

である。

同時にタバントルゴイ炭のマーケット、運搬設備および能力、競争力等の確認および確保が要求される。

タバントルゴイ炭の輸送ルートについては、タバントルゴイーチョイールーチョイバルサンー豆満港（北朝鮮）ルートが、輸出ルートとして調査・検討されている。もう一つのルートとして、タバントルゴイから直接、中国へ出す方法も可能である。この地域では石炭のみならず、他の鉱物資源にも恵まれているので、地域開発計画および産業振興対策と関連づけた長期総合開発計画の立案の推進が望まれる。

(3) チャンダガンタル

チャンダガンタル炭鉱は、既存の鉄道路線から東160kmに位置する。また送電線は炭鉱の南西100kmの所を通過している。110kVの送電線が近い将来、チョイールから延長される予定である。チャンダガンタル炭鉱はCESへ石炭を出荷するのではなく、山元石炭火力発電所用に開発されるべきである。発電所で発生した電気はモンゴル東部の開発に使用されるであろう。

(4) フート、ツァイダムヌール、トゥグルグヌールおよびシビーオボー

これらの4鉱床はチョイールを中心にして同じ地域に位置している。鉄道、道路、送電線等のインフラストラクチャー設備は、同地域において利用が可能であり、既存の設備から短距離の延長により接続できる。

チョイール、バガヌールおよびナライハは、これらの鉱床の後背地として、労働力および産業面の供給基地として強力な支えとなる。フート鉱床はチョイールよりいくらか離れた所に位置するが、フート炭はシャリングル炭の代替ができる唯一のものである。これらの鉱床の周辺には螢石、鉛、石炭、ウラニウム等の鉱物資源にも恵まれている。これらの鉱物資源は、あるものは探査の段階、あるものは開発の段階にある。新しい炭鉱を開発することにより、石炭の供給およびリスクが分散される。結論として、チョイールはエルデネットおよびバガヌールに続き、鉱業の一大センターになるであろう。

3.4.2 炭鉱開発計画の選択

ショート・リストに入っている有望な開発地域の中から、ツァイダムヌール、トゥグルグヌールはCES内におけるウランバートルの発電所への低カロリー炭燃料供給地として開発されるであろう。あるいはこれらの地域は将来、山元に石炭火力発電所を建設し、そこへ石炭を供給する目的で開発されるかもしれない。これらの地域の周辺には送電線、鉄道が近くにあり、また、これら

地域の社会インフラストラクチャー設備は比較的整備されており、大型の低カロリー炭の炭鉱として開発されるであろう。

フートはシャリングル炭の代替として、中位カロリーの石炭供給として、中型規模の炭鉱として選択される。現在、シャリングル炭鉱は唯一の中位カロリー炭の供給ということで操業されており、ダルハンおよびエルデネットにおける発電所およびボイラーへ供給されている。シャリングル炭鉱は困難な採掘条件に直面している。上記の有望な炭鉱の生産規模は、大型炭鉱（ツァイダムヌールおよびトゥグルグヌール）で200万トン／年、中型炭鉱（フート）で100万トン／年を考えている。新規炭鉱からの生産量の合計は、3山で500万トン／年までである。これら3山からの石炭供給により、2010年における石炭需要を満たすことが可能となる。表3.18に3炭鉱の開発計画を示す。

(1) フート炭鉱

1) 概要

シャリングル炭鉱は現在、深度が200m以上となり、剥土比も年々増加している。可採炭量は3,000万トンしかないが、現在の生産規模100万トン／年は今後も維持されるであろう。さらに、採掘条件は悪化し、操業コストは上昇する。幸いなことに、シャリングルの炭質はバガヌールあるいはシビーオボー炭鉱のそれより優れている。

シャリングル炭の炭質は以下のとおりである。

水分（到着ベース）	: 15.0%
灰分（気乾ベース）	: 17.5%
イオウ（ " ）	: 0.7%
揮発分（無炭ベース）	: 41.0%
熱量（到着ベース）	: 3,900-4,200 kcal/kg

一方、フート炭の炭質は以下の通りである。

水分	: 13.8%
灰分	: 14.5%
イオウ	: 0.7%
揮発分	: 43.0%
熱量	: 4,800 kcal/kg

表 3.18 選定炭鉞開發計画

No	Area Name	Coal seam condition				Reserves ($\times 10^8 t$)				Development plan						
		Thickness (m)	Dip ($^{\circ}$)	Strike length (km)	Depth (m)	Stripping ratio	Reserves ($\times 10^6 t$)	Annual Production ($\times 10^3 t$)	Cumulative Coal Production ($\times 10^3 t$)	Strike length (km)	Depth (m)	Total Stripping ratio *	Average overburden removal ($\times 10^3 m^3$)	Volume of coal production	Number of equip. **	
1	Kroot	7	5	3	65	4.2	20	1,000	20,000	3	34	3.8	3,800	800	1	2
		6	5	3	55	4.2	15									
		7	2	3	58	4.2	50								4	
							85									
2	Tsaidannur		5	4 } 5 } 6 }	200	2.3	864	40,000	2	34	3.0	6,000	1,600	1	3	
														8		20
3	Tugrannur		7	15	88	4.2	288	40,000	4	47	4.2	8,400	1,600	1	4	
														8		27

(Note) * Coal within 10m from surface consists of overburden.
 ** The upper row is number of shovels and the lower is number of trucks.

フート炭鉱の炭質は、上記のようにシャリソール炭より優れており、フート炭はシャリソール炭の代替とすることができる。フート炭床のみがシャリソール炭の代替になりうる地域である。従って、フート炭床は新規炭鉱の一つとして、ぜひ開発すべきである。

2) インフラストラクチャーおよび周辺の鉱山

チョイールとゴビウブタール間には既に送電線が通っており、また、この送電線は1995年の夏までにマンダルゴビまで延長される。フート炭鉱はゴビウブタールの南40kmの所に位置している。新規の送電線を将来、マンダルゴビとタバントルゴイ間に延長する計画がある。鉄道についてはチョイールからフートへ新線約90kmを建設する計画である。さらにこの鉄道は将来、タバントルゴイへ延長される。

ウブドゥグフドゥク炭床はフートの南東、40kmに位置する。この炭床は詳細に調査され、開発のためのフェージビリティスタディが終了している。しかしながら、この石炭の硫黄分は非常に高く、5～7%の含有量である。この石炭は一般炭として燃焼用には適さないが、長期的観点から、石炭の液化の原料としては非常に魅力的である。フート炭床の近辺には多くの鉱物資源、螢石、鉛、石灰、ウラニウムなどが賦存する。この中のあるものは探査の段階にあるが、あるものは開発の段階にある。前の調査によると、フート地域には地下水源があることが判明している。飲料用水はフート炭床から15kmの位置にあり、また工業用水も50kmの位置にある。水の供給については量および質とも十分に需要を満たさなければならない。

3) 結論

- 1993年以来、小規模の炭鉱が開発されており、地方消費向けに年間数千トン生産している。
- この地域は石炭、オイルシェール、螢石、石灰石、ウラニウム、鉛等が豊富に賦存している。従って、これらの資源を総合的に開発することは非常に興味深い。
- フート炭は唯一シャリソール炭の代替のできる石炭である。
- フート炭鉱の開発は、その地域の開発およびチョイール並びにシビーオボー地域の産業開発に大きな貢献となる。
- このためには鉄道、道路、送電線、通信、水供給等の社会基盤の開発が必要である。
- この地域が開発され、社会基盤設備が整った後は、次の段階としてタバントルゴイの開発が容易になる。

(2) ツァイダムヌール炭鉱

1) インフラストラクチャーおよび周辺の鉱山

この炭床はバガヌール炭鉱の南に位置している。110kVおよび220Vの送電線がツァイダムヌール

ル鉱床の東および南に位置している。また2本の道路が鉱床を横切って走っている。バガハンガイ炭鉱および螢石鉱山が、ツァイダムヌール鉱床の周辺に位置している。

2) 結論

- インフラストラクチャー設備が周辺にある。
- 地質構造および炭質はバガヌール炭鉱と非常に近い。
- 従って、小さいインフラストラクチャーの開発コストで開発が容易である。

(3) トゥグルグヌール炭鉱

1) インフラストラクチャー

この鉱床は既存の鉄道の東25kmに賦存している。電力は110kVの送電線から供給されるが、この送電線はバガヌールからバガンジャルガランを経てシビーオボー炭鉱へ至る。220Vの送電線も利用でき、この送電線はマイントからバガンジャルガランへ通じている。バガンジャルガランは、この鉱床の周辺の町である。

2) 結論

- 地質条件、採掘条件、社会基盤の設備状況は、ツァイダムヌール鉱床とほぼ同じである。
- ツァイダムヌール同様、開発が容易でインフラストラクチャーの開発投資も少ない。

(4) チャンダガンタル炭鉱

チャンダガンタルは今回の開発候補地に選択されなかった。この鉱床の炭質は低く、一般炭資源としてのみ利用できる。この鉱床の開発は、既存の小型炭鉱の拡大ないしは新しい大型炭鉱を開発するかであり、山元石炭火力発電用に開発されるだろう。CESの送電線からチャンダガンタルまで約130kmの距離がある。また社会基盤条件として鉄道もつながっていない。

この炭鉱の開発に当たっては、「東部地域経済開発計画」といったような地域開発計画の一環として開発されなければならない。

(5) No. 2シビーオボー炭鉱

No. 2シビーオボー炭鉱は今回の開発候補地に選択されなかった。この鉱床においては既にシビーオボー炭鉱が開発されている。近い将来、この鉱床は地表設備を改善し、かつ生産量を拡大する計画である。社会基盤設備もこの炭鉱の拡大に伴い整備されていくことであろう。さらに良いことには、既存の鉄道がNo. 2シビーオボー炭鉱の近くに建設されている。

しかしながら、No. 2シビーオボー炭鉱の採掘条件はよくない。大規模のNo. 2シビーオボー炭鉱の開発は炭層の薄化、短い片盤長、小さい炭量等により不可能である。

既存の炭鉱の近くに大規模の炭鉱を開発するということは、同地域に於ける過度集中をきたす。従って、No. 2シビーオボー炭鉱を開発することは、勧告できない。過度集中地域からの石炭不足に対する安全策を考慮しなければならない。つまり、このようなリスクは低減すべきである。

(6) タバントルゴイ

タバントルゴイ鉱床は膨大な埋蔵量があり、数層の炭質はコークス用炭に分類され、その他は一般炭とされている。本鉱床は輸出用炭および国内用石炭供給源として期待されてきた。現在まで、旧東側諸国によって各種の地質調査が実施され、区域を限定した開発のフィジビリティスタディも旧ソ連によって実施された。本鉱床を大規模に開発して外貨を獲得できる輸出用炭の生産を行い、国内のエネルギー供給源とすることをモンゴル国は長年熱望してきた。

タバントルゴイ鉱床は、遠隔地の半砂漠の人口浮薄地帯に位置しており、鉄道、道路、電力、給水設備等のインフラストラクチャーが不足している。従って、本鉱床をモンゴル国内の遠隔地にある発電所の石炭供給源のみとして開発することは期待しえない。

しかしながら、輸出市場において信頼できる需要が確保されれば、タバントルゴイ炭鉱の開発優先度は第1順位となるであろう。7.1.4において、タバントルゴイは優先炭鉱として選定され、燃料用炭、コークス用炭、電力の形で輸出用に計画されている。

(7) 開発方針

フート炭の炭質はバガヌールおよびシビーオボー炭よりかなり優れており、さらにシャリングル炭よりも良好である。フート炭はシャリングル炭の唯一の代替炭である。

ツァイダムヌールおよびトゥグルグヌール鉱床は、バガヌールおよびシビーオボー炭鉱の間に位置している。

この両鉱床の周辺のインフラストラクチャー設備、鉄道、道路、送電線、通信システム、水供給、町等はよく整備されている。チョイールは鉱業のセンターとなるであろう。石炭のみならず、石灰石、蛍石、鉛、ウラニウム、オイルシェール等が産業の中心となるであろう。

結論として、将来の石炭不足分500万トン/年は、フート、ツァイダムヌール、トゥグルグヌールにより供給されよう。この3炭鉱が新規開発地として選択された。

4. 石炭利用計画

4.1 電力・熱生産部門

4.1.1 現状

モンゴルの電力設備の殆どは、外国の援助により建設されてきた。1960年代前半までは中国、これ以後はソ連、東欧諸国、特にソ連の援助により開発計画の作成、設備の建設が進められてきた。ソ連のペレストロイカの影響のもと、モンゴルでも1987年頃から政治および経済体制改革が始まり、また、この頃からソ連からの援助も停滞し、この結果、電力および熱水の供給にも影響が出てきている。

電力設備の主要部分は中央エネルギーシステム（CES）が統轄運用しており、電力と熱供給を首都のウランバートルおよびダルハン、エルデネットの地方都市に供給している。図4.1および4.2に示すように、5ヵ所の火力発電所があり、ウランバートルに3ヵ所、他の2ヵ所はそれぞれダルハン市とエルデネット市に配置されている。各発電所仕様の詳細は表4.1に示す。

中央エネルギーシステム管内以外の地域では、小規模のディーゼル発電設備により電力が供給されており、東部のチョイバルサン市には24MWの石炭火力発電所がある。

図4.1および4.2に示すように、中央エネルギーシステムの系統は1,000kmにおよぶ220kV、2,000kmの110kV送電線および35kVの配電線と変電所により連系されている。

さらにダルハン市北方において、220kV送電線によりロシアの電力システムに連系されている。しかしながら、同システムには528kWの小さな水力発電以外には水力発電設備がなく、ピーク電力の供給はロシアからの輸入電力に頼っている。

次に電力と熱供給の現状とその問題点を記述する。

(1) 電力供給設備

石炭火力発電所は、国内炭の最大の消費者である。

最も新しく、最大の設備容量を持つウランバートル第4火力発電所は、1983～1991年の間に順次運用開始された。すべての火力発電所は熱供給、熱水供給と発電の併給システムとして設計されている。それは全てロシアの設計であり、予備品不足や不十分な保守のため急速に設備の劣化が進んでいる。また、石炭の供給面および利用設備面にも問題点がある。結果として、設備合計出力796MWにもかかわらず、現在のピーク480MWをも十分に供給できずロシアからの供給に頼っている。

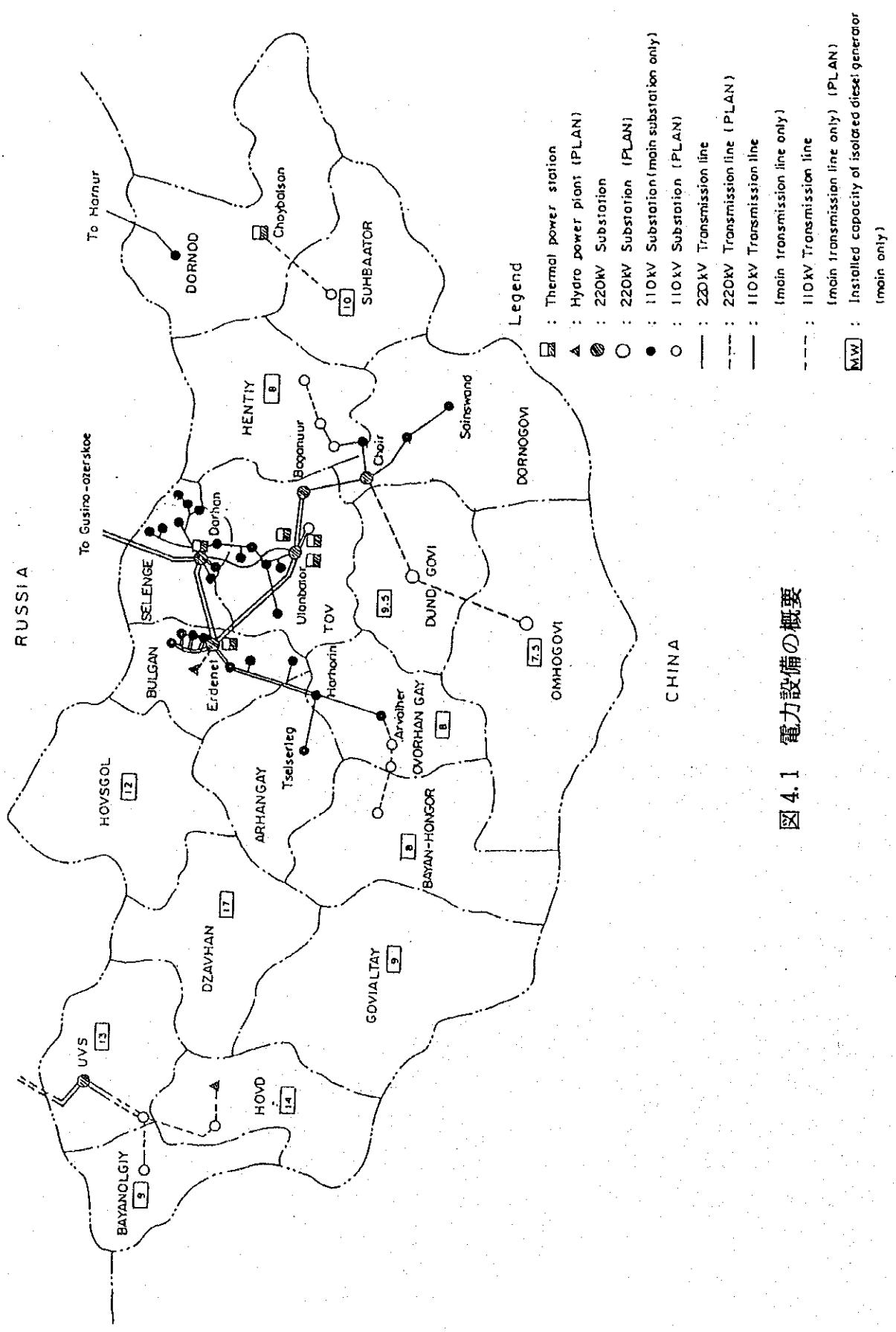


図 4.1 電力設備の概要

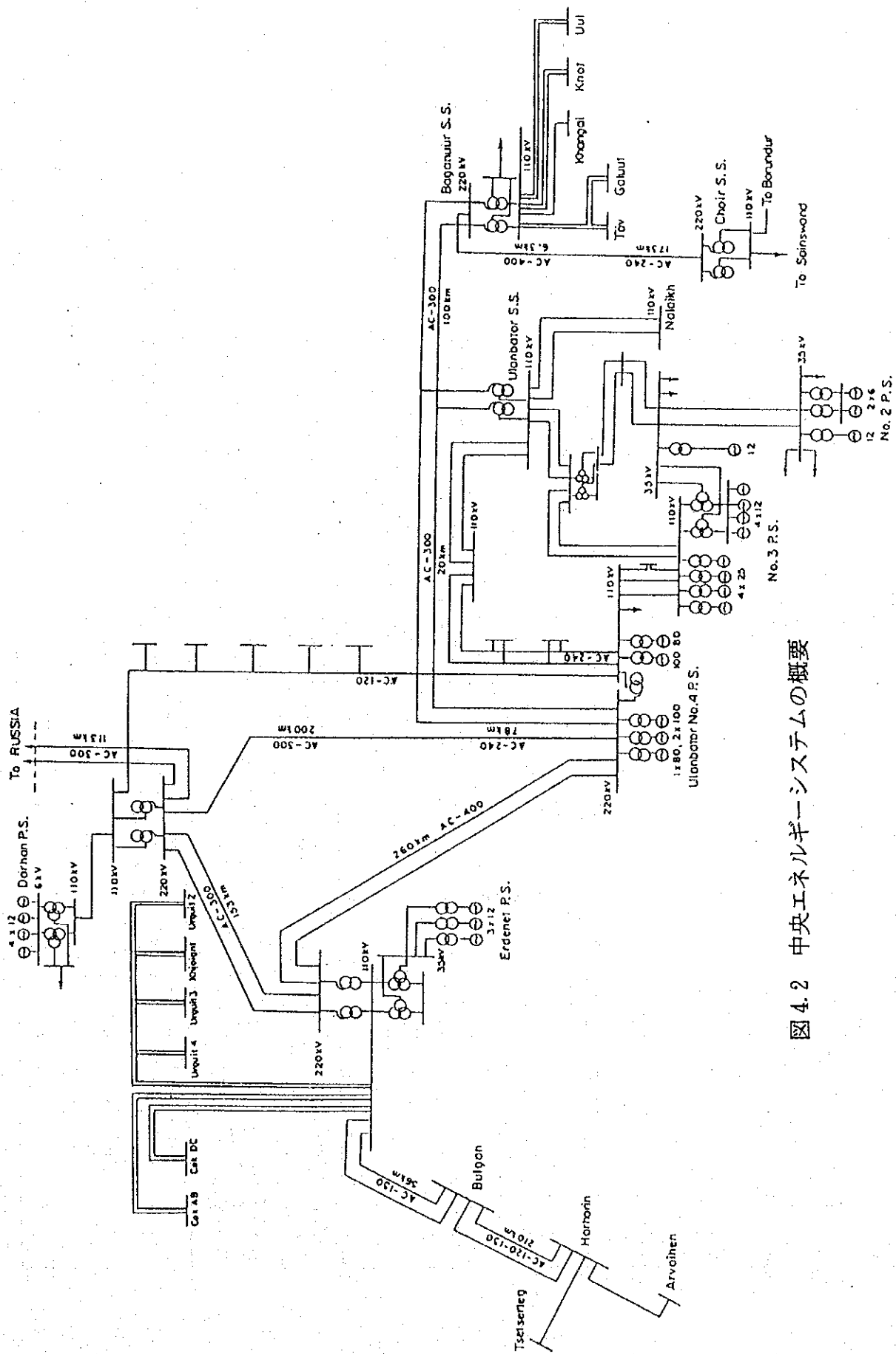


図 4.2 中央エネルギーシステムの概要

表 4.1 発電及び熱供給設備(1993)

Name of Plant	Boiler	Turbine-Generator	
	Rating, year of commissioning	Unit No. & capacity	Year of commissioning
<u>Central Power system</u>	(MW)		
Ulaanbaatar No. 2	(1) 35 t/h, 1960 (3) 35 t/h, 1961 (4) 75 t/h, 1969 (5) 75 t/h, 1969	No. 1 6 No. 2 6 No. 3 12	1960-10 1961-12 1978-8
(S-Total)		(24)	
Ulaanbaatar No. 3	(1) 75 t/h, 1968 (2) 75 t/h, 1969 (3) 75 t/h, 1969 (4) 75 t/h, 1969 (5) 75 t/h, 1973 (6) 75 t/h, 1975 (7) 220 t/h, 1976 (8) 220 t/h, 1977 (9) 220 t/h, 1978 (10) 220 t/h, 1979 (11) 220 t/h, 1979 (12) 220 t/h, 1980 (13) 220 t/h, 1981	No. 1 12 No. 2 12 No. 3 12 No. 4 12 No. 5 25 No. 6 25 No. 7 25 No. 8 25	1973-8 1973-12 1974-7 1975-12 1976-12 1977-12 1978-12 1979-12
(S-Total)		(148)	
Ulaanbaatar No. 4	(1) 420 t/h, 1983 (2) 420 t/h, 1984 (3) 420 t/h, 1984 (4) 420 t/h, 1985 (5) 420 t/h, 1986 (6) 420 t/h, 1987 (7) 420 t/h, 1990 (8) 420 t/h, 1991	No. 1 80 No. 2 100 No. 3 100 No. 4 100 No. 5 80 No. 6 80	1983-10 1984-11 1985-12 1986-12 1990-2 1991-12
(S-Total)		(540)	
Erdenet	75 t/h x 9, -	No. 1 12 No. 2 12 No. 3 12	1987 1988 1989
(S-Total)		(36)	
Darhan	75 t/h x 9, -	No. 1 12 No. 2 12 No. 3 12 No. 4 12	1965-10 1966-2 1966-6 1966-12
(S-Total)		(48)	
Total in Central Power System		796 MW	
<u>Isolated System</u>			
Choybalsan	-	No. 1 6 No. 2 6 No. 3 12 No. 4 12	1969-10 1969-11 1979-12 1982-10
(S-Total)		(36)	
Scattered diesel plants		about 185 MW in total	
Total in Isolated Systems		221 MW	

(Source) MEGM. Aug. 1994

表 4.2 モンゴルのディーゼル発電容量

(the end of 1993)

Capacity Provinces	the unit capacity of diesel power station (MW)													Total genera- tion	Total cap. (MW)
	0.06	0.1	.16	0.2	0.3	0.32	0.4	0.63	0.69	0.8	1.2	1.8	2.5		
Arhangay	14	13						1		7				35	8.4
Bajanulgi	29	18	1			2			8					58	9.9
Dajanhongor	35	10		2		3			5			2		57	12
Dulgan	5	2												7	0.5
Gobi-altay	46	13				2			8			2		71	14
Domot	17	12		12		4				1			1	47	9.2
Dornogobi	18	6								4			2	30	9.9
Dundgobi	21	16		1		2				6				46	8.5
Zavhan	39	17			3	5				11	4			79	20
Uvurhargay	38	4		1	2			2		4				51	7.9
Umnugobi	16	13	3					4		7				43	11
Subbaatar	16	11				3				8				38	9.4
Selenge															
Tuv	7	2			2									11	1.2
Uvs	35	17		2	2	3			7		4	1	1	72	20
Howd	18	10				5			5		6			44	14
Hubsugul	32	21				4	2	2	10	1		2		74	19
Hentii	20	7	2			9				8				46	12
Total quantity	406	192	6	18	9	42	2	9	43	57	14	7	4	809	
Total cap. (MW)	24	19	0.9	3.6	2.7	13	0.8	5.7	30	46	16	13	10		185

Note: Army services diesel power stations are not included in the above list.

