

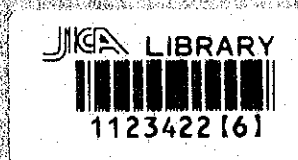
国際協力事業団

モンゴル国
エネルギー・地質・鉱業省

モンゴル国
石炭産業総合開発計画調査
ファイナル・レポート
(第一部：炭鉱リノベーション計画)

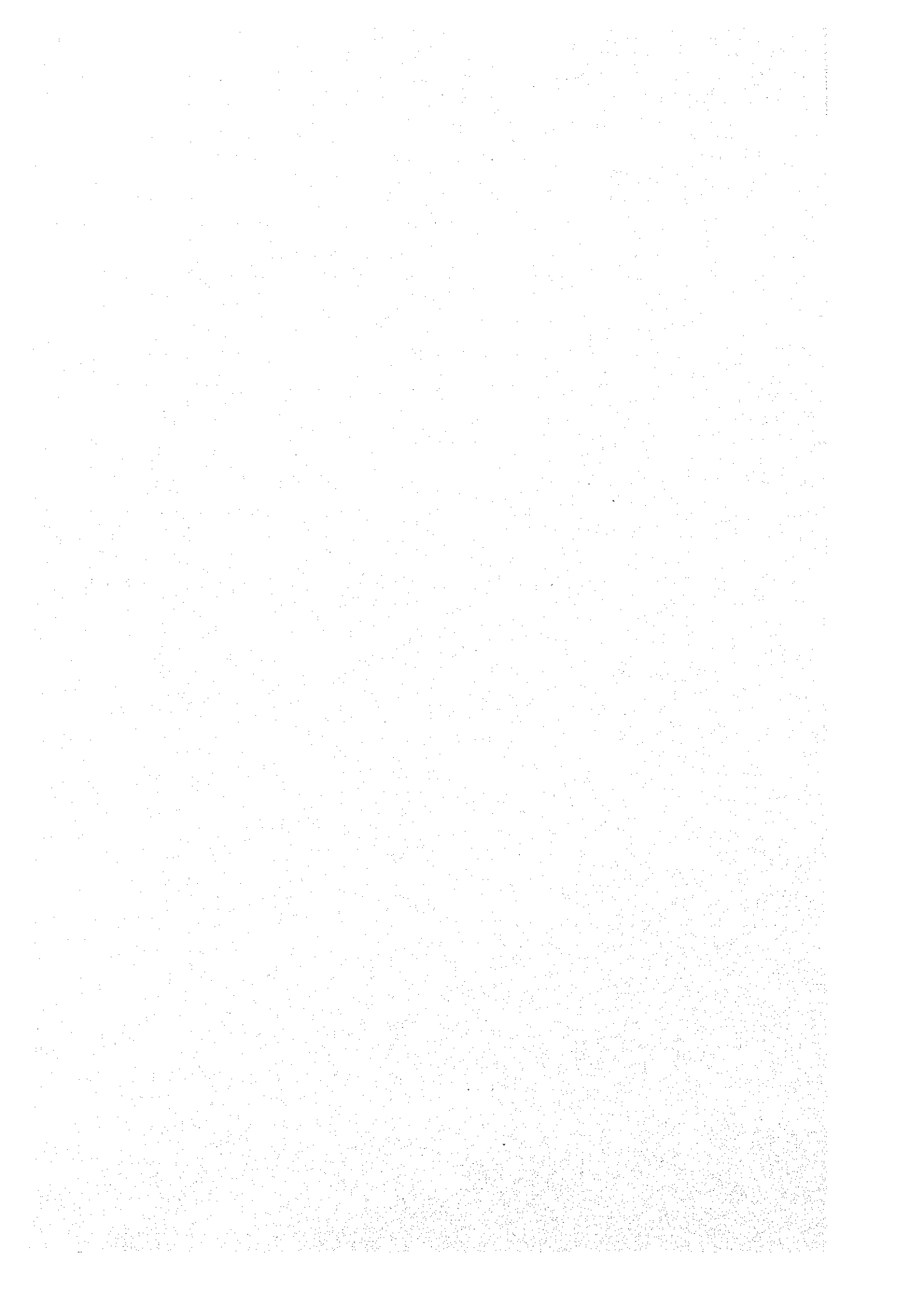
主報告書

平成7年11月



(財)日本エネルギー経済研究所

鉱調査
J R
95-204(1/2)



国際協力事業団

モンゴル国

エネルギー・地質・鉱業省

モンゴル国

石炭産業総合開発計画調査

ファイナル・レポート

(第一部：炭鉱リノベーション計画)

主報告書

平成7年11月

(財)日本エネルギー経済研究所



1123422 [6]

序 文

日本国政府は、モンゴル国の要請に基づき、同国の石炭産業総合開発計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成5年11月から平成7年9月までの間、7回にわたり（財）日本エネルギー経済研究所の佐藤武比古氏を団長とし、（財）日本エネルギー経済研究所の団員から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、モンゴル国政府関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいたモンゴル国政府関係各位に対し、心から感謝申し上げます。

平成7年11月

国際協力事業団
総裁 藤田公郎

伝 達 状

国際協力事業団

総 裁 藤田 公郎 殿

今般、モンゴル国石炭産業総合開発計画調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。本報告書には、日本国政府ならびに貴事業団の関係者各位のご助言およびご提案とウランバートルにて実施した協議で交わされたモンゴル国エネルギー・地質・鉱業省からの意見が含まれており、報告書は、下記の2つの部に分かれております。

第一部：二つの炭鉱のリノベーション計画調査

第二部：石炭開発および利用マスタープランとその概念的行動計画調査

第一部の調査すべき”二つの炭鉱”として、スコープ・オブ・ワークに基づき両国調査団が協議の結果、バガヌール炭鉱とシビーオボー炭鉱が選定されました。

本報告書は、平成5年11月からエネルギー・地質・鉱業省をカウンターパートとして調査した成果報告書であり、要約（100ページ）と本文の第一部（リノベーション計画：650ページ）および第二部（マスタープラン：430ページ）の3巻から構成されております。

第一部には、バガヌール炭鉱（第一章）およびシビーオボー炭鉱（第二章）のリノベーション計画に関する調査状況が報告されており、石炭資源、炭鉱の現況、改善計画、設備費と操業費、経済性評価と財務分析、および結論で構成されております。

第二部は、マスタープランおよび予備的行動計画に関する調査報告であり、石炭需給予測、石炭開発と利用計画、優先計画の概念調査、および行動計画の概念調査から構成されております。

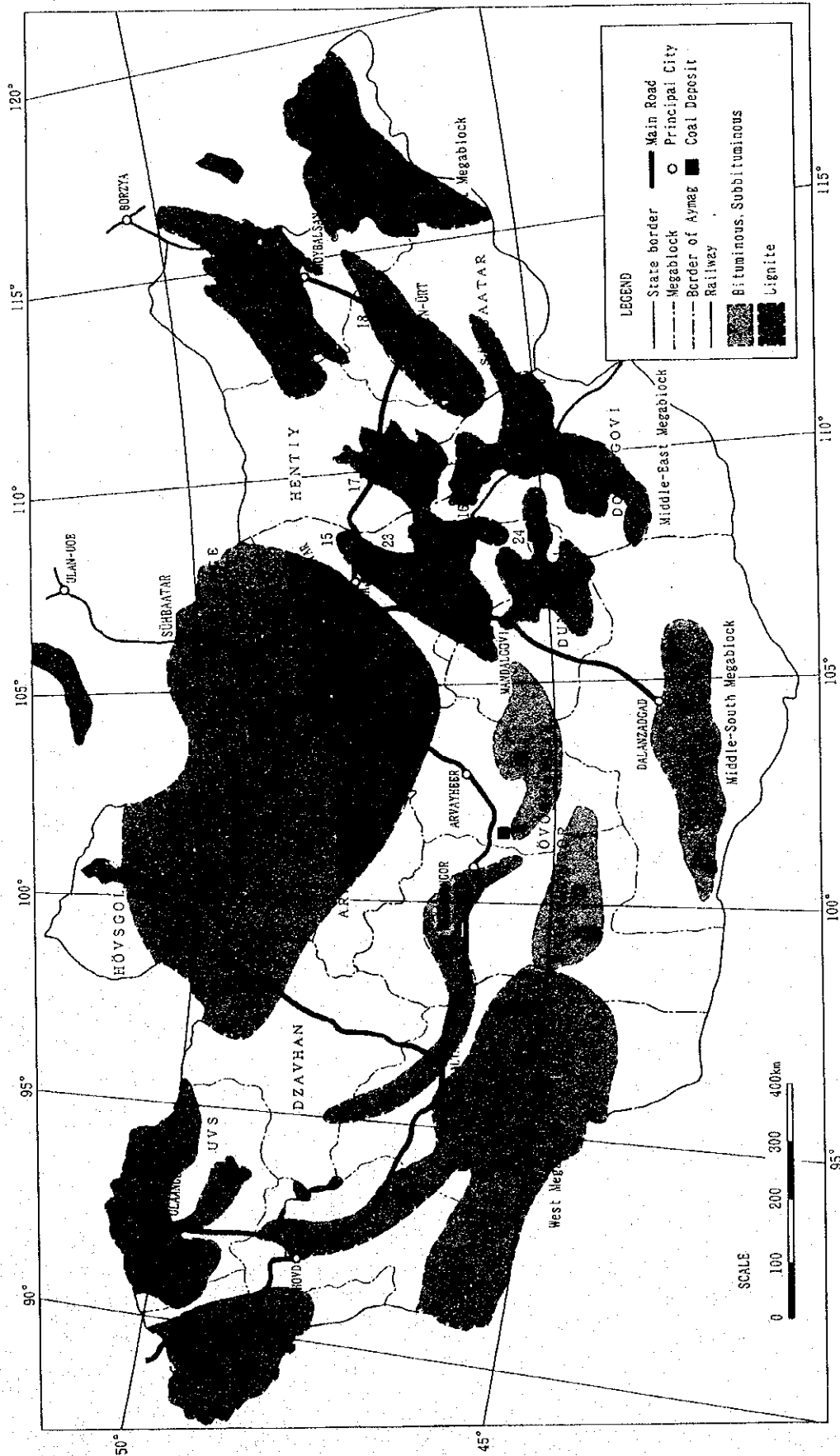
モンゴル国における炭鉱改善の緊急性を鑑み、モンゴル政府が、石炭開発マスタープランに関わるバガヌール炭鉱およびシビーオボー炭鉱のリノベーション計画を実施することを望んでおります。

なお、貴事業団を始め、外務省、通産省の関係者各位多大なるご理解ならびにご協力を賜り、厚くお礼を申し上げます。また、現地調査期間中には、モンゴル国エネルギー・地質・鉱業省、JOCVウランバートル事務所、ならびに在モンゴル日本国大使館から貴重なご助言とご協力を賜ったこともつけ加えさせていただきます。

平成7年11月

（財）日本エネルギー経済研究所
モンゴル国石炭産業総合開発計画調査
業務主任 佐藤 武比古

モンゴルの石炭資源



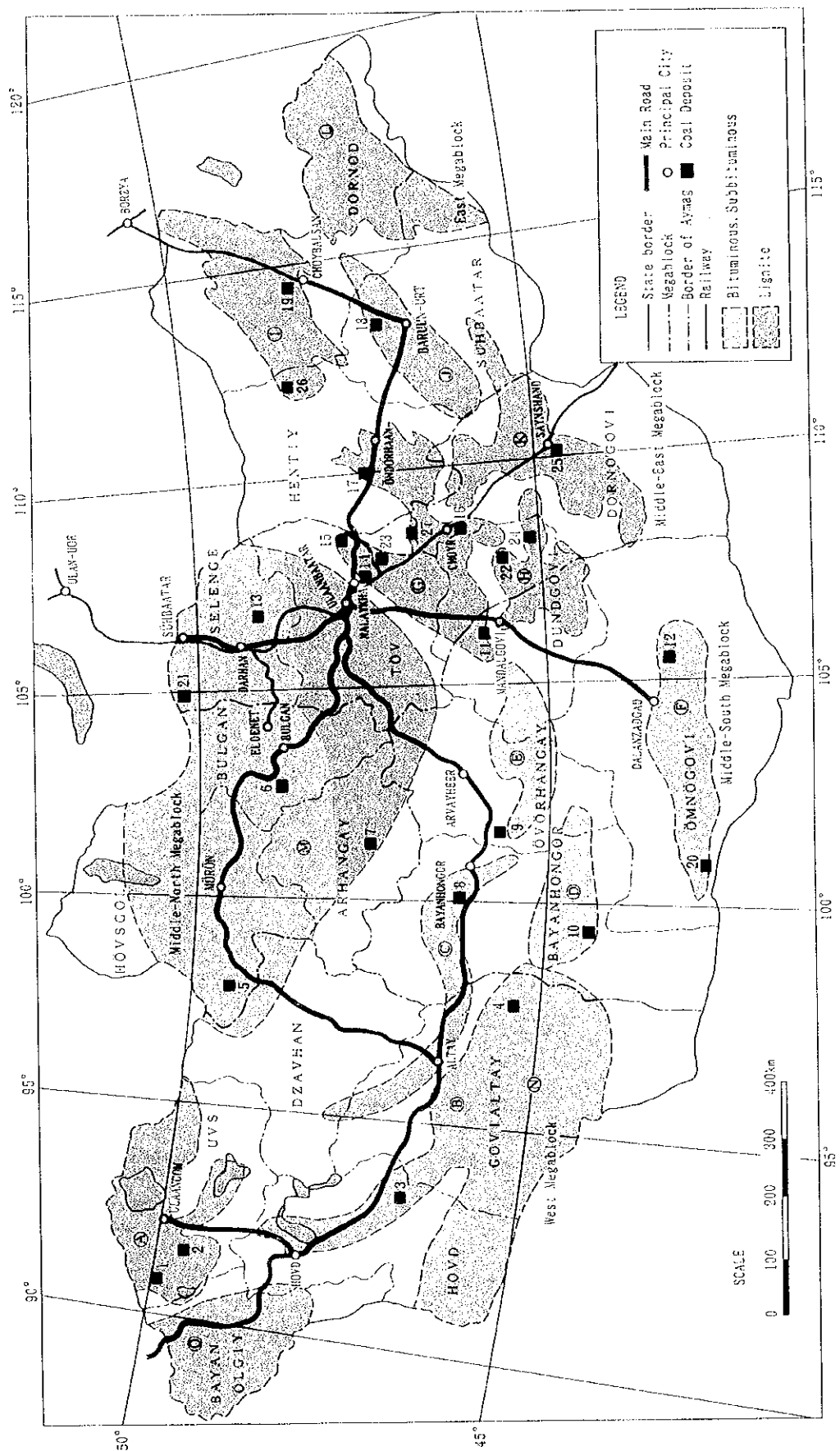
- Names of basins
- ①: Kharkhira (C)
 - ②: Mongol Altay (C)
 - ③: South Khangay (P)
 - ④: Big Bogdyn (J)
 - ⑤: Onglyngol (J)
 - ⑥: South Govi (P)
 - ⑦: Choir-Niarga (K)
 - ⑧: Middle Govi (K)

- Names of deposits
- 1 Nuursthotgor Deposit
 - 2 Khartaryagatal Deposit
 - 3 Khusheet Deposit
 - 4 Zeeget Deposit
 - 5 Mogoingol Deposit
 - 6 Saihan-Ovoo Deposit
 - 7 Bayantsagaan Deposit
 - 8 Uburchuiut Deposit
 - 9 Bayanteeg Deposit
 - 10 Shinjinist Deposit

- Names of deposits
- 11 Tevshingovi Deposit
 - 12 Tavantologol Deposit
 - 13 Sharyngol Deposit
 - 14 Malaykha Deposit
 - 15 Baganuur Deposit
 - 16 Shivee-Ovoo Deposit
 - 17 Chandagantal Deposit
 - 18 Talbulag Deposit
 - 19 Aduunchuluun Deposit
 - 20 Marynsokhait Deposit
 - 21 Ulaan-Ovoo Deposit
 - 22 Khoot Deposit
 - 23 Tsaidamuur Deposit
 - 24 Ovdok-Huduk Deposit
 - 25 Sainshand Deposit
 - 26 Huistnuur Deposit
 - 27 Tugrugnuur Deposit

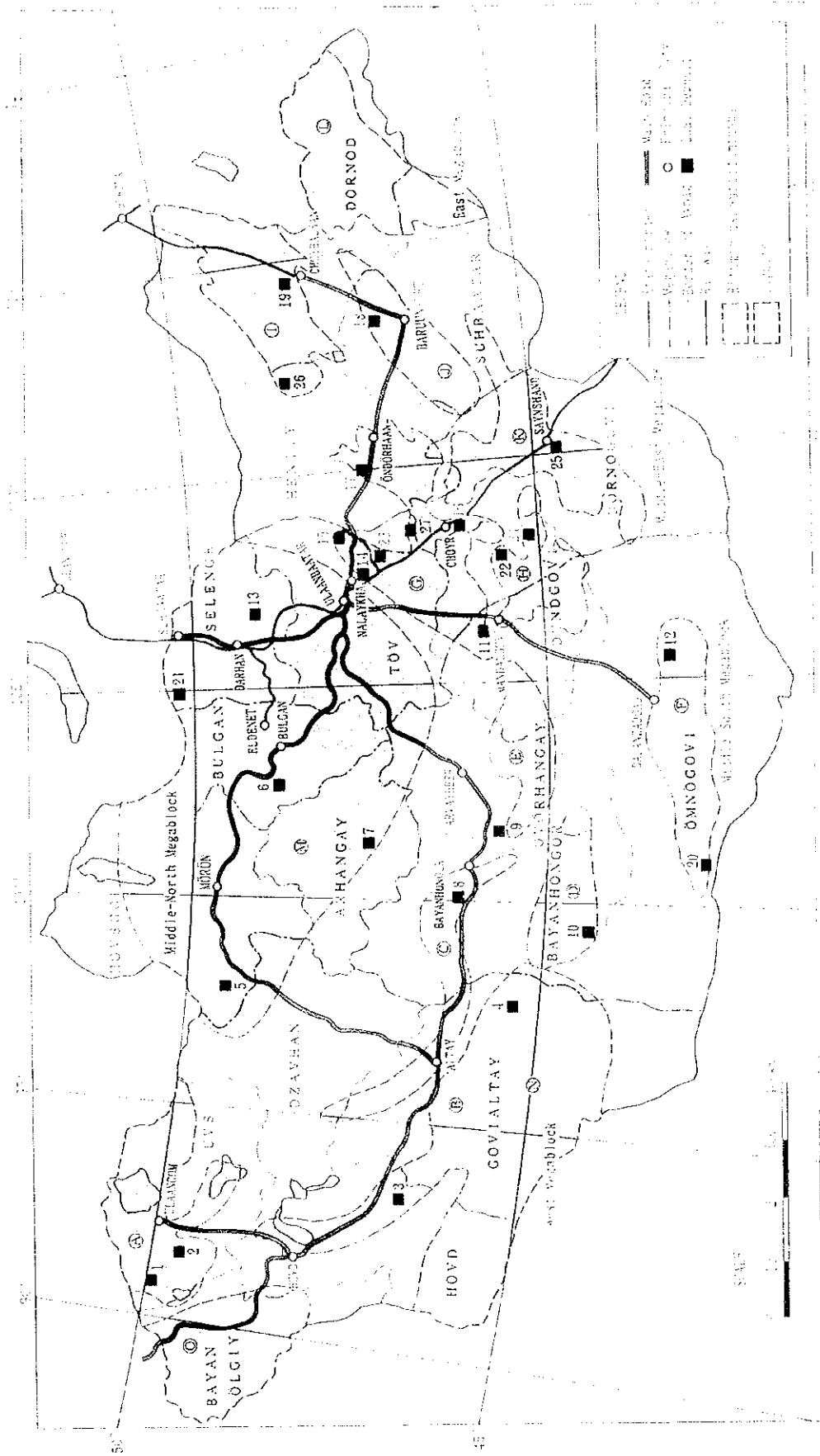
* C-Carboniferous, P-Permian, J-Jurassic, K-Cretaceous

モンゴル国の石炭資源

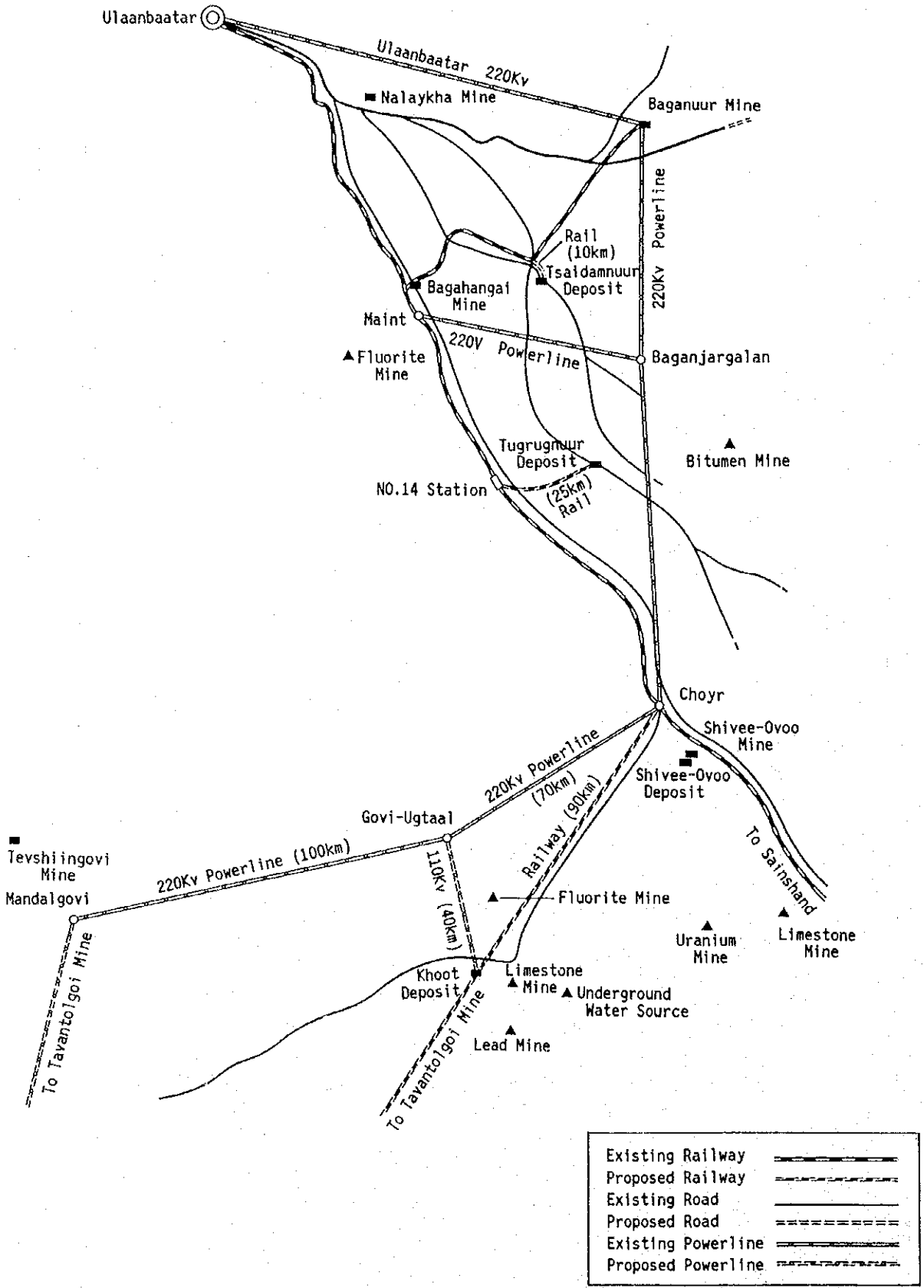


- Names of basins**
- ① Kharkhizaa (C)
 - ② Mongol Altay (C)
 - ③ South Khangai (P)
 - ④ Big Bogdgn (J)
 - ⑤ Orkhon-Selenge (J)
 - ⑥ South Govi (P)
 - ⑦ Choir-Niarga (K)
 - ⑧ Middle Govi (K)
- Names of deposits**
- 1 Nuurstotogor Deposit
 - 2 Khartavagatai Deposit
 - 3 Khushet Deposit
 - 4 Zeegt Deposit
 - 5 Mogoingoi Deposit
 - 6 Saihan-Uvoo Deposit
 - 7 Bayantsagaan Deposit
 - 8 Uurchuluut Deposit
 - 9 Bayanzeg Deposit
 - 10 Shinjinst Deposit
 - 11 Tevshingovi Deposit
 - 12 Tavanotogoi Deposit
 - 13 Sharvngol Deposit
 - 14 Nalaykha Deposit
 - 15 Baganaur Deposit
 - 16 Shivee-Uvoo Deposit
 - 17 Chandaganai Deposit
 - 18 Taibulag Deposit
 - 19 Aduunchuluun Deposit
 - 20 Narynsobhait Deposit
 - 21 Ulaan-Uvoo Deposit
 - 22 Khoot Deposit
 - 23 Tsaidamuur Deposit
 - 24 Ovock Huduk Deposit
 - 25 Sainshand Deposit
 - 26 Huistnuur Deposit
 - 27 Tugrugnuur Deposit
- * C-Carboniferous, P-Permian, J-Jurassic, K-Cretaceous

