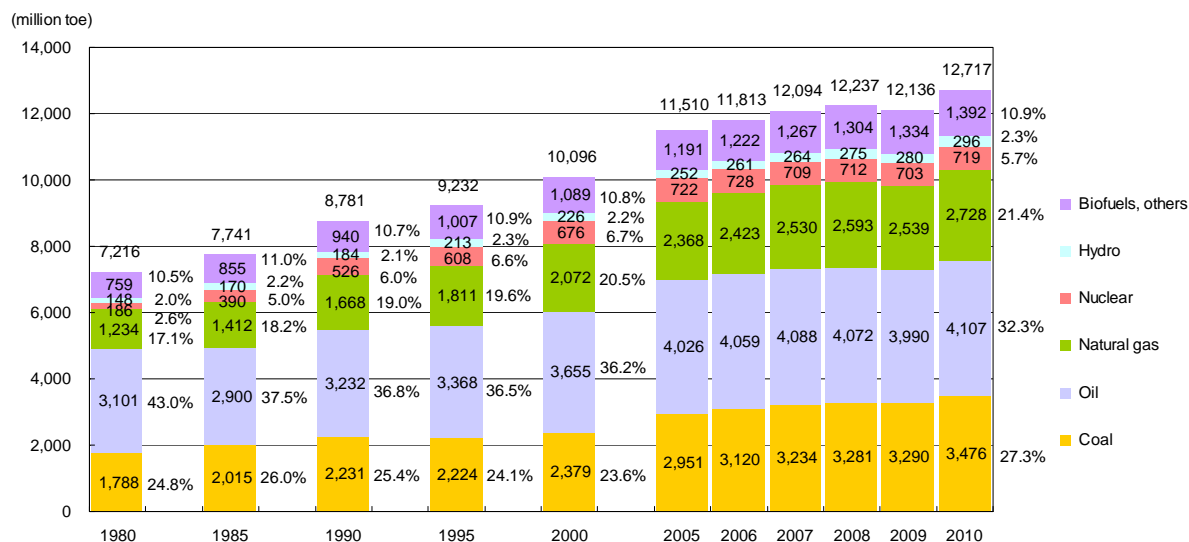
<sup>2</sup> IEA が 2012 年に発表したデータ (Energy Balance of OECD/Non-OECD Countries 2012) に基づく。

<sup>3</sup> IEA では各国の国内生産量に輸入量、輸出量等を考慮して、国内供給量を示している。ここでは、この国内供給量を消費量として取り扱う。

<sup>4</sup> アフガニスタン及びイラン以西の中東諸国と旧ソ連邦に属した中央アジア諸国を除く地域。

<sup>5</sup> ヨーロッパ諸国と旧ソ連邦に属した中央アジア諸国を含む地域。

伸びを見ると、化石エネルギーの中で石炭が年率 3.9%で最も高く、天然ガスが 2.8%、石油が 1.2%と続いている。これをシェアで見ると、2000 年では石油が 36.2%、石炭が 23.6%、天然ガスが 20.5%であったが、2010 年には石油が 32.3%、石炭が 27.3%、天然ガスが 21.4%に変化している。この間、石油が 3.9 ポイントシェアを低下させているのに対して、石炭は 3.8 ポイント、天然ガスは 0.9 ポイントシェアを拡大させた。



出典：IEA、「Energy Balance of OECD/Non-OECD Countries 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-2 世界のソース別一次エネルギー消費量の推移

次に、主要地域別（アジア、北米、欧州/ユーラシア、及びその他の地域<sup>6</sup>）に、一次エネルギー需給の特徴を整理する。図 2-3 に示すように、アジアでは石炭がエネルギー需給の主役となっていることがわかる。化石エネルギーについてはいずれも消費量が生産量を上回っており、域内だけで消費を満たすことができず、域外からの輸入に頼っている。特に、石油の輸入依存が他の地域よりも大きくなっている。石炭と天然ガスについては、域内での生産量も多く、域外からの輸入依存は小さい。

北米では石油の消費が最も大きく、域内の生産で消費を満たすことができず、不足分を輸入に頼っている。石炭は生産量が消費量を上回っており、カナダと米国は石炭の輸出国となっている。天然ガスについては、域内での生産量と消費量がほぼバランスが取れている。

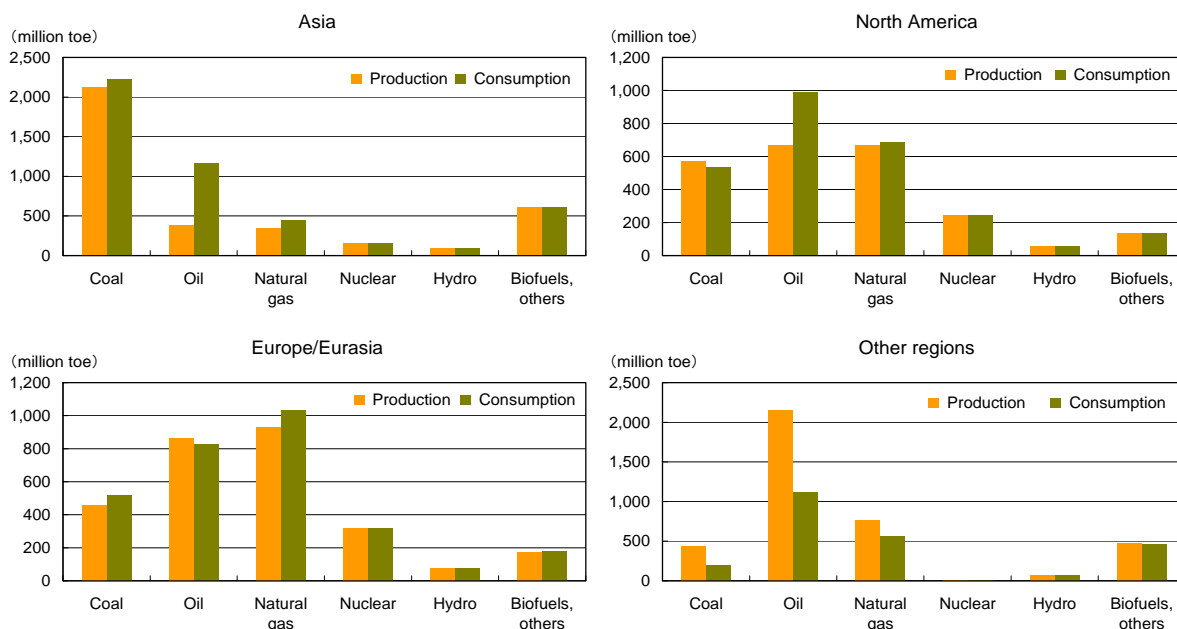
欧州/ユーラシアには旧ソ連等の産油国が含まれることから、アジアや北米と異なり石油の生産量と消費量はほぼバランスが取れている。一方、旧ソ連、ドイツ、ポーランド等は石炭、旧ソ連や北海沿岸諸国等は天然ガスの資源に恵まれるものの、地域全体としては消費量が生産量を上回っており、域外からの輸入を必要としている。

その他の地域は、主要な石炭輸出国である豪州（天然ガス輸出国でもある）、中東やアフリカの産油・産ガス国を含むことから、化石エネルギーについては消費量を生産量が上回っており、これらの国がアジア、北米、欧州/ユーラシアといった化石エネルギーを輸入に頼る地域への供給を担

<sup>6</sup> アジア、北米、欧州/ユーラシアを除く、アフリカ、中東、オセアニア諸国を含む地域。

っている。

尚、「バイオ燃料、他」は、まきや柴、廃棄物等の燃料が9割以上を占めることから、アジアやアフリカ等の途上国での消費が多い傾向にある。



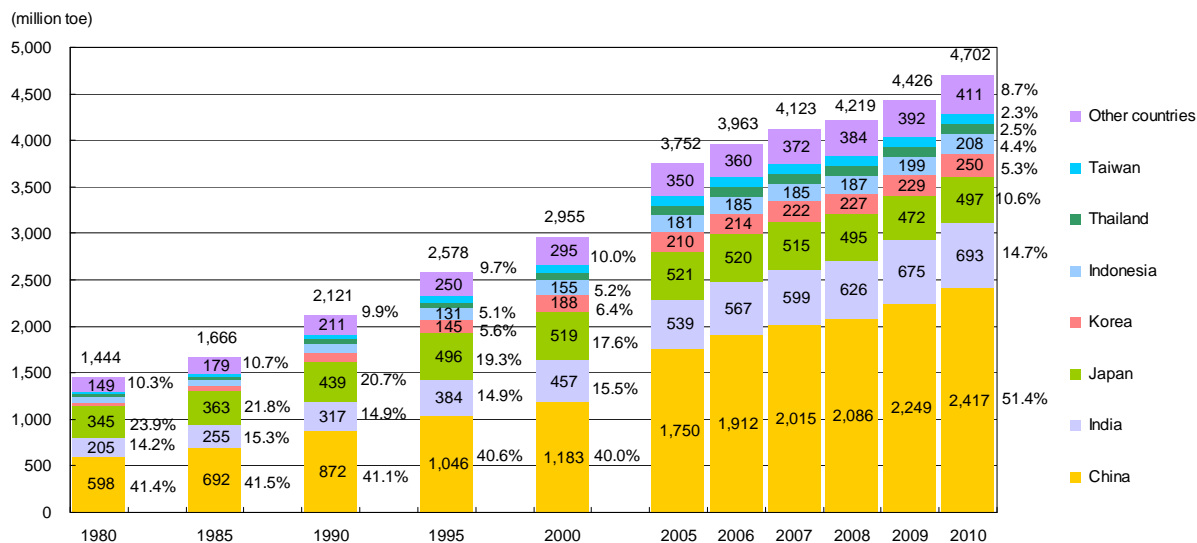
出典：IEA、「Energy Balance of OECD/Non-OECD Countries 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-3 2010 年における地域別一次エネルギー需給構成

### 2.1.2 アジアのエネルギー需給

アジア全体の一次エネルギー消費は、世界同時不況のあった 2009 年においても着実に増加し、2010 年の消費量は 47 億 200 万 toe であった。2010 年のアジアの一次エネルギー消費量を国・地域別に見ると、図 2-4 に示すように中国（対前年比 1 億 6,800 万 toe 増）や日本（同 2,500 万 toe 増）、韓国（同 2,100 万 toe 増）、インド（同 1,700 万 toe 増）等がエネルギー消費量を増加させている。国・地域別にシェアの変化を見ると、中国が最大のシェアを占めており、1980 年の 41.4% から 10.0 ポイント拡大し、2010 年には 51.4% となっている。インドのシェアは、同期間において 14% から 16% の間で推移している。日本は同期間にシェアを 13.3 ポイント減少させ、2010 年には 10.6% となった。

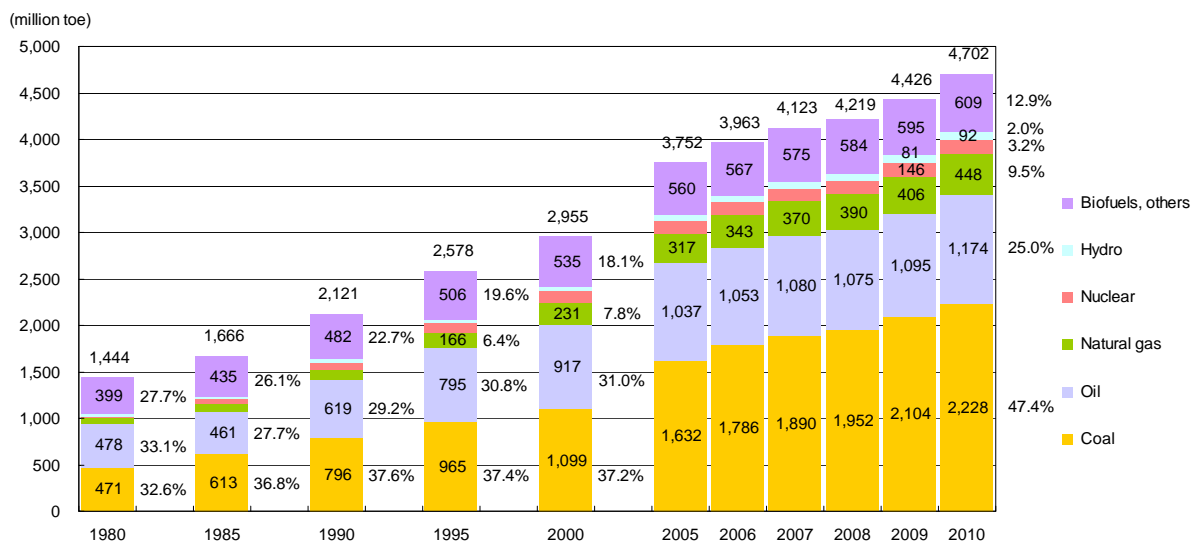
アジアのエネルギー消費をソース別に見ると、図 2-5 に示すように最大のシェアを占めるのは石炭となっている。2000 年から 2010 年に向けての伸びを見ると、化石エネルギーでは石炭が年率 7.3% と最も高く、天然ガスが 6.9% で続き、石油は 2.5% となっている。これをシェアで見ると、2000 年では石炭が 37.2%、石油が 31.0%、天然ガスが 7.8% であったが、2010 年には石炭が 47.4%、石油が 25.0%、天然ガスが 9.5% と変化している。この間、石油が 6.1 ポイントシェアを低下させているのに対して、石炭は 10.2 ポイント、天然ガスは 1.7 ポイントシェアを拡大させている。



注：2010年におけるアジアのエネルギー消費上位7か国・地域。

出典：IEA、「Energy Balance of OECD/Non-OECD Countries 2012」から JICA 調査団が作成

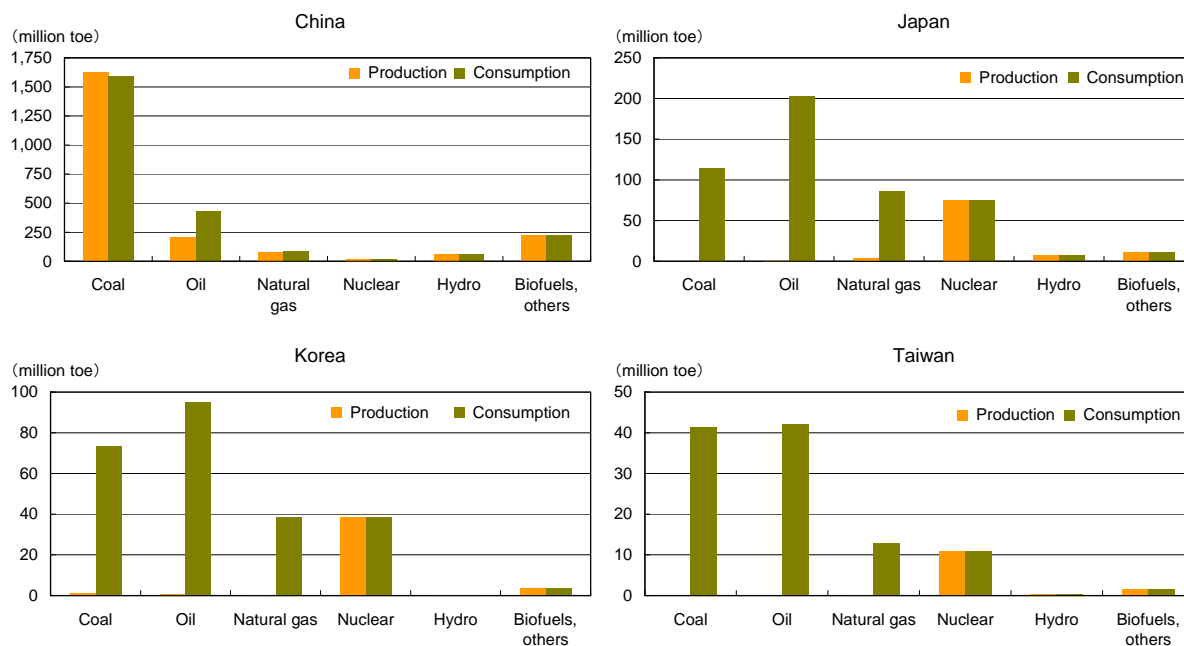
図 2-4 アジアの国別一次エネルギー消費量の推移



出典：IEA、「Energy Balance of OECD/Non-OECD Countries 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-5 アジアのソース別一次エネルギー消費量の推移

北東アジア石炭市場を形成する中国、日本、韓国、台湾の2010年の一次エネルギー需給構成を図 2-6 に示している。石炭については、国内生産で消費を賄うことが可能なのは中国のみで、石炭資源の新規採掘には生産コストが高い日本、韓国、台湾は石炭消費のほとんどを海外からの輸入に依存している。日本、韓国、台湾については石炭以外の化石エネルギー（石油、天然ガス）もそのほとんどを輸入に頼っている。

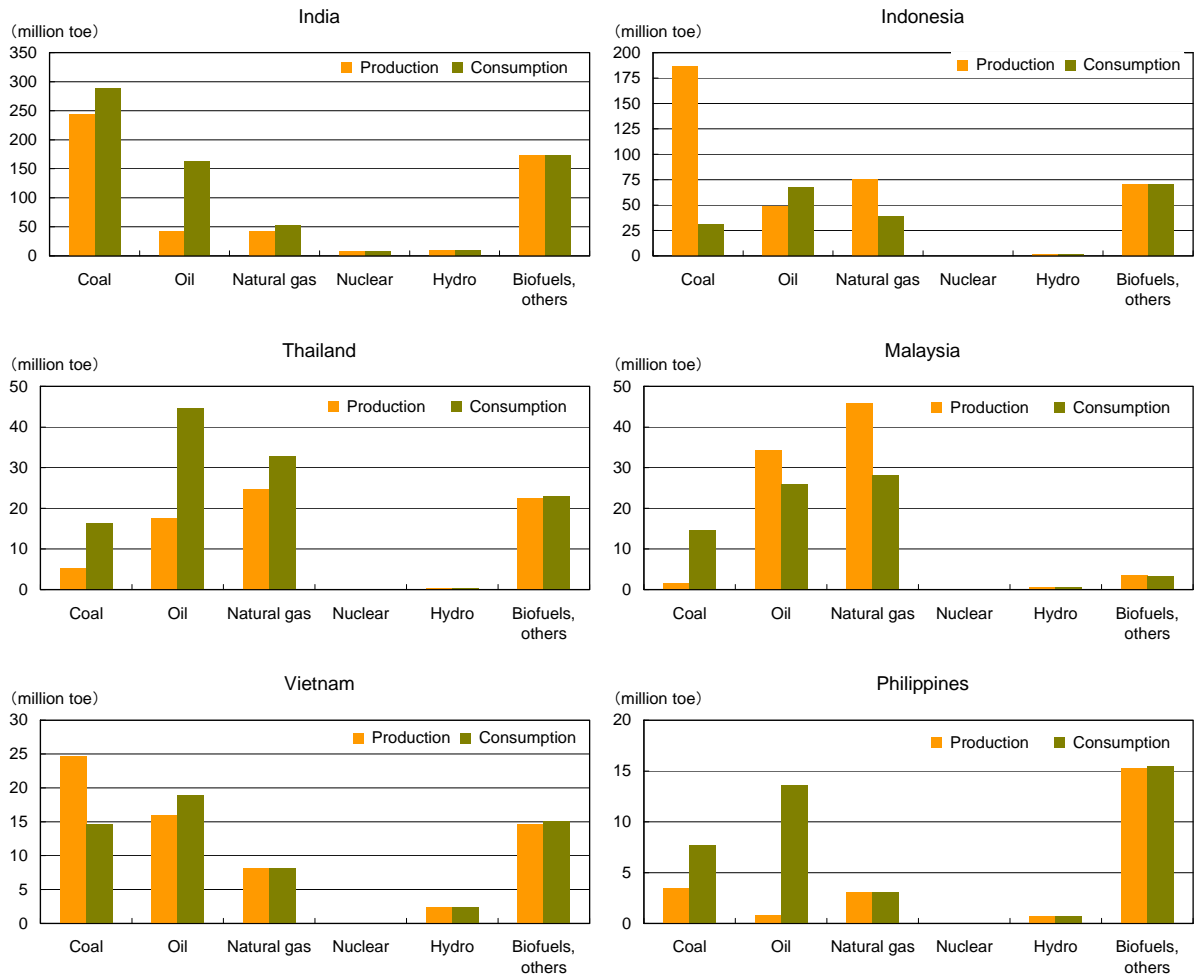


出典：IEA、「Energy Balance of OECD/Non-OECD Countries 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-6 2010 年における北東アジア 4 か国の一次エネルギー需給構成

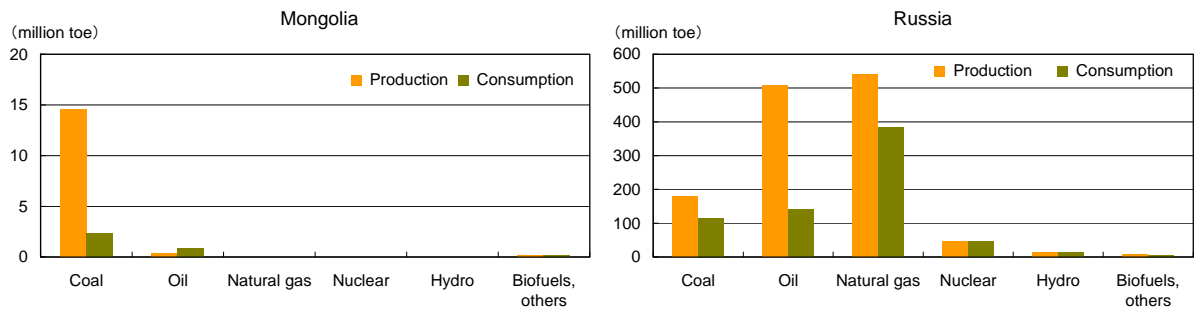
図 2-7 には北東アジア 4 か国を除くアジア主要国の 2010 年の一次エネルギー需給構成を示している。石炭についてはインドネシアとベトナムにおいて生産量が消費量を大きく上回っており、両国はアジアにおける重要な石炭輸出国となっている。インドネシアは石炭だけでなく、天然ガスの輸出も行っているが、石油については輸入国となっている。ベトナムは天然ガスの生産量と消費量においてはほぼバランスが取れているが、石油については消費量が生産量を上回っている。他のインド、タイ、マレーシア、フィリピンは国内で石炭生産を行っているものの消費量を賅うことができず、不足分を海外からの輸入に頼っている。インドとタイは石油と天然ガスも国内生産だけでは不足し、輸入している。マレーシアは石油と天然ガスを輸出しており、フィリピンは石油の多くを輸入するものの、天然ガスは生産量と消費量でバランスが取れている。尚、マレーシアを除く 5 か国では、まきや柴、廃棄物等の「バイオ燃料、他」に分類される燃料が一次エネルギーの比較的大きな部分を占めている。

図 2-8 には「モ」国とロシアの 2010 年の一次エネルギー需給構成を示している。「モ」国、ロシアともに石炭の生産量が消費量を上回っており、石炭輸出国となっている。「モ」国の石炭輸出量はまだ緒に就いたばかりであるが、ロシアの石炭輸出量は後述するようにインドネシア、豪州に次ぐ規模となっている。ロシアは石炭だけでなく、石油、天然ガスの輸出も行っている。



出典：IEA、「Energy Balance of Non-OECD Countries 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-7 2010 年における北東アジア 4 か国を除くアジア主要国の一次エネルギー需給構成



出典：IEA、「Energy Balance of Non-OECD Countries 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-8 2010 年における「モ」国とロシアの一次エネルギー需給構成

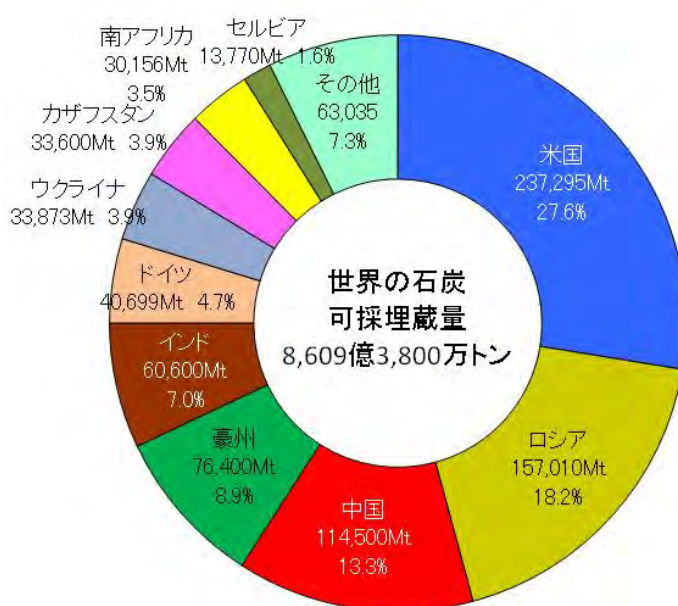
## 2.2 世界の石炭需給及び価格の将来動向分析

### 2.2.1 世界の石炭埋蔵量

石炭の可採埋蔵量は約 8,609 億 t で、この内瀝青炭<sup>7</sup>と無煙炭が約 4,047 億 t、亜瀝青炭と褐炭で約 4,561 億 t である。

図 2-9 に世界の石炭可採埋蔵量を国別に示す。石炭の持つメリットとしては、石油、天然ガスに比べ地域的な偏りが少なく、世界に広く賦存していることを挙げることができる。更に、我が国にとっては中国、豪州、インドネシア等アジア大洋州地域において石炭が多量に産出されることも大きなメリットになっている。

世界の石炭埋蔵量は世界エネルギー会議（WEC）によって纏められているが、「モ」国は 2010 年に初めて埋蔵量の報告を行った。このデータによれば、「モ」国の可採埋蔵量は無煙炭・瀝青炭 11 億 7,000 万 t、褐炭 13 億 5,000 万 t、合計 25 億 2,000 万 t となっている。



出典：WEC 2010 Survey of Energy Resources

図 2-9 世界の石炭可採埋蔵量

### 2.2.2 石炭需給の現状<sup>8</sup>

#### (1) 石炭消費

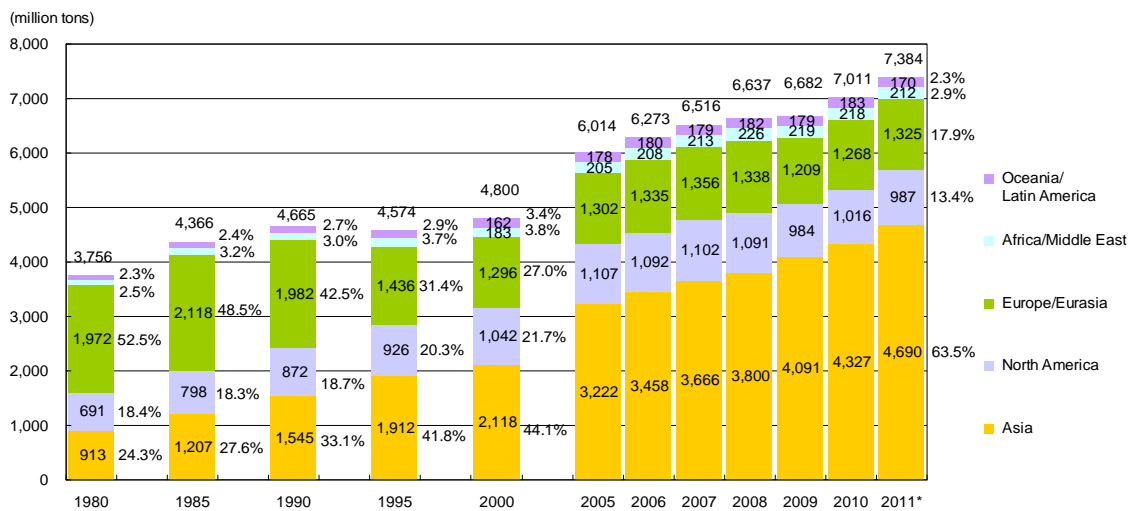
世界の褐炭を含む石炭消費量は、図 2-10 に示すように 1990 年代に増加が停滞したが、2000 年代に入ると右肩上がりが増加し、2011 年の石炭消費量は 73 億 8,400 万 t となった。1990 年代初めの消費量の減少は旧ソ連での石炭消費が減少したため、1997 年以降の減少は中国と欧州の消費量が減少したことが原因と言える。2000 年以降、石炭消費量は中国を中心としたアジア諸国で増加している。1980 年代か

<sup>7</sup> 石炭の分類は多種存在し、用途別では原料炭（Coking Coal）、一般炭（Steaming Coal）、石炭化度別の大まかな分類では褐炭、亜瀝青炭、瀝青炭、無煙炭があり、本レポートでは一般に使用されている石炭化度別分類を使用している。

<sup>8</sup> IEA が 2012 年に発表したデータ（Coal Information 2012）に基づく。



らの推移を地域別に概観すると、アジアで大きく伸びており、反対に欧州・旧ソ連、北米で減少傾向にある。

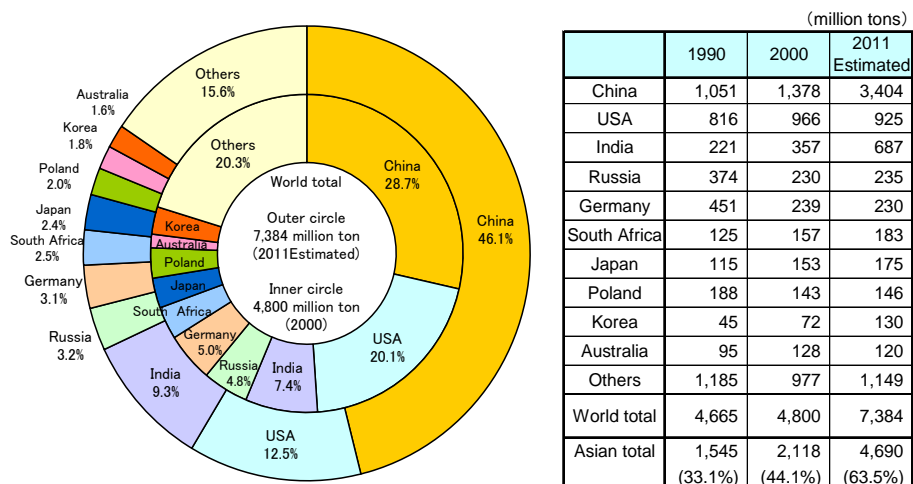


注：2011年\*は見込み。

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-10 世界の石炭消費量の推移

2011年の石炭消費量を国別にみると、図 2-11 に示すように中国が 34 億 400 万 t（全消費量の 46.1%）、米国が 9 億 2,500 万 t（同 12.5%）、インドが 6 億 8,700 万 t（同 9.3%）で、これら 3 か国で全消費量のほぼ 7 割を占めている。世界の石炭消費量上位 10 か国について 2011 年の石炭消費量を 2000 年と比較すると、中国の増加量が最も多くなっている。同期間の増加量の伸びを年率で示すと、中国が 8.6%、インドが 6.1%、韓国が 5.6%となる。一方で米国、ドイツ、豪州は減少を示している。2011 年のアジアの石炭消費量は 46 億 9,000 万 t となり、世界の石炭消費量の 63.5% を占める。2000 年と比較すると、この間に石炭消費量は 25 億 7,200 万 t、全世界に占める割合は 19.4 ポイント増加している。



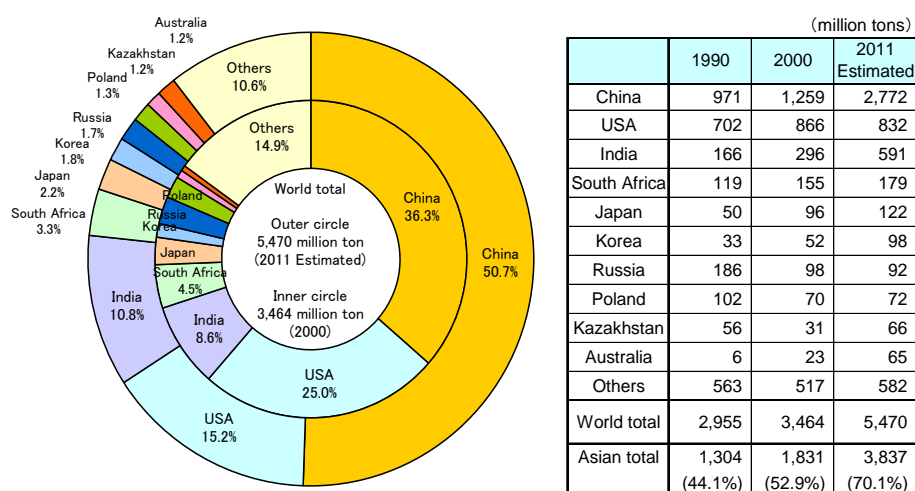
出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-11 石炭消費量上位 10 か国

一般炭（無煙炭を含む）と原料炭について、消費量上位 10 か国を図 2-12 と図 2-13 に示す。

2011 年の一般炭消費量は、中国が 27 億 7,200 万 t（世界の一般炭消費量の 50.7%）、米国が 8 億 3,200 万 t（同 15.2%）、インドが 5 億 9,100 万 t（同 10.8%）で、これら 3 か国で全消費量のほぼ 4 分 3 以上を占めている。中国の増加量が抜きん出ており、2000 年から 2011 年に向けての伸びは年率 7.4%で、世界平均の 4.2%を大きく上回る。

2011 年のアジアの一般炭消費量は 38 億 3,700 万 t となり、世界の一般炭消費量の 70.1%を占めている。2000 年と比較すると、その増加量は 20 億 600 万 t に及び、全世界に占める割合は 17.3 ポイント増加している。



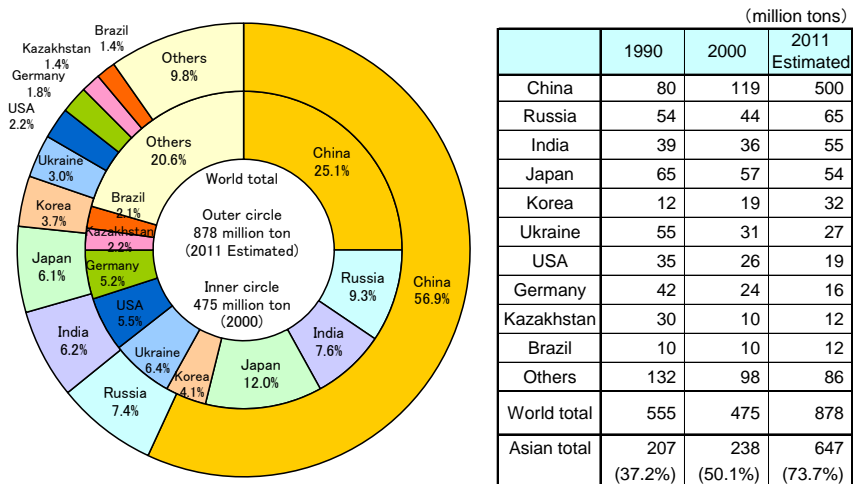
注：一般炭は無煙炭を含む。

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-12 一般炭消費量上位 10 か国

原料炭についても中国の消費量が他を圧倒している。2011 年の中国の原料炭消費は 5 億 t（世界の原料炭消費量の 56.9%）に達し、以下、ロシア 6,500 万 t（同 7.4%）、インド 5,500 万 t（同 6.2%）、日本 5,400 万 t（同 6.1%）と続く。2000 年から 2011 年に向けて、中国以外ではロシア、インド、韓国が原料炭消費量を 1,000 万 t 以上増加させているが、米国やヨーロッパ諸国では減少傾向にある。

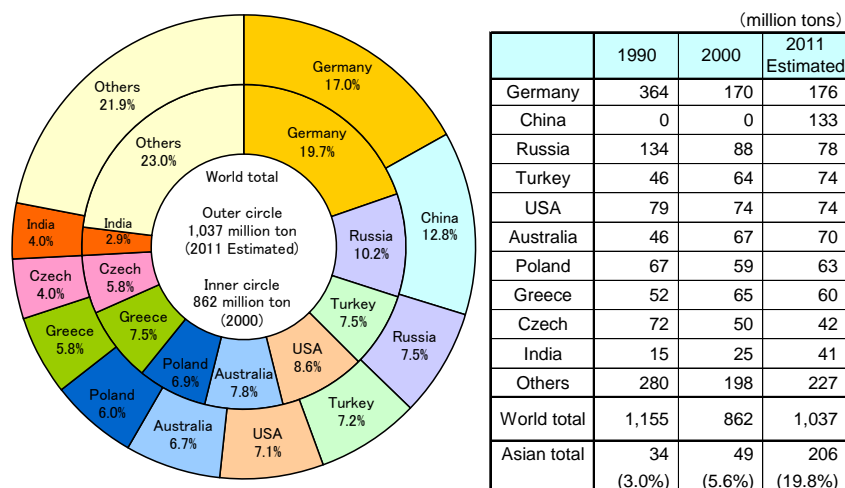
2011 年のアジアの原料炭消費量は 6 億 4,700 万 t で、世界の石炭消費量の 73.7%を占めている。2000 年と比較すると、その増加量は 4 億 900 万 t に及び、世界の原料炭消費に占める割合は 23.6 ポイントも増加している。



出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-13 原料炭消費量上位 10 か国

尚、図 2-14 に示すように、褐炭の 2011 年の消費量は 10 億 3,700 万 t で、ドイツ、中国、ロシア、トルコ、米国、豪州、ポーランド、ギリシアの 8 か国の消費量が 5,000 万 t を上回っている。



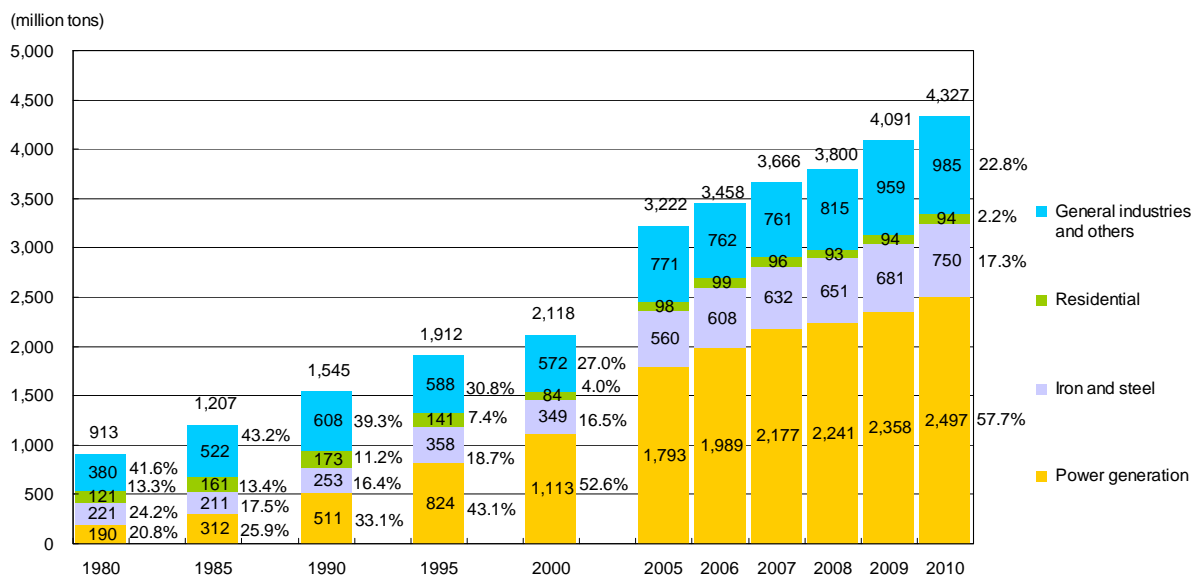
注：褐炭はリグナイト (lignite) のみ。

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-14 褐炭消費量上位 10 か国

アジアの石炭消費量は 1990 年代後半から 2000 年代初頭にかけて増加が停滞した時期もあったが、図 2-15 に示すように、電力用需要の増大に伴い 1980 年の 9 億 1,300 万 t から 2010 年には 43 億 2,700 万 t へと 4.7 倍に拡大した。電力用の石炭消費は、石炭火力発電所建設が進んだことにより急速に拡大し、1980 年の 1 億 9,000 万 t から 1990 年には 2.7 倍の 5 億 1,100 万 t に達した。その後も電力用石炭消費は拡大を続け、2010 年には 24 億 9,700 万 t にまで増加した。全石炭消費量に占める電力用の比率は 1980 年の 20.8% から 2010 年には 57.7% にまで拡大した。一方、鉄鋼用は 1980 年の 2 億 2,100 万 t から 2010 年には 7 億 5,000 万 t にまで増加しているが、全消費量に占める比率は 1980 年の 24.2% から 17.3% に低下している。その他（一般産業用等）での消費量は、1980

年に3億8,000万tであり全消費量の41.6%と最大のシェアを占めた。その後、消費量は増減を繰り返しつつ、2010年の9億8,500万tにまで増加したが、全消費量に占める比率は22.8%にまで落ちている。民生用の消費量は1988年の1億8,100万tをピークに減少し、2010年には9,400万tとなり、全消費量に占める割合は1988年の12.7%から2010年には2.2%に縮小している。

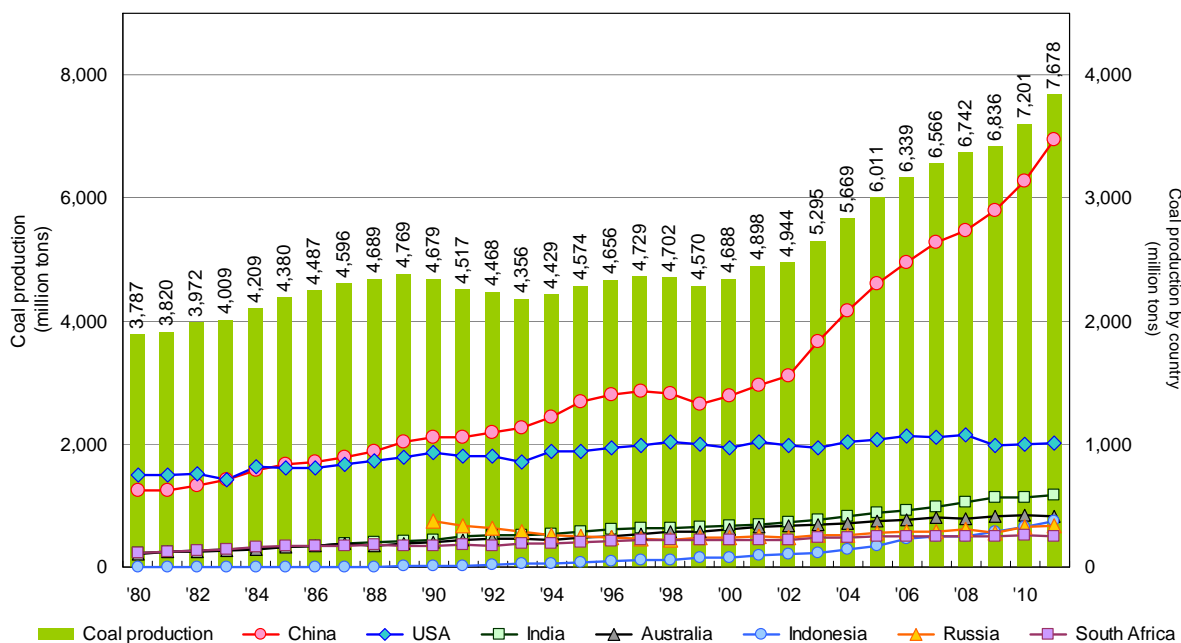


注：電力用消費には自家発電分、熱供給分を含める。鉄鋼用消費にはコークス、高炉ガスへの転換分を含める。  
 出典：IEA、「Energy Statistics of OECD/Non-OECD Countries 2012」、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-15 アジアの分野別石炭消費量の推移

## (2) 石炭生産

世界の褐炭を含む石炭生産量の推移を概観すると、図 2-16 に示すように旧ソ連を中心に消費量が落ち込んだ 1990 年代初めと中国と欧州で需要量が減少した 1990 年代後半に世界の生産量は落ち込んだが、2000 年以降は再び増加に転じ、2011 年には 76 億 7,800 万 t の石炭が生産されている。主要国別の生産推移をみると、2002 年以降の中国の生産量増加には著しいものがある。中国に次ぐ生産量の米国は 1997 年以降 10 億 t 前後で推移しているが、インドや石炭輸出国である豪州、インドネシアは着実に生産量を伸ばしている。ロシアは経済が回復した 1999 年に増加に転じ、それ以降、増加傾向を維持している。南アフリカは微増傾向を維持している。



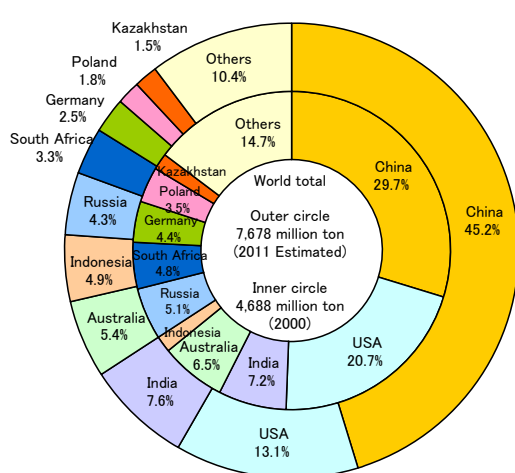
注：2011年\*は見込み。

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-16 世界の石炭生産量の推移

2011年の石炭生産量を国別で見ると、図 2-17 に示すように中国と米国で全石炭生産量の 58.3% を占め、以下インド、豪州、インドネシア、ロシア、南アフリカと続いている。2000 年に比べ、世界の生産量は 29 億 9,000 万 t 増加しており、生産量上位 10 か国ではドイツとポーランドを除いて生産量は増加している。2011 年のアジアの石炭生産量は 45 億 8,400 万 t (全生産量の 59.7%) であり、その大半は中国、インド、インドネシアによるもので、この 3 か国でアジア地域の生産量の 96.7% を占めている。2000 年と比べると、中国、インド、インドネシアの生産量の伸びが顕著であり、特にインドネシアの生産量は 1990 年以降アジアの石炭輸出国として急速に拡大している。

2011 年の一般炭生産量（無煙炭を含む）は、図 2-18 に示すように 56 億 7,000 万 t で、石炭生産量全体の 73.8% を占めている。中国が一般炭生産量のほぼ 2 分の 1 を生産しており、以下、米国、インド、インドネシア、南アフリカ、豪州、ロシアと続き、上位 3 か国で一般炭生産量の 73.9% を占めている。上位 10 か国の内、2000 年と対比して生産量が減少しているのはポーランドのみである。2011 年のアジアの一般生産量は 38 億 1,200 万 t で、全一般炭生産量の 67.2% を占めており、2000 年よりも 16.7 ポイント増加している。

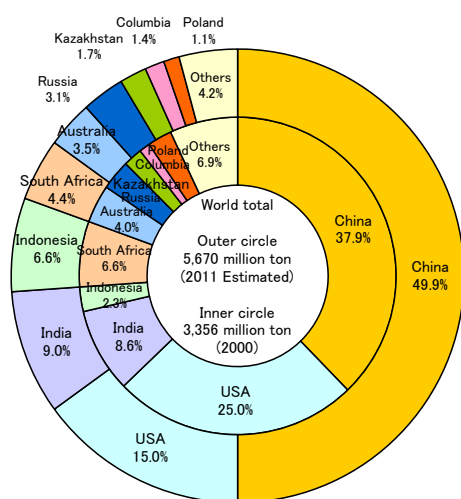


(million tons)

	1990	2000	2011 Estimated
China	1,051	1,394	3,471
USA	934	972	1,004
India	225	336	586
Australia	205	307	414
Indonesia	10	79	376
Russia	372	240	334
South Africa	175	224	253
Germany	434	205	189
Poland	215	163	139
Kazakhstan	131	77	117
Others	927	691	795
World total	4,679	4,688	7,678
Asian total	1,387 (29.6%)	1,891 (40.3%)	4,584 (59.7%)

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-17 石炭生産量上位 10 か国



(million tons)

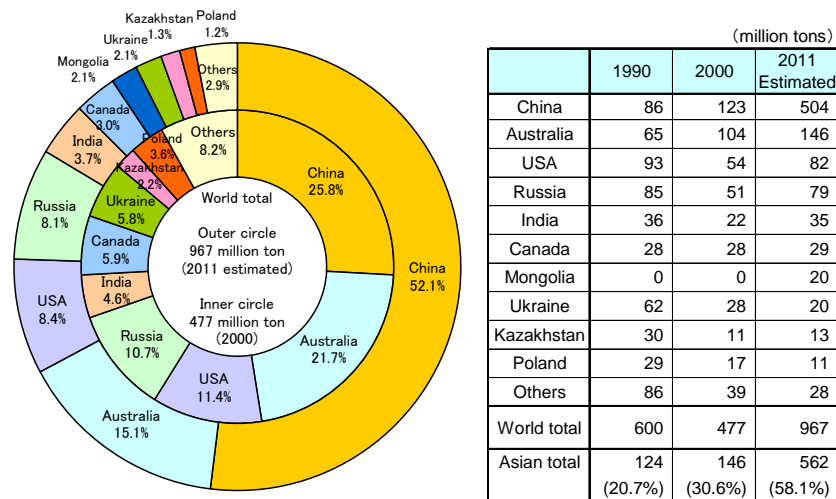
	1990	2000	2011 Estimated
China	965	1,271	2,831
USA	760	840	849
India	175	289	509
Indonesia	10	79	374
South Africa	165	221	250
Australia	94	136	199
Russia	152	102	178
Kazakhstan	98	64	98
Columbia	20	36	80
Poland	119	86	65
Others	380	233	237
World total	2,939	3,356	5,670
Asian total	1,228 (41.8%)	1,697 (50.5%)	3,812 (67.2%)

注：一般炭は無煙炭を含む。

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-18 一般炭生産量上位 10 か国

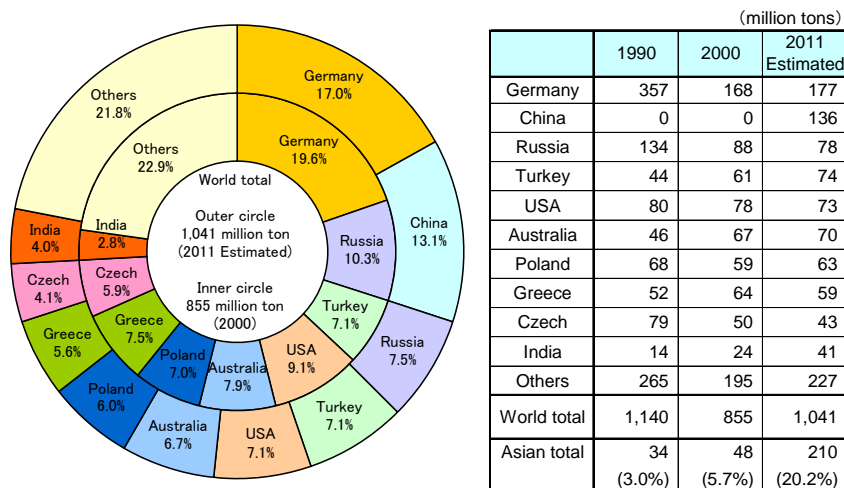
2011年の原料炭生産量は9億6,700万tである。図2-19に示すように一般炭と同様に中国が最大の生産国で、原料炭生産量の2分の1以上を生産している。以下、豪州、米国、ロシア、インド、カナダと続く。中国と豪州の2か国で、生産量の67.2%を占めている。2011年のアジアの原料生産量は5億6,200万tで、世界の原料炭生産量の58.1%を占めており、2000年よりも25.8ポイント増加している。



出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-19 原料炭生産量上位 10 か国

2011 年の褐炭生産量は 10 億 4,100 万 t で、ドイツ、中国、ロシア、トルコ、米国等で生産されている。(図 2-20 参照)



注：褐炭はリグナイト (lignite) のみ。

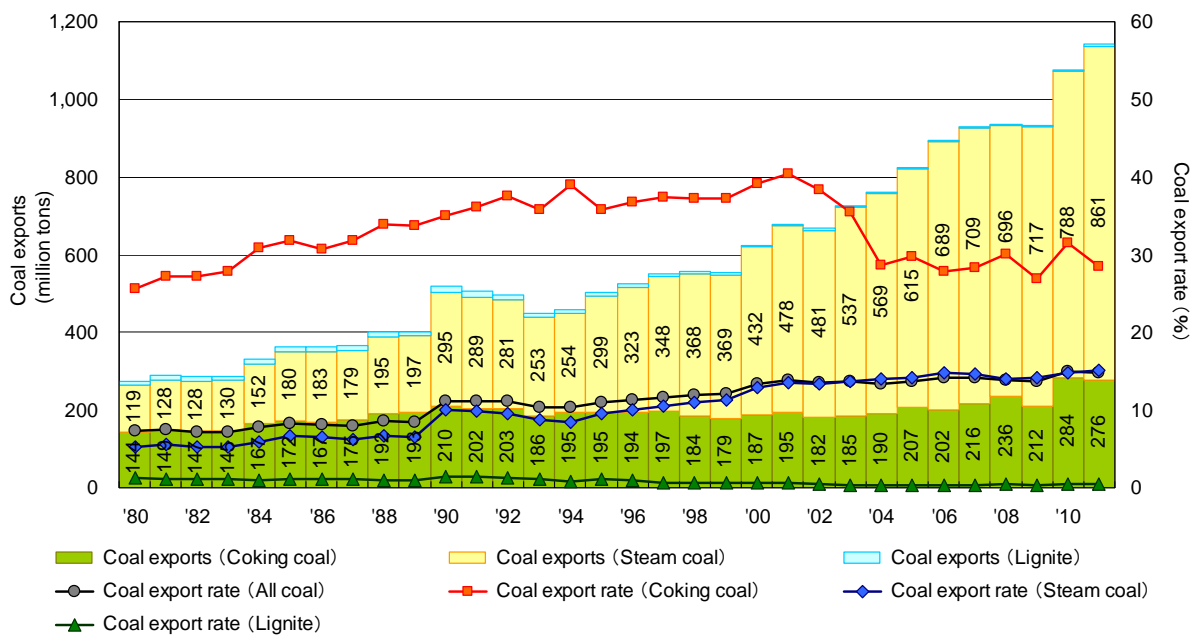
出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-20 褐炭生産量上位 10 か国

### (3) 石炭貿易

世界の石炭貿易量（ここでは褐炭を含む輸出量）は、図 2-21 に示すように、主に発電用燃料として消費される一般炭需要の増加に伴い拡大している。しかし、石炭は生産量に比べて貿易に供される数量が少なく、生産量に占める貿易量の比率（輸出率）は 2011 年で 14.9% にすぎない。これを炭種別に見ると、原料炭が 28.5%、一般炭（無煙炭を含む）が 15.2%、褐炭（リグナイト）が 0.5% となる。

尚、世界の石炭貿易量の 75.4% を一般炭が、24.2% を原料炭が占めており、褐炭は 0.4% を占めるにすぎない。



注：2011年\*は見込み。一般炭には無煙炭を含める。褐炭はリグナイト (lignite) のみ。

「Coal Information 2012」では2005年の中国の一般炭(その他瀝青炭)輸出量が明らかに過小であるため、「Coal Information 2011」を参考に補正している。

石炭輸出率を次式により算定、石炭輸出率＝石炭輸出量÷石炭生産量 (%)。

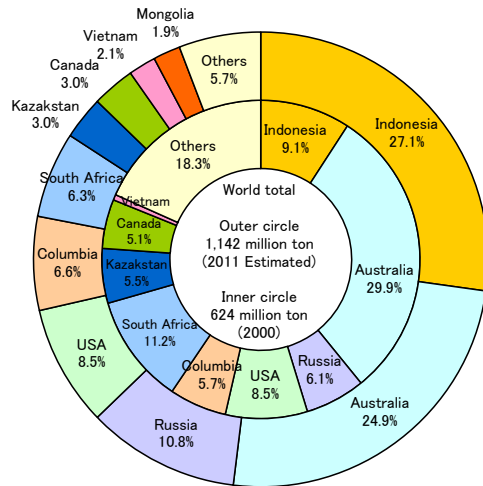
出典：IEA、「Coal Information 2012」からJICA調査団が作成

図 2-21 石炭貿易量の推移

2011年の世界の石炭輸出量は図 2-22 に示すように 11 億 4,200 万 t で、最大の輸出国は 3 億 t を上回る輸出量を記録したインドネシアである。第 2 位以下は、豪州、ロシア、米国、コロンビア、南アフリカと続き、上位 6 か国で世界の輸出量の 8 割以上を占めている。

主要石炭輸出国(輸出量上位 10 か国)の石炭輸出量の推移を見ると図 2-23 に示すように、2000 年代前半までは豪州の石炭輸出が他を圧倒してきたことがわかる。近年では、インドネシアの輸出量の拡大が顕著となっており、2011 年には豪州を上回る輸出量を記録した。豪州ではクイーンズランド州で豪雨のために石炭生産が停滞した他、炭鉱スト等による生産の減少が重なり、2011 年の輸出量が前年を下回った。ロシアは 1990 年代に入り半減したが、1999 年以降再び増加傾向を示している。米国は 2000 年代前半に輸出量を減少させ、2007 年、2008 年と輸出量を増加させた。2009 年は減少に転じたが、2010 年以降輸出量を拡大している。コロンビアは 2009 年において前年よりも輸出量を減少させたが、2010 年以降増加に転じている。南アフリカも近年輸出量を増加させている。中国は 2000 年以降輸出を急増させ、2001 年から 2003 年まで世界第 2 位の石炭輸出国となったが、2004 年以降は輸出量を大きく減少させており、2011 年の輸出量は 1,340 万 t (第 11 位) で、トップ 10 の座を降りた。

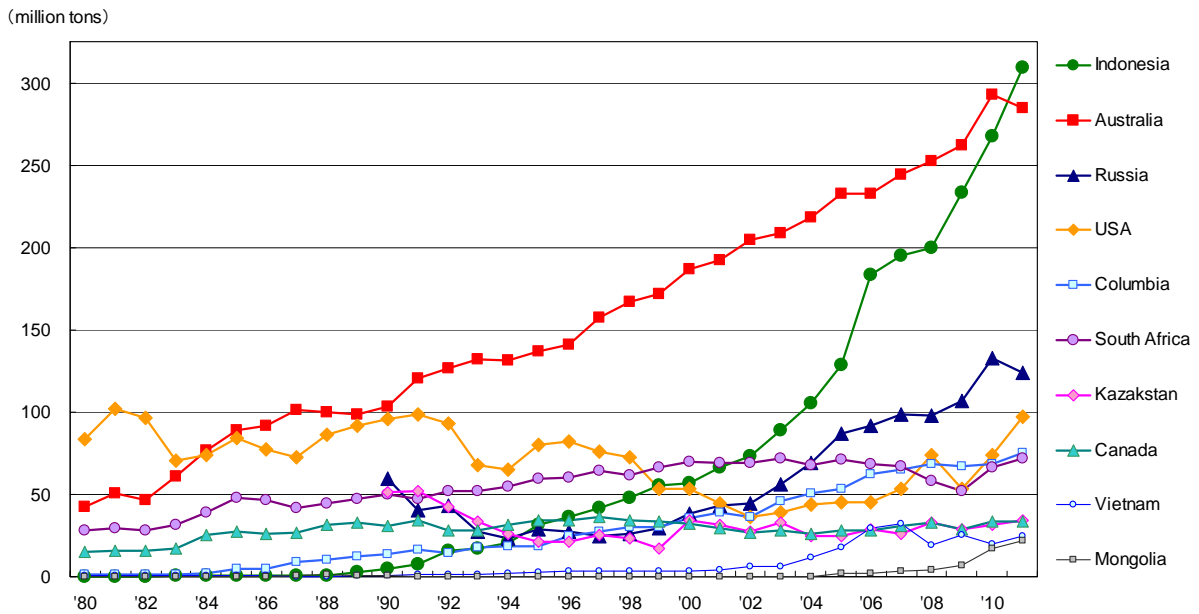




	(million tons)		
	1990	2000	2011 Estimated
Indonesia	4.7	56.8	309.5
Australia	103.4	187.0	284.5
Russia	59.2	38.3	123.7
USA	96.0	53.1	97.3
Columbia	13.5	35.4	75.5
South Africa	49.9	69.9	71.7
Kazakhstan	51.5	34.4	34.0
Canada	31.0	32.1	33.7
Vietnam	0.8	3.3	24.4
Mongolia	0.5	0.0	22.1
Others	109.6	114.2	65.5
World total	520.0	624.4	1,142.0
Asian total	23.9 (4.6%)	117.0 (18.7%)	384.0 (33.6%)

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-22 石炭輸出量上位 10 か国

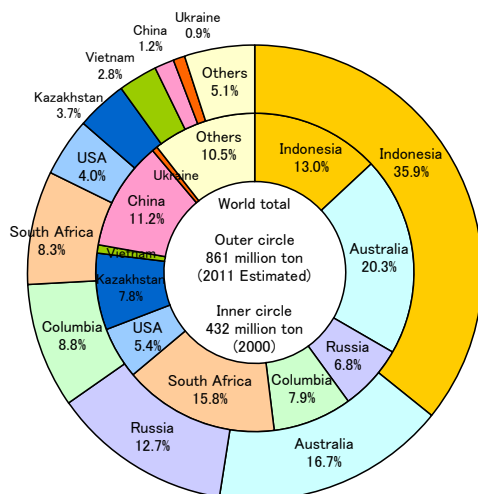


注：2011年\*は見込み。

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-23 石炭輸出量上位 10 か国の石炭輸出量の推移

2011年の世界の一般炭（無煙炭を含む）と原料炭の輸出量は、一般炭が8億6,100万t、原料炭が2億7,600万tであった。輸出国別では、一般炭の最大の輸出国はインドネシアで、世界の一般炭輸出量の35.9%を占めている。以下、豪州の16.7%、ロシアの12.7%、コロンビアの8.8%、南アフリカの8.3%と続く（図2-24）。原料炭輸出量第1位は50.9%を占める豪州で、以下、米国の22.9%、カナダの10.0%、「モ」国の7.3%と続く。近年「モ」国が中国向けの原料炭輸出を拡大させており、2011年には輸出量2,000万tを記録した（図2-25）。

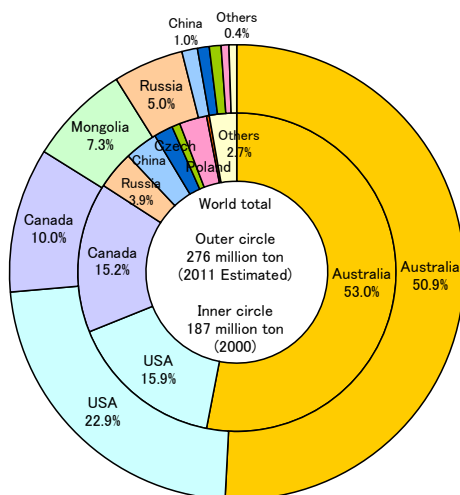


	(million tons)		
	1990	2000	2011 Estimated
Indonesia	4.6	56.2	308.9
Australia	45.6	87.8	144.1
Russia	24.5	29.4	109.4
Columbia	12.6	34.2	75.4
South Africa	46.3	68.2	71.6
USA	38.3	23.2	34.1
Kazakhstan	51.5	33.9	31.8
Vietnam	0.8	3.3	24.4
China	13.8	48.6	10.6
Ukraine	14.4	2.3	7.5
Others	42.3	45.5	43.6
World total	294.7	432.5	861.2
Asian total	19.9 (6.7%)	109.1 (25.2%)	360.0 (41.8%)

注：一般炭は無煙炭を含む。

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-24 一般炭輸出量上位 10 各国

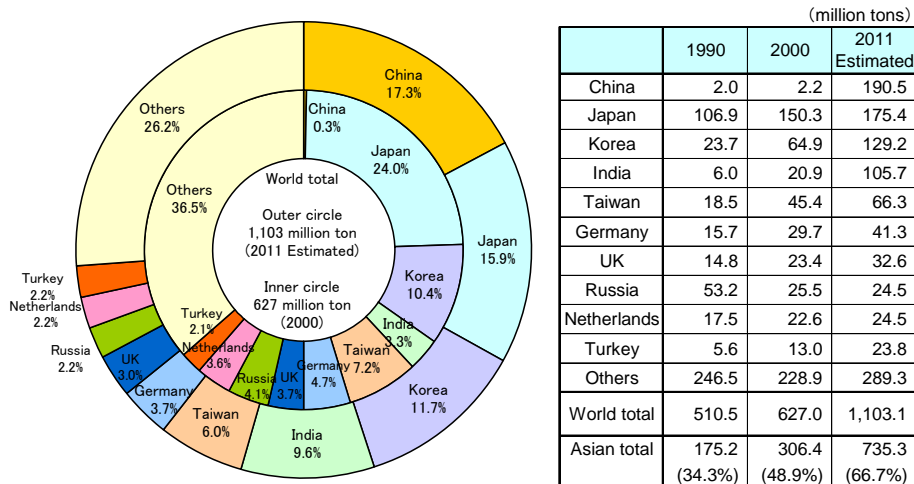


	(million tons)		
	1990	2000	2011 Estimated
Australia	57.8	99.2	140.5
USA	57.6	29.8	63.1
Canada	26.9	28.4	27.7
Mongolia	0.0	0.0	20.0
Russia	31.6	7.3	13.8
China	3.5	6.5	2.9
Czech	4.5	3.4	2.5
New Zealand	0.3	1.6	2.1
Poland	11.2	5.3	1.7
Indonesia	0.0	0.6	0.6
Others	16.4	5.0	1.2
World total	209.7	187.0	276.0
Asian total	3.5 (1.7%)	7.7 (4.1%)	23.6 (8.5%)

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-25 原料炭輸出量上位 10 各国

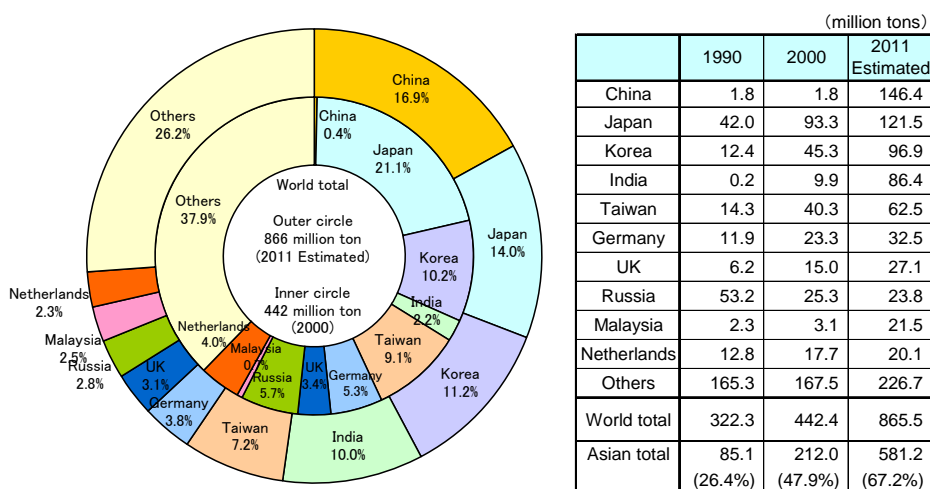
石炭貿易量を輸入国側からみると、2011 年における最大の輸入国は中国で、1 億 9,100 万 t (世界の輸入量の 17.3%) を記録し、日本の 1 億 7,500 万 t (同 15.9%) を抜いて初めて第 1 位の座についた。以下、韓国 1 億 2,900 万 t (同 11.7%)、インド 1 億 600 万 t (同 9.6%)、台湾 6,600 万 t (同 6.0%) と続く。北東アジア 4 各国 (中国、日本、韓国、台湾) の輸入量は 5 億 6,100 万 t で、石炭輸入量全体の 5 割以上を占めている。インドは世界第 3 位の石炭生産国であるが、近年石炭輸入の増加が顕著である (図 2-26)。



出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-26 石炭輸入量上位 10 か国

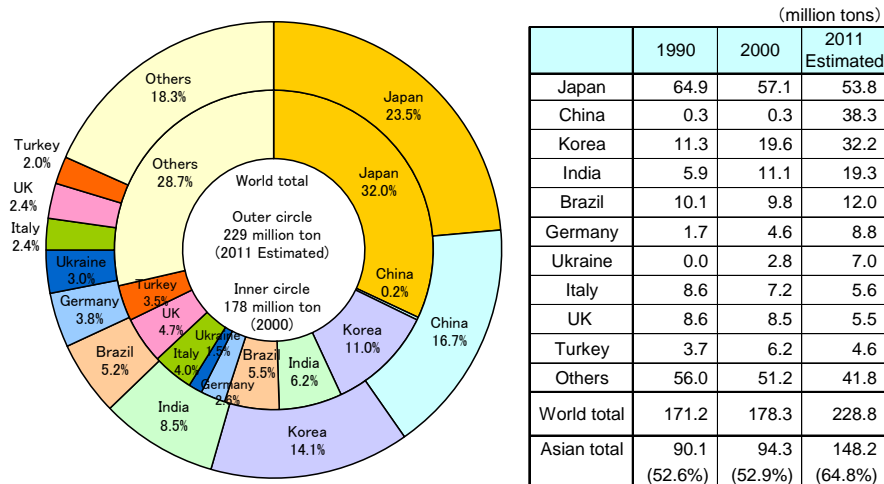
2011 年の世界の一般炭（無煙炭を含む）と原料炭の輸入量は、一般炭が 8 億 6,600 万 t、原料炭が 2 億 2,900 万 t であった。一般炭については、中国が最大の輸入国で、世界の一般炭輸入量の 16.9% を占めている。以下、日本の 14.0%、韓国の 11.2%、インドの 10.0%、台湾の 7.2% と続く（図 2-27）。原料炭については、日本が 23.5% を占め、第 1 位となっている。以下、中国の 16.7%、韓国の 14.1%、インドの 8.5% と続く（図 2-28）。



注：一般炭は無煙炭を含む。

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

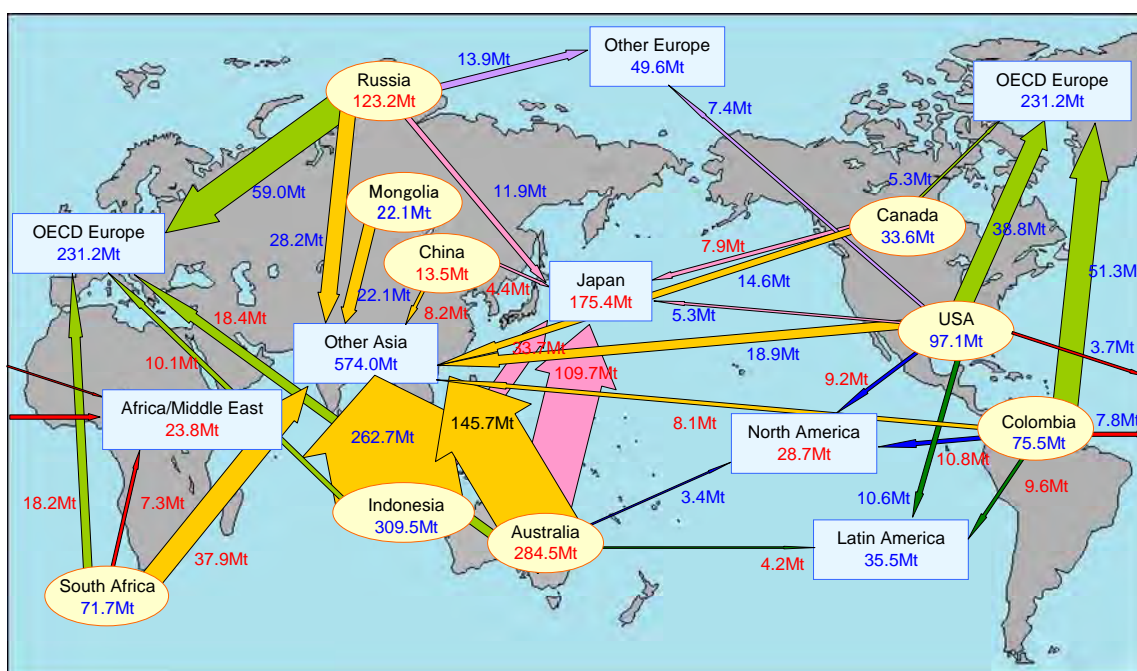
図 2-27 一般炭輸入量上位 10 か国



出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-28 原料炭輸入量上位 10 か国

世界の褐炭を除く石炭の貿易状況（コールフロー）を図 2-29 に示す。石炭はアジア地域（特に、北東アジア 4 か国）とヨーロッパ諸国に向けた流れを形成しており、太平洋マーケットと大西洋マーケットが形成されている。



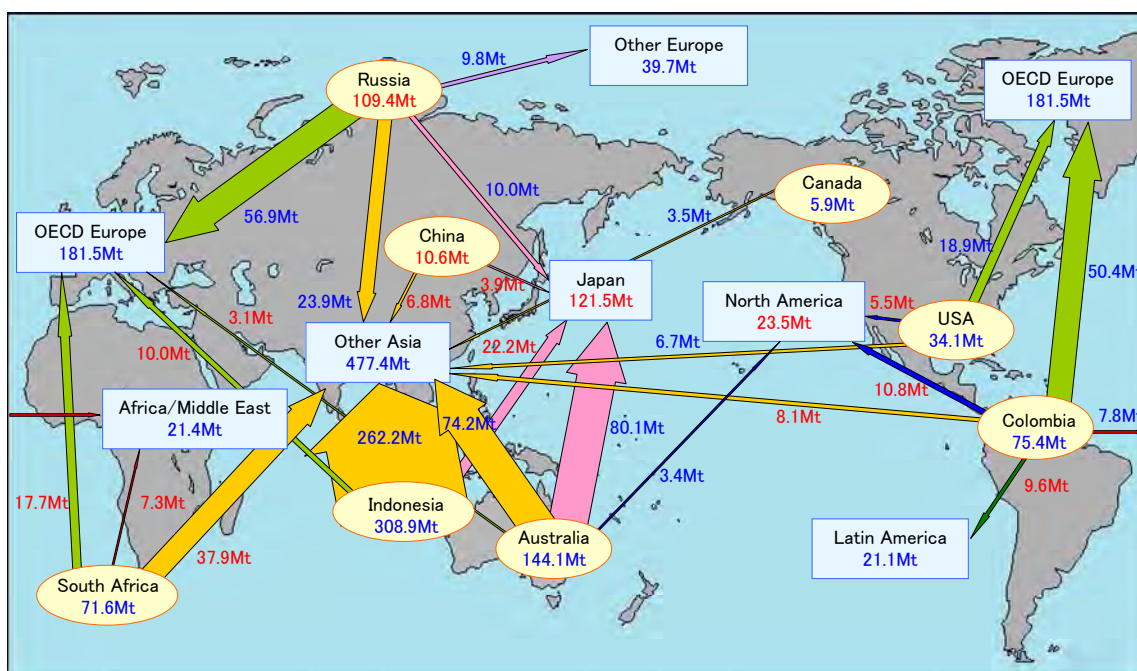
注： 図の輸出国（楕円で表示）の数値は各国の総輸出力、輸入国と輸入地域（四角で表示）の数値は総輸入量を示す。図には 300 万 t 未満のフローを記載しない。数値は青文字が対前年比増、赤文字が対前年比減を示す。輸入側の「北米」にはメキシコが含まれる。輸入国としての中国は輸入側の「その他アジア」に含まれる。

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-29 世界の石炭貿易（褐炭を除く、2011 年見込み）

次に、2011年のコールフローを一般炭と原料炭に分けて図示する。また、アジアの主要石炭消費国である日本、韓国、台湾に、近年輸入量を大きく増加させている中国とインドを加えた各国について、2011年の主要石炭輸出国からの一般炭と原料炭の輸入量をブロック図と表で示す。

2011年の一般炭のコールフローを図2-30に、同じく2011年の主要石炭輸出国からの日本、韓国、台湾、中国、及びインドの一般炭輸入状況を図2-31に示す。アジア向けに一般炭を最も輸出しているのは、インドネシアである。図2-30ではインドネシアの日本向けとその他アジア向けの一般炭輸出量の合計が2億8,000万tを超える。但し、後述するようにこの値については、通常原料炭に区分されるPCI（高炉吹き込み）用炭の一部がインドネシアの輸出統計において一般炭として処理されたことが考えられる。

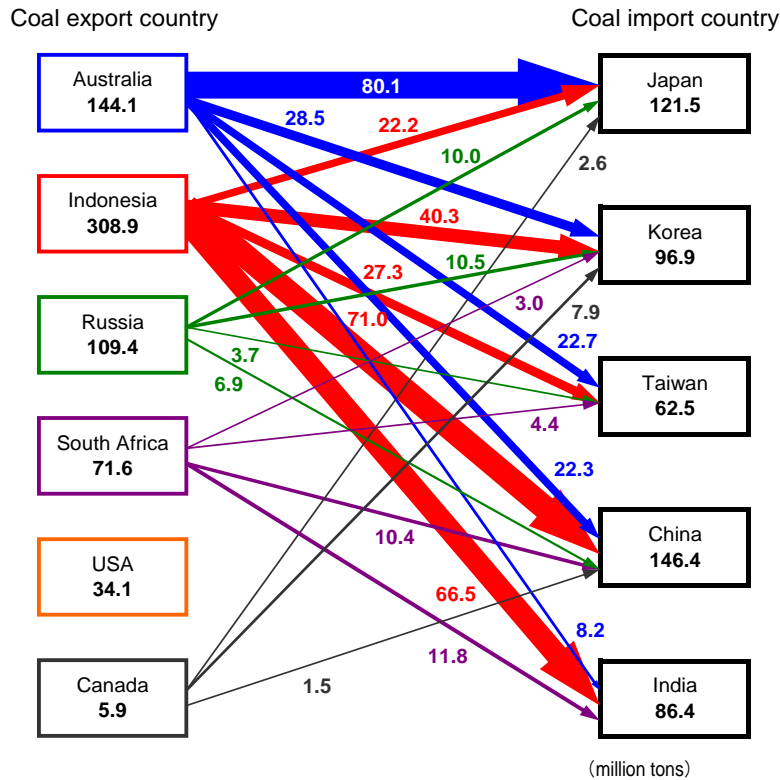


注：一般炭は無煙炭を含む。図の輸出国（楕円で表示）の数値は各国の総輸出量、輸入国と輸入地域（四角で表示）の数値は総輸入量を示す。図には300万t未満のフローを記載しない。数値は青文字が対前年比増、赤文字が対前年比減を示す。輸入側の「北米」にはメキシコが含まれる。輸入国としての中国は輸入側の「その他アジア」に含まれる。

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-30 世界の一般炭貿易（2011年見込み）

図2-31に示すように、豪州の一般炭輸出量は1億4,400万tであるが、5か国の輸入量の合計は1億6,200万tとなる。これは豪州の輸出統計と5か国の輸入統計の石炭種別に相違があるためと考えられる。つまり、豪州の輸出統計では原料炭として輸出された石炭が、輸入国側では一般炭として輸入されていると考えられる。また、中国はその他の輸出国から3,300万t以上の一般炭を輸入しているが（図2-31）、そのうち2,200万tをベトナムから輸入している。

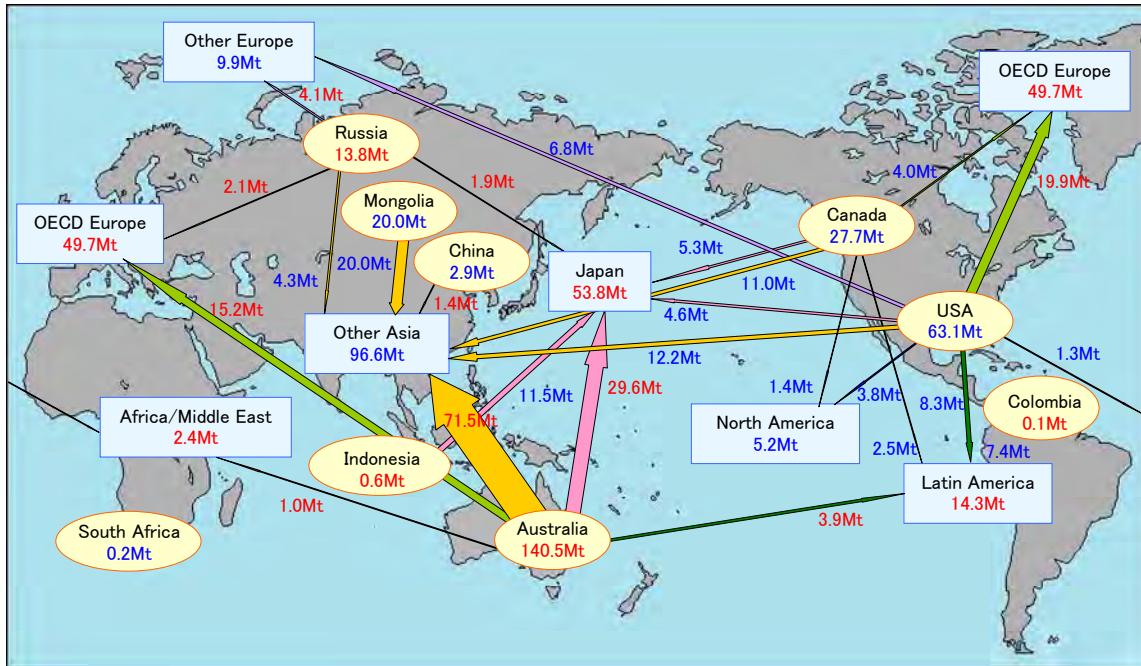


		Import					Total
		Japan	Korea	Taiwan	China	India	
Export	Australia	80.15	28.47	22.68	22.26	8.21	161.75
	Indonesia	22.19	40.28	27.32	71.02	65.51	226.31
	Russia	10.00	10.48	3.72	6.92	0.53	31.63
	South Africa	0.70	3.03	4.41	10.40	11.80	30.34
	USA	0.67	0.85	—	0.86	0.37	2.76
	Canada	2.60	7.94	0.93	1.46	—	12.93
	Others	5.23	5.86	3.45	33.45	0.00	47.99
Total imports		121.54	96.92	62.50	146.36	86.40	513.72

注：一般炭は無煙炭を含む。図の輸出国の数値は各国の総輸出量、輸入国の数値は総輸入量を示す。図には100万t未満のフローを記載しない。表に示す数値は輸入統計に基づく値で、輸入計は5か国の合計を示す。  
 出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-31 アジアの一般炭貿易 (2011 年見込み)

一般炭と同様、2011年の原料炭のコールフローを図 2-32 に、同じく 2011年の主要石炭輸出国からの日本、韓国、台湾、中国、及びインドの原料炭輸入状況を図 2-33 に示す。アジア向けに原料炭を最も輸出しているのは豪州であるが、米国やカナダからの輸入も不可欠となっている。図 2-32、2-33 を見ると、インドネシアの原料炭輸出量は 60 万 t にすぎないが、日本のインドネシアからの原料炭輸入量は 1,150 万 t となっている。これは、日本の原料炭輸入量に強粘結炭だけでなく、インドネシアの輸出統計で一般炭として処理されたと考えられる PCI 用炭の一部が含まれていることによると考えられる。

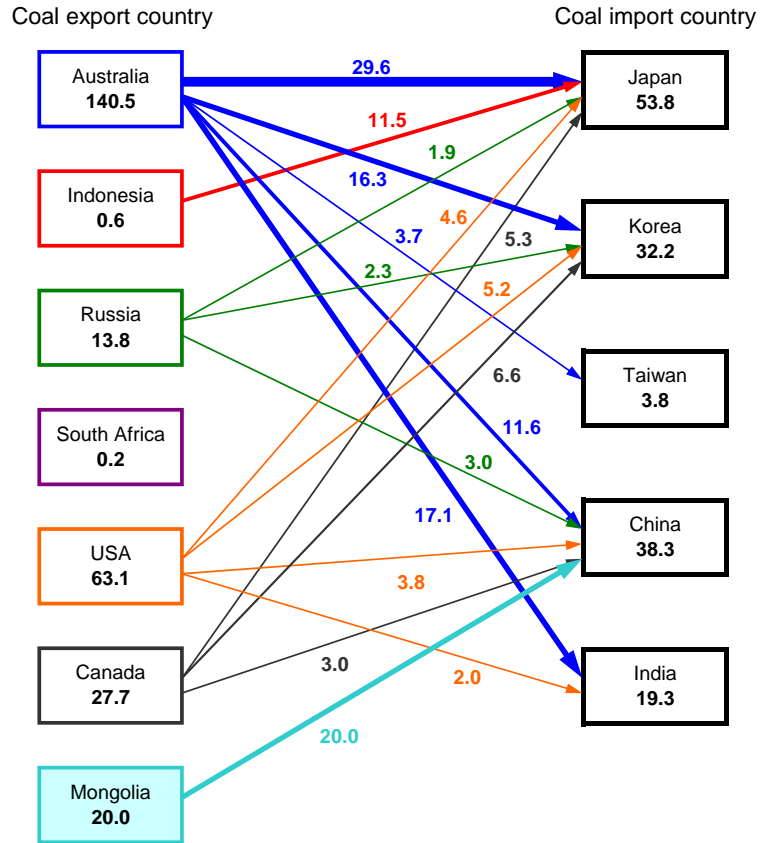


注： 図の輸出国（楕円で表示）の数値は各国の総輸出力、輸入国と輸入地域（四角で表示）の数値は総輸入量を示す。図には 100 万 t 未満のフローを記載しない。数値は青文字が対前年比増、赤文字が対前年比減を示す。輸入側の「北米」にはメキシコが含まれる。輸入国としての中国は輸入側の「その他アジア」に含まれる。

出典： IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-32 世界の原料炭貿易（2011 年見込み）

また、図 2-33 に示すように、中国は 2011 年にその他の輸出国から 1,600 万 t 以上の原料炭を輸入しているが、そのほとんどがモンゴルからの輸入であると考えられる（参照した IEA の「Coal Information 2012」には、中国のモンゴルからの原料炭輸入量は明示されていないが、モンゴルの 2011 年の原料炭輸出力を 2,000 万 t としている）。



(million tons)

		Import					Total
		Japan	Korea	Taiwan	China	India	
Export	Australia	29.57	16.28	3.69	11.55	17.11	78.20
	Indonesia	11.50	—	—	0.57	—	12.07
	Russia	1.93	2.26	—	2.98	0.00	7.16
	South Africa	—	—	—	—	—	0.00
	USA	4.59	5.21	—	3.76	2.04	15.60
	Canada	5.33	6.56	0.13	2.97	0.08	15.07
	Others	0.92	1.92	0.00	16.43	0.10	19.37
Total imports		53.84	32.23	3.82	38.25	19.34	147.48

注： 図の輸出国の数値は各国の総輸出量、輸入国の数値は総輸入量を示す。図には 100 万 t 未満のフローを記載しない。表に示す数値は輸入統計に基づく値で、輸入計は 5 か国の合計を示す。

図に示すフロー（貿易量）は表に示す輸入国側の統計に基づいているが、モンゴルの輸出量が 2,000 万 t で、そのほとんどが中国へ輸出されていることから、モンゴルから中国へのフロー（貿易量）は 2,000 万 t と表記している。

出典：IEA、「Coal Information 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-33 アジアの原料炭貿易（2011 年見込み）

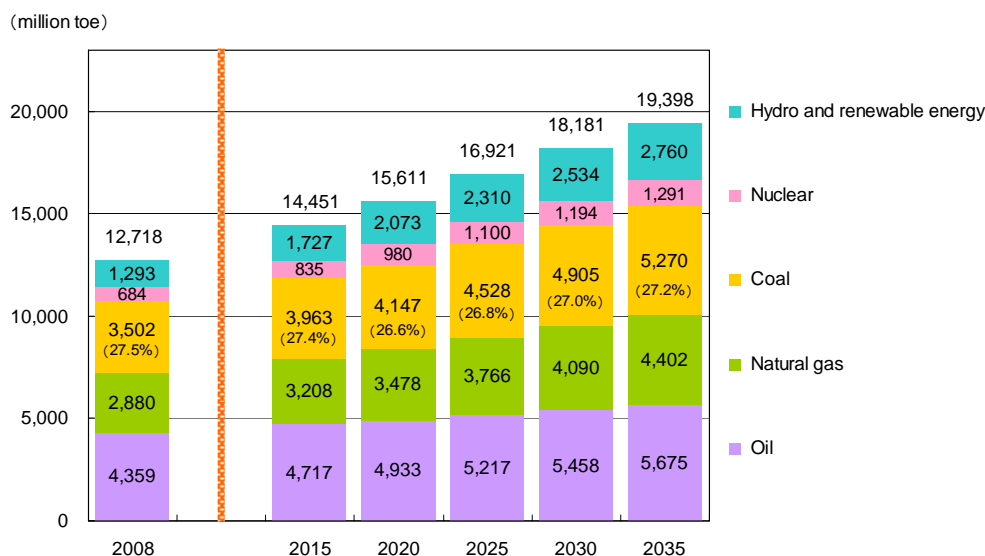
### 2.2.3 石炭需給の見通し

世界の主要機関（米国・エネルギー省/EIA、国際エネルギー機関（International Energy Agency、IEA）、及び日本エネルギー経済研究所（The Institute of Energy Economics, Japan、IEEJ））が報告している基準ケースの見通しについて整理する。



## (1) 米国・エネルギー省/EIAの見通し

米国・エネルギー省/EIA が 2011 年 9 月に発表した「International Energy Outlook 2011 (IEO2011)」によると、基準ケースにおける世界の一次エネルギー消費は、図 2-34 に示すように 2008 年から 2035 年に向けて年平均 1.6% で伸び、2008 年の 127.2 億 toe から 2035 年の 194.0 億 toe に増大すると予測されている。同期間におけるエネルギー別の年平均伸び率は、石炭が 1.5%、天然ガスが 1.6%、石油が 1.0% で、全エネルギー消費に占める石炭のシェアは 2008 年の 27.5% から 2035 年の 27.2% と同じ程度で推移するとしている。



注：パーセント表示は、一次エネルギー消費に占める石炭のシェアを示す。

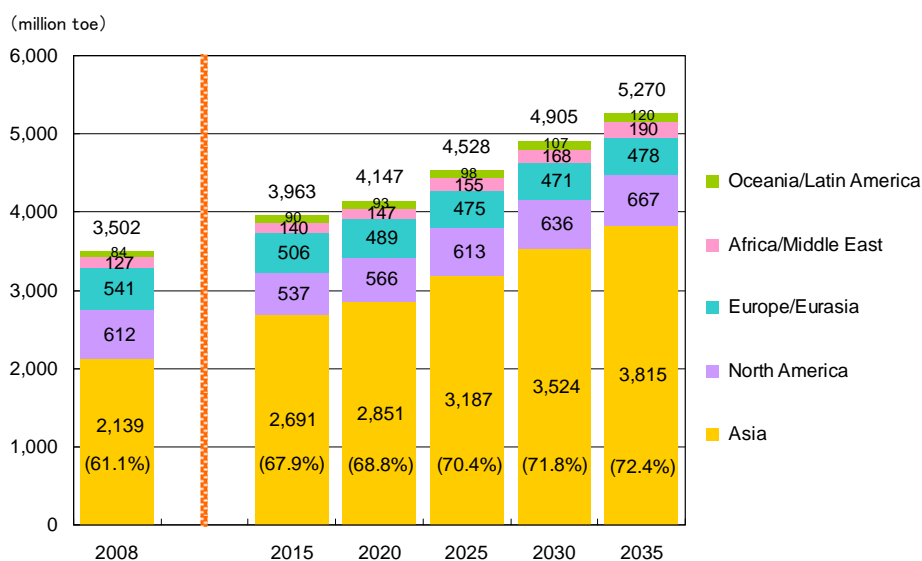
出典：EIA、「International Energy Outlook 2011」から JICA 調査団が作成

図 2-34 世界の一次エネルギー消費見通し (IEO2011、基準ケース)

基準ケースにおける石炭消費見通しを地域別にみると、2008 年から 2035 年に向けて欧州/ユーラシアを除いた地域で、石炭消費量は増加すると予測されている。中でも同期間におけるアジアの伸びは年率 2.2% と高く、同地域の石炭消費量は 2008 年の 21.39 億 toe から 2035 年には 38.15 億 toe に増大すると予測されている。同期間における世界全体での石炭消費の増加量は 17.68 億 toe と見込まれ、アジアの増加量はその 9 割以上となる 16.76 億 toe に及ぶ (図 2-35)。世界の石炭消費量に占める地域別のシェアで見ると、アジアのシェアは 2008 年の 61.1% から 2035 年には 72.4% に拡大すると予測されている。

IEO2011 では、2008 年から 2035 年までの非 OECD アジア諸国の経済成長率を基準ケースで年率 5.3% (世界全体では年率 3.4%) としている。基準ケースを国別にみると図 2-36 に示すように、日本を除く各国で石炭消費量が増加すると予測されており、中でも中国とインドの増加が大きい。中国の石炭消費は、2008 年の 15.21 億 toe から 2035 年には 28.64 億 toe に増大し、同期間の伸びは年率 2.4% と予測されている。インドの石炭消費量は 2008 年から 2035 年に向けて年率 2.2% で伸び、2035 年には 4.91 億 toe に増大すると予測されている。韓国の石炭消費は年率 1.0% で増加し、2035 年には 8,600 万 toe に増加すると予測されているが、日本は 2008 年よりも 2,400 万 toe 減じて 9,600 万 toe になるとしている。これら 4 か国を除く他のアジア (非 OECD アジア) 地域の石

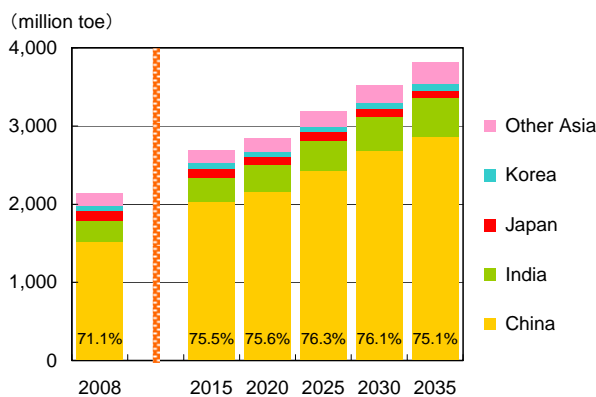
炭消費量は、同期間に 1.19 億 toe 程度増加し（年率 2.1%の伸び）、2035 年には 2.77 億 toe になると予測されている。



注：パーセント表示は、世界消費に占めるアジアのシェアを示す。

出典：EIA、「International Energy Outlook 2011」から JICA 調査団が作成

図 2-35 世界の地域別石炭消費見通し (IEO2011、基準ケース)



	2008	2015	2020	2025	2030	2035
China	1,521	2,033	2,156	2,430	2,683	2,864
India	274	311	342	387	435	491
Japan	120	116	110	105	100	96
Korea	66	66	66	70	77	86
Other Asia	158	165	177	194	228	277
Total	2,139	2,691	2,851	3,187	3,524	3,815

注：パーセント表示は、アジアの石炭消費に占める中国のシェアを示す。

出典：EIA、「International Energy Outlook 2011」から JICA 調査団が作成

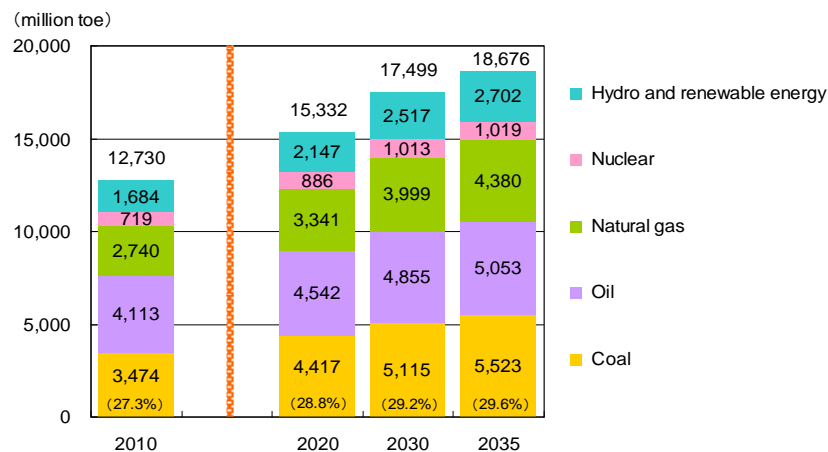
図 2-36 アジアの国別石炭消費見通し (IEO2011、基準ケース)

## (2) 国際エネルギー機関 (International Energy Agency、IEA) の見通し

IEA が 2012 年 11 月に発表した「World Energy Outlook 2012 (WEO2012)」では、温暖化ガス削減に向けた対策を考慮した「新エネルギー政策シナリオ」と「450ppm シナリオ」、及び「現行エ

エネルギー政策シナリオ」が示されている。ここでは EIA の予測と比較するために、「現行エネルギー政策シナリオ」に基づいた見通しについて整理する。

「現行エネルギー政策シナリオ」に基づいた世界の一次エネルギー消費は、図 2-37 に示すように、2010 年から 2035 年に向けて年率 1.5% で伸び、2010 年の 127.3 億 toe から 2035 年の 186.8 億 toe に増大すると予測されている。同期間におけるエネルギー別の年平均伸び率は、石炭が 1.9%、天然ガスが 1.9%、石油が 0.8% と予測されており、全エネルギー消費に占める石炭のシェアは 2010 年の 27.3% からわずかではあるが拡大し、2035 年には 29.6% になると見込まれている。

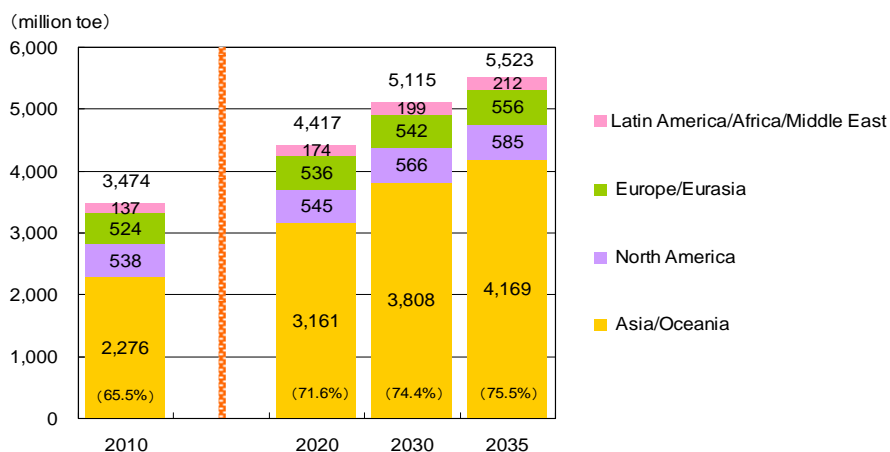


注：パーセント表示は、一次エネルギー消費に占める石炭のシェアを示す。

出典：IEA、「World Energy Outlook 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-37 世界の一次エネルギー消費見通し (WEO2012、現行エネルギー政策シナリオ)

図 2-38 に示すように、地域別にみると石炭消費量は 2010 年から 2035 年に向けて全ての地域で増加すると予測されている。北米と欧州/ユーラシアの同期間の増加量、伸び率は共に小さく、増加量は北米が 4,700 万 toe、欧州/ユーラシアが 3,300 万 toe となり、伸び率は北米が年率 0.3%、欧州/ユーラシアが年率 0.2% となる。一方、同期間のアジア/オセアニアでの伸びは年率 2.5% と高く、同地域の石炭消費量は 2010 年の 22.76 億 toe から 2035 年には 41.69 億 toe へと 18.94 億 toe 増加すると予測されている。同期間における世界の石炭消費増加量は 20.48 億 toe であることから、アジア/オセアニアの増加量はその 9 割強を占めることになる。これを世界の石炭消費量に占めるシェアで見ると、アジア/オセアニアは 2010 年の 65.5% から 2035 年には 75.5% に拡大すると予測されている。アジアにおける石炭消費の拡大は今後も継続され、世界の石炭消費拡大のほとんど全てをこの地域で担うことになる。

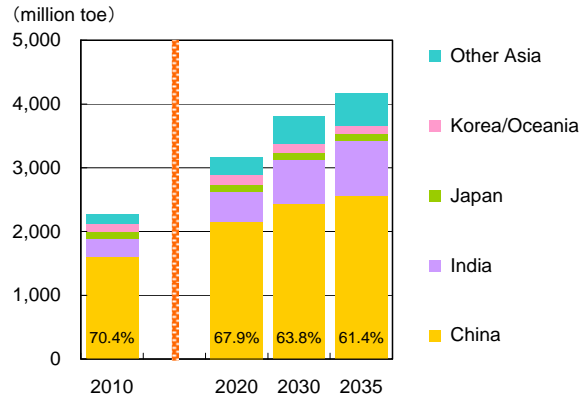


注：パーセント表示は、世界消費に占めるアジア/オセアニアのシェアを示す。

出典：IEA、「World Energy Outlook 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-38 世界の地域別石炭消費見通し (WEO2012、現行エネルギー政策シナリオ)

WEO2012 では、2010 年から 2035 年までの非 OECD アジア諸国の経済成長率を年率 5.5% (世界全体を年率 3.5%) とみている。アジア/オセアニアの国別石炭消費量の予測を見ると、図 2-39 に示すように、中国とインドの増加が大きくなっている。中国の石炭消費は、2010 年の 16.02 億 toe から 2035 年には 25.61 億 toe に年率 1.9% で増加すると予測されている。インドの石炭消費量は 2010 年から 2035 年に向けて年率 4.6% で伸び、2010 年の 2.83 億 toe から 2035 年には 8.62 億 toe に増大するとしている。この見通しでは EIA の見通しよりも 2035 年における中国の石炭消費量は小さく、逆にインドの消費量が大きくなっている。日本は 2035 年に向けて、1.07 億 toe 程度の消費量を維持するとしている。これら 3 か国と韓国/オセアニアを除くその他アジア (非 OECD アジア) 地域の石炭消費量は、2010 年の 1.50 億 toe から 2035 年に向けて年率 5.0% で伸び、同年には 5.06 億 toe に増大するとしている。同期間における世界全体の石炭消費の増加量は、18.94 億 toe と見込まれており、増加量の 51% を中国、31% をインド、更に 19% をその他アジアが占めるとしている。



	(million toe)			
	2010	2020	2030	2035
China	1,602	2,148	2,429	2,561
India	283	478	701	862
Japan	115	112	109	107
Korea/Oceania	126	146	145	134
Other Asia	150	278	424	506
Total	2,276	3,161	3,808	4,169

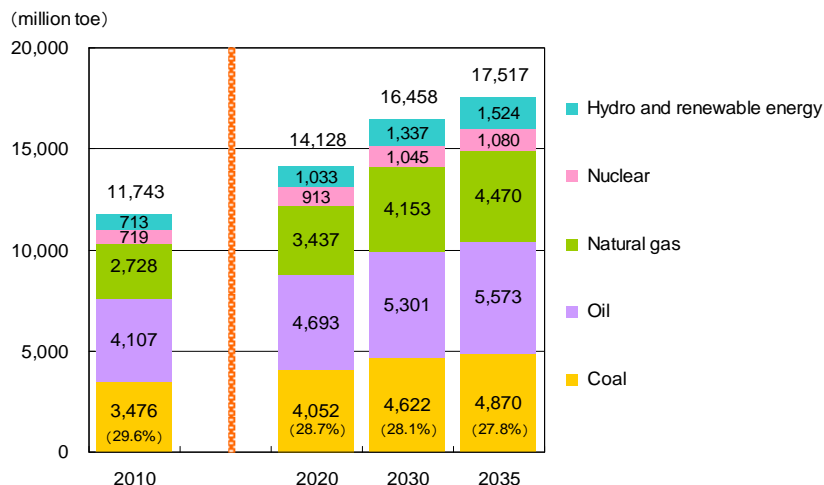
注：パーセント表示は、アジアの石炭消費に占める中国のシェアを示す。韓国/オセアニアは、韓国と豪州、ニュージーランドの合計。

出典：IEA、「World Energy Outlook 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-39 アジアの国別石炭消費見通し（WEO2012、現行エネルギー政策シナリオ）

### (3) 日本エネルギー経済研究所（The Institute of Energy Economics, Japan、IEEJ）の見通し

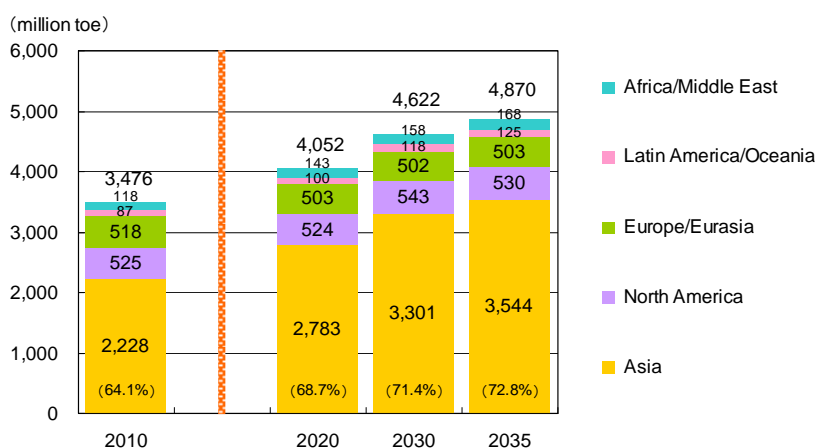
日本エネルギー経済研究所が 2012 年 11 月に発表した「アジア／世界エネルギーアウトック 2012（IEEJ2012）」によると、基準ケースにおける世界の一次エネルギー消費は、図 2-40 に示すように、2010 年から 2035 年に向けて年率 1.6% で伸び、2010 年の 117.4 億 toe から 2035 年の 175.2 億 toe に増大すると予測されている。エネルギー別の同期間の年平均伸び率は、石炭が 1.4%、天然ガスが 2.0%、石油が 1.2% と予測されており、天然ガスの伸び率が高いと予測している。全エネルギー消費に占める石炭のシェアは 2010 年の 29.6% から、2035 年に 27.8% になると見込まれており、同様に石油も 2010 年の 35.0% から 2035 年には 31.8% に縮小するが、天然ガスは 2010 年の 23.2% から 2035 年には 25.5% に拡大するとしている。



注：パーセント表示は、一次エネルギー消費に占める石炭のシェアを示す。  
 出典：IEEJ、「アジア/世界エネルギーアウトック 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-40 世界の一次エネルギー消費見通し (IEEJ2012、基準ケース)

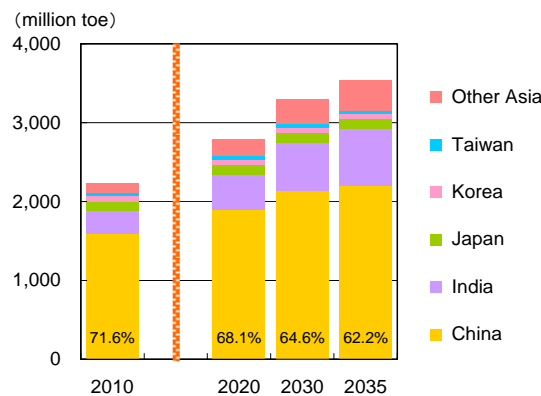
EIA や IEA と同様に、将来においても石炭の一次エネルギーとしての役割は減じることがないと予測されているが、IEEJ では 2010 年と比較して 2035 年にはエネルギー消費に占める石炭のシェアが若干低下すると予測している。図 2-41 に示すように地域別にみると、石炭消費量は 2010 年から 2035 年に向けて欧州/ユーラシアを除く地域で増加すると予測されている。欧州/ユーラシアでは 2010 年代後半をピークに石炭消費量は減少傾向になると予測されている。一方、同期間のアジアの伸びは年率 1.9% と、世界の 5 地域の中で最も高く、同地域の石炭消費量は 2010 年の 22.28 億 toe から 2035 年には 35.44 億 toe へと 13.17 億 toe 増加すると予測されている。同期間における世界の石炭消費増加量は 13.94 億 toe と見込まれていることから、アジアの増加量はそのおよそ 94% を占めることになる。その結果、アジアの石炭消費量が世界の石炭消費量に占めるシェアは、2010 年の 64.1% から 2035 年には 72.8% に拡大すると予測されている。



注：パーセント表示は、アジアの石炭消費に占める中国のシェアを示す。  
 出典：IEEJ、「アジア/世界エネルギーアウトック 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-41 世界の地域別石炭消費見通し (IEEJ2012、基準ケース)

IEEJ2012 では、2010 年から 2035 年までの日本を除いたアジア諸国の経済成長率を年率 5.2% (世界全体を年率 2.9%) とみている。アジアの石炭消費量見通しを国別にみると、図 2-42 に示すように、中国とインドの増加が大きくなっている。特に、中国の石炭消費量は 2010 年の 15.95 億 toe から 2035 年には 22.05 億 toe に増大すると予測されており、同期間の伸びは年率 1.3% となっている。インドの石炭消費量は 2010 年から 2035 年に向けて年率 3.7% で伸び、2010 年の 2.88 億 toe から 2035 年には 7.21 億 toe に増大するとしている。韓国、台湾では、2010 年代後半から 2020 年代に向けて、石炭消費量が増大するが、それ以降は石炭消費量が減少に転じると予測されている。2035 年の石炭消費量は、韓国が 6,700 万 toe、台湾が 3,900 万 toe である。その他アジア (非 OECD アジア諸国) の石炭消費量は、2010 年の 1.14 億 toe から 2035 年に向けて、インドよりも高い年率 5.0% で伸び、同年には 3.88 億 toe に増大するとしている。同期間におけるアジア全体の石炭消費増加量は 13.17 億 toe と見込まれており、増加量の 46% を中国、33% をインド、更に、21% をその他アジアが占めるとしている。IEEJ2012 では、IEA の WEO2012 と同様に EIA の IEO2011 よりもインドの石炭消費量の拡大をより大きく見込んでいる。



	(million toe)			
	2010	2020	2030	2035
China	1,595	1,896	2,134	2,205
India	288	447	618	721
Japan	115	117	121	124
Korea	73	72	69	67
Taiwan	41	44	42	39
Other Asia	114	206	317	388
Total	2,228	2,783	3,301	3,544

注：パーセント表示は、世界消費に占める中国のシェアを示す。

出典：IEEJ、「アジア／世界エネルギーアウトック 2012」から JICA 調査団が作成

図 2-42 アジアの国別石炭消費見通し (IEEJ2012、基準ケース)

#### (4) 石炭消費見通しの比較

EIA の IEO2011、IEA の WEO2012、ならびに IEEJ の IEEJ2012 に示される石炭消費見通しを比べると表 2-1 に示すように、基準ケースでは、2035 年に向けてエネルギー消費は増大し、エネルギー消費における石炭の役割は減じることがない。しかし、エネルギー消費に占める石炭のシェアについては、若干の相違が見られる。2035 年に向けて、EIA では石炭が現状と同程度 (27%程度) のシェアを占めるとしており、IEA はわずかではあるが現状よりもシェアを拡大させている。一方、IEEJ はわずかではあるがシェアを縮小するとしている。

2035 年における世界の石炭消費量を IEA は 55.23 億 toe と最も大きく予測しており、EIA は 52.70

億 toe、IEEJ は 48.70 億 toe と、現状よりも 14 億 toe から 20 億 toe も増加するとしている。いずれの見通しもアジアにおける石炭消費量の増加が最も大きく、世界の石炭消費の増大をアジアが牽引するという予測で一致している。

2035 年におけるアジアの石炭消費量を最も大きく予想しているのは IEA の 41.69 億 toe（但し、豪州とニュージーランドの消費量を含む）で、EIA は 38.15 億 toe、IEEJ は 35.44 億 toe と予測しており、世界の石炭消費量の 72% から 76% をアジアが占めるとしている。アジアの石炭消費の拡大は中国によるところが最も大きい、インドやその他アジア諸国（中国、インド、日本、韓国を除く）の石炭消費の拡大も見逃すことができない。2035 年における中国の石炭消費量の見通しは EIA が 28.64 億 toe で最も大きく、IEA が 25.61 億 toe で続き、IEEJ は最も少ない 22.05 億 toe と予測している。同様にインドについては、IEA の予測が 8.62 億 toe と最も大きく、IEEJ が 7.21 億 toe で続き、EIA が 4.91 億 toe と最も小さい。こうした差は、主に各機関の中国とインドの石炭消費、特に電力分野での石炭消費に対する見方の相違に起因しているのではないかと推察される。

表 2-1 石炭消費量見通しの比較

		2008	2010	2020	2030	2035
a. Primary energy consumption of world (million toe)	EIA	12,718	—	15,611	18,181	19,398
	IEA	—	12,730	15,332	17,499	18,676
	IEEJ	—	11,743	14,128	16,458	17,517
b. Coal consumption of world (million toe)	EIA	3,502	—	4,147	4,905	5,270
	IEA	—	3,474	4,417	5,115	5,523
	IEEJ	—	3,476	4,052	4,622	4,870
c. Ratio of coal (b/a)	EIA	27.5%	—	26.6%	27.0%	27.2%
	IEA	—	27.3%	28.8%	29.2%	29.6%
	IEEJ	—	29.6%	28.7%	28.1%	27.8%
d. Coal consumption of Asia (million toe)	EIA	2,139	—	2,851	3,524	3,815
	IEA*	—	2,276	3,161	3,808	4,169
	IEEJ	—	2,228	2,783	3,301	3,544
e. Asian coal consumption ratio (d/b)	EIA	61.1%	—	68.8%	71.8%	72.4%
	IEA*	—	65.5%	71.6%	74.4%	75.5%
	IEEJ	—	64.1%	68.7%	71.4%	72.8%
f. Coal consumption of China (million toe)	EIA	1,521 (71.1%)	—	2,156 (75.6%)	2,683 (76.1%)	2,864 (75.1%)
	IEA	—	1,602 (70.4%)	2,148 (67.9%)	2,429 (63.8%)	2,561 (61.4%)
	IEEJ	—	1,595 (71.6%)	1,896 (68.1%)	2,134 (64.6%)	2,205 (62.2%)
g. Coal consumption of India (million toe)	EIA	274 (12.8%)	—	342 (12.0%)	435 (12.4%)	491 (12.9%)
	IEA	—	283 (12.5%)	478 (15.1%)	701 (18.4%)	862 (20.7%)
	IEEJ	—	288 (12.9%)	447 (16.1%)	618 (18.7%)	721 (20.3%)

注：EIA（IEO2011）は基準ケース、IEEJ（IEEJ2012）は基準ケース、IEA（WEO2012）は現行エネルギー政策シナリオに基づく値。

IEA\*については、豪州とニュージーランドを含むアジア/オセアニアの石炭消費量。

中国とインドの石炭消費における括弧内の%表示は、アジアの石炭消費量に占める各国のシェアを示す。

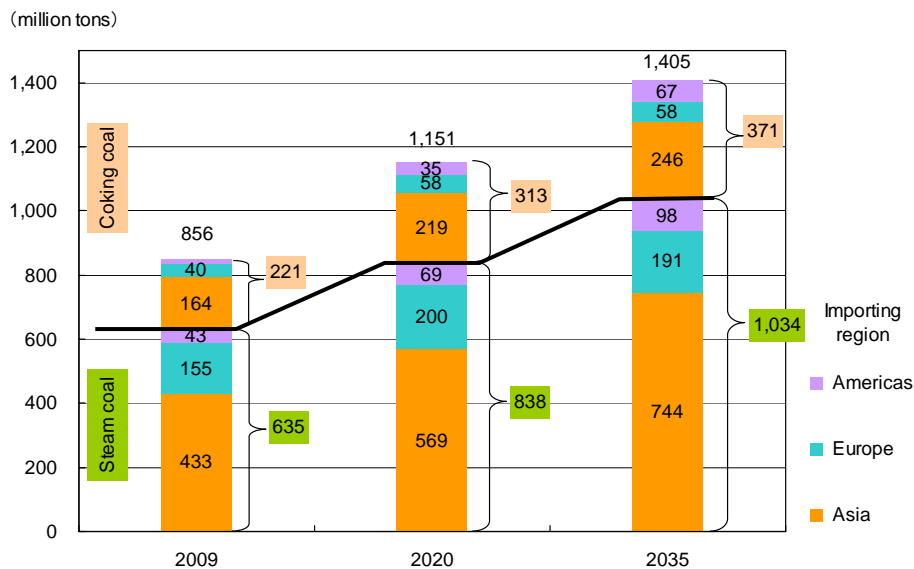
出典：EIA、「International Energy Outlook 2011」、IEA、「World Energy Outlook 2012」、及び IEEJ、「アジア/世界エネルギーアウトック 2012」から JICA 調査団が作成



## (5) 石炭貿易見通し

EIA の IEO2011 には、世界の石炭貿易量の見通しが示されており、これによると図 2-43 に示すように 2009 年から 2035 年まで年率 1.9% で伸び、2009 年の 8 億 5,600 万 t から 2035 年には 14 億 500 万 t に増大すると予測されている。2035 年に向けての増加量 5 億 4,900 万 t の内、一般炭が 3 億 9,900 万 t で、増加量全体の 73% を占める。また、アジアの石炭貿易量が世界の石炭貿易量に占める割合は 2009 年では 69.6% であり、2035 年では 70.5% とわずかではあるが拡大するとしている。

一般炭貿易量は 2035 年に向けて、アジア、米州（南北米国）だけでなく欧州（旧ソ連、地中海に面したアフリカ等を含む）でも増加するが、増加分の 78% はアジアにおけるものである。アジアの一般炭貿易量は 2009 年の 4 億 3,300 万 t から 2035 年には 3 億 1,200 万 t 増え、7 億 4,400 万 t に増大すると予測されている。一方、原料炭貿易量も 2035 年に向けて、全ての地域で増加するとしている。原料炭貿易量は同期間に、アジア地域で 8,200 万 t、米州地域で 5,000 万 t、欧州地域で 1,800 万 t、それぞれ増加すると予測されている。



注：一般炭には、無煙炭を含める。

出典：EIA、「International Energy Outlook 2011」から JICA 調査団が作成

図 2-43 世界の石炭貿易見通し (IEO2011、基準ケース)

アジア向けの輸出見通しを主要輸出国別にみると、表 2-2 に示すように、豪州からの輸出量が 2009 年の 2 億 5,000 万 t から 2035 年には 4 億 6,600 万 t へと増加し、アジア向け貿易量全体に占める豪州の割合は 2009 年の 41.9% から 2035 年には 5.1 ポイント増え 47.0% となる。2009 年において豪州に続く輸出国であるインドネシアの輸出量は、同期間に 1 億 t 程度増加して 2035 年には 3 億 1,300 万 t に増加すると予測されているが、2016 年以降、アジア向け輸出量は 3 億 t 程度で頭打ちとなることが予想されている。中国からの石炭輸出は国内での需要の高まりを背景に、今後 2,000 万 t 台にとどまると予測されている。その他の輸出国では、旧ソ連地域からの輸出量が 2009 年の 2,600 万 t から 2035 年には 1.3 倍の 3,500 万 t に増加し、南アフリカ等からの輸出量が 2009 年の 2,500 万 t から 2035 年には 2.9 倍の 7,400 万 t に増加すると予測されている。また、2009 年においてアジア向け輸出がほとんどない南米地域からの輸出が 2035 年には 1,700 万 t に増加すると

予測されている。尚、カナダとベトナムは今後 2035 年に向けて、アジア向け石炭輸出量を減少させると見込まれている。

表 2-2 石炭輸出量見通し

(million tons)

Exporting country	2009			2020			2035		
	Steam	Coking	Total	Steam	Coking	Total	Steam	Coking	Total
Australia	132	118	250	165	145	310	299	166	466
USA	1	5	6	7	22	29	11	17	28
Southern Africa	25	0	25	41	7	48	61	13	74
Former Soviet Union	22	4	26	20	8	28	25	10	35
Poland	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canada	6	16	22	0	17	17	0	20	20
China	22	1	22	25	1	26	25	1	26
South America	0	0	0	0	0	0	17	0	17
Vietnam	27	0	27	14	0	14	11	0	11
Indonesia	199	19	218	297	19	316	294	19	313
Total	433	164	596	569	219	789	744	246	990

注：Steam: Steam coal, Coking: Coking coal. 一般炭には、無煙炭を含める。

2009 年のインドネシアからの輸出量には、以下の数量（概数）の他地域からの輸出量を含む。一般炭 390 万 t 程度、原料炭 150 万 t 程度、計 540 万 t 程度。

出典：EIA、「International Energy Outlook 2011」から JICA 調査団が作成

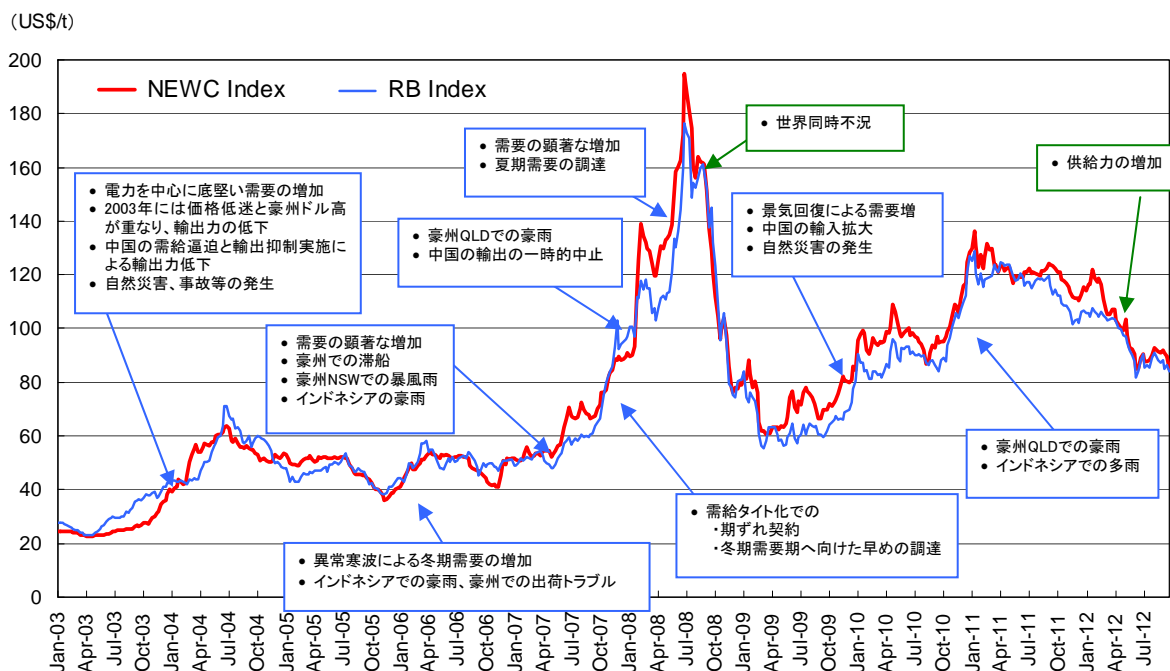
#### 2.2.4 石炭価格の現状と見通し

現在、主な一般炭の価格指標（Index）としては、以下に示すものを挙げるることができる。参考として、globalCOAL の NEWC Index と RB Index の推移を図 2-44 に示す。

- NEWC Index（豪州、ニューカッスル港出し一般炭 FOB 価格）：globalCOAL
- RB Index（南アフリカ、リチャーズ・ベイ港出し一般炭 FOB 価格）：globalCOAL
- API4（南アフリカ、リチャーズ・ベイ港出し一般炭 FOB 価格）：Argus/McCloskey
- API6（豪州、ニューカッスル港出し一般炭 FOB 価格）：Argus/McCloskey
- NEX Spot Index（豪州、ニューカッスル港出し一般炭 FOB 価格）：Energy Publishing Inc

実際の石炭購入にあたっては上記の価格指標を参考にすると等して、契約が結ばれるが、石炭購入契約の形態は長期契約とスポット契約に大別できる。石炭供給のほぼ 100% を輸入に依存する日本、韓国、台湾の大口需要家である電力各社は石炭供給の安定性、継続性を最も重視しており、消費量の 70% 以上を長期契約（単年契約を含む）で調達している。尚、電力以外の一般炭の取引では、単年契約あるいは取引毎に価格を取り決めるスポット契約が一般的である。鉄鋼各社も安定性、継続性を重視しており、長期契約の比率は電力各社より高い。表 2-3 には日本の契約形態別の特徴を示す。

原料炭は表 2-3 に示したように、スポット契約による調達をほとんど行っておらず、シッパーと需要者の相対取引が主流となっている。これまでは原料炭には一般炭に類する価格指標がなく、シッパーと鉄鋼会社との相対交渉により年間固定価格が決められていた。2010 年度からは BMA 等、シッパーの要望を受けて、原料炭については長契ベースの価格を四半期毎に見直すようになった。



出典：globalCOAL ホームページ掲載データから JICA 調査団が作成

図 2-44 globalCOAL の NEWC Index と RB Index の推移

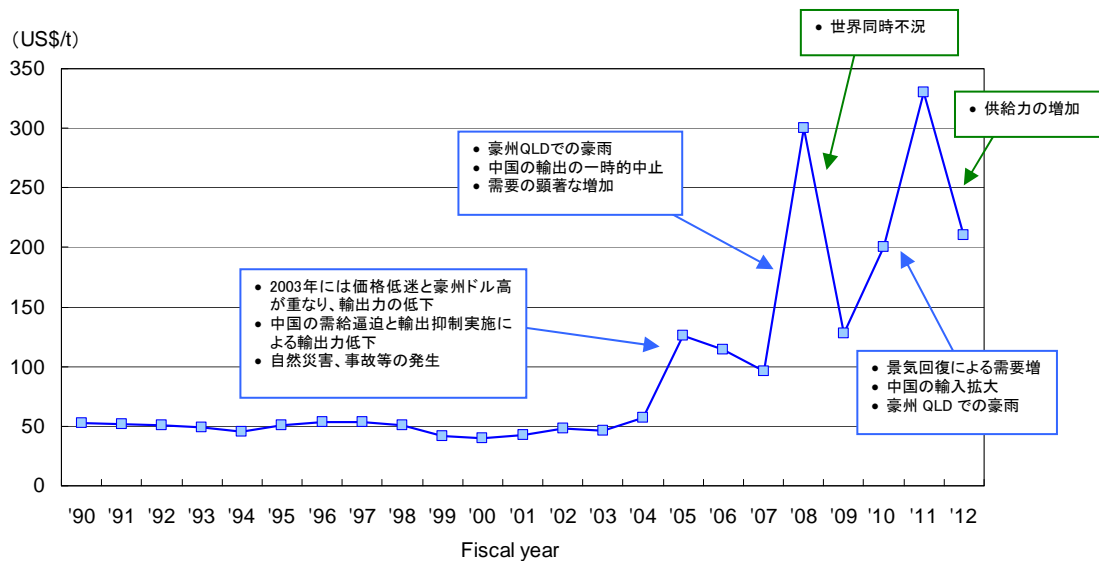
表 2-3 日本の電力、鉄鋼における石炭購入契約の形態

	長期契約*	スポット契約
電力	70 ~ 90%	10 ~ 30%
鉄鋼	95 ~ 100%	0 ~ 5%
メリット	契約数量の確保	需要変動に対する柔軟性が高い
デメリット	需要変動に対する柔軟性が低い	数量確保に対するリスクが大きい

注：一般に長期契約とは3年以上の契約を指すが、ここでは3年未満の契約も含む。

出典：各資料から JICA 調査団が作成

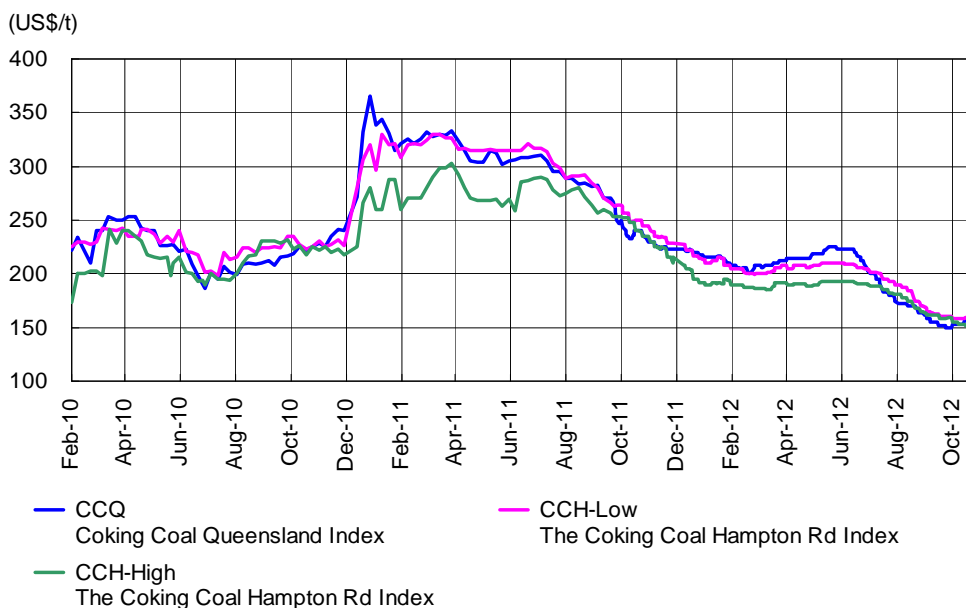
原料炭価格は、2008年秋以降の世界同時不況の影響を受け鉄鋼需要が世界的に大きく落ち込んだことから原料炭需要は減少し、その結果図 2-45 に示すように 2009 年度の原料炭価格は大きく下落した。その後、2010 年の原料炭価格は需要が回復したことから上昇し、2011 年には豪州での豪雨の影響を受け 300US\$/t を上回るまで急騰した。その後供給が追いついたこと、2012 年に入り需要が停滞していることから、原料炭価格は下落している。原料炭についても Energy Publishing は 2010 年から価格指標を発表するようになり、Argus も 2012 年から価格指標を発表するようになった。図 2-46 に Energy Publishing の原料炭価格指標を例示する。



注：2009 年度まではグニエラ炭の価格、2010 年度はピークダウンズ/サラジ炭の価格、2011、2012 年度はジャーマンクreek/ハイルクreek炭の価格。

出典：2005 年度までは Energy Publishing、「Coal 2005」、2006 年度以降は各種情報から JICA 調査団が作成

図 2-45 日本向け豪州産原料炭（強粘結炭）の FOB 価格（年度改定時（4 月））の推移



注：CCQ 豪州クイーンズランド州産原料炭のスポット価格指標  
 CCH-Low 米国東海岸 Hampton Rd（石炭輸出ターミナル）出し低揮発分原料炭のスポット価格指標  
 CCH-High 米国東海岸 Hampton Rd（石炭輸出ターミナル）出し高揮発分原料炭のスポット価格指標  
 出典：Energy Publishing Inc ホームページ掲載情報から JICA 調査団が作成

図 2-46 Energy Publishing の原料炭 FOB 価格指標の推移

石炭価格は、一般炭、原料炭ともにその時の需給状況により決まるものであり、将来の価格を具体的に予測することは難しい。ここでは、IEEJ の「アジア/世界エネルギーアウトルック 2012（表 2-4）」に示された一般炭の輸入価格を例示する。

表 2-4 エネルギー価格の見通し（日本の輸入 CIF）

		2000	2011	2020	2030	2035
Crude oil	Real price	35	109	115	122	125
	\$/bbl Nominal price	28	109	137	177	201
LNG	Real price	303	762	753	739	729
	\$/t Nominal price	244	762	899	1,076	1,173
Steam coal	Real price	44	138	136	139	143
	\$/t Nominal price	35	138	163	203	230

注：日本の CIF 価格。実質価格は 2011 年価格。インフレ率を年率 2% として算出。  
出典：IEEJ、「アジア／世界エネルギーアウトック 2012」

## 2.3 北東アジア等における石炭需給の将来予測と北東アジアの石炭市場の将来分析

北東アジアを含むアジア地域の石炭需要は急速に増加しており、今後も経済発展に伴い拡大することが見込まれている。本節では、「モ」国炭の主要な輸出先国となる中国を始めとする北東アジア諸国（日本、韓国、台湾）、ならびにインド、東南アジア諸国の石炭需要を予測するとともに主要石炭供給国の供給ポテンシャルを検討し、2025 年の北東アジア石炭市場を展望する。

### 2.3.1 石炭需要

#### (1) 石炭需要予測の方式と条件

本需要予測では、「モ」国から輸出される石炭の主力が原料炭であることから、原料炭と一般炭の市場状況（需給状況）を別々に分析する必要がある。このため、原料炭と一般炭それぞれについて石炭需要予測を行う。尚、予測に際しては、一般財団法人日本エネルギー経済研究所が毎年発表している「アジア／世界エネルギーアウトック」を参考に石炭需給予測を行う。また、需要予測ツールには様々あるが、ここでは IEEJ が独自に開発したソフト”Simple E“を使用する。

#### (a) 対象国（地域）

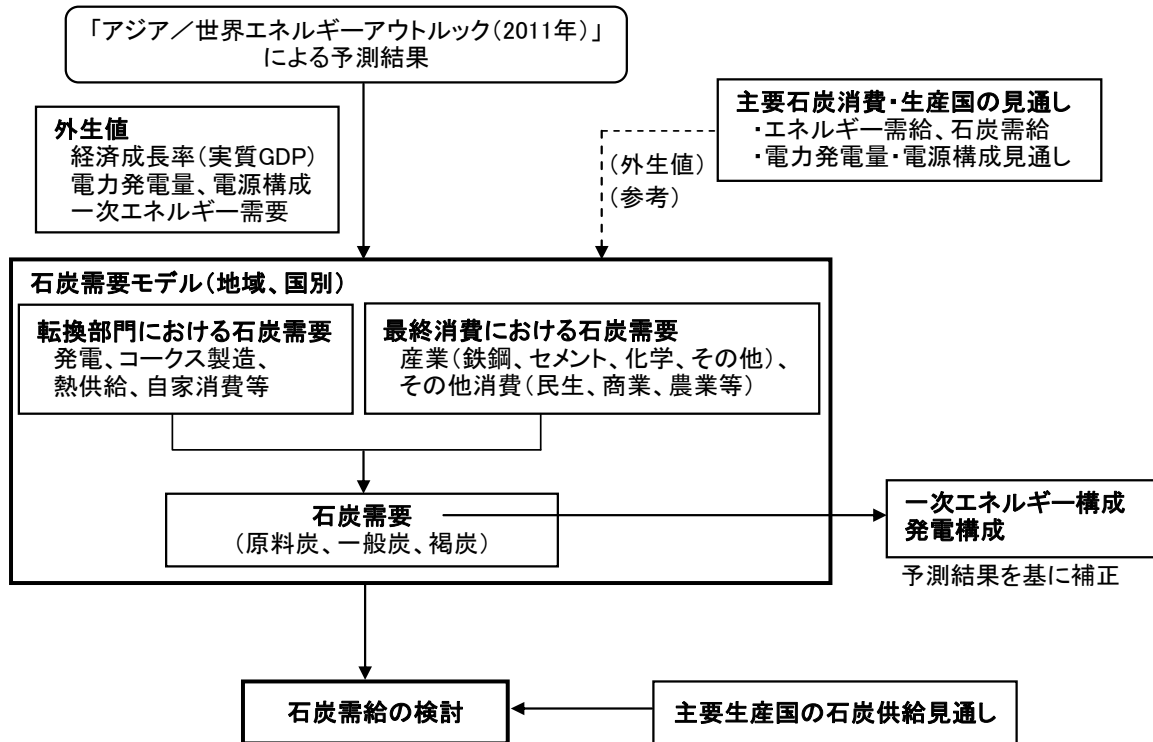
対象国は以下のとおりである。

北東アジア主要国・地域： 中国、日本、香港、台湾、韓国

東南アジア等： インドネシア、インド、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナム

#### (b) モデルの基本構造

石炭需要モデルの基本構造を図 2-47 に示す。外生値として、「アジア／世界エネルギーアウトック」の結果から経済成長率、電力発電量、発電構成、一次エネルギー需要を石炭需要モデルに与え、対象国が出している見通しを参考に予測を行う。石炭需要は、転換部門では発電、コークス製造等に、最終消費では産業（鉄鋼、セメント等）、一次産業、民生等に分類して、炭種別に需要予測を行う。



出典：JICA 調査団が作成

図 2-47 モデルの構造

### (c) 予測の前提条件

予測の前提条件は、以下のとおりである。尚、各国（地域）の見通し等に関する情報、データが入手できた国については、その内容を考慮するとともに、国によってはその情報、データを数値化してモデルに外生値として代入する。

#### 時系列データ

IEA データ（1980 年－2010 年）を使用。

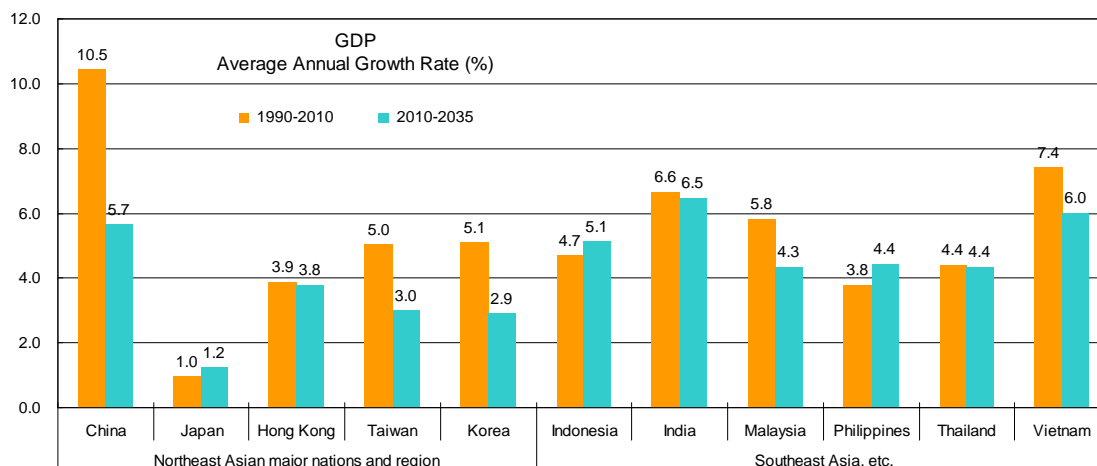
#### 1) 予測期間

本調査のターゲットは 2025 年であるが、その先の需要状況も分析して 2025 年の需要を決めるために、2010 年を基準に 2035 年までの予測を行う。

#### 2) 経済成長

本予測に使用する経済成長率については、図 2-48 に示す日本エネルギー経済研究所が 2012 年 11 月に報告した「アジア／世界エネルギーアウトルック 2012」の経済成長率を用いる<sup>9</sup>。

<sup>9</sup> アジア開発銀行をはじめとする国際機関による予測、各国（地域）政府発表の経済開発計画、ならびに各国（地域）の潜在成長率を基に設定している。



出典：IEEJ、「アジア／世界エネルギーアウトルック 2012」から

図 2-48 経済成長率

### 3) 発電電力量及び発電電力量構成

一般炭の需要は発電部門での消費量が多いため、発電電力量とその構成は一般炭需要を決定する重要な要因である。本予測の発電電力量とその構成については、「アジア／世界エネルギーアウトルック 2012」の予測結果を基本的に用いた。

#### (2) アジアの石炭需要

北東アジアを含むアジア（本調査対象国 11 か国の合計）の石炭需要と石炭輸入の予測結果は、以下のとおりである（表 2-5、図 2-49）。

石炭需要は、2010 年から 2025 年に向け年率 2.3%で増加し、2010 年の 43.11 億 t から 2025 年には 60.96 億 t と 1.4 倍に増加する。

炭種別に石炭需要を見ると、原料炭は 2010 年の 5.84 億 t から 2025 年には 6.06 億 t とわずかながら増加する。主要原料炭需要国別にみると、インドでは、今後も粗鋼生産量が増加し、それに伴い原料炭需要量は増加する。日本、韓国、台湾では、粗鋼生産量が横這いで推移すると見込まれ、技術進歩を考慮すると原料炭需要は減少する。最大の粗鋼生産国である中国では、第 2 次産業から第 3 次産業へ産業構造の転換時期に入ることからこれまで急速に伸びてきた粗鋼生産量が今後は伸びないと見込まれ、原料炭需要量は微減する。一方、アジアの原料炭輸入量は増加する。これは、今後の粗鋼生産拡大に伴い原料炭需要が増加するインドでの輸入が増加すること、また中国では原料炭を希少資源としており、モンゴルなど海外市場から原料炭が安価に入ってくれば、輸入量が増加すると見通していることによる。

一般炭需要は、これまでの中国の急速な伸びはないが、中国やインドを中心に東南アジア各国でも発電用燃料として増加する。一般炭需要は 2010 年の 36.70 億 t から 2025 年の 54.11 億 t と年率 2.6%で増加する。輸入量も需要の拡大に伴い増加する。特に、石炭資源の少ない東南アジア諸国（マレーシア、タイ、ベトナム<sup>10</sup>、フィリピン）やインドでの輸入が拡大する。

<sup>10</sup> ベトナムは石炭（無煙炭）の輸出国で、無煙炭は北部に多く賦存するが、発電用石炭需要に追い付かないことから、南部を中心に海外炭の石炭火力が計画されている。