(Source) MEGM. Aug. 1994

現有の発電・熱供給システムは、ウランバートル、ダルハンおよびエルデネットの都市部に位置しており、そこで消費される石炭は運賃をかけて鉄道で運ばれている。低品位炭の燃焼と不十分な公害対策設備のため、大気汚染による市民生活への悪影響も起きている。

1) 現有ボイラー設備の問題点

ウランバートル第4発電所は出力540MWで、中央エネルギーシステムの全発電設備の約70%を担っている。

ボイラー設備仕様（合計8ユニット）

ボイラー容量:	420トン/時
ボイラー圧力:	140kg/cm ² g
蒸気温度:	560℃
設計石炭発熱量:	4,000kcal/kg

上記ボイラーは1950年代における日本のボイラーの製品と技術的に同等のものである。

同発電所にはバガヌールの石炭が運用当初から供給されている。その発熱量は3,500kcal/kgであり、品質管理が不十分のため段々低下してきている。特に最近では発熱量3,000kcal/kg以下で、水分30%を含む多量の乾燥用空気を必要とするシビーオボー炭を使わざるを得ないこともある。最近の不十分な品質管理のため、ボイラー圧力が140kg/cm²から100kg/cm²、蒸気温度が560℃から540℃に低下している。その結果、タービン効率も低い状態で運転が続けられている。安全と安定的な運転のため、高価な輸入重油が助燃のため使われている。発電所に供給される石炭には大きな塊りや岩石、金属および他の不純物が混ざっており、ベルトコンベアやホッパー等に大きな損傷を引き起こしている。

石炭火力発電所の運転保守上のトラブル発生の原因は、下記の通りである。

- 不十分な設備保守
- 予備品不足
- 石炭の品質の悪さと発熱量不足（設計値と異なる）
- 石炭関連設備の貧弱さ
- 不十分な灰処理設備
- 不十分な公害対策設備

(2) 熱供給システム

モンゴルにおける寒季の地域暖房と熱水の供給は、9月15日から翌年の5月15日まで行わ

れる。工場への蒸気の供給は1年を通して行われる。ウランバートルにおいては、3ヵ所の発電所それぞれから電力と熱が供給される。蒸気はタービンの中間段から抽出し、熱交換機を介して蒸気と熱水を供給している。熱水供給用配管径は800mmから1,200mm、敷設長さは約240kmである。また、エルデネット、ダルハンでも同様に火力発電所から熱水を供給している。ウランバートル市の熱水の供給条件は、次の通りである。

- 蒸気(工業用):圧力 8-13kg/cm²
 温度 送り 250~300℃
 戻り 70℃
- 熱水(暖房用):圧力 0.5-1.5kg/cm²
 温度 送り 150℃
 戻り 70℃

これらの熱供給システムも、不十分な保守と運用から発電設備と同様に設備の老朽化が進んでいる。

4.1.2 電源開発計画

(1) 基本的な将来計画

最大電力（ピーク電力）の伸びは下記の如く想定される（MEGMの予測は表4.3に示す）。

	(低ケース)	(高ケース)
2000年	518MW	545MW
2005年	695	787
2010年	980	1,239

上記のような電力需要の伸びに対処するため、まず、中央エネルギーシステム管内の3ヵ所のウランバートル市内およびダルハン市、エルデネットのそれぞれの石炭火力発電所におけるボイラー、タービンの主要設備だけでなく、その他の付属設備を含みリハビリテーションが、定格出力の確保および設備延命のために必要である。

表 4.3 CES 地域の電力需要の推移と予測(1985-2010)

Years	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010
Power consumption						543	565	620	655	685	730	775	930	1082
Peak load	442	530	485	459	464	473	485	530	560	590	630	660	750	872
Reserve power						70	80	90	95	95	100	115	180	210
Installed capacity	509	689	710	796	796	796	796	796	796	796	851	994	1428	1628
Available power	398	539	469	447	400	488	536	606	636	636	691	834	1238	1400
CFPP-2	21	15	11	10	13	13	12	12	12	12	12	0	0	0
CFPP-3	136	102	76	99	83	93	110	110	110	110	110	110	110	90
CFPP-4	195	380	335	321	269	340	360	430	460	460	460	460	430	430
Darhan CFPP	46	24	31	17	19	24	36	36	36	36	36	36	36	24
Erdent CFPP	0	18	16	16	16	18	18	18	18	18	18	18	18	12
New power plant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	400	600
Eglin gol HEP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	110	220	220
Choibalsan CFPP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24
Excess (power)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	308	318
Power shortage	-114	-72	-96	-12	-64	-55	-29	-14	-19	-49	-29	0	0	0

(Source) MEGM. Aug. 1994

エギン水力発電所(55MW×4=220MW)がまず建設され、2000年頃には運用開始される予定である。エギンはモンゴルでの初めての大容量水力発電所であり、中央エネルギーシステムの系統近くに位置している。同発電所は中央エネルギーシステムとして十分に供給できていないピーク電力に対応するように計画されている。

次に開発されるべき発電所としては、バガヌールまたはその他の中央部か南部地域における山元火力発電が考えられる。首都ウランバートルを除く中央部には発電所はないが、山元火力発電を行うには十分な石炭埋蔵量があり、生産能力がある。現在の中央エネルギーシステムは、ロシアとの連系以外は火力発電所だけで構成されている。火力発電による深夜の余剰電力を利用した揚水発電所が、エギンに次ぐ水力発電所として2010年頃システムに組み入れられることが望まれる。揚水された水は、ピーク電力の供給や季節的なピーク電力の供給に有効である。送電システムの拡張計画として、チョイバルサンとの連系を含め東部や南部方面への拡張が計画されているが、システムの損失が増加するという問題もあるので十分な配慮が必要である。

(2) 石炭火力発電所

中央エネルギーシステムは、金属、石炭、その他の国内資源等の鉱工業開発や民間への電力供給のため、東部や南部へ拡張されようとしている。これに対応するためには、ウランバートル市内における新規発電所建設や既設発電所の増設ではなく、石炭鉱山における山元火力発電が推奨される。次に山元火力発電の優位性を述べる。

- 鉄道による石炭輸送のトラブルが発生しない。
- 発電所における石炭の貯蔵を最小限にできる。
- 石炭の調達や品質の管理が容易である。
- 首都ウランバートルへの電源集中が避けられる。
- ウランバートルから東部や南部への長距離送電による損失が軽減される。
- ウランバートルの環境問題の拡大を止められる。

石炭開発の可能性調査および供給能力の観点から、バガヌール、シビーオボーおよびタバントルゴイにおける山元火力発電開発が推奨される。

(3) 山元発電

山元火力発電所の地点選定においては、下記の項目を審査、評価の上決定される。

- 計画地点への立入が容易である。

- 地形的、地質的な条件に恵まれている。
- 発電所、貯炭、灰捨場等十分な面積を有する。
- 将来増設分のスペースが十分に確保できる
- 電力系統安定運用に問題がない。
- 十分な冷却水が得られ、温排水による問題が発生しない。
- 良質かつ十分な飲料水が近接地域で得られる。
- 建設工事用電力が得られる。
- 重量物の輸送が可能である。
- 建設材が入手可能である。
- 電力消費地に近い。
- 環境上の問題が少ない。
- 十分な労働力が確保できる。

発電所計画候補地点の評価および建設費用の検討の結果に基づき、最適地点の決定および設備容量が決定される。しかしながら、どの地点も先に述べた全ての項目を満足させることはできない。従って、如何にして技術的に問題点の解決が可能か、またそのコストはいくらかかるかによって最終決定がなされる。

山元火力発電所の候補地点として、バガヌール、シビーオボーおよびタバントルゴイの3ヵ所が石炭資源およびCES系統への距離等から判断して検討された。

上記3鉱山の炭質を下記の表4.4に示す。

表 4.4 3 鉱山の石炭性状

	Minable Cap. (MT)	Coal Quality					
		Moisture (arc) %	Ash (d) %	Vol. (daf) %	S (d) %	Calorific Value	
						(arc) Kcal/kg	(daf) Kcal/kg
(1) Baganuur	515.8	31.0	12.1	44.6	0.4	3,870	7,070
(2) Shivee- Ovoo	564.1	43.6	17.3	45.7	0.9	2,690	6,600
		34.5	8.7	44.0	0.5	3,610	6,700
(3) Tavantolgoi	3,500.0	6.9	14.9	32.8	0.8	6,500	7,700 - 8,400

1) バガヌール

バガヌール炭鉱のあるバガヌール市は、首都ウランバートルから120km南東に位置した人口12,000人の町である。同市はバガヌール露天掘り炭鉱の開発を目的として1980年に設立されたもので、炭鉱は1982年に年間約200万トンの計画規模で開発され、年毎に増産されピーク時には400万トンに達した。

バガヌール炭鉱で産出された殆どの石炭は鉄道でウランバートルへ運ばれ、ウランバートル第3および第4発電所で発電および熱供給システム用に消費されている。バガヌールにおける山元火力発電は、ソ連（USSR）と日本コンサルティング協会（JCI）によって、当時増加が予想された電力需要に対処するためにフィジビリティスタディが行われた。

新規発電所建設地点としてバガヌール市を選定し、抗口発電所とする計画は、下記の理由により妥当であると判断される。

- (a) バガヌール炭鉱は電力の最大消費地であるウランバートル市から約120kmと比較的近く、確認済み埋蔵量も5億6,700万トンと十分な量を保有している。
- (b) 同炭鉱はすでに年間約400万トンの規模で出炭され、採掘設備、道路、住宅等のインフラもかなり整備されており、出炭量の増加にも容易に対応可能である。
- (c) 同市には中央エネルギーシステムの一部として220kV送電線が2回線設置されており、ウランバートル向けに400MWの送電容量があるため新規に送電線を布設する必要がない。
- (d) 同市には1979年に鉄道が布設されており、ウランバートルや他の地点からの発電所建設資機材の輸送が容易である。
- (e) 同市には将来的に自動服縫製工場、食品工場、硝子工場、鉄筋コンクリート工場等種々のプロジェクトが計画されており、新規発電所の発生電力を地元でかなり消費できる他、同発電所を熱併給プラントとすることで、将来の同地区の熱需要の伸びにも対応可能である。
- (f) ウランバートルに新規発電所を建設した場合、バガヌール～ウランバートル間の既設鉄道の石炭輸送能力が不足し、新たな鉄道建設の必要性がある。
- (g) 同市の近くに川があり、その水を冷却システムに利用できる。

2) シビーオボー

シビーオボー鉱山は、首都ウランバートルの南東約260km、先述のバガヌール炭鉱の西方約100kmの所に位置している。同炭鉱は1992年に開発され出炭量は約60万トンあるが、可採埋蔵量は5億6,400万トンであり、生産された石炭の殆どはウランバートルに鉄道輸送され第4発電所で使用されている。

- (a) シビーオボー鉱山は中国からウランバートル経由ロシアへの鉄道近くに位置しており、少ない投資コストで輸送が可能である。

- (b) なお、中央エネルギーシステムの220kV送電線にも近い。
- (c) 同鉱山には約5億6,000万トンの可採量がある。
- (d) 炭質から判断して山元での消費が望まれる。
- (e) 発電所用冷却水はそれほど遠くない所から取水可能である。

3) タバントルゴイ

タバントルゴイ鉱山は首都ウランバートルの南方540km、地方都市ダランザガットの南東96kmに位置している。同鉱山は非常に大きな炭田であり、かつ表4.4に示すように、炭質は高品位炭である。しかしながら、現在の産出量は先述のバガヌール、シビーオボーと比較して少なく、年産約10万トン程度である。

下記の点から、タバントルゴイの山元火力発電開発優先順位は先の2地点より低く、輸出用炭鉱として開発することが望まれる。

- (a) 同地点は電力需要地点から余りにも離れている。
- (b) 近くに発電所用冷却や洗炭用の水がない。
- (c) 炭質は輸出用として輸送するに値するものである。

(4) 流動床燃焼方式(FBC)

流動床ボイラーは低品位炭を含む多種多様な燃料を使用するために開発された。一般的に石炭の燃焼にはストーカ式、微粉炭方式、流動床の3方式があり、流動床方式は他の二つの方式の中間的な燃焼方式である。

流動床方式では、灯油等の補助燃料によりベッド材である砂や石灰岩を500~600℃に加熱する。石炭サイズ4~6mm(最大12mm)のものをボイラー内に供給し、石炭の燃焼を開始して炉内温度を800~850℃に保ち、補助燃料の供給を停止する。

炉内に設置された蒸気管が加熱され、蒸気が発生する。低温燃焼のため、NO_xの発生は他の方式よりも低く抑えられる。さらに石炭と同時に石灰岩の燃焼による反応により、直接脱硫が行われる。さらに脱硫されたイオウ分と石灰岩の反応により石膏ができる。燃焼の状態は火山の噴火に似ている。流動床燃焼方式(FBC)は微粉炭燃焼方式(PCF)に比べて下記のような多くの優位性がある。

- (a) 多種多様な燃料の燃焼が可能である。

一つのボイラーで多品質の石炭を燃焼できる。

PCF：設計炭のカロリー±10%変化対応可能

FBC：設計炭のカロリー±20%変化対応可能

(b)環境対策面で経済的な燃焼方式である。

- NO_xの発生を低く抑え、かつ脱硫のための高価なガス処理装置を設置する必要がない。
- DeNO_x、DeSO_xの設備費および運転費はP C Fの約50%である。

(c)熱伝導率が高い。

ベットに内装された加熱面の熱伝導率は極めて高い。

熱伝導率

P C F : 49kcal / m². h. °C

F B C : 267kcal / m². h. °C

このため熱伝導面積を小さくでき、経済的な設計となる。従って、F B Cを採用したプラントはP C Fに比して5~10%安価になる。

(d)モンゴルにおけるF B Cの採用

モンゴルの石炭は熱量が多様であり、F B Cの採用が望まれる。特に山元火力発電では有効である。流動床ボイラーの効率、運転面および保守面においては、微粉炭ボイラーとほぼ同等である。特に環境対策面については、他の方式に比して極めて優位である。

(5) 直流送電(HVDC)による電力輸出

多量に賦存するモンゴルの石炭を発電に利用しそれを輸出することは、モンゴル経済の発展にとっては一いつの画期的な計画である。

一般的に大容量の電力を長距離送電する場合、送電鉄塔を小さくできるため、交流送電より直流送電の方が適している。さらに直流送電方式は、送電安定限界がないので、システム安定策がとりやすいこと、設備の短絡容量を増やすことなく大電力と接続したり、電力の急速コントロールが可能である。このため直流送電はより一般的に使われるようになっている。モンゴルに賦存する大量の石炭を有効利用し山元火力発電所を建設し、その電力を中国、韓国、日本等の近隣諸国に輸出することは、可能性のある計画である。次に示す技術および経費に関するデータが、この計画の可能性を示唆している。

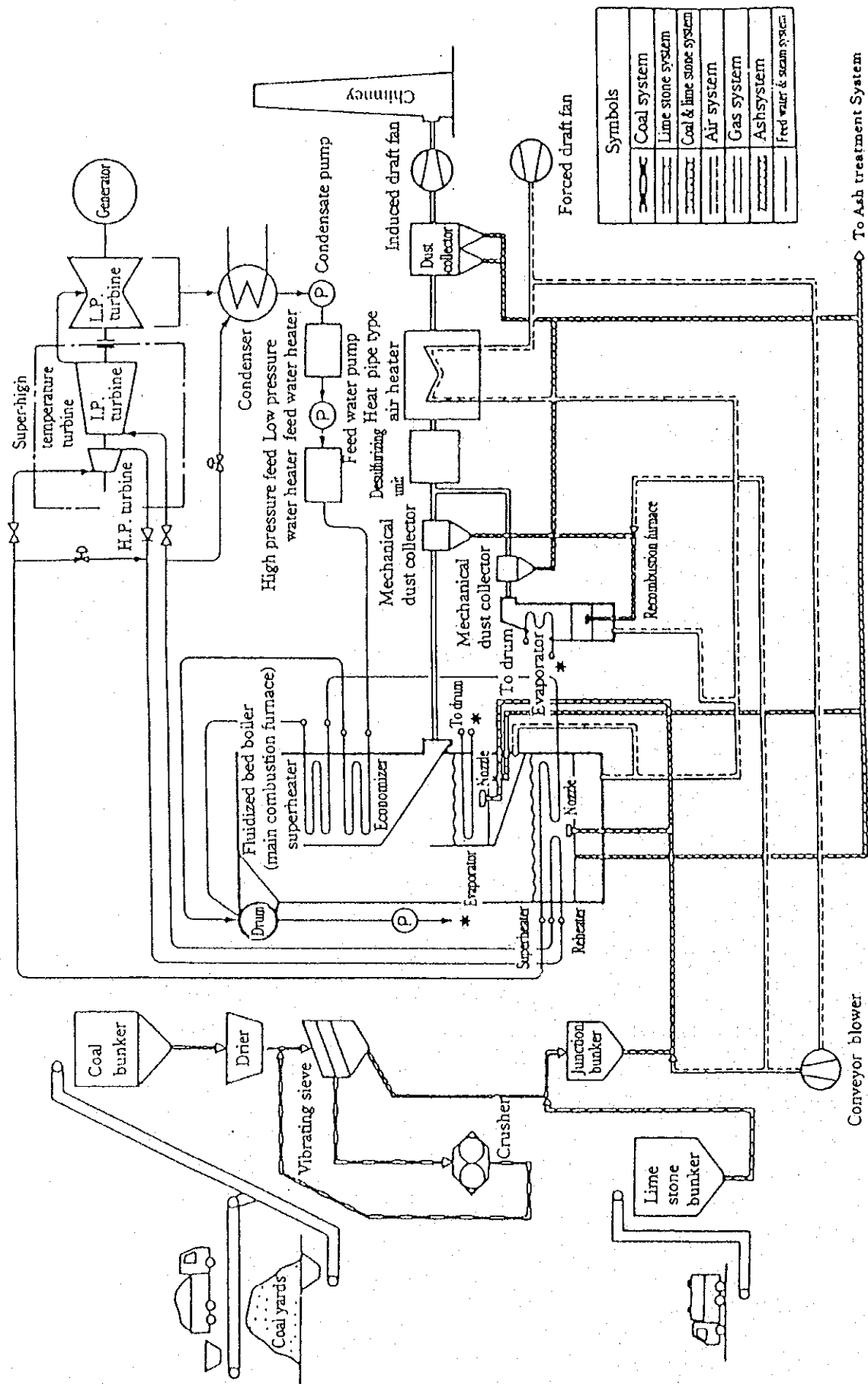
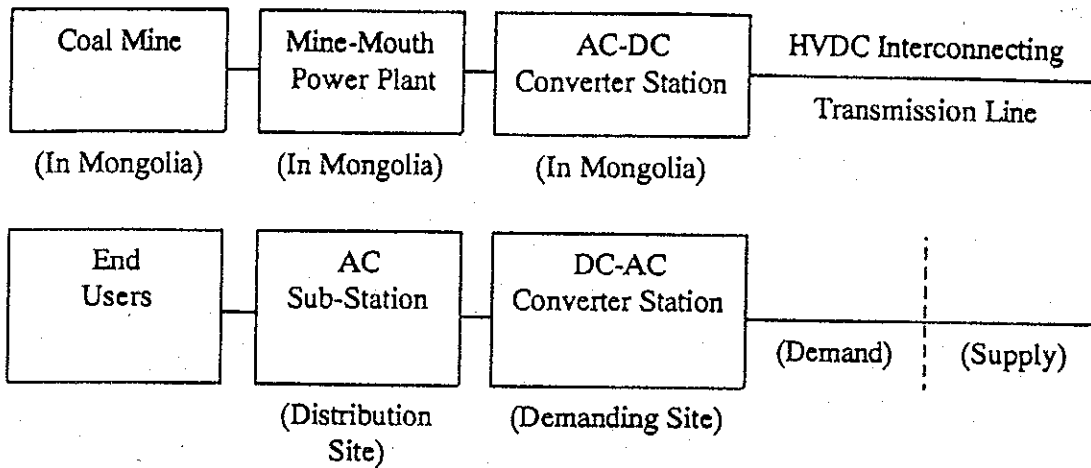


図 4.3 流動床ボイラー

1) 計画概念図を下記に示す



2) 計画概要

- a) 石炭消費量 = 900万トン
- b) 発熱量 (カロリー) = 6,200kcal/kg (タバントルゴイより)
- c) 設備利用率 = 70%
- d) 燃焼効率 = 38%
- e) 発電機出力 = 4,000MW (500x8)
- f) 直流送電電圧 = ±500kV
- g) 送電距離 = 1,200km (タバントルゴイより)
- h) 電線サイズ&系数 = 610mm²x4x2
- i) 交直変換所 = 双極
- j) 送電損失 = 11.4%
- k) 所内率 = 6.5%
- l) 変換所損失 = 1.25x2=2.5%

上記数字は下記の如く分類される。

- 計算により求められた数字 : (a), (g), (l)
- 計算に用いたデータ : (b), (d), (e), (f), (h)
- 前提条件 : (c), (j), (k), (l)