モンゴル西の百歳資源



- Names of localities
- 1. Ulaanbaatar
 - 2. Khovd
 - 3. Bayan Ölgii
 - 4. Bayan-Hongor
 - 5. Dornogovi
 - 6. Dornod
 - 7. Dornogovi
 - 8. Dornogovi
 - 9. Dornogovi
 - 10. Dornogovi
 - 11. Dornogovi
 - 12. Dornogovi
 - 13. Dornogovi
 - 14. Dornogovi
 - 15. Dornogovi
 - 16. Dornogovi
 - 17. Dornogovi
 - 18. Dornogovi
 - 19. Dornogovi
 - 20. Dornogovi
 - 21. Dornogovi
 - 22. Dornogovi
 - 23. Dornogovi
 - 24. Dornogovi
 - 25. Dornogovi
 - 26. Dornogovi
 - 27. Dornogovi
 - 28. Dornogovi
 - 29. Dornogovi
 - 30. Dornogovi
 - 31. Dornogovi
 - 32. Dornogovi
 - 33. Dornogovi
 - 34. Dornogovi
 - 35. Dornogovi
 - 36. Dornogovi
- Names of deposits:
- 1. Khovd deposit
 - 2. Bayan Ölgii deposit
 - 3. Bayan-Hongor deposit
 - 4. Dornogovi deposit
 - 5. Dornogovi deposit
 - 6. Dornogovi deposit
 - 7. Dornogovi deposit
 - 8. Dornogovi deposit
 - 9. Dornogovi deposit
 - 10. Dornogovi deposit
 - 11. Dornogovi deposit
 - 12. Dornogovi deposit
 - 13. Dornogovi deposit
 - 14. Dornogovi deposit
 - 15. Dornogovi deposit
 - 16. Dornogovi deposit
 - 17. Dornogovi deposit
 - 18. Dornogovi deposit
 - 19. Dornogovi deposit
 - 20. Dornogovi deposit
 - 21. Dornogovi deposit
 - 22. Dornogovi deposit
 - 23. Dornogovi deposit
 - 24. Dornogovi deposit
 - 25. Dornogovi deposit
 - 26. Dornogovi deposit
 - 27. Dornogovi deposit
 - 28. Dornogovi deposit
 - 29. Dornogovi deposit
 - 30. Dornogovi deposit
 - 31. Dornogovi deposit
 - 32. Dornogovi deposit
 - 33. Dornogovi deposit
 - 34. Dornogovi deposit
 - 35. Dornogovi deposit
 - 36. Dornogovi deposit
- Legend:
- Mongolia
 - Soviet Union
 - △ Border of Areas
 - Major Road
 - Deposit
 - Local Deposit



炭鉍位置図

モンゴル国
石炭産業総合開発計画調査

ファイナル・レポート

—主報告書—

目次

序文

伝達状

第一部 炭鉱リノベーション計画

第一章 バガヌール炭鉱改善計画の調査

第二章 シビーオボー炭鉱改善計画の調査

第二部 マスター・プラン調査

第一部 炭鉱リノベーション計画

第一章 バガヌール炭鉱改善計画の調査

目次

第一章 バガヌール炭鉱

1	はじめに	
1.1	調査の背景	1
1.2	調査の目的と範囲	1
2	石炭資源	5
2.1	探査の経緯	5
2.2	地質および地質構造	5
2.2.1	地形および地質	5
2.2.2	バガヌール石炭鉱床の地質構造	6
2.2.3	水理地質	10
2.3	埋蔵量	10
2.3.1	炭層別の確定埋蔵量	10
2.3.2	旧ソビエト連邦による可採埋蔵量	13
2.4	炭種および品質	14
2.5	採掘区域の検討	17
2.5.1	旧ソビエト連邦による採掘区域	17
2.5.2	年産600万トンのための採掘区域	19
3	バガヌール炭鉱の現状	22
3.1	開発の経緯	22
3.2	炭鉱の現状	26
3.2.1	採掘システムの現状と採掘機器	26
3.2.2	地表設備	38
3.2.3	生産実績	45
3.2.4	組織と人員	46
3.3	現在の問題点	48
3.3.1	採掘システムと採掘機器	48
3.3.2	地表設備	56
3.3.3	基金	57
3.4	現炭鉱の生産能力の評価	58
3.4.1	稼働率	58
3.4.2	改善計画	58

3.4.3	予備品	60
4	バガヌール炭鉱改善計画の検討	63
4.1	効果的な採掘システムの検討	63
4.1.1	採掘設備とその適用	63
4.1.2	効果的な採掘システムの検討	64
4.1.3	石炭回収率の検討	70
4.2	改善のための採掘設備	71
4.2.1	改善のための採掘機器	71
4.2.2	改善のための地表設備	74
4.3	インフラストラクチャー	81
4.4	改善計画の工程	83
5	品質管理システム	85
5.1	品質上の問題点	85
5.2	必要な品質管理システムと設備	85
5.2.1	必要な品質管理システム	85
5.2.2	必要とする設備	88
5.3	製品炭品位	89
6	環境調査	92
6.1	調査概要	92
6.2	法制度	92
6.3	バガヌール地域の現況	99
6.3.1	社会状況	99
6.3.2	自然状況	104
6.4	調査区域の現況	106
6.4.1	生活環境 (公害)	106
6.4.2	自然環境	110
6.4.3	社会環境	114
6.5	環境評価	117
6.5.1	生活環境	118
6.5.2	自然環境	118
6.6	環境保全対策	127
6.6.1	生活環境	128
6.6.2	自然環境	128

6.6.3	社会環境	132
6.7	モニタリング計画	132
6.7.1	生活環境	133
6.7.2	自然環境	133
6.8	環境調査	134
6.9	積算	134
6.10	結論および所見	136
6.10.1	結論	136
6.10.2	所見	136
7	設備費と操業費	137
7.1	更新スケジュール	137
7.2	機器価格と部品コスト	137
7.3	設備費と操業費	138
7.3.1	設備費	138
7.3.2	操業費	138
7.4	外貨および内貨費用	139
7.4.1	外貨費用	139
7.4.2	内貨費用	139
8	経済性評価	165
8.1	分析の前提条件および方法	165
8.2	経済評価	167
8.2.1	分析の前提条件	167
8.2.2	経済費用	168
8.2.3	経済便益	170
8.2.4	ディスカウント・キャッシュフロー (DCF) 分析	171
8.2.5	感度分析	173
8.3	財務評価	173
8.3.1	分析の前提条件	173
8.3.2	財務費用	174
8.3.3	総収入	175
8.3.4	ディスカウント・キャッシュフロー (DCF) 分析	175
8.3.5	財務感度分析	178
9	結論と所見	203

第二章 シビーオボ一炭鉱改善計画調査

第二章目次参照

表目次

2 石炭資源

表 2.1	確認埋蔵量	13
表 2.2	可採埋蔵量	14
表 2.3	主要炭層の標準品位	15
表 2.4	Mongolian MethodとJISによる分析結果	14
表 2.5	ユーザー要求標準品位	16
表 2.6	可採炭量計算表	17
表 2.7	ケース別の石炭回収率比較	19
表 2.8	自然発火による酸化炭炭量	21

3 バガヌール炭鉱の現状

表 3.1	石炭生産量および剝土量の計画と実績	22
表 3.2	生産計画	23
表 3.3	生産実績	24
表 3.4	剝土実績	25
表 3.5	切羽設計の基礎パラメータ	29
表 3.6	主要機器リスト	30
表 3.7	ドリル仕様	31
表 3.8	ドラッグライン仕様	32
表 3.9	電動ショベル仕様	33
表 3.10	機関車・ワゴン仕様	34
表 3.11	ダンプトラック仕様	36
表 3.12	採掘機器稼働状況	58
表 3.13	現状設備の生産能力	58
表 3.14	既存地表設備の改善に必要な設備	61
表 3.15	既存設備に必要な予備品コスト	62

4 バガヌール炭鉱改善計画の検討

表 4.1	経済指数比較	66
表 4.2	各採掘システムに対する必要機器と投資額	68
表 4.3	生産コスト比較	69

表 4.4	石炭回収率と経済性の比較	70
表 4.5	追加機器リスト	71
表 4.6	拡張に必要な支援機器	75

5 品質管理システム

表 5.1	発電所に納入された石炭品位	86
表 5.2	分析用機器	89
表 5.3	製品炭品位	90
表 5.4	予想製品炭品位計算表	91

6 環境調査

表 6.1	環境項目の選定	94
表 6.2	環境関連法規	95
表 6.3	大気質環境基準	96
表 6.4	水質環境基準	97
表 6.5	騒音環境基準	99
表 6.6	バガヌール地域の教育状況	101
表 6.7	バガヌール地域の医療状況	101
表 6.8	車台数 (1993年)	102
表 6.9	交通事故	102
表 6.10	公共施設等	103
表 6.11	バガヌール地域の気象データ	104
表 6.12	バガヌール地域および調査区域内の大気質	106
表 6.13	バガヌール地域の水質	108
表 6.14	調査区域の水質	109
表 6.15	土壌汚染	109
表 6.16	絶滅危機の恐れのある動・植物の種	115
表 6.17	環境チェックリスト	117
表 6.18	盛土の標準法面勾配	119
表 6.19	環境保全対策	127
表 6.20	モニタリング計画	133
表 6.21	環境調査	134
表 6.22	環境保全の費用	135

7 設備費と操業費

表 7.1	主要機器更新スケジュール (Case1 鉄道システム維持)	140
表 7.2	主要機器更新スケジュール (Case2 鉄道システム廃止：1998年)	141
表 7.3	主要機器更新スケジュール (Case3 鉄道システム廃止：2002年)	142
表 7.4	価格とコスト構成	143
表 7.5	既存機器の価格と部品コスト (Case1 鉄道システム維持)	144
表 7.6	既存機器の価格と部品コスト (Case2 鉄道システム廃止：1998年) 現在価格	145
表 7.7	既存機器の価格と部品コスト (Case3 鉄道システム廃止：2000年) 1998年価格	146
表 7.8	主要既存機器更新投資スケジュール (Case1 鉄道システム維持)	147
表 7.9	主要既存機器更新投資スケジュール (Case2 鉄道システム廃止：1998年)	148
表 7.10	主要既存機器更新投資スケジュール (Case3 鉄道システム廃止：2002年)	149
表 7.11	拡張のための追加機器投資スケジュール (採掘機器と支援機器)	150
表 7.12	現状の原単位	151
表 7.13	操業費予測基礎データ (鉄道システム維持)	153
表 7.14	操業費予測基礎データ (鉄道システム廃止)	154
表 7.15	改善計画で用いる原単位	155
表 7.16	操業費予測基礎データ (改善のための支援機器)	156
表 7.17	操業費予測基礎データ (拡張のための支援機器)	157
表 7.18	3案における原単位	158
表 7.19	今後23年間に必要な外貨費用 (Case1 鉄道システム維持)	159
表 7.20	今後23年間に必要な外貨費用 (Case2 鉄道システム廃止：1998年)	160
表 7.21	今後23年間に必要な外貨費用 (Case3 鉄道システム廃止：2002年)	161
表 7.22	今後23年間に必要な内貨費用 (Case1 鉄道システム維持)	162
表 7.23	今後23年間に必要な内貨費用 (Case2 鉄道システム廃止：1998年)	163
表 7.24	今後23年間に必要な内貨費用 (Case3 鉄道システム廃止：2002年)	164

8 経済性評価

表 8.1	中国大同炭価格推移	182
表 8.2	ロシア一般炭価格推移	183
表 8.3	輸入一般炭 単位当り価格	184
表 8.4	EIRR10%に対応する石炭価格	185
表 8.5	EIRR10%に対応するCase6のDCFのキャッシュフローと所要外貨および内貨フロー	186
表 8.6	設備の価格レベルと最有利案	188
表 8.7	経済感度分析	189

表 8.8	インフレーション率	190
表 8.9	価格等推移	191
表 8.10	価格上昇インデックス	192
表 8.11	FIRR 10%に対応する石炭価格	193
表 8.12	石炭価格 6,057.1 Tg/t 時の減免税ステップ	194
表 8.13	資本構成別減免税後資本効率	195
表 8.14	借入比率 50% 未返済借入金額と資本効率	196
表 8.15	借入比率 70% 未返済借入金額と資本効率	197
表 8.16	借入比率 80% 未返済借入金額と資本効率	198
表 8.17	石炭販売価格と経営健全性との関連	199
表 8.18	財務感度分析 炭価 6,057.1 Tg/t 時の投下資金効率(ROI)	200
表 8.19	財務感度分析 炭価 6,057.1 Tg/t 時の資金効率(ROE)	201
表 8.20	財務感度分析 炭価 5,902.1 Tg/t 時の税引後資金効率(ROE)	202

図目次

1 はじめに

図 1.1	主要炭鉱位置図	3
図 1.2	バガヌール炭鉱周辺図	4

2 石炭資源

図 2.1	地質図	7
図 2.2	断面図	8
図 2.3	柱状図	9
図 2.4	2a層の炭層等深線図	12
図 2.5	全水分と発熱量との相関関係（シビーオポー炭鉱での試験結果）	16
図 2.6	炭量計算図	18
図 2.7	第2ピット2番層の採掘案	19

3 バガヌール炭鉱の現状

図 3.1	現採掘システム	27
図 3.2	現鉄道システム	27
図 3.3	現概況図	28
図 3.4	地表設備配置図	39
図 3.5	石炭のフローチャート	43
図 3.6	生産実績推移	46
図 3.7	組織図	47
図 3.8	剝土作業の問題点（剝土遅れの現状）	48
図 3.9	ドラッグライン作業の問題点と適切な剝土作業	49
図 3.10	鉄道システムの作業サイクル案	55

4 バガヌール炭鉱改善計画の検討

図 4.1	採掘機器の適用性と採掘システム	65
図 4.2	剝土作業システム（断面図）	72
図 4.3	剝土作業システム（平面図）	72
図 4.4	貯炭および積込設備概念図	78

図 4.5	モービルクラッシャーの概念図	78
図 4.6	配電設備案	80
図 4.7	新規導入機器スケジュール	84

6 環境調査

図 6.1	環境調査のフロー	93
図 6.2	バガヌール地域	100
図 6.3	バガヌール地域の気象状況	105
図 6.4	調査区域	107
図 6.5	調査地域地質図	111
図 6.6	調査地域の土壌	113
図 6.7	バガゲン湖の地質状況	122
図 6.8	バガゲン湖の水文状況	123
図 6.9	バガゲン湖の水文予測	124
図 6.10	ずり堆積における法面	129
図 6.11	バガゲン湖の対策	131

8 経済性評価

図 8.1	モンゴル国課税制度と石炭価格	181
-------	----------------	-----

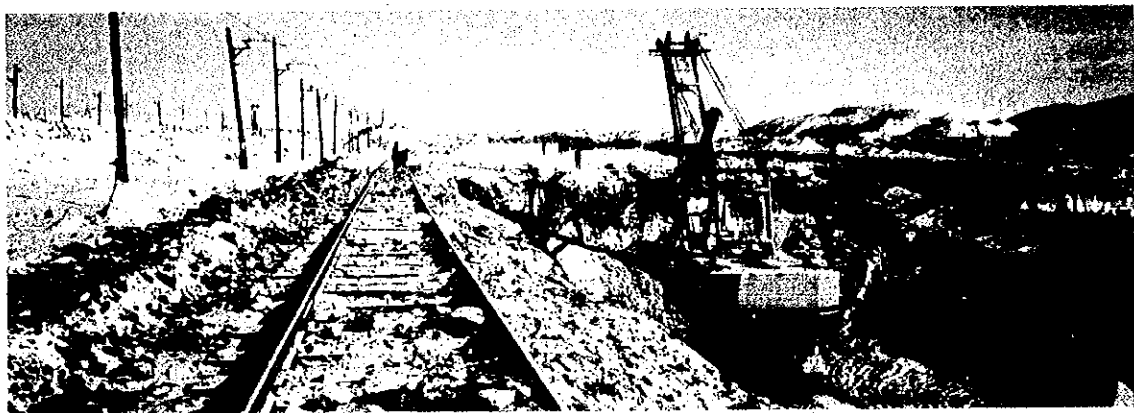
略語表

AD,ad	: Air Dried Basis
ADB	: Asian Development Bank
AR,ar	: As Received Basis
ASTM	: American Society for Testing and Materials
atm.	: Atmosphere(s)
bbf	: Barrel
BCM	: Bank Cubic Meter
BWE	: Bucket Wheel Excavator
CES	: Central Energy System
CIF	: Cost, Insurance and Freight
COMECON	: Communist Economic Conference
D/L	: Dragline
D/T	: Dump Truck
DB,db	: Dry Basis
DAF,daf	: Dry Ash Free
dB(A)	: Decibel in Scale A
DCF	: Discounted Cash Flow
E.C.	: Electric Conductivity
EIRR	: Economic Internal Rate of Return
F/S	: Feasibility Study
FBC	: Fluidized Bed Combustion
FEL	: Front End Loader
FIRR	: Financial Internal Rate of Return
FLIR	: Foreign Loan Interested Rate
FOB	: Free on Board
Gcal	: Giga-calorie
GDP	: Gross Domestic Product
GHV	: Gross Heating Value
GWh	: Giga-watt-hour(s)
ha	: Hectare(s)
HCV	: Higher Calorific Value
HHV	: Higher Heating Value
HP	: Horsepower
HV	: Heating Value
HVDC	: High Voltage Direct Current

Hz.	: Hertz
IEEJ	: The Institute of Energy Economics, Japan
INPS	: Institute of National Project for the former Soviet Union
IRR	: Internal Rate of Return
JCI	: Japan Consultant Institute
JICA	: Japan International Cooperation Agency
JIS	: Japanese Industrial Standards
KV,kV	: Kilo-volt
KVA,kVA	: Kilo-volt-ampere
kW	: Kilo-watt(s)
kWh	: Kilo-watt-hour(s)
LCV	: Lower Calorific Value
LHV	: Lower Heating Value
m.,mil.	: Million
MCR	: Maximum Continuous Rating
MEGM	: Ministry of Energy, Geology and Mining of Mongolia
MJ	: Mega-joule
MTI	: Ministry of Trade and Industry of Mongolia
MW	: Mega-watt(s)
NDB	: The National Development Board
NEDO	: New Energy and Industrial Technology Development Organization
NMP	: Net Material Product
NPV	: Net Present Value
ODA	: Official Development Assistance
OECD	: Organization for Economic Co-operation and Development
PCF	: Pulverized Coal Fired
ppb.	: Parts per Billion
rpm	: Revolutions per Minute
S.L.	: Sea Level
SNG	: Substitute Natural Gas
SPM	: Suspended Particulate Matter
SS	: Suspended Solid
TBCM	: Total Bank Cubic Meter
TCE,tce	: Ton Coal Equivalent
Tg, tg	: Tugrug(s)
TSP	: Total Suspended Particulates
UNCED	: U. N. Conference on Environment and Development



ショベル/鉄道およびショベル/トラックシステムによる剥土作業



ショベル/鉄道システムによる剥土作業



鉄道システムによる剥土運搬



捨土場での剥土ダンピング



ショベル/トラックシステムによる剥土作業



ドラッグラインによる剥土作業

1. はじめに

1.1 調査の背景

モンゴルはコメコンによるバーター貿易の停止により、深刻な経済危機に直面している。モンゴル政府はこの危機を豊富な石炭資源の開発利用により克服しようとしている。モンゴルの石炭埋蔵量は1500億トンとも言われており、その埋蔵量が確認されているもので240億トンとされている。しかし、モンゴルの年間の石炭生産量は1988年の860万トンピークとして年々減少しており、1992年には620万トンにまで落ち込んだ。

そのため、モンゴル国は近年エネルギー危機に瀕しており、特に寒さの厳しい冬季には深刻な状態となっている。これは設備の老朽化やスペアパーツの不足、乏しい経済力などに起因しているものと考えられる。モンゴル政府は石炭の開発は最重要課題のひとつとしており、このような現状を踏まえた主要炭鉱のリハビリ、新規炭田の開発など総合的な開発利用計画の策定が緊急の課題となっている。

1.2 調査の目的と範囲

本調査の目的は次の2点である。

- ・既存2炭鉱のリハビリテーションのための技術的、経済的、財務的に適切な計画を策定すること
- ・長期石炭需給予測を行い石炭開発と利用に関するマスタープランを策定すること。

その他の重要な目的として、本調査期間においてモンゴル側カウンターパートへの技術移転があげられる。

本調査は第一部（バガヌール炭鉱とシビーオボー炭鉱の改善計画）及び第二部（石炭開発利用計画）とからなっている。

第一部の調査範囲と手順は以下のとおりである。

- (1) 炭鉱リハビリテーションのための情報収集
- (2) 調査炭鉱の選定
- (3) 環境調査を含めた有効なリハビリテーション計画調査
- (4) 投資額及び操業コスト調査
- (5) 財務・経済分析

第二部の調査範囲と手順は以下のとおりである。

- (1) 石炭開発利用計画のマスタープランのための情報収集
- (2) 石炭需給予測
- (3) 石炭開発計画調査
- (4) 石炭利用計画調査
- (5) 石炭関連施設に対する省エネルギー計画及び環境対策調査
- (6) 有望計画の予備調査
- (7) 概念的実行計画調査

本報告書は2分冊より構成されており、本編は第一部（第一章：バガヌール炭鉱、第二章：シビーオポー炭鉱）の調査結果が記載されている。第二部については分冊（第二部）を参照されたい。

本編第一章では、バガヌール炭鉱の改善計画調査結果が報告されている。

バガヌール炭鉱はウランバートル市の東方110kmに位置し、海拔1,350mの標高にある。確認埋蔵炭量は560百万トであり、炭種は低位発熱量で約3,600kcal/kg（到着ベース）の褐炭である。ここでは大規模な露天掘りにより採掘が行われ、炭鉱で生産される石炭の大部分は、ウランバートル市にある発電所に供給されている。この炭鉱は年産能力が6百万トとして設計されたが、最近の生産実績は剥土の遅れにより年産で3～4百万トとなっている。剥土遅れの理由は機器の部品不足とショベル／鉄道システムの低稼働率にある。