表 2-5 アジア（本調査対象国 11 か国）の石炭需要と石炭輸入の見通し

(石炭 t 表示)

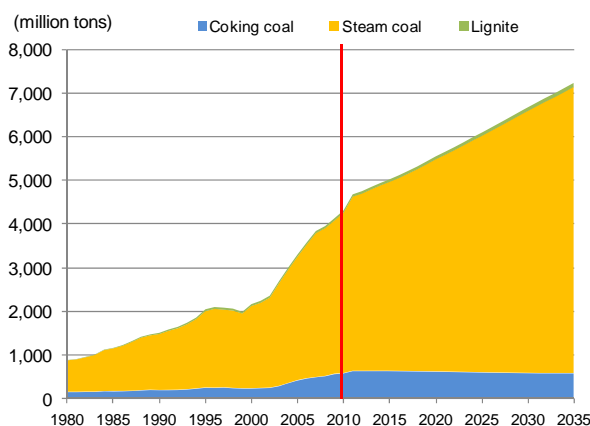
	(kT)							(% )		
	1980	2000	2010	2020	2025	2030	2035	10/00	25/10	35/25
Demand	880,831	2,160,973	4,310,977	5,547,585	6,095,926	6,677,136	7,229,777	7.2	2.3	1.7
Coking coal	157,712	237,378	583,994	626,664	605,810	583,825	585,709	9.4	0.2	-0.3
Steam coal	715,986	1,880,201	3,670,136	4,849,572	5,411,197	6,006,651	6,547,527	6.9	2.6	1.9
Lignite	7,133	43,395	56,848	71,349	78,919	86,660	96,542	2.7	2.2	2.0
Import	81,220	303,962	669,163	916,043	1,048,182	1,188,832	1,361,236	8.2	3.0	2.6
Coking coal	68,277	93,356	145,676	186,787	206,987	226,206	251,425	4.6	2.4	2.0
Steam coal	12,943	210,606	523,487	729,256	841,194	962,627	1,109,811	9.5	3.2	2.8
Lignite	0	0	0	0	0	0	0			

(参考：石油換算 t 表示)

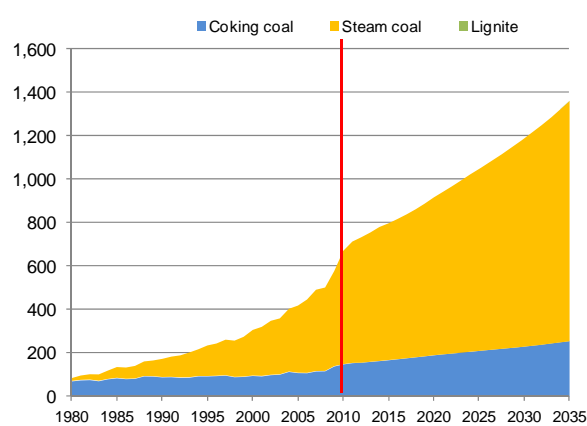
	(kTOE)							(% )		
	1980	2000	2010	2020	2025	2030	2035	10/00	25/10	35/25
Demand	427,057	1,045,977	2,150,805	2,777,578	3,047,973	3,335,374	3,608,534	7.5	2.4	1.7
Coking coal	103,906	153,641	375,417	402,623	389,366	375,362	376,598	9.3	0.2	-0.3
Steam coal	321,597	881,521	1,761,778	2,357,509	2,639,526	2,939,282	3,209,072	7.2	2.7	2.0
Lignite	1,554	10,815	13,610	17,445	19,081	20,730	22,864	2.3	2.3	1.8
Import	57,118	190,076	419,174	567,168	645,848	729,493	830,619	8.2	2.9	2.5
Coking coal	49,761	61,896	94,079	119,290	131,976	144,198	160,187	4.3	2.3	2.0
Steam coal	7,357	128,180	325,095	447,878	513,872	585,295	670,432	9.8	3.1	2.7
Lignite	0	0	0	0	0	0	0			

出典：JICA 調査団

< 石炭需要 >



< 石炭輸入（石炭市場） >



出典：JICA 調査団

図 2-49 アジア（本調査対象国 11 か国）の石炭需要と石炭輸入の見通し

モンゴル炭の主要な市場となる北東アジア市場とインドを含む東南アジア市場の需要予測結果を表 2-6、表 2-7 及び図 2-50、図 2-51 に示す。

北東アジアの石炭需要は、2010 年から 2025 年に向けて年率 1.9% で増加し、2025 年の石炭需要は 2010 年の 1.3 倍の 46.60 億 t になる。一方、インド・東南アジアの石炭需給は、今後の急速な拡大が見込まれることから、2010 年の 7.76 億 t から 2025 年には 14.36 億 t と年率 4.2% で増加し、約 2 倍に拡大する。炭種別に見ると、2025 年に向けて原料炭が年率 5.4% で、一般炭が年率 4.2% で増加し、2025 年の需要はそれぞれ 1.15 億 t と 12.42 億 t になる。原料炭はインドでの増加分で、一般炭は電力用として、インドをはじめ対象としている東南アジア諸国全ての国において増加する。

2025 年の石炭輸入量は、北東アジアが 6.35 億 t、インド・東南アジアが 4.14 億 t であるが、増加



量を見ると、北東アジアが9,900万tであるのに対して、インド・東南アジアが2.80億tとなる。2025年までの炭種別輸入量の増加を見ると、北東アジア市場では原料炭は2,200万t、一般炭は7,800万tである。これに対し、インド・東南アジア市場では、原料炭が3,900万t、一般炭が2.40億tとなる。

表 2-6 北東アジアの石炭需要と石炭輸入の見通し

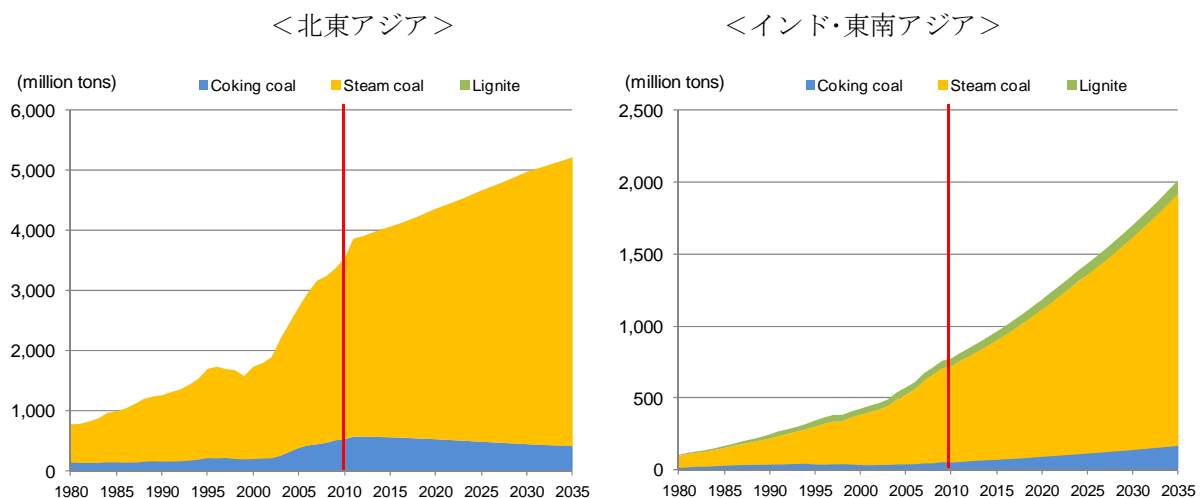
	(kT)							(%)		
	1980	2000	2010	2020	2025	2030	2035	10/00	25/10	35/25
Demand	775,929	1,734,553	3,534,669	4,360,117	4,660,245	4,973,283	5,213,925	7.4	1.9	1.1
Coking coal	142,271	202,597	532,016	534,684	491,239	444,758	417,346	10.1	-0.5	-1.6
Steam coal	633,658	1,531,956	3,002,653	3,825,433	4,169,006	4,528,525	4,796,580	7.0	2.2	1.4
Lignite	0	0	0	0	0	0	0			
Import	80,232	268,880	535,157	616,110	634,593	652,376	668,691	7.1	1.1	0.5
Coking coal	67,727	82,153	126,137	144,258	147,983	148,823	150,863	4.4	1.1	0.2
Steam coal	12,505	186,727	409,020	471,852	486,610	503,553	517,828	8.2	1.2	0.6
Lignite	0	0	0	0	0	0	0			

出典：JICA 調査団

表 2-7 インド・東南アジアの石炭需要と石炭輸入の見通し

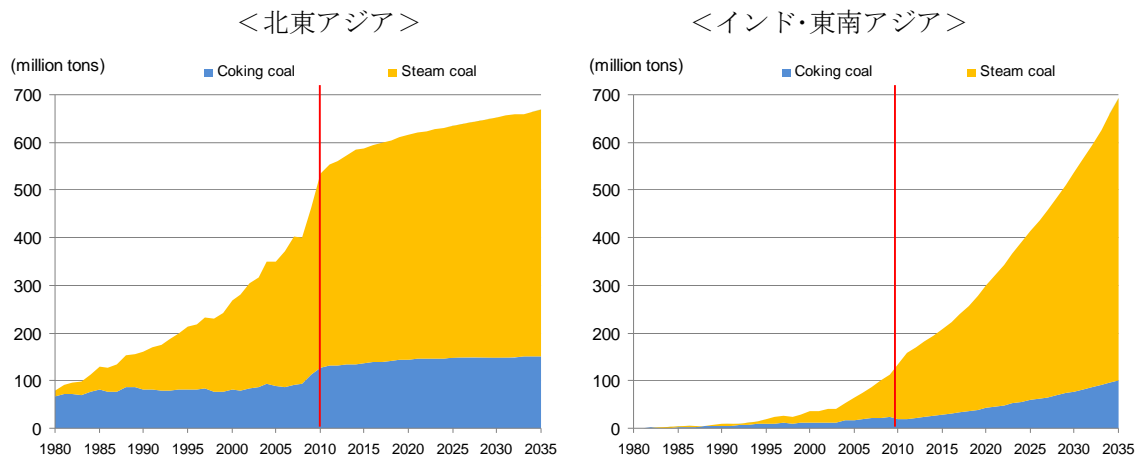
	(kT)							(%)		
	1980	2000	2010	2020	2025	2030	2035	10/00	25/10	35/25
Demand	104,902	426,421	776,309	1,187,468	1,435,681	1,703,853	2,015,852	6.2	4.2	3.5
Coking coal	15,441	34,781	51,978	91,979	114,571	139,067	168,363	4.1	5.4	3.9
Steam coal	82,328	348,245	667,483	1,024,139	1,242,191	1,478,126	1,750,947	6.7	4.2	3.5
Lignite	7,133	43,395	56,848	71,349	78,919	86,660	96,542	2.7	2.2	2.0
Import	988	35,082	134,006	299,933	413,588	536,456	692,545	14.3	7.8	5.3
Coking coal	550	11,203	19,539	42,529	59,004	77,383	100,562	5.7	7.6	5.5
Steam coal	438	23,879	114,467	257,404	354,584	459,073	591,983	17.0	7.8	5.3
Lignite	0	0	0	0	0	0	0			

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団が作成

図 2-50 北東アジアとインド・東南アジアの需要比較



出典：JICA 調査団が作成

図 2-51 北東アジアとインド・東南アジアの輸入量比較

以下では、石炭需要量が多く、今後のアジア石炭市場を見る上で重要となるインドと中国について、予測結果を示す。尚、中国についてはモンゴル国の原料炭輸出において中国の原料炭市場は重要であることから、中国の原料炭の需要量と輸入量については幾つかのケースに分けて分析を行う。

### (3) インドの石炭需要

インドは今後の高い経済成長と人口増加により一次エネルギー需要は増加する。インドは一次エネルギー消費の現在約半分を石炭に依存しているが、2025年においても同程度の比率が期待できる。現在石炭は発電電力量の7割近くを占めるが、今後も一般炭は電力用として多くが用いられ、その他ではセメントなど産業での需要が高まる。一般炭需要は、2025年に向け年率3.9%で増加し、2010年の1.7倍の9.42億tとなる。一方、経済成長に伴い鉄鋼需要が増加することから原料炭需要も増加する。原料炭需要は2025年に向け年率5.4%で増加し、2010年の2.2倍に当たる1.15億tとなる。

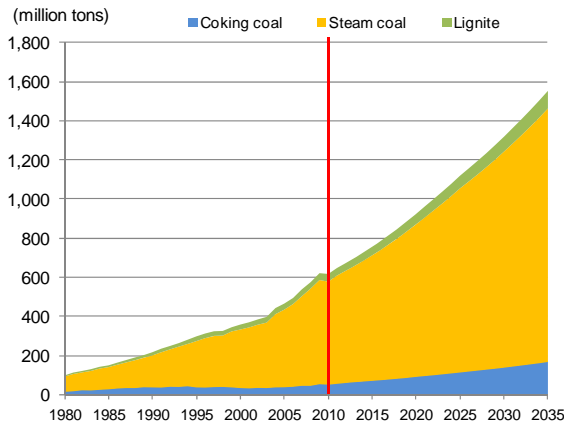
インドは豊富な石炭埋蔵量を有するが、灰分が多く品質が高くなく、また国内炭の開発に手間取っており、国内炭で需要を賄うことができない。このため需要の増加と共に輸入量は増加している。今後輸入炭は、原料炭、一般炭ともに大きく増加し、2025年には5,900万tの原料炭と2.33億tの一般炭が輸入される。

表 2-8 インドの石炭需要と石炭輸入の見通し

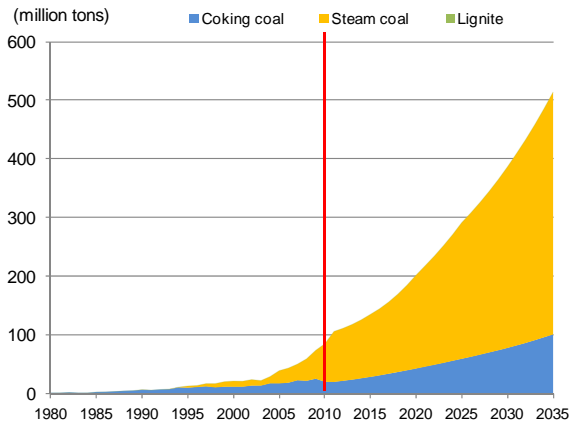
	1980	2000	2010	2020	2025	2030	2035	(%)		
	(kT)							10/00	25/10	35/25
Demand	99,189	359,928	618,207	927,482	1,121,335	1,321,166	1,555,128	5.6	4.0	3.3
Coking coal	15,441	34,641	51,923	91,924	114,516	139,012	168,308	4.1	5.4	3.9
Steam coal	78,064	299,479	527,478	781,982	941,938	1,105,669	1,296,577	5.8	3.9	3.2
Lignite	5,685	25,809	38,807	53,575	64,881	76,485	90,243			
Import	550	20,930	84,562	201,825	291,496	386,845	514,173	15.0	8.6	5.8
Coking coal	550	11,063	19,484	42,474	58,949	77,327	100,506	5.8	7.7	5.5
Steam coal	0	9,867	65,078	159,351	232,547	309,518	413,667	20.8	8.9	5.9
Lignite	0	0	0	0	0	0	0			

出典：JICA 調査団が作成

<石炭需要>



<石炭輸入>



出典：JICA 調査団が作成

図 2-52 インドの石炭需要と石炭輸入の見通し

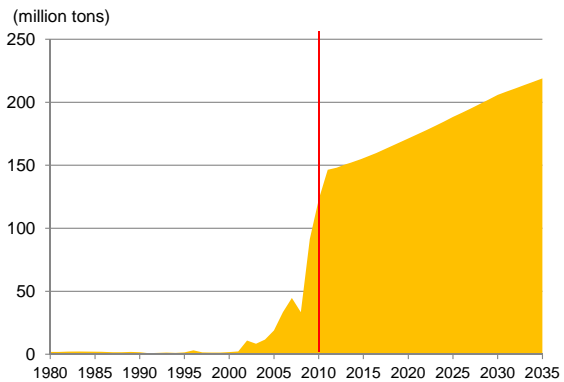
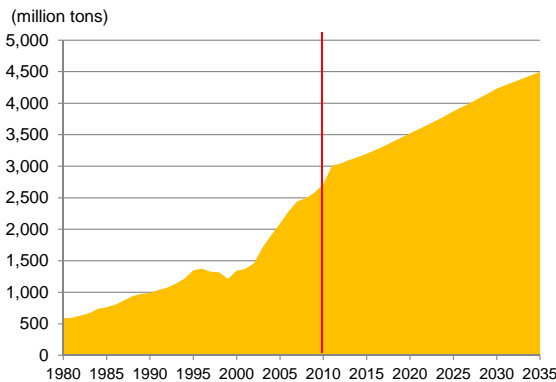
(4) 中国の一般炭需要

現状中国は一次エネルギー消費の約4分の3を石炭に依存しており、2025年に向けても石炭が依然として主要なエネルギー源である。しかし、今後は経済が次第に減速していくことから産業用の一般炭需要の伸びは小さくなり、発電用の一般炭需要は電力需要の伸びが今後低下することから2000年代のように急増することはなく、一般炭需要は2010年から2025年に向けて年率2.4%で増加し、2025年の一般炭需要は2010年の1.4倍の38.70億tとなる。尚、一般炭の輸入量は、需要の拡大と共に増加し、2010年の1.23億tから2025年には1.88億tまで増加する。

表 2-9 中国の一般炭需要と一般炭輸入の見通し

	1980	2000	2010	2020	2025	2030	2035	(kT)			(% )		
								10/00	25/10	35/25			
Demand	589,038	1,340,165	2,720,805	3,523,356	3,869,778	4,230,665	4,497,620	7.3	2.4	1.5			
Imports	1,990	1,839	122,942	171,455	188,312	205,874	218,864	52.2	2.9	1.5			

出典：JICA 調査団が作成



出典：JICA 調査団が作成

図 2-53 中国の一般炭需要と一般炭輸入の見通し

## (5) 中国の原料炭需要<sup>11</sup>

中国の粗鋼生産量は2000年に入り高い経済成長のもと急増したが、いずれは頭打ちとなると言われ、現在に至っている。鉄鋼産業は2012年に入ってから景気減速により生産過多（過剰能力）に陥っており、また旧式製鉄所や小規模製鉄所など非効率な設備も深刻となっている。このため政府は老朽化した設備の閉鎖に協力した企業に融資をするなど省エネルギーを進めている。この現状から本予測では「粗鋼生産量は今後伸びず減少する」を前提に予測を行っているが、ここでは今後の中国の粗鋼生産について、本予測での前提以外に2つのケースを想定し、中国の原料炭需要について予測を行った。想定するケースは以下のとおりである。

Case 1: 粗鋼生産量は2011年をピークに減少する

Case 2: 粗鋼生産量は2011年以降、横這いで推移する

Case 3: 粗鋼生産量は2021年以降、減少する

予測結果は表2-10に示すとおりである。Case 1では、粗鋼生産量が減少しかつ省エネルギーと旧式の鉄工所の閉鎖などにより原単位が改善されることから、原料炭需要は2011年の5.84億tから2025年の4.84億tまで減少する。Case 2では、粗鋼生産量は横這いで推移するが、省エネルギーと旧式の鉄工所の閉鎖などにより原単位が改善されることから、原料炭需要は微減し、2025年に5.62億tとなる。Case 3では、原料炭需要は2020年に7.02億tまで増加し、2025年に6.61億tに減少する。

原料炭輸入量については、「2.4.2 輸出可能性予測」で述べるが、表2-10にその結果を示す。2025年の輸入量は、2011年と比較してCase 1ではほぼ同じ、Case 2では1,000万t以上の増加、Case 3では2,500万t程度の増加となる。

表 2-10 中国の原料炭需要と原料炭輸入見通し

	2006	2010	2011	2015	2020	2025	2030	2035
(kT)								
Crude steel production								
Case 1	422,660	626,959	689,655	673,921	640,892	579,315	510,432	473,281
Case 2	422,660	626,959	689,655	689,655	689,655	689,655	689,655	689,655
Case 3	422,660	626,959	689,655	746,288	776,514	738,457	702,266	667,848
Coking coal demand								
Case 1	408,130	527,100	583,930	565,913	534,663	483,795	429,648	398,889
Case 2	408,130	527,100	583,930	577,481	569,808	561,724	553,632	545,442
Case 3	408,130	527,100	583,930	651,812	701,692	660,754	622,497	586,669
Coking coal import								
Case 1	4,662	47,269	44,658	56,591	53,466	45,961	38,668	31,911
Case 2	4,662	47,269	44,658	57,748	56,981	56,172	55,363	54,544
Case 3	4,662	47,269	44,658	67,788	76,484	69,379	62,872	56,907

注： 需要量と輸入量の実績値は中国のコンサルタント（北京亜能時代諮詢有限公司）のデータを使用  
出典：JICA 調査団が作成

<sup>11</sup> 本予測では時系列データとしてIEAデータを用いているが、ここでは中国のコンサルタント（北京亜能時代諮詢有限公司）のデータを実績値として予測結果を見直している。これは、モンゴル原料炭の輸出量のほとんどが中国向けであり、今後も中国原料炭市場がモンゴル原料炭の輸出市場となるため、中国が報告するデータを使用することでより現実に近い分析を行うためである。

(6) アジア主要石炭需要国各国の石炭需要見通し

表 2-11 に調査対象国の原料炭需要と輸入の見通し、表 2-12 に一般炭需要と輸入の見通しを示す。

表 2-11 主要アジア諸国の原料炭需要と原料炭輸入の見通し

Demand	(million tons)					(%)	
	2010	2020	2025	2030	2035	25/10	35/25
China	527.1	534.7	483.8	429.6	398.9	-0.4	-2.0
India	51.9	91.9	114.5	139.0	168.3	4.8	4.0
Japan	57.0	56.8	55.9	55.0	54.1	0.4	-0.3
Korea	27.2	28.0	27.8	27.2	26.3	1.8	-0.5
Taiwan	5.4	6.7	6.5	6.4	6.3	4.1	-0.4
Indonesia	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-1.5	0.0
Malaysia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-
Philippines	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-
Thailand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-
Vietnam	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-
Hongkong	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-

Imports	(million tons)					(%)	
	2010	2020	2025	2030	2035	25/10	35/25
China	47.3	53.5	46.0	38.7	31.9	3.4	1.1
India	19.5	42.5	58.9	77.3	100.5	5.5	5.6
Japan	57.7	56.8	55.9	55.0	54.1	0.5	-0.3
Korea	28.2	28.0	27.8	27.2	26.3	2.0	-0.5
Taiwan	5.5	6.7	6.5	6.4	6.3	3.2	-0.4
Indonesia	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-1.4	0.0
Malaysia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-
Philippines	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-
Thailand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-
Vietnam	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-
Hongkong	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-

注： 中国の需要と輸入量は表 2-10 に示す Case 1 の数値を使用している。

出典：JICA 調査団が作成

表 2-12 主要アジア諸国の一般炭需要と一般炭輸入の見通し

Demand	(million tons)					(%)	
	2010	2020	2025	2030	2035	25/10	35/25
China	2,720.8	3,523.4	3,869.8	4,230.7	4,497.6	2.4	1.5
India	527.5	782.0	941.9	1,105.7	1,296.6	3.9	3.2
Japan	123.5	142.7	142.3	142.0	148.9	0.9	0.5
Korea	84.9	89.3	87.4	86.1	84.4	0.2	-0.3
Taiwan	63.0	70.8	72.3	74.9	76.0	0.9	0.5
Indonesia	59.9	95.5	120.1	150.8	189.7	4.7	4.7
Malaysia	23.4	42.2	49.5	56.4	62.9	5.1	2.4
Philippines	13.3	18.5	21.8	25.6	29.7	3.3	3.1
Thailand	17.1	25.8	31.2	35.6	40.4	4.1	2.6
Vietnam	26.1	60.2	77.7	104.1	131.7	7.5	5.4
Hongkong	10.3	13.2	13.7	13.9	13.6	1.9	-0.1

Imports	(million tons)					(%)	
	2010	2020	2025	2030	2035	25/10	35/25
China	122.9	171.5	188.3	205.9	218.9	2.9	1.5
India	65.1	159.4	232.5	309.5	413.7	8.9	5.9
Japan	127.7	142.2	142.1	142.0	148.9	0.7	0.5
Korea	85.4	88.2	86.7	85.9	84.4	0.1	-0.3
Taiwan	57.6	70.8	72.3	74.9	76.0	1.5	0.5
Indonesia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-
Malaysia	20.7	39.9	47.2	54.1	60.6	5.6	2.5
Philippines	11.0	14.4	17.0	20.0	23.7	3.0	3.3
Thailand	16.8	25.8	31.2	35.6	40.4	4.2	2.6
Vietnam	0.9	17.9	26.6	39.9	53.7	25.5	7.2
Hongkong	10.3	13.2	13.7	13.9	13.6	1.9	-0.1

出典：JICA 調査団が作成

## 2.3.2 石炭供給

### (1) 主要石炭供給国の石炭輸出ポテンシャル

北東アジアの石炭市場に石炭を供給（輸出）する石炭生産国としては、豪州、インドネシア、ロシア、米国、カナダ、南アフリカ、中国などが挙げられる他、原料炭については新規輸出国としてモザンビークを加えることができる。以下では、これらの石炭供給国の石炭輸出ポテンシャルについて、概括する。

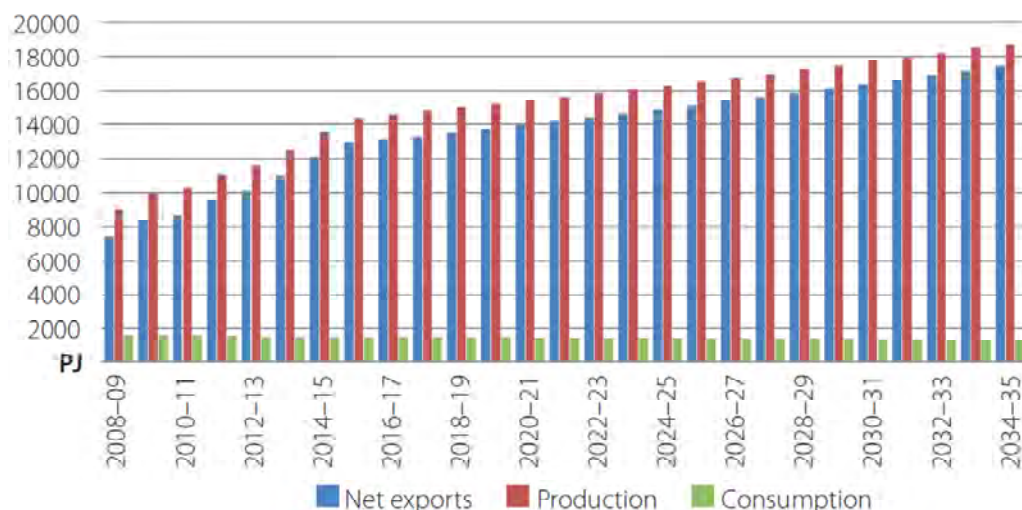
#### (a) 豪州

豪州連邦政府の研究機関である Bureau of Resources and Energy Economics (BREE) が 2011 年 12 月に発表した「Australian energy projections to 2034–35」によると、表 2-13、図 2-54 に示すようにブラック・コール（一般炭と原料炭を合わせた瀝青炭等）の生産量は 2008/09 年度の 3 億 t (9,004 ペタ・ジュール) から 2034/35 年度には 6 億 2,300 万 t (18,676 ペタ・ジュール) に年率 2.8% で増加すると予測されている。将来、国内の石炭需要が現在よりも減少すると予測されていることから、生産量の拡大とともに輸出量は増加することになる。ニューサウスウェールズ州とクイーンズランド州の石炭開発と石炭輸出インフラの建設が進み、石炭輸出量は 2008/09 年度の 2 億 4,700 万 t (7,411 ペタ・ジュール) から 2034/35 年度に向けて年率 3.3% で拡大を続け、輸出量（ブラック・コールのみ）は 5 億 8,100 万 t (17,415 ペタ・ジュール) に達すると予測されている。

表 2-13 豪州の石炭需給見通し

		2008/09		2019/20		2034/35	
		(million tons)	(PJ)	(million tons)	(PJ)	(million tons)	(PJ)
Production	Black Coal	300	(9,004)	506	(15,185)	623	(18,676)
	Brown Coal	66	(647)	66	(647)	29	(281)
		366	(9,651)	572	(15,832)	651	(18,957)
Domestic Consumption	Black Coal	53	(1,593)	49	(1,460)	42	(1,260)
	Brown Coal	66	(647)	66	(647)	29	(281)
		119	(2,240)	115	(2,107)	71	(1,541)
Exports	Black Coal	247	(7,411)	458	(13,725)	581	(17,415)
	Brown Coal	0	(0)	0	(0)	0	(0)
		247	(7,411)	458	(13,725)	581	(17,415)

出典：BREE、「Australian energy projections to 2034–35, December 2011」から JICA 調査団が作成



出典：BREE、「Australian energy projections to 2034-35, December 2011」

図 2-54 豪州のブラック・コールの需給見通し

2012年11月にBREEが自身のホームページ上で発表した「Resources and Energy Major Projects, October 2012」には、既存炭鉱の拡張プロジェクトが45件（建設中<sup>12</sup>18件）、新規開発プロジェクトが55件（同5件）、計100件（同23件）のプロジェクトがリストアップされている（表2-14）。このリストに示される石炭増産プロジェクトによって2012年以降に追加可能な石炭供給能力を積み上げると、2017年に豪州は一般炭4.5億t、原料炭1.9億tの計6.4億tの石炭供給能力を新たに加えることができる（表2-15）。BREEは2011年の石炭生産実績（褐炭を除く製品炭）を3億4,800万tとしており、単純にこの値を追加される石炭供給能力に合計すると2017年の時点で9.9億tとなる。BREEは2019/20年の石炭生産量（褐炭を除く製品炭）を5億600万tと予測しており、「Resources and Energy Major Projects, October 2012」に示された増産プロジェクトが順調に実施されれば、炭量枯渇による既存炭鉱の閉山があったとしても、十分に予測値を満たす供給能力があると考えられる。このように石炭生産の拡大が可能であることから、2019/20年の石炭輸出見通しも十分に達成できると推察される。尚、BREEによると豪州の2011年の石炭輸出量は2億8,100万tで、その53%に当たる1億4,800万tが一般炭で、47%に当たる1億3,300万tが原料炭となっている<sup>13</sup>。この比率を表2-13の輸出量見通しにあてはめると、表2-16に示すように一般炭輸出量は2019/20年に2億4,100万t、2034/35年に3億500万tに増大し、原料炭輸出量は2019/20年に2億1,700万t、2034/35年に2億7,500万tに増大することになる。

表 2-14 豪州の石炭プロジェクト数

	NSW	QLD	West Australia	Total
Expansion	22 (10)	23 (8)	0 (0)	45 (18)
New Project	8 (1)	46 (4)	1 (0)	55 (5)
Total	30 (11)	69 (12)	1 (0)	100 (23)

注：括弧内の数値は、建設中（承認済み、工事完了を含む）のプロジェクト数。

出典：BREE、「Resources and Energy Major Projects, October 2012」からJICA調査団が作成

<sup>12</sup> 承認済みのプロジェクトと工事が完了したプロジェクトを含む。

<sup>13</sup> BREEホームページ掲載情報「Resources and Energy Statistics, December Quarter 2011」

表 2-15 豪州の石炭増産計画

		(million tons)					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017+
NSW		12.0	15.6	34.5	21.5	8.1	30.9
	Steam Coal	9.0	8.0	26.1	16.0	1.6	26.0
	Coking Coal	3.0	7.6	8.4	5.5	6.5	4.9
QLD		7.5	33.7	108.0	158.1	38.9	165.6
	Steam Coal	1.7	5.0	78.8	144.3	7.0	122.2
	Coking Coal	5.8	28.7	29.3	13.8	31.9	43.4
West Australia		0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
	Steam Coal	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
	Coking Coal	-	-	-	-	-	-
Total		19.5	49.3	145.0	179.6	47.0	196.5
	Steam Coal	10.7	13.0	107.4	160.3	8.6	148.2
	Coking Coal	8.8	36.3	37.7	19.3	38.4	48.3
Cumulative Total		19.5	68.8	213.8	393.4	440.4	636.9
	Steam Coal	10.7	23.7	131.1	291.4	300.0	448.2
	Coking Coal	8.8	45.1	82.8	102.1	140.5	188.7

出典：BREE、「Resources and Energy Major Projects, October 2012」から JICA 調査団が作成

表 2-16 豪州の炭種別石炭輸出見通し

		(million tons)		
		2011 Actual	2019/20	2034/35
Exports	Steam Coal	148	241	305
	Coking Coal	133	217	275
		281	458	581

注：実績値は BREE の統計に基づく。

出典：BREE、「Resources and Energy Statistics, December Quarter 2011」の輸出実績と表 2-13 から JICA 調査団が作成

### (b)インドネシア

2012年9月4～5日に開催された「クリーン・コール・デー2012 石炭利用国際会議」におけるインドネシア・エネルギー・鉱物資源省・鉱物石炭局（Ministry of Energy and Mineral Resources, Directorate General of Mineral and Coal）の Wibowo 氏の発表<sup>14</sup>によると、図 2-55 に示すように中期的には石炭生産量、輸出量ともにこれまでのような拡大を続けず、頭打ちとなることが示されている。また、2011年4月14日に中国で開催された IEA のワークショップ「Coal Market's Outlook」におけるインドネシア石炭協会（Indonesian Coal Mining Association）の Kamandanu 氏の発表<sup>15</sup>によると、図 2-56 に示すように長期的には石炭生産の拡大が継続されると予想されている。しかし、国内の石炭国内需要の増大が予想されることから、輸出は 2.4 億 t から 2.6 億 t の間で推移し、これまでのような輸出拡大が継続されないとしている。

表 2-17 には、2011年から2012年にかけて情報誌<sup>16</sup>に掲載された既存炭鉱の増産計画と新規炭鉱開発計画を集計<sup>17</sup>したもので、2012年以降2014年までに追加可能な供給能力は 1.21 億 t（一般

<sup>14</sup> 「Coal Policy and The New Mining Law No. 4/2009 in Indonesia」

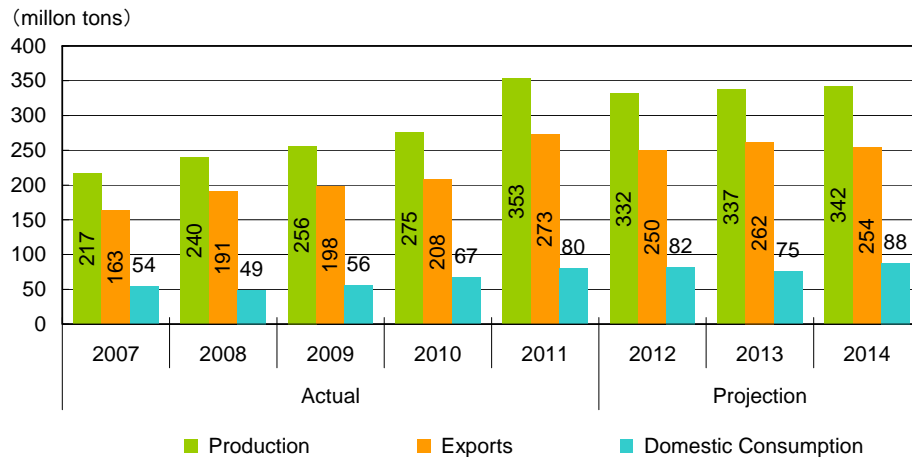
<sup>15</sup> 「Indonesian Coal Mining Outlook」

<sup>16</sup> TEX レポート（株式会社テックスレポート発行）

<sup>17</sup> インドネシアの全ての増産計画・新規開発計画を網羅したものではない。



炭 1.07 億 t、原料炭 0.14 億 t) になる。図 2-55 に示したように中期見通しでは、2011 年から 2014 年に向けて既存炭鉱、新規炭鉱を含めてインドネシア全体で石炭生産量の増加が見込まれないことから、追加される 1.21 億 t の供給能力はそのまま供給余力となる。言い換えれば、1 億 t 程度の石炭輸出余力をもつことになる。



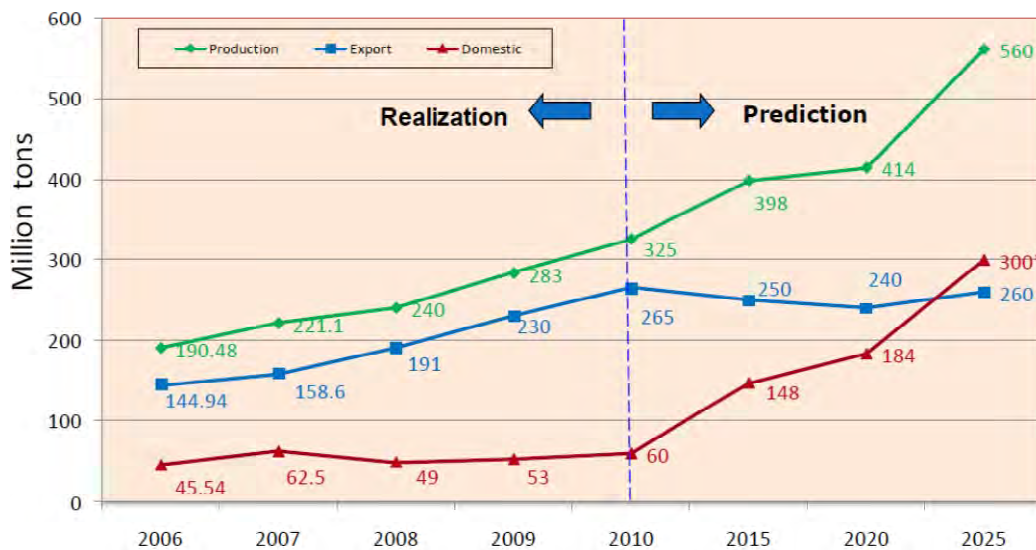
(million tons)

	Actual					Projection		
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Production	217	240	256	275	353	332	337	342
Exports	163	191	198	208	273	250	262	254
Domestic Consumption	54	49	56	67	80	82	75	88

出典：2012 年 9 月 4 日、クリーン・コール・デー2012 石炭利用国際会議講演資料から JICA 調査団が作成

図 2-55 インドネシアの中期石炭需給見通し

**THE DEVELOPMENT OF COAL PRODUCTION, EXPORT AND DOMESTIC SALES, AND ESTIMATION UP TO 2025  
(based on the existing infrastructure capability)**



Note:  
\*Calculated based on Government target on Primary Energy Mix (Pres. Decree No.5/2006)

出典：2011 年 4 月 14 日、IEA ワークショップ「Coal Market's Outlook」の講演資料

図 2-56 インドネシアの長期石炭需給見通し

表 2-17 インドネシアの石炭増産計画

(million tons)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017-
Total	33.8	45.0	42.0	13.5	3.0	6.0
Steam Coal	29.3	35.5	42.0	0.0	0.0	6.0
Coking Coal	4.5	9.5	0.0	13.5	3.0	0.0
Cumulative Total	33.8	78.8	120.8	134.3	137.3	143.3
Steam Coal	29.3	64.8	106.8	106.8	106.8	112.8
Coking Coal	4.5	14.0	14.0	27.5	30.5	30.5

注：インドネシアの全ての既存炭鉱の増産計画と新規炭鉱開発計画を網羅したものではない。  
出典：JICA 調査団が作成

尚、石炭輸出見通しの内訳であるが、インドネシアでは国内向けの原料炭需要が少なく、追加される原料炭供給能力が全て輸出に向けられると想定される。2000年代においてインドネシアは100万tから200万t程度の原料炭を輸出<sup>18</sup>していたが、2015年にはこれを2,000万t程度にまで拡大することが可能となる。追加される原料炭の供給能力が全量輸出に向けられるとすると、長期石炭需給見通し（図 2-56）に沿った炭種別の石炭輸出見通しは表 2-18 に示すようになる。

表 2-18 インドネシアの炭種別石炭輸出見通し

(million tons)

		2011 Actual	2015	2020	2025
Exports	Steam Coal	272	230	220	240
	Coking Coal	1	20	20	20
		273	250	240	260

注：実績値は図 2-55 に基づく。  
出典：JICA 調査団が作成

### (c)ロシア

ロシア・エネルギー省が2012年に発表した「The long-term program of development of coal industry of Russia up to 2030」では、表 2-19 と表 2-20 に示すよう石炭の生産と輸出を見通している。2030年には石炭生産量は4.3億tにまで増加するとしており、輸出量も1.7億tに増加すると予測している。2007年から2010年の5年間について見ると、ロシアの石炭輸出量の85%から90%を一般炭が占めている。将来は一般炭、原料炭ともに輸出量を増加させるが、石炭輸出に占める原料炭の比率は26%にまで拡大する。

表 2-19 ロシアの石炭生産見通し

(million tons)

		Actual	Projection		
		2008	2015	2020	2030
Production	Steam Coal	257.9	250.6	251.4	277.4
	Coking Coal	65.1	104.4	128.6	152.6
		323.0	355.0	380.0	430.0

出典：ロシア・エネルギー省、「The long-term program of development of coal industry of Russia up to 2030」から JICA 調査団が作成

<sup>18</sup> IEA、「Coal Information 2012」

表 2-20 ロシアの炭種別石炭輸出見通し

(million tons)

		Actual				Projection			
		2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025	2030
Exports	Steam Coal	88.6	87.6	94.1	98.4	115.0	115.0	115.0	125.0
	Coking Coal	10.0	13.6	13.3	18.0	25.0	35.0	40.0	45.0
		98.6	101.2	107.4	116.4	140.0	150.0	155.0	170.0

出典：ロシア・エネルギー省、「The long-term program of development of coal industry of Russia up to 2030」から JICA 調査団が作成

ロシアでは、サハ共和国でロシアを代表する資源エネルギー会社の Mechel が Elga プロジェクトを推進しており、順調に推移すれば、2014 年には Elga プロジェクトの生産能力を年間 3,000 万 t（一般炭 2,000 万 t、原料炭 1,000 万 t）に引き上げることが可能になる。この他にも、トゥヴァ共和国で複数の原料炭開発プロジェクトが計画されている他、東シベリアのケメロボ州やチュコト自治管区などでも未開発の石炭鉱区の開発が進められている。こうしたことから、表 2-19 に示した石炭生産見通しを達成することは十分可能であると考えられる。

#### (d)米国

米国エネルギー省・エネルギー情報局（Energy Information Administration、EIA）が 2012 年 6 月に発表した「Annual Energy Outlook 2012」によると、表 2-21 に示すように米国の石炭生産量は 2011 年の 9 億 9,200 万 t（一般炭 8 億 6,300 万 t、原料炭 8,300 万 t、リグナイト 6,400 万 t）から 2035 年には 10 億 9,900 万 t（一般炭 9 億 1,300 万 t、原料炭 8,900 万 t、リグナイト 9,700 万 t）に拡大すると予測されている。生産量は 2015 年に向けて 9 億 t まで減少し、その後、2035 年に向けて年平均伸び率 1.0% で徐々に増加する。

表 2-21 米国の石炭需給見通し

(million tons)

		Actual			Projection				
		2009	2010	2011	2015	2020	2025	2030	2035
Production		975.2	983.7	991.8	901.1	938.0	1,014.1	1,057.6	1,099.3
	Steam Coal	862.8	843.9	844.8	747.3	787.3	842.6	880.5	913.1
	Coking Coal	46.6	68.9	83.0	86.5	80.1	88.2	86.8	89.1
	Lignite	65.8	71.0	64.0	67.3	70.6	83.3	90.3	97.1
Exports		53.5	74.4	96.2	99.8	86.2	104.3	106.1	117.0
Imports		19.1	16.3	11.8	13.6	25.4	39.9	29.9	32.7
Domestic Consumption		904.5	953.5	942.6	829.2	890.9	964.3	997.0	1,031.5

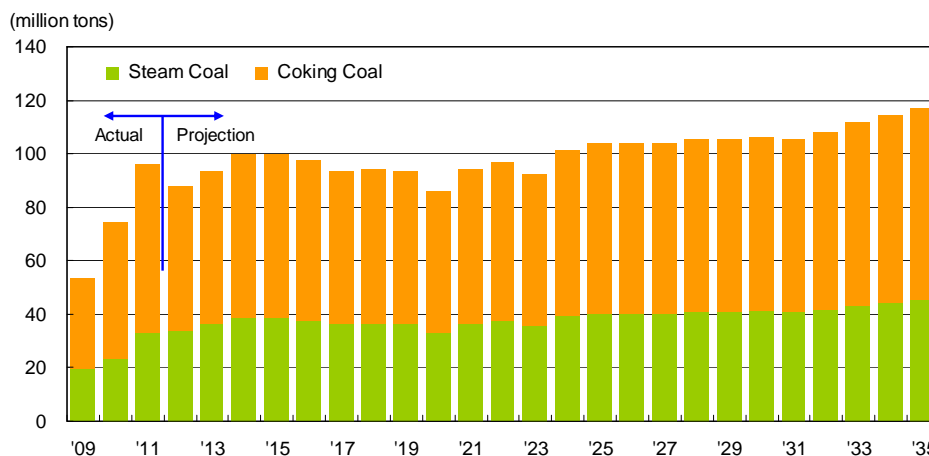
出典：EIA、「Annual Energy Outlook 2012」から JICA 調査団が作成

一方、石炭輸出量は 2023 年まで、8,600 万 t から 1 億 t の幅で推移するが、2024 年以降、1 億 t を上回るようになり、2035 年に向けて増加傾向を維持し、2035 年の石炭輸出量は 1 億 1,700 万 t にまで増加するとしている。

米国では、新設の石炭火力発電所に対する環境規制の強化やシェールガス革命による発電用炭の需要の減少を受け、石炭生産大手の Peabody Energy Corporation、Arch Coal Inc.、Consol Energy Inc. などが国内での減産や収益性の低い炭鉱の休山や閉山などの着手していることから、当面の生産量を減じることになる。しかし、これらの石炭生産会社では、今後も石炭需要の拡大が予想されるアジア向けの輸出を目指しており、国内向けの石炭の減少で生じた生産余力をアジア向け輸出

に振り向けることを計画している。尚、原料炭についても価格の低迷から減産に踏み切っている生産会社もあるが、市況が回復すれば、輸出を拡大させる余力を有している。

2007年から2011年の直近5年間の輸出実績を見ると、米国の石炭輸出量の39%を一般炭が、61%を原料炭が占めている<sup>19</sup>。これらの比率を用いて表2-21に示した石炭輸出見通しを炭種別に整理すると図2-57に示したようになる。



出典：NEB、「Canada's Energy Future: Energy supply and demand projections to 2035」から JICA 調査団が作成

図 2-57 米国の炭種別石炭輸出見通し

#### (e) カナダ

カナダ国家エネルギー委員会 (National Energy Board、NEB) が 2011 年 11 月に発表した「Canada's Energy Future: Energy supply and demand projections to 2035 (CEF2035)」によると、表 2-22 に示すようにカナダの石炭生産量は 2008 年の 6,780 万 t (一般炭 3,760 万 t、原料炭 3,010 万 t) から 2035 年には 9,470 万 t (一般炭 4,310 万 t、原料炭 5,160 万 t) に拡大すると予測されている。生産量のピークは 2020 年の 9,930 万 t (一般炭 5,350 万 t、原料炭 4,580 万 t) で、それ以降 2035 年に向けて徐々に減少する。

<sup>19</sup> TEX レポート (株式会社テックスレポート発行) 等に掲載された米国の貿易統計から JICA 調査団が算定。

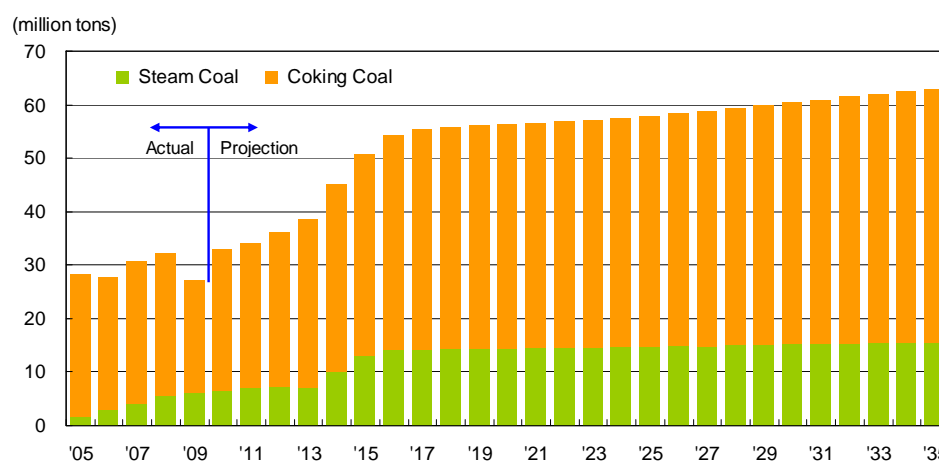
表 2-22 カナダの石炭需給見通し

(million tons)

	Actual		Projection					
	2008	2009	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Production	67.8	62.8	78.3	92.7	99.3	95.3	95.7	94.7
Steam Coal	37.6	38.4	48.3	51.2	53.5	48.4	46.6	43.1
Coking Coal	30.1	24.4	30.0	41.5	45.8	46.9	49.0	51.6
Exports	32.2	27.1	32.9	50.9	56.3	57.7	60.3	63.0
Steam Coal	5.7	6.0	6.5	13.1	14.4	14.8	15.2	15.5
Coking Coal	26.5	21.1	26.4	37.7	41.9	43.0	45.1	47.4
Imports	20.5	12.7	12.5	7.2	7.3	6.5	5.4	5.5
Steam Coal	17.3	10.5	10.9	5.2	5.1	4.3	3.2	3.2
Coking Coal	3.3	2.2	1.6	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3
Domesiti Consumption	58.4	55.5	57.9	49.1	50.3	44.0	40.8	37.2
Steam Coal	51.4	50.0	52.7	43.2	44.2	38.0	34.7	30.8
Coking Coal	7.0	5.5	5.2	5.9	6.1	6.0	6.1	6.4

出典：NEB、「Canada's Energy Future: Energy supply and demand projections to 2035」から JICA 調査団が作成

一方、原料炭と一般炭の石炭輸出量は図 2-58 に示すように減少することなく、増加を続けると予測しているが、2017 年以降、輸出量の伸びは鈍化する。2005 年までは石炭輸出量の 9 割を原料炭が占めたが、原料炭のシェアは徐々に縮小し、2014 年には 8 割を切るようになると予測されている。



出典：NEB、「Canada's Energy Future: Energy supply and demand projections to 2035」から JICA 調査団が作成

図 2-58 カナダの炭種別石炭輸出見通し

表 2-23 には、2011 年から 2012 年にかけて情報誌<sup>20</sup>に掲載された既存炭鉱の増産計画と新規炭鉱開発計画を集計<sup>21</sup>したもので、2012 年以降 2018 年までに追加可能な供給能力は 3,500 万 t (一般炭 1,200 万 t、原料炭 2,300 万 t) になる。2011 年の石炭生産実績が 6,700 万 t であることから、2018 年には閉山等による減産がないものとする供給能力は 1 億 t を超えることになり、CEF2035

<sup>20</sup> TEX レポート (株式会社テックスレポート発行)

<sup>21</sup> カナダの全ての増産計画・新規開発計画を網羅したものではない。

に示される同年の生産見通し 9,900 万 t をクリアすることができる。従って、表 2-23 で集計したプロジェクトが計画通りに実施されれば、CEF2035（表 2-22、図 2-58）に示された石炭輸出見通しも実現可能な数量となる。

表 2-23 カナダの石炭増産計画

		(million tons)						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Total		1.7	4.8	3.2	16.5	1.6	0.0	7.0
	Steam Coal	0.0	0.1	0.0	5.0	0.0	0.0	7.0
	Coking Coal	1.7	4.7	3.2	11.5	1.6	0.0	0.0
Cumulative Total		1.7	6.5	9.7	26.2	27.8	27.8	34.8
	Steam Coal	0.0	0.1	0.1	5.1	5.1	5.1	12.1
	Coking Coal	1.7	6.4	9.6	21.1	22.7	22.7	22.7

注：カナダの全ての既存炭鉱の増産計画と新規炭鉱開発計画を網羅したものではない。  
出典：JICA 調査団が作成

#### (f) 南アフリカ、モザンビーク

南アフリカとモザンビークについては、政府機関等が発表した石炭需給見通しに類するものがなく、情報誌に掲載された既存炭鉱の増産計画と新規炭鉱開発計画から追加可能な石炭供給能力を求め、その値から輸出可能な石炭の量を推定する。

まず、南アフリカであるが、2011 年から 2012 年にかけて情報誌<sup>22</sup>に掲載された 6 件の新規炭鉱開発計画を集計<sup>23</sup>したものを表 2-24 に示す。2012 年以降、2015 年までに追加可能な供給能力は、1,900 万 t（一般炭 1,800 万 t、原料炭 100 万 t）になる。2011 年の石炭生産量が 2 億 5,300 万 t<sup>24</sup>であることから、2015 年には閉山等による減産がないものとする供給能力は 2.7 億 t 程度にまで拡大する。追加される石炭供給能力の内、原料炭については全量輸出に向けられ、一般炭については 8 割が輸出に向けられるとする。但し、2014 年に追加される一般炭の供給能力 1,000 万 t は国内向けであることから、除外する。表 2-25 にはこの想定に基づいた石炭輸出量の見通しを示す。

表 2-24 南アフリカの石炭増産計画

		(million tons)			
		2012	2013	2014	2015
Total		0.8	6.2	12.1	0.0
	Steam Coal	0.8	5.2	12.1	0.0
	Coking Coal	0.0	1.0	0.0	0.0
Cumulative Total		0.8	6.9	19.0	19.0
	Steam Coal	0.8	5.9	18.0	18.0
	Coking Coal	0.0	1.0	1.0	1.0

注：南アフリカの全ての既存炭鉱の増産計画と新規炭鉱開発計画を網羅したものではない。  
出典：JICA 調査団が作成

<sup>22</sup> TEX レポート（株式会社テックスレポート発行）

<sup>23</sup> 南アフリカの全ての増産計画・新規開発計画を網羅したものではない。

<sup>24</sup> IEA、「Coal Information 2012」

表 2-25 南アフリカの炭種別石炭輸出見通し

(million tons)

		Actual					Projection			
		2007	2008	2009	2010	2011*	2012	2013	2014	2015
Exports	Steam Coal	66.1	56.6	51.4	65.6	71.6	72.2	76.3	78.0	78.0
	Coking Coal	0.9	1.3	0.6	0.8	0.2	0.2	1.2	1.2	1.2
		67.0	57.9	52.0	66.4	71.7	72.3	77.4	79.1	79.1

注：実績値は IEA、「Coal Information 2012」に基づき、2011 年は見込み値。

出典：JICA 調査団が作成

次に、モザンビークであるが、2011 年から 2012 年にかけて情報誌<sup>25</sup>に掲載された 5 件の新規炭鉱開発計画を集計<sup>26</sup>したものを表 2-26 に示す。2012 年以降、2015 年までに追加可能な供給能力は、4,400 万 t（一般炭 1,400 万 t、原料炭 3,000 万 t）になる。2011 年の石炭生産量が IEA 発行の「Coal Information 2012」では 10 万 t に満たないことから、2015 年には追加可能な供給能力 4,400 万 t はそのまま生産可能な量となる。追加される石炭供給能力の内、原料炭については全量輸出に向けられ、一般炭については 7 割が輸出に向けられると想定すると、石炭輸出量の見通しは表 2-27 に示すようになる。

表 2-26 モザンビークの石炭増産計画

(million tons)

		2012	2013	2014	2015
Total		6.3	10.5	17.4	9.6
	Steam Coal	1.9	3.1	3.4	5.2
	Coking Coal	4.3	7.5	13.9	4.4
Cumulative Total		6.3	16.8	34.1	43.7
	Steam Coal	1.9	5.0	8.4	13.6
	Coking Coal	4.3	11.8	25.7	30.1

注：モザンビークの全ての既存炭鉱の増産計画と新規炭鉱開発計画を網羅したものではない。

出典：JICA 調査団が作成

表 2-27 モザンビークの炭種別石炭輸出見通し

(million tons)

		Actual					Projection			
		2007	2008	2009	2010	2011*	2012	2013	2014	2015
Exports	Steam Coal	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	1.3	3.5	5.9	9.5
	Coking Coal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.3	11.8	25.7	30.1
		0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	5.7	15.3	31.6	39.7

注：実績値は IEA、「Coal Information 2012」に基づき、2011 年は見込み値。

出典：JICA 調査団が作成

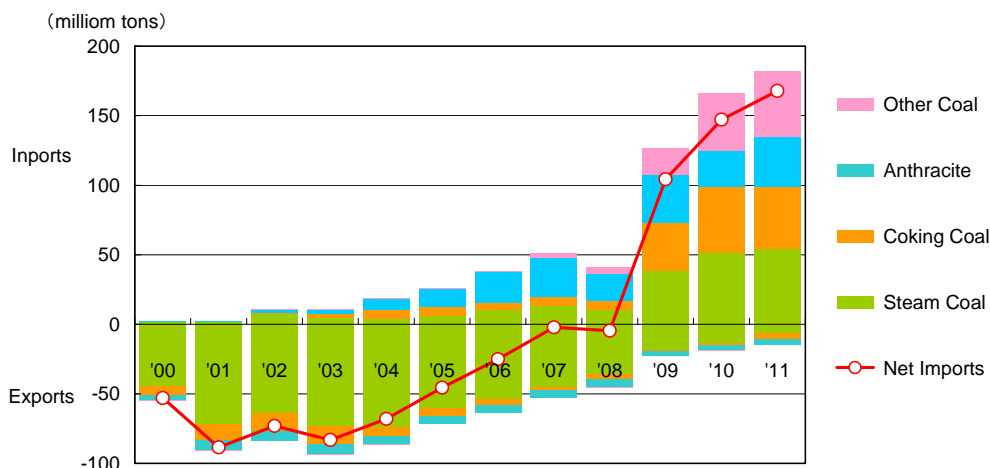
(g) 中国

中国の貿易統計（中国海関統計）に基づいて石炭輸出量について見ると、図 2-59 に示すように 2001 年から 2004 年まで 8,000 万 t を上回る輸出量を記録し、この間 2001、2002、2003 年と豪州に次ぐ、石炭輸出世界第 2 位の座を占めた。しかし、国内の石炭需要の拡大に應えるため、2004 年以降、輸出量を減じ、2009 年には石炭の純輸出国から純輸入国に転じた。今後、輸出量をおつ

<sup>25</sup> TEX レポート（株式会社テックスレポート発行、<http://www.texreport.co.jp/xenglish/index.html>）

<sup>26</sup> モザンビークの全ての増産計画・新規開発計画を網羅したものではない。

での水準にまで回復させるとは思われませんが、0 にまで減じることはなく、現状の輸出入量である1,500 万 t 程度を基準に市場状況により上下すると考えられる。但し、原料炭については、輸出入量が0 になることも起こり得る。



		(million tons)											
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Imports	Steam Coal	1.6	1.8	7.6	4.6	3.8	5.6	10.5	13.3	10.3	38.6	51.3	54.3
	Coking Coal	0.3	0.3	0.3	2.6	6.8	7.2	4.7	6.2	6.9	34.5	47.3	44.7
	Anthracite	0.2	0.4	2.8	3.4	7.8	12.8	22.6	28.4	19.4	34.4	26.5	36.1
	Other Coal	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.5	0.4	3.1	4.3	19.2	41.2	47.3
		2.1	2.5	10.8	10.8	18.6	26.1	38.2	51.0	40.8	126.6	166.2	182.4
Exports	Steam Coal	-44.6	-71.6	-63.9	-73.3	-74.5	-60.8	-53.7	-45.3	-35.8	-18.5	-13.6	-6.7
	Coking Coal	-6.5	-11.5	-13.3	-13.1	-5.7	-5.3	-4.4	-2.5	-3.5	-0.6	-1.1	-3.6
	Anthracite	-3.9	-7.7	-6.6	-7.4	-6.4	-5.6	-5.2	-5.3	-6.1	-3.2	-4.3	-4.2
	Other Coal	-0.1	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0
		-55.0	-90.9	-83.9	-93.9	-86.6	-71.7	-63.3	-53.2	-45.4	-22.4	-19.0	-14.5
Net Imports		-52.9	-88.5	-73.1	-83.2	-68.0	-45.6	-25.1	-2.2	-4.6	104.2	147.2	167.9

注：輸入量は正の値、輸出入量は負の値で表示する。純輸入量は、輸入量と輸出入量の和。  
 出典：TEX レポート（株式会社テックスレポート発行）等に掲載された中国海関統計から JICA 調査団が作成

図 2-59 中国の炭種別石炭輸出入実績の推移

## (2) 調査対象国の石炭輸出ポテンシャル

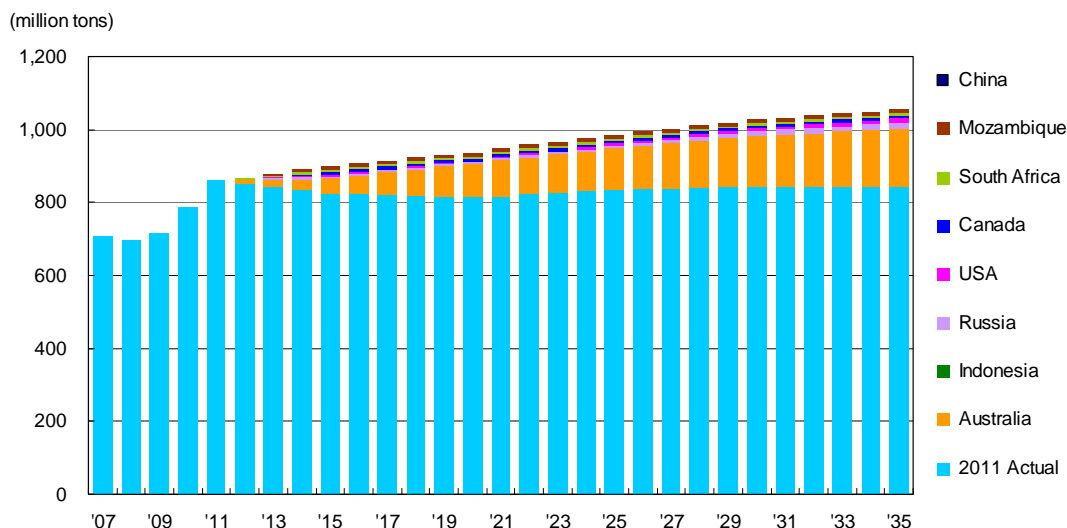
図 2-60 と図 2-61 では、一般炭と原料炭に分けて、調査対象国 8 か国の石炭輸出見通しを 2011 年の世界の輸出量に積み上げることで図示している。

図 2-60 には 2011 年をベースに調査対象国により増加すると予想される一般炭輸出量の見通しを示している。インドネシア（表 2-18）は内需が拡大することで、将来、一般炭輸出量を 2011 年よりも減少させると予想されており、図 2-61 では 2011 年のベースラインを下げることでこの減少分を表している。先に示したように中国は現状程度の輸出量を維持するが、輸出量の増加に寄与しない。輸出量の拡大に最も寄与するのは豪州で、増加分の 75%を担うと考えられる。調査対象とした 8 か国で、2011 年から 2035 年に向けて 1.8 億 t の一般炭輸出量を積み増すことができる。尚、調査対象国以外では、コロンビアの一般炭輸出量増加に期待できる。

図 2-61 には一般炭と同様に調査対象国により増加すると予想される原料炭輸出量の見通しを示している。米国（図 2-57）は、2012 年から 2024 年まで原料炭の輸出量を 2011 年よりも減少させると予想されており、図 2-61 では 2011 年のベースラインを下げることでこの減少分を表してい



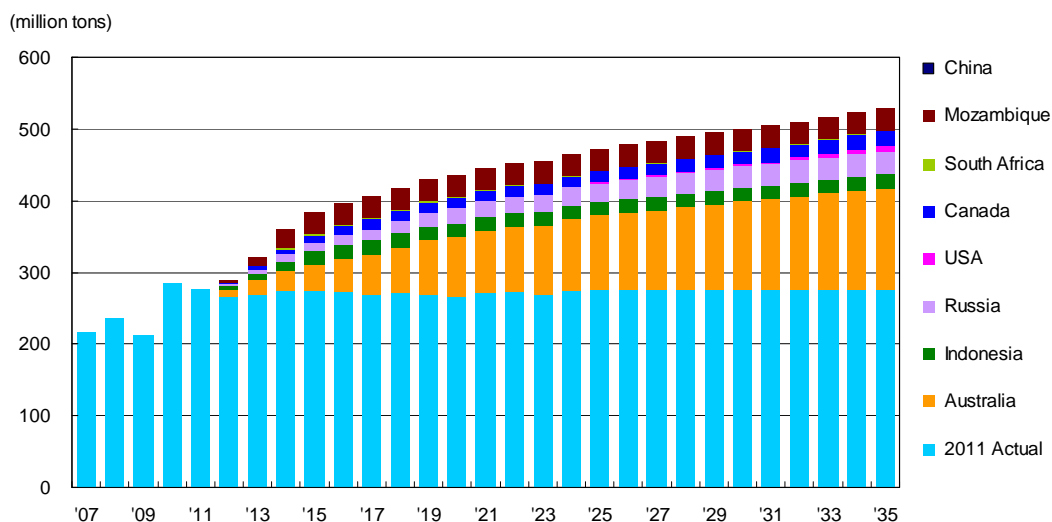
る。輸出量の拡大に最も寄与するのは豪州であるが、カナダ、モザンビーク、インドネシアも重要な輸出国である。ロシアは欧州向けの原料炭輸出を減少させ、アジア向け輸出を増加させると考えられるが、グローバルな輸出量増加に貢献する。原料炭についても中国は現状程度の輸出量を維持するが、輸出量増加に寄与しない。調査対象とした 8 か国で、2011 年から 2035 年に向けて 2.5 億 t の原料炭輸出量を積み増すことができる。



注：2011 年までの実績値は IEA、「Coal Information 2012」に基づく。尚調査対象 8 か国の内、インドネシアは 2012 年以降輸出量を 2011 年よりも減じると予測されており、これらの数量についてはベースラインとした 2011 年の輸出量から各年次において差し引いた。

出典：JICA 調査団が作成

図 2-60 調査対象国により増加する一般炭輸出量の見通し (1)



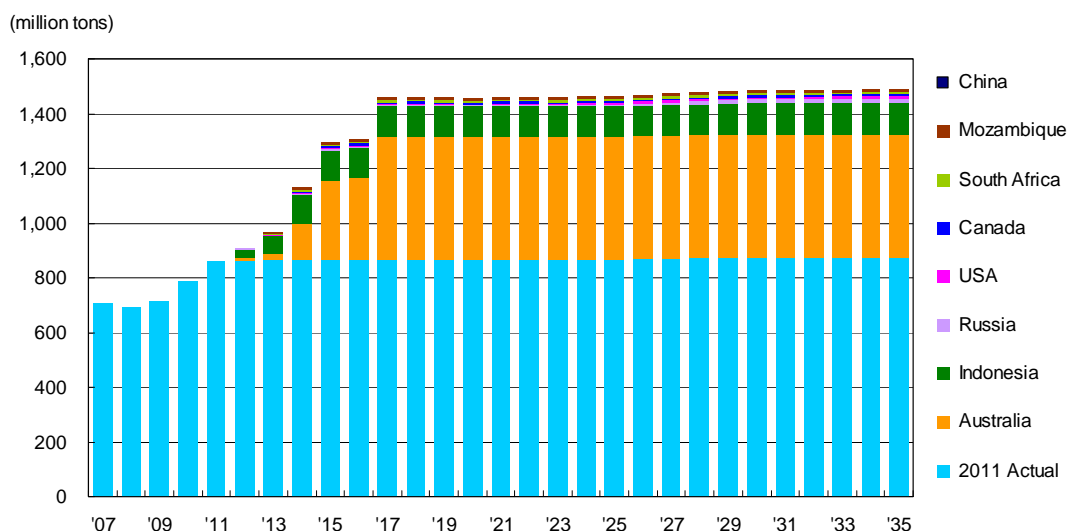
注：2011 年までの実績値は IEA、「Coal Information 2012」に基づく。尚調査対象 8 か国の内、米国は 2012 年から 2024 年まで 2011 年よりも減じると予測されており、これらの数量についてはベースラインとした 2011 年の輸出量から各年次において差し引いた。

出典：JICA 調査団が作成

図 2-61 調査対象国により増加する原料炭輸出量の見通し (1)

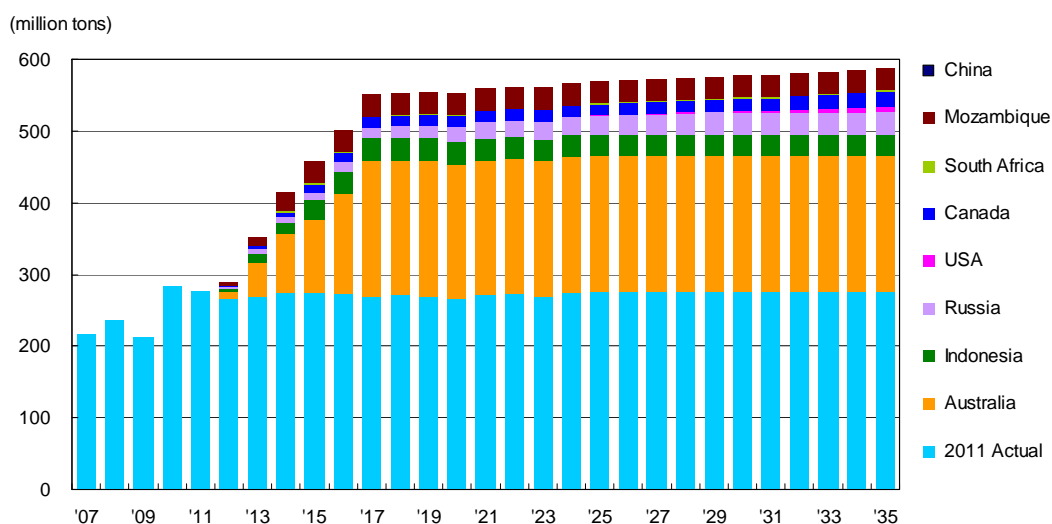
豪州とインドネシアについて図 2-60 と図 2-61 に用いた石炭輸出見通しではなく、石炭増産計画（豪州：表 2-15、インドネシア：表 2-17）に示された数値を全て輸出に振り向けたとして、作図したものが図 2-62（一般炭）と図 2-63（原料炭）である。

一般炭については、図 2-62 に示すように 2017 年の時点で、2011 年よりも輸出量を 6.0 億 t 増加させ、世界の一般炭輸出量は 14.6 億 t になることが期待される。同様に原料炭については、図 2-63 に示すように 2017 年の時点で、2011 年よりも輸出量を 2.7 億 t 増加させ、世界の原料炭輸出量は 5.4 億 t を超えることが期待される。



注：2011 年までの実績値は IEA、「Coal Information 2012」に基づく。  
出典：JICA 調査団が作成

図 2-62 調査対象国により増加する一般炭輸出量の見通し (2)



注：2011 年までの実績値は IEA、「Coal Information 2012」に基づく。尚調査対象 8 か国の内、米国は 2012 年から 2024 年まで 2011 年よりも減じると予測されており、これらの数量についてはベースラインとした 2011 年の輸出量から各年次において差し引いた。  
出典：JICA 調査団が作成

図 2-63 調査対象国により増加する原料炭輸出量の見通し (2)

## 2.4 「モ」国の石炭需給実績と輸出可能性予測

### 2.4.1 石炭需給実績

石炭需給実績は「モ」国が毎年発表している統計資料を整理し表 2-28 に示す。「モ」国における石炭利用を示す⑦<sup>27</sup>は発電所での熱・電力供給、温水供給のための HOB、産業用ボイラ、民生・公共事業・運輸部門等で熱・厨房用の消費量を示している。また近年、石炭を加工したハウスクークス製造も盛んになってきている。

表 2-28 石炭需給表（千トン）

Item	2008	2009	2010	2011	2012
① Resources–Total ((2)+③+⑥ = (7)+⑰+⑱)	10,453.7	14,883.5	26,506.1	34,903.9	34,140.9
② Stock at the beginning of the year	381.3	441.2	1,344.0	2,874.1	4,214.5
③ Produced (④+⑤)	10,071.9	14,442.1	25,161.9	32,029.7	29,926.1
④ State owned mining company	6,674.2	7,186.7	10,459.5	12,090.3	10,335.6
⑤ Private sector’s mining company	3,397.7	7,255.4	14,702.4	19,939.4	19,590.5
⑥ Import	0.5	0.2	0.2	0.1	0.3
⑦ Consumption–Total (⑧+⑨)	5,843.2	6,426.2	6,905.8	6,815.3	7,381.3
⑧ Consumed by thermal power stations	4,849.9	5,077.9	5,533.2	5,410.1	5,800.9
⑨ Distributed to establishments and households for fuel purpose (⑩+⑪+⑫+⑬+⑭)	993.3	1,348.3	1,372.6	1,405.2	1,580.4
⑩ Industry & construction	190.1	226.3	179.6	221.9	336.6
⑪ Transport & communication	41.3	41.2	49.5	52.5	42.2
⑫ Agriculture	7.2	13.6	10.0	8.9	3.7
⑬ Communal housing (⑭+⑮)	580.6	598.2	614.9	641.3	637.0
⑭ Household	406.6	596.5	612.3	639.7	626.0
⑮ Others	174.0	1.7	2.6	1.6	11.0
⑯ Others	174.1	469.0	518.6	480.6	560.9
⑰ Manufacturing				2,578.1	3,813.3
⑱ Export	4,169.3	7,113.2	16,726.2	21,296.0	20,915.5
⑲ Stock at the end of the year	441.2	1,344.0	2,874.1	4,214.5	2,030.7

出典 Mongolian Statistical Yearbook,2012 をもとに JICA 調査団が整理

この中で選炭量の扱い方に問題があると思われる。表 2-28 において⑰は炭鉱で生産した原炭を選炭工場に送った分を示している。また選炭した分の精炭は⑱の輸出分に入っている。その結果精炭が二重に計上されているばかりでなく、選炭後の廃棄するボタ(reject)の数量が不明となっている。これは今後「モ」国での選炭工場が増加し、選炭処理量が増えた場合に問題となることが予想される。

以上の状況を示したのが図 2-64 で、番号は表 2-28 にある番号を示す。

<sup>27</sup> 番号①～⑱は JICA 調査団が説明のために付記したもので、元表には無い。

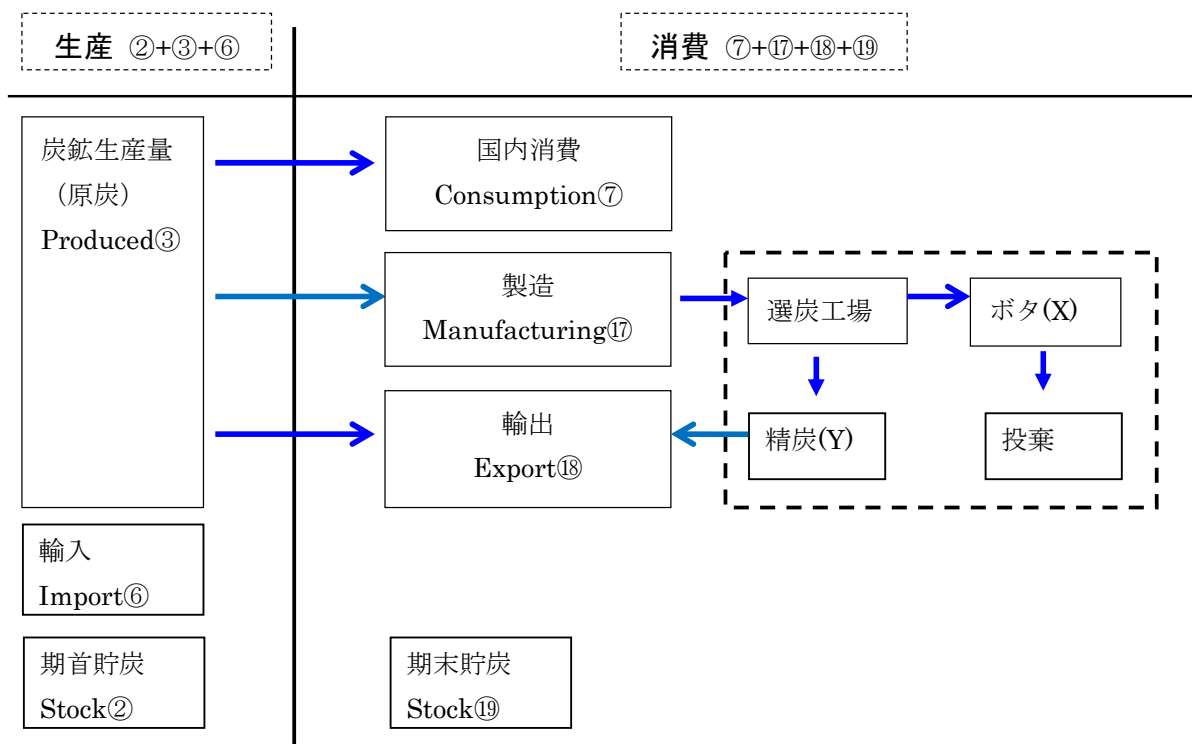


図 2-64 現状の統計局石炭需給表内容

修正案として、数量の取り扱いの簡素化から表 2-28 の様式を全体的に改訂し、生産量はすべて原炭ベースで記載、消費は消費量として記載することを提案する。その結果、表 2-28 は生産量と消費量の 2 つの表に分け、生産量と消費量の数字は別々になる。

#### 2.4.2 輸出可能性予測

「モ」国の石炭輸出は現状の経済インフラ状況から中国が主とならざるを得ない。中国の原料炭需要の検討は 2.3.1 (5) でも述べられているがここではその詳細について検討し、「モ」国の輸出ポテンシャルを纏めた。

検討方法は下記のとおり。

- ①中国の粗鋼生産予測から原料炭需要を予測
- ②中国の原料炭輸入量を予測
- ③原料炭輸入量の内、「モ」国の占める割合を予測

#### (1) 原料炭

##### (a) 中国の原料炭生産量と輸入量実績

中国への輸出ポテンシャルを検討する上では、中国国内の生産能力と中国の原料炭政策が重要要素となる。生産能力は表 2-29 に中国煤炭資源網のデータに基づく中国の実績を示す。一方政策面では、2007 年国家発展改革委員会が「石炭工業第 11 次 5 ヶ年発展計画」を発表し、この期間において石炭工業の発展方針、目標、主要任務、及び政策措置を打ち出した。同年、国家発展改革委員会は「石炭産業政策」を通達し、奨励性、制限性と禁止性の政策を明確にし、石炭工業

の発展目標とそれを実現するための保障措置を明示した。2011年10月10日、国務院は修正した「中華人民共和国資源税暫行条例」を発表し、他の炭種資源税金額を0.3～5元/tに維持したまま、原料炭の金額を8元/t (US\$1.28) から8～20元/t (US\$3.2) まで引き上げた。国家が希少資源である原料炭に対する制限的開発の政策意図はここからも伺える。

表 2-29 は原料炭需要を纏めたものである。

表 2-29 中国の原料炭生産量と輸入量実績 (千トン)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Coking coal demand of clean coal	408,130	446,880	439,740	485,870	527,100	583,930
Domestic production of clean coal	408,650	428,540	436,960	445,770	482,980	565,250
Barance	-520	18,340	2,780	40,100	44,120	18,680
Coking coal import	4,662	6,219	6,857	34,423	47,269	44,658
Ratio of import amount	1.1%	1.4%	1.6%	7.1%	9.0%	7.6%

出典：中国煤炭資源網

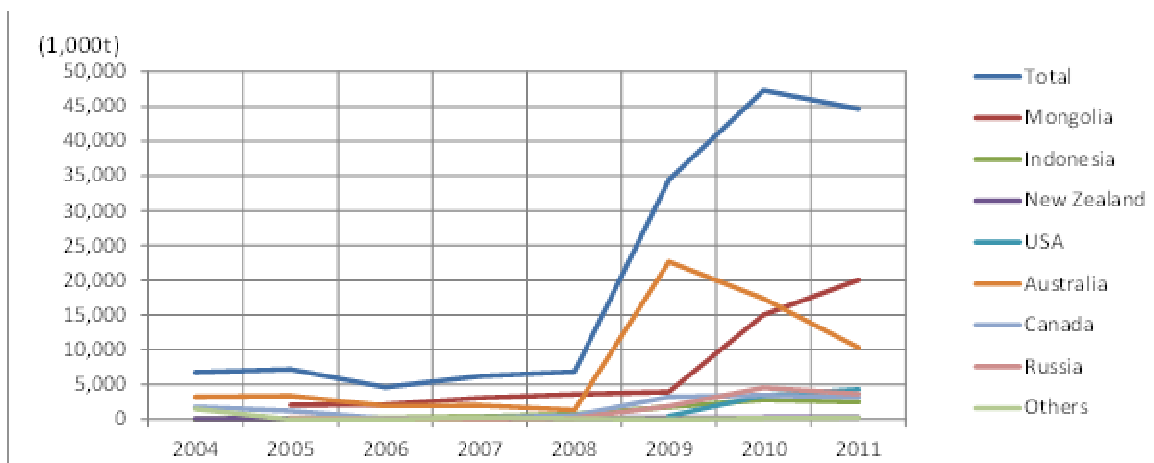
(b) 中国の原料炭輸入実績

表 2-30 は中国側発表の 2011 年までの原料炭輸入実績である。図 2-65 は表 2-30 を図示したもののだが、この図から 2009 年以降、中国が原料炭の輸入に積極的になってきているのがわかる。

表 2-30 中国原料炭輸入国実績

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total demand of coking coal	NA	NA	408,130	446,880	439,740	485,870	527,100	583,930
Total of import coking coal	6,758	7,194	4,662	6,219	6,857	34,423	47,269	44,658
Mongolia		2,078	2,154	3,119	3,634	3,980	15,048	20,039
Indonesia	37	0.166	249	420	763	1,814	2,817	2,523
New Zealand	119	170	113	60	186	243	304	284
USA						512	3,477	4,334
Australia	3,248	3,435	1,963	2,033	1,352	22,652	17,386	10,326
Canada	1,815	1,228	146	223	559	3,260	3,504	3,223
Russia		281	32	60	214	1,901	4,558	3,684
Others	1,539	2	5	304	149	61	175	245

出典：中国海関総署の資料をもとに Chinese consultant “北京亜能時代諮詢有限公司”が作成



出典：北京亜能時代諮詢有限公司のデータを JICA 調査団が作成

図 2-65 中国原料炭輸入国

### (c) 中国原料炭の輸入予想

表 2-31 は表 2-30 の原料炭需要に基づいて中国の原料炭輸入比率を予測したものである。2009 年～2011 年の実績データが少ないため、原料炭需要に対する輸入炭量の予想は困難だが、表 2-29 の輸入炭比率で推定した。その内容は下記のとおりである。

- Case 1：原料炭需要が減少し、中国国内既存炭鉱の生産量維持が検討されるため、原料炭輸入比率が低下する。
- Case 2：2015 年から国内需要がほぼ横這いになり、原料炭輸入比率が 10%となる。
- Case 3：2020 年まで国内需要が増加し、その多くは輸入に依存するため、原料炭輸入比率が増加し、その後原料炭需要減少により輸入比率が低下する。

表 2-31 中国原料炭需要に占める輸入原料炭量の比率予測

	2011	2015	2020	2025	2030	2035
Case 1	7.6%	10.0%	10.0%	9.5%	9.0%	8.0%
Case 2	7.6%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%
Case 3	7.6%	10.0%	10.9%	10.5%	10.1%	9.7%

出典：JICA 調査団

### (d) 中国への原料炭輸出ポテンシャル

表 2-31 の輸入原料炭比率に基づいた、「モ」国の原料炭輸出ポテンシャルを表 2-32 に示す。

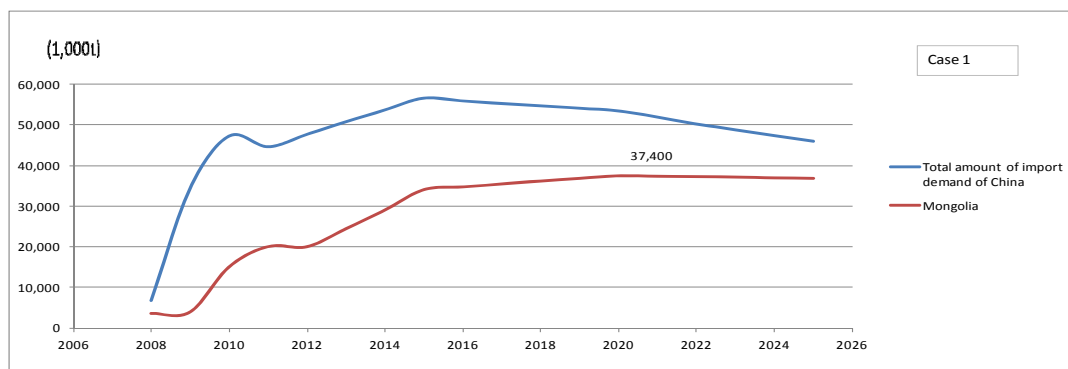
Case 1 では最大輸出量が 2015 年に 3,800 万 t、Case 2 では最大輸出量が 2025 年に 4,500 万 t、Case 3 では最大輸出量が 2020 年に 5,400 万 t となっている。

但しこの数字は全て選炭後の精炭量ベースでの需要を示すもので、原炭のまま輸出する場合は約 30%増量で検討しなければならない。その場合は当然販売価格も精炭よりも下がることになる。

表 2-32 「モ」国の各ケースにおける中国への原料炭輸出ポテンシャル（1,000t/年）

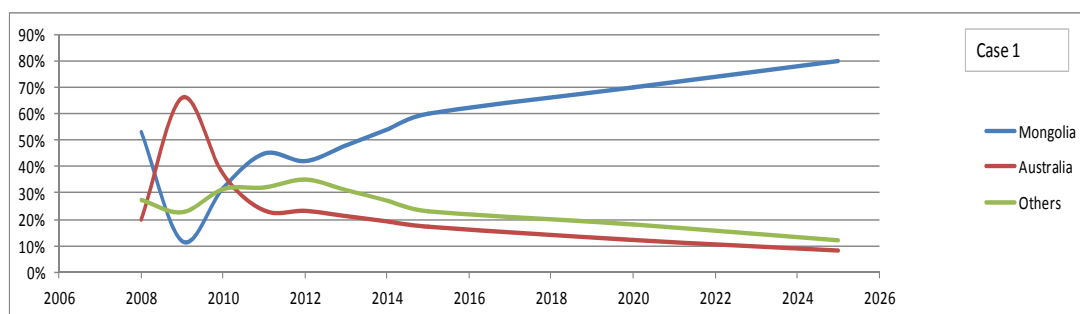
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2025
Case 1	Total of import coking coal of China	47,269	44,658	47,700	50,800	53,700	58,635	44,318	38,096
	Potensial of export coking coal of Mongolia	15,048	20,039	20,000	24,400	29,000	34,000	37,400	36,800
	% of Mongolian coal in total	32%	45%	42%	48%	54%	60%	70%	80%
Case 2	Total of import coking coal of China	47,269	44,658	47,700	51,100	54,400	57,700	57,000	56,200
	Potensial of export coking coal of Mongolia	15,048	20,039	20,100	24,500	29,400	34,600	39,900	44,900
	% of Mongolian coal in total	32%	45%	42%	48%	54%	70%	70%	80%
Case 3	Total of import coking coal of China	47,269	44,658	48,300	54,600	61,200	67,800	76,500	69,400
	Potensial of export coking coal of Mongolia	15,048	20,039	20,300	26,200	33,100	40,700	53,500	48,600
	% of Mongolian coal in total	32%	45%	42%	48%	54%	60%	70%	70%

また表 2-32 の各ケースにおける中国の輸入予想量と「モ」国の輸出量、ならびに「モ」国、豪州、その他の国との輸出予想量と中国の輸入配分比率を示したのが図 2-66 から図 2-71 に示す。各ケースの中国原料炭輸入量の図から「モ」国の輸出量の変化が分かり、その時の中国原料炭輸入比率の図から「モ」国の占める比率の変化が分かる。



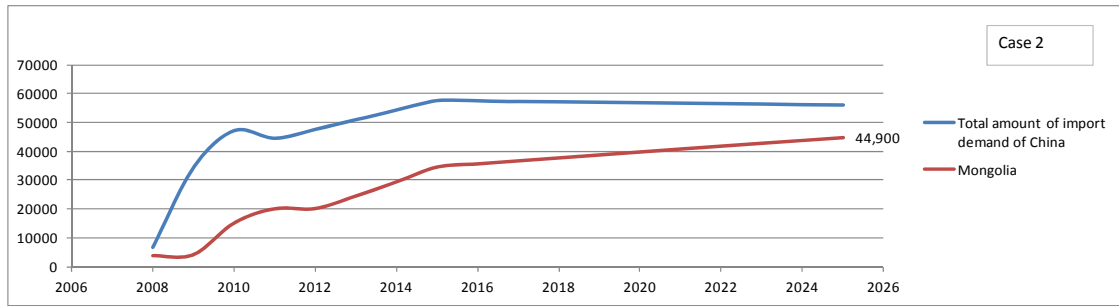
出典：JICA 調査団

図 2-66 中国原料炭輸入予想と「モ」国の輸出予想量（Case 1）



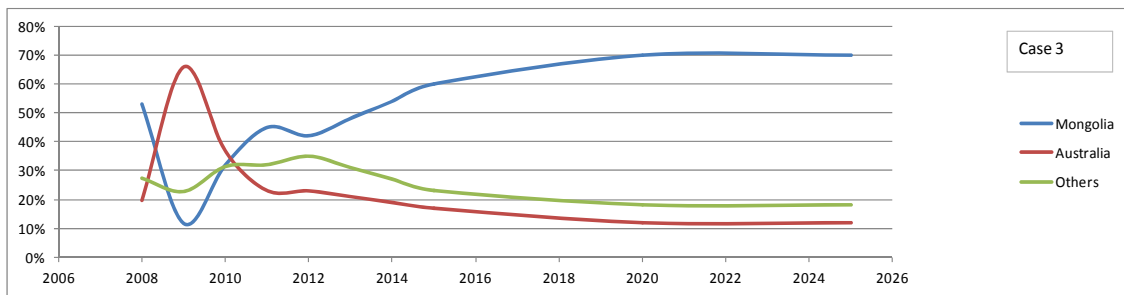
出典：JICA 調査団

図 2-67 中国原料炭輸入比率（Case 1）



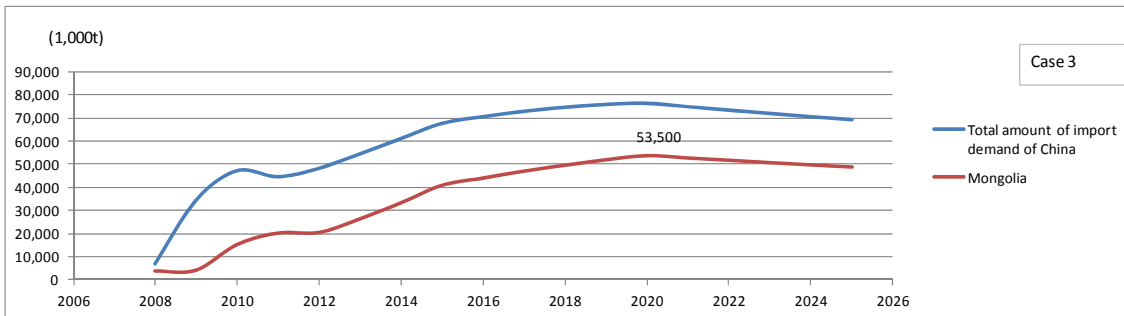
出典：JICA 調査団

図 2-68 中国原料炭輸入予想と「モ」国の輸出予想量（Case 2）



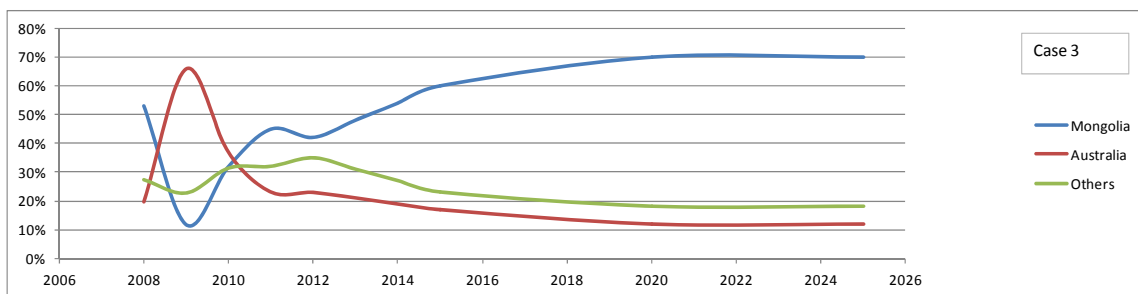
出典：JICA 調査団

図 2-69 中国原料炭輸入比率（Case 2）



出典：JICA 調査団

図 2-70 中国原料炭輸入予想と「モ」国の輸出予想量（Case 3）



出典：JICA 調査団

図 2-71 中国原料炭輸入比率（Case 3）



## (2) 一般炭の輸出可能性

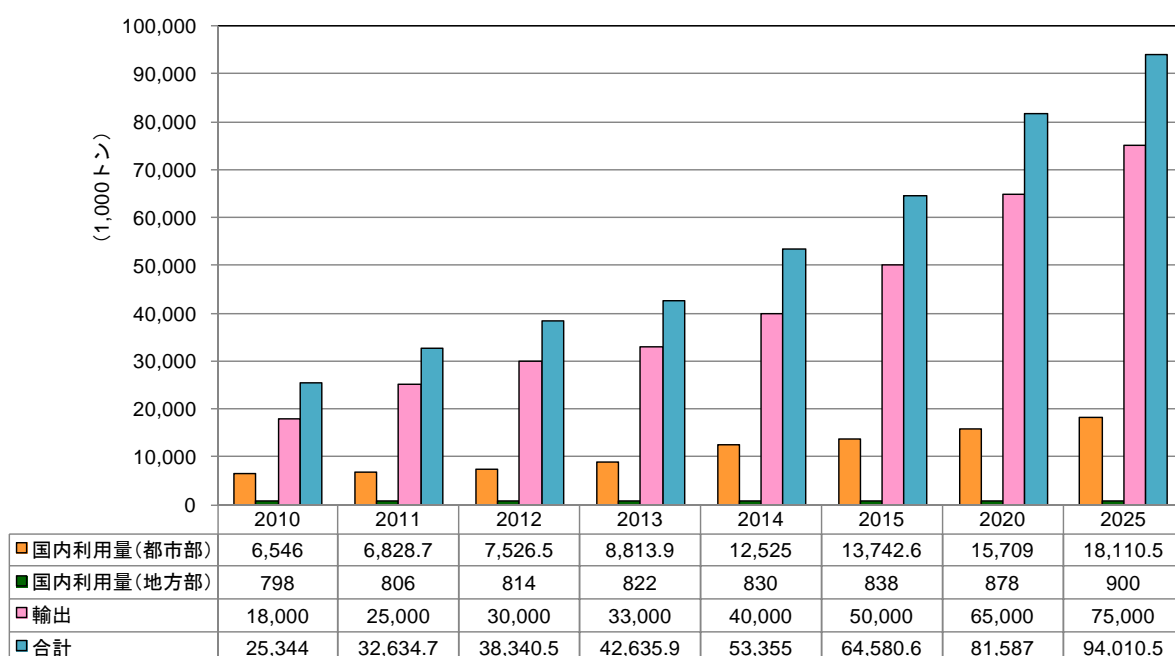
原料炭の選炭後に発生する中間産物と呼ばれる一般炭は現在需要がないために現場投棄されている（その詳細については4.1.5 (2) で述べる）。

その中間産物である一般炭は、中国では北西部の地域では需要があるものの、現在の「モ」国の経済インフラの状況、ならびに石炭価格では輸送費が高額となり競争力がない。今後この状況が改善された場合は輸出も可能となるが、現時点では輸出可能性は極めて低い。

## (3) 調査前の石炭供給予測

図 2-72 は MRAM が 2009 年に作成した 2025 年までの石炭生産、消費、輸出予測を参考までに示している。「モ」国では 2025 年では 7,500 万 t の輸出予想であったが、本調査の結果は表 2-32 で示したように、2025 年までの間では 3,740~5,350 万 t、その中で 4,490 万 t が妥当と予想した。

また国内炭の需要予想を合わせた検討結果は第 6 章で記載する。



出典: MRAM

出典: MRAM

図 2-72 「モ」国の石炭生産・消費・輸出

## 第3章 石炭開発分析と将来の開発計画

### 3.1 「モ」国の石炭関連法・政策のレビュー

#### 3.1.1 新鉱物資源法

1997年に制定された「モ」国の鉱物資源法では、国内はもとより、外国からの申請者に対しても鉱区が開放されており、税の優遇措置も受けることが可能であった。このため、国内では一部に、貴重な資源の国外持ち出しにより自国への利益の還元がない、国益の損失である、等の意見があった。このような背景から、「モ」国の国会では2006年7月に鉱物資源法の一部の改定が決定された。この時の鉱物資源法の改定では、資源開発による国益を損なうことなく、環境保護にも繋がることが期待されている。

2006年の鉱物資源法改定の主要点は以下のとおりである。尚、2011年にはロイヤルティの規定が改定されている。

#### (1) 2006年改定概要

##### (a) 国による鉱業権保有比率（第5条）（新たに導入された規定）

「戦略的鉱床（strategically important deposits）」について、国の予算により調査をしたものについては上限50%、それ以外については上限34%まで国が参入できるようになった。

戦略的鉱床は、第4条第1項第11号に「国家安全保障上、経済・社会開発上インパクトを与えるポテンシャルのあるもの」と定義されている。

また、企業が10%以上のシェアを売却する場合には「モ」国証券取引所を通過する必要がある。

##### (b) ライセンス<sup>28</sup>保有資格（第7条）

従来は個人でも保有できた「探査権」について、改定後は法人格がないと探査権の保有ができなくなる。但し、地面を掘らない調査はライセンス不要で誰でも実施可能である。

ライセンス保有資格の新旧対比表を表3-1に示す。

表3-1 ライセンス保有資格 新旧対比表

新	旧
探査権及び採掘権：「モ」国内法に基づいて設立された法人で、かつ、納税実績のある者	探査権：「モ」国民、外国人または法人 採掘権：「モ」国内法に基づいて設立された法人

##### (c) ライセンスの有効期間（第21条・第22条（探査権）及び第27条・第28条（採掘権））

ライセンスの有効期間の新旧対比表を表3-2に示す。

<sup>28</sup> ライセンスは探査権、採掘権の両方を示す。

表 3-2 ライセンス有効期間 新旧対比表

新	旧
探査権：最長 9 年 当初 3 年間+3 年延長×2	探査権：最長 7 年 当初 3 年間+2 年延長×2
採掘権：最長 70 年 当初 30 年+20 年延長×2	採掘権：最長 100 年 当初 60 年+40 年延長

(d)投資協定（第 29 条）

政府と企業が締結する協定である。資源開発には膨大な投資が必要なため、開発の最初の 5 年間に一定規模以上の投資を行う場合にはその後税率の変更などがあっても適用しない旨協定を締結し、投資環境を安定させることにより外国投資誘致を促進するという目的がある。投資額に応じて、5 年、15 年、30 年間の法人税等の直接税や輸入税の固定化が保証される。

投資協定の新旧対比表を表 3-3 に示す。

表 3-3 投資協定 新旧対比表

新	旧
投資協定（investment agreement） 5 千万 US\$以上の投資→5 年間 1 億 US\$以上の投資→15 年間 3 億 US\$以上の投資→30 年間	安定協定（stability agreement） 2 百万 US\$以上の投資→10 年間 2 千万 US\$以上の投資→15 年間

(e)鉱区税（第 33 条）

1997 年に制定された鉱物資源法には規定されていない毎年一定額以上の探査費用を採鉱会社が国に支払う義務が、新たに規定された。鉱区税と最低探査費用の概要を表 3-4 に示す。改定前は鉱区税だけを払うことで鉱区の所有権を維持できていたが、改定後は探査報告を毎年度義務として、鉱区に応じた最低費用以上を費やす探査を実施しない場合は権利を止める規定が追加された。これにより転売を目的とした鉱区取得を抑えることが可能となる。

表 3-4 鉱区税と最低探査費用

鉱区税	最低探査費用
探査権：1ha 当たり、 1 年目→0.1US\$ 2 年目→0.2 US\$ 3 年目→0.3 US\$ 4～6 年目→1.0 US\$ 7～9 年目→1.5 US\$ (9 年間探査をすると 1ha 当たり 8.1US\$)	1ha 当たり 1～3 年目→0.5US\$ 4～6 年目→1.0US\$ 7～9 年目→1.5US\$ (9 年間探査をすると 1ha 当たり 9.0US\$)
採掘権：1ha 当たり、15.0US\$/年 (石炭は 1ha 当たり 5.0US\$/年)	

(f)外国人雇用の上限（第 43 条）（新たに導入された規定）

旧法では「ライセンス所有者は探査・採掘に当たり「モ」国人を雇うこと」という規定のみだったものが、新たに「外国人労働者は 10%を超えてはならない」旨も規定された。

(g)環境保全義務（第 35 条～第 40 条、第 66 条（罰則））

新たに導入された義務で、ライセンス保有者は環境保全計画を作成し、政府に提出し、それを守らなければならない。

法令遵守違反者に対しては 2 か月間の鉱業活動停止、また、環境に深刻な損害を与えた場合には今後 20 年間のライセンス発行禁止の罰則がある。

(h)情報提供（第 48 条）（新たに導入された規定）

ライセンス保有者は一般市民向けに、鉱物資源の総販売額、納税額を含む生産・販売関係の情報を公開しなければならない（罰則（第 66 条）は最高 100 万 Tg）。

(2) ロイヤルティの改定（2011 年）

(a)2006 年改定（第 47 条）

2006 年に改定されたロイヤルティの新旧対比表を表 3-5 に示す。

表 3-5 ロイヤルティの新旧対比表

新	旧
鉱物資源の販売価格（sales value）の 5% （国内向け燃料用石炭と広範囲に存在する鉱物資源については 2.5%）	鉱物資源の販売価格（sales value）の 2.5% （金については 7.5%）

(b)2011 年改定

2011 年に新たに改定されたロイヤルティの法規概要を下記に纏める。

- ・ ライセンスの所有者は、鉱区から採鉱・販売した、あるいは販売の目的で輸送、または利用した全ての種類の製品の販売価格をもとに計算された鉱物資源利用ロイヤルティを国家予算及び地方予算に収める
- ・ 国内で販売している石炭及び鉱物資源の利用ロイヤルティは、該当する鉱物資源の鉱区から採鉱・販売した、あるいは販売の目的で輸送、または利用した製品の販売価格の 2.5%に相当するものとする
- ・ 2011 年 12 月 23 日の法改定で、鉱物資源ロイヤルティ額の規定における「広域賦存の鉱物資源」を「石炭」と修正し、2013 年 1 月 1 月から遵守する
- ・ 本法の第 47 条 3.1 項（国内で販売している石炭及び鉱物資源のロイヤルティ額の規定）に定めた鉱物資源を除いたその他の鉱物資源の利用ロイヤルティの最低額は、該当する鉱物資源の鉱区から採鉱・販売した、あるいは販売の目的で輸送あるいは、利用した製品の販売価格の 5.0%に相当する
- ・ 前記に加え、該当する製品の市場価格水準に対応した比率（本法の第 47 条 2 項、表 3-6 を

参照) を反映したものを鉱物資源利用ロイヤルティとして課する

表 3-6 石炭のロイヤルティ加算比率

品位	単位	基準とする製品	市場価格水準 (USD)	製品加工段階による基本比率への 加算比率		
				原炭	精炭	加工品
未加工石炭	トン	石炭	0～25	0.00		
			25～50	1.00		
			50～75	2.00		
			75～100	3.00		
			100～125	4.00		
			125 以上	5.00		
乾式・湿式選炭後の石炭	トン	石炭	0～100		0.00	
			100～130		1.00	
			130～160		1.50	
			160～190		2.00	
			190～210		2.50	
			210 以上		3.00	
セミコークス、コークス	トン	コークス	0～160			0.00
			160～190			0.50
			190～210			1.00
			210～240			1.50
			240～270			2.00
			270 以上			2.50

### 3.1.2 地方開発基本理念

「モ」国憲法に記述されている条文「国家は民族の安全、情勢、経営のあらゆる体系と人口の社会開発を充実させる目的に合わせ経済を調整する」に基づいて作成された「モンゴル国地域別開発の理念」では以下が理念として記載されている。

- ・ 地域別開発の手法を策定し、地域経由で領土全体の開発バランスを充実させる国家組織
- ・ 経済、社会、文化、都市整備、対外協力の快適な環境を整備する経済の枠組み

2001 年 57 号の「モ」国国会決議において、地域と都市整備の連帯を満たし、上記項目を考慮した県と地方の開発を支援する政策と体制作りの方針、活動定義を地方開発基本理念として確認している。

また、2012 年 4 月の「モ」国政府ニュース<sup>29</sup>によると、地方開発についての国家プログラムが

<sup>29</sup>政府ニュースは「Tur zasgiin medeelel」(State and cabinet information) という雑誌に週刊ニュースとして載せられています。

国会に提出され、承認議決案が可決された。主な内容は以下のとおりである。

- ・ プログラムの第1フェーズは2012年～2015年の間に実施され、地方の世帯の実質収入を2倍に増加させ、貧困を1/2に削減する
- ・ このプログラムの実施により、遊牧民の生活に係る自然環境、気候、原料価格、為替変動による影響が減少し、地方住民は基本的社会サービスを平等に受けられる環境が整備され、全ての郡(soum)、一部の大規模村(bag)、その他集落への持続的電力供給が確保され、住民は情報・通信サービスを受けることが可能になる
- ・ 各村は自主財政処理権限を持つようになり、歳入を確保し、歳出及び資金調達には住民参画のもとで承認・実施が可能になる

上記の目標はプログラムの一環として実施することとなっている。

### 3.1.3 鉱物分野開発政策

「モ」国における鉱物資源開発分野に係る政策には、鉱物分野開発の目標と基本方針に係る国家総合開発政策(Comprehensive National Development Policy(2008))、国家安全保障に係る政策(Mongolia's Policy for National Security(2010))がある。2013年には、政策の指針、法令の改訂によって開発の優先度規定するこれらの政策を鉱物分野と中長期プログラムに基づき実施するため、新たな鉱物分野開発政策(State Policy on Mineral Sector Development)の原案が政府の承認を得て、2013年9月からの国会の審議にかけられる予定である。本政策は鉱物資源全般に亘るもので、石炭資源に特化するものではない。

新しい鉱物分野開発政策の骨子案は以下のとおりである。

#### <政策の背景>

以下の事項を考慮した政策の構築と法規作成が求められている。

- －国内外の経済動向、「モ」国の経済競争力、鉱物分野における国民の期待、鉱物分野からの収入を経済多様化目的へ注入、生産物の付加価値化、有益な投資、輸送・ロジスティックコストの削減

#### <政策の基本方針概要>

法的環境の改訂と政策の枠組み内でのプログラムの構築

- －鉱物の探査・開発に係る特定の法環境の設定
- －国際経済、国内市況の予測・動向を定期的に行い、短・中・長期計画の策定
- －鉱床の総括的調査と生産物の分類評価の定期的実施、短・中・長期のプログラムの策定と実施
- －精製産業の戦略、責任ある採掘戦略、社会経済と環境の戦略的評価体制のサポートとそれらに関係する法的環境の構築
- －資源評価システムの導入と経済的利益との関係の法制化を目的とする法的環境の構築

#### <政策実施による期待される成果>

政策の実行により以下の成果が期待される。

- －鉱物資源は環境負荷低減化技術、アップグレードされた選鉱レベルの適用による適正な生産量をもって採掘する。これによって、国際基準に合致した付加価値を持った製品の増加と多様化が期待される。

- 大規模採掘、加工、インフラプロジェクトによって国庫歳入の増加と他の経済部門への十分な投資を可能とする基金の構築が可能となる。
- 鉱物資源分野での活動は法に基づき、国民に透明かつオープンでなければならない。法的環境は、法と規則の意図するところと大規模採掘プロジェクトの開始が国民の意見を統括し、その決定は国民の声を取り込むものとなる。

### 3.1.4 投資政策

#### (1) 外国投資政策

「モ」国政府は 1990 年代の政治・経済体制の改革以来、経済の対外開放を進め、雇用創出、技術移転等を進めるため、外国直接投資を促進する政策を進めている。外国投資の窓口となる機関は、外国投資調整登録庁である。

「モ」国の外国投資政策の中心となるのは 1991 年に成立した外国投資法 (Foreign Investment Law) である。この法律はその後の経済情勢に適合させるため、1993 年、1998 年、2002 年と改定され最近では、2008 年 5 月 29 日に改定されている。

外国投資促進政策の中心となるのは規制緩和であり、「モ」国内法に触れない限り全ての分野において外国投資が可能である。投資（有形・無形を問わず）の 25%以上が外国資本による場合、外国投資とみなされ、外国投資調整登録庁への登録が必要となる。外国投資の場合、利益や配当、資産売却代金の本国への送金は自由である。

「モ」国会社法によれば、会社には株式会社 (open or joint stock company) と有限会社 (closed or limited liability company) がある。会社設立時に必要な資本金は株式会社が 1,000 万 Tg、有限会社が 100 万 Tg である。連絡事務所の設立に関しても、外国投資調整登録庁に申請する。事務所の設立許可は当初 3 年間、その後は 2 年ずつの延長となる。外資の最低資本金は 2008 年 5 月 29 日の法改定によりこれまでの 1 万 US\$ から引き上げられ 10 万 US\$ となっている。

鉱業や会社資本に対する投資に関しては、政府と投資協定を締結することが可能である。これにより、5 年、15 年もしくは 30 年間、法人税等の税金の固定化が保証される。また外国投資法によれば、外資法人は優先的に「モ」国人を雇用しなければならず、外国人を雇用する場合は特別な資格や技能をもっていなければならないとされており、社会保障労働省の許可が必要である。

#### (2) 戦略的業種への外国投資を管理する法律

この法律の目的は、国家安全保障に係わる戦略的分野で営業する企業に投資している外国投資家またはそれらと利害を一にする者及び第三者の投資を管理し、それらに承認を与えることに関連する事項を扱うものである。戦略的分野とは、国民の基本的な生活、経済的自立性、円滑性の保持、国家収入の確保、国家安全保障を実現するためのもので、鉱物資源、金融、報道・情報通信分野がある。この法律は 2012 年 5 月 17 日国会で可決され即日施行された。

この背景として、2012 年 4 月に中国のアルミ最大手企業チャルコが、カナダのアイバンホー・マインズが所有する South Gobi Resources の株式を最大 60% 取得して買収すると発表したことがある。South Gobi Resources の経営権が中国企業に移ると、South Gobi Resources が所有する「モ」国企業 South Gobi Sands の経営権も中国企業に移ってしまうため、「モ」国政府は South Gobi Sands が「モ」国内に持つ全ての鉱山権益を保留した。保留された権益の中には、「モ」国の戦略的鉱山

である Ovoot Tolgoi 炭鉱も含まれている。

外国の国有企業及び国が一部を所有する法人、国際機関またはそれらと利害を一にする者及び第三者が「モ」国で営業する場合、または「モ」国で営業する企業またはそれらと利害を一にする者及び第三者に投資を行う場合、「モ」国に登記された企業を通じて「モ」国政府の承認を得る必要がある。尚、戦略的分野で営業している企業の外国投資家の持ち株比率が 49%を超え、かつ投資金額が 1000 億 Tg を超える場合は、「モ」国政府に申請し、国会の承認を得る。その他の場合は政府が承認の可否を判断する。承認が必要な協定は以下のとおり。

- ・ 戦略的分野で営業している企業の株式の 1/3 またはそれ以上を取得する権利を得る協定
- ・ 戦略的分野で営業している企業の代表を単独で決定する、取締役会に過半数の役員を派遣する、または取締役会の過半数を無条件に選任するなどの権利を与える協定
- ・ 戦略的分野で営業している企業の意思決定機関の決議に拒否権を行使する協定
- ・ 戦略的分野で営業している企業の業務執行や企業方針を決定する権利を与える協定
- ・ 国際及び「モ」国内の鉱物資源市場において、鉱物資源及びそれらの製品の購入または販売で市場の独占を確立する可能性のある協定
- ・ 「モ」国の鉱業輸出品の市場や価格に直接的または間接的に影響を与える可能性のある協定
- ・ 戦略的分野で営業している企業の持ち株比率を低下させることになる契約を自らまたは利害を一にする者及び第三者が他社と結ぶ協定

その後、2013 年 4 月 19 日には、本外資投資の改正法が国会により承認された。

2012 年 5 月に施行された投資法 4.7 条では、戦略的重要部門に係る外国投資家による 1,000 億 Tg を超えて 49%以上の権益取得には国会の承認が必要としていたが、改正案では、本 4.7 条の一部を修正し、モンゴル国以外の国営会社がモンゴル会社の権益を 49%以上取得する場合にのみ国家の承認が必要とされるが、外国の企業による取得の場合は国会の承認条件及び 1,000 億 Tg という金額の設定が外された。これ以外の権益取得は政府の承認が必要となる。この投資法の改正によって、外国からの投資環境が改善され、ひいては、経済成長の改善ももたらされることが期待される。

### 3.1.5 石炭プログラム

石炭プログラムは 2007 年に鉱物資源エネルギー省内で検討されているものの、国会で承認された形での公表はされていない。石炭管理政策、石炭環境政策、石炭利用政策について記載されており、その提案内容について「モ」国の状況を理解する上で重要である。またこの中で既に法律制定の形で実施されている項目もある。内容の概要については参考資料 1.1.1 に記載する。

### 3.1.6 「石炭分野開発」に係わる国の指針

本調査において、「石炭分野開発」に係わる国の指針の概要は、旧鉱物資源エネルギー省（現鉱業省）からのヒアリングでは、前述の石炭プログラムと比較して、石炭開発・利用に関して更に具体化を図った内容である。全体の簡略化したものについては参考資料 1.1.2 に記載する。石炭分野に係る政策は、前項 3.1.3 項で記載した「鉱物資源分野開発政策」が 2013 年の国会に諮られる



予定であることから、その政策が成立後に、改めて石炭分野開発に係る国の具体的な指針が検討されるものと考えられる。

### 3.1.7 「モ」国政府が発表した優先的に実施される大型事業概要

「モ」国旧政権が2009年10月に発表した国の優先的実施の対象となる26の大型事業から抜粋した15事業を参考資料の1.1.3に載せている。この中には、鉱物資源鉱床の採掘と鉱山分野の開発、重工業の基礎を形成するためのプロジェクト、またインフラ整備開発に係るプロジェクトが含まれている。鉱物資源開発事業に加え、石炭利用に関する事業の概要も記載されており、鉱物資源分野事業において「モ」国が優先的に進めていく方向性が確認できる。

### 3.1.8 石炭生産・販売に伴う税制

#### (1) 税制の現状

現在炭鉱には各省庁から様々な税金が省庁毎独自にかけられており、その総計は20種類程度に達している。「モ」国での税制においては、全ての企業が納入する税金に加え、炭鉱会社はそれに追加する形でかかる税が存在する。そのため、炭鉱会社の負担は徐々に重くなってきており、税金で引かれる金額は売り上げの40%、純利益の60%に及ぶと言われている。

表3-7に本調査で確認した炭鉱に係る税と手数料について、表3-8に市場価格による鉱物資源手数料にかかる付加税(+ $\alpha$ )について纏める。

表 3-7 炭鉱に係る税・手数料一覧

	税種	内容	備考
1	所得税	30 億 Tg 以下は 10% 30 億 Tg 以上は 25%	
2	従業員の社会保障税	給料の 13%	
3	雇用保険	給料の 5%	
4	付加税	原炭：5%を基準に 1~5%の+ $\alpha$ 精炭：5%を基準に 1~3%の+ $\alpha$	+ $\alpha$ は輸出・国内消費量・市場価格を考慮した税（詳細は表 3-8 参照）
5	付加価値税	10%	製品（ガソリン等）購入価格の 10%と設定されている。
6	不動産税	不動産評価価値の 2%	
7	自動車運搬税		炭鉱の重機にはエンジンの大きさで異なる車両税がかかる
8	関税	5%	
9	大気汚染税	1,000Tg/t	
10	土地利用税		土地利用税は石炭を採掘する切羽と事務所、選炭場は異なる税率がかけられる
11	ライセンスフィー	1ha 当たり 5+ $\beta$ US\$/年（鉱区税）	別途最低探査費用が追加
12	水使用税	原炭 1t 当たり 30Tg~100Tg	水の用途（例えば生活用、選炭、工業用）で異なる
13	検疫関連の税		
14	環境保全関連の税		
15	印税		鉱業権を取得する場合、手続きに際して各種印税が必要
	手数料	内容	備考
16	鉱物資源手数料	5%	国内向販売 2.5%
17	社会保険手数料	11-13%	
18	関税手数料	輸出石炭 t 当たり 1,500Tg	
19	水使用料		
20	税金支払手数料		

出典：MMRE の資料を JICA 調査団が編集

表 3-8 石炭に係る付加税

選炭した石炭		原炭	
0 – 100US\$	0 %	0 – 25US\$	0 %
100 – 130US\$	1 %	25 – 50US\$	1 %
130 – 160US\$	1.5 %	50 – 75US\$	2 %
160 – 190US\$	2 %	75 – 100US\$	3 %
190 – 210US\$	2.5 %	100 – 125US\$	4 %
210 US\$以上	3 %	125 US\$以上	5 %

出典：MMRE

## (2) 税制の課題

### 1) 問題点

現在炭鉱会社には、「モ」国全ての企業が納める税金に加え、国の様々な機関が各炭鉱会社に独自に税金を課しており、各省で税収が少ない場合、独自に税率を変えている場合もあり、国の税制が一本化されていない状態である。

これら税金の中には石炭の市場単価を基に税金を課しているものが多く、政府が設定する石炭の市場単価が重要になる。現在政府は中国での流通指標を参考に石炭輸出価格を決定している。この価格は実際に各炭鉱が取引を行っている実勢価格よりもかなり高くなっており、石炭会社の中では2倍の開きがあるという意見もある。

また、国に納めた税金が炭鉱周辺の町村に対して、十分に使われていないことが課題として挙げられる。国から地方への十分な税金の還元がないため、周辺住民は炭鉱開発に対し遊牧の障害、環境汚染等で非常に不満も多く、炭鉱会社は直接地方行政に金銭を納めているケースもある。

### 2) 課題と提言

本項に関する課題と提言は以下が考えられる。

(i) 現在炭鉱会社にかけている税金または手数料を洗い出し、適正な税制となるよう税制を再構築する必要がある。

- ・ 第三国の監査法人の専門家が国と炭鉱会社間の税金システムを調査する
- ・ 政府と石炭協会、民間企業との意見交換の場を頻繁に設ける

(ii) 中国市場価格と販売価格の乖離について合理化を進める。

- ・ 外交・貿易省は中国への輸出に関して国際的な仕組みを取り入れ販売価格を改善する
- ・ 国として徹底した情報管理と市場動向の把握を行う

(iii) 炭鉱会社が納めている国税と地方税を、中央政府と地方政府が各々分配しているが、その使途について明らかにする。

## 3.2 既存炭鉱の状況と新規炭鉱計画

### 3.2.1 概要

「モ」国の石炭資源は15の大きな主要堆積盆に埋蔵され「モ」国中に広く賦存し、その資源量<sup>30</sup>は全体で1,650億tとされている。1990年代に「モ」国は社会主義国から民主主義国へと大きな変貌を遂げ、1997年の鉱物資源法改定、更に2006年の新鉱物資源法の改定等により「モ」国の石炭開発は大きく変化を遂げてきた。その中で「モ」国の石炭生産は年々増加していたが、2008年まで1,000万tを超えることはなく、ほとんどの生産が国内供給向けであった。しかし、2003年からMAK社と慶華集団との合弁会社Qinhua-MAK Naryn Sukhait炭鉱からの出炭が始まり、少しずつ南ゴビ地域から中国側への石炭輸出が行われるようになり、「モ」国の2011年の出炭量は3,300万tまで増加した。

現在の炭鉱開発は表3-9と図3-1で示すように「モ」国全体で進んでいる。尚、表3-9の番号は図3-1の位置図の番号とリンクしている。

中国国境に近い南ゴビでは良質な原料炭が多く埋蔵された炭鉱が多数開発され、生産した石炭のほとんどを中国へ輸出している。出炭量の多い代表的な炭鉱はErdenes Tavan Tolgoi炭鉱、UHG（Ukuhaa Khudag）炭鉱、Naryn Sukhait炭鉱、Ovoot Tolgoi炭鉱、Qinhua-MAK Naryn Sukhait炭鉱が挙げられ、2011年は上記5炭鉱の合計で約2,000万tが生産された。南ゴビ地域の開発の他に、Khovd県のKhushuut炭鉱等の大規模炭鉱が現在開発され、また、Erdenes Tavan Tolgoi炭鉱 West Tsankhi等新規炭鉱計画も進んでおり、更に輸出用石炭の生産が増えることが予想される。

一方、国内電力用に石炭を生産している炭鉱も年々生産量を増加しており、Ulaanbaatar周辺のBaganuur炭鉱、Sivee Ovoo炭鉱は、Ulaanbaatar第5火力発電所計画に伴う増産計画を有しており、2011年は合計で約480万tを生産し、2012年以降も生産を拡大していく見込みである。また、Erdenet石炭火力発電所、Darkhan石炭火力発電所へ供給しているUlaanOvoo炭鉱、Choibalsan石炭火力発電所へ供給しているAduunchuluun炭鉱も周辺地域への配電計画に伴う発電所の設備能力向上やセメント工場等の石炭関連事業の立ち上げにより今後生産量を増加させると予想される。

また、地方県主要都市の暖房用ボイラやHOB等に係る民生用石炭は、周辺に存在する小規模炭鉱が需要のほとんどを供給している。地方炭鉱の生産能力は現状年産10～30万t程度ではあるが、販売先の増加やインフラ整備が進めば増産も十分に可能な埋蔵量を有している炭鉱も多い。現在炭鉱関係者は、今後販売量を増加させるために輸出先、販売先を求めている。

<sup>30</sup>資源量：発見された鉱物（石炭）の存在量を示す。

表 3-9 国内炭鉱一覧

No.	Deposit name	Section name	Company name	Licence	Province	Soum	Product thousand tonn			Moisture %		Ash%	S %	Caloric value kcal/kg		Carbon content %
							2009	2010	2011	War	Wad	Ad	St	Qdaf	Qar	C
1	Aduunchuluun		Mongolyn Alt Co.,LTD	14892A	Dornod	Bayantumen	-	-	-	45.2	9.4	16.7	1.12	6,484		66.8
			Nainga Co.,LTD	1364A	Dornod	Bayantumen	314.10	350.10	344.67							
			Aduunchuluun JSC	1389A	Dornod	Bayantumen										
2	Ailbayan	Domogobi-4	COAL CO.,LTD	16865A	Domogobi	Khuvs gul,Mandah	-	0.00	43.35	4.8		23.1	0.80	8,215		77.4
3	Alag-Undur		Minyu Shi Shi Co.,ltd	15122A	Domogobi	Saikhandulaan	-	-	-		2.6	36.9	0.38	7,738		95.4
4	Alagtogoo	Eastdalan, Dalan	JLDB Co.,ltd	11281A	Domogobi	Dalanjargalan	0.00	129.00	0.00	3.8	2.1	26.1	1.37	7,456		80.8
		Dalangiin section	Chingisiin har alt Co.,ltd	12515A, 12435A	Domogobi	Dalanjargalan	41.50	27.60	5.68	7.3	2.1	33.5	1.46	7,560	4,243	80.8
		Jargalantyn section	Mongolyn Alt Co.,LTD	11932A	Domogobi	Dalanjargalan	-	-	-	3.9		21.7	1.70	7,750	4,900	79.1
		Eldeviin section	Mongolyn Alt Co.,LTD	2545A, 12463A	Domogobi	Dalanjargalan	511.17	358.16	454.80	12.8		19.1	1.08		4,903	80.8
		Zuundalan, Dalan	MCJT Co.,ltd	14492A	Domogobi	Dalanjargalan	-	-	-		1.0	37.7	0.56	8,330	4,080	88.5
		Alag tolgoi	Mongolyn Alt Co.,LTD	716A	Domogobi	Dalanjargalan	-	-	-	7.3	2.1	26.1	1.37	7,560	4,243	80.1
		Alag tolgoi	Powerland Co.,ltd	9517A, 13132A	Domogobi	Dalanjargalan	-	-	-	7.3	3.5	28.9	1.31	7,720	5,430	78.2
5	Alagtsahir		Shanshi mejo Co.,ltd	12669A	Bayanhongor	Bayantsagaan	-	-	-							
6	Baganuur		Baganuur JSC	1371A 13630A 13631A	Ulaanbaatar	Baganuur	3,050.00	3,394.70	3,253.30	33.3	11.1	14.9	0.73	6,780	3,616	72.3
7	Banzatkhairhan		Gurvan zam Co.,ltd	16861A	Umnugobi	Noyon	-	-	-	5.9	0.4		0.61	8,442		
8	Baruungalt	Zaamryn Eh area	Antracite Co.,ltd	4773A	Tuv	Zaamar	4.00	-	-							
9	Baruundalan1		Lovonco Co.,ltd	15161A	Domogobi	Dalanjargalan	-	-	-		3.1	17.6	0.67	7,330		
10	Baruunnaran		Hangad exploration	14493A	Umnugobi	Kahnhongor, Tsogtsetsii, Bayan-Ovoo	-	-	-	4.8	0.6-3.1	18.3-30.4	0.65-1.27	8,006-8,332		
11	Baruun noyon-1	North	Tsagaan uvuljuu Co.ltd	17162A	Umnugobi	Noyon	-	-	-	2.0		23.5	0.40	6,840		
12	Bayan Us		"PIRAN Co.ltd	15616A	Dornod	Mamad	-	-	-							
13	Bayanjargalan		"Zanadu Coal Mongolia" XXX	16871A	Tuv	Bayanjargalan	-	-	-	36.1		13.6	0.43			
14	Bayantes	Gashuut tolgoi	"South govi coal trans" XK	17038A	Umnugobi	Gurvantes	-	-	-							
15	Bayanteeg		"Bayanteeg XK	367A	Uvurkahngai	Nariin teel	37.64	47.03	55.30	5.2		22.6	1.01	7,239	5,570	
16	Bayantsagaan		"Erdenetsagaan"co.,ltd	223A	Arkahngai	Ihtamir	0.36	-	-							

表 3-9 国内炭鉱一覧

No.	Deposit name	Section name	Company name	Licence	Province	Soum	Product thousand tonn			Moisture %		Ash%	S %	Caloric value kcal/kg		Carbon content %
							2009	2010	2011	War	Wad	Ad	St	Qdaf	Qar	C
17	Bayantsogt		"Cidaquangai" Co.,ltd	17105A	Sukhbaatar	Erdenetsagaan	-	-	-							
18	Bayantsogt-1		Border security team No.0119	3959A	Sukhbaatar	Erdenetsagaan	-	-	-	36.0	11.2	18.9	1.79	6,590		
			"Erdeniin olz Co.,ltd	12297A	Sukhbaatar	Erdenetsagaan	46.80	50.10	141.30							
			Andyn ilch Co.ltd	12307A	Sukhbaatar	Erdenetsagaan										
19	Byrgastaingol		"Datsan trade Co.,ltd" "uurhai" Co.,ltd	3752A, 3767A, 11924A	Uvs	Tarialan	-	-	-							
20	Javkhlant		"Huldyn nuurs" Co.,ltd	10871A 14987A 16703A	Tuv	Jargalant	-	-	-		3.7	38.8	0.52		4,453	
21	Jilchigbulag		"Mon Ajnai" Co.,ltd	1361A	Khuvsgul	Burentogtokh	13.76	17.10	-		1.8	25.2	0.93	6,755		
22	Zangat Uul		"Javkhlant ord" Co.,ltd	16952A	Umnugobi	Gurvantes	-	-	-	12.7		22.7	0.70	6,065		
23	Zeegt		"Gobi Coal & energy" Co.,ltd	905A, 11965A, 14217A	Gobi Altai	Chandmani	3.97	5.00	5.20	13.5		22.9	0.23		3,507	
24	Maanit		"Mandal Altai" group	6387A	Gobi Altai	Tugrug	14.90	-	-							
25	Mandah nuur		"Ih gobi energy" Co.,ltd	17196A	Dornogobi	Mandakh	-	-	-	13.9	3.6	34.8	0.51	7,493		
26	Manlai		"Shine Longda" Co.,ltd	16806A	Umnugobi	Manlai	-	-	-	7.7	0.6	19.4	0.61	8,445		75.0
27	Mogoin gol		"Mogoin gol" Co.,ltd	384A	Khuvsgul	Tsetserleg	14.00	30.00	23.00	6.5		19.8	0.90		6,990	75.2
28	Myangan		"Erdes Uvs" Co.,ltd	1025A	Uvs	Tarialan	2.70	2.90	4.50							
29	Nalaih		35pc's mining license		Ulaanbaatar	Nalaih				24.3		11.8	2.23	6,716	4,089	
30	Naryn suhait	Tuv, EAST	"Mongolyn alt" Co.,ltd	5458A 12225A 12226A 227A 6852A 15630A	Umnugobi	Gurvantes	1,438.30	5,072.20	5,282.91	2.0-4.0		7.0-19.8	0.25-0.46	6800-7400	83.8	
		Ovoot tolgoi	"South Govi Sand's" Co.,ltd	12726A	Umnugobi	Gurvantes	1,327.57	2,308.66	4,574.70							
		Khuren tolgoi	"Qinhua-MAK-Nariin sukhait" Co.,ltd	5459A	Umnugobi	Gurvantes	744.40	1,823.65	1,776.10							
		Sumber	"South Govi Sand's" Co.,ltd	16869A	Umnugobi	Gurvantes	-	-	-							
31	Nomhonbor	Togoottalbai	"Ontre gold" Co.,ltd	15603A	Umnugobi	Bayan-Ovoo	-	-	-							
32	Nuursthotgor		"Khotgor shanaga" Co.,ltd	3508A, 14865A	Uvs	Bukhmunun	-	-	-	2.9	1.8	22.9	0.34	7,412		83.1
			"MCJT" Co.,ltd	12474A	Uvs	Bukhmunun	-	-	-							
			"Mentuyu" Co.,ltd	2763A	Uvs	Bukhmunun	-	-	-							
			"Erchim" Co.,ltd	5696A	Uvs	Bukhmunun	10.67	17.10	-							
			"Hotgor" JSC	1441A	Uvs	Bukhmunun	45.90	55.30	74.70							
	"Hotgor" JSC	14442A	Uvs	Bukhmunun	-	-	-									

表 3-9 国内炭鉱一覧

No.	Deposit name	Section name	Company name	Licence	Province	Soum	Product thousand tonn			Moisture %		Ash%	S %		Caloric value kcal/kg		Carbon content %
							2009	2010	2011	War	Wad	Ad	St	Qdaf	Qar	C	
33	Ovoot	Mogoin gol	"Hurgatai hairhan" Co.,Ltd	17098A	Khuvsgul	Tsetserleg	-	-	-		0.5	16.3	1.37	8,219		98.9	
34	Olonbulag		"Mo En Ko" Co.,Ltd	2913A	Khovd	Ueynch	-	-	-								
35	Olongiin uhaa		Shim Aminaa	17112A	Dornogobi	Ih het	-	-	-		11.0-12.5	18.7	1.18	6,320		66.2	
36	Uvdughudag lh Ulaan nuur		"Talyn shigtgee" Co.,Ltd	17013A	Dundgobi	Undurshil	-	-	-	36.2	7.8	13.9	2.70	6,277	3,069		
37	Ubur chuluut/Muhar		"Bayalag ord" Co.,Ltd	222A	Bayanhongor	Galut	16.50	22.10	23.30								
38	Sain huuvur		"Badmaarag khash" Co.,Ltd	16679A	Sukhbaatar	Erdenetsagaan	-	-	-	5.4		21.7	0.60	6,810			
39	Saihna-Ovoo		"SMI" Co.,Ltd	2366A 11985A	Bulgan	Saikhan	-	-	-	14.0		20.0	0.50	7,800			
40	Siirestein hudag		"Broad" Co.,Ltd	14840A	Umnugobi	Tsogttsetsii	-	-	-		1.5	21.1	0.92		6,220		
41	Tavantolgoi 2713	Davharga 10	"Tavantolgoi" LGSC	287A 11945A	Umnugobi	Tsogttsetsii	2,722.50	5,205.40	6,239.80	5.3	1.0	20.3	0.90		7,790		
42	Tavantolgoi	Tsankhiin East, Borteeg East	"Erdenes Tavan tolgoi" SHC	11943A license is issue of all, West-north part , To the west-south part 11954A, North, east, south part 11955A, for west part 11956 A-east part	Umnugobi	Tsogttsetsii	-		898.60		0.4-0.7	17.0-25.6	0.90	8145-8503		87.4-88.9	
43	Tavantolgoi	Tsankhiin east, Borteegiin north, Uhaahudagiin west	"Erdenes Tavan tolgoi" SHC	16881A 16882A	Umnugobi	Tsogttsetsii	-	-	-		1.0	18.2-27.9	0.95	8,479		84.7-88.0	
44	Tavantolgoi	Uhaa hudag	"Energy resource's" Co.,Ltd	11952A	Umnugobi	Tsogttsetsii	1,840.94	3,932.00	7,077.10		0.8	23.2	0.66	8,126		82-89	
45	Talbulag-2		"Talyn gal" JSC	14563A	Sukhbaatar	Sukhbaatar	43.40	45.00	49.50		11.5	12.1	1.37	6,412			
			"Engui tal" Co.,Ltd	14209A	Sukhbaatar	Sukhbaatar	0.20	-	5.84								
			"Tsegeen Uuden" Co.,Ltd	12466A	Sukhbaatar	Sukhbaatar	-	-	-								

表 3-9 国内炭鉱一覽

No.	Deposit name	Section name	Company name	Licence	Province	Soum	Product thousand tonn			Moisture %		Ash%	S %	Caloric value kcal/kg		Carbon content %
							2009	2010	2011	War	Wad	Ad	St	Qdaf	Qar	C
46	Tugrugnuur	West-south	"Neichou" Co.,Ltd	15124A	Tuv	Bayan	-	-	-	34.5	8.7	15.3	0.46		2,805	73.0
		Tahilt	"Tugrug nuurn energy" Co.,Ltd	228A, 13553A, 13533A 15429A	Tuv	Bayan	-	0.00	17.86		6.0	17.3	1.18	5,838		73.0
		Tugrugiin section	"Tugrug tal" Co.,Ltd	15581A, 17173A	Tuv	Bayan, Bayanjargalan	-	-	-	30.9	7.1	13.8	0.84	6,201	3,533	58.6
		Khovil	"Petrocoal" Co.,Ltd	9097A, 12475A	Tuv	Bayan	14.60	11.20	54.10							
				12377X	Tuv	Bayan, Bayanjargalan	-	-	-							
Dovtsog	"Tsircon mine" Co.,Ltd	6452A 13146A	Tuv	Bayan	-	-	-									
47	Tuhum		"NBMU" Co.,Ltd	16975A	Sukhbaatar	Sukhbaatar	-	-	-	13.8	6.5	10.5-12.6	0.32	7,296		
48	Tevshinn gobi		"Tevshiin gobi" JSC	1390A	Dundgobi	Saintsagaan	12.00	15.00	15.50	30.5	11.2	20.9	0.65	6,450	3,452	63.1
			"Mogul energy" Co.,Ltd	16854A	Dundgobi	Saintsagaan	-	-	-							
			"Tevshiin nuurs" Co.,Ltd	10874A	Dundgobi	Saintsagaan	-	-	-							
49	Ulaan-Ovoo		"Red hill Mongolia" Co.,Ltd	1231A, 14657A	Selenge	Tushig	0.99	70.68	205.20	17.3		10.0-15.0	0.67	7,025-7,513	5,045	
50	Unsthudag		"Bilegt hairkhan" Co.,Ltd	14911A	Dundgobi	Gurvansaikhan	-	-	-		16.0-38.3	6.0-31.6		6,618		
51	Havtgai		"Dornyn nuurs" Co.,Ltd	4872A	Khentii	Bayanhutag	-	-	-	17.0		10.6	0.92	6,919	4,767	
52	Hartarvagatai		"Khartarvagatai" JSC	1366A 9950A 9951A 11923A	Uvs	Tarialan	-	70.00	53.70	3.9		20.9	0.71	7,446	5,569	
53	Hashaat hudag		"Mongol ross tsvetmet" Co.,Ltd	158A	Dornogobi	Ih het	-	-	-	35.4		11.0	0.40	6,450	3,548	
54	Khotgor		"Gobi Coal 7 energy" Co.,Ltd	12728A 17057A 17060A 17061A 17062A	Bayanhongor	Shine jinst	0.52	0.44	0.72			18.0	0.58	8,306		
55	Huvbulag		"Mandal Altai" Co.,Ltd	17121A	Gobi Altai	Delger	-	-	-	5.9		18.5	0.74		5,400	
56	Huvguun	North	"Alag tevsh" Co.,Ltd	16971A	Umnugobi	Noyon	-	-	-	8.4		36.0	0.52			
57	Huut	Tamsag Depress South	"Buman-Olz" Co.,Ltd	13500A	Dornod	Matad	1.59	11.89	16.97	38.6	12.0	10.0	1.11	6,285	3,074	
58	Huutiin honhor	Eedemt	"Gan Ilch" Co.,Ltd	7944A, 12401A, 12199A	Dundgobi	Bayanjargalan	-	-	-	18.7		20.1	0.89	6,324		
59	Huutiin honhor	Zuun hoit hesgiin har tevshinn talbai	"Big Mogul Coal & energy" Co.,Ltd	7944A 14715A	Dundgobi	Bayanjargalan	33.17	-	-	12.5	6.5	19.1	1.49	6,767		