3) 見積りおよび想定価格

(a)石炭価格	: 10US\$/トン
(b)収入	: 90MUS\$/年
(c)資本費	
発電所	: 4,000MUS\$
変換所	: 800MUS\$ (2ヶ所)
送電線	: 600MUS\$

(d) 想定電力価格 (税引前)

送電端電力価格	: 3.0セント
消費地電力価格	: 3.9セント

上記計算は次の前提条件および計算式による。

a) (c)項 資本費(US\$)

$$\begin{aligned} \text{発電所} &: (1,000\$/kW) \times (4,000 \times 10^3 kW) \\ &= 4,000 \times 10^6 \$ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{変換所} &: (100\$/kW) \times (4,000 \times 10^3 kW) \times 2 \\ &= 800 \times 10^6 \$ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{直流送電線} &: (0.5M\$/km) \times (1,200km) \\ &= 600 \times 10^6 \$ \end{aligned}$$

b) 耐用年数

発電所 : 25年

変換所 : 30年

送電線 : 50年

c) 金利 : 5%

d) 資本回収係数

発電所 : 7.10%

変換所 : 6.51%

送電線 : 5.48%

e) 年経費率

	発電所	変換所	送電線
資本費	7.10 (%)	6.51 (%)	5.48 (%)
操業費	4.90 (%)	4.49 (%)	2.52 (%)
諸 税	3.00 (%)	3.00 (%)	2.00 (%)
合 計	15.00 (%)	14.00 (%)	10.00 (%)

4.2 鉱工業および建設部門

4.2.1 石炭利用の現状

本部門における石炭消費量は、2.1.3に示す如く全消費量の15%を占め、電力熱供給部門に次いでいる。主要需要先はエルデネット銅鉱山、ダルハン、フートルの2カ所のセメント工場、ウランバートルおよびダルハンの煉瓦工場、ボルオンドールのモンゴルソヴトヴェトメト螢石選鉱場等である。セメント工場では石炭はセメントキルン焼成用に消費されるが、他の金属鉱山を含む鉱工業では、石炭は蒸気と熱水を供給するために消費されている。また、ウランバートルとダルハンでは、主要工場は熱併給発電所の近くに建設され、蒸気の供給を受けている。セメント等建設材料工業は、しばしば工場に供給される石炭の品位が低いために生産上の問題が起こっている。セメントおよび煉瓦工場では、石炭の発熱量の低さと高灰分のため、製品の仕様が規格に達しないという事態に直面している。

ダルハンには製鉄所があるが、屑鉄を原料とする電気炉製鉄所であるので、現状では石炭の需要はない。

4.2.2 鉱工業における主要石炭利用計画

(1) 鉱業

エルデネット銅鉱山の銅鉱石の生産量は、1993年の1,700万トンから1995-2000年に年産2,000万-2,500万トンに増加し、これに伴い、石炭需要量も1993年の25万トンから1997-98年には年間55万トンに達するものと思われる。現状ではエルデネットに供給される国内炭は84,000トンのみであり、残りの16万トン余りはロシアから輸入されている。

フートルのボル・オドル螢石鉱山の生産量は、1997年には40万トンに増加する予定である。ドルノド県のチョイバルサン市から約120キロに位置するウラーンには鉛および亜鉛鉱床があり、1998-2000年に年産200万トンが開発される予定である。ドルノド県ツァブには、年産10万トンの鉛および亜鉛鉱山が2000-2003年に開発される予定である。また、ヘンティ県のバガヌール駅から約170キロ東に位置するウンドゥル・ツァガーンの年間500万トン規模のタングステン鉱は、2005-2008年に生産を開始する予定である。

上記の他、以下の計画がある。

- ・ボロ金鉱山と米国企業との合弁事業で金を1998年開発開始予定
- ・カナダ企業との合弁会社“Mongolian Golden Reservation”により開発されるブマト金鉱山

(生産開始予定1998年)

また、チョイバルサンにウラニウム精錬工場の計画があるが詳細は不明である。

(2) セメント

既存するセメント工場の年産能力70万トンは、2000年における国内の総需要量に匹敵し、数字上は現有能力で2000年の需要を賄える計算になる。現在計画中の新設工場のうち、大規模工場は輸出用であり、小規模工場は国内消費用である。シビーゴビセメントプラントは2000-2005年に完成する予定で年産120万トンの能力を有し、製品は輸出する計画である。バヤンゴル県およびホブスゴルに、年産5万トンから20万トン規模のプラントを2000年までに建設する予定がある。また、年産1万トン規模の小規模工場を、1998-1999年に数ヶ所建設する計画がある。

(3) 鉄鋼

ダルハンに年産32万トンの海綿鉄の直接還元プラント“ダルハン製鋼工場”の建設が計画されている。石炭は還元剤として、褐炭であるシャリングル炭が用いられるが、所要量は製品1トン当たり1トンであるので、年間所要量は32万トンとなる。年間所要エネルギーは3,800万kWhと推定される。原料鉄鉱石は、ダルハンから100km離れたツメルテイから供給する予定である。ツメルテイは5億7,500万トンの埋蔵量を有する大鉱床であるが、比較的低位(50-60%)で高硫黄分(4%以下)である。通産省(MTI)の情報によれば、生産開始は1998年を予定している。

4.3 農牧業部門

4.3.1 現状

農牧業部門における年間石炭消費量は1980年の32.2万トンから1987年には51.7万トンに達したが、1993年には61,000トンに減少している。この量はモンゴル全消費量の1%に当たるが、この値はここ数年間あまり変化しないものと思われる。石炭は温室の暖房や農牧民の厨房や暖房に使用されていると思われる。

4.3.2 主要石炭利用プロジェクト

現状では特定の石炭利用計画は見受けられない。農牧業部門での燃料源は石炭、木材、家畜の糞を含むバイオマスである。森林資源保護のために、木材の代替として石炭および石炭製品、特にバ

イオ・ブリケットのこの分野での利用が推奨される。

4.4 公共事業および民生部門

4.4.1 現状

2.2.4項に記載の通り、民生部門の石炭消費量は1980年の42.7万トンが1986年のピーク78.4万トンを経て1993年には209,000トンに減少しているため、この量はモンゴル全所要量の2-3%に相当する。用途は厨房ならびに暖房用燃料である。

4.4.2 主要石炭利用プロジェクト

家庭内での石炭は暖房用および厨房用として小型ストーブやかまどで燃やし、燃焼ガスは直接大気に放出される。家々の煙突の高さはそれほど高くないので、なんら処理されていない排気ガスは、あまり拡散せずに地表に落下してくる。この民生用石炭による排気ガスによる汚染低減のためには、石炭生焚の代わりに石炭ブリケットの利用が推奨される。石炭ブリケットについては第7章に詳述する。

4.5 運輸および通信部門

運輸および通信部門における1993年の石炭需要は86,800トンで、この量はモンゴル全需要量の約1%に相当する。モンゴルの鉄道には蒸気機関車は採用されていないので、運輸および通信の目的では確たる需要はなく、職場および従業員の家庭で厨房および暖房用に使用される。特定の石炭利用計画はこの分野では報告されていない。

4.6 新利用技術

モンゴルでは目下のところ、石炭は燃料としてのみ利用され、他の原料を生成するような利用はなされていない。将来のより高度な利用方法として、石炭ブリケット（成型炭）、石炭ガス化、石炭液化について検討する。

石炭は、特に都会における主たる公害源になっている。集中型の蒸気、熱水生成ボイラーの排ガスは、電気集塵器、排煙処理設備により処理されるが、小型ボイラーや家庭用の暖炉、厨房の燃焼ガスの有効な処理方法はない。従って、石炭の適切な前処理によるクリーン化が望まれる。

有効かつ適切な方法として、石炭ブリケット（成型炭）があげられる。

また、モンゴルにおける自動車燃料、小型ディーゼル駆動発電所の燃料として重要なエネルギー

は液体燃料である。現状および近い将来に、モンゴル国内で産出する可能性は殆どない。外貨節約と安全保障の観点から、国内でガソリン、軽油の代替液体を生産することが望ましい。石炭液化、ガス化は国内で燃料確保のひとつの方法である。

4.6.1 石炭ブリケット

石炭を民生用に直接燃料として利用するには、ハンドリングが煩雑なので、粉炭ロスが出ること、燃焼時の発煙（煤煙）、 SO_x 、CO等の有毒ガスの発生などの問題がある。これらを解決するブリケットが世界中で広く利用されている。

中国では、1991年に5,000万トンの成型炭を生産し、民生用4,000万トン、工業用1,000万トンを消費した。民生用全エネルギーは標準炭換算1.58億トンである。民生用石炭消費量自体は、1988年の1.75億トンをピークに減少傾向にあるが、成型炭の比率は1985年の17.8%から1990年の25%へと増加している。他の情報によれば、32の主要都市での成型炭需要は全石炭の54%に達しているとのことである。

インドネシアでは、政府による無煙ブリケット利用計画がたてられたところである。1993年1月7日、民生用ならびに小規模工業用に“無煙石炭ブリケット”の導入を発表した。導入の目的は第1にケロシン供給補助金の減少、第2に森林資源保護、第3に国民に収入の道を与えることである。

三つの州、西部、中部、東部ジャワが、石炭ブリケットを家庭の炊事に使うパイロット・プロジェクト地域に選定された。6,000家族に対してブリケットが供給される。ブキットアサム炭鉱では中規模、年産約100,000トンのブリケット工場を山元に建設予定である。年産100万トン規模の工場も山元および数カ所に計画されている。

ブルガリアでは年産150万トンの石炭ブリケット工場が1962年以来操業している。原料は近傍の炭鉱で産出する褐炭で、褐炭を粉砕、乾燥、加圧してブリケットを製造している。ブリケットの発熱量は、原炭が1,700kcal/kgなのに対して、4,300-4,500kcal/kgになる。製品の殆どは民生用として消費されるが、販売価格は、製造コストがトン当たり20ドルであるのに対して、政府補助により、7ドルで販売されている。このブリケットは環境保全機能がないので、原料炭と同じく、2-3%の硫黄分を含む欠点がある。

ブリケットの製造法には乾留化法、簡易圧縮法等何種類かあるが、バイオコール法がモンゴルに最も適したブリケットとして推奨される。

バイオコールは石炭とバイオマスより高圧で成型するブリケットであって、石炭燃焼によって発生する煙、臭気、煤塵、硫黄酸化物、クリンカーのような公害物質の発生を減少することができる。

バイオコールは石炭にバガスのようなバイオマスを 15-30%石炭に混ぜ、また、石炭中の硫黄分に見合った生石灰を脱硫剤として加えて、高压で固めた固体燃料である。

従来の無煙化技術としての低温乾留ブリケットに比較して、このバイオブリケット技術は、製造工程も簡単であり、反応のような複雑な操作を必要とせず、高度な運転技術を必要としないという利点がある。

製造工程を図 4.4 に示す。

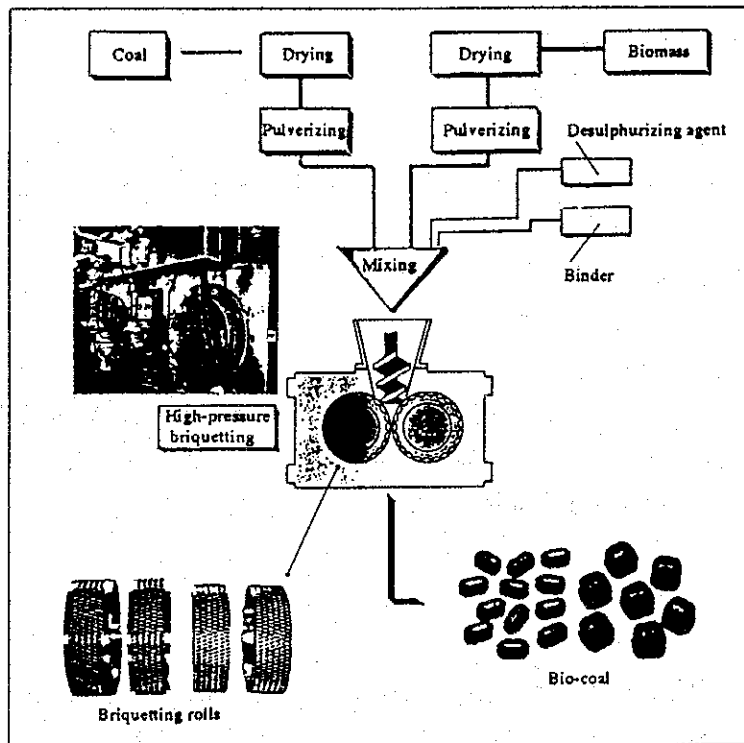


図 4.4 バイオコール製造フロー

製造上の利点は以下のとおりである。

—バイオコールは乾留工程を含まないので操作が簡単になり、またタール等の副産物の処理が不要である。

—低品位炭から高品位炭まで高範囲に使用可能であり、また石炭、バイオマスが低温で処理されているので、残余水分を含んでいるので自然発火の危険性がない。

環境保全、公害防止の面からの利点は以下の通りである。

i). 無煙性

バイオマスと石炭に20%以上混入すると、燃焼時に煤煙は殆ど目視できない。

煤塵の発生は石炭生焚きの場合の1/5から1/10に減少する。

ii). 脱硫性

石炭中の硫黄含有量に対して、Ca/S比で1.5~2程度のCa(OH)₂を混合することにより、灰中に70~80%の硫黄分の固定が可能である。

iii) 省エネルギー

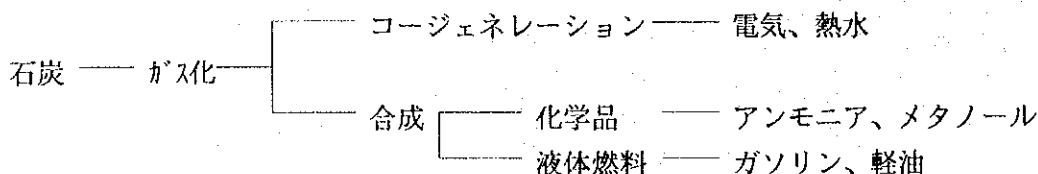
残炭ロスの減少により10%程度、また運搬・保管中の粉炭ロスの減少により10%、合計20%程度、省エネルギー効果が得られる。

本方式は上述のように数々の利点があるが、いくつかの処理工程を行うため、従来の低圧成型炭や原炭直接利用に比べると割高になってしまう。バイオコールのプラント建設費は約170ドル/トンで、課税前の生産コストは21.2ドル/トンである。石炭ブリケットを広く普及させ、環境保全、省エネルギー促進のために、環境保全の法規・規制の強化、低免税・低利融資等の優遇措置等の検討が必要である。しかしながら、ブリケットを利用導入するに当たって、“だれが加工コストを負担すべきか”が問題点である。

モンゴルではバイオマスとして何が適切であるか、またモンゴルの石炭の成型特性等を把握すると共に所要量、生産コスト等の調査を行うため、石炭ブリケットの製造および利用に関するF/Sの実施をエネルギー・地質・鉱山省に推奨する。

4.6.2 石炭ガス化および誘導品

石炭ガス化は2つの目的；即ち、ガス誘導品製造および発電用に用いられる。



石炭はガス化装置で水素とCOガスに変換される。発電装置では、発電用タービンに供給され、ガスタービンの高温排気ガスの熱回収により、蒸気、熱水を発生させる。いわゆるコンバインドサイクル発電においては、ガスタービン排気の熱回収による蒸気タービンによる発電も併せて行われている。

化学品の合成は、ガス化ガスの精製と成分比調整の後、合成ループに合成原料として供給される。合成プロセス自体は、すでに確立された技術であって、工業化装置の実績も多い。化成品の生産は主としてアンモニア、メタノールに供せられる。工業化は特別な経済条件の中国、南アフリカ、東

欧諸国で実用化された。

石炭ガス化プロセスは、次の3種のプロセスが大型商業装置化されている；即ち、ルルギ法（固定床型）、コッパーズ・トプツェク（GKT）法（噴流床式）およびテキサコ法（噴流床式）である。

ルルギ法は数カ所のプラントで採用されているが、最大の商業プラントは南アフリカのサソール I, II および III である。

	装置規模	製品
サソール I	10,000 st/d	液体燃料 6,000 bpd
サソール II	25,000 st/d	合成ガス 1,000,000 scfd
サソール III	30,000 st/d	合成ガス 1,000,000 scfd 他

他に中国に1,000T/d アンモニア製造装置、米国にSNG製造装置用ガス化プラントがある。コッパーズ・トプツェク法採用の装置は5プラント操業中であるが、その殆どがアンモニア用合成ガス製造であり、1工場でメタノールをアンモニアと併産している工場がある。

テキサコ法は8プラントで操業中であり、その中にはパワープラント2工場、アンモニアプラント3工場、化学用およびオキシガス3工場がある。また、中国で燃料ガス、アンモニア、都市ガス、および化学合成用4工場が建設中である。

モンゴル石炭ガス化製品の实用化は、マーケットの小さいこと、製品コストの高いことから推奨できない。液体燃料の合成は、第2次世界大戦中にドイツで開発されたフィッシャー・トロプシュ法を用いて行われるが、このプラントは特別の経済条件下の南アフリカにおいて商業化された。

新しい石炭ガス化、コージェネレーション、およびガソリンおよび軽油の合成に関する新技術の開発が、日本の新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）により推進されているが、この目的は、i)発電における省エネルギーと環境保全、およびii)ガス合成による液体燃料代替品の供給である。

NEDOによる新技術は以下の通りである。

a) 複合発電用加圧型流動床ガス化技術

この技術は、従来の微粉炭火力発電より高い熱効率が期待できる石炭低カロリーガス化複合サイクル発電の技術を開発する目的で行われている。プロセスは、加圧型ガス化装置、乾式脱硫装置、乾式除塵装置、複合サイクル発電装置からなる。40t/d ガス化炉パイロットプラントでの運転は成功裏に終了している。

b) 噴流床石炭ガス複合発電技術

石炭ガス化複合発電のトータルシステムとして高い発電効率システムの開発を目指している。微粉状の石炭を高温・高圧下、噴流床で空気中の酸素でガス化させ、約1,000kcal/m³の低カロ

リーのガスを製造し、このガスを高温・乾式で精製して、低カロリーガス用として開発中の1,300度級高効率ガスタービン、蒸気タービンを用いて発電する。

200t/d規模のパイロットプラントを建設し1991年より運転研究が行われている。炭素変換率97%以上、発電端発電効率43%以上が期待される。

c) 水素製造技術 (Hycoal プロセス)

本技術は高温・高圧下で微粉炭を酸素と反応させ、水素と一酸化炭素に富む中カロリーガスを得る噴流床ガス化技術で、HYCOALプロセスと称する。シフト反応により、一酸化炭素を二酸化炭素に変成することにより、後段の精製を経て高純度の水素を得ることができる。

石炭処理能力50t/dのパイロットプラントを建設し、1991年から運転試験を行った。

d) ハイブリッドガス化

本技術は石炭と重油のスラリーに酸素と水蒸気を反応させ、5,000kcal/Nm³程度の発熱量を持つ高カロリーガスを製造する技術である。製造ガスは工業用燃料ガスとして、またメタネーションを行うことにより、SNG(代替天然ガス)として都市ガスに利用することができる。12t/d規模のパイロットプラントが建設され、運転試験を完了した。

合成液化油の製造は、原油価格が30米ドル/バレルを越えれば採算にのると報告されている。

最新の日本エネルギー経済研究所の報告によれば、原油価格は2010年頃、30米ドル/バレルまで上昇するとしている。

従って、現状ではモンゴルでの石炭ガス化の工業化は推奨できない。

エネルギー・地質・鉱業省に対しては、関係研究機関に小規模の試験用装置を設置して、石炭のガス化特性の評価を行うことを推奨する。

4.6.3 石炭直接液化

石炭直接液化はガソリンおよび軽油製造を目的としている。

石炭直接液化は、石炭を微粉化して溶媒に混ぜてスラリーとして、水素と共に100-300気圧、400-480度の高温・高圧下の反応系に導入して分解させ、生成物を分離し精製セクションで精製する。

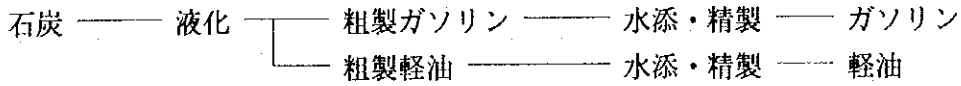
現時点で工業規模の製造設備は世界中に存在しない。

石炭直接液化技術は、日本の新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)により推進されている。一つはオーストラリアでの褐炭液化パイロットプラント試験、他は日本での瀝青炭液化試験プロジェクトを推進している。

褐炭液化パイロットプラントは、オーストラリア、モーウェル市に50t/d規模、液化油生成規模として150バレル/日のものが建設された。このプラントは石炭前処理設備、スラリー予熱設備、第1次水添設備、第2次水添設備からなる。最終的に褐炭1トン当たり3バレルの液化油を生産で

きる。パイロットプラントは1992年、成功裡に運転試験を終了した。

瀝青炭液化パイロットプラントは茨城県鹿島に建設され、現在運転試験中である。このプラントは処理能力150トン/日であり、 C_4 以上の液化油収率54重量% (630 l/t) を目指しており、2000-2010年までに液化技術の確立させようとしている。



中間製品の粗ガソリン、粗軽油等、液化油は水添反応を含む精製工程を経て最終製品となる。

NEDOの報告によれば、直接石炭液化による合成石油製品の製造は、原油価格が30米ドル/バレルに達する2010年頃には、経済的競争力をもつものと推測されている。

エネルギー・地質・鉱業省に対して、関係研究機関に小規模の試験用装置を設置して、直接液化に適する石炭の性状評価を行うことを推奨する。

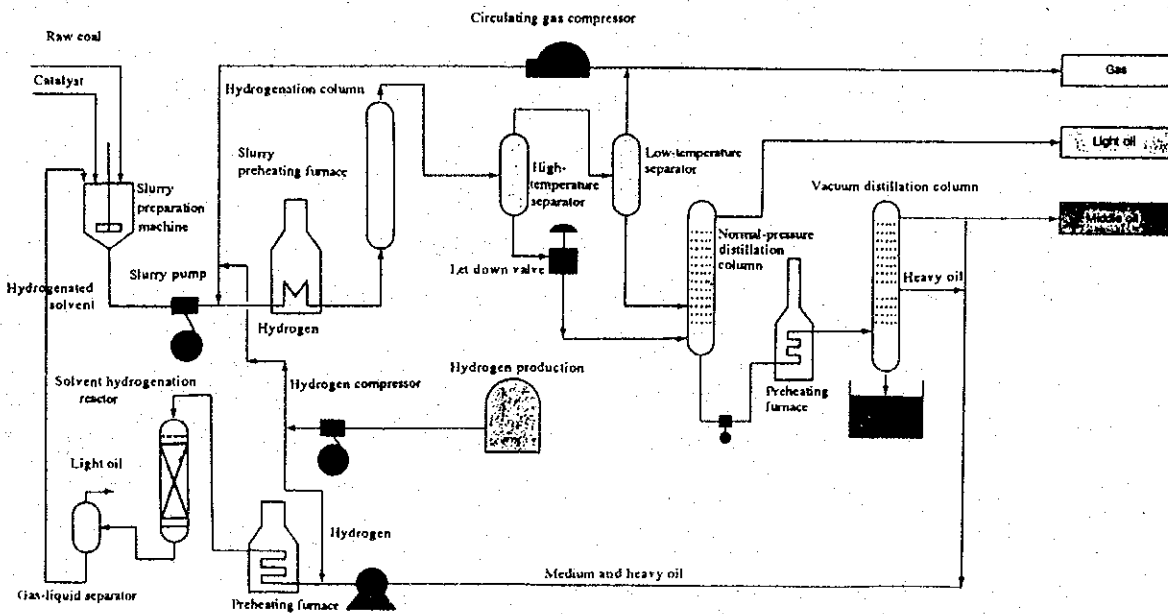


図 4.5 石炭液化プロセスフロー

5. 石炭関連設備の省エネルギー

5.1 石炭利用における熱効率の現状

先ず、モンゴルにおいて頻発する故障停電および計画停電がエネルギー自体のロスのみならず、モンゴル全分野における物質面および時間面での多大の損失を与えていることに注意を喚起したい。