この改善計画調査の目標は年産6百万トを達成することであると定められた。

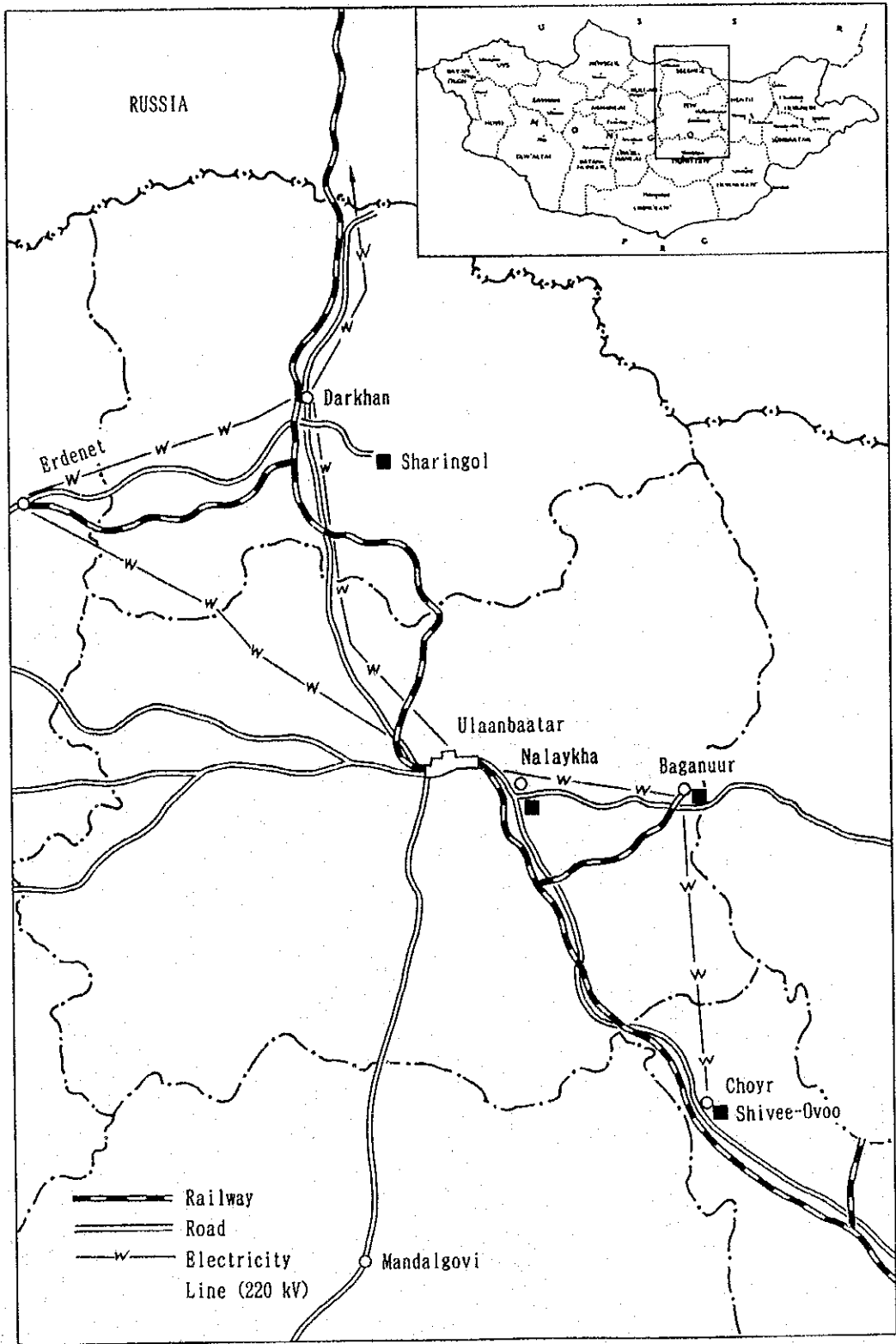


图 1.1 主要炭铀位置图

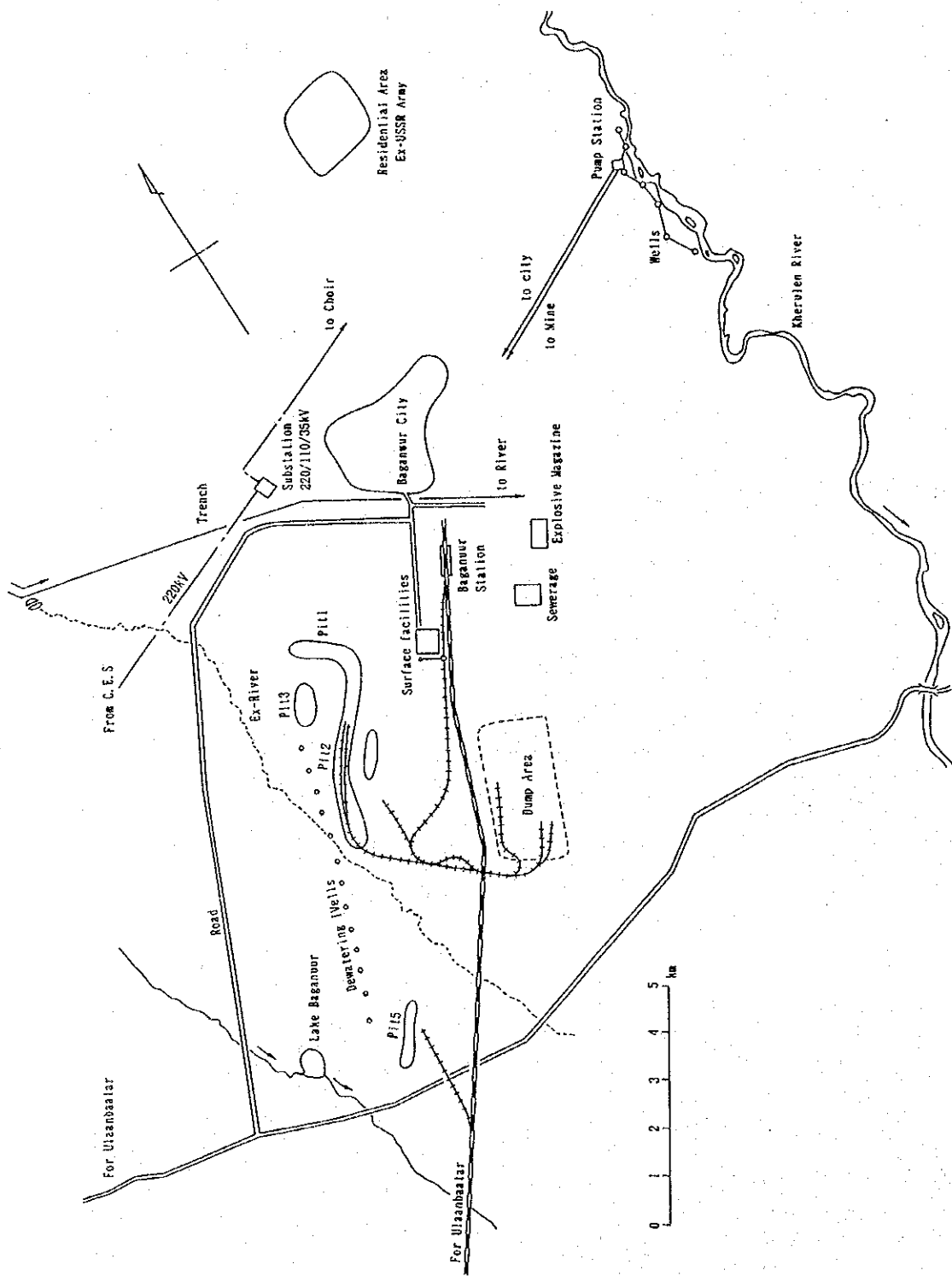


図 1.2 バガヌール炭鉱周辺図

2. 石炭資源

2.1 探査の経緯

バガヌール炭鉱の探査と開発は、旧ソビエト連邦の技術および経済協力の下、下記に示す通り実施された。

1925～1926年：旧ソビエト連邦による初めての調査

1931年：探査（踏査）

1964年：探査（概査）

試錐：7本、トレンチング：7カ所26孔

1974～1975年：探査（概査）

探査計画線：20本、500m間隔

1976～1977年：探査（精査）

試錐本数 — 概査、精査あわせて502本

試錐掘削長 — 15m～280m

試錐総掘削長 — 延べ49,881m

試錐間隔 — 150m

解析のための地質断面間隔 — 250m

1978～1979年：開発準備 小型の採掘機器による小規模生産開始

1979～1980年：開発、大型の採掘機器による生産開始（1百万トン／年）

バガヌール炭鉱の探査は、地質構造把握のために旧ソ連の探査基準に従って精査計画を立案し、実施された。旧ソ連の探査基準によれば、精査は試錐間隔150m毎と定められている。バガヌール炭鉱は、露天掘炭鉱であるため地質条件の変化に対して容易に対処できる。それゆえ、さらなる追加調査は不要と考える。

2.2 地質および地質構造

2.2.1 地形および地質

モンゴルの国土面積は約1,57百万km²で、モンゴル全体には約3,500の湖沼と約7,000の河川があり、北西部は高い山地に囲まれ、南東部の大部分は砂礫性の土地が広がり、中央部は平坦な地形となっている。国内の最高地点は、アルタイ山脈のタバン・ボグド山で海拔4,374mであり、最低地点はフフノールで海拔560mである。全国平均海拔は1,580mで、首都ウランバートルは海拔

1,350mの高地にある。バガヌール炭鉱は、ウランバートルの東方約110km、鉄道距離で約200kmに位置し、標高は1,350m前後であり、低い丘陵と平地が緩やかに続く地形を呈している。バガヌール炭鉱の採掘対象区域面積は約55km²で、幅4.5km、長さ12kmである。

モンゴルの炭層は、上部古生層（石炭紀および二畳紀）と中生層（三畳紀、ジュラ紀および白亜紀）に賦存し、モンゴルのほぼ全域に分布する。無煙炭と瀝青炭は古生層に賦存し、西部地域にのみ分布する。亜瀝青炭と褐炭は中生層に賦存し、東部地域に分布する。これら2地域は、各々「西モンゴル石炭区」と「東モンゴル石炭区」と呼称されている。

バガヌール石炭鉱床は白亜紀に発達しており、夾炭層の厚さは約500mである。夾炭層の地層は、砂岩、泥岩、シルト岩、石灰岩および褐炭よりなり、上部と下部の夾炭帯に合計24の炭層を挟有する。

2.2.2 バガヌール石炭鉱床の地質構造

モンゴルはアジア大陸の広大な褶曲帯に位置し、基盤の地層は先カンブリア紀から古生代に及んでいる。モンゴルは、バイカル期、カレドニア期、ヘルシニア期の各造山運動の影響を受け、広範囲の変成作用と多くの花崗岩の貫入が見られる。モンゴルの地層は、概ね北から南へ若くなっている。モンゴルの地質構造の主要方向は、西部では北北西方向、中部では東西方向、東部では北東方向を示し、全体的に見れば南に湾曲した傾向を示す。

バガヌール炭鉱は、白亜紀のチョイル・ニアルガ含炭堆積盆の北端に位置し、石炭鉱床は、中心部が深くなった船底形、盆状の向斜構造で、向斜軸を中心に西側と東側とはほぼ対象的な地質構造を呈し、北北東から南南西方向に楕円状の分布を示す（図 2.1）。炭層賦存の最大深度は、向斜軸部で地表下約400mである（図 2.2）。炭化度等から考察して、地層の埋没深度は低いと判断され、複雑な応力関係によって形成されたというよりは、単純な地層の埋没によって形成された向斜構造であると思われる。探査結果からみて、鉱床の北東部から南部東側にかけては、炭層は比較的良好に発達し、採掘対象として有利な賦存状況を示している。走向は、北端でほぼ東西、南に5~20°傾斜しており、中央にかけて、走向はほぼ南北へと変化して西に5~18°傾斜し、一部断層を伴う箇所では45°程度傾斜している。主な断層は、A断層、B断層、C断層の3断層で、そのうちB断層は140mの落差を有する最大の断層で、60~65°の傾斜を示す。いずれも北北東から南南西の方向性を有している。

バガヌール炭鉱では夾炭層上部の3炭層が稼行しており、下位より2番層、2a層、3番層と呼称されている。これらの炭層には分裂・併合、肥厚・薄化等の側方の変化が見られ、炭層によっては泥岩等のはさみやレンズ状の粗粒砂岩を伴う。炭層の発達状況は、西側に比較し東側の方が優れている。2a層は稼行3炭層中では最も良質な炭層で、層厚は分層を含めると2.4~52mに達し、平均で17.2mを有し、バガヌール炭鉱の稼行の中心となる炭層である。図2.3に柱状図を示す。

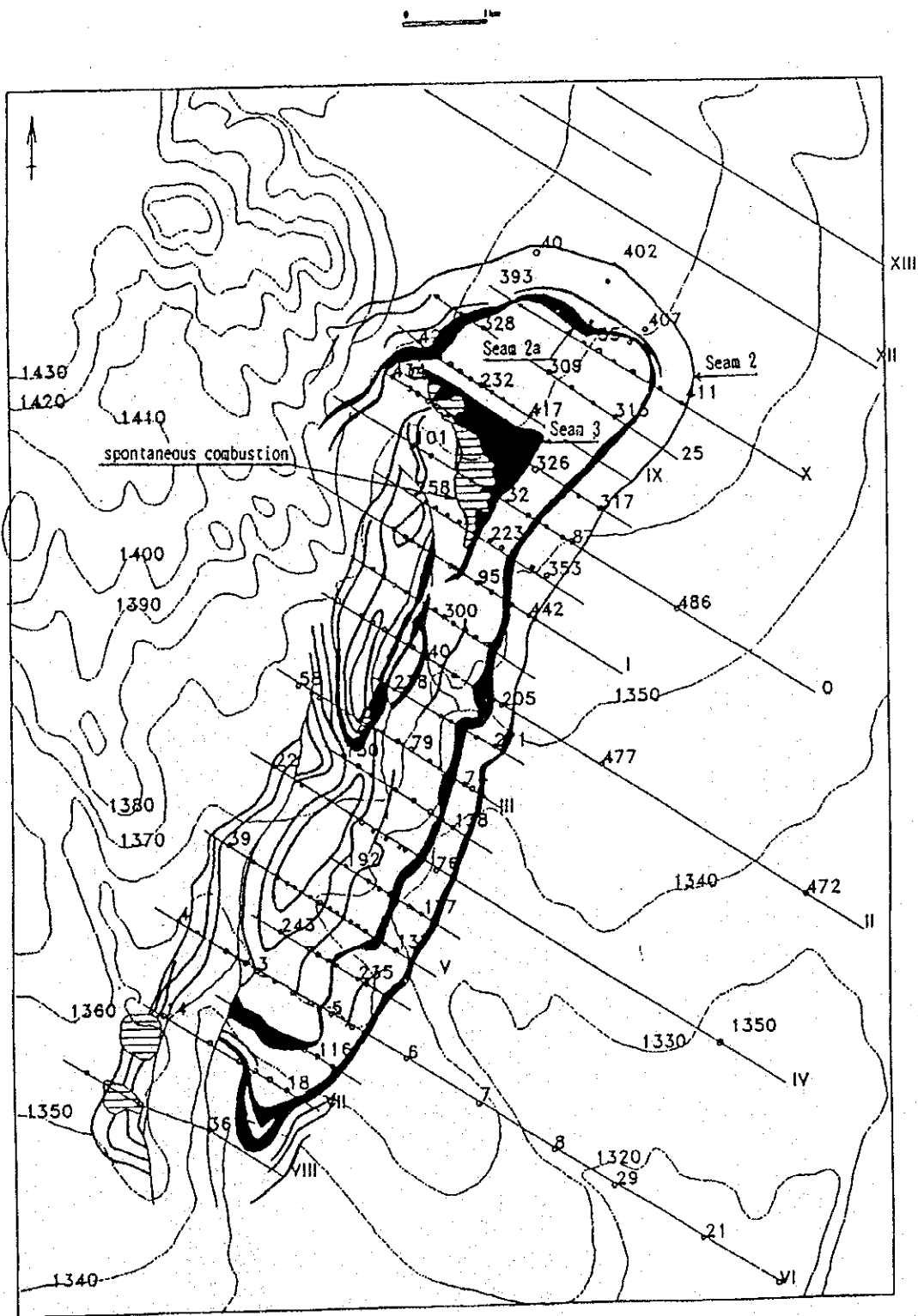
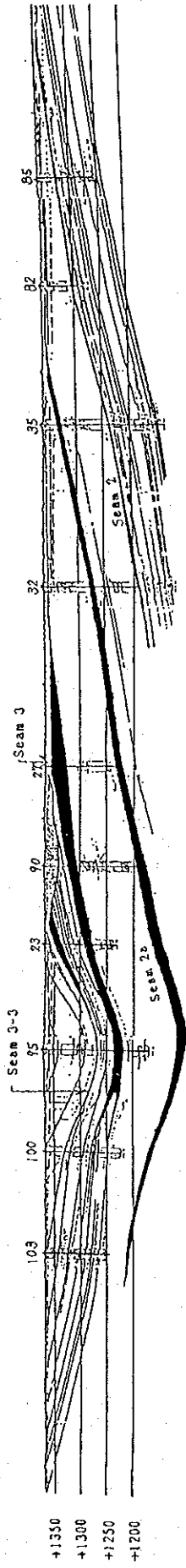
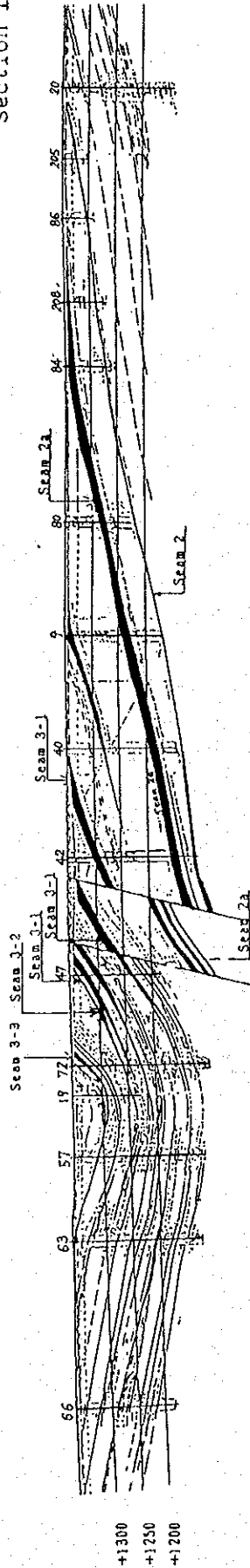


图 2.1 地質圖

Section 0



Section II



Section VI

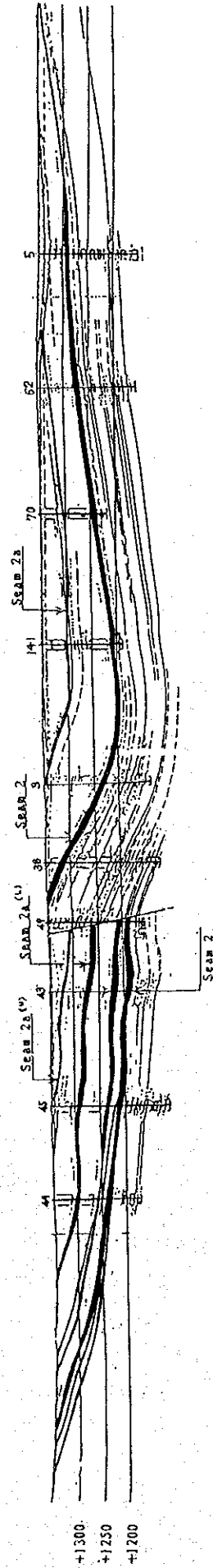


图 2.2 断面图

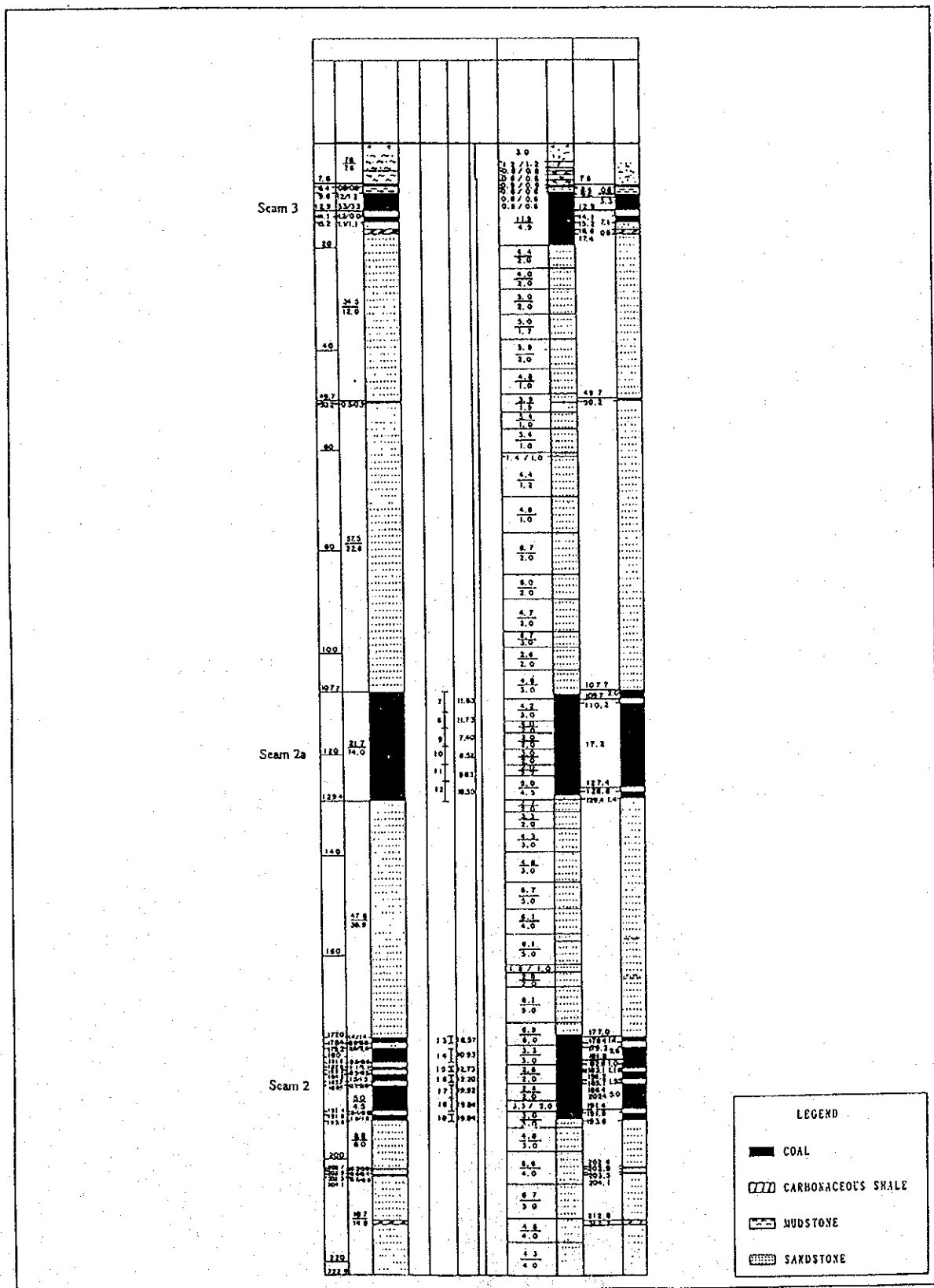


图 2.3 柱状图

2.2.3 水理地質

この地域は、周囲を火成岩、変成岩からなる山々に囲まれており、タバンソバイ水系に属し、第四紀層、白亜紀夾炭部、白亜紀下部の3つの透水ゾーンがある。地域ほぼ中央にはバガゲンと呼ばれる湖があり、この湖面水位はその周囲の地下水位と深い関係があるものと考えられる。

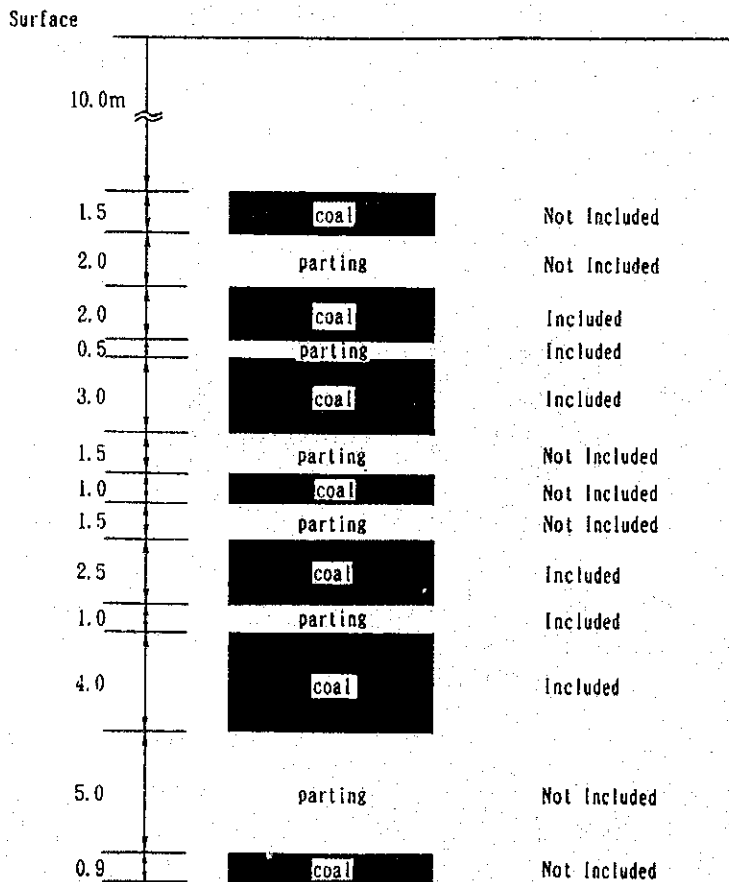
バガヌール炭鉱の地下水位は、地表下約15m程度の高さにあつて、採掘にあつては排水を行う必要がある。透水層は試錐によって確認されており、排水孔を40本程度設け、一日に20,000～36,000m³をポンプを用いて排水しているが、随時、排水孔を新設していく必要がある。また、ピットに溜まった水は採炭前に排水しなければならない。バガヌール炭鉱での石炭採掘に伴う地下水の排水により、乾期にはバガゲン湖の水位が低下している。この水位の低下は、自然環境保全上炭鉱を操業していく上での留意点となっている。

2.3 埋蔵量

2.3.1 炭層別の確認埋蔵量

旧ソビエト連邦は下記に示すロシア式炭量計算基準により炭量計算を実施している。

炭量計算基準



-2.0m未満の炭層は炭量として計上しない。

注) 層厚2.0m未満の炭層の選別採炭は、能率が低下するため大型採掘機器での採掘には不利である。

-層厚1.0m未満のはさみは、炭量として計上する。

注) 層厚1.0m未満の薄いはさみの選別採炭は不利である。

-地表より深さ10m未満の酸化炭は炭量として計上しない。

(1) 2番層

盆状の向斜構造を呈するバガヌール石炭鉱床において、稼行3炭層のうち最下位の炭層である2番層は、鉱床の最も外郭に分布し、長さ12km、幅2.8~3.5kmの広がりをもつ。北部では2番層は分裂する傾向にあり、層厚は3.4~29mと変化し平均で10.3mを示す。一般に露頭付近は、深部に比べ薄くなる傾向にある。2番層の確認埋蔵量は約268百万トである。

(2) 2a層

2番層の上位の炭層で、泥岩のはさみやレンズ状の粗粒砂岩を挟在する。稼行3炭層中では最も良質な炭層で、長さ約10km、幅約2.5kmの広がりをもつ。2番層との間盤は7~90mで、平均で45m程度である。層厚は、南部でやや薄くなる傾向にあるが、分層を含めると2.4~52mに達し、平均で17.2mを有する。一部で自然発火を起こしているが、その自然発火炭量は僅かであると見られている。2a層の確認埋蔵量は約246百万トである。図2.4に2a層の炭層等深線図を示す。

(3) 3番層

稼行3炭層のうち最上位の炭層で、長さ約6.5km、幅約0.4~1.8kmの広がりをもつ。2a層との間盤は20~140mで、平均84m程度である。3番層は北部で概ね3つに分裂し、下位より第1分層、第2分層、第3分層と呼称されている。堆積盆中部では、断層により大きく重複したりあるいは側方の変化により肥厚している。3番層の層厚は平均で11.8mで、最大120mに達する箇所がある。3番層分布域の中心部付近では、約3百万トの石炭が自然発火の影響を受けている。3番層の確認埋蔵量は約53百万トである。