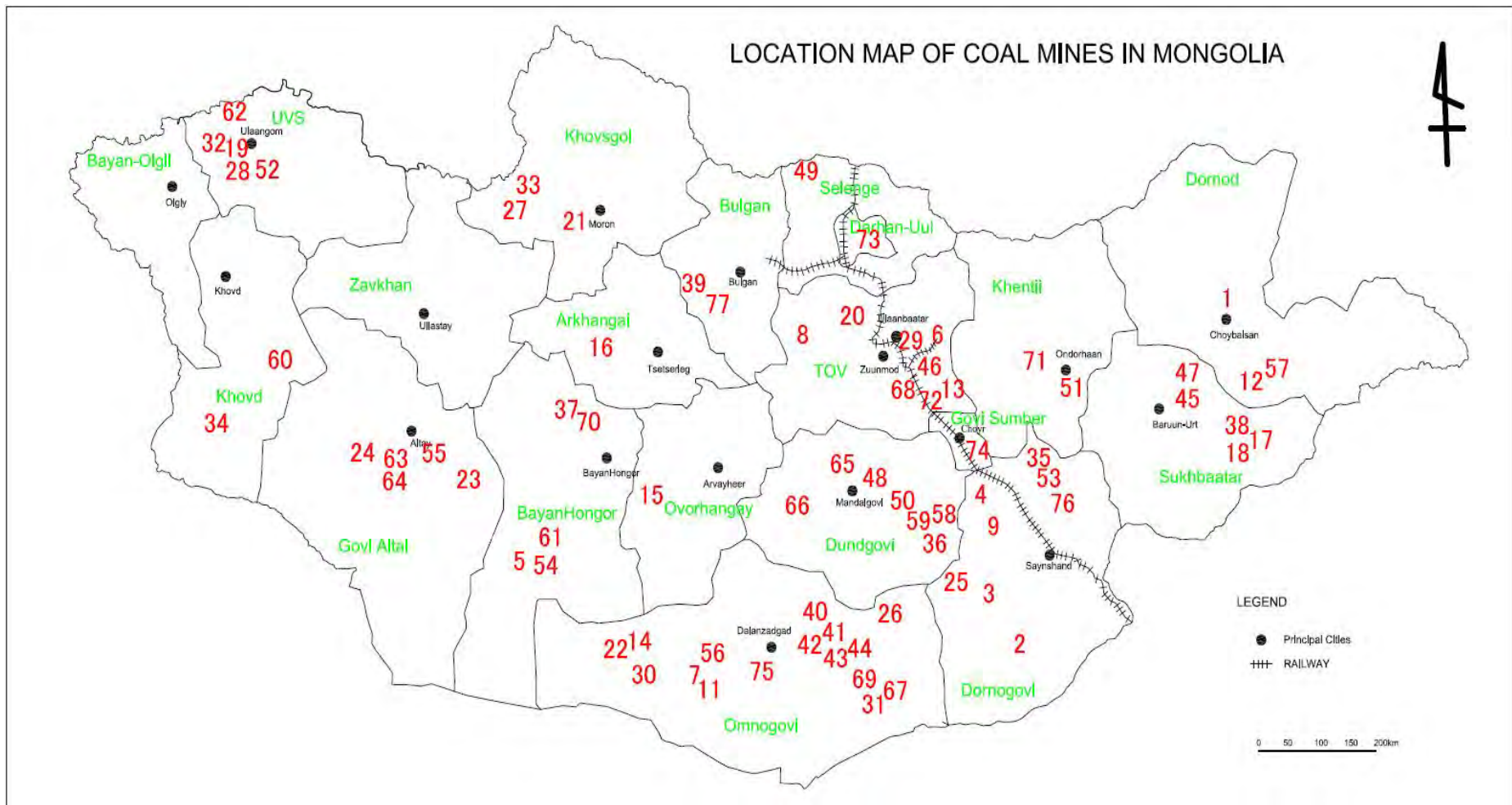


表 3-9 国内炭鉱一覧

No.	Deposit name	Section name	Company name	Licence	Province	Soum	Product thousand tonn			Moisture %		Ash%	S %	Caloric value kcal/kg		Carbon content %
							2009	2010	2011	War	Wad	Ad	St	Qdaf	Qar	C
60	Khushuut		"Mo En Ko" Co.,Ltd	1414A 1640A. 4322A. 11887A. 11888A. 11889A 11890A 6525A. 15289A	Khovd	Darvi	-	397.50	806.92	5.0	1.3	15.5	0.51	7,192		90.6
61	Huurai tal		"Terra mining" Co.,Ltd	17073A	Bayanhongor	Shine jinst	-	-	-							
62	Huden		"Nordlint" Co.,Ltd, "Khuden" Co.,Ltd	841A, 11617A	Uvs	Davst	-	-	-							
63	Hurengol	Hujirtyn bulag West	"Hunnu Gobi-Altai" Co.,Ltd	5043A 15403A	Gobi Altai	Tugrug	-	-	-	5.0	1.3	27.2	0.55	6,814		
64	Khurengol	Hujirtyn bulgiin section	"Hunnu Gobi-Altai" Co.,Ltd	1715A 5097A	Gobi Altai	Tugrug	-	-	-							
65	Huren Uul		"Talyn ilch" Co.,Ltd	16938A	Suk, Dundgobi	Bayandelger, Tuvshinshiree, Delgereh	-	-	-		5.7	10.0	1.14	6,808		
66	Tsagaan Ovoo	Elgen gobi	"Khan deej" Co.,Ltd	859A	Dundgobi	Erdenedalai	-	-	-	5.2	2.7	17.5	0.93	7,558		76.6
67	Tsagaan tolgoi		"South gobi sand's"	15041A	Umnugobi	Nomgon	-	-	-	10.8	2.8	39.3	0.66	8,030	5,366	
68	Tsadam nuur	East-North section	"Peebody coal resource" Co.,Ltd	3066A	Tuv	Bayanjargalan	-	-	-	27.5		8.5-25.9	1.93	6,334		
				7863A	Tuv	Bayanjargalan	-	-	-							
		East-South section	"Tenri petro chemicals" Co.,Ltd	15090A	Tuv	Bayan	-	-	-	32.2		27.1	1.19		3,995	
			"Tssetsens mining" Co.,Ltd	6453A, 17188A, 17187A	Tuv	Bayan	-	-	-		12.7-45.0	0.28-2.18				
69	Tsant Uul		"Munh noyon suvruga" Co.,Ltd	16872A	Umnugobi	Bayan-Ovoo	-	-		5.4		25.7	0.36	7,404	5,198	71.4
70	Tsahir hadag		"Magnet Import" Co.,Ltd	12653A	Bayanhongor	Galut	-	-	-							
71	Chamdgan tal/Tsaidam nuur		"Berkh-Uul JSC	4590A	Khentii	Murun	2.00	17.18	28.75	40.9	12.2	11.7	0.92	6,552		
			"Chandgana coal" Co.,Ltd	10126A, 16767A	Khentii	Murun	21.00	5.00	-							
			"Tephis mining" Co.,Ltd	10144X, 9720X	Khentii	Murun	-	-	-							
72	Shanagan	South section	"JLDB" Co.,Ltd	16990A	Tuv	Bayanjargalan	-	-	-		7.9	36.9	0.49	4,785		

表 3-9 国内炭鉱一覽

No.	Deposit name	Section name	Company name	Licence	Province	Soum	Product thousand tonn			Moisture %		Ash%	S %	Caloric value kcal/kg		Carbon content %
							2009	2010	2011	War	Wad	Ad	St	Qdaf	Qar	C
73	Sharyn gol	Shaazgait, Sharyn gol	"Sharyn gol" JSC	1498A	Darkhan-Uul	Sharyn gol	420.40	428.50	375.20	15.0	4.0	20.6	0.89	7,158		75.6
74	Shivee-Oboo/Sumber	Shine Us	"Shivee-ovoo" JSC, "Erdenes MGL" SHC,	901A, 13312A 13313A 13311A	Gobisumber	Shiveegobi	1,403.20	1,767.15	1,586.30	42.0	7.9	15.2	0.78	6,635		70.0
75	Erdenebulag	Khuren del	"Bold Forward" Co.,ltd	4478A, 11919A	Umnugobi	Khurmen	53.30	3.76	23.00		1.1	19.0	1.03	7,217-7,910		74.7
		Khuren del-1	"Junhaovei ye" Co.,ltd	17007A	Umnugobi	Khurmen	-	-	-		1.4	22.9	1.01	7,643		75.0
		Baga Argalant /West section/	"Altan erdene gazar" Co.,ltd	15582A	Umnugobi	Khurmen	-	-	-		1.9	9.3	0.49	6,976		
		Tasarhai	"Mon lai khad" Co.,ltd	15600A	Umnugobi	Khurmen	-	-	-		1.4	14.2-26.0	0.80	7,217-7,916		74.1
76	Erdenetsogt		"Sheerez stone" Co.,ltd	16686A	Dornogobi	Altanshiree	-	-	-	33.6	10.5	16.4	1.26	6,209	3,366	
			"ECM" Co.,ltd	17078A	Dornogobi	Altanshiree	-	-	-	39.4	13.5	20.0	1.56	6,332	2,943	
			"Cinotym" Co.,ltd	16958A 16959A	Dornogobi	Altanshiree	-	-	-		9.0	27.0	1.70	6,828		
77	Ereen	North-South section	Ilchit metal" Co.,ltd	8766A	Bulgan	Saikhan	57.60	37.73		4.4		16.6	0.88	7,237	6,785	
			"Peebody polo resources	14228A	Bulgan	Saikhan	43.09	-	-							



注：図中の番号は表 3-9 の No.である。

出典 JICA 調査団作成

図 3-1 モンゴル炭鉱位置図

### 3. 2. 2 南ゴビ

#### (1) 既存炭鉱

##### (a) Erdenes Tavan Tolgoi 炭鉱 (East Tsankhi) (図 3-1 No. 42)

	内容	備考
場所	Omnogovi 県の Dalanzadgad から 90km 東、Ulaanbaatar 市の南 540km、中国国境から 240km の場所に位置	
鉱区	鉱区面積は 68,522ha、Tavan Tolgoi 全体 (71,000ha) の 96% を所有しており戦略的鉱床に指定されている。鉱区は Tsankhi、Bor Teeg、Oortsog、Onch Haraat、Bor Tolgoi、Ukhaa Hudag の 6 鉱区	Tsankhi 鉱区は東 Tsankhi と西 Tsankhi に分かれている。 Erdenes-TT 社のほか地元政府 51%、民間企業 49% の出資比率で操業している炭鉱があるが Small Tavan Tolgoi と称して新規開発中の鉱区と区別
埋蔵量	25 億 t (Tsankhi 鉱区)	
経営形態	Erdenes-MGL 社傘下の 100% 国営企業	

図 3-2 は東 Tsankhi の鉱区、図 3-3 は採炭ピットの写真、図 3-4 は Tavan Tolgoi の鉱区図である。現在、Erdenes Tavan Tolgoi 社は東 Tsankhi を採掘中で 2011 年には約 100 万 t、2012 年は約 250 万 t、2017 年以降は 2,000 万 t で、約 100 年間の稼働を予定している。現在 4 番層を採掘中（層厚 18～25m、剥土比 3.5～3.9m<sup>3</sup>/t、30 年間の計画値）で 7 割が原料炭である。現在のピットの最深部は地表下 85m である。4 番層の下に約 7,000kcal/kg の 3 番層、0 番層が賦存している。現在、全量を原炭で中国に輸出している。

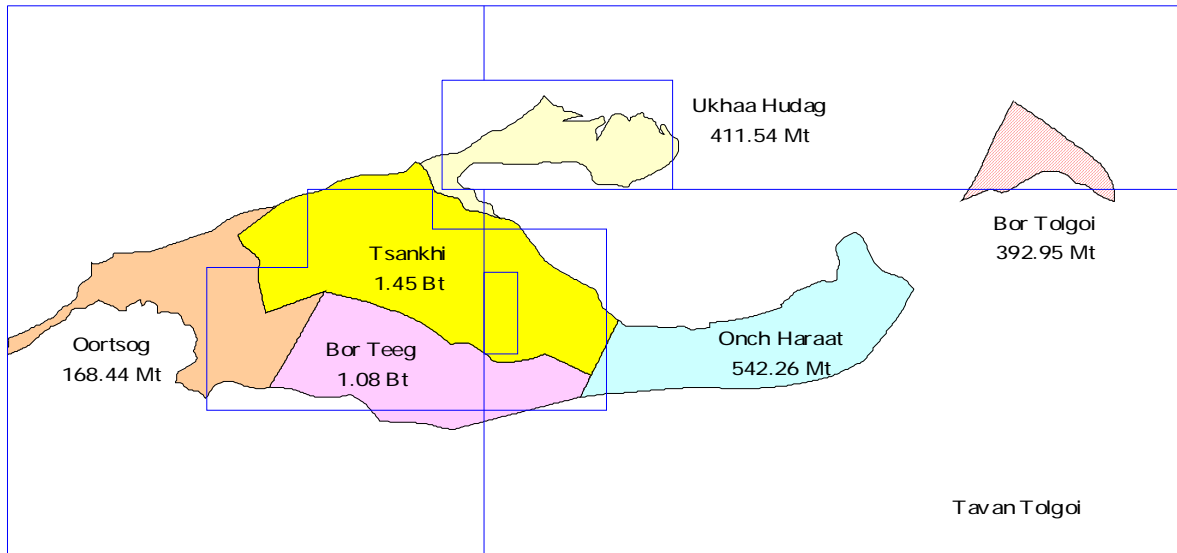
2013 年あるいは 2014 年には、選炭プラントの建設を予定し、原料炭と一般炭を生産する予定である。Erdenes-TT 炭鉱内に 300MW 発電所、また現在開発中の Oyu Tolgoi 鉱山（銅・金）にも 300MW の発電所建設計画があり、Erdenes TT 炭鉱からの一般炭で発電する予定である。



図 3-2 東 Tsankhi 鉱区



図 3-3 東 Tsankhi 採炭ピット



出典：JICA 調査団作成

図 3-4 Tavan Tolgoi 鉱区図

(b) Ukuhaa Khudag (UHG) 炭鉱 (図 3-1 No. 44)

	内容	備考
場所	Omnogovi 県の Tsogttsetsii 村にあり、Tavan Tolgoi 炭鉱に隣接する。	
鉱区	鉱区番号 11952A 鉱区面積は 2,962ha	
埋蔵量	資源量は 1 億 4,100 万 t (原料炭)、6,700 万 t (一般炭)	
経営形態	鉱業権者は、Energy Resources LLC	2006 年 8 月 29 日に鉱業権登録

2008 年 8 月より剥土を始め、2009 年 4 月よりコントラクト・マイニング (コントラクター：Leighton Asia LLC) により採掘を開始した。資源量は 2011 年の時点で 2 億 600 万 t (原料炭)、2 億 8,800 万 t (一般炭) と調査されている。これまでの生産量は 2009 年 180 万 t、2010 年 380 万 t、2011 年 720 万 t、2012 年 860 万 t である。2013 年 1,200 万 t、2014 年以降 1,500 万 t で 2031 年まで生産 (累計 435 百万 t) 予定である。現在は原料炭特性のある 4 番層を採掘中である。図 3-5 は採炭ピットの写真である。

鉱業権者である Energy Resources 社は UHG 炭鉱を中核として、石炭輸送会社、石炭火力発電会社、選炭設備会社等 9 社を設立している。石炭は、245km 離れた中国国境まで専用の舗装道路で運搬している (Energy Resources 社所有の石炭輸送会社 (Coal Road LLC) とトランスゴビ社が担当)。石炭火力発電を担当する会社 (Ukhaa Khudag Power Plant LLC) は、原炭量の 2 割にあたる 200~300 万 t の一般炭を、Energy Resources 社が所有する 6MW×3 基の山元発電所 (図 3-6) で灰分 23% (発熱量 5,960kcal/kg) の石炭を 1 時間 15t のレートで燃焼させているが、それ以外は活用しないままボタ捨て場に廃棄している。

選炭設備を担当する会社 (Enrestechnology LLC) は、能力 500 万 t/年の選炭設備 (Coal Handling and Preparation Plant) (図 3-7) の建設を豪州の Sedgman Limited に 2,000 万豪ドルで一括発注し (2008 年 3 月 3 日) 2 基を完成、3 基目が 2012 年末完成予定で、2013 年第一四半期に試運転、第二四半期に本格稼働し、選炭能力 1,500 万 t/y の体制となる (選炭工場の詳細については 4.1.5 で記載

する)。2010 年 10 月 13 日に Energy Resources 社は全体の 20%に当たる 7 億 1940 万株を香港証券取引所に上場し、炭鉱開発のための資金を調達した。



図 3-5 UHG 採炭ピット



図 3-6 選炭工場に隣接した発電会社



図 3-7 選炭工場

(c)MAK Naryn Sukhait 炭鉱 (図 3-1 No. 30)

	内容	備考
場所	Omnogovi 県の Dalanzadgad 市から西 296km、中国との国境 Shiveekhuren 検問所から北 50km に位置する Gurvantes 村に位置	
鉱区	鉱区番号は 5458A、面積は 131ha	
埋蔵量	2 億 2,900 万 t	現在 350m 深度で調査中
経営形態	Mongolian Alt Corporation(以降「MAK」)社が 100%保有	鉱業権登録日は 2003 年 2 月 25 日、鉱業権者は MAK 社

1991 年にこの鉱床に対し探査が実施され、46~55° の傾斜を有する 9 枚の炭層が発見された。その内の No.1 と No.5 の炭層が稼働対象炭層である。現在は No.5 層を採掘している。No.5 の炭層は、厚さ 53.3m で、硫黄分は 1%以下、灰分は 5~30.3%、水分は 1.6~2.8%、発熱量は 6,435~

6,935 kcal/kg である。製品炭の分析値は、硫黄分が 0.37～0.9%、灰分が 4.18～7.44%、水分が 5.8～11.5%、揮発分が 33.34～36.46%、発熱量が 6,354～7,217 kcal/kg である。また、本炭鉱の石炭は原料炭特性も有しており、粘結性を示すボタン指数（CSN）は 4～6 である。

本炭鉱は 2007 年 12 月から剥土を開始、2008 年 5 月から石炭輸出を開始した。採掘権は 6 エリアを有し、総敷地面積は 1666.9ha である。2011 年は 528 万 t 生産し、ほとんどを中国へ輸出した（500t 程度地元 HOB 用）。将来的には、需要次第で最大 1,400 万 t まで輸出可能である。図 3-8 は採炭ピットの写真である。

稼働重機はエクスカバータとショベルが合計 19 台、ダンプが 38 台、ドリリングマシンが 6 台である。必要な電力は 35kV 送電線で中国から買電し、変電所において 6kV にして配電している。出荷は、切羽で買い付け業者のトラック（90～100t）が直接積み込み、場内において関税手続きを行い、そのまま中国国境まで運搬される。現在、石炭は全量を選炭せずに中国に輸出している。税関用の通関設備・トラック駐車場、貯炭場を最近建設しており、2014 年には年間 700 万 t 能力の選炭工場の建設を予定している。選炭工場から 32km 先には選炭済みの貯炭場を建設し、ベルトコンベアで運ぶ予定である。



図 3-8 MAK Naryn Sukhait 採炭ピットと 100t トラック

(d)Ovoot Tolgoi 炭鉱 (図 3-1 No. 30)

	内容	備考
場所	Omnogovi 県の南西の端、Dalanzadgad の南西 320km、中国との国境から北 50km に位置	
鉱区	鉱区番号は 12726A、面積は 98.1km <sup>2</sup>	
埋蔵量	約 8,700 万 t	
経営形態	SouthGobi Resources Ltd	

本炭鉱の鉱床は Naryn Sukhait 炭鉱と同様であり、比較的複雑な地質特性を有し、セミコークスで 3 種類（低灰分、中灰分、高灰分）の石炭を出炭している。2011 年は 380 万 t を生産し、全て中国へ輸出している。将来の生産能力は年間 800 万 t まで可能で、設備拡大次第では 1,000 万 t を超える生産も可能であるが、運営上それ以上は生産しない模様。図 3-9 は採炭切羽全景の写真である。

South Gobi Resources は、20 年後国に返還する BOT 方式で中国国境まで（45km）の道路を建設

中である。本地域は水が少なく、水開発も進まないため、選炭は岩石と石炭の篩と重力選別（乾式）を行っている。



図 3-9 Ovoot Tolgoi 採炭切羽全景

(e)Qinhua-MAK Naryn Sukhait 炭鉱 (図 3-1 No.30)

	内容	備考
場所	MAK Naryn Sukhait 炭鉱の西 3.5km に位置	
鉱区	West Mine(鉱区番号 5459A : 面積 70ha: 鉱業権登録日 2003 年 2 月 25 日)と南東 2km に位置する East Mine (鉱区番号 227A : 面積 91ha : 鉱業権登録日 1995 年 10 月 8 日)から構成	3つのライセンスを取得し、2007年に2つのライセンスを MAK に、残り1つを QinhuaMAK として採掘している。現在(2012年8月)の鉱区面積は 70ha
埋蔵量	2011年の調査で埋蔵量は 2,800 万 t	
経営形態	Qinhua-MAK-Naryn Sukhait LLC	中国内蒙古慶華集団(Qinhua)と MAK 社の合弁会社(50対50)

2011 年は 170 万 t 生産し、民生用は 500t 程度の使用で、ほとんどを中国へ輸出した。2011 年までに累計 1,100 万 t 生産。2012 年以降は埋蔵される 2,000 万 t を 10 年間で生産する計画であり、今後、法律で原炭輸出が規制される場合は、MAK の選炭工場（2014 年予定）を利用し、輸出する予定である。

炭質は一般炭であり、原炭ベースで発熱量 6,000~7,000kcal/kg、硫黄分 0.6~0.8%、水分は 22~24%、灰分は 20~25%、揮発分は 30~35% である。剥土比は 2.5~3.0m<sup>3</sup>/t となっている。

図 3-10 は本炭鉱の採掘切羽全景の写真である。従業員は 170 名で、160 名がモンゴル人である。エクスカベータが 12 台（1.2m<sup>3</sup> 容量 KOMATSU 製 3 台、5.5m<sup>3</sup> KOMATSU 製 1 台、3.5m<sup>3</sup> 日立製 5 台、4.5m<sup>3</sup> CAT 製 3 台）、剥土用 100t トラック 6 台が稼働している。石炭は中国から直接トラックが炭鉱に来て積み込んでいる。税関手続きは MAK 社のゲートを利用して行われている。





図 3-10 Qinhua-MAK Naryn Sukhait 採掘切羽全景

(f) Baruun Naran 炭鉱 (図 3-2 No. 10)

	内容	備考
場所	Omnigovi 県にあり、UHG 炭鉱の南側約 30km に位置	
鉱区		
埋蔵量		
経営形態	鉱業権者、Energy Resources LLC	

本炭鉱は 2012 年 2 月より生産を開始し、2012 年の生産量は 82 万 2,000t である。生産した石炭は UHG 炭鉱まで輸送し、そこで選炭を行ってから輸出される予定である。2010 年の調査では埋蔵量は約 2 億 8,200 万 t で品質は原料炭である。将来的には年間 700 万 t の生産規模となり、採掘期間は 20 年を見込んでいる。

(2) 新規炭鉱計画

(a) Erdenes Tavan Tolgoi 炭鉱 (West Tsankhi) (図 3-1 No. 43)

	内容	備考
場所	Omnogovi 県の Tsogtsetsii 村にあり、UHG (Ukuhaa Khudag) 炭鉱に隣接	
鉱区	鉱区番号は 11956A、鉱区面積は、5,603 ha、 鉱業権登録日は 2006 年 8 月 29 日	2006 年 7 月に採択された改定鉱物資源法で「戦略的鉱床」に指定された鉱区の一つ
埋蔵量	資源量は 6 億 t	
経営形態	Erdenes-MGL 社傘下の 100% 国営企業	

Tavan Tolgoi の West Tsankhi 地区については、2010 年 12 月に入札の案内が公表され、15 社が応札した。応札した企業・連合リストを表 3-10 に示す。2011 年 3 月モンゴル内閣はショートリストに残った 6 社を発表した (着色企業はショートリストに残った企業で参考のため応募企業も載せている)。

2011年7月、国際入札の結果割り当てられた本鉱区の開発権の割合は、中国神華能源40%、米国のPeabody Energy24%、残りの36%は国営ロシア鉄道と韓国の国策資源開発のKorea Resourcesの連合と発表されたが、後ほど仮発表であるとされた。

2012年7月に新政権が発足し、2012年中に発表される予定であったが、2013年3月現在まで発表されていない。

表 3-10 応札した企業・連合リスト

		モンゴル	中国	日本	ロシア	韓国	インド	豪州	米国	ブラジル	欧州
1	Shihua Energy 三井物産		○	○							
2	Mongolian Alt Group	○									
3	Arcelor Mttal SA										○
4	I-tai group	○	○								
5	Peabody Energy								○		
6	En plus				○						
7	Fortescue metals group							○			
8	Vale									○	
9	Russian Railway Corp(2 firms) JV Group (住友商事、伊藤忠、双日、丸紅) Korec(Korean consortiam of 9firms)			○	○	○					
10	Mesco Steel LTD						○				
11	International Coal Ventures LTD						○				
12	Mongolian auto road joint consortium	○									
13	Xtrata group							○			
14	Erdos Chenlong group		○								
15	Signum Industrial corp	○									

着色企業は、ショートリストに残った6社

出典 平成22年度海外炭開発高度化等調査

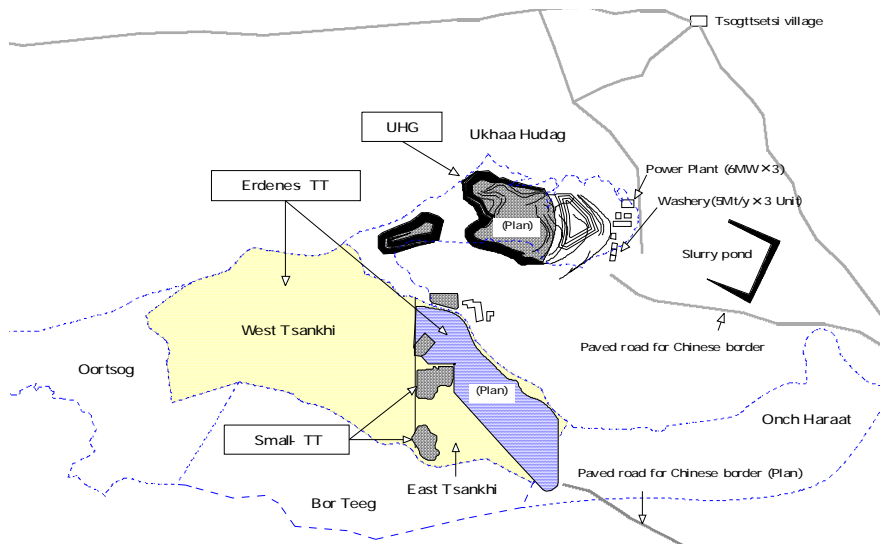


図 3-11 Tavan Tolgoi 炭鉱位置図

出典：JICA 調査団作成

(b) Tasnt Uul 炭鉱 (図 3-1 No. 69)

	内容	備考
場所	Omnogovi 県の Bayan-Ovoo 村にあり、Tavan Tolgoi 炭田の南 45km、中国国境から 236km に位置	
鉱区	探査鉱区面積は 69,255.64ha、鉱業権者は Mo'nxnoyon suvarga、鉱区登録日は 2002 年 4 月 25 日	
埋蔵量	資源量は 1 億 6,710 万 t (確定資源量 4,090 万 t、推定資源量 5,290 万 t、予想資源量 7,330 万 t)。	資源量を確定するため 187 孔 (28,029m) の試錐探査を実施している (2011 年 2 月時点)。
経営形態	オペレーターは HunnuCoal 社で、探査ライセンス鉱区の 90% の権利を有す	タイの Banpu 社から買収されており、2012 年から生産を開始する見込み

本炭鉱のオペレーターは HunnuCoal 社で、探査ライセンス鉱区の 90% の権利を有している。2011 年 7 月に採掘ライセンスを取得した。この採掘ライセンスは、初期期間 30 年に加え、合計 70 年の採掘運営をもたらすこととなる 2 回の 20 年延長オプションに対し付与されたものである。同社はタイの Banpu 社から買収されており、2012 年から生産を開始する見込みである。生産規模は年間 150~300 万 t を予定している。

これまでに、試錐を 20 孔 (総掘削長 3,654m) 実施し、走向方向に 4km 以上の連続性を確認している。炭層は 8 枚あり、炭層厚は 0.5~25.22m、Seam 1、2、3 が厚く、炭層厚の合計は 59m である。炭層の被りは薄く、地表下 7.8m から炭層の賦存が確認されている。

炭質は、発熱量が 7,008~7,455kcal/kg、水分が 3.99~6.51%、灰分が 17.54~19.01%、揮発分が 22.02~42.44%、硫黄分が 0.28~0.65% である。

(c) SOUMBER COAL PROJECT (図 3-1 No. 30)

South Gobi Resources が次の炭鉱開発として予定している事業が、SOUMBER COAL PROJECT

である。フィールドは Ovoot Tolgoi 炭鉱の東側約 20km、中国国境から 45km 北側の位置にある。2011 年に試錐による大規模な調査を実施した。埋蔵量は 1 億 3,700 万 t、瀝青炭で 5,000～7,800kcal/kg である。出炭開始時期は現時点では未定であるが、中国経済の状況により左右されるものと思われる。

### 3.2.3 東ゴビ

#### (1) 既存炭鉱

現在この地域には確認できていない。

#### (2) 新規炭鉱計画

##### (a) Unst Khudag 炭鉱 P/J (図 3-1 No. 50)

本プロジェクトは、Dornogovi 県 Gurvansaikhar 村に位置し、Choir 町から南西 180km に位置する。鉱区は採掘鉱区 1、探査鉱区 2 がある。炭層は全部で 10 枚あり、炭層の厚さは最大で 47.9m、北に 1～2 度傾斜している。鉱床は NE-SW 系の断層で区切られている。258 孔 (22,655m) の試錐調査が完了し、採掘に向けた F/S、環境影響調査は完了している。炭層の賦存深度は比較的浅く、剥土比は 3m<sup>3</sup>/t 以下である。地表下 150m までの資源量は 6 億 7,640 万 t (確定資源量 5 億 4,000 万 t、推定資源量 5,990 万 t、予想資源量 7,560 万 t)。山元発電所建設に向けた F/S を実施計画である。

表 3-11 に Unst Khudag の鉱区状況を、表 3-12 に分析値を示す。

表 3-11 Unst Khudag P/J 鉱区状況

鉱区番号	区分	鉱区面積 (ha)	鉱業権者	登録日
14911A	採掘鉱区	1,638.94	Gobikhurakh	2009/5/18
13544X	探査鉱区	29,573.99	Gobikhurakh	2008/4/15
14907X	探査鉱区	28,191.38	Gobikhurakh	2008/4/15

出典 NEDO 平成 22 年度海外炭開発高度化等調査

表 3-12 Unst Khudag 炭 分析値

ad ベース

項目	単位	平均値
全水分	%	30.8～33.8
固有水分	%	20.0～22.3
灰分	%	10.6～15.8
揮発分	%	32.1～33.6
全硫黄分	%	1.04～1.22
発熱量	kcal/kg	4,346～4,578

出典 NEDO 平成 22 年度海外炭開発高度化等調査

### 3.2.4 Ulaanbaatar 周辺

#### (1) 既存炭鉱

##### (a) Baganuur 炭鉱 (図 3-1 No. 6)

	内容	備考
場所	Ulaanbaatar 市から東 110km に位置	
鉱区	鉱区番号は 1371A と 13631A	
埋蔵量	資源量は 5 億 9,980 万 t、2009 年時点での可採埋蔵量は 2 億 3,120 万 t	
経営形態	Baganuur JointStock Company	株式の 75%は国、25%は民間が保有

Baganuur の石炭鉱床は、1975 年から 1978 年にかけて旧ソ連が開発し、1978 年から出炭を開始している。生産された石炭は主に Ulaanbaatar にある石炭火力発電所に送られている。

この鉱床の炭層は、向斜構造を呈し、北東方向に延びている。鉱床の広がり、長さ 15km、幅 8km (鉱区内のピットサイズは 12km×4km) となっている。炭層は、南側で 8~10° の傾斜を持ち、西方向に傾斜は増加し、15~20° となる。また、中央ではほぼ水平であるが、断層近辺では傾斜は急激に増大する 3 つの主要な断層が確認されている。この内 2 つの断層は鉱床の南側に位置し、もう一つは中央部に位置している。断層の落差は 40~50m である。炭層は 5 層で、下位から 2 番目の炭層が採掘対象となっている。

石炭品位は、灰分は 12~17% であるが、最も高いところでは 40% という高い値を示す。水分は 31.8~35.9%、発熱量は 2,783~3,615 kcal/kg となっている。地表下 20~25m では、風化により、発熱量が 2,000 kcal/kg にまで低下している。

2010 年、2011 年の生産実績と将来生産計画を表 3-13 に示す。2013 年から Ulaanbaatar 第 2 発電所の乾留工場建設により 30 万 t 増産予定、また契約準備中ではあるが韓国のヒョンドン社と提携してバガヌールに乾留工場を建設した場合には 50 万 t 増産、建設が予定されている Ulaanbaatar 第 5 発電所に 2016 年から 50 万 t を輸送予定で 2020 年以降は 100 万 t を予定している。2020 年には 550 万 t の出炭量になる計画で、それにより現在の年間 1,500~1,600 万 m<sup>3</sup> のズリが 2,000 万 m<sup>3</sup> まで増加する。

表 3-13 2010 年、2011 年の生産実績と将来生産計画

(万 t)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
生産量	333	312	320	350	400	400	450	450	450	450	550

出典 Baganuur 炭鉱ヒアリング調査より JICA 調査団が編集

また、本炭鉱では以下の事業も検討している。

- ・ 韓国のヒョンドン社と提携して、年間 50 万 t の原炭をセミークスにする
- ・ 選炭工場：選炭工場の処理能力はプレ F/S では年間 100 万 t であるが、設計資金と操業資金が問題
- ・ 複合発電所 (IGCC) での石炭ガス化の計画もあるが資金難
- ・ 韓国の知識・経済省と連携した 270MW ガス発電、セミークス工場の建設：300 万 t の前処理プラント、100 万 t のセミークス輸出 (タール、ガスの利用)

- ・ MCS 社がガス化、液化の提案と土地確保を要請、現在調査段階
- ・ 炭鉱副産物の有効利用：ズリ表層部分にはグミンという肥料になる酸化炭が含まれている。剥土で質の良い建設材料、煉瓦、ブロック、道路材を作る研究（75%のシリカを含む砂）。地下水を抜水（年間 320～400 万 m<sup>3</sup>）。ボイラ用と事務所に利用

(b) Shivee Ovoo 炭鉱（図 3-1 No. 74）

	内容	備考
場所	Gobi-Sumber 県 Choyr 町より南東 20km に位置	
鉱区	鉱区番号は 901A	鉱区面積は 91ha、鉱業権者は Shivee-Ovoo 社で 1997 年 12 月 30 日に登録される
埋蔵量	確定資源量は 6 億 t	
経営形態	Erdenes MGL90%、Private shareholders10%	

本炭鉱は、1990 年より露天採掘を開始し、生産された石炭の大部分は Ulaanbaatar の石炭火力発電所に供給されている。

石炭の確定資源量は 6 億 t で、鉱床の面積は 24.4km<sup>2</sup>、深さ 250m まで炭層の腑存が確認されている。8 炭層が賦存するが、この内 4 層が採掘対象となっている、炭層の厚さは 4 層の合計で平均 50.4m、炭層の傾斜は 6～10° と緩く、向斜構造を呈する。現在採炭には 5m<sup>3</sup> の電動式掘削機とコンベアが用いられている。炭層は 12m、北東方向に進んで採炭し、剥土比は 4m<sup>3</sup>/t である。

現在は精炭で年間 170 万 t を生産し、Ulaanbaatar 第 5 発電所の計画（Shivee-Ovoo 炭鉱から 70% 出炭）に伴い炭鉱拡張の計画を予定し、Ulaanbaatar 第 4 と Ulaanbaatar 第 5 発電所合わせて年間 450 万 t を供給することを計画している。

本炭鉱は、能力 100t/h の乾燥器を 2 基有し、原炭を 30mm 未満のサイズに破碎し、水分の多いもののみ乾燥機へ送り、少ないもの（38%未満）はそのままベルトで貯炭場へ送る。発電所に対して 3,200kcal/kg の石炭を供給する義務があり、この基準を下回った場合は罰金を払うか引き取り拒否となるペナルティーがある。

(c) Eldev 炭鉱（図 3-1 No. 4）

	内容	備考
場所	Dornogovi 県 Dalanjargalan 村に位置し、Choir 町から南東 40km、Olon Ovoot 町より東に 21km にある	
鉱区	鉱区番号は 901A	鉱区面積は 19ha
埋蔵量		
経営形態	鉱業権者は MAK 社	1997 年 7 月 31 日に登録

本炭鉱は、国内向けに年間 50 万 t 生産している。ライセンスを所有する周辺の 3 つの炭鉱との協議次第で操業期間が延びる可能性はあるが、2014 年で終掘予定である。セミークスは年間 54,000t 製造している。MAK 社は現在ガス化・液化実験設備を検討中で、本炭鉱終掘後は 100km 離れた Khoot 炭鉱の褐炭を利用する予定である。

本炭鉱は 2002 年から採炭開始し、剥土比は 3.5m<sup>3</sup>/t、炭層は炭丈で 3～4m である。需要の少ない暖かい期間に剥土を多く進め、冬場に石炭を採掘、出荷している。分析室で石炭成分を測定し、

4,800kcal～5,800kcal/kg、揮発分は 20%以下、硫黄分は通常 0.7～0.9%となっている。乾留工場は 2010 年 6 月建設開始、2011 年 3 月運転開始。セミコークス製造に 75,000t/年の能力があり、それには 11.5 万 t の石炭が必要である。

### 3.2.5 北部

#### (1) 既存炭鉱

##### (a) Ulaan Ovoo 炭鉱 (図 3-1 No. 49)

	内容	備考
場所	Selenge 県の Tushig 村に位置し、Darkhan 市からは北西 193km、ロシアとの国境検問所 Altanbulag から 149km、Zelter からは 12km の位置にある	
鉱区	鉱区番号は 1231A、5895A	
埋蔵量	現在の可採埋蔵量は 8,000 万 t、埋蔵量は 2 億 t と見込まれている	
経営形態	Redhill Mongolia LLC.が 100%出資	

本炭鉱は、Sharyn Gol 夾炭層に 7 枚の炭層が賦存する。主要炭層は Mod Coal Seam と Gol Coal Seam の 2 層で、Mod Coal Seam は 2.0～7.5m の層厚で、エリアの南西で肥厚し、エリアの西において分岐している。Gol Coal Seam は、エリアの北半分において 29.8～63.9m の層厚を有している。

本炭鉱はカナダ Prophecy Coal の子会社 Redhill Mongolia LLC.が 100%出資しており、2011 年 11 月に営業出炭を開始した。主に Darkhan 発電所や Erdenet 発電所向けに現在まで原炭で 40 万 t 出炭している。中長期的な生産計画として、2012 年は 100 万 t を計画し、F/S では 2020 年までに 300 万 t、500 万 t、600 万 t と増産していく予定である。図 3-12 は炭鉱全景写真である。

炭質は亜瀝青炭で発熱量は 5,100kcal/kg、剥土比は最大で 7m<sup>3</sup>/t 程度。現在は 1.8m<sup>3</sup>/t である。設備は油圧バックホーが 3 台 (CAT、3.4～3.5m<sup>3</sup> バケット容量)、剥土用トラック (50t) が 8 台となっている。



図 3-12 Ulaan Ovoo 炭鉱全景

(b) Sharyngol 炭鉱 (図 3-1 No. 73)

	内容	備考
場所	Darkhan-Unl 県 Darkhan 市の南東 45km に位置	
鉱区	鉱業権社は、Sharyn Gol JSC 社	鉱区面積は 1,827.9ha で 1999 年 4 月 20 日に登録
埋蔵量	1 億 t	
経営形態	2003 年に民営化され、米国の投資会社 Firebird Gloval Master Fund が株式の 54.42%を保有	

1930 年代に発見され、1962 年から開発が始まり、1965 年より採掘が開始されている。石炭鉱床は中・後期ジュラ系に属し、北東と南西の大規模断層の間に賦存する。北東—南西方向の軸を有する向斜構造を呈している。傾斜は東側で 8~12°、西側で 10~28° である。炭層は 10 層からなり、この内、Velican 層が採掘対象として Sharyn gol の可採埋蔵量はこれをもとに 1 億 t と確定された。Velican の採掘丈は 4.1~34.1m で、平均の厚さは 19.1m となっている。露天採炭場では Velican 層は、落差が 10m 未満の幾つかの断層によって切られている。

本炭鉱からの石炭は、鉄道とトラックにより輸送されている。主なユーザーは Erdenet 石炭火力発電所、Darkhan 石炭火力発電所である。

採掘は 3 台のドラッグライン、6 台のショベル、2 台のブルドーザー、8 台のダンプトラックで行われている。図 3-13 は採炭ピットの様子である。石炭の発熱量は 3900~4100kcal/kg、剥土比は 6 m<sup>3</sup>/t である。設計生産能力 250 万 t/年に対して、近年は、地質的条件、経済性などの理由から、70 万 t/年で推移している。2011 年は実績で 1 発電所当たり 12~14 万 t、一般向けは 9 万 t 弱と販売量が減少しているが、発電所に加え Darkhan のセメント工場、製鉄所、乾留工場等の需要もあり 2013 年には年間 100 万 t の生産が計画されている。増産が予定される新規エリアは今後 20 年採掘可能、剥土比は 6~8m<sup>3</sup>/t、炭質は亜瀝青炭である。資源量は JORC<sup>31</sup>基準で 3.71 億 t、国の基準による可採埋蔵量は 1.9 億 t と言われている。



出典：Sharyn Gol Annual Report 2007

図 3-13 Sharyn gol 採炭ピット

<sup>31</sup>資源量と埋蔵量の定義に関する豪州の規定。有資格者（資源量・埋蔵量を評価し報告することが許されている人物）、探査結果、鉱物資源量、鉱石埋蔵量等について細目を定めている。

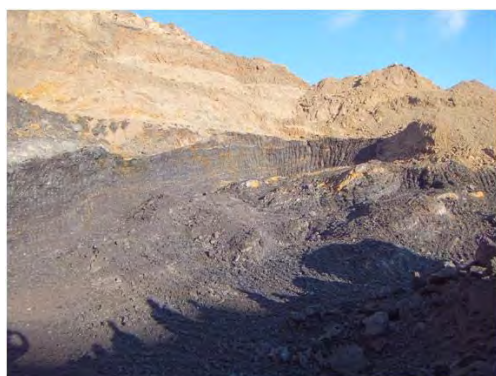


(c) Ereen 炭鉱 (図 3-1 No. 77)

	内容	備考
場所	Bulgan 県 Erdenet 市から西に車で 3 時間に位置	
鉱区		
埋蔵量	50~60 万 t(年産 6 万トンで 8 年間操業予定)	鉱区面積 65ha
経営形態	Ilchit Metall 社が 100%保有するモンゴルの民間会社	

本炭鉱は Bulgan 県と Arhangay 県の各村の HOB と Erdenet の銅工場 (1 万 t/年) と発電所 (3 万 t/年) に供給している。発電所ではバガヌール、シベオボ炭の質が望ましくない場合にカロリー調整用として使用される。年間生産量は、2003 年は 3.2 万 t、最大生産は 6 万 t。9 年間で 26.5 万 t を生産。2011 年は 4 万 t を生産し、2012 年は現在のところ 6.3 万 t の供給を予定。従業員は 18 名で、6 月~8 月は剥土、9 月~5 月に石炭を生産する。

石炭成分は、発熱量が 5,200~8,200kcal/kg、水分約 7%、灰分約 10%、硫黄分約 0.5%、揮発分約 40% と質は高い。石炭分析は Mining Institute と科学アカデミーが実施した。地表から 48m に炭層があり枚数は一枚、炭層厚は 4~8m で剥土比は 9.8~11m<sup>3</sup>/t である。鉱山機械は Hyundai 製で、ディーゼルで稼働。エクスカバータはバケット容量 2.8~3.8m<sup>3</sup> 容量が 2 台、ブルドーザーが 1 台、剥土用 20t トラックが 8 台、採炭用トラック (50~80t) が 4 台。今後 6~8 年で現切羽を終了した後は、採掘権を有する南の鉱区で採掘予定。現在ボーリング探査中である。



第 1 切羽



第 2 切羽

図 3-14 Ereen 切羽写真

3. 2. 6 西部

(1) 既存炭鉱

(a) Hartarvagatai 炭鉱 (図 3-1 No. 52)

	内容	備考
場所	UVS 県 Ulaangom 市から南へ約 105km、車で約 3.5 時間の距離にある	
鉱区		
埋蔵量	確認埋蔵量は 2,500 万 t、予測埋蔵量は約 2 億 t	
経営形態	Fuel and Thermal Group が経営	

本炭鉱は、主として冬季の暖房用として、石炭を供給している。操業は 1970 年代から開始して

おり、現在の生産規模は年間7万t程度、9月～5、6月にかけて操業し、それ以外の時期は採炭準備のため、剥土だけを実施する。採炭切羽は標高2,400mの高地にあり冬季は氷点下40度以下となるが、寒冷地仕様の機械を使用しており、氷点下45度までは操業可能である。

石炭の発熱量は6,100～6,500kcal、剥土比は、0.5～0.6t/t、確認埋蔵量は2,500万t、予測埋蔵量は約2億tである。現在は採掘した石炭を3サイズに篩をかけており、将来的には更に選炭技術を導入していく予定である。図3-15は本炭鉱の採掘切羽全景である。

ボーリングによる探査では炭層の厚さは65m以上であるが、これはボーリングの探査深度が65～70m程度であったためである。今後、長尺のボーリングを実施することにより、確認埋蔵量は増加するものと思われる。

採掘設備は、CATのエクスカバータ（バケット容量1～1.5m<sup>3</sup>）が3台、ブルドーザーが3～4台、トラックは容量40～50tが5台あり剥土運搬と石炭運搬の両方を行っている。将来的な出炭量は需要があれば年間100万tは可能である。



図3-15 Hartarvagatai 採掘切羽全景

(b) Khotgor 炭鉱 (図3-1 No. 54)

	内容	備考
場所	Uvs 県 Ulaangom 市から南西へ約110km、車で約4.5時間の距離にあり、途中で標高2,500mの峠を越える必要がある	
鉱区		
埋蔵量	確認埋蔵量は1,220万t	1963年の急ソ連当時のもの
経営形態		

主として冬季の暖房用として、一般家庭を中心に石炭を供給している。サイズの大きな塊炭は民生用として販売し、小さな石炭は将来選炭するために貯蔵している。操業は1963年から開始しており、今までに370～400万tを生産。2011年の生産量は7万4,000t程度である。10月～2月にかけて操業し、それ以外の時期は採炭準備のため、剥土だけを実施している。

数年前までの生産規模は年間 4～5 万 t 程度であったが、燃料用として木材の使用が禁止されたこともあり、最近では生産量が増加している。石炭の販売価格は、1t 当たり 22,800Tg である。近隣の村に電力を供給することを目的に過去一度山元に小型発電所を建設したが技術的な問題とロシアからの買電価格が安いこともあり 1 年で停止した。

石炭の発熱量は 6,000～7,000kcal/kg、剥土比は、2.0m<sup>3</sup>/t 程度、確認埋蔵量は 1,220 万 t (1963 年の急ソ連当時のもの)、炭層は全部で 5 層あり、それぞれの厚さは 2.5～3.0m 合計で 12～15m 程度である。図 3-16 は本炭鉱の採掘切羽全景である。

採掘設備は、KOMATSU のエクスカベータ PM200 (バケット容量 1m<sup>3</sup>) が 4 台、ブルドーザーが 3 台、トラックは容量 20～25t が 8 台 (中国製) あり、剥土運搬と石炭運搬の両方を行う。



図 3-16 Khotgor 採掘切羽全景

(c) Khushuut 炭鉱 (図 3-1 No. 60)

	内容	備考
場所	Khovd 県 Khovd 市より南に 210km、Baytag 国境検問所より北東 310km に位置	
鉱区	採掘鉱区 : 1414A, 1640A, 4322A, 6525A, 11887A, 11888A, 11889A, 11890A 探査鉱区 : 11515A	採掘鉱区が 8 鉱区、探査鉱区が 1 鉱区 鉱区面積は 800ha
埋蔵量	可採埋蔵量は 8,750 万 t	
経営形態	MEC(Mongolian Energy Company, MoEnCo)	

Khushuut 炭鉱は、当該地区では、1967 年より地元の燃料用に小規模に採掘が行われ、小規模に近隣の村・町に石炭を供給していたが、MEC (Mongolian Energy Company, MoEnCo とも呼ばれている) が分散されていた鉱区権益を各社から買い取り、鉱物資源法改定後 2007 年から追加探査を開始した。本炭鉱は 2007 年から活動を開始し、MEC は香港証券取引所に上場している。

本炭鉱はペルム紀中期の Khushuut 夾炭層に 29 層の炭層が賦存する。主要炭層は B 層と C 層で、B 層の層厚は 10～16m、C 層の層厚は 25～30m である。B 層と C 層の層間は、15～25m である。地質構造は、北に傾斜するほぼ南北の向斜構造からなっている。

鉱区面積は 800ha で、「モ」国基準で石炭は 7,000kcal/kg の原料炭、可採埋蔵量は 8,750 万 t とな

っている。露天掘りの面積は 600ha で石炭破碎設備と小型発電設備を有する。2010 年からコントラクターである Leighton が採掘を開始し、現在は 2 ピット（図 3-17 が第 1 ピット、図 3-18 が第 2 ピット）で運営し、今後大規模な採掘に備え 3 ピットを準備中、将来的には 3 つのピットを統合する予定である。現在の採掘能力は 180 万 t/y であり、2010 年は 10,469t を生産、2011 年は 80 万 6,920t を生産した。2012 年は 150 万 t 生産予定で、現在（2012 年 8 月）輸出用に約 17 万 4 千 t 出荷し、72,000t を販売している。将来的に Phase1 で原炭 300 万 t を生産、Phase2 では原炭のち 180 万 t を選炭、Phase3 で 500 万 t の生産のち 300 万 t を選炭する予定。但し、水資源開発調査の問題で選炭技術導入の時期は不明である。

剥土比は 4.0m<sup>3</sup>/t で、地質構造的に断層や夾みが多く、t 当たり 75% が石炭ではあるが、場所によって不安定で選炭が必要と思われる。

輸出炭は全て中国へトラックで輸出している。現在までに中国国境まで 311 km のアスファルト舗装の輸送道路を完成済みである。税関の各ポイントで関税局の人間が 24 時間勤務で駐在する。輸送会社 5 社と契約し、60~100t トラックが 170 台稼働（実質 80t までの積載）している。自社で重量計、職員の宿舍や事務所、ゲートを設立している。



図 3-17 Khushuut 第 1 ピット

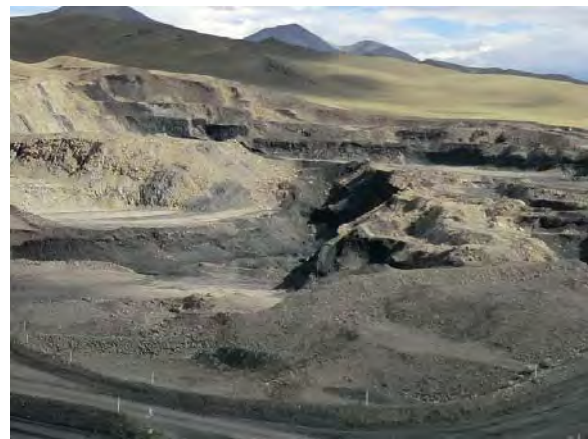


図 3-18 Khushuut 第 2 ピット

### 3.2.7 東部

#### (1) 既存炭鉱

##### (a) Aduunchuluun 炭鉱（図 3-1 No. 1）

	内容	備考
場所	Ulaanbaatar から東 660km、Dornod の Choibalsan 市から北 5km に位置	
鉱区		鉱区面積は 92ha で 1998 年 10 月 29 日に登録
埋蔵量	資源量は 4 億 t、現在の採掘領域の埋蔵量は 2.43 億 t	
経営形態	Aduunchuluun 社	

本炭鉱に係るテビシゴビ夾炭層は、北西方向に 6~7km にわたり向斜構造的な広がりを見せ、中心部へ向けて 5~6° 傾斜している。この鉱床の炭層は、南から北の方向に向けて厚さを減少し、

場所によっては完全に消滅している場合もある。

炭層が肥化する鉱床の南部では炭層厚は 52.2m になる。炭層は地表から 2.5～79.0m の深さに賦存している。

1954 年から坑内採掘が行われており、1969 年から露天採掘が開始された。図 3-19 は本炭鉱の採掘切羽全景である。年間生産能力は、60 万 t であるが、近年は 30 万 t の生産量で推移している（2011 年実績では 37 万 t）。将来的には、生産された石炭の発熱量は 3,000~4,000kcal/kg（3,300kcal/kg 平均）、水分が 38~40%、揮発分が 45% で、主に Choibalsan 石炭火力発電所に供給されている。2~3 年後に Choibalsan 石炭火力発電所が 36kW から 136kW に拡張されることに応じて 2015 年以降は年間 150 万 t まで増産する予定である。

採掘は、容積 4.6～5m<sup>3</sup> の電気ショベルで行われており、剥土比は 2.0m<sup>3</sup>/t である。稼働トラックは積載量 22t で、剥土用が 9 台、石炭用が 10 台使用され、直接発電所へ運搬している。

本炭鉱では、セミコークスの輸出、またセミコークス化による副産物燃料を稼働重機に使用する目的で褐炭のアップグレードを目指し中国企業に調査を依頼している。



図 3-19 Aduunchuluun 採掘切羽全景

### 3.2.8 南部

#### (1) 既存炭鉱

##### (a) Khub Bullag 炭鉱（図 3-1 No. 55）

	内容	備考
場所	Gobi-Altai 県東部、北緯 46°:12:10 東経 97°:17:51 に位置し、Altai 市の東約 90km、車で約 2 時間の距離にある。	
経営形態	Mandal-Altai 社	モンゴル民営会社

本炭鉱は、炭層が緩傾斜で、地表から 1～1.5m が表土でその下に炭層が 10m 程度あり（途中で 1m 程度の夾みあり）、採掘条件は恵まれている。図 3-20 は本炭鉱の採掘切羽全景である。2011 年から採掘を実施（採掘権がなく無許可で剥土していた模様、その後、採掘権が下りた）。2012 年 9 月から生産（冬季のみ生産予定）開始予定。トラック 5 台、エクスカバーベータ 3 台が稼働。

売り先としては、Mandal-Altai 社、民生用、近隣の 5 つの会社がある。Altai 市のボイラ用にト

トラックで輸送し、民生用の場合は自家トラックで直接積みに来る。石炭は 25,000Tg/t で販売している。



図 3-20 Khub Bullag 採掘切羽全景

## (2) 新規炭鉱開発

### (a) Maanit 炭鉱 (図 3-1 No. 24)

	内容	備考
場所	Gobi-Altai 県西部、北緯 45°:47:21、東経 94°:43:11 に位置し、Altai 市の南西約 150km、車で約 4 時間の距離にある。	
経営形態	Mandal-Altai 社	モンゴル民営会社

本炭鉱は 2006 年から機械化され本格的に生産を開始し、2011 年に 3 万 5,000t を生産した (9 月～5 月)。本炭鉱の石炭は Altai 市 90% の暖房用として、HOB に 2 万 5,000t、民生用に残りの 1 万 t を供給している。石炭の質は発熱量が平均して 8,000kcal/kg、灰分は 25% である。2012 年は Mandal-Altai 社が新規探査を実施中で現在生産はしておらず、将来は原料炭として中国に輸出を予定している。

本炭鉱は、深度 28m から 110m まで石炭が貯存しており、82m 付近では原料炭が存在する。但し、バックホーによるトレンチでは、炭層は褶曲が多く、傾斜もあり夾みも多いため、採掘後の選炭が必要になると思われる。

### (b) Huren gol 炭鉱 (図 3-1 No. 31)

	内容	備考
場所	Gobi-Altai 県西部、北緯 45°:46:58 東経 95°:13:53 に位置し、Altai 市の南西約 150km、車で約 4 時間の距離にある。	
経営形態	Hunnu Coal 社	

本炭鉱は、石炭生産は現在 (2012 年 8 月) 実施しておらず、Hunnu Coal 社が地質探査とボーリング調査を実施している。リグを 12 台使用して深度 300m 以上のボーリング探査を実施し、昨年 9 月から 220 本の試錐孔 (間隔 300m、平均 300m 深度) での試錐探査から埋蔵量を調査している。今後開発 F/S を行う予定で、3 年程度で出炭を予定している。

本炭鉱は、傾斜が 45° 以上の向斜背斜両方向の炭層が存在し、4m~80m までの石炭層にほとんど夾みはない状態である。炭質の良いところでは 7,000kcal/kg の弱粘結炭が存在する。

### 3.2.9 炭鉱生産計画の課題と提言

#### (1) 輸出向け炭鉱計画の課題と提言

##### (a) 今後の計画

##### 1) 「モ」国政府の将来計画予測

本項では、生産した石炭の大部分を輸出している炭鉱における、2025 年までの原炭の生産計画について考察する。

表 3-14 は MRAM 石炭調査課による、「モ」国の 2025 年までの石炭輸出量の予測である。これによると石炭輸出は右肩上がりに増加し、2025 年には 7,500 万 t に達し、2012 年の 2.5 倍に増加すると予測されている。

一方、モンゴル石炭協会が調査した結果が表 3-15 である。各炭鉱の生産量が全て輸出されると仮定すると、2025 年には年間約 5,400 万 t を輸出すると予測されているが、この調査結果には将来的に輸出炭を生産する主要炭鉱の計画が含まれておらず、今後更に調査が必要である。

表 3-16 は JICA 調査団が現地炭鉱でのヒアリング、関連文献、ウェブサイトから収集した各輸出炭鉱の 2025 年の予想生産能力一覧である。尚、色づけされている炭鉱は 2012 年 12 月現在で詳細な生産能力が把握できていないため、ヒアリング等から JICA 調査団が予測した値である。これによると、プロジェクト段階の炭鉱も含めると、2025 年の生産能力は合計 1 億 100 万 t に達することがわかる。

表 3-14 輸出量予測 (MRAM)

Export	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2025
1,000t/y	18,000	25,000	30,000	33,000	40,000	50,000	65,000	75,000

出典：MRAM

表 3-15 輸出炭鉱将来計画 (モンゴル石炭協会)

No.	Lisence owner	Coal producing forecast/ thous.y/y (ave.)		
		2013 - 2015	2016 - 2020	2021 - 2025
1	Erdenes Tavan Tolgoi	11,333 - 12,000	19,000	20,000
2	MAK-Nariin Sukhait	13,000	14,000	14,000
3	Energy Resources LLC	17,994	14,970	14,971
4	Southgobi Sands LLC	6,667	5,000	5,000
5	Qinhua-MAK	666	666	-
	Total	49,660 - 50,327	53,636	53,971

出典：モンゴル石炭協会が作成した資料を JICA 調査団が編集

表 3-16 輸出炭鉱予想生産能力

Mine Name	Forecast of production in 2025 (1,000 t)		Remarks
	ROM	Clean Coal	
Erdenes Tavan Tolgoi (East Tsankhi)	20,000	14,000	Under planning of CHP
UHG (Ukhaa Khudag)	15,000	11,000	5Mt x 3Units CHP
MAK Naryn Sukhait	14,000	5,000	Under planning of CHP (7Mt)
Ovoot Tolgoi	8,000		Dry separation by B.F.B
Baruun Naran	7,000		
Tavan Tolgoi (West Tsankhi)	20,000	14,000	Presumed plan of CHP
Tasnt Uul PJ	2,000		
Soumber Coal PJ	5,000		
Khushuut	5,000		Presumed dry CHP
Maanit	2,000		
Huren Gol	3,000		
Total	101,000	44,000	

出典：JICA 調査団が作成

## 2) 調査団の将来計画予測

上記では、今後石炭の輸出量が右肩上がりに増加した場合でも、輸出用炭鉱の生産能力は十分であることを示しているが、調査団による調査結果では第 2 章でも述べたように、輸出先である中国の石炭輸入量は、景気の停滞に伴い増加傾向を示しても 2025 年までには 4,000~5,000 万 t 程度にとどまると予測される。故に表 3-16 のようにプロジェクト段階の炭鉱まで輸出に向けて生産を計画すると、生産過剰となり売り先がなく、山元で余ってしまう可能性が高いと考えられる。輸出用炭鉱に関しては売り先である中国の需要を考慮して炭鉱開発を進める必要がある。

### (b) 石炭生産活動の課題と提言

上記のように、今後輸出向けの石炭生産量は増加していくと考えられるが、幾つかの課題も挙げられる。

(i) 現在炭鉱会社には石炭開発に係る上で、全所得の 40%以上に及ぶ様々な税金が課せられ、国の炭鉱会社に対する対応に不満が挙げられている。例えば、輸送に利用する道路や橋のメンテナンスや増築は炭鉱会社が全て担うことを指示される場合や、輸出用ゲート等の設備費は民間会社が自ら負っている炭鉱もある。石炭開発に向けた国と炭鉱会社の更なる連携が必要となる。

(ii) 輸出先がほぼ中国であるため中国の景気に輸出が大きく左右されてしまうことである。

Ovoot Tolgoi 炭鉱では石炭の販売価格が下落している現在は、輸出をやめ生産を停止している。新しい売り先、販売価格を落とさない試みが必要となる。例えば、第 2 の輸出先国をみつけることで市場価格に競争力を持たせる。または原炭を改質等の技術により付加価値化する等



が試みとして挙げられる。

(iii)自由経済のもとで国による価格競争のコントロールは困難であるが、生産コストを下げるための国の支援策については検討の余地があると思われる。

(iv)住民との関係改善が課題である。開発を進める上で鉱区内を遊牧して生活している住民から抗議を受け、スムーズに開発が進まない可能性がある。炭鉱会社が納めている税金等で炭鉱周辺住民が満足する生活環境を提供し、住民の理解を十分に得る必要がある。

(v)炭鉱開発に伴う従業員の定着化を図るために、大規模石炭開発地域における従業員の家族が快適かつ長期的に住める生活環境を考慮した都市作りを進めるべきである。その結果、従業員が健全な状況で炭鉱作業に専念でき、作業の安全確保ばかりでなく、継続した技術の習得が可能となる。炭鉱開発計画に都市化構想を入れることは必須条件である。

## (2) 国内向け炭鉱計画の課題と提言

### (a) 今後の計画

本項では、生産した石炭の大部分を国内発電所及び HOB に供給している炭鉱の 2025 年までの生産計画について考察する。

表 3-17 は MRAM が編集した国内発電所及び HOB における石炭需要予測である。Ulaanbaatar 市内の発電所に加え、地方の発電所及び HOB の石炭需要予測が示されている。これをみると、2025 年までに大きく需要が増加している要因は第 5 発電所を初めとする多くの発電所の建設によるもので、2011 年の約 2 倍の石炭を消費すると予測されている。

一方、表 3-18 は国内発電所向け炭鉱の 2025 年までの生産計画である。Ulaanbaatar 市内の発電所に供給している Baganuur 炭鉱、Sivee Ovoo 炭鉱、Darkhan 発電所や Erdenet 発電所に供給している Syaryn gol 炭鉱、Redhill Mongolia (Ulaan Ovoo 炭鉱)、東部の Choibalsan 発電所に供給している Aduunchuluun 炭鉱を対象炭鉱とした。これをみると Ulaanbaatar 第 5 発電所操業に伴い、Baganuur 炭鉱、Sivee Ovoo 炭鉱は 2025 年まで増産する計画であるが、他炭鉱は大きな増産計画は考えていないようである。

表 3-17 より 2025 年における Ulaanbaatar 市内の発電所及び HOB の石炭需要<sup>32</sup>は約 950 万 t、表 3-18 より 2025 年の Baganuur 炭鉱、Sivee Ovoo 炭鉱の石炭生産量は約 1,000 万 t であり、需要を賄える生産計画であることがわかる。また、他県においても需要予測を上回る生産計画があり、国内発電向け炭鉱の増産計画は進むと思われるが、次項で示すような課題もある。

### (b) 生産計画の課題と提言

(i)国内向けに発電用石炭を供給している炭鉱の内、主力炭鉱は Baganuur 炭鉱、Sivee Ovoo 炭鉱である。この 2 つの炭鉱は共に国が株式の半数以上を持つ国営炭鉱である。このため、山元単価<sup>33</sup>を自由に設定できない面がある。単価を高く設定すると、電気料金の値上げにつながる

<sup>32</sup> 表 3-17 の中の No. 1, 2, 3, 8, 9, 10 が Ulaanbaatar 市の石炭需要としている。

<sup>33</sup> 原炭 1t を採掘するための価格。

ため、政府は Baganuur 炭鉱では山元単価：22,000Tg/t に対して販売価格<sup>34</sup>：20,500Tg/t と低く定めている。Sivee Ovoo 炭鉱についても同様の状況にあり、発電所に送る石炭の発熱量の基準をクリアする必要があるため、炭鉱に乾燥設備を導入している。今後は、石炭のアップグレード技術等による石炭販売価格の増額と国の支援が重要となる。

(ii)また、Baganuur 炭鉱、Sivee Ovoo 炭鉱は、1990 年代後半に導入した採掘設備の長期ローンを抱えており、経営上負担になっている。増産計画を実行するためには設備投資は必要あるため、この資金をどのように調達するかが課題となっている。

---

<sup>34</sup> 石炭 1t を販売先に売る価格。売上。

表 3-17 国内発電所（HOB 含む）石炭需要予測（千トン）

No.	PPT Name	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	UB No2 PPT	202	425	650	650	650	650	650	650
2	UB No3 PPT	1,100	1,104	1,126	1,149	1,172	1,178	1,184	1,189
3	UB No4 PPT	2,966	3,133	3,511	3,723	3,723	3,723	3,723	3,723
4	Darkhan PPT	380	420	598	600	600	610	620	625
5	Erdenet PPT	275	308	308	308	407	410	407	407
6	Dornod PPT	370	398	450	500	894	930	940	948
7	Dalanzadgad PPT	37	46	49	53	56	53	57	60
8	Baganuur HOB	66	69	72	75	78	83	88	92
9	Nalaih HOB	60	52	44	43	46	46	49	49
	稼働中設備計	5,456	5,955	6,613	6,888	7,626	7,682	7,717	7,744
10	UB No5 PPT					1,830	1,830	1,830	1,830
11	Telmen PPT			170	170	170	170	210	210
	計画設備計			170	170	2,000	2,000	2,040	2,040
	合計	5,456	5,955	6,783	7,058	9,626	9,682	9,757	9,784
No.	PPT Name	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
1	UB No2 PPT	650	650	650	650	650	650	650	
2	UB No3 PPT	1,195	1,201	1,203	1,204	1,205	1,206	1,207	
3	UB No4 PPT	3,723	3,723	3,723	3,723	3,723	3,723	3,723	
4	Darkhan PPT	630	630	630	631	631	630	630	
5	Erdenet PPT	407	407	407	407	407	407	407	
6	Dornod PPT	950	955	958	960	965	968	970	
7	Dalanzadgad PPT	64	68	72	75	79	83	87	
8	Baganuur HOB	97	102	107	111	116	121	126	
9	Nalaih HOB	53	54	54	60	60	60	62	
	稼働中設備計	7,769	7,790	7,804	7,821	7,836	7,851	7,864	
10	UB No5 PPT	1,830	3,620	3,620	3,620	3,620	3,620	3,620	
11	Telmen PPT	210	210	210	210	210	210	210	
	計画設備計	2,040	3,830	3,830	3,830	3,830	3,830	3,830	
	合計	9,809	11,620	11,634	11,651	11,666	11,681	11,694	

出典：MRAM

表 3-18 国内発電所向け炭鉱の将来計画

No.	Lisence Owner	Coal Production Forecast/thous.t/y (ave.)		
		2013-2015	2016-2020	2021-2025
1	Baganuur JSC	4,667	5,200	5,600
2	Shivee Ovoo JSC	1,800	3,739	4,480
3	Sharyn gol JSC	300-1,000	1,000-1,500	1,500-1,000
4	Aduunchuluun JSC	817	1,000	200
5	Red hill Mongolia LLC	340	1,224	1,224
Total		7,924-8,624	12,163-12,663	12,504-13,004

出典：モンゴル石炭協会が作成した資料を JICA 調査団が編集

### (3) 民生用向け炭鉱計画の課題と提言

#### (a) 今後の計画

本項では、生産した石炭を民生用として供給している炭鉱の 2025 年までの生産計画について考察する。

表 3-19 は 2025 年までの民生用石炭需要予測について示したものである。これをみると、2025 年には「モ」国内全体で民生用の石炭需要が約 420 万 t に至る。表 3-20 の民生用向け炭鉱の将来計画をみると、2014 年を除くと 2025 年までの需要量を賄う石炭量を生産する見込みであることがわかる。しかし、民生用石炭生産は 2025 年になると需要量を大きく上回ることが予測され、今後の需要動向を重視しながら生産計画を決定していく必要がある。

表 3-19 民生用石炭需要予測

1,000 ton/year	2013	2014	2015	2020	2025
Central area	279	3,578	2,091	1,380	3,306
Local area	822	830	838	878	900
Total	1,101	4,408	2,929	2,258	4,206

出典：MRAM 資料を JICA 調査団が編集

表 3-20 民生用向け炭鉱の将来計画

No.	Lisence Owner	Coal Production Forecast/thous.t/y (ave.)		
		2013-2015	2016-2020	2021-2025
1	Khangad exploration LLC	333-1,000	600-1,000	1,000-2,000
2	Gobi coal and energy	1,117	90	5,130
3	Buman olz	333	333	-
4	Bold Fo Ar Da	766	920	500
5	Chingisiin khar alt LLC	767	85	85
6	Khar tarvagatai JSC	70-100	100-200	200-1,000
Total		3,386-4,083	2,128-2,628	6,915-8,715

出典：モンゴル石炭協会が作成した資料を JICA 調査団が編集

## (b)生産計画の課題と提言

(i)民生用向け炭鉱の大きな課題としては、輸送インフラが挙げられる。供給先である主要町へは片道 4-5 時間かけて未舗装の山道をトラックで輸送している炭鉱もある。埋蔵量がかなり多いが、年間生産量が 10 万 t 未満である炭鉱も幾つかあり、輸送インフラの課題を改善し、輸出も含めた新規の売り先を見つけることが求められる。

(ii)地方では小規模炭鉱開発が乱獲模様で進んでおり、様々な問題を起こしている。地方では炭鉱が石炭を安く販売しており、採掘に係る環境保全、採掘技術習得に費やす資金に余裕がなく課題が多い。現実的には 2~3 万 t 程度の小規模炭鉱は止め、地域毎に出炭 10~30 万 t クラスの中心的な炭鉱を設定し、そこでは選炭、必要ならばセミコーク等の石炭加工を行い、それに見合う販売価格設定のもとで遊牧民の放牧にも配慮した炭鉱にし、環境対策等もできる体勢をとって、周辺住民の燃料供給問題を解決すべきであるとする。

(iii)「モ」国では石炭採掘に外国人のコントラクターを使用している例が多く見られ、モンゴル人の雇用確保が緊急の課題となってきた。「モ」国では大学でのエンジニアの資格を持っていても失業している若者が多い。これに対して調査団は下記を考えている。

- ・ 専門学校のような機関を作り、実務に合う再教育
- ・ 民間から必要科目を教育機関に提案
- ・ 有資格者制度

また、ニンジャ<sup>35</sup>と呼ばれている不法採掘者の中には豊富な採掘実務経験を持っている若者も少なくなく、再教育による意識改革、有資格者制度による専門技術者の育成、安定収入の保障等による雇用が将来の短・中期の炭鉱開発に効果的と考えているモンゴル人も多くいる。

---

<sup>35</sup> 「モ」国で非合法採掘者をニンジャと呼んでいる。

### 3.3 経済インフラ開発計画

#### 3.3.1 経済インフラ調査計画概要

##### (1) 調査方法と結果

「モ」国における輸送手段としては、鉄道、道路、空路が選択できる。この内石炭輸送に関しては、道路、鉄道の利用が一般的である。「モ」国では、これまで国内の発電所向けの石炭輸送手段として鉄道を主に利用してきた。近年、輸出向けの大規模な石炭開発が進み、新規開発区域では石炭開発のスピードに対して鉄道の整備は追いついていない状況にある。従って鉄道建設に比して簡便な道路建設が先行し、それを鉄道が追いかけてゆく構図となっており、新規の炭鉱開発が続く中、今後もこの傾向は継続すると予想できる。

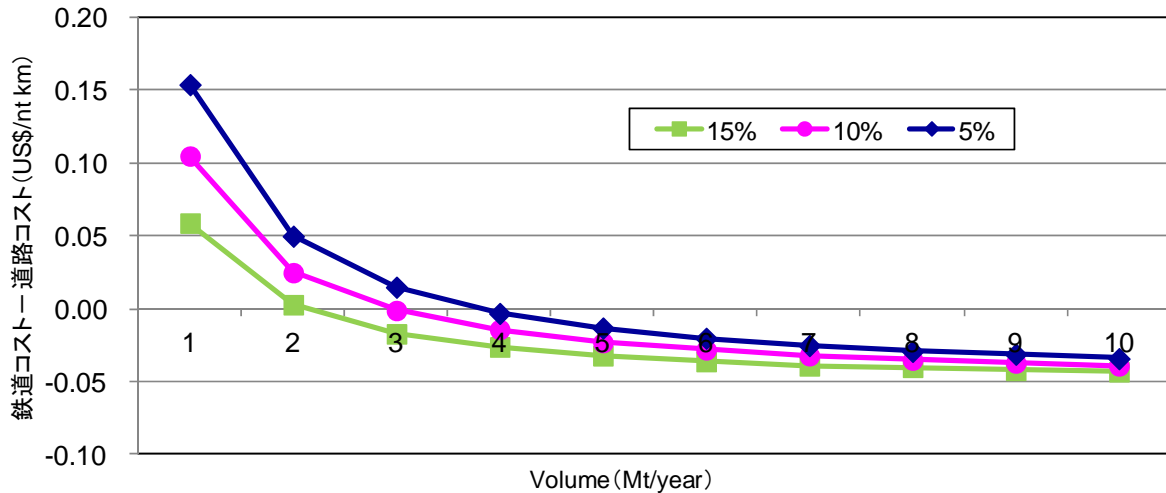
ここでは、これまでに出されている計画及び資料をもとに、今後 2025 年までの石炭開発に合致した輸送手段の整備についての検討を行う。図 2-72 が調査前に「モ」国 MRAM で予測した 2025 年までの石炭生産・消費・輸出予測である。本調査ではこの予測を検証するが、ここではこのデータに基づいて「モ」国側の鉄道・道路の施設の整備計画と照合することにより、輸送計画の妥当性を確認する作業を行った。

図 2-72 によると、2025 年には 2010 年比で石炭の国内使用量及び輸出量は増加すると予想されている。2025 年に輸出量が最大 7,500 万 t、国内消費 1,900 万 t（都市部と地方）との予想である。しかしこのデータは中国が好景気であった 2010 年の状況下で作成されたものであるため数値の見直しを行った。この予測は第 6 章において詳しく述べるが、本項においては、2012 年の中国市場の低迷による景気減速の影響を考えた結果を加味した数値として、図 6-1 (3) 中の Max Demand である輸出量 5,350 万 t、国内需要量 1,440 万 t、合計 6,440 万 t を用いることにする。輸出数量 5,350 万 t の輸送面からみた妥当性については主に鉄道整備情報から検討し、同様に国内の石炭需要である年間 1,440 万 t に関しては鉄道網だけでなく国内道路網の整備情報からも検討を行った。前者は新規鉄道建設が石炭輸送量と深く結び付いていること、後者は道路建設計画が新規鉱山開発と深く結び付いていることによる。

国内の石炭輸送インフラは、鉄道と比較して建設期間が短く、コストが安いことから道路建設からスタートする。その後、生産増加に伴い輸送量が増加することで大量輸送が実現可能でより効率的な鉄道等の検討が行われる。これにより石炭輸送量の推移を大略把握できる。

世界銀行は「モ」国において、鉄道と道路のどちらが経済的な輸送手段なのかを検討し、鉄道と道路の採算分岐点分析を行っている。図 3-21 にそれらの分岐点分析結果を示す。これによると、年間 200~400 万 t 以上を輸送する場合は、鉄道輸送がより経済的であるとしている。この場合の前提条件も無理な設定ではないと判断されることから、本稿ではこれを道路輸送と鉄道輸送の採算分岐点の判断基準として用いることとする。

但し、国際路線としての鉄道建設は国家安全保障上あるいは国の政策上認可されない場合もあるため、必ずしも経済性だけで判断できるものではないことも留意する必要がある。



**前提条件**

- ・ 鉄道建設費：US\$200万/km、道路建設費：US\$50万/km
- ・ 操業費（全車両の資本コスト以外のインフラ費を除く）：鉄道US\$3/t・km、道路US\$8.5/t・km
- ・ インフラ費は20年間のプロジェクトライフに均等な名目費と5、10、15%のディスカウントレートの現在価格からなる

出典：Southern Mongolian Infrastructure Strategy, World Bank, 2011

図 3-21 鉄道と道路に関する比較

**(2) 検討資料**

これまでに、「モ」国の鉄道、道路に関しては数多くの海外機関による調査が報告されてきている。しかしながら、「モ」国側の方針も刻々と変化しているため、3年を経過した調査レポートは「モ」国側の方針に合致していない場合が多い。従ってここでは鉄道、道路に関しては2010年以降に公表されたレポートを主に引用する。

一方、炭鉱開発に欠かせない水資源の分布状況については、公表されている水資源に関する報告も少ないため2009年の報告書を参考とすることとした。

本調査で参照する資料としては、主に次の8つの研究レポートである。これに今回の調査結果を加えて最適な輸送インフラ整備についての提言を行う。

- ・ 「平成 23 年度海外炭開発高度化等調査モンゴル国南ゴビ地域（タバントルゴイ炭田）の石炭資源開発に係るアジア太平洋地域向けの輸送インフラの検討」平成 24 年 2 月  
独立行政法人 新エネルギー産業技術総合開発機構（以後 NEDO2012 レポートと呼ぶ）
- ・ モンゴル国「石炭開発利用マスタープラン調査」詳細計画策定調査報告書 2011 年 12 月 財団法人 石炭エネルギーセンター（以後 JICA2011 レポートと呼ぶ）
- ・ 平成 22 年度 海外炭開発高度化等調査「モンゴル国の石炭開発状況とアジア太平洋石炭市場への輸出ポテンシャル及びその影響調査」平成 23 年 3 月  
独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（以後 NEDO2011 レポートと呼ぶ）
- ・ Southern Mongolian infrastructure Strategy, World Bank,2011（以後 WB2011 レポートと呼ぶ）
- ・ New Railway Infrastructure Project, October 04, 2010、Mongolian Railway（以後 MR2010 レポートと呼ぶ）

- ・ CURRENT AND FUTURE PROSPECTS OF THE ELECTRICITY SECTOR OF MONGOLIA, MINISTRY OF MINERAL RESOURCES AND ENERGY (以後 MMRE2012 レポートと呼ぶ)
- ・ Strategies and future development of energy and current status of nuclear energy program in Mongolia, Tudev TSERENPUREV MMER,2011 (以後 MMER2011 レポートと呼ぶ)
- ・ Groundwater Assessment in the Gobi Region Final draft report 25/01/2009 World bank (以後 WB2009 レポートと呼ぶ)

### 3.3.2 国内インフラの現状と課題

#### (1) 鉄道

##### (a) 鉄道の現状

「モ」国の鉄道は、幹線鉄道である Sukhbaatar—Uraanbaater—Zamyn-Uud の南北路線で、北はシベリア鉄道のロシア Ulan-Ude に接続し、南は中国側から「モ」国国境 Ereen までの路線が存在している。更に、「モ」国北東部の Choibalsan-Ereensav 間を北に向かう路線があり、シベリア鉄道と連結されている。これらの路線は鉱石以外の物資輸送にも利用されてきたもので、鉄道距離と年間輸送能力を表 3-21 に示す。その他に鉱山と幹線鉄道を結ぶ支線として、Ulaanbaatar 北の銅鉱山 (Erdenet) への支線、Sharyngol 炭鉱からの支線、Baganuur 炭鉱からの支線等があり、鉄道の総延長は、1,810km である。これらの既存鉄道路線を図 3-23 に黒色で示す。

表 3-21 既存鉄道の輸送能力

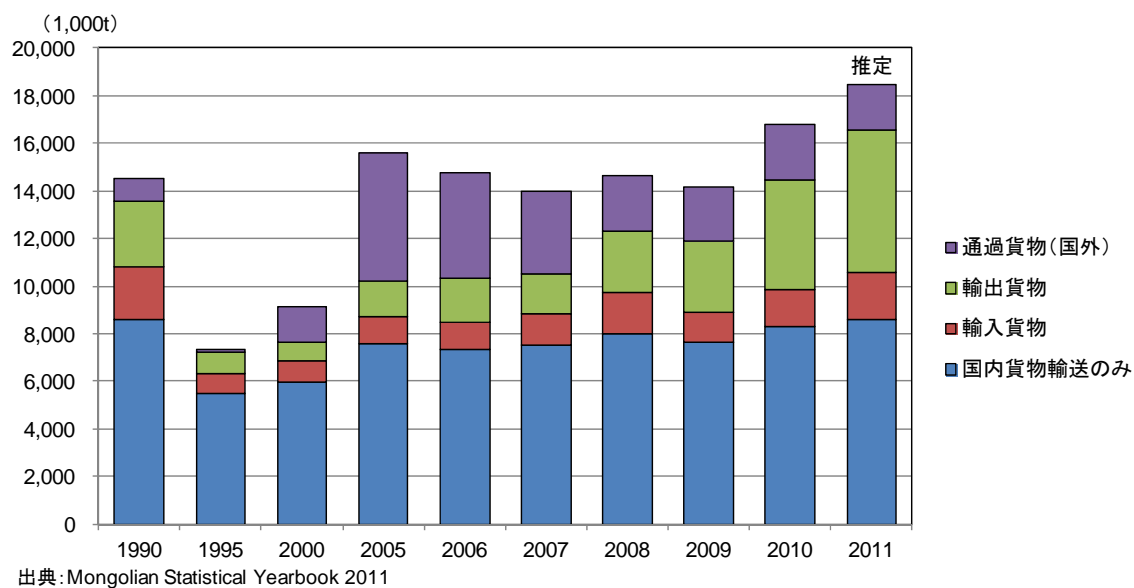
鉄道区間 (「モ」国内)	鉄道距離 (km)	年間運送能力 (100 万 t)
Sukhbaatar-Ulaanbaatar-Zamyn-Uud	1,108	20
Chiobalsan-Ereensav	238	6

出典：Railway Authority of Mongolia (RAM)

2010 年の鉄道輸送実績を図 3-22 に示す。5 年前の 2005 年には国内貨物に次ぎ通過貨物 (ロシア-中国向け) が多くを占めていたが、2010 年では、国内貨物輸送量は 800 万 t 前後で推移し、約 9% の上昇、輸入貨物量が 34%、通過貨物量は半減し、輸出貨物量が 2.1 倍と大幅な増加を示し、総貨物輸送は 18 百万 t を超え、約 8% 増加している。

尚、南北の幹線鉄道の Zamyn-Uud からの鉄道による輸送は、鉄鉱石の輸出は行われているものの、鉄道を利用した石炭の中国側への輸送は中国側からの申し入れにより 2007 年から停止された状態が続いている。





出典：Mongolian Statistical Yearbook 2011

図 3-22 鉄道輸送実績

軌道については、その規格が中国とロシアでは異なる点に注意する必要がある。「モ」国はロシアの軌間 (Gauge) を採用している。それぞれの軌間及び軸重は表 3-22 のとおりである。

表 3-22 各国の軌道比較

国名	ゲージ (mm)	軸重 (ton)
ロシアおよびモンゴル	1,520	23.5
中国	1,435	23

出典：NEDO2012 レポートを加工

この軌間の違いにより、「モ」国から中国へ輸出する場合は、貨車一貨車間の積み替えが必要になる。

### (b) 鉄道計画

2010年6月に「モ」国国会で決議された鉄道輸送計画に基づき、国有会社の Mongolian Railway State Owned Shareholding Company (以後 MTZ と呼ぶ) は約 1,800 km に及ぶ国内鉄道網を重要度順に Phase I ~ III の各段階に分割し、この内重要度の高い Phase I 及び Phase II に関して 2015 年までに建設することとした。Phase II までの新規の鉄道建設計画を表 3-23 に Phase I ~ III の建設計画を図 3-23 に示す。新規の Phase I 及び Phase II の建設により、2020 年までに年間 6,600 万 t の石炭を新規及び既存の鉄道により輸送できるとしている。一方、それに必要な資金調達に関しては、MTZ に対して「モ」国開発銀行からの融資、SPC (Special Purpose Company) からのキャッシュや土地権者による出資、「モ」国採掘業者や投資家からの直接出資等を広く募る方向で考え、その

立案を第三者企業に委託することを計画していた。これら一連の鉄道建設に係る設備投資額はUS\$40～50億と試算された。

表 3-23 モンゴル鉄道建設計画 2010

ルート		距離 (km)	年間輸送量 (百万トン)	備考
Phase I	Tavantolgoi-Sainshand	468	24.7	(1)
	Sainshand-Khuut	450	15.7	
	Khuut-Choibalsan	155	0.5	
Phase II	Khuut-Numrag	380	15.2	(2)
	Sainshand-Zamyn-Uud		1.0	
	Sainshand-Sukhbaatar		8.0	
	Tavantolgoi-Gashuun Sukhait	267	18.1	
	Nariinsukhait-Shiveekhuren	46	23.2	
合計		1,766	66.0	輸送量合計(1)+(2)+(3)

出典：RAM



出典：RAM の資料を編集

図 3-23 モンゴル鉄道建設計画 (2010 年)

2010年に計画された鉄道建設計画である表3-23は、2011年に新線建設計画に係る Feasibility Study の結果を受け変更された。2010年以降の主な変更内容は、次の5点であった。

- ・ 鉄道建設計画の優先順位の内、Phase I と Phase II を同時に実施する点。
- ・ 資金調達方式を B.O.T方式 (Build Operate Transfer) とした点。
- ・ 各路線の内 2012年に建設開始するのは表3-24に示す3路線とした点。
- ・ Phase IIIとしていた路線の内、「モ」国西部をロシアと中国国境を結ぶ路線の F/S を開始した点。
- ・ Phase IIIの鉄道の内、中国へ通ずる西及び南西路線は、国家安全保障上建設せず、道路で結

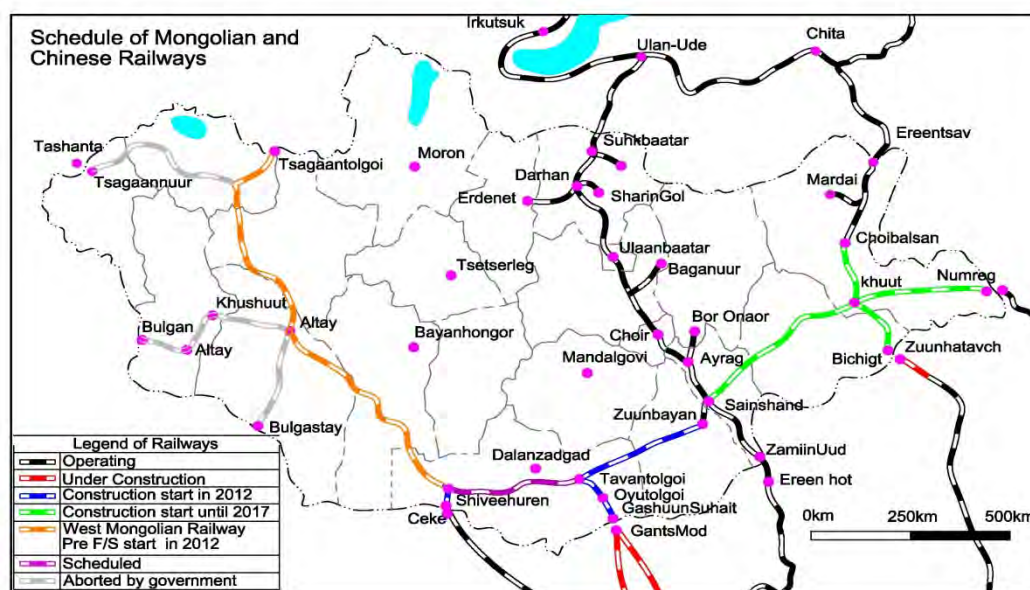
ぶ方針に転換。

表 3-24 2012 年に建設開始の 3 路線

ルート	距離 (km)	建設主幹	資金調達方式	建設期間
Tavantolgoi-Sainshand	468	Bold tumur eruu Gol (50%) Russian Railways (50%)	B.O,T,	2.5 年
Tavantolgoi-Gashuun Sukhait	267	ER (100%)	B.O,T,	
Nariinsukhait-Shiveekhuren	46	MAK (100%)	B.O,T,	
合計	781			

出典：RAM

図 3-24 にこの 3 路線の範囲及び今後「モ」国で検討される鉄道の路線を示す。図中の赤い路線は、中国側から建設中の路線であり、Railway Authority of Mongolia（以後 RAM と略す）によると「モ」国側の路線よりも早く完成する見込みである。



出典：RAM からの情報を JICA 調査団が編集

図 3-24 モンゴル・中国鉄道事業計画（2011 年）

B.O.T.の事業方式では、事業主は  $0.45 \text{ 円/km} \cdot \text{t}$  の利益を得ることができる。一方、国は 21 年後に鉄道権益の 51% を無償で取得する。従って、資金調達方式も前述した MR2010 レポートでの方式とは全く異なる方式となった。しかし、この B.O.T.方式の資金計画はモンゴル開発銀行が中心であり、民間市中銀行（外国の銀行も含む）も出資する構図となっている。

また、表 3-24 の Bold tumur eruu Gol 社は中国の鉄鋼会社で、「モ」国北部で鉄を採掘している会社である。同社はその鉄鉱石を運搬するための鉄道を敷設した実績を持つ。鉄道建設の西半部

は同社が担当し、2012年に工事に着手した。B.O.T方式による建設は、当初5年と想定されていた工期を大幅に短縮し2.5年とすることを可能とした。従って完成は2014年末と予想された。

しかし2012年11月の段階で、このB.O.T方式は廃止され、MTZが新規鉄道の建設を手掛けることになった。資金調達に関する方針も従来方式に戻ることになる。つまりそれに必要な資金調達に関しては、MTZに対して「モ」国開発銀行からの融資、SPC (Special Purpose Company) からのキャッシュや土地権者による出資、「モ」国採掘業者や投資家からの直接出資等を広く募る方向で考え、その立案を第三者企業に委託することになる。表3-24における建設当事者はMTZとなる。2010年の5つの変更点の内変更されたものは、B.O.T方式の廃止だけであり、その他に変更はない。

この3路線建設期間中に表3-25に示す各路線の建設または増強がなされる見込みである。

表 3-25 今後の鉄道建設計画及び増強計画

区間/路線	概要
Sainshand-Choibalsan	2012年中に建設業者を決める。5年間の工事となる。
Zamyn-Uud-EreenHot	既存鉄道はあるが、石炭輸出のために荷役設備をモンゴル側、中国側ともに増強してゆく予定。
Khuut-Bichigt	世界銀行からF/S費用としてUS\$350万を付与された。今後順次調査は予算化される見込みである。2012年8月31日にこのFSを入札。計画はWorld Bank ホームページに掲載されている。
西部の鉄道 (Tsagaantolgoi-Altay-Shiveekhuren)	世界銀行からFS費用としてUS\$320万を付与された。2013年からPre-F/Sを実施予定。建設開始は5年後の予定。

出典：RAM と World Bank ホームページ

「モ」国政府は、計画に対する工事の遅れを、Phase I 及び Phase II を同時に行うことで、一部取り戻すことができる。

表中の西部の鉄道はロシア側からの要請であるがこの建設によりロシアとモンゴル双方の国にとって、国内の産物を含め、ロシアからの石炭を含めた物資を中国へ効果的に輸送することが可能となるメリット、及び「モ」国側は輸送経費、ゲージ変更による積み替え経費等の収入も期待できるメリットがある。

本路線は、2013年からPre-F/Sが実施される計画である。

MTZは今後鉄道建設を順次行うことになるが、一方で国家安全保障の観点から中国国境への鉄道施設数を制限するため、これまで建設予定であった次の3つの鉄道路線は建設せず、これに替わり道路の建設を行うこととなる (RAM 情報、図 3-24 参照)。

Tsagaantolgoi-Tsagannuur 間の西半部

Altay-Bulgan 間

Altay-Bulgastay 間

#### <課題>

- 地政学上及び石炭資源分布の観点から、石炭輸出が南ゴビ地区に集中することである。中

国内モンゴル自治区の包頭(Baotou)は鉄鋼の生産地であるため原料炭の需要も多く、南ゴビ地区からの輸出が中国側、モンゴル側の双方にとって、最も利益率の高いものであることは否定できない。今後、南ゴビからの輸出は、Sainshand まで鉄道が連結されるまでの期間、既存の道路輸送経路並びに新設の鉄道を通じた南ゴビからの輸送が継続することになる。

<提言>

- 中国以外の国への鉄道路線が開通するまでの期間は、「モ」国経済は中国経済に大きく左右されることとなり、「モ」国としては中国以外の国への輸出ルートを持つことが国内経済を安定させ、発展させる方向に導くものである。
- 複数の輸出ルートの整備を継続して推進してゆく必要がある。併せて、国内の輸出ルート確保だけではなく、中国・ロシア内での陸路輸送ルートの確保、積み出し港の確保も重要で、そのための中国・ロシアとの官民による交渉が必要である。

2025年での輸出計画数量は最大で年間5,350万tが予測されるが(図6-1)、これが達成される時期はTavantolgoi-Gasuun Sukhait間及びNariin Sukhait-Shivee Khhren間の双方が開通する2020年頃になると考えられている。先に述べたがB.O.T方式の廃止により民間の活力を起用できないため、建設納期の遵守を守るためには、建設当事者であるMTZの努力が必要である。

## (2) 道路

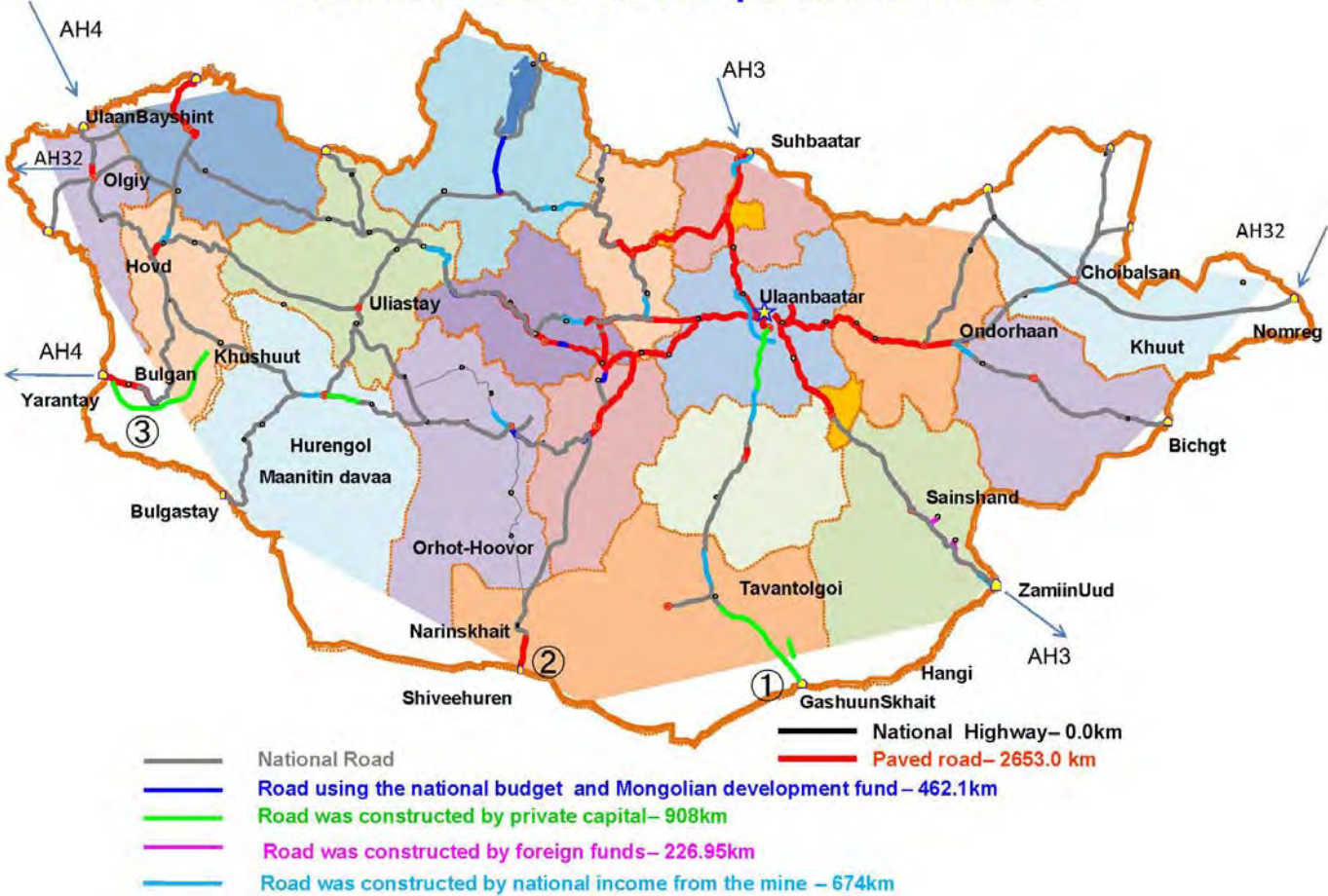
### (a) 道路の現状

Ministry of Road, Transport, and Tourism of Mongolia の Department of Road (以下DORと略す)による2011年の作成の道路図及び2021年～2030年の道路図を図3-25、図3-26に示す。全国の道路舗装距離は図3-25に赤で示すとおり、約2,600kmで全体の10%にも満たない。舗装されている区間は主にUlaanbaatarを中心とした放射線状の区間であり、地方での舗装はほとんど実施されていないのが現状である。

「モ」国を南北に縦断する鉄道沿いの舗装道路は、北はロシアから南は中国へと通ずる幹線道路(1,041km)で、舗装の南限はChoirまでの604km、それ以南の437kmは現在舗装化の工事が行われている。「モ」国政府は、2006年に2008年～2020年の道路政策を打ち出している(2007年に見直し)。

一方道路規格の変更も行われた。2011年にこれまでの石炭輸送道路規格であるMNS4598に加えて新しい規格MNS6872が追加された。双方の相違点を表3-26に示す。

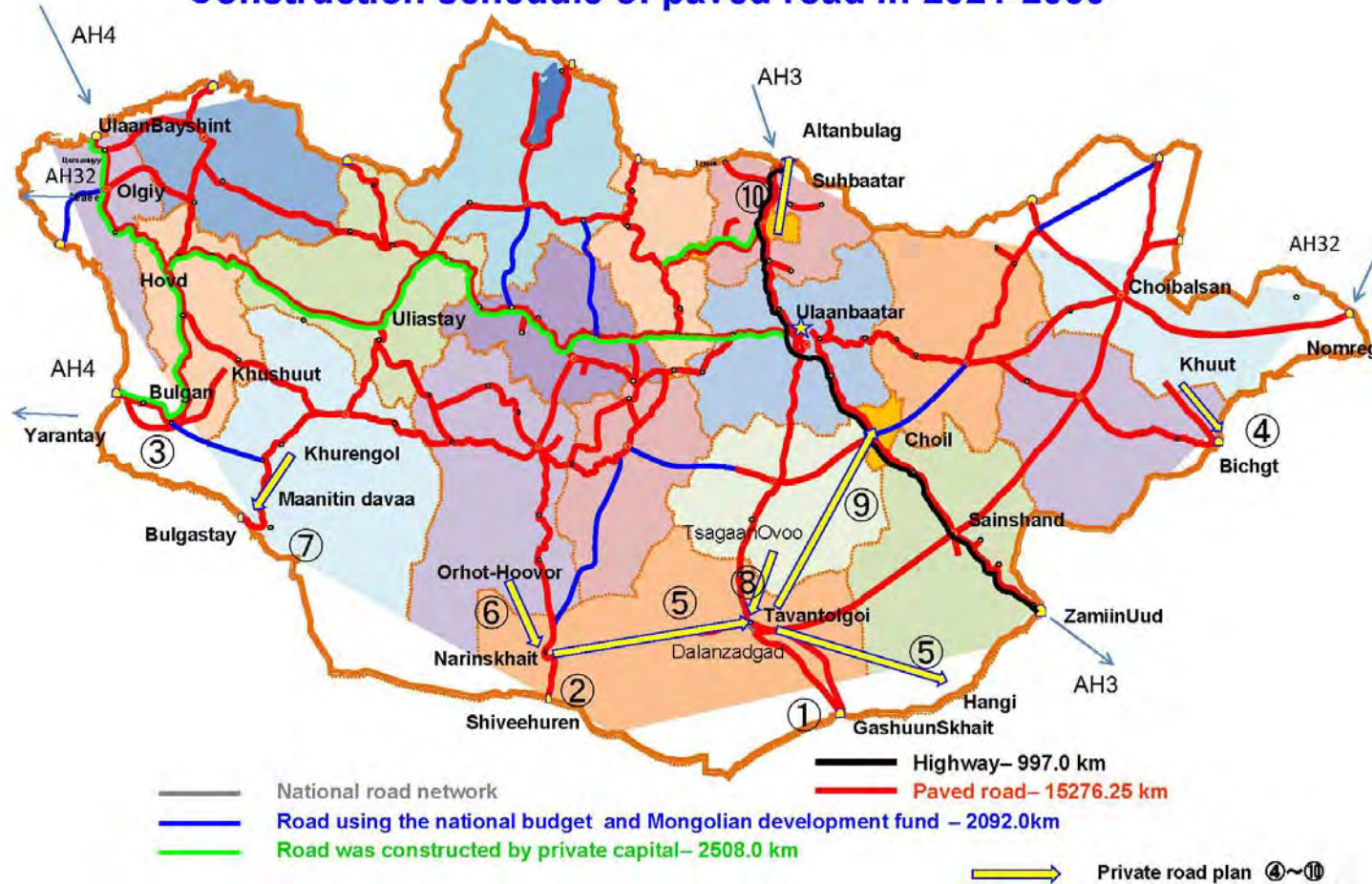
### Construction schedule of paved road in 2011



出典：DOR

图 3-25 Construction schedule of paved road in 2011

### Construction schedule of paved road in 2021-2030



出典：DOR

图 3-26 Construction schedule of paved road in 2021-2030

表 3-26 道路規格 MNS4598 と MNS6872 の比較

規格	仕様
MNS4598 (従来規格)	最大重量 44t 以下
MNS6872 (新規規格)	最大重量 129t 以下

出典:DOR

MNS6872 規格は石炭の効率的かつ大量輸送を可能にするための新規の規格である。2011 年に建設中の石炭輸出道路は従来規格である上表中の MNS4598 である。今後は、MNS6872 規格の道路が増加する見込みである。

### (b)道路計画

「モ」国の道路状況及び計画を以下に纏める。

管轄上の道路区分は、国際道路としての Asian Highway、国道、地方道、私道がある。この内 DOR の管理するのは国際道路と国道である。

最初に、国際道路である Asian Highway 建設状況を述べる。図 3-25 に AH3、AH4、AH32 と表示しているのが「モ」国国内で計画されている 3 本の国際道路 (Asian Highway) である。この内 AH3 は、ロシアの Irkutsk から中国の北京までの路線、AH4 はロシアの Novosibirsk からパキスタンの Karach までの区間、AH32 はモンゴル Olgiy からロシア Uladivostok までの区間である。これらの国際道路の現在までの進捗状況を表 3-27 に示す。

表 3-27 Asian Highway 進捗状況

道路名	長さ (km)	完了距離 (km)	2013 年までに完了する区間	2017 年までに完了する区間	完了時期が未定の区間
AH3	1,000	700	Sainshand 周辺の 300km	Sainshand-Zamyn-Uud	—
AH4	741	約 140		全区域	
AH32	2,500	約 1,200	(1)Ulaanbaatar—Choibalsan (2)Ulaambaatar—Uliastay		(1) Choibalsan 以東 (2) Uliastyay 以西

出典 : DOR

この内、DOR によれば最も早く完成するのが AH3 (Sainshand-Zamyn-Uud 間) で 2013 年の予定である。これにより Suhkbaatar—Ulaanbaatar—Zamyn-Uud 間の鉄道路線に沿った「モ」国の基幹道路が全ルート舗装道路となり、幹線道路としての機能が大幅に改善される。図 3-26 では 2021 年度以降に高速道路として区分され、その機能が更に増すものと期待される。次に AH4 が 2017 年までに完成予定である。東西に 2,500km 建設予定の AH32 に関しては、主要都市間の舗装が 2013 年までに完了する予定である。しかし、Choibalsan 以東、Uliastay 以西の区間に関しては予算上の問題から 2025 年までの開通は厳しいことが予想される。

一方、国道の建設計画については以下のとおりである。2011 年時点 (図 3-25) では数多くの未舗装道路が存在するが、DOR によると国道は 2020 年までに全区間での舗装が完了する。「モ」国は近年 B.O.T.方式の道路が増加している。図 3-25 と図 3-26 を比較すると、2011 年の段階で私道



として建設した道路である①と③は、2021年以降は国道となっている。これらは石炭輸送路としてB.O.T.方式で建設されたものであり、建設後10年で国道となることによる結果である。今後建設される道路はB.O.T.方式での建設が前提となっている。

DORは、42本の鉱石運搬専用道路をB.O.T.方式で建設する予定である。この内石炭専用道路は23本で、そのほとんどはTavantolgoi、Nariinsuhaitを中心として放射線状に伸びる道路、「モ」国南西部の炭鉱から更に南西に延び中国国境へ向かう道路、中小炭鉱と主要路線を結ぶ道路である。

### 1) 輸出のための石炭輸送道路

石炭輸送道路は、現在3つの区間で設定されている。図3-25に示す①～③の区間である。この内①と③はB.O.T.方式で設定されたため、図3-26中には2021年以降は国道として赤色で表現されている。一方、②はQinhuaMAK社が道路建設、税関の建設及びこれに伴う経済インフラの整備費用を全て負担したことにより、同社が免税装置を受ける権利を持つ国道となっている（DOR情報）。これら3路線の石炭輸送道路に関する情報を表3-28に纏める。表中の番号①～③は図3-25に示す番号の位置である。

表 3-28 石炭輸出道路概要

番号	ルート	距離(km)	備考
①	Tavantolgoi－Gashuunsukhait	約 120	国との10年契約でER社がB.O.T.方式で建設した道路。10年後の2022年に国に返還される。国は10年後も国道として石炭の運搬用に使用する予定。
②	Nariinsukhait－Shiveehuren	45	QinhuaMAK社、SGS社、MAK社の3社で使用する国道。QinhuaMAK社が建設したため同社は期限付きの優遇税制を受けている。同社負担での建造物は道路だけでなく、道路沿いの電線工事、税関施設等の建設を含む。
③	Khushuut－Bulgan	325	モンゴル西部にあるKhushuut炭鉱から西端の町Bulganまでの間を結ぶB.O.T.方式により建設された道路。2011年使用開始。Bulganから中国へ輸出中。2021年に国に返還される。

出典 DOR

現在「モ」国内では、上記3本を含めて石炭輸出用道路は23本が建設される予定であるが、その内、主要路線は表3-28の3本に加えて、表3-29に示す7つの道路を加えた10本となる。表中の番号は、図3-26に示す番号位置と同じである。図3-26に示す④～⑩が建設予定の主な石炭輸送道路である。各道路は炭鉱と輸出路を結ぶ路線となっている。中でもTavantolgoi、Nariinsuhaitからは南の中国への輸出路だけでなく、「モ」国北部の炭鉱を結ぶ路線、主要都市間を結ぶ路線が完備されようとしている。

表 3-29 今後建設予定の石炭輸出道路

番号	ルート	備考
①	Khuut－Bichigt (177km)	建設される予定の Khuut 炭鉱から Bichigt までの道路。沿線にも炭鉱がある。
②	Nariinsukhait － Dalanzadgad － Tavantolgoi－Hangi (770km)	Tavantolgoi-Hangi 間(340 km)は入札トラブルのため裁判中となっている。そのため 2014 年の開通予定が未定となつてしまっている。この道の完成後につなげる予定だった石炭や鉄石炭の輸送計画路は再構築の必要を余儀なくされている。
③	Orhot-hoovo－Nariinsukhait (150km)	Nariinsukhait の北方約 150 km に位置する炭鉱から Nariinsukhait までを輸送する道路。
④	Maanitin and Hurengol－Bulgastay (150km)	Govi-Altay 県の 2 炭鉱からの石炭を中国国境の Bulgastay まで運搬する道路。
⑤	TsagaanOvoo 炭鉱－Dalanzadgad	TsagaanOvoo 炭鉱から Dalanzadgad を結ぶ道路。未着工。
⑥	Tavantolgoi－Choil(385km)	ルートは決定していない。
⑦	Ulaantolgoi 炭鉱－Dalhan－Altanbulag (132km)	ルートは決定していない。

出典 DOR

## 2) 国内需要のための石炭輸送道路

これまで述べたとおり、各所で新規炭鉱開発とそれに伴う石炭輸送路が B.O.T方式で整備されていく。しかしこれは、輸出向けに限ったことではない。2025 年の国内需要 19 百万 t の検討を行うために、各県の炭鉱の今後の生産計画を調査したことは前述のとおりである。国内輸送という観点から見た場合の各主要炭鉱の現況及び今後の生産量予測を表 3-30 に示す。表中の炭鉱位置については、図 3-1 「モ」 国炭鉱位置図を参照されたい。

表 3-30 炭鉱の 2025 年における生産量と輸送手段

鉱山名	2011 年生産量 (千トン)	2025 年推定生産量 (千トン)	輸送手段	目的・備考等
Aduunchuluun	350	1,500	車両	Choibalsan まで鉄道が敷設される予定であり、その鉄道向電力供給のための増産。発電所までの距離は 6km であるため現状通りトラック輸送となる見込み。
Baganuur	3,395	5,500	既設鉄道	第 5 発電所への石炭供給開始 (総量の 30%)。既存鉄道能力は年間 2 百万トンであるため輸送能力増強は不要。
Shiveeovoo	1,807	4,500	既設鉄道	第五発電所への石炭供給開始 (総量の 70%)。既存鉄道の輸送能力で対応可能。
Ulan-Ovoo	47	3,000	車両	Russia まで 20 km の位置にあり将来は Russia 輸出を考えている。しかし道路造成、送電線設置、税関および宿泊場所等の一切の経済インフラの整備を要求されているので、輸出開始は未定。
SharinGol	422	700	既設鉄道	近隣の産業向けに増産。既存鉄道の輸送能力で対応可能。
合計	6,021	15,200		

出典：JICA 調査団が作成

国内向け主力炭鉱の 2025 年の予想生産量の合計は、上表のとおり年間 1,520 万 t であり、この数量の輸送手段は各炭鉱にて講じている。この他にも小規模な炭鉱は存在することによりこの数値は若干増加すると想定できる。当方の予想する 2025 年の国内消費石炭量予想値 1,440 万 t は上回ると想定できる。

道路輸送している炭鉱の内、将来増産となり鉄道輸送の検討する必要がある炭鉱は Ulaan-ovoo 炭鉱だけである。この炭鉱については、300 万 t への増産計画が現実化した段階で鉄道建設の可能性を議論する必要がある。これまで計画に対するその実現性について述べてきた。その一方で、道路行政も 2012 年 11 月に大きく変わった。これまで資料を提供してくれた DOR に代わり、道路輸送省 (Ministry of Road and Transport) で国道を管理することになる模様である。鉄道とは異なり、道路建設は B.O.T.方式を継続することを確認した。従って道路行政はこれまでの方針と大きく変更されることはない考えられる。

### (3) 石炭開発に伴う電源水源の確保

#### (a) 開発に伴う電源計画のレビュー

MMRE2011 レポートでは 2030 年までの電力需給について論じている。電力需要量予測に関しては第 4 章で詳細に述べる。ここでは、今後の鉱山開発による電力需要増に対応する必要があるゴビ地域の需要予想と供給計画について、その概要を述べる。南ゴビ地域は新規の石炭火力発電

所等を建設し、電力の需要増加に対応する予定である。表 3-31 に「モ」国全体の石炭火力発電所建設計画を示す。そのうち Tavantolgoi の発電所からの主な電力供給先を表 3-32 に、南ゴビ地域の 2025 年までの電力需給を表 3-33 に示す。またこれらの位置を図 3-27 に示す。発電所建設は Ulaanbaatar の需要増加への対応、Sainshand 工業団地への電力供給、南ゴビ地域の鉱山への供給を主眼としている。これらの表から、Tavantolgoi 発電所は 2025 年の需要約 600MW<sup>36</sup>に即した供給体制を考えていることが想定できる。つまり、南ゴビ地区の炭鉱建設による需要増加に対する供給体制は、整備されつつあると判断できる。

**表 3-31 新規石炭発電所**

発電所名	MW
Mongol Gol CHP	60
Ulaanbaatar CHP	830
Shuren HPP	300
Ukhaa Khudag CHP	18
Oyu tolgoi CHP	420
Tavantolgoi CHP	360
Shivee-Ovoo CHP	500
合計	2,488

**表 3-32 Tavantolgoi 発電所の主な需要構成**

Tavantolgoi 発電所		
鉱山名	鉱床	MW
Oyutolgoi	Copper	200-310
Tavantolgoi	Coal	100-250
Tsagaan Suvarga		50
合計		350-610

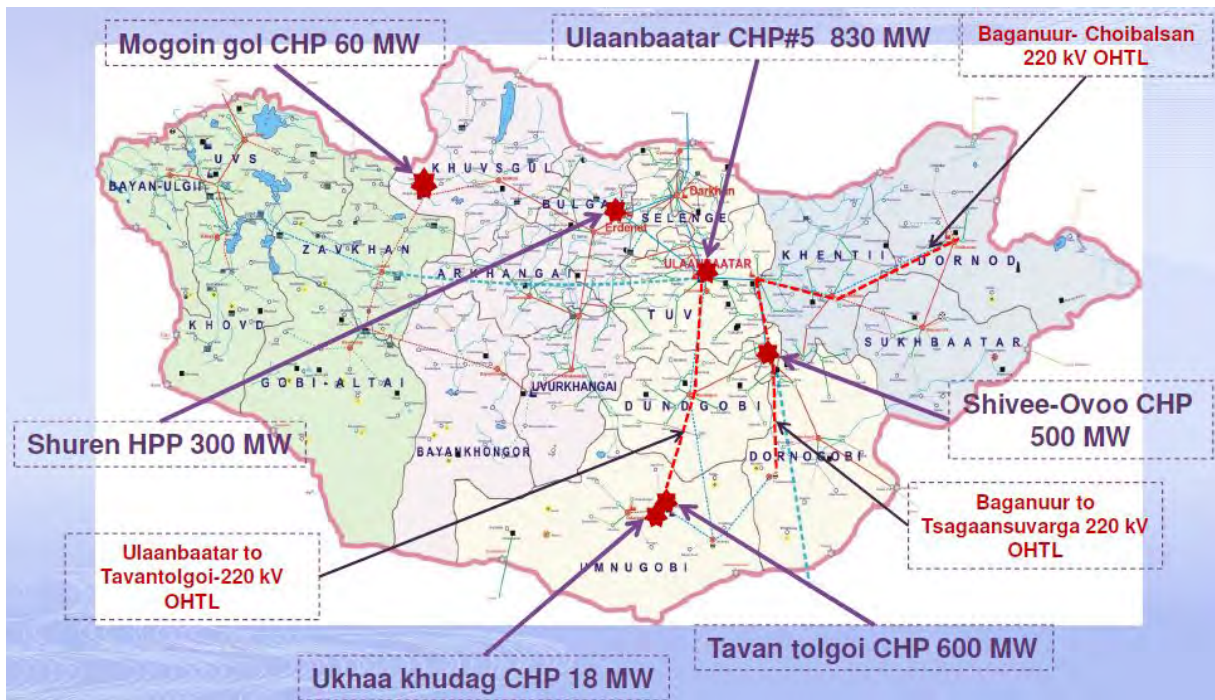
MMRE2011 レポート

**表 3-33 南ゴビにおける電力需要予測**

年	2012	2015	2020	2025
発電量 (MW)	48.5	260	498	607

出典：2012 年 MRAM 発表資料

<sup>36</sup> 2013 年 5 月現在 Tavantolgoi 炭鉱は 2 つの発電所計画を持ち、表 3-31 の Tavantolgoi CHP、Oyutolgoi CHP が該当する。



出典：MMRE2012 レポート

図 3-27 建設予定発電所位置図

## (b)開発に伴う水源確保計画のレビュー

### 1) 水資源の需要と供給

「モ」国が極めて降水量の少ない国であることは既知のとおりである。この内ゴビ地域の降水量は年間 50-150mm である。WB2009 レポートでは、このゴビ地域での石炭開発に伴う水資源の確保を検討した報告がなされている。本来なら、「モ」国全域の水資源を論ずる必要があるが、現在水資源は国家を挙げて探査中であり、探査データ自体が少ないこと、また精査資料は「モ」国の国家機密であることからそれら資料の提供は不可との Water Authority の見解であったため、「モ」国全体の水資源に対する議論はできない。ここではデータが公開されており、なおかつ最も水資源の需給が逼迫する南ゴビ地域に焦点を絞った WB2009 レポート及び各所へのインタビューの結果をもとに考察した。

「モ」国における水資源としては地下水、河川水、湖水、氷河水があるが、降水量の少ないゴビ地域において調達可能な水資源は、現在地下水だけである。一方、「モ」国における主な水の利用は、飲料用、家畜飲料用、灌漑用、鉱山用、工業用、発電所用である。

WB2009 レポートではゴビ地域 3 県（Dundgobi, Dornogobi, Umnugobi）の地下水供給可能量と鉱山開発により増加する供給量を比較した試算を実施している。

その結果では、ゴビ地域の地下水資源は厳しく見積もれば、2020 年頃には確認している水資源量を使い切る計算となっている。

### 2) ゴビ地域の水資源確保対策

Energy Resources 社の UHG 炭鉱では、炭鉱から約 30km 離れた Naimantiin Khundii にある地下水脈からパイプラインで水を得て炭鉱用水として使用している。

その一方、国家としては、ゴビ地域の水資源を枯渇させないために、現在北部の2河川からパイプラインでゴビ地域に水を供給することが検討されている。それぞれ、Orhon-Gobi Pipeline Project (OGP) と Herlen Gobi Pipeline Project (HGP) と呼ばれている。それぞれの概要を表 3-34 と図 3-28 に示す。

表 3-34 パイプラインプロジェクト概要

プロジェクト名	引水量 (l/sec)	輸送距離 (km)	通過都市	現状*
OGP	2,500	740	Tavantolgoi	F/S 実施中
			Oyu tolgoi	
			Mandarugobi	
			Dalanzadgad	
HGP	1,500	540		調査未着手

出典: WB2009 レポート、\*World Bank ホームページ



出典: WB2009 レポート

図 3-28 Orhon-Gobi 及び Herlen Gobi プロジェクト概要図

2020 年の南ゴビ地域での水の需要を 518,000m<sup>3</sup>/day (6,000l/sec) と考え、その 66%に当たる 4,000l/sec をこのパイプラインで供給することを想定している。このパイプラインによる供給体制が整った 2020 年の水供給計画を表 3-35 に示す。

表 3-35 2020 年の水供給計画

番号	水資源利用者	予想需要量 (ℓ/sec)	供給量 (ℓ/sec)	
			Surface	Underground
電力および鉱山産業				
1	Shivee-Ovoo	616	467	149
2	Tsagaan Suvarga	604	300	304
3	Oyu-Tolgoi	1,060	360	700
4	Tavan Tolgoi	951	486	465
	Subtotal	3,231	1,613	1,618
都市供給				
5	Mandalgobi	50	50	0
6	Dalanzadgad	70	60	10
7	Choir	40	40	0
8	Sainshand	85	65	20
9	Zamyn-Uud	50	50	0
10	Soum center and rural	104	52	52
	Subtotal	399	317	82
農業および環境				
11	Livestock	200	100	100
12	Agriculture	1,750	1,750	0
13	Environment	300	100	200
	Subtotal	2,250	1,950	300
その他				
14	others	120	120	0
合計		6,000	4,000	2,000

出典：WB2009 レポート

この実現により、地下水の枯渇を防止しながらの鉱山操業が実施できると考えられる。

問題は計画の実現性及びコストである。近年、OGP 計画については、日本の協力により調査は進んできているが、HGP に関しては河川周辺の住民の反対等もあり、調査を実施できる段階ではない模様である。また、パイプラインのコストの概要は現在判明していないが、地下水を汲み上げて浄化する方法よりも高価であることが予想される。

各鉱山会社は操業開始時に鉱山で使用する水を地下水源から確保しているため、コスト差が大きければパイプラインにすぐに移行できない可能性がある。特に、南ゴビにおける将来的な地下水源保全を目的とする政策的な地下水使用量の制限の可能性も考えられることから、円滑な移行について関係者全体で検討すべきである。

### 3.3.3 石炭輸出に係るケーススタディ

#### (1) 調査結果

輸送費に関しては次の5ルートについて検討を行った。ルート選定等に関する詳細については次項「(2) 各論」で解説する。

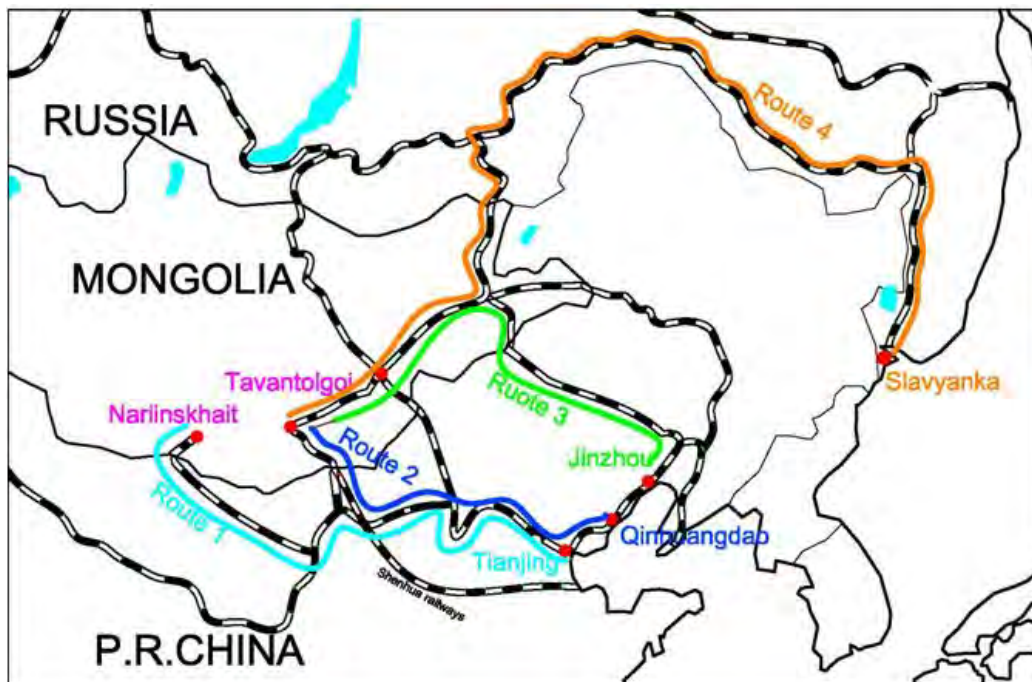
- Route1 Nariinsuhait →Shiveehuren →Huanghua (黄華)
- Route2 Tavantolgoi→Gashuunsukhait→Tianjin (天津)
- Route3 Tavantolgoi→Gashuunsukhait→Qinhuangdao (秦皇島)
- Route4 Tavantolgoi→Bichigt→Jinzhou (錦州)
- Route5 Tavantolgoi→Sukhbaatar→Slavyanka

5ルートと港位置を図3-29、輸出各ルートの検討結果の輸送費を表3-36に示す。表中の数値は、WB2011 レポート、NEDO2012 レポートをもとに、現在までの検討結果を加えて算出した予想される各港湾における FOB 金額である。

前提条件としては、次の3点である。

- 最も安価な輸送方法としての鉄道を最大限に活用する場合を想定している。南ゴビ地域から中国の策克、Ganqimaoto (甘其毛都) へは中国軌道を用い、積替を実施しないこと。
- 中国側 Shiveekhuren, Gashuunsukhait まで鉄道を延長すること。
- 中国側は各路線とも年間 1,000 万 t を輸出するとして計算し、ロシア側のそれは年間 900 万 t とした。それは各鉄道路線における輸送能力により判断した。詳細に関しては (2) 各論において述べているので参照されたい。

これらのルート別費用試算は、あくまでも参考値としての費用比較である。



出典：JCOAL 資料

図 3-29 中国・ロシア石炭輸出ルート図



表 3-36 ルート別輸送費一覧表（参考資料）

Route 1			Route 2			Route 3		
Action	Action Place	USD/t	Action	Action Place	USD/t	Action	Action Place	USD/t
FOR	Nariin Sukhait	125.00	FOR	Tavantolgoi	125.00	FOR	Tavantolgoi	125.00
Railway 45km		1.66	Railway 267km	Gashuun Sukhait	9.61	Railway 267km	Gashuun Sukhait	9.61
	Shiveehuren							
Transport Cargo to Cargo	Shiveehuren	0.00	Transport Cargo to Cargo	Gashuun Sukhait	0.00	Transport Cargo to Cargo	Gashuun Sukhait	0.00
Export Commission		2.41	Export Commission		2.41	Export Commission		2.41
Import Commission		0.94	Import Commission		0.94	Import Commission		0.94
Railway 2,011km	Shiveehuren	19.82	Railway 1,355km	Gashuun Sukhait	13.93	Railway 1,539km	Gashuun Sukhait	15.58
	Huanghua			Tianjin			Qinhuandao	
Port Charge		33.75	Port Charge		33.75	Port Charge		33.75
FOB Total USD/t		183.58	FOB Total USD/t		185.64	FOB Total USD/t		187.29
Route 4			Route 5			SS=Sainshan:KH=Khuut * =Not Authorizad		
Action	Action Place	USD/t	Action	Action Place	USD/t			
FOR	Tavantolgoi	125.00	FOR	Tavantolgoi	125.00			
Railway 1,118km	Bichigt (SS+KH)	40.25	Railway 1,310km*	Sukhbaatar	47.16			
Transport Cargo to Cargo	Bichigt (SS+KH)	3.00	Transport Cargo to Cargo	Sukhbaatar	0.00			
Export Commission		2.41	Rent Cargo		8.50			
Import Commission		0.94						
Railway 1,070km	Bichigt	11.37	Railway 4,180km*	Sukhbaatar	41.95			
Port Charge	Jinzhou		Port Charge	Slavyanka				
FOB Total USD/ton		216.72	FOB Total USD/ton		245.61			

出典：NEDO2012 レポート、WB2011 レポート、JCOAL 資料

表 3-36 中の設定条件

### 1) 石炭価格

2012 年における選炭後の原料炭の山元での販売価格である 125US\$/t を使用することとする（価格は MRAM からの情報である）。

### 2) 鉄道運賃

「モ」国内は WB2011 レポートの値である US\$0.036/t・km を採用。中国内は後述する表 3-40 に示す運賃を採用。ロシアは NEDO2011 レポートに記載の割引運賃を採用した。

### 3) 関税手数料

ロシアにおいて輸出入税は発生しない。但し、貨車の賃料が発生する。一方、中国に関税手数料等については後述の図 3-33 の価格を採用している。

### 4) 港湾使用料

中国は Tianjin 港の使用料金で代表した。一方ロシア Suravyyanka 港の港湾使用料については、Russian transport Infrastructure (2009 Coal Trans Russia) に記載の Nakhodka 港の港湾使用料で代用した。

### 5) 積替手数料

Nariinsuhait-Ceke 間及び Tavantolgoi-Gantsmod 間は中国側の軌道を用いる計画である可能性が高いため積み替えは発生しないこととした。またロシアへ向かう路線もロシア軌道を用いるため積み替えは発生しない。積み替えが発生するのは Tavantolgoi-Sainshand-Bichigt-Jinjiou の路線である。ここでは 3US\$ の積替費用が発生する。

表 3-36 からロシア側は 52% の割引運賃で検討しているが FOB 価格は中国のどの港よりも高価となることが伺える。しかし、輸送費・諸費用だけで判断し、中国の鉄道・港だけを利用する選択をするのではなく、「モ」国の地政学上の位置を考慮し、経済情勢・石炭市場の変動に柔軟性をもって対応するためにロシアの鉄道・港の利用も並行して行うことが必要である。またこのスタディは石炭を貨車積み（バルク）で輸送した場合のコスト比較である。

## (2) 各論

### (a) 輸出ルート of 検討

これまでに調査された入手可能な報告書の内、NEDO2011、NEDO2012、WB2011 の 3 つの報告書を参照した。これらの報告書の中から輸出計画を検討する上で引用した主要項目の内容は、次のとおりである。

- ・ 鉄道設置費用を US\$200 万/km と試算、幾つかのルートについての鉄道料金の試算（WB2011 レポート）。
- ・ 中国、ロシアにおける各鉄道路線の現状及び中国、ロシアの各港湾の現状についての報告（NEDO2012 レポート）。

これらの検討結果と各港に向けたルートを輸送能力に照らし合わせて検討する。検討項目は、路線の輸送能力、港湾荷役能力、輸出総費用である。図 3-30 に「モ」国からの輸出できる可能性のある鉄道路線及び概略の港の位置を示す。各国の路線検討結果は以下のとおりである。

## 1) 中国

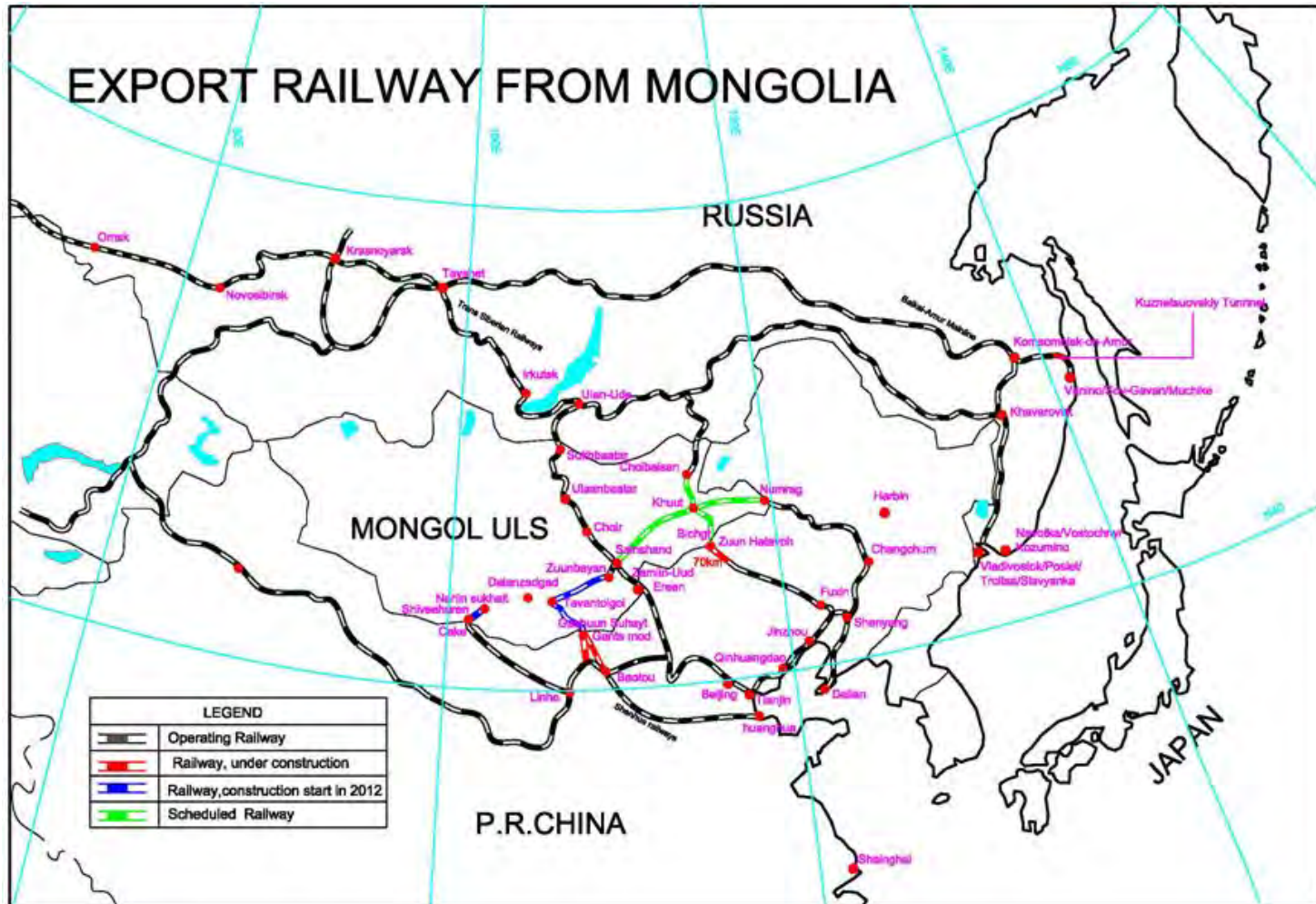
中国内で新規に建設中の鉄道路線は、Shiveekhuren と接する国境の Ceke までの中国南部からの路線（完成済み）、Gashuunsukhait 国境へ向けての 2 つの路線（建設中）、そして Bichigt から国境の ZuunHatavch までの路線（建設開始 2012 年）である。NEDO2012 レポートによるとこれらの中国国内の路線は、「モ」国側の路線建設までには間に合うとしている。NEDO2012 レポートでは、既存の Zamyn-Uud から二連浩特(Ereenhot)までの路線においては中国側の輸送能力が年間 1,000 万 t と少ないことにより、トラック以外の石炭輸送が禁止されているが、鉄道による石炭輸送の停止理由について中国側から正式な説明がなされていない。RAM 情報によると、現在は積み替えの倉庫の充実等により効率化を図り石炭輸送を実施しているとの情報であった。具体的には、Zamyn-Uud に「モ」国が積み替え設備を作り、貨車から中国側トラックへの積み替えとなっている。この方式により、これまで使用禁止となっていたこの路線も利用できるとの主張であったが、鉄道輸送能力増強の具体策が描かれていない現状を考えると、大幅な輸送増加にはつながらないと判断できる。従って現段階ではこの路線は 2025 年までの輸出には大きく寄与しないと判断し、ここからの輸出を最大 100 万 t と想定する。

中国向け輸出を考えた場合、Zamyn-Uud 経由の路線以外は「モ」国側の輸出計画には支障がなく、「モ」国側の鉄道完成後は、これらの路線は物理的には使用可能であると考えられる。

## 2) ロシア

輸出ルートとしてのロシア路線は 2 路線で、一つ目は Trans Siberian Railways、二つ目は Trans Siberian Railways から Tyshet で分岐する Baikal-Amur Mainline である。RAM によるとロシアの路線の石炭輸送能力の余力は年間約 800 万 t である。従って本レポートでも、本路線経由の輸出量を 800 万 t として考える。北側 Baikal-Amur Mainline においては、その北西端に位置する Kuznetsovskiy トンネルの建設が完了する 2013 年からの輸送能力が、それまでの 1,200 万 t から 3,500 万 t に増加する。RAM によればこのトンネルの建設は、予定通りに進んでいるとのことであり「モ」国からの石炭輸送には支障はないとの見解であった。しかしながら、この地区の開発総合プログラムでは約 5,200 万 t の石炭以外の貨物輸送が計画されているため (NEDO2012 レポート)、この Baikal-Amur Mainline では石炭を輸送できない可能性があるかと判断した。従ってこの路線は、本報告では 2025 年までの計画路線から除外した。もう 1 本の Trans Siberian Railways に関しては、「モ」国からの輸出に問題点はないと報告されている (NEDO2012 レポート)。RAM によると Trans Siberian Railways の利用に関しては、年間 800 万 t の輸出に支障をきたすことはないとの見解であることから Trans Siberian Railways は今回の検討の対象とした。

Slavyanka 港を選択した理由はロシア政府が同港を整備して輸出港として進めていることによる。輸送費 41.95US\$/t は正規料金から 52%を減額した価格である。



出典：JCOAL 資料

图 3-30 Export Railway of Mongolia

### 3) 港湾設備に関して

NEDO2012 レポートには、「モ」国から輸出を考えた場合のロシア、中国の各港湾に関する詳細が述べられている。調査した港は、ロシア国内は、Khavarovsk 地方の Vanino 港、Sov-Ganvan 港、Muchike 港、その南部の Vladivostok 港、Nakhodka 港、Posiet 港、Troitsa 港、Slavyanka 港、Vostochny 港、Kozumino 港、中国国内は、Tianjin 港、Qinhuangdao 港、Dalian 港、Tangshan 港の合計 14 である。これらについて主に次の項目を調査している。

- ・ 石炭を輸出した実績の有無
- ・ 現在の石炭輸出能力及び将来の拡張可能性
- ・ 既存鉄道との連絡状況
- ・ 不凍港環境問題の有無
- ・ 環境問題の有無

以上の港湾位置を図 3-31 に示す。



出典：NESO2012 レポートを JCOAL で編集

図 3-31 ロシア・中国積出港

これら 14 港について NEDO2012 レポートを参考にして上記 5 項目を調査団が評価した。各項目とも 2 点満点として、合計 10 点満点とし点数が高い方が良い港であるとの評価となる。その結果を表 3-37 に示す。

表 3-37 港湾評価表

国名・位置・港名		輸出実績	輸出能力及び拡張 の可能性	既存鉄道と の連携	不凍港である	環境問題は ない	合計	
RUSSIA	SOUTH	POSJET	0	1	1	2	2	6
		TROITSA	0	1	2	2	0	5
		SLAVYYANKA	0	2	1	2	2	7
		VLADIVOSTOK	0	0	2	2	0	4
		NAKHODKA	0	2	2	2	2	8
		VOSTCHNY	2	2	1	2	2	9
		KOZUMINO	0	2	2	2	2	8
	NORTH	SOV-GAVANI	1	2	2	0	2	7
		VANINO	0	0	2	2	0	4
		MUCHIKE	2	2	2	1	2	9
CHINA	TIANJING	2	2	2	2	2	10	
	QUINHUANDAO	2	2	2	2	2	10	
	TONSYAN	2	2	2	2	2	10	
	DALIEN	0	0	2	2	0	4	
	JINCHOU	不掲載						

出典：NEDO2012 レポートを加筆・編集

港湾設備に関しての、主な検討結果は次のとおりである。

- ・ Dalian は市街地に近いため環境問題が懸念されることから検討港から除外し、残りの中国の港を利用する場合は、「モ」国から 1,000 万 t の輸出に関して支障はないと考えられる。
- ・ ロシアの港は年間 900 万 t の石炭輸出を想定した場合でも、新たに設備の拡張を必要とするものが多い。WB2011 レポートではロシアの港湾の内 Khavarovsk 地方（北部）の港は検討していない。RAM によると Khavarovsk 地方の港である 3 港は冬季に凍結する可能性がある。これに対して、NEDO2012 レポートでは Muchike 港を不凍港とし、この両者は矛盾するものである。ここでは、WB2011 レポート及び前述の Baikal-Amur Mainline の輸送能力に問題がある可能性を含めて判断し、Khavarovsk 地方の 3 港は現在のところ年間を通しての輸出には不適であると評価した。一方、RAM 情報では、「モ」国がロシアと協議している港は Slavyanka 港である。この港は表 3-37 では評価は低いですが、今後、港及び周辺を整備してゆく方向で検討している。

以上の理由から、輸出港としての検討を表 3-38 に示す 5 港において行うこととした。

表 3-38 検討対象港

港湾名	国名	備考
Tianjin	中国	Tavantolgoi から GashuunSukhait を経由するルートを経由するルートは Baotou から Sienhua 鉄道の利用が最も効率的である。 Tianjin のフリートレードゾーンにおいて「モ」国炭用として年間 15-25 百万 t の鉄道輸送を確保しようという動きがある。
Tangshan	中国	2008 年に 5 千万 t の石炭取扱能力の埠頭が完成し、第二期の工事が進行中。長期目標で 1 億 t、最終目標は Qinhuandao を上回る 2 億 t を目指す。
Jinzhou	中国	Khuut-Zuunhatavch-Fuxin-Jinzhou 港のルートについて「モ」国政府は中国側と交渉しているとのこと (RAM 情報)。 このルートは Tavantolgoi から「モ」国国内を 500km 以上通過し、中国国内を最も通過しないルートである (図 3-32 中のルート 7)。従って輸送費という側面においては、最も「モ」国に貢献すると考えられる。
Qinhuangdao	中国	石炭輸出実績が豊富であり、10 百万 t 程度の石炭は容易に輸出可能である。
Slavvyanka	ロシア	RAM はロシア政府と交渉しこの港及び連絡鉄道支線を整備して 12 百万 t 規模の港に改造することを構想している。表 3-37 の情報では拡張性のある港ではあるが、石炭の積み出経験がないこと、及び支線利用であり本線との接続に難があるとして評価は低かった港である。

出典：JICA 調査団作成

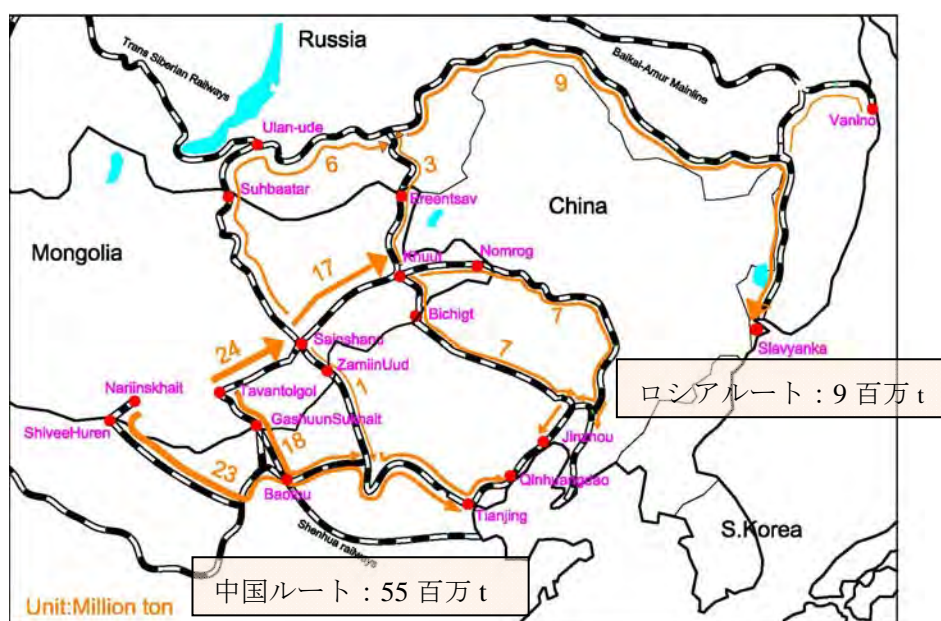
#### (b)輸送数量の設定

表 3-23 では鉄道による輸送能力は、Tavantolgoi-Gashuunsukhait 間で年間 1,810 万 t の輸送能力、Nariinsuhait-Shiveehuren 間で年間 2,300 万 t である。一方で、NEDO2012 レポートには Tavantolgoi 及び Nariinsuhait の主要炭鉱からの将来の石炭採掘量が年間 5,500 万 t 以上と予想されている。ここでは 2025 年における Gashuunsukhait 及び Shiveehuren からの輸出合計を輸送能力の上限である年間 4,130 万 t (表 3-23 を参照) とした。また、最大輸送量としての 5,350 万 t から 4,130 万 t を引いた数値である 1,220 万 t をロシア経由輸出、及び中国の各港からの輸出とした。この年間 1,250 百万 t という数値は、表 3-23 に掲載されている Tavantolgoi-Sainshand 間の輸送能力である年間 2,470 万 t の範囲内にある。年間輸送可能量の想定を表 3-39 及び図 3-32 に示す。表 3-39 から、中国ルートの輸送可能量は 5,500 万 t、ロシアルートの輸送可能量は 900 万 t と想定される。2025 年での年間最大輸送量は 5,350 万 t であるがこれは、表 3-39 中のロシア、中国ルートの鉄道輸送量能力は 6,430 万 t であるため、十分な輸送能力であると言える。