石炭利用設備は省エネルギーの観点から以下の3グループに分類される：石炭変換設備（石炭火力発電および熱供給プラント）、直接石炭利用設備（ボイラーおよびストーブ）および間接的石炭利用設備（電力および熱）。

省エネルギー計画は各グループで検討する。

5.1.1 石炭変換設備（発電所）

2.1.3に記述されているように、利用された石炭の77%が大型および中型ボイラーで電気、蒸気および熱水に変換されている。これらのボイラーの実際の熱効率は80～85%で、旧ソ連による省エネルギーを考慮していない設計思想で設計されているので、最新技術の90%に比べ低い効率である。また、現状の電気所内消費が大変高い。ADBレポートによれば、ウランバートル第3発電所における1989年と1992年のデータを比較すると、全発電量に対する所内消費量の比は18.3%から26%に増加している。電気所内消費率の設計値は18～19%である。所内電力消費者の最大のものは石炭ミルで、消費量は17%、ついで熱水供給ポンプが17%、給水ポンプ15%、1次空気ファンが12%、排気ファン12%となっている。電力内部消費の高いのは、主として以下の理由による。

- －石炭の品質が設計値より低いためにミルの粉碎所要量が多いこと
- －ボイラーへの空気の漏れ込みが多いため、低負荷時の燃焼ガスの風量が設計値より大きくなり、ファンの所要動力が大きくなること

ADBはまた、熱水供給および利用におけるロスが多めで、供給エネルギーの50%にも達していると報告している。同レポートによれば、モンゴルにおけるエネルギーの生産および供給状況は以下のように要約される。

(1) 熱供給システムのエネルギーバランス（熱水）

以下に示すように、配管中の放熱ロス、漏水によるロスは全供給熱水量の20%あり、80%が住居、建物に供給される。しかしながら、建屋内での利用は不十分であり、全供給熱量の36%が建屋内で浪費され、実際に熱として消費されるのは全熱量のわずか51%である。

項目	
放熱ロス（配管中）	5%
1次、2次循環熱水システム中の漏水	5
熱水供給水道のロス	10
ビルディング内ロス	29
建屋内有効利用	51
	100

(2) 蒸気システム

A DBレポートによれば、蒸気の供給ラインでのロスが44%あり、工場に供給される蒸気は56%にしかすぎない。

項目	
配管システム中での放熱ロス	19%
漏洩、計測ロスを含むその他のロス	25
工業への供給	56
	100

(3) 電気システム

下記のように、所内消費を含むロスは全発電量の35%であり、65%が消費者に供給されている。上記ロスは計測等により確認できる量であり、それ以外に2-4%程度の計測不能なロスがあると見込まれる。このロスは消費者供給分に含まれている。

項目	
発電所所内消費	25%
配電ロス（テクニカル）	10
消費者受電量	65
	100

(4) エネルギーバランス

一例として、ウランバートル第3発電所のエネルギーバランスを以下に示す。

項目	
ボイラーでのロス	20%
漏洩を含む他のロス	5
電力供給	16
蒸気供給	16
熱水供給	43
	100

ウランバートル第3発電所および接続エリアのエネルギー供給システムのエネルギーバランスを以下に示す。

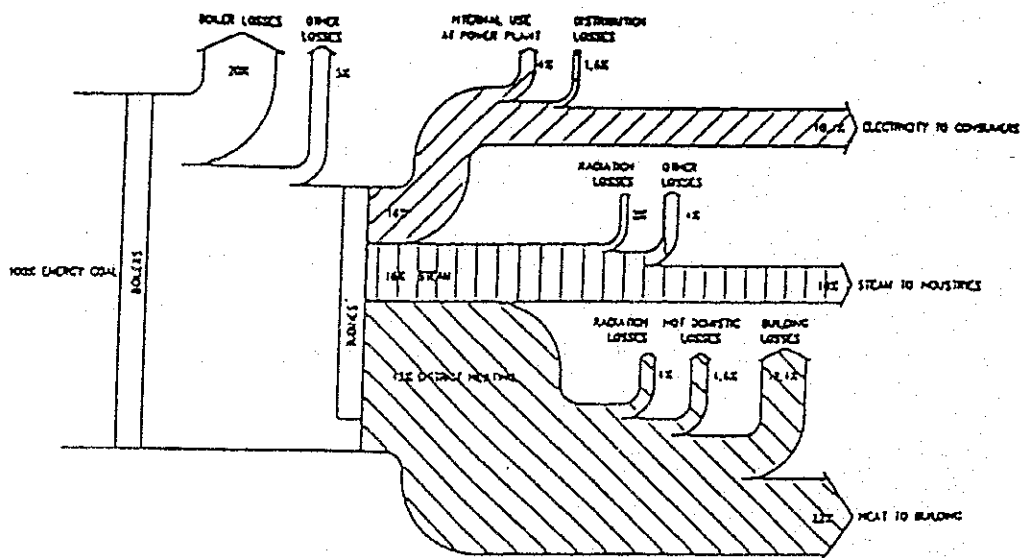


図5.1 ウランバートル第3発電所および接続エリアのエネルギー供給システムのエネルギーバランス
 (出典) Mongolian Energy Audit Efficiency and Conservation Study T.A

上図が示すように、輸送、配分系統の不備なため、投入エネルギーのわずか42%のエネルギーが電力、蒸気、熱水として消費者側に供給されていることになっている。

5.1.2 直接利用設備（燃焼）

(1) 工業部門

2.1.3に記述のように、1993年の工業部門での石炭消費量は全消費量の14%であった。石炭消費効率は、殆どの設備が旧ソ連による省エネルギーを考慮しない設計がされているために、約60%と低くなっている。例えば、セメント工業において、生産量は年産82,300トン、セメント生産用石炭所要量は56,800トン/年であった。エネルギー原単位は2,070kcal/kg-クリンカー（石炭発熱量3,000kcal/kg^{ペ-ス}）、この値は同じタイプの他の国の工場、中国の1,400kcal/kg、日本における1,300kcal/kgに比較してかなり大きい値である。装置はチェコスロバキアによる省エネルギーを考慮した設計ではないので、この点を改良すれば20~30%改善されるであろう。

(2) 公共および民生分野

2.1.3に示したように公共および民生部門では4%の石炭を消費する。本分野での石炭消費効率は得られていないが、小型のボイラーあるいはオープンであることから、効率は20~30%と低い。また、都会周辺では、1家族当たり年間4~6トンの石炭を消費するが、このうち、約1トンは、細かい炭のため利用されず、捨てられているといわれている。

(3) その他の分野

その他の分野における石炭消費量は2%であるが、その用途は公共および民生と殆ど同じ分野、即ち、暖房および厨房用に用いられている。この分野での石炭利用効率は、暖房、厨房用利用であることから、公共および民生分野と同程度と推定される。

5.1.3 間接石炭利用設備（電気および熱）

(1) 工業分野

図2.3に示された通り、工業分野での電力消費量は67%である。熱エネルギーの占める割合はわかっていないが、同様に60~70%を占めると推定される。

工業分野における電力および熱エネルギー利用効率の実データは不明であるが、殆どの設備、機器が旧ソ連の省エネルギーを考慮しない設計思想による設備であることから、低効率であろうと推測される。ADBレポートによれば、以下の事例が報告されている。ある織物工場における布1kg生産当たりの所要エネルギー（燃料+電力）は19.0kWhであるが、この値は同様のヨ

ヨーロッパの織物工場では16.5kWh/kgである。このことはモンゴルの織物工場のエネルギー消費量がヨーロッパの同様の工場より10～15%高いことを示している。他の例としては、ウォッカ、ビール醸造ならびに清涼飲料水工場の例では、ビール100リットル製造当たりのエネルギーが、ヨーロッパの工場で10kWhであるのに対してモンゴルでは48.1kWhであり、電力は同様に、ビール100リットル当たりの消費量がヨーロッパの11～15kWhに対して270kWhになっている。このことは、モンゴルの醸造工場のエネルギー原単位がヨーロッパの工場の4～10倍になっていることを示している。

(2) その他の分野

その他の分野における電力消費量は全体の33%を占めるが、その用途は熱水供給範囲外の建物および家庭の暖房を含む種々の日常目的に使われる。その他分野における電力および熱エネルギーの利用効率の実データは不明であるが、省エネルギー対策は行われておらず、熱管理装置も設置されていない状況では、極めて低い状況にあると推察される。

モンゴルの家庭の年間電力消費量は2,000～2,500kWhであり、主な用途は、照明、炊事、冷凍・冷蔵（食品貯蔵）、TVおよびラジオ、その他である。

冷蔵庫は家庭での電力総需要の20～25%を占める。冷蔵庫の単位年間所要電力はデシ立方メートル当たり1.64～3.80kWhであるが、この値はスウェーデンの冷蔵庫では0.9～1.0である。

ウランバートルにおける大家族居住用ビル（アパートメントハウス）の殆どは旧ソ連方式で、多くの場所に似た形式のビルが見られる。これらは主に以下の2型式になっている。

- 1) プレハブコンクリート
- 2) 殆どの部分を現地施工した煉瓦造

年間単位面積当たりエネルギー消費量は、現状で480kWh/m²であり、似た気象条件のスウェーデンの220kWh/m²の2倍以上になっている。

5.2 省エネルギー（石炭）の技術的可能性

既設機器の省エネルギーの技術的可能性の分析は今回の検討項目対象外であるので、本報告には含まれていない。

5.2.1 石炭変換設備における石炭節約

(1) 発電プラント

C E S内の設備改修計画が2000年までに完成するべく計画されているので、最新技術を駆使した省エネルギーも2000年までに達成されるであろう。現状では、発電所所内電力が設計値より高いのは、粉砕機の所要運転時間が長いためであり、石炭供給条件の改善によって発電所のエネルギー所要量も改善される。4.1.2に述べられた山元石炭火力発電所は、炭鉱の近傍に2005年頃建設される。この新鋭発電プラントは高能率設計が行われ、最新鋭技術を駆使して、35%総合発電効率を達成するであろう。ガス化複合併給システムのようなより高効率発電システムは、石油価格が高騰するまで工業化されることはないであろう。

(2) 熱供給システム

大型ボイラーの省エネルギーは発電プラントと同様、2000年までに実行されるであろう。熱水供給システムにおける熱損失は、各需要家に流量計を設置することを含むシステムの修理、改良により、最小限に抑えなくてはならない。A D Bの報告によれば、現在約50%ある全供給熱量中のロス、設備の改修とユーザーの省エネルギー努力によって、少なくとも30%引き下げることができるとしている。

上記改修が行われることを考慮にいれて、2.4に述べた石炭需要予測には、電力部門における省エネルギー効果を折り込み済みである。

註：日本における最新式石炭焚発電所の平均総合転換効率35%を需要予測用に採用している。

5.2.2 直接石炭利用における石炭消費節約（石炭燃焼）

中型ボイラーと家庭用の標準型オーブンの熱効率の現状と目標値は、以下のように推測される。

	現 状	目 標 値
工業ボイラー/ヒーター	60%	88~92%
家庭用オーブン	50%	60~65%

5.1.2 (1) で述べたように、モンゴルのセメント工場でのキルンでのエネルギー効率、中国、日本に比較して十分ではない。電力部門以外の省エネルギーは、政府のエネルギー価格政策によって推進される省エネルギーへの努力によって達成されるであろう。しかしながら、設備改修による省エネルギーは、設備投資資金の不十分なことから、長い期間を必要とするであろう。上記ボイラーの省エネルギーの程度は不確実なため、発電所を除く石炭直接利用分野の省エネルギーの影響については、2.4章の石炭需要予測には反映させていない。

5.2.3 石炭間接利用（電力および熱）における石炭消費節約

省電力のための最善で最も早い方法は、政府による価格政策であるが、価格政策で得た利益は、省エネルギーのための資金の助成金として使用されなければならない。工業部門での省電力および熱エネルギーの節約は、殆どの場合、装置の改造、場合によってはプラント全体の変更によって達成されるので長時間を要する。ADBレポートによれば、織物工場において低コストのメンテナンスを実施することにより、少なくとも10%以上省エネルギーを達成することができるとしている。また、ボストン・コンサルティング・グループによる商工省へのレポートによれば、織物仕上げ工程で、廃熱回収、蒸気、コンデンセートおよびプロセス機器の保温改修、製造工程およびボイラー運転の制御の改善のような少額の改造で、20~30%の省エネルギーが可能としている。電力および熱エネルギー・ユーザーによる省エネルギーの割合が不確かなため、石炭間接利用分野における省エネルギーの影響は、2.4章に記述の石炭需要予測に反映されていない。

5.2.4 その他の省エネルギー（石炭）の可能性

(1) 石油から石炭への転換

モンゴルでは石油は主として次の3分野で利用されている、即ち、a) 車および機械運転のためのガソリンや軽油、b) 地方での発電用ディーゼル油、c) 石炭ボイラーの調節用重油である。a) およびb) の石油消費量は年間約200万トン（1990年）であるが、技術的にも経済的にも、石炭に転換することは難しい。c) の重油消費量は発電所の石炭消費量の約4%であり、石炭（3,500kcal/kg）に換算すれば年間130,000トン、重油として年間50,000トン分であるが、この値は2000年までには装置の修理、改造により減少する見込みである。

(2) 石炭品質の向上

洗炭による石炭の品質向上は褐炭に対しては経済的でないので推奨できない。タバントルゴ

イの原料炭の品質向上は、輸出用として実施されるであろう。褐炭のブリケット化は、大気汚染の減少と小型ボイラーやストーブの燃焼効率向上の面からも推奨される。

(3) 可燃ごみの利用

可燃ごみの効率的利用は、モンゴルの家庭では既に実施されているので、大型のごみ焼却ボイラーの導入の必要はない。

5.3 省エネルギー推進のための政策および手順

省エネルギーを推進するための基本政策は以下の通りである：

- (i) ガイダンスおよび誘因 : 省エネルギーのキャンペーン
エネルギー効率基準の設定
省エネルギーセンターによる教育
- (ii) 奨励策 : それぞれの燃料の価格政策
省エネルギー計画のための税金抑制
省エネルギー計画のための資金援助
- (iii) 規制 : 運転の制限
ガソリンスタンドの制限

これらのうち、最も即効力のある政策は、政府による各種燃料の課税方式を含む価格引き上げである。

しかしながら、価格上昇によって得られた利益は、税の抑制や低金利金融のための資金の他に、低所得層の支援としても使われなければならない。

5.4 省エネルギー計画

省エネルギー計画推進には次の三つのカテゴリーに分類される。

(1) 第1カテゴリー

第1カテゴリーは、プラントや装置の運転維持の方法や管理の改善によって達成される分野のものであり、特に新しい投資を必要としない。次のようなものがこれに入るであろう。

(a) 省エネルギーに対するモラルの向上

- 従業員に対する省エネルギー教育と訓練
- 管理者による省エネルギー推進の実施と奨励策の展開

(b) 技術面の例

- 炉やボイラーにおける空燃比の調整による燃焼効率の向上
- 保温剤・断熱剤の適切な修理・補修
- 蒸気漏れの防止とコンデンセートの回収強化
- 熱交換機の適切な清掃と熱回収率の向上

上記第1カテゴリーにおける省エネルギー上の改善改良は、装置の適切な運転とメンテナンスの保持推進であって、特に多額の費用を必要としないが、省エネルギー効果はかなり達成できるので、モンゴルの省エネは上記第1カテゴリー実施から始めるべきである。

停電および計画停電を起こさないよう、最優先で既設発電所の修理改修を行う必要がある。

(2) 第2カテゴリー

第2のカテゴリーは、既存設備・機器の部分改良による省エネルギーであって、改良のためにある程度の資金を必要とし、以下のような項目が含まれる。

- ボイラーや炉における廃熱回収と燃焼空気の予熱
- 保温剤・保冷剤の補強
- 住宅への熱・電気メーターの設置
- 小型ボイラーへの自動制御計器の導入

(3) 第3カテゴリー

第3カテゴリーは、旧式の機械設備を省エネタイプに入れ替えるものであって、少なからぬ投資を必要とする。このカテゴリーの対策は、一般に省エネのもを目的としたものではなく、品質向上、コスト削減等のためにシステムの再構築を目指す場合が多い。例えば、製鉄所における連続鑄造、セメント向上のNSPキルンの導入等がこれにあたる。4.1~4.5に記述したように、殆どの既設工業設備機器は旧ソ連時代に省エネを考慮しない設計思想で設計製作されたものであるため、今後の長期的改善計画として省エネルギー技術による改造を順次進めて行く必要がある。

省エネルギー対策を含む製造工程、工場の近代化を行うための資金調達を配慮して、政府は工業部門に対する税制の見直しと、必要資金調達のための低金利金融等の援助を行うべきであ

る。これらの措置が省エネルギーを推進する糸口となる。

また、税制対策、低金利金融等と併せて、国民生活への影響に充分考慮しながら可及的速やかにエネルギー価格を国際水準まで引き上げていくことを検討する必要がある。

なお、これらの措置に先だって、政府は、モンゴルの企業が現在苦しんでいる好ましくない融資や負債に関する問題点を解決する必要がある。

6. 石炭燃焼に伴う大気質の保全

6.1 大気質の現状

6.1.1 汚染源の状況

(1) 一般的状況

モンゴルの全人口の半分以上は都市部に住み、そのうち半分が ウランバートル に住んでいる。全国世帯の4割が電力の供給を受けているが、ゲルへの供給率は15%程度とされる。

モンゴルの大気質は、ウランバートル、ダルハン、シャリングル、エルデネットおよびチョイバルサンなどの都市部で悪化してきているといわれる。大気汚染の原因としては、発電所、自動車および暖房器具からの排ガスが考えられる。これらの汚染源のうち、モンゴルで最も消費量の多い燃料である石炭を燃焼する施設・器具が、大気汚染の最大の原因となっていると考えられる。さらに、大気汚染は寒冷な季節に深刻になることから、家庭暖房がこれに密接に関係していると考えられる。家庭暖房はゲルやアパートの個々のストーブ以外に、集中暖房用石炭ボイラーや地域暖房システムの配管を通じて蒸気を供給する発電所や暖房センターの石炭ボイラーにも依存している。

(2) 石炭火力発電所

モンゴルの発電所では国内産の石炭を使用している。現在稼働中の主要な発電所は、全国発電量の70%をまかなうウランバートル第4、同じく20%をまかなうウランバートル第3、エルデネット、ダルハン、およびウランバートル第2である。このように、ウランバートル市では第2、第3、第4の各発電所が稼働しており、電力およびアパートや事務所の暖房用媒体としての蒸気を供給している。これら第3発電所は1993年に290万トンの石炭を消費したが、これは全市での消費量360万トンの約80%に当たる。第3発電所にはスクラバーが設置され、第4発電所には電気集じん器が設置されている。しかし、脱硫装置や脱硝装置はいずれの発電所にも設置されていない。

(3) ボイラー

大小合わせて222基のボイラーが、工業用あるいは地域暖房を受けていない事務所などの暖房用に設置されている。これらのうち137基が現在稼働しており、年間約40万トンの石炭を消費している。これらボイラーには、フィルターなどの排煙処理装置は設置されていない。

(4) ゲルで使用のストーブ

ウランバートルの約59万人の住民のうち半数近くは、政府が建設した高層アパートに住んでいる。他の人々は山のふもとや斜面、郊外などにある約53,000戸のゲル（または簡易木造住宅）に住んでいる。市内のゲルおよび簡易木造住宅の地区別戸数は、表6.1に示す通りである。

表6.1 ウランバートル市におけるゲルの戸数（一戸建含む）（1994年）

Sukhbaatar	Bayangol	Bayanzur- ukh	Chingeltei	Khauul	Songinoh- airhan	Total
7,356	4,970	10,622	12,858	6,296	13,241	53,343

ゲルのストーブによる平均的燃料消費は、年間1戸当たり、石炭4～5トンおよび薪約4m³である。これらのストーブの燃料効率は非常に悪く、また煙突が3～4mと低いため汚染物質の大気中への拡散が妨げられている。従って、これらストーブが汚染物質の地表での高濃度の主要な原因の一つと見られる。

(5) ウランバートルにおける石炭消費量

主要燃料である石炭のウランバートルにおける1993年の消費量は約360万トンであるが、これの最終消費者別内訳を表6.2に示す。

表6.2 ウランバートルにおける石炭の消費量（1993年）

Consumers		Consumption (1,000 ton)
Power Plants	No. 2	129
	No. 3	861
	No. 4	1,906
	Sub-total	2,896
Others	Boilers for Factories	400
	Stoves in Households	260
	Sub-total	660
Total		3,556

6.1.2 石炭関連汚染物質の排出量

(1) 石炭の品質

ウランバートルで用いられている石炭の産出炭鉱別品質を表 6.3 に示す。表には各ユーザーにおける産出炭鉱の比率も示してある。表 6.4 には各ユーザー使用の混合炭の平均的品質を示す。

表 6.3 ウランバートルで使用の石炭の炭鉱別品質

Coal Mine	Sulfur Content	Calorific Value				Share of Coal Mine by User (%)			
		High Heating Value (dry, ash free basis)		Low Heating Value (wet with ash)		Power Plant			Others
	weight %	kcal/kg	MJ / kg	kcal/kg	MJ / kg	No. 2	No. 3	No. 4	
Baganuur	0.77	6,731	28.18	3,586	15.01	58.3	38.9	85.4	78.9
Sharyngol	0.60	7,200	30.14	4,050	16.96	40.7	59.6	0.0	0.6
Shivee Ovoo	0.75	6,700	28.05	3,527	14.77	1.0	1.5	14.6	20.5

表 6.4 ウランバートルにおける石炭の消費者別平均的品質

Consumer		Sulfur	Calorific Value			
		Content	High Heating Value (dry, ash free basis)		Low Heating Value (wet, with ash basis)	
		weight %	kcal / kg	MJ / kg	kcal / kg	MJ / kg
Power Plant	No. 2	0.70	6,921	28.98	3,774	15.80
Power Plant	No. 3	0.67	7,010	29.35	3,862	16.17
Power Plant	No. 4	0.77	6,726	28.16	3,577	14.98
Boilers for Factories		0.76	6,727	28.17	3,577	14.97
Households		0.76	6,727	28.17	3,577	14.97

(2) 石炭関連汚染物質の排出係数

モンゴルにおいては公的に定められた大気汚染物質の排出係数は得られないので、外国の技術文献を参照した。一つは Analysis of Structure of Energy Utilization and Global Environment (科学技術庁、日本、1992年) (以下 Asia という) であり、もう一つは Study of Comprehensive Energy Plan in East-Siberia and Far East of Russian Federation (日本エネルギー経済研究所、1994年) (以下 Russia という) である。これらの文献による情報をとり混ぜ、石炭関連汚染物質、即ち SO₂、NO₂、ばいじん、およびベンツピレンについて、適用できそうな排出係数を選定し表 6.5 に提案する。

表 6.5 石炭関連大気汚染物質の排出係数 (提案)

Pollutants	Unit	Power plants	Boilers	Stoves	Reference
SO ₂	kg/t	19.5 x S%	15.5 x S%	12.0 x S%	1
NO ₂	kg/TJ	430	240	110	2
Dust	kg/TJ	1,045	2,000	1,420	2
Benzpyrene	g/TJ	0.17	1.5	22	2

Note : Reference 1 : Asia
Reference 2 : Russia

上記の二つの文献からの排出係数の選定については、“ロシア”の方が広範囲の汚染物質をとりあげており、より有用性がある。ただし、ロシア産褐炭の SO₂ の排出係数の範囲が 180~680 kg/TJ と非常に広く、褐炭の硫黄分のデータがないため、適切な値を選定するのは困難であった。したがって、SO₂ の排出係数のみは “アジア” より選定した。

(3) 汚染物質の現在の排出量の推算

石炭関連汚染物質の現在の排出量を、上述の排出係数、石炭消費量および品質に基づいて算定した。これを表 6.6 に示す。

表 6.6 石炭関連汚染物質の現在の推算排出量 (1993年)

Emission Sources	SO ₂ (1,000 ton/y)	NO ₂ (1,000 ton/y)	Dust (1,000 ton/y)	Benzpyrene (kg/y)
Power Plant No. 2	1.8	1.6	3.9	0.6
Power Plant No. 3	11.2	10.9	26.4	4.3
Power Plant No. 4	28.6	23.1	56.1	9.1
Boilers for Factory	4.7	2.7	22.5	16.9
Stoves	2.4	0.8	10.4	160.9
Total	48.7	39.1	119.3	191.9

6.1.3 大気汚染物質の濃度

(1) 汚染物質の環境基準

モンゴルにおける SO₂、NO₂、およびダストの濃度の環境基準値を日本のそれと比較して、表 6.7 に示す。

表 6.7 SO₂、NO₂、およびダストの環境基準

	Averaging time	Mongolia	Japan
SO ₂	1 day	0.05 mg/m ³ (19 ppb)	(0.106 mg/m ³) 40 ppb
	1 hour	0.5 mg/m ³ (188 ppb)	(0.266 mg/m ³) 100 ppb
NO ₂	1 day	0.04 mg/m ³ (21 ppb)	(0.077 - 0.115 mg/m ³) 40 - 60 ppb
	1 hour	0.085 mg/m ³ (45 ppb)	-
		TSP	SPM
Dust	1 day	0.15 mg/m ³	0.1 mg/m ³
	1 hour	0.5 mg/m ³	0.2 mg/m ³

Note : 1) The conversion of unit between mg/m³ and ppb for SO₂ and NO₂ was made for the condition of 20°C and 1 atmospheric pressure.