稼行3炭層の合計の確認埋蔵量を表2.1に示す。

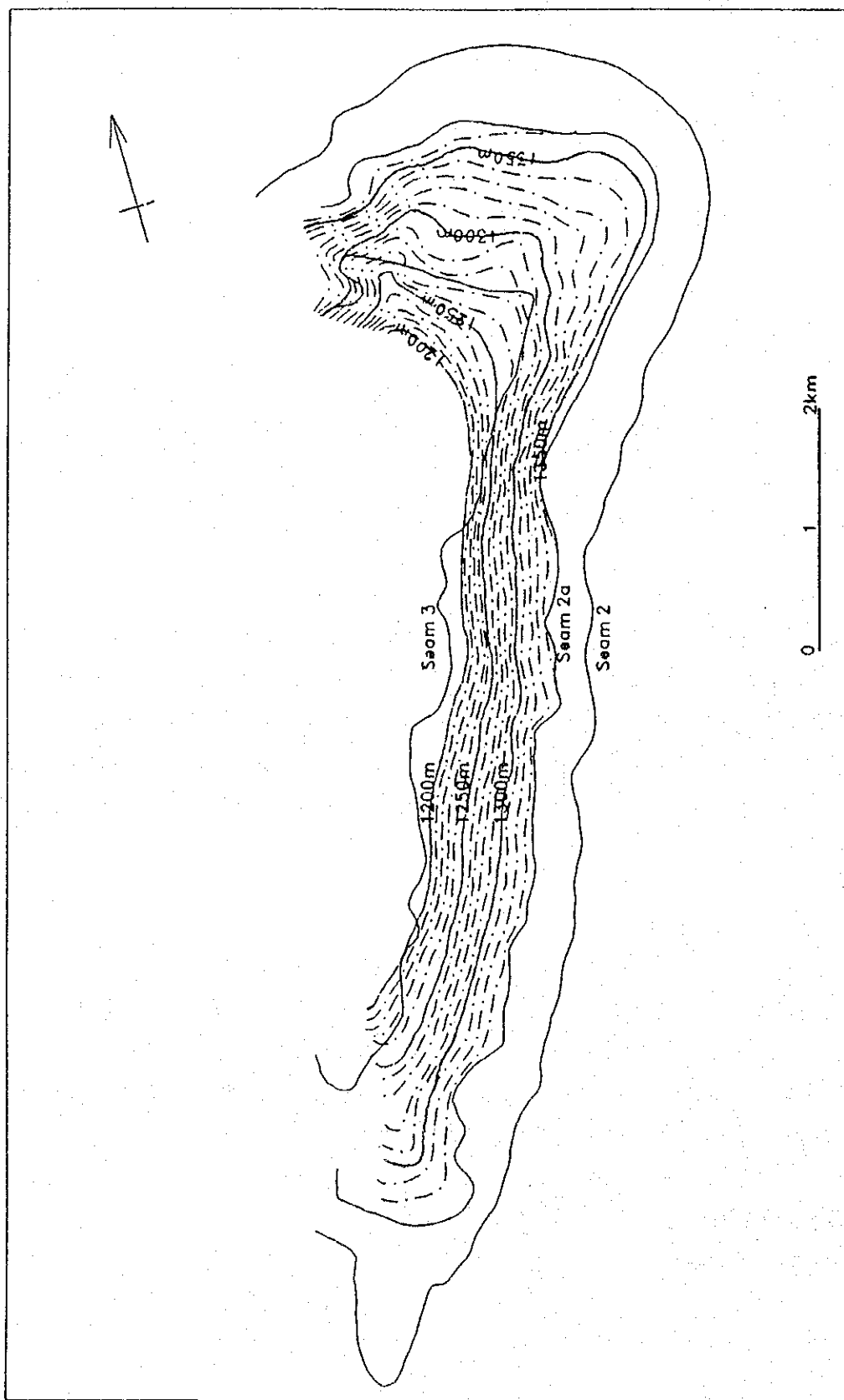


図 2.4 2a層の炭層等深線図

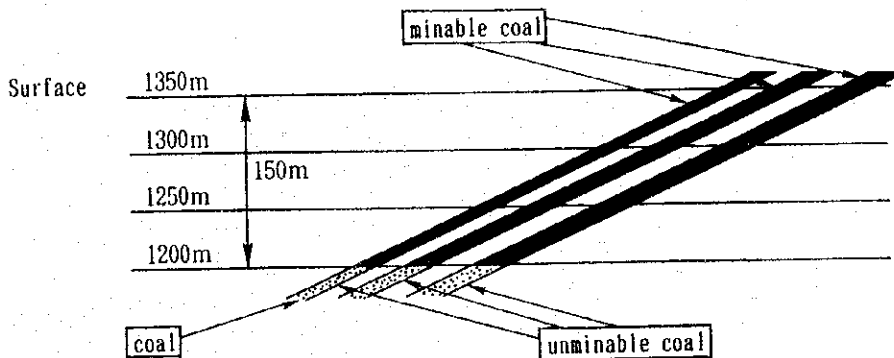
表 2.1 確認埋蔵量

Coal Seam	Proved Reserves (million tons)	Overburden/Interburden (million BCM)	S/R
3	53	113	2.13
2a	246	1,033	4.20
2	268	1,286	4.80
Total	567	2,432	4.30

2.3.2 旧ソビエト連邦による可採埋蔵量

バガヌール石炭鉱床の炭量計算基準は、次の通りである。

- 2.0m未満の炭層は炭量として計上しない。
- 地表より深さ10m未満の酸化炭は炭量として計上しない。
- 層厚1.0m未満のはさみは、炭量として計上する。
- 地表下約170m (海拔1,200m)までを炭量として計上する。



稼行対象の3炭層は、各層とも所々で分裂・併合、肥厚・薄化等の側方の変化が見られ、2.0m以下の層厚で分布する箇所が確認されているが可採埋蔵量には計上されず、また、地表下約170m (標高1,200m)までを採掘対象としている。旧ソビエト連邦によって計上された可採埋蔵量は、296百万トで、これらを全量採掘した場合の総剥土量は、933百万BCMであり、その平均剥土比は、3.15BCM/トである。

表 2.2 可採埋藏量

Coal Seam	Minable Reserves (million tons)	Overburden/Interburden (million BCM)	S/R
3-3	6		
3-2	10	113	2.17
3-1	36		
2a	165	555	3.36
2	79	265	3.35
Total	296	933	3.15

2.4 炭種および品質

炭層は白亜紀の地層に賦存し、一般に白亜紀の石炭は、瀝青炭のような良質なものが期待できる。しかし、バガヌール炭鉱の炭種は、ASTM基準によれば褐炭で、白亜紀の時代としては炭化度が低い。これは、この地域では地層の埋没深度が浅く、比較的浅所で続成作用が行われ、白亜紀という地質時代の割には、炭化が進まなかったためと考えられる。各層ごとの標準品位を表2.3に示す。2、2a、3層から採取したそれぞれのサンプル炭は、モンゴル側 (Mongolian Method) と日本側 (JIS) の双方で分析され、その結果より双方の分析結果はほぼ同じであることが示された (表2.4参照)。

表 2.4 Mongolian MethodとJISによる分析結果

	by Mongolia			by JIS		
	Seam 2	Seam 2a	Seam 3	Seam 2	Seam 2a	Seam 3
Total moisture (as received)	32.9	37.8	29.5	35.3	37.2	31.6
Inherent moisture	n. a	n. a	n. a	15.7	14.5	15.7
Ash (as received)	9.5	7.9	7.6	12.3	11.4	8.8
Volatile matter (dry ash free)	43.6	45.1	46.4	32.0	33.6	44.0
Fixed carbon	n. a	n. a	n. a	44.4	45.3	58.3
Total sulfur (dry basis)	0.92	0.63	0.45	40.0	40.5	31.5
Calorific value (as received, LHV)	3,763	3,468	3,964	0.83	0.66	0.45
				5,120	5,210	5,150
				3,574	3,463	3,833

Note - The analysis result on upper lines of JIS part was analyzed under equilibrium moisture basis.

- The analysis result on lower lines of JIS part was calculated from the upper result.

表 2.3 主要炭層の標準品位

Name of Coal Seam	Main Average Value											
	Total Moisture	Inherent Moisture	Ash (dry basis)	Volatile Matter (dry ash free basis)	Total Sulfur (dry basis)	Calorific Value *1		Calorific Value *2		Carbon (dry ash free basis)	Hydrocarbon (dry ash free basis)	Nitrogen (dry ash free basis)
						Kcal/kg	MJ/kg	(with moisture, ash basis)	MJ/kg			
2	28.9 (55)	11.0 (569)	14.8	42.7 (382)	0.73 (492)	6,854 (266)	23.7	3,829	16.0	73.14 (154)	4.60 (154)	1.0 (75)
2a	29.8 (61)	11.4 (738)	14.2	44.1 (446)	0.67 (173)	6,828 (426)	28.6	3,761	15.7	72.82 (190)	4.68 (190)	0.99 (105)
Seam 3-1	31.2 (39)	11.2 (402)	18.7	44.2 (191)	0.85 (377)	6,670 (167)	27.9	3,548	14.8	71.66 (99)	4.66 (99)	0.91 (78)
Seam 3-2	32.8 (10)	11.3 (155)	16.9	45.0 (87)	0.81 (136)	6,671 (59)	27.9	3,379	14.1	71.11 (40)	4.79 (40)	0.87 (29)
Seam 3-3	33.3 (15)	11.5 (131)	14.7	44.0 (73)	0.76 (115)	6,633 (53)	27.7	3,412	14.3	70.77 (33)	4.64 (33)	0.87 (27)
Average of Seam 3	32.4 (64)	11.4 (638)	15.8	44.4 (347)	0.80 (628)	6,660 (279)	27.9	n. a.	n. a.	71.18 (172)	4.69 (172)	0.86 (134)
Average of All Seams	33.3 (180)	11.2 (1,995)	14.9	43.8 (1,175)	0.73 (1,793)	6,780 (971)	28.4	3,616	15.11	72.38 (516)	4.65 (516)	0.96 (314)

Note: () , Number of Samples

*1, High Heating Value

*2, Low Heating Value

表 2.5 ユーザー要求標準品位

	Unit	Power Station	Industry	Other User
Moistured(as received basis)	(%)	35	36	35
Ash (dry basis)	(%)	18	15	12
Volatile matter	(%)	45	45	45
Total sulfur (dry basis)	(%)	0.5	0.5	0.5
Calorific value (as received basis)	(kcal)	3,250	3,360	3,500
Size	(mm)	0-300	0-300	50-500

バガヌール炭の特徴の一つは、全水分は30%以上と高いことで、特にその付着水分の占める割合は非常に高い。このために、発熱量が3,200~3,500kcal/kg（低発熱量、到着ベース）程度と低い値を示している。シビーオポー炭鉱で行われた全水分と発熱量の相関関係の試験結果では、図2.5に示すように、乾燥すれば発熱量が上がることを示しており、バガヌール炭も同様の結果が期待できる。乾燥方式の検討は必要であるが、この図より全水分を38%から22%まで減じることが可能であれば、発熱量は1,000~1,400kcal/kgと高くなることを期待できる。

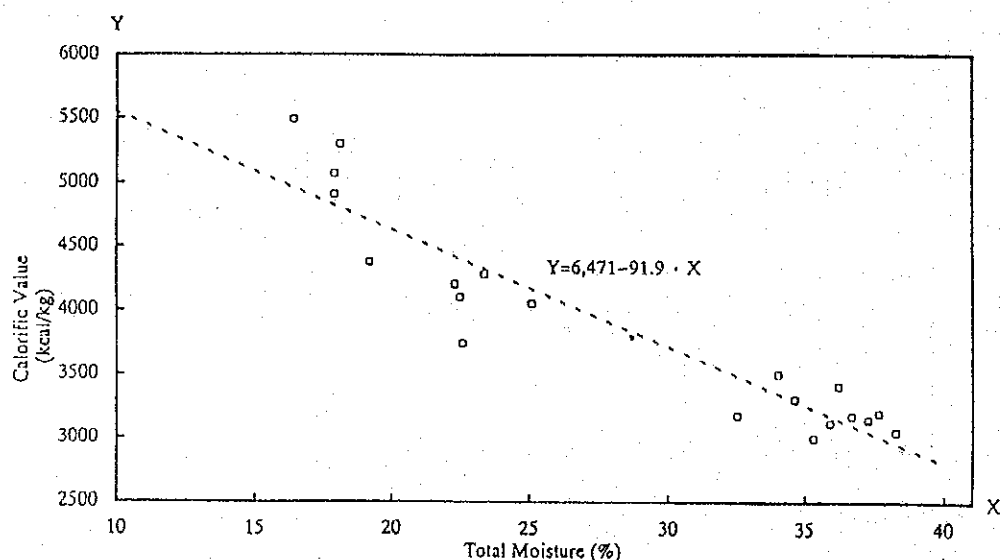


図 2.5 全水分と発熱量との相関関係（シビーオポー炭鉱での試験結果）

石炭中の灰分については際だって高いというものではない。ただ、現有の大型採掘機器では、厚さ1m以下のはさみはその除去が困難である。従って、岩石の混入による灰分の増加を抑制し品質のさらなる向上を図るには、小型採掘機器の導入によるはさみの除去が考えられ、これにより製品炭の灰分が低下し、発熱量の向上が期待できる。

ピット1、2、3で採炭された石炭は、ダンプトラックで破碎・製粒設備へ運ばれ処理される

が、ピット5にはこれら設備がなく粒度調整ができない。従って、契約粒度を満足するためにピット5に破碎設備を設置することが望ましい。

2.5 採掘区域の検討

2.5.1 旧ソビエト連邦による採掘区域

この石炭鉱床の地質構造は船底形、盆状で、向斜軸を中心に、西側と東側とはほぼ対象的な向斜構造を呈し、石炭層の発達状況は西側より東側の方が優れている。それゆえ、ピット1、2の2a層から開発をはじめている旧ソビエト連邦の採掘計画は、炭層の賦存状況から判断して妥当なものであると評価できる。炭層ごとおよびピットごとの可採埋蔵量を表2.6に、炭量計算図を図2.6に示す。

表 2.6 可採炭量計算表

Seam No.	Block No. *	Pit No.	Area flat(m ²)	Dip (°)	Area slope(m ²)	Thickness (m)	Specific Gravity	Reserves (m. ton)
3	3-3	3	595,000	10	604,000	7.70	1.29	6
	3-2	3	774,000	13	794,000	9.76	1.29	10
	3-1	3	1,955,000	13	2,006,000	13.91	1.29	36
2a	2a-1	4	1,384,000	7	1,394,000	12.23	1.29	22
	2a-2	1	1,966,000	5	1,973,000	10.22	1.29	26
	2a-3	2	2,630,000	12	2,688,000	17.30	1.29	60
	2a-4	5	4,029,000	9	4,079,000	10.83	1.29	57
2	2-1	4	794,000	5	797,000	6.81	1.29	7
	2-2	5	5,458,000	8	5,511,000	10.13	1.29	72
Total								296

Note: *See fig 2.6

確定炭量の296百万トンを全て生産する場合の総剥土量は933百万BCMで、その時の剥土比は3.15 BCM/トンである。

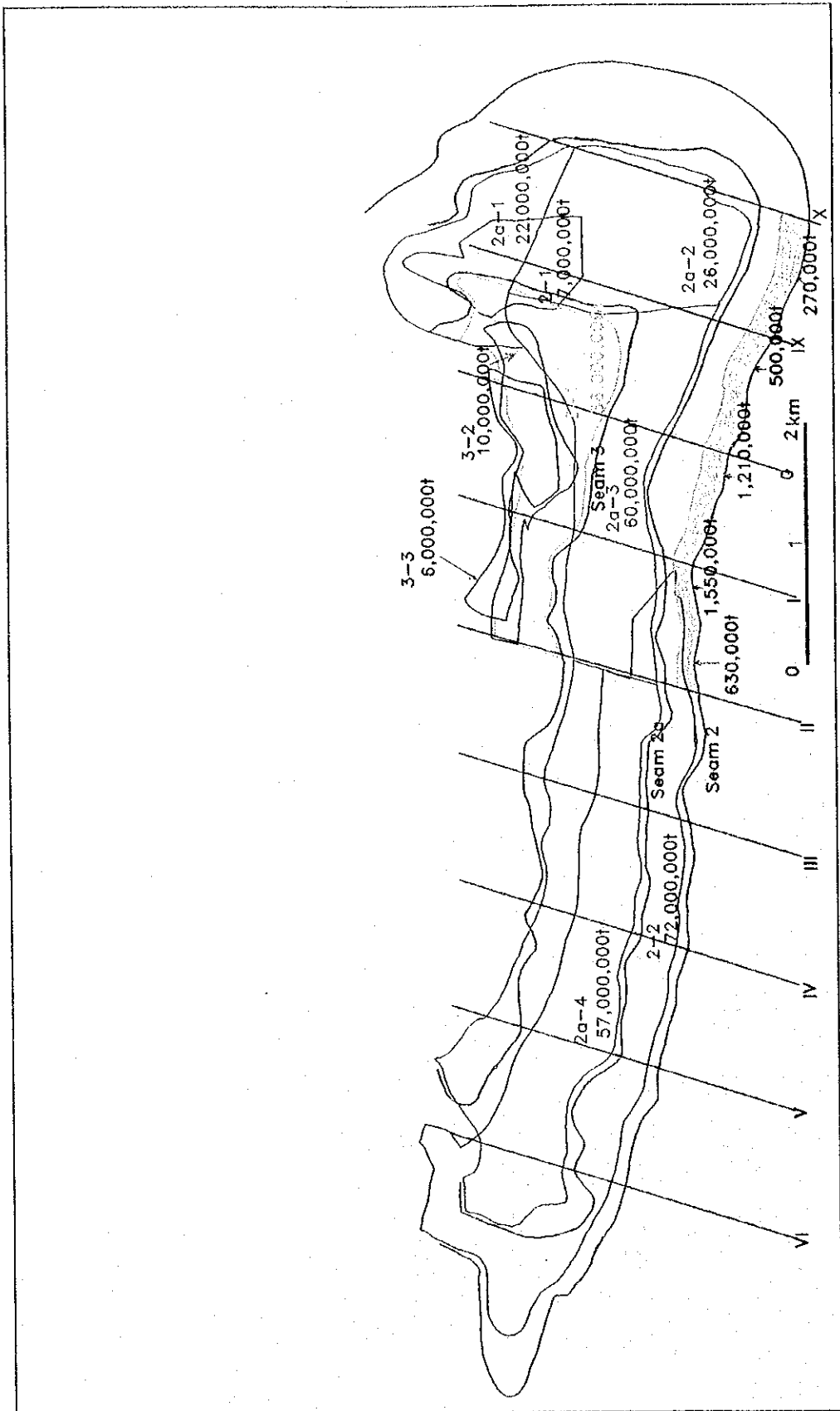


图 2.6 炭量計算図

2.5.2 年産600万ト体制のための採掘区域

石炭の賦存状況と確認埋蔵量から考えると、年間6百万トへの生産拡大は、旧ソビエト連邦の採掘計画を修正することで実現可能と判断される。旧ソビエト連邦の採掘計画は合理的でかつ実質的であるが、バガヌール炭鉱の石炭資源の効果的な採掘と利用のために、採掘深度、採掘区域と石炭回収率の見直しをする必要がある。旧ソビエト連邦の採掘計画での最大採掘深度は地表下約170mであるが、炭層は地表下170m以深にも賦存しており、地表下200mまでの間に相当量の炭量があることが確認されている（図2.2参照）。地表下170m以深の炭量は経済的に採掘でき、また炭鉱の寿命が延びるので、バガヌール炭鉱にとってこの炭量を採掘することは有益である。例えば、図2.2のSection 0をみると、2 a層は地表下170mすなわち海拔1,200m以下にも賦存していることがわかる。一方、ピット2で露頭が地表に現れている2番層も経済的に採掘ができ、有益である。図2.7にこの2番層の採掘計画と可採埋蔵量を示す。2番層の埋蔵量に対する2番層と2 a層間の間盤の剥土比は約5.0BCM/トであり、炭鉱全体での剥土比は4.2BCM/トと推定される。

最適な石炭回収率を見いだすために下記の3Caseを比較検討した。

Case 1 : 現在の採掘深度（地表下170mまで）

Case 2 : Case 1とCase 3との中間深度

Case 3 : 最大採掘深度（地表下200mまで）

表 2.7 Case別の石炭回収率の比較

	Unit	Case 1	Case 2	Case 3
Depth of mining	m	170	190	200
Minable coal	m. t	260	400	480
Coal recovery ratio	%	54	83	base*1
Total coal production	m. t/y	6	6	6
Life of mine	years	43	67	80
Required total capacity	m. BCM/y	24	27	30
existing system		(17.3)	(17.3)	(17.3)
by additional system		(6.7)	(9.7)	(12.6)
Stripping ratio (average)	BCM/t	3.2	3.7	4.2

Note *1 - This base of coal recovery ratio is assumed to be 100% which is about 85% of measured reserves, because the reserves below 200m is excluded due to insufficient geological data.

表 2.7に示された結果に基づいて石炭回収率を見直すことを推奨する。この3Caseの経済比較は、4.1.3章にて採炭コスト指数によって行われ、その結果は表4.4に示されている。

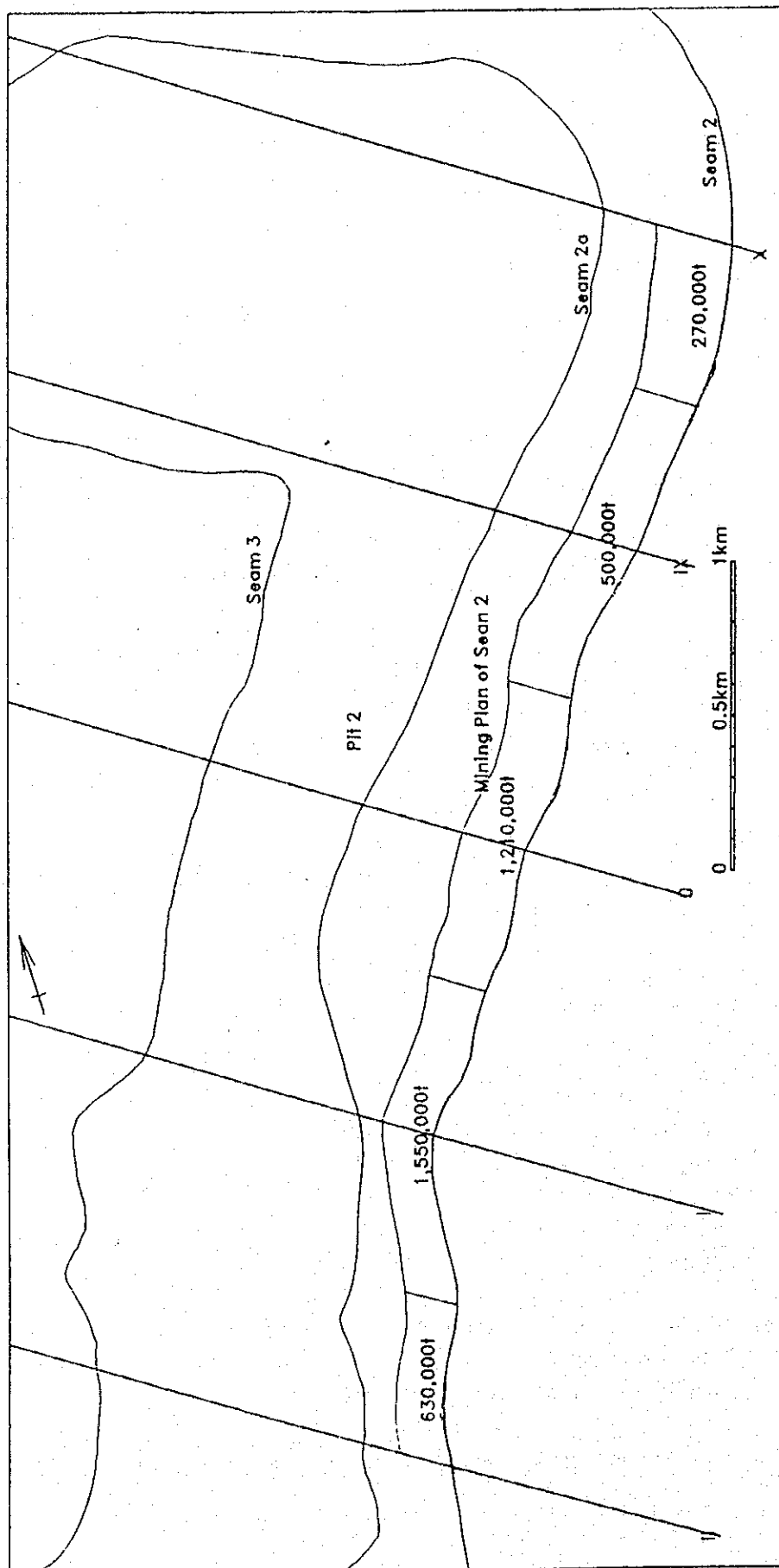


図 2.7 第2ビット2番層の採掘案

比較検討を要する理由は、次の通りである。

- 旧ソビエト連邦が実施したピット設計では、石炭回収率は54%にすぎず、残された炭量は放棄されている。
- 石炭回収率が85%まで向上するCase 3では、バガヌール炭鉱の寿命が80年まで長くなる。
- Case 3での剥土比4.2BCM/トンは、4,000kcal/kgの石炭を生産しているシャリングゴル炭鉱の剥土比7.0BCM/トンと比較すると十分低いもので、経済性において劣っていない。