表 3-39 Annual export route and amount

ルート	年間輸出量 (百万 t)
Tavantolgoi → Gashuunsukhait	18.1
Tavantolgoi → Khuut → Bichigt (Numrug)	14.0
Tavantolgoi → Sainshand → Suhkbaatar → Slavvyanka	6.0
Nariinsuhait → Shiveehuren	23.2
Khuut → Choibalsan	3.0
Total	64.3

出典 NEDO2011 レポート、NEDO2012 レポート



出典：MRAM からの情報を JICA 調査団が編集

図 3-32 鉄道輸送可能量

(c)輸出コストの内訳

1) 鉄道運賃

a) 「モ」国内

「モ」国内に新設される鉄道運賃に関しては、現在検討中であり公表されたものはない。従って、ここでは WB2011 レポートに掲載された新設鉄道運賃を用いることにする。計算基準は、1km 当たりの建設費が US\$1.8 百万 (WB2009 レポート)、20 年償却、割引率 15%として計算されており、これに輸送距離に応じた価格を設定している。具体的には、US\$0.036/t・km としている。

b) 中国

中国における鉄道費用は、中国鉄道部による同委員会ホームページに掲載されている 2011 年の単価データを使用する。それを表 3-40 に示す。



表 3-40 中国鉄道部貨物輸送運賃（2011 年）

Exchange rate:7.17RMB/US\$

品目	Base Price 1 (USD/t)	Base Price 2 (USD/t)
石炭	1.75011233	0.00898625

出典：鉄道部インターネット情報 2011 年 579 号

具体的な計算方法は次のとおりである。

輸送費用=Base Price 1+BasePrice2×輸送距離

### c) ロシア

WB2011 レポートは、ロシアを通過する運賃を計算した。その結果、中国ルートと比較してその距離は 4 倍に及ぶため、その金額も 1.8 倍程度となる。従って競争力確保のために、今後のモンゴルとロシアとの価格交渉を期待すると結論していた。その後、ロシア鉄道から Ulaanbaatar 鉄道に対し提示された内容は、ロシア鉄道と港を使用することを条件に約 52% 割り引いた料金をオファーしている（NEDO2011 レポート）。これによって、ロシアルートは中国ルートの輸送距離の約 4 倍であるにも関わらず、Nausky 経由（「モ」国側は既存鉄道の Sukhbaatar から）Vladivostok までの輸送費は、中国国内輸送よりも US\$3.5～US\$4.5 高いだけにすぎない。ロシア側は輸送距離が長いハンディキャップに対して、単価を安くすることで中国を通過する単価とほぼ同じ金額にする計画のようである。この価格を本報告で用いることが可能か否かについて確認するために、この割引運賃に関する RAM の見解を聞いた。

それに対する返答内容は以下のとおりである。

ロシア鉄道は Ulaanbaatar 鉄道の 50% 株主である。会社の運営に対して提案できる立場にある。運賃を割り引く代わりに次の 2 つの要求もある。

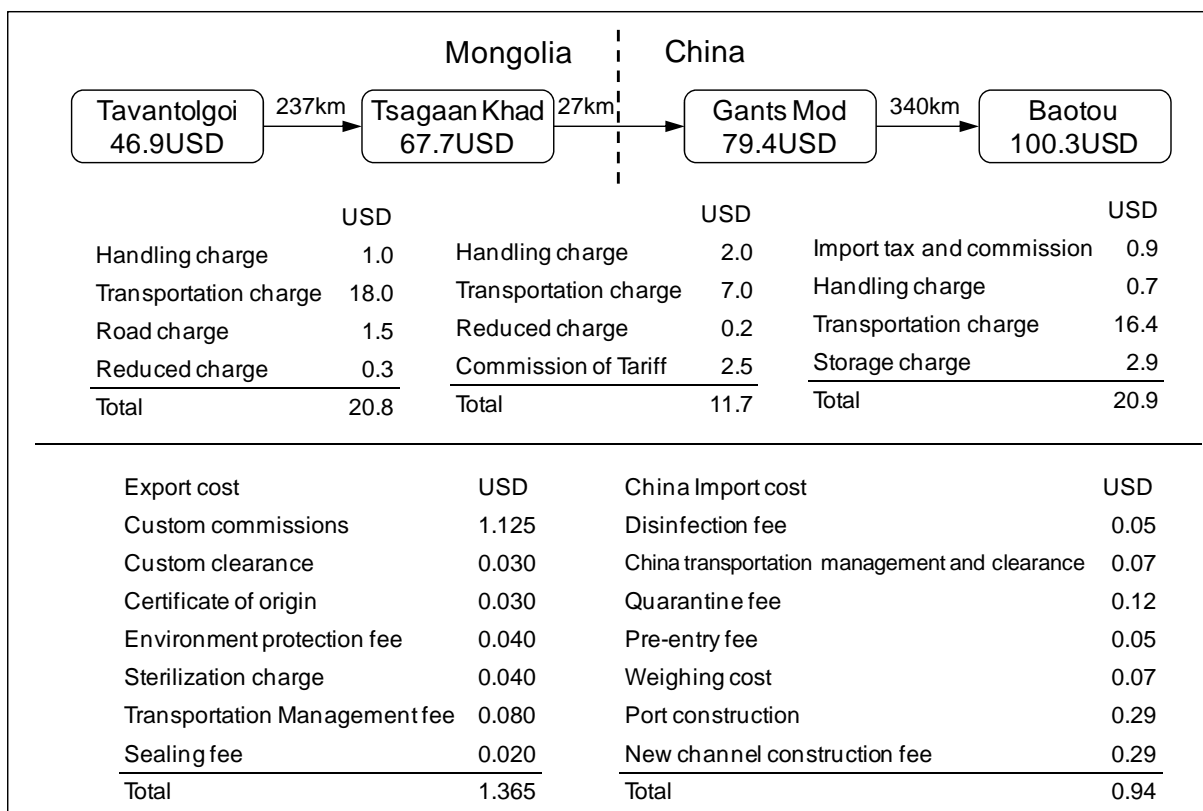
その 1 鉄道建設工事へのロシア企業の参加。

その 2 石炭の商権を得て海外に輸出する権利を持つこと。

RAM は、ロシア側の要求を受け入れるか否かに関しては、現時点では決定していないため、ロシア内での運賃料金は条件付きであるが、本報告では割引した実績価格である US\$31.9/ t を使用する。割引なしの料金では中国経由と比較して大きな価格差が発生するからである。モンゴルが今後ロシア側と交渉し、有利な条件を引き出すことに期待する。

### 2) 関税手数料等

石炭協会で購入した資料によれば、輸出者に輸出税はかかっておらず、関税手数料という名目及びその他経費を支払うことになっている。また、輸入者には輸入手数料がかかる。一連の諸費用は合計でそれぞれ、US\$1.125/t (1,500Tg/t)、中国側 US\$0.94/t である。輸出税が課税されるかどうかは、今後の課題であることから、ここでは、この関税手数料を用いることにする。ちなみに、この US\$1.125/t (1,500Tg/t) は 2011 年に国内統一価格となっている。それ以前は、1,500～3,000Tg/t と税関毎に異なっていた。詳細を説明した「モ」国語の資料を翻訳したものを図 3-33 に示す。



出典：モンゴル石炭協会（調査団が翻訳）

図 3-33 Commissions of Export/Import

### 3) 積替費用について

中国の軌道は「モ」国の軌道とは異なり、中国側国境では必ず積み替えが必要となる。RAM からの情報では中国側積み替え費用は US\$3/t である。これに対して、ロシア側の軌道は「モ」国と同じであるため国境での積み替えは不要である。しかしロシアは自国内の輸送に関しては自国の機関車及び貨車で輸送を行うことを条件としているため、「モ」国からロシア国境を越えて輸出する場合は、Trans Siberian Railways 全線でロシア規格に適合する機関車及び貨車を用いる必要がある。ロシアから貨車を借用した場合、「モ」国側に貨車及び機関車の使用料が課せられることになる。一方、貨車をロシアの基準を満たす仕様に基づき「モ」国側で建造した場合には、この貨車の使用が認可され、ロシアの貨車レンタル料金（US\$90/貨車）を圧縮できると想定した。本調査では独自に貨車建造費から算出して、この「モ」国製造貨車の使用料を約 US\$60/日と算出した。1 貨車には 71t の積載が可能であるため、次の式より 1 日当たりの t 単価が算出可能となる。

$$\text{US\$60/日} \div 71\text{t} = \text{US\$0.85/日} \cdot \text{t}$$

今回の検討では US\$0.85/日・t を使用する。また、Tavantolgoi- Slavyanka 港の平均的往復日数を 10 日として計算する。従って、Slavyanka 港 1 往復での貨車利用料金は、

$$\text{US\$0.85/日} \cdot \text{t} \times \$10 \text{ 日/往復} = \text{US\$8.5/t} \cdot \text{往復}$$

となる。

一方、機関車と運転手の使用料は 1 列車に 5,000t を運搬となるため 1t 当たりの単価が安価であり、他の輸出事例と照合しても、費用計上の必要がないと判断した。

#### 4) 港湾荷役費及び輸出税

##### a) ロシア

The Russian Transport Infrastructure (2009 Coal Trans Russia) によれば、港湾荷役費は他国と比較して高く、Vanino 港で US\$6.5/t、Vostochny 港で US\$10.5/t、Nakhotka 港で US\$13/t としている。他国の港における一般的な価格は US\$2~4/t 程度であると記載されているため、他の港と比較して 2.5 倍程度の港湾荷役費となる。ここでは、整備後の Slavyanka 港の港湾使用料を Nakhotka 港と同額とみなし、US\$13/t として計上する。これに Nakhotka 港と同じく諸費用である US\$10/t が必要となり合計 US\$23/t となる。尚ロシアでは輸出税はない。

##### b) 中国

中国における港湾荷役費及び税関係は次の金額あるいは率となる。ここでは Tianjin 港を整備後の Jinzhou 港、Qinhuangdao 港と同額とみなして算定する。

###### Tianjin Port

- Port Charge US\$10/t
- Export Tax 10%
- Export License (E/L) Commission US\$10/t
- Other Taxes (その他の税、為替費用など) 1%

ここで、原料炭の販売価格を現行価格の US\$125/t とすると、この場合の t 当たりの輸出総費用は、次のとおりである。

$$\text{US\$10} + \text{US\$125} \times 0.1 + \text{US\$10} + \text{US\$125} \times 0.01 = \text{US\$33.75/t}$$

#### (3) ロシア経由の輸送事例<sup>37</sup>

近年、ロシアから日本へ石炭を運んだ事例がある。それによると、Tavantolgoi からロシア極東の港までの合計輸送費は、約 US\$120/t (石炭代金を除く：シベリア鉄道内は 52%OFF の運賃) となっている。これは表 3-36 に示す Tavantolgoi-Slavyanka 港の運賃(シベリア鉄道内は 52%OFF) とほぼ同じである。ちなみに、シベリア鉄道の 52%OFF の優遇運賃がない場合の実績輸送費も存在し、約 US\$166/t となっている。

#### 3.3.4 コンテナ輸送に関する調査結果

コークス等の石炭加工品をコンテナで輸送した場合の費用について、Ulaanbaatar から中国の Tianjin 港経由のケースを以下に纏める。尚、本ケースを検討する上で、BPI の資料 (Apr.2012)<sup>38</sup> を参照した。

コンテナ輸送では、鉄道輸送あるいは全ルート道路輸送、コンテナサイズ、積載荷物種によっても異なるためここでは設定条件を情報収集可能だった 20-Foot コンテナとし、設定条件を以下のとおりとする。

37 ここで使用している価格に関する出典は JCOAL 資料。

38 Mongolia Business Plus Initiative Project “Preliminary estimates of the staggering costs of inefficient trade regulation in Mongolia”

(a)コンテナ輸送の設定条件：

仕様コンテナ：20-Foot コンテナ

積載内容・重量：コークス袋詰め 10t

輸送手段：全線鉄道を使用（但し、保管倉庫への輸送はトラック）

輸送区間：Ulaanbaatar－中国 Tianjin 港

関税費用：含めない

輸送距離（推定）：Ulaanbaatar-Zamyn-Uud 710km, Zamyn-Uud- 中国 Erenhot 14km, Erenhot-Tianjin 990km

(b)コンテナ輸出費用

これらの条件のもとでの中国 Tianjin までのコンテナ輸送に係る費用を表 3-41 に纏める。

表 3-41 20-Foot コンテナ輸出費用

費用項目	費用 (US\$)	必要日数 (最大)
輸出書類作成	145	28
税関手続	60	2
ターミナル・港湾使用・手続き	130	2
輸送・積替 (鉄道)	1,930	14
合計	2,265	46

出典：2012 年 BPI 報告書

次に、40-ft コンテナを使用した場合、20-ft コンテナとの費用比較において、表 3-41 中の「輸送・積替」以外の経費を同一額とみなし、輸送・積替費用は、他の事例も考慮すると概して 20-ft コンテナの 1.4-1.5 倍となる。ここでは、20-ft コンテナの 1.4 倍条件設定すると 40-ft コンテナの輸送・積替費用は、US\$2,702 (US\$1,930 x1.4) となり、諸費用併せた合計額が US\$3,037/個となる。

以上は、中国 Tianjin までを鉄道利用によるものであるが、ZamiUud-Tianjin 間を鉄道ではなくトラック輸送を行った場合は、上記コストに 1 コンテナ当たりの費用が US\$600-800 程上乗せされる。

### 3.3.5 その他の石炭輸送手段

鉄道・道路の輸送手段の他に南ゴビで検討されている以下の輸送手段についても検討する。

#### (1)ベルトコンベア

ベルトコンベアは無人の動力設備となる性質上、50km 以下の距離での利用が一般的である。B.O.T.方式の廃止により MAK 社はベルトコンベアを Shiveekhuren－Ceke 間（1km）に設置した。今後、Nariinsuhait-Shiveekhuren 間の設置も考えている模様である。同社は設置に際して、寒冷地仕様のカナダ国メーカーの製品を検討した。同社によると、その償却費含めた輸送コストは、同一距離をトラックで運搬する場合の総コスト 30%以下とのことである。従って 50km 以下の距離における輸送手段としては有効であると判断できる。

当方独自の試算による、Nariinsuhait－Ceke 間の輸送手段別の運賃を表 3-42 に示す。Case 1 は

Nariinsuhait—Ceke 間を全区間鉄道利用する時の輸送コストが 1.66US\$であることを示している。Case 2 及び Case 3 は中国国境からモンゴル側へ 20km の区間について中国側が鉄道建設を行うことを前提としている。Case 2 は Nariinsuhait-Shiveekhuren をベルトコンベアで結び、Case 3 ではトラックによる運搬とした場合である。それぞれ輸送コストは、1.73US\$、5.68US\$となる。ベルトコンベア方式の運賃は鉄道に匹敵するが、その輸送能力は、補修時には利用できないこと等もあり、鉄道ほどには大きくない。従って、価格及び運搬量を考えた場合、鉄道による運搬が最も安価で大量に輸送できる手段であると言える。

表 3-42 Nariinsuhait-Ceke 間の輸送手段別運賃 (US\$)

Transport Nariinsukhait → Ceke			
Case No.	Transport by	Transport Section	Total (USD)
1	Railway	Nariinsukhait → Shibeekhuren → Ceke Railway 1.66 46 km	1.66
2	Conveyorbelt + Railway	Nariinsukhait → 20km point → Ceke from border Conveyorbelt 1.55 Railway 0.18 30 km 20 km	1.73
3	Track + Railway	Nariinsukhait → Shibeekhuren → Ceke Track 5.50 Railway 0.18 30 km 20 km	5.68

出典：JCOAL 資料

## (2) パイプライン

1990 年代に米国で開発された輸送方式である。石炭を水に浮かせた状態でパイプの中を輸送するもので、ネヴァダ州では数 100km の稼働を行っている。近年この方法は改良され、マイナス 60 度までの寒冷地への対応、輸送効率の向上が図られている。これらの新技術により輸送コストも鉄道輸送と同程度との報告がある (E-Trans 社 ホームページ)。しかしながら、モンゴル国内への導入の是非について各所に問い合わせた結果、ゴビ地区での水確保は容易ではないことから、この輸送方式の採用を検討した組織は見当たらなかった。

### 3.3.6 経済インフラに関する課題と提言

これまで「モ」国における経済インフラ現況、課題ならびに今後の計画について検討を行ってきたが、これらの結果を踏まえた提言・課題点を以下に纏める。

- (i) 輸送インフラ構築の早期化は、鉱山開発のスピードアップ化を高めるものである。民間企業の参画・資本の導入による輸送インフラの B.O.T 事業様式の採用により、鉄道建設に要する相当額の費用調達および鉄道の運営までに要する期間の短縮化が可能である。しかしながら、鉄道イ

ンフラにおける B.O.T 様式の廃止されたことにより、鉄道建設スピードの鈍化が懸念される。道路建設は B.O.T 様式が採用されたことで、より加速することとなる。

一方、環境への影響の観点からは、急激な経済インフラの開発・発展が及ぼす環境への影響は甚大であり、行政側は資源行政に沿った開発計画を進める上で、環境負荷への低減化を計りながら資源開発のスピードをコントロールする必要性が生じてくる。

- (ii) 道路を民間鉱山会社で造成させるにあたり、大鉱山と中小規模の鉱山を同一の条件とするべきではない。資金的に潤沢な炭鉱会社にとっては道路建設、送電線の設置、税関の建設及び関連インフラの整備は比較的容易であるが、中小の炭鉱会社にとっては、これら設備の建設・設置は大きな負担となる。ロシアとの国境近くの中小炭鉱では、これらインフラが未整備なところもあり、ロシアへの輸出の時期についてはめどが立たない状況が散見できる。これは一例であるが、「モ」国政府は、国内の中小企業の支援を今後の産業発展の礎とするための措置を講じてゆく必要がある。
- (iii) 資源開発には、水資源の確保も重要な要素となる。特に、年間降雨量が著しく少ないゴビ地域での水資源確保は死活問題となり、開発地域周辺に限ることなく、ゴビ地域の広範囲にわたって地下水源の調査を行い、水源及び必要な貯水量を確認する必要がある。それによって確認された水資源の有効活用を可能とするため、短期的に水資源の枯渇が見込まれる場合を除き、水資源使用に対する積極的な行政の許認可が求められる。

### 3.4 石炭開発の新技术

#### 3.4.1 CBM (Coal Bed Methane)

CBM の概要については参考資料の 1.3.1 に記載しているがここでは「モ」国の適用可能性と課題について述べる。

諸外国では既に商業化の段階で実施されているが、「モ」国でも将来可能性のある技術である。CBM の開発対象となる石炭層として理想的な条件としては、ガス吸着量の大きい石炭が広く厚く分布していて、かつ、浸透率が高くガスが流動しやすいことが挙げられる。前者の条件については、石炭のメタンガス生成量は瀝青炭において最大となり、また吸着能力は石炭化の進行に伴い増加するため、石炭化の進んだ石炭（瀝青炭～無煙炭）の方が有利になる。また、石炭化が進むにつれてクリート（ガスの通り道となる亀裂）も発達し良好なクリートネットワークが形成されていくが、一方で、石炭化は埋没深度の増加、即ち地層圧力の上昇につれて進行するため、クリート幅の減少による浸透率低下を伴う。定性的には、石炭化が適度に進んだ（ガス吸着量の大きい）空間的広がりを持つ石炭層で、かつ、良好な浸透性が保持されているものが CBM の開発対象として適している。これまでに CBM の開発対象となっている石炭層の深度はせいぜい 1,000m 程度であり、それ以深の石炭層では低浸透率が開発のボトルネックの一つになっているものと考えられる。

CBM 開発には以下の条件が必要である。

- ① 採掘された炭層ガスを利用する消費地が近傍にあること。
- ② 探査ボーリングにより埋蔵量評価、吸着量の評価が十分に可能であること。

### 3.4.2 地下ガス化 (Underground Coal Gasification, UCG)

地下ガス化の概要については参考資料の 1.3.2 に記載しているがここでは「モ」の適用可能性と課題について述べる。

本技術は地下深部や薄層の炭層、灰分や硫黄分の多い炭層など経済的に生産できない地下の石炭を、地下内部でガス化し、ガスとして回収し利用することができるため、未利用石炭資源の利用が可能となり、1930年代の旧ソ連の集中的開発以来、近年注目を浴びてきている技術でもある。一方、諸外国において実用化段階まで来ているが商業化で成功している例は少ないことから、商業化にはかなりの条件が必要な技術でもある。

「モ」国にも共通するリスク要因としては下記がある。

- ① UCG の概念はシンプルであるが、地質条件や石炭の状態が変化する中で、反応を制御して一定の品質のガスを生産することは困難な技術である。
- ② UCG は対象炭層条件の選択、最適な管理が行われない場合、地下水汚染と地表沈下という 2 つの環境的な危険要因を作り出す可能性がある。

## 第4章 石炭利用技術の活用可能性

### 4.1 「モ」国における石炭利用の現状と改善可能性の検討

#### 4.1.1 石炭火力発電所

「モ」国における石炭火力発電所は全国で8か所あり、全て国内で生産される石炭を利用している。調査時点における石炭火力発電所の設備容量の合計は888.7 MWとなっており、表4-1にその一覧表を示す。表中、No.8のUHG炭鉱山元発電所以外の石炭火力発電所は、電力供給とともに地域の住宅への暖房用温水及び工場への蒸気の供給も行う熱併給型の発電所である。

「モ」国の電力供給システムは、中央エネルギー系統（CES：Central Energy System）、東部エネルギー系統（EES：Eastern Energy System）及び西部エネルギー系統（WES：Western Energy System）の3つの系統からなっている。中央エネルギー系統は、電力と熱（温水、蒸気）を首都のUlaanbaatar及びDarkhan、Erdenetの地方都市に供給している系統であり、全国の石炭火力発電設備容量の約95%が集中している。また、Ulaanbaatar市内に設置されているUlaanbaatar第2、第3、第4発電所はCES系統の火力発電設備容量の90%を占めている。

このため、今回のマスタープラン調査にあたっては、このUlaanbaatar第2、第3、第4発電所を対象に現地調査を行った。

表4-1 石炭火力発電所一覧表

No	系統	火力発電所名	設備容量 (MW)	単機容量 (MW) ×台数	運転開始年
1	CES	Ulaanbaatar 第2	21.5	6×1、3.5×1、12×1	1961、1969
2		Ulaanbaatar 第3	148	12×4、25×4*注1	1973～1979
3		Ulaanbaatar 第4	580	80×1、100×5*注2	1983～1991
4		Darkhan	48	12×4	1965
5		Erdenet	28.8	12×1、8.4×2	1987～1989
	CES 小計		826.3		
6	EES	Dornod	36	6×2、12×2	1969、1980、1982
7	独立系統	Dalanzadgad	8.4	3×2、2.4×1	2000、2012
8		UHG炭鉱(ER社)	18	6×3	2011
	合計		888.7		

出典：モンゴル電力統計2011からJICA調査団が編集

\*注1：出典ではタービン容量22MW×4台。上表は現地調査結果により25MW×4台とした。

\*注2：出典ではタービン容量100MW×4台。2009年に容量増強されていること確認し5台とした。

#### (1) 石炭火力発電所の運転実績（2011年）

2011年における電源別の発電電力量の割合は、石炭火力92.7%（4450 GWh）、水力1.1%（56.2 GWh）、ディーゼル0.42%（20.2 GWh）、輸入5.8%（278 GWh）と、圧倒的に石炭火力の占める割合が大きい。

石炭火力発電所の年間発電電力量、送電電力量、熱供給量と石炭使用量を表4-2に示す。



熱の供給先は、住宅用の温水供給や工場への蒸気供給であり、「モ」国では冬季の最低気温がマイナス 40°C 以下になり、しかも寒さが長引くため、暖房用の熱供給は発電所の重要な役割の一つである。石炭の使用量は総合計で年間約 500 万 t となっている。

表 4-2 2011 年の年間 発電電力量、送電電力量、熱供給量と石炭使用量

No	発電所名	発電量 GWh	送電量 GWh	熱供給量 1000 Gcal	温水 1000 Gcal	蒸気 1000 Gcal	石炭 平均熱量 kcal/kg	石炭 使用量 1,000 t
1	Ulaanbaatar 第 2	125.8	106.6	164.1	149.3	14.8	3,454	191.5
2	Ulaanbaatar 第 3	685.6	540.8	1,847.8	1,570.6	277.2	3,479	1,067.5
3	Ulaanbaatar 第 4	3,101.5	2,690.8	3,128.8	3,003.2	125.6	3,295	2,899.7
4	Darkhan	266.2	216.5	453.6	443.0	10.6	3,645	351.9
5	Erdenet	134.6	106.0	521.7	491.0	30.7	4,085	222.4
	CES 小計	4,313.8	3,660.6	6,116.1	5,657.1	458.9	3,406	4,733.0
6	Dornod	115.8	94.3	187.5	187.5	—	2,524	270.6
7	Dalanzadgad	20.7	15.5	17.8	17.8	—	4,945	39.4
	合計	4,450.3	3,770.4	6,321.4	5,862.4	458.9	3,371	5,043.0

出典：モンゴル電力統計 2011 から JICA 調査団が編集

## (2) CES 系統 2005 年から 2011 年の運転実績の推移

CES 系統内 5 か所の石炭火力発電所の最近の 7 年間、2005～2011 年の運転実績の推移を表 4-3 に示す。

表 4-3 発電電力量、送電電力量、熱供給量の推移

No	項目	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	発電量 GWh	3,320.4	34,433.3	3,594.1	3,874.1	3,874.2	4,127.1	4,313.8
2	送電量 GWh	2,718.4	2,832.4	3,002.0	3,249.8	3,259.5	3,482.5	3,660.6
3	所内電力 %	18.13	17.5	16.47	16.11	15.87	15.62	15.14
4	熱供給 1000 Gcal	5,393.8	5,344.7	5,532.8	5,781.0	5,957.7	6,018.2	6,116.1
5	温水 1000 Gcal	5,046.1	4,986.5	5,121.4	5,359.1	5,537.0	5,620.7	5,657.1
6	蒸気 1000 Gcal	347.7	358.2	411.4	422.0	420.7	397.5	459.0

出典：モンゴル電力統計 2011 から JICA 調査団が編集

2010 年に対して、2011 年の発電電力量は 4.5%、送電電力量は 5.1%の増加と伸びており、熱供給量は 1.6%の増加で、温水より工場用蒸気の伸び率が大きい。発電所内用の電力消費率は、年毎に低減傾向にあり、効率改善への努力がみられる。発電所のエネルギー効率の推移を表 4-4 に示す。

表 4-4 発電所エネルギー効率の推移 (単位 %)

No	発電所名	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Ulaanbaatar 第2	27.2	26.1	23.3	21.4	21.0	21.0	21.2
2	Ulaanbaatar 第3	29.8	33.9	34.2	37.2	38.6	37.9	37.8
3	Ulaanbaatar 第4	35.7	36.7	39.3	40.3	40.1	39.2	40.3
4	Darkhan	29.7	29.8	28.1	28.0	28.5	28.1	28.0
5	Erdenet	34.0	39.0	41.9	40.3	40.8	43.3	40.5

出典：モンゴル電力統計 2011 から JICA 調査団が編集

これらの発電所は熱併給発電所であり、発電所エネルギー効率は、ボイラ燃料などのエネルギー入力と、電力及び熱供給を合わせたエネルギー出力との割合である。一般的に熱併給発電所におけるエネルギー効率は、50～80%程度であるが、実績値は 20～40%の範囲であり良好な効率とは言えない。その原因としては、ボイラ・タービンなどの機器の熱効率が低い、過大な所内消費電力、熱サイクルの損失が大きいことなどが考えられる。Ulaanbaatar 第3、第4及び Erdenet 発電所は効率の改善がみられるが、第2発電所は機器の老朽化が進んでいるためか効率が低下傾向にある。「モ」国では、火力発電所の熱効率指標として標準石炭消費率を使用しており、表 4-5、表 4-6 に発電用と熱供給用の標準石炭消費率の推移を示す。これらはエネルギー効率の推移と同様の傾向を示している。石炭消費率算出のために使用する標準石炭の熱量（低位）は 7000 kcal/kg を採用している。

表 4-5 発電用標準石炭消費率の推移 (単位 g/kWh)

No	発電所名	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Ulaanbaatar 第2	654.1	679.5	644.3	622.3	610.0	588.4	591.3
2	Ulaanbaatar 第3	443.5	418.5	393.5	381.2	359.3	357.3	363.7
3	Ulaanbaatar 第4	349.5	336.8	316.9	306.2	307.2	314.2	305.1
4	Darkhan	413.1	421.9	438.4	438.5	434.1	438.0	431.8
5	Erdenet	328.9	324.9	314.2	315.1	309.8	328.7	315.6
6	CES 全体	378.4	366.7	347.9	336.8	332.6	336.8	329.8

出典：モンゴル電力統計 2011

表 4-6 熱供給用標準石炭消費率の推移 (単位 kg/Gcal)

No	発電所名	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Ulaanbaatar 第 2	189.0	201.0	200.8	197.5	195.1	193.5	192.6
2	Ulaanbaatar 第 3	187.3	182.3	182.9	178.4	177.8	177.8	179.7
3	Ulaanbaatar 第 4	180.4	177.0	173.6	175.4	175.3	175.2	174.4
4	Darkhan	192.1	195.4	203.2	196.3	197.0	197.5	196.7
5	Erdenet	178.0	179.2	168.1	177.2	174.4	180.6	184.8
6	CES 全体	183.3	180.8	178.5	178.6	178.1	178.6	179.0

出典：モンゴル電力統計 2011

次に、発電所の所内電力消費率の推移を表 4-7 に示す。

この値は、単純に「(発電電力量－送電電力量) ÷ (発電電力量)」の式によって算出されており、熱供給のために必要な電力については考慮されていないため、発電のみの発電所に比較して、所内電力消費率が見かけ上高くなっている。また、熱併給発電所であり各発電所の電力と熱の供給比が異なるため、単純に発電所間の優劣を比較することはできない。各発電所とも、年毎に所内電力消費率は改善されてきている。

表 4-7 所内電力消費率の推移 (単位 %)

No	発電所名	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Ulaanbaatar 第 2	17.01	17.15	16.4	16.21	16.35	16.07	15.31
2	Ulaanbaatar 第 3	23.74	22.75	21.03	20.68	20.54	20.76	21.13
3	Ulaanbaatar 第 4	16.4	15.78	14.8	14.44	14.09	13.84	13.24
4	Darkhan	18.39	18.65	18.5	18.89	19.47	19.18	18.66
5	Erdenet	22.98	22.93	22.8	21.37	21.59	21.57	21.24
6	CES 全体	18.13	17.5	16.47	16.11	15.87	15.62	15.14

出典：モンゴル電力統計 2011 から JICA 調査団が編集

2010 年及び 2011 年の発電所の機器の停止回数を、事故停止、その他の原因による停止に分けて表 4-8 に示す。各発電所とも事故停止の回数が非常に多く、原因の究明と再発防止が重要な課題である。設備の信頼性向上、安定運転の確保が求められている。

表 4-8 ボイラ、タービンの停止回数 (2010 年、2011 年)

No	発電所名	機器	2010 年			2011 年		
			事故停止	その他	計	事故停止	その他	計
1	Ulaanbaatar 第 2	ボイラ	66	7	73	68	6	74
		タービン	31	4	35	35	4	39
2	Ulaanbaatar 第 3	ボイラ	81	27	108	78	31	109
		タービン	45	13	58	33	8	41
3	Ulaanbaatar 第 4	ボイラ	47	26	73	43	19	62
		タービン	36	22	58	34	13	47
4	Darkhan	ボイラ	69	11	80	43	12	55
		タービン	28	9	37	35	9	44
5	Erdenet	ボイラ	8	18	26	19	7	26
		タービン	9	0	9	13	1	14

出典：モンゴル電力統計 2011 から JICA 調査団が編集

各発電所の設備利用率 PLF (Plant Load Factor : 発電設備の定格出力×暦時間 (8760 時間) に占める年間発電電力量の割合) を表 4-9 に示す。出典では、第 3 発電所の定格出力を 136MW、第 4 発電所の定格出力を 560MW として計算しているが、表 4-9 は出典資料の数値のままとした。定格出力を表 4-1 の値とすると PLF は更に悪くなる。いずれ各発電所の設備利用率は 50~60%程度であり、決して良い状況とは言えず、改善の余地があることを示している。

表 4-9 設備利用率 (PLF) の推移 (単位：%)

No	発電所名	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Ulaanbaatar 第 2	58	60	62	63	64	66	67
2	Ulaanbaatar 第 3	48	48	49	56	55	56	58
3	Ulaanbaatar 第 4	48	50	53	57	57	60	63
4	Darkhan	58	60	62	60	58	61	63
5	Erdenet	55	56	56	57	57	53	53

出典：モンゴル電力統計 2011 から JICA 調査団が編集

以下、訪問調査を行った Ulaanbaatar 第 2、第 3、第 4 発電所 (図 4-1) について、設備概要、現在の運転状況及び今後の課題等について記載する。



第4発電所

第2発電所

第3発電所

図4-1 発電所の遠景

### (3) Ulaanbaatar 第2発電所

Ulaanbaatar市の中心より西北側に位置した場所に設置されている第2発電所は、1961年に35t/hボイラ3缶、6,000kW復水式蒸気タービン2機、発電出力合計12MWで運転を開始した。1969年に75t/hボイラ2缶、12,000kWタービン1機が増強され、発電出力合計24MWとなった。その後、35t/hボイラ1缶の撤去、6,000kW復水式タービンを3,500kW背圧式タービンにする改造が行われた。

現在の設備容量は、ボイラは35t/h×2缶、75t/h×2缶、合計蒸気蒸発量220t/h、蒸気タービンは復水式6,000kW×1機、12,000kW×1機及び背圧式3,500kW×1機、合計発電出力21.5MWであり、年間の発電電力量は105～110GWhである。

更に、地域暖房用の温水供給設備を備えており、近隣工場へ蒸気の供給も行っている。供給熱量は15Gcal/hである。温水供給温度は135°C、戻り温度は70°Cの設計となっている。熱供給期間は9月15日から5月15日までの8か月間で、夏季には供給しない。

石炭はBaganuur炭（年間、約20万t）を使用。従業員数は260名である。

2011年から、セミコークス製造のため、75t/hボイラ1缶の改造を開始し、2012年調査時点では調整運転の段階であった。このボイラは改造後も蒸気蒸発量、ボイラ出口蒸気条件の変更はなく、発電容量及び熱供給量の変更はない。



図 4-2 発電所全景 煙突：120m（左側の煙突 80m は使用していない）

(a)設備概要と運転状況

1) ボイラ及びタービンの主要仕様

ボイラ、タービンの主要仕様を表 4-10、表 4-11 に示す。また参考に図 4-3 に旧ロシアの PT-12-35/10 の蒸気タービンの断面図を示す。

表 4-10 ボイラ主要仕様

No	項目	単位	1号炉、3号炉	4号炉、5号炉
1	ボイラ型式		TC-35-39	BKZ-75-39
2	製造者		中国・上海	旧ロシア BKZ
3	台数	台	2	2
4	定格蒸発量	t/h	35	75
5	過熱器出口蒸気圧力	kgf/cm <sup>2</sup>	39	39
6	過熱器出口蒸気温度	°C	440	440
7	燃焼方式		Stoker 焚きから 固定床式に変更	微粉炭燃焼
8	集塵装置		Cyclone Separator	Cyclone Separator + Wet Scrubber
9	脱硫・脱硝装置		なし	なし
10	灰処理システム		水混合、Ash Pond へ廃棄	

出典：現場調査により JICA 調査団が編集

表 4-11 タービン主要仕様

No	項目	単位	1号機	2号機	3号機
1	タービン型式		AK-6-35	P-4-35	PT-12-35/10
			復水式	背圧式	復水式
2	製造者		中国	中国	旧ロシア
3	定格出力	kW	6,000	3,500	12,000
4	主蒸気圧力	kgf/cm <sup>2</sup>	35	35	35
5	主蒸気温度	°C	435	435	435
6	設計主蒸気流量	t/h	30	30	109

出典：現場調査により JICA 調査団が編集

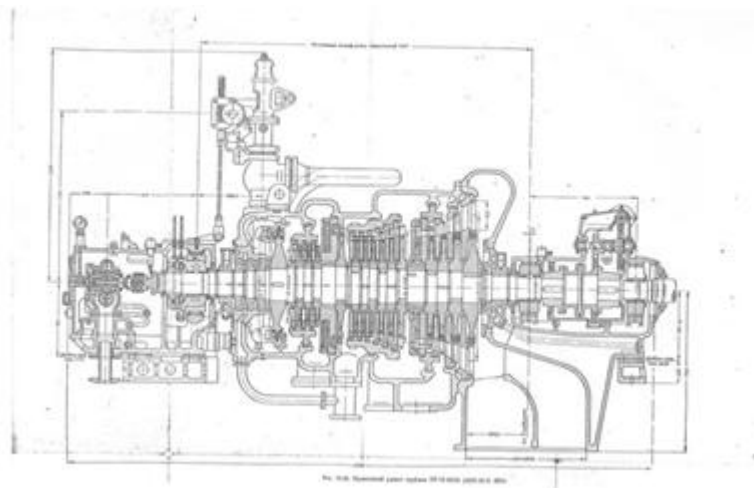


図 4-3 12MW 蒸気タービン断面図 (型式 PT-12-35/10)

## 2) 設備の状況

本発電所は 1960 年代に建設されてから既に 50 年を経過しており、ボイラ設備、タービン設備、制御装置など、現場は比較的きれいに整理されていたが、老朽化が目立つ。

蒸気タービンの前側に現場監視・操作盤があり運転員が常駐して、ボイラも缶前に現場操作室が設置されており、ボイラ・タービンを一括して監視するための中央操作室はない。現場監視盤の一部はコンピュータによる画面表示があり、運転監視装置の更新は行われているようである。主蒸気管、ボイラ給水管、工業用蒸気管は母管方式で、各ボイラ、タービンからの配管が共通の母管に接続されており、1 機 1 缶方式ではない。

2 号ボイラは既に廃止・撤去されており、このスペースに新しく 35t/h ボイラを設置する計画が進んでいる。しかし、タービン設備を新設する計画はない。

5 号ボイラはセミコックス製造のため改造され、調整運転の段階であった。

### 3) 運転状況

発電所から入手した各機器の運転状況を表 4-12、表 4-13 に示す。

設備稼働率（AVF：Plant Availability Factor）は年間歴時間（8760 時間）に対する設備の年間運転時間の割合を算出した値である。5 号炉はセミークス製造炉のため 2011 年に改造を開始したため、設備稼働率が低くなっている。

表 4-12 には年間運転時間（稼働率）、石炭消費量、熱供給量の今後の計画（2015～2025 年）も記載した。これは発電所の意図する本設備の将来計画を示している。

表 4-12 ボイラ設備の運転状況

No	項目		1号炉	3号炉	4号炉	5号炉	発電所合計
1	営業開始年		1961	1961	1969	1961	
2	定格蒸発量 (t/h)		35	35	75	75	220
3	累積運転時間 (hrs)		146,864	128,189	243,274	232,372	
4	年間運転時間 (hrs)	2008	4,210	3,746	4,949	6,369	
		2011	5,058	4,912	6,872	3,060	
5	今後の計画 年間運転時間 (hrs)	2015	5,800	5,800	6,200	6,200	
		2020	6,000	6,000	6,500	6,500	
		2025	6,100	6,100	6,700	6,700	
6	設備稼働率 AVF (%)	2008	48.0	42.8	56.5	72.7	
		2011	57.7	56.1	78.4	34.9	
7	石炭消費量 (ton/y)	2008	29,003	19,184	61,794	71,750	181,731
		2011	38,474	31,094	84,115	36,677	190,360
8	今後の計画 石炭消費量 (ton/y)	2015	39,000	32,000	62,000	75,000	208,000
		2020	39,000	32,000	62,000	75,000	208,000
		2025	39,000	32,000	62,000	75,000	208,000
9	熱供給量*注1 (Gcal/y)	2008	89,110	63,992	206,394	234,186	593,682
		2011	106,426	85,181	258,136	112,612	562,355
10	今後の計画 熱供給量*注1 (Gcal/y)	2015	120,000	86,000	250,000	240,000	696,000
		2020	120,000	86,000	250,000	240,000	696,000
		2025	120,000	86,000	250,000	240,000	696,000
11	ボイラ効率 (%)		80	80	89	89	
12	計画外停止 回数 (回)	2008	1	1	2	3	
		2009	2	2	0	3	
		2010	0	3	5	1	
		2011	2	2	0	2	

出典：第2発電所入手資料、及び現地調査から JICA 調査団が編集

\*注1：この熱供給量は、ボイラ蒸発量の熱量であり、地域への熱供給量ではない。



タービンの運転状況を表 4-13 に示す。

1, 3号タービンは、夜間、昼間ともほぼ一定の負荷で運転を行っている。

2号タービンは、設備稼働率、設備利用率が極端に低い状況にある。復水式から背圧式タービンに改造されており、抽気が停止すると経済性が悪く、冬季の3か月しか運転していないとの説明があった。タービンの計画外停止回数はボイラに比較して多い。

表 4-13 タービン設備の運転状況

No	項目		1号機	2号機	3号機	発電所合計
1	営業開始年		1961	1961	1969	
2	定格出力 (kW)		6,000	3,500	12,000	21,500
3	累積運転時間 (hrs)		73,718	31,147	84,262	
4	年間運転時間 (hrs)	2008	6,837	459	7,963	
		2011	7,395	991	8,033	
5	今後の計画 年間運転時間 (hrs)	2015	7,500	1,500	8,000	
		2020	7,800	2,000	8,000	
		2025	8,000	3,000	8,000	
6	設備稼働率 AVF (%)	2008	78.0	5.2	90.9	
		2011	84.4	11.3	91.7	
7	発電電力量 (MWh)	2008	38,353.9	945.9	80,138.0	119,437.8
		2011	39,492.2	2,643.9	83,607.7	125,833.8
8	今後の計画 発電電力量 (MWh)	2015	43,000	3,000	84,000	130,000
		2020	43,000	3,000	84,000	130,000
		2025	43,000	3,000	84,000	130,000
9	設備利用率 PLF (%)	2008	73.0	3.1	76.2	
		2011	75.1	8.6	79.5	
10	計画外停止 回数 (回) / 時間 (hrs)	2008	8 / 39	—	14 / 400	
		2009	8 / 84	—	14 / 486	
		2010	7 / 44	—	12 / 75	
		2011	5 / 60	—	11 / 53	

出典：第2発電所入手資料、及び現地調査から JICA 調査団が編集

#### 4) 定期開放検査、修理状況

ボイラ設備、タービン設備の定期開放検査は、3~4年に1回、2~3か月間停止して実施する。年に1回、7月に20日間程度停止する時に点検補修を行っている。

#### (b) セミコークス炉の状況

ADB 資料 (May 2011, Ulaanbaatar Low Carbon Energy Supply Project Using a Public-Private Partnership Model : F/S Report) によると、第2発電所は2005年に廃止が計画されたが、新しい電力・熱供給設備の建設がなかったため運転を継続しており、効率改善、環境負荷改善のための施

策が至急必要と報告されている。現在、第 5 発電所の建設計画が進められており、第 5 発電所が運転開始するまでに、第 2 発電所の従業員の雇用、存続に向けて、新しいプロジェクト、セミコークス製造、ブリケット製造を成功させたい、と発電所所長は強い熱意をもって取り組んでいる。

第 2 発電所のセミコークス製造についての詳細は 4.1.4 項で述べる。

#### (c) 将来計画

発電所の将来計画について、発電所長の意向を以下に記す。

- ・ 現在、35t/h ボイラ 1 缶を追加設置する計画を進めている。2013 年末には完了する計画で、国際入札を行う予定。タービン・発電機などの設備は新設しない。
- ・ 現在、5 号ボイラをセミコークス製造炉に改造し調整運転を行っているが、更に 4 号ボイラもロシア技術で改造する予定である。停止中の 4 号ボイラを稼働させることにより、第 2 発電所の年間送電電力量は 110→160GWh となる。尚、セミコークス製造は、当初、第 2 発電所の全ボイラの改造を考えていたが、現在は 4 号及び 5 号のボイラ 2 缶をまず完成させることで進めている。

#### (4) Ulaanbaatar 第 3 発電所

Ulaanbaatar 市の中心に近く、やや西側に位置した場所に設置されている第 3 発電所(図 4-4)は、国が 100%の株を保有する国営企業であり、1966 年建設を開始、1968 年に 1 号ボイラが首都に熱供給を開始、1973 年に発電を開始し、CES 系統の約 18%の電力設備を擁し、Ulaanbaatar 市の約 30%の熱供給を行っている熱併給発電所であり、建設後約 40 年の歴史を持っている。

発電設備は、大きく 2 つの建屋に分かれて設置され、それぞれ中圧系統、高圧系統と呼称されており、発電所合計のボイラ蒸発量 1,990 t/h、発電出力 148 MW、熱供給量 1,102 Gcal/h の設備容量を持っている。

工場用蒸気は、Ulaanbaatar 市の 40%、約 100 か所に蒸気を供給しているが、夏季は第 4 発電所から蒸気を送るようにして、第 3 発電所の負荷を軽減し、中圧系統は 7 月 1 日から 9 月 1 日までの期間、運転を中止している。

石炭は Baganuur 炭(年間 約 100 万 t)を使用、従業員数は 960 名である。



図 4-4 発電所全景

(左側：中圧系統の建屋、煙突 100m、右側：高圧系統の建屋、煙突 150m)

(a)設備概要と運転状況

1)発電設備の構成

発電設備の構成は次のようになっており、ボイラ及びタービンの主要仕様を表 4-14、表 4-15 に示し、図 4-5 にタービンの断面図を示す。

中圧系統：ボイラ 75t/h×6 缶、タービン 12MW×4 台、  
高圧系統：ボイラ 220t/h×7 缶、タービン 25MW×4 台

表 4-14 ボイラ主要仕様

No	項目	単位	中圧系統	高圧系統
1	ボイラ型式		BKZ-75-39-FB	BKZ-220-1004C
			屋内、単胴自然循環、平衡通風式	
2	製造者		旧ロシア BKZ	旧ロシア BKZ
3	台数	台	6	7
4	定格蒸発量	t/h	75	220
5	ドラム圧力	kgf/cm <sup>2</sup>	44	112
6	過熱器出口蒸気圧力	kgf/cm <sup>2</sup>	39	100
7	過熱器出口蒸気温度	°C	440	540
8	給水温度	°C	145	215
9	燃料消費量	t/h	16	35
10	排ガス温度	°C	128	130
11	石炭バーナ		前面 3 台	対向 2 面×3 台
12	微粉炭器		横型ボールミル (1 台/炉)	横型ボールミル (2 台/炉)
13	燃焼方式		微粉炭燃焼 3, 4 号：流動床* 注 1	微粉炭燃焼
14	集塵装置		Cyclone Separator + Wet Scrubber	
15	脱硫・脱硝装置		なし	なし
16	灰処理システム		水混合、Ash Pond へ廃棄	

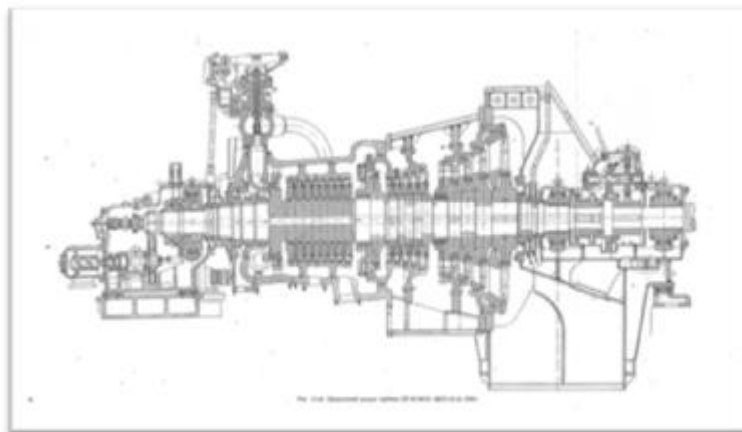
出典：第 3 発電所カタログ、現場調査により JICA 調査団が編集

\*注 1：3 号、4 号炉は 2000-2003 年に流動床ボイラに改造された（中国メーカー）

表 4-15 タービン主要仕様

N o	項 目	単 位	中圧系統	高圧系統
1	タービン型式		PT-12-35/10M 非再熱、単車室単排気復水式	PT-25-90/10M
2	製造者		旧ロシア KTZ	旧ロシア KTZ
3	台数	台	4	4
4	定格出力	kW	12,000	25,000
5	主蒸気圧力	kgf/cm <sup>2</sup>	35	90
6	主蒸気温度	°C	435	535
7	復水器真空度	%	91	91
8	工業用蒸気圧力	kgf/cm <sup>2</sup>	8-13	8-13
9	温水加熱用蒸気圧力	kgf/cm <sup>2</sup>	0.7-2.5	0.7-2.5

出典：第3発電所カタログ、資料から JICA 調査団が編集



出典：第3発電所資料

図 4-5 高圧系統 蒸気タービン (25MW) 断面図 (型式：PT-25-90/10M)

## 2) 設備の状況

中圧系統、高圧系統とも、主蒸気管、ボイラ給水管、工業用蒸気管は母管方式で、各ボイラ、タービンからの配管が共通の母管に接続されており、1機1缶方式ではない。日本では、母管方式は機器の信頼性が低い時代の古い設計であるが、「モ」国では、地域への温水、蒸気の供給は発電所の重要な使命であり、設備運用の融通性を重視した設計となっている。

中圧系統は、タービン・ボイラともに纏まった中央操作室はなく、機器の近くの現場操作室に運転員1名が常駐しており、40年前の設計思想がそのまま残っている。中圧系統の運転監視装置、制御装置はあまり更新されておらず、依然として古い設備のままである。

高圧系統には2つの中央操作室があり、7号～10号ボイラ及び5号、6号タービン用の運転監視盤は第一中央操作室に、11号～13号ボイラ及び7号、8号タービン用の運転監視盤は第二中央操作室にそれぞれ独立して設置され、各操作室に常駐する運転員により運転監視がなされている。

操作室内の制御装置はアジア開発銀行からの資金でボイラ制御装置を中心に一部改良されている。  
 中圧系統、高圧系統の設備は共に建設から 30～40 年を経えており、老朽化が進んでいる。

### 3) 運転状況

発電所から入手した各機器の運転状況を表 4-16～表 4-18 に示す。中圧系統ボイラ設備の運転状況を表 4-16 に示す。

本発電所の基本的な運転は、一日中の電力負荷がほぼ一定のベースロード運転を行っており、冬季は中圧系統タービン 3 台及び高圧系統タービン 4 台の計 7 台をフル稼働し、中圧系統の 1 台（12MW）を予備機としている。これら運転機器を合計した最大発電出力が 136MW である。ボイラ蒸発量には余裕があり、電気＋熱供給に使用される。夏季は地域暖房の需要がないため、7 月 1 日から 9 月 1 日まで中圧系統の機器を全て停止し、高圧系統のタービン（25MW）2 台のみを運転している。

地域への熱供給は、外気温度－39℃以下の時、送水量 6875t/h、温水供給温度 135℃、戻り温水温度 70℃の設計である。外気温度が高い時は、送水温度 100℃、戻り水温度 53℃の運転を行っている。

表 4-16 中圧系統 ボイラ設備の運転状況

No	項目	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	
1	営業開始年月日	1968/12/1	1969/1/30	1969/10/29	1969/11/30	1973/12/13	1975/1/1	
2	累積運転時間 (hrs)	189,565	202,331	155,716	168,913	193,745	170,248	
3	年間運転時間 (hrs)	2008	5,323	6,812	4,409	2,278	6,462	3,238
		2011	5,345	5,458	2,363	3,205	4,912	5,618
4	設備稼働率 AVF (%)	2008	73.2	93.7	60.6	31.3	88.9	44.5
		2011	73.5	75.1	32.5	44.1	67.5	77.3
5	石炭消費量 (t/y)	2008	60,809	84,469	59,709	34,755	69,104	41,678
		2011	65,085	68,066	30,618	42,096	63,310	72,730
6	ボイラ効率 (%)	88.1	88.8	89.2	87.5	88.4	88.0	
7	計画外停止回数 (回)	2008	14	7	14	8	8	7
		2009	4	5	11	10	9	8
		2010	10	6	9	7	5	9
		2011	10	9	7	10	5	7

出典：第 3 発電所入手資料から JICA 調査団が編集

注 1：設備稼働率は年間歴時間を 10 か月（7,272 時間）として計算

設備稼働率（AVF：Plant Availability Factor）は年間歴時間に対する設備の年間運転時間（8760 時間）の割合を算出する値であるが、中圧系統は、夏季の熱供給の必要のない時期（7 月 1 日から 9 月 1 日まで）に全ての機器の運転を中止し、機器の点検修理を行っているため、その期間を考慮して計算した。流動床式の 3 号、4 号ボイラは火炉管の減肉、漏洩が多発しており、他の号機に比較して設備稼働率が低い。

計画外停止回数は、いずれのボイラも大きく、月に1回程度は停止しているような状況であり、老朽化が進んでいるため機器の信頼性が低下している。

表 4-17 に高圧系統ボイラ設備の運転状況を示す。高圧系統ボイラ設備は、長期的な開放点検計画に基づき年度毎の点検対象号機を決め、夏季に計画的に停止して点検を実施している。このため、対象号機の当該年度の稼働率は比較的低い値となっている。全般的に計画外停止回数は多く、決して良い運転状況とは言えない。9号ボイラは1999年から故障のため休止中である。

表 4-17 高圧系統 ボイラ設備の運転状況

No	項目		7号炉	8号炉	9号炉	10号炉	11号炉	12号炉	13号炉
1	営業開始年月日		'76/12/30	'77/11/4	'78/12/20	'79/6/30	'76/12/30	'80/9/19	'81/12/26
2	累積運転時間 (hrs)		109,096	106,766	65,645	111,906	104,378	99,516	107,003
3	年間運転時間 (hrs)	2008	4,371	5,592	0	1,461	3,655	3,271	3,328
		2011	5,216	6,504	0	3,677	3,737	1,876	4,344
4	設備稼働率 AVF (%) * 注1	2008	49.9	63.8	0	66.7	41.7	37.3	38.0
		2011	59.5	74.2	0	42.0	42.6	21.4	49.6
5	石炭消費量 (t/y)	2008	122,376	156,976	0	71,365	102,568	89,877	100,198
		2011	151,153	176,852	0	109,492	109,140	55,452	123,590
6	ボイラ効率 (%)		90.4	90.9	—	89.1	90.9	89.0	91.2
7	計画外停止回数 (回)	2008	12	11	—	8	13	10	9
		2009	10	7	—	9	7	8	8
		2010	7	9	—	10	9	12	15
		2011	15	13	—	6	6	6	10

出典：第3発電所入手資料から JICA 調査団が編集

注1：設備稼働率は年間歴時間を8760時間として計算

タービン設備の運転状況を表 4-18 に示す。高圧系統タービン（5号～8号機）は、夏季は2台運転、2台停止が現在の運転パターンであり、計画停止した号機の設備稼働率・設備利用率が低い値となっている。タービンの計画外停止回数はボイラに比較して少ない。

表 4-18 中圧系統・高圧系統 タービン設備の運転状況

No	項目		1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機	8号機
1	営業開始年月日		'73/12/1	'74/1/1	'74/5/1	'75/12/1	'77/1/28	'77/11/4	'78/12/31	'79/6/30
2	累積運転時間 (hrs)		199,856	178,005	200,651	173,897	170,610	182,745	174,520	168,954
3	年間運転時間 (hrs)	2008	4,503	3,986	7,188	5,462	5,977	3,919	5,891	6,154
		2011	3,788	3,597	6,543	5,112	6,985	6,562	4,201	6,405
4	設備稼働率 AVF (%) *注1	2008	61.9	54.8	98.8	75.1	68.2	44.7	67.2	70.2
		2011	52.1	49.5	90.0	70.3	79.7	74.9	48.0	73.1
5	発電電力量 (MWh)	2008	41,793.5	33,514	70,988	49,247	135,985	840,088	120,150	127,791
		2011	35,309	32,989.2	63,733.8	49,126	152,159	137,782	84,444	130,021
6	設備利用率 PLF (%) *注1	2008	47.9	38.4	81.3	56.4	62.1	38.4	54.9	58.4
		2011	40.5	37.8	73.0	56.3	69.5	62.9	38.6	59.4
7	熱供給量*注2 (タービン抽気) (1000 Gcal/y)	2008	—*注3	—	—	—	94.4	165.8	76.8	36.4
		2011	—	—	—	—	169	186.3	228.1	167.4
8	タービン効率 (%)		42	42	42	42	42	42	42	42
9	計画外停止 回数 (回)	2008	9	11	9	15	11	7	10	3
		2009	3	3	9	7	6	5	7	7
		2010	7	12	4	7	8	8	6	6
		2011	3	4	2	3	9	4	9	7

出典：第3発電所入手資料から JICA 調査団が編集

注1：中圧系統タービンの設備稼働率・設備利用率は、年間歴時間を10か月間（7272時間）として計算

注2：熱供給量はタービン抽気から行っている数値である

注3：中圧系統タービン抽気からも熱供給を行っているが、計測器がないので測定されていない。

#### 4) 定期開放検査、修理状況

発電所では4年に1回大修理（定期開放点検）、2年に1回中規模修理、1年に1回小修理を実施している。更にボイラは3か月に1回程度小修理を行っているとの説明があった。

夏季期間は、中圧系統の全設備を停止、熱供給は行わないため、この期間に設備の開放点検、修理、改造を行うことができる。高圧系統も夏季期間は運転機器に余裕があり、開放点検、修理をこの時期に行う。発電所の基本的な運転パターンが決まっているため、計画的な機器及び部品の修理、更新を行うための時間的な余裕を持っている。検査の実施状況を表4-19に示す。

表 4-19 定期開放検査の実施実績 (OH : Overhaul)

No	年度	中圧系統		高圧系統	
		ボイラ設備	タービン設備	ボイラ設備	タービン設備
1	2007				5号機 OH
2	2008		2号機 OH 発電機 Rotor 交換		6号機 OH
3	2009		3号機 OH 発電機 Rotor 交換		—
4	2010	2号炉 OH	4号機 OH 発電機 Rotor 交換		8号機 OH
5	2011	5号炉 OH Tube 部分的取替	1号機 OH 発電機 Rotor 交換	11号炉 & 12号炉 Tube 取替	7号機 OH Turbine Rotor 交換
6	2012	3号炉 Tube 100%取替 6号炉 OH	2号機 OH	10号炉 & 13号炉 Tube 100%取替	5号機 OH

出典：第3発電所入手資料から JICA 調査団が編集

2012年8月の現地調査時には、発電出力は40MW程度であり、中圧系統は全設備停止中、高圧系統は8号・12号ボイラ・6号・7号タービンが運転中であった。5号タービンが解放点検中、8号タービンは予備機として待機状態であった。

各機器の分解点検状況は、中圧系統の3号ボイラ（流動床方式）が大修理中、高圧系統の10号、13号ボイラも大修理中であり、解体されたボイラのチューブ、耐圧部材などが多量に発電所の外に積み重ねられていた。

2012年11月現地調査時の運転状況は、5号タービン予備待機、他の中圧・高圧系統のタービンは全て運転中で、発電出力は夜間100MW、昼間102MWとほぼ一定出力運転を行っていた。2012年の定期開放点検の様子を図4-6に示す。



13号ボイラ、100%チューブ取替  
解体され屋外に置かれたチューブ類

開放点検中の5号タービンのロータ  
1995年に更新し、2007年に開放点検実施

図 4-6 2012年ボイラ・タービンの定期開放点検状況



## 5) 機器の性能確認試験

ボイラ・タービンは定期開放検査の前後に性能試験（熱効率確認試験）を実施しており、性能試験結果により、運転及び機器の問題点を摘出・管理している。

### (b)問題点と改善提案

発電設備の現状の問題点、改善必要事項及び発電所側が考えている対応策を表 4-20、表 4-21 に示す。

表 4-20 中圧系統設備の問題点と対応策

No	設 備	問 題 点(要改善項目)	対 応 策
1	タービン本体	設計寿命に達し、高圧・中圧側ダイアフラムが変形。シール部・動翼などの摩耗、間隙拡大などで熱効率が低下し、蒸気消費量が増加。	ダイアフラム、ロータ、シール部分などを段階的に交換。 修理よりも最新技術のタービンに更新したいが、国の政策次第。
2	主空気抽出器	熱交換器の肉厚が減少し、冷却管の漏洩で空気漏洩が大。復水器の真空度が低下。	機器全体を更新するか検討。
3	復水器	機能的、能力的に老朽化。特に夏季の冷却能力が低下し、電力安定確保が困難。	ロシア技術で復水器の改造を検討。 高圧系統の復水器を中圧系統に移設する案も検討中。
4	1,2,5,6 号ボイラ	チューブ漏洩が多発。11～13 年前にボイラ火炉管を更新し、10 年間は問題なかったが 11 年目から噴破するようになった。摩耗による減肉と材料の組織に原因がある。	運転時間から、材料の劣化が起こるのは異常な応力が発生しているか、異常な温度上昇が考えられるが、原因究明がなされていない。
5	ボールミル	ミルの内部ライナーとミルボールの摩耗が激しく、性能が落ち、灰中の未燃分が増加。石炭の乾燥など工夫しているが、容量的に不足する。	ミル天井にセラミックプレートを貼り付けたが振動が激しく落下。溶射も行ったが 40～45 日運転したら止めた内部補修が必要。 ボールミルをハンマー式ミルに更新することを検討。
6	3,4 号ボイラ (流動床方式)	ミルを必要としない流動床ボイラへ改造した。ミル動力不要の省電力を期待したが、媒体の流動化に高ヘッドが必要で押込通風機の電力消費が増加、ミル方式と流動床方式に電力消費の差はない。運転性は流動床方式が楽であるが、チューブの摩耗は激しく破裂が多い。	1 号ボイラを流動床方式にする
7	ボイラ制御		コンピュータ制御に更新する。

出典：現地調査結果により JICA 調査団が編集

表 4-21 高圧系統設備の問題点と対応策

No	設 備	問 題 点 (要改善項目)	対 応 策
1	タービン本体	間もなく設計寿命に達するので、高圧・中圧ダイヤフラム、ロータを段階的に交換、シール部の更新をする必要がある。	最新技術のタービンに交換するか、容量を増強し出力 50~60MW タービンとするか調査・検討し、段階的に更新する。
2	主空気抽出器 起動用空気抽出器	熱交換器の肉厚が減少し、冷却管の漏洩で空気漏洩が大。復水器の真空度が低下。	機器全体を更新する。
3	復水器	機能的、能力的に老朽化。特に夏季の冷却能力が低下し、電力安定確保が困難。	能力を向上した新しい復水器に更新することを検討。
4	高圧給水加熱器 低圧給水加熱器	30 年以上の運転で老朽化、伝熱管が摩耗。(伝熱管は渦巻状の鋼管で日本の設計と異なり、漏洩対策が困難な構造)	日本製の高圧給水加熱器の採用検討を行ったが、古い設備の再使用することに決定。
5	温水用熱交換器	給水加熱器と同じく老朽化している。	新しい設計の熱交換器に更新が必要。
6	冷却塔	冷却面積が約 500m <sup>2</sup> 不足 (現状 1,200m <sup>2</sup> 1 基)	2013 年に冷却面積を増加するか、新しく冷却塔を建設するか検討中 (国家の政策、予算次第)
7	ボイラ	各ボイラにチューブブリークが多発している。Wall Soot Blower (壁式灰吹器) が常に故障している。 12 号ボイラの節炭器が損傷。 9 号ボイラは 1999 年から停止中。	10、13 号ボイラは 21012 年にチューブを 100% 交換作業中。 9 号ボイラを更新する。(※注 1)
8	ボールミル	ミルの内部ライナーとミルボールの摩耗が激しく、性能が落ち、部品交換に多額の費用が掛かる。	ボールミルの型式変更、更新を検討。
9	押込通風機 FDF 誘引通風機 IDF	駆動動力が大きい。	省電力のためボイラ通風機 FDF、IDF を回転制御式にすることを検討。

出典：現地調査結果により JICA 調査団が編集

※注 1：9 号ボイラは 1999 年以来停止しているが、電力事情から再度整備し運転できる様 2013 年度に予算化の見込みで 2014 年には運転できるようにする予定。

中圧系統の発電設備は 1970 年代前半の運転開始で既に 40 年近く運転しており、タービンのみならず制御装置、運転監視盤も非常に古い設備のままであり、後数年間の健全な運転を目標とし、大掛かりな設備改善は行わず、廃止する計画である。

高圧系統の設備は、今後も運転継続するためには、タービン本体を含めた主要設備を現在の最新技術を使用した設備への更新、発電容量・熱供給容量の増強などの処置が必要である。

### (c)将来計画

第 3 発電所の西側の空き地に、現在計画中の第 5 発電所を建設し、更に中圧系統を廃止する計画があったが、第 5 発電所の建設地点は Ulaanbaatar 市東部に変更になった。

第3発電所は、Ulaanbaatar市の中心街の近く、電力、熱供給の面で重要な位置を占めており、電力・熱需要量の増加に対して、老朽化した設備の運転維持・管理、設備の増強策が必要である。第3発電所としては新たに50MWの設備を増設し、ボイラ設備は9号炉を改修することを検討中である。

別途、市の東部に250Gcal/hのHOBを新設する計画も進んでいる。

#### (5)Ulaanbaatar 第4発電所

第4発電所は、1983年10月に1号機80MWが運転を開始した「モ」国最大の熱併給発電所であり、現在の設備容量は発電出力580MW、熱供給能力1185Gcal/hを保有し、Ulaanbaatar市を中心とした中央エネルギー系統（CES：Central Energy System）の電力の約70%及びUlaanbaatar市の熱需要の約65%を供給している重要な基幹発電所である。

1979年に旧ソ連の技術で建設を開始したが、1991年旧ソ連の崩壊に伴いロシア技術者が引き上げ、部品などの供給も停止した。その後日本政府による資金・技術支援が開始され、ボイラ補機、計測・制御システムなどが更新された。現在、JICAシニア海外ボランティアが現地に駐在し技術支援を行っている。

発電所の経営体制は、2001年から政府100%の株式を保有する国営企業となり、株式保有率は鉱業省41%、国有財産管理委員会23%、財務省20%となっている。

従業員は、2011年末時点で、総員1508名、内技術者279名、男性1115名、女性393名、発電所付帯設備として、補修機械工場、化学分析設備、病院、福祉施設がある。

2011年度の経営数値は、

- ・収入の内訳：電力81.1%、熱供給17.8%、蒸気1%
- ・支出の内訳：燃料費55.1%、減価償却23.3%、補修・予備品3.4%、給与10.4%、社会保障・健康保険1.4%、その他6.4%

石炭はBaganuur炭（1号～4号ボイラ）及びShivee Ovoo炭（5号～8号ボイラ）を使用している。

#### (a)設備概要と運転状況

1983年に1号機タービン80MWが運転を開始して以降、1987年には発電設備容量が380MW（80MW×1機、100MW×3機）となり、1990～1991年に160MW（80MW×2機）を増設して、発電出力540MW、熱供給能力1,185Gcal/hとなった。1992年以降は日本政府の資金協力及び技術協力により、ボイラ改修工事、微粉炭機直接燃焼方式への変更、微粉炭機の縦型ミルへの変更、ボイラ計測制御装置の更新などが行われた。

2007年及び2009年に5号及び6号タービンを改造（中国メーカー）し、タービン出力をそれぞれ80MWから100MWへ20MWの容量増強を行った。現在の発電所の設備は、ボイラ8缶、タービン6機からなり、発電出力580MW、熱供給能力1,185Gcal/hとなっている。

運転状況は、夜間は電力負荷を下げ、昼間は電力負荷を上げる需要追従型の運転を行っており、冬季はボイラ1缶を予備とし、他のボイラ7缶及びタービン6台は全て運転を行うことになっている。



図 4-7 発電所 全体模型、煙突 250m



図 4-8 第 4 発電所ボイラ建屋側の全景  
(第 2 発電所から撮影、手前は工場用蒸気配管)

発電所の運転は、中央制御・操作室による集中運転監視が行われており、1号～4号ボイラ及び1号～3号タービン用の運転監視制御盤は第一中央制御室に、5号～8号ボイラ及び4号～6号タービン用の運転監視制御盤は第二中央制御室にそれぞれ独立して設置され、各制御室に常駐する運転員により運転監視がなされている。

日本政府による有償資金協力の一環として、ボイラ改修工事に合わせてボイラ計測制御装置の更新が行われ、タービン監視装置については発電所独自で、既設のアナログ・ローカル監視から中央制御室での遠隔監視へ機能向上が行われた。1～3号タービン、1～4号ボイラの運転監視制御室を図 4-9,10 に示す。



図 4-9 1～3号機タービン 運転監視盤  
(右端部は熱供給関連の監視部分)



図 4-10 1～4号ボイラ 運転監視制御盤

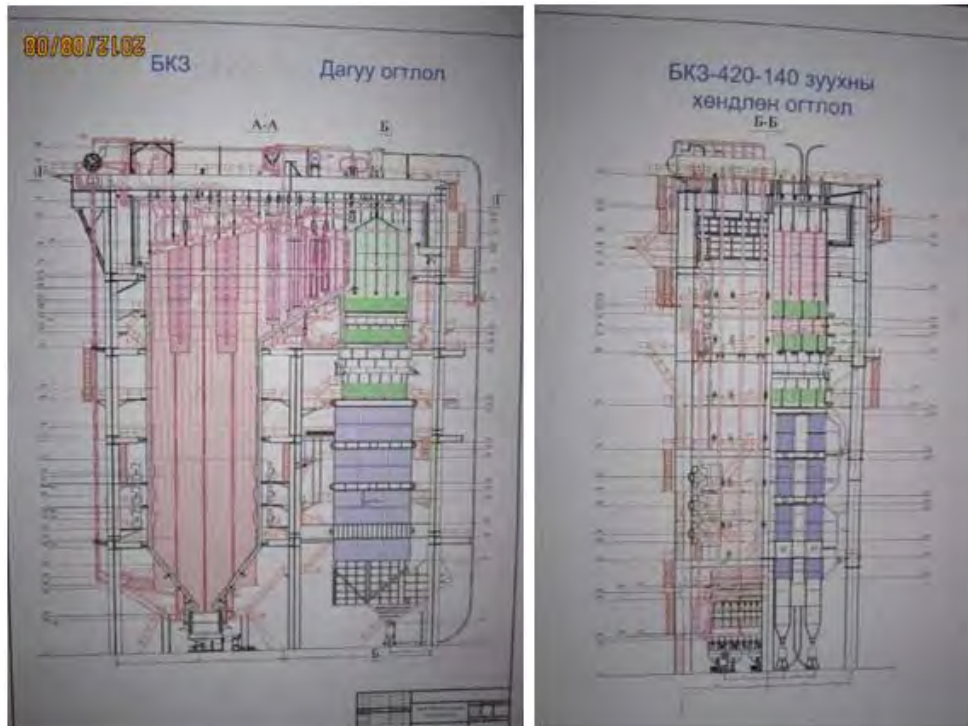
### 1) ボイラ及びタービンの主要仕様

ボイラ主要仕様を表 4-22、ボイラ断面図を図 4-11、石炭性状を表 4-23、タービン主要仕様を表 4-24、蒸気タービン断面図を図 4-12 にそれぞれ示す。

表 4-22 ボイラ主要仕様

No	項目	単位	1号～8号炉
1	ボイラ型式		BKZ-420-140-10C
			屋内、放射単胴自然循環型
2	製造者		旧ロシア BKZ
3	台数	台	8
4	定格蒸発量	t/h	420
5	過熱器出口蒸気圧力	kgf/cm <sup>2</sup>	140
6	過熱器出口蒸気温度	°C	560
7	給水温度	°C	260
8	燃料消費量	t/h	75～80
9	通風系統		平衡通風方式、FDF×2台、IDF×2台
10	石炭バーナ		Corner firing、4本×3段
11	微粉炭器		縦型ミル 4台/炉
12	燃焼方式		直接燃焼方式
13	集塵装置		電気式
14	脱硫・脱硝装置		なし
15	灰処理システム		水混合、Ash Pond へ廃棄

出典：第4発電所カタログ、現場調査により JICA 調査団が編集



出典：第4 発電所から入手

図 4-11 ボイラ断面図（型式 BKZ-420-140-10C） 左：側面図、右：正面図

表 4-23 石炭性状

No	Description	Unit	Baganuur	Shivee Ovoo
1	Proximate analysis (As received)			
2	Total moisture	%	30~40	37~44
3	Inherent moisture	%	4~13	3~12
4	Ash content	%	12~27	12~18
5	Volatile matter	%	39~45	36~48
6	Fixed carbon	%	30~40	28~36
7	Ultimate analysis (Dry ash free basis)			
8	C : Carbon	%	73.2	72.89
9	H : Hydrogen	%	4.7	4.19
10	N : Nitrogen	%	0.9	0.93
11	O : Oxygen	%	20.6	21.38
12	S : Sulfur	%	0.4~0.8	0.6~0.9
13	Calorific value (As received)			
14	Lower heating value (LHV)	kcal/kg	3,000	2,700
15	High heating value (HHV)	kcal/kg	3,800	3,400
16	Grind ability (hardness)	HGI	30~50	62~66
17	Ash fusion temperature			
18	Initial deformation point	°C	1,175	1,326
19	Softening point	°C	1,130	1,318
20	Flow point	°C	1,260	1,331

出典：第4発電所から入手

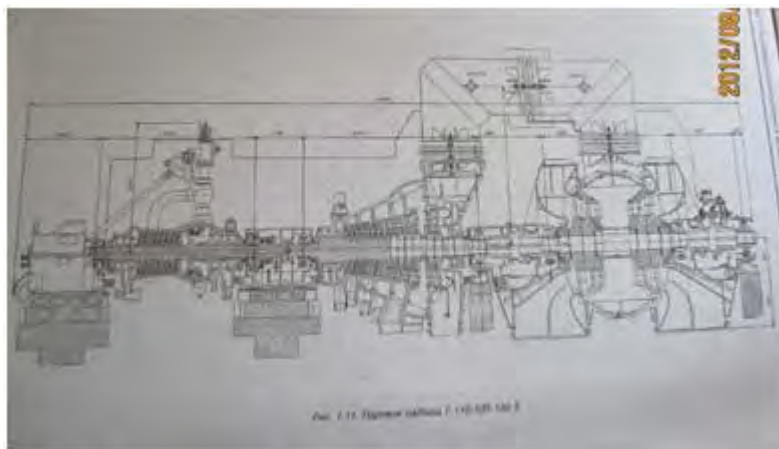
1号~4号ボイラは Baganuur 炭、5号~8号ボイラは Shivee Ovoo 炭を使用している。

表 4-24 タービン主要仕様

No	項目	単位	1号機	5, 6号機	2, 3, 4号機
1	タービン型式		PT-80-100	PT-80-100	T-100-130
			非再熱、二車室単流排気復水式		
2	製造者		旧ロシア	旧ロシア	旧ロシア
3	台数	台	1	2	3
4	定格出力	kW	80,000	100,000*注1	100,000
5	主蒸気圧力	kgf/cm <sup>2</sup>	130	130	130
6	主蒸気温度	°C	555	555	555
7	主蒸気流量	t/h	470	485	485
8	復水器真空度	ata	0.03	0.03	0.057
9	冷却水温度	°C	20	20	20
10	熱供給量 (抽気)	Gcal/h	220	220	175
11	プロセス蒸気圧力	kgf/cm <sup>2</sup>	13±3	13±3	—

出典：第4発電所カタログ、入手資料から JICA 調査団が編集

\*注1：2007、2009年にタービンロータ部改造し80MWから100MWへ容量増強した。



出典：第4発電所から入手

図 4-12 蒸気タービン断面図 (100MW) (型式：T-100-130)

Ulaanbaatar 市内への温水供給は、その加熱源としてタービン抽気を使用されている。夏季は低圧抽気のみで温水加熱を行っているが、冬季は夏季より供給温度を 135°C まで高くするため、低圧抽気で加熱した温水を更に 80MW 機からの 13kgf/cm<sup>2</sup> の抽気 (プロセス蒸気) で加熱の上市内へ供給している。(100MW 機から 13 kgf/cm<sup>2</sup> プロセス蒸気の系統はない。)

工場への蒸気供給は、ボイラの蒸気を直接送らず、途中に熱交換器 (蒸発器 Evaporator) を介している。(第3発電所は、ボイラの蒸気を直接工場に送っている。)



## 2) 運転状況

発電所から入手した各機器の運転状況を表 4-25、表 4-26 に示す。

石炭消費量の 2011 年の年間合計は、Baganuur 炭 1,260,669t、Shivee Ovoo 炭 1,639,016t、総合計 2,899,685t となっている。

表 4-25 ボイラ設備の運転状況

No	項目		1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉	8号炉
1	営業開始年月日		1983	1984	1984	1985	1986	1987	1990	1991
2	累積運転時間(hrs)		128,692	136,973	124,065	115,826	107,760	106,614	86,848	104,683
3	年間運転時間 (hrs)	2008	6,807	3,407	5,914	1,999	5,612	4,280	7,051	4,431
		2011	4,839	5,637	3,017	5,952	4,953	5,869	4,550	7,004
4	設備稼働率 AVF(%)	2008	77.7	38.9	59.3	22.8	64.1	48.9	80.5	50.6
		2011	55.2	64.3	34.4	67.9	56.5	67.0	51.9	80.0
5	石炭消費量 (t/y)	2008	394,260	209,639	378,435	122,498	424,296	305,625	480,482	301,727
		2011	296,443	351,408	192,791	420,026	339,018	457,149	322,630	520,220
6	熱供給量*注 1 (Gcal/y)	2008	1,259,824	668,184	1,203,167	382,356	1,191,508	855,687	1,383,806	875,312
		2011	969,398	1,164,199	644,516	1,335,663	1,042,268	1,258,306	915,901	1,447,629
7	ボイラ効率 (%)		91.89	91.28	91.30	—	91.30	—	91.51	91.40
8	環境測定値 Operation Data in 2011	煤塵 mg/Nm <sup>3</sup>	0.037	0.029	0.048	0.035	0.044	0.036	0.027	0.009
		SOx (ppm)	255.61	241.73	236.18	264.04	290.81	417.33	459.05	406.32
		NOx (ppm)	579.69	594.33	362.45	523.9	579.11	534.49	656.28	635.57

出典：第 4 発電所入手資料から JICA 調査団が編集

\*注 1：この表の熱供給量はボイラ蒸発量の熱量を示し、地域へ熱供給量ではない。

表 4-26 タービン設備の運転状況

No	項目		1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機
1	営業開始年月日		1983.10.18	1984.11.26	1985.12.27	1986.12.31	1990.1.22	1991.12.29
2	累積運転時間 (hrs)		145,045	180,371	169,493	160,417	77,334	99,287
3	年間運転時間 (hrs)	2008	6,310	7,848	6,986	5,120	7,803	3,250
		2011	4,416	8,130	6,103	8,013	6,471	6,923
4	設備稼働率 AVF (%)	2008	72.0	89.6	79.7	58.4	89.1	37.1
		2011	50.4	92.8	69.7	91.5	73.9	79.0
5	発電電力量 (MWh)	2008	331,574	673,404	593,896	413,768	523,681	158,016
		2011	280,849	776,653	474,238	683,456	410,031	476,315
6	設備利用率 PLF (%)	2008	47.3	76.9	67.8	47.2	59.8	18.0
		2011	40.0	88.7	54.1	78.0	46.8	54.3
7	熱供給量 タービン抽気 (Gcal/y)	2008	640,991	674,112	562,898	475,231	533,298	354,067
		2011	488,278	720,329	402,759	561,560	511,871	548,920
8	タービン効率 (%)	2011	33.42	34.12	34.61	34.1	—	28.71
9	事故停止回数 *注 1 (回)	2008	11	2	6	5	2	3
		2009	2	10	3	3	3	1
		2010	9	4	9	3	1	5
		2011	3	2	2	4	1	1

出典：第4発電所入手資料から JICA 調査団が編集

\*注 1：この数値は、第4発電所からの回答の値をそのまま記載した。事故による停止のみを示している。

表 4-27 に発電所の過去 7 年間、2005 年から 2011 年までの運転実績の推移を示した。

2005 年から 6 年間で、発電電力量は約 1.4 倍、熱供給量は 1.1 倍強と増加しているが、ボイラ・タービンとも平均運転台数は 5 台に満たず、ボイラ利用率は 50%程度であり、タービン利用率は年々向上しているものの 2011 年においても 61%と低調である。580MW の発電容量に対して、常時は 50~60%の負荷しか発電していない。

2011 年冬季の需要ピーク時に 2 日間 578MW 負荷を達成し、これが発電所の歴史上最大の負荷であることが発電所の特記事項として報告されている。ボイラ・タービンともに起動停止回数が非常に多い。2011 年にはボイラ起動停止回数 62 回、タービン起動停止回数 49 回と近年に比較して大幅に減少しているが、1 台当たり年 10 回程度の停止があったことを示している。事故記録の統計管理では、責任部署毎の統計管理を行い、人的ミスによる事故に対しては、責任者・当事者が罰金を支払い、これを公表している。これらを管理する技術検査部が 1 回/月の活動報告会を実施している。

事故原因の内、人的なミス操作による停止回数は年々減少しており、運転員の教育の成果が出てきている。

表 4-27 発電所 運転状況の推移

No	項目	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
1	発電量 GWh	2,260.8	2,348.7	2,486	2,694.4	2,711.3	2,940.5	3,101.5	
2	送電量 GWh	1,889.1	1,978.1	2,117.5	2,305.2	2,329.4	2,533.5	2,690.8	
3	所内電力 %	16.44	15.78	14.82	14.44	14.09	13.84	13.24	
4	熱供給 1000 Gcal	2,783.6	2,759.8	2,873.1	2,942.3	3,052.5	3,106.5	3,128.8	
5	石炭使用量 1000 t	2,503.9	2,434.3	2,497.3	2,616.9	2,635.9	2,880	2,899.7	
6	重油使用量 t	2,808	1,897	1,687	2,196	1,645	1,366	1,096	
ボイラ									
7	蒸気発生量 1000 t	12,215.5	12,279.6	12,580.4	13,235/9	13,489.3	14,515.2		
8	運転台数 台	4.18	4.17	4.32	4.42	4.47	4.76		
9	平均負荷 t/h	336	336	334	341	344	348		
10	利用率 %	41.73	41.72	42.98	44.85	45.83	49.32		
11	停止回数 (回)	134	126	96	110	94	84	62	
12	人的ミスによる 停止回数 (回)	5	14	5	4	4	2	3	
タービン									
13	運転台数 (台)	3.8	3.86	4.1	4.25	4.31	4.58		
14	平均負荷 (MW)	259.51	268.11	285.39	306.73	309.51	335.68	354.05	
15	利用率 %	電気 <sup>*注1</sup>	48.06	49.65	52.85	56.8	57.32	62.16	61.04
		温水	33.65	31.55	32.29	31.13	30.5	30.36	
16	停止回数 (回)	112	76	99	96	76	74	49	
17	人的ミスによる 停止回数 (回)	14	5	11	10	4	4	1	

出典：第4発電所入手資料から JICA 調査団が編集

\*注1：電気利用率は発電所出力 540MW として計算されている。2011 年は 580MW として計算。

### 3) 定期開放検査、修理状況

発電所では4年に1回定期開放点検を行っている。2012年の現場視察時には、5号機タービンの開放点検を実施中であった。

### 4) 機器の性能確認試験

ボイラ・タービンは定期開放検査の前後に性能試験（熱効率確認試験）を実施している。

#### (b)問題点と改善提案

調査用アンケート表の回答、技術者とのヒアリング及び現場調査から確認した発電設備の現状の問題点、改善必要事項及び発電所側が検討している対応策を表 4-28 に示す。

表 4-28 発電設備の問題点と対応策

No.	設 備	問 題 点 (要改善項目)	対 応 策
1	ボイラ	クリンカの処理に手をやいている 灰処理について ボイラの予防保全について	乾式灰処理装置の導入を検討 RBM (Risk based maintenance) の日本における手法を紹介
2	タービン	定格出力の確保 タービン制御装置を改善したい 2~4号タービンの第5軸受け油漏れ	EHG (Electro-hydraulic Governor) への変更、制御装置の DCS (Digital Control System) の採用
3	復水器	老朽化しており、冷却管の汚れによる機能低下	冷却管ボール洗浄装置の設置
4	高圧給水加熱器 低圧給水加熱器	老朽化、伝熱管が摩耗	改善または新しい加熱器に更新が必要
5	温水用熱交換器	老朽化	新しい熱交換器に更新を計画中
6	温水供給用ポンプ	熱供給量の需要増大に対応が必要	2011年にポンプを増設。(2012年夏に完成)
7	冷却塔	冷却塔の容量不足	2011年に冷却塔1基を増設した。

出典：現地調査結果により JICA 調査団が編集

### (c) 将来計画

今後の電力の伸びについて、2015～2025年の予測データは成長率5%/年として計画している。

発電所の企画している将来計画について下記に示す。第4発電所はモンゴル国の電力供給、熱供給の基幹発電所であり、設備の老朽化対策、増強対策、信頼性向上対策に力を入れており、設備増強、改造計画は着実に実施が進んでいる。設備の安定運転が第一、性能効率向上は第二である。

#### a) 100MW 蒸気タービンの増設計画

100MWタービンの増設を計画しており、11月13日にロシアの URAL Turbine という会社と政府間の契約を行った。メーカーは旧設備のタービン製造者と同じである。2014年11月完成予定。ボイラもこれに合わせて蒸発量を50t/h～70t/h増加する必要があるが、ボイラの増設計画はない。

新設のタービンの計画断面図を見たが、型式は、3車室複流排気復水式(タービンロータ、3本)で、既設の2～4号機と同じ型式・外部ケーシングの様であり、内部ケーシング、動翼・シール部分・ロータ部分など改良されている。最新技術のタービンというより、旧設備の改良型であり、旧設備との互換性を考慮した設計である。

#### b) 所内動力の低減策

補機の動力を低減するため、インバータを使用する計画を進めており、日本ともう1社から見積りの入手を検討している。ボイラ給水ポンプ8台の内、2台をインバータ化する。このインバータはドイツ KSW 社より購入が決まっている。ボイラ押込通風機、誘引通風機のインバータ化については検討を始めた段階。今までに日本側の診断などで指摘されてきた事項を、具体化すべ

く動き出している。

### c) 環境対策

電気集塵器（ESP）は設置されている。脱硫・脱硝は高価であり、現状では設置計画はない。排ガスの環境測定値の実績は、モンゴル基準値以内にある。

## (6) 発電所の人材育成制度と今後の課題

### 1) 発電所人材育成制度の現状

第2, 3, 4 発電所の現地調査で、発電所の人材育成制度は、「モ」国エネルギー省エネルギー開発センター傘下の組織である教育センターでの教育を中心として制度化されている。教育センターは、1964年に設立され、約50年の歴史をもつ。1998年からはドイツ技術協力公社（GTZ）の支援を受けて、エネルギー関係の発電所関連技術の指導者を育てるプロジェクトを実施し、35名のエンジニアの専門教育を実施した。センター内には数カ所の実習設備が前述の援助により設置され、実地に設備を体験できる場として活用できるようになり、人材育成の効果を上げられるようになった。現在教官11名を抱え、電子・送電・溶接等の初等教育・再教育・海外研修前研修等のコースを設置し、エンジニア・一般従業員の教育を行っている。現地調査で判明した各発電所の人材育成の内容は、発電所毎に多少の差異はあるが、纏めると表4-29のようになる。

表 4-29 発電所の人材育成制度

No	項 目	内 容
1	人材教育対象者	人材教育対象者は、大学卒業業者である“エンジニア”と専門学校卒業か義務教育終了者である“一般従業員”であり、それぞれ異なるコースが設定されている。
2	エンジニアの教育	エンジニアの教育は5年毎に一度、2～3週間大学で再教育を実施する。エンジニアは、15年を経ると Selected Engineer、20年を経ると Advisor Engineer となる。Advisor Engineer については、エネルギー省の試験がある。エンジニアはプロジェクトベースで海外研修もさせている。 第4発電所では、エンジニアの中から、将来の幹部候補を選抜し、大学内の研修コースに入れ、経営管理を学ばせている。
3	一般従業員の教育	一般従業員の教育は、エネルギー省の教育センターで行う。4.5日または2か月コースが春・夏・秋にある。科目としては、溶接・ボイラの運転士養成・組み立てなど多岐にわたる。教育終了後、試験を行いその結果を昇給に反映する。
4	新人の教育	新人の導入教育は、発電所内で実施され、社内総合教育をマンツーマンで1週間行った後、4.5～6か月発電所独自のプログラムに沿った研修を実施する、研修終了時点で試験をして合格者が独り立ちする。新人を指導する従業員にも報奨を払い、教育効果を上げる動機づけを行っている。発電所内人事部に、先生（エンジニア）を配置し、毎週1日新人からの相談を受け付けている。

## 2) 今後の課題

JICA による支援が過去から継続的に行われ、現在もシニアボランティアが駐在している第 4 発電所では、日本側からの人材育成に関する支援を表 4-30 のごとく期待している。

表 4-30 発電設備の問題点と対応策

No	項 目	内 容
1	JICA シニアボランティアのような専門家駐在のニーズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第 4 発電所は 1973 年に設立され、1983 年にロシア製発電設備を導入し、運転を開始した。設備は 60 年代、70 年代の技術を使ったもので、相当古いものである。90 年代までは、ロシア人技術者が駐在していたが、90 年以降ロシア人は帰り、現在は「モ」国人が発電所を背負っている。</li> <li>・各国の支援を得て、技術の導入を図っているが、特に日本から導入した技術に対する評価は高い。</li> <li>・また、現在駐在している JICA シニアボランティアの、専門家として実地で「モ」国エンジニアを支援する活動は、まさに OJT であり、第 4 発電所幹部の評価は高い。</li> <li>・このような状況を踏まえ、第 4 発電所幹部は、この JICA シニアボランティアの継続的駐在を希望している。</li> </ul>
2	WS 開催による新技術導入・日本での研修の必要性	JICA の研修で毎年 2～3 名のエンジニアが日本で教育を受けさせてもらっている。エネルギー省教育センターは一般従業員のためのものなので、日本での研修は今後も必要であると希望している。

第 4 発電所では、JICA 支援による発電設備改修等の事業で、日本の優れた CCT 技術の適用が図られてきたが、この CCT を発電所エンジニア・一般従業員に維持・拡大する人材育成は行われていないように見受けられた。また、教育センターのカリキュラムにも、日本の CCT をテーマとしたものはない。日本の優れた CCT を「モ」国発電所に根付かせるためには、人材育成を「モ」国自身の手で実施することが必要であると考ええる。

前述したごとく「モ」国での発電所エンジニア・一般従業員の人材育成は、エネルギー省教育センターで行われている。教育センターでの人材育成はまず、他国の支援を受けての教授陣の育成から始まるのが通例である。今後日本の CCT の「モ」国への移転については、まず、教育センターでの教授陣の育成から着手することが好ましいと考える。この教授陣の育成後、「モ」国教育センターでのエンジニア・一般従業員の人材育成が行われるという運びとなる。当該教育センターも日本の CCT 移転／移管を目指した人材育成に対しては、歓迎の意向を示している。

その CCT 移転のなかでも、特に重要なのは、発電所の O&M (Operation & Maintenance) に関するものである。日本では、適正な O&M を通じて、40 年を過ぎても、発電所創設当時の効率を維持している発電所が多数ある。この維持管理に関する人材育成が「モ」国発電所にとっては最も有用であると考ええる。

#### 4.1.2 HOB 及び産業ボイラ

「モ」国における HOB は、歴史的には 1950 年代に学校、病院等に熱供給する設備として登場した。HOB には温水を供給するボイラと蒸気を供給するボイラの 2 種類あるが、ほとんどが温水だけを供給するボイラである<sup>39</sup>。また同資料によると Ulaanbaatar 市の HOB 及び工場で使用される石炭量は年間 13 万 t 程度で Ulaanbaatar の第 2,3,4 発電所で使用される石炭量の 3% 程度に過ぎないが、大気汚染物質である煤塵 (PM<sub>10</sub>; 10 ミクロン以下の煤塵量)、硫黄酸化物 (SO<sub>2</sub>)、一酸化炭素 (CO) の大気汚染物質の単位石炭当たり放出量は発電所のボイラに比べかなり大きい。「モ」国の主力発電所である第 4 発電所のボイラと Ulaanbaatar 市内 HOB の単位石炭当たりの大気汚染物質排出量を表 4-31 に示す。

表 4-31 大気汚染物資の排出係数

	排出係数 (汚染物質排出量/石炭使用量) (kg/t)				
	TPS (全煤塵)	PM10	SOx	NOx	CO
第 4 発電所	2.90	1.89	2.20	3.90	0
HOB	32.88	21.37	6.96	1.69	72.89

出典：JICA/数理計画報告書 (2012 年 6 月付) モンゴル国 Ulaanbaatar 市大気汚染対策能力強化プロジェクト

表 4-31 から明らかなように発電ボイラに比べ HOB は NO<sub>x</sub> 以外の大気汚染物質の排出量が多い。尚 HOB の NO<sub>x</sub> 発生量が少ないのは燃焼温度が低いことで、その結果多量の CO が発生しているものと考えられる。

##### (1) Ulaanbaatar 市内の HOB 及び産業ボイラ

Ulaanbaatar 市の HOB 及び産業ボイラの現状調査として 2012 年 6 月に ANU Service 社第 72 学校の HOB と MCS 社ビール工場の産業ボイラを訪問した。

##### (a) HOB の例

ANU Service 社第 72 学校の写真を図 4-13、図 4-14 に、設備仕様を以下に示す。

##### 1) HOB 本体及び集塵装置

運転開始：2006 年

型式：EKOEFEKT—600 (ハンガリー製)

容量：600 KW

圧力：0.2 MPa

温度：90 °C

##### 2) ポンプシステム

製造：中国製

<sup>39</sup>出典：JICA/数理計画「モンゴル国 Ulaanbaatar 市大気汚染対策能力強化プロジェクト報告書」(2012 年 6 月付)

設計圧力：1 MPa



図 4-13 HOB 本体及び集塵装



図 4-14 ポンプシステム

### (b) 産業ボイラの例

MCS 社ビール工場に設置されている熱併給産業ボイラの写真を図 4-15、図 4-16 に示す。ボイラの仕様は以下のとおりである。

製造：中国製

運転開始：2007 年

蒸発量：4 t/h

蒸気圧力：1.25 MPa

蒸気温度：飽和

発生蒸気は工場内で使用するとともに間接熱交換器により 40～70℃ の温水を作り暖房用として使用している。ボイラ出口には節炭器及び集塵装置が設置されている。



図 4-15 産業ボイラの側面



図 4-16 産業ボイラ後部

### (2) HOB 及び産業ボイラの運用状況システム

調査した HOB と産業ボイラの概略システムを図 4-17 及び図 4-18 に示す。ボイラの運転は原炭を運転員が手動で供給し火格子上で固定燃焼する構造となっている。通風設備として誘引通風機が設置されており燃焼室内を負圧力として燃焼用空気を導入するとともに燃焼排ガスを煙突より排出



できるシステムになっているが、燃焼制御は手動である。排ガス中に同伴される煤塵の除去にはサイクロンセパレータが設置されているが、捕集された煤塵を系外に排出する時のガスシール装置が設けられていないので、運転中に捕集灰を系外に排出する時には灰の再飛散が起こるものと考えられる。

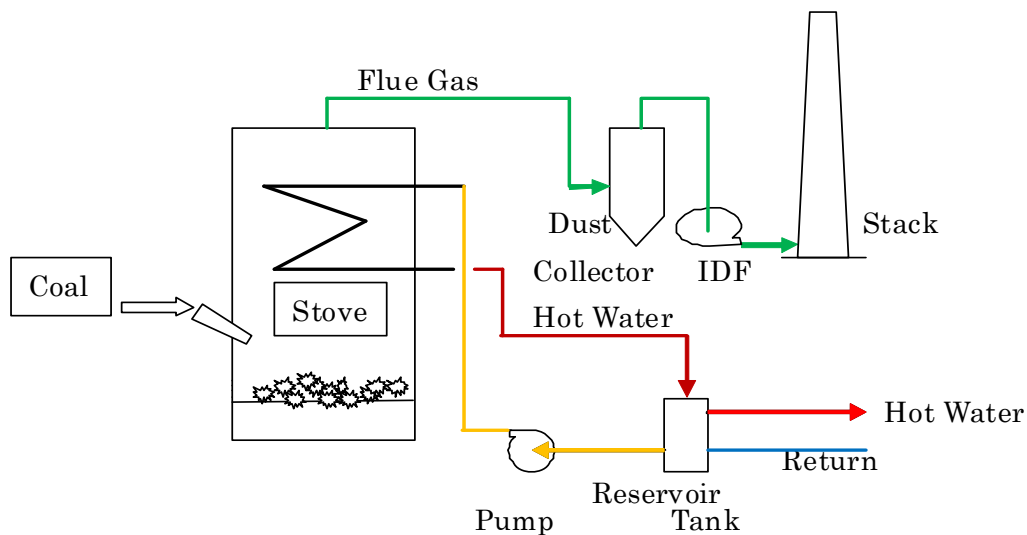


図 4-17 HOB 熱供給系統 (例)

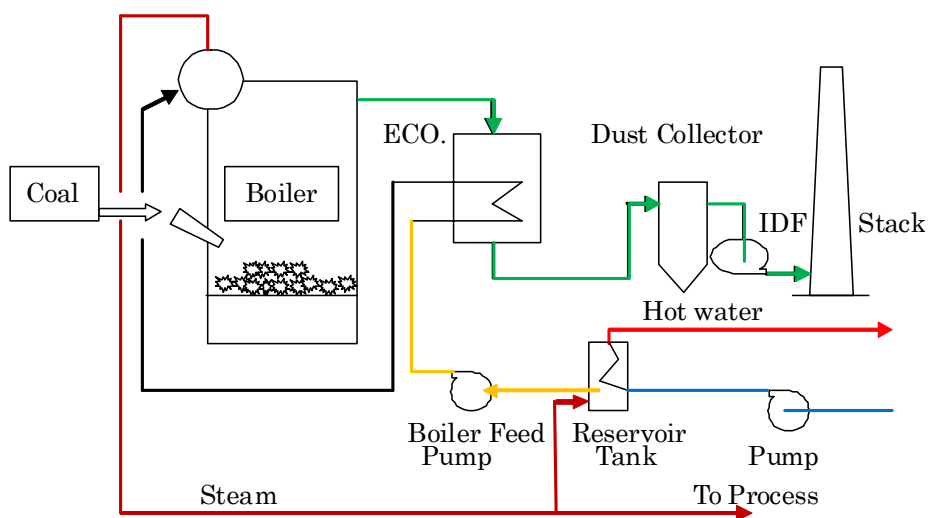


図 4-18 産業ボイラ熱供給系統 (例)

### (3) 運転データと HOB 熱効率

JICA が「モンゴル国 Ulaanbaatar 市大気汚染対策能力強化プロジェクト」で 2011 年に測定した Ulaanbaatar 市内の HOB におけるボイラ出口ガス中の  $O_2$  濃度は 12~18%程度で、発電用ボイラの

3～5%に比べ大幅な空気過剰で運転されている。また Aimag Central Heating System での HOB 熱供給システムの熱効率は、平均的には 30～40%程度<sup>40</sup>と想されており、HOB の熱効率が低いことに加え温水供給配管での熱損失が大きいことによる。同報告書によると温水供給配管での熱損失を 15～20%と想定しており、配管での熱損失を含まない HOB の熱効率は 45～60%程度と予想される。

#### (4) 改善提案

HOB の熱効率は次式で定義される。

$$\eta_B = (1 - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6) / H_h) * 100 \%$$

ここで、

$\eta_B$  : HOB 熱効率 (%)

$L_1$  : HOB 出口乾排ガス損失 (kJ/kg 石炭)

$L_2$  : 石炭中の水素分の燃焼による水分の蒸発熱損失 (kJ/kg 石炭)

$L_3$  : 石炭中の水分の蒸発熱損失 (kJ/kg 石炭)

$L_4$  : 燃焼空気中の湿分による熱損失 (kJ/kg 石炭)

$L_5$  : 不完全燃焼 (CO 生成) による熱損失 (kJ/kg 石炭)

$L_6$  : 未燃分による熱損失 (kJ/kg 石炭)

$L_7$  : 放射熱損失 (kJ/kg 石炭)

$L_8$  : その他損失 (kJ/kg 石炭)

$H_h$  : 石炭の高位発熱量 (kJ/kg 石炭)

熱効率を改善するには HOB から外部に捨てられる熱損失を低減する必要があるが、一般に熱損失の大半は  $L_1, L_2, L_3$  が占めており、HOB 出口排ガス温度、排ガス中の  $O_2$  濃度及び石炭中の  $H_2$  や水分量に影響される。全水分 35%、発熱量 3500kcal/kg の褐炭を対象に、排ガス中  $O_2$  濃度及び HOB 出口ガス温度を変化させた場合の熱損失 ( $L_1, L_2, L_3$  合計値) について試算した例を図 4-19 に示す。熱損失を減らし、熱効率を改善するためには図 4-19 に示すとおり燃焼空気量を絞った運転が必要である。空気量を絞ると燃焼室の温度が上昇し、石炭の乾燥や燃焼速度の向上により燃焼に適する環境となるが、絞りすぎると CO 発生や灰中に同伴される未燃のまま排出される炭素分の増加に繋がり  $L_5, L_6$  で示される熱損失を増加させることから、燃焼ガス中の  $O_2$  濃度を適正に保つ運転が必要である。また HOB の構造によっては燃焼室の耐熱温度の制限から、空気量をどこまで絞れるかが決まることもある。適正な  $O_2$  濃度で安定運転するには、給炭量に見合った空気量が同時に供給されることが必要であり、そのためには石炭を自動供給できる給炭設備と燃焼空気量を自動調整できる燃焼制御装置を設ける必要がある。

また、熱効率低下に影響する因子に伝熱管の汚れがある。伝熱管は燃焼排ガス中に含まれる灰分の付着により経時的に熱吸収量が低下し HOB 出口排ガス温度が上昇する。この温度上昇をできるだけ抑えるには伝熱面をクリーンな状態に保つ必要があり、伝熱管のハンマーリングや、ジェット水洗浄等によりクリーニングすることも必要である。それでも所定の性能を達成できない場合には HOB の伝熱面積を追加するか(産業ボイラでは節炭器の伝熱面積追加でも可) または HOB

<sup>40</sup>出典：2012年6月30日付け ADBTA No. 7619-MON “Updating Energy Sector Development Plan “

出口に空気予熱器を設置することが必要である。性能試験を実施し現状の運転状況进行评估する必要があるが、効率改善のためにクリーニング装置と伝熱管の追加設置を提案する。

調査した HOB 及び産業ボイラは固定火格子での燃焼となっているので、石炭に均一に燃焼空気を供給することが難しく、結果的に過剰の空気を供給しているものと思われ、適正空気量で燃焼効率を高めるためにストーカまたは流動床燃焼に改造することを提案する。

燃焼飛灰捕集サイクロンセパレータの下部ホッパには、HOB 運転中に排出できるようロータリーバルブや2重ダンパーのようなシール設備を設けることを推奨する。

大気汚染対策を小規模な HOB に実施するのは、技術的にもまた経済的にも難しい点があるが、効率改善は技術的に容易で、効率改善により石炭量低減による経済的効果もあり、更に CO<sub>2</sub> 削減につながることから、前述の熱効率改善提案を早期に実施されるよう推奨する。

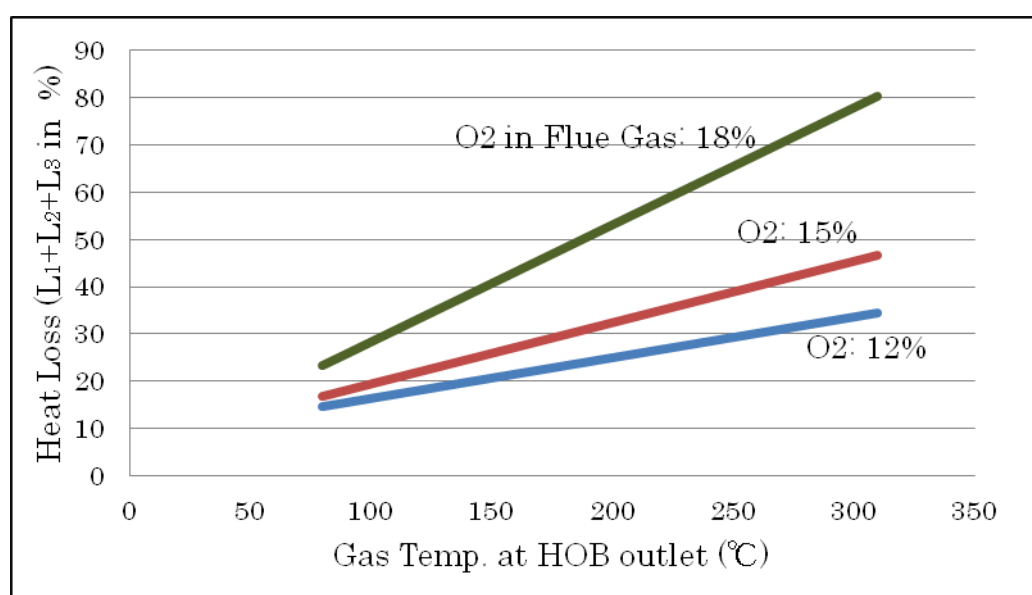


図 4-19 HOB 出口ガス温度と熱損失

## (5) 熱供給の今後の展望

### (a) HOB

現状の HOB は熱効率が低くまた現有の大型ボイラに設置されている脱硫装置や脱硝装置を小型化し HOB に設置するのは設備費、運用面で不適切と考える。熱効率を改善した HOB を設置するとしても、排ガスの環境対策が難しい HOB に、石炭を燃料とするのは不向きで、ガスや灯油の様な一般に言われるクリーンな燃料にすべきと考えるが、現在「モ」国で進められているブリケットを燃料とすることも中間的な位置づけとして有効と考えられ、ブリケット製造技術の確立が待たれる。

### (b) 発電設備からの熱供給

発電所のタービン抽気蒸気を利用する熱供給システムは、タービンで仕事しエネルギーレベルの低くなった蒸気を活用し、特にその潜熱を利用できるためプラント全体の熱効率向上に有効である。Ulaanbaatar 市内でも第 2、3、4 発電所から熱供給されているが、今後も学校、病院更に大

型マンション群の広範囲に熱供給できるよう建設計画と協調しながら供給範囲を広めるべきと判断する。現状の発電所からの熱供給ネットワークに、改善提案の熱供給ネットワークを図 4-20 に示す。

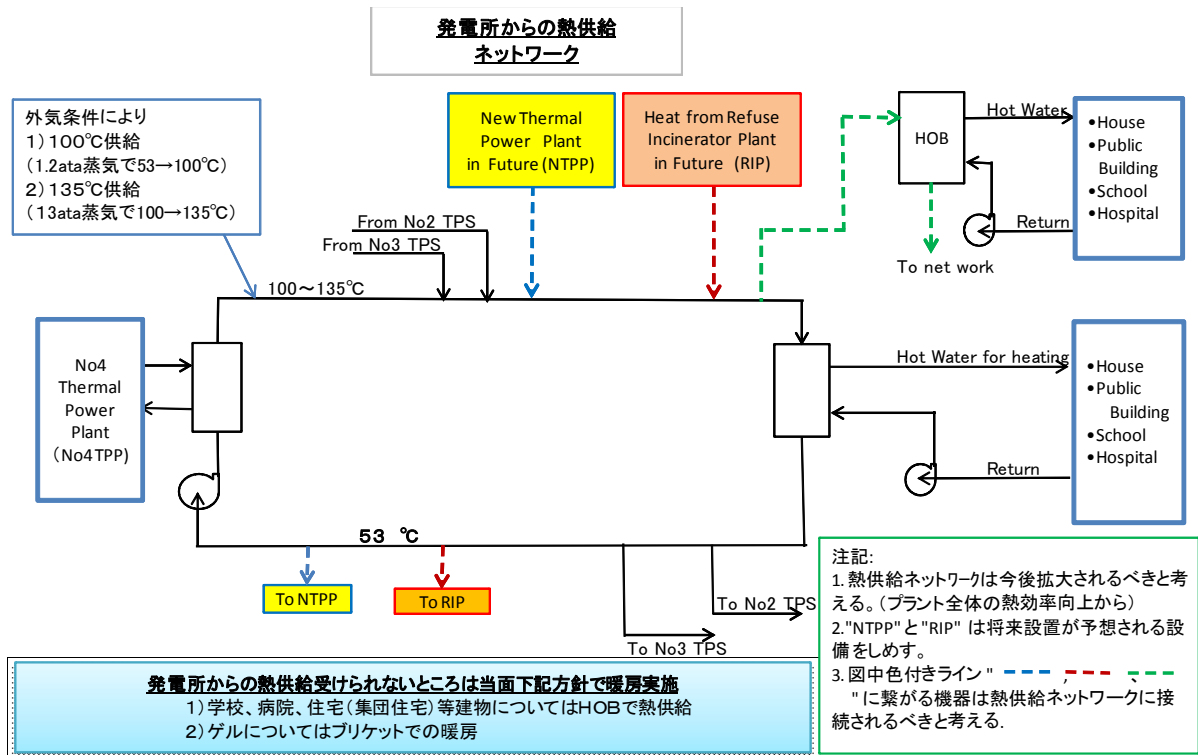


図 4-20 熱供給ネットワーク

### (c) ごみの有効活用

Ulaanbaatar 市には短期の移動を含めて約 150 万人が居住しており、企業も 6 万社を超えている。都市ごみは経済成長に密接に関係しながら増加し、特に経済発展途上にある国では急速にごみの発生が増加している。Ulaanbaatar でのごみ発生量は、現在 1500~1800t/d (年間 45 万~50 万 t) 発生しており、西部 (Narangiin enger)、東部 (Tsagaan dawaa) 及び南部 (Moringiin dawaa) の処理場で埋め立て処理されているが、今後更に増加するものと予想されている (アジア圏でも毎年ごみ発生量は 10%程度増加すると予想されている<sup>41)</sup>)。東部埋立地には 2013 年末完成予定でゴミ処理場の建設が進められており、可燃物、不燃物、リサイクル品に分別し、可燃物は焼却処理される計画であるが、燃焼廃熱の回収は計画されていない。可燃ごみの発熱量については今後の調査が必要であるが褐炭の半分程度の発熱量と予想され、仮に上記ごみ発生量の 1/3 が可燃ごみであるとするなら、2011 年の Ulaanbaatar 市にある HOB で使用された全石炭量の 1/2 程度の熱エネルギーを有していると予想され、発電や熱供給用に有効活用することを提案する。

本提案は「モ」国政府が発表した優先的に実施される大型事業の内容」(参考資料 1.1.3 参照)にも盛り込まれているので、「モ」国の今後の検討を期待する。

<sup>41</sup> 出典：世界の廃棄物発生量の推定と将来予測に関する研究 (田中勝 (株) 廃棄物工学研究所、2011)

#### 4.1.3 民生・公共事業・運輸部門<sup>42</sup>

##### (1) 概要

民生・公共事業・運輸部門での石炭利用内容は発電所や HOB からの温水供給がないところでの住宅・事務所の熱源となっており、暖房用、厨房用としてストーブで石炭を燃焼させている。

都市部、特に Ulaanbaatar 市には年々遊牧民が集中し、馬糞、牛糞等を燃料として使用していたストーブを持参し、それで石炭を燃やすために不完全燃焼による大気汚染問題が近年増加してきている。この原因の一つには Ulaanbaatar 市の地形上の問題がある。Ulaanbaatar 市は Tuul 川を挟んで両側を山で囲まれた盆地になっており、冬場で無風状態の場合、朝方一斉にストーブで石炭を燃やすため、不完全燃焼による炭塵、排気ガスが大気に放出され、空中に滞留する状態になる。これは 1952 年に特に大きな被害を発生させたロンドンスモッグ<sup>43</sup>と似た状況で、健康被害も報告されてきている。

その他の欧州諸国、日本も同じ頃に一般家庭用の石炭燃焼による大気汚染問題が発生し、ハウスコックスと呼ばれる半成コックスの開発が進んだが、各国とも同時期に石油への燃料転換が経済的に可能になったため、石炭燃焼よりも大幅に大気汚染度は改善された。一方「モ」国の場合は石炭以外の化石燃料は輸入に頼らざるを得なく、石炭消費者が低所得者層に多い現状下では、-15～-40°C に達する極寒時に安価な石炭を如何にクリーンに燃やすかが重大課題である。

この対策案として国・市は石炭生産量に対して大気汚染税（1,000 Tg/t）、外国のファンド等の財源によりハウスコックス等の新燃料、新型ストーブの普及を積極的に図ってきている。

表 4-32 より 2010 年での Ulaanbaatar 市でのゲル、一戸建て住居は 16.1 万世帯である。また、年間石炭使用量は 66.8 万 t、HOB での年間使用量は 13.4 万 t に達している<sup>44</sup>。一方 2012 年～2013 年の冬季間でのハウスコックス等新燃料の供給量は最大でも 2 万 t 以下で、予想よりもはるかに少ない。課題と対策については 4.3.6 (3) で述べる。また新型ストーブは全設置数 16.4 万台に対して 9 万台で約 55% の普及率となっている。また Ulaanbaatar 市への人口集中は現在も尚続いており、大気汚染ばかりでなく交通渋滞を含めた社会・経済インフラの見直しに迫られている。地方都市への人口分散化政策が重大課題となっている。

<sup>42</sup> 「民生・公共事業・運輸部門」の分類は統計資料からのもので、すべて厨房、暖房用に使われているので、ここでは一括して扱っている。

<sup>43</sup> ロンドンは冬に濃い霧が発生する事で知られているが、19 世紀以降の産業革命と石炭燃料の利用により、石炭を燃やした後の煙やすすが霧に混じって地表に滞留し、スモッグと呼ばれる現象を起こして呼吸器疾患など多くの健康被害を出していた。特に 1952 年のスモッグは最悪で、人々は目が痛み、のどや鼻を痛め咳が止まらなくなった。大スモッグの次の週までに、病院では気管支炎、気管支肺炎、心臓病などの重い患者が次々に運び込まれ、普段の冬より 4,000 人も多くの方が死んだことが明らかになった。その多くは老人や子供や慢性疾患の患者であった。その後の数週間ですらに 8,000 人が死亡し、合計死者数は 12,000 人を超える大惨事となった。

<sup>44</sup> JICA 事業「モ」国 Ulaanbaatar 市大気汚染対策能力強化プロジェクト プロジェクト事業進捗報告書(第 3 号) (数理計画)、P21、27～28 から抜粋。

表 4-32 ゲル地域における 2010 年ホロー<sup>45</sup>別人口・世帯数

ホロー（地区名）	ゲル地域						
	ゲル居住		建物居住		ストーブの設置数量		
	世帯数	人口	世帯数	人口	ゲルストーブ <sup>46</sup>	壁ストーブ <sup>47</sup>	合計
Bayangol	5,921	24,088	6,174	22,546	6,045	6,304	12,349
Bayanzurkh	22,582	86,954	21,548	85,898	23,056	22,000	45,056
Sukhbaatar	7,776	32,966	11,590	44,769	7,940	11,834	19,774
Songinokhairhan	19,700	86,687	21,731	97,457	20,114	22,187	42,301
Chingeltei	7,189	32,522	18,244	84,100	7,340	18,627	25,467
Khan Uul	6,428	23,019	12,236	45,922	6,563	12,493	19,056
合計	69,596	286,236	91,523	380,692	71,058	93,445	164,003

出典: JICA/数理計画報告書（2012年6月付）「モ」国 Ulaanbaatar 市大気汚染対策能力強化プロジェクト

ホロー別人口データ：市役所統計局 2009 年をもとに 2000 年～2007 年の人口平均増加率 4.9%を加算した。

ストーブの数量：市統計データ、World Bank Ger Area Heating

## (2) 新燃料の状況

### (a) 概要

現在、石炭に代わる新燃料として国と Ulaanbaatar 市が新燃料の普及に努めている。特にハウスコークス<sup>48</sup>と呼ばれているのはセミコークスとセミコークスブリケットを示している。表 4-33 に新燃料の分類を示し、表 4-34 に新燃料の 2012 年の供給計画を示す。

表 4-33 新燃料の分類

「モ」国標準規格上の分類名	通称	備考
おがくず圧縮燃料		日本ではオガ炭と呼ばれ、着火材としても使用される。
石炭圧縮燃料	石炭ブリケット	石炭の粉炭を成形したもので石炭と燃焼時の排ガス特性はほぼ同じ。
セミコークス化した無煙圧縮燃料（ハウスコークス）	セミコークス	石炭を低温乾留した塊状のもの。ブリケット工程がないので安価に作れる。
	セミコークスブリケット	石炭を低温乾留してできた粉炭を機械成型したもの。

出典：MNS 5679：2011、MNS 5679-1:2011、JCOAL 調査団作成

<sup>45</sup> ホローとはモンゴル語でウランバートル市の地区を総称している。

<sup>46</sup> ゲルストーブとはゲル内に設置したストーブ

<sup>47</sup> 壁ストーブとは家屋に設置されたストーブで、排煙を壁の内部を伝わって外部に出している構造で室内の暖房を効果的にしている。

<sup>48</sup> モンゴル語でセミコークスをハウスコークスと似たような発音をするので紛らわしいが、ここでは敢てハウスコークスを家庭で使用する乾留炭燃料の総称とした。

表 4-34 新燃料の販売計画状況 (2012 年現在)

Name of Manufacturer	Production capacity (t)	Supply volume (t)
Wooden Briquette		
Warm Energy		800
Dulaan Agaar		1,200
golden Blasé		500
Khairkhan buyant		800
Wooden briquette plant		2,500
Tara		680
Tenote		1,000
MNNBD		400
Semi-cokes		
MAK	75,000	6,000
Semi-cokes Briquette		
Sharin Gol Energy	15,000	5,000
No.2 TPS	100,000	0
Total		18,880

出典 : Ministry of Mining Strategic policy and planning department at MONGOLIA – JAPAN GOVERNMENT AND PRIVATE SECTOR 6th FORUM, 2013

## (b)ハウスコークス

### 1) セミコークスの概要

石炭とセミコークスブリケットを「モ」国の既存ストーブで燃焼試験をした結果、発生炭塵量は約 1/3 に減ることが実証されている<sup>49</sup>。その理由は石炭を約 500~600°C にて低温乾留することにより石炭が本来持っている揮発分を減らし、不完全燃焼による炭塵発生量を低減できることによる。一方、残留揮発分の量により、着火性に影響が出るため、モンゴル規格では揮発分を 18% (daf ベース) 以下としている。表 4-35、表 4-36 に新燃料のモンゴル規格を示す。セミコークスのまま出荷しているのは 2012 年現在 MAK 社のみであり、MAK 社の製造工場の詳細は 4.1.4 (a) で述べる。

MAK 社のセミコークスの粒度は+20mm で、-20mm は一部を自社使用し、一部をセミコークスブリケット用として他社に売っている。セミコークスはセミコークスブリケットと比較して、製造コストが約 30%安く、消費者の評判も良くなってきており、今後とも両方が市場に出ると予測される。

図 4-21 に乾留前の原炭、図 4-22 にふるい分け前のセミコークスを示す。

<sup>49</sup> NEDO 平成 18 年度 国際石炭利用対策事業報告書 「クリーン・コール・テクノロジー実証普及事業 (FS) モンゴル石炭改質・燃焼技術検討調査事業」



図 4-21 乾留前の原炭



図 4-22 ふるい分け前のセミコークス

表 4-35 セミコークス以外のそれぞれの新燃料のモンゴル規格

燃料名	全水分	硫黄分量 (ad)	揮発分 (daf)	灰分 (ad)	発熱量 (gar)	サイズ	強度 <sup>50</sup>
石炭圧縮燃料	15% 以下	1.0%以下	-	38% 以下	3,800kca/kg 以上	-	80%以上
セミコークス化した無煙圧縮燃料	10% 以下	1.0%以下	18% 以下	38% 以下	4,500 kca/kg 以上	40 mm 以上	85%以上
おがくず圧縮燃料	10% 以下	-	-	5% 以下	4,000 kca/kg 以上	-	80%以上

出典： MNS 5679:2011

表 4-36 セミコークスのモンゴル規格

燃料名	全水分	硫黄分 (ad)	揮発分 (daf)	灰分 (ad)	発熱量 (gar)
石炭セミコークス燃料	20% 以下	0.8% 以下	18% 以下	25% 以下	4,800kcal/kg 以上

出典： MNS 5679-1:2011

## 2) セミコークスブリケット

セミコークスブリケットは粉状のセミコークスにバインダーを添加して機械成型したものである。キルン式乾留炉では石炭を約 5mm 以下に破碎し、乾留しなければならないので、成形工程が必要であり、移動式乾留炉の場合約 20mm 以上はセミコークスとして出荷できるが、20mm 以下の粉炭はストーブでは燃焼性が悪いので、これも成形工程が必要である。

またセミコークスブリケットを製造しているのは SE 社、UOOM 社があり、また現在建設中の第 2 発電所がある。図 4-23 に SE 社のセミコークスブリケットの製品、図 4-24 に袋詰めを示す。

<sup>50</sup> 圧縮燃料の頑丈さを確定するのに、「落下テスト」を利用する。製品から 5 つ、6 つの試料を採取して、1.5m の高さから石床や頑強な床に落下させる。落下した試料製品の中から 25 mm 以上の大きさの部分を集めて計量する。





図 4-23 SE 社のセミコークスブリケット



図 4-24 30kg 袋詰め

### (c) おがくず圧縮燃料

これは製材時に発生するおがくずを圧縮して固めたもので、バイオマス燃料である。これを単独で燃やす場合は既存のストーブでも大気汚染の問題はないが、熱量がハウスコークスに比べ劣り、一般的には石炭ストーブの着火材として使用されている。図 4-25 にはおがくず圧縮燃料の製品を示す。



図 4-25 おがくず圧縮燃料

## (3) ストーブ改造の現状

### (a) 従来ストーブ

従来ストーブは遊牧民が乾燥した家畜の糞を燃焼させるための構造で、日本では一般にまきストーブと呼ばれ、石炭をより完全に燃焼させるには不適である。図 4-26 はゲルストーブで一般的に暖房用と厨房用を兼ねている。冬場は熱を絶やさないために朝方着火させると、石炭を継ぎ足す方法で熱を維持するとともに、調理する場合は上の蓋を取り、鍋類を乗せている。ストーブ内での不完全燃焼による排ガス中に炭塵を含む黒色の煙が排出されるばかりでなく、ゲル内では石炭の追い焚き時の CO や炭塵の発生が健康上問題を生じている。

図 4-27 は一戸建て住宅で使用しているストーブで、排気を壁の中を通して、部屋全体の暖房に使っている構造のため「壁ストーブ」とも呼ばれている。これもストーブの構造はゲルストーブと同じであるので、大気汚染、室内汚染の問題を起こしてきている。



図 4-26 従来のゲルストーブ



図 4-27 一般住宅用の壁ストーブ

#### (b) 新型ストーブの普及状況

ストーブの改造、新型ストーブの導入は世銀を初め多くの海外ドナーが提案、調査、啓蒙、普及に向けた活動を実施してきている。特にその中で新型ストーブの普及に貢献しているのは MCA (Millennium Challenge Account-Mongolia) の中の Clean Air 事業であり、4,720 万 US\$ のファンドで実施中である。2013 年の事業終了時にまでに 97,000 個のトルコ製ストーブ交換を予定しており、2012 年現在までに 90,000 個を交換している。図 4-28、図 4-29 に新型ストーブの一例を示している。それぞれの評価は現在の所一様ではないが、石炭消費量は少なくなっている。



図 4-28 新型ストーブ (トルコ製)



図 4-29 新型ストーブ(中国製)

#### (4) 国・市の普及支援策

Ulaanbaatar 市の大気汚染対策として、国、市は税金ならびに海外ファンドを財源にハウスコークス、新型ストーブの普及に力を入れてきている。

##### (a) ハウスコークス

図 4-30 はハウスコークスの場合のそれぞれの販売・収入・補助金額の一例を説明している。図において緑の矢印は物流を示し、青の矢印は支払を示し、数字の黒字は 2011 年、赤字は 2012 年

の予定額を示している。消費者へのハウスコークス価格は現在の石炭の市場価格とほぼ同等としている。

その結果、Ulaanbaatar 市は製造者販売価格の約 47%を負担していることになる。一方、製造コストと市の補助との間には差はまだ大きく、民間会社としてはハウスコークス製造に経済的な魅力がないのが現状である。

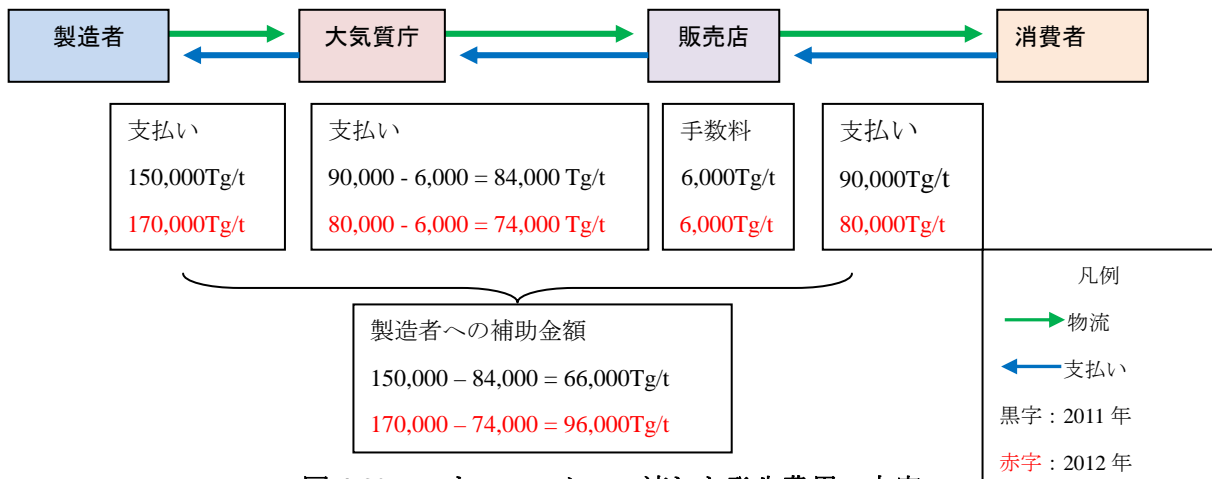


図 4-30 ハウスコークスの流れと発生費用の内容

(b) 新型ストーブ

新型ストーブの販売価格はゲル用が 25,000Tg、一戸建て住居用が 50,000Tg となっている。(実際のストーブの値段はこの約 10 倍しているので、かなりの補助金が出ていると推測する。)

(5) 課題

(i)ハウスコークス、新型ストーブの効果の実証

市は Bayangol 地区をハウスコークス使用地区に指定し、その他を新型ストーブ設置地区に分け普及を図っている。Bayangol 地域の石炭使用量は約 5 万 t であるが、2012 年冬期のハウスコークス等の新燃料の供給量は約 2 万 t 以下であり、対象地域への供給量は不足している。また Ulaanbaatar 市全体では約 60 万 t が必要で、国と市は普及に向けた政策立案が最重要課題である。

(ii)民間ハウスコークス製造者が積極的に製造する意欲を持たせるために、製造コストに見合う補助金額を設定すべきである。

2025 年までのセミコークスの需要量については 4.3.3(6)に示しているが、セミコークスは短・中期間での大気汚染問題削減には有効ではあるが、対策としてはこれだけでは不十分である。ポストセミコークスは石炭ガス化による新燃料製造が有望であるが、実現に向けてどう進めていくべきかが課題となる。

#### 4.1.4 ハウスコークスの製造状況

##### (1) MAK 社

セミコークス製造を行っている MAK 社のエルデフ炭鉱近くにある乾留工場（図 4-31）を説明する。

##### (a) 概要

- ・ 2010年6月建設開始、2011年3月運転開始。1年間運転して2012年3月に停止。
- ・ 乾留炉は直径3m、高さ11m x 3基。乾留炉のセミコークス製造能力は3.5~4.5t/hr/基、75,000t/年の能力、約120,000tの石炭が必要。
- ・ セミコークス製造時にはタールとガスが生成。タールは中国に売却、ガスは工場で利用。
- ・ セミコークスは30kgの袋詰めでUlaanbaatarに輸送。主にゲル地区の暖房用として利用。
- ・ 原炭を20~100mmの篩にかけて使用。20mm以下の粉炭は石灰石工場で利用するか、発電所へ販売する石炭に混炭している。
- ・ +20mmが40%、-20mmが60%、20mm以下セミコークスについてはセメント工場等の自家使用以外はUlaanbaatar市のブリケット工場に販売している。

##### (b) 製造プロセス

外に野積みの塊炭をコンベアによりセミコークス炉上部の供給ホッパに運ぶ。供給ホッパの切り替えバルブの操作により、セミコークス炉に石炭を投入する。投入箇所を図4-32に示す。セミコークス炉では空気による部分的な燃焼で温度を約800度以上に高め、その熱により石炭を乾留し、セミコークス化する。乾留炉の燃焼箇所を図4-33に示す。セミコークスは炉の下部にある水槽に落下し冷却された後、コンベアで屋外に取り出される。生成するセミコークス炉ガスは炉の頂部から取り出し、水洗浄塔で冷却される。ここでタール分が分離される。コークス炉ガスの使用内容は下記のとおり。

- 1) セミコークス炉の燃料として再利用
- 2) 石炭乾燥の熱源
- 3) 残りは焼却

尚、セミコークス炉ガス出口の温度は200~300°C、圧力は0.5~1.5kPaである。篩分け前のセミコークスを図4-34に示す。

##### (c) 建設・運転関係

- ・ 工場内の設備は中国製で据え付けも中国、建物はモンゴル側で建設した。
- ・ 技術的指導は2か月間程度中国人の専門家の操作を見て学習した。その後はMAK社で教育している。
- ・ プラントの従業員は55名（1シフト15~18名）で、12時間交代制、24時間操業。トラブル時の対応、メンテナンスはMAK社で行う。
- ・ MAK社のセミコークス製造技術のノウハウは蓄積されてきており、その経験を生かし、ガス化、ディーゼル製造などを検討している。
- ・ セミコークスの品質評価は自分たちで実施して大気質庁に報告。
- ・ 投入炭に対して50~60%がセミコークスになる。タールは4%程度。

- ・ タールは現在 250～300t 残っている（全体の 10% 程度）。利用技術を研究中である。
- ・ 環境問題は十分に注意しており、臭気、粉塵、騒音の問題も今のところない。排水は循環型である。植林も実施している。
- ・ CO 等の測定器はプラントに存在。個人用サンプラーも注文しているところ。作業中頭がふらつくこともあるとのことであり、作業環境には問題があると思われる。

コークス炉ガス組成は 表 4-37 に示す。

表 4-37 MAK 社乾留炉の COG<sup>51</sup>組成 (vol%)

CO2	CmHn	O2	CO	H2	CH4	N2
2.8	0.2	0.2	28.4	13.6	6.6	48.2

出典：乾留炉銘板を参考に JICA 調査団が整理した。

- ・ N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> は空気由来。酸素濃度が低く、空気/石炭比をかなり小さくした操作をしている。
- ・ CO<sub>2</sub> は燃焼で生成。H<sub>2</sub>、CO、CH<sub>4</sub> は乾留（熱分解反応）で生成。鉄鋼用のコークス炉ガスに比べ H<sub>2</sub> 濃度が低く、CO 濃度が高く、C<sub>m</sub>H<sub>n</sub> が小さいのは、燃焼サイドの運転操作条件によるものである。
- ・ 炉内維持温度 200～30°C
- ・ 炉の最初の点火はプロパンを使用。
- ・ 鉄鋼用コークス製造プロセスでは、コークスの収率、タールの収率は概ねそれぞれ 72%、18% である。これに比べて本プラントの収率は低い。この理由は、鉄鋼用のコークス炉が外熱式であるのに対し、本プラントは一部石炭を燃やす（内熱式）方式なので、コークスが少なくガスの収率が高くなったためと思われる。

#### (d) 課題

- ・ MAK 社所有の Erdev 炭鉱が資源枯渇のため近く閉山となり、その後のセミコークス製造の石炭確保は検討中である。自社炭鉱である Khoot 炭鉱でオイルシェール回収事業と併せてセミコークス工場を新規建設する計画も持っている。
- ・ 2012 年の Ulaanbaatar 市へのセミコークスの供給量が 6,000t と少ない理由は製造コストとタールの処理問題である。中国からのタールの引き取りが無くなり貯蔵方法が問題になっている。

<sup>51</sup> COG とはコークス炉から発生するコークス炉ガス（COG:Coke Oven Gas）を示す。



図 4-31 乾留炉全景



図 4-32 乾留炉上部石炭投入箇所



図 4-33 乾留炉中段燃焼箇所



図 4-34 篩分け前のセミコークス

## (2) Sharyn Gol Energy (SE 社)

### (a) 概要

- ・ セミコークスブリケット工場は 2011 年から稼働を開始している。乾留炉は MAK 社と同じ形式の乾留炉 (図 4-35) 1 基で、原炭 6t/h に対して乾留炭 3.5t/h 製造できる。乾留炉の製造メーカーは、中国山西省の太原市時光重型工程有限公司である (図 4-36)。MAK 社と異なるのはセミコークスブリケット製造を当初から志向し、乾留炉とブリケット工程を一貫して持っている。

### (b) 製造プロセス

- ・ 乾留温度は 500~650°C で乾留ガスが 2,000~3,000Nm<sup>3</sup>/h、タールが 3~5% 副生する。タールは電気集塵で分離され、貯められている。中国へ輸出するか、高付加価値化学品の製造を考えている。タール除去した乾留ガスは除湿後に酸化鉄による乾式脱硫を行っている。精製されたガスの一部 (500Nm<sup>3</sup>/h) は乾留炭の乾燥用に使われており、残りは燃焼放散されている。
- ・ 乾留炭はデンプン (3~4%) と NaOH 溶液からなるバインダーによりブリケットマシン (8t/h の能力) で成形後、150~250°C で水分 5% 程度まで乾燥、20kg 梱包で袋詰めにして出荷される。
- ・ 石炭は、Sharyn Gol 炭, Baganuur 炭, Eldev 炭 (MAK 社) の 3 種類を使っており、乾留時間を

炭種によって調整している。バガヌール炭が最もガスが多い（ガス 40%、コークス 60%）。乾留プロセスの参考に図 4-37 を示す。

(c) 建設・運転関係

- ・ 大気質庁へは 2012 年に 2,000t/y ブリケットを販売した。今年は 5,000t/y 販売する予定である。価格は 17 万 Tg/t (125US\$/t) で、販売契約済みである。
- ・ セミコークス単体に比べて、ブリケットにした方が高強度で輸送中に壊れ難いことや、使用時に燃えやすいというメリットがある。その反面、バインダーであるデンプン（100 万 Tg/t）が高価でブリケット化の方がコスト高になる。その対策として、じゃがいもからデンプンを製造する工場建設を検討し、日本にも調査に行った。
- ・ 環境問題について検討していることは、放出しているガスを燃料として利用することであり、3MW のガスエンジン型の発電機の購入契約を締結済み。臭い等で周辺住民から工場への苦情が来ることはない。タールも地下タンクに入れている。市役所から 3 か月毎に検査に来る。市役所へはモニタリング結果を報告している。

(d) 将来計画と課題

- ・ EBRD<sup>52</sup>の日本支社から SE 社に経営指導スタッフが派遣されており、現在鋳物用 30 万 t 規模のコークス工場を 2 か所の建設を検討中。このコークス炉は Non recovery type で元々ドイツの技術であるが、今は中国と豪州がその技術を保有している。ガスやタールの発生が少なく、環境に良い。COG はガスエンジンで発電（発電量；3MW）する予定。
- ・ また SE 社所有の Mogoin Gol の原料炭（7,000~8,000kcal/kg）からコークスを製造する試験も行っている。
- ・ 冬期間のセミコークス製造はタールが凍結するため中止している。それを考慮した最大製造能力は年間 15,000t 程度。



図 4-35 13m 径の乾留炉

Φ3m 半焦炉 (主要参数及技术性能)					
名称	数值	单位	名称	数值	单位
炉膛内径	Φ3000	mm	所用煤种	不粘或弱粘性煤、重介煤	
炉膛高度	80-100	mm	最大鼓风压力	9.61	KPa
煤气产量	2000-3000	Nm <sup>3</sup> /h	耗煤量	-6000	Kg/h
煤气工作压力	≥0.5	MPa	煤气出口压力	-1500	Pa
煤气出口温度	80-120	°C	煤气热值	-10	MJNm <sup>3</sup>
总浮物	≤20	mg/L	半焦产量	-3500	kg/h
家用软化水	PH 值	65-95	焦油产量	3-5	%
	总硬度	≤21	mg/L	制造日期	年 月

太原市时光重型设备工程有限公司

図 4-36 銘板

<sup>52</sup> EBRD: European Bank for Reconstruction and Development、欧州復興開発銀行



図 4-37 乾留プロセス

### (3) 第 2 発電所

#### (a) 概要

第 2 発電所はセミコクス製造用に既存のボイラを改造して、セミコクスを製造、隣接する新設工場でブリケット（成形）にする計画を持っている。現在 1 基目のボイラ改造工事が終了、試験運転を実施している。

既設ボイラの Bottom ash 回収部のみを流動層式の乾留炉に改造。乾留ガスはそのままボイラ火炉で燃焼し、蒸気発生熱源にする。流動層炉は煉瓦構造であり、設備費も安いと思われる。乾留ガスにはタール、フェノール等の要環境対策物質が含まれるが、これらはボイラで完全燃焼されるので、排ガスは通常のボイラと変わらず、コクス製造炉としては環境対策に優れると言える。

#### 1) 設立経緯

第 2 発電所のセミコクスブリケット製造工場設立の経緯は「モ」国のセミコクスに対する普及の政策が伺える。

- ・ 2007 年：計画が立案される
- ・ 2009 年：セミコクスブリケット製造工場の入札公示。
- ・ 2010 年 4 月：「モ」国とロシアのシベリアサモー社の国際コンソーシアムが落札
- ・ 2010 年 11 月：基本仕様が決まる。セミコクス製造量 21 万 t/年とする。

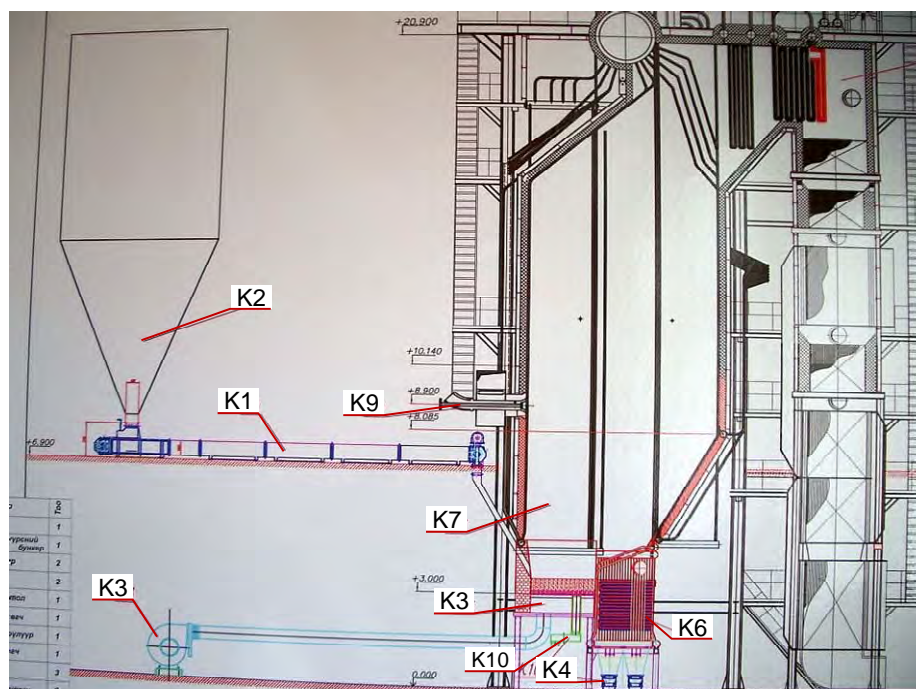


- ・2011年3月：建設開始。
- ・2012年4月：試運転開始。2012年12月までに、試験8回、ボイラ蒸気発生試験2回。セミコークスをブリケットにするブリケット製造工場は約80%完成。
- ・2013年3月現在、セミコークス炉の調整中で未だ製品は出荷していない。