2) TSP : Total suspended particulates

SPM : Suspended particulate matter of the diameter less than 10 μm.

モンゴルのSO₂とNO₂濃度の日平均基準値は、日本のものよりも約2倍激しいものとなっている。

(2) 政府によるモニタリングの結果

環境省はウランバートル市の大気質モニタリングのため、以下の3ヵ所の固定局を持っている。

- ST-1 : Central Laboratory of Environmental Monitoring
- ST-2 : Baruun Durvon Zam
- ST-3 : Bayan Khoshuu

これらの測定局の位置を図 6.1 に示す。測定局は、環境省の下部機関である中央環境化学研究所が運営している。同研究所はまた、移動測定車を1台使って市内全域をモニターしている。SO₂とNO₂は固定局、移動局共通に測定している。

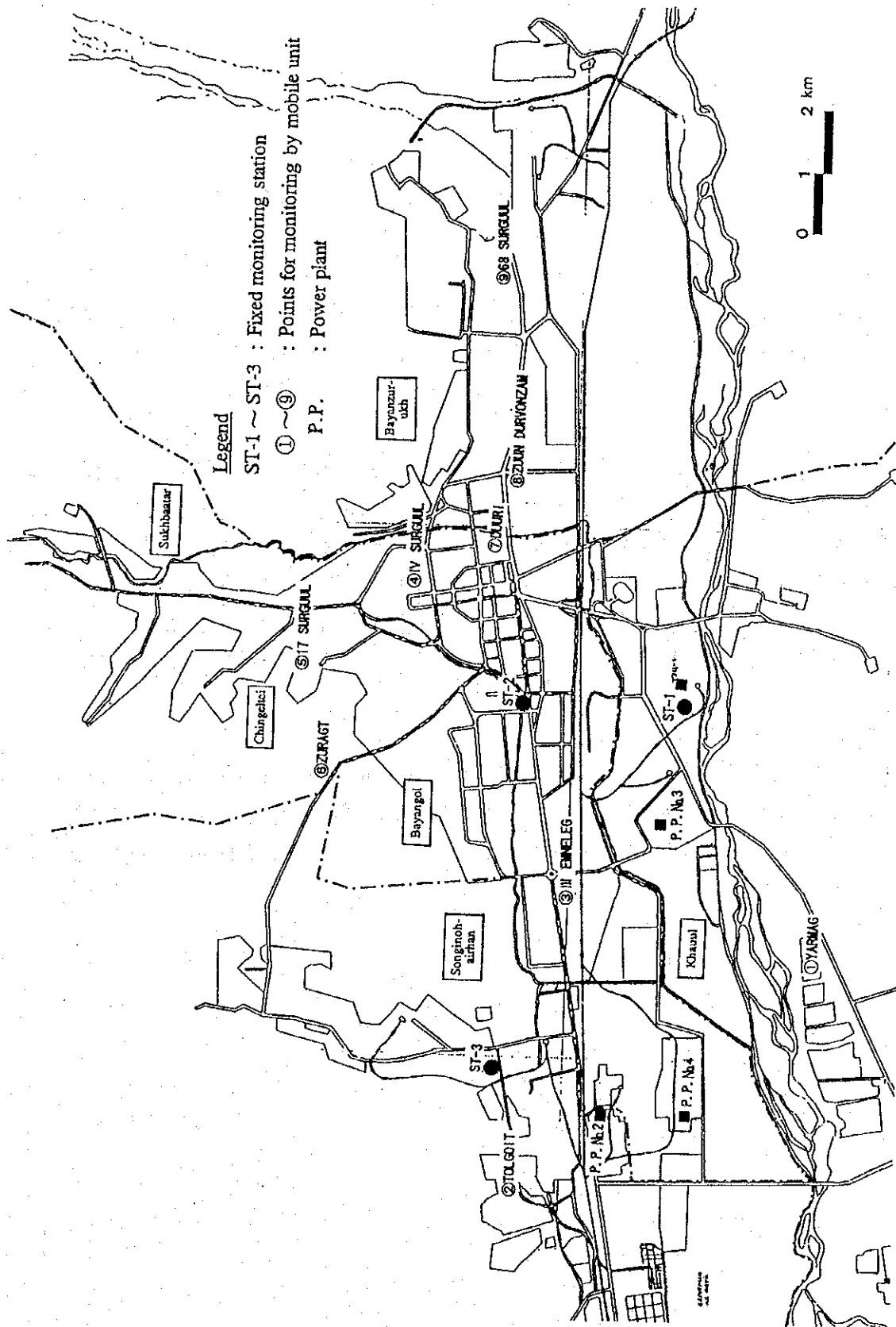


図 6.1 ウランバートルにおけるモニタリング局と発電所の位置

1) 固定局のモニタリング結果

固定局における1990年以來のSO₂、NO₂の測定結果を表6.8と表6.9に示す。

(a) SO₂

年平均値は0.004mg/m³ (1994年のST-1) から0.013mg/m³ (1992年のST-3) の範囲であった。日平均値の年間最高値は、0.03mg/m³ (1994年のST-2) から0.25mg/m³ (1992年のST-2) の変動があった。年間最高日平均値は、1990年から1993年まで全局で日平均環境基準値の0.05mg/m³を越えたが、1994年には全局で下回った。季節変化を見ると、4~5年間の夏期の平均値は0.003mg/m³ (ST-1、ST-2) から0.005mg/m³ (ST-3) と低く、対照的に冬期平均値は0.011mg/m³ (ST-1) から0.017mg/m³ (ST-3) と格段に高くなっている。

(b) NO₂

一般的に、ウランバートルではNO₂汚染はSO₂汚染よりも進んでいるといえる。年間平均値は0.025mg/m³ (1994年のST-1) から0.115mg/m³ (1993年のST-2) であった。年間最高日平均値の全てが日平均基準値の0.04mg/m³を超えた。ST-2で最も濃度が高く、ここでは年平均値でさえ日平均基準値を超えている。この局は主要道路のわきにあり、自動車排ガスの影響を強く受けていると考えられる。ST-3では1991年と1993年に年平均値が日平均基準値を上回った。季節的傾向としては、冬期に最も濃度が高く、夏期に最も低い。

2) 移動局によるモニタリング結果

測定車によるウランバートル市内のモニタリングは、1994年には図6.1に示す9地点で行われ、各地点とも朝、昼、夕の1日3回、2~3時間のサンプリングを行っている。各地点とも4季にわたって測定できるように、年間を通して移動を繰り返した。これらの地点での測定結果を表6.10に示す。

Table 6.8 ウランバートルの固定局における SO₂ と NO₂ 濃度の経年変化(unit : mg/m³)

Year		ST - 1		ST - 2		ST - 3	
		SO ₂	NO ₂	SO ₂	NO ₂	SO ₂	NO ₂
1990	Max.	0.07	0.22	0.13	0.30	0.08	0.16
	Ave.	0.007	0.037	0.006	0.083	0.006	0.036
1991	Max.	0.10	0.21	0.11	0.39	0.12	0.17
	Ave.	0.009	0.034	0.009	0.086	0.006	0.042
1992	Max.	0.19	0.13	0.25	0.40	0.17	0.19
	Ave.	0.009	0.029	0.012	0.103	0.013	0.039
1993	Max.	0.07	0.11	0.10	0.38	0.06	0.17
	Ave.	0.009	0.032	0.007	0.115	0.008	0.046
1994	Max.	0.04	0.19	0.03	0.38	-	-
	Ave.	0.004	0.025	0.004	0.048	-	-
Average through 1990 to 1994	Max.	0.19	0.22	0.25	0.40	0.17	0.19
	Ave.	0.007	0.031	0.008	0.087	0.008	0.041
Environmental Standard	daily hourly	0.05 0.5	0.04 0.085	0.05 0.5	0.04 0.085	0.05 0.5	0.04 0.085

Note : Max. values refer to the maximum of daily average values.

Table 6.9 ウランバートルの固定局における SO₂ と NO₂ 濃度の季節変化(unit : mg/m³)

Monitoring Station		SO ₂					NO ₂				
		winter	spring	summer	autumun	whole period	winter	spring	summer	autumun	whole period
ST - 1	Max.	0.094	0.15	0.072	0.19	0.19	0.22	0.019	0.10	0.19	0.22
	Ave.	0.011	0.007	0.003	0.007	0.007	0.041	0.026	0.02	0.036	0.031
ST - 2	Max.	0.16	0.25	0.058	0.13	0.25	0.40	0.26	0.30	0.39	0.40
	Ave.	0.012	0.008	0.003	0.008	0.008	0.12	0.074	0.062	0.094	0.087
ST - 3	Max.	0.17	0.13	0.036	0.12	0.17	0.19	0.15	0.081	0.16	0.19
	Ave.	0.017	0.006	0.005	0.005	0.008	0.052	0.035	0.028	0.041	0.041

Note : 1) Winter : December to February, Spring : March to May, Summer : June to August, Autumn : September to November

2) Max. values refer to the maximum of daily average values

3) Data at ST-3 are for the period of 1990 - 1993.

表 6.10 移動測定車による SO₂ と NO₂ の季別モニタリングの結果 (1994 年)

(unit : mg/m³)

Monitoring Point		SO ₂					NO ₂				
		winter	spring	summer	autumn	whole year	winter	spring	summer	autumn	whole year
1 YARMAG	Max.	0.024	0.013	0.009	0.028	0.028	0.084	0.100	0.028	0.090	0.100
	Ave.	0.006	0.008	0.007	0.021	0.009	0.039	0.050	0.018	0.054	0.041
2 TOLGOIT	Max.	0.044	0.015	0.016	0.037	0.044	0.078	0.068	0.025	0.084	0.084
	Ave.	0.016	0.009	0.009	0.029	0.015	0.041	0.032	0.021	0.068	0.039
3 III EMNELEG	Max.	0.018	0.012	0.009	0.040	0.040	0.147	0.051	0.031	0.127	0.147
	Ave.	0.008	0.008	0.006	0.034	0.011	0.057	0.031	0.021	0.090	0.049
4 IV SURGUUL	Max.	0.026	0.011	0.008	0.022	0.026	0.096	0.149	0.060	0.109	0.149
	Ave.	0.011	0.006	0.006	0.015	0.009	0.047	0.038	0.031	0.050	0.042
5 17 SURGUUL	Max.	0.040	0.100	0.003	0.024	0.100	0.112	0.045	0.045	0.087	0.112
	Ave.	0.013	0.020	0.002	0.016	0.014	0.059	0.030	0.026	0.044	0.044
6 ZURAGT	Max.	0.027	0.010	0.008	0.016	0.027	0.200	0.089	0.016	0.069	0.200
	Ave.	0.012	0.006	0.006	0.010	0.009	0.078	0.041	0.011	0.049	0.054
7 DUURI	Max.	0.040	0.010	0.002	0.009	0.040	0.154	0.064	0.045	0.101	0.154
	Ave.	0.015	0.006	0.002	0.007	0.009	0.066	0.042	0.027	0.070	0.054
8 ZUUN DURVONZAM	Max.	0.062	0.008	0.005	0.018	0.062	0.126	0.124	0.038	0.076	0.126
	Ave.	0.014	0.004	0.004	0.012	0.009	0.066	0.044	0.025	0.069	0.054
9 68 SURGUUL	Max.	0.042	0.011	0.008	0.042	0.042	0.082	0.088	0.013	0.079	0.088
	Ave.	0.012	0.005	0.004	0.027	0.011	0.053	0.039	0.011	0.052	0.043

Note : Winter corresponds to December, January and February, spring to March and April, summer to June, and autumn to November.

(a) SO₂

時間値の季節平均の最高値は、地点3における秋季の0.034mg/m³であった。年間最高の時間値は地点5での0.1mg/m³であり、時間環境基準値の0.5mg/m³よりもはるかに低かった。

(b) NO₂

時間値の季節平均の最高値は、地点3における秋期の0.090mg/m³であった。年間最高時間値は、地点2の0.084mg/m³から地点6の0.2mg/m³の範囲であり、地点2以外の8地点で、時間環境基準値の0.085mg/m³を上回った。

(2) JICA チームの測定によるダスト (TSP) 濃度

ダスト濃度 (全浮遊粒子: TSP) の測定をウランバートル市内の3ヵ所の固定局で行った。測定にはハイボリューム・エアサンプラーと化学天秤を用いた。サンプラーは1台のみであったため、測定地点を順次移動した。測定結果の概要を表6.11と表6.12に示し、詳細結果を表6.13に示す。

ST-1は第3発電所の東1.5kmに位置しているが、TSP濃度は他局に比較して低い。この局での日平均TSP濃度は0.06~1.21mg/m³であり、測定日数35日のうちの15日の値が、環境基準値である0.15mg/m³を上回った。最高濃度は4月27日に観測された。全期間平均値は0.18mg/m³であり、3測定局中で最も低かった。

ST-2はEnkhtayvan通りとZanabazar通りの混雑した交差点に位置しており、TSP濃度には自動車排ガスと道路粉塵の影響が考えられる。当測定局における日平均TSP濃度は0.12~0.77mg/m³であり、36日のうち33日の値が環境基準値の0.15mg/m³を上回った。最高濃度は4月16日に出現した。全期間平均値は0.30mg/m³であり、3測定局中では中間の値であった。

ST-3はゲル住宅の多い市の北西部に位置しており、朝と夕に暖房用ストーブの排煙の影響を受け易いと考えられる。日平均TSP濃度は0.16~1.17mg/m³であり、全測定日で環境基準値の0.15mg/m³を上回った。最高濃度は3月10日に観測され、基準値の約8倍の高さであった。全期間平均値は0.47mg/m³であり、3測定局中最高であった。

表 6.11 ウランバートルにおける日平均TSP濃度の測定結果概要
(1995年1月～5月)

Data	ST-1	ST-2	ST-3
Average (mg/m ³)	0.18	0.30	0.47
Minimum (mg/m ³)	0.06	0.12	0.16
Maximum (mg/m ³)	1.21	0.77	1.17
Number of data	35	36	33

表6.12 日平均TSP濃度のランク別出現頻度

Concentration Level (mg/m ³)	Frequency of Appearance (day)		
	ST-1	ST-2	ST-3
- 0.15	20	3	0
- 0.20	9	11	4
- 0.30	1	10	10
- 0.40	3	4	7
- 0.50	1	3	4
- 1.00	0	5	4
1.00 <	1	0	4
Number of data	35	36	33

Table 6.13 JICAチーム測定によるウランバートルにおける日平均TSP濃度
(1995年1月～5月)

ST - 1		ST - 2		ST - 3	
Date	TSP Concentration (mg/m ³)	Date	TSP Concentration (mg/m ³)	Date	TSP Concentration (mg/m ³)
Jan. 13	0.09	Jan. 17	0.13	Jan. 20	0.32
14	0.31	18	0.12	21	0.19
15	0.13	19	0.18	22	0.23
16	0.09	26	0.16	30	0.32
23	0.15	27	0.21	31	0.28
24	0.14	28	0.18	Feb. 01	0.30
25	0.17	29	0.18	14	0.36
Feb. 02	0.16	Feb. 08	0.16	15	0.28
03	0.07	09	0.18	16	0.29
04	0.08	10	0.16	17	0.29
05	0.07	11	0.20	18	0.29
06	0.09	12	0.22	19	0.25
07	0.08	13	0.23	20	0.39
21	0.11	28	0.33	Mar. 07	0.89
22	0.10	Mar. 01	0.21	08	0.41
23	0.20	02	0.19	09	0.20
24	0.12	03	0.24	10	1.17
25	0.11	04	0.30	11	0.16
26	0.16	05	0.32	12	0.44
27	0.11	06	0.42	13	0.50
Mar. 14	0.09	21	0.59	Apr. 05	1.71
15	0.16	22	0.30	06	1.28
16	0.46	23	0.60	07	0.39
17	0.34	24	0.26	08	0.32
18	0.24	Apr. 11	0.32	09	0.20
19	0.10	12	0.24	10	1.04
20	0.14	13	0.20	May 02	0.55
Apr. 24	0.17	14	0.40	03	0.48
25	0.19	15	0.74	04	0.31
26	0.17	16	0.77	05	0.57
27	1.21	May 09	0.47	06	0.60
28	0.18	10	0.23	07	0.29
29	0.31	11	0.70	08	0.28
30	0.06	12	0.16		
May 01	0.06	13	0.18		
		14	0.15		

6.2 将来における大気質

6.6.1 石炭関連施設からの汚染物質排出量の推算

2.4 節における石炭需要の予測結果から、表 6.14 にウランバートルにおける 2000 年、2005 年および 2010 年におけるセクター別の石炭消費量の予想値をまとめて示す。将来の各年については二つのケース（高需要ケースと低需要ケース）を想定している。

予想石炭消費量に伴う将来年の汚染物質の排出量を、6.1.1 節（現況）と同様の方法で推算した。その結果を表 6.15 に示す。

6.6.2 火力発電所から排出される SO₂ と NO₂ の着地濃度

(1) 基本的考察

ウランバートル市は山と Tuul 川にかこまれた盆地に位置しているため、風系は複雑である。第 3 発電所と第 4 発電所の煙の流路からしばしば観察できるように、ある時間の風向も場所によって異なることが多い。ウランバートルでは大気の気温逆転が頻繁に起こるといわれている。逆転層は、汚染物質の上空への拡散を妨げるので、リッド（ふた）の作用をする。リッドの高さは時間によって変化するが、第 3 および第 4 発電所の煙突からの汚染物質は、リッドの上部に排出されることが多い。この場合、地表での汚染物質濃度に対するこれら発電所の寄与度は比較的小さい。

以下の解析では、発電所の排出が地表での濃度に与える影響が比較的大きいと考えられるリッドが形成されていない条件のもとに、発電所排出の SO₂ と NO₂ の着地濃度の推算を行う。

(2) SO₂ と NO₂ の着地濃度の推算

汚染物質の最大着地濃度の計算には、以下のサットン式を用いる。

$$C_{\max} = 0.234(Q/uh_e^2)(C_z/C_y)$$

ここに、 C_{\max} : 汚染物質の最大着地濃度 (mg/m³)

Q : 汚染物質排出強度 (mg/s)

u : 風速 (m/s)

h_e : 有効煙突高さ (m)

C_z, C_y : サットンの拡散パラメーター

有効煙突高さ h_e は以下のように求める。

$$h_e = H + d_{II}$$

表 6.14 ウランバートルにおける予測石炭消費量 (Unit : 1,000 ton)

		1993	2000		2005		2010	
		Actual	H	L	H	L	H	L
Power	No. 2	129	0	0	0	0	0	0
Plants	No. 3	861	738	668	880	766	1,073	890
	No. 4	1,906	2,102	1,961	2,377	2,027	2,875	2,364
	Sub-total	2,896	2,840	2,630	3,257	2,794	3,948	3,255
Industries	Industry	400	286	273	369	335	498	420
	Add. Indus.	0	100	100	200	200	300	300
	Sub-total	400	386	373	569	535	798	720
Others	Transport		30	30	33	33	36	36
	Agriculture		204	204	226	226	249	249
	Residential		291	291	322	322	355	355
	Others		267	267	295	295	326	326
	Sub-total	260	793	793	875	875	966	966
Total		3,556	4,019	3,795	4,701	4,203	5,712	4,941

Note : H : high demand case, L : low demand case

表 6.15 ウランバートルにおける予測石炭消費量に伴う汚染物質排出量推算値
Year 2000 (High demand case) Year 2000 (Low demand case)

	SO ₂ (1,000 ton)	NO ₂ (1,000 ton)	Dust (1,000 ton)	Benzpyrene (kg)	SO ₂ (1,000 ton)	NO ₂ (1,000 ton)	Dust (1,000 ton)	Benzpyrene (kg)
P.P. No.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P.P. No.3	9.6	9.3	22.6	3.7	8.7	8.4	20.2	3.3
P.P. No.4	31.6	25.5	61.9	10.1	29.4	23.8	59.4	9.4
Industries	4.6	2.6	21.8	16.3	4.4	2.5	21.0	15.8
Stoves	7.2	2.5	31.7	491.2	7.2	2.5	31.7	491.2
Total	53.0	39.8	138.0	521.3	49.8	37.2	132.4	519.7

Year 2005 (High demand case)

Year 2005 (Low demand case)