また、地表付近で3番層は部分的に自然発火によって劣化している。この劣化した酸化炭は、高発熱量の石炭と混炭することによって有効利用できる。

表 2.8 自然発火による酸化炭炭量

Seam No.	Pit No.	Area flat (m ²)	Dip (°)	Area slope (m ²)	Thickness (m)	Specific gravity	Reserves (million ton)
3-1	3	177,000	13	181,000	13.91	1.29	3

3. バガヌール炭鉱の現状

3.1 開発の経緯

バガヌール炭鉱は、旧ソ連の支援を受けたモンゴル政府によって開発された。炭鉱開発のF/Sは、レニングラードにあった旧ソ連国家プロジェクト研究所(INPS)によって行われた。1979年に、第1期開発計画として年産4百万トンのF/Sがモンゴル政府に提出され、これに次いで1985年には、第2期開発計画として年産6百万トンのF/Sが提出された。実際の石炭生産は、小規模露天掘により1978年から開始され、この初年度の生産量は155千トンであった。大規模露天掘による本格的な開発は翌年の1979年から開始され、計画生産量は1986年に2百万トン、1990年に4百万トン、そして、1992年に6百万トンと計画された。この計画生産量の詳細は、表3.1と表3.2に示されている。

石炭生産は表3.3、表3.4に示すように、1988年に4百万トンのピークに達したが、その後年々減少している。表3.1に石炭生産量と剥土量の実績と計画を示す。石炭生産量と剥土量の合計である総掘削量（百万BCM/年で示した）は毎年増加しているものの、1993年では計画掘削量の55%に過ぎなかったことを示している。

表 3.1 石炭生産量および剥土量の計画と実績

Year	Coal production (m. t/y)		Overburden removal (m. BCM/y)		Total (m. BCM/y)	
	Design	Actual	Design	Actual	Design	Actual
1983	1.0	0.7	2.2	3.2	3.0	3.7
1986	2.0	3.2	4.4	6.0	6.0	8.5
1989	3.0	3.8	10.2	8.1	12.5	11.1
1992	6.0	3.4	15.0	9.7	19.7	12.4
1993	6.0	2.9	17.0	9.7	21.7	11.9

表 3.2 生産計画

Year	Seam 2	Seam 2a	Seam 3	Coal	Overburden		Grand	S/R
	×1000t	×1000t	×1000t	Total ×1000t	×1000bcm	×1000bcm	Total ×1000bcm	bcm/t
1981		200		200	155	1,415	1,570	7.1
1982		500		500	388	1,130	1,518	2.3
1983		1,000		1,000	775	2,230	3,005	2.2
1984		1,100		1,100	853	2,640	3,493	2.4
1985		1,500		1,500	1,163	3,775	4,938	2.5
1986		2,000		2,000	1,550	4,435	5,985	2.2
1987		2,000		2,000	1,550	5,430	6,980	2.7
1988		2,000		2,000	1,550	6,630	8,180	3.3
1989		3,000		3,000	2,325	10,160	12,485	3.4
1990		4,000		4,000	3,100	10,800	13,900	2.7
1991		5,000		5,000	3,875	12,550	16,425	2.5
1992		6,000		6,000	4,650	15,000	19,650	2.5
1993		6,000		6,000	4,650	17,020	21,670	2.8
1994		6,000	1,000	7,000	5,425	20,320	25,745	2.9
1995		6,860	1,140	8,000	6,200	22,970	29,170	2.9
1996		6,560	1,440	8,000	6,200	25,170	31,370	3.2
1997		6,150	1,850	8,000	6,200	26,840	33,040	3.4
1998		6,350	1,650	8,000	6,200	26,440	32,640	3.3
1999-2003		22,500	17,500	40,000	31,000	105,900	136,900	2.9
2004-2008		7,980	32,020	40,000	31,000	74,240	105,240	1.9
2009-2018	8,100	71,646	254	80,000	62,000	225,420	287,420	2.8
2019-2030	69,660	12,184		81,844	63,445	301,650	365,095	3.7
Total	77,760	180,530	56,854	315,144	244,254	922,165	1,166,419	2.9

Source; GIPRO F/S, USSR

表 3.3 生產業績

Year	Pit 1			Pit 2			Pit 5			TOTAL			Grand	
	Coal		Overburden removal	Coal		Overburden removal	Coal		Overburden removal	Coal (A)		Overburden removal (B)	Total of Excavation	
	x1000t	x1000bcm	x1000bcm	x1000t	x1000bcm	x1000t	x1000bcm	x1000t	x1000bcm	x1000t	x1000bcm	x1000bcm	x1000bcm	B/A
1978						155.0	120.2	432.0	432.0	155.0	120.0	432.0	552.0	2.8
1979						430.0	333.3	446.0	446.0	430.0	333.0	446.0	779.0	1.0
1980						538.0	417.1	740.0	740.0	538.0	417.0	740.0	1,157.0	1.8
1981						171.0	132.6	711.9	711.9	171.0	133.0	711.9	844.9	4.2
1982	541.0	419.4	2,159.0			159.0	123.3	19.0	19.0	700.0	543.0	2,178.0	2,721.0	3.1
1983	620.0	480.6	3,140.0			97.0	75.2	16.0	16.0	717.0	556.0	3,156.0	3,712.0	4.4
1984	1,327.0	1,028.7	2,886.0			132.0	102.3			1,459.0	1,131.0	2,886.0	4,017.0	2.0
1985	2,363.0	1,831.8	3,258.0			204.0	158.1		655.0	2,567.0	1,990.0	5,654.0	7,644.0	2.2
1986	1,249.0	968.2	2,273.6	1,485.0	1,151.2	448.0	347.3	1,741.0	1,275.0	3,182.0	2,467.0	6,026.0	8,493.0	1.9
1987	830.0	643.4	2,426.0	2,032.0	1,575.2	477.0	369.8	2,477.4	752.0	3,339.0	2,588.0	6,259.0	8,847.0	1.9
1988	823.0	638.0	2,910.4	2,696.0	2,089.9	535.0	414.7	3,081.0	1,209.4	4,054.0	3,143.0	7,063.0	10,206.0	1.7
1989	891.0	690.7	2,000.0	2,551.0	1,977.5	344.0	266.7	4,816.0	1,297.0	3,786.0	2,935.0	8,113.0	11,048.0	2.1
1990	700.0	542.6	1,500.0	2,745.0	2,127.9	286.0	221.7	3,847.0	809.6	3,731.0	2,892.0	6,156.6	9,048.6	1.7
1991	571.0	442.6	2,072.0	2,371.0	1,838.0	890.0	689.9	4,401.0	756.0	3,832.0	2,971.0	7,229.0	10,200.0	1.9
1992	449.0	348.1	3,587.7	2,464.9	1,910.8	485.0	376.0	4,800.0	1,347.0	3,398.9	2,635.0	9,734.7	12,370.0	2.9
1993	449.4	348.4	2,837.1	1,974.3	1,530.5	424.0	328.7	5,507.0	1,335.9	2,847.7	2,208.0	9,680.0	11,888.0	3.4

Source: Ministry of Energy, Geology and Mining
 Note: Specific gravity of coal, 1.29

表 3.4 剥土実績

(Unit: 1000bcm)

Year	No.1 Ph				No.2 Ph				No.5 Ph				Total				From total									
	*Proj.	D/L	Rail	Truck	Actual	D/L	rehandle	Proj.	D/L	Rail	Truck	Actual	D/L	rehandle	Proj.	Actual	D/L		Truck		Rehandle					
																	Actual	Proj.	Actual	Proj.	Actual	Proj.	Actual	Proj.		
1978					432.0	432.0									432.0											
1979					446.0	446.0									446.0											
1980					739.6	740.0									740.0											
1981	1,415.0	885.1			711.9	711.9									1,415.0	1,597.0	1,415.0	835.0								
1982	1,130.0	2,159.0			19.0	19.0									1,130.0	2,178.0	1,130.0	2,178.0								
1983	2,230.0	3,140.0			16.0	16.0									2,230.0	3,156.0	2,230.0	3,140.0								
1984	2,640.0	2,884.0		2.0	2,886.0	900.0									2,640.0	2,886.0	2,640.0	2,884.0								
1985	3,775.0	3,258.0			3,258.0	579.2		1,741.0		623.0	32.0	655.0	201.8		3,775.0	5,654.0	3,775.0	5,622.0								
1986	4,435.0	2,202.0			71.6	2,273.6	513.1		2,477.4		52.7	1,275.0			4,435.0	6,026.0	4,435.0	5,901.4								
1987	5,430.0	2,398.9			27.1	2,426.0	618.3		2,450.0	631.0		752.0			5,430.0	6,259.0	5,430.0	5,601.0	1,000.0	631.0						
1988	6,630.0	1,134.1	1,713.9	62.4	2,910.4	1,710.7		2,771.6	171.5			1,209.4			6,630.0	7,063.0	6,630.0	5,286.8	2,200.0	1,885.4						
1989	6,930.0	2,000.0			2,000.0	2,472.1		3,230.0	3,614.0			1,274.7			10,160.0	8,113.0	6,930.0	4,476.7	5,600.0	3,614.0						
1990	6,630.0	1,500.0			1,500.0	3,000.0		4,170.0	2,390.0			809.1			10,800.0	6,156.6	4,800.0	3,766.1	6,000.0	2,390.0						
1991	6,730.0	2,072.0			2,072.0	2,160.0		5,820.0	2,148.5	628.3	4,401.0	1,381.8	722.5		12,550.0	7,229.0	4,650.0	4,218.6	7,900.0	2,148.5						
1992	6,630.0	2,231.5		94.5	1,261.7	3,587.7	1,451.9	8,370.0	2,000.0	1,800.0	1,800.0	1,124.2			15,000.0	9,734.7	4,770.0	5,355.3	10,230.0	1,094.5						
1993	6,530.0	2,053.6		81.5	700.0	2,837.1	1,000.0	10,490.0	2,416.9	1,900.0	1,190.3	5,507.0	1,949.0	982.5	353.4	13,355.9	469.1	17,020.0	9,680.0	4,470.0	5,455.0	12,250.0	1,981.3	2,243.7	2,500.0	3,418.1

Source: Ministry of Energy, Geology and Mining

Note: *Proj.: GIPRO F/S(1985), USSR

3.2 炭鉱の現状

3.2.1 採掘システムの現状と採掘機器

(1) 採掘システム

バガヌール炭鉱の採掘システムは旧ソ連の国家プロジェクト研究所によって設計された。この採掘システムは次の3つの方式（図3.1、図3.2）で構成されている。

- 電動ショベル／鉄道
- 電動ショベル／トラック
- ドラッグライン（硬輸送なし）

バガヌール炭鉱の採掘システムでは、剥土作業はドラッグライン、電動ロープショベルおよび電気機関車等の電動式採掘機器によって行われている。石炭輸送用のダンプトラックのみが輸入されているディーゼル油を動力源としており、他の全ての採掘機器は、自国産石炭により発電された電力に依存している。

電動ショベル／鉄道システムは、先行剥土作業に利用されている。電動ショベル／トラックシステムは、石炭採掘と採掘ピットから破碎・整粒設備までの石炭輸送用として採用されていたが、現在では、電動ショベル／鉄道システムの低利用率による剥土作業の遅れのため、石炭と剥土運搬の両方に利用されている。ドラッグラインは、サイドキャスト法によってショベル／鉄道システムにより先行剥土された後の炭層の直接上盤を剥土して石炭を露出させるために利用されている。また、剥土作業の前には発破作業が行われる。これは凍結した石炭や岩盤を緩めるためのもので、特に冬季に実施される。抜水作業は、石炭採掘ベンチでの水によるトラブルを未然に避けるため、剥土掘削に先だってボーリングにて掘られた井戸を利用して、地下水を汲み上げることによって実施されている。また、石炭水分の大幅な減少のためにも、より完全な抜水作業が望まれている。切羽設計に関する基礎パラメータを表3.5に示す。

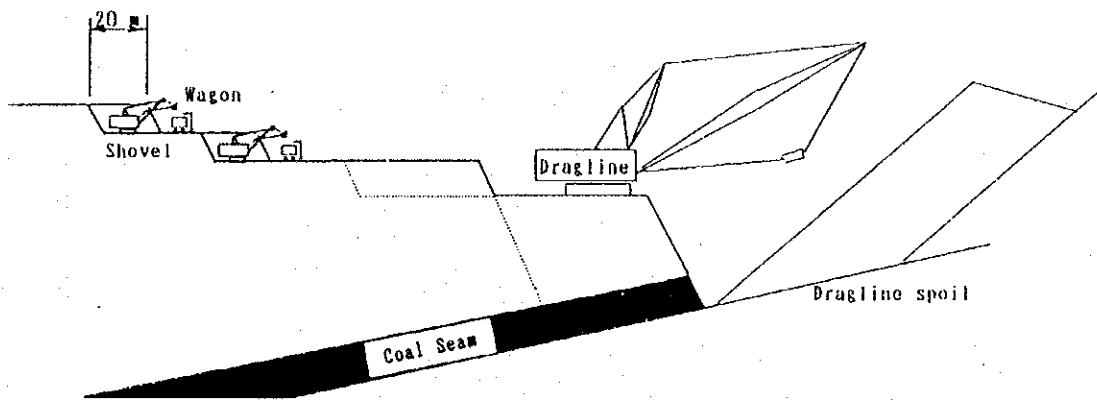


図 3.1 現採掘システム

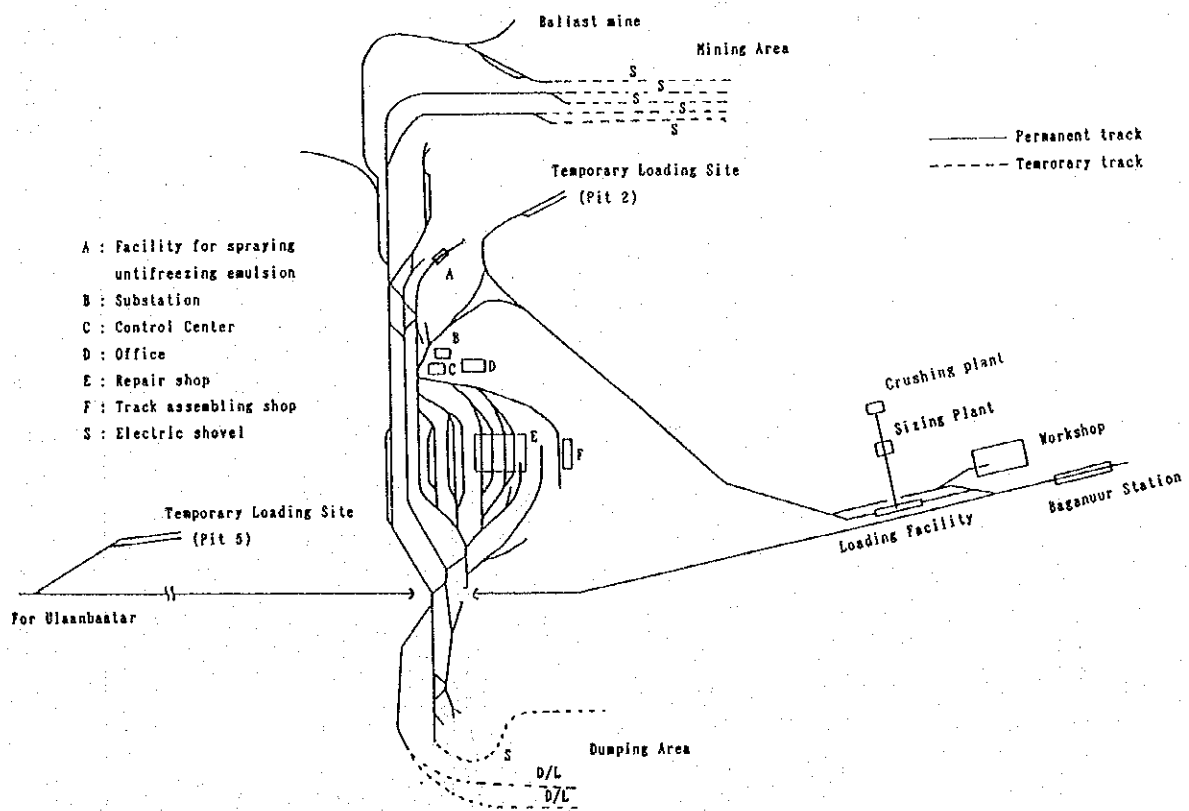


図 3.2 現鉄道システム

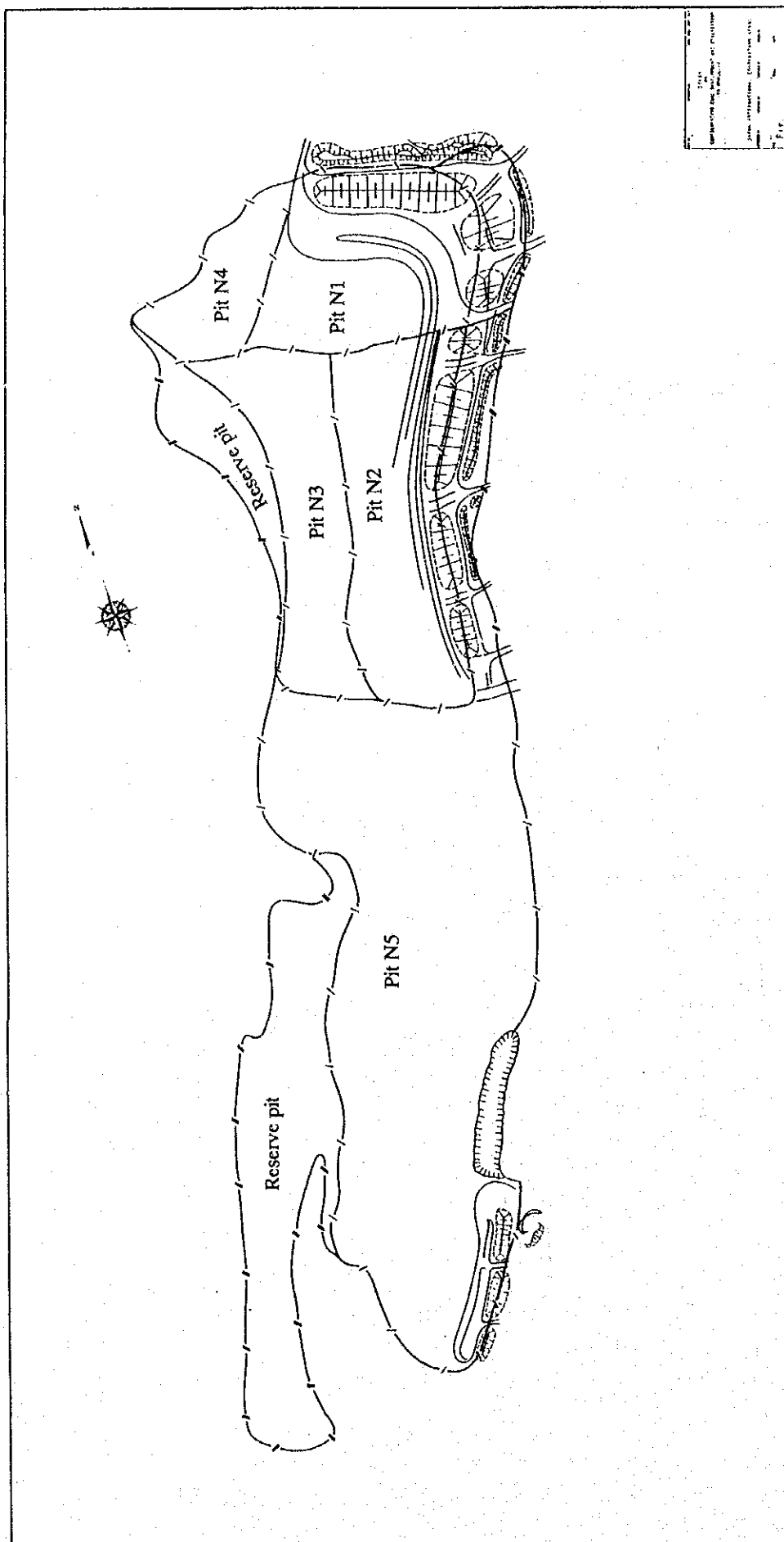


図 3.3 現概況図

表 3.5 切羽設計の基礎パラメータ

Rest angle of spoil	35 - 36 degrees
High wall	60 - 80 degrees
Pit length	800 m, 1,000 m, 1,200 m
Interval of ramp	400 m
Width of ramp	15 m
Inclination of ramp	70/1,000
Depth of pit	50 m
Specific weight	1.3 tons/m ³ (In-situ coal) 2.2 tons/m ³ (Solid rocks) 0.9 - 1.0 tons/m ³ (loose coal)
Swell factor	25 %
Rehandling	62 %
Rail transporting distance	8 km
Rail gradient	25/1,000
Coal transporting distance	4 km
Waste transporting distance by truck	3.5 km
Drilling pattern	3 x 3 - 6 m 10 - 25 m of depth
Powder factor	coal 0.15 - 0.2 kg/BCM waste 0.25 - 0.6 kg/BCM
Underground water level	1 - 24 m from surface
Dewatering well	1st row 38 2nd row 21
Rain fall	300 mm/year
Operating days	Public holidays 8 Cold weather 20 Total 337
Operating hour	3 shifts, 8 hours/shift
Annual scheduled working hours	D/L and shovel 6,363 hrs Truck 6,208 hrs Drill rig 6,386 hrs

(2) 採掘機器

採掘計画は旧ソ連国家プロジェクト研究所により作成された関係もあり、ほとんどの採掘機器はロシアから輸入されている。これらの設備は取扱い説明書類もロシア語で書かれており、また一部の機器には、取扱い説明書や部品仕様書が準備されていない。予備品もロシアからの輸入が主である。ロシア製機器の価格は現状では安価であり、欧米諸国製の機器価格の1/3な

いし1/4程度となっている。しかし、ロシアの経済体制が計画経済から市場経済への移行過程にあって、価格体系が未確定な状況にあり、今後おそらく国際価格レベルまで上昇するであろうことを考え、今後のロシア製機器の価格動向については注意深く見守る必要がある。

ロシア製機器は寒い気候条件に耐え得るよう設計されており、外貨さえ準備されていれば部品の調達に問題はない。主要採掘機器であるドラッグライン、ショベル、ドリル等は、国産エネルギー（石炭）で運転可能な電動機器であり、輸入に頼らざるをえないガソリンや軽油等石油製品を動力源とする機器は、ダンプトラック、ブルドーザー、グレーダー等の移動機器に限られている。鉱山研究所の解析では、主要機器の利用率は年々低下している。低稼働率の主たる原因は整備用部品の不足である。また、燃料・発破用火薬の不足もその原因の一つとなっている。

モンゴルにおいては機器の作業効率の分析評価は稼働率(eficiency)でのみ実施されており、機器の稼働可能率(mechanical availability)は考慮されていない。しかし、本調査においては、機器の稼働可能率と利用率(utilization)の両方を分析することとした。分析の結果、機器の稼働可能率は高いが、その利用率が低いために稼働率が低くなっていることが判明した。これは、オペレーターやワゴン等に関する作業遅れが原因である。分析に用いた稼働可能率と利用率の定義を付属資料1に示す。1994年現在使用されている主要機器を表 3.6に示す。

表3.6 主要機器リスト

	Type		Unit	Purchased
Dragline	ESH 20/90	20m ³	1	1985
	ESH 15/90	15m ³	1	1981
	ESH 10/70	10m ³	2	1980, 1989
	ESH 13/50	13m ³	3	1987, 1988, 1991
Shovel	EKG 8u	8m ³	4	1987, 1988, 1989, 1989
	EKG 5A	5m ³	5	1984, 1986, 1988, 1991, 1993
	EKG 4.6b	4.6m ³	4	1979, 1982, 1982, 1985
	EKG 4y	4m ³	2	1987, 1988
Drill	CbR 160		8	1983--1992
	SVB 2M		2	1987
Bulldozer	DE-110		4	1990
	DET-250	250 HP	6	1988--1992
	D-155	289 HP	6	1992 X 3, 1993 X 3
Dump truck	Belaz	40 ton	19	1987--1993
	Komatsu	32 ton	20	1992
Scraper			2	1989, 1992
Grader			3	1989, 1992 X 2
Electric locomotive	ONE 1A	4,000 HP	10	1987--1990
Diesel locomotive	TEM 2	1,200 HP	5	1987--1994
Wagon	ZBC-105	50m ³	106	1987--1992

各機器の稼働時間分析を付属資料-2に示す。稼働時間分析によれば、現有設備の真の処理能力は約4百万トンの石炭生産と約14.2百万BCMの剥土であると見込まれる。また、ドラッグラインの剥土能力は、浅い区域であるならば5.7百万BCMで、ショベル/鉄道システムの処理能力は年間3.6百万BCMと見込まれる。

1) 剥土用穿孔機と発破用機器

冬季(11月から5月)には表土が凍結するため、発破が必要となる。8台のロシア製穿孔機によって発破孔の穿孔を行っている。穿孔機の仕様を表3.7に示す。

表 3.7 ドリル仕様

Type	CbR 160	SVB 2M
Make	Russia	Russia
Rod length	4.2 meter spiral	1.8 meter
Hole diameter	160 mm	150 mm
Power Electric	Electric 184 kW	Electric
Drill angle	90,75 degrees	90,70 degrees
Dimension Length	7,080 mm	4,300 mm
Width	3,420 mm	2,826 mm
Hight	12,925 mm	6,030 mm
Weight	24.9 tons	9.8 tons
Penetration rate	0.05 m/sec. 35 m/hour	0.16 m/sec 136 m/hour
Designed capacity	20,000 m/year approx.	50,000 m/year approx.
Age	10, 6, 6, 5, 5, 4, 3, 2	6, 6
Operation record (1992)		
Availability	50%	n.a
Utilization	56%	n.a
Efficiency	28%	n.a