## 2) セミコークス炉設備概要

- ・本プラントは『既設ボイラでの蒸気発生量、従って発電電力量は変えないままで、セミコークス21万t/年を生産する』という思想で設計され、石炭供給量は、既設発電で20万t/年、電力・コークス併産で約40万t/年となる。
- ・改造したボイラで従来と同等の蒸気を発生させ、同時にコークスも製造するため、ボイラでは、従来通りの微粉炭燃焼とコークス製造で発生する乾留ガスの燃焼を実施
- ・既設ボイラの炉底をコークス炉に改造した(図4-38)。
- ・乾留技術：ロシアシベリアサモーチ
- ・乾留方式：流動層式空気部分酸化方式<sup>53</sup>
- ・セミコークス生産量：8~10t/h、石炭消費量：セミコークス製造量の約2倍。

図4-38に既存ボイラ改造図を示し、図の中の赤の部分で改造部を示す。



K1：石炭コンベア、K2：石炭ホッパ、K3：空気ブロワー、K4：セミコークス受入れコンベアー  
 K6：セミコークス冷却熱交換器、K7：空塔部（ボイラ火炉）、K9：既設微粉炭バーナー、K10：コークス炉内物抜き

図 4-38 改造型セミコークス炉

<sup>53</sup> 図、説明、諸討論から JICA 調査団が推定

## (b) プロセス

- ・ 微粉炭（Baganuur 炭）を粒子径 0～15mm に粉砕。これは既設のミルを使用すると思われるが、微粉炭ボイラ用の粒子径は通常平均 0.1mm なので、粉砕の粒度を粗くするためミルの粉砕条件を変更していると思われる。
- ・ 粉砕した石炭をホップ K2 に貯め、ここからコンベア K1 により、乾留炉に投入する（図 4-39）。
- ・ 乾留炉は、流動層式空気部分酸化方式と思われる。分散板の下部から空気を導入し、微粉炭を流動させながら部分酸化（空気不足状態の燃焼、いわばガス化）させる。石炭から揮発分が発生し、この揮発分、及び乾留石炭（セミコークス）の一部が空気により燃えて温度が上がる。温度は 700°C とのことであった。セミコークスは流動層の端に設けた（JCOAL 推定）堰から溢流し、冷却のための熱交換器に入る。
- ・ 熱交換器内に冷却水が通る伝熱管が設置されており、ここで 700°C のセミコークスがある程度の温度まで冷却される。熱交換器は移動層タイプと思われる。熱交換器を出たセミコークスに水をスプレーし、おそらく常温近くまで更に冷却する。このコークスをトラックでブリケット製造工場に運ぶ。
- ・ 流動層で発生した乾留ガスはボイラ火炉を上昇し、ボイラ伝熱管と熱交換され、蒸気を作る。
- ・ セミコークス品質は試運転では約 5,900kcal/kg。ブリケット化では、セミコークスを粉砕し、これにカロリー調節用の灰と、粘結剤の液体ガラスを混合する。製品の発熱量は約 4,500kcal/kg を目標とする。



図 4-39 石炭投入シュート

## (c) 建設・運転関係

- ・ ボイラ改造費用は 200 億 Tg（約 13 億円、ブリケット製造設備を含む）
- ・ 運転体制は乾留炉（ボイラは）1 シフト 3 名×4 シフト、ブリケットは合計 46 名。
- ・ ブリケット製造については政府が 100% 資金を出し（1,400 万 US\$）進めているが、現在調整運転が遅れている。当初 2011 年 8 月には完成予定であったが、2012 年 9 月段階では 1 系統のブリケットラインは完成、残りは 2013 年 3 月に完成予定。
- ・ セミコークスの品質については残留揮発分が少なく着火性に問題がある。ボイラ下部はバブリングタイプの流動層になっており、上部火炉での燃焼不安定の問題がある。流動層部では還元燃焼とし、改造前のバーナ部から完全燃焼用の空気を入れているが安定運転には

至っていない。流動空気を増やせば、層内の微粉が未燃のまま飛散し、流動空気を絞れば層温が上がる問題がある。供給する石炭性状にも大きく左右され、供給石炭の篩分け等の管理が必要と考えている。

- ・ 5号炉の改造、運転が完全になった後に4号炉の改造に入る。

#### (d) 課題

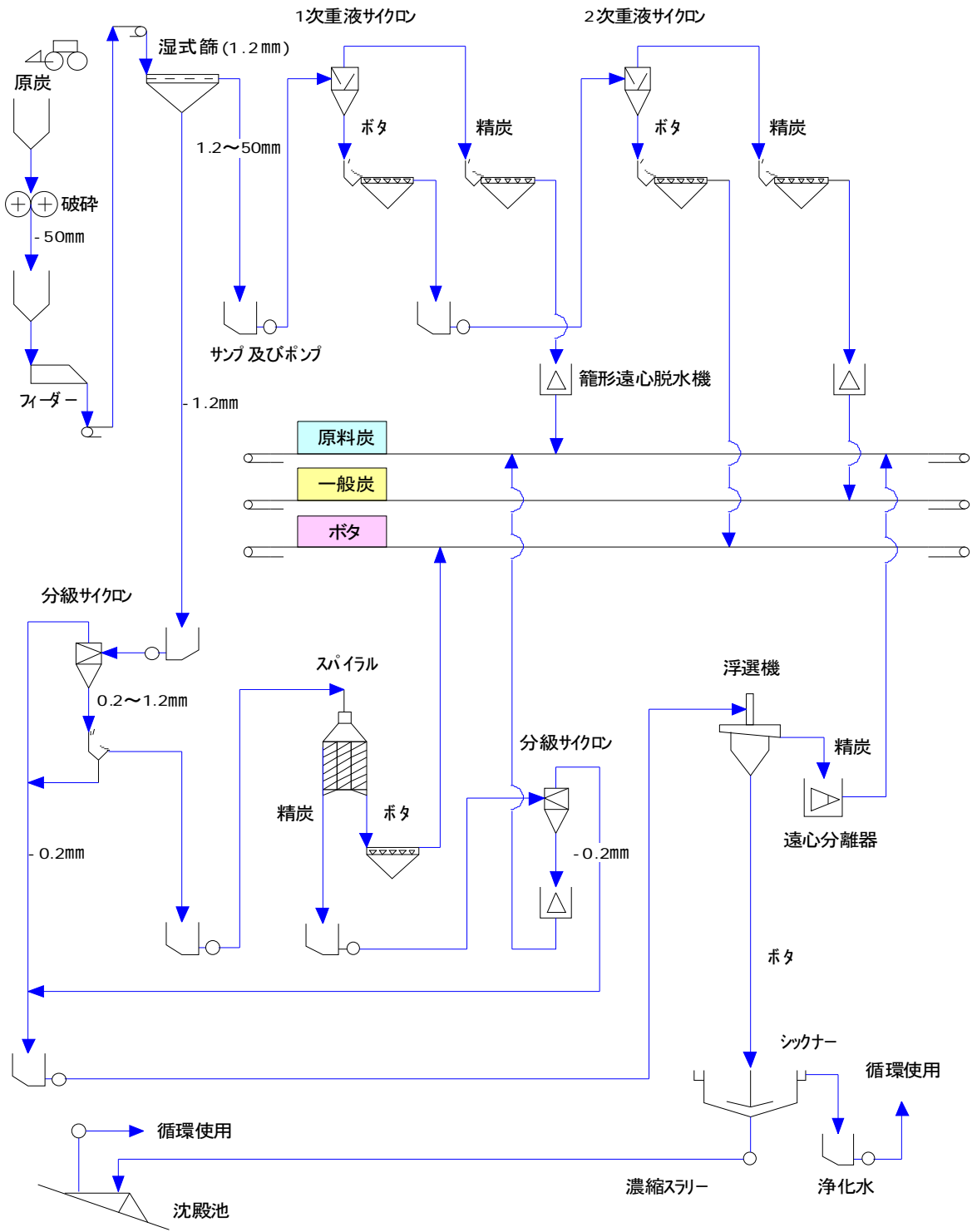
- (i) 流動層の運転・管理が正しくできるかどうかは課題となる。初めての操業なので安定操業にいたるまでには、かなり時間がかかると思われる。特に、温度の制御が重要で、高すぎると灰のクリンカが生成し、流動しなくなるので、運転は停止することになる。試運転期間に徹底的に学習することが大事である。
- (ii) 粉炭を使うことにより、ブリケット化が必要となり、そのコストをよく検討する必要がある。塊状の石炭を乾留し、セミコークスとして商品化する方式もあるが、これはコークスもそのままストーブで使える大きさの塊状で生産する。セミコークスとセミコークスブリケットの比較は今後必要になる。
- (iii) 第2発電所のセミコークス製造は国家的な事業であり、早期に問題解決し当初の生産目標を達成するのが新政権の最大課題となっている。「モ」国政府から、第2発電所のセミコークス製造支援に向けた技術支援のための専門家派遣の要請が JICA 調査団にあった。

### 4.1.5 選炭技術の現状分析と改善可能性の検討

#### (1) 選炭工場の現状

##### (a) UHG (Ukuhaa Khudag) 炭鉱

UHG 炭鉱の選炭工場 (図 3-7 参照) は「モ」国初の大型選炭工場である。Energy Resources 社所有の選炭会社、Enrestechnology 社が選炭を担当しておりコントラクターとして豪州 Sedgman 社が運転ならびに増設工事を請け負っている。選炭設備は Sedgman 社製、原炭処理能力は 500 万 t/年 (900t/時) ×2 ユニット、更に 1 ユニットが 2012 年末に完成した。これにより処理能力は 1,500 万 t/年 (2,700t/時) となった。図 4-40 にフローシートを示す。



UHG炭鉱選炭工場フローシート  
(900t/h /Unit ×3 Unit)

出典：UHG 炭鉱から入手した資料をもとに JICA 調査団が作成

図 4-40 選炭フローシート

50mm 以下に粉砕された原炭は 1.2mm の湿式篩で篩われる。1.2~50mm の原炭は 1 次重液サイクロンと 2 次重液サイクロン（図 4-41）により原料炭、一般炭、ボタの三産物に分離される。平均灰分は、原炭 20%、原料炭 10.5%、一般炭 16~20%、ボタ 30~40%である。原料炭歩留は約 70% であり、可選性の良い原炭を用いている。一般炭は原炭量の約 2 割、200~300 万 t/年が発生、一部は Energy Resources 社の発電所で利用される以外はボタ捨て場に廃棄されている。

1.2mm 以下の原炭は分級サイクロンにより 0.2mm で分級され、0.2~1.2mm はスパイラル（図 4-42）に、0.2mm 以下は浮選機（図 4-43）に供給され原料炭が生産される。これら 1.2mm 以下の原料炭は 1.2~50mm の原料炭に混合され貯炭場へ向かう。



図 4-41 重液サイクロン



図 4-42 スパイラル

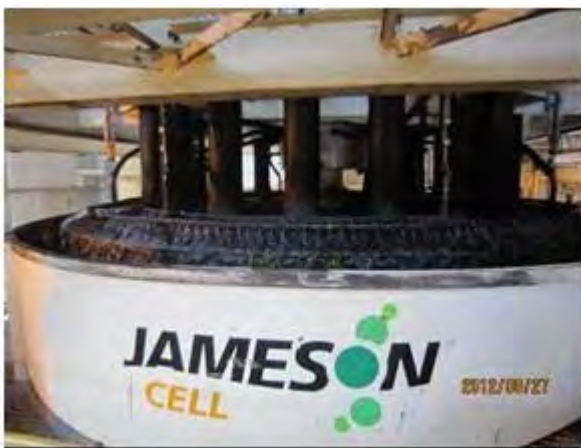


図 4-43 浮選機 (Jameson Cell)

原料炭は 245km 離れた中国国境まで専用の舗装道路で運搬されている。

原炭の湿分 0%、産物の平均湿分を 5% とすると、1,500 万 t/年 (2,700t/時) の原炭を処理するのに必要な補給水量は、135m<sup>3</sup>/h である。この補給水は選炭工場から 20km 離れた井戸から採取している。全部で 12 本の井戸があるが、6 本の井戸を動かして 350~400m<sup>3</sup>/h の水を選炭工場や発電所に供給している。また、50km 離れたところに新たに井戸を掘る計画である。

(b) Erdenes Tavan Tolgoi 炭鉱

Erdenes- TT 社は、原炭受入能力 1,500 万 t/年の選炭工場を建設する計画で、政府が作成した「優先的に実施される大型事業の内容」の TT プロジェクトに盛り込まれている。既に Erdenes- TT 社の設計グループが FS を実施済み。選炭用水は炭鉱から南西に 85km 離れたバラガシーインオランヌルにて確保すべく水資源の調査中である。水資源の確保には多大な投資と環境対策が必要になり、水を使用しない乾式選炭技術に関心が高い。

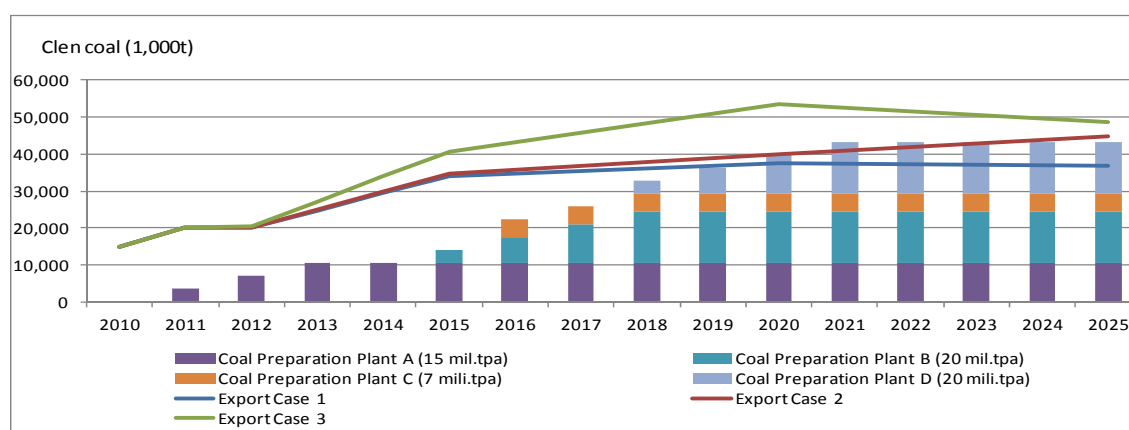
(2) 選炭工場計画と原料炭輸出計画

表 4-38 に 2025 年までの選炭工場建設状況を示す。2021 年には A~D の 4 工場で原炭処理能力が 6,200 万 t/年に、精炭歩留を 70% と想定すると、Clean Coal 産出量（この場合は原料炭）は 4,340 万 t/年に達する。また図 4-44 に選炭後の Clean Coal 産出量を棒グラフで、2.4.2 で検討した「モ」国の原料炭輸出可能性予測に基づいた輸出量を折れ線グラフで併記している。原料炭輸出可能性予測は中国の原料炭需要量をもとに Case 1~3 の 3Case で予測した。Case 1 は中国の原料炭需要が減少する場合、Case 2 はほぼ横這いで推移する場合、Case 3 は需要が増加する場合である。Case 1 及び Case 2 の場合、原料炭輸出需要に対しその全量を「モ」国で生産された Clean Coal で供給可能であるが、Case 3 の場合、「モ」国で生産された Clean Coal だけでは供給不足となる。この場合、原炭を輸出し中国国内で選炭を実施して Clean Coal を生産することになる。

表 4-38 選炭工場建設予測

Coal Preparation Plant	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2025
Plant A( 15 Mtpa)	5,000	10,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Plant B( 20 Mtpa)					5,000	10,000	15,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Plant C(7 Mtpa)						7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Plant D( 20Mtpa)								5,000	10,000	15,000	20,000	20,000
Total throughput capacity	5,000	10,000	15,000	15,000	20,000	32,000	37,000	47,000	52,000	57,000	62,000	62,000
Clean coal	3,500	7,000	10,500	10,500	14,000	22,400	25,900	32,900	36,400	39,900	43,400	43,400

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 4-44 原料炭輸出予測と選炭工場からの Clean coal 産出量

### (3) 課題と改善策

#### (a) 品質管理

(i) UHG 炭鉱の選炭工場は豪州のコントラクターによって運転されているが、モンゴル人による運転結果の評価とコントラクターに対する要求が十分になされていない。廃棄されている一般炭（中間産物）やボタの中に原料炭になりうる石炭がどれくらい含まれているかを解析し原料炭の得率向上を目指す方策を確立すべきである。

(ii) 2008 年に建設着手した選炭工場でありモンゴル人の運転経験は日が浅い。今後、運転、分析、需給管理まで理解できるモンゴル人工場長の育成が必要である。

#### (b) 中間産物の利用拡大への課題

(i) UHG 炭鉱の選炭工場では、原炭量の 2 割、約 300 万 t/年も発生する中間産物が Energy Resources 社所有の発電会社（18MW）で一部利用される以外は活用されないままボタ捨て場に廃棄されている。今後、確実な増加が見込まれる中間産物を如何に活用するかが課題である。

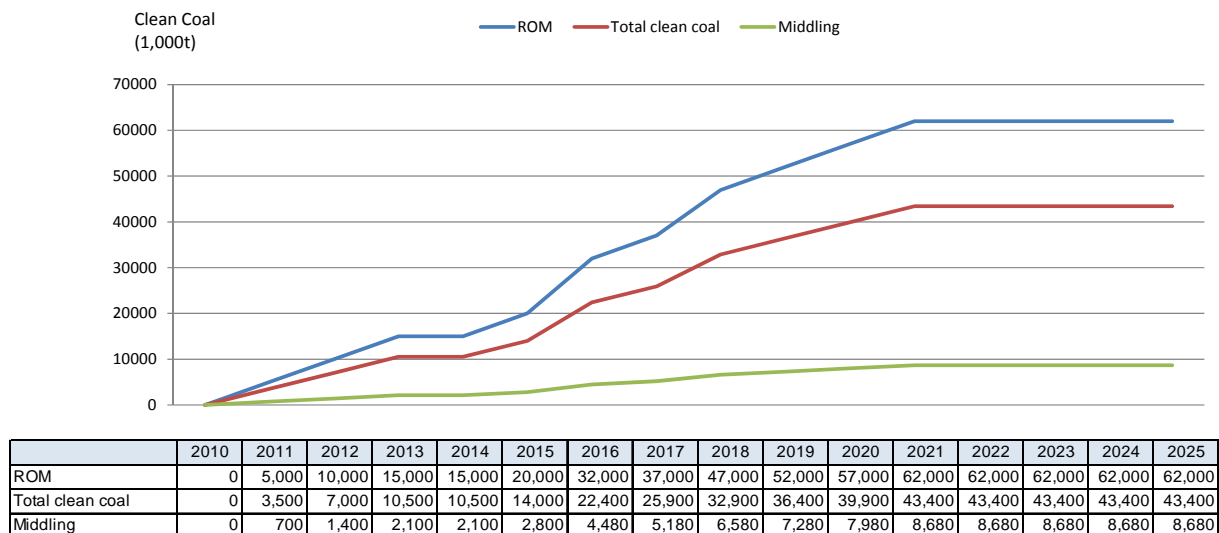
この 18MW の発電所では、UHG の選炭工場・炭鉱キャンプ、Tsogttsetsii 村での需要を賄うだけで他に回す余裕がないため、国の TT プロジェクトとして 300MW の発電所を建設する計画があり FS を実施中である。ここで発電された電力は Erdenes- TT 社の選炭工場・電動エクスカベーター・炭鉱キャンプ・社宅団地に供給できる他、Dalanzadgad 市への送電、中央グリッドに接続して Oyutolgui 鉱山へ送電可能である。ただ、300MW の発電所で活用できる中間産物量は、せいぜい 150 万 t/年に過ぎず、UHG 炭鉱の選炭工場で発生する中間産物の半量にすぎない。更に、計画中の Erdenes-TT 社の選炭工場（1500 万 t/年）が稼働を開始すれば 300 万 t/年の中間産物がこれに加わる。

政府の 2025 年までの計画では更に 300MW の発電所を建設して合計 600MW の体制にする計画がある。600MW といえども活用できる中間産物量は 300 万 t/年に過ぎず UHG 及び Erdenes- TT 社の選炭工場から発生する中間産物 600 万 t/年の半量が活用されるにすぎない。

今後、採掘原炭を単に輸出するのではなく、付加価値を高めて輸出するという「モ」国政府の方針である。石炭の付加価値を高める第一歩が選炭であり、コークス工業を始めとする石炭化学工業、あるいは高度な CCT を計画する場合も、まずは選炭後の「定質・低灰・低硫」の石炭が要求される。これら使用目的にかなった品質を持つ石炭（一次産品）を生産する場合、その副産物として必ず中間産物（二次産品）が発生する。

図 4-45 に輸出用炭の中で 2025 年までに運転可能な選炭工場予測をもとに、選炭した場合の中間産物の発生予想量<sup>54</sup>を示す。中間産物量は 2015 年：280 万 t、2020 年：800 万 t、2025 年 870 万 t の発生が予想される。

<sup>54</sup> MRAM による石炭生産・消費・輸出予測をもとに原料炭歩留 70%、中間産物歩留 20%と想定。



出典：MRAM 資料をもとに JICA 調査団で予想

図 4-45 中間産物発生量の予想

### (c) 乾式選炭機の開発と課題

(i) 「モ」国では選炭工場で使用する水資源の確保が困難である。Mongolian Energy Company (MEC) の Khushuut 炭鉱では夾みが多く選炭が不可欠であるにも関わらず、地元の反対に遭って水資源の調査さえできない現状である。タバントルゴイ炭鉱も含め、水を使わない選炭技術、例えば日本で開発中の流動床式乾式選炭の技術開発が望まれる。

## 4.2 「モ」国におけるこれからの石炭利用技術導入

### 4.2.1 世界の石炭利用の概要と動向

#### (1) 世界の石炭利用の概要

Clean Coal Technology (CCT)としての石炭利用分野を大別すると、次のようになり、それぞれの概要を以下に述べる。技術内容の詳細は参考資料に載せている。

- ・ 選炭
- ・ 高効率利用
- ・ 排煙処理・ガスクリーニング
- ・ 石炭灰有効利用
- ・ CO<sub>2</sub>分離・回収
- ・ 石炭転換利用
- ・ 基盤技術

#### (a) 選炭

採掘された原炭を「定品質・低灰・低硫黄」の商品炭に仕上げる選炭は、CCTの第一歩であり、今後、石炭を高効率に利用する上で避けては通れないプロセスであると同時に高付加価値にして、石炭価格を上げる役目も持っている。

今後、石炭の高度利用を目指すモンゴルにとって選炭の普及は必須である。



## (b) 高効率利用

高効率利用では燃焼技術、ガス化技術、製鉄利用技術、セメント利用技術等が中心となり、“省エネ・省資源化”が求められている。石炭は発電に最も多く使用されており、近年の地球環境問題の最も主要な対象燃料であり、各種の高効率発電技術が実用化されている。これらの各技術は効率、信頼性、安全性、経済性、環境保全性といった多くの要素から評価されるが、発展途上国に高効率、高性能技術を導入する場合には、“技術の習熟性”という要素も重要で、「モ」国への導入にあたってはその評価が欠かせない。発電の次に石炭が使われる分野は製鉄産業である。コークス比<sup>55</sup>の低減等、長年省エネの努力が積み重ねられてきたが、日本では平均炉令 30 年のコークス炉が更新時期を迎えるにあたり、適用石炭の拡大が可能で、環境対策・省エネルギー、生産性に優れた革新的次世代コークス製造技術-SCOPE21-が開発された。

## (c) 排煙処理・ガスクリーニング

排煙処理・ガスクリーニングでは脱硫、脱硝、脱塵技術が中心となる。これらの技術は日本が最も進んでおり、海外へ輸出もされている。技術の採用は環境規制値との関係で決まり、規制が比較的弱い場合は簡易方式が採用される。また脱硫においては水資源の少ない場所に好適な乾式法が実用化されている。現在規制がない国、地域でも今後規制が導入されるのは必至であり、技術の比較・選定が重要となってくる。

## (d) 石炭灰の有効利用

日本での石炭灰の有効利用先としてはセメント分野が最も多く全体の 60%、次いで路盤材等の土木分野 14、軽量ボード、骨材等の建設部門 3%である（2010 年）。一方、「モ」国では未利用の状態、今後、「モ」国の石炭灰の増加を考慮すると環境対策を含め石炭灰の利用が重要な課題となる。特に大量利用の可能性の大きい土木材料としての利用が期待される。

## (e) CO<sub>2</sub> 分離・回収

CO<sub>2</sub> 分離技術も多様であり、現在開発中、施行中の技術が多い。元来、ガス中の CO<sub>2</sub> 分離技術、分離プロセスは石油工業、化学工業で確立されている。近年の地球環境問題で CO<sub>2</sub> 固定化による大気中の CO<sub>2</sub> 削減計画から、分離技術においても CO<sub>2</sub> 濃度、分離エネルギー（動力）、分離効率等が改めて問われており、このため、従来の CO<sub>2</sub> 吸収液や吸収・再生法の性能向上、改善技術が開発中である。

## (f) 石炭転換利用

転換利用とは、石炭をクリーンなガス燃料、液体燃料または固体燃料に転換し、そのクリーン燃料を用いるということであり、ガス化技術、直接液化技術、脱灰技術、改質技術が代表的である。直接液化技術は 1970 年代石油危機以降、米国、日本を中心に新たな開発がスタートし、中国で唯一商用プラントが稼働し始めた状況である。

---

<sup>55</sup> 銑鉄 1t を生産するのに必要なコークスの量

### (g) 石炭利用基盤技術

石炭利用基盤技術の研究では、石炭のガス化における石炭性状とガス化特性、環境特性の関係、ガス化炉の高信頼設計、石炭中微量元素の挙動等に関する科学的、工学的研究が行われている。精緻なガス化反応モデルや灰の制御理論が成果として得られており、石炭転換利用技術の早期商用化のための強力な設計ツールになるものである。

### (2) 石炭利用技術の世界的な動向

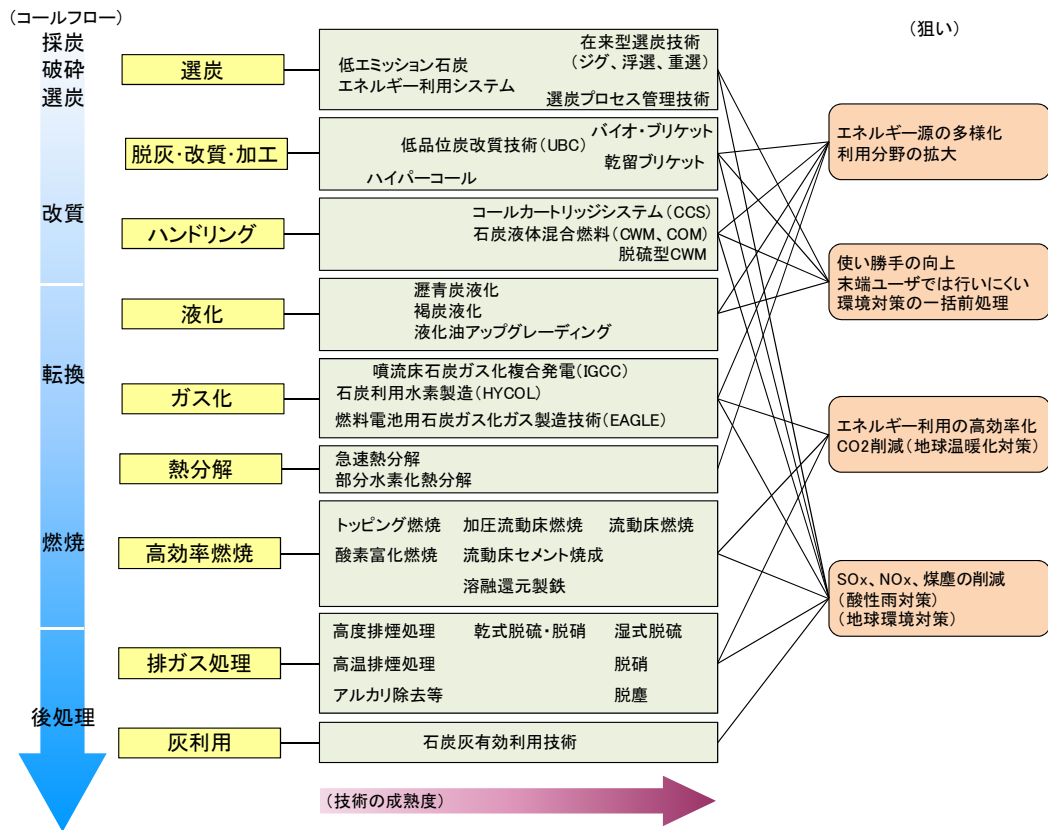
以上、各種石炭利用技術を整理したが、これらの技術は単独または個々に使われるものではなく、石炭利用の上流（採炭）から下流（最終製品製造）にわたって常に複合的に併用されるものである。石炭の利用過程をコールフローと言うが、個々の技術がフローのどの過程で使われるのかを図 4-46 に示した。ある過程において複数の技術があることがわかる。またその技術は開発中のもの、商用レベルにあるもの等、成熟度が違う。上述したように、モンゴルで新しい技術を採用する場合、どの技術を採用するかは、成熟度と経済性等をよく吟味することが重要である。

世界における石炭の利用分野（セクター）を表 4-39 に示す。IEA 統計によれば利用分野は次のように分類されている。

<1 次燃料>	発電
	ガス製造
	固体燃料としての転換（ブリケット、コークス、高炉石炭）
	液体燃料*としての転換（液体燃料製造）
	*Other transformation
<最終消費>	工業用
	輸送用
	住宅用
	商用・公共使用

表 4-39 によれば、石炭が最も使用されている分野は電力、次に鉄鋼（製鉄）関連である。OECD 諸国全体では電力が 82% で最も多く、次に鉄鋼（製鉄）関連 8% である。石炭を最も多く使う中国では電力が 54%、鉄鋼（製鉄）関連 17% であり、次に多いインドでは電力 69%、鉄鋼（製鉄）関連 9% である。いずれも電力と鉄鋼で 70~90% を占める。量的には少ないが表 4-39 で注目するのは、住宅用の石炭（Residential）である。OECD 諸国、中国、インドでそれぞれ 1.6%、3.2%、1.0% であるが、「モ」国では住宅用の石炭消費が全体に占める割合が 5.7%（2008 年）と多くなっている。ゲルの暖房と調理に石炭を直接焚いており、これが Ulaanbaatar 市の公害問題を起こしている。その対策が石炭利用マスタープランの重要なテーマである。

表 4-39 で、中国の Chemical と南アフリカの Other transformation に占める石炭はガス化使用である。中国はアンモニア、メタノール、DME 等を、南アフリカでは合成石油等を石炭ガス化でも製造している。両国はガス化技術が、国の主要技術になっている世界で唯 2 つの国である。



出典：JICA 調査団

図 4-46 石炭利用プロセスと CCT

表 4-39 世界の石炭利用分野

(million tones of coal)

	OECD Total	China	India	Russia	South Africa
Primary Supply	1,476.1	2,168.0	407.7	136.1	140.5
Total electricity & Heat	1,208.8	1,166.0	283.3	92.0	84.1
Main activity producers	1,172.2	1,155.0	248.0	65.4	80.7
Autoproducers	36.6	11.0	35.3	26.6	3.4
Gas works	2.9	4.8	0.0	-	3.1
Coal transformation	66.3	150.9	13.2	19.9	1.9
Patent fuel/ BKB* plants	0.5	2.8	0.2	0.0	-
Coke ovens	10.1	30.3	5.0	11.0	1.3
Blast furnace inputs	56.7	117.8	8.0	8.9	0.6
Other transformation**	1.0	-	-	-	26.0
Final consumption	164.0	738.8	106.0	26.1	25.0
Industry	129.2	577.7	70.6	19.3	12.8
Iron & steel	47.0	220.8	23.9	16.6	5.3
Chemicals	14.8	60.3	2.5	0.8	1.4
Non-metal minerals	23.7	174.1	9.9	1.2	0.8
Paper, pulp & print	9.6	17.0	2.1	0.0	0.1
Transport	0.1	4.5	-	-	-
Others***	31.8	111.2	35.3	6.5	10.6
Comm. & pub. services	6.7	14.7	5.1	3.6	3.4
Residential	23.1	70.3	4.1	2.7	6.8
Non-energy use	2.9	45.4	-	0.2	1.6

\*BKB; Brown Coal Briquettes

\*\*Liquification and non-specified transformation processes

\*\*\*Includes commercial and public services, agriculture and residential

Source: IEA Statistics & Balance, [http://www.iea.org/stats/pdf\\_graphs/MNTPES.pdf](http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/MNTPES.pdf)

## 4.2.2 「モ」国への石炭利用技術導入の概論

### (1) 石炭利用技術導入の基本方針

本調査を通して得られた「モ」国の状況から、「モ」国の石炭開発・利用計画における基本政策においては「モ」国が資源輸出により得た資産を使い、石炭をベースにした「モ」国のエネルギーの自給自足に向けた戦略を構築し、早期に「モ」国のエネルギーセキュリティを確立することが重要である。

「モ」国の官・民の中には石炭を加工し付加価値を付けて輸出すべきとの意見が多かったが、工業国としての産業基盤が遅れている「モ」国では時期尚早である。その詳細については次項で述べるが、まずは国内需要を満たす前提での石炭利用技術の導入が先決問題であり、その中で技術環境の構築、技術の習得、人材育成等の工業国への段階を踏むべきと考える。

「モ」国は人口が少ないため国内需要が小さく、それぞれの石炭利用技術による石炭加工品の国内製造コストは輸入品よりも高価になると予想される。しかし、安価な石炭加工品を輸入して外国へ対価を支払う場合と、割高になり一部は政府補助も必要になると思われる国産品の対価を「モ」国の製造会社を通して「モ」国の国民に支払う場合とを比較すると、割高な国産品の方が、長期的な視野に立った場合、「モ」国の産業育成の効果は大であると考えられる。その後、産業基盤が成熟した段階で、輸出用石炭加工品を製造することも可能となる。

### (2) 石炭利用技術導入の考え方

発展途上国への石炭利用技術導入の考え方は先進国への導入とは違った視点が必要なため、マスタープランもそれに沿うことが重要である。以下、世界銀行が実施した調査<sup>56</sup>を参考に、石炭利用技術の考え方を整理する。

石炭利用技術導入に際してはその動機と優先度の判断が重要とされる。世界銀行の報告ではモンゴルでの誘因として①需要、②工業（力）の前進、③政策の3点が挙げられ、セクター毎にこれら動機の強さが評価された（表 4-40）。

政策が強くてもニーズ、工業力は伴わないので優先度は下がる、ということも指摘された。ここでの工業力というのは、ある技術を核とする工業、産業体制の進展度、という意味合いである。当該技術のエンジニアリング会社、当該設備の製造メーカー、その設備を使用するユーザー（製品製造者）、製品を販売、流通させる機構、事業者等がどの程度発達しているかということである。これらが未発達な分野における、当該技術の開発または導入は段階的に進める必要があるため、性急な工業化はリスクが大きい。「モ」国の場合は石炭ガス化技術が該当すると思われる。逆に将来その分野（工業）を前進させる誘因が強い場合には、段階を踏んだ上で、積極的に導入を進めるべきである。

<sup>56</sup> World Bank Report, Clean Coal, Lignite Mining and Power Development Options Study in Mongolia-Draft Report-September 23, 2008

表 4-40 石炭利用技術の導入セクターと優先度の評価事例

Sector	Incentives				
	Demand	Industrial power	Policy	Overall	
Upgraded coal	A	C	B	B	
Heat generation	B	A	B	B	
Power generation	A	A	A	A	
Gas production	C	---	C	C	
Chemicals production	---	---	A	C	
Liquid fuel production	C	---	B	C	
Rating	A	Large	Substantial	Strong	Significant
	B	Medium	Moderate	Moderate	Moderate
	C	Little	Little	Weak	Weak
	---	Negligible	Negligible	Negligible	Negligible

出典：World Bank Report, Clean Coal, Lignite Mining and Power Development Options Study in Mongolia-Draft Report-September 23, 2008

今回の調査では、「モ」国で今後注力すべき石炭を利用しうる分野（セクター）として「電力」、「熱供給」、「交通」、「工業」、「鉄鋼」、「化学」、「都市ガス」の6つを対象とした。そして、各分野において石炭以外の燃料（代替燃料）の可能性はあるのか、また中心とすべき利用技術について考察した。その結果を表 4-41 に示す。

表 4-41 2025 年を想定した石炭利用対象分野とエネルギー源及び利用技術

エネルギー資源   主力   部分使用   試験使用   時期尚早

資源 分野	石炭		石油	その他				
	直接利用	転換利用		LPG	廃棄物	風力	太陽	水力
電力	CHP						光発電	
熱	工業用	CHP						
	公共施設	CHP	HOB			ストーカ炉		
	住宅	CHP	ハウスコークス					
自動車用燃料		ガス化 GTL	精油					
工業用燃料		ガス化 GTL	精油					
製鉄	コークス炉							
化学品		ガス化 MTO	化学合成					
都市ガス		ガス化 SNG						

出典：JICA 調査団が作成

電力の分野では今後石炭以外の資源をどう使うのかが議論されると考えられる。しかし、「モ」国は石炭の国であり、過去に最も実績を積んだ石炭火力発電を当分の間は中心に据えるべきと考える。石炭転換利用、即ちガス化発電は、次項の(3)導入技術の評価 (b) 技術の成熟度と運用・管理の難易度の理由で時期尚早である。水力発電は系統に接続していない地方で 3.7MW 程度活用されている。現在、Shuren で 300MW 水力発電所の構想がある<sup>57</sup>が、基本的に水資源が乏しいので、限られた地域の電源として考えられる。現在、「モ」国における熱の供給は

- ①CHP プラントによる大規模・広域供給
- ②HOB による大型施設への供給
- ③石炭、ハウスコークスによる個人住宅への供給

に大別される。2025 年に向け、熱効率向上、ユーザーの利便性向上、環境性の向上を進める必要がある。今後、新たな石炭火力発電所も CHP 方式として大規模・広域供給の核とすることが必要であるが、電力需要の大きな伸びと発電効率向上の必要性、また、人口増加と 1 人あたりのエネルギー消費量の増加により分析した (4.3.3 2025 年までのエネルギー需要の見通し) 今後の熱需要は電力ほど大きく伸びない、ということと考えた場合、CHP 発電所における熱供給の負荷低減により、発電量を増加させることができる。すなわち今後は従来タービン中段より抽気し熱供給加熱用として使用していた蒸気量を減らしタービン低圧段に通す蒸気量を増加させることにより発

<sup>57</sup> Bayarbaatar.Ts.,Right Generation Structure of Integrated Energy System of Mongolia,Mongolia

電量を増加させる運用となる。一方、前述した熱供給の展望(4.1.2)で指摘したように、Ulaanbaatarにおける都市ごみ処理の一環として、ゴミ焼却炉による熱供給が考えられる。ゲル住宅への熱供給には、経済性の観点で当面、ハウスコークスに頼らざるを得ないが、製造設備の増強が必要である。今後、経済力の向上に伴い、また、利便性、環境性の観点から考えても、ゲル住宅への液体(ガス)燃料への転換も考えるべきである。LPGはホテル等の大型施設への導入が始まっている。輸入元からの受け入れ基地の完備は必要であるが、ボンベと運搬車による供給システムは簡素であり、受け入れ設備が単純(集合配管とバルブ)なため、今後アパートや住宅地への普及が望まれる。また電力や熱の行き届かない地区にも供給は可能である。

交通分野の燃料は現状ロシアからの輸入ガソリン、ディーゼル油である。LPG車が増えつつあるが量的(熱量)にはまだ石油系の1%弱である。モータリゼーションの進展に伴い石油の需要は増える。現在、Darkhan市に4.4万bbl/dの精油所を建設する計画がある<sup>58</sup>。年間、約100万tのガソリンとディーゼル油を生産する予定であり、これに現在の輸入量に加えると2020年度の需要を満たす量である(図4-79参照)。今後の油需要の伸びには更なる精油所の建設が考えられる。現在、石炭ガス化をベースとした液体燃料の製造が検討されているが、時期尚早と考える(理由は(3)で述べる)。石炭ガス化技術導入は2025年までに小型の設備等でガス化設備運転等の経験を積むなど、段階的に進める必要がある。

工業用燃料には石油(ディーゼル油)を用いている。今後の需要増加は、上記と同様、輸入製品と国内精油製品で賄っていく可能性が高い。

石炭の適用分野として、ガス化を基幹とした化学品の製造システムがあり、中国では大きな産業形態となっている。現在、「モ」国では化学工業は未発達で、化学製品の原料の市場が存在しないため、石炭による化学工業の構想は時期尚早であるとする。仮に、エチレン等の基幹製品を製造しようとするなら、商用的に成熟した石油化学工業に基づくものとすべきである。さらに、石炭化学工業または石油化学工業を築くなら、時間をかけた市場分析、事業化等の研究が必要である。

石炭ガス化による合成天然ガス(SNG)の製造については、前述のように「モ」国へのガス化技術導入は段階を経るべきとの考えである。「モ」国への天然ガスの導入は今後の大きなテーマであり、現在CBMのポテンシャルや発電、住宅等へ適用に関する基礎的な検討がなされている<sup>59</sup>。

### (3) 導入技術の評価

石炭利用技術は多種多様である(図4-47)。石炭前処理(改質)、燃焼、ガス化、液化、併産プロセスにおいてそれぞれ幾つかの方式があるので、これらの技術を新たに導入する場合、その国にとってどの技術が相応しいかよく評価することが重要である。

<sup>58</sup> Marubeni News release, September, 29, 2010

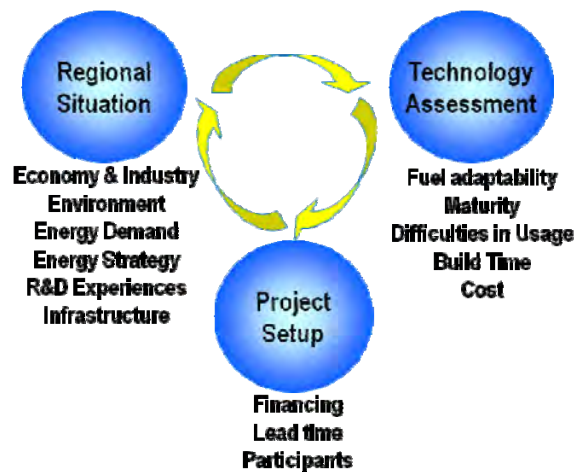
<sup>59</sup> Mongolian Nature & Environment Consortium, Methane Recovery and Utilization Opportunities, Ulaanbaatar, 2009



出典：World Bank Report,Clean Coal, Lignite Mining and Power Development Options Study in Mongolia-Draft Report-September 23, 2008

図 4-47 石炭利用技術の種類

開発途上国に石炭利用技術を導入のための評価因子として、i) 国（地域）の産業事情、エネルギー状況、ii) 技術のアセスメント、iii) プロジェクト実行性、という視点の評価が重要とされている（図 4-48）。今回のマスタープラン作成に当たっての技術の評価として、i)～iii)を踏まえたうえで、以下の要素（a）～（f）を考慮した。



出典：World Bank Report,Clean Coal, Lignite Mining and Power Development Options Study in Mongolia-Draft Report-September 23, 2008

図 4-48 石炭利用技術導入の評価因子

(a)石炭種への順応性-Fuel Adaptability-

モンゴルの主力的な一般炭はいわゆる低品位炭で、概して水分が多い。従って海外技術を導入する場合には導入技術への対応が必要である。従来微粉炭焚きボイラは最大 35%程度の水分の石炭を使用しているが、新規の発電所には乾燥機能を付帯するのが望ましい。

一般に流動層ボイラは低品位炭に向くとされており諸外国の実績も多いが、流動層の運転管理には十分な経験を要するので、導入にあたっては習熟のプログラムも合わせて構築する必要がある。

(b)技術の成熟度と運用・管理の難易度-Maturity and Difficulties in Usage

技術は常に進歩するが、CCT には開発中、または実証中のものがある。性能は優れていても、



商用としての実績が乏しいものは、年間稼働率が挙げられないというリスクがあるので、拙速に導入すべきではないと考える。効率的には低くても、機械設備の信頼性が高く、運転管理や設備保守点検が容易なものを使用すべきである。

また、世の中で確立された技術であっても、モンゴルにとっては初めての経験であるものについても、その導入にあたっては慎重を期す必要がある。新技術をマスターするため試運転期間が長引けばそれだけ生産活動が遅れ、事業収支に悪影響をきたすと考えられる。

技術評価の因子に上記のような”成熟度と受け入れやすさ”を分析した例は少ない。表 4-42 に世界銀行がモンゴルへの導入を想定して分析した結果を抜粋して示す。例えば、超超臨界火力発電（USC）は亜臨界（Sub C）や超臨界（SC）に比べ、高い訓練度が必要である。また、IGCC は実証段階（Demonstration stage）で使用にあたっては特別の学習が必要（Need special education and experiences）とある。

石炭ガス化プラントでは気流層方式（Entrained-bed）は商用段階にあるが使用にあたり特別の訓練が必要とされている。この分析では各プロセスの温度、圧力が付記されている。概して、高温、高圧になるほど、使用の難易度は高くなるとしている。この仕様は安全管理という点においても、新たな課題を提示するもので、今後、モンゴルで加圧の設備を導入する場合には安全の法規制も整備具備することが重要である。この分析結果は 2008 年時点であり、その後個々には進歩していると思われるが、石炭利用技術全体をした俯瞰した評価なので、現在でも参考にすべきと考える。

石炭ガス化技術については、これまでも「モ」国への導入は慎重を期す必要があることを述べた。上記、技術の成熟度と運用・管理の難易度という観点で参考となる一例を以下に説明する。GE/Texaco 法は、ガス化技術（詳細は参考資料 1.3.4 項参照）において歴史的に最も実績の多いガス化技術の一つで中国、日本、米国で使われている。米国で一番のユーザーは Eastman 社である。石炭ガス化ガスからメタノール、酢酸を製造し、これを原料にプラスチックやフィルム、レジンを生産する。年間 98% 以上という非常に高い稼働率を誇っているが、その原動力の第一に”People”ということ掲げた<sup>60</sup>。経験豊富な人材が多い、ということである。その実態を分析すると図 4-49 のようになる。運転、保守等において如何に経験と年月が必要かを示している。

---

<sup>60</sup> Hrivnak.S., Fine Tuning to Improve Availabilitu and Reliability of Coal Based gasification, Gasification Technologies Conference 2001, Oct. 2001

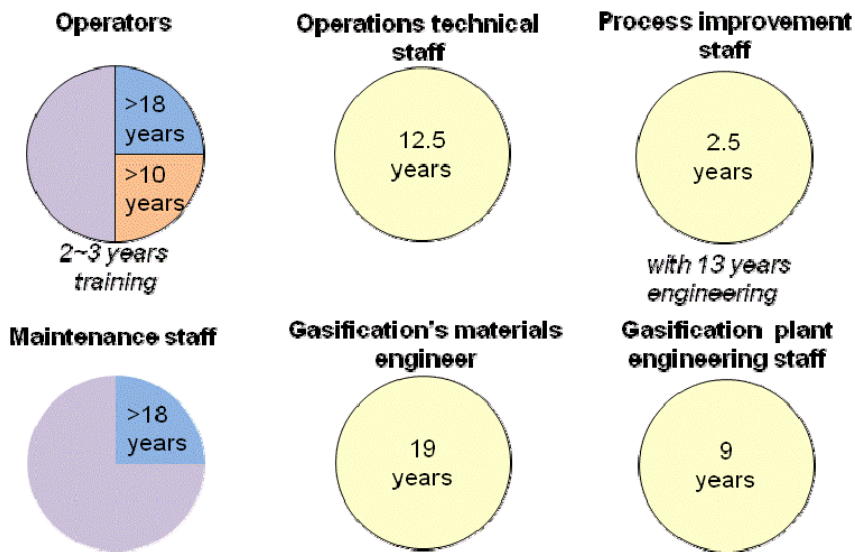
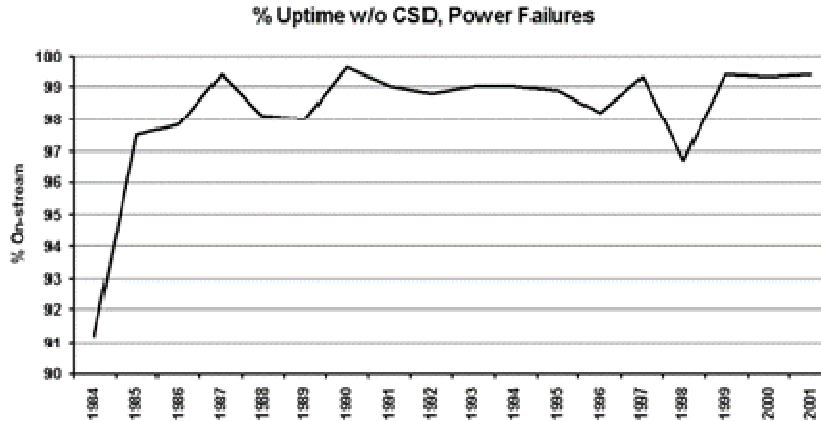
表 4-42 石炭利用技術の評価—抜粋—

Sector	Technology		Features		Maturity of Technology <sup>1)</sup>			Difficulty in Usag <sup>2)</sup>			
			P(MPa)	T(°C)	P	D	C	E	M	H	
Upgrading Coal Production	Preparation (Cleaning)	Wasing	0.1	25			○	Completely proven. More by use of		○	
		Dry Separation	0.1	25			○	Completely proven			
	Evaporating Drying	Slurry Dewatering	0.1	150~200	○			Under development			
		Steam Tubular Dryer	0.1	110~140			○	Most industrial scale use	○		
	Non-evaporative Drying	Steam Fluidised-bed	0.1	150	○			Under development			
		Mechanical Thermal	~6	150~180			○				
		Hydrothermal	8~20	275~325							
	Low Temperatur Pyrolysis (Coking)	High Pressure	3~4	240			○	Proven but specific		○	
		Rotary Kiln	0.1	450~700			○	Proven in small scale	○		
		Fluidised-bed	0.1	300~700			○	Proven in small scale	○		
		High Temp.	Coke Oven	0.1	900<			Completely proven			
	Briquetting or Pelletizing	Mixer Agglomeration	0.1	25					○		
Disk Pelletiser		0.1	25					○			
Roall Press		0.1	25					○			
Extraction		0.1	28~65					○			
Electric Power Generation	Fluidised-bed Combustion	Bubbling FBC	<i>Boiler</i> 0.1	<i>Boiler</i> 800~900			○	Proven at small scale (<350MW)		○	
		-BFBC-	<i>Steam</i> 16.625.1	<i>Steam</i> 566/593							
	-FBC-	Circulating FBC	<i>Boiler</i> 0.1	<i>Boiler</i> 800~900			○	Proven as relatively small scale (<330MW)		○	
		-CFBC-	<i>Steam</i> 4~25.1	<i>Steam</i> 545/545							
	Purverised Coal Combustion	Pressurized FBC	<i>Boiler</i> 1~2	<i>Boiler</i> 900			○	Substantially Proven			○
		-PFBC-	<i>Steam</i> 16.6~25.1	<i>Steam</i> 566							
		Ultra Super Critical	<i>Steam</i> 24	<i>Steam</i> 593<			○	Substantially		○	
Integrated Gasification Combined Cycle -IGCC-	Fix-bed	<i>Gasifier</i> 2~3	<i>Gasifier</i> 600~1200			○	*Not proven *Less available than PCC *Operating experience is somewhat specialised			○	
	Fluidised-bed	<i>Gasifier</i> 2~3	<i>Gasifier</i> 850~950			○				○	
	Entrained-bed	<i>Gasifier</i> 2~4	<i>Gasifier</i> 1200~1600			○				○	
Town Gas Production	Gasification	Fixed-bed	<i>Gasifier</i> 3	<i>Gasifier</i> 600~1200			○	Completely proven, but limitative			○
		Fluidised-bed	<i>Gasifier</i> 1.6	<i>Gasifier</i> 800~900			○	Proven			
		Entrained-bed	<i>Gasifier</i> 2~3	<i>Gasifier</i> 1200~1600							
Chemicals Production	Pyrolysis	Entrained-bed	<i>Gasifier</i> 0.1~1	<i>Gasifier</i> 600~900	○			Under development			○
	Gasification	Atomspheric Fixed-bed	<i>Gasifier</i> 0.1	<i>Gasifier</i> 1200			○	Completely proven	○		
		Pressurised Fixed-bed	<i>Gasifier</i> 3	<i>Gasifier</i> 600~1200				Completely proven, but limitative			○
		Fluidised-bed	<i>Gasifier</i> 1.6	<i>Gasifier</i> 850~950			○	Demonstration completed			○
Liquid Fuel Production	In direct Liquefaction	Entrained-bed	<i>Gasifier</i> 2~3	<i>Gasifier</i> 1200~1600			○	Completely proven			○
		Fixed-bed	<i>Gasifier</i> 3	<i>Gasifier</i> 600~1200			○	Completely proven, but limitative			○
	Direct Liquefaction	SRC-2	<i>Liq. reactor</i> 14	<i>Liq. reactor</i> 460	○						○
		EDS	17	450	○			Long so far			○
		H-Coal	20	450	○						○
		New IG	30	480	○						○
		BCL	15	450/360	○						○
NEDOL	17	450	○						○		
Shenhua	14	460	○						○		

1) 【Maturity of Technology】 P: Pilot plant stage, D: Demonstration stage, C: Commercial stage

2) 【Difficulties in Usage】 E: Ease to O&M, M: Moderate to O&M, H: Need special education and experiences

出典: Evaluation Criteria, World Bank Report, Clean Coal, Lignite Mining and Power Development Options Study in Mongolia-Draft Report-September 23, 2008



出典：Hrivnak.S., Fine Tuning to Improve Availabilitu and Reliability of Coal Based gasification,Gasification Technologies Conference 2001,Oct.2001

図 4-49 米国 EASTMAN 社ガス化プラント O&M の陣容

(c)石炭利用技術 R&D の経験

上記、技術の使用難易度と関連するが、その技術の適用の経験、実績があるかどうかということも技術導入の評価として重要である。一般に、石炭利用技術を習熟するには長い時間を要する。図 4-50 に示したように、現在、モンゴルで習熟している技術としては、発電技術がある。これに加え、近年ハウスコークス製造、選炭が学習中と言える。

今後、微粉炭火力発電の高効率化は必須であり、現在の亜臨界条件から臨界条件が望まれる。亜臨界と超臨界の間には技術的な飛躍があり、その習熟にはやはり学習と訓練が必要である。石炭ガス化技術を導入する場合には、図 4-50 に示した事項が必要である。これらを習得するには時間と地道な努力が必要である。まず小型の試験設備から着手すべきであると考え。



出典：JICA 調査団

図 4-50 モンゴルにおける石炭技術の導入過程

(d)環境性能-Environment-

環境汚染物質の除去技術も多様である。最も多量に石炭を使う発電所を対象にすると、主要な対象物質は

- i) 硫黄化合物 (SOx)
- ii) 窒素化合物 (NOx)
- iii) 煤塵

である。それぞれに関しどのような除去技術を導入するかは、環境規制の動向で決まる。表 4-43 に現在、及び新規発電所における排出基準値を示す。現在、主力の第 4 発電所では電気集塵機は敷設しており、脱硫装置、脱硝装置は付いてない。SO<sub>2</sub>、NOx、煤塵の許容値は満たしているという（後述 5.3.2 を参照）。新設の発電所における許容値は現在より厳しく設定されている。

表 4-43 発電所からの環境汚染物排出質最大許容量

物質	現行:MNS5919-2008		今後新設の発電所:MNS6298-2011	
	条件*	濃度	条件**	濃度
CO (mg/m <sup>3</sup> )	石炭供給能力 221~420ton/h	180	人口密度 10~1000 人/km <sup>2</sup>	180
	石炭供給能力 76~220ton/h	300	人口密度 10 人/km <sup>2</sup> 以下	300
SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	石炭供給能力 221~420ton/h	1200	人口密度 10~1000 人/km <sup>2</sup>	400
	石炭供給能力 76~220ton/h	1485	人口密度 10 人/km <sup>2</sup> 以下	600
煤塵 (mg/m <sup>3</sup> )	石炭供給能力 221~420ton/h	200	人口密度 10~1000 人/km <sup>2</sup>	50
	石炭供給能力 76~220ton/h	10800	人口密度 10 人/km <sup>2</sup> 以下	200
NOx (mg/m <sup>3</sup> )	石炭供給能力 221~420ton/h	715	Vdaf<10%	1100
	石炭供給能力 76~220ton/h	1100	10%≤Vdaf≤20%	650
			20%<Vdaf	450

\*第 3 発電所:210ton/h, 第 4 発電所 525ton/h      \*\*Ulaanbaatar 254 人/km<sup>2</sup>

世界銀行が行ったモンゴル発電所への環境技術の適用例を表 4-44 に示す。ここでは、適用技術のオプションとして、次の2つを提示している。

**A：微粉炭ボイラ発電方式（Sub Critical PC）**

脱硫技術：乾式脱硫

脱硝技術：炉内燃焼（2 段燃焼等）

脱塵技術：電気集塵機（脱塵率 99%<）

**B：流動層ボイラ発電方式（CFBC）**

脱硫技術：炉内脱硫

脱硝技術：炉内燃焼（2 次空気、長滞留時間）

脱塵技術：電気集塵機（脱塵率 99%<）

これらにより、SO<sub>2</sub>は 1000mg/Nm<sup>3</sup>、NO<sub>x</sub>は 400 または 510mg/Nm<sup>3</sup>、煤塵は 50mg/Nm<sup>3</sup>を達成している。但し、この調査時期は 2007 年でもまだ新規発電所のガイドラインは完成していなかった。SO<sub>x</sub>については当時のアジア、世界銀行等のガイドラインを参考に 1000mg/Nm<sup>3</sup>としたものである。今日、上記表 4-43 の新規発電所の規制値は 400mg/Nm<sup>3</sup>となっており、2007 年当時の結果を見直す必要がある。

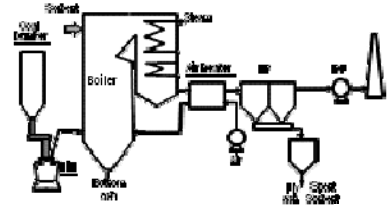
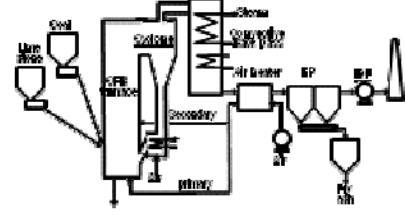
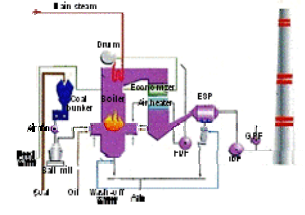
現在の第 4 発電所が脱硫装置無しで許容値を満たしているということから、現状は少なくとも SO<sub>x</sub>は 1200mg/Nm<sup>3</sup>以下であると考えられる。このレベルを 400mg/Nm<sup>3</sup>以下にするためには少なくとも脱硫率 70%程度の技術が必要となる。これは乾式脱硫法で容易に達成可能である。本方式はいわゆる簡易脱硫と言えられるもので設備費が安い。詳細は参考資料 1.3.8 に記載した。

脱硝については石炭揮発分で規制が異なる。表 4-23 に示したように、今後用いられる代表的な石炭である Baganuur 炭、Shivee-Ovoo 炭の揮発分は 36~48%なので、上表の NO<sub>x</sub> 規制値によれば 450mg/Nm<sup>3</sup>が許容値（表 4-43 の右欄 9 行目）である。一方、現在の第 4 発電所が脱硝装置無しで許容値を満たしているということから、現状は少なくとも NO<sub>x</sub>は 715mg/Nm<sup>3</sup>以下であると考えられる（表 4-43 の左欄 7 行目）が、今回、正確な数値情報は得られていない。仮に現在 715mg/Nm<sup>3</sup>と仮定すると、このレベルを 450mg/Nm<sup>3</sup>以下にするためには少なくとも脱硝率 40%程度の技術が必要となる。世界銀行の調査に見られるように、このレベルでは 2 段燃焼等の炉内燃焼法の改善で可能となる。または、アンモニア注入による炉内無触媒脱硝法（参考資料 1.3.8 項）で可能である。

脱塵の許容値 50mg/Nm<sup>3</sup>については電気集塵機で達成可能である。ちなみに第 4 発電所の集塵効率も現状で 98.9%であるが、第 5.3.2 項、参考資料 1.3.8 項記載の電気集塵法特性等を参考に、通常の 99.9%以上の効率に改善できると思われる。

CO 濃度の規制値については現状と新規発電所で変わらない。現状、規制を満たしているため今後特別に技術はいらないと思われる。新規ボイラで従来使用しなかった石炭を使う場合には、注意深く監視すると同時に燃焼条件等の適正化等を検討する必要がある。

表 4-44 発電所環境設備の仕様概念例 (2007 年現在)

Options			Sub-Critical PC	CFBC	cf: Thermal Power Plant #4
Schematic Flow sheet					
Capacity		(MW)	500	500	540
Main Steam Conditions	Pressure	(MPa)	16.5	16.5	16.5
	Temp.	(deg.C)	538	538	538
Environmental Protection	DeSOx	(%)	Dry desulphurization process:80%	In-bed desulphurization process:80%	Not equipped
	DeNOx		Combustion improvement (Direct combustion system)	Combustion control (2nd Air injection, long residence time)	Combustion Improvement (Direct combustion)
	Dust	(%)	ESP:99<	ESP:99<	ESP: 93~95
Emission	SOx	(ppm)	350 (=1000 mg/Nm3)	350 (=1000 mg/Nm3)	700~900
	NOx	(ppm)	245 (=510 mg/Nm3)	240 (=400 mg/Nm3)	340~390
	Dust	(mg/Nm3)	50	50	N/A
Plant Load factor		%	80	80	56
Power Generation Efficiency	Gross	(%)			49.65)
	Net	(%)	34.8	34.8	42.36)
	AUX **	(%)			14.8
Advantage			Mastery easy due to the experience of existing power plants	Lignite adeptly (High combustion In-bed DeSOx	
Disadvantage			Higher DeSOx cost O&M inexperienced DeSOx plant	Mastery difficulties duo to rack of fluidized-bed reactor. Lack of large-scale inexperience	

\*\*Electricity own use/Electricity net generation output/input= (electricity + Heat) /Coal hea

出典 : Evaluation Criteria, World Bank Report,Clean Coal, Lignite Mining and Power Development Options Study in Mongolia-Draft Report-September 23, 2008

### (e)法規制

石炭の新規利用や LPG 普及、製油所稼働等、「モ」国にとって新たな事業を安全かつ円滑に進めるためには新たな法、規制の整備が必要と思われる。通常、石炭ガス化設備は高压下（1MPa 以上）で運転される。生成する CO、H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>等のガスは可燃性、毒性ガスである。設備の設計、建設、運用にあたり、安全規定が重要となる。今回調査したハウスコックス製造法は基本的に石炭の熱分解または部分酸化（ガス化）であり、上記の可燃性ガスが発生する。このため、調査した製造プラントではガスの漏洩警報や携帯用のガス検知器を設置し、安全に配慮していた。現在のプラントは常圧であるが、今後加圧、高压の設備を設置するようであれば、これらの安全面は一層強化し、遵守を徹底する必要がある。

現在 LPG は自動車用燃料、レストラン厨房燃料等に使われている。LPG の積み下ろし、LPG 車やボンベへの充填施設は危険物取締法の下で管理されているが、規則の骨格は旧ソ連時代の古いものである。今後家庭への普及に当たり、一般住民の取り扱いが安全にできるような規則が必要となる。また、LPG の普及には現行の運搬道路のルート、時間帯の規定等を見直す必要があると思われる。今後建設予定の製油所では多くの危険物が扱われるので、消防法や高压ガス保安法、労働安全衛生法の整備が必要と考える。

参考資料 1.4.3 の表 R-12 に日本で適用されている上記保安に関する代表的な保安規則を例示した。これらの規則では当該施設の安全のみならず周辺地域の安全に対する配慮も規定されており、設備立地の際にはこれを満たすことが必要となる。また、諸施設の運用にはこれら法令を遵守するための資格を持った人間を配備することが義務付けられている。「モ」国では立法と同時に資格者のための教育・訓練の制度を設けることも必要である。

### (f)コスト-Cost-

今回の調査は、個々のプロジェクトの事業化計画まで踏み込むものではない。しかし、マスタープランとしては必要な資金額を目安を提示することが必要と考え、これまで世界各国で実施された、または計画中、FS 中の石炭関連設備の建設費を調査した事例を表 4-45 に示す。種々の資料に開示された費用は、当然ながら、統一された基準で示された数値ではない。そこで、表の注記に示した方法で、幾つかの補正、推定を加えた。各設備の費用は同じ分野でも製造国、技術の方式、設備範囲、主たる製品等により異なる。本調査では以下①～④の考えで基準となる費用を想定した。

①発電設備は蒸気条件やボイラ火炉形式により費用が異なる。また、中国製は外国製に比べて出力当たりの費用（US\$/kW）では非常に安い。例えば、超臨界火力（SC）では米国の約 40% である。CHP プラントでは最新のデータとして、アジア開発銀行（ADB）が検討したモンゴルウランバートル第 5 発電所の検討結果を示した（1196 US\$/kW）。

②石炭ガス化設備は中国で最も多く稼働している。発電設備同様、米国と比べて非常に安い。最新のデータとしては、2011 年に日本の NEDO が実施した試算がある。これはモンゴル褐炭から合成ガソリン（MTG）、DME を年間 58.9 万 t 生産する。この設備の費用は 91.6 万 US\$/t/d とされた。

③石炭間接液化設備は南アフリカが唯一商用実績を誇る。直接液化は現在中国で稼働が始まった。その価格が参考になる。

④その他関連設備の費用を併記した。主に日本の支援で実施された Ulaanbaatar 第 4 発電のリアビリティの事業費は 1 億 2,000 万 US\$であった。また Darhkan の石油精油所は 6 億～8 億 US\$とされる。パーレル当たりの費用 (US\$/bbl/d) を単純に比較すると、石炭間接液化の約 1/4 である。石炭ガス化由来の液体燃料目標コストと油の値段を後述図 4-58 に比較するが、褐炭が石油に比べて安いとしても、ガス化はコスト高になると言わざるを得ない。

表 4-45 石炭利用設備及び関連エネルギー設備建設の資金例

Category	Technology	Country	Status	Coal & Product Capacity					Cost		Note				
				Input Coal (ton/d)	Electricity (kton/y)	Solid (kton/y)	Gas (mNm <sup>3</sup> /y)	Liquid (kton/y)	(bbl/d)	(Million US\$)		(US\$/unit)	year		
Power Plant	Sub C	China	In operation	4,745	600						580	967 (\$/kW)	1995	JICA ODA	
		USA	S	4,745	550						1,098	1,996 (\$/kW)	2007	Bituminous	
	SC	USA	In operation		600						1,265	2,108 (\$/kW)	2008		
		Chian	In operation		2,000						1,394	697 (\$/kW)	2004	華能国際	
		Mongolia	Plane		600						350	583 (\$/kW)	2010	Tavantolgoi	
	USC	USA	S	5,959	550						1,323	2,405 (\$/kW)	2007	Sub Bituminous	
		China	In operation		1,200						750	625 (\$/kW)	2006	遼寧華電	
	(PC)	Indonesia	Start		945						818	866 (\$/kW)	2011	Lontar	
		Indonesia			700						706	1,008 (\$/kW)	2012	China EPC,Awar-Awar	
		Philippine			600						696	1,160 (\$/kW)	2012	China EPC,Mariveles	
		Thailand			1,800						2,016	1,120 (\$/kW)	2012	China EPC,Hongsa	
	IGCC	USA	Construction		632						2,350	3,795 (\$/kW)	2008	Indiana coal	
		China	In operation		250						362	1,447 (\$/kW)	2009		
	CFB-SC (CFB)	USA	S	2,097	550						1,296	2,357 (\$/kW)	2007	Sub Bituminous	
		Botswana		6,111	600						1,164	1,940 (\$/kW)	2012	China EPC	
FBC-SC	Slovak	In operation		300						829	2,762 (\$/kW)	2008			
CHP Plant		China	In operation		600						375	625 (\$/kW)	2006	山東黃台	
		Russia	In operation		103						287	2,791 (\$/kW)	2008		
		Germany	In operation		200						593	2,966 (\$/kW)	2008		
		Mongolia	FS		450						538	1,196 (\$/kW)	2011	CHP5,Phase-1,703 MWh	
Gasification Plant	SNG	USA	In operation				1,573				2,100	441 (\$/Nm <sup>3</sup> /d)	1984	Dakota Gas Co.	
		China	Construction	28,800			4,000				3,432	283 (\$/Nm <sup>3</sup> /d)	2009	大唐国際赤峰	
	Fertilizer	China	In operation			240					96	132,013 (\$/t/d)	2000	Luzhai,ODA	
	Methanol	China	Construction					1,819			760	137,897 (\$/t/d)	2008	Anhui	
	Methanol	USA	FS	6,600	66						1,102	245,369 (\$/t/d)	2006	Illinois coal	
	DME	China	Plan								757	249,810 (\$/t/d)	2006		
	MTO	China	In operation	10,500							2,057	377,117 (\$/t/d)	2004	Shenhua	
	MTP	China	In operation	9,000							2,196	433,940 (\$/t/d)	2005	大唐	
	MTG	USA	FS	22,900	145				50,000		3,940	660,797 (\$/t/d)	2009		
	MTG/DME	Mongolia	Pre.FS		2,080						1,621	916,457 (\$/t/d)	2011	S-O coal	
Liquification Plant	InDirect	Sasol 2+3	In operation		4,500				144,000		8,046	55,875 (\$/bbl/d)	1978	Mk-4'40	
		USA	FS	26,700		472			50,000		4,880	97,600 (\$/bbl/d)	2008		
	Direct	Shenhua	In operation		3.45				24,000		1,815	75,625 (\$/bbl/d)	2004		
		China	FS						80,000		5,000	62,500 (\$/bbl/d)	2005		
	USA	FS						80,000		8,000	100,000 (\$/bbl/d)	2005			
Housecookes Plant	FBC	Mongolia				120					15	40,441 (\$/ton/d)	2011		
Coke Plant	Coke Oven	China	Stop			600					83	45,450 (\$/ton/d)	2002	9MWe	
	SCOPE21	Japan	Plan	4,140		1,000					394	129,894 (\$/ton/d)	2008		
Coal Washing Plant		Mongolia	In operation		10,000						17	1,714 (\$/kton/y)	2008		
Waste Boiler Plant	Stoker	Taiwan	In operation	1,250							155	124,098 (US\$/t/d)	2002	Taiwan EPC	
		Singapol	In operation								98,843	(US\$/t/d)	2001	Japan EPC	
		Indonesia	In operation								111,157	(US\$/t/d)	2001	Japan EPC	
		Korea	In operation								169,835	(US\$/t/d)	2001	Japan EPC	
		USA	In operation								107,438	(US\$/t/d)	2002	USA	
Refinery		Mongolia	FS					1,690	44,000		600	13,636 (\$/bbl/d)	2010	Diesel:1000kton,Gasoline:63	
Infrastructure	Apartment	UB city	Plan	Specification								588		2009	
	Coal Mine	Baganur & Shivee-Ovoo	Completed	100,000	household,	railway,road,general construction infrastr						126	57 (\$/ton/y)	1997-1998	JICA ODA etc.
Rehabilitation	Power Plant #3		Completed	2,200 kton/y production capacity increase								40		1993-1996	ADB
	#4		Completed	Mining machines,coal handling plant,auxiliary equipment,spair parts, etc.								129		1992-2000	Japan

文献 1) ~31) 及び注記に基づき、JICA 調査団作成

- 1) JICA ODA Project Survey report,[http://www.jica.go.jp/english/our\\_work/evaluation/oda\\_loan/post/2003/pdf/2-07\\_full.pdf](http://www.jica.go.jp/english/our_work/evaluation/oda_loan/post/2003/pdf/2-07_full.pdf)
- 2) DOE Report No.DOE/NETL-2010/1397, Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants Volume 1: Bituminous Coal and Natural Gas to Electricity-Revision 2, Nov., 2010
- 3) IEA/NEA Report, Projected Costs of Generating Electricity-2010 edition
- 4) [http://cfm.cn/news/cfm\\_1/201201210261\\_613.html](http://cfm.cn/news/cfm_1/201201210261_613.html)
- 5) Ganbaatar.B., Current status of prospects for energy resources and infrastructure development of South Gobi in Mongolia
- 6) DOE Report No.DOE/NETL-2011/1463, Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants Volume 3b: Low Rank Coal to Electricity: Combustion Cases, March 2011
- 7) Coal Asia, March 23-April 23, 2012
- 8) <http://www.cneec.com.cn/Achievements/Achievements/Energy/Thermopower>
- 9) Sears.R., Duke Energy Indiana Edwardspport IGCC Project Update, Projects ,2008 Gasification Technologies Conference, Washington D.C., Oct., 2008
- 10) Zhao Feng.X., Economics evaluation of an IGCC cogeneration power plant with CCS for application in China, Energy Procedia 4, 2011



- 11) DOE Report No.DOE/NETL-2011/1463, Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants Volume 3b: Low Rank Coal to Electricity: Combustion Cases, March 2011
- 12) IEA/NEA Report, Projected Costs of Generating Electricity-2010 edition
- 13) [http://cfm.cn/news/cfm\\_1/20/201210261\\_613.html](http://cfm.cn/news/cfm_1/20/201210261_613.html)
- 14) ADB Feasibility Report TA No.7502-MON, Mongolia: Ulaanbaatar Low Carbon Energy Supply Project Using a Public-Private Partnership Model, Oct., 2011
- 15) Stern, F., Duke Dakota gasification Company, 2008 Gasification Technologies Conference, Washington D.C., Jun., 2006
- 16) JCOAL magazine, No.94, 2012.3.28
- 17) Praxair Co., Huayi-Praxair Partnership in Integrated Coal to Chemicals Project, Gasification Technology Conference, Oct., 2008, Washington DC
- 18) Aycock, J., Chemicals and Power Co-production by Gasification of Illinois Coal, 2006 Gasification Technologies Conference, Oct., 2006
- 19) [http://www.greencongress.com/2006/12/tuianhua\\_group.html](http://www.greencongress.com/2006/12/tuianhua_group.html)
- 20) JCOAL magazine, No.77, 2011.6.15
- 21) USNRC, Liquid Transportation Fuels from Coal and Biomass TECHNOLOGICAL STATUS, COSTS, AND ENVIRONMENTAL IMPACTS, 2009
- 22) Sasol, Sasol 50 Years of Innovation
- 23) <http://www.cscl.com.cn/ens/cpyfw/youpin/2010-12-21/320.shtml>
- 24) Sicking, J., Enabling a Coal to Liquids Industry in the US, Sasol Synfuels International 2nd, Oct., 2006
- 25) JICA Survey 2012
- 26) JCOAL Report, 2007
- 27) JCOAL Survey 2010
- 28) Aoyama, T., <http://www.yc.tcu.ac.jp/~kiyou/no5/P654-059.pdf>
- 29) Marubeni News release, September, 29, 2010
- 30) <http://www.mad-mongolia.com/news/mongolian-news/mongolian-government-maintains-that-apartment-prices-will-decrease-5530/>
- 31) JICA 国別援助実績 <http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/jisiseki>

注記：

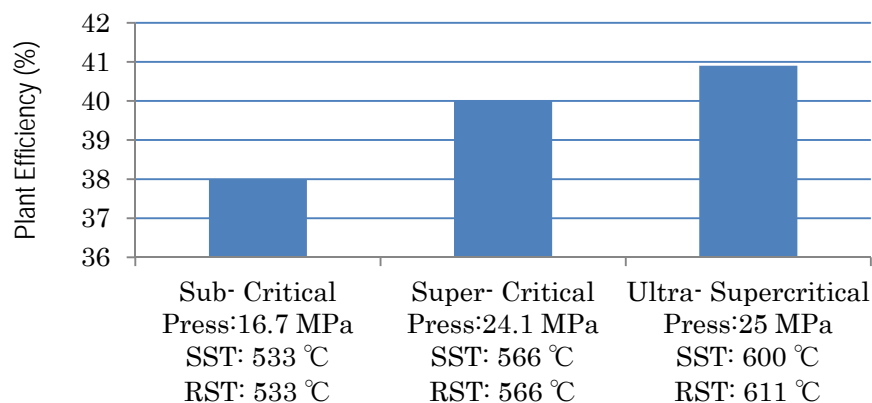
- 1) 資料のコストに関する記述は、建設費、プロジェクト費、総予算等の名称があった。プロジェクト費、総予算についてはその数値を示した。
- 2) 発電所建設の場合、一般的に固定費（電力代の算定に使う）として勘定される範囲は、「建設費」と「建設に係る費用」の合計である。建設に係る費用には i) 建設期間中の人件費、ii) 初期燃料代、部品代、iii) オーナー負担金が含まれる。表の中で、中国内建設に関する数値は“EPC cost”と記載されているものが多く、従って上記、「建設に係る費用」は含まれていないと思われた。米国の事例を分析し、この費用は「建設費」の20%とした。
- 3) 建設費等は年により変化する。何年における算定と明記している資料は少なかった。建設開始年がわかる場合はその年を、不明な場合は資料の公開日を、それぞれ試算年とした（表の Year）。
- 4) 金額は米国ドル（US\$）で示した。各国の貨幣単位で示されている場合は、その年の対 US\$ 為替レートで換算して示した。

#### 4.2.3 「モ」国の石炭利用技術導入の可能性とリスク分析

##### (1) 発電技術

##### (a) 効率について

「モ」の火力発電プラントは再熱器を設備しない亜臨界圧力の蒸気条件で運用されている。現在日本、欧州、米国、中国等では高効率の超超臨界圧力プラント（USC:Ultra Super-Critical）が発電設備の主力となってきている。図 4-51 に蒸気条件と発電効率の例を示す。



出典：Indonesia Power -JCOAL Work-shop 2012 資料をもとに JICA 調査団作成

SST: Super-heater Steam Temperature

RST: Re-heater Steam temperature

図 4-51 蒸気条件と発電効率（例）

USC や SC (Super-Critical) プラントは亜臨界圧力設備に比べ運転保守管理面が厳しく、比較的容量の大きな発電設備に採用されており、一般に 350MW 以下では USC のメリットが出ないと言われている。現在の「モ」国では全発電設備容量が 860MW 程度で 1 基当たりの容量もプラントが計画外に異常停止した時のグリッドへの影響から、100MW 程度に抑えられているが、将来「モ」国の経済が伸び、全発電設備容量が 3000MW を超える容量となってくると、単機容量 350MW 程度の SC を採用することもできる。

一方現在モンゴルの発電プラントは、既にかかなり老朽化が進んでおりリプレースの時期に来ているものもあるが、将来の電力事情を評価しどのような設備とするか十分な評価が必要である。現在、新設が計画されている第 5 発電所では、今後の電力設備の増加を考慮してタービン単機の容量を 150MW とし、亜臨界圧力ではあるが、蒸気条件を高圧とし、更に効率向上策の一環として再熱サイクル、タービン・ボイラの 1 機 1 缶方式を採用し、熱供給はタービン抽気からの蒸気を利用する、DCS (Distributed Control Systems) 制御などより高度の技術の採用を計画している。亜臨界圧力の設備であるため、技術的に大きな飛躍はなく、運転技術の習得、設備の保守点検、部品の確保などが比較的容易であり、「モ」の実情に即している。

また、現在運用され老朽化している設備も、順次に亜臨界圧力、再熱サイクルの最新技術を使用した発電設備に更新していくのが望ましい。その後、「モ」国の電力需要の増加に合わせて、SC の採用、更に USC の採用を検討していくべきである。

### (b)発電設備の大気汚染について

Ulaanbaatar 市の第 2、3、4 発電所には公害防止機器としては、電気集塵機かベンチュリースクラバーが設備されているが、煙突からは黒煙が上がっており除塵不足と考えられ、電気集塵機やバグフィルターの追設等の補強が必要と判断する。SO<sub>x</sub> や NO<sub>x</sub> については未対策であり、脱硫設備については、いずれの発電所も多数缶に対し集合煙突となっているので煙突入口に 1 基または 2 基の脱硫設備を設け煙道で接続する方式の採用が経済的と考える。脱硝に関しては触媒を通してアンモニア注入により脱硝する設備が最終的には必要と考えるが、まずは低 NO<sub>x</sub> バーナの採用や 2 段燃焼法の採用を進めるべきと考える。図 4-52 に EU における大気汚染規制値を示す。公害に関しては一国の問題にとどまらず近隣国との関係もありグローバルスタンダード化が必要と考えるが、同図に示す現実的な規制値 “Actual Standard” に近い数値を視野に対策を進めるべきと考える。

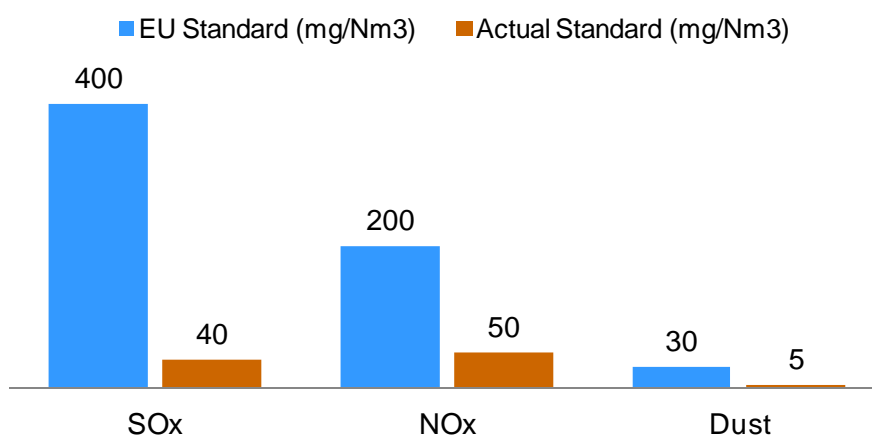


図 4-52 EU における大気汚染規制値

### (c)送電効率の向上について

「モ」国には全国を網羅する送電系統が存在せず、系統は CES (Central Energy System)、EES (Eastern Energy System 及び WES (Western Energy System) の 3 つに分割されている。CES は全電力需要の 98% を占め、Ulaanbaatar や首都周辺の主要都市に電力を供給している。EES は東部地区の Choibalsan 市とその周辺の村落に電力を供給している。WES に発電所はなく、ロシアから電力を輸入し電力供給を行っている。この系統以外に、Dalanzadgad のような独立した小規模な配電ネットワークがある。各送電系統の送配電損失率の推移を表 4-46 に示す。

表 4-46 送配電損失率の推移 (単位: %)

No	系統名	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	CES	19.8	18.4	17.4	16.8	17.7	17.3	16.6
2	EES	16.6	9.0	7.6	8.0	10.1	8.7	9.4
3	WES	12.2	11.5	10.1	12.0	12.4	11.8	10.8
4	Dalanzadgad	32.8	27.0	26.3	27.2	22.6	24.1	23.5

出典: モンゴル電力統計 2011 から JICA 調査団が編集

送配電損失率は低下傾向を示しているが、更に改善の余地がある。電力供給の効率向上のためには、発電所の所内動力消費率低減と送配電損失率の低減が必要である。(発電所の所内動力消費率の推移は、表 4-7 に記載した。) これらの改善策の提案を下記に示す。

### 1) 所内動力低減

- ・ 通風機、ポンプ、ミル等の大型の補機類を高効率設備に交換し、インバータ制御とすることで、駆動動力の節減を図る。
- ・ 電力要求に対し全体のプラント効率が最大となるようユニットの員数制御を実施する。
- ・ 現在、発電所の計画外停止が多発しており、停止運転中と再起動時には本来必要のない燃料と電力を消費している。計画外プラント停止が最少となるようメンテナンス管理が必要である。

### 2) 送電効率向上

- ・ 送電系統の全国を網羅する構成を計画し、変圧器、遮断機、送電電圧の適正化など、送電系統の近代化を図る。また、現在、盗電が多発しているため、配電設備についても、電柱、電線、変圧器などの管理の強化、計画的な設備の更新が必要である。
- ・ 送電距離を出来るだけ抑えるよう適所に発電所を設けることも必要である。

以上、効率の改善について考察したが、これらを進めた場合の効果について試算した例を図 4-53 に示す。この図は発電と熱生産における効率を現状の効率で試算した石炭需要量と同図に示した効率に改善した場合の各年度の電力、熱需要を賄う石炭需要量を示している。この結果、効率改善により、改善前に比べて 2025 年で 132 万 t の石炭が節約できる。

	<u>Current(2011)</u>	→	<u>Improved</u>
<b>Electricity</b>			
<b>Generation efficiency-gross</b>	<b>38.0%</b>		<b>40.0%</b>
<b>CHP Inneruse</b>	<b>14.8%</b>		<b>10.0%</b>
<b>Transmission losses</b>	<b>13.0%</b>		<b>10.0%</b>
<b>Heat</b>			
<b>CHP Inneruse</b>	<b>4.0%</b>		<b>2.0%</b>
<b>Transmission losses</b>	<b>2.0%</b>		<b>1.0%</b>

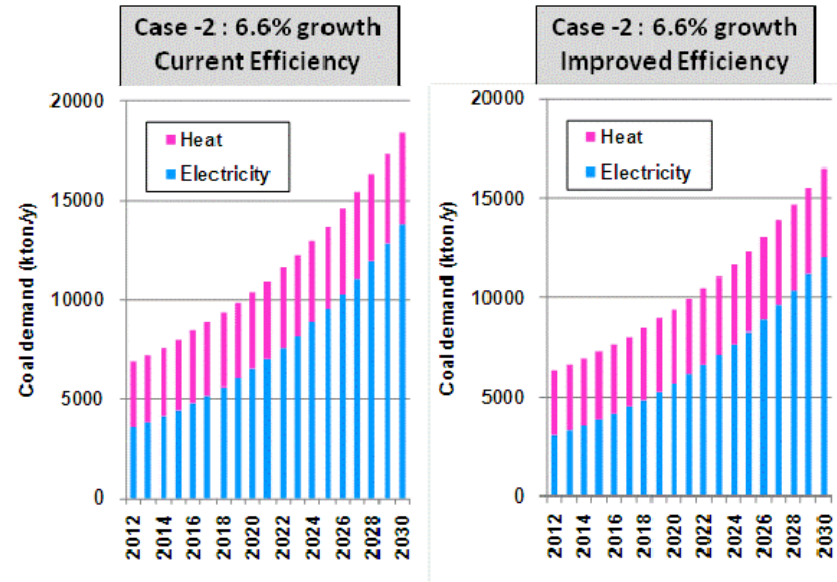


図 4-53 発電所の効率改善による石炭使用量の低減効果

## (2) ハウスコークスと活性炭製造

ハウスコークスは Ulabbaatr 市の大気汚染防止対策の一環として、原炭からの燃料転換に向けて、「モ」国が積極的に普及を図っているが計画よりも遅れているのが現状である。現状については 4.1.4 に述べられているが、ここでは今後の計画とその技術応用としての活性炭製造について述べる。

### (a) ハウスコークス

現在ハウスコークス製造は 3 か所で実施されているが、セミコークス製造技術は「モ」国での将来に向けた石炭加工業の第 1 歩と位置づけされる。石炭乾留技術の中では低温乾留と呼ばれるもので、乾留に伴い発生する COG, 低温タールの利用は課題が多いが石炭化学分野の実証機として研究分野が広がるばかりでなく、研究者、技術者の育成が期待できる。現在の技術課題の一つに製造コストの削減がある。ハウスコークスは石炭価格の約 2~3 倍の価格になるので、これを如何に下げるかが課題である。

ハウスコークスにはセミコークスのまま燃料として使用するものと、セミコークスブリケットにして燃料とする 2 種類の市場がある。どちらを使うかは使用者側の判断に任せることになるが、コスト的にはセミコークスの方が 20%~30%安い。使用者側の使用上の評価が同じであれば、塊状のセミコークスはそのまま燃料とし、同時に出てくる粉炭状のセミコークスをブリケットにして燃焼しやすくするのが最も経済的な製造方法である。更にブリケットにする場合は安いバイン

ダーの選択が問題となる。

ハウスコークスの必要量は Ulabbaaatr 市の今後のゲル及び一戸建て住居<sup>61</sup>の世帯数により決まってくる。需要の詳細は 4.4.3 (6) で述べるが、まずは約 60 万 t の体制を早急に達成すべきと考える。現状予測では 2018 年頃が見込まれるが、普及時期を早めるためにはその間まで、輸入も検討すべきである。

## (b) 活性炭

活性炭はまだ「モ」国では消費量が少ないが、工業化が進む「モ」国には必要不可欠な環境対策材料となるのは間違いない。活性炭の詳細については参考資料で述べるが、活性炭の原料には石炭も重要な位置を占めており、世界的に瀝青炭と褐炭があり、「モ」国の豊富にある褐炭も有望である。

活性炭の製造方法はセミコークス製造に似ており、更に水蒸気賦活設備を加えると活性炭製造設備になる。技術的にはセミコークス製造技術が活用でき「モ」国には有利である。また将来高性能な活性炭が製造可能となれば、販売価格から考慮しても「モ」国からコンテナで第 3 国への輸出も経済的に可能となる。

## (3) 石炭ガス化技術

### (a) 石炭ガス化技術の適用分野と世界の導入状況

石炭ガス化技術は以下の分野に用いられる (図 4-54)。

- ・ 発電 (石炭ガス化複合発電; IGCC)
- ・ 液体燃料製造
- ・ 化学製品合成
- ・ 合成天然ガス製造 (SNG)

IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) では石炭クリーンガスをガスタービンの燃料にする。液体燃料にはメタノール、DME (Dimethyl Ether)、F-T (Fischer-Tropsch) 合成油がある。これらはいずれも CO と H<sub>2</sub> の合成反応で製造される。化学製品にはメタノール誘導品 (オレフィン、プロピレン、MTBE、DME、酢酸)、アンモニア等があり、これらを原料として更にプラスチック、接着剤、肥料等が作られる。SNG は CO と H<sub>2</sub> から合成された CH<sub>4</sub> を主成分とするガスで、都市ガスとして用いられる。

---

<sup>61</sup> 一戸建て住居では石炭を熱源に使用していない家屋もごく少数あるが、ここでは一戸建ての家屋はすべて石炭を使用しているとしている。

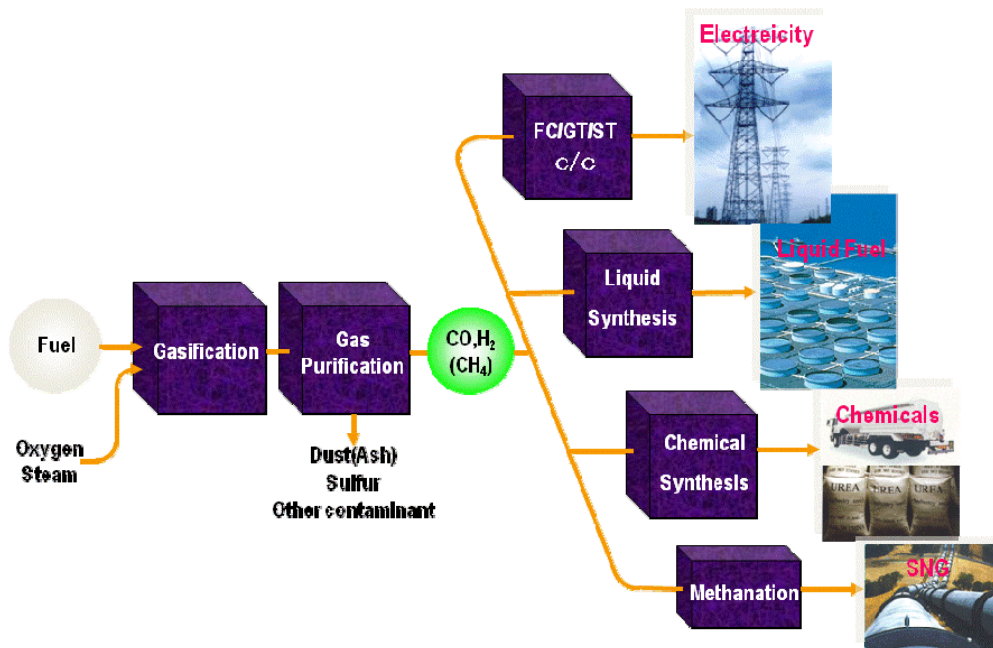
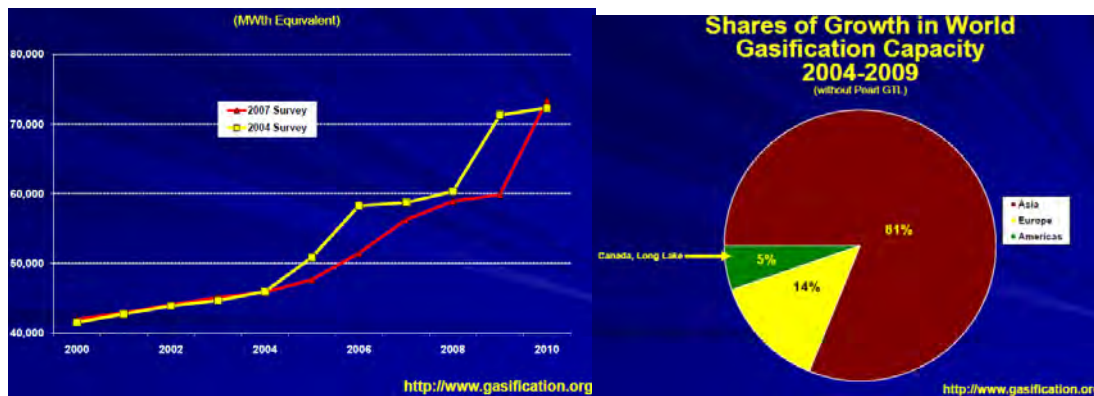


図 4-54 石炭ガス化工程とガス化製品

図 4-55 に世界のガス化設備容量 (MWth) を示す。2007 年は世界全体で約 56,000MWth であった。これは 1,000MWth 級の石炭火力発電所で換算するとおおよそ 19 基に相当する。国別の容量でみると、2004 年～2010 年の統計では、アジア 53%、アフリカ/中東 35%、ヨーロッパ 9%、米国 3%となっている。用途別では、化学製品 43%、液体燃料 30%、電力 11%、ガス 6%、その他 2%となっている。具体的には中国における化学製品製造と、南アフリカにおける液体燃料製造 (F-T 油) が大勢を占めており、今日、この両国以外にガス化技術がその国の一つの産業 (化学工業、燃料製造業) を支えている例はない。発電 (IGCC) は長年にわたって研究・開発され、多額の投資がなされているが、成熟度、普及度という点では微粉炭火力発電技術には及ばない。1990 年代に 250～350MW の実証プラントがオランダ、スペイン、米国 2 か所で建設された。ガス化炉はどれも気流層式であるが、ガス化方式 (ライセンサー) は全て異なった。どのプロジェクトも試運転から 3～4 年間は様々な障害に遭遇し、定格運転ができなかった。近年は商用運用がなされている。2003～2004 年に米国で 600MW 級 IGCC 商用機の構想が相次いだが、どれも延期の方向にある。税優遇や補助金の不確定性、及び近年の設備価格高騰が原因と思われる。

我が国では第 1 次石油ショックを契機に国家プロジェクトで進められた。ガス化剤に酸素を用い、IGFC (Integrated Gasification Fuel Cell; 燃料電池複合発電)、IGCC、H<sub>2</sub> 製造、化学品製造に用いる多目的炉と、空気を用いる IGCC 専用炉の 2 つプロジェクトが並行して進められた。現在 (2011 年)、酸素吹きガス化炉はパイロットプラント試験が終了し、ガス化ガスからの CO<sub>2</sub> 分離回収の試験を実施中であり、空気吹きガス化炉は 250MW IGCC で実証試験を行い、前述欧米の 4 つのプログラムを凌駕する優れた実績を残した。



出典; Haute, T., World Gasification Industry: Status, Trends & Drivers, Gasification, Workshop, June, 2010

図 4-55 世界におけるガス化設備容量

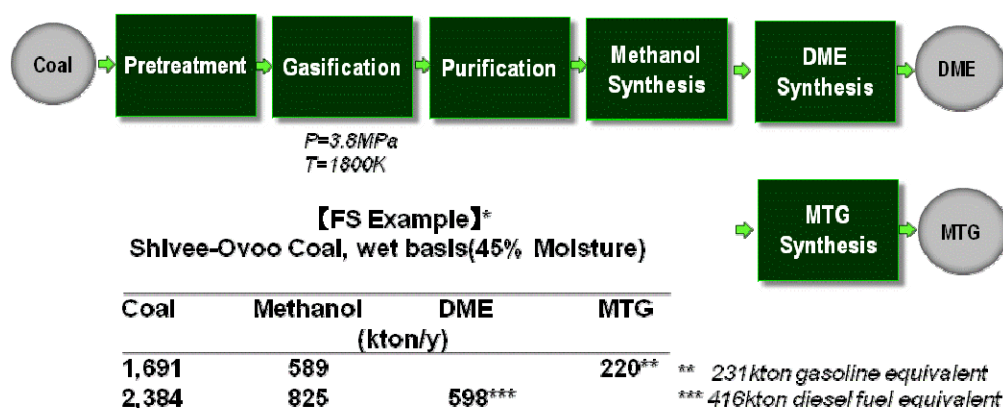
(b) 「モ」国における液体燃料製造の場合の石炭使用量

現在、「モ」国では石炭ガス化による液体燃料製造の検討が進められている。モンゴルへの石炭ガス化の導入には大きなハードルがあるが、仮に液体燃料製造した場合、年間どの程度の石炭が必要になるかを試算してみる。液体燃料としては、

- ・ ガソリンの代替燃料
- ・ ディーゼル油の代替燃料

が妥当であり、それぞれ MTG (Methanol to Gasoline Fuel)、DME が相当する。図 4-56 にその製造プロセスの概略を示す。ガス化工程では微粉炭を酸素でガス化する。ガス化炉は高温型 (1,800K 程度) を用いる。ガス化により、CO と H<sub>2</sub> に富むガスが生成する。生成ガス中には硫黄化合物、窒素化合物、ダストの不純物が微量に含まれるので、これをガス精製工程で除去する。その後メタノール合成工程でメタノール燃料を製造する。

このメタノールを原料として、MTG 合成または DME 合成を行う。2011 年度、NEDO が実施した例を参照にすると、Shivee Ovoo 炭を原料とした場合の物質収支は図 4-56 のとおりである。



\*Source: NEDO Report, Coal Derived Clean Fuel Production in Mongolia, March, 2012

図 4-56 石炭ガス化による MTG、DME 製造工程と生産量試算例

4.3.3 (5) で予想される石油需要の一部を石炭ガス化ベース燃料で代替するとした場合の、代替燃料生産量とそれを製造するのに必要な石炭量を図 4-57 に示す。MTG、DME の量はそれぞれガ



ソリン、ディーゼル油と等価の熱量になるよう生産量を決めた。図の代替率（%）は各年に必要なガソリン及びディーゼル油需要量の何%を合成燃料で代替するか、という意味である。例えば、2025年に10%を代替しようとするとして、

MTG10.5万t/年　：石炭使用量　81万t/年

DME33.0万t/年　：石炭使用量133万t/年

となる。代替率が高くなればこれに比例して燃料生産量、石炭使用量は増加する。

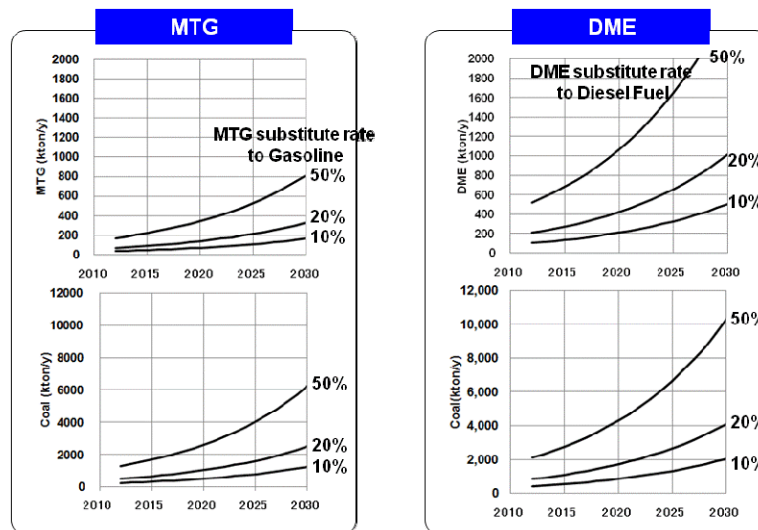


図 4-57 合成燃料の製造に必要な石炭量

### (c)石炭ガス技術導入のリスク分析

「モ」国に石炭ガス化プラントを導入するにあたっては下記に示す問題がある。

- a) 既存石油製品、及び中国の石炭ガス化ベースクリーン燃料との価格競争力。
- b) 国家予算のオーダーに及ぶ事業費（資金）の調達
- c) CCT の導入・習熟法

ここでは a) が重要なので詳細について述べる。

「モ」国で石炭ガス化由来の液体燃料を生産する場合の競合製品は、

- A. 現行石油製品
- B. 中国製石炭ガス化製品

である。図 4-58 は各国のガソリン、ディーゼル油の値段を示す。「モ」国では 87~88US\$/ℓ である。この値段は韓国、日本よりも安い中国、ロシアより高い。「モ」国（主に Ulaanbaatar 市）で自動車を使っている層は比較的経済的に恵まれていると思われるが、問題は貧困層で、ここに低価格のクリーン燃料をどう供給するかが焦点である。ちなみに、ガソリン、軽油の値段を\$/t で示すと、それぞれ 1,100US\$/t、1,240US\$/t である。これらには税金が含まれていると考えられる。税率は不明であるが、仮に日本並みの 30~50% とすると、ガソリン、ディーゼル油でそれぞれ約 600US\$/t、870US\$/t となる。

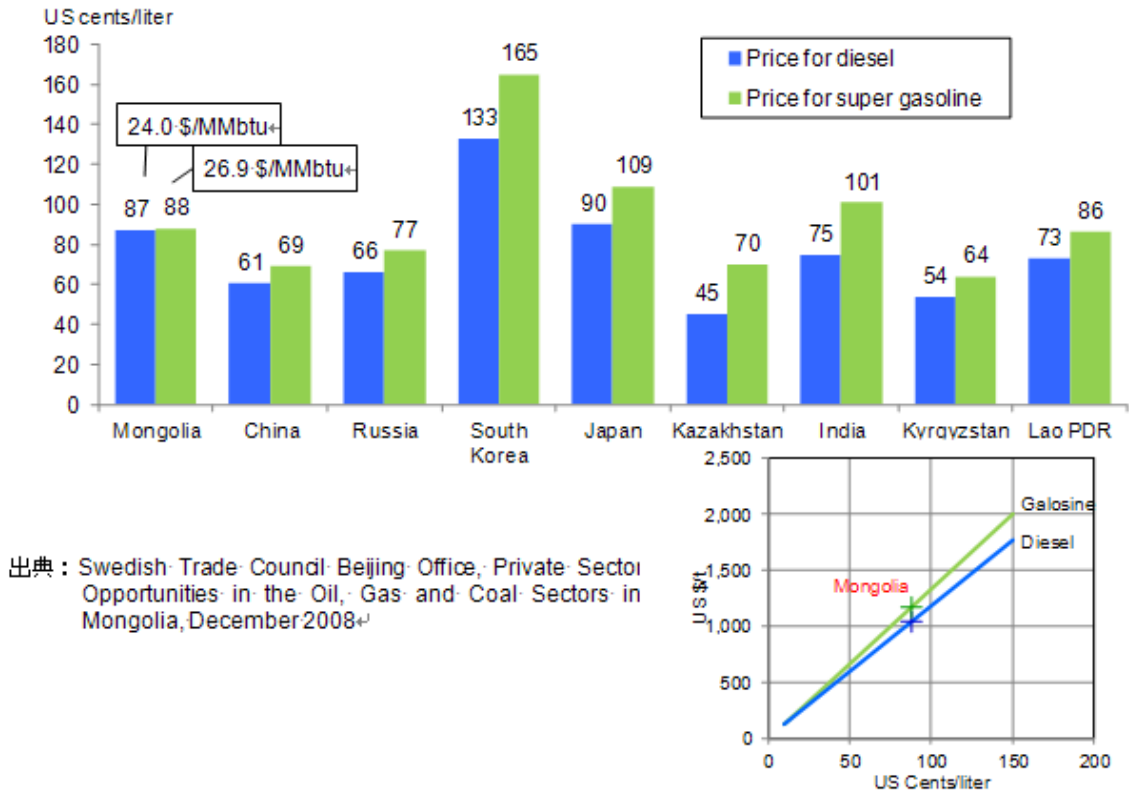


図 4-58 ガソリン、ディーゼル油の価格

「モ」国でも原油は埋蔵するのでいずれは国内生産が始まると思われるが、それに先だって、原油を輸入し国内で精製する計画がある。丸紅と東洋エンジニアリングによれば、44,000bbl/dの原油からディーゼル油の100万t/年、ガソリン63万t/年、ジェット燃料6万t/年の生産を見込む<sup>62</sup>。建設費は6億US\$である。原油はロシアのイルクーツやカザフスタンからの調達を考えている。この量は4.3.3で示す、2020年需要222万tの76%に相当する。

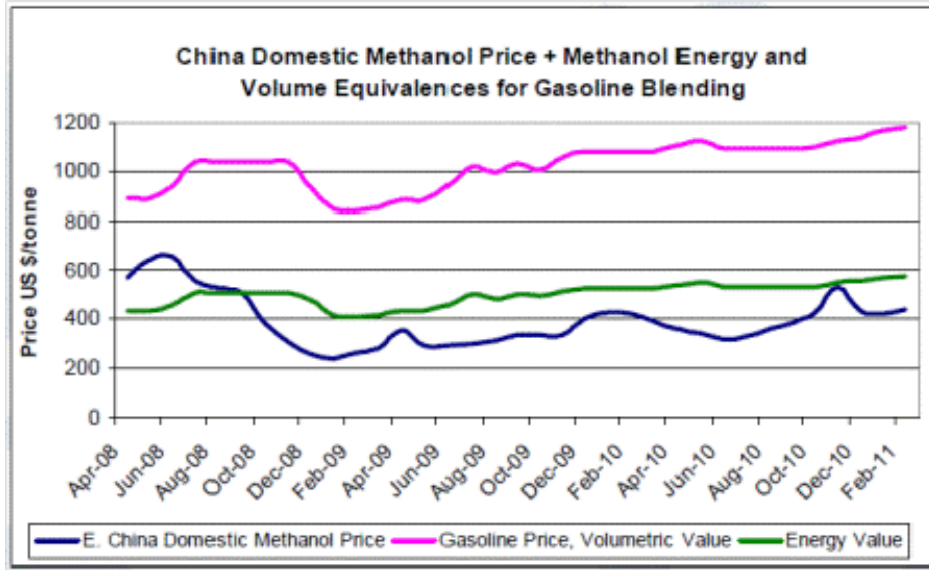
一方、石炭ベースのクリーン燃料であるメタノール、DMEは現在中国で盛んに生産されている。「モ」国における石炭ガス化製品は中国からの輸入品との競争性を重視すべきである。図4-59と図4-60に中国における同製品の値段を示す<sup>63,64</sup>。メタノールは国際的な市場動向の影響を受けて値段の変化が激しい。また、近年中国ではDMEは生産過剰気味であることから価格が下がってきている。最近の中国の価格は次のようであり、モンゴル製品の一つの目標値になる。

- メタノール : 320~520 US\$/t (2010~2011年)
- DME : 420~480 US\$/t (2009年~)
- LPG : 600~800 US\$/t (2009~)
- ガソリン : 1100 US\$/t (2010)

<sup>62</sup> <http://www.marubeni.co.jp/news/2010/100929.html>

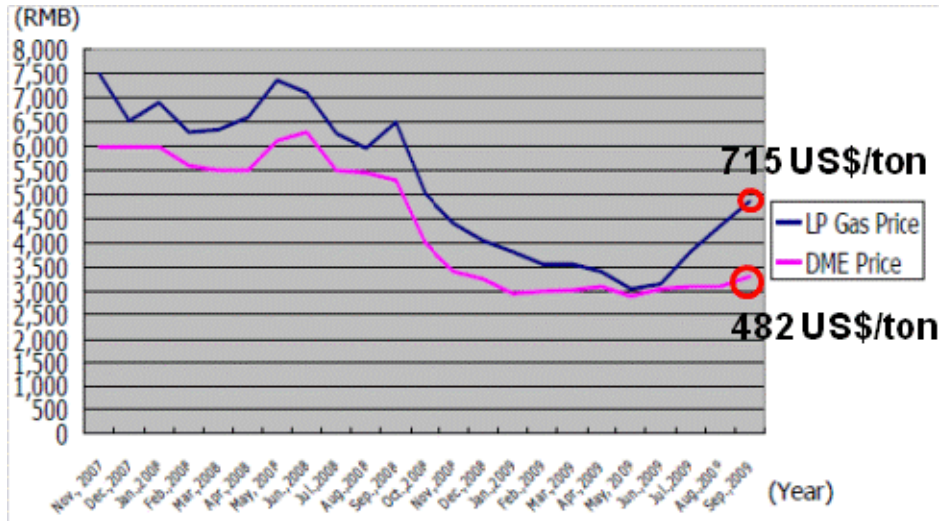
<sup>63</sup> Floren.J., Global Opportunities for Methanol Blending and DME, March 10, 2011

<sup>64</sup> Mikita.Y., Dimethyl Ether (DME) and the trend of Bio DME production in China, 2009 Joint Task 40/ERIA workshop, October 29, 2009



**Source: Flares J., Global Opportunities for Methanol Blending and DME, March 10, 2011**

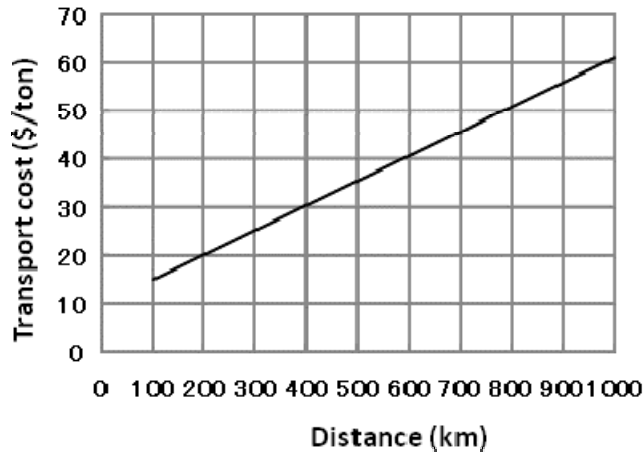
図 4-59 中国におけるメタノール、ガソリンの価格



**Source: Mikita Y., Global, DME and The Trend of Bio DME Production in China, Oct. 29, 2009**

図 4-60 中国における LPG、DME の価格

中国から液体燃料を輸入するとした場合、製品価格には輸送コストが加わる。図 4-61 は中国における LPG のトラック輸送の場合のコストを示す。仮に中国の内モンゴルにある石炭ガス化工場から Ulaanbaatar まで輸送したとすると、距離は約 1,000km あり、この間のコストは約 60US\$/t である。つまり、「モ」国における製品価格は中国製品より高くなったとしても、その差を 60US\$/t 以下にする必要がある。



出典：Larson.D.,DME from Coal as a Household Cooking Fuel in China, Energy for sustainable Development, Vol.3, No.3, Sert. 2004

図 4-61 中国における LPG のトラック輸送コスト

図 4-62 は「モ」国におけるエネルギー価格<sup>65</sup>を示したものである。石炭ガス化ベースの液体燃料の価格を、石炭、コークス、温水等、現在の安いエネルギーと同等にするには 200~300US\$/t にする必要があり、上記中国製品の約 50%となる。「モ」国でこの価格で製造するのは困難であるから、石炭ガス化製品を貧困層に提供するためには、何らかの形の政府補助が必須である。

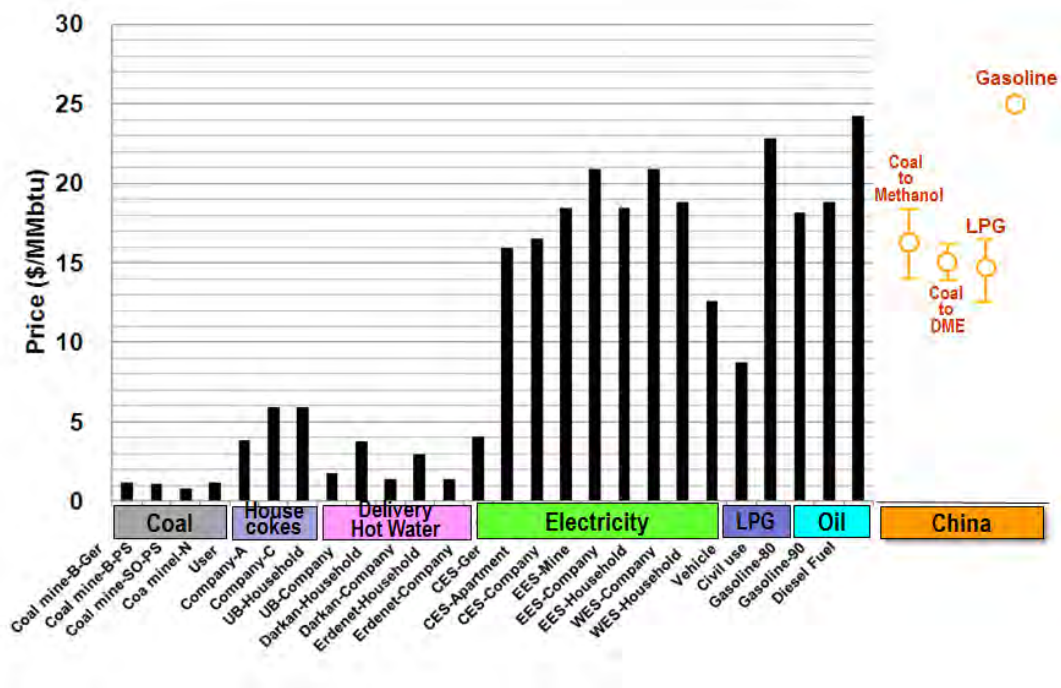


図 4-62 「モ」国におけるエネルギー価格

<sup>65</sup> The World Bank Report, Clean Coal, Lignite Mining and Power Development Options Study in Mongolia, June, 2008

#### (4) Sainshand 工業団地マスタープラン

「モ」国に重工業を発展させる目的で、Sainshand 工業団地を建設するマスタープランが 2012 年 6 月に「モ」国政府によって承認された。図 4-63 に示すように、Sainshand は Dornogobi 県の県都で、ゴビ砂漠の東部に位置する人口約 2 万人の都市である。ロシアと中国を結ぶ「モ」国縦貫鉄道が通り、既に「モ」国政府によって大型炭鉱の Tavan tolgoi から Sainshand までの鉄道網が計画されていることから、将来重工業の拠点とすることが期待されており、2009 年にモンゴル政府が発表した『「モ」国政府が発表した優先的に実施される大型事業の内容』(参考資料 1.1.3 参照)の一つとしても位置づけられている。



出典：国家開発振興庁（NDIC；National Development and Innovation Committee）

図 4-63 Sainshand の位置

Sainshand マスタープランは、「モ」国国家開発振興庁からの請負で米国の Bechtel 社が作成したものであり、基礎調査段階では 6 つの事業が含まれていたが、最終的にコークス、精錬銅、鉄ペレット、セメントの 4 事業に絞られた。表 4-47 に各事業の製品規模と技術概要を示す。

基礎調査段階では、直接還元鉄（DRI；Direct Reduction Iron）、更に外販用にブリケットにした還元鉄（HBI；Hot Briquetted Iron）製造の製鉄事業が含まれていたが、「モ」国内の鉄需要が 2010 年において 35 万 t/y と少ないことや、鉄の最終製品は Darkhan への集約を計画していることから、最終調査段階では削除されている。更に、それに関連して DRI 還元用ガスを製造する石炭ガス化プラントも削除されている。基礎調査段階での石炭消費量は、原料炭が 760 万 t/y、一般炭が 400 万 t/y であったが、最終調査段階では、DRI、石炭ガス化プラント、及び石炭火力発電設備が削除されたため、コークス製造用原料炭の 290 万 t/y が消費されるのみである。

本マスタープランには、4 事業以外に、水供給、鉄道、道路、電力供給、地域暖房、空気分離装置、通信、警備などのインフラ整備や住宅、及びショッピングセンター、学校、図書館、病院、レジャー施設、役所、警察署、消防署、郵便局などの公共施設も計画されている。図 4-64 に工業団地の位置関係を示す。

表 4-47 Sainshand 工業団地の主要事業概要

事業	製品規模		技術概要
	基礎調査段階	最終調査段階	
コークス工場	200 万 t/y	200 万 t/y	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Tavan tolgoi の原料炭 290 万 t/y を消費</li> <li>・ コークスは製鉄用として輸出</li> <li>・ Uhde (ドイツ) の技術を採用</li> </ul>
精銅工場	30 万 t/y	45 万 t/y	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 精銅 45 万 t/y に対して、銅鉱石 150 万 t/y 消費</li> <li>・ 精銅は輸出用、また硫酸 (肥料製造用) を副生</li> <li>・ Outotec (フィンランド) の技術を採用</li> </ul>
製鉄工場 (ペレット)	450 万 t/y	450 万 t/y	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鉄鉱石 450 万 t/y を消費</li> <li>・ ペレットは直接還元 (DRI) 用原料、または輸出用</li> <li>・ KOBELCO (日本) の技術を採用</li> </ul>
セメント工場	100 万 t/y	100 万 t/y	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 石灰石 130 万 t/y を消費</li> <li>・ セメントは国内用と中国輸輸出用</li> <li>・ F.L.Smith (米) の技術を採用</li> </ul>
製鉄工場 (DRI/HBI)	250 万 t/y	(削除)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鉄鋼ペレット 362.5 万 t/y を消費</li> <li>・ 国内外の電気炉用原料</li> <li>・ Midrex (米) の技術を採用</li> </ul>
石炭ガス化プラント	150 万 t/y	(削除)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 石炭 130 万 t/y を消費</li> <li>・ 石炭ガス化ガスは、DRI 製造還元用</li> <li>・ SES (米) の技術を採用</li> </ul>

出典：国家開発振興庁資料を JICA 調査団が編集



出典：国家開発振興庁

図 4-64 Sainshand 工業団地のサイト計画

サイトの中には、4事業が重工業エリアとして隣接しており、その東側に将来の軽工業団地の敷地も予定されている。例えば、現在銅は粉末状にして中国へ出荷しているが、将来は銅を溶融・鋳造により銅ワイヤーにして出荷することや、鉄ペレットは鉄筋や軌条（レール）まで加工して出荷することも視野に入れている。

Bechtel 社によれば、工業団地の総投資額は 93.6 億 US\$と試算されており、その内訳を表 4-48 に示す。4事業の建設費が 53.2 億 US\$、インフラや公共施設関連が 40.4 億 US\$であり、総投資額の内民間投資が 60%、政府投資が 40%を占めている。今後は「モ」国政府内に Sainshand プロジェクト管理部を設立し、マスタープランの一般公開や、土地計画・インフラ計画などの入札準備を予定している。4事業は全て民間投資であり、「モ」国政府は工場建設事業を自己資本で実行することを希望する企業に国際入札をかけて選考する予定である。コークス事業を例にとると、ドイツの Thyssen Krupp 社のようなコークス炉や製鉄所を保有しているコークスの需要家に投資してもらい、品質保証も含めて自社で売買してもらおうのが良いと考えている。また、インフラ整備や公共施設は官民合同投資（PPP 方式）も視野に入れており、民間投資がどれだけ集まるかが本事業を実現するための重要課題とみられる。また、スケジュールについては、マスタープラン承認時から順調に進んで約 80 か月を要することから 2018 年内の完成を目指している。

表 4-48 工業団地の投資規模

事業、施設	投資額 (US\$)	
	民間	政府
コークス工場	22.7 億	-
精銅工場	23.5 億	-
セメント工場	3.8 億	-
製鉄工場（ペレット）	3.2 億	-
公共施設	-	27.5 億
インフラ（鉄道、道路）	-	6.0 億
コミュニティー	3.1 億	3.8 億
小計	56.3 億	37.3 億
総計	93.6 億	

出典：国家開発振興庁

以下に Sainshand マスタープランの実現に向けた課題について述べる。

- (i) コークス事業に関しては、「モ」国内の鉄鋼需要は少ないため、製鉄用コークスの大半は輸出用となる。また、「モ」国に製鉄用コークスの事業実績がないので、コークス炉の建設、操業、製品出荷は全て投資家となる国外の鉄鋼企業に委ねることになる。従って、これら国外の鉄鋼企業が Sainshand のコークス事業に、品質、コストを含めてどれだけの優位性を見いだせるかが事業を実現させるための課題である。
- (ii) 中国、インド、ドイツ、日本、韓国等のコークス製造技術保有企業が事業実施者候補となるが、①安価な原料の配合技術、②コークス炉ガスやタールの高度利用、③コークス乾式

消火（CDQ）などの省エネ対策を含め、世界のコークス製造技術は進んでおり、特に Sainshand という立地で前述した①と②で如何に経済性を向上させるかが鍵となる。

- (iii) 精錬銅や鉄ペレットの事業についても、品質とコスト、高付加価値化によって国外市場の開拓が重要である。
- (iv) セメントは国内市場の開拓が重要となってくるが国内需要を満たすための事業として有望である。
- (v) 工場団地では年に平均 1,200 万 t の水を使用するため、当面の水供給計画を優先すると同時に、将来に向けた水資源の調査も実施していく必要がある。
- (vi) 本事業に関連する「モ」国技術者、経営者層の人材育成
- (vii) モンゴル政府の円滑でタイムリーな支援措置

#### 4.3 2025 年までの「モ」国のエネルギー需要予測

##### 4.3.1 調査の方法

「モ」国のエネルギー需要予測調査の方法を図 4-65 に示す。調査では、

- ・ 現在のモンゴルのエネルギー需給状況
- ・ 主要資源（今回の場合は石炭、石油）の消費分野（産業セクター）と消費量
- ・ 今後のエネルギー需給予測
- ・ 今後必要な石炭消費量

を明らかにすることとした。このため、図 4-65 に示した現地関係機関への聞き取り調査と、各種資料・データの収集を実施した。「モ」国への新たな石炭利用技術の導入にあたっては、その特徴や実情に関する情報、知識が必要である。これには関しては JCOAL が保有する諸情報、データベースを用いた。

今後のエネルギー、石炭の需要量は、後で詳述するように、近年の伸び率や GDP の見通しを参考に簡単な計量モデル式を用いて予測した。

尚、種々の予測にはモンゴル統計年鑑 2011 年版のデータを採用したが、2011 年のデータが不明な場合には 2010 年または 2009 年のデータで解析した。



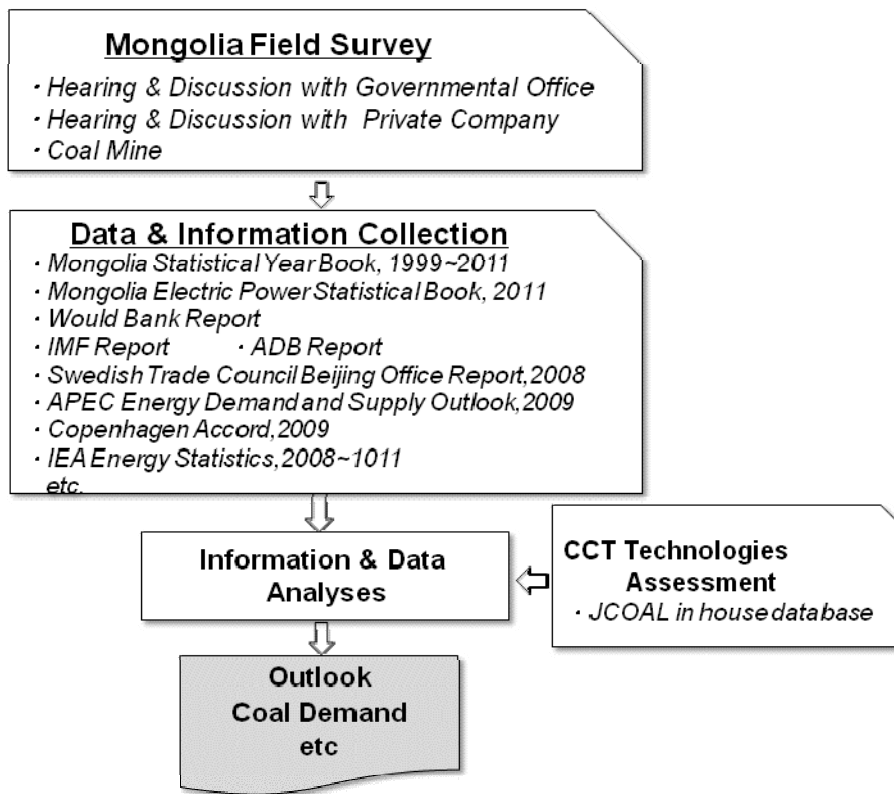
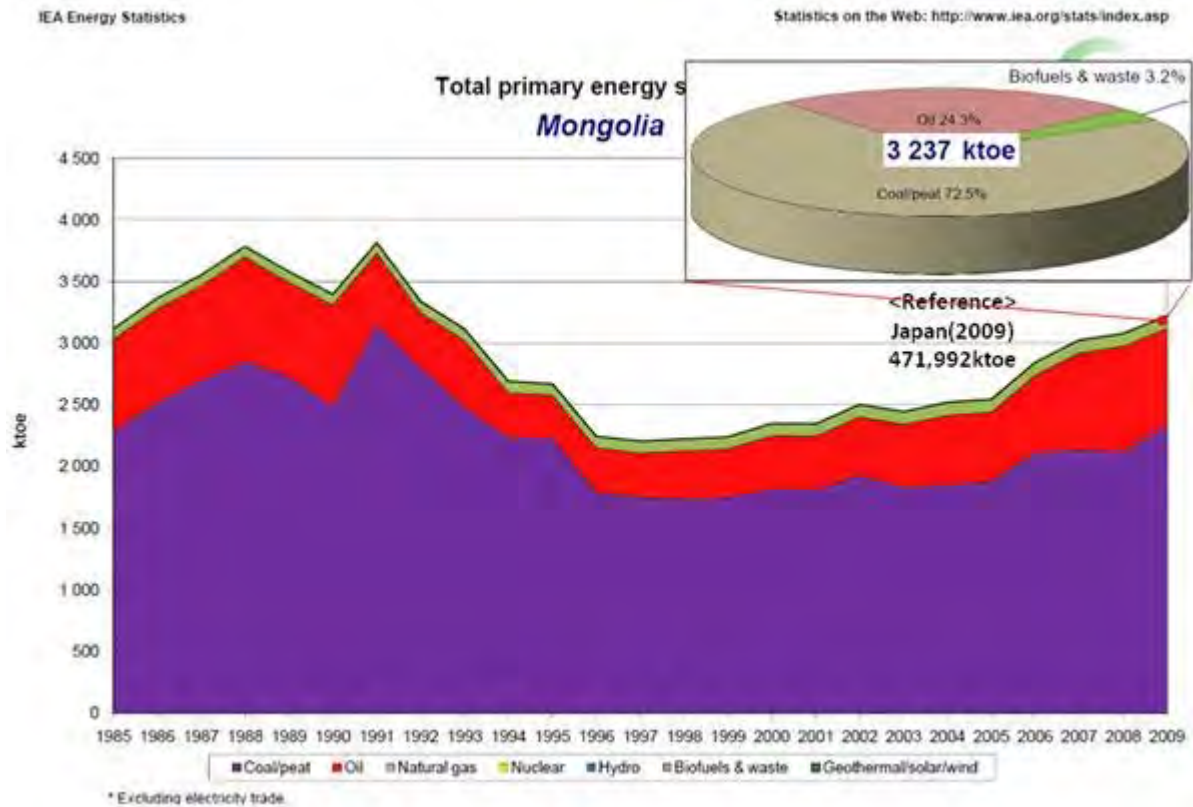


図 4-65 調査の方法

#### 4.3.2 エネルギーの需給状況及び石炭等の用途

##### (1) 一次エネルギー

「モ」国の一次エネルギー供給量を図 4-66 に示す。旧ソ連が崩壊後「モ」国では自立の道歩むが、1991 年以降経済の減退に伴ってエネルギー消費量が急減に減少した。その後徐々に回復し、2009 年に 1991 年の約 86%まで回復した。主要なエネルギー源は石炭で、一次エネルギー全体の 72.5%を占める。次いで石油（石油製品）が 24.3%である。石炭は全量国産で、石油製品は全量ロシアから輸入している。石油製品の割合が年々増加の傾向にあるが、「モ」国は基本的に石炭の国である。



出典：IEA Statistics & Balance

図 4-66 「モ」国の一次エネルギー供給の変遷

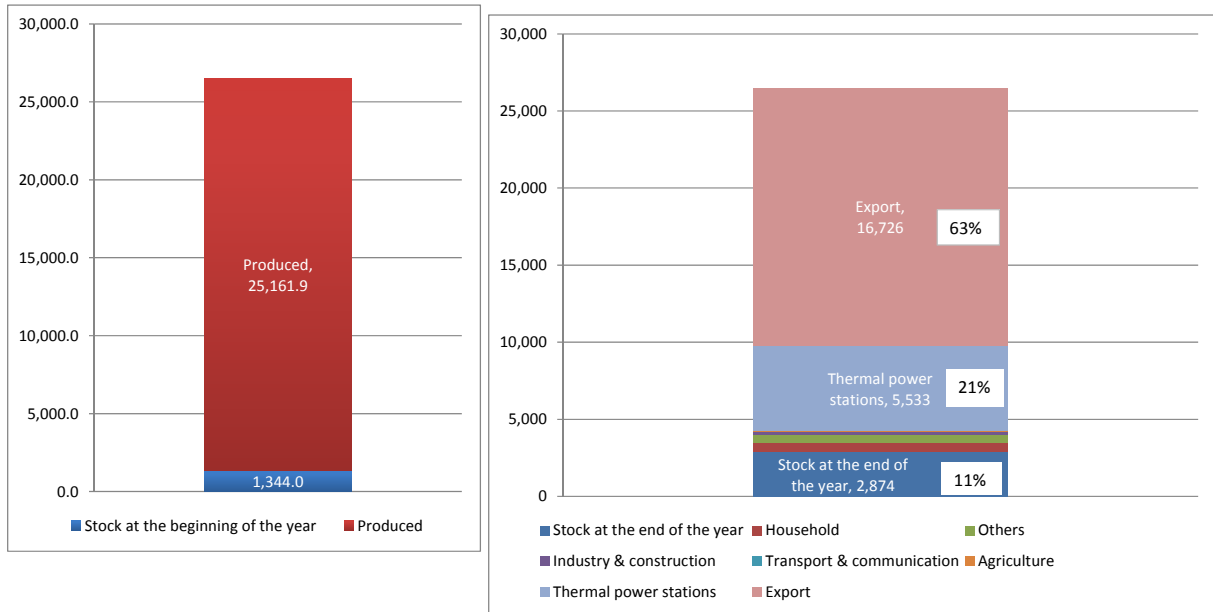
## (2) 石炭の用途

図 4-67 に石炭の生産量と消費量を示す。2010 年には 2,516 万 t 生産した。この内 62.8%を輸出している。2010 年から輸出量が急増している。図 4-68 に国内の消費量を示す。ストック分を除くと 2010 年は 701.5 万 t である。発電所での電力・熱の生産（CHP：Combined Heat and Power）が大部分で国内使用の約 80%を占める。8.8%が住宅用、残りの 13.4%が工業分野他である。最終消費形態は電力、熱（暖房）、熱（調理）、コークス等の燃料、その他である。CHP では石炭を電力用に 332 万 t 使用した。熱の生産には合計 279 万 t 使用しているが、この内、CHP による熱が 79%、住宅で発生する熱が 19%を占める。住宅用の石炭は“暖房用”と“調理用”に消費する。「モ」国ではこれらの熱源をまだ石炭に負っている。

尚、「モ」国の統計上、Industry というのは以下のセクターを差す（%生産額割合）。<sup>66</sup>

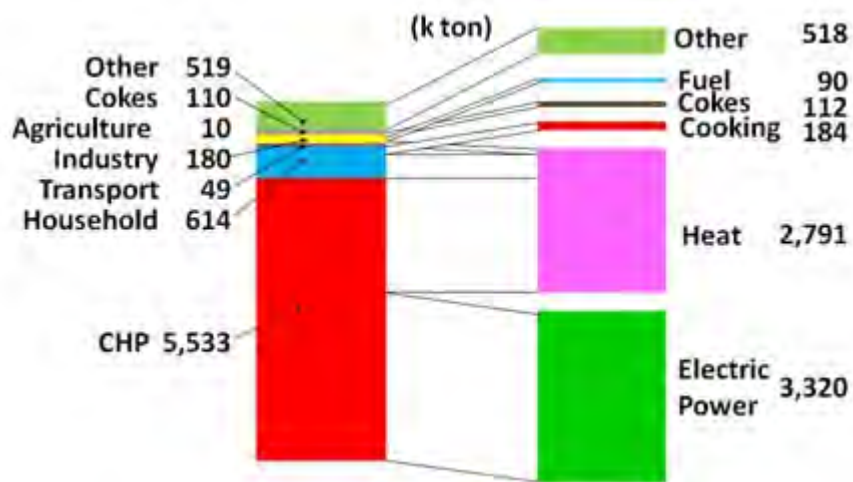
- ・ 鉱業（採炭、採石） 71%
- ・ 製造業（食品飲料、織物、金属） 21%
- ・ その他 8%

<sup>66</sup> National Statistical Office of Mongolia, Mongolia Statistical Yearbook 1999~2011



出典：National Statistical Office of Mongolia, Mongolia Statistical Yearbook 2011

図 4-67 石炭の生産量と消費量



出典：National Statistical Office of Mongolia, Mongolia Statistical Yearbook 2010,2011

IEA Statistics & Balances, [http://www.iea.org/stats/coaldata.asp?COUNTRY\\_CODE=MN](http://www.iea.org/stats/coaldata.asp?COUNTRY_CODE=MN)

に基づき JICA 調査団作成

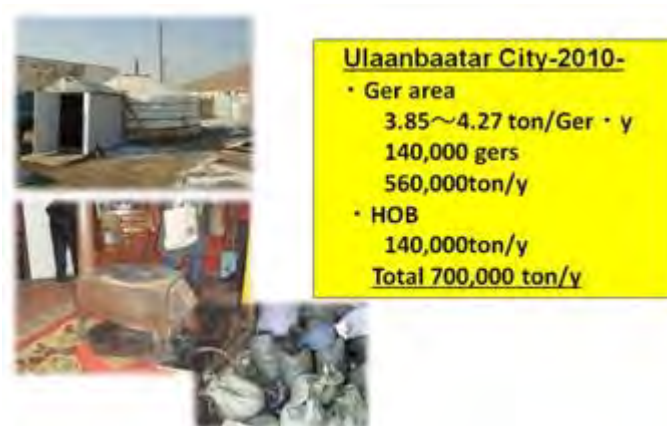
図 4-68 国内における石炭用途

図4-69にはUlaanbaatarにおける住宅用石炭の消費実態を示した。「モ」国の住宅としてゲル(Ger)が普及している。Ulaanbaatarの住宅25.2万件の内、Gerが56%でそこに住む人は市の人口の66%、約66万人である。これらの人々は年間1戸当たり3.85~4.27t石炭を消費している<sup>67</sup> <sup>68</sup>。Gerの暖

<sup>67</sup> モンゴルニュース 2009/9/18, <http://sky.geocities.jp/hairhanchildren/news.htm>

<sup>68</sup> JICA/数理計画報告書, 「モ」国 Ulaanbaatar 市大気汚染対策能力強化プロジェクト, 2012年6月

房、調理に石炭ストーブを用いていることが、同市の大気汚染の要因の一つであり、その対策としてハウスコックスへの転換政策が行われている。この動向と今後の展開の把握が本調査のテーマの一つである。



出典：Private communication from Energy Resources LLC., November 21, 2011

モンゴルニュース 2009/9/18, <http://sky.geocities.jp/hairhanchildren/news.htm>

JICA/数理計画報告書, 「モ」国 Ulaanbaatar 市大気汚染対策能力強化プロジェクト, 2012年6月

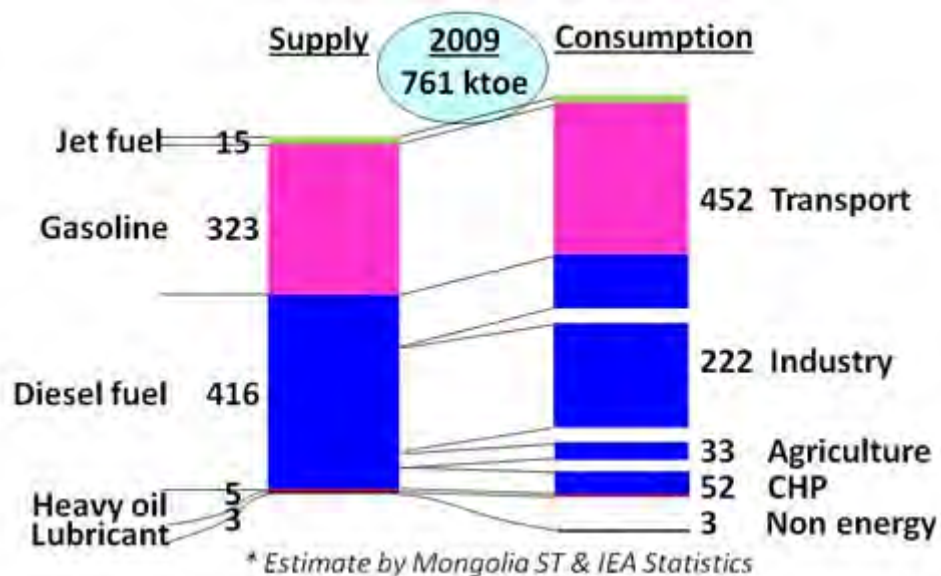
図 4-69 Ulaanbaatar における民生用石炭

### (3) 石油の用途

図 4-70 に石油製品の用途を示す。2009年、石油製品を年間 76 万 t 消費した。ちなみに、2008年、日本の 1 日の消費量が 59 万 t である。石油製品としてはガソリンとディーゼル油が大部分である。用途として、ガソリンは自動車用であるが、ディーゼル油は各セクターで消費されている。今回の調査ではセクター毎、製品毎の消費量を調べようとした。しかし、「モ」国のエネルギー統計<sup>69</sup>には製品別の消費量は示されているが、セクター別では示されていない。また、現地調査の際、石油庁を訪れ、その情報の入手を依頼したが回答は得られなかった。そこで、今回、セクター別のデータが示されている IEA のエネルギー統計<sup>70</sup>を参考にして、セクター別、製品別の用途を推算した。IEA の統計では総量が 75.7 万 t、その結果、ディーゼル油は、53%が自動車用、27%が工業用、11%が発電、8%が農業でそれぞれ消費される。このように、ディーゼル油は各セクターで消費されており、今後その需要は増大すると思われる。

<sup>69</sup> National Statistical Office of Mongolia, Mongolia Statistical Yearbook 1999~2011

<sup>70</sup> IEA Statistics & Balance, [http://www.iea.org/stats/pdf\\_graphs/MNTPES.pdf](http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/MNTPES.pdf)



出典：IEA Statistics & Balance, [http://www.iea.org/stats/pdf\\_graphs/MNTPES.pdf](http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/MNTPES.pdf)

National Statistical Office of Mongolia, Mongolia Statistical Yearbook 2009 に基づき JICA 調査段作成

図 4-70 石油の用途

#### (4) その他エネルギーとその用途

その他のエネルギーとしては LPG が使われており、全量ロシアから輸入している。表 4-49 のように住宅用、自動車用として年間 5,000~6,000t が消費されている。民間企業が販売しており、レストランでは 2004 年に一部、2010 年に大部分 LPG 化した。Ulaanbaatar にはバス、タクシーを全量 LPG 車に転換する計画がある。暖房では温水がない地域でガスボイラ用燃料としても使う。LPG は地方に徐々に浸透する可能性が高いと考えられる。