	SO ₂ (1,000 ton)	NO ₂ (1,000 ton)	Dust (1,000 ton)	Benzpyrene (kg)	SO ₂ (1,000 ton)	NO ₂ (1,000 ton)	Dust (1,000 ton)	Benzpyrene (kg)
P.P. No.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P.P. No.3	12.0	11.1	27.0	4.4	10.5	9.7	23.5	3.8
P.P. No.4	32.4	28.8	70.0	11.4	27.7	24.5	59.7	9.7
Industries	6.7	3.8	32.0	24.0	6.3	3.6	30.1	22.6
Stoves	8.0	2.7	35.0	542.3	8.0	2.7	35.0	542.3
Total	59.1	46.4	164.0	582.1	52.4	40.5	148.3	578.4

Year 2010 (High demand case)

Year 2010 (Low demand case)

	SO ₂ (1,000 ton)	NO ₂ (1,000 ton)	Dust (1,000 ton)	Benzpyrene (kg)	SO ₂ (1,000 ton)	NO ₂ (1,000 ton)	Dust (1,000 ton)	Benzpyrene (kg)
P.P. No.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P.P. No.3	14.6	13.5	32.9	5.4	12.2	11.2	27.3	4.4
P.P. No.4	39.2	34.8	84.6	13.8	32.3	28.6	69.6	11.3
Industries	9.4	5.4	44.9	33.7	8.5	4.9	40.6	30.4
Stoves	8.8	3.0	38.6	598.7	8.8	3.0	38.6	598.7
Total	72.1	56.7	201.1	651.6	61.7	47.7	176.1	644.9

ここに, H : 煙突の実高 (m)
 dH : 煙の上昇高さ (m) で次のCONCAWE 式より求められる。
 $dH = 0.175(Qh)^{1/2}(u)^{-3/4}$
 ここに, Qh : 熱排出強度 (cal/s) = d · Cp · Qg · dT
 d : 排出ガスの 0°C における密度 ($1.293 \times 10^3 \text{ g/m}^3$)
 Cp : 定圧比熱 (0.24 cal/°K/g)
 Qg : 排出ガス流量 ($\text{m}^3\text{N/s}$)
 dT : 排出ガスと大気との温度差 (°K)

ウランバートルにおける 1983~1992 年間の年平均風速は表 6.16 に示すように 2.1m/s である。従って、風速として 2.0m/s を用いる。

表 6.16 ウランバートルにおける月平均気温と風速 (1983~1992 年)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Temperature (°C)	-21.3	-17.3	-8.7	0.8	10.4	14.3	16.5	15.2	8.3	1.0	-11.1	-18.5	-0.9
Wind speed (m/s)	1.5	2.0	2.6	3.7	3.8	3.3	2.8	2.7	2.8	2.5	2.0	1.7	2.1

Cz/Cy の値は、大気安定度の「中立」に当たる 0.15 を用いる。

各発電所の煙突の実高は以下のとおりである。

第 2 発電所 : 100m、 第 3 発電所 : 150m、 第 4 発電所 : 250m

各発電所から排出される SO₂ と NO₂ の最大着地濃度の計算値を各々表 6.17 と表 6.18 に示す。将来年での計算は、石炭の高需要と低需要の 2 ケースについて行った。

火力発電所の合計石炭消費量は 1993 年から 2010 年までに相当の増加があるが、表 6.17 と表 6.18 に示した簡易シュミレーションの結果によると、第 3、第 4 発電所とも排出する SO₂ と NO₂ の着地濃度の増加は 10~15% 程度に留まっている。

表 6.17 発電所排出のSO₂の最大着地濃度推算値

Source	Item	1993	2000		2005		2010	
		Present	H	L	H	L	H	L
P.P. No. 2	Cmax (mg/m ³)	0.022	-	-	-	-	-	-
	Xmax (m)	6,851	-	-	-	-	-	-
P.P. No. 3	Cmax (mg/m ³)	0.037	0.034	0.032	0.039	0.036	0.043	0.039
	Xmax (m)	13,780	13,211	12,869	13,863	13,346	14,676	13,910
P.P. No. 4	Cmax (mg/m ³)	0.037	0.040	0.038	0.039	0.035	0.043	0.038
	Xmax (m)	21,712	22,244	21,864	22,952	22,043	24,145	22,921

Note : 1) H : High coal demand case, L : Low coal demand case
 2) Cmax : Maximum ground-level concentration
 3) Xmax : Distance from the source to the point of Cmax

表 6.18 発電所排出のNO₂の最大着地濃度推算値

Source	Item	1993	2000		2005		2010	
		Present	H	L	H	L	H	L
P.P. No. 2	Cmax (mg/m ³)	0.020	-	-	-	-	-	-
	Xmax (m)	6,851	-	-	-	-	-	-
P.P. No. 3	Cmax (mg/m ³)	0.036	0.033	0.031	0.036	0.034	0.040	0.036
	Xmax (m)	13,780	13,211	12,869	13,863	13,346	14,676	13,910
P.P. No. 4	Cmax (mg/m ³)	0.030	0.032	0.031	0.034	0.031	0.038	0.034
	Xmax (m)	21,712	22,244	21,864	22,952	22,043	24,145	22,921

Note : 1) H and L : Same as Table 6.17
 2) Cmax and Xmax : Same as Table 6.17

6.2.3 ダストおよびベンツピレン

(1) ダスト

表 6.14 に示した通り、3 ヶ所の発電所による現在の石炭消費量は、全市の消費量の 80% を占めている。第 3 発電所合計の 66% の石炭を消費している第 4 発電所には、集じん効率 98% 以上の電気集じん器が設置されており、煙突は 250m と高い。従って、地表での環境ダスト濃度に与える影響は比較的小さいと考えられる。

発電所合計の 30% の石炭を消費する第 3 発電所にはスクラバーが設置されており、煙突高も 150m あるので、地表のダスト濃度に与える影響は比較的小さいと考えられる。

第 2 発電所の石炭消費量は発電所合計の 5% と少ない。しかし、煙突は 100m と低く、集じん器は設置されていないので、環境中のダスト濃度にある程度影響を与えていると見られる。しかし 2000 年には当発電所は廃止される計画なので、以後の排出はなくなる。

ゲルで使用されているストーブからの煤じんの排出には注意を要する。ストーブ 1 個当たりの排出は少ないが、煙突の高さが非常に低いことから、ゲルが集中している地区においては、これらのストーブがダスト汚染の有力な原因になっていると考えられる。

(2) ベンツピレン

一般に利用されている石油、石炭、ガスおよび薪などの燃料では、燃焼によるベンツピレンの発生は石炭が一番多く、次いで薪、石油、ガスとなっている。同じ燃料でも、燃焼効率により発生量は大きく異なる。燃焼効率が低いほど、発生量が多い。家庭のストーブの燃焼効率は不完全燃焼により、大型の燃焼設備よりも一般的に低いので、ストーブによる石炭の単位量当たりのベンツピレンの発生量は、発電ボイラーのそれよりも格段に多い。その上、家庭のストーブの煙突は非常に低い。従って、ウランバートルにおける家庭用石炭ストーブで発生するベンツピレンは、発電所でのそれに比べて、格段に環境的影響が大きい。

6.3 大気汚染対策の技術的可能性

6.3.1 対策に必要な発生源と汚染物質

以上に述べてきたように、ウランバートルにおいて石炭を燃焼している固定発生源のうちでは、発電ボイラーよりも家庭の暖房用ストーブや中・小規模ボイラーのような低煙源の方が、地表の大気質、特にダストとベンツピレンの濃度に大きな影響を及ぼしていると思われる。

従って、将来に向けてのウランバートルの大気質の改善のため、対策の優先順位は低煙源対策に置くべきであろうと考えられる。

6.3.2 バイオブリケットの導入

現在使われている石炭をガス等の高品質の燃料に変更することは、モンゴルでは経済的に困難である。より現実的な対策として、モンゴル産石炭を原料とするブリケットの使用が考えられる。各種のブリケットの中では、石炭粉にバイオマスを混ぜ合わせ、高压によりペレット状に成型する「バイオブリケット」と呼ばれるものが、費用および汚染物質削減効果の面から最も適していると考えられる。必要に応じ、石灰のような脱硫材も加えることができる。

バイオブリケットの汚染物質削減効果の日本における一例として、以下のデータがある。

煤じんの削減率	:	70%
SO ₂ の削減率(脱硫材添加)	:	75~85%(硫黄分1%以下の石炭) 80~93%(硫黄分1%以上の石炭)

煤じんの削減とともに、ベンツピレンも概ね比例して削減されると考えられる。

バイオブリケットを使用した場合のウランバートルにおける排出汚染物質の削減量を、以下の条件と仮定により推定した。

目標年	:	2010年
石炭需要のケース	:	高需要
バイオブリケットを導入する発生源	:	家庭ストーブと発電用以外のボイラー
煤じんとベンツピレンの削減率	:	70%
SO ₂ の削減率	:	75%(石炭中の硫黄分:0.76%)

算定した汚染物質の削減効果を表 6.19 に示す。

表 6.19 ストープと中・小ボイラーでのバイオブリケット使用による汚染物質の削減効果
(2010年、石炭高需要ケース)

Pollutant Source	Pollutant Emission Without use of bio-briquette			Pollutant Emission With use of bio-briquette		
	Dust	Benzpyrene	SO ₂	Dust	Benzpyrene	SO ₂
	(1,000 ton)	(kg)	(1,000 ton)	(1,000 ton)	(kg)	(1,000 ton)
Power plants	117.5	19.2	53.8	117.5	19.2	53.8
Boilers	44.9	33.7	9.4	13.5	10.1	2.4
Stoves	38.6	598.7	8.8	11.6	179.6	2.2
Total	201.1	651.6	72.1	142.6	208.9	58.4
(%)	(100)	(100)	(100)	(71)	(32)	(81)

表によれば、バイオブリケットの使用により、特にダストとベンツピレンの削減に顕著な効果が表われる。地表の濃度の低減効果はこれよりもさらに大きいものであろう。

ストーブや一般ボイラーによる SO₂ 汚染は小さいことが確認できれば、バイオブリケットに脱硫材を添加する必要はなくなる。

6.4 環境保全計画

この章の結論として、ウランバートルの家庭用ストーブが大気汚染に大きな影響を与えていることがわかり、バイオブリケットがこの大気汚染の改善のための鍵となっている。この項では、ゲル用ストーブのバイオブリケット工場について検討する。

6.4.1 ゲル用ストーブの石炭消費量

現在ウランバートルにはゲルが約 5 万世帯あり、1 世帯当たりの年間石炭消費量は約 4 から 5 トンといわれている。さらに、このうち約 20%の石炭が粉炭化のために損失しているともいわれている。ウランバートルのゲルの戸数が将来 (2010 年) も変わらないとしたら、年間の総石炭消費量は 20 万トンに上ることになる。これらの石炭燃焼によって排出されるベンツピレンの量は年間 154kg になる。しかしながら、バイオブリケットを使用することによって 70%のベンツピレンを削減することが期待されている。

6.4.2 バイオブリケット工場の必要資金

バイオブリケットは、粉炭によるロスや燃焼効率の向上などから、ゲルにおける石炭消費量を少なくさせるであろう。ウランバートル近辺の5万戸のゲルは地域的に集中しており、ブリケットの利用が望ましく、全部のゲルが石炭からブリケットに切り替わると仮定すると、必要なバイオブリケット工場の生産能力は年間約20万トンになる。しかしながら、全てのゲルですぐにバイオブリケットを使用することは、費用負担の問題から難しいと思われる。ゲルが密集している地帯が全体の半分と考えれば、まず最初に、バイオブリケットはこれらの半分のゲルのために供給されるべきであり、この場合には、ブリケットに必要な生産能力は約10万トン/年の規模になる。資金調達を考えれば、4万トン規模の工場を5年ごとに二つ建設するのが望ましい。これらの必要資金は7.2.2に記載されており、これによると、年間4万トンのバイオブリケット工場の所要資金は約6億5,000万円で、原料を含まない操業費はブリケット1トン当たり約2.7ドルである。バイオブリケット工場の建設は、環境保全やエネルギー効率向上の観点からも検討されるべきである。

7. 優先炭鉱の予備調査

7.1 優先炭鉱の開発予備調査

選定された炭鉱の開発計画の経済性を評価するために、それぞれの炭鉱の詳細計画がこの章で検討される。これらの計画にはプロジェクト期間、採掘方法、採掘機器、人員、予想される費用、坑外設備、社会インフラなどが含まれている。これらのデータを基に、経済評価の目的のために、EIRRが10%の時の石炭価格を以下の基準で算出した：

- －プロジェクト期間 : 23年
- －通貨価値 : 1994年価格 (400Tg/US\$)
- －プロジェクト資金 : 100%自己資金
- －機器の価格と寿命 : 第1部調査と同じ
- －インフレーション : 無視

EIRRの経済分析に使用したキャッシュ・フローの公式は以下の通り：

プロジェクトのEIRRのキャッシュ・フロー＝歳入－総操業費－総投資額－運転資本の増加

なお、タバントルゴイ炭鉱については、この炭鉱の開発が近隣諸国の電力市場およびコークス市場に依存するため、需要見込み、価格等が予測できないので、本調査では経済性評価を行っていない。

7.1.1 ツァイダムヌール炭鉱

(1) 計画の概要

1) インフラストラクチャーと近隣鉱山について

本石炭鉱床は、バガヌール炭鉱の南に位置し、東方には110kV、南方には220Vの電力線が敷設されている。2本の道路が鉱床の中を通っている。周辺にはバガハンガイ炭鉱、螢石鉱山がある。鉱床の特徴は以下の通りである。

- ・既存のインフラストラクチャーに近い。
- ・地質構造と炭質がバガヌール炭鉱に類似している。
- ・従って、インフラストラクチャー関連投資が少なく、開発が容易である。

2) 設計基準

炭鉱開発計画を以下の基準で行った。

- ・プロジェクト期間は23年間
- ・深度10mまでの酸化炭は、剥土とみなして除去する。
- ・剥土比は 4.2まで、採掘深度は 200mまでとする。
- ・剥土比は、プロジェクト期間を通じての平均剥土比で一定とする。
- ・採掘方式は、ショベル・トラック方式によるベンチカット法とする。
- ・運搬距離は3kmとして、期間中一定とする。

(2) 所要機械設備、人員、コスト推定等

ツァイダムヌール炭鉱の開発計画（主要採掘機器、坑外施設等）は表7.1に示す通りである。

1) 主要採掘機械

剥土作業用のフリート編成は、12m³電動ショベルと80t ダンプトラックとする。電動ショベルは掘削力が大きく、耐久性にすぐれ、輸入に依存する燃料油に代わって、電力にて駆動できるのが優れた点である。

電動の採掘機械は、作業箇所の移動が少ない大規模作業に適しているため、先行剥土に用いるのが望ましい。このフリート編成は、パート1スタディで最も優れているとの結果を得ている。

石炭採掘のフリート編成は、5.7m³バックホータイプの油圧ショベルと46t のダンプトラックとする。バックホータイプの油圧ショベルの利点を以下に記す。

- ・石炭の品質管理のための正確な選択採掘ができる。
- ・掘削力が大きいので、剥土作業にも使える。
- ・機体本体よりも下部の掘り下げ掘削ができる。
- ・排水溝の掘削、切羽面の処理などの附帯作業もできる。

2) 所要人員

ツァイダムヌール炭鉱の所要人員をシビーオボー炭鉱をもとに推定すると、480名が必要であろう。所要人員の詳細は、次の段階の調査で確定すべきである。

3) 坑外施設

(a) はじめに

一般的に露天掘の坑外施設として、整備工場、倉庫、受・配電設備、給水設備、抜水・排水設備、破碎・篩分・積込み設備、事務所、貯炭場、運搬、通信設備等が必要である。

(b) 整備工場

整備工場は、山元設備と採掘機械の検査、修理および整備用の設備を備えていなければならない。修理には、機械修理、重車輛修理、軽車輛修理、電気修理、足回り部修理の各作業場が必要である。整備工場は、修理工場、保守・点検施設、倉庫、資機材取扱設備、洗車設備、駐車場等からなる。採掘機械の保守点検は、通常切羽近くで行われ、燃料補給、日常保守・点検、タイヤ管理等からなる。保守・点検作業は、重車輛・軽車輛の保守・点検、洗車、燃料補給およびグリース給脂などである。炭鉱は一般的に遠隔地にあるため、倉庫内に、山元設備と採掘機械に必要な予備部品、消耗品、交換用コンポーネントを保管しなければならない。

(c) 受・配電設備

電力は、中央エネルギーシステム(Central Energy System)から、既設および新設の電力線により受電する。時には、電力は民営の発電設備で供給されることもある。変電設備により、使用電圧まで変圧する。一般的に電力は幹線から受電し、変圧器を経てケーブルで各設備に供給する。

(d) 給水設備

炭鉱の操業と居住区には、飲料水および工業用水が必要である。熱水も同様に、炭鉱の操業と居住区の両方に必要である。抜水井からの地下水や排水は、飲用には適さないが、工業用には適するかもしれない。

最適の水源を選定するために、すべての水源、即ち河川、湖、地下水等を考慮しなければならない。水源は、その供給能力の確認のための調査も必要である。河川、湖、地下水から水を採取し、パイプラインにて炭鉱設備のポンプ座を通して直接、必要ならば水処理設備を経由して送水し、必要箇所へ配水する。多くの工程で暖房や工業目的で蒸気や熱水が必要である。従って、この需要に応ずるためのボイラーの設置が必要である。熱水は、石炭燃焼ボイラーから、断熱パイプラインを通して必要箇所へ供給する。

(e) 抜水および排水設備

もし、地下水位が高く、採掘作業と石炭の品質に悪影響を及ぼすならば、採掘に先立ち抜水をして地下水位を下げなければならない。地下水は、採掘作業を始める前に、一定の期間を定めて抜水しなければならない。石炭層の水分が極めて高い場合には、抜水作業をせずに石炭を採掘することは非常に困難であろう。従って、地下水の抜水は遅滞なく実施しなければならない。排水は露天掘炭鉱の操業にとって、先ず第一に重要である。排水をするために、排水溝や排水だめを切羽内および周辺に掘削し、ポンプ設備を設置しなければならない。

(f) 破碎／篩分／積込み設備

石炭の品質に関しては、石炭の最終消費者は、低品位ばかりではなく、石炭および岩石の大塊の混入、異物の混入に悩まされている。炭鉱の山元に、破碎、篩分、積込み設備を設置し、採掘した石炭をすべて出荷前に処理しなければならない。

(g) 事務所設備

採掘作業や山元設備の操業を維持してゆくためには、管理、計画、日常の業務活動のために統制上の事務所が必要である。

(h) 貯炭設備と運搬設備

石炭は、破碎／篩分設備で破碎され、積込み設備へ送られる。石炭の殆どはコンベアによって列車積込みサイロへ直送される。輸送用の列車に積み込めない場合には、破碎された石炭は臨時の貯炭として貯炭場に転送される。石炭の自然発火に対処するため、石炭の自然発火の性質は厳密に研究し、原炭貯炭場と製品炭の貯炭場の両方において、適切な作業手順と設備で臨まなければならない。水分減少のために、石炭の自然乾燥の工程が必要かもしれない。

(i) 通信設備

炭鉱の外部と内部の通信、連絡を考慮するのは重要である。電話、ファクシミリ、移動無線機が炭鉱の操業には必要であろう。

(j) 炭鉱内インフラストラクチャー

a) 居住関連インフラストラクチャー

プロジェクトの実施は遠隔地でなされるため、労働者の居住を確保するため、新しい町が開発されるだろう。町の人口は労働者総数によって決まると思われる。

町の開発は、炭鉱の生産に先立ち開発と同時期に開始される。従って、炭鉱開発が始まったときには、従業員は居住設備を利用することができる。炭鉱の位置、労働者の総数、炭鉱の寿命、既存設備、企業と政府の政策によって、町の大きさおよびその機能は影響されるであろう。町の大きさは必要とする労働力と関連条件に基づいている。以下の設備が町には必要である。

- ・従業員用住宅
- ・道路

- ・公共施設：飲料水、電気、下水、排水
- ・レクリエーション施設
- ・商店街
- ・コミュニティ施設：ホール、消防署、警察、銀行および郵便局
- ・商業施設
- ・医療施設
- ・教育施設

これまで述べてきたように、建設費の負担者には次の三者が考えられる。

- ・中央政府あるいは地方政府または両者の負担
- ・炭鉱企業
- ・個人または民間会社

炭鉱企業は従業員用住宅を建設する責任があるだろう。居住関連のインフラストラクチャー建設費は、以下のように推定される。

- ・従業員数 480人
- ・人口 1,300人
- ・推定費用 (US\$1,000) 9,000

居住関連のインフラストラクチャー建設費は全体で2千6百万ドルと推定される。しかしながら、このうち1千7百万ドルは政府などで用意されるべきであり、炭鉱の負担は9百万ドルと推定される。

政 府	17,000
炭鉱企業	9,000
個 人	-
合 計	26,000

b) 輸送設備

利用可能な輸送設備を考慮し、評価することは不可欠である。考慮すべき利用可能な輸送システムは、

- ・道路
- ・鉄道 である。

(i) 道路

2 kmの道路を主要道路からの連絡道路として建設しなければならない。

推定費用： $247,500 \text{ ドル/km} \times 2 \text{ km} = 495 \text{ (US\$1,000)}$

(ii) 炭鉱用鉄道

2 kmの引込線を物資と石炭運搬用に建設しなければならない。

・引込線の推定費用： $675,000 \text{ ドル/km} \times 2 \text{ km} = 1,350 \text{ (US\$1,000)}$

・車輛費： 1,350 (US\$1,000)

仮定：石炭生産量の全量をウランバートルへ運搬する。

ウランバートルまでの運搬距離： 90km

基準車輛費：7,500ドル/百万ト・km

・合計推定鉄道費用 (US\$1,000)

引込線費 1,350

車輛費 1,350

合計 2,700

(iii) 電力線と通信手段

電力は、中央エネルギーシステムから、既存あるいは延長した電力線によって受電しなければならない。内外の通信手段を考慮するのは重要である。電話、ファクシミリ、移動無線機が炭鉱操業には必要であろう。

電力線推定費用 71,250ドル/km×2km = 143 (US\$1,000)

(iv) その他 334 (US\$1,000)

c) 合計 (a)+b) 12,672 (US\$1,000)

4) インフラストラクチャー開発費用

(a) はじめに

開発予定の新炭鉱用に、新しい町の設備、鉄道、道路、電力線を開発しなければならない。

a) 道路

開発予定区域の既存道路は、炭鉱所有地へ通じる手段となる。新炭鉱へ通じる道路を新たに建設する必要がある。

b) 鉄道

石炭は列車によって消費都市へ運搬されるだろう。新しい鉄道線路が、プロジェクト地点から既存線路を継ぐように建設されなければならない。

c) 電力線と通信手段

電力を既存の中央エネルギーシステムから供給するために、電力線を延長しなければならない。

d) 居住関連インフラストラクチャー (政府負担)

(b) 推定費用

鉄道	距離 (km)	10
	費用 (US\$1,000)	6,750
道路	距離 (km)	10
	費用 (US\$1,000)	2,475 (新設)
電力線	距離 (km)	25
	費用 (US\$1,000)	1,780

その他施設	費用 (US\$1,000)	1,100
居住関連インフラストラクチャー	費用 (US\$1,000)	17,000
合計 (US\$1,000)		29,105

(3) 投資金額

炭鉱開発用投資金額は、主要採掘機械、補助機械と坑外設備の合計である。この金額には税金を含んでいない。

初期投資額	70,800 (US\$1,000)
更新投資額	85,6000 (US\$1,000)
全投資額	156,4000 (US\$1,000)

インフラストラクチャー 投資金額:

鉄道	6,800 (US\$1,000)
道路	2,500 (US\$1,000)
電力線	1,800 (US\$1,000)
居住関連インフラストラクチャー	18,100 (US\$1,000)
合計	29,100 (US\$1,000)

総投資額	185,500 (US\$1,000)
------	---------------------

(4) 操業コスト

操業コストは2要素からなっている。即ち、物品費と労務費である。パート1スタディのバガヌール炭鉱で検討したショベル・トラックによる採掘のコストインデックスト1.43ドル/BCMを、ツァイダムヌールでも同様の採掘システムにて計画されているため使用する。

(5) 経済評価

EIRRが10%の時の石炭価格を、このプロジェクトの経済性を評価するために計算した。プロジェクト年数は23年で、初期および追加コストについては表7.1のように投資される。これらの投資コストは、第一部の調査を基に国境価格で示されている。US\$1.43/BCMの操業費原単位から計算された操業費は、石炭1トン当たり5.43ドルである。また、この経済評価には社会的インフラストラクチャー（炭鉱から既存の鉄道、道路、送電線の費用や居住地費用、その他費用）は含まれていない。

表7.2は毎年のEIRRのネット・キャッシュ・フローを示しており、EIRRが10%の時の石炭価格はUS\$11.1/t (4,444Tg./t)である。

表 7.1 ツァイダムヌール炭鉱の採掘計画 (1/2)

1) Details of plan

Coal seam condition			Reserves ($\times 10^4 t$)				Development plan							
Thickness (m)	Dip ($^{\circ}$)	Strike length (km)	Depth (m)	Stripping ratio	Reserves ($\times 10^4 t$)	Annual Production ($\times 10^4 t$)	Cumulative coal production ($\times 10^4 t$)	Strike length (km)	Depth (m)	Total Stripping ratio	Average overburden removal ($\times 10^3 m^3$)	Volume of coal production ($\times 10^3 m^3$)	Fleet number	
													Coal mining	Stripping
	5	4	200	2.3	864	2,000	40,000	2	34	3.0	6,000	1,600	1	3
		5											(2.41)	
		6												

2) Cost estimation

Capital costs (Initial)

($\times 10^3$ US\$)

Mining equipment				General purpose equipment		Surface facilities				Grand Total	
Equipment	Specification	Quantity	Amount of price								
Power shovel	12m ² (waste)	3	12,027	(Bulldozer,		Workshop				1,355	
Hydraulic shovel	5.7m ² (coal)	1	2,016	Grader,		Warehouse				543	
Front end loader	5 m ²	2	867	Front end loader,		Coal stockyard				799	
Dump truck	80t (waste)	20	15,800	Service truck,		Sizing & loading				4,704	
Dump truck	40t (coal)	8	3,520	Water truck,		Power distribution				1,038	
Bulldozer	400 Hp	4	2,096	Fuel truck,		Communication				85	
Grader	254 Hp	4	1,464	Anfo truck,		Drainage & water supply				4,000	
Drill	160 mm	4	1,836	etc.)		Mine office				500	
Sub-Total			39,626	4,454		Explosiv magazine				200	
						Boiler				300	
						Road maintenance				300	
						Coal quality system				240	
						Mine infrastructure				12,672	
Equipment total			44,080			Subtotal				26,736	
											70,816

表 7.1 ツアイダムヌール炭鉱の採掘計画 (2/2)

Capital costs for coal mine
(Initial & replacement)

Operating Costs

Capital costs for infrastructure

Details of Operating cost

Year	Mining Equipment	General Purpose Equipment	Surface Facilities	Total
-3	—	153	12,672	12,825
-2	24,242	2,553	9,180	35,975
-1	15,384	1,748	4,884	22,016
Initial total	39,626	4,454	26,736	70,816
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	—	—	4,000	4,000
5	—	—	255	255
6	—	—	—	—
7	16,224	153	2,181	18,558
8	11,375	2,553	799	14,727
9	—	1,748	6,976	8,724
10	—	—	85	85
11	—	—	255	255
12	—	—	—	—
13	—	—	—	—
14	—	153	4,000	4,153
15	16,224	2,552	2,181	20,958
16	11,375	1,748	799	13,922
17	—	—	—	—
18	—	—	—	—
19	—	—	—	—
20	—	—	—	—
Replacement total	55,198	8,908	21,531	85,637
Total capital	94,824	13,362	48,267	156,453

US\$ 000's

Railroad	Length (km)	Costs (\$000's)
	10	—
	6.750	—
Road		
	10	—
	2.475	—
Powerline (km)	25	—
	1.780	—
Township		
	Population	1,300 (480 employees included)
	Costs (\$000's)	17,000
Other		
	Costs (\$000's)	1,100
Total		29,105

Year	Waste million BCM	Coal Million ton	Costs Million \$	\$/T
-3	—	—	—	—
-2	4.72	1.00	7.89	7.89
-1	5.42	1.50	9.47	6.31
1	6.00	2.00	10.87	5.43
2	6.00	2.00	10.87	5.43
3	6.00	2.00	10.87	5.43
4	6.00	2.00	10.87	5.43
5	6.00	2.00	10.87	5.43
6	6.00	2.00	10.87	5.43
7	6.00	2.00	10.87	5.43
8	6.00	2.00	10.87	5.43
9	6.00	2.00	10.87	5.43
10	6.00	2.00	10.87	5.43
11	6.00	2.00	10.87	5.43
12	6.00	2.00	10.87	5.43
13	6.00	2.00	10.87	5.43
14	6.00	2.00	10.87	5.43
15	6.00	2.00	10.87	5.43
16	6.00	2.00	10.87	5.43
17	6.00	2.00	10.87	5.43
18	6.00	2.00	10.87	5.43
19	1.68	1.00	3.55	3.55
20	0.18	0.50	0.83	1.66
Total	120.00	40.00	217.40	5.44

※ million bcm

Index	Unit
Operating cost	\$/BCM 1.43
Strip ratio	3.0 : 1
Production	※
Waste	6.0
Coal	1.6
Total	7.6

表 7.2 ツァイダムヌール炭鉱の経済評価

Coal price of 10% EIRR 4,444T/ton

Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Price (\$US/t)	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1
Production (mil.t)	0.0	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Revenue(mil.\$US)	0.0	11.1	16.7	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2
Investment (mil.\$)	12.8	36.0	22.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.3	0.0	18.6	14.7	8.7
A Initial	12.8	36.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mining Equipment	0.0	24.2	15.4									
General Purpose Equipment	0.2	2.6	1.7									
Surface Facilities	12.7	9.2	4.9									
B Replacement	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.3	0.0	18.6	14.7	8.7
Operating Cost (mil.\$)	0.0	5.4	8.1	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
NCF before Tax (mil.\$)	-12.8	-30.3	-13.5	11.4	11.4	11.4	7.4	11.1	11.4	-7.2	-3.4	2.6
(-Revenue-Investment-Operating Cost)												
Price (\$US/t)	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1
Production (mil.t)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Revenue(mil.\$US)	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2
Investment (mil.\$)	0.1	0.3	0.0	0.0	4.2	21.0	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	156.5
A Initial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.8
Mining Equipment												39.6
General Purpose Equipment												4.5
Surface Facilities												26.7
B Replacement	0.1	0.3	0.0	0.0	4.2	21.0	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	85.7
Operating Cost (mil.\$)	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	217.1
NCF before Tax (mil.\$)	11.3	11.1	11.4	11.4	7.2	-9.6	-2.6	11.4	11.4	5.7	2.8	70.9
(-Revenue-Investment-Operating Cost)												
Discount Rate	10%											
Total NPV before Tax	0 (mil.\$)											
EIRR (IRR on NCF B.Tax)	10%											

7.1.2 トゥグルグヌール炭鉱

(1) 計画の概要

1) インフラストラクチャー

- ・本石炭鉱床は、既存鉄道の東25kmに位置する。
- ・電力の供給は、バガヌールからシビーオポーへ、バガンジャルガラン経由で敷設されている110kVの送電線からできるだろう。220Vの電力線もマイントからバガンジャルガランに敷設されている。バガンジャルガランは、本鉱床の最寄り市町村の一つである。
- ・地質、採掘、インフラストラクチャーの各条件は、ツァイダムヌール鉱床と類似している。
- ・本鉱床は、ツァイダムヌール同様、インフラストラクチャーに対する小額の投資で容易に開発できるであろう。

2) 設計基準

炭鉱開発計画を以下の基準で行った。

- ・プロジェクト期間は23年間
- ・深度10mまでの酸化炭は、剥土とみなして除去する。
- ・剥土比は 4.2まで、採掘深度は 200mまでとする。
- ・剥土比は、プロジェクト期間を通じての平均剥土比で一定とする。
- ・採掘方式は、ショベル・トラック方式によるベンチカット法とする。
- ・運搬距離は3kmとして、期間中一定とする。

(2) 所要機械設備、人員、コスト推定等

トゥグルグヌール炭鉱の開発計画（主要採掘機械、坑外施設等）は表7.3に示す通りである。

1) 主要採掘機械

剥土作業用のフリート編成は、12m³電動ショベルと80t ダンプトラックとする。電動ショベルは掘削力が大きく、耐久性にすぐれ、輸入に依存する燃料油に代わって、電力にて駆動できるのが優れた点である。

電動の採掘機械は、作業箇所の移動が少ない大規模作業に適しているため、先行剥土に用いるのが望ましい。このフリート編成は、パートIスタディで最も優れているとの結果を得ている。

石炭採掘のフリート編成は、5.7m³バックホータイプの油圧ショベルと46t のダンプトラックとする。バックホータイプの油圧ショベルの利点を以下に記す。

- ・石炭の品質管理のための正確な選択採掘ができる。

- ・掘削力が大きいので、剥土作業にも使える。
- ・機体本体よりも下部の掘り下げ掘削ができる。
- ・排水溝の掘削、切羽面の処理などの附帯作業もできる。

2) 所要人員

トッグルグヌール炭鉱の所要人員をシビーオポー炭鉱をもとに推定すると、570 名が必要であろう。所要人員の詳細は、次の段階の調査で確定すべきである。

3) 坑外施設

(a) はじめに

一般的に露天掘の坑外施設として、整備工場、倉庫、受・配電設備、給水設備、排水・排水設備、破碎・篩分・積込み設備、事務所、貯炭場、運搬、通信設備等が必要である。

(b) 整備工場

整備工場は、山元設備と採掘機械の検査、修理および整備用の設備を備えていなければならない。修理には、機械修理、重車輛修理、軽車輛修理、電気修理、足回り部修理の各作業場が必要である。整備工場は、修理工場、保守・点検施設、倉庫、資機材取扱設備、洗車設備、駐車場等からなる。採掘機械の保守点検は、通常切羽近くで行われ、燃料補給、日常保守・点検、タイヤ管理等からなる。保守・点検作業は、重車輛・軽車輛の保守・点検、洗車、燃料補給およびグリース給脂などである。炭鉱は一般的に遠隔地にあるため、倉庫内に、山元設備と採掘機械に必要な予備部品、消耗品、交換用コンポーネントを保管しなければならない。

(c) 受・配電設備

電力は、中央エネルギーシステム(Central Energy System)より、既設および新設の電力線により受電する。時には、電力は民営の発電設備で供給されることもある。変電設備により、使用電圧まで変圧する。一般的に電力は、幹線から受電し、変圧器を経てケーブルで各設備に供給する。

(d) 給水設備

炭鉱の操業と居住区には、飲料水および工業用水が必要である。熱水も同様に、炭鉱の操業と居住区の両方に必要である。排水井からの地下水や排水は、飲用には適さないが、工業用には適するかもしれない。

最適の水源を選定するために、すべての水源、即ち河川、湖、地下水等を考慮しなければならない。水源は、その供給能力の確認のための調査も必要である。河川、湖、地下水から水を採取し、パイプラインにて炭鉱設備のポンプ座を通して直接、必要ならば水処理設備を経由して送水し、必要箇所へ配水する。多くの工程で暖房や工業目的で蒸気や熱水が必要である。従って、この需要に応ずるためのボイラーの設置が必要である。熱水は、石炭燃焼ボイラーから、断熱パイプラインを通して必要箇所へ供給する。

(e) 抜水および排水設備

もし、地下水位が高く、採掘作業と石炭の品質に悪影響を及ぼすならば、採掘に先立ち抜水をして地下水位を下げなければならない。地下水は、採掘作業を始める前に、一定の期間を定めて抜水しなければならない。石炭層の水分が極めて高い場合には、抜水作業をせずに石炭を採掘することは非常に困難であろう。従って、地下水の抜水は遅滞なく実施しなければならない。排水は露天掘炭鉱の操業にとって、先ず第一に重要である。排水をするために、排水溝や排水だめを切羽内および周辺に掘削し、ポンプ設備を設置しなければならない。

(f) 破碎／篩分／積込み設備

石炭の品質に関しては、石炭の最終消費者は、低品位ばかりではなく、石炭および岩石の大塊の混入、異物の混入に悩まされている。炭鉱の山元に破碎、篩分、積込み設備を設置し、採掘した石炭をすべて出荷前に処理しなければならない。

(g) 事務所設備

採掘作業や山元設備の操業を維持してゆくためには、管理、計画、日常の業務活動のために統制上の事務所が必要である。

(h) 貯炭設備と運搬設備

石炭は、破碎／篩分設備で破碎され、積込み設備へ送られる。石炭の殆どはコンベアによって列車積込みサイロへ直送される。輸送用の列車に積み込めない場合には、破碎された石炭は臨時の貯炭として貯炭場に転送される。石炭の自然発火に対処するため、石炭の自然発火の性質は厳密に研究し、原炭貯炭場と製品炭の貯炭場の両方において、適切な作業手順と設備で臨まなければならない。水分減少のために、石炭の自然乾燥の工程が必要かもしれない。

(i) 通信設備

炭鉱の外部と内部の通信、連絡を考慮するのは重要である。電話、ファクシミリ、移動無

線機が炭鉱の操業には必要であろう。

(j) 炭鉱内インフラストラクチャー

a) 居住関連インフラストラクチャー

プロジェクトの実施は遠隔地でなされるため、労働者の居住を確保するため、新しい町が開発されるだろう。町の人口は労働者総数によって決まると思われる。町の開発は、炭鉱の生産に先立ち開発と同時期に開始される。従って、炭鉱開発が始まったときには、従業員は居住設備を利用することができる。炭鉱の位置、労働者の総数、炭鉱の寿命、既存設備、企業と政府の政策によって、町の大きさおよびその機能は、影響されるであろう。町の大きさは必要とする労働力と関連条件に基づいている。

以下の設備が町には必要である。

- ・従業員用住宅
- ・道路
- ・公共施設：飲料水、電気、下水、排水
- ・レクリエーション施設
- ・商店街
- ・コミュニティ施設：ホール、消防署、警察、銀行および郵便局
- ・商業施設
- ・医療施設
- ・教育施設

これまで述べてきたように、建設費の負担者には次の三者が考えられる。

- ・中央政府あるいは地方政府または両者の負担
- ・炭鉱企業
- ・個人または民間会社

炭鉱企業は、従業員用住宅を建設する責任があるだろう。居住関連のインフラストラクチャー建設費は、以下のように推定される。

- ・従業員数 570人
- ・人口 1,550人
- ・推定費用 (US\$1,000) 9,000

居住関連のインフラストラクチャー建設費は、全体で2千7百万ドルと推定される。しかしながら、このうち1千8百万ドルは、政府などで用意されるべきであり、炭鉱の負担は9百万ドルと推定される。

政 府	18,000
炭鉱企業	9,000
個 人	-
合 計	27,000

b) 輸送・送電設備

利用可能な輸送設備を考慮し、評価することは不可欠である。考慮すべき利用可能な輸送システムは、

- ・道路
- ・鉄道 である。

(i) 道路

2 kmの道路を主要道路からの連絡道路として建設しなければならない。

推定費用: $247,500 \text{ ドル/km} \times 2 \text{ km} = 495 \text{ (US\$1,000)}$

(ii) 炭鉱用鉄道

2 kmの引込線を物資と石炭運搬用に建設しなければならない。

・引込線の推定費用: $675,000 \text{ ドル/km} \times 2 \text{ km} = 1,350 \text{ (US\$1,000)}$

・車輛費

仮定: 石炭生産量の全量をウランバートルへ運搬する。

ウランバートルまでの運搬距離: 135km

基準車輛費: 7,500ドル/百万ト・km

推定車輛費: 2,025 (US\$1,000)

・合計推定鉄道費用 (US\$1,000)

引込線費 1,350

車輛費 2,025

合計 3,375

(iii) 電力線と通信手段

電力は、中央エネルギーシステムから既存あるいは延長した電力線によって受電しなければならない。内外の通信手段を考慮するのは重要である。電話、ファクシミリ、移動無線機が炭鉱操業には必要であろう。

電力線推定費用 $71,250 \text{ ドル/km} \times 2 \text{ km} = 143 \text{ (US\$1,000)}$

(iv) その他 400 (US\$1,000)

c) 合計 (a)+b) 13,413 (US\$1,000)

4) インフラストラクチャー開発費用

(a) はじめに

開発予定の新炭鉱用に、新しい町の設備、鉄道、道路、電力線を開発しなければならない。

a) 道路

開発予定区域の既存道路は、炭鉱所有地へ通じる手段となる。新炭鉱へ通じる道路は、新たに建設する必要がある。

b) 鉄道

石炭は列車によって消費都市へ運搬されるだろう。新しい鉄道線路が、プロジェクト地点から既存線路を継ぐように建設されなければならない。

c) 電力線と通信手段

電力を既存の中央エネルギーシステムから供給するために、電力線を延長しなければならない。

d) 居住関連インフラストラクチャー（政府負担）

(b) 推定費用

鉄道	距離 (km)	25
	費用 (US\$1,000)	16,875
道路	距離 (km)	25
	費用 (US\$1,000)	6,188 (新設)
電力線	距離 (km)	15
	費用 (US\$1,000)	1,069
その他施設	費用 (US\$1,000)	2,413
居住関連インフラストラクチャー	費用 (US\$1,000)	18,000
合計 (US\$1,000)		44,545

(3) 投資金額

炭鉱開発用投資金額は、主要採掘機械、補助機械と坑外設備の合計である。この金額には税金を含んでいない。

初期投資額	84,200 (US\$1,000)
更新投資額	101,800 (US\$1,000)
全投資額	186,000 (US\$1,000)
インフラストラクチャー 投資金額:	
鉄道	16,900 (US\$1,000)
道路	6,200 (US\$1,000)
電力線	1,100 (US\$1,000)
居住関連インフラストラクチャー	18,000 (US\$1,000)
その他	2,400 (US\$1,000)
合計	44,500 (US\$1,000)
総投資額	230,500 (US\$1,000)

(4) 操業コスト


操業コストは2要素からなっている。即ち、物品費と労務費である。パート1スタディのバガヌール炭鉱で検討したショベル・トラックによる採掘のコストインデックス1.43ドル/BCMを、トゥグルグヌールでも同様の採掘システムにて計画されているため使用する。

(5) 経済評価

EIRRが10%の時の石炭価格を、ツァイダムヌール炭鉱と同じ仮定で計算した。表7.4はEIRRの毎年のキャッシュフローを示しており、EIRRが10%の時の石炭価格はUS\$13.9/t (5,547Tg/t)である。

表 7.3 トウグルグヌール炭鉱の採掘計画 (1/2)

1) Details of plan

Coal seam condition			Reserves ($\times 10^8$ t)			Development plan								
Thickness (m)	Dip (°)	Strike length (km)	Depth (m)	Stripping ratio	Reserves ($\times 10^8$ t)	Annual Production ($\times 10^3$ t)	Cumulative Production ($\times 10^3$ t)	Strike length (km)	Depth (m)	Total Stripping ratio	Average overburden removal ($\times 10^3$ m)	Volume of coal production ($\times 10^3$ m)	Fleet number	
													Coal mining	Stripping
	7	15	88	4.2	288	2,000	40,000	4	47	4.2	8,400	1,600	1	4 (3.37)

2) Cost estimation

Capital costs (Initial)

($\times 10^3$ US\$)

Mining equipment			General purpose equipment		Surface facilities			Total
Equipment	Specification	Quantity	Amount of price					
Power shovel	12m ³ (waste)	4	16,037	(Bulldozer,	Workshop	1,599		
Hydraulic shovel	5.7m ³ (coal)	1	2,016	Grader,	Warehouse	633		
Front end loader	5 m ³	2	867	Front end loader,	Coal stockyard	799		
Dump truck	80t (waste)	27	21,330	Service truck,	Sizing & loading	4,704		
Dump truck	40t (coal)	8	3,520	Water truck,	Power distribution	1,038		
Bulldozer	400 Hp	5	2,620	Fuel truck,	Communication	85		
Grader	254 Hp	5	1,830	Anfo truck,	Drainage & water supply	4,000		
Drill	180 mm	5	2,295	etc.)	Mine office	590		
Sub-Total			50,514	5,623	Explosive magazine	236		
					Boiler	354		
					Road maintenance	354		
					Coal quality system	240		
					Mine infrastructure	13,413		
Equipment total			56,137		Subtotal	28,045		
								84,182

表 7.3 トウグルグヌール炭鉱の採掘計画 (2/2)

Capital costs for infrastructure

Railroad	Length (km)	25
	Costs (\$000' s)	16,875
Road	Length (km)	25
	Costs (\$000' s)	6,188
Powerline	Length (km)	15
	Costs (\$000' s)	1,069
Township	Population	1,550 (570 employees included)
	Costs (\$000' s)	18,000
Other	Costs (\$000' s)	2,413
Total		44,545

Capital Costs for coal mine
(Initial & replacement)

US\$ 000' s

Year	Mining Equipment	General Purpose Equipment	Surface facilities	Total
-3	—	153	13,413	13,566
-2	27,768	3,424	9,833	41,025
-1	22,746	2,046	4,799	29,591
Initial total	50,514	5,623	28,045	84,182
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	—	—	4,000	4,000
5	—	—	301	301
6	—	153	—	153
7	19,750	3,424	2,181	25,355
8	14,728	2,046	799	17,573
9	—	—	6,976	6,976
10	—	—	85	85
11	—	—	301	301
12	—	—	—	—
13	—	—	—	—
14	—	153	4,000	4,153
15	19,750	3,424	2,181	25,355
16	14,728	2,046	799	17,573
17	—	—	—	—
18	—	—	—	—
19	—	—	—	—
20	—	—	—	—
Replacement total	68,956	11,246	21,623	101,825
Total capital	119,470	16,869	49,668	186,007

Operating Costs

Year	Waste million BCM	Coal million ton	Costs million \$	\$/T
-3	—	—	—	—
-2	7.77	1.00	12.26	12.26
-1	7.37	1.50	12.26	8.17
1	8.40	2.00	14.30	7.15
2	8.40	2.00	14.30	7.15
3	8.40	2.00	14.30	7.15
4	8.40	2.00	14.30	7.15
5	8.40	2.00	14.30	7.15
6	8.40	2.00	14.30	7.15
7	8.40	2.00	14.30	7.15
8	8.40	2.00	14.30	7.15
9	8.40	2.00	14.30	7.15
10	8.40	2.00	14.30	7.15
11	8.40	2.00	14.30	7.15
12	8.40	2.00	14.30	7.15
13	8.40	2.00	14.30	7.15
14	8.40	2.00	14.30	7.15
15	8.40	2.00	14.30	7.15
16	8.40	2.00	14.30	7.15
17	8.40	2.00	14.30	7.15
18	8.40	2.00	14.30	7.15
19	1.20	1.00	2.86	2.86
20	0.46	0.50	1.23	2.46
Total	168.00	40.00	286.01	7.15