走行方式はクローラータイプであり、集塵装置は搭載されていない。稼働時間分析の結果、穿孔機の稼働可能率は、整備に時間がかかるため50%前後と低い値になっている。利用率は、夏期に使用されないため60%以下となっている。従って、総合的な稼働率は30%以下となる。

ANFOの運搬・装填にはANFOトラックが使用されている。

2) ドラッグライン

バガヌール炭鉱では、7台のドラッグラインが配置されている。うち5台のドラッグラインが剥土作業を、2台の小型ドラッグラインが剥土捨土場で捨土処理ために使用されている。ドラッグラインは全てロシア製である。仕様、用途および稼働状況を表3.8に示す。

20/90と15/90の基本的構造は同一であるが、バケットの大きさと出力が異なっている。交流モーターで直流発電機を運転し直流モーターで運転する方法は、諸外国のドラッグラインと同様であるが、歩行用のシューを油圧で操作する方法がとられており、構造が複雑になっている。

13/50のドラッグラインのバケット容量は小さくブームが短い、大型に比べて巡回速度が早いので処理能力は比較的大きい。このドラッグラインは、ブームが短いので剥土用には不向きであるが、鉄道システムにおける捨土処理には有効である。一般にバケット内のいつきが多く、バケット効率は低い。

表3.8 ドラッグライン仕様

Type	ESH 20/90	ESH 15/90	ESH 10/70	ESH 13/50
Make	Russia	Russia	Russia	Russia
Boom length	90	90	70	50
Boom angle (degree)	32	32	32	35
Operating radius (m)	83	83	66.5	46.5
Max. dumping height (m)	38.5	39.5	27.5	20.5
Max. Digging depth (m)	42.5	42.5	35.0	21.0
Bucket capacity	20	15	10	13
Rated power (kW)	2,500	2,100	1,380	1,380
Cycle time (sec.)	63	63	55	39
Capacity (1000 BCM/y)	3,800	3,200	2,300	3,000
unit	1	1	2	3
age	8	12	13,4	6,4,2
Allocation				
Overburden removal	1	1	2	1
Waste dump				2
Operation record (1992, %)				
Availability	78	81	84,74	90,90,85
Utilization	79	89	94,93	68,57,63
Efficiency	62	72	78,68	61,51,53
Operation record (1993, %)				
Availabilty	29	87	68,76	81,71,83
Utilization	93	94	93,94	72,69,97
Efficiency	27	82	63,71	58,49,80
Reasons of low efficiency (1992-1993)				
Mechanical break down	40%	25%	20%	
Due to blasting delay			27%	
Delay of overburden removal	800	300	800	
(1,000BCM)				

1993年に 20/90のドラッグラインは長期の稼働停止を余儀なくされた。整備マニュアルの不備と部品の不足から6か月間運転ができなかった。ドラッグラインのような大型採掘機器は、現場組立が一般的である。バガヌール炭鉱においても、機器は鉄道輸送され現地で組み立てるという方法が取られている。旧ソ連からの鉄道輸送には、大きさと重さに制限があり、大型ドラッグラインの場合100以上の貨車で運搬された。

3) 剥土用ショベル

剥土作業におけるワゴンやトラックへの積込みに電動ロープショベルが使用されている。バガヌール炭鉱では、4機種15台のショベルが配置されている。仕様および配置状況を表3.9に示す。年間処理量はショベル単体での処理量であり、ワゴンやトラックと組み合わせて待ち時間がでた場合は、より小さな数字となる。

表 3.9 電動ショベル仕様

Type	EKG 8u	EKG 5A	EKG 4.6b	EKG 4y
Make	Russia	Russia	Russia	Russia
Boom length (m)	13.3	11.4	10.5	20.6
Max. dumping height (m)	8.6	7.5	6.4	17.5
Bucket capacity (m ³)	8.0	5.0	4.6	4.0
Operating radius (m)	15.6	11.8	10.0	22.0
Rated power (kW)	630	250	250	520
cycle time (sec.)	26	25	23	30
Capacity (1000BCM/y)	2,900	2,000	2,000	1,300
unit	4	5	4	2
age	3, 4, 5, 6	0, 2, 5, 7, 9	8, 11, 11, 14	5, 6
Allocation				
Overburden				
Wagon loading	3			2
D/T loading		1		
Waste dump	1			
Coal				
D/T loading		4	1	
Wagon loading			3	
Total	4	5	4	2
	1992		1993	
Operation record(%)	All shovels	Rail system	All shovels	Rail system
Availability	81	79	77	71
Utilization	71	66	78	79
Efficiency	58	52	60	56
Reasons of stoppage (%)				
Spare parts	6	13	27	49
Break down	28	21	23	14

EKG 8uはバガヌール炭鉱で最も処理能力の大きいショベルで、主に鉄道システム用であるが、40トダンプトラックへの積込みにも使用されている。

EKG 4yも鉄道システムに使用され、長いブームが特徴である。ブームの長さを生かして鉄道積込みにおいて能力を発揮する。低い位置から上部ベンチのワゴンへの積込みが可能であり、回転半径が大きいのでピット幅を大きくとれる。一方、バケットが小さく旋回速度も遅いため処理能力は小さい。出力は8m³ショベルとほぼ同じである。それ故に、今後の剥土計画を考慮すると追加購入の必要はない。

EKG 5Aはモンゴルで最もよく使われているショベルであり、バガヌール炭鉱では主に石炭採掘に使用されている。40トダンプトラックとの組み合わせが非常によい。バケット容量10m³の大型ショベルEKG 10が1990年に1台導入されたが、これまで使用されていない。しかし、山元の管理者は、1994年よりこのショベルを使用する意向である。稼働時間分析の結果によると、故障や予備品不足のために稼働可能率は低い。また、現有ショベルでは、はさみの除去を行うことは難しいと思われる。

4) 鉄道システム

鉄道システムは先行剥土の運搬に利用されている。同システムは1987年に導入された。導入当時の計画においては、軌道の固定部分は電動で、移動部分はディーゼルで動く方式のハイブリット機関車が導入される予定であった。しかし、当時この種の機関車のための輸出許可が出ておらず、電動機関車が導入された。このためにトロリー移設作業という余分な作業が発生している。

機関車・ワゴン貨車の仕様を表3.10に示す。

表 3.10 機関車・ワゴン仕様

Type	Locomotive		Wagon
	ONE1A	TEM2	ZCB-105
Make	Dnepretrovsk Russia	Briansk Russia	Zelengur Poland
Weight (ton)	372	125	105
Power (HP)	4,000	1,200	-
Power source	Electric	Diesel	-
Capacity	-	-	50m ³ (40 BCM)
Unit	10	5	106
Utilized	6	5	72

1編成は1台の機関車と12台のワゴンで編成され、1回の運搬能力は480BCMである。1サイクル当たりの時間は、夏季では短い、冬季では剥土をダンプ後、ワゴンを清掃し不凍液を散布する余分な作業が必要となるため長くなる。ディーゼル機関車には補助動力が必要であ

る。すなわち、牽引力を増すためにワゴンにモーターを取り付けたサイドダンプ型のモーターワゴンを機関車と連結し、急勾配の箇所で使用している。

1994年5月1日現在、軌道の総延長約32kmのうち27.5kmが使用されており、13kmが固定部分で14.5kmが移動部分である。1993年には10,480mが移設され、1994年には8,500mの移設が計画されている。軌道幅は1,524 mmの広軌で、65kg/mないし50kg/mの物が使用され、レール1本の長さは12.5mである。

通常、1台のショベルに2編成のワゴンが配備されている。計画では、剥土作業は4台のショベルと8編成のワゴンで構成されていたが、ショベルの低稼働可能率のため、稼働しているのは2ないし3台である。指令所、機関車間等の通信は無線で行われている。ポイント操作は指令室からの遠隔操作で行われている。機関車の稼働可能率はそう低くないが、ショベルの低稼働可能率のため利用率は低くなっている。機関車の整備では、取り替え部品の欠品が大きな問題となっている。

軌道の最大勾配の計画値は25/1,000である。このことは、鉄道運搬システムでは深部の剥土が出来ないことを意味する。この深部での剥土運搬が可能な方式の一つとしてトラック/ショベル方式があり、また、他の方法としてはコンベヤシステムがある。このコンベヤシステムでは、一本のベルトコンベヤで深部より上部へ剥土を運び上げ、ワゴンへ積込む方式である。

採掘現場で表土を積載したワゴンは、機関車で捨土場へ牽引される。各ワゴンの両側は、各3本ずつのエアシリンダーを備え、荷台を傾斜させ横方向に排土するサイドダンプ方式である。圧縮空気は機関車から供給される。小型ドラッグライン(13/50)2台と8m³ショベル1台が、ワゴンからダンプした表土をダブルハンドリングによって遠方に処理するために配置されている。F/Sでは、捨土処理をショベルではなくドラッグラインで行うこととなっていた。鉄道輸送のサイクルタイムは、夏季に約171分、冬季に約230分である。運搬指令所近くに操車場、整備工場等がある。整備工場では、日常の点検と整備が行われ、枕木作製は所内の製材所で行われている。

5) 剥土運搬用ダンプトラック

ダンプトラックの当初の使用目的は石炭運搬であったが、現状では剥土作業の遅れを取り戻す目的で剥土の運搬にも使用されている。Pit 1、Pit 2、Pit 3の剥土作業の一部はトラック/ショベルで行われている。剥土と石炭の運搬用として、ロシア製のBelaz-548とコマツHD-325-5の2種類のダンプトラックが使用されている。仕様を表3.11に示す。

ダンプトラックの稼働可能率は、故障と交換部品の不足のため低いが、利用率は高い。厳しい自然条件と程度の低い整備のために、ロシア製のダンプトラックの寿命は約2.5年である。ロシア製ダンプトラックは基本的に耐寒性能に優れている。コマツ製ダンプトラックは、各種装置用の暖房装置の取り付けや電気系統の強化などの寒冷地仕様が施されている。

大型機器が輸入される時は、いくつかの部分に分け輸送される。旧ソ連からの輸送の方が、

中国からの輸送よりも細かく分解する必要がない。中国からの輸送の場合、トンネルがあるため荷物のサイズに限界がある。また、ロシアとモンゴルは軌道ゲージが同じであるが、中国とは軌道ゲージが異なり、これが輸送の際の問題でもある。過去の例を挙げると、ロシア製ダンプトラックの場合は、荷台とタイヤだけを取り外して輸送されたが、コマツ製ダンプトラックの場合は、6つに分けて輸送され山元での組立作業に手間取った。荷台については、3つに分けて輸送され山元での溶接が必要であった。

表 3.11 ダンプトラック仕様

Type	Belaz-548	HD-325-5
Make	Russia	Komatsu
Capacity	40 ton	32 ton
	18 m ³	18 m ³
Weight	29 ton	27.2 ton
Power	500 HP	463 HP
No. of unit	19	20
Operation record(1992)		
Availability(%)	74	81
Utilization(%)	88	85
Efficiency(%)	66	69
Operation record(1993)		
Availability(%)	57	81
Utilization(%)	64	69
Efficiency(%)	36	56

操業費は計算されていないが、1994年でのコマツ製ダンプトラックの価格は、ロシア製ダンプトラックの約4倍である。ロシア製ダンプトラックの寿命は、厳しい操業条件と整備不良のため約2.5年である。コマツ製ダンプトラックについては、導入後2年しか経過していないためモンゴルでの寿命はまだ判断できない。数台のコマツ製ダンプトラックは使用されていなかったが、これはタイヤの入荷待ちが原因であった。また、稼働時間分析の結果、稼働可能率は1992年が77%、1993年が70%であり、利用率は1992年が87%、1993年が67%であった。従業員不足による停止時間が、1992年の7,000時間に対し、1993年は23,000時間以上に及んでいることも明らかになった。

6) 炭層用穿孔機

冬季には石炭層の発破が必要となる。穿孔機の仕様は剥土用と同じであるが、穿孔速度は剥土用よりも速い。

7) 石炭採掘用ショベル

石炭採掘用にはEKG 5AないしEKG 4.6bの電動ロープショベルが使用されている。5回で40トンドンプトラックに積込みができ、年間の採掘能力は約1.5百万トである。剥土作業が遅れているため、石炭採掘現場が限られている。従って、利用率は比較的低めである。

8) 石炭運搬用ダンプトラック

石炭の運搬には剥土運搬用ダンプトラック(Belaz 40)が兼用されている。40トの輸送が可能であるが、ベッセルのサイズが剥土用に設計されているので、石炭では20トン程度の輸送しかできず、燃料効率が低くなる。従って、1編成の石炭専用運搬トラックと剥土運搬用のダンプトラックを追加導入することが望ましい。

9) その他採掘機械

ブルドーザー

プッシュ・ドーピングは、効率的な剥土作業の一つである。通常、ドラッグラインのような大型機器はブルドーザーによってサポートされている。ブルドーザーは、採掘機器のために作業場の清掃作業と押土作業等を受け持つ。この補助的作業によってドラッグラインの生産性が向上し、リハンドル量が減少する。ブルドーザーを追加導入することは採掘機器の作業効率の向上に繋がる。

Type	DE-110	DET-250	D-155
Make	Russia	Russia	Komatsu
Power (HP)	-	250	289
Weight (ton)	16.5	31.5	33.0
Unit	4	6	6
Purchased	1990	1988--1992	1992 x 3, 1993 x 3

フロントエンドローダー

石炭採掘現場のフロアーの清掃は十分に行われておらず、また、ショベルではさみやずり等を分けるのは無理である。従って、フロントエンドローダーの導入を勧める。

グレーダー

運搬道路の状態を良くすることは、ダンプトラック輸送において重要なことである。整備された運搬用道路では、トラックは早く走ることができ、燃費もよくなる。また、ダンプトラックから落ちた角のとがった塊炭によるタイヤの損傷も少なくなる。

散水車

所内はほぼ平坦な地形であり風が強い。粉塵は、例えば、ダンプトラックが早くかつ安全に走れないなどの作業の妨げになるため、粉塵発生を抑制しなければならない。また、酸化珪素は労働者の健康を害する。従って、粉塵を防止するために散水車が必要になる。また、アスファルトで舗装するのも一つの方法である。

3.2.2 地表設備

(1) 整備工場

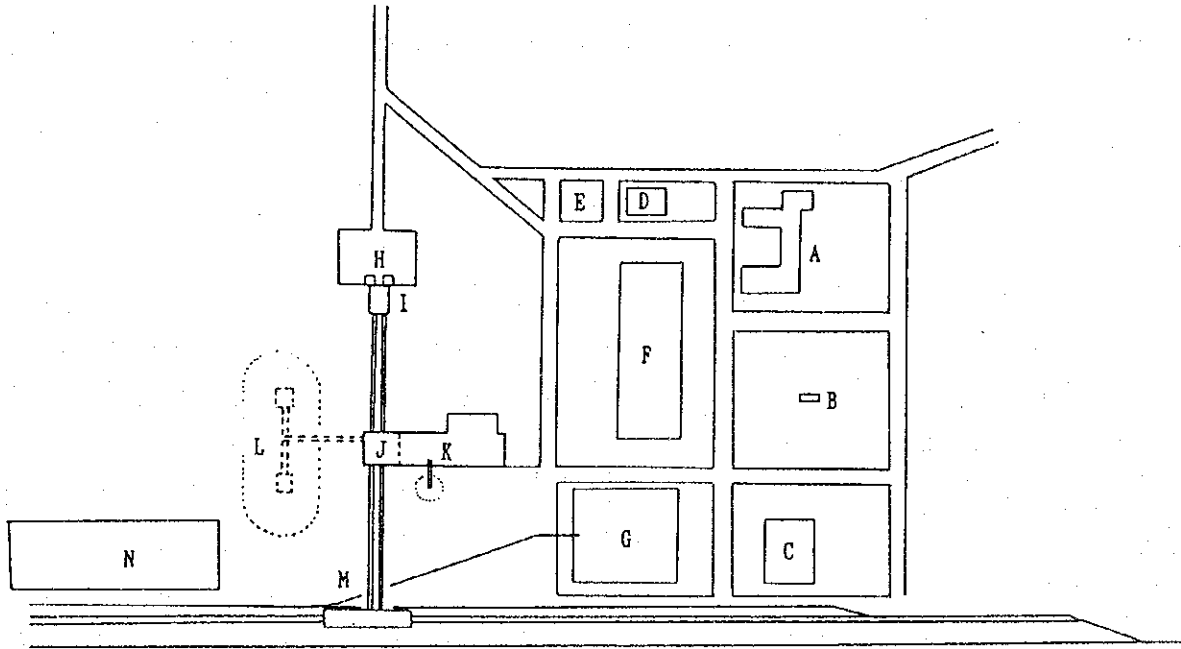
ドラッグラインや電動ショベル等一部の大型機器は、現場でメンテナンス・修理が行われ、その他の機器類の整備は主に整備工場で行われている。バガヌール炭鉱にはロシア人により設計された整備工場がある。整備工場は機器別に分かれており、トラック類整備工場、ショベル・ブルドーザー整備工場、機関車・ワゴン整備工場、電気機器類整備工場がある。操車場近くに鉄道用の簡易点検整備設備がある。操業は1方8時間、2方操業である。整備は整備基準に基づいて実施されている。部品等の定期取り替えも取り替え基準に基づいて行われる。しかしながら、部品不足により部品の定期取り替えができないこともある。ドラッグラインの寿命は12年以上、ショベルは10年以上である。

1) トラック類修理工場

修理工場棟には小型車整備工場、一般車両整備工場、コマツダンプ整備工場、ロシアダンプ整備工場、ブルドーザー整備工場、エンジン整備工場、木工工場、タイヤショップ、パーツ倉庫等が配置されている。

各工場で機器の点検・整備が行われる他、ガレージではオペレーターの配役が行われている。ガレージ脇に燃料補給施設がある。軽油タンクの容量は350ℓ、ガソリンタンクの容量は20ℓである。敷地内に洗車設備があり、点検前に洗車が行われる。

ガレージでは点検ピット、天井クレーンがあり、タイヤ交換・オイル交換等の日常整備が行われている。整備工場ではエンジン、トランスミッション等の修理も行われている。



- A : Mine office
- B : Water supply system
- C : Warehouse
- D : Substation
- E : Gas station
- F : Workshop(mobile equipment)
- G : Workshop(shovel, railway)
- H : Coal hoppers
- I : Crushing plant
- J : Sizing plant
- K : Hot water supply system
- L : Coal stock facility
- N : Equipment erection yard
- M : Coal loading facility

図 3.4 地表設備配置図

2) 重機整備工場

ドラッグラインやショベルの日常点検は現場で行われている。溶接工場では、ドラッグラインやショベルのバケットの溶接が行われている。重機1台当たり2～3のバケットが保有されており、交代で整備が行われている。

3) 鉄道整備工場

機関車・ワゴン修理工場には軌道が引き込まれており、採掘現場から直接入り込むことが可能である。工場内には点検ピット、天井クレーン、溶接設備、油圧プレス等の他、車輪のバルンサーが有る。12台のワゴンと1台の機関車を同時に整備できるスペースを有する。月当たりの平均修理ワゴン数は20台程度である。

4) 電気修理工場

モーター修理工場、電気品修理工場、ケーブル修理工場が配置されている。モーター修理工場には、乾燥器、バルンサー等がある。モーターの巻き線替えは行われていない。絶縁材等の補修用パーツの不足が深刻である。工場には十分な整備用機械や器具が整っていない。以下の設備が望まれる。

- 鉄屑処理用溶鉱炉
- 金属成分分析装置
- 熱処理炉
- インダクション・ヒーター（ベアリング予熱等に使用）
- 縦型切断機
- 歯車切削機
- 鉄道車輪研削機
- 冷間圧延機
- メッキ装置
- スポット溶接装置
- 電動研削盤
- ガス切断機

修理および整備用の機器や器具および熟練工が、機械の稼働可能時間向上のために必要である。

修理・整備センターの建設を検討しなければならない。このセンターはエネルギー・地質・鉱業省が管理し、センターの内容として以下をあげる。

- 重機関係の技術者と熟練工の育成
- 重大な故障が発生した際の修理専門技術者の派遣
- 共通部品の発注と保管
- 修理・整備用機器の確保と使用方法

石炭鉱山だけでなく金属鉱山でも、この修理・整備センターは有効に使われるであろう。このセンターについては、マスタープランで詳しく述べる。

(2) 資材倉庫

安定した操業のため部品の供給は重要である。機械の稼働可能率向上のため、パーツを適正レベルで保有する必要がある。資材倉庫は8,391のアイテムを保管している。コンピューターで数量と品名について入荷・払い出し・在庫をチェックしているが、コンピューターによる管理を開始したばかりで、購入時期と購入数量はまだ完全にコンピューターで管理されていない。予備品不足の一番の原因は、購入資金不足である。部品調達は消費量・納期を考えて3つのカテゴリーに分けられている。

資材倉庫は油倉庫、小型部品倉庫、大型部品倉庫の3室に分かれている。しかし、一部の潤滑油、大きな部品、例えばケーブル、ワイヤーは屋外で保管されている。以下のものが不足している。

- ドラッグラインとショベル用モーター
- ドラッグライン用オイルヒーター
- ショベル用ワイヤロープ
- ベルトコンベヤ用ローラー
- 機関車用空気圧縮機
- ダンプワゴン用エアシリンダー

モンゴルの炭鉱ではほとんど同じ機器が使用されているので、修理・整備センターで共通部品を保管することを推奨する。そうすれば、センターから遅延なく予備品を供給でき、山元では予備品の在庫量を少なくできデリバリー時間も短くなる。その結果、機械の稼働可能率が向上され生産も増加する。

(3) 貯炭設備

バガヌール炭鉱建設当時、サイジング設備と鉄道積込み設備の間に、貯炭設備を建設予定であったが、建設中に電気系統から火災が発生し建設が中止された。鉄道積込み棟の中に貯炭ボ

ケットがあり、少量の貯炭が行われている。積込み系統に故障が発生した場合、サイジング設備の運転が不可能となる。サイジング系統に故障が発生した場合は、簡易積込み設備があるので出荷に支障はないが、サイジングを行った製品炭の出荷が行えない。自然発火防止と安定出荷対策を施した貯炭設備の利用が望まれる。

(4) サイジング・積込み設備

採炭された石炭のほとんどが、破碎設備のあるポッパーに運ばれる。容量 100トンのホッパーが2基あり、両側から2台のリヤダンプトラックが排炭可能となっている。石炭はホッパーの底から引き出され、破碎機に投入される。2台の破碎機的能力は1時間当たり550~900トンであり、年間3百万トンの処理能力となっているが、実績は2.6百万トンである。破碎された石炭は整粒機へベルトコンベヤで運ばれ、振動篩機を通った一部の石炭は、熱水供給ボイラーに供給される。その他の石炭は、積込み設備の貯炭ポケットへ運ばれる。石炭サイズは0-50mm、0-300mmなどである。製品炭中の金属はマグネットキャッチャーと人力によって取り除かれる。山元では出荷量の計測はされていない。破碎設備から離れているピット5では、経済的理由により直接貨車に積込まれている。また、ピット2の付近には臨時の積込み場があり、ショベルによって直接貨車に積込まれている。これらの場合、品質管理は出来なく、大塊がそのまま積込まれている。1992年は製品炭の38%が破碎設備を通らずに出荷された。サイズ問題を解決するために、ピット5とピット2に小型の破碎機を導入する必要がある。

(5) 配電設備

バガヌール市および炭鉱で使用される電力は、ウランバートルの発電所から高圧送電線によりバガヌールの変電所に送電されている。炭鉱へは、この変電所から、炭鉱の変電所に送電されている。容量110/6KVの変電所2カ所と110/10KVの変電所1カ所があり、各機器へ配電されている。ドラッグラインとショベルは6,000Vで運転、ドリルとポンプ関係は400Vで運転されている。周波数は50Hzである。3つの変電所の合計容量は60千KVAで、リノベーション計画においても十分である。しかし、一部の採掘機器は変電所から離れているため、電圧降下の問題に直面している。これは35/6KV、容量6,300KVA程度の移動式変電設備を導入することにより解決可能である。1993年の電力予算は、45百万kWhで、電力料金は13.2Tg./kWhと予算計上している。F/Sにおける電力計画は年産600万トン体制で130百万kWhとなっている。最低限の生産を維持するために非常時用として自家発電機が必要である。