表 4-49 LPG の用途と使用量

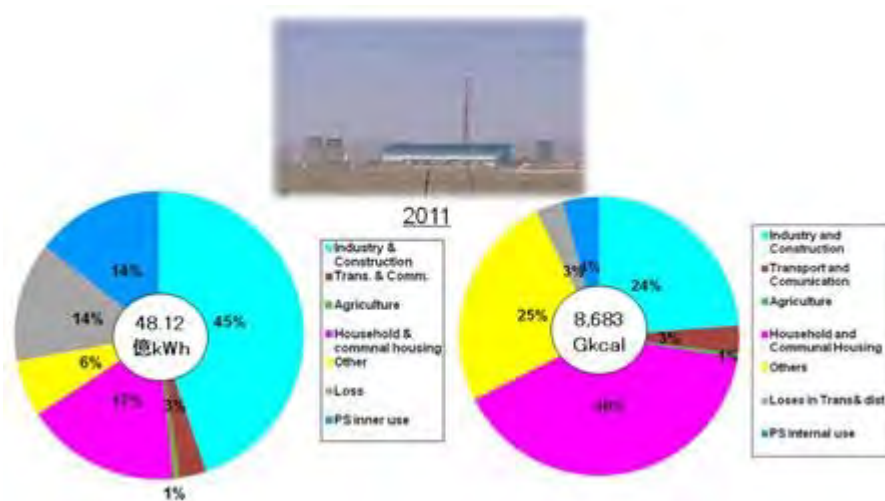
年	消費量 (t/年)	LPG 車台数	住宅・レストラン使用戸数
2004	2,200		
2005	3,500		
2006	4,500	450	
2007	6,000		約 20,000 (Ulaanbaatar12,000)
2008		約 1,000	約 20,000 (Ulaanbaatar12,000)
2010			
2012	8,000		

出典: Swedish Trade Council Beijing Office, Private Sector Opportunities in the Oil, Gas and Coal Sectors in Mongolia, December, 2008

#### (5) 電力と熱の消費

図 4-71 に 2011 年の電力と熱の需要セクターを示す。「モ」国では 8 か所の CHP プラントがある。この内 4 か所 Ulaanbaatar にある。中でも第 4 発電所が最も大きく、「モ」国全体の電力の約

70%、熱の約 50%を供給している。電力の消費分野では工業、建設が最も多く、次に住宅である。熱では住宅用が最も多い。電力の需要は冬場が夏場よりも若干多いが、熱は冬場が圧倒的に多い。このように「モ」国では冬場の熱供給を確保することが重要である。



出典: National Statistical Office of Mongolia, Mongolia Statistical Yearbook 2011

図 4-71 セクター毎の電力及び熱の消費量

以上、「モ」国のエネルギー消費形態は以下のように総括できる。

一次エネルギーの 72.5%を石炭、24.3%を輸入石油製品で賄う、石炭消費国である。石炭の用途は 80%が電力・熱併給発電、8.8%が住宅用である。住宅では暖房及び調理に石炭を使っている。この石炭をハウスコークスに置き換える施策が進んでいる。石油製品の 42.4%が自動車用ガソリン、54.7%が自動車用及び工業用のディーゼル油である。その他、自動車用及びレストラン等大型施設へ LPG が 8000t/年導入されている。

今後の石炭需要を予測するにあたり、まず次のセクターでどの程度の需要があるかを予測した。

- ・ 発電
- ・ 熱製造
- ・ 住宅用コークス製造
- ・ 自動車用液体燃料
- ・ 工業用液体燃料

次に、これらの需要の全量または一部を石炭で満たす場合の必要量を推定した。以下、2025 年のエネルギー及び石炭需要の予測結果を示す。

#### 4.3.3 2025 年までのエネルギー需要の見通し

##### (1) 需要予測手法

本調査では 2025 年のエネルギー及び石炭の需要を以下の方法で予測した。

$$E = P \times E_{\text{capita}} \text{ ----- (1)}$$

ここで、

E : X 年のエネルギー需要量

P : X年の人口

$E_{capita}$ : X年一人当たりエネルギー消費量

X年の人口Pは2000年~2011年の人口の変化を一次式で近似して推定した。

$$P = aX + b \quad \text{-----} \quad (2)$$

ここで、

X : 西暦年数、a,b : 近似式の係数

X年一人当たりエネルギー消費量  $E_{capita}$  については2つの推定法を用いた。

### 【ケース1】

2005年~2011年実績の変化を一次式で近似して推定する。

$$E_{capita} = \alpha X + \beta \quad \text{-----} \quad (3)$$

ここで、 $\alpha$ 、 $\beta$  : 近似式の係数

### 【ケース2】

一人当たりGDP伸び率の想定値とエネルギー弾性値に基づいて推定する。

$$E_{capita} = E_{capita-0} \times (\gamma \times \delta)^{(X-X_0)} \quad \text{-----} \quad (4)$$

ここで、

$E_{capita-0}$ : 基準年  $X_0$  の  $E_{capita}$  実績値

$\gamma$  : 一人当たり実質  $GDP_{capita}$  の伸び率

$\delta$  : エネルギー弾性値

$X_0$ : 基準年-2011年

但し、自動車用燃料の予測については、エネルギー消費量基準ではなく、自動車台数基準とした。

$$E_{vehicle} = P \times V_{capita} \times F_{vehicle} \quad \text{-----} \quad (1)'$$

ここで、

$V_{capita}$  : X年一人当たり車保有台数

$F_{vehicle}$  : 1台当たり燃費

$V_{capita}$  の推算法は、上記と同様、Case1「最近6年間の伸びの一次近似式による方法」と、Case2「GDP伸び率と弾性値による方法」によった。 $F_{vehicle}$  は2011年の実績値を用いた。

図4-72に人口の予測結果を示す。波線が本調査の結果であり、次式に基づいている。

$$P = 36,321 \times X - 70,248,900 \quad \text{-----} \quad (5)$$

本結果と他機関の結果を比較して表4-50に示す。この結果、上記(5)式による推算値はモンゴル政府、及び国連のMediumケースとほぼ一致することがわかった。

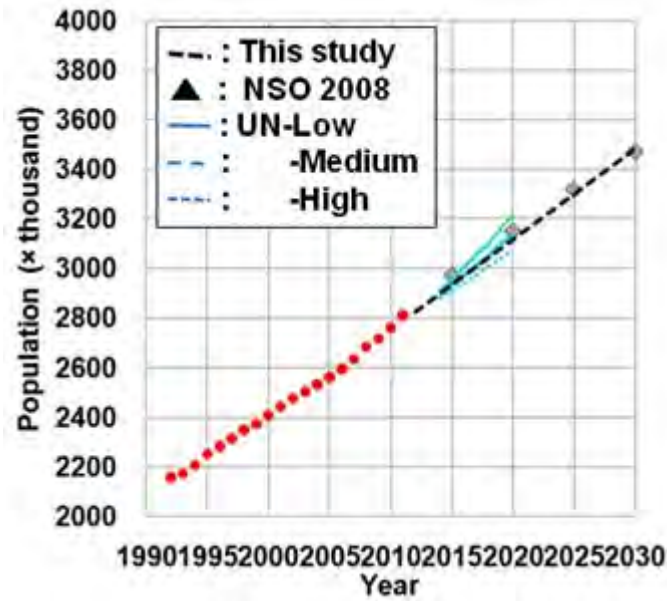


図 4-72 人口の予測

表 4-50 人口予測の比較

(単位：千人)

年	本調査	モンゴル <sup>71</sup>	国連 <sup>72</sup>		
			Low	Medium	High
2015	2,938	2,973	2,912	2,936	2,960
2020	3,119	3,154	3,084	3,143	3,216
2025	3,301	3,320			
2030	3,483	3,475			

図 4-73 に実質一人当たり GDP 伸び率に対する各機関の見通しを示す。赤のプロットは 2011 までの実績値である。各機関により見通しは異なるが、2015 年までは概ね 10%以上の高い伸びを想定している。これは銅山、炭鉱開発により資源の輸出量が急増することを想定しているためと思われる。しかし、2015 年以降は IMF、アジア開発銀行 (ADB) とともに 10%以下に下がると予測している。モンゴル政府ではベースケースと銅山開発ケースを想定している。<sup>73</sup>

本調査は個々の GDP 数値の妥当性を議論するものではなく、ある GDP 値を設定してエネルギー

<sup>71</sup> Swedish Trade Council Beijing Office, Private Sector Opportunities in the Oil, Gas and Coal Sectors in Mongolia, December, 2008

<sup>72</sup> ADB report, Updating Energy Sector Development Plan-Interim report, June, 2012

<sup>73</sup> Jargalsaikan.G., Overview of Mongolian Economy Impact of the Global Economics Crisis, Europe-Mongolia Investor's Forum, London, Dec., 2009

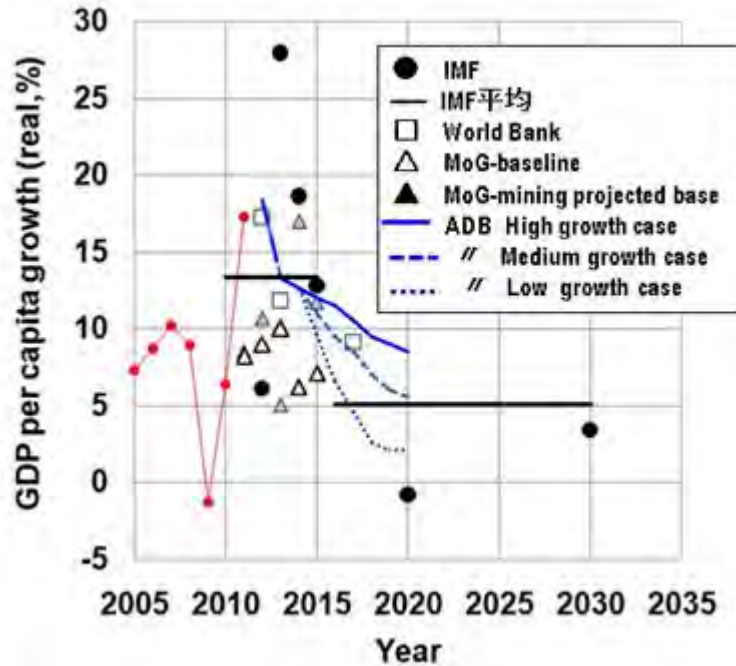


一需要量を予測する。2025年までの需要を推定するのにあたり、2015年までの高い伸びは続かないと想定し、モンゴル政府ベースラインの値の平均を設定した。

本調査で前提とした一人当たり GDP 伸び率（実質） $\gamma = 7.9\%$

ちなみに、IMF の 2010～2030 年の加重平均値は 7.4%<sup>注)</sup>、ADB の 2020 年 Medium と High の中間値は 7.1%である。

注) 加重平均値 =  $(\sum \gamma_i \times n_i) / (\sum n_i)$  ,  $\gamma_i$  : i 年の一人当たり GDP 伸び率,  $n_i$  :  $\gamma_i$  となる年数



出典: ADB report, Updating Energy Sector Development Plan-Interim report, June, 2012

Jargalsaikan, G., Overview of Mongolian Economy Impact of the Global Economics Crisis, Europe-Mongolia Investor's Forum, London, Dec., 2009

IMF Report, World Economic Outlook-Growth Resuming, Dangers Remain, April, 2012

IMF Country Report No.10/166, Mongolia: Joint IMF/World Bank Debt Sustainability Analysis Under the Debt Sustainability Framework for Low-Income Countries, June, 2010

図 4-73 実質一人当たり GDP 伸び率の見通し予測

## (2) 需要予測の前提条件

表 4-51 に需要予測に用いた一人当たりの需要伸び率とエネルギー弾性値を示す。Case 1 では前記 (3) 式を用いているが (近年 6 年間の変化をベース)、この方式では年間の伸び率自体は年により変わってくる。表に示した<年平均値>は次式で求めた 2012 年から 2025 年までの各年伸び率の平均値である。

$$\text{年平均値} = \frac{\sum_{i=2006}^{2011} \{ (E_{i+1} - E_i) \} / E_i}{(2011 - 2006)}$$

ここで、

$E_i$  : i 年の一人当たりのエネルギー消費量

Case 1 の伸び率は、例えば石炭が 2.0%、電力 2.6%、熱 0.3%となった。軽油の伸び率が大きい、熱の伸びが小さい、等が特徴である。

一方、Case 2 では、前述のように、一人当たりの GDP 伸び率を 7.9%一定とした。2005～2011 年のエネルギー弾性値は同表のようになった。2012 年以降の弾性値は基本的に 2005～2011 年の年平均値であるとして計算した。但し、軽油消費量、自動車台数は実績が 1 以上と大きい。2012 年以降もこの弾性値であるとして計算してみると例えば 2025 年の軽油量、車台数は非常に大きな値となった。そこで、この 2 つの因子の弾性値についてはそれぞれ 1 とした。

以上の弾性値を用いて Case 2 の各項目の伸び率を見てみると、例えば、石炭が 4.9%、電力 6.6%、熱 0.6%となった。どれも Case1 より大きく、当然、この差がエネルギー消費量、石炭需要量の違いに反映されてくる。

表 4-51 需要予測に用いた値

項目		一人当たり伸び率 (%)		エネルギー弾性値 (-)	
		Case 1 <年平均値>	Case 2 <一定値>	2005~2011 <年平均値>	2012~2025 <一定値>
GDP-実質-			7.9		
石炭	発電	1.4		0.40	
	住宅・公共	2.1		0.65	
	計	2.0	4.9	0.62	0.62
石油	ガソリン	0.8	1.7	0.21	0.21
	軽油	5.8	7.9	2.98	1.0
	計	4.1	7.9	1.60	1.0
電力	工業・建設	2.8		0.96	
	住宅	2.7		0.93	
	計	2.6	6.6	0.84	0.84
熱	工業・建設	-3.4		-0.63	
	住宅	0.0		0.02	
	計	0.3	0.6	0.08	0.08
自動車	自家用車	6.0		3.48	
	その他	6.0		3.49	
	計	6.0	7.9	3.49	1

### (3) 電力の需要予測

図 4-74 に Case1 の電力需要予測結果を示す。ここでの電力需要量とは、  
 $\text{電力需要量} = \text{消費量} + \text{発電所所内使用量} + \text{送電損失}$   
 を表す。つまり、発電所で生産すべき総電力量である。2011 年の実績で、電力需要量は合計 4,812 GWh であった。Case 1 では 2025 年に 7454GWh となった。セクター別では工業・建設分野の伸びが最も大きく、次に住宅・公共施設である。

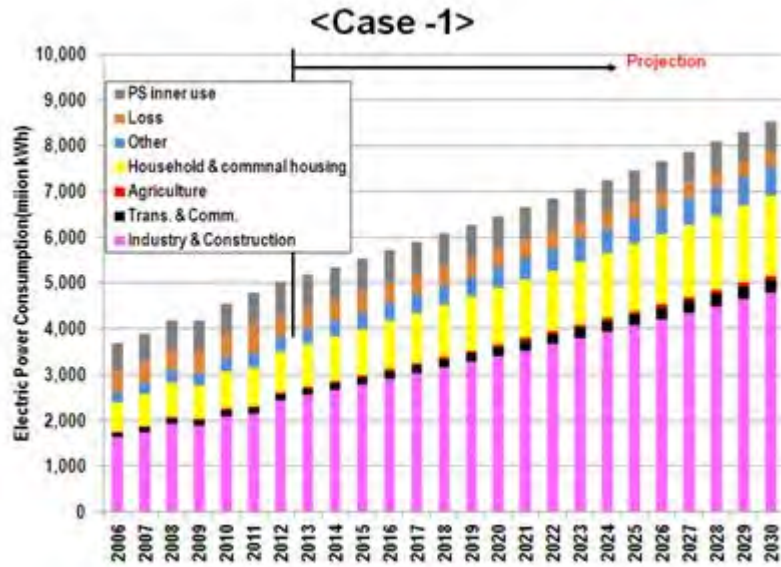


図 4-74 電力の需要予測-Case1-

図 4-75 に今後必要な発電所の容量を示す。図には下記の予測結果を纏めている。

- ・本調査の分析結果 : Case 1
- : Case-2 電力伸び率 3.4%と 6.6%の 2 ケース
- ・「モ」国電力庁の発電所建設計画
  - 注) 電力庁のデータは CES (Central Energy System) 地域の見通しと思われる。
- ・アジア開発銀行 (ADB) 予測<sup>74</sup>

Case 2 の電力伸び率 6.6%は表 4-50 に示したように、GDP 伸び率 7.9%のケースであるが、電力伸び率がこれより低いケースを参考として示すため、GDP 伸び率を 2006～2011 年の実績レベル 4%とした場合の電力伸び率 3.4%のケースも合わせて示した。

発電所容量は以下の式で求めた。

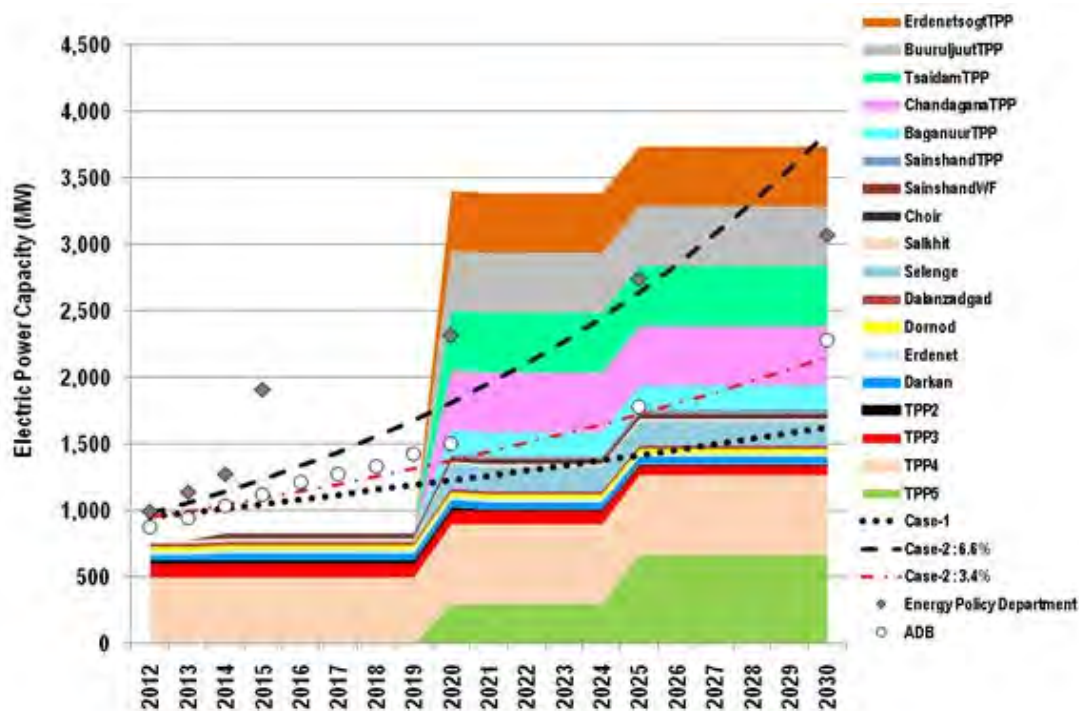
$$\text{発電所容量 (MW)} = \text{電力需要量 (MWh)} \times 1000 / (365 \times 24 \times \text{年間負荷率 L}) \quad \text{----- (6)}$$

$$\text{設備利用率 PLF} = \text{年間総発電量 (MWh)} / (\text{最大設備容量 (MW)} \times 365 \times 24 / 1000) \quad \text{----- (7)}$$

設備利用率とは、1 年間実際に発電した量と最大容量で 1 年間フルに発電 (8760 時間) した場合の量の比率である。2011 年における第 2、第 3、第 4 発電所の実績は平均で 0.60 であった<sup>75</sup>。本調査の計算では PLF=0.6 としている。

<sup>74</sup> ADB report, Updating Energy Sector Development Plan-Interim report, June, 2012

<sup>75</sup> Mongolia Electricity Statistical Year Book-2011



出典：ADB report, Updating Energy Sector Development Plan-Interim report, June, 2012

Mongolia Energy Policy Department

鉱業省電力庁に基づき、JICA 調査団作成

図 4-75 必要となる発電所容量の予測

図 4-75 から以下のことがわかる。

A. 2025 年の発電容量は次のように推定された。電力伸び率の感度は大きい。

Case	電力伸び率	発電容量
Case1	2.7%	1,418MW
Case2 (GDP 伸び率 4%)	3.4%	1,726MW
Case2 (GDP 伸び率 7.9%)	6.6%	2,643MW

B. 「モ」国エネルギー政策庁の見通しでは 2014 年に約 600MW 建設し、その後 15 年間で約 1000MW 増加することになっている。2025 年の見通しは本調査の Case-2 6.6%の結果に近い。

C. アジア開発銀行 ADB の見通しは、本調査の Case2-3.4%の結果に近い。

D. 「モ」国電力庁の個別発電所建設計画では 2020 年一気に約 2700MW 増やす。一方、2020 年までは第 5 発電所の建設計画だけである。

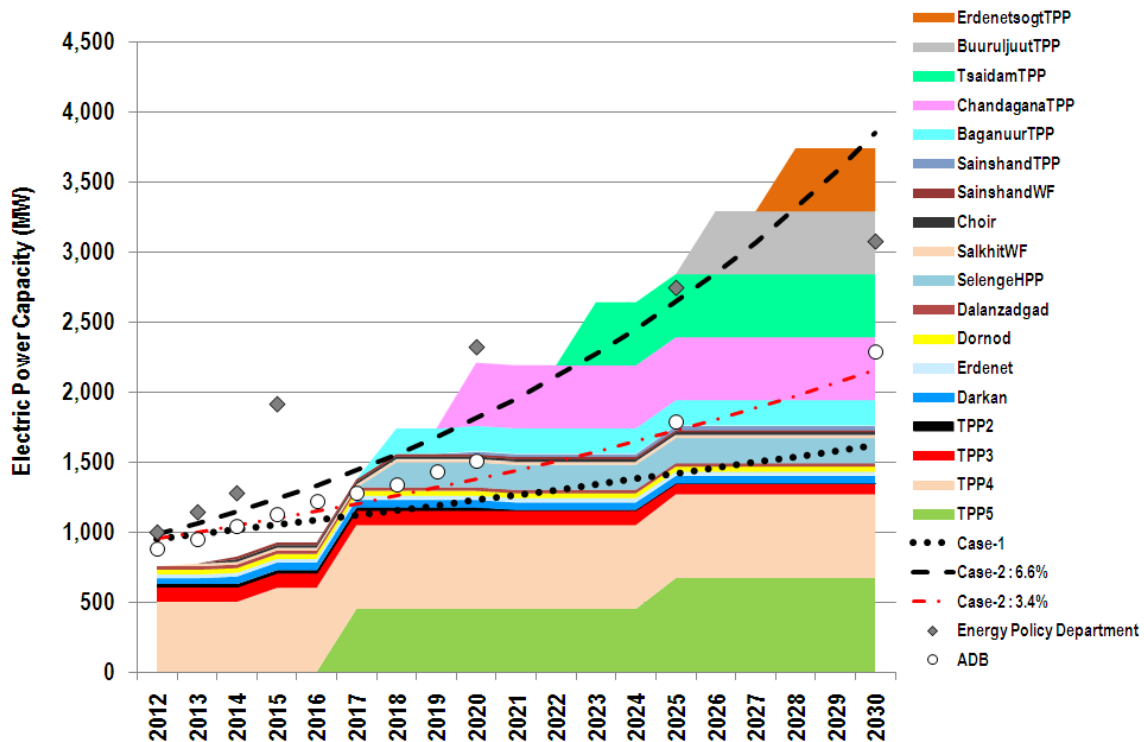
E. 以上のことから、発電所建設計画は漸的に増加する需要見通しに見合わない。

今回の試算は、前述したように、電力需要が 2012~2025 年で年平均 6.6%一定で増えるとしたので指数的な増加傾向となるが、図 4-75 で示したように、年毎に GDP の伸びを設定すれば電力需要予想線も非連続的となる。電力庁の見通し（図中◆）はそのような傾向となっている。2025 年は本調査と電力庁の結果がほぼ一致したことから、「モ」国政府は平均的には 6.6%程度の伸びを想定していると思われる。

以上の考察から、現在の発電所計画には以下の課題が指摘できる。

- 2019年までは大きな電力不足、2020年～2030年は供給過剰である。想定される需要に見合った計画にする必要がある。

例えば、図4-76は6.6%の伸び率とした場合の需要に見合う発電所計画例である。この図から供給が逼迫することが予想されるので第5発電所は今直ちに着工する必要がある。



出典：JICA 調査団が作成

図 4-76 需要に即した発電所の建設計画

尚電力庁の計画では第4発電所が2030年まで稼働することを前提としている。本発電所は1983～1991年の製造で、この間非常に多くの改善、改良、補修を加えてきている。2025年頃には建設以来40年経過する老朽設備である。従って、第4発電所は少なくとも2025年までには新設に置き換えておく必要があると思われる。

#### (4) 熱の需要予測

図4-77に熱の需要予測結果を示す。

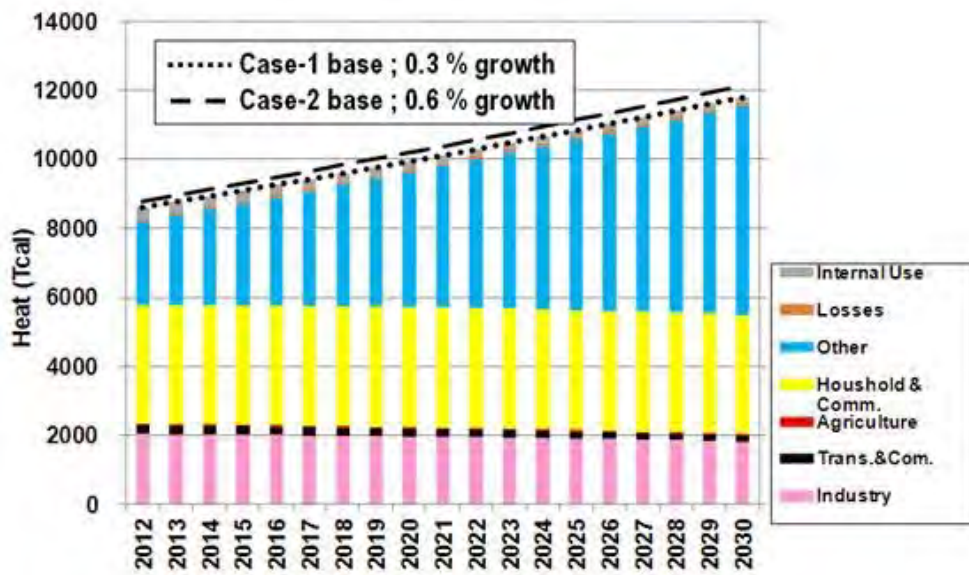


図 4-77 熱の需要予測

Case 1、2 の伸び率は各々0.3%、0.6%とどちらも小さいので、両者による予想量はあまり変わらない結果となった。

Case	伸び率	2025 年熱需要量
Case 1	0.3%	10,957 Tcal
Case 2 (GDP 伸び率 7.9%)	0.6%	11,136 Tcal

セクター毎の需要見通しでは、工業用は減少傾向、住宅・公共設備用はほとんど増加しないということが特徴である。

#### (5) 石油の需要予測

図 4-78 に自動車台数の予測結果を示す。Case 2 の伸びの方が大きく、2020 年に約 69 万台、2025 年に 106 万台、2030 年に約 164 万台となった。

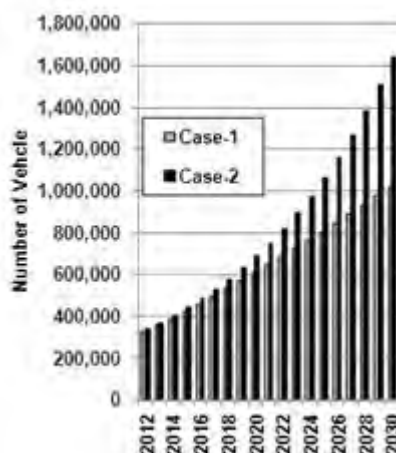


図 4-78 車台数の増加見通し

図 4-79 に石油（石油製品）の需要予測結果を示す。ガソリンは自家用車用、ディーゼル油はその他の車（バス、タクシー、トラック他）及び工業用である。ガソリンと工業用の伸びが大きい。

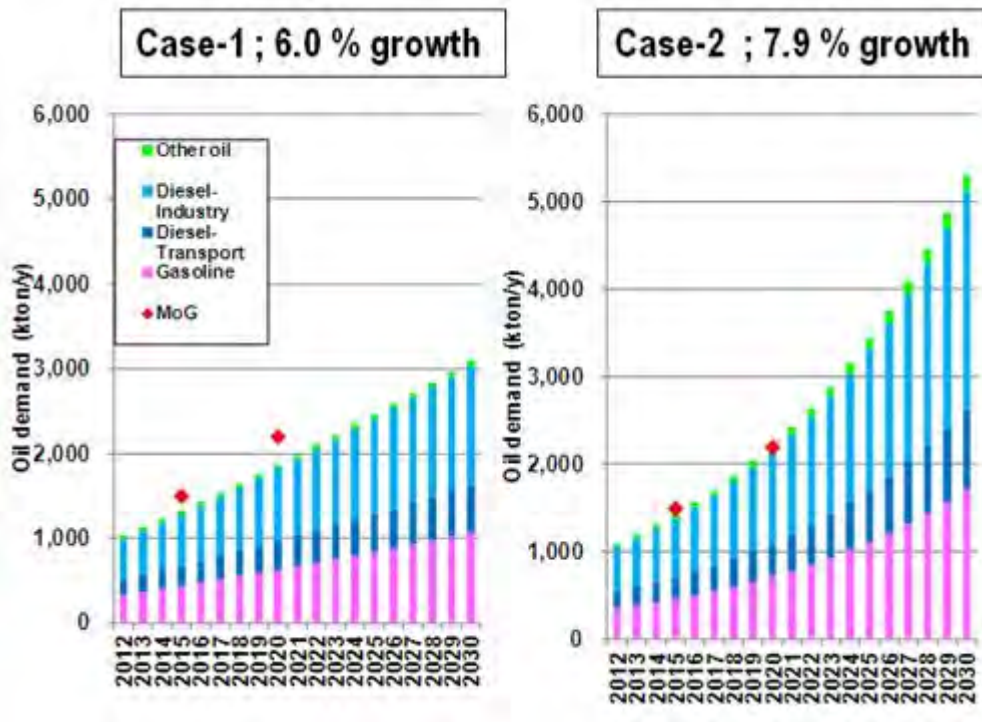


図 4-79 油の需要予測

Case-1、Case-2 による 2025 年の石油の需要量はそれぞれ次のとおりである。

石油需要量（千 t/年）			
年	Case-1	Case-2	石油局
2015	1,328	1,430	1,500
2020	1,865	2,220	2,200
2025	2,455	3,436	

Case-2 の結果は 2012 年 2 月に石油省でヒアリングした結果に近く、7.9%程度の伸び率を想定していると思われる。但し、前図で示したように Case-1 と Case-2 では 2020 年以降の車の台数の予測で大きく異なってくる。Case-2 の予想では 2025 年には約 3 人に 1 台、2030 年に約 2 人に 1 台の割合になる。2030 年の一人当たり車台数は現在のヨーロッパ諸国並みである。

#### (6) ハウスコーキスの需要予測

現在、都市部における大気汚染抑制のため、ゲルで使用する石炭をハウスコーキスに転換する施策が進められている。表 4-52 にゲルの増加の予測<sup>76</sup>とハウスコーキスの需要予測結果を示す。ハウスコーキスの需要量を下記の条件で予測した。

<sup>76</sup> Guttikunda.S., Urban Air Pollution Analysis for Ulaanbaatar, June 2007

(ア)Ulaanbaatar 市の人口増加は 2010 年から 2020 年間で 4.5%の伸び、2020 年から 2030 年までを 2.6%の伸びとする「モ」統計局の予測に基づいて算定した。

(イ)Ulaanbaatar 市の世帯数の増加は統計資料の 2011 年までの実績をもとに推定した。

(ウ)特に Ulaanbaatar 市の新規アパート計画である 100,000 戸計画構想への移転は 2015 年以降とし、ゲル、一戸建て建屋で使う石炭の量はそれぞれ異なるがここでは、1 世帯当たり年間 4 t とした。

(エ)原炭使用量に対して、ハウスコークスの使用量はその 70%としている。

(オ)石炭 1t からハウスコークスは 0.6t 製造されるとした。

予測結果を表 4-52 に示したが、この結果は今後の実績を見ながら随時見直していく必要がある。また表 4-52 から、新アパート建設・移転が計画通り実施された場合、ハウスコークスは 2016 年には約 60 万 t が必要となるので、早期にハウスコークス製造工場を立ち上げるべきである。

表 4-52 ゲルの増加予測とハウスコークスの需要量

Year	Mongolia		Ulaanbaatar						Case 1: If the new apartment was built as a planned			Case 2: No new apartment			
	Population	Increasing number	Population	Increasing number	No. of households	Ratio of family	No. of households of ger & house	New apartment	Remaining No. of households of ger & house	Coal	House cokes	Coal for house cokes	Coal	House cokes	Coal for house cokes
	(1,000 people)	(1,000 people)	(1,000 people)	(1,000 people)	(1,000 unit)	(person/unit)	(1,000 unit)	(unit)	(1,000 unit)	(1,000 t)	(1,000 t)	(1,000 t)	(1,000 t)	(1,000 t)	(1,000 t)
2006	2,595		994		227	4.4	133		133						
2007	2,635	40	1,031	37	235	4.4	138		138						
2008	2,684	48	1,072	41	252	4.3	149		149						
2009	2,716	33	1,112	41	273	4.1	162		162						
2010	2,761	45	1,152	39	294	3.9	176		176	704	493	821	704	493	821
2011	2,811	50	1,201	50	307	3.9	186		186	744	521	868	744	521	868
2012	2,829	18	1,253	52	321	3.9	194		194	777	544	907	777	544	907
2013	2,865	36	1,305	52	335	3.9	203		203	812	569	948	812	569	948
2014	2,901	36	1,357	52	348	3.9	212		212	847	593	988	847	593	988
2015	2,938	36	1,409	52	361	3.9	220	10	210	842	589	982	882	617	1,029
2016	2,974	36	1,461	52	384	3.8	236	20	216	863	604	1,006	943	660	1,100
2017	3,010	36	1,513	52	398	3.8	245	30	215	858	601	1,001	978	685	1,141
2018	3,047	36	1,565	52	412	3.8	254	40	214	854	598	996	1,014	710	1,183
2019	3,083	36	1,617	52	426	3.8	262	50	212	850	595	991	1,050	735	1,225
2020	3,119	36	1,669	52	439	3.8	271	60	211	846	592	987	1,086	760	1,267
2021	3,156	36	1,712	43	463	3.7	287	70	217	867	607	1,012	1,147	803	1,338
2022	3,192	36	1,756	43	475	3.7	294	80	214	858	601	1,001	1,178	825	1,374
2023	3,228	36	1,799	43	486	3.7	302	90	212	849	594	990	1,209	846	1,410
2024	3,265	36	1,843	43	498	3.7	310	100	210	839	587	979	1,239	867	1,446
2025	3,301	36	1,886	43	510	3.7	317	110	207	830	581	968	1,270	889	1,481

出典：JICA 調査団

### (7) 工業その他の分野における石炭の需要予測

図 4-80 に工業・建設、輸送・通信、農業分野における石炭の需要予測結果を示す。2025 年には Case 1 で 37 万 t である。Case 2 の伸び率は 4.9% であり、同じく 65 万 t と予想された。



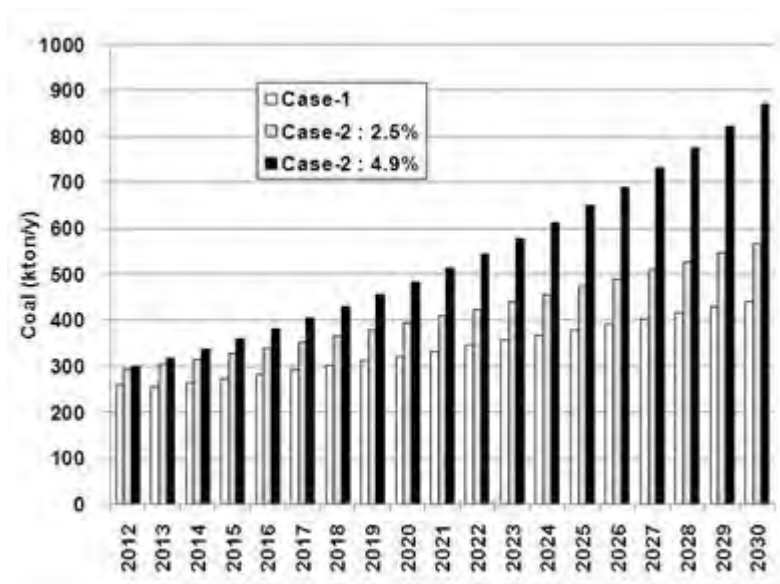


図 4-80 工業その他の分野における石炭の需要予測

#### 4.3.4 2025年までの石炭国内需要の見通し

現在石炭を消費している分野における将来の需要量を累積して図 4-81、表 4-53 に示す。対象とした分野は、

- ・ 発電
- ・ 熱製造
- ・ 工業その他の分野

である。表中の参考値（石炭単独ベース）は、Case-1 や Case-2 のようにエネルギー消費分野毎の分析とその累積値ではなく、

- 2005～2011 年の「モ」国全石炭使用量の伸び率を基準：2005～2011 年伸びベース
- 一人当たりの GDP 伸び率 7.9%と石炭伸び弾性値を基準：伸び率 4.9%

として推算した石炭需要量のことである。4.3.3 で求めたエネルギーの諸量を石炭量に換算するに当たり、次の数値を用いた。これらの数値は 2011 年の発電所等の実績に基づいている<sup>注)</sup>。

- ・ 石炭発熱量：3300kcal/kg
- ・ 発電端効率：38%
- ・ 熱（製造）効率：80%

注) モンゴル電力統計 2011、P42,P43。6 か所の発電所実績値の加重平均値。

この結果、Case2 では 2025 年に 1,440 万 t の需要見通しとなった（参考値では 1560 万 t）。鉱業省石炭調査部（MRAM）の予想では 2025 年 1,810 万 t であり、これより小さい値となった。この差の違いとして、本調査での対象分野がまだ狭く、MRAM ではもっと広い分野、用途、例えば石炭ガス化による液体燃料製造等を想定していることが考えられる。また、Case 2 は一人当たり GDP の伸び率を 7.9%と設定しているのに対し、MRAM はこれより高い GDP 伸び率を前提としていることも考えられる。

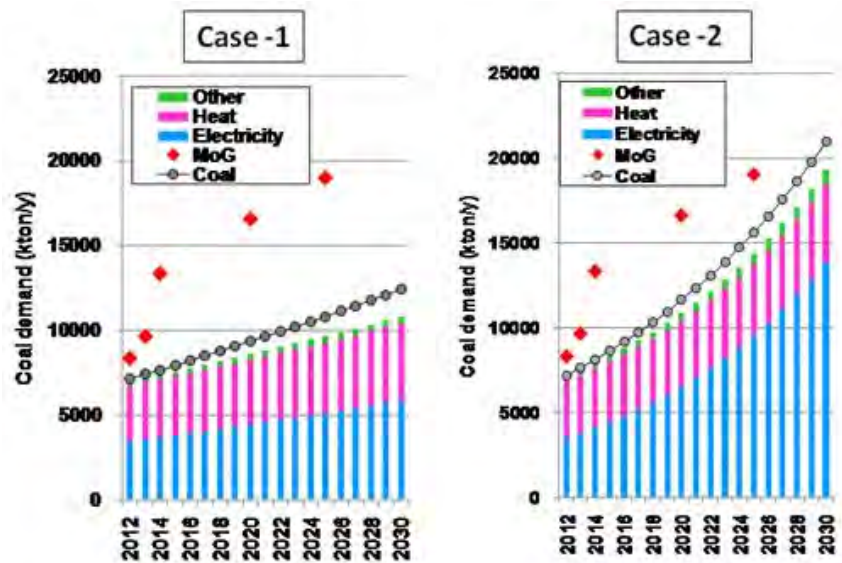


図 4-81 石炭の需要予測

表 4-53 2025 年国内石炭需要量  
(単位：1,000t/年)

	Case 1	Case 1.5: 2.5%	Case 2: 4.9%	Reference		MRAM data
				2005-2011 Result	Rate of increase:	
2008	5,843	5,843	5,843			
2009	6,426	6,426	6,426			
2010	6,906	6,906	6,906			
2011	6,815	6,815	6,815			
2012	7,000	7,000	7,200			
2013	7,200	7,300	7,500			
2014	7,400	7,500	7,900			
2015	7,500	7,800	8,300	8,000	8,600	13,700
2016	7,700	8,000	8,800			
2017	7,900	8,300	9,300			
2018	8,100	8,500	9,800			
2019	8,300	8,800	10,300			
2020	8,600	9,100	10,900	9,300	11,600	15,700
2021	8,800	9,400	11,500			
2022	9,000	9,700	12,100			
2023	9,200	10,100	12,800			
2024	9,400	10,400	13,600			
2025	9,600	10,700	14,400	10,800	15,600	18100

注：Case 1：エネルギー需要予測の中で、2005 年～2011 年の実績値を直線近似式で予測

Case 1.5：2005 年～2011 年の石炭使用量実績値を直線近似式で予測

Case 2：エネルギー需要予測の中で、一人当たりの GDP の伸び率 4.9% とエネルギー弾性値 0.62 に  
よる予測

## 第5章 石炭関連施設における環境保全計画

### 5.1 環境保全の取り組みに係る世界の現状と「モ」国の現状

#### 5.1.1 環境保全の取り組みに係る世界の現状

##### (1) 炭鉱開発・操業に係る環境保全の世界の現状

炭鉱開発においてはそれまで人の手が入っていなかった土地が開削されることになり、そのため様々な環境に関する影響が発生する。これらの影響には以下のようなものがある。

##### (a) 大気への影響

大気への影響については、採掘機械による騒音、掘削した表土あるいは石炭の粉塵飛散、石炭中に含まれるガスの飛散、採掘機械から排出されるガスの飛散などがある。

##### (b) 地球温暖化

操業において機械などから排出される二酸化炭素、炭層中に含まれるメタンガスは温室効果ガスであり、地球温暖化の大きな原因となる。

##### (c) 土地、土壌への影響

元来の地形は採掘により形が大きく変化してしまう。また、剥土した土壌などが重金属などにより汚染される場合がある。

##### (d) 地表水、地下水への影響

採掘により酸性廃水が発生することがある。この場合、周辺の生態に悪影響を及ぼす。また、地下水などの流路が採掘により分断されることがある。

##### (e) 植生への影響

採掘のために植生を伐採することにより、植生が失われる。また、採掘により発生する粉塵などにより植生の生育に影響が出る。

##### (f) 人体への影響

騒音、機械の振動、粉塵の吸入などにより作業員や周辺住民の健康に被害を与える場合がある。粉塵は多量に吸い込むとじん肺などの疾患の原因となる。

これらの問題は世界の産炭国で問題になっており、各国は様々な対策をとってきた。先進国においては、既に厳しい規制が実行されている。日本では鉱山保安法・鉱山保安法施行規則により環境対策が鉱業権者に義務付けられている。

豪州においては、例えば二大産炭州である NSW 州、Queensland 州において、それぞれ鉱業法、環境保護法が定められている。環境対策の例として、露天採掘跡の修復について図 5-1、図 5-2 に示す。露天採掘においては、採掘跡を整地し、植物を植えることにより修復作業を行う。なるべ

く採掘前の状態に戻すように炭鉱会社は努力している。図 5-2 は図 5-1 の場所を修復した様子であるが、採掘したことがわからないほどに植生が広がっている。



出典：oresomeresources.com

図 5-1 採掘跡



出典：oresomeresources.com

図 5-2 修復後の様子

米国も豪州と同じように連邦ならびに各州において鉱業法、環境保護法が存在する。炭鉱開発だけでなくその輸送インフラなどに対しても、州、郡政府や環境保護団体が厳しい監視の目を向けており、開発を進めるためには適切な環境影響評価を実施して関係者を納得させなければならない。

一方、開発途上産炭国においても、近年は法整備が進んでいる。中国においては、鉱産資源法、鉱産資源法実施細則、環境保護法、環境影響評価法、大気汚染防止法、水汚染防止法などにより採掘活動による環境負荷を低減することを義務付けている。現在環境保護法については更に規制を厳しくするために法改正案が審議されている模様である。

インドネシアでは鉱物石炭法により規定を行っている。環境影響評価を鉱区取得申請時には必ず提出しなければならない、その他水資源や開発後の跡地再生などについても義務付けられている。その他、水、大気、騒音等の防止についても多くの大臣令などが出されている。但し、現実には対策が完全に行われているとは言えず、例えばインドネシアやベトナムでは、炭鉱からの酸性廃水が土壌、河川に流れており、周辺環境に悪影響を与えている（図 5-3）。インドネシアでは酸性水の発生を抑えるための土壌被覆や水処理などの対策が始まったところである。



図 5-3 インドネシアの炭鉱における酸性廃水

出典：JCOAL

炭鉱操業における環境問題は、炭鉱内あるいはその周辺地域に与える問題もあれば、温室効果ガスのように極めて広い地域へ与える問題もある。全く環境破壊を行わない炭鉱開発は実際上ほぼ不可能であるが、開発に当たっては極限まで環境負荷を低減するように努力することが必要であり、世界各国がそのための努力を続けている。

## (2) 石炭利用に係る環境保全の世界の現状

石炭利用に関する環境保全についての世界の取り組み、特に、石炭を大量に輸入・利用し、かつ環境保全分野においても先進的な取り組みを行っている日本の取り組み状況について、JCOALが2007年に発行した「日本のクリーン・コール・テクノロジー」を参考にして以下に記載する。日本以外の先進国においても、石炭利用に伴う環境保全に関して日本と同様な取り組みを行っている。開発途上国においては、エネルギー需要増に従って石炭利用が拡大する傾向にあり、石炭使用に伴う環境保全は重要課題となっており、CCTの導入が進んでいる。

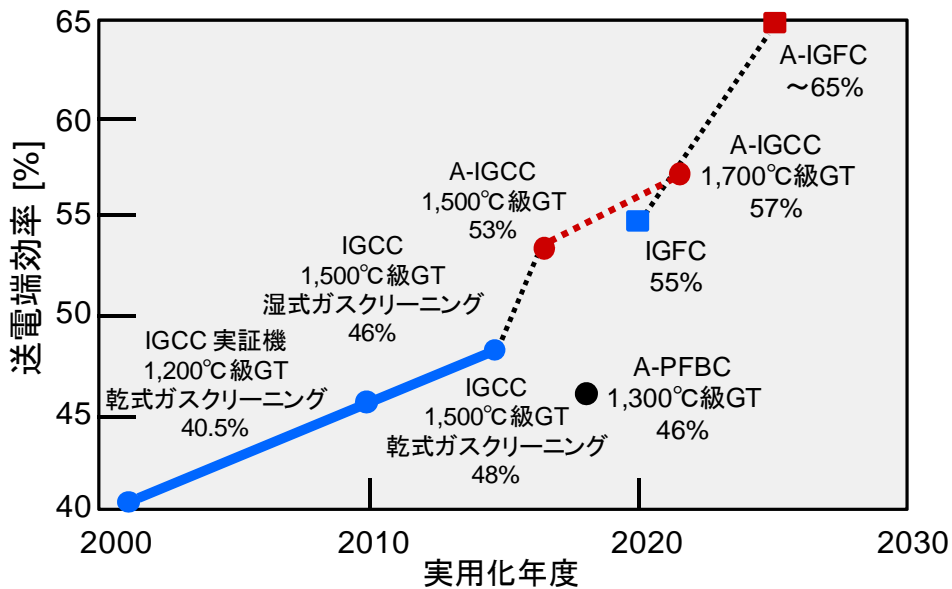
### (a) CO<sub>2</sub> 排出量削減の取り組み

2005年2月、京都議定書が発効し、日本は2008年から12年までの期間中に、温室効果ガス（二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素、代替フロン等）の排出量を1990年に比べ6%削減することが必要となっている。

日本は、世界で最も進んだCCTの保有国の一つとして、温室効果ガスの中で影響の大きな二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の排出量削減のために、下記の取り組みを行っている。

### 1) 発電分野における利用効率の向上による CO<sub>2</sub> 発生量の低減

図5-4に発電効率向上の予測を示す。発電効率の向上に向け、石炭ガス化複合発電（IGCC）、石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）等の技術開発が進められている。

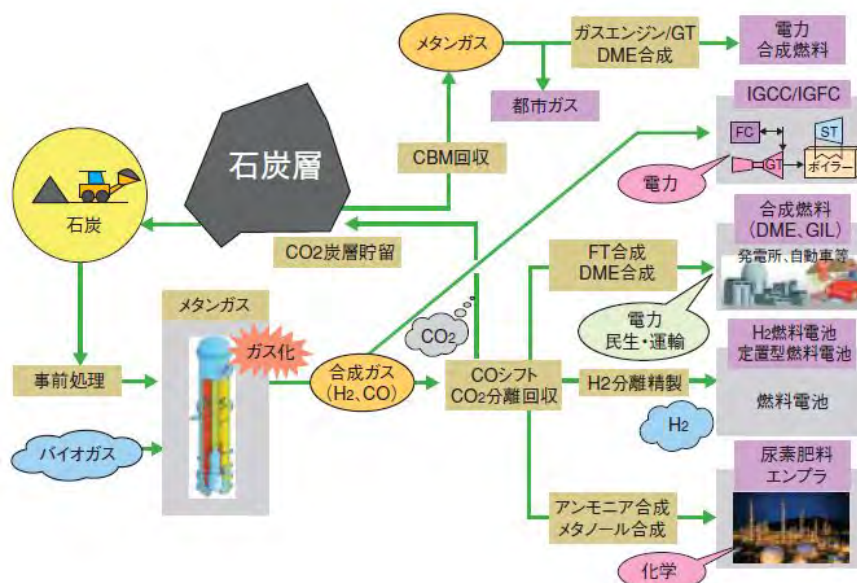


出典：日本のクリーン・コール・テクノロジー

図5-4 発電効率の向上

### 2) 石炭に含まれる炭素成分の原料分野利用による、直接燃焼により発生する CO<sub>2</sub> 排出量の抑制

図5-5にコプロダクション利用例を示す。石炭ガス化により発生する合成ガスを利用して様々な化学原料の製造が可能である。このような石炭利用技術の開発を通してCO<sub>2</sub>排出量の抑制を図る。

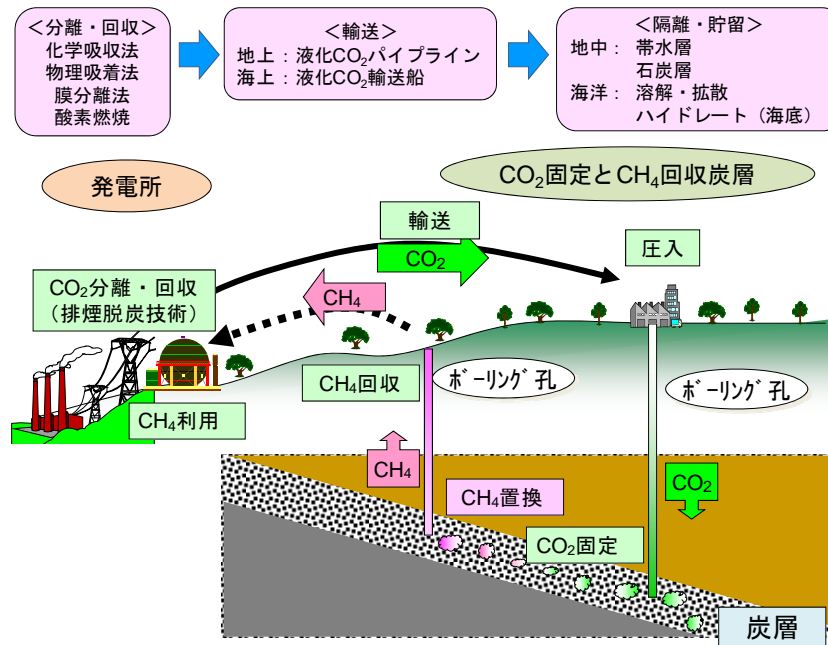


出典：日本のクリーン・コール・テクノロジー

図5-5 コプロダクション

### 3) 排ガス中に含まれる CO<sub>2</sub> を分離・回収し、地中等への隔離・貯留

図5-6にCO<sub>2</sub>の隔離・貯留例を示す。最初に、排ガス中のCO<sub>2</sub>を化学的・物理的な方法で分離・回収し、パイプラインあるいは船でCO<sub>2</sub>を輸送し、地中の帯水層や石炭層、または海洋に隔離・貯留するものである。

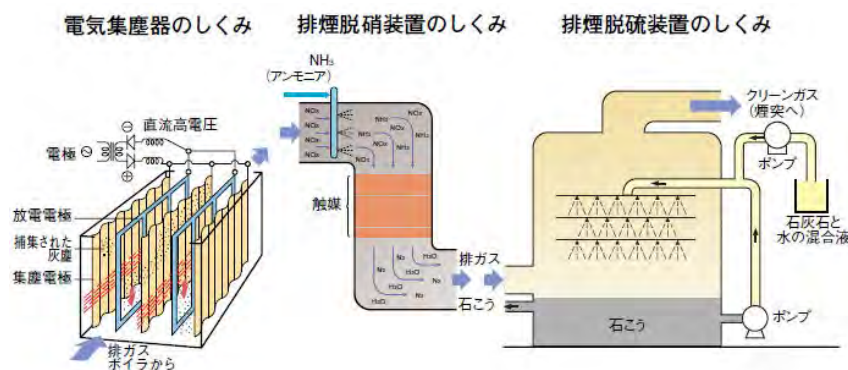


出典：日本のクリーン・コール・テクノロジー

図5-6 CO<sub>2</sub>の隔離・貯留

### (b) 排煙処理技術

図5-7に排煙処理の仕組みについて示す。石炭を燃やした後に出る排ガスを処理、または燃やす方法を工夫することによって、煤塵や硫黄酸化物、窒素酸化物を取り除くエミッション低減への技術開発が進められている。



出典：日本のクリーン・コール・テクノロジー

図5-7 排煙処理の仕組み

### 1) 電気集塵器

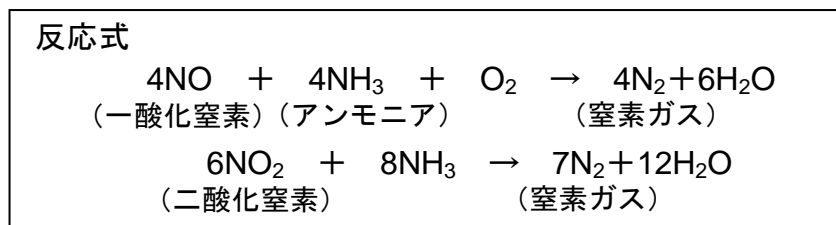
高圧の電気を流した2つの電極の間に、煤塵を含んだ排ガスを通すと、煤塵は（-）の電気を帯びて（+）側の電極に吸い寄せられる。電極に吸着し堆積した煤塵を、周期的な槌打によって集塵器の下部に落として排ガスや煤塵を取り除く方法である。この原理は、摩擦によって静電気を帯びた下敷きなどに紙やゴミが付着するのと同じものである。

### 2) 排煙脱硫装置

石灰石を粉状にして水との混合液（石灰石スラリー）を作り、これを硫黄酸化物を含んだ排ガスに噴霧すると、排ガス中の硫黄酸化物と石灰が反応して亜硫酸カルシウムになる。この亜硫酸カルシウムを、更に酸素と反応させて、石こうとして取り出す。

### 3) 排煙脱硝装置

図5-8に脱硝反応式を示す。窒素酸化物を含んだ排ガスにアンモニアを噴霧して、金属系の触媒（化学反応を起こさせる物質）の中を通す。排ガス中の窒素酸化物は、触媒の働きで化学反応を起こし、窒素と水に分解する。



出典：日本のクリーン・コール・テクノロジー

図5-8 脱硝反応式

### (c)選炭技術

図5-9に浮選機及び重液サイクロンを示す。石炭利用に伴う硫黄酸化物の排出低減は環境保全の重要な課題で、選炭は灰分や硫黄酸化物の発生源となる黄鉄鉱粒子を石炭を使う前に除去できる環境対策技術の一つである。



出典：日本のクリーン・コール・テクノロジー

図5-9 浮選機（左）及び重液サイクロン（右）



(d)スラッジ炭回収・脱水技術

図5-10に排水シクナ及び脱水装置を示す。選炭後に流される排水の中には微粉炭が含まれており、このまま河川等へ排出すると環境問題を引き起こす可能性がある。従って、効率の高いスラッジ炭回収・脱水技術の開発を資源有効利用の面からも進めている。

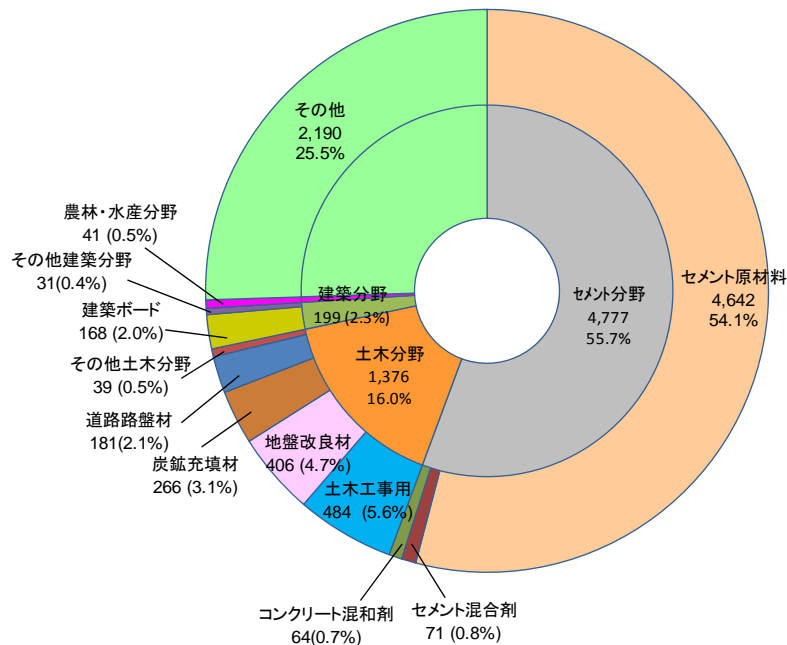


出典：日本のクリーン・コール・テクノロジー

図5-10 排水シクナ（左）及び脱水装置（右）

(e)石炭灰の有効利用技術

石炭を燃やした時に発生する灰は、セメント原料などに有効利用することをはじめ、多目的な利用に関する検討が進められている。図5-11に平成22年における石炭灰の有効利用実績（総利用量858万3,000t）を示す。



出典：JCOAL石炭灰全国実態調査報告書

図 5-11 日本における石炭灰利用状況

### (3) World Health Organization (WHO) における環境基準

WHO では大気質に関して、長期的な観点から人々の健康へ影響を与える汚染物質として4項目を挙げ、それぞれのガイドライン<sup>77</sup>を設けている。4項目とは、粒子状物質 (particulate matter: PM)、オゾン (O<sub>3</sub>)、NO<sub>2</sub> 及び SO<sub>2</sub> である。

#### (a) 粒子状物質 (PM)

4つの汚染物質の内、人体に最も悪影響を与えるのは粒子状物質である。長期にわたり粒子状物質に晒されると、心臓血管や呼吸系の病気、肺がんを誘発するリスクが高くなる。

大気質を測定する場合、通常、PM<sub>10</sub>を測定するが、PM<sub>10</sub>は主として、建設活動や道路の埃、風等による機械的な過程で発生する。一方、PM<sub>2.5</sub>は、主として化石燃料やバイオマス等の燃焼時に発生する。

WHO における PM ガイドラインを表 5-1 に示す。WHO では PM<sub>2.5</sub> 値を求める方法として PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>比 0.5 として換算しているが、開発途上国ではこの比率は典型的に 0.5 を示す。

表 5-1 WHO ガイドライン - 粒子状物質

PM2.5	10 µg/m <sup>3</sup>	年平均
	25 µg/m <sup>3</sup>	24 時間平均
PM10	20 µg/m <sup>3</sup>	年平均
	50 µg/m <sup>3</sup>	24 時間平均

2008年に世界銀行が全世界の都市を対象にしてPM<sub>10</sub>の測定調査<sup>78</sup>を行ったが、UlaanbaatarにおけるPM<sub>10</sub>は279 µg/m<sup>3</sup>年平均の値を示し、世界で2番目に大気汚染の酷い都市であった。

#### (b) オゾン (O<sub>3</sub>)

WHO におけるオゾンガイドラインを表 5-2 に示す。オゾンは光化学スモッグの主要構成物質であり、オゾンは日光とNO<sub>x</sub>や揮発性有機化合物が反応して発生する。オゾンが増加すると、肺機能の低下、呼吸困難、気管炎を起こさせる。

表 5-2 WHO ガイドライン - オゾン

O <sub>3</sub>	100 µg/m <sup>3</sup>	8 時間平均
----------------	-----------------------	--------

#### (c) NO<sub>2</sub>

WHO におけるNO<sub>2</sub>ガイドラインを表 5-3 に示す。今までの実験結果から、200 µg/m<sup>3</sup>を超える濃度のNO<sub>2</sub>に晒されると健康に悪影響を与えることが判明している。長期的にも、NO<sub>2</sub>が増加するとぜんそく患者の気管支炎の悪化や肺機能の低下にも繋がる。

人為的なNO<sub>2</sub>発生源は、主として暖房、発電所、車のエンジン等での燃焼過程によるものであ

<sup>77</sup> WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005

<sup>78</sup> The World Bank, Air Pollution in Ulaanbaatar Initial Assessment of Current Situation and Effects of Abatement Measures Discussion Paper, December 2009

る。

表 5-3 WHO ガイドライン - NO<sub>2</sub>

NO <sub>2</sub>	40 µg/m <sup>3</sup>	年平均
	200 µg/m <sup>3</sup>	8 時間平均

(d)SO<sub>2</sub>

WHO における SO<sub>2</sub> ガイドラインを表 5-4 に示す。今までの調査から、ぜんそくを持つ人が SO<sub>2</sub> 濃度 500 µg/m<sup>3</sup> の場所に 10 分以上とどまると肺機能の変化及び呼吸系の症状が出る事が判明している。

人為的な SO<sub>2</sub> 発生源は、主として、暖房、発電、自動車のために使用される硫黄分を含む化石燃料の燃焼によるものである。SO<sub>2</sub> は無色のきつい臭いのガスである。

表 5-4 WHO ガイドライン - SO<sub>2</sub>

SO <sub>2</sub>	20 µg/m <sup>3</sup>	24 時間平均
	500 µg/m <sup>3</sup>	10 分平均

### 5. 1. 2 環境保全の取り組みに係る「モ」国の現状

#### (1) 新規炭鉱開発及び石炭利用施設建設に係る環境影響アセスメント

資源開発やプラント等を建設する場合には、環境影響アセスメント (EIA : Environmental Impact Assessment) の実施が義務付けられている。以下、「モ」国における新規炭鉱開発及び石炭を利用する発電所、石炭関連プラント、熱水供給設備等石炭利用施設を建設する場合に必要な EIA の内容について記述する。

#### (a) 新規炭鉱開発に係る環境影響アセスメント

##### 1) 環境影響アセスメント報告書に盛り込むべき内容

「モ」国で探査権保有者が炭鉱開発を進める場合、採掘権を取得する必要があるが、採掘権を申請する前に、開発当事者は EIA を実施しなければならない。自然環境アセスメント法に基づき、EIA 報告書には下記の項目を盛り込まなければならない。

- ・ 計画及び技術設計の効果的なバリエーション
- ・ 計画に係る予測不能、主な悪影響及びそれらの緩和・解消のための対策
- ・ 計画の悪影響の規模、分布、付随する結果の試算予測
- ・ 事故、リスクの評価
- ・ 自然環境保全計画
- ・ 環境監査調査プログラム
- ・ 計画実施地域の住民、郡、区の住民議会の代表者の意見
- ・ 計画実施地の文化的階層、計画の特性に関連する問題
- ・ 現状復帰計画案

また、EIA 報告書には、下記の資料を添付しなければならない。

- ・ 当該住民、関係機関に総合評価してもらうための要望書

- ・ プロジェクトのフィージビリティ・スタディ
- ・ プロジェクトの概要
- ・ プロジェクトの位置
- ・ プロジェクトを実施する環境図
- ・ 土地許可書または賃貸契約書コピー
- ・ 国家登録局で承認された外資企業証明書コピー
- ・ 探査操業報告書
- ・ プロジェクト図面
- ・ 探査権コピー
- ・ 関係する住所及び電話番号

## 2) EIA 報告書の承認プロセス

鉱物資源法によれば、EIA 報告書は、グリーン開発・環境省、県知事、郡長、区長、国家専門監査総庁及び県監査局に提出されることになっている。

グリーン開発・環境省に提出された EIA 報告書は、省内に設置された評価委員会にて詳細に審議され、評価委員会で報告書に対するコメントや改善指示等を出し、必要に応じて追加調査の指示も行う。EIA 報告書の承認については、評価委員会のリコメンデーションに基づきグリーン開発・環境省が承認する。

一方、自然環境アセスメント法では、EIA 報告書はグリーン開発・環境省、開発当事者及び EIA 調査実施者用に 3 部のみ作成されることになっていたが、自然環境アセスメント法は 2012 年 5 月 17 日付で改訂され、EIA 報告書は 4 部作成されることになった。この改訂により、1 部は開発プロジェクトの位置する県の環境局へ提出されることになった。しかしながら、EIA 報告書に関しては、鉱物資源法と自然環境アセスメント法で整合性が取れていない状況にある。

## 3) EIA と採掘権との関係

探査権保有者が炭鉱開発を進める場合、まず鉱業省鉱物資源庁に採掘権を申請する必要がある。採掘権申請には、下記の書類が必要である。

- ・ 申請者、事業会社の正式証明書
- ・ 「モ」国で納税している証明書（所属税務局から）
- ・ 国家登録局で承認された外資会社証明書コピー
- ・ 採掘位置及びその他地域・箇所を図面及び経度と緯度の図 2 部
- ・ 手数料の支払領収書
- ・ 探査操業報告書を受理・承認した国家資源評価委員の議事録、国家機関の決定。受理された探査操業報告書に記載された鉱物資源量図のもとで採掘権のため特別許可を要望する地域図、適用縮尺 M 1:1,000、M 1:5,000、M 1:10,000
- ・ 探査操業中に自然環境保全計画を遵守して操業した書類
- ・ 自然環境アセスメント（総合評価書）
- ・ 探査特別許可（オリジナル）を添付
- ・ 国家予算で探査した地域の場合、当時の承認した機関名

炭鉱開発の第一ステップとして、探査権保有者はまず石炭埋蔵量調査結果を鉱物資源庁経由で国家資源評価委員会に提出しなければならない。国家資源評価委員会がこの結果を承認すると鉱業省から採掘権が付与され、概略的環境影響アセスメント（GEIA）実施の指示が出る。採掘権者は2週間以内にGEIAを実施、同時並行で採掘F/Sも実施して報告書を提出する。グリーン開発・環境省がGEIAの評価を行い、GEIAを承認する際、期限を定めて詳細環境影響アセスメント（DEIA）報告書の提出を指示する。これに従って、採掘権者がDEIAを実施、報告書をグリーン開発・環境省に提出、同省の承認後に炭鉱開発作業の着手が可能となる。

## (b)石炭利用設備建設に係る環境影響アセスメント

### 1)環境影響アセスメント報告書に盛り込むべき内容

EIAは年間50t以上の石炭を使用する石炭利用設備を建設する場合に必要となる。石炭利用設備建設に係るEIA報告書に盛り込む内容は下記の項目を含む。

- ・ 自然環境状態の基本指標
- ・ 計画及び技術設計の効果的なバリエーション
- ・ 計画の予測不能、主な悪影響及びそれらの緩和・解消のための対策
- ・ 計画の悪影響の規模、分布、付随する結果の試算予測
- ・ 事故、リスクの評価
- ・ 自然環境保全計画
- ・ 環境監査調査プログラム
- ・ 計画実施地域の住民、郡、区の住民議会の代表者の意見
- ・ 計画実施地の文化的階層、計画の特性に関連する問題現状復帰計画案

また、EIA報告書には、下記の資料を添付しなければならない。

- ・ 当該住民、関係機関に総合評価してもらうための要望書
- ・ プロジェクトのフィージビリティ・スタディ
- ・ プロジェクトの概要
- ・ プロジェクトの位置
- ・ プロジェクトを実施する環境図
- ・ 土地許可書または賃貸契約書コピー
- ・ 国家登録局で承認された外資企業証明書コピー

### 2)EIA報告書の承認プロセス

自然環境アセスメント法によれば、EIA報告書はグリーン開発・環境省に提出されることになっている。

グリーン開発・環境省に提出されたEIA報告書は、省内に設置された評価委員会にて詳細に審議され、評価委員会で報告書に対するコメントや改善指示等を出し、必要に応じて追加調査の指示も行う。EIA報告書の承認については、評価委員会のリコメンデーションに基づきグリーン開発・環境省が承認する。

## (2) 炭鉱が毎年作成する環境保全計画の承認及び監査プロセス

### (a) 炭鉱の年間操業計画と実績報告書

「モ」国で操業する全ての炭鉱は、国営あるいは民営炭鉱に関係無く、翌年度の生産計画や輸出計画を含む年間操業計画を作成し、9月1日から9月30日までに鉱業省鉱物資源庁に提出しなければならない。操業計画には環境保全計画も含まれる。炭鉱の操業面の計画は鉱物資源庁が承認する。

各炭鉱は前年度の操業に関する実績報告書を2月15日までに鉱業省鉱物資源庁に提出する義務を負っている。

### (b) 炭鉱の年間環境保全計画

上記のように、炭鉱の年間環境保全計画は炭鉱操業計画に含まれる。各炭鉱は当該年度の環境保全計画を2月15日までにグリーン開発・環境省他関係先（国家専門監査総庁と県監査局、県知事、郡長、区長）に提出しなければならない。環境保全計画の承認はグリーン開発・環境省が行う。

各炭鉱は、前年度の環境保全に関する実績報告書を2月15日までにグリーン開発・環境省に提出しなければならない。

### (c) 炭鉱の環境保全計画に関する監査プロセス

承認された環境保全計画について、炭鉱側が計画通り環境保全を実施しているかどうかについて、通常はグリーン開発・環境省に所属する職員及び県監査局に所属する監査員及び環境監査員が確認を行う。監査員、県知事、郡長及び炭鉱関係者からなる環境保全監査グループが環境保全状況について協議を行い、同グループがグリーン開発・環境省に報告書を提出する。

国家専門監査総庁及び県監査局監査員は炭鉱操業停止権限を保有しており、炭鉱側が環境保全計画に沿った形で環境保全を実施していないと国家専門監査総庁あるいは県監査局監査員が判断した場合、まず履行指示を出し、2週間以内に指示事項が履行されていない場合、監査員は操業停止命令を出すことができる。

## (3) 炭鉱の閉山時の環境保全について

2012年5月17日付で、鉱業法及び環境に関する綜合法令の改訂が行われており、改訂前の法令では、炭鉱の閉山に関する手続規定は国家専門監査総庁の担当と規定されていたが、5月17日付で、この規定が無効となっている。閉山に関する手続の規定等関連文書は、国家専門監査総庁からグリーン開発・環境省に送付されたものの、グリーン開発・環境省内での閉山関連文書が整理されていない状況にある。閉山関連文書には、閉山に関するガイドラインが含まれているとのことであるが、グリーン開発・環境省としては、閉山ガイドラインのレビューを行い、必要であれば、独自の閉山ガイドラインを作成することも考えている。

尚、5月17日付で、自然環境アセスメント法が改訂され、閉山に関する規定もこの法令に含まれている。採掘権保有者は炭鉱閉山の2年前に閉山計画を鉱業省へ提出しなければならない義務が規定されている。閉山計画書は鉱業省からグリーン開発・環境省に回覧され、閉山計画に対する指示、意見等は、グリーン開発・環境省及び県の環境局から直接炭鉱へ出すことになっている。

但し、閉山に関する詳細な規定は、改訂された自然環境アセスメント法令に基づき、今後、作成されることになる規則で明文化される予定である。

参考までに、国家専門監査総庁が 2003 年 8 月 21 日第 309 号指令として「鉱山を一時的及び最終的に閉山することに対する規則」を作成しているが、その規則を参考資料に含めた。

「モ」国における大気環境基準、発電所・HOB 等における環境基準、モニタリング状況、監査機関への報告及び監査

「モ」国における大気環境基準、発電所・HOB 等における環境基準については参考資料に纏めた。

#### (a) 発電所・HOB 等におけるモニタリング状況

##### 1) Ulaanbaatar 第 2 発電所

Ulaanbaatar 第 2 発電所としてモニタリングしている項目は、排気ガス中の NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、CO 及び排気ガス温度、石炭灰捨て場の土壌汚染及び灰捨て場散水用の井戸水の水質である。灰捨て場の石炭灰飛散状況については、大気庁が独自に検査しており、JICA も「モンゴル国ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト」において検査を行っている。尚、第 2 発電所については、気象庁国家大気質局（National Air Quality）と気象庁環境監査中央実験室が共同で年に 1～2 回、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、O<sub>2</sub>、CO の 4 項目を測定している。

##### 2) Ulaanbaatar 第 3 発電所

Ulaanbaatar 第 3 発電所として、今までは排気ガスを測定していなかったが、今年から排気ガス中の NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、CO、O<sub>2</sub> を定期的に測定している。石炭灰捨て場の水質について定期的に検査を行っている。

##### 3) Ulaanbaatar 第 4 発電所

Ulaanbaatar 第 4 発電所としてモニタリングしている項目は、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、CO 及び煤塵の 4 項目で、この他に、操業管理データとして CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、灰を測定している。また、発電所敷地内の複数の箇所で、土壌汚染の測定を行っている

##### 4) HOB 等におけるモニタリング状況

グリーン開発・環境省及び大気庁によれば、Ulaanbaatar 市内には約 1,000 か所の HOB 及び 2～3 か所の産業用石炭ボイラがあるとのことである。大気法により、HOB 等石炭関連施設はモニタリング結果を気象庁国家大気質局に報告する義務を負っているものの、基本的に、国営の HOB を除き、排煙ガスのモニタリングは行われていない。

但し、大気庁は JICA 事業「モンゴル国ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト」において、JICA と協力しながら HOB 等の排煙ガスの測定を行っている。また、国家大気質局は、国家専門監査総庁からの要請あるいは HOB 設置工場等から要請があれば測定に出向く。尚、国家大気質局に測定要請を行った場合、要請側がその測定費用を負担することになるため、国営工場では予算が限られていることから、測定要請があったとしても現在は外資系民間工場のみに限ら

れている。

#### 5) 乾留プラントにおけるモニタリング状況

MAK 社の乾留プラントでは、固定式あるいは移動式装置にて、H、CO、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、メタン、エタン、有機炭素、アロマチック炭素、粉塵濃度、周囲の騒音をモニタリングしている。飲料水及び生活水の水質分析も行っている。大気の実測は3年に1回実施している。

国へ報告義務があるのは水質及び大気のみで、これ以外の項目は内部のモニタリング管理項目として扱っている。

MAK はグリーン開発・環境省に、毎年環境保全計画と環境モニタリング・分析プログラムの報告書を提出しているが、同省職員が乾留プラントへ来たことはない。また、MAK として国家専門監査総庁に報告書を提出したことはない。

#### 6) ゲルにおけるモニタリング状況

Ulaanbaatar には約 19 万のゲル及び簡易住宅が存在し、これらのゲル等での生炭使用が冬季における Ulaanbaatar の深刻な大気汚染の主な原因と言われているが、ゲル等で使用される石炭ストーブの排煙ガス測定は行われていない。

#### 7) 監督機関への報告及び監査

各発電所は、毎年、環境保全計画を作成しグリーン開発・環境省へ提出し、翌年 2 月 15 日までに実績報告書を提出している。発電所は概ね月 1 回のモニタリングを実施し、12 月 15 日までに当該年の測定結果をグリーン開発・環境省へ報告しなければならない。

HOB 等については、モニタリング結果を提出する義務を負ってはいるものの、全体で約 1,000 ある HOB の約 10%に相当する国営約 100 か所の HOB がグリーン開発・環境省へ結果を報告しているのみである。

大気法に基づき、火力発電所、HOB 等の石炭を利用している施設は毎月 1 回、気象庁国家大気質局に測定データを報告する義務があるが、現状では、定期的に国家大気質局に報告しているのは、Ulaanbaatar 第 3 発電所及び第 4 発電所の 2 か所のみとのことであり、第 2 発電所からは測定データは報告されていない。

また、上記のモニタリング状況の中で記載したように、HOB 等の工場からも国家大気質局へは測定結果は報告されていない。

発電所に対する監査は国家専門監査総庁が行うが、監査は数年置きに行われている。第 2 発電所の場合、2001 年、2007 年及び 2010 年に監査が実施されている。監査に当たり、国家専門監査総庁から監査方針文書が送付される。2010 年の監査では、環境保全に係る予算・費用支出面、輸送面、健康管理面、設備面等について監査が行われた。監査結果に基づき、発電所側は必要な対応策を纏め、国家専門監査総庁へ文書を提出する。



## 5.2 関連法整備・政策のレビュー

### 5.2.1 「モ」国の石炭に係る環境関連法及び政策の一覧

本調査により入手した、「モ」国の石炭開発利用における環境関連法および基準を表 5-5 に示す。

表には完全に記載されていないが、現在政府は環境に関する 36 の法律の見直し・統合を進めており、現在 14~5 程度になっているとのことである。MNS とは「モ」国標準規格のことであり、環境関連では、大気汚染の原因となる SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、PM の排出許容量や、鉱山における採掘活動に伴う破壊地の修復や地下水汚染物質許容値などが定められている。環境基準の詳細については、参考資料 1.4.2 に記載する。

表 5-5 「モ」国の石炭に係る環境関連法・基準

名称	施行
鉱物資源法	2006 年 7 月 8 日
大気法	2010 年 6 月 24 日
大気汚染の支払いに関する法律	2010 年 6 月 24 日
首都の大気汚染低減に関する法律	2011 年 2 月 10 日
自然環境保護法	1995 年 3 月 30 日
自然環境アセスメント法	1998 年 1 月 22 日
水法	2004 年 4 月 22 日
水利用料金の修正規定（「モ」国政府規定 No. 351）	2009 年 11 月 25 日
自然環境・観光大臣命令 規則の改正承認の件/環境保全計画、環境監視-モニタリングプログラム、報告書の作成とそのチェックと受理と承認規則/	2011 年 2 月 16 日
MNS 3342 汚染からの地下水保護要件	1982 年
MNS 4585 大気環境基準	2007 年
MNS 5041 100kW 以下の温水ボイラスペック	2001 年
MNS 5043 0.10MW~3.15MW の能力の暖房ボイラスペック	2001 年
MNS 5045 固形燃料用温水ボイラ 技術要件	2001 年
MNS 5216-1 家庭用ストーブ 技術要件	2011 年
MNS 5457 HOB とゲルストーブの排出ガス（CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , 灰）基準	2005 年
MNS 5885 大気汚染物質の許容濃度 技術要件	2008 年
MNS 5915 鉱山産業の活動による破壊の分類	2008 年
MNS 5916 地面掘削時の肥沃性土壌の除去とその保存	2008 年
MNS 5917 鉱山産業の活動による破壊地での復元作業 技術要件	2008 年
MNS 5918 破壊地の植林 技術要件	2008 年
MNS 5679 石炭ブリケット 技術要件	2011 年
MNS 6063 大気質 公共区域における大気汚染物質の許容濃度	2010 年
MNS 6148 水質 地下水に含まれる汚染物質の許容値	2010 年

## 5.2.2 主要環境関連法及び政策の内容

### (1) 炭鉱開発及び操業に係る法令

#### (a) 鉱物資源法

第35条「鉱業権所有者の一般義務」において、環境影響評価、環境保全計画の提出が義務付けられている。

第37条～40条には環境保全の義務について記述がある。

- ・探査権所有者は探査権発行日から30日以内に環境保全計画を立案する。国家専門監査総庁ならびに県、郡、村長の承認が必要になる。同様に報告書も各々の機関及び自治体の長に提出しなければならない。
- ・探査権所有者はその年の環境保全に必要となる予算の50%を特別口座に積み立てなければならない。
- ・採掘権所有者は環境影響評価を実施し、環境保全計画を作成し、グリーン開発・環境省に提出しなければならない。これらが承認され次第、炭鉱の位置する地方の県・郡・村長・専門監査総庁出先機関にも提出が必要である。国営／民営炭鉱ともに提出が必要である。
- ・採掘権所有者にとって毎年の環境保全計画履行と報告書作成が義務付けられており、グリーン開発・環境省ならびに県・郡・村長と監査総庁出先機関への提出が必要である。
- ・採掘権所有者はその年の環境保全に必要となる費用の50%を特別口座に積み立てなければならない。
- ・探査権を延長する場合には環境保全計画を、採掘権を延長する場合は環境影響評価と環境保全計画をそれぞれ更新して関係機関の許可を得る必要がある。

第45条には閉山時についての規定がある。

- ・閉山の1年以上前に国家専門監査総庁へ通知し、環境保全に必要な措置を講じる必要がある。

#### (b) 自然環境保護法

自然環境保護、天然資源の適切な利用、原状回復については国会・政府が政策を策定し、リーダーシップをとっていく。環境を汚染させたものには罰金を徴収するなど適切な処置をとる。

石炭開発により環境が破壊されていないかどうかについては、国家専門監査総庁（及びその地方出先機関）、グリーン開発・環境省（及びその地方出先機関）が協力して監視業務に当たる。特に国家専門監査総庁の監査員は権限が強く、炭鉱操業に重大な過失があった場合に操業停止などの措置をとる権限を持っている。

環境に影響があると判定する指標について定めるとしている。これらの指標はMNSで規定される。

#### (c) 水利用料金の修正規定（「モ」国政府規定 No. 351）

2007～2009年にかけて、水資源庁のチームが「モ」国全体の水使用状況を調査し、水使用の無駄をなくすため、政府に水使用料金制度を提案した結果、政府法令 No.351 が作られた。この規定により鉱山開発で使用する水に料金が科せられることになった。

石炭開発分野においては、採掘、探査において表5-6の料金が科せられる。

表 5-6 石炭開発における水利用料金

	料金 (Tg/m <sup>3</sup> )	
	地表水	地下水
石炭採掘	100	150
石炭探査、ボーリング	50	100

出典：水資源庁より入手

## (2) 石炭利用関連の法令

### (a) 大気法

この法律は大気汚染を防止するための一般事項について規定したものである。大気汚染の把握、監査等を行う専門機関として大気質庁を設置することが第 8 条に定められている。また、大気汚染を引き起こした場合に罰金を徴収することが明記されている。この罰金はクリーン大気基金に支払われ、この基金を用いて環境対策を実施することになっている。

### (b) 大気汚染の支払に関する法律

大気汚染に関して支払う金額について定められている。現在、支払基準値は大気汚染物質の排出量ではなく、汚染を引き起こす各種燃料の重さにより定められている。石炭については生産者が 1~2 Tg/t を支払うこととなっている。

石炭から汚染物質を除去し一定基準を満たす燃料を製造した場合は、製造した燃料の量の分支払額が免除される。

### (c) 首都の大気汚染低減に関する法律

首都 Ulaanbaatar では石炭を原炭のまま燃焼させることによる大気汚染が最大の問題となっており、原炭利用をなるべく避け、電力、地熱、ハウスコークス、ガス燃料など他のエネルギーを利用することを促進しようとしている。

汚染が問題になっている箇所についてはグリーン開発・環境省と Ulaanbaatar 市長により大気質改善地域が毎年公表される。この大気質改善地域においては、石炭を原炭のまま燃焼することが禁止されている。

### (d) 水利用料金の修正規定（「モ」国政府規定 No. 351）

石炭開発と同様、発電事業において使用する水にも料金がかかる。現在エネルギー・電力生産に科せられる水利用料金は、地表水利用の場合 10 Tg/m<sup>3</sup>、地下水利用の場合 30 Tg/m<sup>3</sup> である。

## 5.3 「モ」国における環境保全の技術的現状

「モ」国における石炭上流分野（炭鉱・輸送）及び石炭を利用する下流分野における環境問題の現状及び環境保全に関する取り組み状況、また今後の対応や計画を把握するため、夫々の施設を訪問した際にヒアリングした内容及びアンケートを送付して得られた回答内容を記述する。

### 5.3.1 上流分野（炭鉱・輸送）における環境保全の現状

上流分野については、Baganuur 炭鉱、Shivee-Ovoo 炭鉱、Erdev 炭鉱、Syaryngol 炭鉱、UHG 炭鉱、Erdeness-TT 炭鉱及び MAK Nariin Sukhait 炭鉱の 7 炭鉱の環境保全の取り組み状況について、下記の項目別に表 5-7 に纏めた。

上流分野における環境保全の現状

- 1) 地下水関連
- 2) 炭鉱操業に伴う汚水・排水問題
- 3) 採掘跡地の修復
- 4) 粉塵・炭塵飛散
- 5) 騒音
- 6) 輸送分野における環境問題
- 7) 操業で発生するゴミの処分
- 8) 従業員の健康診断
- 9) 周辺住民や遊牧民からの苦情
- 10) 環境保全に関する監査
- 11) 県監査局監査員による炭鉱訪問  
監査員からの指摘事項

表 5-7 7 炭鉱の環境保全の取り組み状況

炭鉱名	Baganuur	Shivee Ovoo	Erdev	Sharyngor	UHG	Erdeness Tavan Tolgoi	MAK Naryn Sukhait
地下水 関連	地下水を年間 320～400 万 m <sup>3</sup> 採水、その一部をわずかではあるがボイラ用及び事務所に利用。バガグフ池の復旧用にも使用。将来的には、地下水を浄化して、バガヌール地域の水利用や温室用に利用する計画。		従業員用の水供給のため、1 か所で井戸を掘削。また、飲料用水を郡の井戸から購入。	ピット底が地表から 216m あり、年間 60 万 m <sup>3</sup> の地下水を採水、2 か所の沈殿池に溜め、不純物除去後に川へ放流。放流するための水質テストを年 1 回実施。	250～400m の深度の井戸から地下水を採取。水供給及び使用量を Telemeter システムで管理。95% の水を再利用可能な装置を設置。生活用汚水を処理施設で処理。	炭鉱で使用している水は四半期毎、炭鉱内の地下水は毎月採取して分析。2013 年～2014 年に建設予定の選炭工場で使用する水を確保するため、炭鉱から 70km 離れた箇所で地下水を採取しパイプラインで運ぶための FS 調査を実施中。	炭鉱で使用している水は四半期毎、炭鉱内の地下水は毎月採取して分析。
炭鉱操業に伴う汚水・排水問題	汚水問題はない。汚水処理施設があり、処理後の水はバガグフ池に流している。		炭鉱内に溜まった水や雨水を池に貯水。廃水処理施設があり、処理後の水は道路の散水、修復、植物園の散水に使用。		処理施設で炭鉱からの廃水を処理。処理後の水が規格値を満足しているかどうか、定期的に測定し管理。	現状、炭鉱内で発生する汚水は 2 段階の汚水処理設備で処理。	2010 年に炭鉱従業員用ビレッジに汚水処理施設、2011 年に炭鉱従業員用ビレッジ及び修理工場にそれぞれ下水処理施設、また車両修理工場及び洗車場にも汚水処理施設を設置。

表 5-7 7 炭鉱の環境保全の取り組み状況（続き）

炭鉱名	Baganuur	Shivee Ovoo	Erdev	Sharyngor	UHG	Erdeness Tavan Tolgoi	MAK Naryn Sukhait
採掘跡地の修復	採掘跡地を埋め戻し、良土で整地した後に植物を植えている。1999年から総面積120.5haの土地を修復済み。長期計画として、2007年に「Baganuur 炭鉱の技術的修復作業計画」を作成。長期計画は、5年に一度程度見直す。	雨が降らないので、植生が育たないことが問題。	修復作業を規格に基づき実施。採掘跡地を埋め戻し、土を被せた後、元の植物を植えている。2011年には、20haを対象に3万本の植林を実施。根元に保水材を入れるドイツの技術を採用。	年間5haを対象に埋め戻しを実施。植林は未実施。	採掘前に表土を別途保管し、採掘した後の修復のため利用。また、植林も実施。採掘跡に植林する木としての適性を試験するため、18種類22,000本の木を試験中。	生産開始して間もないため、現在、修復作業は未着手。将来の修復に使用するため、表土を規格通りに剥土、保存。	表土は剥土後の修復作業のため利用。
粉塵・炭塵飛散	天気が良い日は、粉塵・炭塵飛散は少なく、規格値内に収まる。剥土後の土は埃が立つので散水を実施。	砂嵐で粉塵・炭塵が多く飛散。	道路の埃を抑制するため、車両の速度を制限すると共に、道路への散水を定期的に行等の対応を実施。		最大の環境問題が粉塵、埃で、その抑制のため散水を実施。風力を弱めるため、高さ18mの柵を設置。採掘権エリア内の5か所、また採掘権外で炭鉱から6km離れた5か所で粉塵をモニタリング中。	現状、炭鉱周辺5か所から粉塵試料を採取し分析を実施中。モニタリング用の粉塵測定器を発注済みで、測定器が到着次第、同じ5か所に設置しモニタリングを開始予定。	乾燥しており、粉塵飛散が多い。炭鉱操業で発生する土埃を抑制するため、道路に砂利を敷いたり、散水を実施。石炭輸出のため石炭トラックにはシートを被せており、炭塵飛散は比較的少ない。
騒音	騒音基準は85dBであるが、石炭積込場では101～104dB、クラッシャー周辺では95dB、ダンプトラック91～92dB、採掘重機は103dB。		現場作業の騒音を定期的に測定。		重機及び車両について定期点検を実施。毎月、騒音のモニタリングを実施。	モニタリング用の騒音測定器を発注済み。測定器が到着次第、モニタリングを開始。	炭鉱近辺のみトラックの騒音があるが、それ以外は騒音の影響は少ない。

表 5-7 7 炭鉱の環境保全の取り組み状況（続き）

炭鉱名	Baganuur	Shivee Ovoo	Erdev	Sharyngor	UHG	Erdeness Tavan Tolgoi	MAK Naryn Sukhait
輸送分野における環境問題	石炭輸送中に埃が多く発生。		特になし。	石炭は鉄道輸送のため、環境問題は特になし。	輸出用の中国国境までの道路 245km を舗装済み。輸送中の交通事故を減少させるため、道路には記号、マーク付けを実施。交通指導員が参加して、6 か月毎に運転手の再教育を実施。	未舗装道路を使用したトラック輸送は土埃が問題。このため、現在、ER 社が建設した舗装道路を利用し、その使用料として 400,000Tg/台（≒300US\$/台、¥24,000/台）を支払っている。また、ER 社との契約で、トラックの石炭積載量は 65t 未満としている。尚、Erdeness TT 社と small TT 社が共同で舗装道路を建設する計画がある。	炭鉱から Shiveekhuren 国境検問所まで 56km の舗装道路を建設、荷台が空のトラックが走行中。石炭を積んだトラックは整備した砂利道路を走行中。1 日平均 200～250 台のトラックが走行しており、このため砂利道路での土埃が発生。
操業で発生するゴミの処分	鉄スクラップを所定場所に保管。他のゴミはゴミ収集場所に捨て、ブルドーザーで埋め立て処分。		生活用ゴミと操業用ゴミを分離し、焼却及び埋め立て処分。操業で発生する瓦礫、鉄のスクラップ及び廃油をリサイクルすると共に、タイヤは柵として使用。	ゴミを分別し、鉄、木、プラスチック等の再利用可能なゴミはリサイクルのため、所定の場所に保管。3R+R（Reduce, Recycle, Reuse + Respect）システムを導入。	現状では、郡のゴミ捨て場へ運ぶか、現場で焼却処分。廃棄油については、業者と契約し引取り処分。将来的には、重機類から発生する廃棄物をゴミ焼却炉で処分予定。	炭鉱操業で発生するゴミは、廃棄物処理及びリサイクルする規則に従って分別処理。例えば、鉄スクラップを特定場所に保管、タイヤは環境整備のための柵として利用。	
従業員の健康診断	炭鉱で勤務している従業員全員は定期的に年 2 回健康診断を受診。		炭鉱で勤務している従業員全員が定期的に健康診断を受診。		炭鉱で勤務している従業員全員が年 1 回健康診断を受診。	炭鉱で勤務している従業員全員が年 1 回健康診断を受診。	炭鉱で勤務している従業員全員が年 1 回健康診断を受診。

表 5-7 7 炭鉱の環境保全の取り組み状況（続き）

炭鉱名	Baganuur	Shivee Ovoo	Erdev	Sharyngor	UHG	Erdeness Tavan Tolgoi	MAK Naryn Sukhait
周辺住民 や遊牧民 からの苦 情	特に苦情はない。		特に苦情はない。		特になし。	特に苦情はない。鉱区内に居 住していた遊牧民3家族と個 別の話し合いにより、補償金を 支払い鉱区外へ移動させたた め、遊牧民に関して問題無し。	特に苦情はない。ゴミで 絶滅可能性のある植物及 び湧水保護の要望を受 け、都度対応済み。
環境保全に関する監査							
県監査局 監査員に よる炭鉱 訪問	監査員は年間2回（夏 及び冬）炭鉱訪問し、 炭鉱長、管理局長、生 産部長等と面談。	監査員は抜き 打ちで炭鉱を 訪問。	監査員は年間3～5回炭 鉱訪問し、炭鉱長、総括 エンジニア、労働担当エ ンジンニア、生態学専門家 等と面談。		監査員は毎年春から 冬にかけて5～6回炭 鉱訪問し、炭鉱長、環 境担当、労働安全及び 衛生担当と面談。	監査員は毎年3月または4月 に炭鉱訪問、炭鉱長、自然環 境担当、労働安全及び主任機 械担当と面談。	監査員は毎年3～5回炭鉱 訪問。訪問時には、炭鉱 長や総括エンジニア、自 然環境担当者と面談。
監査員か らの指摘 事項	特に、指摘事項は無し。		現状では、監査員から受 けた指導事項として大き いものは無い。	環境対策としての 年間5haの埋戻し 計画の早期実行要 請あり。長期的対 策として、環境修 復のFSの実施要 請あり。	チェック表に基づき 監査を受け、違反を指 摘された場合は、監査 員から出される指示 書に基づき是正措置 を取り、実績報告書を 提出。	現状では、監査員から受けた 指導事項として大きいものは 無い。	石炭輸送道路が使用条件 を満たしていないとの理 由で、監査員の指示によ り、2012年4月13日から 5月12日まで操業停止し た。炭鉱として道路対策 を取った後、監査員によ る再監査を受けて道路使 用を再開。



### 5.3.2 下流分野における環境保全の現状

下流分野については、Ulaanbaatar 第2発電所、Ulaanbaatar 第3発電所、Ulaanbaatar 第4発電所、産業用石炭ボイラ（MCS社ビール工場）、MAK 乾留プラント及び Sharyngol Energy 乾留プラントの6つの石炭利用施設の環境保全の取り組み状況について、下記の項目別に表 5-8 に纏めた。

- 1) 煙突からの煤煙飛散、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 問題
- 2) 貯炭場における自然発熱（発火）問題及び炭塵飛散
- 3) 石炭灰処理
- 4) 地下水関連（採取、汚染、水の再利用等）
- 5) 土壌汚染
- 6) 操業で発生するゴミの処分
- 7) 従業員の健康診断
- 8) 周辺住民からの苦情
- 9) 国の関係機関への報告及び監査員からの指摘事項

また、表 5-9 に第2発電所への国家専門監査総庁からの指示及び実施事項と表 5-10 に第3発電所への2011年自然環境保全計画に対する実績報告を示す。

表 5-8 石炭利用施設の環境保全の取り組み状況

石炭利用施設	Ulaanbaatar 第2発電所	Ulaanbaatar 第3発電所	Ulaanbaatar 第4発電所	産業用石炭ボイラ (MCS社ビール工場)	MAK 乾留プラント	Sharyngol Energy 乾留プラント
生産/消費状況	年間 20 万 t の Baganuur 炭を消費。	年間 100 万 t の Baganuur 炭を消費。	年間石炭消費量は約 300 万 t で、Baganuur 炭及び Shivee-Ovoo 炭を 50% ずつ使用。	2007 年から稼働している工場で、Nalaikh 炭を年間 2,000t 使用。	2011 年 3 月に操業を開始。自社 Erdev 炭鉱で生産された Erdev 炭を年間 92,700t 消費。2011 年のセミークスの生産量はサイズ 20～100mm が 33,700t、サイズ 0～20mm が 22,500t の計 56,200t。2011 年のセミークス販売量は 21,000t。	2011 年に稼働開始。原炭には、Sharyngol 炭、Baganuur 炭、Erdev 炭 (MAK 社) の 3 種類を使用。大気庁への 2011 年のプリケット販売量は 2,000t、2012 年は 5,000t を販売予定。
煙突からの煤煙飛散、SOx、NOx 問題	煤塵飛散はあるが測定は未実施。	SOx、NOx を含め測定は行っているが、それらの排出低減技術は導入は未実施。煤塵測定は未実施。	2010 年から排煙ガス中の NOx、SOx、CO <sub>2</sub> 、CO 及びその他有害ガス、フライアッシュを測定。脱硫装置等は未設置。電気集塵機は設置済みで、2011 年の集塵効率は 98.9%。2009 年 2 月、大気庁に要請し排煙ガスの汚染物質を測定、MNS5919 の基準値よりも低い値を示し、Ulaanbaatar 市の大気質への影響は少ない。	会社として環境モニタリングは未実施。	セミークス乾留過程で分離している硫黄ガス、硫化水素は脱硫塔に設置した吸収剤に吸着させている。脱硫塔の最高温度が 600°C のため、NOx と酸化窒素が分解し許容基準値内。プラントからの排煙ガス成分をガス測定器で測定。	プラントではモニタリングを実施。
貯炭場における自然発熱 (発火) 問題及び炭塵飛散	炭塵飛散は春と秋に多い。また、石炭貨車から石炭を手作業で降ろしており、炭塵が発生。	炭塵飛散は春と秋に多い。	発電所から南方へ炭塵飛散する。炭塵飛散防止を目的として、貯炭場の東側に 200 本の苗木を植えた。	貯炭場がないため、石炭は長期間保管しない状態で消費。不完全燃焼はない。炭塵はトラックから下ろす際に発生。	貯炭場では自然発熱は未発生。貯炭場で保管する石炭は、短期間に乾留プラントへ供給。	

表 5-8 石炭利用施設の環境保全の取り組み状況（続き）

石炭利用施設	Ulaanbaatar 第2発電所	Ulaanbaatar 第3発電所	Ulaanbaatar 第4発電所	産業用石炭ボイラ (MCS 社ビール工場)	MAK 乾留プラント	Sharyngol Energy 乾留プラント
石炭灰処理	年間22,500～36,000m <sup>3</sup> の石炭灰を Ash pond に廃棄中。乾燥時には水が乾燥して石炭灰が飛散するため、周辺住民から苦情が寄せられる。石炭灰の飛散対策として、散水装置を設置し利用。	年間12～13万tの石炭灰を Ash pond に廃棄中。Ash pond が満杯になると環境保全のため表面を土で被覆し植林。特に、満杯となった第3 Ash pond の11haに3,000本の柳の木を植林済み。また、散水装置も設置済み。Ash pond の水質は2週間毎に検査を実施。	年間28～30万tの石炭灰が発生、年間1万tの石炭灰を建材会社へ販売。残りの灰はスラリー化して発電所から3km離れた箇所に No.5 Ash pond（容量：140万m <sup>3</sup> ）に廃棄。満杯となった No.3 及び No.4 Ash pond は石炭灰が飛散しないように土壌で被い、2009～2011年に1,000本の植林を実施済み。	年間500m <sup>3</sup> の石炭灰が発生、灰処理場からゴミ場へ廃棄、場合により石炭灰を周辺の人々に販売。販売価格は20,000Tg/t。		
地下水関連 (採取、汚染、水の再利用等)	年間200万tの地下水を利用。Ash pond の余った水を再利用する設備がなく、水の再利用は未実施。	地下水井戸18ヶ所から、2011年に9,644,563tの地下水を汲み上げ消費。	発電所から17～23km離れた場所で、12ヶ所の井戸から年間約1,000万tの地下水を汲み上げ利用。		本炭鉱における最大の環境問題が粉塵、埃であり、その抑制のため散水を実施。また、風力を弱めるため、高さ18mの柵を設置済み。採掘権エリア内の5か所、また採掘権外で炭鉱から6km離れた5か所で粉塵のモニタリングを実施。	
土壌汚染	毎年、Ash pond の風下の土壌検査を実施。特に、問題はない。	汚染土壌エリアを削減し、修復する目的で発電所の柵の東部の12,500m <sup>2</sup> の土地を車両用駐車所として整備。	発電所敷地内の複数の箇所で土壌汚染の測定を実施。発電所で使用している重油からの汚染と考えられるが、大きな問題ではない。Ash pond に監視孔があり、毎月土壌サンプルを採取・分析、問題は発生していない。			

表 5-8 石炭利用施設の環境保全の取り組み状況（続き）

石炭利用施設	Ulaanbaatar 第2発電所	Ulaanbaatar 第3発電所	Ulaanbaatar 第4発電所	産業用石炭ボイラ (MCS 社ビール工場)	MAK 乾留プラント	Sharyngol Energy 乾留プラント
操業で発生するゴミの処分	ゴミはゴミ集積場へ運ぶ。鉄スクラップは、購入希望者の引取り場所まで運び、販売。	ゴミはゴミ集積場へ運ぶ。鉄スクラップは、購入希望者の引取り場所まで運び、販売。	生活廃棄物が発生するが、指定されたゴミ捨て場に廃棄。	ゴミ捨て場に廃棄。	プラントで発生するゴミはゴミ捨て場に廃棄。	
従業員の健康診断	発電所で勤務している従業員全員が定期的に健康診断を受診。	発電所で勤務している従業員全員が定期的に健康診断を受診。	発電所で勤務している従業員全員が定期的に健康診断を受診。	従業員全員が年1回健康診断を受診。	従業員全員が年1回健康診断を受診。	
周辺住民からの苦情	強風で石炭灰が飛散する場合、周辺住民から苦情が来る。第4発電所からも石炭灰飛散について対応を要請する申入れあり。	苦情はない。	特に苦情はない。	特になし。	特になし。	特になし。
国の関係機関への報告及び監査員からの指摘事項	2007年に国家専門監査総庁が実施した監査で受けた指示及びそれに対する第2発電所としての対応を記載した報告の表を添付。(表5-9)	自然環境問題について、指導を受けた。2011年自然環境保全計画に対する実績報告を添付。(表5-10)	監査員が2011年度環境保全計画に対する実績を確認、特に重大な指摘事項は無し。	グリーン開発・環境省、国家専門監査総庁及びUlaanbaatar市大気庁へ報告書は提出していない。国家専門監査総庁監査員が来たことはあるが、特に指示事項はない。大気庁から年1回専門家が来て排煙ガスを測定。	グリーン開発・環境省には、毎年環境保全計画と環境モニタリング・分析プログラムの報告書を提出。国家専門監査総庁に報告書は提出していない。	環境モニタリング結果を市役所に提出。3か月毎に、市役所の検査員がプラントを訪問。

表 5-9 第 2 発電所への国家専門監査総庁からの指示及び実施事項

2007 年 4 月 23 日

No	指示	実施
1	自然環境評価、自然保全計画、環境監査基準に基づいて対策をとる。	第 1 及び第 3 ボイラの自動灰装置を BTSU-M 型電池装置に変えたため、稼働率が 82-92% 上昇した。
2	排煙ガス内の汚染物質を環境監査の計画に基づき定期的に管理すること。	ボイラの灰装置から発生するガスを検査した。
3	排煙ガスを定期的に測定するため道具を準備すること。	持ち運び可能な Greenline 測定器を購入し測定している。
4	灰捨場の水が地下水を汚染させているかどうか貯水場のサンプルを採取し、検査し、管理すること。	灰捨場の前に 10m の深さの貯水場を 3 か所掘った。水のレベルは 6.7~7m で、水量は 1.2 L/C。
5	環境監査実験室の検査を 3 か月に 1 回受けること。	環境監査中央実験室で 3 か月に 1 回検査している。
6	環境保全実施のため、その対策に関して報告書を半年に 1 回国家専門監査総庁の環境保全部へ文書で提出すること。	半年に 1 回報告している。
7	石炭を搬送する機械の塵埃を減らす装置を改善して稼働させること。	2006 年に石炭搬送の機械の部品を取り替えた。費用は Tg 6,428,200。
8	石炭貯蔵庫においてあるクレーンを稼働させること。	2006 年に設備改善工事で中国の専門家を招いてクレーンを持続的に稼働させた。費用は Tg 6,428,200。
9	クリーンテクノロジーを導入すること。灰等を再生して販売できる可能性があれば、プロジェクトを実施すること。	無煙の燃料としての火力と電力の工場を作る工事を実施するため UB 市役所の入札に参加した。
10	石炭灰捨場の灰を清掃し、水が入らないように、灰捨場の水を再利用すること。	灰捨場の散水装置の設計図を作成して、Us-Erdene 社で製作した。

出典：第 2 発電所より入手

表 5-9 第 3 発電所への 2011 年自然環境保全計画に対する実績報告

2012.01.15

No	実施する作業	期間	責任者	実績
<b>A.組織、指導に関して:</b>				
1	発電所の環境問題担当委員会に任務としての義務及び責任を課すこと。	定期的	環境保全問題担当委員会会長	実施中。
2	環境保全問題に関して各局、各部署が実施事業の方針及び事業予定表を監査すること。	四半期	環境保全問題担当委員会	中圧ボイラ部、高圧ボイラ部及び化学部を監査した。
3	自然環境保全分野でセミナーを開催すること。各部署のエンジニア及び担当者を参加させること。	2011 年	エンジニア及び機械管理部	全 6 回目セミナーに出席した。
4	自然環境の悪影響を減少するために優れた技術を本発電所の条件に適合する可能性について調査するプロジェクト案を作成する。	2011 年	エンジニア及び機械管理部	日本国環境省及び JICA の 2 件のプロジェクトを実施中。
<b>B.大気汚染の減少に関して:</b>				
5	ボイラの燃焼基準を正確に定め、その基準を満たすために定期的に管理すること。	定期的	ボイラ基準管理担当局	実施中。
6	発電所から発する排煙ガス及び大気汚染物量が許容範囲内であることを確認するために測定して結果を出すこと。	四半期毎	ボイラ基準管理担当局	新しい移動式 TESTO 測定器を購入。実施中
7	ボイラ 第 1 から 7 までの排煙ガスモニタリング用システムを順調に使用するために検査及びチェックを予定通り実施して結果を出し、その結果のもとで運用すること。	定期的	ボイラ基準管理担当局、高圧ボイラ部	実施していない。
8	発電所から発する排気ガス及び大気汚染物量が教養範囲内であることを確認するために、測定結果を纏めて市大気質庁へ提出すること。	四半期毎	機械管理部、ボイラ基準管理担当局	毎月市大気質庁へ提出している。
9	灰を捨てる装置をチェックすること。使用を定期的チェックして、順調に運行すること。	定期的	中圧ボイラ部、高圧ボイラ部	実施した。
10	発電所で技術上理由で使用されている化学物の保管及び使用方法に対し、監査を行い関連機関へ報告すること。	定期的	化学部、機械管理部	毎月報告書を市及び区の緊急対策局及び専門監査局へ提出している。
<b>C. 使用水量、汚水からの保護に関して</b>				
11	2011 年に水の使用に関する資料作成を水資源庁へ依頼すること。	第 II 四半期	機械管理部	作成済み。
12	発電所への水供給に対して地下水管理測定を実施すること。	四半期毎	高圧タービン部	第 10 井戸には土地エコロジー研究所が設置した測定器を使用している。
13	生産技術に関して蒸気、熱水の漏れを減少するための対応を定期的に実施すること。	定期的	生産部、各部署	毎月実施している。
14	発電所用冷却設備の水漏れをチェックして、水を大切に使用すること。	定期的	中圧タービン部、高圧タービン部	定期的管理している。
15	灰捨場と貯水場から 1 ヶ月に 2 回サンプルを採取し、検査結果を纏めて記録すること。	1 ヶ月に 2 回	機械管理部	1 ヶ月に 2 回化学実験室で測定している。
<b>D. 土壌汚染に関して</b>				
16	発電所周辺にある木を切ること、ゴミを捨てることを禁止して周辺を整備し、植物園を作ること。	定期的	副社長及び各部署	実施している。
17	生物的修復事業を行った古い灰捨場の上にある木、柳の木を大事にして、水を撒くための施設を徹底的に利用すること。	2011 年	高圧ボイラ部	柳の木が 1m まで成長している。散水施設を利用している。
18	灰捨場を定期的チェックすること。	定期的	機械管理部、中圧ボイラ部、高圧ボイラ部	定期的管理している。
19	満杯になった灰捨場の表面を土で覆うこと。	2011 年	環境問題担当委員会	2011 年 5 月 6 日に実施した。
<b>実績率</b>				<b>94.7%</b>

出典：第 3 発電所より入手

## (2) HOB

Ulaanbaatar 市鉄道修理工場では 1998 年製ストーブ 5 基と 2006 年モンゴル製ストーブ 1 基があり、年間 7,600t の石炭（Baganuur 炭及び Shivee Ovoo 炭）を消費していたが、2012 年 8 月から、古い 1998 年型ストーブ 5 基を中国製の新ストーブ 2 基に入れ替える工事が進められ、10 月から新ストーブは稼働を始めているが、11 月時点では暖房用温水温度が当初の計画通りには上がっておらず調整が必要な状況にある。導入した中国製新ストーブには集塵機が設置されているが、2006 年製ストーブには集塵機は付いていない。石炭貯炭場では炭塵が飛散することが多い。2011 年 12 月から、2～3 回、Ulaanbaatar 大気庁及び JICA の専門家が排気ガス測定のために訪問している。

一方、Shar Khad メンタルホスピタルでは、年間 1,100t の Nalaikh 炭を消費している。石炭灰については、新たに建設予定の病院の建物用に使用するため貯灰している。2011 年 5 月、Bayanzurkh 区の監査員と衛生・感染症の専門家が訪問し、煙突からの炭塵量について評価を行い、作業員の健康、衛生問題について話し合いを行った。尚、暖房用のボイラは 9 月 15 日から 5 月 15 日まで稼働させる予定である。

いずれの工場も環境モニタリングは行っておらず、国・市の関係機関への報告も行っていない。周辺住民からの苦情はない。また、どちらの工場でも、従業員は年 1 回定期健康診断を受けている。

### 5.3.3 遊牧民への社会配慮

#### (1) 炭鉱開発・操業に伴う遊牧民への影響

南ゴビ炭田地域で遊牧生活をしている遊牧民ゲルを訪問してヒアリングを行った。石炭輸送道路周辺に居住している全ての遊牧民が挙げた遊牧生活への影響で最も大きな問題は、中国へ石炭輸出するための未舗装道路を使用したトラック輸送である。図 5-12 に示すとおり、乾燥した未舗装道路をトラックが走ることにより、大量の土埃と騒音が発生するとともに、家畜用の牧草が消滅してしまう。また、家畜は土埃を被った牧草を食べざるを得ず、家畜の健康状態に影響が出ているという話もあった（糞の色が黒くなるなどのこと）。中国との国境周辺では 1,300～1,500 台のトラックが使用されており、トラックが走る道路が何本もでき牧草が消滅している。このため、「モ」国政府は ER 社に炭鉱から国境まで 245km の舗装道路を建設させると共に、ER 社以外の炭鉱が石炭輸出のために未舗装道路を使用する場合でも、トラックは土盛りした未舗装道路を使用することを義務付けている。



図 5-12 未舗装道路を走るトラック  
(牧草はほとんど失われている)

また、遊牧民からは、遊牧民の生活用水及び家畜用の水として大切な地下水について、炭鉱操業の影響で地下水位が下がっているとの指摘があった。しかしながら、遊牧民が使用する地下水は地表近くの地下水であるのに対し、南ゴビ炭田の炭鉱は地下 100～400m 程度にある地下水脈から水を採取しており、両者の利用している地下水脈は異なる。水資源庁担当者によれば、最近の地下水位が下がっている原因の 75% は砂漠化によるものであり、炭鉱開発の影響はほとんどないという見解である。図 5-13 に遊牧民の使用している井戸を示す。



図 5-13 遊牧民の使用している井戸

更に、遊牧民によっては、夏場あるいは冬場のキャンプ地が採掘権エリア内に含まれてしまい、今まで放牧してきたエリアに入れられない状況が生じている。ヒアリングした遊牧民の一人は、国から当該エリアを 60 年間使用できる許可書を所持しており、炭鉱や村長に要望書を提出してもほとんど反応がない、との不満を述べていた。また、周遊地が使用できなくなる遊牧民に対して、炭鉱側から一時金 (200 万 Tg 程度) が補償費として支払われることもあるが、この金額では不十分とのことである。



## (2) 遊牧民の炭鉱開発・操業に対する要望

炭鉱開発・操業に関する遊牧民の要望としては、まず石炭輸送道路は舗装してほしいとのことである。これにより、土埃の問題が解決すると共に牧草が土埃を被らなくなることで、牧草地の消滅エリアも減ること、また騒音も軽減されることになる。

遊牧民からは、炭鉱開発により遊牧民の生活が厳しくなっており、炭鉱開発による恩恵は受けていないとの声が多い。但し、遊牧民としては、遊牧民への損害がなければ炭鉱を含め資源開発そのものに反対はしていない。

炭鉱開発によって自分たちが周遊するエリアに入ることができなくなる場合、自分たちの生活用水と家畜用の水が確保できるよう、炭鉱開発会社に新たな井戸を掘ってほしいとの希望を持っている。ヒアリングでは、適切な補償をしてもらえるのであれば、巡回する場所を変えることは問題ないという意見もあった。

## 5.4 環境保全に関する課題と提言

### 5.4.1 炭鉱開発・操業分野

炭鉱操業に伴う最大の環境問題が、南ゴビ炭田の炭鉱から中国へ石炭輸出するための未舗装道路を使用したトラック輸送問題である。南ゴビの乾燥した気候の中、未舗装道路を走る多くのトラックが大量の土埃を立てるため、遊牧民及び家畜用の牧草が土埃を被ると共に、トラックが牧草地を走行することにより牧草地が消滅すること、また騒音問題も起きている。

遊牧民へのヒアリングにおいても、未舗装道路による土埃が最も大きな環境問題と認識されており、遊牧民に対する社会配慮の観点からも、新規の炭鉱開発計画で石炭をトラック輸送する計画が含まれる場合は、少なくとも、炭鉱からトラック輸送する目的地までの道路舗装完了が確認されてから、炭鉱での採炭開始を許可することが望ましいと考える。

また舗装をする資金がない中小炭鉱の場合、国が舗装道路を作り、通行料金で長期返済を検討する方法も有効であると思われる。

### 5.4.2 石炭利用分野

「モ」国において、首都 Ulaanbaatar をはじめとする都市部で、ゲル及び簡易住宅での家庭用ストーブや HOB 等での石炭、特に原炭の燃焼に起因する大気汚染とこれに伴う健康被害の拡大が深刻な問題となっている。特に、粒子状物質については長年の体内蓄積により重い疾病となる可能性が大きく、この対策が最も重要となる。

#### (1) ゲル対策

Ulaanbaatar 市 Bayangol 地区のゲル及び簡易住宅にて、2011 年からハウスコークスを使用する試みが行われており、MAK 社製ハウスコークス及び SE 社製ハウスコークス（ブリケット）が供給されている。Bayangol 地区の簡易住宅でヒアリングしたところ、旧型ストーブを使用した場合でもハウスコークスを燃やすと臭いや炭塵がほとんど出ないことから、今後、生炭は絶対に使用したくない、との強い意志が表明された。従って、大気汚染の低減し健康的な生活が送れるよう、ゲル地区における生炭使用からハウスコークスへの転換をできる限り早く進めることが望ましい。

短中期的には、大気汚染が深刻な状況にある Ulaanbaatar 市全域を対象にして、3～5 年以内に生

炭使用の全面禁止とハウスコークスへの使用燃料の転換を徹底することが望ましい。

このため、Ulaanbaatar 市周辺の全てのゲル及び簡易住宅にハウスコークスを供給できる生産体制の整備及びハウスコークスの利用拡大に向けた確固たる政府支援策の実行が望まれる。

長期的には、Ulaanbaatar 市内でゲル及び簡易住宅での石炭ストーブを使用できるエリアを限定すること、また、現在政府は Ulaanbaatar 市中心部に近いゲル及び簡易住宅の住民を集合住宅への住み替えさせることを計画しているが、その計画を早期に実行することが望ましい。但し、ゲルを利用した生活様式を変えたくないとの意向を持つ住民もいると考えられることから、このような住民に対しては石炭以外の燃料あるいは電気を使用することを義務付けることで、住民にゲル生活を継続できる選択肢を残すような政策が望ましい。

## (2) HOB 対策

Ulaanbaatar 市内には約 1,000 か所の HOB が存在しているが、比較的新しい HOB を除き、古い HOB には集塵機が設置されていない。集塵機が設置されていない古い HOB から排出される煙も Ulaanbaatar 市周辺における大気汚染の一因になっている。

短期的には、既存 HOB、現在建設申請中及び今後 5 年以内に建設申請される HOB については集塵機の設置を義務付けることを提言する。

中長期的には、特に Ulaanbaatar において、今後の都市計画策定の中で、2025 年を目標として HOB を大型集約化することにより、CCT を義務付けた大型石炭ボイラによる熱水供給システムの構築を提言する。

### 5.4.3 法整備・政策関連

自然環境を保護するために多くの法律ならびに基準が制定されてきており、現在も改善が継続されていることは評価できる。しかし、現地調査では、基準を満たせない事例も見られた。法律に違反している場合、例えば国家専門監査総庁から操業停止命令が出されることもあるが、そのような措置がなされる基準が明確でない。素早い対処を行うには、地方の機関にもある程度権限を与えた方が良いと思われる。

また、環境影響評価についても法律で規定がなされているが、評価の手続きが煩雑であり作業が大変であるという現場の意見が非常に多かった。また、政府が認定している環境影響アセスメント実施企業は 100 社程度あるとのことであるが、企業により評価の考え方が異なるという指摘もあった。評価を確実に実施することは重要であるが、あまりに時間をかけすぎると操業に影響が出ることもあり、企業の投資が控えられる可能性も出てくる。評価項目の見直し、各々の手続きにかかる時間の短縮、中央政府だけでなく県や郡でも行わなければならない評価手続きをとりまとめて短縮化したりすることなど、より迅速でかつ確実な評価ができる方法を検討すべきであるとする。

炭鉱閉山に関して、現状の法令では、採掘権保有者が果たさなければならない責任及び義務が必ずしも明確になっていない。閉山後に必要となる修復作業を含め環境保全を目的とした諸作業にはかなりの資金が必要となることから、石炭生産・販売開始後の全操業期間を通して、採掘権保有者が政府の管理する機関に毎年積立金を拠出する義務を課することが望ましい。

石炭開発には広大な土地が必要であり、遊牧民の利用する土地との問題は今後も多く発生する

ことが考えられる。所有の権利などについて定めるとともに、遊牧民の生活を可能な限り保護するよう配慮すべきであると考え。

#### 5.4.4 遊牧民関連

遊牧民は1家族ないし数家族からなる小規模な拡大家族単位で、家畜が牧草地の草を食べ尽くさないよう定期的に別の場所へと移動している。拡大家族毎に固有の夏場キャンプ・冬場キャンプなど定期的に訪れる占有的放牧地を持っており、気候や家畜の状況に応じて夏場キャンプと冬場キャンプをある程度定まったルートで巡回している。

しかしながら、遊牧民の中には巡回エリアが炭鉱開発のための採掘権エリアに含まれてしまい、予定したキャンプ地へ行けないケースも出てきている。

新規炭鉱開発エリアが遊牧民の巡回エリアと重なる場合は、そのエリアをキャンプ地として使用している遊牧民に対して開発側が補償を行うことを義務付けることを提言する。「モ」国として、遊牧民に透明性・公平性のある補償を行うための「遊牧民への補償ガイドライン」を作成・法令化し、「モ」国政府当局、開発側及び遊牧民の3者間の話し合いによる合意プロセスを明確化することが望ましい。尚、補償ガイドラインには、遊牧民への代替地の割当て、代替地に水井戸がない場合は開発側の費用負担による新たな水井戸掘削等を含めるべきと考える。

## 第 6 章 石炭開発・利用マスタープランの策定と提言・アクションプラン

この章では第 2 章から第 5 章までの調査結果から「モ」国が 2025 年までの石炭政策を策定する上で参考となるよう、石炭開発と石炭利用のマスタープランならびにマスタープランを実施する上での提言とアクションプランの項目を纏めた。

### 6.1 石炭開発マスタープラン

#### 6.1.1 石炭開発の提言とアクションプランの項目

ここでは 2025 年までの国内炭需要、輸出炭需要をまとめた石炭需給予測をまとめた。ここにまとめた内容は、石炭開発・利用のマスタープランの前提となる。

表 6-1 に国内需要予測、輸出可能性予測を各々 3 つのケースに分けた内訳を示す。このケースに基づいて表 6-2～表 6-4 に石炭需給予測を纏め、図 6-1 はそれらをグラフにしたものである。

特に石炭の輸出可能性は中国の原料炭需要予測量と、その需要における輸入量の割合、更に輸入量における「モ」国の原料炭が占める割合により予測した。

表 6-1 国内需要・輸出可能性予測の各 Case の内容

	Case 1	Case 1.5	Case 2
国内需要予測	エネルギー需要予測の中で、2005 年～2011 年の実績値を直線近似式で予測	2005 年～2011 年の石炭使用量実績値を直線近似式で予測	エネルギー需要予測の中で、一人当たりの GDP の伸び率 4.9% とエネルギー弾性値 0.62 による予測
輸出可能性予測	Case 1 中国の粗鋼生産は 2011 年をピークに減少する。	Case 2 中国の粗鋼生産は 2011 年以降同じ。	Case 3 中国の粗鋼生産は 2020 年まで増加し、以降減少する。

出典：JICA 調査団

表 6-1 の各ケースについての国内需要量、輸出用石炭量について検討結果を表 6-2～表 6-4、傾向を示すために図 6-1～図 6-3 に示す。但し、輸出可能需要量は選炭後の精炭量を示しているので、原炭輸出の場合は輸出量を精炭の約 130% の数量として考えなければならない。

また全てのケースにおける 2025 年までの需要量合計は図 6-3 の(3)に示すように最少 4,640 万 t、最大が 6,440 万 t となっている。これは 2010 年の MRAM の予測値である 2025 年における生産量 9,400 万 t (図 2-72 参照) に対して、最大でも約 3,000 万 t 少なくなる予測である。

表 6-2 「モ」国の国内石炭需要（Case 1）、輸出量（Case 1 ～3）の検討結果

	Domestic Case 1	Export Case 1	Total	Export Case 2	Total	Export Case 3	Total
2008	5,843	3,634	9,477	3,634	9,477	3,634	9,477
2009	6,426	3,980	10,406	3,980	10,406	3,980	10,406
2010	6,906	15,048	21,954	15,048	21,954	15,048	21,954
2011	6,815	20,039	26,854	20,039	26,854	20,039	26,854
2012	7,000	20,000	27,000	20,100	27,100	20,300	27,300
2015	7,500	34,000	41,500	34,600	42,100	40,700	48,200
2020	8,600	37,400	46,000	39,900	48,500	53,500	62,100
2025	9,600	36,800	46,400	44,900	54,500	48,600	58,200

出典：JICA 調査団

表 6-3 「モ」国の国内石炭需要（Case 1.5）、輸出量（Case 1 ～3）の検討結果

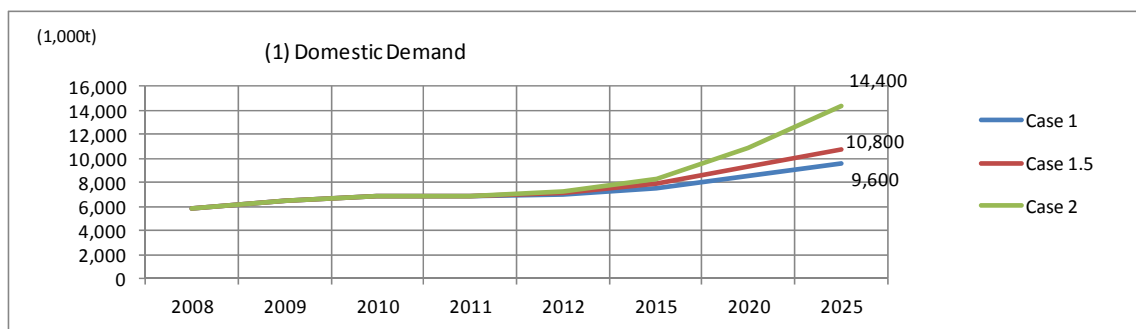
	Domestic Case 1.5	Export Case 1	Total	Export Case 2	Total	Export Case 3	Total
2008	5,843	3,634	9,477	3,634	9,477	3,634	9,477
2009	6,426	3,980	10,406	3,980	10,406	3,980	10,406
2010	6,906	15,048	21,954	15,048	21,954	15,048	21,954
2011	6,815	20,039	26,854	20,039	26,854	20,039	26,854
2012	7,100	20,000	27,100	20,100	27,200	20,300	27,400
2015	7,900	34,000	41,900	34,600	42,500	40,700	48,600
2020	9,300	37,400	46,700	39,900	49,200	53,500	62,800
2025	10,800	36,800	47,600	44,900	55,700	48,600	59,400

出典：JICA 調査団

表 6-4 「モ」国の国内石炭需要（Case 2）、輸出量（Case 1 ～3）の検討結果

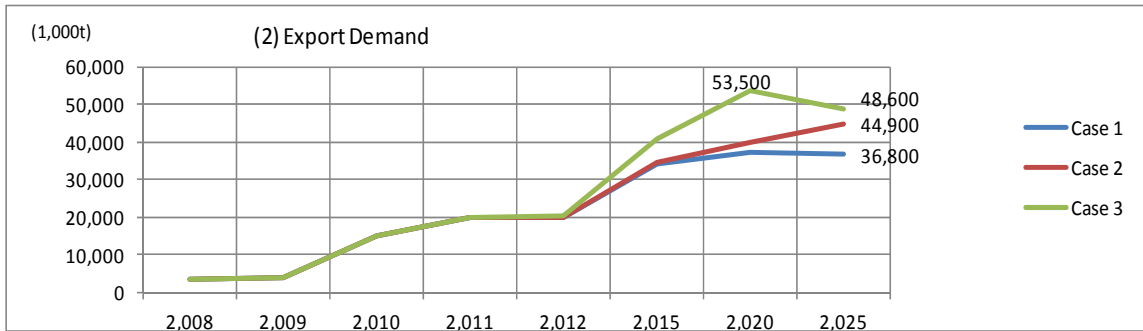
	Domestic Case 2	Export Case 1	Total	Export Case 2	Total	Export Case 3	Total
2008	5,843	3,634	9,477	3,634	9,477	3,634	9,477
2009	6,426	3,980	10,406	3,980	10,406	3,980	10,406
2010	6,906	15,048	21,954	15,048	21,954	15,048	21,954
2011	6,815	20,039	26,854	20,039	26,854	20,039	26,854
2012	7,200	20,000	27,200	20,100	27,300	20,300	27,500
2015	8,300	34,000	42,300	34,600	42,900	40,700	49,000
2020	10,900	37,400	48,300	39,900	50,800	53,500	64,400
2025	14,400	36,800	51,200	44,900	59,300	48,600	63,000

出典：JICA 調査団



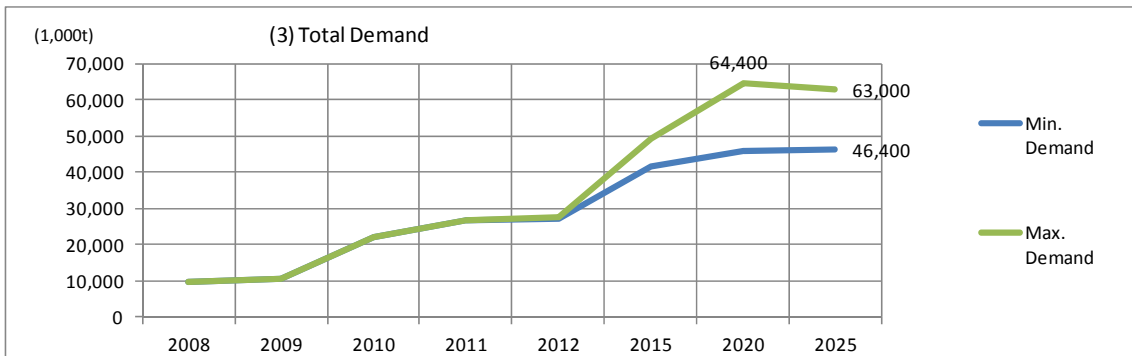
出典：JICA 調査団

図 6-1 国内炭需要



出典：JICA 調査団

図 6-2 輸出用炭需要



出典：JICA 調査団

図 6-3 国内需要、輸出需要及び合計需要量

図 6-3 の合計需要量に対して供給量を達成できるかどうか国内炭鉱の生産計画を検討した結果、現状の計画で可能と判断した。

表 6-5 に輸出用炭鉱の予想される生産能力を示している。第 2 章でも述べたように、輸出先である中国の石炭輸入量は増加傾向を示しても景気の停滞に伴い、2025 年には選炭後の精炭量で 4,000~5,000 万 t 程度に留まると予測される。故に表 6-5 のように開発予定の炭鉱まで輸出に向けて生産を計画すると、生産過剰となり山元で余る可能性が高いと考えられる。輸出用炭鉱に関しては売り先である中国の需要を考慮して炭鉱開発を進める必要がある。

表 6-5 輸出炭鉱予想生産能力

Mine Name	Forecast of production in 2025 (1,000 t)		Remarks
	ROM	Clean Coal	
Erdenes Tavan Tolgoi (East Tsankhi)	20,000	14,000	Under planning of CHP
UHG (Ukhaa Khudag)	15,000	11,000	5Mt x 3Units CHP
MAK Naryn Sukhait	14,000	5,000	Under planning of CHP (7Mt)
Ovoot Tolgoi	8,000		Dry separation by B.F.B
Baruun Naran	7,000		
Tavan Tolgoi (West Tsankhi)	20,000	14,000	Presumed plan of CHP
Tasnt Uul PJ	2,000		
Soumber Coal PJ	5,000		
Khushuut	5,000		Presumed dry CHP
Maanit	2,000		
Huren Gol	3,000		
Total	101,000	44,000	

出典：JICA 調査団

### 6.1.2 マスタープラン

「モ」国は多種にわたる豊富な資源を有する資源国であるが、国内需要が少ないために資源輸出による経済発展を進めてきている。「モ」国の石炭資源は高品質な原料炭も膨大に埋蔵しており、今後とも輸出増加が期待されており、それに伴う石炭開発が急増してきている。

北東アジアの石炭需給動向を中心にモンゴルの石炭輸出可能数量並びに国内需要数量を予測した。その結果、2025年までを見通した場合、国内需要と輸出需要を合計して最少で4,640万t、最大で6,440万tとなった。この数字を達成するために、モ国の国民が資源開発による恩恵を享受し、環境問題を最小限にした石炭開発はいかにあるべきかを目標とした。

「モ」国の石炭開発状況と経済インフラ状況を調査し、将来予測を含めた課題を整理した。その結果として、提言とアクションプランの項目・行動スケジュールをまとめて、石炭開発のマスタープランとした。

詳細については後述しているが、項目とその主な内容は下記の通りである。

## 石炭開発マスタープラン

目標：2025年までの最大石炭需給量を最大6,440万tとし、この数量を達成し、「モ」国民が石炭開発による恩恵を享受し、環境問題を最小にした石炭開発の実現

### 石炭管理政策

- 石炭生産・販売に伴う税制問題
  - 専門家による石炭税制の見直
  - 政府と交渉できる民間炭鉱代表機関の設立
  - 国民の理解を得るための広報・啓蒙活動の強化
- 炭鉱従業員の現地定着化
  - 山元での定住化を目指した住宅環境整備
  - 産炭地域の都市計画の策定
- 炭鉱技術者の育成と雇用確保と身分保障
  - 炭鉱技術者有資格者制度の制定と専門学校の設立
- 国内需用炭鉱
  - 炭鉱集約化と 解決策を迅速に検討、実施するために炭鉱管理組織の一元化に向けた政府組織の構築

### 石炭環境政策

- 環境保全関係の法整備・政策関連
  - 措置基準の透明性を高め、環境評価手続の簡素化
- 遊牧民問題
  - 運搬道路の舗装化、炭鉱開発と遊牧民との共存に向けた関係法令の整備と既存制度の見直し

### 石炭輸出政策

- モンゴルの投資環境
  - 外国資本の投資環境の安定化
- 輸出用石炭価格問題
  - 「石炭輸出価格調査委員会」（仮称）の設立
  - 「第3国石炭輸出検討委員会（仮称）」の設立
  - 石炭税制、手数料等の見直し

### 経済インフラ開発計画

- 大企業と中小企業の輸送に関する税制改革
- 水の再生利用技術の導入



### 6.1.3 提言とアクションプランの項目とスケジュール

#### (1) 石炭管理政策

##### (a) 石炭生産・販売に伴う税制問題

1) 現在炭鉱会社が納めている税金について再検討し、効率的な税制を再構築する必要がある。そのためには炭鉱会社の意見を外国の監査法人の専門家に検討させ、政府と民間企業との意見交換の場を頻繁に設ける必要がある。(3.1.6)<sup>79</sup>

2) 現在輸出用炭鉱会社には石炭開発に係る上で40%以上の様々な税金が課せられ、国の民間会社に対する対応に不満が挙げられており(3.2.9)、一方で国民は石炭輸出に伴う恩恵を感じていない(2.1.6)。この解決のためには政府と公式に協議できる「民間代表機関」を民間炭鉱会社の中で作るべきである。

アクションプランの項目	短期 (2015)	中期 (2020)	長期 (2025)
① 専門家機関による石炭税制の見直し	→	→	
② 政府との交渉ができる民間炭鉱代表機関の設立	→	→	
③ 広報・啓蒙活動を通して国民の理解を得る。	→	→	

##### (b) 炭鉱従業員の現地定着化

1) 従業員及び家族を炭鉱開発地域に定住化させるための政策が必要である。この政策により、従業員が健全な状況で炭鉱作業に専念でき、作業の安全確保ばかりでなく、技術の定着が可能となる(3.2.9)。そのために、大規模石炭開発地域における従業員の家族が快適かつ長期的に住める生活環境を考慮した都市整備を早期に行うべきである。この政策は Ulaanbaatar 市の人口増加抑制にも貢献すると思われる。

アクションプランの項目	短期 (2015)	中期 (2020)	長期 (2025)
① 炭鉱開発の許認可項目に定住化を目指した住宅環境整備条件を入れる。	→		
② 都市計画の策定と実施	→	→	

##### (c) 炭鉱技術者の育成と雇用確保と身分保障

1) 「モ」国では大学でのエンジニアの資格を持っていても失業している若者が多い。不法採掘者の中には豊富な採掘実務経験を持っている若者も多いが、定着性がない(3.2.9)。技術者は国の財産であるとの認識から、専門学校を作り、実務に合う再教育を官・民の支援で行う。その結果、有資格者制度による専門技術者の育成、安定収入の保障等による雇用の安定化が可能となる。

アクションプランの項目	短期 (2015)	中期 (2020)	長期 (2025)
① 炭鉱技術者有資格者制度の制定と専門学校の設立	→	→	

<sup>79</sup> ( ) の数字はレポートの参照項目番号を示している。

#### (d)国内需要炭鉱

1) 発電所向け国営炭鉱の安定操業に向けた石炭価格の設定問題については炭鉱経営に民間企業の経験を入れ、経営の合理化を図る。また石炭の乾燥等の品質のアップグレード技術等による石炭販売価格の増額と国の支援が重要となる（3.2.9）。

2) 発電所向けの炭鉱の増産に向けた設備投資計画には国営炭鉱と民営化を進めている炭鉱とそれぞれ対策が異なるが、炭鉱活動全般を管理するための国の組織の一元化が必要。

3) 地方では小規模炭鉱開発が乱獲状態で進んできており、環境保全問題、採掘技術等様々な問題を起こしている（3.2.9）。地方の小規模炭鉱を整理し、地域毎に出炭 10~30 万 t クラスの中心的な炭鉱を設定し、効率化を図るべきである。それに見合う炭価設定のもとで遊牧民への配慮、環境対策等もできる体勢をとって、周辺住民の燃料供給問題を解決すべきである。

アクションプランの項目	短期（2015）	中期（2020）	長期（2025）
① 解決策を迅速に検討、実施するために炭鉱管理組織の一元化に向けた政府組織の構築。	→		

#### (2) 石炭環境政策

##### (a) 環境保全関係の法整備・政策関連

1) 現地調査では、自然環境基準を満たせない事例も見られた。法律に違反している場合、例えば国家専門監査総庁から操業停止命令が出されることもあるが、そのような措置の基準が明確でない（5.4.3）。また速やかな対処が必要でそのためには地方の機関にもある程度の権限を与えるべきである。更に措置基準の透明性を高める必要がある。

2) 環境影響評価は法律で規定がなされているが、評価の手続きが煩雑であり作業が大変であるという現場の意見が非常に多かった（5.4.3）。評価項目の見直し、各々の手続きにかかる時間の短縮、中央政府だけでなく県や郡でも行わなければならない評価手続きをとりまとめて短縮化するなど、より迅速でかつ確実な評価ができる方法を検討すべきである。

3) 炭鉱閉山に関して、現状の法令では、採掘権保有者が果たさなければならない責任及び義務が必ずしも明確になっていない（5.4.3）。閉山後に必要となる修復作業を含め環境保全を目的とした諸作業にはかなりの資金が必要となる。採掘権保有者が政府の管理する機関に毎年積立金を拠出する義務を課す等の法律により、環境修復費の事前積み立てが望ましい。

アクションプランの項目	短期（2015）	中期（2020）	長期（2025）
① 管轄省庁による関係法令の整備	→		

##### (b) 遊牧民問題

1) 鉱山操業に伴う最大の環境問題は、南ゴビ炭田の炭鉱から中国へ石炭輸出するための未舗装道

路を使用したトラック輸送問題である(5.4.1)。新規の炭鉱開発計画で石炭をトラック輸送する場合は、少なくとも、炭鉱からトラック輸送する目的地までの道路舗装完了が確認されてから、炭鉱での採炭開始を許可することが望ましい。また中小炭鉱の場合は国が舗装道路を作り、通行料で回収する方法もある。

2) 石炭開発を進める上で鉱区内を遊牧して生活している住民から抗議を受け、スムーズに開発が進まない場合がある(3.2.9)。炭鉱会社が納めている税金等で炭鉱周辺住民が満足できる生活環境を提供し、住民の理解を十分に得る必要がある。

3) 石炭開発には広大な土地が必要であり、遊牧民の利用する土地との問題は今後とも多く発生することが考えられる(5.4.3)。所有の権利などについて定めるとともに、遊牧民の生活を可能な限り保護するよう配慮すべきであるとする。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
① 管轄省庁による関係法令の整備	→		
② 被害を受けている住民及び被害を受ける可能性のある住民が直接、救済を受けられるような管轄省庁による既存制度の見直し。	→	→	

### (3) 石炭輸出政策

#### (a) モンゴルの投資環境

外国資本の規制の実施、戦略物資に対する国の権益取得等の関与を否定するものではないが、外国からの投資の際、重視されるのは投資環境の安定である。投資側にとって過大な投資リスクを発生させ、あるいは、その危惧によって投資機会を減少させるような政府の方針・施策の性急な転換は避け、長期的に安定した投資環境を整備する必要がある。それにより資源の開発、関連産業の発展・促進となり、「モ」国にとっての国益に直接繋がることになる。

#### (b) 輸出用石炭価格問題

1) 中国市場価格と「モ」国販売価格の調整について、対外関係省は中国への輸出に関して国際的な仕組みを取り入れ販売価格を改善する(3.1.6)。また国として「石炭輸出価格調査委員会」(仮称)を設置、徹底した情報管理と市場動向の把握を行い、輸出価格管理の可能性を検討すべきである。

2) 輸出先がほぼ中国であるため中国の景気に輸出が大きく左右されている。「第3国石炭輸出検討委員会(仮称)」を設置、第3国への輸出に向けた戦略、経済インフラの検討が重要である。将来石炭価格が高騰した場合、可能性が出てくる。また、国として生産コストを下げるための支援策が必要である。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
① 「石炭輸出価格調査委員会」(仮称)の設立	→		
② 「第3国石炭輸出検討委員会(仮称)」の設立	→		
③ 石炭税制の見直しに加えて、手数料等の検討も必要	→	→	