Details of Operating cost

Index	Unit
Operating cost	\$/BCM 1.43
Strip ratio	4.2 : 1
Production	※
Waste	8.4
Coal	1.6
Total	10.0

※ million bcm

表 7.4 トウグルグヌール炭鉱の経済評価

Coal price of 10% EIRR		5,547Tg/t											
Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Price (\$US/t)	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	
Production (mil.t)	0.0	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Revenue(mil.\$US)	0.0	13.9	20.8	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	
Investment cost(mil.\$)	13.6	41.0	29.6	0.0	0.0	0.0	4.0	0.3	0.2	25.4	17.6	7.0	
A Initial	13.6	41.0	29.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Mining Equipment	0.0	27.8	22.7	0.0									
General Purpose Equipment	0.2	3.4	2.0										
Surface Facilities	13.4	9.8	4.8										
B Replacement	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.3	0.2	25.4	17.6	7.0	
Operating Cost (mil.\$)	0.0	7.1	10.7	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	
NCF before Tax (mil.\$)	-13.6	-34.3	-19.5	13.5	13.5	13.5	9.5	13.2	13.3	-11.9	-4.1	6.5	
(-=Revenue-Investment-Operating cost)													
Year	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	total	
Price (\$US/t)	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	
Production (mil.t)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	0.5	40.0	
Revenue(mil.\$US)	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	13.9	6.9	554.7	
Investment cost(mil.\$)	0.1	0.3	0.0	0.0	4.2	25.4	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0	186.0	
A Initial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.2	
Mining Equipment												50.5	
General Purpose Equipment												5.6	
Surface Facilities												28.0	
B Replacement	0.1	0.3	0.0	0.0	4.2	25.4	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0	101.8	
Operating Cost (mil.\$)	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	7.1	3.6	285.6	
NCF before Tax (mil.\$)	13.4	13.2	13.5	13.5	9.3	-11.9	-4.1	13.5	13.5	6.7	3.4	83.1	
(-=Revenue-Investment-Operating cost)													

Discount Rate 10%
 Total NPV before Tax 0 (mil.\$)
 EIRR (IRR on NCF B.Tax) 10%

7.1.3 フート炭鉱

(1) 計画の概要

1) はじめに

フート炭鉱は、シャリングル炭鉱の代替として開発されるだろう。シャリングル炭鉱の現在の採掘区域は200m以深で、剥土比も年々増加してきている。可採埋蔵量が3,000万トンと限定されているので、年産規模は今後100万トンで推移すると思われる。さらに、採掘条件は悪化し、生産コストは増加している。しかしながら、幸いなことに、シャリングル炭鉱の炭質はバガヌール、シビーオポーに比べ優れている。

シャリングル炭の品質は以下の通りである。

- ・Moisture (as received) : 15.0%
- ・Ash (dry) : 17.5%
- ・Sulfur (dry) : 0.6%
- ・Volatile Matter (dry ash free): 41.0%
- ・Calorific value (as received) : 3,900 ~ 4,200 kcal/kg

一方、フート炭の品質は以下の通りである。

- ・Moisture (as received) : 13.8%
- ・Ash (dry) : 14.5%
- ・Sulfur (dry) : 0.7%
- ・Volatile Matter (dry ash free): 43.0%
- ・Calorific value (as received) : 4,800 kcal/kg

フート炭の品質は、シャリングル炭よりも優れており、フート炭は、シャリングル炭の代替品として使用することができる。

現在および将来ともシャリングル炭を必要とする工業は、ウランバートル、ダルハン、チョイル等鉄道沿線に限られており、シャリングル炭と同等の品質を有し、鉄道沿線にあり、容易にかつ安定して石炭を供給しうる可能性のある鉱床は、フート以外にみあたらない。

フート鉱床は、シャリングル炭鉱の代替となりうる唯一可能性がある。従って、フート鉱床は、新開発区域として開発する必要がある。

2) インフラストラクチャーと周辺鉱山

電力線は、チョイルとゴビオクタール間ですでに敷設を完了しており、マンダルゴビへ向けて延長中であり、1995年夏までに完成の予定である。フート炭鉱は、ゴビオクタールの南40kmに位置している。将来は、マンダルゴビからタバントルゴイへ新しい電力線を延長することが計画されている。

また、鉄道は約90kmの支線がチョイルからフートまで建設することを計画中である。さらに、将来は、鉄道はフートからタバントルゴイ建設されるであろう。

フートの周辺には、フートの南東約40kmにウブドゥックフドゥック鉱床がある。この鉱床は詳細に探査されており、現在、開発に際してフィージビリティレポートが利用できる。しかしながら、石炭層が5~7%もの高硫黄分を含むため、石炭を燃料として利用するのは困難である。長期計画として、石炭液化原料としてこの石炭を利用することは、大変魅力的である。フート鉱床の周辺地域には、蛍石、鉛、石灰石、ウラニウムなど金属資源が豊富である。これらの金属資源のうち探査段階のものもあるが、開発段階に達しているものもある。フート地区周辺では、利用可能な地下水源があるといわれている。飲料水源はフート鉱床から15kmのところであり、工業用水源は50kmのところにある。もちろん取水能力が需要を充分満たすものでなければならない。

地域の特徴は次の通りである。

- ・1993年から小規模炭鉱が操業を開始し、地元消費向けに年間数千トンを生産している。
- ・この地区は、石炭をはじめオイルシェール、蛍石、石灰石、ウラニウム、鉛などに恵まれている。従って、利用可能な鉱物資源を総合的に開発することはきまめて興味深い。
- ・フート炭は、シャリング炭の代替として利用できる唯一のものである。
- ・しかしながら、鉄道、道路、電力線、通信、給水等の地域的なインフラストラクチャーを開発しなければならない。
- ・もしこの地域が開発され、インフラストラクチャー設備が完備されれば、次段階のタバントルゴイの開発プロジェクトも容易に正当化されるだろう。

3) 設計基準

炭鉱開発計画を、以下の基準で行った。

- ・プロジェクト期間は23年間
- ・深度10mまでの酸化炭は、剥土とみなして除去する。
- ・剥土比は 4.2まで、採掘深度は 200mまでとする。
- ・剥土比は、プロジェクト期間を通じての平均剥土比で一定とする。
- ・採掘方式は、ショベル・トラック方式によるベンチカット法とする。
- ・運搬距離は3kmとして、期間中一定とする。

(2) 所要機械設備、人員、コスト推定等

フート炭鉱の開発計画（主要採掘機器、鉱外施設等）は表7.5に示す通りである。

1) 主要採掘機械

剥土作業用のフリート編成は、12m³電動ショベルと80t ダンプトラックとする。電動ショベルは、掘削力が大きく、耐久性にすぐれ、輸入に依存する燃料油に代わって、電力にて駆動できるのが優れた点である。

電動の採掘機械は、作業箇所の移動が少ない大規模作業に適しているため、先行剥土に用いるのが望ましい。このフリート編成は、パート1スタディで最も優れているとの結果を得ている。

石炭採掘のフリート編成は、5.7m³バックホータイプの油圧ショベルと46t のダンプトラックとする。バックホータイプの油圧ショベルの利点を以下に記す。

- ・石炭の品質管理のための正確な選択採掘ができる。
- ・掘削力が大きいので、剥土作業にも使える。
- ・機体本体よりも下部の掘り下げ掘削ができる。
- ・排水溝の掘削、切羽面の処理などの附帯作業もできる。

2) 所要人員

フト炭鉱の所要人員をシビーオポー炭鉱をもとに推定すると、360名が必要であろう。所要人員の詳細は、次の段階の調査で確定すべきである。

3) 坑外施設

(a) はじめに

一般的に露天掘の坑外施設として、整備工場、倉庫、受・配電設備、給水設備、排水・排水設備、破碎・篩分・積込み設備、事務所、貯炭場、運搬、通信設備等が必要である。

(b) 整備工場

整備工場は、山元設備と採掘機械の検査、修理および整備用の設備を備えていなければならない。修理には、機械修理、重車輛修理、軽車輛修理、電気修理、足回り部修理の各作業場が必要である。整備工場は、修理工場、保守・点検施設、倉庫、資機材取扱設備、洗車設備、駐車場等からなる。採掘機械の保守点検は、通常切羽近くで行われ、燃料補給、常保守・点検、タイヤ管理等からなる。保守・点検作業は、重車輛・軽車輛の保守・点検、洗車、燃料補給およびグリース給脂などである。炭鉱は一般的に遠隔地にあるため、倉庫内に、山元設備と採掘機械に必要な予備部品、消耗品、交換用コンポーネントを保管しなければならない。

(c) 受・配電設備

電力は、中央エネルギーシステム (Central Energy System) から、既設および新設の電力線により受電する。時には、電力は民営の発電設備で供給されることもある。変電設備により、使用電圧まで変圧する。一般的に、電力は幹線から受電し、変圧器を経てケーブルで各設備に供給する。

(d) 給水設備

炭鉱の操業と居住区には、飲料水および工業用水が必要である。熱水も同様に、炭鉱の操業と居住区の両方に必要である。抜水井からの地下水や排水は、飲用には適さないが、工業用には適するかもしれない。

最適の水源を選定するために、すべての水源即ち河川、湖、地下水等を考慮しなければならない。水源は、その供給能力の確認のための調査も必要である。河川、湖、地下水から水を採取し、パイプラインで炭鉱設備のポンプを通しては直接、必要ならば水処理設備を経由して送水し、必要箇所へ配水する。多くの工程で暖房や工業目的で蒸気や熱水が必要である。従って、この需要に応ずるためのボイラーの設置が必要である。

熱水は、石炭燃焼ボイラーから、断熱パイプラインを通して必要箇所へ供給する。

(e) 抜水および排水設備

もし、地下水位が高く、採掘作業と石炭の品質に悪影響を及ぼすならば、採掘に先立ち抜水をして地下水位を下げなければならない。地下水は、採掘作業を始める前に、一定の期間を定めて抜水しなければならない。石炭層の水分が極めて高い場合には、抜水作業をせずに石炭を採掘することは非常に困難であろう。従って、地下水の抜水は遅滞なく実施しなければならない。排水は露天掘炭鉱の操業にとって、先ず第一に重要である。排水をするために排水溝や排水だめを切羽内および周辺に掘削し、ポンプ設備を設置しなければならない。

(f) 破碎／篩分／積込み設備

石炭の品質に関しては、石炭の最終消費者は、低品位ばかりではなく、石炭および岩石の大塊の混入、異物の混入に悩まされている。炭鉱の山元に、破碎、篩分、積込み設備を設置し、採掘した石炭をすべて出荷前に処理しなければならない。

(g) 事務所設備

採掘作業や山元設備の操業を維持してゆくためには、管理、計画、日常の業務活動のために統制の事務所が必要である。

(h) 貯炭設備と運搬設備

石炭は、破碎／篩分設備で破碎され、積込み設備へ送られる。石炭の殆どはコンベアによって列車積込みサイロへ直送される。輸送用の列車に積み込めない場合には、破碎された石炭は臨時の貯炭として、貯炭場に転送される。石炭の自然発火に対処するため、石炭の自然発火の性質は厳密に研究し、原炭貯炭場と製品炭の貯炭場の両方において、適切な作業手順と設備で臨まなければならない。水分減少のために、石炭の自然乾燥の工程が必要かもしれない。

(i) 通信設備

炭鉱外部と内部の通信、連絡を考慮するのは重要である。電話、ファクシミリ、移動無線機が炭鉱の操業には必要であろう。

(j) 炭鉱内インフラストラクチャー

a) 居住関連インフラストラクチャー

プロジェクトの実施は、遠隔地でなされるため、労働者の居住を確保するため、新しい町が開発されるだろう。町の人口は労働者総数によって決まると思われる。町の開発は、炭鉱の生産に先立ち開発と同時期に開始される。従って、炭鉱開発が始まったときには、従業員は居住設備を利用することができる。炭鉱の位置、労働者の総数、炭鉱の寿命、既存設備、企業と政府の政策によって、町の大きさおよびその機能は影響されるであろう。町の大きさは必要とする労働力と関連条件に基づいている。

以下の設備が町には必要である。

- ・従業員用住宅
- ・道路
- ・公共施設：飲料水、電気、下水、排水
- ・レクリエーション施設
- ・商店街
- ・コミュニティ施設：ホール、消防署、警察、銀行および郵便局
- ・商業施設
- ・医療施設
- ・教育施設

これまで述べてきたように、建設費の負担者には次の三者が考えられる。

- ・中央政府あるいは地方政府または両者の負担
- ・炭鉱企業
- ・個人または民間会社

炭鉱企業は、従業員用住宅を建設する責任があるだろう。居住関連のインフラストラク

チャー建設費は、以下のように推定される。

- ・従業員数 360人
- ・人口 980人
- ・推定費用 (US\$1,000ドル) 8,000

居住関連のインフラストラクチャー建設費は、全体で2千4百万ドルと推定される。しかしながら、このうち1千6百万ドルは、政府で用意されるべきであり、炭鉱の負担は、8百万ドルと推定される。

政 府	16,000
炭鉱企業	8,000
個 人	-
合 計	24,000

b) 輸送設備

利用可能な輸送設備を考慮し、評価することは不可欠である。考慮すべき利用可能な輸送システムは、

- ・道路
- ・鉄道 である。

(i) 道路

2 kmの道路を主要道路からの連絡道路として建設しなければならない。

推定費用: $247,500 \text{ ドル/km} \times 2 \text{ km} = 495 \text{ (US\$1,000)}$

(ii) 炭鉱用鉄道

2 kmの引込線を物資と石炭運搬用に建設しなければならない。

・引込線の推定費用: $675,000 \text{ ドル/km} \times 2 \text{ km} = 1,350 \text{ (US\$1,000)}$

・車輛費

仮定: 石炭生産量の全量をウランバートルへ運搬する。

ウランバートルまでの運搬距離: 270km

基準車輛費: $7,500 \text{ ドル/百万ト} \cdot \text{km}$

推定車輛費: 2,025 (US\$1,000)

・合計推定鉄道費用 (US\$1,000)

引込線費 1,350

車 輛 費 2,025

合 計 3,375

(iii) 電力線と通信手段

電力は、中央エネルギーシステムから既存あるいは延長した電力線によって、受電しなければならない。内外の通信手段を考慮するのは重要である。電話、ファクシミリ、移動無線機が炭鉱操業には必要であろう。

電力線推定費用	71,250 ドル/km×2km = 143 (US\$1,000)
(iv)その他	401 (US\$1,000)
c) 合計 (a)+b)	12,414 (US\$1,000)

4) インフラストラクチャー開発費用

(a) はじめに

開発予定の新炭鉱用に、新しい町の設備、鉄道、道路、電力線を開発しなければならない。

a) 道路

開発予定区域の既存道路は、炭鉱所有地へ通じる手段となる。新炭鉱へ通じる道路は、既存道路を補修・拡張する必要がある。

b) 鉄道

石炭は、列車によって消費都市へ運搬されるだろう。

新しい鉄道線路がプロジェクト地点から既存線路を継ぐように建設されなければならない。

c) 電力線と通信手段

電力を既存の中央エネルギーシステムから供給するために、電力線を延長しなければならない。

d) 居住関連インフラストラクチャー (政府負担)

(b) 推定費用

鉄道	距離 (km)	90
	費用 (US\$1,000)	60,750
道路	距離 (km)	90
	費用 (US\$1,000)	4,050 (改良拡張)
電力線	距離 (km)	40
	費用 (US\$1,000)	2,850
その他施設	費用 (US\$1,000)	6,765
居住関連インフラストラクチャー	費用 (US\$1,000)	16,000
合計 (US\$1,000)		90,415

(3) 投資金額

炭鉱開発用投資金額は、主要採掘機械、補助機械と坑外設備の合計である。この金額には税金を含んでいない。

初期投資額	51,600 (US\$1,000)
更新投資額	57,800 (US\$1,000)
全投資額	109,400 (US\$1,000)
インフラストラクチャー 投資金額:	
鉄道	60,800 (US\$1,000)
道路	4,100 (US\$1,000)
電力線	2,900 (US\$1,000)
居住関連インフラストラクチャー	16,000 (US\$1,000)
その他	6,800 (US\$1,000)
合 計	90,400 (US\$1,000)
総投資額	199,800 (US\$1,000)

(4) 操業コスト

操業コストは、2要素からなっている。即ち、物品費と労務費である。パート1スタディのバガヌール炭鉱で検討したショベル・トラックによる採掘のコストインデックス1.43ドル/BCMを、フートでも同様の採掘システムにて計画されているため使用する。

(5) 経済評価

EIRRが10%の時の石炭価格を、ツァイダムヌール炭鉱と同じ仮定で計算した。表7.6はEIRRの毎年のキャッシュフローを示しており、EIRRが10%の時の石炭価格はUS\$14.7/t (5,892Tg/t)である。

表 7.5 フォート炭鉱の採掘計画 (1/2)

1) Details of plan

Coal seam condition				Reserves ($\times 10^4$ t)			Development plan							
Thickness (m)	Dip (°)	Strike length (km)	Depth (m)	Stripping ratio	Reserves ($\times 10^4$ t)	Annual Production ($\times 10^4$ t)	Cumulative coal production ($\times 10^4$ t)	Strike length (km)	Depth (m)	Total Stripping ratio	Average overburden removal ($\times 10^3$ m ³)	Volume of coal production ($\times 10^3$ m ³)	Fleet number	
													Coal mining	Stripping
7	5	3	65	4.2	20								5.7 m ³ +46t	12 m ³ +80t
6	5	3	55	4.2	15	1,000	20,000	3	34	3.8	3,800	800	1	2
7	2	3	58	4.2	50								(0.50)	(1.52)
					85									

2) Cost estimation

Capital costs (Initial) ($\times 10^3$ US\$)

Equipment	Mining equipment			General purpose equipment	Surface facilities			Total
	Specification	Quantity	Amount of price					
Power shovel	12m ³ (waste)	2	8,018	(Bulldozer.	Workshop		1,003	
Hydraulic shovel	5.7m ³ (coal)	1	2,016	Grader.	Warehouse		413	
Front end loader	5 m ³	2	867	Front end loader.	Coal stockyard		777	
Dump truck	80t (waste)	13	10,270	Service truck.	Sizing & loading		2,753	
Dump truck	40t (coal)	4	1,760	Water truck.	Power distribution		845	
Bulldozer	400 hp	3	1,572	Fuel truck.	Communication		63	
Grader	254 hp	2	732	Anfo truck.	Drainage & water supply		2,960	
Drill	160 mm	3	1,377	etc.)	Mine office		370	51,629
Sub-Total			26,612	2,587	Explosive magazine		148	
					Boiler		222	
					Road maintenance		222	
					Coal quality system		240	
					Mine infrastructure		12,414	
Equipment total			29,199		Subtotal		22,430	

表 7.5 フォート炭鉱の採掘計画 (2/2)

Capital Costs for coal mine
(Initial & replacement)

US\$ '000' s

Year	Mining Equipment	General Purpose Equipment	Surface facilities	Total
-3	—	168	12,414	12,582
-2	15,634	1,674	9,180	26,488
-1	10,978	745	836	12,559
Initial total	26,612	2,587	22,430	51,629
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	—	—	2,960	2,960
5	—	—	189	189
6	—	168	—	168
7	11,625	1,674	1,467	14,766
8	6,969	745	777	8,491
9	—	—	4,616	4,616
10	—	—	80	80
11	—	—	189	189
12	—	—	—	—
13	—	—	—	—
14	—	168	2,960	3,128
15	11,625	1,674	1,467	14,766
16	6,969	745	777	8,491
17	—	—	—	—
18	—	—	—	—
19	—	—	—	—
20	—	—	—	—
Replacement total	37,188	5,174	15,482	57,844
Total capital	63,800	7,761	37,912	109,473

Capital costs for infrastructure

Railroad	Length (km)	90
	Costs (\$'000' s)	60,750
Road	Length (km)	90
	Costs (\$'000' s)	4,050
Powerline (km)	40	
	Costs (\$'000' s)	2,850
Township	Population (360 employees included)	16,000
	Costs (\$'000' s)	6,765
Other		
Total		90,415

Operating Costs

Year	Waste million BCM	Coal million ton	Costs million \$	\$/T
-3	—	—	—	—
-2	3.57	0.50	5.68	11.35
-1	3.37	0.75	5.68	7.57
1	3.80	1.00	6.58	6.58
2	3.80	1.00	6.58	6.58
3	3.80	1.00	6.58	6.58
4	3.80	1.00	6.58	6.58
5	3.80	1.00	6.58	6.58
6	3.80	1.00	6.58	6.58
7	3.80	1.00	6.58	6.58
8	3.80	1.00	6.58	6.58
9	3.80	1.00	6.58	6.58
10	3.80	1.00	6.58	6.58
11	3.80	1.00	6.58	6.58
12	3.80	1.00	6.58	6.58
13	3.80	1.00	6.58	6.58
14	3.80	1.00	6.58	6.58
15	3.80	1.00	6.58	6.58
16	3.80	1.00	6.58	6.58
17	3.80	1.00	6.58	6.58
18	3.80	1.00	6.58	6.58
19	0.66	0.50	1.52	3.03
20	0	0.25	0.29	1.14
Total	76.00	20.00	131.61	6.58

※ million bcm

Details of Operating cost

Index	Unit
Operating cost	\$/BCM 1.43
Strip ratio	3.8 : 1
Production	※
Waste	3.8
Coal	0.8
Total	4.6

表 7.6 フォート炭鉱の経済評価

Coal price of 10% EIRR		5,892Tg/t											
Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Price (\$US/t)	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	
Production (mil.t)	0.0	0.5	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Revenue(mil.\$US)	0.0	7.4	11.8	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	
Investment cost (mil.\$)	12.6	26.5	12.6	0.0	0.0	0.0	3.0	0.2	0.2	14.8	8.5	4.6	
A Initial	12.6	26.5	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Mining Equipment	0.0	15.6	11.0	0.0									
General Purpose Equipment	0.2	1.7	0.7										
Surface Facilities	12.4	9.2	0.8										
B Replacement	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.2	0.2	14.8	8.5	4.6	
Operating Cost (mil.\$)	0.0	3.3	5.3	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	
NCF before Tax (mil.\$)	-12.6	-22.4	-6.0	8.2	8.2	8.2	5.2	8.0	8.0	-6.6	-0.3	3.5	
(=Revenue-Investment-Operating cost)													
Year	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	total	
Price (\$US/t)	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	
Production (mil.t)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.3	20.1	
Revenue(mil.\$US)	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	7.4	4.4	296.1	
Investment cost (mil.\$)	0.1	0.2	0.0	0.0	3.1	14.8	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	109.5	
A Initial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.6	
Mining Equipment												26.6	
General Purpose Equipment												2.6	
Surface Facilities												22.4	
B Replacement	0.1	0.2	0.0	0.0	3.1	14.8	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	57.9	
Operating Cost (mil.\$)	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	3.3	2.0	132.0	
NCF before Tax (mil.\$)	8.0	8.0	8.2	8.2	5.0	-6.6	-0.3	8.2	8.2	4.1	2.4	54.5	
(=Revenue-Investment-Operating cost)													
Discount Rate	10%												
Total NPV before Tax	0 (mil.\$)												
EIRR (IRR on NCF B.Tax)	10%												