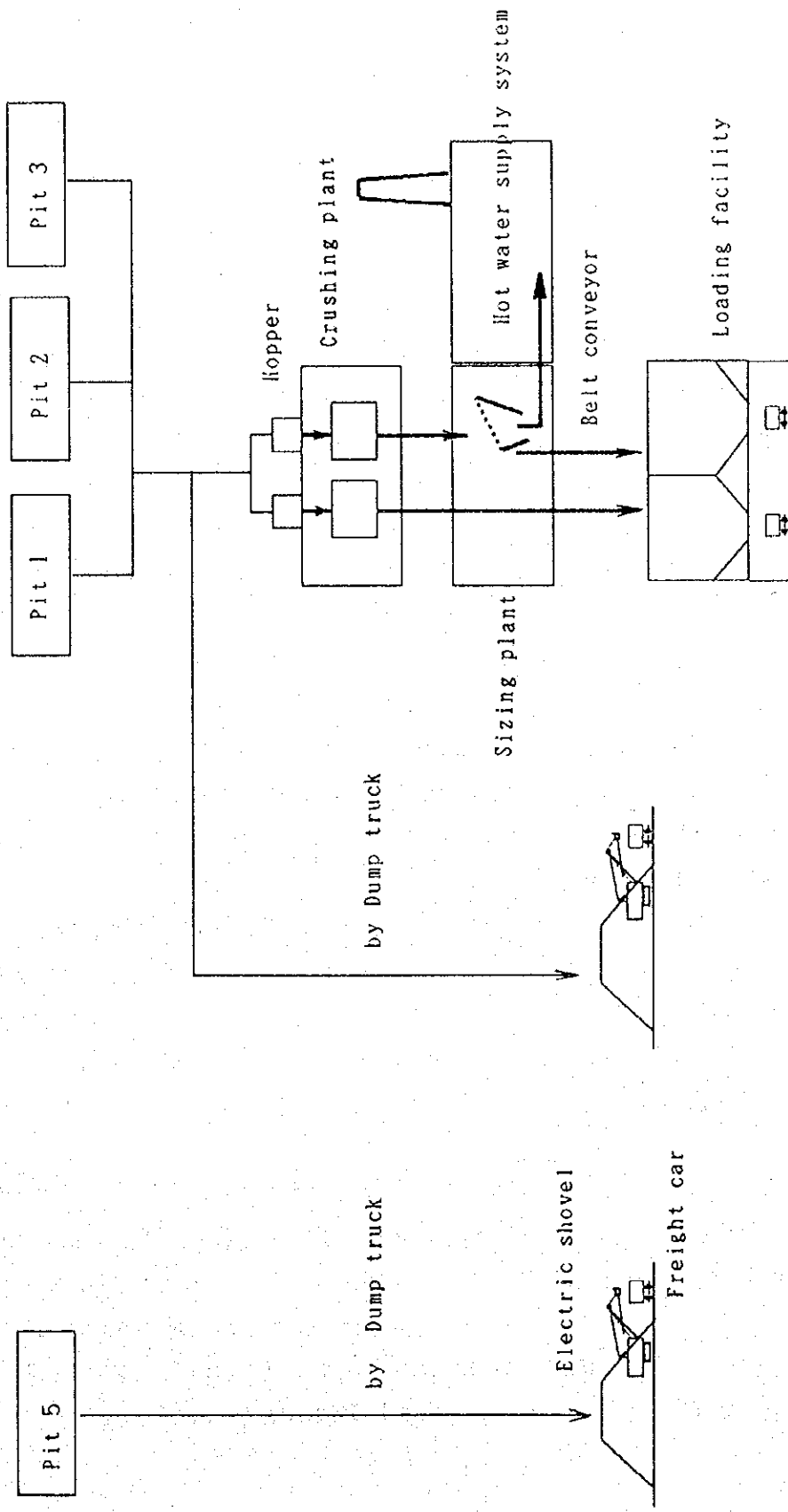
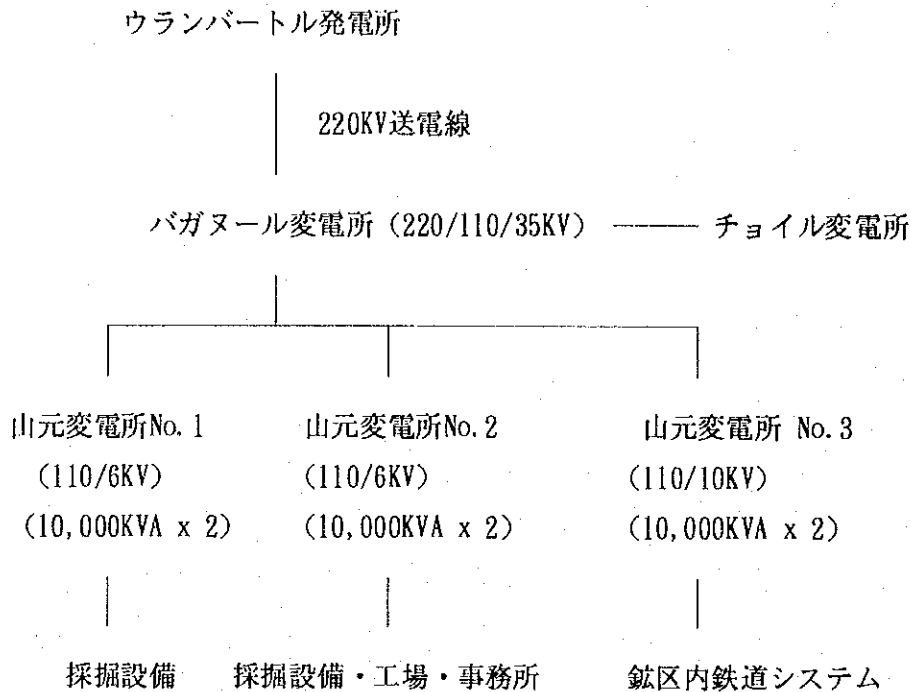


図 3.5 石炭のフローチャート



(6) 通信

炭鉦とバガヌール市の通信には、内線電話が利用されている。炭鉦事務所に600回線の自動交換機が設置されているが、400回線が利用されているのみで余裕がある。しかし、市街通話回線とは3回線が繋がっているにすぎない。4周波数の無線システムが剥土作業、石炭採掘、管理部門と鉄道システムに利用されている。

通信システムの故障と低出力が問題となっている。特に、スポイルの裏側、ピット内部では交信状態が悪い。また、コマツ製ダンプトラックには無線がない。国際電話回線は回線数に限界があるが使用可能である。

(7) 給水設備・熱水供給設備

飲料水は約9km離れたヘルレン川近傍の井戸から取水される。井戸から揚水された水は塩素にて消毒された後、バガヌール炭鉦の地下貯水槽まで送水される。地下貯水槽脇にポンプ・ステーションがあり、鉄道積込み棟脇のタンクを経由して炭鉦内へ供給されている。ポンプは3交代で運転管理されている。また、露天採掘区域から抜水された地下水は、工業用水として使用されている。ボイラーは1982年、1988年に各1系統が建設された。燃料にはサイジング設備の網下の粉炭を使用している。今後、熱水需要の増加が見込まれるので、システムの拡張が必要である。

(8) 抜水設備

地下水は剥土作業の前に抜水する必要がある。抜水は抜水用井戸から水中ポンプを使用して行われている。年間降水量は約260mm、最大降水量は夏期の約60mmである。第1系列には23本の井戸があり、第2系列には33本（1994年に16本、1995年に17本）が予定されている。合計17の水中ポンプが稼働しており、抜水された地下水はパイプラインによって1,000m³の地下バックに集水される。凍結防止のためパイプラインは覆土されている。また、抜水された水の鉄分含有量の低減のため、水処理設備がある。ポンプ座には3台の320kW×800m³/時のポンプが設置されており、1台が運転され残りの2台は予備および整備中となっている。抜水された水の半分が、工業用水として利用され、熱水供給システムあるいは他の工業用水として送られている。残りの半分は、ヘルレン川へ放流される。

井戸からの排水は夏期・冬期を通して行われている。排水量は800-1200m³/時、年間排水量5-11百万m³である。合計17の水中ポンプがあり、その能力は21.6、28.8と36.0m³/時である。井戸の深さは70-180mで、ケーシングパイプの口径は上部が530mm、最底部で200-275mmである。

抜水された水の鉄分含有量が高いため、ヘルレン川へ直接放流することは禁じられている。また、山元での地下水の抜水は、自然湖であるバガグン湖に悪効果を与え、抜水量が増加すれば湖水面が下がる可能性がある。

3.2.3 生産実績

1989年から1993年の5年間の剥土計画量は65.53百万BCMであったが、実績では62%の40.91百万BCMにとどまった。表3.3に1978年の生産開始以降の生産実績を示す。ピット5は1978年に生産を開始したが、旧ソ連のF/Sではそのような早期開発を計画していなかった。しかしながら、モンゴルの石炭需要が増加したため、ピット1から一部の採掘設備をピット5へシフトして開発されたのである。

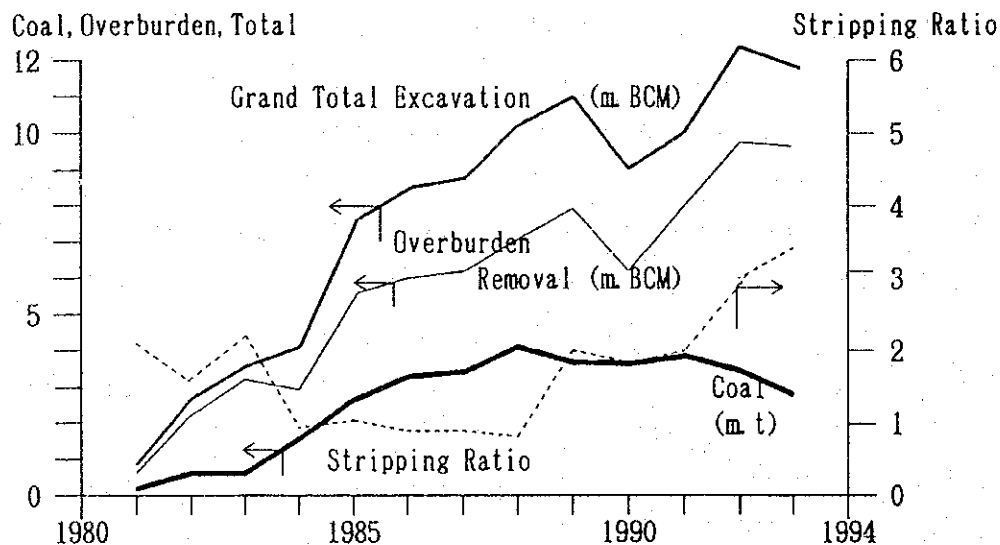


図 3.6 生産実績推移

3.2.4 組織と人員

バガヌール炭鉱の組織は、図3.7「組織図」に示すように6の部と26の課で構成されている。1993年11月時点での総人員は、病院と排水関係者を含めて1,733人であった。生産部が847人、一般機械技術部が280人で、生産活動に直接関与する部門の人員は1,513人であった。しかしながら、鉄道部の386人は生産部の847人と比べて過剰であるように思われる。この過剰人員は鉄道システムに起因するもので、剥土に必要な軌道布設・撤去・移設に係る労働集中型の作業によるものである。

管理および生産部門の管理者の数と技術レベルは適正であると思われるが、生産部門での現場監督技術者の不足と機械、電気、整備の部門における熟練特殊技術者の不足が認められる。バガヌール炭鉱に設備されている採掘システムは、技術的には高いレベルであるため、採掘設備の稼働に関する知識と技能は、効果的かつ能率的な採掘をする上で非常に重要である。従って、山元において従業員の教育と訓練に関する下記のような努力がなされてきた。

- 機関車と掘削機の運転手の訓練
- 交通警察による車両の運転技術テスト
- 有資格技術者による機械に関するトレーニング
- 炭鉱の奨学制度によるモンゴル総合大学での技術コースへの派遣

採掘機器に割り当てられているオペレーターの未熟の問題以外に、機器の運転停止は、データによれば欠勤にもよることがわかっている。このことは、オペレーター自身の仕事の重要性に関

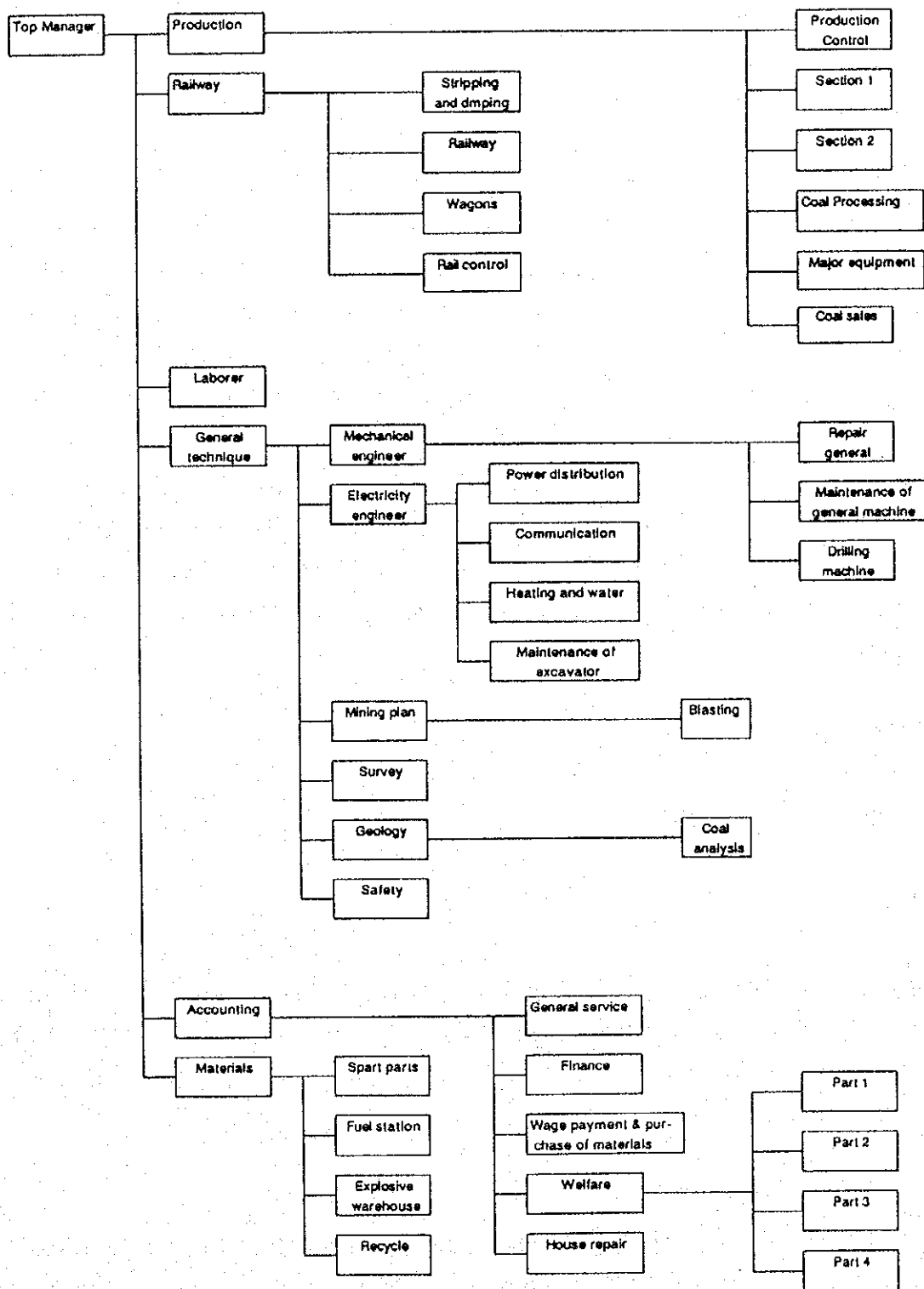


图 3.7 組織図

する自覚の不足を示していると思われる。採掘設備の運転効率に関しては、ある程度まで関係者の働く意欲の養成によって改善することが出来よう。

バガヌール炭鉱の組織と機能に関して問題となっている点は、品質の調整、予備品の調達および採掘機器の整備に関する管理体制である。品質管理での問題点については、マスタープランにて検討されるが、生産作業を調整するために新しく独立した部門を設けることを勧める。この部門では、地下水の排水計画、採掘区域からの排水、探査ボーリング（酸化炭の調査）を基とする採掘区域の決定、採掘順序の選定、原炭の破碎と整粒、混炭、製品炭の天日乾燥と出荷計画等を管理し品質の安定化を図ることを行う。また、定期的なミーティングを持ち、生産部門とウランバートルの発電所に送られた石炭の品質や契約品位をクリアするために取る処置について意見交換することが望ましい。この部門の最も重要な機能は、契約品位をクリアする安定した製品を常に供給できるようにすることである。

予備品の調達と採掘機器の整備については、従業員を教育および訓練するトレーニングセンターの設立が望まれる。予備品の調達では、最低在庫になったとき自動的に消耗品を発注するコンピュータソフトを導入する必要がある。整備に関しては、採掘機器の状態に合わせて事前に整備を行うシステムの導入が必要である。詳しくは、マスタープラン7節のトレーニングセンターにて述べている。

3.3 現在の問題点

3.3.1 採掘システムと採掘機器

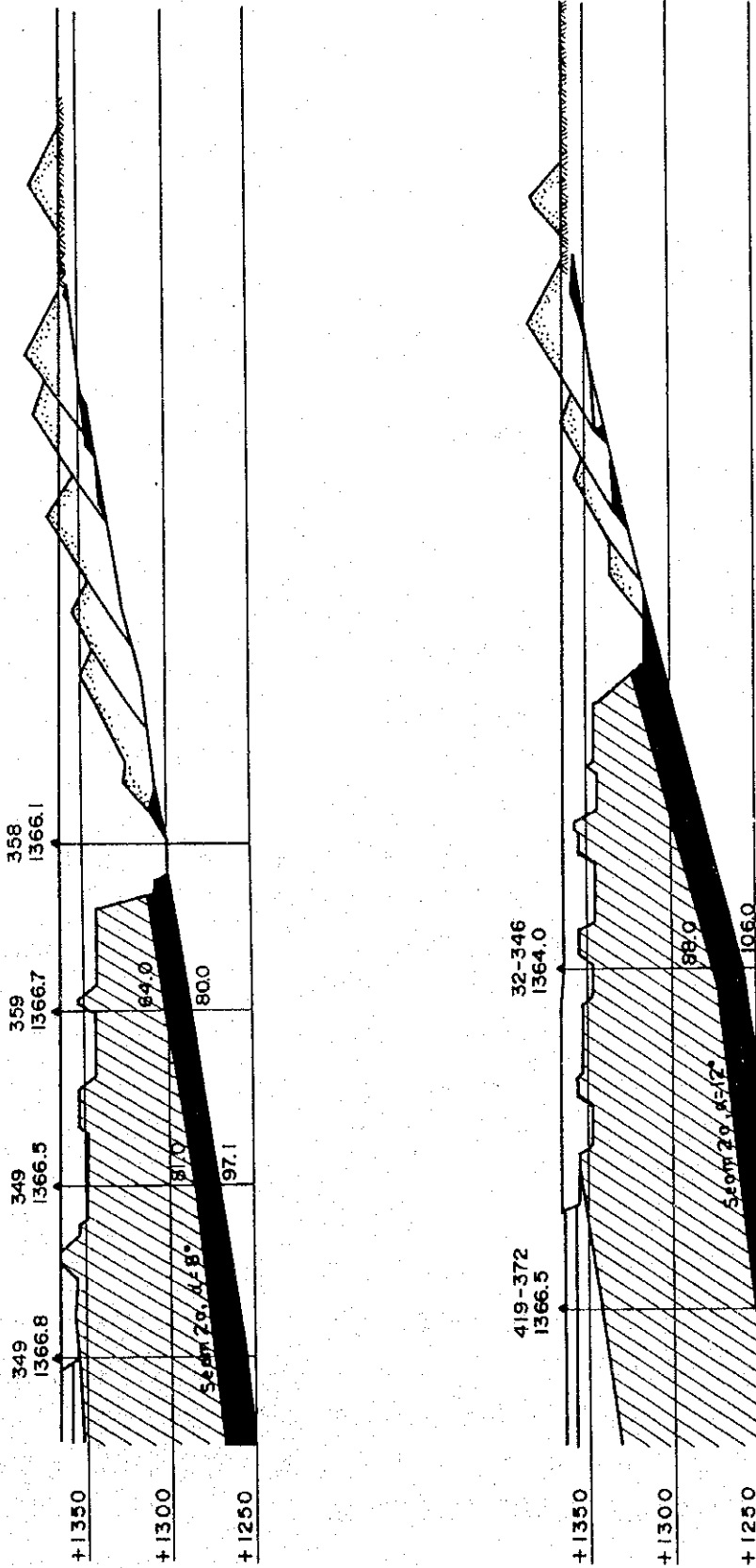
(1) 採掘システム

表3.4に示す剥土の実績を見ると、剥土量は1992年および1993年においてほぼ10百万BCMあったが、計画ではおのおの15百万BCMおよび17百万BCMであった。したがって、ピット別の実績と剥土の方法の検討（特にピット2が重要であるが）によって、次のような問題を明らかにしなければならない。

1) 剥土システムの問題点

生産実績を分析すると、計画と実績との間にはそれらの剥土量において食い違いがあり、このため年産で約2百万トンの落ち込みを生じている。この石炭生産減少の主要な原因は先行剥土の遅れであり、また、鉄道システムによる剥土輸送に関係した諸問題である。

剥土遅れに関しては、図3.8に図解されている。現在、ショベル/鉄道システムによる先行剥土が、ドラッグラインの剥土速度に付いていけない状態である。そのうえ、ショベル/鉄道



S = 1 : 4,000

図 3.8 剥土作業の問題点 (剥土遅れの現状)

システムによって剥土されなかった一連の残土が残っている。ドラッグラインは、地面が平らでないため、これらの残土がショベル／トラックシステムで剥土されるまで作業に入れない。本来、ショベル／トラックシステムは、ドラッグラインに適したベンチ高さまで低くするために利用されるべきであるが、現在ではショベル／鉄道システムによる剥土遅れのため、残る残土の処理に従事している。従って、ドラッグラインは、適正なベンチ高さより高いベンチでの剥土作業を強いられている。結果として、ドラッグラインによる剥土のリハンドリング量は、経済的な割合を超えて増加している。石炭層を露出するためにドラッグラインにより2回、3回と剥土を動かす必要がある。なぜなら、ショベル／鉄道とショベル／トラックによる剥土作業が遅れているからである。これらの事情は、過去に石炭生産量が減少している主要な要因である。

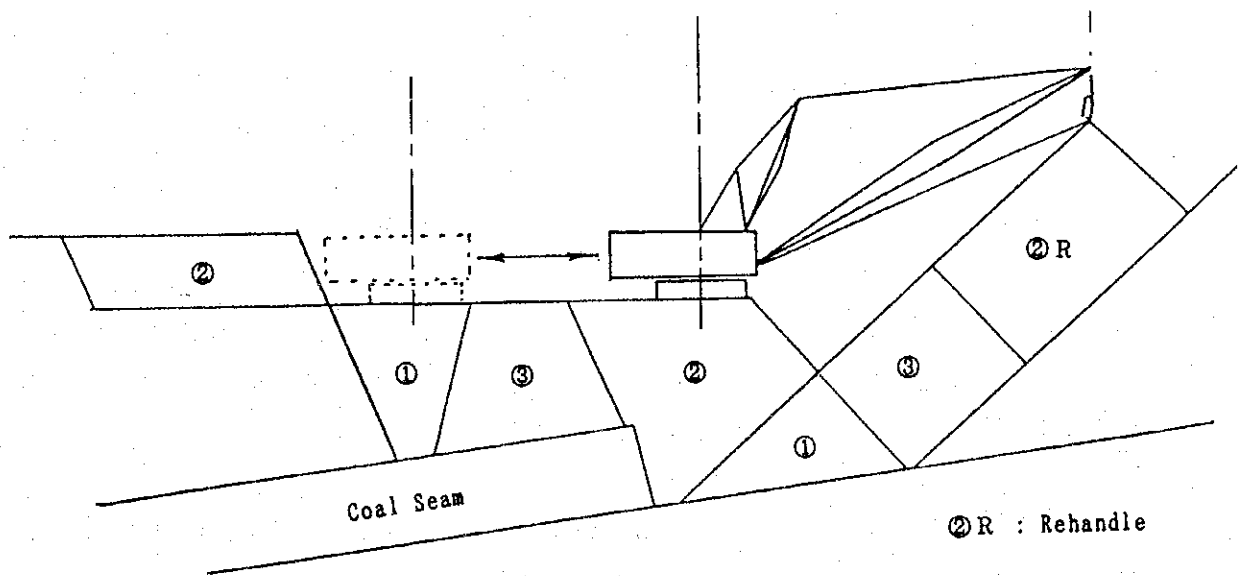
この先行剥土の遅れと採掘跡側の剥土捨場のスペース不足のために、ドラッグラインは極めて大量の剥土のリハンドル（しばしば3回の移動もある）を余儀なくされており、現在のリハンドルの割合は非常に高く65%に達している。

また、先行剥土の遅れは、次のようなショベル／鉄道システムの問題にも関係している。すなわち、レールおよびトロリー線の布設・撤去を度々行わねばならない。このような仕事は作業員にとって煩雑なもので、とりわけ冬季には気温の低下のために、より厳しいものとなる。また、モンゴルの風雨と低い気温という気候のもとでは、レール布設のために道床をよい状態に保つことの困難もある。従って、軟らかい道床と不均一な整地の上に布設されたレールのために、列車の安全な運行が難しくなっている。