(4) 経済インフラ開発計画

1) 「モ」国経済は中国経済に大きく左右されており、国内経済を安定させ、発展させるためには「モ」国としては複数の輸出ルートを持つことが重要である(3.3.2)。併せて、国内の輸出ルート確保だけではなく、中国・ロシア内での陸路輸送ルートの確保、積出し港の確保も重要で、そのための中国・ロシアとの官民による交渉が必要である。

2) B.O.T.方式による鉄道建設の廃止により、建設の遅れが懸念されるが、一方道路建設はB.O.T方式により加速すると思われる。経済インフラの開発・発展と環境への影響問題は大いに関係し、双方を成立させようとする場合と相反するケースが発生することもある(3.3.2)。行政側は資源行政に照会した開発計画と環境負荷の低減化のためには、資源開発のスピードをコントロールする必要性が生じてくる。

3) 輸送インフラの整備は民間を活用する方が効果的であることが「モ」国のBOTでの道路建設の速やかな進捗状況で証明されている。従い、鉄道建設も積極的に民活を推進すべきである。

4) 道路の民間造成に関して、大規模炭鉱と中小規模炭鉱を同じ条件とすることは、中小規模炭鉱の育成の面で問題がある(3.3.2)。「モ」国政府は、国内の中小企業の支援を今後の産業発展の礎とするために、大企業と中小企業の輸送に関する税制に関しての抜本的な改正措置を講じてゆく必要がある。

5) 資源開発には、水資源の確保も重要な要素となる。特に、年間降雨量が著しく少ないゴビ地域での水資源確保は死活問題である(3.3.2)。地下水源の調査による水源の確保、あるいは遠距離地点からの水の確保等の手段を講じる必要がある。水の再生利用技術の導入が必要である。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
① 水の再生利用技術の導入	→		

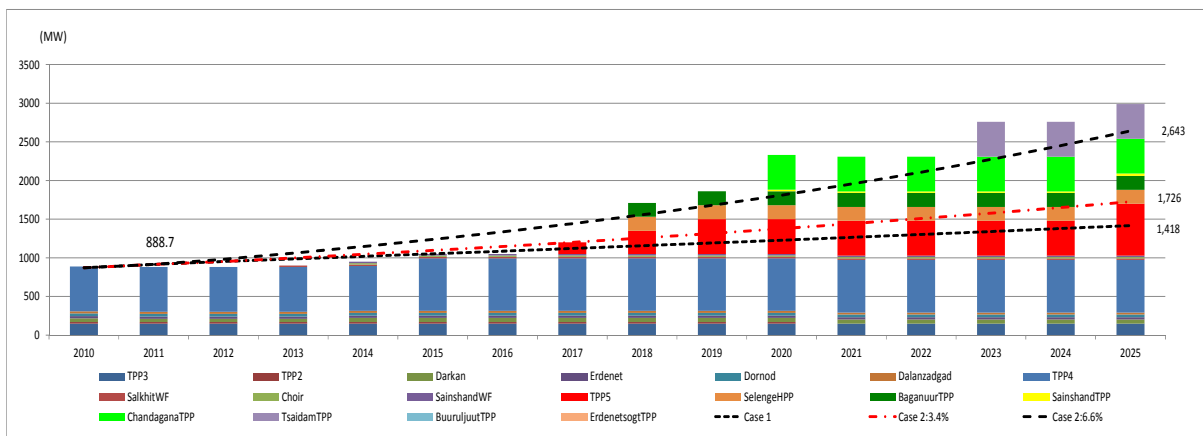
6.2 石炭利用マスタープラン

6.2.1 石炭利用状況と予測

(1) 電力需要予想と発電所建設計画

図6-4に各ケースの電力需要予測と発電所計画を示す。ここで各ケースでの内容は下記。また新規発電所建設計画の順序については調査団の予想である。

Case	電力伸び率	発電容量
Case1	2.7%	1,418MW
Case2 (GDP 伸び率 4%)	3.4%	1,726MW
Case2 (GDP 伸び率 7.9%)	6.6%	2,643MW



出典：JICA 調査団作成

図 6-4 電力需要予測と発電所建設計画

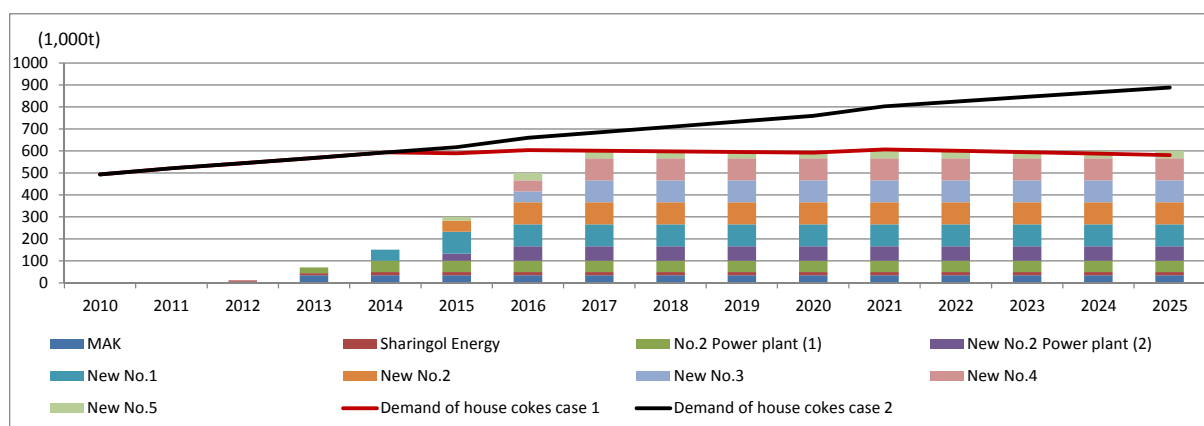
(2) ハウスコークス供給予想

表 6-6 にハウスコークスの需要量を示す。図 6-5 にハウスコークス供給予測と製造工場建設計画を示す。ハウスコークスの需要量は表 4-52 にもとづき作成、工場計画は調査結果から調査団が整理した。

表 6-6 ハウスコークスの需要量

Year	Mongolia		Ulaanbaatar						
	Population (1,000 people)	Increasing number (1,000 people)	Population (1,000 people)	No. of households (1,000 unit)	No. of households of ger & house (1,000 unit)	Case 1		Case 2	
						New Apartment (1,000unit)	Remaining No. of households of ger & house (1,000 unit)	House cokes (1,000t)	House cokes (1,000t)
2010	2,761	45	1,152	294	176		176	493	493
2011	2,811	50	1,201	307	186		186	521	521
2015	2,938	36	1,409	361	220	10	210	589	617
2020	3,119	36	1,669	439	271	60	211	592	760
2025	3,301	36	1,886	510	317	110	207	581	889

出典：JICA 調査団作成



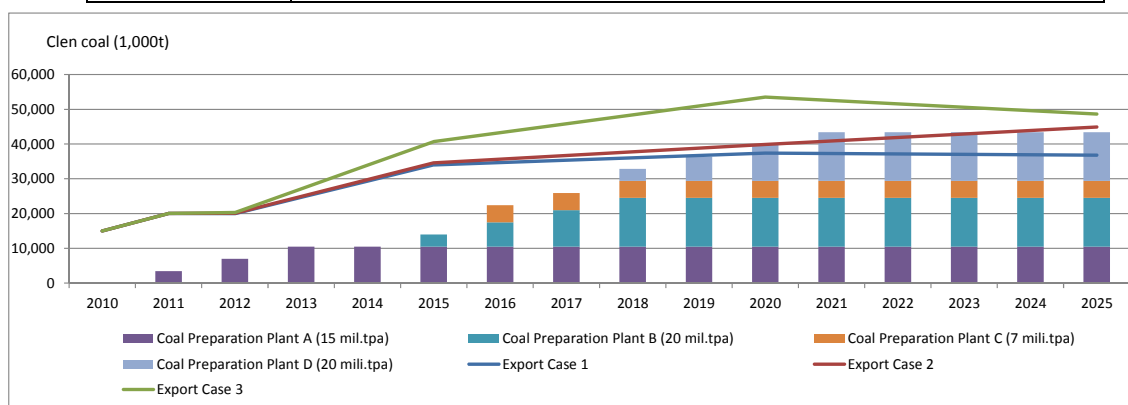
出典：JICA 調査団作成

図 6-5 ハウスコークス需給予測と製造工場建設計画

### (3) 選炭工場建設予想

図 6-6 に選炭工場建設計画と原料炭輸出予測を示す。原料炭輸出可能性予測は中国の原料炭需要量をもとに下記、Case 1～3 の 3Case で予測した。Case 1 及び Case 2 の場合、原料炭輸出需要に対しその全量を「モ」国で生産された Clean Coal で供給可能であるが、Case 3 の場合、「モ」国で生産された Clean Coal だけでは供給不足となる。この場合、原炭を輸出し中国国内で選炭を実施して Clean Coal を生産することになる。

Case 1	中国の原料炭需要 2011 年をピークに減少する場合
Case 2	中国の原料炭需要 2011 年以降、ほぼ横這いで推移する場合
Case 3	中国の原料炭需要 2021 年以降、減少場合

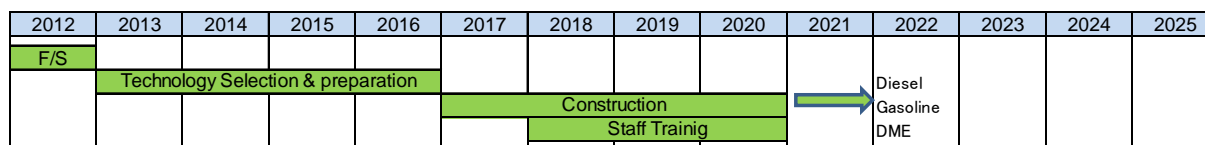


出典：JICA 調査団作成

図 6-6 選炭工場建設計画と原料炭輸出予測

### (4) 石炭ガス化・液化建設予想

図 6-7 に「モ」国民間会社が検討している年間 3～4 百万の石炭による石炭ガス化・液化プラント計画を示す。現在このほかに 2 社が計画策定中である。

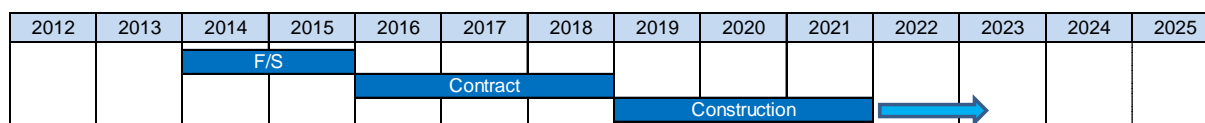


出典：JICA 調査団作成

図 6-7 石炭ガス化・液化建設計画

### (5) 鉄鋼用コークス建設予定

図 6-8 に第 1 次計画として、民間会社の 30 万の鉄鋼用コークス製造工場建設計画を示す。



出典：JICA 調査団作成

図 6-8 鉄鋼コークス製造工場建設計画

### 6.2.2 マスタープラン

石炭はエネルギー源であるばかりでなく石炭加工により高付加価値を付けることもでき、「モ」国は石炭を利用した新規産業の構築に高い関心を持っている。石炭利用マスタープランを策定する上でまずは「モ」国の石炭利用状況と予測を行った。その結果、2025年を見通して、「モ」国の石炭加工産業は「モ」国のエネルギーセキュリティ確立に向けて、石炭をベースにしたエネルギーの自給自足体制を早期に構築することを目標とする。また石炭加工産物の輸出はモンゴルの石炭加工技術の蓄積による産業基盤の成熟度に合わせて行うことを提案する。そのための提言とアクションプラン・行動スケジュールをまとめて石炭利用のマスタープランとした。

詳細については後述しているが、項目とその主な内容は下記の通りである。

## 石炭利用マスタープラン

目標：豊富な石炭資源を利用した「モ」国のエネルギー自給自足体制の確立と石炭加工産物輸出に向けた産業基盤の構築

### 石炭利用技術導入政策

- 設備輸入に向けた免税処置
- 投資環境の安定性
- 大型投資に向けた政府保証制度
- 人材育成

### 発電分野

- 既設 CHP の効率改善
- 第 4 発電所のリプレイス
- 第 5 発電所の早期着工
- 電力需要とリンクした新規発電所の建設
- 電力輸出
- 新鋭の微粉炭火力発電所を対象とした訓練シミュレータの設置

### 熱製造分野

- CHP プラントの効率改善、HOB の効率化
  - HOB の効率向上に向けた短期的改善提案、
  - HOB を大型集約化、
  - 都市ごみ+石炭混焼による HOB の検討
- ハウスコークス製造設備の増強
  - 2018 年冬期間までには年産 60 万 t の供給能力達成に向けた政策の構築、
  - 補助金額の再検討、
  - 「ハウスコークス製造検討作業部会（仮称）」の設立
- 製造過程で発生するタールの処理、フェノールを含む廃水処理
- 石炭由来合成液体燃料の生産
  - 官・民・学共同事業としての技術者養成

### 石炭利用新技術分野

- 鉄鋼用コークス
- 活性炭製造

### 選炭技術分野

- 選炭技術者育成
- 選炭後に発生する中間産物の利用
- 乾式選炭技術の実用化



## 6.2.3 提言、アクションプランの項目とスケジュール

### (1) 石炭利用技術導入政策

#### (a) 設備輸入に向けた免税処置

「モ」国の輸送費が高いため輸入設備のコストが高くなり、投資事業の経済評価を低くしている。投資事業の検討段階で課税問題が投資意欲を失わせないように、政府は事業開始後に高付加生産物に税をかけるべきである。

#### (b) 大型投資に向けた政府保証制度

発展途上段階にある「モ」国は投資に対してはハイリスクの国とみなされている。従い、高レベルでの投資に対する何らかの政府保証制度が必要である。

#### (c) 投資環境の安定性

例えば石炭ガス化のような事業には膨大な投資を必要とするので、長期間の返済が必要となる。政府は投資家が初期投資後に安心して長期の資金回収ができるような安定した投資環境を整えるべきである。

#### (d) 人材育成

石炭利用技術導入には多くの高度な技術者が必要となり、雇用確保や「モ」国での人材育成に重要な役割を果たす。そのための教育施設の充実が必要となる。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
① 設備輸入に向けた免税処置	→		
② 大型投資に向けた政府保証制度	→		
③ 投資環境の安定性	→		
④ 人材育成	→	→	

### (2) 発電分野

#### (a) 既設 CHP の効率改善

1993 年以来、Ulaanbaatar の第 3 発電所、第 4 発電所はハード、ソフト面の改善・改良を持続してきた。しかし、今回の調査においても更なる改善すべき点が認められた(第 4.3.1 項)。Ulaanbaatar の電力不足を少しでも緩和するためにも引き続き既設発電所のリハビリテーションが必要である。

#### (b) 第 4 発電所のリプレース

上記のように、第 4 発電所は 1983～1991 年の製造以来、度重なる改善・改良を進めているが、2025 年ごろには 40 年を経過する老朽火力発電所となる。従って、これを新しい発電所に置き換えることが必要になると思われる。その場合には、超臨界圧力も視野に高効率を志向した高温高压発電プラントとし、排ガス中の煤塵除去はもとより、脱硫脱硝設備を備えた設備とする。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
①第3、第4発電所のリハビリテーション		→	→
②第4発電所のリプレース			→

### (c)第5発電所の早期着工

Ulaanbaatar の電力不足は何年も前から指摘されているところであり、現在検討中の第5発電所の建設は早急に進めるべきである。2015年頃の需要に合わせるため、当面は450MW程度、2025年以降に300MWの容量追加が必要である。発電方式は「モ」国が最も習熟している亜臨界条件が良い。又、脱硫設備及び脱硝機能を備えることを提案する。

### (d)電力需要とリンクした新規発電所の建設

2025年の電力需要を満たすため、「モ」国は300～450MW級の発電所が5～6基必要となる（図6-4参照）。4.3.5で指摘したように、南ゴビに建設する場合は、選炭で排出する中間産物を原料とする。これらの建設は需要とリンクして着実に進める必要がある。仕様としては、上記同様、亜臨界条件とし脱硫設備及び脱硝機能を備えることを提案する。

### (e)電力輸出

輸出目的の場合は発電設備投資を回収できる長期販売契約が可能かどうか、輸出先のエネルギーセキュリティの政策が課題となる。長期電力輸出をしている諸国の実情を調査してリスクを低減すべきである。国内需要を満たし、余剰電力を輸出する形が望ましい。

### (f)新鋭の微粉炭火力発電所を対象とした訓練シミュレータの設置

将来の火力発電所の運転をスムーズに立ち上げるようにする。

## (3) 熱製造分野

### (a)CHPプラントの効率改善、HOBの効率化

都市における原炭燃焼による大気汚染とこれに伴う健康被害の拡大が深刻な問題となっているが、この対策には次項で述べるハウスコークスの普及とHOBの改善がある。詳細は4.3.2に述べられているが中長期的には、特にUlaanbaatarの都市計画策定の中で、HOBを大型集約化することにより、CCTを義務付けた大型石炭ボイラによる熱水供給システムを構築することが重要である。また都市ごみ+石炭混焼によるHOBによるエネルギーの有効活用と環境汚染対策も重要となる。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
①HOBの効率向上に向けた短期的改善提案(4.3.2)	→		
②HOBを大型集約化		→	→
③都市ごみ+石炭混焼によるHOBの検討		→	→

### (b)ハウスコークス設備の増強

需要量はアパート建設計画にも関係するが、2017年～2018年の冬期間期間には、年産60万tの供給を可能にすべきである。また民間企業が積極的かつ持続的にハウスコークス製造に意欲を持てるよう、補助金の金額を再検討すべきである。またハウスコークス製造は「モ」国の将来の石炭加工業に向けた技術の蓄積、技術者育成上重要な位置を占めていることを認識すべきである。ハウスコークスの普及を加速化させるために「ハウスコークス製造検討作業部会（仮称）」の設置を提案する。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
① 2018年冬期間までには年産60万tの供給能力達成に向けた政策の構築	→	→	
② 補助金の金額の再検討	→		
③ 「ハウスコークス製造検討作業部会（仮称）」	→		

### (c)民間会社の製造過程で発生するタールの処理、フェノールを含む廃水処理(4.3.4)

「モ」国に適合した処理方法の技術開発について官・民・学合同で検討する。新規のハウスコークス製造設備検討時にはこれらの処理方法も検討項目に入れる。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
①民間会社の製造過程で発生するタールの処理、フェノールを含む廃水処理対策	→		

### (4)石炭由来合成液体燃料の生産

石炭資源が豊富で、それ以外の大量の化石燃料が短・中期には期待できない「モ」国には石炭由来合成液体燃料の生産は将来に向け有望、かつ必須技術だが、製造環境が整っていない現状では技術リスクが大きい。このリスクをいかに低減できるかが課題である。民間会社を主体とする国内需要に合わせたモデルケースを実施し、国は将来必要な技術との位置づけのもと、実現に向けた支援をすべきである。また官・民・学共同事業として実現化に向けて支援するとともに、並行して技術者養成を行うのも重要である。民間企業の動向にもよるが、2020年には最初の商業プラントの稼働が予想されるので、その時期に合わせた実現化が望まれる。

また民間企業のガス化事業の中に、ガス化設備、機械、安定運転法、障害事例の克服、保守・点検の要領等を体験する教育・訓練計画も盛り込む。これにより、石炭ガス化設備をスムーズに立ち上げるようにすると共に、障害トラブルの対策を迅速に行えるようにする。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
① 石炭由来合成液体燃料の生産		→	→
② 官・民・学共同事業としての技術者養成	→	→	→

## (5) 石炭利用新技術分野

### (a) 鉄鋼用コークス

自給自足の基本方針から検討すると、「モ」国に鉄鋼用コークスの需要がない限り輸出目的の製造はコークスの品質と輸出先需要の確保、環境問題等のリスクが大きい。一方、外国企業が自国で消費する目的で、「モ」国で製造し、自国まで輸送しても経済的に有利な場合は実施すべきである。

### (b) 活性炭製造

セミコークス製造技術を生かした次の石炭利用技術としては現在も輸入され、今後とも環境汚染対策材料として消費が増加する活性炭製造がある。褐炭は活性炭の原料として世界的市場にも広く使用されている。自給自足の方針からも「モ」国での活性炭製造は有望である。どの程度の品質の活性炭が製造可能か、「モ」国で必要としている品質、試作品、市場性等の基礎調査を早急に実施すべきである。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
① 活性炭製造に向けた F/S	→		
② 商業プラント建設		→	

## (6) 選炭技術

### (a) 選炭技術者育成

選炭工場は石炭販売収益を上げるために重要な施設であり、第三者的な選炭技術評価のできる専門家育成が必要となる。品質管理、運転管理に向けたモンゴル人の技術の習得とモンゴル人工場長の育成が望ましい(4.3.5)。選炭技術者を育成するために現地選炭プラントを利用した教育カリキュラムの構築と実施を提案する。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
① 選炭技術者育成機関の設立と教育カリキュラムの作成	→		
② 選炭教育の実施		→	→

### (b) 選炭後に発生する中間産物の利用

中間産物量は選炭工場の建設計画から 2015 年：280 万 t、2020 年：800 万 t、2025 年 870 万 t の発生が予想される。この利用を前提にした、石炭火力発電所、炭鉱都市化計画に向けた熱供給設備の検討が重要である。エネルギー炭として輸出の可能性もあるが、インフラ整備と石炭価格が課題となっている。

### (c) 乾式選炭技術の実用化

水資源の利用が制限されている地域での選炭技術として、また環境汚染対策にも優れている乾式選炭技術の実用化は重要課題である。既存の商業機は選別精度が低く、原料炭の輸出品位を達成することが困難である。水資源確保に甚大なコストと環境保全問題を持っている「モ」国は

本技術導入の最適な条件を備えている。本技術が実用化された場合、諸外国の水資源の少ない地域への技術輸出も可能となろう。

アクションプランの項目	短期(2015)	中期(2020)	長期(2025)
① 乾式選炭機実証試験機	→		
② 商業プラント建設		→	

## 第7章 JCC ミーティングとワークショップ

### 7.1 JCC ミーティング議事録

#### (1) 第1回 JCC

以下に第1回 JCC ミーティングにおける質疑応答の内容を記載する。第1回はキックオフミーティングとして本事業のインセプションレポートの発表を実施した。

#### **SUMMARY OF DISCUSSION HELD**

- 1.1 The fuel policy department is now making a draft of a fresh paper of coal policy contained master plan of coal development in cooperation with Mongolian Coal Association (MCA) and other sectors. Cooperation with MCA and opinions from government and private sectors will be essential to carry out the JICA master plan.
- 1.2 JCC will strongly support to successfully hold The 1<sup>st</sup> Work Shop on 31<sup>st</sup> of May, 2012 and all necessary arrangement should be worked out with MCA.
- 1.3 The JICA master plan should be stressed on the importance of coal resources as energy security in Mongolia and necessity of environment conservation to utilize coal.
- 1.4 In the JICA master plan, infrastructure of transportation, taxation, market prices trend of coal product will be important to be covered.
- 1.5 There are many power station projects and some of them are working toward exporting electricity. The domestic coal demand and supply should be included this situation and catch up with private sectors' circumstance.
- 1.6 Planning and policy of coal development is a critical issue at present. License holders of coal are mining like a wild rabbit. The proposal to this situation will be expected in the JICA master plan.
- 1.7 In the JICA master plan, a coal development and utilizing plan at each area of future coal mine in Mongolia shall be included as well as present coal mines. And proposal of what kind of up-grading coal is required to each area will be expected.

## (2) 第 2 回 JCC

以下に第 2 回 JCC ミーティングにおける質疑応答の内容を記載する。第 2 回は中間発表として本事業のプログレスレポートの発表を実施した。

### **SUMMARY OF DISCUSSION HELD**

2.1 It is expected to well reflect the proposition and requests from JCC member's organizations on this project associated with mutual cooperative framework.

- JICA Team: . Acknowledged

2.2 In this project, depending on the results of survey on the types of the processed coal products, those distribution and prices, the-most-advantageously exportable commodities from Mongolia shall be selected. For example, one of them will be evaluation report of potential of semi-cokes.

- JICA Team: Acknowledged.

2.3 It is desirable to conduct economic research to compare the competitiveness between Mongolian and Russian coal.

- JICA Team: AS JICA team is not allowed in this project to visit Russian and conduct on-site survey, it is only said that it would be checked up how deep it could be done, using the existing and obtainable data and documents.

2.4 Which are original sources of data for Nos.2, 3 and 4 power plants up to year 2030?

Are these power plants going on up to 2030?

- JICA Team: Those are based on the data given to JICA team before. It is going to revise those data on the basis of survey from now on.

2.5 Are the figures for railway transportation reflected from coal market?

-JICA Team: These figures indicate the railway transportation capability respectively. Coal market conditions do not reflect on those figures.

2.6 Figures on the coal production indicate washed coal products? Nowadays, coal after washing is recommended to export. The possibilities of exporting liquefied brown coal are seeking for. Do you have any ideas of this?

- JICA Team: In general, quantity of coal production is expressed in raw coal basis.

Washing process differs from coal to coal in terms of its characteristics. Referring to quantity of washed coal, quantity of unsalable middling doesn't appear on the statistics figures. Thus, the quantity of coal production is based on raw coal even in other countries. Suitable coal washing process of each coal quality would be specified in the report.

Challenges for coal liquefaction are in demand and price. Better is commercial product not always

able to be sold. Which the best products from coal in Mongolia are will be examined in short, middle and long term in the report.

2.7 Market for thermal coal is expected to be cultivated. As it is desirable to sell middlings after washing coking coal in Mongolia as thermal coal, its market and utilization are expected to be learned.

- JICA Team: Acknowledged.

2.8 It is desirable to check up the most profitable market for Mongolia by researching worldwide coal demand.

- JICA Team: Acknowledged.

2.9 Are Korea and Japan wish to buy coal from Mongolia? If so, what the quality of the coal would be required by them? According to some study, approximately 100 million could be exported from Mongolia.

- JICA Team: Acknowledged.

2.10 Mongolian coal prices attend to downslide with competition among the coal suppliers, also reflecting global coal price weakening and quantitative restriction of coal production. Avoiding coal price drop is thought to restrict quantity of coal export, and there might be also other measures against it. Prevention measures against price competition are also required to be mentioned in The Master Plan.

- JICA Team: It can be said that even good stuff is unable to be sold with high price. In other word, coal with higher price is not being sold even if restriction to saleable coal quantity is introduced. The fundamental issues of control of price competitiveness will be described in the report.

2.11 It is required to study on new transport system instead of railway and road. Although economic efficiency was given to importance in the past time, symbiosis with nature, in other words, prevention of pollution is also needed nowadays. Transport system shall be considered, by which environment influence on the surrounding areas along the transport track shall be as less as possible. Even so, economic efficiency and technology is required for new transport system, such as a belt conveyor and a pipeline.

- JICA Team: Acknowledged.

2.12 Mining Institute researched clean energy in 2009. Clean energy, such as underground coal gasification, is expected to be introduced in next generation. In this project, clean energy would be surveyed and make a proposition in the report.

- JICA Team: Acknowledged.

2.13 Proposition for human resources development and skill-up and research equipment in the



organizations associated with research study is desired in this project.

- JICA Team: Acknowledged.

2.14 Important issues on coal utilization are to study on coal utilization based on Mongolian identity and its economic efficiency. In this project, it is recommended to study on “Mid-term Development Plan”, which was open to public in 2011, and also related international treaties which Mongolia has acceded to.

- JICA Team: Acknowledged.

2.15 Coal utilization is interesting to us. It is expected for the experts to report on processed coal products. House coals are needed for counter measure to reduce air pollution in winter season. Research on matching with the needs for consumer of semi coals shall be conducted. Although it is said that stuff with higher price is hard to be sold, even if high technology is applied to produce stuff, it is considered that high technology will be applied to produce the stuff in Sainshand Industrial Park. Our university does not grudge cooperation with study on the product competitiveness and human resources development.

- JICA Team: House coals business is considered to last 10 years. After that, coal gasification instead of house coals would be proposed for countermeasures against air pollution. Manufacturing coals in Sainshand would be studied in this Master Plan, going over the study conducted by USA's consultant. Our views on this issue will be reported in this Master Plan.

2.16 It could be said that ADB interim report on transition of energy demand and supply does not much serve as useful reference. Reports on regional demand and supply of electricity are recommended to be gathered for your reference. Referring to such regional reports, study on coal development in response to needs for districts would be recommended.

- JICA Team: Acknowledged. Requested are such reports for JICA Team.

2.17 We will try to collect such reports and pass it on to you, while reports on nuclear power are tried to collect as well. Comments and information raised in the JCC are expected to be reflected on The Master Plan. Otherwise, official paper, mentioning the reasons why it could not be embraced for The Master Plan, shall be required for.

-JICA Team: Acknowledged.

### (3) 第3回 JCC

以下に第3回 JCC ミーティングにおける質疑応答の内容を記載する。第3回は本事業のインテルムレポートの発表を実施した。

## SUMMARY OF DISCUSSION HELD

### 3.1

(1) In slide 25, 18MW power station of UHG is not included. The scale is not very big, but transmits electricity to Dalanzadgad and the nearby town.

- JICA Team: Acknowledged

(2) In slide 34, the middling is a very big environmental problem and the issue must solve it. Because there does not become very much the middling consumption even if 600MW power station will be constructed in future. It is necessary to examine various usages. I want the suggestion that is concrete recommendation about the middling. For example, I want to examine the gasification and liquefaction. There is many energy coal there too and please instruct it about these usage.

- JICA Team: Acknowledged.

(3) About slide 44, the government takes the policy to do an electric bill to half by night time about the house where does not burn coal and only electricity uses for from 21:00 to 6:00 in a gel area about Environmental Suggestion ③. I want you to investigate it if you did not examine it.

- JICA Team: Acknowledged.

### 3.2

(1) About slide 8, do you investigate the export to the Asian market of the Mongolian coking coal?

- JICA Team: We are investigating it how a supply for China turns out. We intend to put a result by the final report.

It is demand for coking coal and it is thought that China reaches the limit in the future. I consider that India will increase in future. Japan and Korea will be the same level as the present conditions. The overall demand in Asia is not prolonged than these greatly so much.

Because domestic coking coal is very valuable resources in China, China thinks that demand is at the uppermost limit, and the import may increase. It is up to a price where China will buy coking coal from. Mongolia has big advantageous situation from the point of CIF (arrival base price of China) .

(2) About slide 11, as Mongolian export figures were not shown in the figure. Please put it in the figure in the report.

- JICA Team: Acknowledged.

### 3.3

(1) About slide 39, Growth of the coal demand may not match the number of power stations built newly in future. I want you to investigate it well.

- JICA Team: Acknowledged. At first I predict the electricity demand and I calculate quantity of the coal necessary to bring about the electricity based on efficiency. I will review the efficiency of the power station once again and want to calculate it again.

(2) Is there any policy that Mongolia can export energy coal in the Asian market such as Japan and Korea, if infrastructure improves?

- JICA Team: I hear it is unprofitable in our investigation due to too low demand price of China. We examined the transportation cost of 60-90 US\$/ton, for example, through China. Therefore, it is thought that cost becomes very higher because present FOB price of energy coal is about 85 US\$/ton. Regarding export to the third country, it is the important problem how you build cheap infrastructure.

(3) I suppose that Mongolian energy coal can export to China only.

- JICA Team: I think so. However, it is necessary to investigate it in detail why a private company does not sell it even in China.

(4) About slide 46, it is written about coal mine development in the future by proposal 7, but I think coal development is done enough and is it possible to state that coal development should not be carried out in future?

- JICA Team: It is necessary to gather various opinions, but to develop coal is not a bad thing. It is necessary to consider it and solve the problem so that a problem does not happen on the occasion of development.

I ask you to teach one. For example, there are the number of approximately 15 million tons for our prospect and 18 million tons for government prospect of Mongolian coal production in slide 40 in 2025. Do you think that this number can be achieved in existing coal mines?

I think that for quantity of demand for prediction can cope by the increase in production of the existing coal mine in 2025.

### 3.4

Do you consider the demand for Mongolian local villages in energy demands prediction?

- JICA Team: I do it. The local demand quantity enters all the prediction numerical value now because I predict it based on electricity, coal and semi-coke used in Mongolia. About the prediction, I will consider a population growth prediction in the future. So, I consider the whole land of Mongolia.

### 3.5

I think that it becomes a better prediction if you include the demand prediction according to the area, such as each village, prefecture or district.

- JICA Team: Since I think that it is a purpose to investigate macroscopically about the making of this master plan, I want to think about what I examine according to an area.

### 3.6

(1) You calculate the deposits of each coal mine with Table 3-9 in page 90 of the report, but I want the table which includes both a company name and a coal mine name (coalfield name), because there is some item is a coal mine name and some item is a company name.

For example, it is easy to be revealed that four companies are shown in Narlin Sukhait because four companies operate a coal mine in the Narlin Sukhait coalfield. And please write the overall deposits of Mongolia in total.

(2) I doubt how reliable the source of the data such as coal mines in Table 3-16 of page 116 is.

(3) I want you to put the information of a new coal mine in Table 3-15.

(4) In each coal mine investigation, I want you to list it if there is a coal mine intending to export coal to Russia.

(5) I want you to make clear Khogor in Table 3-20 because there are two places.

(6) I want you to put the information of the mine mouth power station in Shivee Ovoo.

(7) Energy Association makes the development master plan according to the area in Mongolia. As they are making the plan about the power station, I want you to hear a story from the organization.

(8) The report divides it into three groups of the coal mine for export coal mine, coal mine for domestic power stations and districts. But is there any information about deposits and the amount of production of the coal mine for power stations, stripping ratio and mining plan?

(9) In this report, do you investigate a fund of the facilities update in the coal mine for domestic power stations and for districts?

- JICA Team: It will be difficult to get this information about each coal mine in slide 16. I want to go for hearing to you if you have data.

Because I cannot show the F/S report of the private enterprise by obligation of keeping secrecy, please ask them the Mineral Resources Agency. Or regarding the large-scale coal company, at you can get information at their office in Ulaanbaatar.

### 3.7

I will arrange that MRAM will supply this information. There is a name of power plant developing in the future. Like this, I think that it should be gathered up about a coal mine name and mining plan. For example, I hope that you can show a prediction of coal production in Tavan Tolgoi, such as some prediction in 2012, some prediction in 2020 and so on.

- JICA Team: The study team of coal development will stay next week. And they will visit MRAM and please look after them.

Mongolia can produce much coking coal, but has a problem to be able to sell it to only China. This is a serious problem, and we have to think about a solution. However, this is the way of thinking of the thing and there is the coking coal consumption in slide 4. China uses 57% among the consumption of coking coal of 878 million tons. Even if Mongolia does not transport it to third country, Mongolia is to have the world's largest market in the neighboring country. If Mongolia has already produced high quality coking coal and says that Mongolia sells in the prices that are lower than the coking coal price of Australia, China will buy it with pleasure. It is important how it can supply coking coal at a stable price and stable quantity for long period.

### 3.8

(1) It is written that the semi-coke quality is with less than 0.8% of sulfur in Interim report. I think it is a little bit high. This is about the same in raw coal. I think that sulfur may fall down if raw coal is distilled.

- JICA Team: This is in a Mongolian standard. We suggested that sulfur content should be low. In addition, the sulfur content does not decrease even if they make distillation. There is a method to blend limestone at briquetting process to reduce sulfur at the time of the combustion.

(2) I think that SNG or electricity is convincing for a semi-coke alternative fuel. If it is Japan, there is the cheap turn in order of kerosene, gas, electricity, but I think that it is reversed in our country. Because a price is important, please examine this based on it. In addition, about processing of the coal, there is a plan about producing metallurgical coke in Sain Shand, but there is little information about liquefaction, the gasification. When a factory will be built, there will be an inquiry to the university about upbringings of a talented person working there.

- JICA Team: We carry out hearing it about the coal sophisticated processing from the companies. I want to put it together about the personnel training and collect information.

I don't know whether an electric bill is cheap. I examined contents in slide 37 to examine it. I want you to think this to be the real price that conducted a local investigation in Mongolia. The price of the electricity in the report refers to Yearbook of the electricity. We recognize that the electricity is quite more expensive than house coke and heat. I am considering how I should go based on burden on consumer's ability. We may have to examine the rate of consumers finally pay a little more.

#### (4) 第 4 回 JCC

以下に第 4 回 JCC ミーティングにおける質疑応答の内容を記載する。第 4 回は本事業のドラフトファイナルレポートの発表を実施した。

### **SUMMARY OF DISCUSSION HELD**

#### 4.1

(1) The Draft Final Report says that the export of Mongolian coal is almost confined to China and the exports to third countries are dependent on coal prices. How do you see the prospect of coking coal prices in the world?

- JICA Team: Prediction of coking coal prices is difficult. The current coking coal price is about 150 US\$/t-FOB. As described in the Draft Final Report, the future coking coal demand will not increase much as the future coal supply will be larger than the coal demand. Coking coal prices went up to 300US\$/t-FOB two years ago due to coal supply suspension by natural disasters. Coking coal prices is expected to increase gradually by the increase of costs.

I will make supplementary comments. Coal prices are not determined by coal supply/demand only. You would overlook coal price prediction if you do not consider prices of oil and natural gas. At present, there is a theory that coal prices go down by a supply/demand situation in the short term, but it is the general view that coal prices go up in the long term.

(2) The report has the prediction of total coal exports from Mongolia. Have you predicted the export by prefectures or by the districts?

- JICA Team We visited many Mongolian coal mines through the JICA study. When we visited coal mines, we studied their coal production capacities. It is difficult to predict the future coal production as it depends on the future coal demand. While IEEJ predicted future coal export from Mongolia, it is necessary to study further to predict the consumers' coal demand.

#### 4.2

(1) The report says that coking coal exports from Mongolia are to be confined to China and it will be difficult to export to third countries. Are there reasons for this, such as coal qualities?

- JICA Team: Mainly, the reason is high delivered coal prices.

(2) Are there any recommendations on coal transport to export coal from Mongolia? Can you recommend the fastest way to construct and prepare the rail infrastructure?

- JICA Team: As described briefly in the Draft Final Report, it would move faster to utilize a

privatization scheme. The Mongolian Government changed its rail construction policy last year. On the other hand, road construction is to use a privatization scheme. I would like to ask that the Government should consider the rail construction policy once again after watching the progress of road construction.

(3) The report says that coal will be exportable once steaming coal prices become 125~150US\$/t-FOB and coking coal prices 200~250US\$/t-FOB under the current infrastructure. Is this mistranslated?

- JICA Team: The meaning is that steaming and coking coals are exportable under the existing infrastructure if coal prices become those price levels.

#### 4.3

(1) Have you conducted or are you going to do a case study on the most economical way to export coal?

- JICA Team: We have included a case study on coal export from Mongolia in the Draft Final Report as shown in P151 (a summary table in P153) .

#### 4.4

(1) We understand that a case study on coal export has been conducted. We would like your recommendation on the rail route for coal export.

- JICA Team: Acknowledged.

#### 4.5

(1) As to the coal export, the export tonnages from the Qinhua Narin Suhait coal mine are not included in the Draft Final Report. Is there any reason?

- JICA Team: The present coal production at the Qinhua Narin Suhait coal mine is 2.5 million tons per year. The mine told us that it would continue to produce coal for the next 10 years. So, we did not include the export tonnage in 2025 for the Qinhua Narin Suhait coal mine.

(2) In 2012, coal production was 31million tons, coal export was 20.5 million tons, coal consumption at power generation was 5.8 million tons, a general use was 4million tons. Let me know the breakdown of 4 million tons. These figures were shown in the documents supplied by Mr. Altsukh.

- JICA Team: The breakdown of domestic consumption of 10million tons are: 5.8 million tons for power generation, 2 million tons for a general consumers' use and a little over 2 million tons for coal stocks near the border to China for export.

- (3) Private companies are moving to increase coal production for such as coal processing, gasification and liquefaction. For example, Baganuur coal mine planning to construct a factory to use 4.6 million tons, MAC planning to construct a coke plant at its Aduunchuluun coal mine, a 5～600MW power generation plant planned at Chandgana. How will the coal supply/demand be balanced?

## 7.2 ワークショップ

### (1) 第1回ワークショップ

「モ」国石炭開発利用マスタープラン調査の一環として、インセプションレポートによる調査概要の報告、及び「モ」国における石炭の有効活用と環境保全に向けて、日本の石炭利用技術やCCTの普及促進を図ることを目的に、「石炭利用技術とモンゴルへの適用可能性」と題する現地ワークショップを開催した。

現在、「モ」国政府は自国産石炭の有効活用による産業発展と環境対策の両立を目指しており、民生面では燃焼の際に排煙の抑制が可能なコークスへの燃料転換や改造ストーブの普及、このコークス製造時に副成されるCOGのDMEや石炭液化等の石炭化学工業への有効活用が検討されている。また、Tavan tolgoi 地域を中心に原料用石炭の輸出が急増しており、石炭そのものではなくコークスなど付加価値を付けた高価な商品として輸出することも検討されていることから、特にCCT概論、選炭技術、コークス製造技術、ブリケット製造技術、石炭ガス化技術、DME製造技術について日本の各分野の専門家による講演を行い、意見交換を行った。

#### (a) ワークショップ概要

実施日：2012年5月31日（9:00～16:00）

実施場所：Ulaanbaatar市ブルースカイホテル・3F会議場

参加人員：モンゴル側参加者46名、日本側（通訳含）23名、合計69名

##### ・モンゴル側主要参加者

政府関係機関から Erdenepurev・燃料政策局長や B.Altukh・燃料政策局上級職員ら石炭行政担当者及び研究者、教職者。民間企業から Naran・蒙国石炭協会専務理事や Munkhtur.Togochi・ER社民生ガス事業部長、Zoljargal Jargalsaikhan・MAK社調査課長など幅広い分野から参加。

##### ・日本側参加者

JICAモンゴル事務所から磯貝季典所長、荒井順一企画調査員、E.Ankhtsetseg事業管理職員。JCOAL調査団より遠藤総括や上原サブリーダーなど10名。派遣専門家6名、通訳及び補助員など4名が参加。

#### ワークショップアジェンダ：

9:00 - 9:15	開会式 開会挨拶： モンゴル鉱物資源省燃料政策局長 Mr. A.Erdenepurev JICAモンゴル事務所所長 磯貝季典 モンゴル石炭協会会長 Mr. T. Naran
9:15 - 9:40	石炭開発利用マスタープラン調査概要紹介 JICA調査団団長 遠藤一



9:40- 10:10	クリーンコールテクノロジー（CCT）概論（日本の石炭利用技術紹介） JCOAL 事業化推進部部長 大島弘信
10:10- 10:20	Q&A
10:20- 10:50	コークス製造技術（製造技術の現状とモンゴルへの適応性） 講演：JFE スチール（株）製鉄技術部課長 花岡浩二
10:50- 11:00	Q&A
11:00- 11:15	休憩
11:15- 11:45	ブリケット製造技術（製造技術の現状とモンゴルへの適応性） 講演：（株）ケイハン常務・鉄鋼事業部長 前田正浩
11:45- 11:55	Q&A
11:55- 12:25	石炭ガス化（ガス化技術の現状とモンゴルへの適応性） 講演：三菱重工（株）IGCC ガス化プロジェクト室長 坂本康一
12:25- 12:35	Q&A
12:35- 14:00	昼食
14:00- 14:30	選炭技術（一般炭及び原料炭選炭技術の紹介とモンゴル炭への適用性） 講演：永田エンジニアリング（株）社長 久保泰雄
14:30- 14:40	Q&A
14:40- 15:10	DME 製造技術（製造技術の現状とモンゴルへの適応性） 講演：日揮（株）技術開発本部上席技師 大山弘二
15:10- 15:40	Q&A（DME 及び全体）
15:40- 15:50	閉会挨拶： モンゴル鉱物資源省燃料政策局上級職員 Mr. B. Altsukh モンゴル鉱物資源省燃料政策局長 Mr. A. Erdenepurev

## (b)主催者挨拶

冒頭挨拶で、Erdenepurev 燃料政策局長から、JCOAL が「モ」国石炭開発利用マスタープラン作成のための調査を開始していることが紹介された。また、JICA 磯貝所長が「JICA はモンゴルにおける石炭開発利用マスタープラン作成に関する協力を行うが、JICA と政府が計画を作るのではなく、実際に活動する民間企業の人々が有益になるように作っていく必要がある。」と述べた。

更に、司会を担当した Naran 石炭協会専務理事が、「石炭を採掘して運ぶだけでなく最新の技術をもって付加価値を高めたい。大事なものは人材の育成であり、ワークショップにおける積極的な参加、活発な意見交換を期待する。」と述べ、ワークショップが開始された。

また、ワークショップ終了後には B. Altsukh 燃料政策局上級職員が、「90年代に JICA による石炭マスタープランが実施され、この提言がバガヌール・シベオボ炭鉱の円借款事業に繋がりモンゴルの発展に寄与した。モンゴルの石炭開発は新しい時代へと入っており、前回のマスタープラン時に 600 万 t であった石炭生産量は 3,000 万 t まで増えている。」と述べ、石炭の有効利用は特に重要であり今回のマスタープランが良いものになると、石炭協会を始め、関係する企業、政府機関、石炭専門家などに協力を要請した。

最後に Erdenepurev 燃料政策局長が、「本日のワークショップは中味のある大変有意義なものであった。今回のマスタープランはペーパーを作ることが目的ではなく将来に挑戦し実際の事業化を目指すものである。昔は政府の関与が大きかったが現在は民間が主体であり、民間の意見を多く反映してほしい。もちろん政府は政策面での意見や方針、提言を述べる。今回のワークショップだけではなく燃料政策局、MRAM などの関係機関が情報を提供するとともに、連帯責任を持ってマスタープランへ協力していきたい。」と述べワークショップを終了した。

### (c)成果

ワークショップでは限られた時間に多くの講演を入れたため、質疑応答の時間は各講演の後に10分、全講演終了後に20分を確保したのみであり、全ての質問に回答することができなかった。しかし、質問の内容は紹介された技術をモンゴルに導入するにはどうしたら良いのかという具体的な内容が多く、活発な意見交換が行われた。

配布したアンケートには38名が回答し、講演時間は38名中36名が「A.適切」、2名は「B.短い」を選択し、その理由を、①「内容に対して時間が短すぎる。議題毎にSub-sessionを設けるなどしてもっと効果的に実施するべき」、②「質疑応答の時間が短い」としている。講演テーマ数は38名中37名が「A.適切」と答えている。

モンゴルに導入するべき日本の石炭利用技術はどれかとの質問に対し「全てのテーマが重要でありどれから始まっても結構」、「全ての事業は実施可能。調査とF/Sを実施した後の話になるだろう。経済性によってその事業の意義が評価される」との意見が全体を代表しているように思われる。図7-1、7-2はアンケートの集計結果で設問への回答数（複数回答あり）を集計したものである。

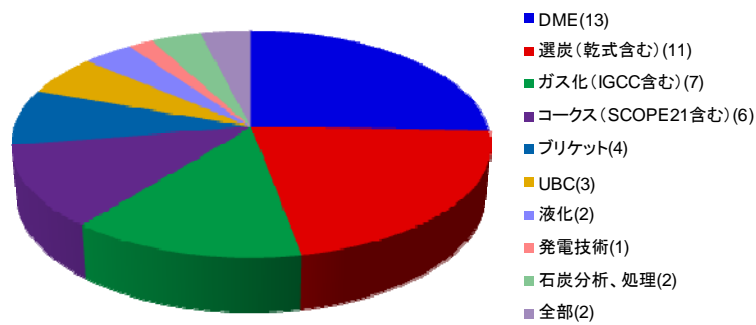


図 7-1 モンゴルに導入するべき技術

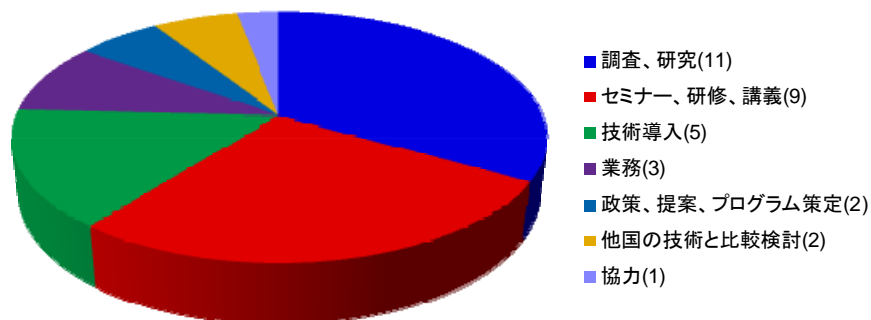


図 7-2 今回得られた情報の活用方法

全体を通じての感想は、「非常に面白くて、多量の情報を短時間で提供できている。新しいアイデアと技術を提供できた」、「石炭分野だけではなく、燃料、エネルギー分野にも必要な実のある

セミナーになった。このセミナーに参加したおかげで、石炭、DME 等について多くの種類の知識を得た」など高評価であった。



図 7-3 ワークショップ終了後の集合写真

## (2) 第 2 回ワークショップ

世界的にも良質で有数の石炭鉱床、特に、タバントルゴイの石炭は戦略鉱床として位置づけられ、これらの石炭資源の大規模開発を効果的かつ有益に開発を行い、石炭の製品販売を可能とすることがモンゴル国にとっての大きな課題である。2013 年 8 月にモンゴルでの石炭開発、特に、タバントルゴイでの石炭開発における重要な問題点・課題点の聴取・抽出を行った。第 2 回のワークショップでは、それらの解決の一助となりうる事項について、日本側より情報提供し、意見交換を行った。

### (a) ワークショップ概要

実施日：2013 年 10 月 17 日（10:00～13:30）

実施場所：鉱業省 2F 会議場

参加人員：モンゴル側参加者 21 名、日本側（通訳含）7 名、合計 28 名

- ・ モンゴル側主要参加者
  - ◇ 政府関係機関から Jgjid 鉱業省次官、Tumenbayar 大臣顧問、Enkbayar 戦略計画局財務・投資部門長、batbileg 鉱物資源庁石炭利用部門長ら石炭行政担当者及び Erdenes Tavan Tolgoi からは Enkhbat 副社長、Batbileg マーケティング部長、Bat-Erdene 技術者の参加があった。
- ・ 日本側参加者
  - ◇ JICA モンゴル事務所から加藤所長、荒井順一企画調査員、E.Ankhtsetseg 事業管理職員。JCOAL 調査団より石原、福井、藤岡（JFE 商事）、通訳 1 名の 7 名が参加した。

ワークショップアジェンダ：

10:00 – 10:10	開会式 開会挨拶： モンゴル鉱業省次官 Mr. Jigjid
10:10 – 10:20	参加者紹介 「モ」国及び JICA 調査団
10:20 – 10:50	「世界の石炭需給の現状と予測」 JCOAL 上席調査役 石原紀夫
10:50 – 11:20	「石炭操業形態とその特徴」 JFE 商事 副部長 藤岡昌司
11:20 – 12:10	「石炭マーケティング戦略」 JCOAL 調査役 福井徳三郎
12:10 – 12:30	「Erdenes Tavan Tolgoi 炭鉱の現状」 Erdenes Tavan Tolgoi エンジニア Bat-Erdene
12:30 – 13:15	Q&A
13:15 – 13:25	閉会挨拶： JICA ウランバートル事務所 加藤所長
13:30	閉会

(b) 「モ」国鉱業省 次官挨拶

冒頭に Jigjid 次官からは以下の内容の挨拶が行われた。

モンゴルの経済発展には鉱業分野、特に石炭の生産増が重要で、その経済効果が大きくなることを強調したい。日本・モンゴル間の幅広い相互利益の協力関係がある。その中で石炭マスタープランを JICA が進めているが、今年の 11 月に報告書を頂けることに感謝する。この一環として様々なところで、いろいろなスキーム、事業が行われていることを評価する。

モ国は石炭分野全体の開発に関しては採掘、処理加工—選炭、処理して価値をつけて出す。さらに、石炭の高度化処理として石炭の液化・ガス化を実施すべく取り組んでいる。石炭加工については、国営炭鉱・民間の多くの会社が石炭加工に関する政府の許可を得て、その活動に入っていることをここで伝えたい。その中でも、石炭採掘・輸出、選炭、製品化・販売がある。原料炭とともに、一般炭の有効利用を目指した石炭の商品化をするため、国内電力用として使うとともに、一般炭をできるだけ高品位化して一部を輸出に回すことを国が考えているところである。我々が建てているこれらの目標を達成するために、日本政府には数年前からこの分野に協力してもらっているが、これからも新に協力していただくことに合意していることに大変感謝する。特に、今年成立した日本・モンゴル戦略パートナーシップの中長期計画の中で環境、鉱山分野が重点的になっていることは、我々の鉱業分野にとって大きな後押しになってきている。

### (c) 成果

日本側からの情報提供並びに「モ」国からの石炭開発の現状報告後の意見交換からは、今後の「モ」国における石炭開発、石炭販売におけるモンゴル側の懸念事項が明らかとなった。

#### 意見交換から見えるモンゴル側の懸念事項：

- ・ 石炭の付加価値を高めるための選炭をモンゴル国内で行う意義—使用する水資源の不足、選炭プラント建設に多大な費用を要する。
  - ◇ 中国との国境近くに多くの選炭プラントがある現状。民間企業で先行して選炭プラントを建設したが、その選炭能力をフルに活用できていない。
- ・ 国内石炭市場が小規模であることから輸出に頼らざるを得ない現状から、石炭の大規模開発計画がある一方、石炭市況、特に、中国の需要に合わせざるを得ないこと。
- ・ 開発資金の調達に関しては、「モ」側からのコメントはなかったが、日本企業等のJ/Vによる炭鉱の操業が、「モ」国での石炭開発の一層の促進を図る上で重要と考えられる。



図 7-4 第 2 回ワークショップの参加者

### 7.3 国内研修

第1回現地ワークショップでは、日本の専門家を「モ」国へ派遣してCCT概論をはじめ今後「モ」国への適用可能性の高い選炭技術、コークス製造技術、ブリケット製造技術、ガス化技術等について講演を行った。これらの技術について更に理解を深めてもらうため、「モ」国側の政策担当者、民間企業、研究機関、大学の石炭間関連の専門家20名を2回に分けて日本へ招聘し、講義や現場視察を計画した。

当初、11月に国内研修を実施する事で計画し、モンゴル側の了解のもと準備に入ったが、9月中との見込みであった総選挙後の政府人事の確定が遅れたため、最終的には年明けの1月に延期となった。この結果、第一グループ10名は1月7日～1月17日、第2グループ8名は1月21日～1月30日に国内研修を実施した。

なお、第2グループも10名を選抜していたが、直前に業務上の都合により2名が辞退したため8名での実施となった。

研修では、訪問先で座学講義と現場研修を兼ねて行い、営業上のノウハウに関する部分も現場実習で説明されたため、受講者の満足度が高く、実習・演習・発表の機会は無かったが、熱心な質疑応答が行われた。

日程が過密との感想も有り、実質研修期間は10日程度欲しいとの要望もあったが、各グループ共に計画通りの工程を消化し、成功裏に国内研修を完了した。

#### 第1グループ研修日程

	時刻	形態	研修内容
1/7 (月)			入国
1/8 (火)	09:30~12:00		ブリーフィング
	13:00~13:15		プログラムオリエンテーション
	13:15~17:00	講義	CCT 概論
1/9 (水)	10:00~12:00	講義	コークス製造技術
	13:00~15:00	講義/見学	コークス製造技術
1/10 (木)	09:00~12:00	講義/見学	石炭利用・石炭取扱技術
	13:00~16:00	講義/見学	石炭分析・石炭取扱技術
1/11 (金)	10:00~12:00	講義/見学	石炭ガス化技術
	14:00~16:00	見学	USC 発電技術
1/12 (土)			休日
1/13 (日)			休日
1/14 (月)			(移動) 東京→福岡
1/15 (火)	09:00~10:00	講義	ブリケット製造技術
	10:00~11:00	講義/見学	ブリケット製造技術
	13:30~15:30	講義/見学	環境対策技術
	16:00~17:00	講義/見学	乾式選炭
1/16 (水)			(移動) 福岡→東京
	10:30~12:30	意見交換	総括セミナー
	13:30~16:00	意見交換	検討会・評価会
1/17 (木)			帰国

#### 第2グループ研修日程

	時刻	形態	研修内容
1/21 (月)			入国
1/22 (火)	09:30~12:00		ブリーフィング
	13:00~13:15		プログラムオリエンテーション
	13:15~17:00	講義	CCT 概論
1/23 (水)	10:00~12:00	講義	コークス製造技術
	13:00~15:00	講義/見学	コークス製造技術
1/24 (木)	09:00~12:00	講義/見学	石炭利用・石炭取扱技術
	13:00~16:00	講義/見学	石炭分析・石炭取扱技術

1/25 (金)	10:00～12:00	講義／見学	石炭ガス化技術
	14:00～16:00	見学	USC 発電技術
1/26 (土)			休日
1/27 (日)			(移動) 東京→福岡
1/28 (月)	09:00～10:00	講義	ブリケット製造技術
	10:00～11:00	講義／見学	ブリケット製造技術
	13:30～15:30	講義／見学	環境対策技術
	16:00～17:00	講義／見学	乾式選炭
1/29 (火)			(移動) 福岡→東京
	10:30～12:30	意見交換	総括セミナー
	13:30～16:00	意見交換	検討会・評価会
1/30 (水)			帰国

## 參考資料



## 1.1 「モ」国の石炭に関する政策案

### 1.1.1 石炭プログラム

#### (1)石炭管理政策

- ・ 石炭を有効活用しマクロ的な視野に立ってエネルギー需給に対処する。
- ・ エネルギーセキュリティの観点から石炭の供給面での政策を強化する。
- ・ 発電所に石炭を供給している国家所有及び民間炭鉱の石炭価格を段階的に値上げする。将来的には価格の自由化を目指す
- ・ 炭鉱への投資を促進させる。借入金の優遇処置によって各炭鉱の活動の不具合を解消する。
- ・ エネルギーシステムを構築し燃料供給の安定性を確保する。
- ・ 石炭の選炭を促進し、処理した石炭の輸出を奨励する。輸出炭の最低価格を設定する。
- ・ 石炭埋蔵量調査を活性化させ、石炭埋蔵量の増加を図る。
- ・ コールベッドメタン(CBM)の量を特定する地質調査を強化する。
- ・ 石炭資源の登録・情報の新しい制度を整備する。
- ・ 「モ」国のエネルギー資源の総合政策は鉱物資源法、エネルギー法を反映し燃料・エネルギーの安全性を確保する。
- ・ 国家にとって有意義な鉱床開発は国家が主体的に管理実施する。
- ・ 石炭販売価格において政策上価格調整が必要な場合は国家がその措置をとる。その中で政府は損失の埋め戻し調整を責任もって実施する。本件においては法務省、財政省と連携する。石炭加工工場を建設するには巨大な資金が必要なため、内外の投資を促す法制、財政、税政の環境を整備する。
- ・ 石炭ガス燃焼発電施設、石炭液化や半コーコス燃料の製造開発に関しては税制面での優遇措置を与える。
- ・ Tavan Tolgoi の原料炭鉱床の開発とそのインフラ整備を構築する。

#### (2)石炭環境政策

- ・ 石炭ガス化ガス燃料分野の法規制環境を整備し、政府によるガス燃料プログラムを実現する。
- ・ クリーンコール技術を開発し導入を促進する。
- ・ Ulaanbaatar の大気汚染を削減するために石炭を乾留しコークス燃料に変換してからの使用を促進する。原炭利用から脱却し 2010 年度からゲル地区にコークス燃料を供給する。
- ・ ゲル地区の低所得市民にコークス燃料とエコロジークリーン燃料、ガス利用に関して国から支援を行う。
- ・ クリーンコール技術を利用した発電所の建設と石炭ガスと CBM の利用。コークス、石炭化学、無煙ブリケットの生産を優先的に進める。投資が確実に回収出来るような法と税制の整備。さらに、財政環境を整備する。

#### (3)石炭利用政策

- ・ 石炭液化技術、石炭を熱処理する(乾留)技術の促進。将来的にはコークス・化学工場の建設。石炭処理過程で抽出される副産物の利用。
- ・ 炭質を改良し石炭のガス化と CBM の促進。その利用に関する新技術導入

- ・ 石炭の選炭、品質向上やアップグレードの促進。
- ・ 炭層中のメタンガスを採集処理しジメチルエーテル(DME)を生産する。
- ・ 石炭を加工する技術に対する内外投資を支援する。
- ・ 石炭のガス化、ガス生産、石炭-水混合(CWM)の利用の研究促進
- ・ エネルギー資源と燃料問題を包括的に管理する。
- ・ 石炭処理、ガス化技術、液化技術を有する設備付きの石炭化学の研究施設や石炭センターを整備し人材能力の向上に努める。
- ・ Ulaanbaatar 市の新しい電力、熱源としてコークス燃料を検討する。製造工場は石炭産地に近く、インフラ整備が整った Choir-Nyalga 地区を提案する。
- ・ 石炭ガスを生産し電力利用する技術と設備の導入、さらに環境にやさしい技術の奨励。
- ・ 石炭の市場調査を進め選炭とコークス加工と輸出を促進する。そのための石炭輸送能力を増加させる。
- ・ 石炭をガス化させメタノールとエタノール、それに DME を製造する。水素燃料電池等新種のエネルギー資源も視野に入れる。
- ・ Tavan Tolgoi 鉱床の石炭を活用した、コークス工場と石炭化学工場、石炭火力発電所などを有する工業団地建設の検討を行う。
- ・ 石炭のガス化と石炭加工過程で発生する熱エネルギーを集落等の暖房のための熱源供給に利用する。CBM を供給するネットワークを整備する。

### 1.1.2 「石炭分野開発」に係る国の指針

#### (1)石炭資源の管理・運営に関して

- ・ 「モ」国にとって石炭は戦略的な鉱物資源あり、国家が資源の管理・運営を実施する。
- ・ 収益が期待できる炭田開発を優先するが、環境保全と修復を考慮しなければならない。
- ・ 「モ」国の経済地域別に、石炭の埋蔵量を算出する。その地域の石炭資源の特徴、性質を考慮した上で、開発時期、利用目的(国内向け、輸出向け、コークス等)を決定する。
- ・ 石炭資源の開発にあたっては、先進諸国で導入されている最新技術、環境技術、機械設備、鉱山開発システムを導入し、資源を効率的に利用する。
- ・ 地質調査を実施、鉱物資源の埋蔵量評価基準を法律として定める。
- ・ 石炭の採掘によって得た収入の一部を国内の地質調査、探索、地質図の作成、精密な調査・探索の実施などの調査活動に使用し、わが国の石炭資源関係費用を増加させる方針をとる。
- ・ 探査・調査活動については、国家予算若しくは民間の資金で実施するが、民間の資金については条件をつける場合がある。
- ・ 地質調査と鉱床の採掘を区別して取り扱う。地質調査の実施及び鉱床採掘の権利を入札により、国営、民営の企業・会社に付与する規則を法律として定める。その際、初期段階では「モ」国の企業・会社の間で入札して、入札の条件を十分満たす国内の企業・会社がなかった場合、国際入札を行うという内容の法律、またはビジネスの環境を作るべきである。
- ・ 「モ」国の鉱物資源に関する発表・報告の基準は国際規格の条件に合格しない点があり、現在のロシア基準を見直し、CRIRSCO (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards/) と協力し、「モ」国の独特な事情を考慮した、「モ」国の地質調査の結果、鉱物資

源の埋蔵量を報告する規格を策定し、実施する。

- ・ 地質調査、探査、分析の実行に関して、探査精度を段階に分類したプログラムを中央政府にて確定・発布し、実施する。

## (2)環境保全と修復に関して

- ・ 炭鉱の閉山後の跡地修復については、世界先進諸国のやり方を「モ」国に導入し、その実施方法を定めた新法律を作成するか、現行の法律に変更・修正をする。
- ・ 炭鉱採掘のための *feasibility* や鉱山計画の中で、環境保全の項目については、その実施方法、期限について詳細に定める。
- ・ 鉱山生産により被った鉱害の救済、環境の復帰、環境保全活動のために必要とする将来の財源を確保する目的で「環境修復基金」を設置し、当基金に資金を積み立てる事業を中央政府が管理・運営する。
- ・ 閉山後の跡地修復、環境保全、鉱山生産により発生したその他鉱害の消滅、長期間にわたって行われる修復、保全などのために将来、必要とする資金の財源は炭鉱所有者が採掘期間中に前支払いの形で積み立てる義務を負う。
- ・ 炭鉱経営者は閉山に必要な費用相当額をその事業担当の国営基金に振り込むという保方法をとった場合、採掘を終了した当該炭鉱を中央政府に返し、その復帰の事業については、専門の機関、会社と契約して実行させることがより合理的だと判断する。
- ・ 国の開発の指針、方針に適した短期、中長期の環境プログラムを石炭部門向けに作成・実行する。プログラム作成に当たり国内機関と国際機構の専門的協力を受ける。
- ・ 炭鉱の生産活動の影響により破壊され、損害を被った地域・場所を登録・評価し、対象地の地表と水資源などの特徴を考慮した修復技術を検討する。
- ・ 修復後にモニタリング調査を行うなどの形で修復活動の品質、効率性を高めるために学者・研究者・環境生態専門家の協力を受ける。当該事業の従事者への財政的、法的支援を政府が管理・運営する。
- ・ 生産中の炭鉱の保全、復帰、技術的基準の遵守状況に関する監督・観察は政府機関だけではなく、専門的な非政府機関、当部門付属の専門的団体、地元の人々が参加できる仕組み・メカニズムを導入し・実施する。

## (3)投資の調整に関して

- ・ 石炭分野での国内外の投資の適切な比率と方針を適切に策定する。大規模石炭鉱床の所有と投資については、国民に理解し易い規則を作成する。
- ・ 規模石炭鉱床の所有と投資問題を国が決定する際は出来るだけ国民に公開し、透明で理解し易い方法で行う。
- ・ 大規模石炭鉱床の所有については、少人数での独占を防ぐため、有価証券市場からの財源の投資を優先する。
- ・ 石炭分野での国内外の投資については、平等なチャンスを与える本来の国の規制を維持する。企業、組織と市民の能力を先進国レベルに短期間に引き上げのために国から可能な限りあらゆる面での支援を法律に則って与える。

- ・ 石炭分野にて活動している国内の企業を支援するため、税制とビジネスに関する法規制を長期にわたり変更しない。
- ・ 探査、研究と採掘、簡単な選炭等国内の会社が自力で実施可能な生産工程においてはかならずしも外国投資は必要がないとみなす。
- ・ 石炭の熱分解とナノテク等最新技術で加工するコークス・化学、石炭・化学産業の開発等、「モ」国の未開発分野において外国の投資と設備、専門家の優先的に導入を目指す。
- ・ 石炭分野、そのインフラ整備の投資家に対し、法律面及び経営面の優遇措置の整備を短期間に全体的に開発し、世界各国のうち、とりわけアジア・ヨーロッパ諸国と石炭分野にてお互いに利益のある密接な協力することを優先する。

#### (4)市場原理による石炭分野の発展

- ・ 電力用炭の石炭価格と輸出用石炭の価格に関しては国から直接関与を止めて、価格構成の過程が商品の需給・供給量、コスト、国内外の市場価格、品質、市場、マネジメントレベル等自由市場原理要素により設定する世界的な総合したルールを「モ」国に整備する。
- ・ 鉱山製品の販売を鉱床のライセンス保有者が行うという現状の法律を改正し、国内外市場、その中、国際間の取引において熟練した専門の会社を実施できる法律を整備する。
- ・ 国内と海外市場で石炭とそれを利用して生産した商品を現物と先物で取引できるよう、「モ」国にて国際の石炭取引所を整備して運営する法律とビジネス環境を優先的に構築する準備をする。
- ・ 石炭分野における法律の施行状況については、他の鉱山分野同等になるように国の統制を改善するし、国民の参画と、民間の専門の協会団体、非政府組織等の積極的な参画を促進する。
- ・ 戦略性鉱床の国の参加は、国有企業が実施する。その企業は活動の透明かつ公開により有利な環境を満たし、国際ルールに整合した経営と財政制度を導入する。
- ・ 戦略性各鉱床を開発する際は、国家予算において起こりえる財政リスクを軽減する方針を持って調整する。

#### (5)電力産業への燃料供給に関して

- ・ 電力用炭とその切り離せない部分である天然ガスの探査と採掘、処理に特に注目し具体的な事業とプランを政府から立案して実施する。
- ・ 環境への影響の少ない、信頼性の高い、安全運転可能な、最新技術を導入した燃料製造工場建設の可能性を検討し導入する。特に人口密度が高い都市部において人間の健康と環やさし優しい、良質の加工した石炭を供給するためにクリーンコール技術を国産化し国際規格を満たす燃料工場を建設することを国が政策によって支持する。
- ・ エネルギー炭のみならずその他のあらゆる燃料に対して、経済効果が高く、ニーズに適した輸送と配送システムを構築する。
- ・ エネルギー炭の埋蔵量、採掘、販売、消費を調整・開発する長期の特別なプランを策定・実施する。
- ・ 「モ」国の経済安定を確保する目的でエネルギー炭の埋蔵量の一定量を国の管理下で採掘、操業していることに関し、新規法律を立案・審議・調整する。

#### (6)輸出に関して

- ・ 石炭を国際取引、商品販売の全体ルールに適合させて輸出する。
- ・ 石炭の輸出を輸出する場合、炭鉱あるいは国境渡しではなく、できる限りエンドユーザーの線路、貯炭所、倉庫渡し条件で輸出することを目指す。
- ・ 原炭の輸出を制限し、選炭等の改質または製品化された石炭の輸出を支援し、その数量と許可権を増やす政策を持つ。
- ・ 商品取引所での入札制度の手法を取り入れることで、輸出炭の価格とタリフの総合的政策を選定するメカニズムを整備する。
- ・ 輸出炭の市場、数量、品質、価格等の要素を、輸入石油製品の要素と整合化する必要がある。石炭及び、石炭製品を輸出する国境ゲートと検問所の通関能力のレベルアップ、また輸送インフラの整備により、業務、サービスを行う快適な環境を整備することで輸出を全面的に発展させ、石炭の販売ビジネスを扱っている国内会社の競争能力を常に改善する政策を作る。
- ・ 石炭輸出を発展させる戦略とプログラムを策定し、輸出を積極的に支持する融資、税制度、保険報酬等の先進国で導入されている経済的メカニズムを導入する。

#### (7)石炭高度化処理(加工)に関して

- ・ クリーンコール技術の発電所の建設、石炭ガス化、**CBM**、炭鉱メタンガス、石油製品及びコークス化学と石炭化学製品、エコでクリーンなブリケット製造等を積極的に進める。また投資費用を確実に回収出来るような経済、法規制、税制、財政の快適な環境を整備する。
- ・ 石炭由来の燃料確保や製品化等の政策を策定し、それに係る案件と調査事業のモニタリングを行う国の専門組織を新たに設立して活動させる。
- ・ 石炭の高度処理に向けた近代的最新技術を導入することを目指し、分析と調査、実証工場の総合センターを設立することと、その活動に国内外の有識者と学者を引き入れる活動を積極的に行う。炭鉱のメタンガスを採集し、クリーンエネルギー源として利用する、メタン及び、シェールガスの埋蔵量を特定する特別な案件とプログラムを策定し実施する。

#### (8)中小企業開発に関して

- ・ 持続可能な発展を目指した石炭開発を実施し、経済開発等を支援するために、現代的な機械・技術を導入した職場造りを推進し、一般国民の収入を増加する措置をすみやかに講じる。
- ・ 石炭部門における大規模事業に関して、最新技術・機械を導入した「モ」国籍の中小企業を設立・開発する詳細なプログラム、プロジェクトを策定・実施する。本部門において鉱山機械サービスを中心とした中小企業を育成・開発できる環境を作る。

#### (9)人材開発に関して

- ・ 石炭部門に必要とする地質、鉱業、製造業の専門家の育成に対し、国家基金からの優遇条件のローン、無償協力を実施し、「モ」国政府と諸外国からの奨学金、手当て、その他の財源を使って、人材育成の詳細な方針、政策に従った活動も実施する。
- ・ 石炭高度加工の専攻で国内外の大学に高度な技能知識を身に付けた専門家、技師、技術者を育成するための職場内訓練及び職場外訓練を有する制度を設け・実施する。国際機構、先進

諸国の石炭分野の企業、会社、その他の組織で研修を受ける活動を国家から全面的に支援する。

- ・ 石炭部門の職業、専門団体、協会の能力向上を行い、その組織を通じて人材育成・開発、専門家の研修を実施する。
- ・ 石炭部門だけではなく、一般鉱業に関して国際的な交渉・契約、検査・監督、議論・摩擦を解決する国内外または国際的な法律活動・裁判活動に出席できる高度な知識・能力をもつビジネス専門家や法律家などの育成するでの中央政府の支援、全面的な措置を講じる。
- ・ 政府の義務として、生産開発、技術、国内市場、国際市場、自国経済、世界経済などの調査・研究活動の組織システムを充実させると共に、調査・研究に携わる人材育成・開発のシステムを合理的に組織し、この活動における非政府機関、部門の職業団体、協会に参加できる条件を整える。

1.1.3 「モ」国政府が発表した優先的に実施される大型事業の内容

No.	案件名	案件の概要	担当の省庁	担当作業部会メンバー
<b>優先方針-1 鉱物資源鉱床の採掘と鉱山分野の開発、重工業の基礎を築くこと</b>				
1	オウトルゴイプロジェクト	選鉱工場。年間3500万tの(10万t/日) 鉱石を処理できる工場を建設する。さらに増築し年間5600万t(15万t/日) 処理能力を整備する。露天掘りと構内彫り方式で採掘する。露天掘り方式はブロック化方式にて採集する計画。	鉱物資源・エネルギー省	モンゴル国政府とAivanhoe Mine's社
2	タバントルゴイプロジェクト	年間2000万tの石炭を採炭する。選炭工場の能力は年間1500万t。将来的にコークス・化学産業の基礎となる。一般炭を発電所に、残り分をコークス工場へ供給する事業。		Erdenes MGL 社
3	銅溶解場プロジェクト	銅コンクを工場にて処理する。その工場は年間7万tのカソード銅を製造。		G.Batkhuu鉱物資源・エネルギー省の鉱山・重工業局長
4	製鉄工場コンプレックスプロジェクト	年間200万tの鉄を溶解し、鉄板、レール、大体積のメタル物を製造。		D.Tsevelmaa鉱物資源・エネルギー省。燃料政策局職員
5	コークス・化学産業プロジェクト	コークスを製造する事業で、コークス・化学産業を開発する目標を持つ。コークスを焼く際に分離するガスとピチュウム、その他の化学的材料を加工する化学工場。		A.Purev鉱物資源・エネルギー省。燃料政策局職員
6	石油精製工場プロジェクト	国内の生油を処理する技術の選考と生産能力を策定する。工場の技術は国際規格に適するように選考。		
7	石炭・化学工場プロジェクト	石炭鉱床を拠点にDMEとその他の化学製品を製造する工場を建設する。クリーンコール技術を導入する事業。		
8	建築材料工場プロジェクト	サインシャンドのセメント工場は年間100万t、バヤンホンゴル県のセメント工場は年間3万t~5万t、ゴビ・アルタイ県のタイシル村のセメント工場は年間5万t、ヘンテイ県のウンデルハーンのセメント工場は年間3万tセメントを各々生産する。建築用の鉄鋼製品工場:年間200万t鉄製品、セラミックスラブ工場:年間5000万個の製品を製造する。断熱材及び、ブロック工場も建設する事業。	道路・輸送・建設都市整備省	A.Gansukh道路・輸送・建設都市整備省副大臣 M.Ulaankhuuhen道路・輸送・建設都市整備省、建設・住宅公共施設政策局の職員
<b>優先方針-3 インフラ整備開発関係</b>				
9	タバントルゴイ発電所プロジェクト	400MWの火力発電所。中央送電グリッドに接続する。空気冷却式、灰をDry排除する。水の消費量が最小限の近代技術の発電所計画。	鉱物資源・エネルギー省	T.Tserenpurev鉱物資源・エネルギー省のエネルギー政策局長
10	新鉄道プロジェクト	タバントルゴイ・ガシューンスハイト方面の鉄道の基盤整備、ナリーンスハイトーシヴェーフレン方面の鉄道の基盤整備、タバントルゴイ・ツァガーンズバラガーズンバヤン・サインシャンド方面鉄道の基盤整備事業。	道路・輸送・建設都市整備省	A.Gansukh道路・輸送・建設都市整備省副大臣 T.Batbold鉄道局長
11	オルホン川からゴビ地方の水の需要を賄うプロジェクト	プロジェクトは2500l/秒の水を供給し、ゴビ地方の水問題を解決する事業。	自然環境・観光省	D.Dorjsuren水資源、国家委員会理事長
12	ウランバートル市の道路整備事業	現在の350kmの舗装道路をUtilityと共に改善する。ウランバートル市の道路網改善には新規212kmの道路舗装道路とUtilityを建設する事業。	道路・輸送・建設都市整備省	
13	アルタンブラグ・ウランバートル・ザミン・ウーデ方面の道路整備プロジェクト	アルタンブラグ・ウランバートル・ザミン・ウーデ方面の990km高速道路建設事業。		
14	第5機発電所プロジェクト	ウランバートルにて熱・電力を供給する事業。	鉱物資源・エネルギー省	B.Erdenebileg電力庁、プロジェクトマネージャー
15	ゴミ・バイオマスから電気を作るプロジェクト	1日1千tのゴミを仕分け、処理する工場。1日に250t有機ゴミとバイオマスを処理し燃焼燃料を作る事業。	自然環境・観光省	D.Enkhat自然環境・観光省

## 1.2 石炭開発の新技术

### 1.2.1 CBM (Coalbed Methane)

#### (1) CBM の動向

近年、油価・ガス価の高止まりや将来的なエネルギー需給の逼迫に対する懸念、石油・ガス開発技術の進歩などに伴い、これまでは回収が難しいと考えられていた「非在来型」の石油・ガス資源にも大きな注目が集まっている。また、環境意識の高まりや、欧州では既にいくつかの国で導入され今後一層の導入拡大が予想される環境税等の影響もあり、環境負荷の低いエネルギーが世界的に求められ、ガス資源の需要や開発への期待感が高まっている。

こうしたなか、石炭層内に存在する非在来型ガス資源であり、豊富な資源量を有するコールベッドメタン (Coalbed Methane : 以下、CBM) にも、有望なガス資源として大きな関心が寄せられてきている。

現在のところ、CBM は米国、カナダ、豪州で商業生産が行われており、それらの国々では既に CBM がガス市場のなかで重要な地位を築きつつある。例えば、米国における 2006 年の CBM 生産量は約 1.8Tcf で全天然ガス生産量の約 10% を占める。また、豪州のなかで特に CBM フィールドが集中しているクイーンズランド州では、現在同州に供給されるガスの 50% 程度が CBM 生産によるものとなっている。さらに同州では、ガスの国際価格の高騰にも後押しされ、内陸部で生産された CBM をパイプラインで東海岸の港町グラッドストーンまで輸送し、液化する CBM-LNG プロジェクトが昨年より相次いで発表され、現在 6 プロジェクトが実現に向けて鎬を削っている。世界的に見ても CBM を取り巻く状況はダイナミックに変化しており、今後エネルギー市場において CBM の存在感が一層増していくことはほぼ確実である。

#### (2) CBM の特徴

##### (a) CBM の生成及び貯留メカニズム

CBM のメタンガスは、主に石炭が熱熟成 (脱水および脱ガス) する過程において生成され、図 R-1 に示されるように瀝青炭の段階において最も多くのガスを生成する。また、わずかではあるが石炭化の初期段階には生物起源のメタンも生成される。石炭は微細な孔隙 (空隙) 構造を持っているが、生成されたメタンガスの大部分はその孔隙表面に分子レベルのファンデルワールス力により吸着して存在する。その点において、貯留層の孔隙にガスが圧縮されて貯留されている在来型ガス田とは大きく異なる。クリート内にも吸着せずに遊離しているメタンガス (「遊離ガス」と呼ぶ) が存在することもあるが、全体の数パーセント程度とごくわずかであり、埋蔵量評価においても通常は吸着ガスのみを扱い遊離ガスは無視されることが多い。なお、ガス吸着量は図 R-2 に示されるように石炭化の進行に従って増加することが知られ、同じ温度・圧力条件下では、無煙炭が最大の吸着量を持つ。CBM ではこの吸着量の評価が埋蔵量計算において重要となる。



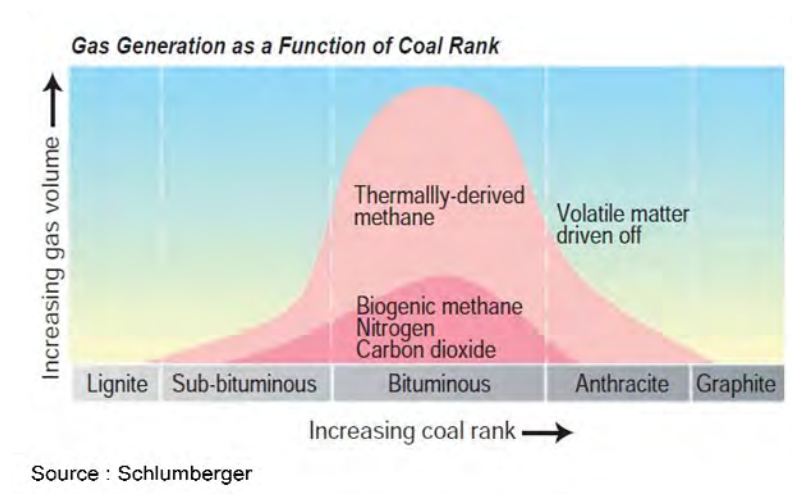


図 R-4 石炭化度 (rank) とガス生成量

図 R-5 石炭化度 (rank) とメタンガス吸着能力の関係

(b)ガス組成

CBM の主たる成分はその名のとおりメタン (CH<sub>4</sub>) であり、一般的には90%以上を占めている。その他、エタン (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) 等のメタンより重い炭化水素、二酸化炭素等が数パーセント含まれる。すなわち、CBM は「非在来型」のガス資源に分類されるが、ガスの組成自体は在来型ガス田から生産されるガスと大きな違いはなく、むしろ、二酸化炭素やその他不純物は通常微量しか含まないために、ハンドリングは比較的容易でガス処理設備はシンプルなものでも済む。

【流動メカニズム】

CBM の大部分は前述のとおり石炭の表面に吸着しており、生産を開始すると以下のプロセスを経てガスは生産井に到達することとなる。

- 1)石炭層の圧力低下 (またはメタン分圧の低下) に伴いメタンが石炭層表面から脱着
- 2)脱着したメタンが濃度勾配により孔隙ネットワーク内を拡散しクリートへと移動
- 3)クリートネットワーク内を圧力差により移動し、坑内に流入

クリート内の圧力差に伴うガス流動は在来型ガス田と同様であり、ダルシーの法則によって表現できるものであるが、その他の石炭層からのガスの脱着および脱着したガスの濃度拡散は在来型ガス田では見られない現象である。したがって、CBM においては在来型ガス田に比べて複雑な流動メカニズムを呈すると言える。

#### (c) 生産挙動および生産能力

石炭層は「ドライタイプ」と「ウェットタイプ」に分けることができ、ドライタイプの石炭層におけるガス生産挙動は在来型ガス田と大きな違いはないものの、大部分を占めるウェットタイプの石炭層では大きく異なる生産挙動を示す。

ドライタイプでは、石炭層の吸着能力上限までガスが吸着している状態（飽和状態）であり、クリート内も遊離ガスが占有するため、初期状態からクリート内に水は存在しない。生産開始直後から石炭層表面からのガスの脱着も始まり、高レートでガスを生産することができる。カナダ・アルバータ州西カナダ堆積盆地の Horseshoe Canyon 層（上部白亜系）の石炭はこのタイプの代表例である。

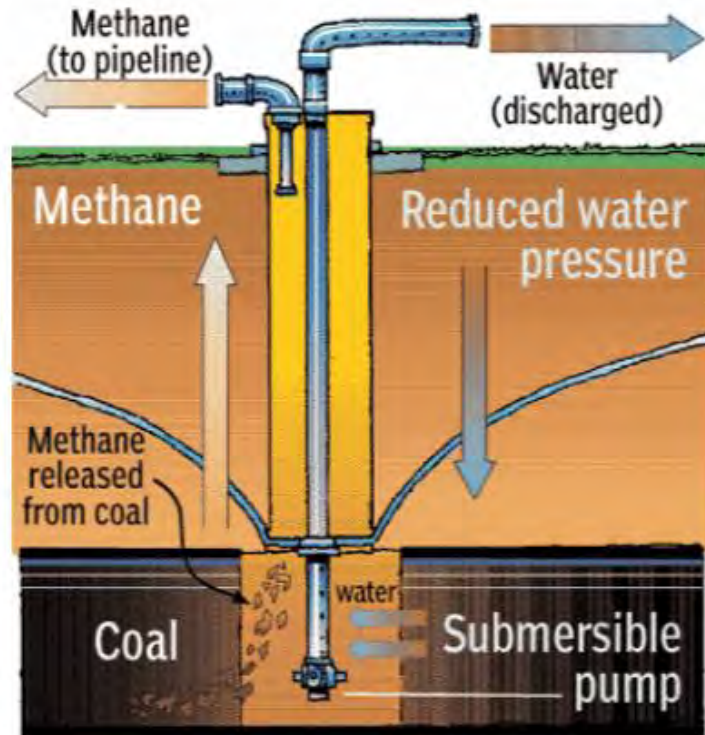
一方、ウェットタイプは、石炭層のガス吸着量が吸着能力上限にまで達していない状態（不飽和状態）であり、初期状態ではクリート内が水で満たされている。石炭層表面からガスを脱着させるためには、クリート内の水抜き（“dewatering”という）をして飽和状態になるまで圧力を低下させる必要がある。このため、生産初期にピークを示す水生産量が徐々に低下するにつれてガスの生産量が増加するという特徴的な生産プロファイルを示す。

CBM 坑井のガスの生産能力については、在来型ガス田の生産井と遜色ない坑井（生産レート：日産 10MMscf 以上）もあるが、在来型ガス井の 1/10～1/1000 程度と低いのが一般的で、経済性を確保するためには数多くの生産井が必要となる。また、坑井によって生産性に大きなばらつきがあるのも CBM の特徴であり、クリートの発達度合いおよびクリート幅の違いに起因する浸透率の局所的な変化がこの主因であると考えられる。

#### (d) 開発対象となる石炭層

CBM の開発対象となる石炭層として理想的な条件としては、ガス吸着量の大きい石炭が広く厚く分布していて、かつ、浸透率が高くガスが流動しやすいことが挙げられる。前者の条件については、石炭のメタンガス生成量は瀝青炭において最大となり、また吸着能力は石炭化の進行に伴い増加するため、石炭化の進んだ石炭（瀝青炭～無煙炭）の方が有利になる。また、石炭化が進むにつれてクリートも発達し良好なクリートネットワークが形成されていくが、一方で、石炭化は埋没深度の増加、すなわち地層圧力の上昇につれて進行するため、クリート幅の減少による浸透率低下を伴う。つまるところ、定性的に表現すれば、石炭化が適度に進んだ（ガス吸着量の大きい）空間的広がりを持つ石炭層で、かつ、良好な浸透性が保持されているものが CBM の開発対象として適していると言える。

実際、これまでに CBM の開発対象となっている石炭層の深度は 1,000m 程度であり、それ以深の石炭層では低浸透率が開発のボトルネックの一つになっているものと考えられる。図 R-3 に CBM の生産フローを載せる。



出典：JICA 調査団が作成

図 R-6 CBM 生産フロー

## 1.2.2 石炭地下ガス化

### (1) 概要

石炭地下ガス化(UCG)技術は、地下の石炭層に存在する石炭を  $\text{CH}_4$ ・ $\text{CO}$ ・ $\text{CO}_2$ ・ $\text{H}_2$  等の低中カロリーガスに転換する技術であり、生成ガスは発電用燃料や化学原料に利用可能である。UCG は 1930 年代に旧ソ連で試験が開始されてから、世界各国で試験が行われてきた。ガス化手法も様々なものが開発され、技術的にはほぼ実用化段階にある。UCG は、炭層に向けて 2 本またはそれ以上の孔井を掘削し、孔井間を天然または誘導された透過性通路で連結する。石炭に点火後、一つの孔井を通じて空気・酸素・蒸気・水等を注入することにより石炭のガス化を継続させる。基本的なガス化反応は地上ガス化と同様である。生成ガスの品位は UCG プロセスの圧力と温度に依存する。低温・高圧下では  $\text{CH}_4$  が多く発生し、ガスの発熱量は高い。低温・低圧下では  $\text{CO}_2$  が多く発生し、発熱量が低くなる。生産ガスの発熱量は酸素注入により増加させられる。また、水素含有は注入ガス量・水注入量・操業圧力の調整により増加させることが可能である。

地下深部や薄層の炭層、灰分や硫黄分の多い炭層など経済的に生産できない地下の石炭を、地下内部でガス化し、ガスとして回収し利用することができるため、未利用石炭資源の利用が可能となり、エネルギー需給の安定化に資する。

効果としては大量の資源を有する深部石炭等がガスとして回収できることから、天然ガスの代替エネルギー源や発電、化工製品の原料として利用可能であり、未利用資源の有効活用が図れる。

要素技術としては、①指向性孔井掘削法、②ガス化通路の設定法、③温度、環境影響等のモニタリング、④地下水汚染等の環境対策技術等である。

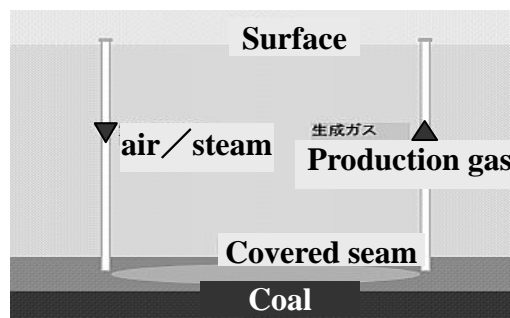
## (2)UCG 技術開発の歴史

旧ソ連では1930年代の集中的開発を経て、1950年代に浅部炭層における産業スケール規模UCG操業に発展し、1966年にはピークとなる年間25億 $m^3$ のUCGガス生産を行った。UCGの基本技術は旧ソ連において確立された。1970～80年代には欧州において深部炭層、米国において浅部炭層を対象としたUCG試験が実施された。特に米国では精力的なUCG試験が展開され、指向性ボーリングによる水平坑井の適用や点火位置を移動できるCRIP (Controlled Retracting Injection Point) 技術の開発により、高カロリーガス ( $10MJ/m^3$ 以上) の生成に成功した。中国では、1980年代から中国鉱業大学と煤炭工業部により、中国に適した地下ガス化法の開発が進められた。中国鉱業大学で開発された炭鉱の坑道を密閉しガス化炉を設定する長通路大断面2段階方式は多くの炭鉱において実用化段階で実施されている。

## (3)UCG 技術の概要

### (a)リンクング

UCGの概念はシンプルであるが、地質条件や石炭の状態が変化する中で、反応を制御して一貫した品質のガスを生産することは困難な技術である。基本構成は、図R-4に示すように2本の坑井があり、1本は酸化剤注入用、もう1本は生成ガス回収用である。



出典：JCOAL が作成

図 R-7 UCG の基本構成

UCGを考える上で最も重要なことの一つは、注入井－生産井間の経路（リンク）を確立することである。石炭には多くの亀裂や割れ目が存在し、これらは自然の経路となる。近年、指向性ボーリング技術の進歩により、炭層内の任意の点で注入井と生産井を交差させてリンクングができるようになったが、過去の試験では、このリンクング方法の研究がUCG技術の進歩を促してきた。

### (b)工法

三つの方法がある。最初の方法は旧ソ連の技術に基づくもので、石炭中の内部経路を開けるために、一組の垂直坑井に頼る方法である（図R-4参照）。炭層内に存在する自然の経路を用い、それらを増進させ、必要な場合には注入井と生産井間にリンクを形成する。この工法は豪州Chinchilla試験で成功しており、この方法に基づきインド、パキスタン、カナダ、豪州で商業化FSが進行中であると報告されている。第二の方法は中国の方法で、ガス化チャンネルとして人工的に炭層内に構築した坑道を使用し、坑井は地表との連結用に掘削される。このプロセスは空気

と蒸気を交互に注入する。第三の方法は欧州と米国で試験されたもので、石油や天然ガス生産の技術を用いて専用の沿層坑井を掘削する方法である。この方法は CRIP として知られている移動式の注入点を採用している。炭層深度が 1,000m 以上の場合には、ガス化坑井を穿孔するオプションが可能となる。より深い炭層で実施することは、空洞の成長、エネルギー出力と環境利益、CO<sub>2</sub> 貯留に関して超臨界状態を維持する可能性という観点から優位性がある。

#### (c)環境管理

UCG は最適な管理が行われない場合、地下水汚染と地表沈下と二つの環境的な危険要因を作り出す可能性がある。米国の Hoe Creek 試験では、不適切な現場選定とリアクターの加圧し過ぎが原因で、地下水がベンゼン、揮発性有機炭素等に汚染される結果をもたらした。一方 Chinchilla 試験では、地下水汚染の危険性はリアクターの圧力を周囲の間隙圧より低くすることで管理できることを実証した。このような状況では、水は母岩から UCG 空洞内へ流れ、周辺帯水層への汚染物質の移動が抑制され、地下水汚染の危険性によるリスクを大幅に低減できる。地表沈下の発生は、UCG が同じような深度で行われる場合には、坑内採炭の一つである長壁式採炭に関係して発生する地表沈下と類似している。このため、多くの対策は坑内採掘技術から取得する事ができる。

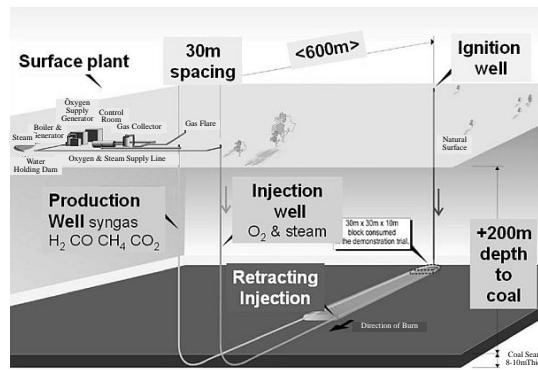
#### (4)UCG の現状

##### (a)Chinchilla 試験

Chinchilla 試験 (Reactor 1) が 1997~2003 年に実施されたが、これは現在まで西側諸国では最大の UCG プロジェクトである。カナダ Ergo Energy Technology 社が、豪州 Link Energy 社との合意の下 UCG 技術を提供した。1999 年 12 月にガス生産が始まり、シャットダウンは 2003 年 4 月に完了した。試験期間中 9 本の坑井を穿孔し、深度 140m の 10m 厚の炭層から最大 80,000Nm<sup>3</sup>/h の割合で 70MWe に相当する合成ガスを生産した。約 35,000t の石炭を消費し、300°C、5.0MJ/Nm<sup>3</sup> のガスを 8,000 万 Nm<sup>3</sup> 以上生産した。2008 年 10 月から Reactor 1 に隣接する地域で Reactor 3 の UCG 試験を実施している。Reactor 3 の目的は Fischer-Tropsch (FT) 法によって合成ガスからディーゼルを生産することである。

##### (b)Bloodwood Creek 試験

Carbon Energy 社が Chinchilla の近くで進めている UCG 試験である。目的は安定した合成ガスの生産、UCG 制御に使うモデルとアルゴリズムの検証と修正である。2008 年 10 月より 100 日間に亘り 1 パネルにおいて UCG 試験が実施された。米国 Rocky Mountain 試験の成果に基づいて設計されている (図 R-5 参照)。トライアルの概要は：石炭消費レート；80~90t/d→150t/d, 目的；年間 1PJ (天然ガス換算 2,800 万 m<sup>3</sup>) に匹敵するエネルギーを生産するのに必要な操業パラメータの決定、パネル；600m(長さ)×30m (幅；2 坑井の間隔) ×9m (炭層厚)、酸素と蒸気の消費量；70t/ボイラーの容量 70t/d, である。



出典：JCOAL が作成

図 R-8 UCG 坑井設計概念図

### 1.3 世界の石炭利用技術の概要

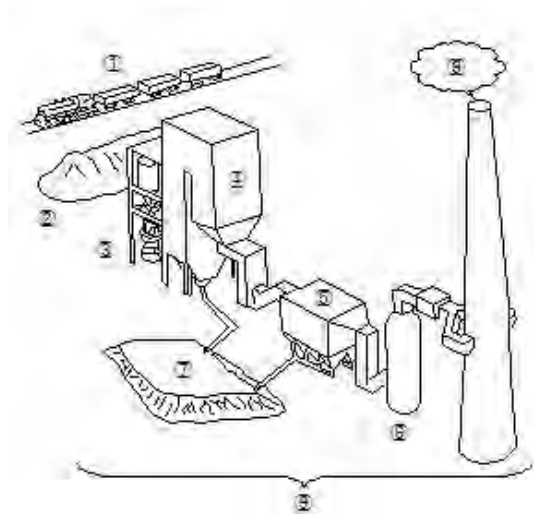
#### 1.3.1 選炭技術

##### (1) 選炭とは

採掘された石炭(原炭)には、有機石炭質のほか無機鉱物質(灰分)が含まれている。この鉱物質の含有量を低減して用途に見合う品質(粒度、湿分、灰分、発熱量、硫黄分等)を持つ商品炭に仕上げるプロセスが選炭であり、原炭よりも付加価値の高い石炭(商品炭)を得ることができる。選炭プロセスは、その中心を成す選別プロセスと、粉砕・篩分け・脱水等の附帯プロセスからなっている。

##### (2) 選炭のメリット

選炭することで無駄な鉱物質(灰分)が除去され、より「定品質・低灰分・低硫黄分」な石炭が発電所等のユーザーに供給される。その結果、①輸送量減、②貯炭量減、③微粉砕機負荷減、④灰トラブル減、⑤集塵機負荷減、⑥排煙脱硫装置負荷減、⑦灰処理量減、⑧大気汚染減、⑨総合的な結果として発電効率の向上、等のメリットが生まれる(図 R-6 参照)。また、より高度な CCT の導入を計画する場合、定品質・低灰分・低硫黄分の石炭供給が前提条件であり、選炭は将に CCT の第一歩と言える。



出典：JICA 調査団が作成

図 R-9 発電所における選炭のメリット

### (3) 選炭の原理

#### (a) 比重選別法

採掘された原炭中に混じり込んでいる鉱物質は、主に砂岩や頁岩で、他に少量の黄鉄鉱等が含まれる。砂岩や頁岩の比重 2.5、黄鉄鉱の比重 5.0 に対し、有機石炭質の比重は炭種による違いはあるものの 1.4 程度である。この比重差を利用した選別法が「比重選別法」であり、選炭工場において最も多用されている選別法である。

比重選別の一つに比重液を使う方法がある。これを「重液選別(重選)」と言う。例えば比重 1.8 の比重液に原炭を投入する。比重 1.8 よりも軽い粒子は浮き、1.8 よりも重たい粒子は沈む。浮いた粒子を集めれば石炭が、沈んだ粒子を集めれば鉱物が得られ両者が分離される(図 R-7 参照)。この分離した鉱物を廃棄する場合はボタ(ズリ)と呼ばれる。比重液には磁鉄鉱(比重:5.0)の微粒子を水に懸濁させたスラリーが使われる。この原理を実機に応用する場合、浮いた粒子の回収は簡単であるが、沈んだ粒子を如何にして連続的に回収するかが課題であり、様々な工夫がなされている。商業化されている選別機械に塊重選機、重液サイクロン等がある。

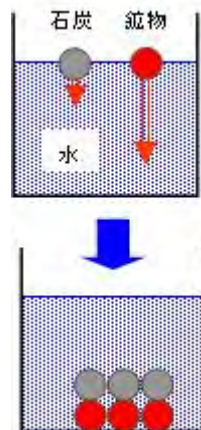
また、石炭粒子と鉱物粒子の水中における沈降速度の差を利用した比重選別法がある。これを「水選」という。水中で落下する粒子に働く力は下向きの重力、上向きの浮力、上向きの抵抗力の三つである。粒子は徐々に沈降速度を増しながら落下するが、速度を増すにつれ水の抵抗が増し、ある時点からは一定速度で落下する。この落下速度は粒子の比重が大きいほど速いため、高比重の鉱物粒子は早く落下して下部に成層し、低比重の石炭は遅く落下して上部に成層する。成層した上部と下部を別々に集めれば両者が分離される(図 R-8 参照)。なお、“粒径が大きいほど落下速度が速い”という法則も成り立つため、選別の精度は原炭の粒度範囲にも影響を受ける。この原理を実機に応用する場合、如何に連続的に上層と下層を別々に集めるか、如何にして両者の境界位置を検知するのか等の課題があり、様々な工夫がなされている。商業化されている選別機械にジグ等がある。

直径 1mm 前後の小粒子に対し、水流を利用して比重選別する方法がある。比重の大きい鉱物粒子は水流に押し流されずに留まるのに対し、比重の小さい石炭粒子は水流に押し流される。留まった粒子と、押し流された粒子を別々に集めることで両者が分離される(図 R-9 参照)。精度は高くないが、設備費・総業費とも安い。なお、砂金取りに使われる「パン」も同様の原理である。商業化されている選別機械にスパイラル選別機、揺動テーブル等がある。



出典：JICA 調査団が作成

図 R-10 重液選別



出典：JICA 調査団が作成

図 R-11 水選



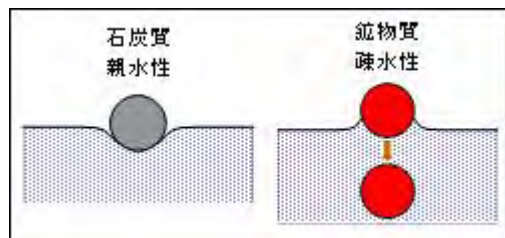
出典：JICA 調査団が作成

図 R-12 水流による選別

(b) 浮遊選鉱法

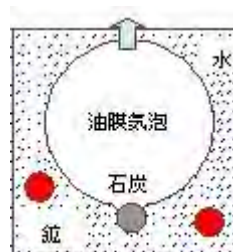
比重選別法では、選別対象粒子のサイズが小さくなると選別精度が次第に低下し、0.5mm 程度より小さい粒径ではほとんど選別不能となる。このように比重選別が困難な微粉原炭に対しては「浮遊選鉱法(浮選)」が用いられる。

石炭粒子の表面が疎水性(親油性)であるのに対し鉱物粒子の表面が親水性(疎油性)であることを利用した選別法である(図 R-10 参照)。微粉原炭スラリー中に油膜気泡を発生させ、浮上する油膜気泡に疎水性(親油性)の石炭を付着させて回収する一方、親水性(疎油性)の鉱物粒子は油膜気泡に付着せずスラリー中に残留して両者が分離する(図 R-11 参照)。



出典：JICA 調査団が作成

図 R-13 表面性質の差



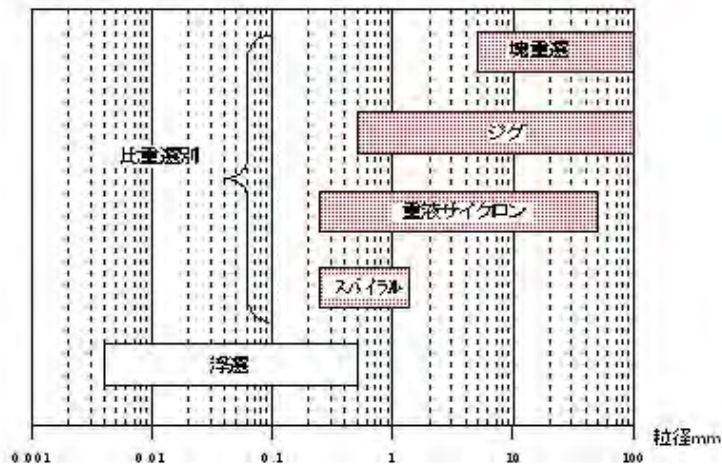
出典：JICA 調査団が作成

図 R-14 浮遊選鉱

(4)選別機械

商業的に使用されている代表的な選別機械を図 R-12 に示す。図中の横軸は選別対象の粒径を示す。この粒径のほか、選別精度等を考慮し最も合理的な選別機を選定している。





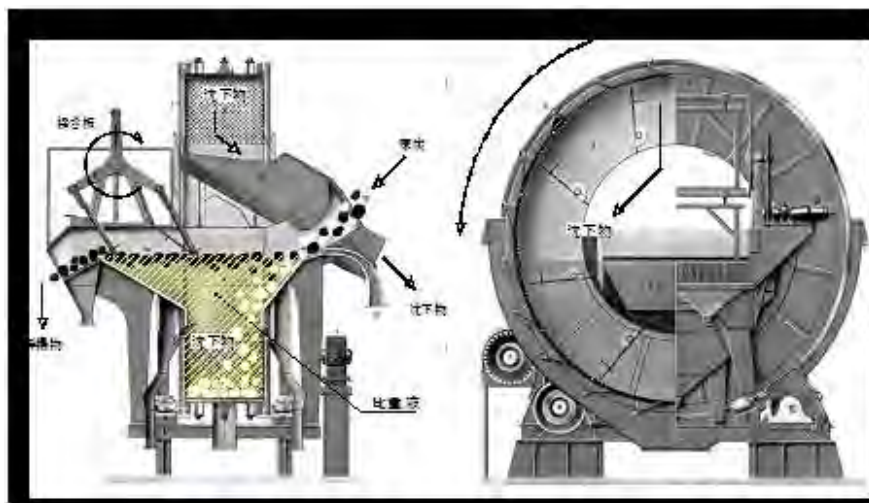
出典：JICA 調査団が作成

図 R-15 選別機械

(a)塊重選機(Dense Medium Bath)

40～50mm 以上の塊原炭の選別に用いられる比重選別機で、その名の通り比重液(Dense Medium)の入った槽(Bath)から成っている。

図 R-13 に塊重選機の模式図を示す。今、比重 1.8 の重液が貯留された槽(Bath)に原炭を投入する。比重 1.8 よりも軽い粒子は液面上に浮き、比重 1.8 よりも重い粒子は沈んで比重分離が達成される。この比重分離を連続的に行う場合、浮揚物は掻き板等で簡単に回収できるが沈下物を連続的に回収するには工夫を要する。沈下物の連続回収方法により、ドラム型(円筒形)、コーン型、トラフ型(樋形)に分かれている。図 R-13 はドラム型の塊重選機である。浮揚物は回転するパドルで掻き出されている。一方、垂直に設置されたドラムの底部に沈積した沈下物は、ドラムの回転と共にリフターによって上部に持ち上げられ、遂には落下する。落下箇所にはシュートが待ち構えており沈下物が機外に搬出される。



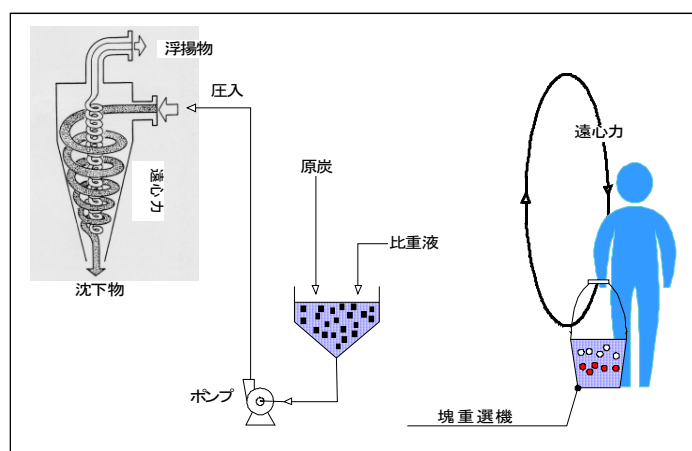
出典：出典：JICA 調査団が作成

図 R-16 塊重選機

## (b) 重液サイクロン(Dense Medium Cyclone)

これも比重液を用いる選別機で、選別原理は前述の塊重選機と同じである。相違点は重液サイクロンの処理対象粒度が 50mm 程度以下と、塊重選機よりも細かい点にある。処理対象粒度が細かくなると、比重液の粘性や比重液の流れ等、比重以外の要素が原炭粒子の運動を支配するようになり正確な比重分離が困難となる。そこで原炭粒子に遠心力を作用させ粒子比重という要素を際立たせたのが重液サイクロンである。

図 R-14 に重液サイクロンを模式的に示す。図の右において、人が握っているバケツを塊重選機と仮定する。このバケツをグルグル回しバケツ内の原炭粒子に遠心力を作用させた状態で選別するのが重液サイクロンに外ならない。実際は、原炭と重液の混合物をサイクロン本体の接線方向に圧入することで回転運動を発生させ、それによって遠心力を得ている。

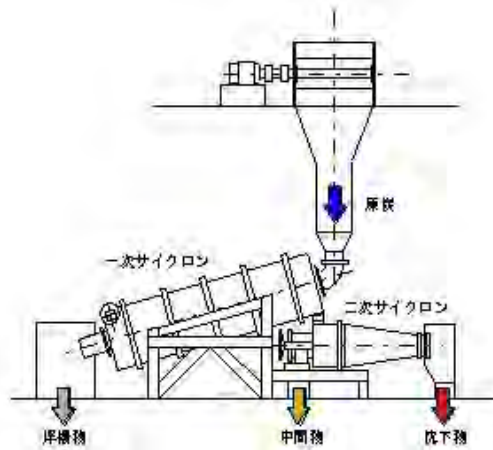


出典：JICA 調査団が作成

図 R-17 重液サイクロン

近年、重液サイクロンは大型化し、処理能力が大幅に向上している。従来の重液サイクロンは、直径 700mm、処理能力 70t/時程度で、単機容量が小さいため大量処理に当たっては、これを複数台並べる必要があった。しかし、現在では直径 1,300mm、処理能力 500t/時超の大型サイクロンが台頭して来ている。

また、中国では、“無圧三産物重液サイクロン(無圧三産品重介質旋流器)”と呼ばれる機種が広く普及している(図 R-15 参照)。円筒形状の一次サイクロンの沈下物を、二次サイクロンの原炭として再選別し、三産物を得るサイクロンである。一次サイクロンへの原炭供給が原炭の自重でなされるよう供給口が工夫されている(原炭供給がポンプによる圧入ではなく原炭の自重で成されるため“無圧”の名称がついている)。また、給炭前に原炭中の 0.5mm 以下の微粉原炭を除去する工程を省いており選炭コストの大幅な低減を達成している。処理能力や処理可能粒径が増大した重液サイクロンは、設備投資面でも操業面でも低コスト化が可能となり、耐磨耗材や重液比重の自動制御技術の発展と相まって、多くの選炭工場で用いられている。

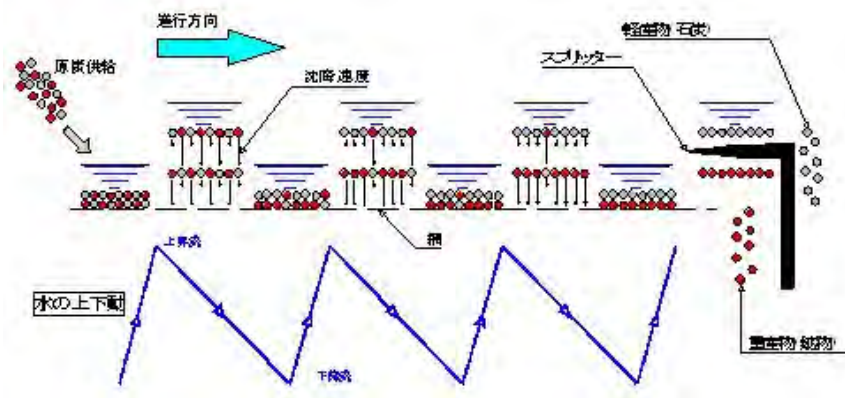


出典：JICA 調査団が作成

図 R-18 無圧三産物重液サイクロン

(c)ジグ水選機(Jig)

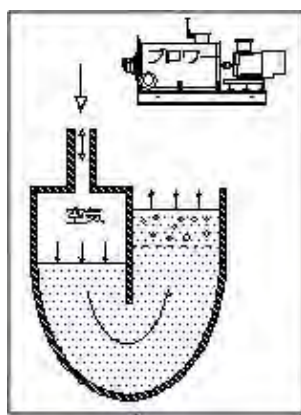
ジグは 100mm 程度以下の原炭の選別に用いられる比重選別機である。ここで用いるのは単なる水であり、重液は一切使われない。図 R-16 にジグの選別過程を示す。



出典：JICA 調査団が作成

図 R-19 ジグの選別過程

- ①網を張った水槽に水を満たし、水を上下させる。
- ②左側より原炭を投入する(●石炭、●鉬物)。
- ③原炭は水と一緒に持ち上がって最高地点に達し、その後沈降する。
- ④比重の大きい粒子の方が、比重の小さい粒子よりも沈降速度が大きいため早く沈降し、網の上に着地した時には比重の大きい粒子(●鉬物)が網面上に層を成し、その上に比重の小さい粒子(●石炭)が層を成す。
- ⑤再度、水と一緒に持ち上げて沈降させる。網の上に着地した時には網面上にはほとんど●鉬物ばかりが層を成し、その上にほとんど●石炭ばかりが層を成す。
- ⑥再度、水と一緒に持ち上げて沈降させる。網の上に着地した時には網面上は全て●鉬物ばかりが層を成し、その上に全て●石炭ばかりが層を成す。
- ⑦次に水と一緒に持ち上げた時、両層をスプリッターで分離して●石炭と●鉬物に分ける。



出典：JICA 調査団が作成

図 R-20 Baum ジグ

図 R-17 に Baum ジグという機種を示す。U 字型本体の一方が空気室に、他方が網室になった構造で、空気室に空気を出し入れすることで水を上下させる(水の上下運動を脈動と呼ぶ)。処理能力を増やすには網面積を増やせば良いが、網室の幅を広げると空気室からの距離が網室の位置によって大きく異なって来るため上下水流にムラを生じ選別に悪影響を及ぼす。

そこで空気室を網の直下に設け、横方向の上下水流を均一に改良したのが BATAc ジグ<sup>80</sup>で処理能力は 500t/時以上に達する。

バウム(Baum)、タカブ(TACUB)、バタック(BATAc)の何れのジグにせよ脈動源は低圧ブロワーのエアのみで脈動波形は正弦波を呈する。これに対しバリウエーブ(VARI-WAVE)ジグ<sup>81</sup>は、脈動源に高・低圧ブロワーの 2 種類のエアを使っており脈動波形は台形波を呈する。図 R-18 にバリウエーブジグの模式図を示す。なお、高・低圧ブロワーからのエアをジグ空気室に導くバルブはコンピューター制御されており、任意の波形を設定することができる。

ジグ内で原炭粒子が比重分離するには粒子同士の“ほぐれ(解れ)”が必要である。特に、原炭粒子が重たい場合(原炭灰分が高い場合)、上昇流速の脆弱な正弦波形では解れ不十分である。原炭粒子が解れなければ、如何に自由落下を繰り返しても石炭粒子と鉱物粒子を分離・成層させるのは難しい。これに対しバリウエーブジグは高圧ブロワーを用い、粒子群をバラバラに解すに十分充分な上昇水流を原炭粒子に与えることができる。

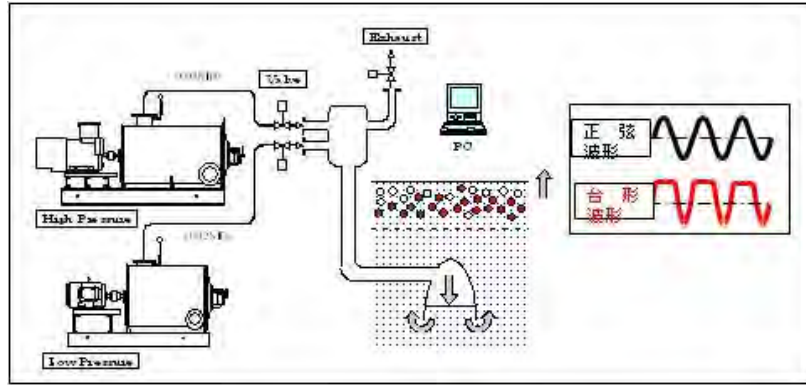
また、粒子の比重差に起因する沈降速度の差は、水流が上昇流から下降流に転じる僅かな時間に生まれる。バリウエーブジグの場合、低圧ブロワーの効果により波高が最高点に達した後も、しばらくはその波高が保持されるため自由沈降時間が長くなり選別精度が向上する。

このようにバリウエーブジグは従来型ジグに比べて選別精度・処理能力の両面で高い性能を示し多くの選炭工場<sup>82</sup>に導入されている。

<sup>80</sup> 1954 年、エッセンで開かれた第 2 回国際選炭会議において空気室を網の直下に設けた TACUB ジグ(Takakuwa Air Chamber Under Bed)が高桑北大教授より発表された。その後、Baum ジグと TACUB ジグの長所を組み合わせた BATAc ジグ(BAum+TACub)が西独 SKB 社により開発され、各地の選炭工場に導入されている。

<sup>81</sup> 本邦石炭技術研究所(現石炭エネルギーセンター)及び永田製作所(現永田エンジニアリング(株))が商業化。

<sup>82</sup> 本邦で操業中の釧路コールマイン、かつての三池選炭工場(三井石炭鉱業)、池島選炭工場(松島炭鉱)。海外で

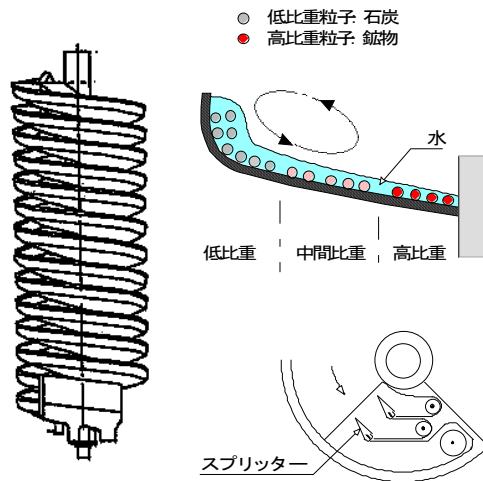


出典：JICA 調査団が作成

図 R-21 VARI-WAVE ジグ模式図

(d)スパイラル(Spiral)

スパイラルは、水流を利用して 1mm 前後の小粒子を選別する比重選別機である。原理は砂金取りに使われるパンと同じである。図 R-19 にスパイラル模式図を示す。図中、左側に示す螺旋状の樋の上部から原炭と水の混合スラリーを供給する。このスラリーは螺旋樋に沿って回転しながら流下し、あたかも砂金取りのパンを回転させているような効果が生まれる。その結果、同図右側に示すように比重の重たい粒子は螺旋の中心付近に居残り、比重の軽い粒子は水流に乗って螺旋の外周付近に集まる。螺旋の終端にはスプリッター(Splitter)が設けられ、螺旋中心からの距離に応じた産物が分離回収される。



出典：JICA 調査団が作成

図 R-22 スパイラル模式図

は中国貴州省 盤江金桂選炭工場、ベトナム クワオン選炭工場、インドネシア オンビリン選炭工場、インドアングル選炭工場(現在設置中)。

### (e)浮選機(Flotation Cell)

浮選機は粒径が 0.5mm 程度より小さい微粉原炭の選別に用いられ、粒子表面の性質が石炭は疎水性(親油性)、鉱物は親水性(疎油性)という性質の差を利用して両者を分離する。この微粉原炭は湿式スクリーン(脱泥スクリーン)の網下産物として発生するためスラリー状態である。このスラリー中に油膜気泡を発生させると、この気泡に疎水性(親油性)の石炭が附着して浮上する(フロス : Froth)。一方、親水性(疎油性)の鉱物粒子は油膜気泡に附着せずスラリー中に残留(テリング : Tailing)して両者が分離する(図 R-20 参照)。油膜気泡を作るために気泡剤(パイン油等)が、石炭の親油性を強化するために捕收剤(軽油等)がスラリーに添加される。

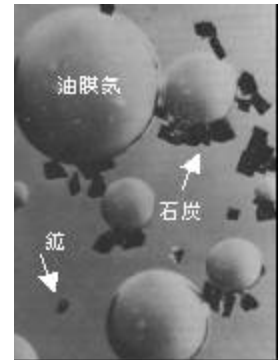


図 R-23 石炭の気泡附着

図 R-21 様々な浮選機の模式図を示す。図中左側の機械攪拌型は、中空パイプ内に攪拌羽根を回転させる軸が通っており、攪拌羽根が回転することによってパイプ内が負圧になり気泡発生用の空気を吸い込む構造になっている。

石炭粒子は気泡に捕捉されることで始めて浮上し回収される。従って、石炭分の回収率を上げるには石炭粒子と気泡との遭遇チャンスを増やす必要がある。機械型浮選機においては石炭粒子も気泡も攪拌羽根の回転方向と同じ向きに流れており、両者の遭遇チャンスは多いとは言えない。そこで考案されたのがカラム(Column)浮選機と、ジャミソン(Jameson)セルである。カラム浮選は微細な気泡を発生させ、この気泡と石炭粒子の運動を対向流にすることで遭遇チャンスを増やしている。ジャミソンセルは高圧ノズルでスラリーをフィードし、管内の激しい攪乱で微細気泡の発生と遭遇チャンスの増加を図っている。

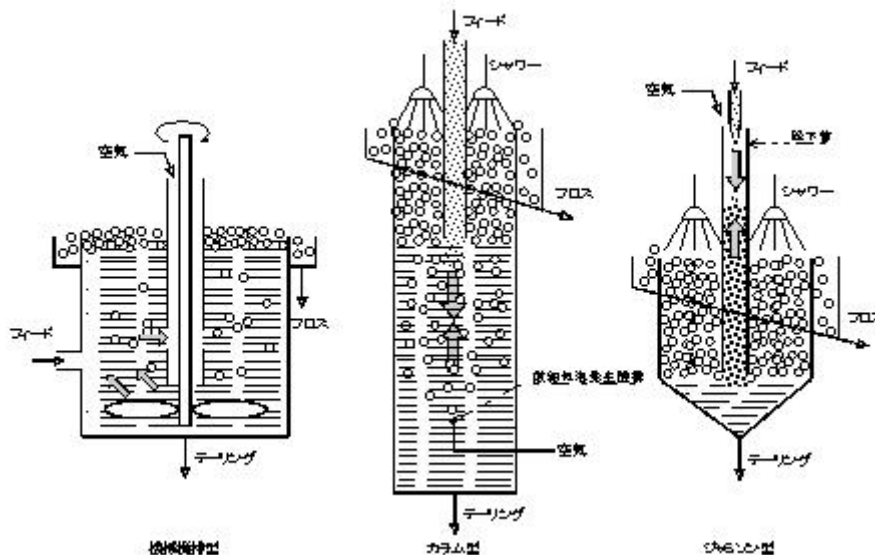
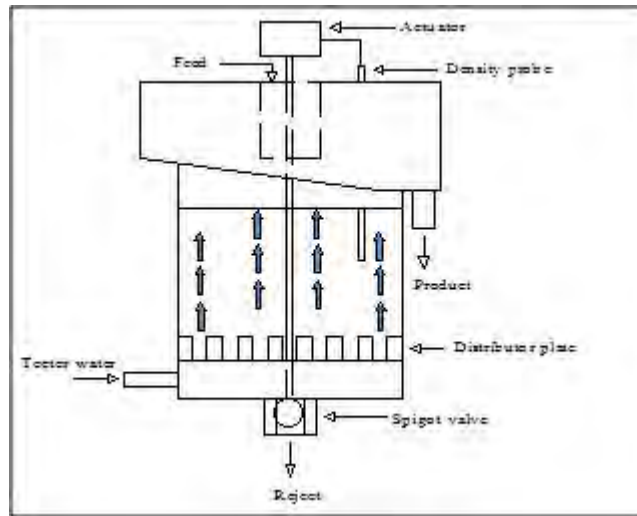


図 R-24 浮選機各種

### (f)TBS(Teetered Bed Separator)

直径 1mm 前後の小粒子の選別に TBS(Teetered Bed Separator)と呼ばれる選別機が台頭してきて

いる(図 R-22 参照)。水選機の項で述べたとおり、水中における軽比重粒子(石炭)の沈降速度は重比重粒子(ボタ)のそれより小さい。そこで軽比重粒子の沈降速度以上の上昇水流を与えれば石炭は溢流しボタは沈下して両者が分離するという原理である。選別精度はスパイラル選別機より高い。



出典： JICA 調査団が作成

図 R-25 TBS(Teetered Bed Separator)

#### (g) 乾式選別機

これまで述べた選別機が、比重選別にせよ浮選にせよ湿式選別機であるのに対し、乾式選別機は水を全く使わない比重選別機である。水資源の乏しい地域、冬季に水が凍結する地域、吸水泥化する鉱物が存在する地域において石炭を選別する場合に欠かせない機械である。乾式選別法は当然ながら脱水や廃水処理等の工程が不要で、湿式選別比べ較べてプロセスが簡単で建設コスト・操業コストが低い。

中国で普及している乾式選別機に国産の複合乾式選別機がある。ベトナム(図 R-23)、インドネシア、モンゴル等にも輸出されている。複合乾式選別機は、原炭に含まれる細かい粒子と空気との混合媒体による浮力効果と、乾式テーブルによる分離効果の複合効果により比重分離を達成する機械である。供給する原炭粒径は0~80mm、原炭湿分は7%以下が要求される(但し、6mm以下の原炭はほとんど選別されない)。選別精度が高いとは言い難い。



図 R-26 複合乾式選別機(ベトナム)

図 R-24 は米国製の乾式ジグ、allair ジグである。原炭粒子群を解すための定量空気と、この粒子群に上下運動を与えるための脈動空気が、原炭を保持する網の下から吹き込まれる。この網は振動しており粒子群を出口に向かって移動させている。

原炭粒子は脈動を繰り返しながら比重別に成層し、終端部のスプリッターで軽比重産物と重比重産物に分離される。供給する原炭粒径は1～50mm、原炭湿分はシュート閉塞を起こさない程度であれば問題ない。

このような乾式選別機は、 $E_p=0.2$  前後と、選別精度は低い为建设コスト・操業コストも低いため、単体分離の進んだ原炭からの素ボタ抜き(De-Shalling)等、湿式選別を補完する装置としての用途は大きい。

一方、流動床式の乾式選別機は砂等を流動媒体として一定比重の疑似流体を作り、既述の湿式重選と同様に比重選別する装置で選別精度は高い。今後、大きな需要が見込まれる本邦資源リサイクル分野においては既に商業化されている。図 R-25 は、岡山大学と、選炭機械メーカーである永田エンジニアリング(株)との共同開発による流動床式乾式選別機で、破碎プラスチック類から塩ビを分離回収する装置である。この外、鉄とアルミとの分離装置等、様々な用途に応じた色んな流動床式選別機が商品化されているが、石炭分野に関しては商業化段階にまでには至っていない。中国でも流動床方式で石炭を選別する研究がなされているが、未だ研究段階であり商業化には至っていない。

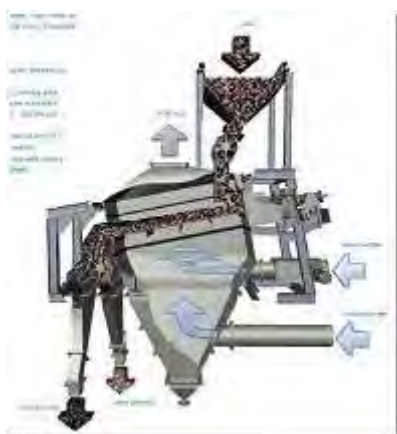


図 R-27 allair ジグ



図 R-28 流動床式乾式選別機

(5)選別機械総括

これまで述べた選別機械を表 R-1 に総括する。

表 R-1 選別機械総括表

	塊重選	重液 サイクロン	ジグ	スパイラル選別機	TBS	浮選機
処理粒径	50mm 以上	50-0.5mm	100-0.5mm	1mm 前後	1mm 前後	0.5mm 以下
選別精度	高	高	中	低	スパイラルラル	炭種次第
選別経費	中	高	中	低	低	高

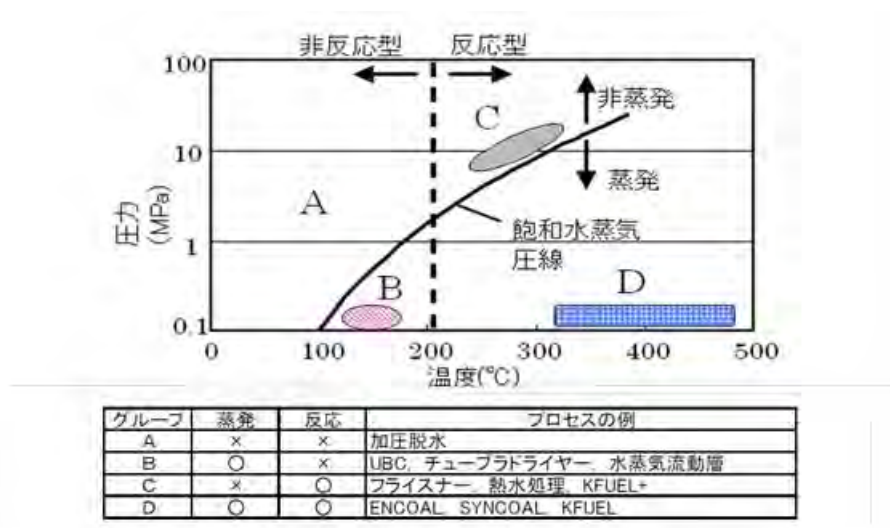
出典：JICA 調査団



### 1.3.2 改質・加工技術

本項では石炭(低品位炭)の改質プロセスについて述べる。世界の石炭埋蔵量の約半分が褐炭などの低品位炭となる。低品位炭は埋蔵量が多いが、高水分のため発熱量が低く、乾燥すると自然発火性を発現するため、瀝青炭などの高品位炭と比較すると利用が進んでおらず、現在は主に生産地域における発電等の利用に限定されている。しかし、低品位炭の中には低灰分や低硫黄含有等、瀝青炭と比較しても良好な性状を有するものもあり、改質プロセスにより高発熱量に転換できれば、経済的な条件で利用できる可能性がある。そこで、低品位炭を脱水し改質し、欠点であった低発熱量や、自然発火性による輸送および貯蔵性能の低さを改善する技術の開発が進められている。

脱水法には、大別すると「機械的脱水法」、「蒸発法」、「非蒸発法」に分類することができるが、プレス等の機械的脱水法は、表面改質がないため脱水後に水分が再吸収するため、改質法としては不適切である。蒸発法は水分を蒸気として除去し、非蒸発法は水分を液体状態のまま除去する方法である。これら技術の相関関係を図 R-26 に示す。また代表的な改質技術を後述する。



出典：JICA 調査団が作成

図 R-29 石炭改質プロセス条件マップ

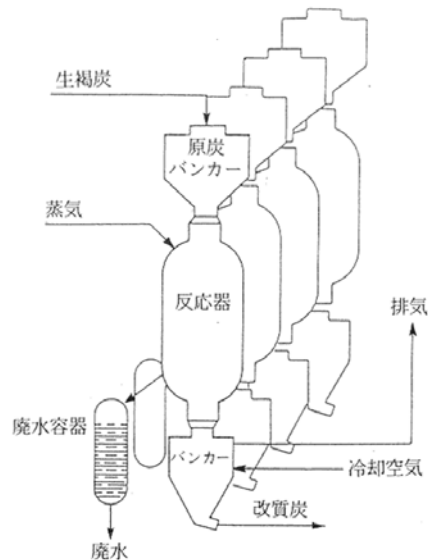
#### (1) Fleissner

フライスナープロセスは、1927年オーストリアのフライスナーによって開発された。その原理は全ての非蒸発法の基礎になったものであり、ヨーロッパでは古くから実用化されているプロセスである。

同プロセスは飽和水蒸気で乾燥させることにより、液体のまま水分を除去する方法であり、飽和水蒸気を使用する理由は多量の蒸発潜熱を必要とする蒸発を避けるためである。そのため、毛細管水を絞り出すために石炭を熱で収縮させる必要や、冷却後の膨張をさけるため、再膨張しない程度のタールの生成が必要となる。処理条件は温度 220~240°C、圧力 30~35kg/cm<sup>2</sup>、処理時間 160 分程度となる。

非蒸発法であるので、エネルギー消費は 240~380kcal/kg-H<sub>2</sub>O 程度と小さい。また、脱炭酸に

より乾燥炭ベースの発熱量も上がり、部分的に水溶性の塩分の脱塩ができ、改質により自然発火性を抑えられるなどの長所を有している。一方で高压下における固体との熱交換となるバッチ操作が基本となるため、操作上不利になり、またスケールアップ性や設備コストに難点がある。高温高压プロセスのため設備費が高い、廃水が有機物を多量に含んでいるため廃水処理負荷が大きいといった欠点もある。図 R-27 にフライスナープロセスを示す。

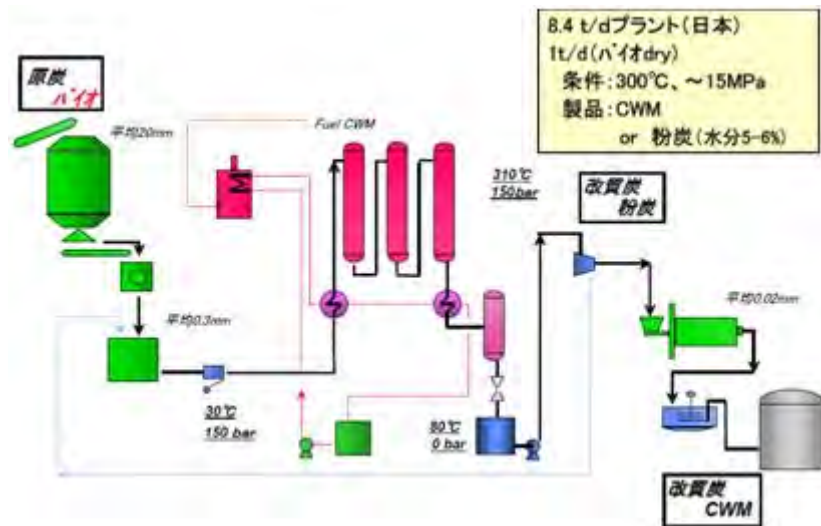


出典：財団法人エネルギー総合工学研究所 低品位炭の改質技術 28 頁（1997 年 3 月）

図 R-30 フライスナー改質プロセスの略図(IEA Coal Research 1990 より)

## (2)HWD

基本的な原理はフライスナープロセスと同じであるが、高压下での加圧操作を合理行ううために水スラリー化したプロセスである。特徴としてはスラリー供給方式で連続プロセスであることと、熱水中での脱水方式のため、エネルギー消費が比較的小さいことである。欠点は圧力が高い(100~140kg/cm<sup>2</sup>g)ことと生成物が水スラリーとなるため脱水と廃水の課題があることである。米国のノースダコタエネルギー・鉱物研究センター(Undemrc)での 90kg/h パイロットプラントによる研究成果によれば、テキサスおよびノースダコタの褐炭では石炭濃度 51~60%、ワイオミングの亜瀝青炭からは 56~64%の CWM が製造されている。図 R-28 に HWD プロセスを示す。

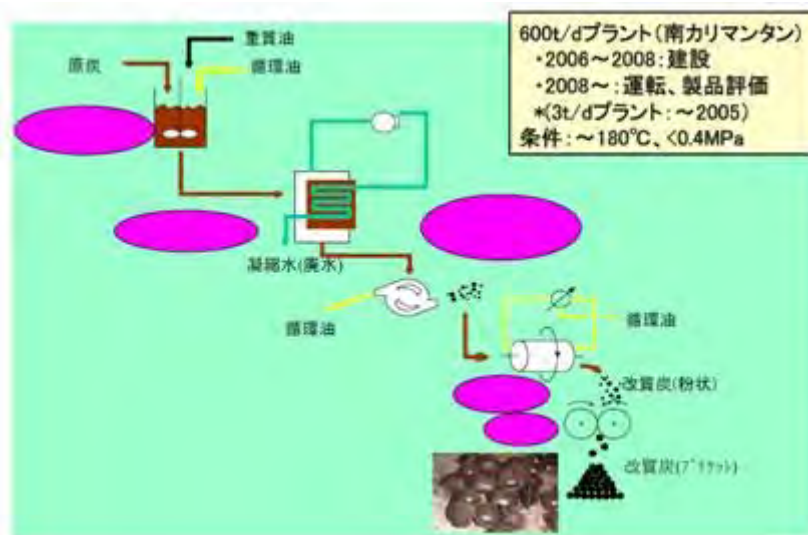


出典：JICA 調査団が作成

図 R-31 HWD 改質プロセスの略図

### (3)UBC

本プロセスは褐炭液化プロセス(BCL プロセス)のスラリー脱水技術を応用したものであり、1)スラリー調製・脱水工程、2)固液分離・油分回収工程、3)成型工程の三つの工程で構成される。図 R-29 に UBC プロセスを示す。



出典：2005 年石炭技術会議 「低品位炭改質技術(UBC)の開発について」(重久卓夫室長)より

図 R-32 UBC 改質プロセスの略図

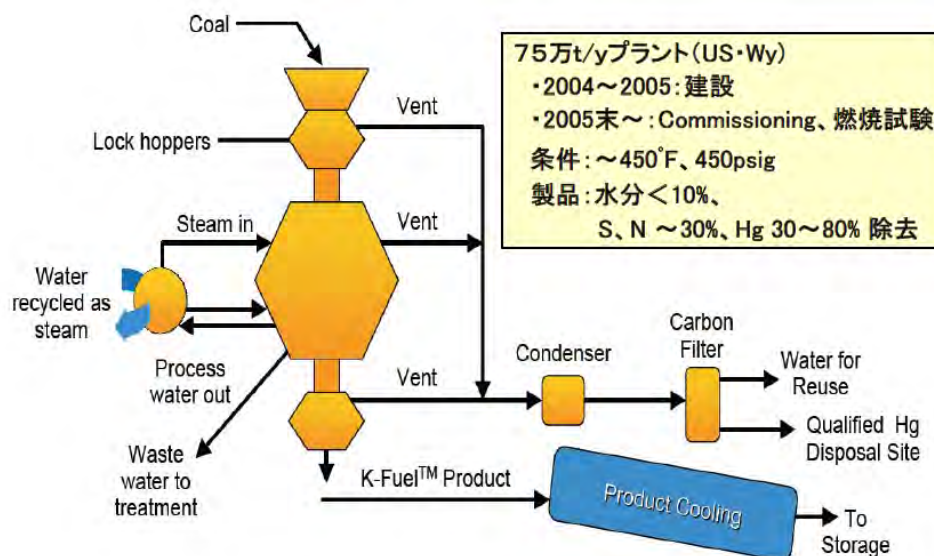
スラリー調製・脱水工程では、微粉碎した高水分の低品位炭と循環油(通常は石油系の軽質油)を混合し、少量の重質油(アスファルト等)を加えてシェル&チューブ式蒸発器で加熱した後、水分を蒸気として回収する。この水蒸気はコンプレッサーで加圧して蒸発器のシェル側に送り、加熱源として再利用することにより、脱水過程でのエネルギー消費を大幅に低減している。また、低

品位炭は多くの細孔構造を有し、その中の水分は蒸発過程で取り除かれるが、この際に、少量添加した重質油が細孔表面に効果的に吸着されることにより、自然発火を抑止する。さらに、この重質油は撥水性も発現して、水分の再吸着や湿潤熱の蓄積も防ぐ働きがある。固液分離・油分回収工程では、脱水改質後のスラリーをデカンターで固液分離して循環油を回収した後、スチームチューブラードライヤーで改質炭の細孔中に残存した循環油も回収する。UBCプロセスで得られる改質炭はそのままで粉状であり、搬送するために成型加工する必要がある。この改質炭は通常、バインダレスブリケッティングが可能であり、ダブルロール成型機で容易に成型することができる。

改質炭の発熱量は炭種にもよるが 6,500kcal/kg 程度にまで向上され、自然発火性も抑制される。また、成型した改質炭のハンドリング性ならびに再粉碎性は通常の瀝青炭と同程度であることが確認された。さらに、改質炭は燃焼させる際に良好な燃え切り性を有しており、低 NOx 燃焼条件下でも未燃分をほとんど排出せず、優れた燃料としての特質を有していることも確認されている。

#### (4)K-Fuel

K-Fuel プロセスは非蒸発法の熱水脱水法的一种である Koppelman プロセスを基に開発され、プロセスの改良を重ねた後、ワイオミング州ジレット市近郊に年間 75 万 t(原炭基準、製品基準では年間 50 万 t)のプラントを建設し運転中である。プロセスを図 R-30 に示す。



出典：JCOAL WORLD COAL REPORT vol.1 より JICA 調査団が作成

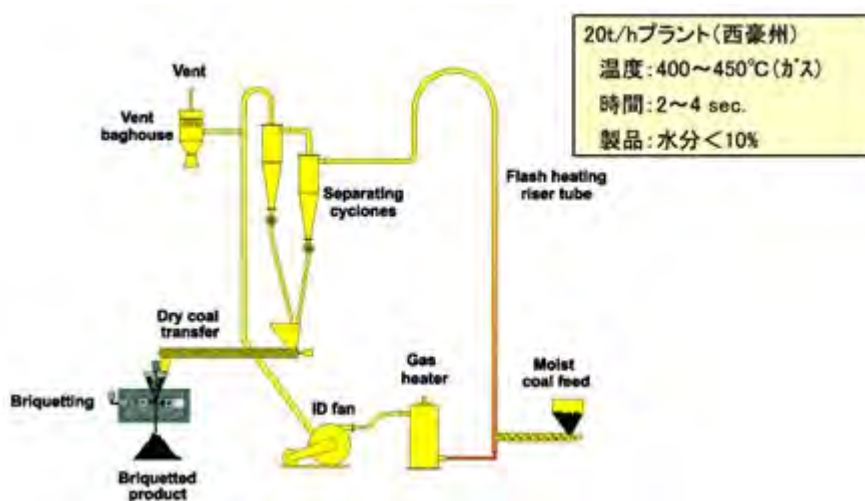
図 R-33 K-Fuel 改質プロセスの略図

従来、塊炭を加圧下で 260°C および 430°C の 2 段階で処理するセミバッチ方式であったため、大型化や連続処理化が難点だったが、Sasol(参考資料 1.1.5 液化技術で解説)で実績のあるルルギ Mark-IV ガス化炉を脱水系に採用するとともに、操作条件を 240°C、34kg/cm<sup>2</sup>、1 段と大幅に緩和することで問題を解決した。ワイオミング州のパウダーリバー炭田の亜瀝青炭を改質した場合、発熱量は 8,000～8,800 Btu/lb から 10,500～11,500 Btu/lb に向上し、水分含有量は 30%から 7%に低

減できるとしている。しかし、高温蒸気による処理のため廃水量が多く、石炭中の有機分が廃水中に溶解、混入するため、廃水処理に課題があるとされる。一方、高温処理による石炭の分解等により、米国で石炭利用上の問題になっている石炭中の水銀が 30-80%程度除去される特徴がある。

#### (5)BCB

BCB プロセスは数 mm 以下に粉砕された石炭を 400°C 程度に加熱された水蒸気の多いガス中で急速脱水し、ブリケット成型するもので、機器構成が簡単である。BCB 改質プロセスを図 R-31 に示す。フラッシュチューブ内のガスは、大半が石炭から蒸発した水蒸気のため酸素濃度が少なく、石炭の酸化はほとんど起こらない。脱水後にサイクロンで回収された石炭内部には水蒸気が満たされた状態になっており、ブリケット成型で圧縮する際に粒子内部、粒子間の水蒸気が凝縮してガス圧が下がるため、圧縮力が効果的に粒子に伝わり粒子内の空隙が潰れて急激に密着して成型される。このため成型時のバインダーが不要であり、成型速度を増大して生産することができるとされている。またダブルロール型の成型機の各ロールの速度に差をつけることにより、ロール間で圧縮力と剪断力を与えてブリケットを緻密化するため細孔の空隙率は 50%以上減少するため、強度や自然発火問題な題無いと言われている。改質後の水分含有量は 7-10%程度であるが、フラッシュチューブ内での脱水時間が短いため、水分含有量が多い石炭では製品炭の水分含有量も多くなる傾向があることから、亜瀝青炭に向いているとも言える。また改質条件が穏和なため、揮発分等の石炭性状の変化は少ない。



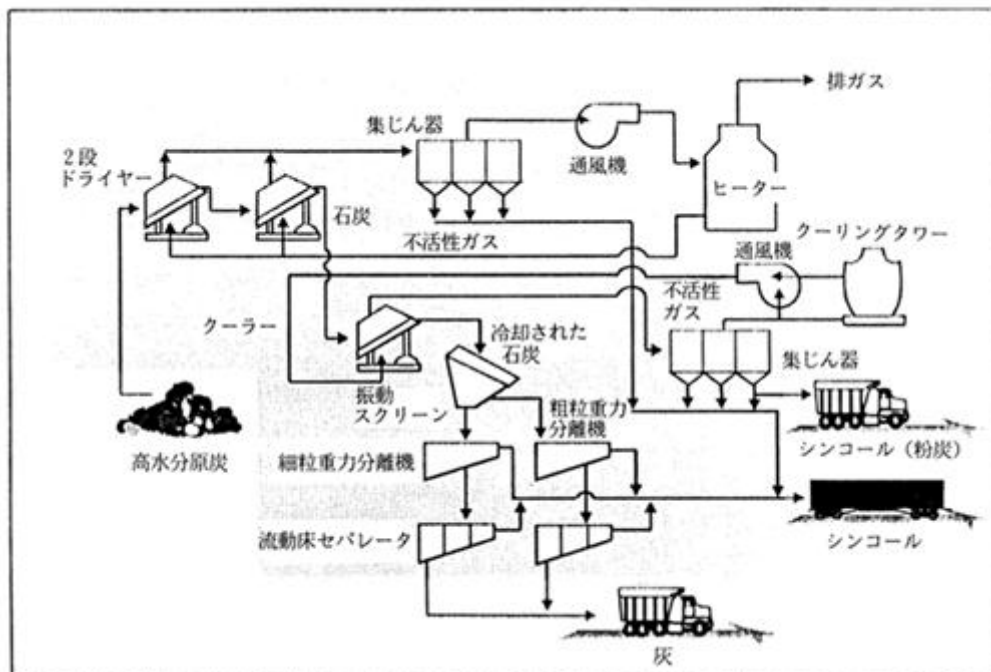
出典：JICA 調査団が作成

図 R-34 BCB 改質プロセスの略図

#### (6)Syncoal

蒸発法に属する第二の方法として、シンコールプロセスがある。プロセスは、3 段の振動流動床(VFB)を用いて、1 段目で付着水の除去、2 段目(300°C 程度)で毛細管水の除去および脱カルボキシルを行い、3 段目でパイライト(黄鉄鉱)を振動分級して硫黄分を減らす。Syncoal 改質プロセスを図 R-32 に示す。ローズバッド炭は、PRB 炭としては硫黄分 0.9%程度と比較的高いが 50%がパイライト系無機硫黄なのでこのプロセスに適している。製品は発熱量約 6,700kcal/kg、硫黄分 0.3%

になる。

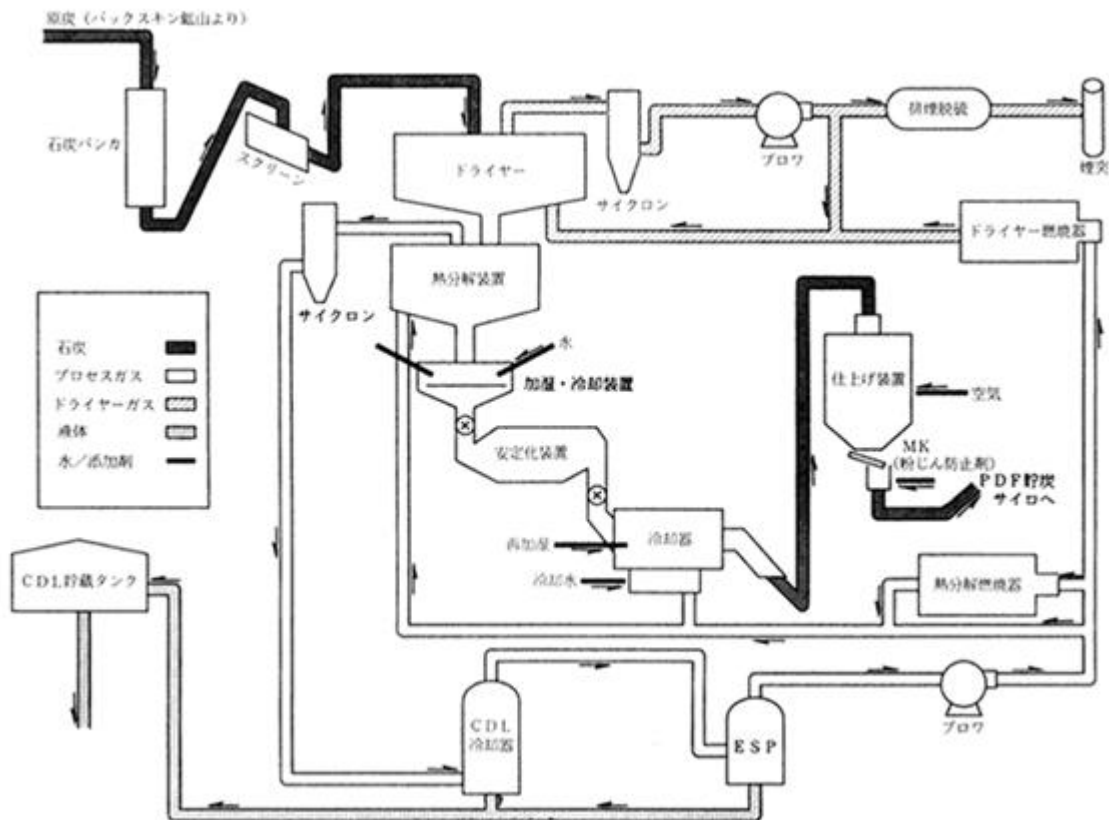


出典：JICA 調査団が作成

図 R-35 Syncoal 改質プロセスの略図

#### (7)Encoal

蒸発法に属する第3の方法がエンコールプロセスである。プロセスフローを図 R-33 に示す。プロセスは2段の回転円盤型グリッド(回転円盤上に石炭を広げ、円盤に穴が開けられたから熱ガスを吹き込み乾燥または熱分解させる方式)を用いて1段目で乾燥、2段目でマイルドな熱分解(540°C程度)にかけて脱水および有機硫黄を除去する。1tの原炭から約500kgの改質炭と80kgの重質油が得られる。熱分解によりガスも発生するが、これは乾燥と熱分解の熱源として消費してしまう。得られた改質炭は冷却後、安定化・加湿・仕上げの3工程で加湿および表面酸化され安定炭となる。製品炭の輸送にあたっては、MKと粉塵防止剤を噴霧したものをトッピングしている。製品炭は水分8%、発熱量6,300kcal/kg、硫黄分0.5%となる。重質油は低硫黄のNo.6オイル(C重油に相当)として販売されている。



出典：JICA 調査団が作成

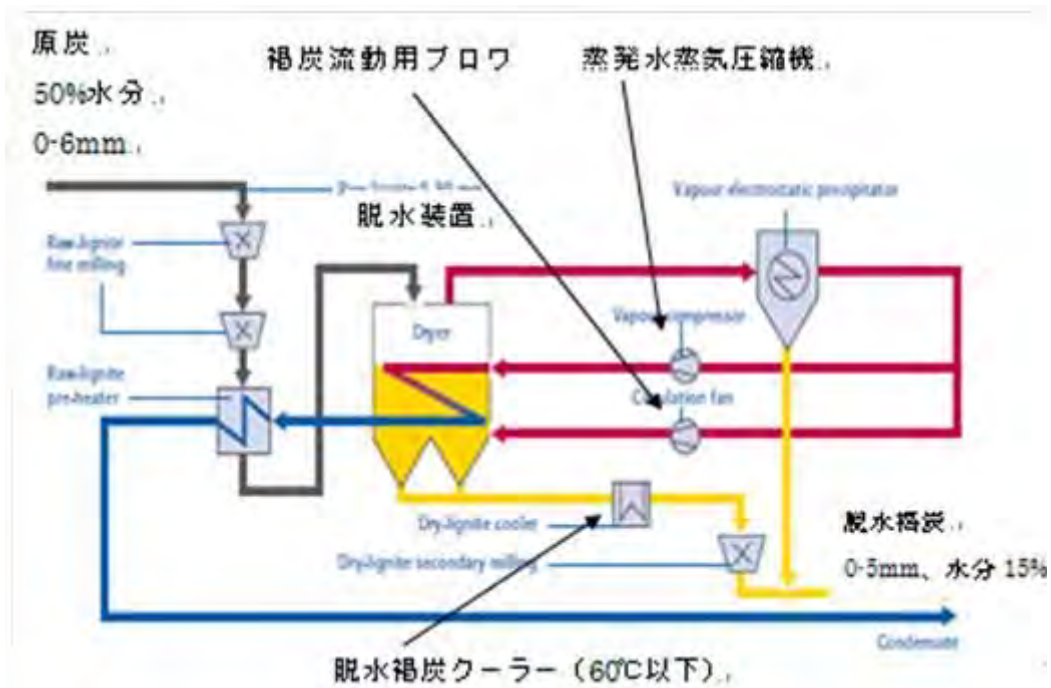
図 R-36 Encoal 改質プロセスの略図

前項目のシンコールおよび本項目のエンコールプロセスともに、大気浄化法改正による硫酸化物排出規制に対応するために、米国西部に大量に賦存する低硫黄の亜瀝青炭を既設の瀝青炭焼きボイラに設備改造なしで適用可能にするとともに、輸送コストを下げることを主な目的としたものである。両プロセスとも蒸発潜熱の回収はしておらず、エンコールにおける原料炭と製品の性状から試算した歩留まり(投入する電気エネルギーは含まれない)は 85%程度にとどまるが、石炭の山元価格が 5 ドル/t 程度と非常に安いため、経済性にはあまり影響を与えないといわれている。

シンコール、エンコールプロセスとも、運転開始当初、実験室規模の研究での予想を越える自然発火性と粉炭発生の問題に直面し、大幅な設備改行している。自然発火性抑制のために、製品炭に水をかける工程を追加したため、製品の水分は当初の設計より高くなってしまったが、製品の安定化には成功した。

#### (8)WTA

ラインブラウン社が開発した乾燥技術であり、蒸気流動層乾燥機により脱水装置下部から供給した水蒸気で流動乾燥するシステムである。外部からの供給熱を減らすため蒸発した水蒸気を加圧することにより温度上昇を図り、自己再生する。プロセスを図 R-34 に示す。Niederaussen 発電所に商用規模を 1 基設置済み(将来的には 4 基でフル容量となる見込み)。大容量褐炭焚きボイラ用として大規模設備を目標として開発中である。



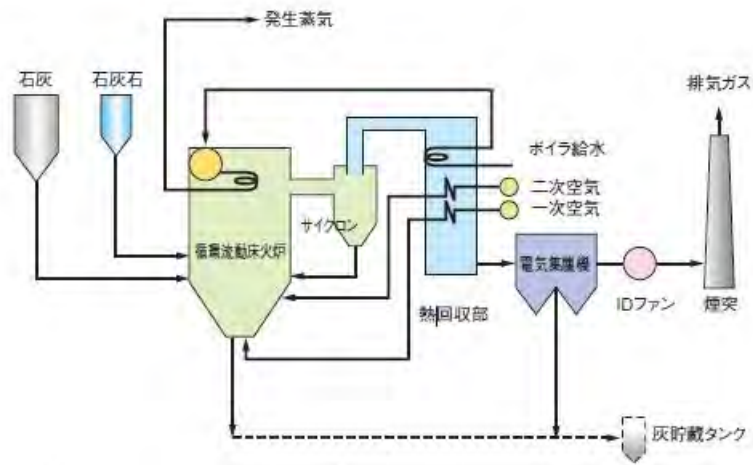
出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-37 WTA 改質プロセスの略図

### 1.3.3 燃焼技術

#### (1)CFBC

循環型常圧流動床ボイラ(CFBC)は一般的に、ボイラ本体と高温サイクロンによって構成されており、炉内ガス流速は 4~8m/s と早く、排ガス中粒径の大きな流動媒体やチャーは、高温サイクロンにより捕捉されボイラ本体に戻される。この循環により、層高の維持や脱硝効率のアップが行われている。CFBC の代表的なプロセスフローを図 R-35 に示す。



出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

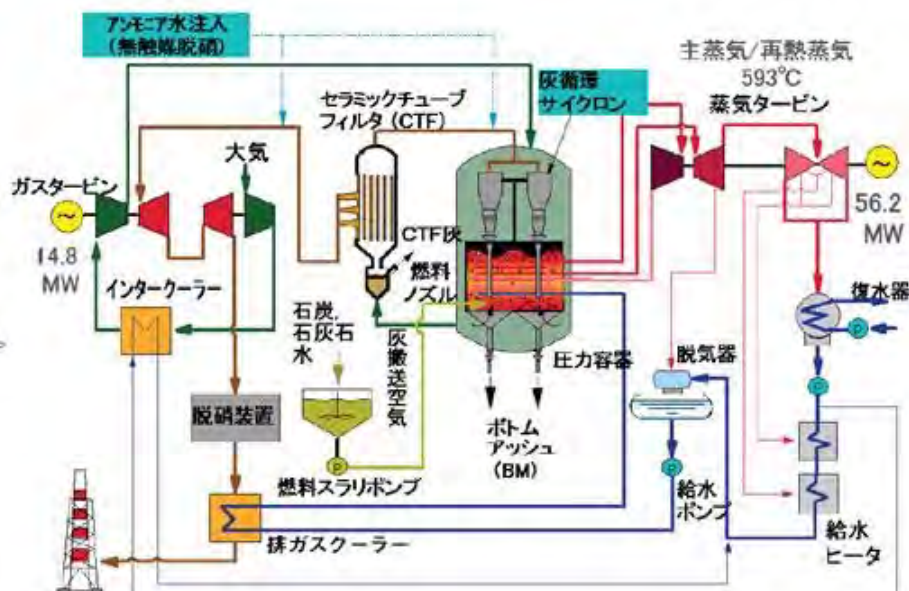
図 R-38 CFBC プロセスのフロー



CFBC の特徴を次に示す。従来型の発電用ボイラは、高品位炭や油・ガス等の化石燃料にしか対応できないのに対し、低品位炭やバイオマス、スラッジプラスチック、廃タイヤなどをも燃料として使用できるため、幅広い燃料適合性を有する。NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> といった環境汚染物質の排出量を、特別な環境設備を付加することなく、大幅に減らすことができる。流動床ボイラの場合、脱硫は主に石灰石を流動媒体として使用した炉内脱硫である。脱硝に関しては、火炉内での燃焼温度が、微粉炭燃焼ボイラの場合 1,400～1,500℃であるのに対し、循環流動層ボイラでは 850～900℃と低いため、サーマル NO<sub>x</sub>(温度依存の発生 NO<sub>x</sub>)の生成量を抑制できる。また、流動床部での還元燃焼、フリーボード部での酸化燃焼による二段燃焼により低 NO<sub>x</sub> 化が図られる。さらに、未燃カーボンをボイラ出口に設置された高温サイクロンにより捕捉しボイラに戻す循環により、脱硝効率を高めている。そのため、公害性が低い。循環流動方式による燃焼時間の向上により、高燃焼効率を得られる。独立した脱硫・脱硝・燃料微粉碎設備を必要としない。そのため、省スペースであり、故障発生可能部分が少なくメンテナンスも容易である。

## (2)PFBC

PFBC(加圧流動床燃焼技術)は石炭を圧力容器内の流動床ボイラで燃焼させて作った蒸気で回すタービンと、この燃焼ガスで回転させるガスタービンを組み合わせた複合発電方式である。バブリング型 PFBC のプロセスフローを図 R-36 に示す。PFBC は高効率、省設置スペース、炉内脱硫が特徴である。従来の発電方式と比較して熱効率が高く、使用燃料を低減できる。また、流動床ボイラは、脱硫材の機能を持つ微粒状の石灰石を使用することで、石炭の燃焼時に発生する SO<sub>x</sub> が炉内脱硫され、ボイラ下流に排煙脱硫装置が不要となる特徴がある。加えて、NO<sub>x</sub> 発生量が少なく、CO<sub>2</sub> 排出量も低減できるといった特徴も有する。



出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-39 バブリング型 PFBC プロセスフロー(71MWe-PFBC プラント、J-POWER 所有)

### (3)IGCC

石炭ガス化複合発電は、石炭をガス化して利用する発電方式である。コンバインドサイクル発電(ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせ発電する方法)を使うことで、従来の微粉炭火力よりも高い発電効率(送電端で48~50%程度)が見込まれる。これにより石油火力とほぼ同等のCO<sub>2</sub>排出量で石炭利用発電が可能となる。個々のガス化技術については1.4.4項にて詳細を記載する。

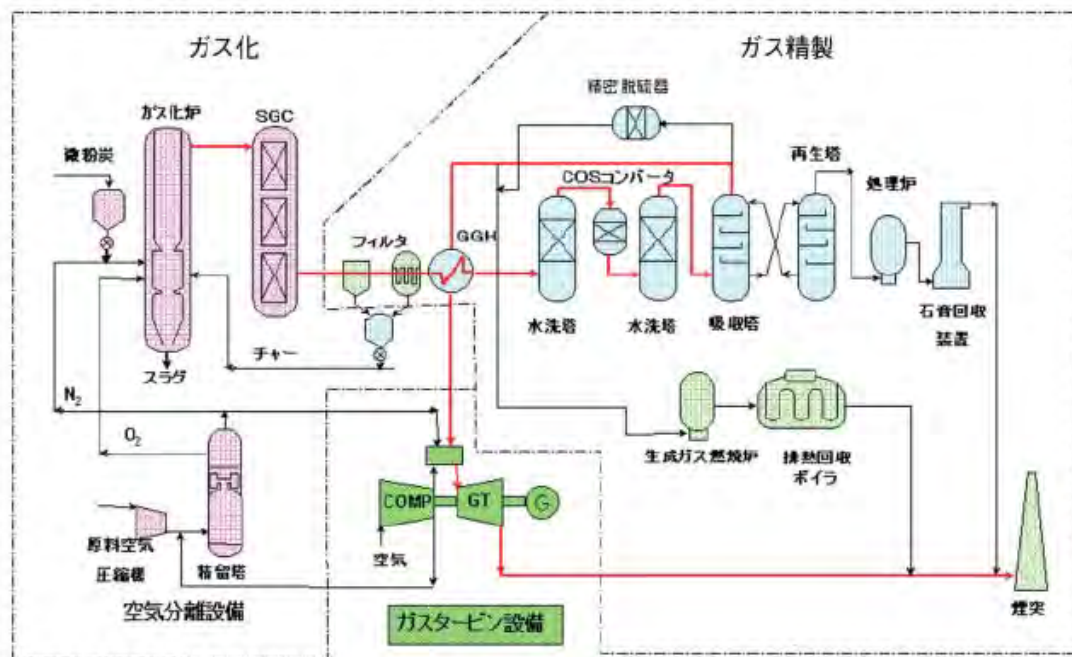
#### 1.3.4 ガス化技術

##### (1) 気流層ガス化装置

##### (a) 日立/電源開発

EAGLE(多目的石炭ガス製造技術)は、環境負荷低減、特に地球温暖化ガス発生量の低減を図ることを目的として、酸素吹き1室2段旋回流ガス化法を採用し、化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用、電力用等幅広い用途に適用可能である。

EAGLE プロジェクトでは石炭処理量150t/d規模のパイロットプラントにより運転研究を実施した。図R-37にパイロット試験設備の概略フロー、表R-2に主要設備の仕様を示す。試験設備は、石炭前処理設備、石炭ガス化設備、空気分離設備、ガス精製設備、排水処理設備、生成ガス燃焼設備及びガスタービン設備他で構成されている。



出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-40 パイロット試験設備の概略フロー

表 R-2 EAGLE プロジェクトの主要設備仕様

項目	仕様	項目	仕様
石炭ガス化炉型式	酸素吹き1室2段旋回型噴流床炉	空気分離設備方式	加圧深冷分離法
石炭処理量	150t/d (6.3t/h)	原料空気圧力	1.09MPa
ガス化温度	1,200~1,600°C	原料空気処理量	約27,500m <sup>3</sup> N/h
ガス化圧力	2.5MPa	酸素製造量	約4,600m <sup>3</sup> N/h
ガス精製設備方式	湿式化学吸収法	酸素純度	95%
吸収液	メタルジエタノールアミン (MDEA)	ガスタービン型式	開放単純サイクル1軸型
処理量	約14,800m <sup>3</sup> N/h	出力	8,000kW
S分回収方式	湿式石灰石石膏法		

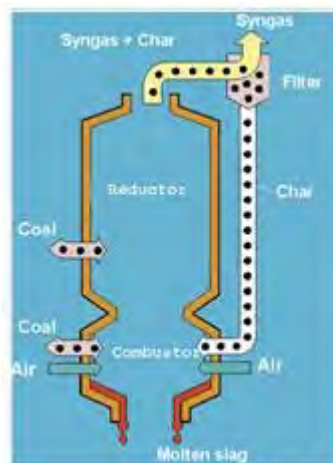
出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

EAGLE は、ガスタービン発電設備及び蒸気タービン発電設備との組合せによる石炭ガス化複合発電システム(IGCC)、更には燃料電池を組込んだ石炭ガス化燃料電池複合発電システム(IGFC)に活用できる。

(b)三菱重工

三菱重工(MHI)ガス化装置は Clean Coal Power R&D 社の 250-MWIGCC 実証設備に採用され、以下の特徴を持つ

- ・ 乾燥供給システム、水分が多い低ランク石炭に適する
- ・ 2 ステージの供給
- ・ 連続運搬方式
- ・ 空気供給
- ・ メンブレン水壁
- ・ 廃液処理要件が最少



出典：Gasification Technology Council, Gasification technologies conference\_2000~2011 に基づき JICA 調査団が作成

図 R-41 MHI 方式のガス化装置

### (c)Shell

Shell 石炭ガス装置(SCGP)を図 R-39 に示す(最高約 40 気圧)。SCGP ガス化装置は、従来の石炭ボイラで使用されるメンブレンウォールと同じ水冷却メンブレンウォールを特徴とする。ガス化装置容器の中央部に水平方向の 4 つのバーナがある。スラグは容器の底にあるスラグタップから排出する。生成ガスは上部に流れる。生成ガスは約 1000°C まで急冷される。



出典：Gasification Technology Council, Gasification technologies conference\_2000～2011 に基づき JICA 調査団が作成

図 R-42 Shell(SCGP)方式のガス化装置

2008 年、Shell は 26 のプラントを操業し、合成ガス 2,800 MWth を生成している。-中国で化学製品製造に多く使用されている。以下の特徴を持つ。

- ・ ドライ供給(石炭は破碎・乾燥された後、ガス化装置に供給される)
- ・ 酸素供給
- ・ ガス化装置内のウォーターウォール熱交換
- ・ ペットコークスから低ランク石炭様々いろな供給原料に適する
- ・ 減量運転の融通性が低い
- ・ 廃液処理要件が最少

### (d)GE

GE Energy のガス化プロセスは元々 1950 年代に Texaco で開発されたこの技術を、2004 年に Chevron-Texaco から GE が購入した。このプロセスは石炭/水スラリーを使うのが特徴である。図 R-40 に示すように、合成ガスとスラグはガス化装置の底から流れ出る。



出典：Gasification Technology Council, Gasification technologies conference\_2000～2011 に基づき JICA 調査団が作成

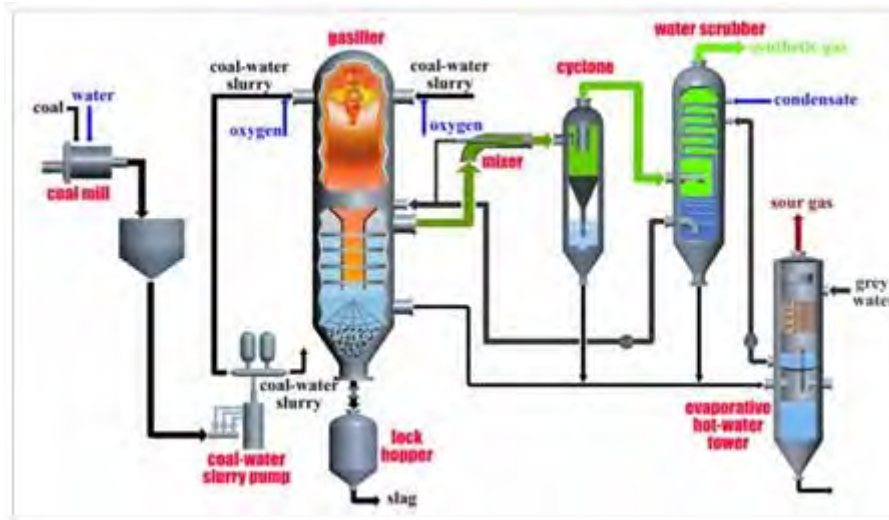
図 R-43 GE 方式のガス化装置

GE Energy プロセスからの熱リカバリーのために二つのオプションがある(クエンチ、放射)。クエンチでは、合成ガスとスラグが強制的に水バスに流入され、そこでスラグは凝結し、合成ガスは冷却される。スラグはロックホッパでクエンチセクションの底から除去される。放射では、合成ガスとスラグは放射型ボイラで熱回数が行われる。GE Energy ガス化装置は以下の特徴を持っている。

- ・ 石炭/水スラリーの供給(Stamet システムを使用する乾燥石炭を使用する可能性)
- ・ 連続運搬方式
- ・ 酸素供給
- ・ 耐熱レンガ製ガス化装置
- ・ 2種類(放射クーラーと冷却)
- ・ 瀝青炭、ペットコークス、またはペットコークスと低ランク炭のブレンドに適する

(e)中国華東理工大学-ECUST-

本ガス化法(OMB)は図 R-41 に示すように、石炭水スラリー原料を用いる。スラリーは4つの対抗バーナーの注入口からガス化装置の上部に O<sub>2</sub> と共に供給される。溶けた灰は炉下部の水槽内に落ち、ロックホッパでガラス質のスラグ粒子として除去される。生成ガス中の粒子も水槽で除去される。



出典：Gasification Technology Council, Gasification technologies conference\_2000～2011 に基づき JICA 調査団が作成

図 R-44 ECUST OMB ガス化装置

ECUST OMB ガス化装置は中国でメタノール、アンモニア合成用に使用されており、以下の特徴を持つ：

- ・ 石炭/水スラリー供給
- ・ OMB デザインの石炭連続供給方式—4 本バーナ
- ・ 酸素供給

(f)Conoco Phillips E-Gas

ConocoPhillips は、元々Dow Chemical が開発した E-Gas ガス化技術を所有している。E-Gas プロセスは 2 段ガス化法を特徴とする。このガス化装置の概略を図 R-42 に示す。



出典：Gasification Technology Council, Gasification technologies conference\_2000～2011 に基づき JICA 調査団が作成

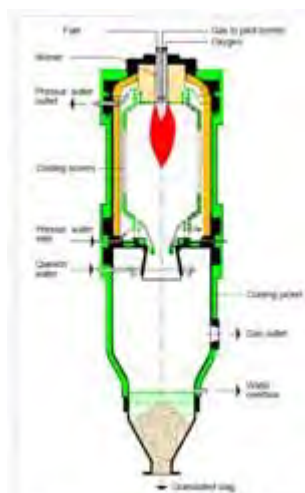
図 R-45 E-Gas ガス化装置

このガス化装置は耐熱レンガ製で、石炭/水スラリー供給を使用する。1 段目で生成された合成ガスは、2 段目のステージに入る。ここに別の石炭/水スラリーが注入さ、熱分解反応が生じる。生成ガスはファイヤチューブを特徴とするクーラーを通過する。冷却された合成ガスはその後フィルタに入り、ダストが除かれる。ガス化装置は以下の特徴を持つ

- ・ 石炭/水スラリー供給
- ・ 2 ステージのガス化装置
- ・ 酸素供給
- ・ 耐熱レンガ製ガス化装置
- ・ 連続スラグ除去システム、乾燥粒子除去
- ・ ペットコークス、Powder-River Basin 亜瀝青炭から瀝青炭やブレンドまでの幅広い範囲の石炭に適する

#### (g)Siemens GSP/Noell

Siemens ガス化装置を図 R-43 に示す。ガス化装置は、乾燥供給、酸素供給、上部点火の反応炉で、ガス化装置の壁は水のスクリーンでできている。中国の Shenhua DME プロジェクトのそれぞれで二つのガス化装置 500 MW の契約を与えられた。現在一つのプラントが稼働中で合成ガス 787 MWth を生成し、一つのプラントが計画中である。



出典：Gasification Technology Council, Gasification technologies conference\_2000～2011 に基づき JICA 調査団が作成

図 R-46 Siemens ガス化装置

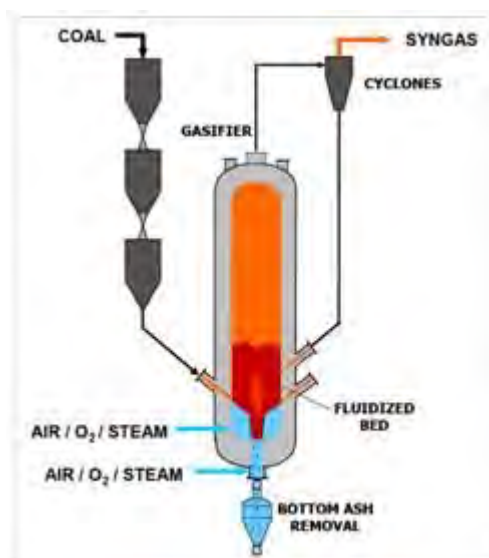
ガス化装置は以下の特徴を持つ

- ・ 乾燥供給
- ・ 酸素供給
- ・ ガス化装置内の壁は水スクリーン
- ・ 瀝青炭から低ランク石炭まで様々な供給原料に適する

## (2)流動層ガス化装置

### (a)U-Gas 方式

U-Gas 流動床式は Gas Technology Institute (GTI)のプロセスである。U-Gas プロセスは図 R-44 に示すように、乾燥供給システムを組み込んだ流動床式ガス化装置である。粒状の石炭がロックホッパから砂、炭、硫黄吸収剤等を供給する。流動化は、ガス化装置の底近くにある 2 箇所から空気または酸素と蒸気を導入することで行われる。未燃焼の炭素を含む炭はサイクロン内で収集され、床に戻される。上海、フィンランドなどのプラントで 20 年以上の経験がある。二つのプラントが稼働中で中で、520 MWth の合成ガスを製造している。



出典：Gasification Technology Council, Gasification technologies conference\_2000～2011 に基づき JICA 調査団が作成

図 R-47 U-Gas ガス化装置

U-Gas ガス化装置は以下の特徴を持つ：

- ・ 流動化床式ガス化装置
- ・ 乾燥供給システム
- ・ 石炭および石炭/バイオマスのブレンド
- ・ 空気または酸素供給
- ・ スラッジなし/底に灰が溜まらない

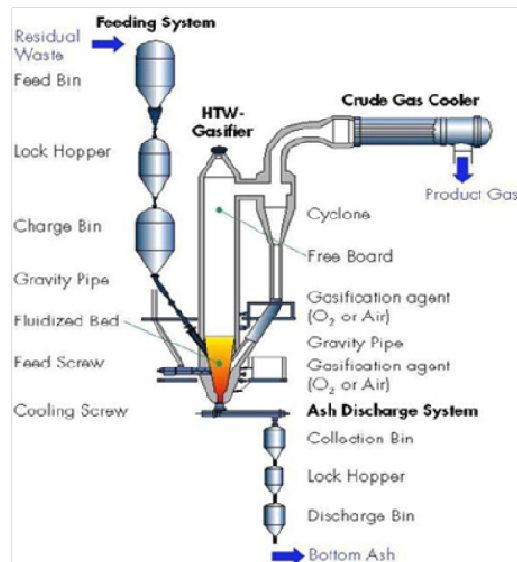
### (b)High-Temperature Winkler 方式

High Temperature Winkler (HTW)ガス化装置は、空気または酸素供給モードのいずれでも動作する循環式流動化床式反応炉である。これは乾燥供給、加圧式、乾燥灰のガス化装置である。この技術の主要な長所は、灰の軟化温度が高い反応しやすい低ランク石炭(亜炭)な全てのグレードやバイオマス等形態の様々な供給原料をガス化する能力である。図 R-45 に HTW ガス化装置システムの単純化した図を示す。

微粉炭はスクリータイプフィーダでガス化装置に連続的に供給される。ガス化装置の底から空気または酸素および蒸気を供給する。流動層は灰、チャーコの粒子で形成され、ガス化作用



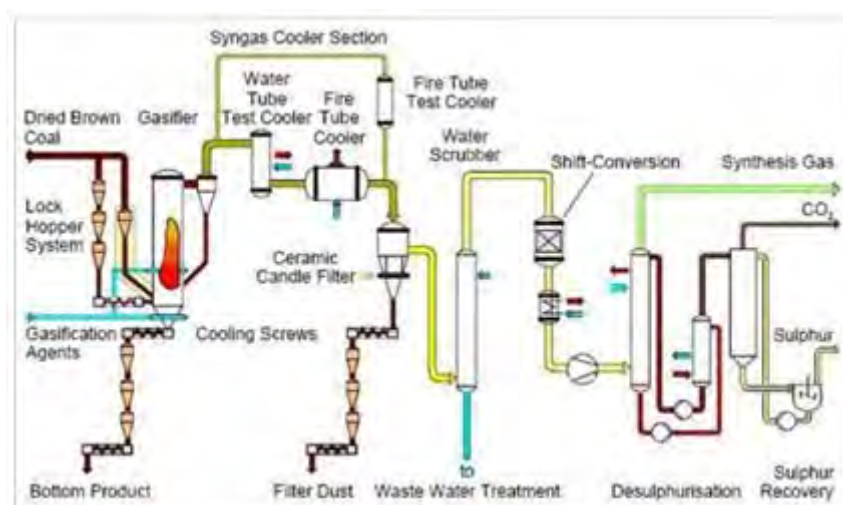
剤(空気など)の上向きの流れで流動状態が維持される。生成ガス中の微粒子とチャーはサイクロンで除去され、その後ガスは冷却されフィルタ内で除去された固形物は、炭素変換を最大限にするためにガス化装置に戻す。灰は、灰スクリー、ロックホッパ、放出ビンで構成される灰放出システムでガス化装置のベースから除去される。



出典：Gasification Technology Council, Gasification technologies conference\_2000～2011 に基づき JICA 調査団が作成

図 R-48 HTW ガス化装置のプロセス

図 R-46 は HTW ガス化プロセスの単純化したプロセスフローを示す。ガス化装置の下流には熱リカバリー装置があり、その後には粒子除去のセラミック製キャンドルフィルタシステムがある。1996 年後半デモ用プラントがドイツの Berrenrath に建築された。これは 10 年稼働し、メタノール製造のための合成ガスを提供した。



出典：Gasification Technology Council, Gasification technologies conference\_2000～2011 に基づき JICA 調査団が作成

図 R-49 HTW ガス化プロセスの代表的なプロセスフロー

HTW ガス化装置は以下の特徴を持つ：

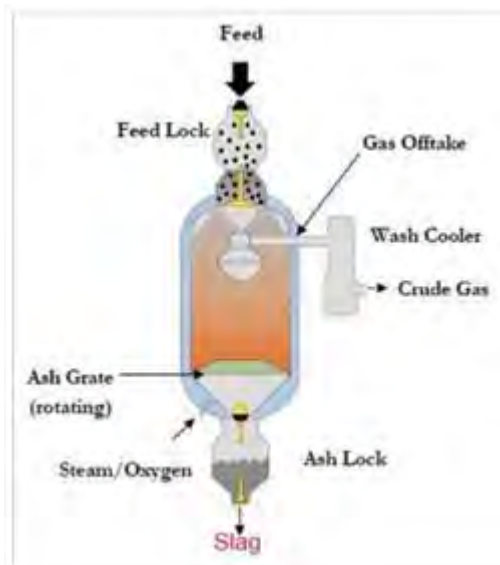
- ・ 流動化床式ガス化装置
- ・ 乾燥供給
- ・ 酸素または空気供給
- ・ 乾燥した底の灰
- ・ 褐炭を使用

### (3)固定層ガス化装置

#### (a)Lurgi ガス化装置

Lurgi ガス化装置は、世界で最も実用的に用いられてガス化装置である。固定層方式で、灰の融点以下の供給温度で動作する。欠点に石炭微粒子を処理できないことがある。図 R-47 に示すように、石炭はガス化装置の上部のロックホップから供給される。酸素はガス化装置の底から注入され、石炭床から上昇する熱い合成ガスによって予熱された石炭と反応する。灰が床の底から落ち、ロックホップで減圧される。

最も顕著な Lurgi プロセスの二つの用途は南アフリカ共和国の Sasol の石炭/ガソリン精製所とノースダコタの Dakota Gasification Synthetic Natural Gas プラントである。両方とも一連の酸素供給ガス化装置を特徴とし、近くの鉱山の低ランク石炭を供給原料として使用する。



出典：Gasification Technology Council, Gasification technologies conference\_2000～2011 に基づき JICA 調査団が作成

図 R-50 Lurgi ガス化装置

Lurgi ガス化装置は以下の特徴を持つ。

- ・ 乾燥供給システム(石炭ディストリビュータ付き)
- ・ 固定層方式
- ・ 低ランク石炭での拡張可能
- ・ オイルとタールの生成のため廃液処理コストが高い

## (b) British Gas/Lurgi スラッキングガス化装置

British Gas/Lurgi (BGL)石炭ガス化装置は乾燥供給、加圧式、固定層式のスラッキングガス化装置である。反応炉容器は水で冷却され、耐熱レンガ製である。図 R-48 に装置図を示す。ガス化装置の上部にあるロックホップシステムから導入された石炭はい固定層内を下降していく。炉の上部では乾燥、熱分解が起こり、下部では酸素と反応してガス化反応が起こる。酸化され、最下部では灰が熔融され、スラグが形成される。



出典：Gasification Technology Council, Gasification technologies conference\_2000～2011 に基づき JICA 調査団が作成

図 R-51 BGL/Lurgi スラッキングガス化装置

BGL 技術は元々 British Gas が開発し、スコットランドの Westfield に 200 から 500 tpd のデモ用ガス化装置を二つ建造した。

British Gas/Lurgi スラッキングガス化装置は以下の特徴を持つ

- ・ Lurgi 炉を灰熔融型に変更
- ・ 乾燥供給
- ・ 酸素供給
- ・ 耐熱レンガ製ガス化装置
- ・ 様々な石炭に適する(廃棄物利用の燃料、タイヤ、木材と廃棄石炭のブレンド)
- ・ オイルやタールの生成のため廃液処理コストが高い

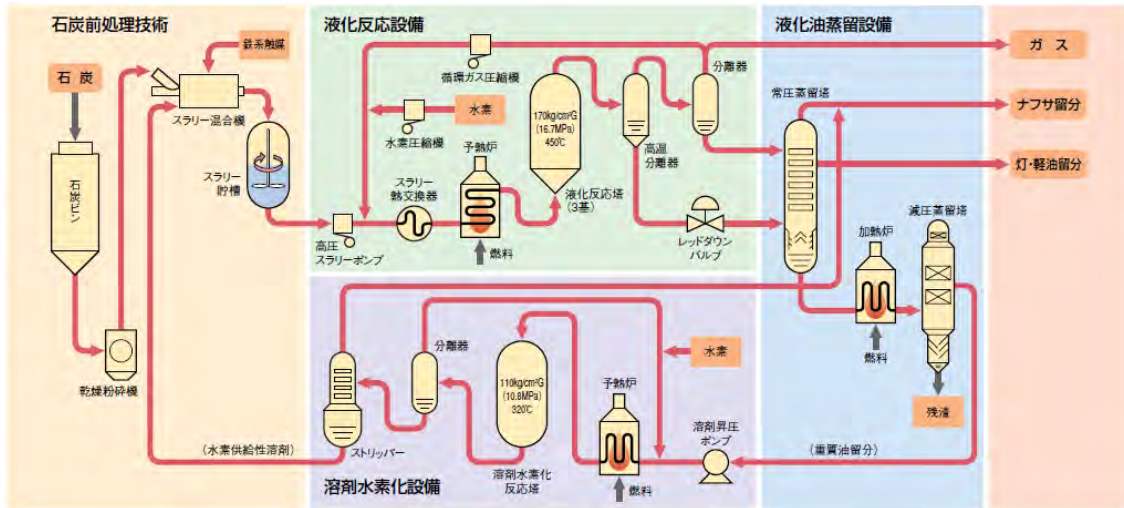
## 1.3.5 液化技術

### (1) NEDOL 法

NEDOL(瀝青炭液化技術)法は「直接水添法」、「溶剤抽出法」、「ソルボリシス法」の三つの瀝青炭液化法のそれぞれの長所を集めた技術的にも経済的にも優れたプロセスであり、次のような特長を有している。鉄系微粉触媒と水素供与性溶剤の使用により、マイルドな液化反応条件下で高い液収率が得られる。軽質留分の多い液化油が得られる。信頼性のある要素工程から構成され、

プロセスの安定性が高い。亜瀝青炭から石炭化度の低い瀝青炭までの各種の炭種に適用可能である。

1t/d プロセスサポートユニット(PSU)が 1988 年度に新日本製鐵(株)君津製鉄所内に設置された。PSU のプロセスフローを図 R-49 に示す。この PSU は石炭貯蔵・前処理、液化反応、液化油蒸留および溶剤水素化の 4 つの工程から構成された。

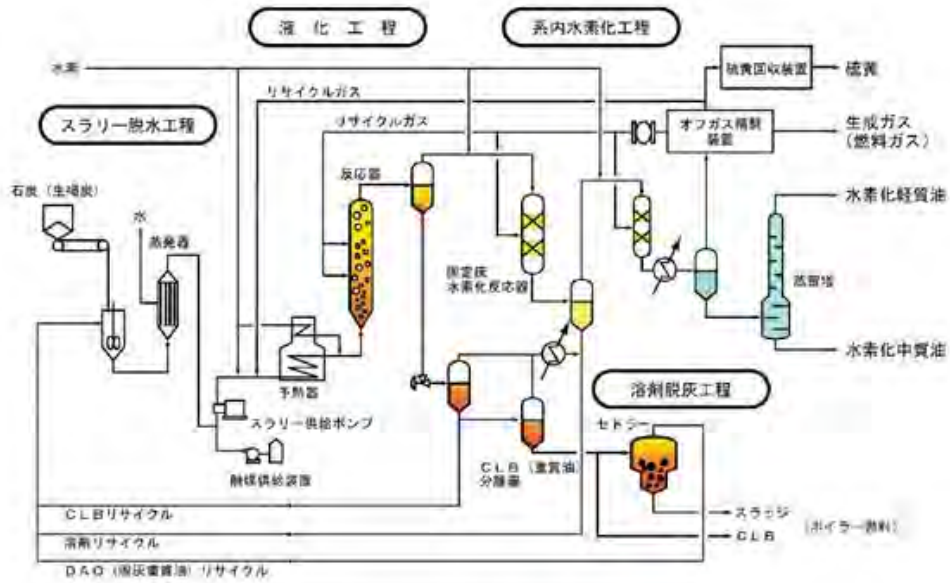


出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-52 NEDOL 法のプロセスフロー

(2)BCL

BCL(褐炭液化技術)プロセスを図 R-50 に示す。本プロセスは低品位炭に含まれる水分を効率的に除去するためのスラリー脱水工程、高活性リモナイト触媒とボトムリサイクル技術の活用により高い液化油収率を達成する液化工程、石炭液化油中のヘテロ化合物(含硫黄化合物、含窒素化合物等)を取り除いて高品質のガソリン・軽油留分等を得るための系内水素化工程、石炭中の灰分や添加した触媒を効率よくプロセスの系外へ排出するための溶剤脱灰工程、これらの四つの工程で構成される。



出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-53 褐炭液化プロセスフロー

### (3)CWM

CWM(石炭スラリー製造技術)は水と石炭の混合物であり、自然発火や粉塵飛散の問題もなく、ハンドリングし易い流体として取扱うことが出来る利点を持っている。高濃度 CWM は、石炭の粒子径分布の研究や分散剤などの添加剤の開発によって、加える水を少なくしても流動性と安定性が保たれ、脱水することなく直接燃焼することが可能である。ごく少量の添加剤を加えることによって、ある特定の粒子径分布を有する石炭粒子が、約 70%の重量濃度で均一に分散する、安定な石炭・水スラリーを実現することが出来る。

高濃度 CWM の製造は、石炭を CWM に適した粒度分布に粉砕し、適正な添加剤(分散剤と安定剤)を選定し、石炭・水・添加剤を適切に混合することにより、高濃度・低粘性・高安定性で良質の CWM を製造することが可能となる。CWM 製造プロセスのブロックフローを図 R-51 に示す。

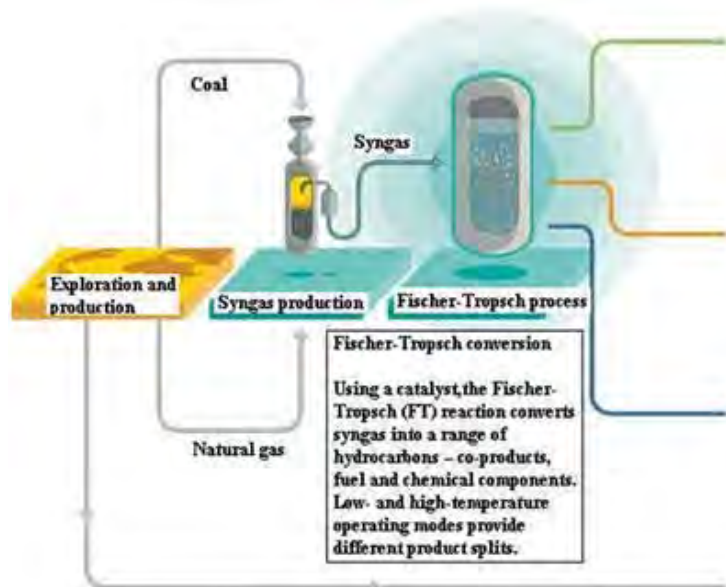


出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-54 CWM 製造プロセスのブロックフロー

#### (4)SASOL

SASOL(間接液化)法は石炭を一度ガス化(石炭ガス化)し、生成ガスを分離・精製した原料を合成反応させ液化する間接液化法の一つである。間接液化は直接液化と比較してコストが高いとされているが、現在南アフリカのサソール・プラントが数万バレル/日の商業生産を行っている。サソール社のプラントモデルを図 R-52 に示す。



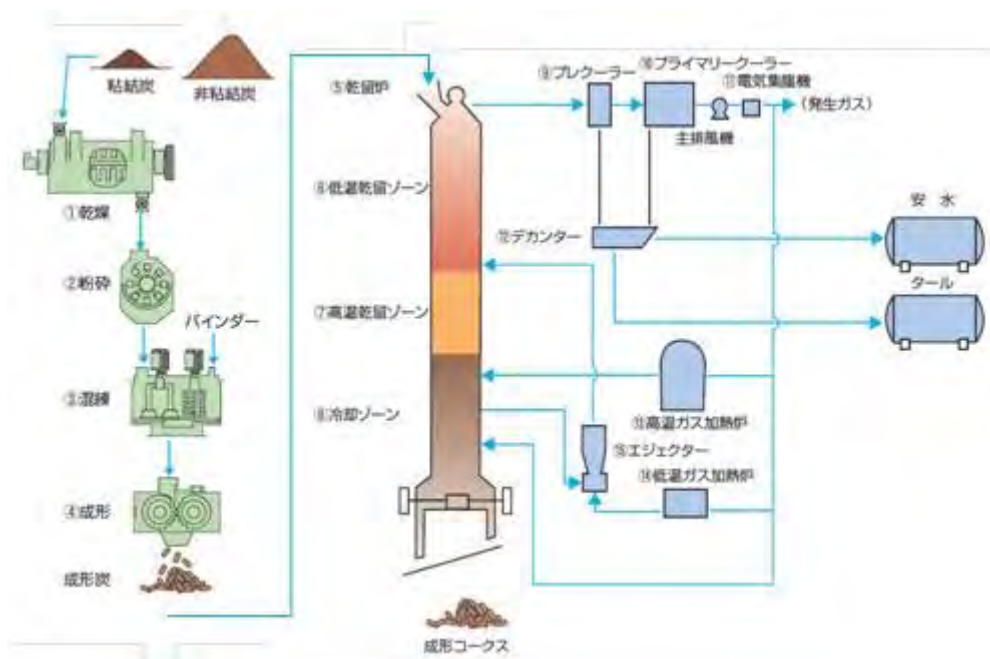
出典：サソール社 HP

図 R-55 サソール社のプラントモデル

### 1.3.6 製鉄技術

#### (1) 成形コークス製造技術

連続式成形コークス製造技術は、非粘結炭を主原料として結合材(バインダー)を用いて成形炭を作り、これを堅形炉でその形状のまま乾留しコークスとする方法である。プロセスを図 R-53 に示す。連続式成形コークス製造法は、原料の処理、成形、成形炭の乾留および冷却の一連の工程から成り立っており、特に乾留、冷却はクローズドシステムの堅形炉で従来の室炉法に比べ、作業環境、労働生産性、停止・起動の容易さ、所要スペースの面等で数多くの優れた特徴を有している。

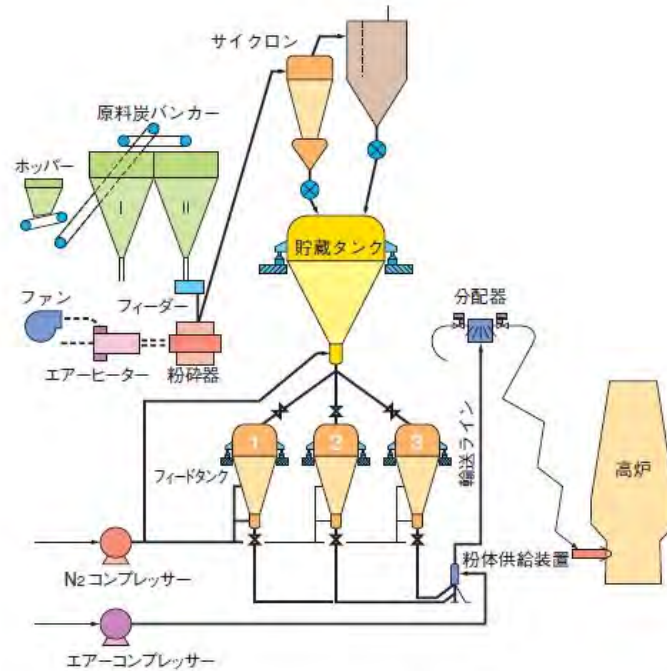


出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-56 成形コークス製造技術プロセスの略図

#### (2) PCI

高炉微粉炭吹込み(PCI)操業は、高炉コストの低減や安定操業のため、重油に代わる安価な補助燃料の開発として検討されたオールコークスによる操業技術である。この方式の特徴は、後述の5点である。高圧圧送、吹込みラインに機械的回転部が無く、損耗、故障トラブルが回避できる。使用される気体は信頼性を確保するため循環使用しない。微粉炭の羽口分配は、流体の幾何学的対称流れの特性を活用して均一分配を行う。石炭の乾燥、粉砕、捕集は、高炉安定操業のため2系列の並列システムとする。搬送空気の流速設定や設備の耐圧に関しては火災や爆発に対する安全性に配慮する。高炉微粉炭吹込み(PCI)操業プロセスを図 R-54 に示す。



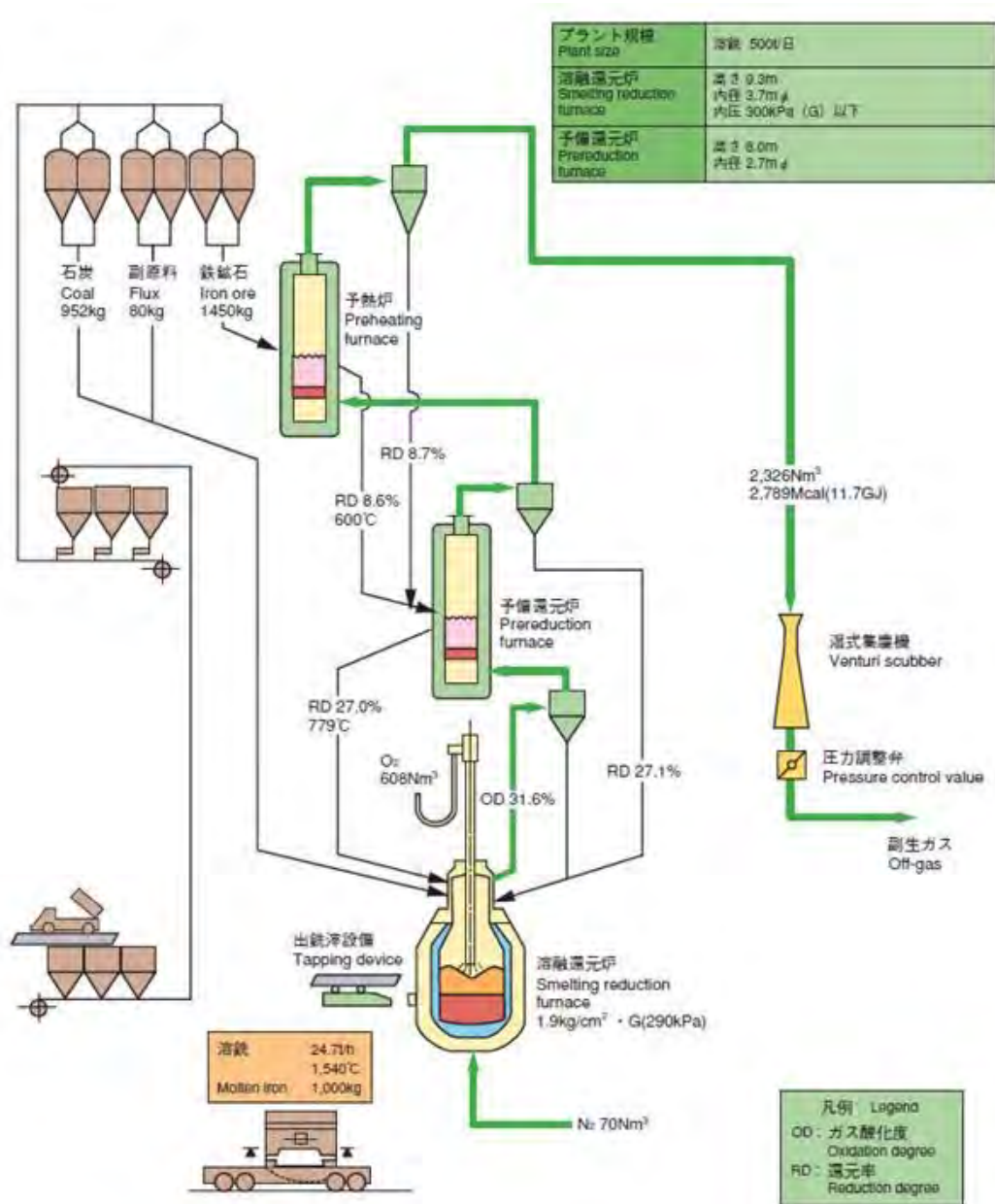
出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-57 高炉微粉炭吹込み(PCI)操業プロセス(日本：大分 1 高炉)

### (3)DIOS

DIOS 法は、粉・粒状の非粘結炭および鉄鉱石を、高炉法に必要なコークス法、焼結法によらず直接使用するための技術であり、非粘結炭を直接、鉄鉱石は予備還元したのち、溶融還元炉に装入し、溶銑を生産する技術である。特徴は次の 8 点である。安価原燃料(非粘結炭、製鉄所内ダスト等)が利用可能。低操業費。生産変動に柔軟に対応可能。設備がコンパクトで設備投資額が低い。高品質鉄源の安定供給可能。石炭エネルギーの有効利用。エネルギーの併産が容易(コージェネレーション)。環境負荷が低い(低 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>、煤塵が少なく、コークス炉ガスの漏れ無し)。DIOS 法のプラントフローを図 R-55 に示す。





出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

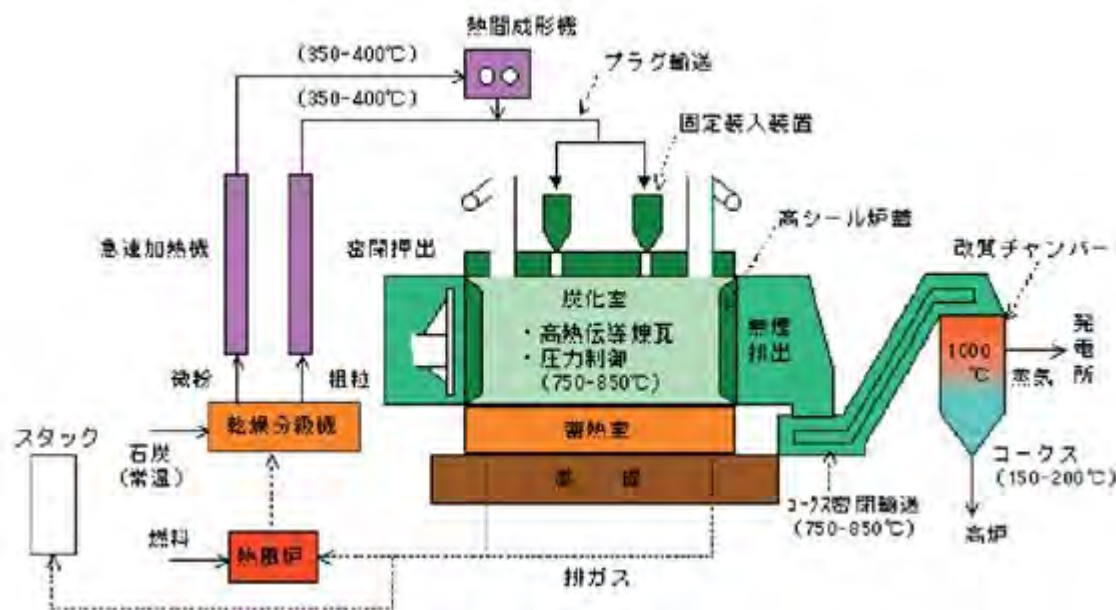
図 R-58 DIOS パイロットプラントフロー

(4)SCOPE21

SCOPE21 は 1200°C のコークス炉に対して、あらかじめ石炭を 350°C で急速加熱(低温乾留)し、850°C のコークス炉に導入することで 20%の省エネを達成可能とするプロセスである。現行のコークス製造法より、石炭資源の柔軟性に富み、環境対策・省エネルギー、生産性に優れた革新的次世代コークス製造技術として、石炭高度転換コークス製造技術 SCOPE21 が開発された。プロセスを図 R-56 に示す。プロセスの特徴は次の 4 点である。非微粘結炭の使用比率を 50%まで拡大可能。生産性が 3 倍に向上。NOx30%低減と無煙・無臭・無発塵の達成。省エネルギー20%。

SCOPE21 は世界で唯一の新コークスプロセスの大型開発プロジェクトであり、実用化が期待さ

れている。

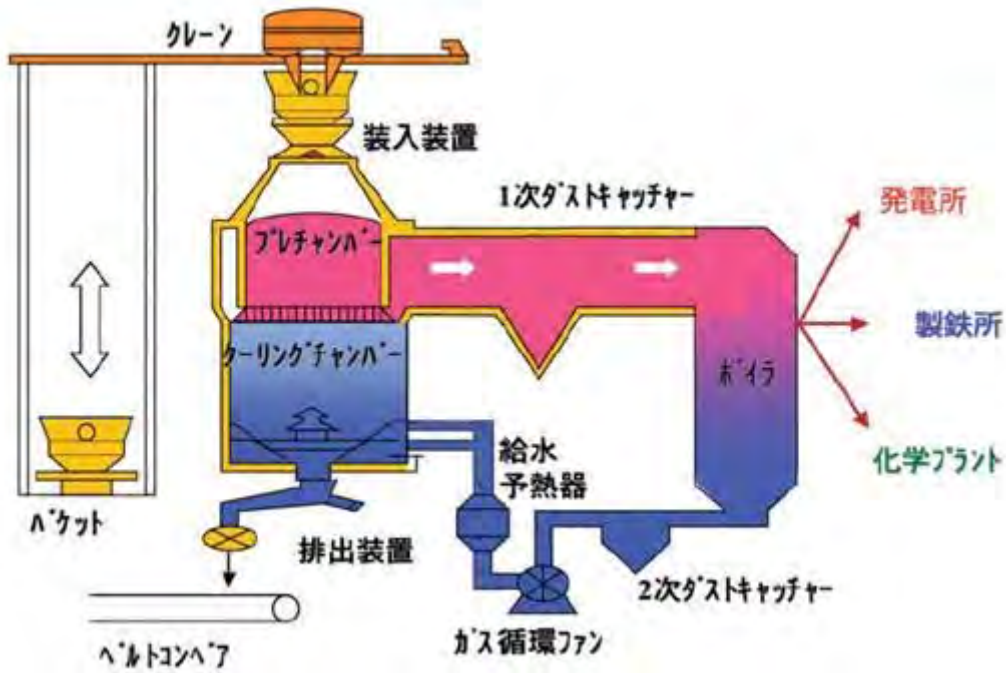


出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-59 SCOPE21 プロセスフロー

#### (5)CDQ

CDQ コークス炉は、乾留の熱効率を上げるため薄板状の炭化室を交互に並べたサンドイッチのような形をしている。炭化室内の原料は、耐火煉瓦を隔てた両側の燃焼室で高炉ガスなどを燃焼させた熱により約 1,100~1,350°C に加熱され、12~14 時間程度空気を遮断して乾留される。この過程で原材料中の固定炭素分などは炭化室下部で融着・固結して赤熱状態のコークスとなり、揮発分は蒸発・分解し気体となってコークス表面から抜けていき炭化室上部の配管から回収される。乾留が終わると、赤熱コークス(約 1,050°C)は、コークス炉から排出されたチャンバーの塔頂に運ばれて投入され、塔内を降下しながら塔底から吹き込まれる循環ガスと熱交換されて、約 200°C まで冷却された後、塔底から排出される。一方、800°C 以上にまで昇温された循環ガスは、ボイラで高温高圧の水蒸気を発生させ、除塵器でダストを除去された後、再度チャンバーに送られて循環利用される。発生した水蒸気は、プロセス蒸気や発電用に利用される。CDQ プロセスフローを図 R-57 に示す。



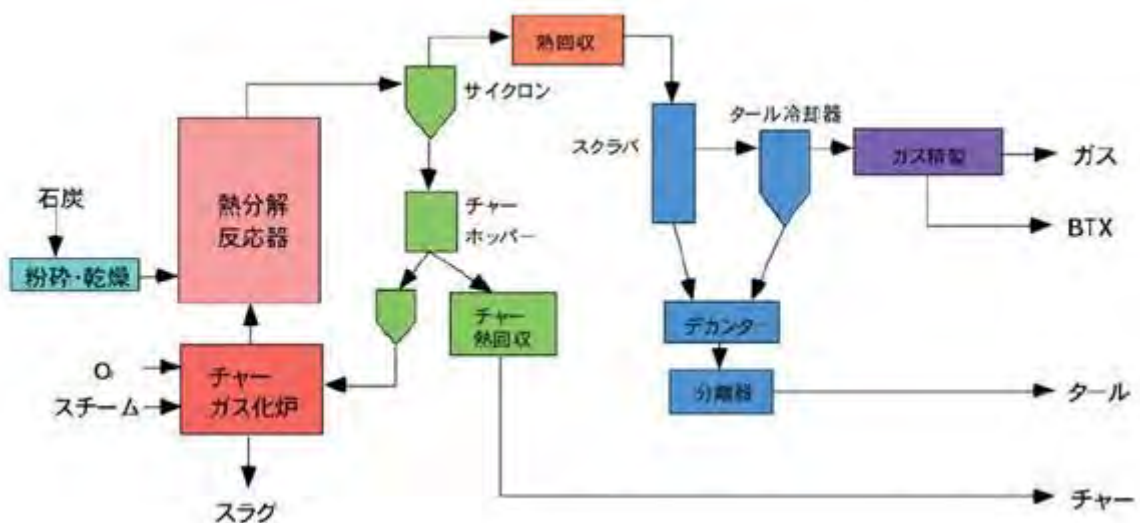
出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-60 CDQ プロセスフロー

### 1.3.7 熱分解技術

#### (1) CPX

CPX(多目的石炭転換)技術は、石炭の利用向上のため、産業用燃料としての中カロリーガスおよび化学原料としての液生成物の製造を主目的として開発された。本プロセスの特徴は次の通りである。操業条件の緩和。総合熱効率が低い。多炭種に対応可能。石炭灰分離の効率化。多様な生成物を利用可能。生成物の収率制御が可能。プロセスフローを図 R-58 に示す。



出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

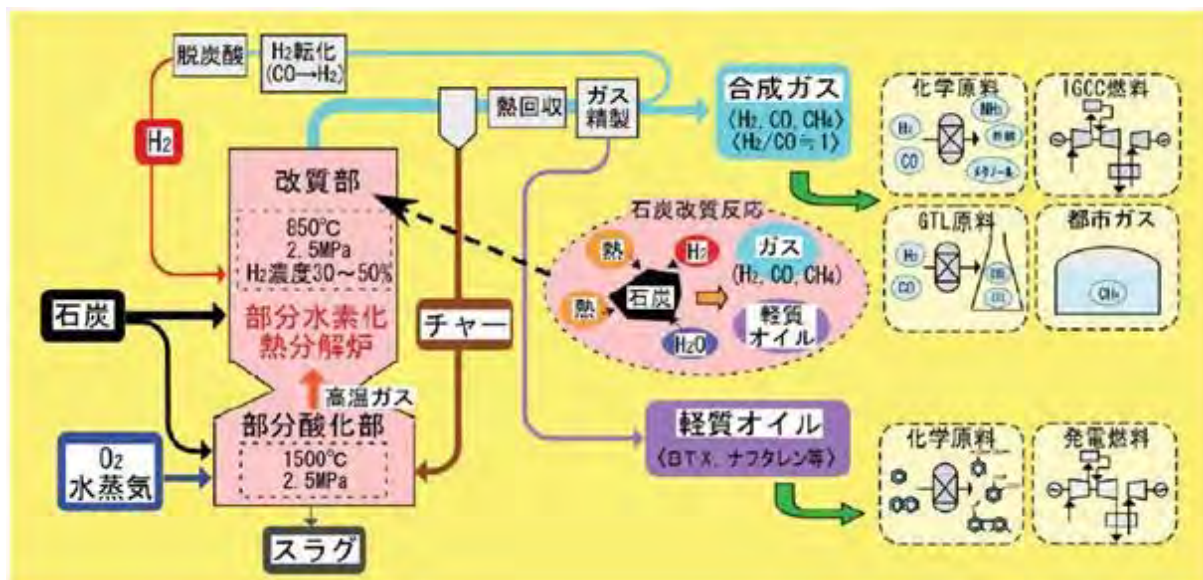
図 R-61 CPX プロセスフロー

(2)ECOPRO

石炭部分水素化熱分解技術(Coal Flash Partial Hydrolysis Technology)は高压(2~3MPa)かつ適度な水素雰囲気下で微粉炭を瞬時に反応させ、化学原料および燃料としての軽質オイルを併産しつつ、石炭ガス化複合発電(IGCC)、間接液化(GTL)や化学原料等への展開が容易な合成ガス炉から高効率に得る技術である。

図 R-59 に本技術の全体プロセスフローを示す。石炭部分水素化熱分解炉の部分酸化部において、微粉炭およびリサイクルチャーを酸素、スチームによって圧力 2~3MPa、温度 1,500~1,600°C でガス化し、CO および H<sub>2</sub> を主成分とする高温ガスを発生させる。部分酸化部とスロートで直結した改質部には、微粉炭をリサイクル H<sub>2</sub> と共に部分酸化部からの高温ガス流に吹き込み、圧力 2~3MPa、温度 700~900°C、水素濃度 30~50%程度(高温ガス中 H<sub>2</sub> とリサイクル H<sub>2</sub> を合わせた値)の条件下で改質反応(部分水素化熱分解反応)を瞬時に完了させる。

また、部分酸化部からの高温ガスは改質部における所要反応熱の供給源としても機能する。改質部では微粉炭から放出されたタール等の一次熱分解生成物に H<sub>2</sub> を移行させる水素化反応が in-site で進行し、重質なタール状物質が軽質オイル化される。部分水素化熱分解炉において生成したガス、軽質オイル、チャーはサイクロンにおいてチャーを分離後、顕熱回収し、オイル回収および脱硫等のガス精製を経て、合成ガス(syngas)となる。合成ガスの一部はシフト反応、脱炭酸(CO<sub>2</sub>回収)によって H<sub>2</sub> リッチガスへ転換され、熱交換による予熱後、部分水素化熱分解炉の改質部へリサイクルされる。最終的な製品合成ガスは、H<sub>2</sub>、CO、CH<sub>4</sub> を主成分とする H<sub>2</sub>/CO≒1 程度の高水素含有ガスとなり、IGCC、GTL、化学原料等への原料ガスとして利用される。また、軽質オイルはベンゼン、ナフタレン等の 1~2 環の芳香族化合物を主成分とし、化学原料あるいは発電燃料として利用される。



出典：JCOAL 「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-62 プロセスフローシート

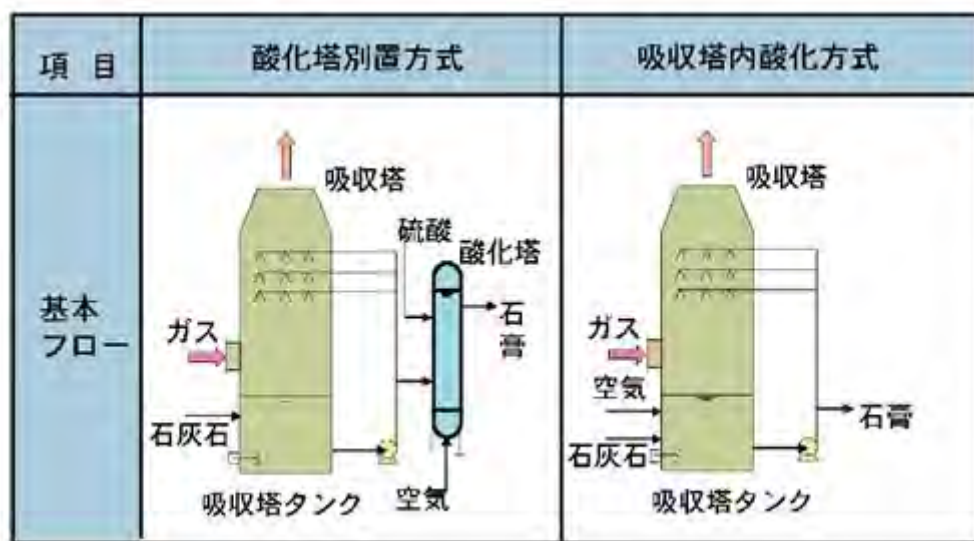
### 1.3.8 排煙処理技術

#### (1) SO<sub>x</sub> 処理技術

##### (a) 湿式石灰石・石膏法

石灰石-石膏法においては、前集塵、HCl・HF の除去および冷却除塵塔(冷却塔)を配したスート分離方除塵塔を持たないスート混合方式がある。スート分離方式煤塵などを含まない純度の高い石膏を要求する場合に採用される。しかし、現在、低温集塵装置のような高性能集塵装置が開発され煤塵濃度が低くなっており、設備費の安いスート混合型の採用が多くなっている。一方、吸収塔では、水と混ぜた石灰石スラリーと排ガス中の SO<sub>2</sub> を反応させ、硫黄分を石膏(CaSO<sub>4</sub>・2H<sub>2</sub>O)として回収する。

吸収塔の方式には、図 R-60 に示すように CaSO<sub>3</sub>・0.5H<sub>2</sub>O の酸化塔を別置にした方式と、一体化した内部酸化方式がある。現在、設備費、運転費が低減できる内部酸化方式の比率が年々増加している。吸収塔部での循環吸収液と SO<sub>2</sub> を接触させる方式には、吸収液を噴霧するスプレー方式、グリッド状の充填物の表面に吸収液を流すグリッド方式、吸収液に排ガスを吹き込むジェットバブリング方式、吸収塔内で吸収液を噴水状に流す水柱方式などがある。また、発展途上国用としては、排ガス煙道や煙突下部に設置できる簡易型も実用化されている。



出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-63 石灰石-石膏法脱硫方式概要

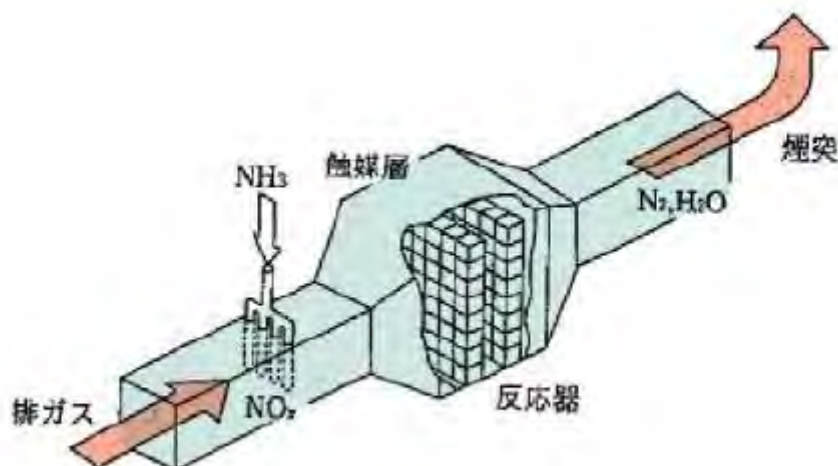
##### (b) 炉内脱硫法

炉内脱硫法は流動床ボイラに用いられる脱硫法である。脱硫用の石灰石は石炭と混合し、石炭と同時に供給され、以下の反応により炉内温度 760~860°C で、SO<sub>2</sub> を除去する。また、加圧流動床ボイラでは、CO<sub>2</sub> 分圧が高いため、石灰石は CaO に分解せず、以下の反応により SO<sub>2</sub> が除去される。

## (2) NO<sub>x</sub> 処理技術

### (a) 選択接触触媒還元法

アンモニア(NH<sub>3</sub>)を排ガスに吹き込み、触媒によりアンモニア(NH<sub>3</sub>)と窒素酸化物 NO<sub>x</sub>(NO, NO<sub>2</sub>)を選択的に反応させ、水(H<sub>2</sub>O)と窒素(N<sub>2</sub>)に分解する方法である。脱硝装置では、排ガス煤塵が同伴するため、格子状および板状の触媒が主に利用されている。触媒は、図 R-61 に示すように反応器に充填され、触媒層入口部に吹き込んだ NH<sub>3</sub> との反応により NO<sub>x</sub>(NO, NO<sub>2</sub>)は水蒸気(H<sub>2</sub>O)と窒素(N<sub>2</sub>)に分解する。触媒の成分は、TiO<sub>2</sub>を主成分とし、活性成分であるバナジウム(V)タングステン(W)などが添加されている。



出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

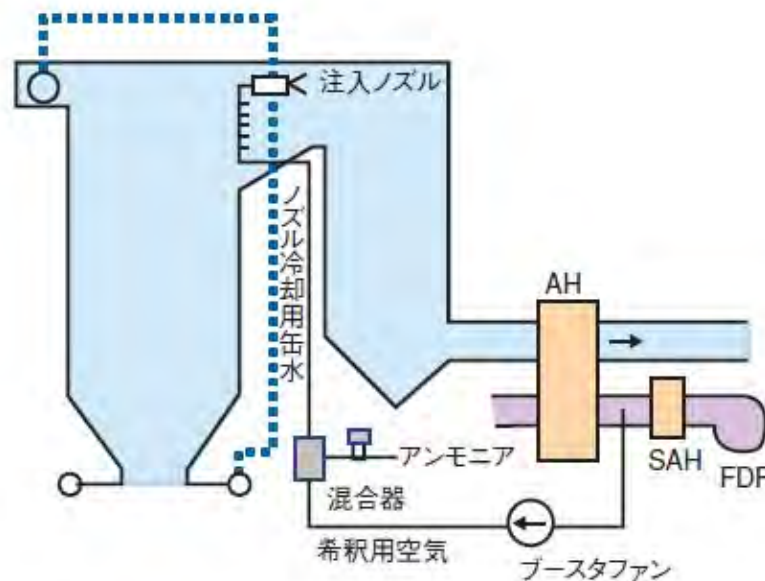
図 R-64 選択接触還元法脱硝プロセス

操作温度域は触媒が性能を発揮する 350°C である。これより低温では、排ガス中の SO<sub>3</sub> が NH<sub>3</sub> と反応し、硫酸水素アンモニウム(NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>)を生成して触媒表面を覆い、脱硝性能を低下させる。350°C 以上になると、この NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub> は分解するため SO<sub>3</sub> 濃度に関係なく、高い脱硝性能が得られる。しかし、400°C 以上の高温になると NH<sub>3</sub> が酸化され、それに伴い NH<sub>3</sub> が減少し、脱硝性能は低下する。また、脱硝装置からリークする NH<sub>3</sub> は 5ppm 以下になるよう設計され、リークする NH<sub>3</sub> が多いと排ガス中の SO<sub>3</sub> と反応して、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub> が生成し、空気予熱器で析出することにより、配管の詰まりが生じる。脱硝率は、微粉炭焼き火力発電所で 80~90%程度である。一方、ボイラの大型化に対応して、NH<sub>3</sub> の排ガス中への均一な分散・混合および排ガス流れの均一化を図るため、ガス入口部におけるガイドペーンと呼ばれる整流板の設置やガス入口部を格子状に分割して、それぞれに NH<sub>3</sub> 注入ノズルを配置するなどの工夫がされている。

### (b) SNCR

図 R-62 に示すように排ガス温度 850~950°C のボイラ部に NH<sub>3</sub> を吹き込み、触媒を用いずに NO<sub>x</sub> を N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に分解する方法である。この方法では、触媒が不要でかつ設備コストが低い利点を有するが、NH<sub>3</sub>/NO<sub>x</sub> モル比が 1.5 で脱硝率は 40%程度と低いため、高い脱硝率を必要としない地域や装置において用いられる。また、選択接触還元法に比べ、NH<sub>3</sub> のリーク量が多く、SO<sub>3</sub>

濃度の高い排ガスにおいては、 $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  の析出に対する対応が必要となる。この技術は、主に事業用小型ボイラやごみ焼却炉等で用いられている。



出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-65 無触媒脱硝法脱硝プロセス

### (c)低 NO<sub>x</sub> 型燃焼技術

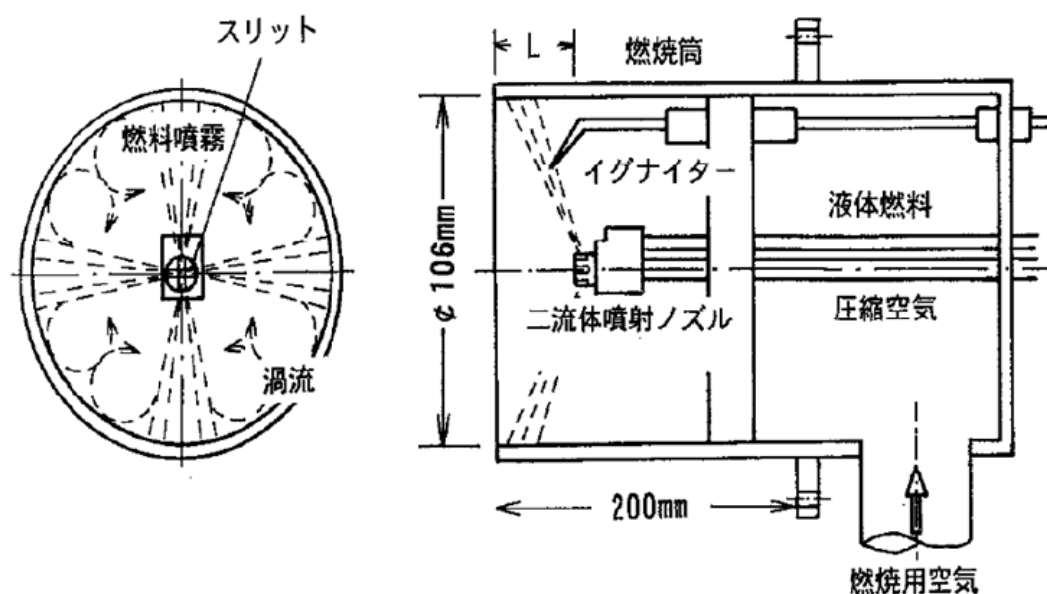
低 NO<sub>x</sub> 型燃焼技術は燃焼によって発生する窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) を抑制するための技術である。NO<sub>x</sub> の発生を抑制するためには、有機窒素化合物含有率の低い燃料を使用すること、燃焼域での酸素濃度を低くすること、高温域での燃焼ガスの滞留時間を短くすること、局所的高温域をなくし燃焼温度を低くすることが有効であり、これらの条件を応用することによって NO<sub>x</sub> を抑制することができる。具体的な方法としては、運転条件の変更による方法と燃焼装置の改善による方法がある。運転条件の変更による方法には、低空気比燃焼、空気予熱温度低下などがある。燃焼装置の改善による方法には、二段燃焼、排ガス再循環、低 NO<sub>x</sub> バーナがあり、低 NO<sub>x</sub> バーナはさらに混合促進型、分割火炎型、自己再循環型などがある。

二段燃焼方式とは燃焼用空気を二段に分けて供給し、第一段階では供給する空気量を理論空気量の 80~90%に制限し、第二段階で不足の空気を供給し、系全体で完全燃焼させる方法である。第一段階の還元域の形成により火炎温度の低下と酸素濃度の低下によって NO<sub>x</sub> の生成を抑制する。ほとんどの大型ボイラでは二段燃焼方式を採用している。

排気再循環とは、小型内燃機関において燃焼後の排気ガスの一部を取り出し、吸気側へ導き再度吸気させる技術である。大気より酸素濃度が低い状態での燃焼により、そのピーク燃焼温度が低下し、これにより NO<sub>x</sub> の発生が抑制される。

低 NO<sub>x</sub> バーナを用いた NO<sub>x</sub> 抑制燃焼のポイントは火炎内部の局所高温域の発生を防止することである。一つの手法として、液体燃料を可能な限り微粒化し、均質な混合気を形成することが考えられる。さらに噴霧粒子と燃焼用空気との混合を促進すれば、燃焼領域内での高温滞留時間を短縮することができるため、低 NO<sub>x</sub> 化と高負荷燃焼の両立も可能となり、その結果、燃焼室も

含めた装置自体のコンパクト化に対する要求にも応えられる。一例として図 R-63 に混合促進型低 NO<sub>x</sub> バーナの構造を示す。



出典：大阪府立産業技術総合研究所「混合促進型低 NO<sub>x</sub> オイルバーナ」より

図 R-66 混合促進型低 NO<sub>x</sub> オイルバーナの構造

### (3)同時脱硫脱硝技術

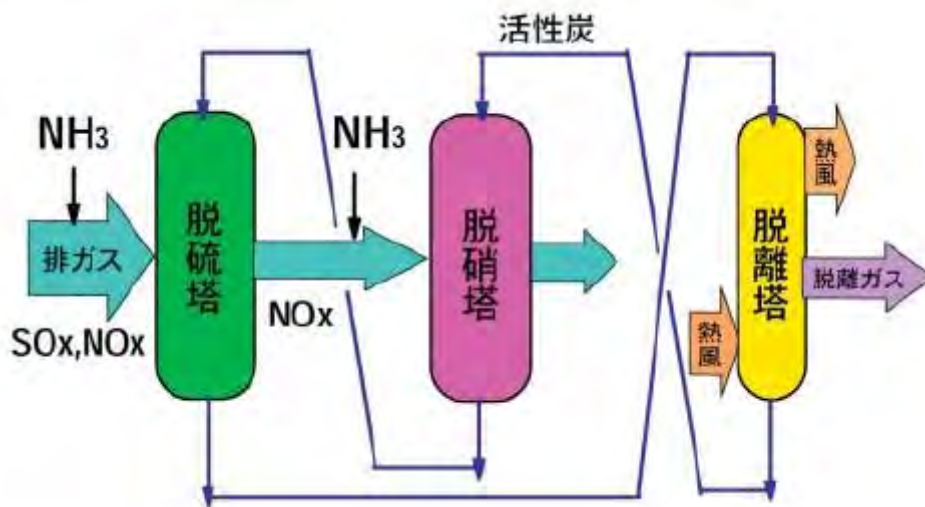
#### (a)活性炭吸着法

活性炭吸着法は、活性炭上で排ガス中の SO<sub>2</sub> と吹き込んだ NH<sub>3</sub> とを 120~150°C で反応させ、SO<sub>2</sub> を硫酸水素アンモニウム(NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>)や硫酸アンモニウム((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)の形態に変換して吸着・除去し、NO<sub>x</sub> を SCR 法と同様に窒素と水に分解するものである。図 R-64 にプロセスを示す。一段目の移動床吸着塔(脱硫塔)で SO<sub>2</sub> が除去され、二段目(脱硝塔)で NO<sub>x</sub> が分解される。この活性炭吸着法では、SO<sub>2</sub> が高濃度で存在すると脱硝効率が低下するため、最初に脱硫を行い、その後に脱硝を行う方式となっている。

また、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub> を吸収した活性炭は脱離塔で 350°C 以上に加熱され、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub> は NH<sub>3</sub> と SO<sub>2</sub> に分解され、脱離し、活性炭は再生される。脱離塔で NH<sub>3</sub> を吹き込まなくても、SO<sub>2</sub> は硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)の形態で吸着・除去が可能であるが、この脱離時に、以下のような炭素分との反応が生じ、活性炭を消費するため、これを防止する目的で脱離時に NH<sub>3</sub> が添加されている。

脱離された SO<sub>2</sub> は 900°C で石炭により単体硫黄に還元されて回収される。また、SO<sub>3</sub> を酸化して硫酸として回収する方式もある。この技術は、電源開発松島火力発電所において開発が進められ、最初に、処理ガス量 30 万 m<sup>3</sup>N/h 規模(9 万 kW 相当)の活性炭脱硫法(一塔の吸着塔)の実証試験(1983-1986)が行われ、脱硫率 98%、脱硝率 30%程度を得ている。さらに脱硝性能を向上させるため 2 塔にした処理ガス量 3000m<sup>3</sup>N/h の同時脱硫・脱硝パイロットプラント試験(1984-1986)を実施した。SO<sub>x</sub> は一段目の脱硫塔でほぼ完全に除去され、脱硝性能についても脱硝効率 80%を達成している。





出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

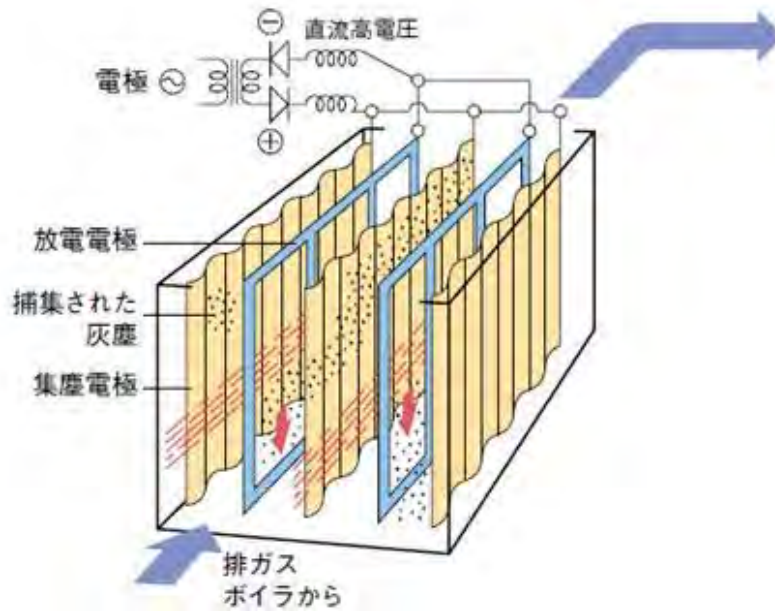
図 R-67 活性炭法脱硫プロセス

#### (4) 煤塵処理技術・微量元素除去技術

##### (a) 集塵法

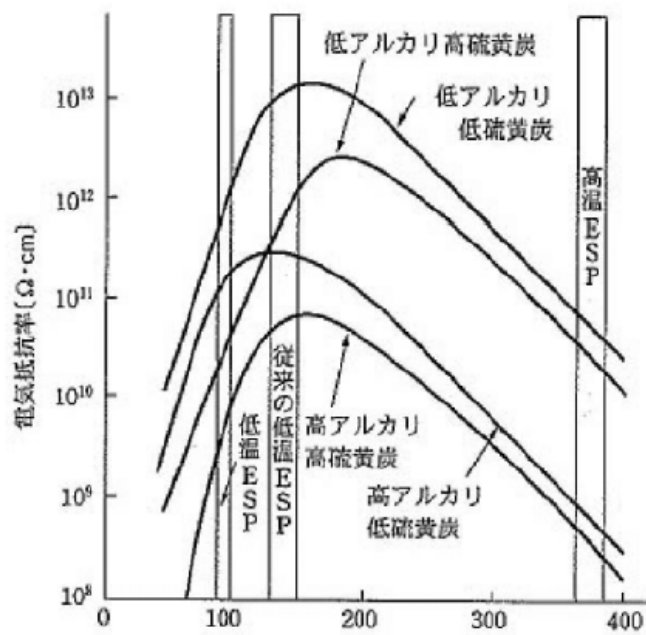
電気集塵法は、図 R-65 に示すように放電極におけるコロナ放電によりマイナスに帯電した煤塵が、プラス極の集塵電極に付着する原理を利用して排ガス中の煤塵を除去する方式である。電極に付着した煤塵は、槌打ち装置で電極に振動を与え、剥離落下させる。集塵性能は煤塵の電気抵抗に依存し、見かけの電気抵抗率が  $10^4 \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$  の範囲の粒子が適しているが、微粉炭火力においては電気抵抗が高い粒子が多く、高電気抵抗粒子に対する様々な対策が採られている。

この対策として集塵温度の調整がなされている。電気抵抗は図 R-66 に示すように温度とともに変化する。この特性を利用し、操作温度を従来の低温電気集塵器 ( $130 \sim 150^\circ\text{C}$ ) より高くして  $350^\circ\text{C}$  にすることにより電気抵抗を下げた運転する高温電機集塵器、操作温度を露点以下 ( $90 \sim 100^\circ\text{C}$ ) にして電気抵抗を下げた運転する低温電気集塵器が開発・実用化されている。また、集塵極での煤塵の堆積による逆電離を防ぐため、集塵極を移動させて煤塵をブラシで除去する移動電極方式や電極に液膜を流し、煤塵を洗い流す半湿式電気集塵器が実用化されている。同時に、放電方式による対策も行われており、電圧を数ミリ秒オーダーでパルス状に与える間欠荷電方式や数十マイクロ秒オーダーで与えるパルス荷電方式も実用化されている。



出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

図 R-68 活性炭法脱硫プロセス



出典：JCOAL「日本のクリーン・コール・テクノロジー」より JICA 調査団が作成

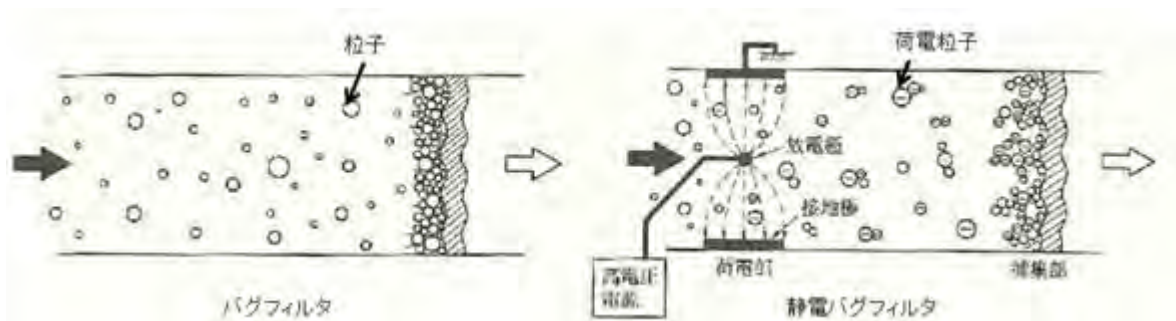
図 R-69 集塵温度と電気抵抗の関係

(b) バグフィルタ

織布や不織布あるいは多孔質体等を袋状に構成した装置であり、電気集塵の最大の課題である粒子の電気抵抗率にあまり影響を受けず、また微小粒子にも高い効率で集塵が出来、設備コストも電気式よりも安価であることから、微粉炭火力や鉄鋼関連、廃棄物発煤塵処理等に広く使用されている。

バグフィルタは捕集ダストにより圧力損失が増大するため、その払落しが重要な技術課題であり、それにより分類される。分類は機械振動式、パルスジェット式、逆洗浄方式、バースジェット方式、ソニックジェット方式などがある。

バグフィルタは電気集塵装置に比較して、 $0.1\mu\text{m}$  前後の粒子の捕集性能が低いことと、圧力損失が数倍以上大きいことから、この欠点を補う方法として静電バグフィルタが開発されている。図 R-67 に従来バグフィルタと静電バグフィルタの構成を示す。



出典：「環境圏の新しい燃焼工学」（フジ・テクノシステム出版）より

図 R-70 従来バグフィルタと静電バグフィルタの構成

### 1.3.9 石炭灰有効利用技術

#### (1)セメント・コンクリート分野

セメント分野におけるフライアッシュ利用は、古くからポゾランに関する調査研究が行われてきた。フライアッシュを良質のポゾランとして活用する研究が進み、1940年代米国でコンクリート混和材としてダムなどの構造物に使用されはじめてから各国に普及した。

#### (a)セメント原料である粘土の代替利用

セメントの原料は、石灰石・粘土・珪石・酸化鉄から構成されており、この中で粘土は全体の約 15%を占めている。シリカ( $\text{SiO}_2$ )とアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )を含む石炭灰は、この粘土代替として使用される。石炭灰は粘土に比べ、 $\text{SiO}_2$ が少なく  $\text{Al}_2\text{O}_3$ が多いため、石炭灰を多く使うと不足する  $\text{SiO}_2$ 源として珪石の使用量が増えることになり、この点から石炭灰の粘土代替率には限度がある。現在、セメント原料の約 5%が石炭灰で代替されているが、理論的には 10%程度まで使用が可能とされている。またセメント混合材としても利用でき、日本においては利用基準(JIS 規格)が定められており、フライアッシュセメントに 5~30%、普通ポルトランドセメントに 5%以下の使用ができる。

#### (b) コンクリート混和材としての利用

RCD は、超硬練りのコンクリートを振動ローラーで締め固めて造るコンクリートで、コンクリートダムの合理的施工方法として技術開発を進め、RCD 工法として体系化され、1978年から日本のダム建設で実用化された。一般にダムコンクリートでは、ひび割れの発生を防止するために、温度上昇の小さなコンクリートが要求されるが、RCD 用コンクリートでは、この温度上昇を規制する目的でセメントの一部をフライアッシュで置換したものが使用されている(置換率は、20~

30%である)。この工法で建設されたダムのは数は 30 箇所以上存在し、技術的にも確立した施工法といえる。

プレパックドコンクリート(Prepacked Concrete)は、所定の粒度を持つ粗骨材を予め型枠内または施工箇所に投入し、その間にモルタルを適当な圧力で注入して作るコンクリートである。ここで使用されるモルタルは流動性が大きく、材料分離が少なく、かつ適度の膨張性を有するものが求められ、一般にフライアッシュを 25～50%混合して使用される。用途としては、水中コンクリート、マスコンクリート、既設コンクリートの補修・補強などがある。

FEC は、粉体としてセメントとフライアッシュを用いた 2 成分系の高流動コンクリートである。フライアッシュを 40%以上と多量に含むことにより、自己充填性に優れ打設時の締め固めが不要、水和発熱によるひび割れが発生し難い、長期強度が増進する、アルカリ骨材反応・塩害・酸害に対する耐久性に優れているなどの特徴がある。

FSC は、鉄鋼スラグと石炭灰を骨材として利用するコンクリートで、それほど強度を必要としない防波堤上部工や根固めブロック、消波ブロックなどの無筋コンクリートとして開発された。

## (2)土木建築・農林水産分野

土木分野での石炭灰の利用は、コンクリート用以外では、道路材・地盤改良材・埋立柱材などの土工材として、建築分野では、人工軽量骨材として広く利用されている。一方、農林・水産分野では、肥料や土壌改良材として利用されている。

石炭火力発電所の新設等に伴い石炭灰の大量発生が予測され、これに対処するためには本分野の利用拡大が必要であり、利用技術の開発が進められている。

### (a)道路材

フライアッシュはアスファルトフィラー材として、クリンカーアッシュは下層路盤材・凍上抑制材・遮断層材としての利用ができる。フライアッシュは、上層路盤・下層路盤・路床で使用可能である。

### (b)土木材

フライアッシュは一般的な土工材と比較して軽量であるため、盛土材や裏込材として有効活用できる。このため、石炭灰にセメントを固化材として添加して粉体状のまま利用する方法、安定化処理材として利用する方法や固化物にする方法、あるいは粒状化するなどの加工を行って用いる方法などがある。また、フライアッシュはポズラン活性が高く自硬性を有するため、軟弱地盤や建設汚泥などの改良材としての実用化が検討されている。なお、土工材として石炭灰を使用するためには、環境上問題なく使用しなければならないため、石炭灰の微量成分の溶出に関する基礎的研究も行われている。

### (c)人工軽量骨材

石炭灰とセメント等を造粒・焼成して人工軽量骨材を製造する技術が開発されている。石炭灰の含有成分が既存の建築材の化学組成と類似していることから、その特性を活用して、粘土瓦・れんが・タイルなど窯業製品の粘土代替原料やボード類(建築用内外壁材)のセメント混合材としても利用されている。

#### (d)肥料

石炭灰は微粉炭燃焼灰として、1960年にフライアッシュが、1992年にクリンカーアッシュが、特殊肥料の指定を受けている。また、石炭灰に含まれる難溶性の珪酸を有効活用する珪酸加里肥料も、年間数万t程度生産されている。

#### (e)土壌改良材

クリンカーアッシュは主成分が一般土壌とほぼ同じで、大半が $\text{SiO}_2$ と $\text{Al}_2\text{O}_3$ であり植物の生育に適している。また、無数の細孔を有し保水性が良いため、肥料の効果を永続でき、形状は砂に似ており透水性も同程度であるため、ゴルフ場の芝生土、排水不良箇所の改善、農地土壌改良などに利用されている。

#### (f)水産分野

石炭灰を利用した漁礁・藻礁の利用例は古くからある。近年では、人工湧昇流を発生させるための人工海底山脈のマウンド材に、石炭灰を利用する試みがなされている。

### (3)人工鉱物製造技術(人工ゼオライト)等

石炭灰には、セノスフェア(中空灰)、マグネタイト、シリカ、アルミナ、酸化鉄、酸化チタンなどの有価物が含まれており、その他にも微量ではあるが有価金属がある。

#### (a)物理的処理による有価物の回収

##### 1)磁選によるマグネタイト回収

フライアッシュからマグネタイト( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )の回収は、同時にSi、Al、Ti、Fe等の有価物を回収する化学処理法の前工程として位置付けられている。マグネタイトは、磁選によって回収され重選メジュームの代替品などとして利用できる。

#### (b)化学処理による有価物の回収

##### 1)直接フッ酸抽出法

化学的処理によるフライアッシュ中の有価物回収方法として、フッ酸と塩酸の混酸を用いる酸抽出法が開発されている。回収した $\text{SiO}_2$ は、高純度で(99.9%以上)微粒子 $\mu\text{m}$ 以下)状のものが得られることが特徴である。

##### 2)カルシンター法

フライアッシュにカルシウム源を加えて焼成し、酸に安定なフライアッシュ中のムライトを、酸に可溶なアノーサイトもしくはゲーレンナイトに替える方法で、Al回収率が高いことが特徴である。

#### (c)ゼオライトの生成

##### 1)人工ゼオライト

ゼオライトは、結晶性の含水アルミナケイ酸塩の総称であり、多孔質で比表面積が大きいこと、イオン交換性の陽イオンを含むこと、吸脱着可能な結晶水を含むこと、などの特徴を有する。こ

これらのゼオライトの特性を活かして、吸着剤や触媒、イオン交換剤、乾燥剤等として利用されている。石炭灰とアルカリ水溶液の混合物を水熱処理すると、その反応条件によって様々なゼオライト種が生成することが知られている。

#### (d)その他の分野への利用

##### 1)脱硫剤

石炭灰・消石灰を混合した硬化物が優れた脱硫性能を有することから、石炭灰を使った乾式脱硫技術が実用化されている。

##### 2)高分子材料(ゴム、プラスチック)の混和剤・充填剤

フライアッシュは、小さな丸いガラス玉状の微粒子の集まりであるためゴム充填剤としての利用や、炭酸カルシウム・シリカ・アルミナ・木粉・パルプ等のプラスチック混和剤代替としての利用が検討されている。

##### 3)その他

その他にも、石炭灰の特性を活用して、防錆剤・水浄化剤・鋳物砂などの適用技術が開発されている。

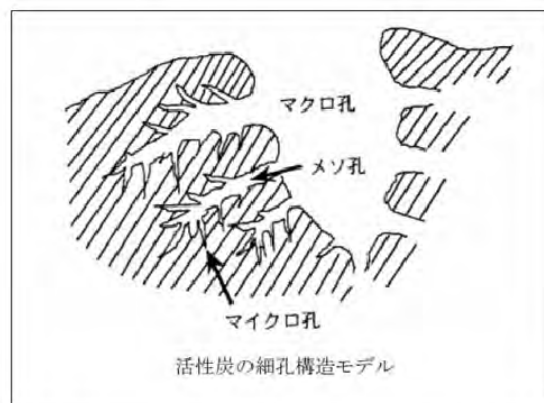
#### 1.3.10 活性炭製造技術

活性炭は基本的には非晶質であり、微小な黒鉛様結晶子とそれらをつなぐ炭化水素部分からなっており、多孔性吸着剤として知られている。活性炭が多機能である大きな理由は多孔性構造にあると考えられ、材料中に様々な孔径の細孔が分布し、孔径に応じて異なる機能が発揮されることである。ミクロ孔（細孔直径；<2nm）は大きな表面積を提供し、強力な吸着作用を示す。メソ孔（2～50nm）は触媒や脱臭用薬剤などを担持や添着するために利用でき、それぞれの薬剤によって異なる機能が期待できる。

水処理においては、この多孔性構造を利用した吸着能力を利用している。活性炭の原料は、石炭系（泥炭、亜炭、かつ炭、瀝青炭等）、木質系（ヤシ殻、木材、おが屑）、その他（石油ピッチ、合成樹脂（高分子）、各種有機灰等）に大別される。活性炭の原料と細孔径分布との関係では、ヤシ殻活性炭は石炭系活性炭に比べ孔径の小さなところに分布が集中し、孔径の大きな細孔が少ないのが特徴である。そこでヤシ殻活性炭は対象とする分子のサイズが小さな気相吸着に多用される。同じ石炭系であっても石炭化のあまり進んでいないリグナイト（亜炭）やビート（泥炭）を原料にしたものは、メソ孔が多く生成される傾向がある。従って、このような活性炭は分子サイズの大きな高分子量の物質（着色物質やフミン酸）の液相での吸着に使用される。

一般に活性炭は木質系、ヤシ殻および石炭など各種の有機物原料を炭化および賦活することによって製造される。炭化は、一般的に原料中の炭素、水素、酸素を不活性ガス雰囲気中にて 400～700°C で加熱し、揮発分の一部を除去（通常は残留揮発分を 20～35%）したのち、賦活に適した炭化物を調製する工程である。賦活は、炭化工程で生成した、炭化物を 600～1,000°C の高温で水蒸気、炭酸ガス、空気を用い反応させ炭化物中の揮発成分あるいは、炭素原子をガス化し、主に 10～100 Å の微細孔構造を発達させ内部表面積を 1,000m<sup>2</sup>/g 以上にまでにする工程を指す。

この工程によって吸着性能の優れた活性炭を得ることができる。活性炭の内部表面積、細孔分布、各種の吸着性能は、原料の種類によって大きく異なるだけでなく設定した炭化温度での保持時間などいわゆる熱履歴条件や昇温速度、各賦活温度での賦活時間、賦括ガス濃度等によって大きく異なる。図 R-68 に活性炭の細孔構造モデルとその細孔構造特性を示す。

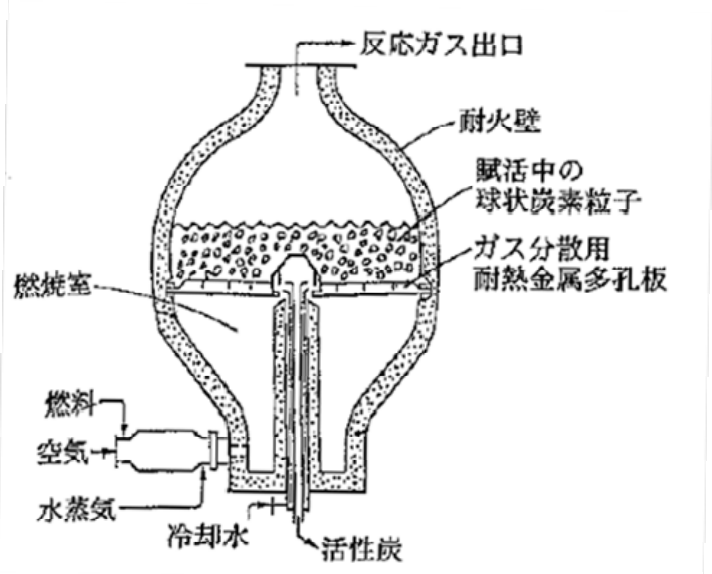


代表的な活性炭の細孔構造特性			活性炭の細孔構造モデル		
活性炭	原料	形状	用途	比表面積 (m <sup>2</sup> /g)	平均細孔直径(nm)
おが屑		粉末	脱色、精製	1,321	3.54
石炭		粒状	廃水処理	1,117	2.15
石炭		粒状	浄水高度処理	1,086	1.97
ヤシ殻		粒状	浄水器	1,038	1.77
合成高分子		繊維状	浄水器	1,178	1.60

出典：JPO (JAPAN PATENT OFFICE) HP より

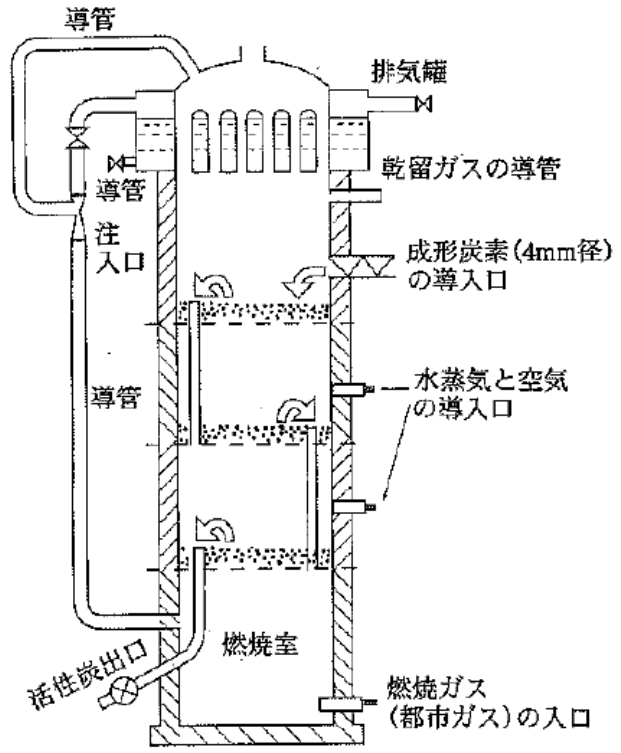
図 R-71 活性炭の細孔構造モデルとその細孔構造特性

直径が 1mm 前後で流動状態にて強度が維持できる炭素粒子の賦活には移動層炉が適している。他の炉では困難な賦活度が均一の活性炭が得られる。最近では仕様活性炭の再生炉としても多用されている。図 R-69 に単段流動賦活炉、図 R-70 に多段流動層型賦活炉を示す。



出典：テクノシステム社「活性炭の応用技術」より

図 R-72 単段流動賦活炉の概要



出典：テクノシステム社「活性炭の応用技術」より

図 R-73 多段流動層型賦活炉の概要



## 1.4 法令等

1.4.1 2003年8月21日付国家専門監査総庁第309指令「鉱山を一時的及び最終的に閉山することに対する規則」

国家専門監査総庁々長の2003年8月21日第309号指令

### 鉱山を一時的及び最終的に閉山することに対する規則

#### 1. 総合概要

- 1.1 本規則は、一時的及び最終的に閉山する鉱山会社の採掘区域の中で人間や環境に対する安全衛生上のリスクを防止し、炭鉱における鉱物資源の残存埋蔵量を確認し、これを経済的、効率的、安全的に開発するための資源として登録することを目的とする。
- 1.2. 当規則については当国内での地表面、地下、鉄鉱石の鉱山、残存物質及び資源を含む水から鉱物資源を選別し、開発操業を行っている鉱山及び地質鉱業を管理している政府実施機関（以下、「実施機関」と言う）、地方の基幹役所、事業者その他機関がそれぞれ実行する。
- 1.3. 鉱山を一時的及び最終的に閉山することに対して、鉱物資源を採掘する採掘権者（以下、「採掘権者」と言う）、実施機関、地方の基幹役所及び事業者その他機関が実施すべき対策及び要件を本規則で定めている。
- 1.4. 当該現場の鉱物資源を採掘する採掘権が有効であり、鉱物資源の採掘に関する操業を一時的に閉じることを閉山と言う。
  - 1.4.1. 鉱山の地質、水文地質、実行性可能調査の条件等の主な内容に変更があった場合は、鉱山を一時的及び最終的に閉山することができる。
  - 1.4.2. 鉱山の水利用設備はそのままにして、鉱山操業により発生した水を処理し、採掘跡及び設備等を事業用に再使用するために残すことを、“乾式で一時的に閉山する”と言う。
  - 1.4.3. 鉱山における水利用設備で処理し、鉱山操業により発生した水を利用して採掘現場跡を水で満たす方法を、“湿式で一時的に閉山する”と言う。
- 1.5. 鉱物資源の採掘に関する操業が再開されることなく、完全に終了する事業を“最終的閉山”と言う。
  - 1.5.1. 鉱山用採掘区域内における鉱物資源として定められた埋蔵量を確定し、国家鉱物資源としての登録と比較して、資源が増加する可能性がないと見なされる場合は鉱山を完全に閉山することになる。
- 1.6. 鉱山の地質、水文地質、実行性可能調査の条件等の主な内容に変更があった場合は、鉱山を一時的及び最終的に閉山することについて調整を行う。

## 2. 一時的及び最終的な閉山命令に関し鉱山会社が実施すべきこと

- 2.1. 採掘権者は当規則第4号に示している内容に従い、準備を整えること。
- 2.2. 採掘権者は鉱山を一時的及び最終的に閉山する場合、閉山の1年以内に書類で地質及び鉱山管理機関である国家専門監査機関（以下、「監査機関」と言う）へ報告すること。
- 2.3. 監査機関が鉱山を一時的及び最終的に閉山することを承認した場合は、採掘権者は準備作業対策に対する計画を作成し監査機関で承認を受けること。
- 2.4. 採掘権者が準備作業対策を完全に実施した後、鉱山を一時的及び最終的に閉山することに対し基本的に承認している正式文書を、地方の基幹役所、関連している鉱山、事業者、実施機関及び監査機関へ閉山予定前の2か月以内に提出すること。
- 2.5. 本規則第2.4号に示した機関が関連する書類を受領後1か月以内に決定を行い、監査機関へ報告すること。
- 2.6. 鉱山を一時的及び最終的に閉山することに関する事項を検討するため、実施機関、地方の基幹役所、監査機関及び当採掘権所有社の代表からなる組織として委員会（以下、「委員会」と言う）を設立すること。  
鉱山を一時的及び最終的に閉山する事業に参加する委員会委員を監査機関長の指令で任命すること。
- 2.7. 委員会は一時的及び最終的に閉山する鉱山の準備作業に対する実績を鉱山現場で検査し、記録すること。委員及び監査員等が鉱山を閉山するかどうかについての意見を記した議事録を作成すること。当議事録には以下の項目を記載すること。
  - A. 一時的及び最終的に閉山する鉱山について。
  - B. 閉山に関しての地方住民の衛生条件、安全性に対し採用した対策について。
  - C. 鉱山の一時的及び最終的に閉山に関して作成した計画に含まれる対策の実績について。
- 2.8. 監査員らが作成した議事録を14日間以内に監査機関が検討して決定すること。
- 2.9. 採掘権者の意見を考慮して、鉱山を一時的に閉山する期間を委員会で決定すること。  
決定した期間が延びる場合、採掘権者は監査機関へ再報告し、閉山期間を延長すること。
- 2.10. 鉱山を最終的に閉山することについて監査機関の決定が出た後、採掘権者は埋蔵量の報告書、鉱物資源に対する地質、鉱山測量に関する地図のオリジナルを国家地質公文書館へ提出すること。

2.11. 鉱山を一時的及び最終的に閉山する決定を下す前に、実施機関、地方の基幹役所、その他関連機関から、鉱山用設備、施設及び採掘等に関して今後使用する問題について意見を確認すること。

2.12. 鉱山は、以下の条件で、一時的及び最終的に閉山することになる。

a/ 鉱物資源の採掘作業、掘削作業を停止することについて、鉱山幹部から正式的決定が下されていること。

b/ 鉱山を一時的及び最終的に閉山することについて、作成した計画に示された採るべき対策を採掘権者が完全に実行すること。

### 3. 一時的及び最終的な閉山について鉱山が提出する必要がある書類リスト

3.1. 鉱山を一時的及び最終的に閉山するため、以下書類を添付すること。

3.1.1. 鉱山作業に対する基本的計画

3.1.2. 鉱山の総合地図、地層用断面図。

3.1.3. 地層用地図。

3.1.4. 環境保全計画に対する実績書及び修復作業に関する事業用資料。

3.1.5. 鉱物資源応用技術、鉱山測量に関する地図、資料及び鉱物資源用地図。

3.1.6. 鉱物の残存埋蔵量の確定書、及び計算書。

3.1.7. 保管場所毎の残存鉱物資源の埋蔵量及びその全体量。

3.1.8. 鉱山の鉱石、廃棄物、それらの容積、有効な混合物の量等関連する地域地図  
(縮尺 1:1,000, 1:5,000)

3.1.9. 鉱山の地表設備、施設及び水処理施設の状況、関連する箇所を記録した地図  
(縮尺 1:1,000, 1:5,000)

3.1.10. 一時的に閉山する鉱山の採掘状況、使用された地下空間の有無、鉱山操業により危険が及ぶ可能性のある箇所等を記録した地図 (縮尺 1:1000, 1:5000)

3.2. 以下の対策に関する基本的説明資料。

- ・ 鉱山の一時的及び最終的な閉山に際し、機械、設備、施設及び採掘跡場を保護すること。
- ・ 鉱山の一時的及び最終的な閉山に際し、安全性を確保し、関連する鉱山、その他事業者に影響を及ぼす可能性のある危険性を予防するための資料の記録。
- ・ 鉱山周辺を修復したことに関する資料。
- ・ 当該地域の基幹役所及び関連する鉱山、その他事業者に対し、閉山に関する報告書のコピーを提出。

3.3. 本規則の第 3.2 号に示した資料毎に鉱山の主任エンジニア、主任鉱山測量家、主任地技師等が署名することになる。

#### 4. 鉱山を一時的及び最終的に閉山することに関し、準備対象分野で実行すべき対策

4.1. 坑内掘炭鉱を閉山するには、以下の対策を実行する。

- 4.1.1. 鉱山を閉山するため採掘作業により地上に発生した穴を石、砂利で満たし、谷や窪みになっている箇所周辺や崩壊する可能性のある危険な箇所の周囲に柵及び水を流すダムを造ること。
- 4.1.2. 鉱山の坑口にある45度以上の斜坑箇所を完全に密閉する場合、2段フタになる鉄及び鉄筋コンクリートでしっかり密閉する。下位のフタを地上から10m下まで奥に設置し、上位のフタを地上表面に設置する。この二つのフタの間の空間を砂利で全て満たすこと。
- 4.1.3. 45度以下の斜坑箇所については、坑口から4～6mの距離に鉄筋コンクリートのフタで密閉し、外側から石でしっかり満たす。その密閉箇所周辺には水を流すダムを造ること。
- 4.1.4. 鉱山を乾式で一時的閉山する間は、採掘準備作業に関し、1年に約1回鉱山保安部（鉱山応急措置部）と協力して検査を行い、必要であれば、支柱等の交換或いは修理を行うこと。
- 4.1.5. 鉱山を湿式で一時的及び完全に閉山する場合は、当該地域の基幹役所及び監査機関が残置を承認したもの以外の機械、設備、施設、水道、鉄道、送電するケーブル等を運び出し、地上に置くこと。
- 4.1.6. 湿式で一時的に閉山した採掘跡地を他の目的で使用する、或いは鉱物資源を開発するため再修復する際、残された水が他の採掘場所の穴や割れ目から浸入することにより崩壊や滑りが起こることを予防するための対策を実行する。

4.2. 露天掘鉱山を閉山する際には、以下の対策を実行する。

- 4.2.1. 一時的及び完全に閉山する鉱山現場に人や家畜が落下することを防ぐため、採掘壁上部の端から5mの距離に2.5m以下の高さの柵を造ること。
- 4.2.2. 人、機械、車両が走行することになる道路周辺には注意マークを設置すること。

#### 5. その他

- 5.1. 一時的及び完全に閉山する鉱山の閉山準備が完了した時、当該地域の基幹役所が監査すること。
- 5.2. 鉱山を一時的及び完全に閉山することに関する総費用は採掘権者側が負担する。
- 5.3. 鉱山を一時的及び完全に閉山する場合、上記の規則を実施していない企業が刑事訴追を受けられない時には、“鉱物資源法”、“地下資源法”、“自然環境保全法”等の法令により措置を講ずる。

## 1.4.2 「モ」国における環境基準

### (1) 「モ」国における大気環境基準

「モ」国における大気一般汚染物に関する環境基準は、MNS4585:2007 にて下記の通り規定されている。

表 R-3 大気一般汚染物の許容含有量及び許容基準

指針	測定する 平均期間・時間	単位	許容含有量及び許容基準
化学的影響			
二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> ) *	10 分間	μg/m <sup>3</sup>	500
	20 分間		450
	24 時間		20
	1 年間		10
一酸化炭素 (CO) *	30 分間	μg/m <sup>3</sup>	60,000
	1 時間		30,000
	8 時間		10,000
二酸化窒素 (NO <sub>2</sub> ) *	20 分間	μg/m <sup>3</sup>	85
	24 時間		40
	1 年間		30
オゾン(O <sub>3</sub> ) *	8 時間	μg/m <sup>3</sup>	100
煤塵(総物質重量)*	30 分間	μg/m <sup>3</sup>	50
	24 時間		150
	1 年間		100
PM <sub>10</sub> *	24 時間	μg/m <sup>3</sup>	100
	1 年間		50
PM <sub>2.5</sub> *	24 時間	μg/m <sup>3</sup>	50
	1 年間		25
鉛(Pb)*	24 時間	μg/m <sup>3</sup>	1
	1 年間		0.5
ベンゾピレン(C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> )*	24 時間	μg/m <sup>3</sup>	0.001

出典：MNS4585:2007

「モ」国の PM<sub>10</sub> 及び PM<sub>2.5</sub> の許容基準値は WHO ガイドラインにおける PM 基準値の約 2 倍の数値で設定されている。PM 以外のオゾン(O<sub>3</sub>)、NO<sub>2</sub> 及び SO<sub>2</sub> については WHO ガイドラインの数値とほぼ同じである。

### (2) 発電所・HOB 等における環境基準

#### 1) 発電所における環境基準

##### a) 発電所及び蒸気・熱湯ボイラの排煙ガス中の大気汚染物質の排出許容量

発電所及び蒸気・熱湯ボイラの排煙ガスに関する許容基準は、MNS5919:2008 で下記の通り、一酸化炭素(CO)、酸化窒素(NO<sub>x</sub>)、二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)、フライアッシュの 4 項目を対象として設定されている。

表 R-4 酸化窒素(NO<sub>x</sub>)の最大許容量

№	能力 D, Ton/Hour (Q, M B T)	燃焼室の形	1kg 標準燃料燃焼による発生量 (g / kg.j.t)	燃焼により発生する 1MJ 熱に相関する (g / MJ)	煙中の含有量, (mg/m <sup>3</sup> )	単位期間あたりの量 (g/Sec)
1 ボイラ						
1	D=221...420	石炭ダスト容積	7.6	0.261	715.0	67.0
2	D=76...220	石炭ダスト容積	15.0	0.520	1,100.0	110.0
3	D=51...75	石炭ダスト容積	20.8	0.72	1,270	37.9
4	D=51...75	沸騰層	4.75	0.2	320	9.8
5	D=26...35	水冷却台	14.1	0.482	900	16.03
6	D=26...35	石炭ダスト容積	14.7	0.500	710	13.1
7	D=11...25	鉄鋼(鉄合金)底台	15.6	0.54	950	18
8	D=11...25	沸騰層	9.3	0.32	660	10.8
9	D≤10	鉄鋼(鉄合金)底台	21.0	0.8	1,150	14
10	D≤10	沸騰層	13.0	0.48	680	8.4
2. ボイラ						
11	12<Q≤23.26	水冷却台	30.1	1.0	1,918.0	22
12	12<Q≤23.26	鉄鋼(鉄合金)底台	20.0	0.7	1,028.7	12.2
13	12<Q≤23.26	沸騰層	15.5	0.5	1,044.3	7.9
14	4≤Q<12	鉄鋼(鉄合金)底台	25	0.85	1,500	18.0
15	4≤Q<12	沸騰層	15	0.54	900	16.0

出典：MNS5919:2008

表 R-5 二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)の最大許容量

№	能力 D, Ton/Hour (Q,MBT)	燃焼室の形	石炭換算し た硫黄分	1kg 標準 燃料燃焼に よる発生量 (g/kg.j.t)	燃焼により 発生する 1MJ 熱に相 関する (g/MJ)	煙中の含有 量 (mg/m <sup>3</sup> )	単位期間あ たりの量 (g/Sec)
1 ボイラ							
1	D=221...420	石炭ダスト容 積	S <sub>sw</sub> =0.02...0 .077	13.2	0.45	1,200	112.5
2	D=76...220	石炭ダスト容 積	S <sub>sw</sub> =0.02	20.75	0.70	1,485	164.8
3	D=51...75	石炭ダスト容 積	S <sub>sw</sub> =0.02...0 .083	33,1	1,18	1931,8	56,8
4	D=51...75	沸騰層	S <sub>sw</sub> =0.02	9.13	0.31	615	18.8
5	D=26...35	水冷却台	S <sub>sw</sub> =0.02...0 .035	27.3	0.93	1,740	30.6
6	D=26...35	石炭ダスト容 積	S <sub>sw</sub> =0.083	36.6	1.25	1,770	60.8
7	D=11...25	鉄鋼(鉄合金)底 台	S <sub>sw</sub> =0.077	35	1.2	1,690	29
8	D=11...25	沸騰層	S <sub>sw</sub> =0.077	32	1,1	1560	26
9	D≤10	鉄鋼(鉄合金)底 台	S <sub>sw</sub> =0.02...0 .077	33	1.15	1,620	27
10	D≤10	沸騰層	S <sub>sw</sub> =0.02...0 .077	30	1.05	1,500	24
2. ボイラ							
11	12<Q≤23.26	水冷却台	S <sub>sw</sub> =0.02	42.5	1.45	2,710	29.7
12	12<Q≤23.26	鉄鋼(鉄合金)底 台	S <sub>sw</sub> =0.024	32.6	1,11	1,670	19.8
13	12<Q≤23.26	沸騰層	S <sub>sw</sub> =0.02	26,4	0,90	1720	13,4
14	4≤Q<12	鉄鋼(鉄合金)底 台	S <sub>sw</sub> =0.02...0 .077	31.0	1.1	1,630	18.5
15	4≤Q<12	沸騰層	S <sub>sw</sub> =0.02...0 .077	28	0.95	1,810	14.2

出典：MNS5919:2008

表 R-6 一酸化炭素(CO)の最大許容量

№	能力 D, Ton/Hour (Q,MBT)	燃焼室の形	1kg 標準燃 料燃焼によ る発生量 (g/kg.j.t)	燃焼により発生 する 1MJ 熱に相 関する (g/MJ)	煙中の含有量 (mg/m <sup>3</sup> )	単位期間あ たりの量 (g/Sec)
1 ボイラ						
1	D=221...420	石炭ダスト容積	1.831	0.062	180	18.3
2	D=76...220	石炭ダスト容積	4.24	0.145	300	19.4
3	D=51...75	石炭ダスト容積	57.6	2.02	3,547.1	125.5
4	D=51...75	沸騰層	93.0	3.17	6,245	191.2
5	D=26...35	水冷却台	97.25	13.9	3,320	111.45
6	D=26...35	石炭ダスト容積	1.812	0.06	87.65	1.49
7	D=11...25	鉄鋼(鉄合金)底 台	13	0.45	960	58
8	D=11...25	沸騰層	11	0.4	865	53
9	D≤10	鉄鋼(鉄合金)底 台	14	0.485	1,030	62.4
10	D≤10	沸騰層	12	0.44	940	75.5
2. ボイラ						
11	12<Q≤23.26	水冷却台	181.2	6.18	12121	92.2
12	12<Q≤23.26	鉄鋼(鉄合金)底 台	78.6	2.7	4,050.0	36.2
13	12<Q≤23.26	沸騰層	54.5	1.85	3,810	54
14	4≤Q<12	鉄鋼(鉄合金)底 台	80	3.0	4,100	94
15	4≤Q<12	沸騰層	75	2.8	3,850	88

出典：MNS5919:2008



表 R-7 フライアッシュの最大許容量

№	能力 D, Ton/Hour (Q,MBt)	燃焼室の形	石炭灰	1kg 標準 燃料燃焼に よる発生 量, g/kg.j.t	燃焼により発生 する 1MJ 熱に相 関する, g/MJ	煙中の含有 量, mg/nm <sup>3</sup>	単位期間あ たりの量, g/Sec
1. ボイラ							
1	D=221...420	石炭ダスト 容積	A <sub>ш</sub> =0.84	2.35	0.08	200	50.8
2	D=76...220	石炭ダスト 容積	A <sub>ш</sub> =0.84	151.1	5.15	10,800	420
3	D=51...75	石炭ダスト 容積	A <sub>ш</sub> =0.84	304	10.5	21,000	650
4	D=51...75	沸騰層	A <sub>ш</sub> =0.84	17.7	0.6	1,200	36.5
5	D=26...35	水冷却台	A <sub>ш</sub> =0.84 A <sub>ш</sub> =1.16	187.5	6.3922	11,900	225.00
6	D=26...35	石炭ダスト 容積	A <sub>ш</sub> =0.84	218.5	7.45	10,600	194.97
7	D=11...25	鉄鋼(鉄合 金)底台	A <sub>ш</sub> =0.73	225	7.8	10,900	200
8	D=11...25	沸騰層	A <sub>ш</sub> =0.73	150	5.2	7,300	140
9	D≤10	鉄鋼(鉄合 金)底台	A <sub>ш</sub> =0.73. ..1.63	250	8.7	12,000	220
10	D≤10	沸騰層	A <sub>ш</sub> =0.73. ..1.63	170	5.8	8,000	150
2. 熱湯ボイラ							
11	12<Q≤23.26	水冷却台	A <sub>ш</sub> =0.84	23.0	0.788	1,553.5	11.76
12	12<Q≤23.26	鉄鋼(鉄合 金)底台	A <sub>ш</sub> =1.63	945.0	32.2	48,700	582.5
13	12<Q≤23.26	沸騰層	A <sub>ш</sub> =0.84	9.6	0.326	670	9.49
14	4≤Q<12	鉄鋼(鉄合 金)底台	A <sub>ш</sub> =0.73. ..1.63	230	9.5	13,000	240
15	4≤Q<12	沸騰層	A <sub>ш</sub> =0.73. ..1.63	190	7.9	10,500	200

出典：MNS5919:2008

b)新火力発電所、熱用発電所の煙突から大気中に排出される排煙ガス成分のある汚染物質の排出許容量

今後新設される火力発電所及び熱用発電所の排煙ガスに関する許容基準は、MNS 6298:2011 にて下記の通り CO、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、フライアッシュの 4 項目を対象として設定されている。

表 R-8 CO、SO<sub>2</sub>、フライアッシュの最大許容量

州	CO (mg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	フライアッシュ PM、 (mg/m <sup>3</sup> )
I州(1km <sup>2</sup> での人口密度 10 人/km <sup>2</sup> 以上 かつ 1000 人/km <sup>2</sup> 以下の地域)	180	400	50
II 州(1km <sup>2</sup> での人口密度 10 人/km <sup>2</sup> 以下 の遠い地域)	300	600	200

出典:MNS6298:2011

表 R-9 NO<sub>x</sub> の許容最高量

揮発分	NO <sub>x</sub> (mg/m <sup>3</sup> )
V <sub>daf</sub> <10%	1,100
10% ≤ V <sub>daf</sub> ≤ 20%	650
V <sub>daf</sub> >20%	450

注釈：V<sub>daf</sub> - 石炭の灰分、水分を除いた状態の揮発分

出典：MNS6298:2011

## 2)HOB 及びゲルにおける環境基準

HOB 及びゲルストーブといった低効率<sup>83</sup>ストーブの排煙ガスに関する許容基準 MNS5457:2005にて規定されている。

環境基準の対象項目は、一酸化炭素(CO)、一酸化及び二酸化窒素(NO<sub>x</sub>)、二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)、フライアッシュで、最大許容含有量が表 R-10 及び R-11 で規定されている。

表 R-10 酸化窒素及び酸化硫黄

No	ストーブ能力(Q), MWt	一酸化及び二酸化窒素「NO <sub>x</sub> 」				二酸化硫黄(SO <sub>2</sub> )			
		1kg 優良 燃料の燃 焼排出量 g/kg,j,t	1MJ 熱に 相当する g/MJ	煙中の 含有量 mg/m <sup>3</sup>	単位期間 に排気さ れる量 g/sec	1kg 優良 燃料の燃 焼排出量 g/kg,j,t	1MJ 熱 に相当 する g/MJ	煙中の 含有量 mg/m <sup>3</sup>	単位期間 に排気さ れる量 g/sec
1	Q≤0.8	6.75	0.23	450	0.3	12.0	0.4	800	0.4
2	0.8≤Q≤3.15	6.0	0.2	400	0.25	9.0	0.3	600	0.5

出典：MNS5457:2005

<sup>83</sup> 3.15MWt 未満の能力を有する水加熱用、2t/h までの水蒸気発生能力の石炭及び液体、気体燃料を利用するボイラ

表 R-11 一酸化炭素及び フライアッシュ

No	ストーブ能力(Q), MWt	一酸化炭素「CO」				揮発炭灰(ダスト)			
		1kg 優良燃料の燃焼排出量 g/kg,j,t	1MJ 熱に相当する g/MJ	煙中の含有量 mg/m3	単位期間に排気される量 g/sec	1kg 優良燃料の燃焼排出量 g/kg,j,t	1MJ 熱に相当する g/MJ	煙中の含有量 mg/m3	単位期間に排気される量 g/sec
1	ゲルストーブ	-	-	4,000	-	-	-	2,500	
2	Q≤0.8	37.5	1.28	2,500	1.8	6.0	0.15	400	0.34
3	0.8≤Q≤3.15	30	1.02	2,000	1.5	4.5	0.2	300	0.23

出典：MNS5457:2005

### 1.4.3 日本における高压ガス等保安に関する代表的な保安規則

表 R-12 は日本国法令集より抜粋したものである。

表 R-12 高压ガス等保安に関する代表的な日本の保安規則

法令(施行)	条 文
一般高压ガス保安規定 (昭和四十一年五月二十五日通商産業省令第五十三号)	第一章 総則（第一条・第二条） 第二章 高压ガスのまたは又は貯蔵に係る許可等 第一節 高压ガスの製造に係る許可等（第三条—第十七条） 第二節 高压ガスの貯蔵に係る許可等（第十八条—第三十条） 第三節 完成検査（第三十一条—第三十六条） 第三章 高压ガスの販売事業に係る届出等（第三十七条第一—四十一条） 第四章 高压ガスの製造の開始等に係る届出（第四十二条—第四十四条） 第五章 高压ガスの輸入に係る検査等（第四十五条—第四十七条） 第六章 高压ガスの移動に係る保安上の措置等（第四十八条—第五十一条） 第七章 家庭用設備の設置に係る技術上の基準（第五十二条） 第八章 高压ガスの消費に係る届出等（第五十三条—第六十条） 第九章 高压ガ排気に棄に係る技術上の基準等（第六十一条・第六十二条） 第十章 自主保安のための措置（第六十三条—第七十八条） 第十一章 保安検査及び定期自主検査 第一節 保安検査（第七十九条—第八十二条） 第二節 定期自主検査（第八十三条・第八十三条の二） 第十二章 危険時の措置（第八十四条） 第十三章 完成検査及び保安検査に係る認定等（第八十五条—第九十四条） 第十三章の二 指定設備に係る認定等（第九十四条の二—第九十四条の九） 第十四章 雑則（第九十五条—第一百三条） 附則
危険物の規制に関	第一章 総則（第一条—第五条）

<p>する政令 (昭和三十四年九月二十六日政令第三百六号) 最終改正：平成二四年五月二三日政令第一四六号</p>	<p>第二章 製造所等の許可等（第六条—第八条の五）</p> <p>第三章 製造所等の位置、構造及び設備の基準</p> <p>第一節 製造所の位置、構造及び設備の基準（第九条）</p> <p>第二節 貯蔵所の位置、構造及び設備の基準（第十条—第十六条）</p> <p>第三節 取扱所の位置、構造及び設備の基準（第十七条—第十九条）</p> <p>第四節 消火設備、警報設備及び避難設備の基準（第二十条—第二十二条）</p> <p>第五節 雑則（第二十三条）</p> <p>第四章 貯蔵及び取扱の基準（第二十四条—第二十七条）</p> <p>第五章 運搬及び移送の基準（第二十八条—第三十条の二）</p> <p>第五章の二 危険物保安統括管理者（第三十条の三）</p> <p>第六章 危険物保安監督者、危険物取扱者及び危険物取扱者免状（第三十一条—第三十五条の二）</p> <p>第七章 危険物施設保安員（第三十六条）</p> <p>第八章 予防規程（第三十七条）</p> <p>第九章 自衛消防組織（第三十八条・第三十八条の二）</p> <p>第十章 映写室の構造及び設備の基準（第三十九条）</p> <p>第十一章 緊急時の指示（第三十九条の二・第三十九条の三）</p> <p>第十二章 雑則（第四十条—第四十二条）</p>
	<p><b>【危険物】</b></p> <p>第1類 酸化性固体：そのもの自体は燃焼しないが、他の物質を強く酸化させる性質を有する固体であり可燃物と混合したとき、熱、衝撃、摩擦によって分解し、極めて激しい燃焼を起こさせる。</p> <p>第2類（可燃性固体）：火炎によって着火しやすいまたは又は比較的低温（40°C未満）で引火しやすい固体であり、出火しやすくかつ、燃焼が速く消火すること困難である。</p> <p>第3類（自然発火性物質及び禁水性物質）：空気にさらされることにより自然に発火または又は水と接触して発火し若しくは可燃性ガスを発生する。</p> <p>第4類（引火性液体）：液体であって引火性を有する。</p> <p>第1石油類：引火点が21°C未満のもの</p> <p>第2石油類：引火点が21°C以上70°C未満のもの</p> <p>第3石油類：引火点が70°C以上200°C未満のもの</p> <p>第4石油類：引火点が200°C以上のもの</p> <p>動植物油類：動物の脂または又は植物の種子若しくは果肉から抽出したもの</p> <p>第5類（自己反応性物質）：または又は液体であって、加熱分解などにより、比較的低い温度で多量の熱を発生または又は爆発的に反応が進行する。</p> <p>第6類（酸化性液体）：そのもの自体は燃焼しない液体であるが、混在する他の可燃物の燃焼を促進する性質を有する。</p> <p>指定可燃物：従来の準危険物や特殊可燃物の一部のほか、危険物の品名該当品で確認試験の結果、指定可燃物になるものもあります。そのほか、消防活動阻害物質があ</p>

	り、一定数量以上を 貯蔵または取り扱う場合は届出が必要です。綿花類, 木綿および かんなくず,ぼろおよび紙くず, 糸類,わら類,可燃性固体
石油コンビナート 等災害防止法 (昭和五十年十二 月十七日法律第八 十四号)  最終改正：平成二 四年六月二七日法 律第四一号	第一章 総則 (第一条—第四条) 第二章 新設等の届出、指示等 (第五条—第十四条) 第三章 特定事業者に係る災害予防 (第十五条—第二十二条) 第四章 災害に関する応急措置 (第二十三条—第二十六条) 第五章 防災に関する組織及び計画 (第二十七条—第三十二条) 第六章 緑地等の設置 (第三十三条—第三十七条) 第七章 雑則 (第三十八条—第四十八条) 第八章 罰則 (第四十九条—第五十二条) 附則