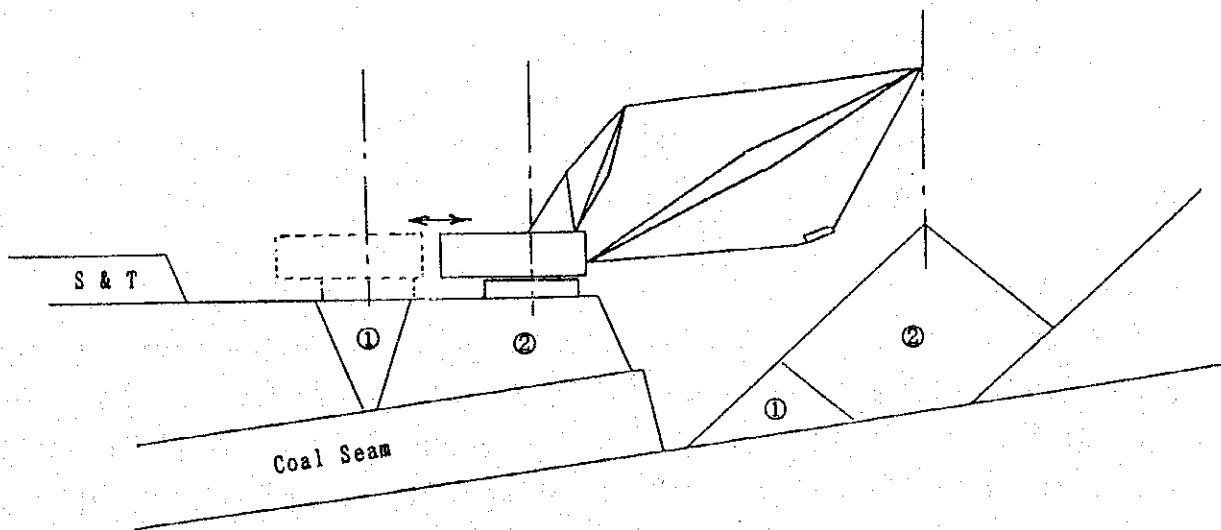
ドラッグラインによる剥土作業の現在の問題点と適切な剥土作業を図 3.9に示す。図により、ショベル／トラックシステムがドラッグラインのための適切な高さまでベンチ高さを低くするために剥土量を増強し、そのための補強をしなければならないことが理解できる。現在、ドラッグラインは、ベンチ高さがドラッグラインの能力を超えているため、剥土作業中にチョップダウンをしなければならない。この種のドラッグライン作業のため、剥土作業は低生産となり、また、リハンドル量も多くなる。それ故、炭層の露出も遅れる。リハンドルが少なくなるような適切なベンチ高さでドラッグラインを使用するため、先行剥土をするショベル／トラックシステムを追加する必要がある。

2) 電動ショベル／鉄道システム

鉄道システムに関しては、もし剥土輸送にディーゼル機関車が導入されていたら、剥土能力はもっと大きかったであろうといえる。しかし、現有の電気機関車は剥土輸送能力が小さく、過剰ともいえる多くの労働者を必要とする。この事実は、第3.2.1章で述べたように、電動ロープショベルの能力も抑制している。しかし、このような鉄道システムを撤廃することは、さし当りはコスト高を招くことになり不経済である。



Issues of Current Dragline Operation



Proposed Dragline Operation

図 3.9 ドラッグライン作業の問題点と適切な剥土作業

雨の日の貨車の脱線は軌道整備が十分でないことが原因である。この種のトラブルを避けるためには、毎日の綿密な点検が欠かせないが、軌道整備の技術者は十分でないばかりか、むしろ減少しつつあるといえる。積込み箇所から荷卸し箇所までが単線の鉄道システムで行われている場合、もし1か所でもトラブルが起これば全輸送システムを停止させ剥土作業も止まる。このようなショベル／鉄道システムにもっと弾力性を持たせるためには、複線あるいは3線が有効かもしれない。複線あるいは3線方式の採用は、電動ショベルの稼働率を低下させる原因である貨車待ち時間を短縮することにもつながる。しかし、現在のシステムでは、単線の距離が長いこと、発生するトラブルに対して全く弾力的でなく、トラブルが発生すれば全体の操業が止まってしまう問題を抱えている。

その他の問題点は以下の通りである。

- 余りにも多くの作業員が鉄道の移設と整備に当たっており、また、比較的多くの時間を要している。
- 作業員の能力が適正でないため列車の脱線は頻繁に発生し、鉄道システムの操業には安定性を欠く。これらのトラブルは、熟練技術者や作業員の減少と作業員の仕事に対する動機付けと責任感の不足からくるものである。
- 軌道不足（複線あるいは3線用）
- 機関車運転手の不十分な訓練
- 予備品の不足による機関車・ワゴンの整備不足

また、電動ショベルの利用率はその予備品の不足のため非常に低い。このことは電動ショベル／鉄道システムの効率が低い理由のひとつでもある。

3) 採掘機器の整備

ロシア製の採掘機器が故障した場合、故障の状態の点検と修理作業の監督のため、ロシア人技術者（機械あるいは電気専門家）を頼まなければならない。例えば、ドラッグライン(29/90)は、1993年にバガヌール炭鉱に来たことのあるロシア人技術者を待つために4ヵ月放置された。このことは、炭鉱の費用での教育と訓練を通してこれらの専門家を育成することが重要であることを示している。

主要採掘機器のための熟練工の育成には長い年月を要するが、近年では運転手のためのこのような訓練期間は非常に短くなっている。主要採掘機器の熟練運転手は、効率的な作業を行うためと採掘機器の高い有用性を維持するために必要である。また、電動ショベル、ダンプトラック、電気機関車などの採掘機器の利用率は、その予備品不足と不完全な整備状態のために年々悪化してきている。

4) 問題解決のための対策

下記に示す現在の問題は、バガヌール炭鉱を年産6百万トンの体制に増強するこのリノベーションによって解決されるべきであると考えている。

- ショベル／鉄道システムによる剥土量を増量すること。これは軌道長を見直すことによって達成できる。
- トラック／ショベルシステムによる剥土作業を補足的に実施すること。これは追加剥土作業のための新しい中型サイズのトラックとショベルの導入が必要である。
- ドラッグラインによるリハンドリング量を少なくする。これはドラッグラインによって剥土されるベンチの高さを低くして、リハンドリング量を少なくすることで可能である。

(2) 採掘機器

1) 剥土用穿孔機

稼働時間の分析によると、穿孔機の利用率はショベルの低能率のために低くなっている。従って、剥土の発破の回数も少なくなっている。また、先行剥土がシステマティックに行われていないため、先行剥土ベンチの中に取り残しの山ができるが、現有のドリルでは、若干の傾斜穿孔が可能であるものの、これら取り残しの山の穿孔は難しい。

2) ドラッグライン

稼働時間の分析によると、故障と部品待ち時間が長く稼働可能率が低い。剥土用ドラッグラインは稼働可能時間における利用率は高いが、捨土処理用のドラッグラインは稼働可能時間における利用率が低めである。1993年に20/90のドラッグラインが長期にわたって止まった実例がある。整備器具が使用できず、また、輸入予備品を定期的に交換出来ない状況であり、過去2年間で剥土の遅れは約2百万BCMとなっている。

3) 剥土用ショベル

予備品不足のため、稼働可能率は低い。ショベルの稼働率の低さが鉄道システムの生産性が上がらない原因の一つとなっている。

4) 鉄道システム

F/Sでの当初の導入計画においては、軌道の固定部分ではトロリーで走行し、移設部分においてはディーゼルで走行するハイブリット型の新型機関車の導入が計画されていたが、輸入許可の問題で輸入ができず、電気機関車が導入され、軌道の固定部分・移動部分の全線でトロリーを使うこととなった。電気機関車の場合、トロリーの移設をする必要があり、この作業が労働量の増加と低効率の原因となっている。シャリンゴル炭鉱ではディーゼル機関車が使用され

ており、鉄道システムの剥土能率はバガヌールの3倍程度を達成している。しかし、電気機関車は、輸入品である石油製品を燃料としない利点がある。電動ショベルの低稼働可能率は予備品不足によるものであるが、鉄道システムの低効率も原因の一つである。

鉄道システム全体を考慮して、現状のシステムは効率的でない。8 m³と4 m³ショベルのサイクルタイムを検討した。図3.10はサイクルタイムスタディの結果を示している。もちろん、大型ショベルでの積込み時間は小型よりも短い。一方、卸時間はショベルの大きさに関係なく、積込み時間よりも短い。土砂を卸した後、貨車は積込み位置まで戻ってくるが、他の貨車がまだ積込みをしており、ピットの外側で待機しなければならない。このことが、鉄道システムが低効率である原因の一つである。8 m³ショベルの場合、ショベルの積込み能力は約2.4百万BCM/年であるが、貨車を長時間待つために積込み能力は1.2百万BCMとなっている。この問題は、より大型のショベルを使うことで解決できる。なぜなら、積込み時間が短くなるからである。他の方式としては、積込みに2台のショベルを使うことが挙げられる。もし、フロントエンドローダーを補助の積込み機器として使うならば、3フリートの貨車を1ベンチに配置でき、1切羽の積込み能力は2百万BCM/年まで改善すると計算できる。

5) 剥土運搬用ダンプトラック

厳しい作業条件のために、ロシア製ダンプトラックの寿命は約2.5年である。主な故障箇所は、トランスミッション、エンジンおよびサスペンションである。コマツ製ダンプトラックの場合、機器は古くなく状態もよいが、消耗品の購入が資金不足のため難しい。主な故障箇所はサスペンションである。稼働時間の分析によると、ロシア製ダンプトラックは故障と部品待ちの時間が長い。もし、老朽したダンプトラックの更新と部品の供給が円滑になれば、稼働可能率と生産性が向上すると判断される。コマツ製ダンプトラックの場合も部品待ちの時間が長い。

6) 炭層用穿孔機

稼働時間の分析結果では利用率が低い値となっている。これは、剥土の遅れにより発破必要箇所が少なくなっていることに起因する。

7) 石炭採掘用ショベル

稼働可能率は低くないが、利用率は低くなっている。これは剥土作業の遅れに起因するものである。

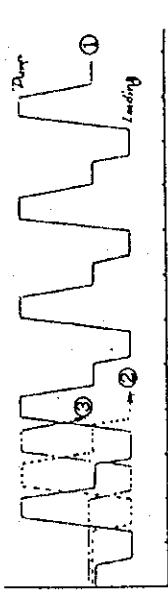
8) 石炭運搬用トラック

石炭運搬と剥土運搬用に同じダンプトラックが使用されている。稼働可能時間は、予備品不足によって低い。ダンプトラックは本来剥土運搬用のダンプトラックであり、荷台のサイズが小さい。従って、石炭輸送時における燃料効率は、荷台が大きく同出力の石炭輸送専用トラッ

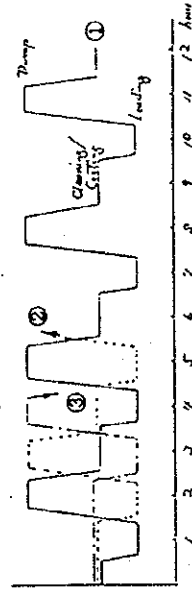
b) Proposed System

8 m3 shovel + 10 m3 FEL

1) Summer 5 times x 3 fleet



2) Winter 3 times x 3 fleet

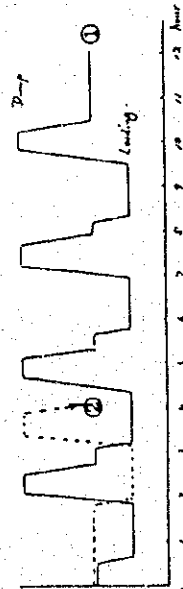


3 fleet / face
2.0 million BCM / year

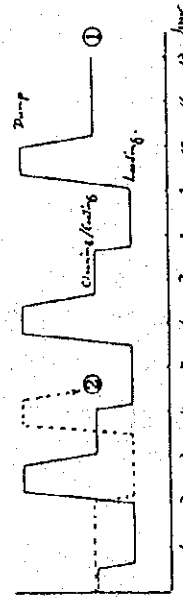
a) Present System

8 m3 shovel

1) Summer 4 times x 2 fleet



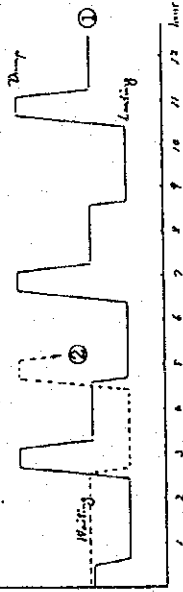
2) Winter 2 times x 2 fleet



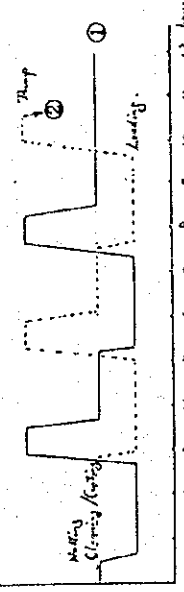
2 fleet / face
1.2 million BCM / year

4 m3 shovel

1) Summer 3 times x 2 fleet



2) Winter 2 times x 2 fleet



2 fleet / face
1.0 million BCM / year

図 3.10 鉄道システムの作業サイクル案

クと比較して低い。

9) その他採掘機器

ブルドーザーがドラッグラインをサポートすれば、リハンドリングが少なくなり生産性が向上するため導入が望まれる。また、採炭現場は清掃されていないためにタイヤに損傷を与えている。採炭現場の清掃や運搬道路の整備は、運搬効率を高める基本である。散水車、クレーンとその他の後方支援機器もまた、生産の維持に重要である。

3.3.2 地表設備

1) 整備工場

定期点検および予備点検は実施されているが、予備品不足のため、決められた期間で部品を交換することができない。ほとんどの部品は資金さえあれば調達可能であるが、急激なインフレーションにより、予備品の調達に必要な資金を準備することが困難になってきている。もう一つの問題は、ロシア製機器の整備マニュアルがないことである。このため、20/90のドラッグラインが1993年に6か月間生産のラインからはずれたことがある。また、整備手順を知らないために予備整備は行われていない。

2) 資材管理

多種類の潤滑油と大きい予備品は、屋外に保管されている。部品の数量は、コンピューターで管理されているが最新式ではなく、発注時期は管理されていない。また、予備品は資金不足のため購入が遅れ、機器の故障の原因となっている。

3) 貯炭設備

現在、積込み場には貯炭設備がない。臨時の積込み場の貯炭場では、移動式破碎設備の導入が必要である。

4) サイジング・積込み設備

採炭ピットでは選別採炭が行われているが、薄いはさみの分別はできない。このため、製品炭の灰分が高くなり発熱量が低くなる。鉄片などの異物はマグネットキャッチャーで分別され、他の異物は人力によって分別されている。また、経済的理由からピット2と5に臨時の積込み場が設けられている。ピット5は破碎設備より離れた所に位置するのでやむをえないと思われるが、ピット2はそう遠くない所に位置するので本来のサイジング・積込み設備を使用すべきである。

5) 配電設備

採掘機器は変電設備から遠く、電圧降下の問題を抱えている。これは、変電設備と機器との距離が設計時より離れているためである。ほとんどの採掘機器が電動式であり、電力供給が止まれば生産も止まってしまう。

6) 通信

無線の出力は十分でない。最大交信可能距離は平地で15kmとされているが、実際の距離は起伏があるため約10kmである。よって、管理センターと一部の採炭区域の交信が困難で、特に、捨土の山裏側や採炭切羽での交信が困難である。

3.3.3 基金

使用されている現有採掘機器と設備に対し、機器更新およびオーバーホールのため、毎年基金が積み立てられている。この内訳は、60%が更新用で40%がオーバーホール用である。しかし、折角確保した基金も激しいインフレーションのため、更新予定の設備を購入するのに不十分であるばかりでなく、予備品の購入にも不十分という事態になっている。実際のところ、過去に積み立てた基金は、全て使用されてしまっている。従って、更新とオーバーホールのために追加投資が必要である。現状で必要な基金額を表3.15に示す。

ロシア製機器の現在価格は、以前の価格に比べ非常に高くなっており、予備品価格も上昇している。主要機器の合計購入価格は、現在価格に換算すると87百万US\$である。表3.15に示すとおり、約6百万US\$が予備品の年間消費として必要な資金であるが、燃料や火薬等の購入が優先されるため、現実に予備品購入に当てられたのは約2百万US\$であった。

3.4 現炭鉱の生産能力の評価

3.4.1 稼働率

運転データの解析結果から、それぞれの採掘設備の稼働率は、その計画値よりも低いことがわかった。表3.12に主要採掘設備の稼働率を示す。この表から、鉄道システムにおける電気機関車の稼働率が特に低く、現採掘システムの根本的な欠点は鉄道システムにあることがわかる。

表 3.12 採掘機器稼働状況

%, as of 1992

Equipment	Existing equipment			Desired Efficiency
	Availability	Utilization	Efficiency	
Dragline	74-90	67-93	61-78	77
Electric shovel	65-94	58-82	49-76	72
Locomotive	50	56	28	51
Truck	77	85	67	68

3.4.2 改善計画

運転データの解析結果から、現状の採掘能力の11.9百万BCM/年が、上記に述べた問題を解決することによって17.3百万BCM/年まで増強可能であることがわかったが、設計能力の21.7百万BCM/年より低い数値である。

表 3.13 現状設備の生産能力

million BCM per year.

	Designed value	Current/actual	Improved/estimated
Dragline	4.7+Rehandle	5.5+Rehandle	7.7+Rehandle
Shovel/railway	12.3	2.0	3.6
Shovel/truck	4.7	4.4	6.0
(Coal)	(4.7)	(2.2)	(3.1)
(Overburden)	(0.0)	(2.2)	(2.9)
Total	21.7	11.9	17.3

しかし、提案しているショベル／トラックシステムの追加フリートが導入されると、先行剥土はこのショベル／トラックシステムが加わるので、ドラッグラインのリハンドリング量が減少し、ドラッグライン能力は7.7百万BCM/年から8.5百万BCM/年に増加する。

また、ショベル／鉄道システムにおいては、フロントエンドローダーの導入後で能力が3.6百万BCM/年から4.0百万BCM/年に増加する。すなわち、総合計の掘削能力は、表3.13に示す17.3百万BCM/年が18.5百万BCM/年に増加する。

採掘システムの改善に加え支援機器や設備の改良も行う必要があり、これら支援機器や設備については2期に分け実施することを推奨する。なぜなら、第1期が既存システムの改善期間であり、第2期が炭鉱の拡張期間となっているからである。表3.14に既存システム改善のために必要とする追加設備リストを示した。投資額は11百万US\$であり、機器の設置すべき年も表に記載している。

Item Aは、整備工場の投資を示している。3.3.2(1)で述べた整備器具の導入が要求される。また、通常あるべき器具も補充が必要である。

Item Bは、資材倉庫の投資を示している。3.3.2(2)で述べた通り、予備品管理のコンピュータシステムは最新システムではなく、購入数および時期も管理するため、より最新のコンピュータの導入が必要である。

Item Cは、ピット2と5の貯炭場のための投資を示している。3.2.2(3)で述べた通り、貯炭場で自然発火防止装置が必要である。これには、給水システムおよびスプリンクラーの設置が必要になる。また、現状の石炭ハンドリングは効率的に行われていない。このため、ドーザーショベルを各貯炭場に置く必要がある。

Item Dは、サイジング・積込み設備の投資を示している。3.2.2(4)に述べた通り、ピット2と5の積込み場には破碎設備がなく、このためサイズに関するクレームがユーザーより来る。要求されたサイズの石炭を供給するため、破碎設備を設置すべきである。破碎設備の概念図を図4.5に示している。積込み場では、機関車がワゴンを引っ張る方式で効率が悪い。よって、機関車の代わりに電気牽引機でワゴンを引っ張ることが望ましい。また、ワゴンへの積込み用の5m³ショベルをサポートするため、ドーザーショベルを導入すべきである。

Item Eは、配電設備の投資を示している。3.2.2(5)で述べたように、変電設備より遠い箇所の機器は電圧降下に直面している。この問題の解決のために、容量36/6kvの移動式変電設備2台が必要となる。高圧ケーブルもこの新しい配電システムに必要となる。改造案を図4.6に示している。送電が止まった場合、ほとんどの機器と設備が運転できなくなる。このリスクを避けるため2台の自家発電機の導入を推奨する。

Item Fは、通信設備の投資を示している。3.2.2(6)で述べたように、現在使用している通信システムは、事務所と機器間の通信のための出力が十分でない。各機器と設備のために高出力無線通信システムとベース基地が望まれる。

Item Gは、排水および水処理システムの投資である。3.2.2(8)で述べたように、採掘前に排水作業をしなければならない。採掘の2年前から排水を始め、水中ポンプとパイプラインは5年毎に必要となる。また、約30の井戸が水中ポンプおよびパイプラインと同時期に必要となる。採掘区域は徐々に深部に移行し、経験豊富なボーリング業者が雇用されるためコストが高くなる。現在の契約から4百万US\$と見積もった。また、地下水中に含有する鉄分を取り除く水処理設備のコストも含まれている。

Item Hは、後方支援機器の投資を示している。ブルドーザーは幅広い用途に必要である。2台のフロントエンドローダーは選別採炭に必要である。2台の自在型穿孔機は、剥土発破、特にシステムティックでない採掘作業のために残された剥土の発破に利用される。地質状況の確認をするために、コア採取設備の付いた試錐機が必要となる。散水車は道路とピットでの散水のために必要であり、多目的に利用するサービストラックも必要である。また、高品質の石炭を供給するために分析所や自動分析装置等の品質管理システムも必要となり、これについては5節で詳しく述べる。

3.4.3 予備品

上記で説明した通り、生産能力を改善するためには、予備品、整備士および補助的設備が常に利用できる状態でなければならない。表3.15に既存設備に必要な予備品コストを示す。現在価格で毎年約6百万US\$の予備品が必要である。この既存設備の予備品は年々高くなり、近い将来には16百万US\$となると見積もられている。この予備品コストには、オーバーホールと更新のための予備品と消耗品が含まれる。すなわち、機関車では、車輪、エンジン、トランスミッション、空気圧縮機等が、ショベルでは、ワイヤロープ、バケットの歯、モーター等が、ワゴンでは、車輪、エアシリンダー等が、ドラッグラインでは、ワイヤロープ、バケットの歯、モーター等が、破碎設備では、コンベヤローラー、ベルト、篩い網等が、ブルドーザーでは、エンジンとトランスミッションの部品が、ダンプトラックでは、エンジン、トランスミッションの部品とタイヤが含まれている。

表 3.14 既存地表設備の改善に必要な設備

Description	Unit Price of unit US\$1000	Number required	Initial Investment US\$1000	Life years	Yearly cost US\$1000/y	Year to be Installed
A. Workshop						
Workshop tools	255	1	255	6	43	1996
Total item A			255		43	
B. Warehouse						
Computer system	60	1	60	6	10	1996
Total item B			60		10	
C. Coal stock yard (Pit 5)						
Watering system	43	1	43	10	4	1996
Dozer shovel 250 HP	306	1	306	8	38	1996
Total item C			349		42	
C'. Coal stock yard (Pit 2)						
Watering system	43	1	43	10	4	1996
Dozer shovel 250 HP	306	1	306	8	38	1996
Total item C'			349		42	
D. Sizing & Loading (Pit 5)						
Crushing plant	425	1	425	15	28	1996
Car puller	170	1	170	10	17	1996
Dozer shovel 250HP	306	1	306	8	38	1996
Total item D			901		83	
D'. Sizing & Loading (Pit 2)						
Crushing plant	425	1	425	15	28	1996
Car puller	170	1	170	10	17	1996
Dozer shovel 250HP	306	1	306	8	38	1996
Total item D'			901		83	
E. Power distribution						
Movable transformer(35/6KV)	167	2	334	10	33	1996
Cable	85	1	85	10	9	1996
Generator for emergency	204	2	408	15	27	1996
Total item E			827		69	
F. Communication						
High power wireless system	128	1	128	8	16	1996
Total item F			128		16	
G. Drainage & water treatment						
Drainage and treatment syste	4,000	1	4,000	5	800	1996
Total item G			4,000		800	
H. Supporting equipment						
Bulldozer 400HP	524	1	524	8	66	1996
Bulldozer 200HP	306	1	306	8	38	1996
Front End Loader 5 m ³	408	2	816	8	102	1996
Drill rig	459	2	918	8	115	1996
Exploration machine	102	1	102	8	13	1996
Water truck	102	2	204	8	26	1996
Service truck	51	5	255	8	32	1996
Quality monitoring system	200	1	200	8	25	1996
Total - item H			3,325		417	
Total item A-H			11,095		1,605	
Local cost			2,219		321	
Grand total item A-H			13,314		1,926	
Capital for 20 years					38,520	
Production (thousand ton)	4,000					
Capital / ton					0.5	

表 3.15 既存設備に必要な予備品コスト

Name of the Item	unit	Original unit price (1000 Tg)	Current unit price (1000 US\$)	Required Parts (%)	Parts cost (1000 US\$/y)
Electric Locomotive	10	22,496	1950	1.4	273
Steam Locomotive	5	5,522	479	9.4	225
Wagon	106	398	36	5	191
D/L 20/90	1	45,800	6000	7.8	468
D/L 15/90	1	5,080	5500	7.8	429
D/L 10/70	2	14,753	4500	7.8	702
D/L 13/50	3	49,200	3500	7.8	819
Shovel 8u	4	6,700	1450	7.8	452
Shovel 4y	2	4,200	1300	7.8	203
Shovel 5A	5	5,080	676	7.8	264
Shovel 4.6b	4	3,800	600	7.8	187
Drill 160	8	1,400	200	3	48
Crushing plant	1	50,000	2000	2.5	50
Bulldozer DET250, 110	10	700	90	11	99
Bulldozer Komatsu	6	10,954	400	14	336
D/T Belaz	19	829	80	11	167
D/T Komatsu	20	10,000	380	14	1,064
Grand total (US\$)					5,977
Local cost (35%)					2,092
Grand total					8,069