

### 3.3 現在の問題点

石炭の生産を開始して以来、石炭の付着水分が高い。この重大な問題があるにもかかわらず、以下に述べる理由のため、石炭の全水分の管理をしないまま、ユーザーに出荷している。

- 排水遅れのため、採掘切羽では地下水レベルが切羽のレベルより高くなっている。
- 乾燥設備がない。
- 石炭の水分管理システムとオン・ライン監視機器がない。

石炭の発熱量は、以下に述べる理由のため契約品位に対し非常に低い。

- 剥土比が1.9と低く石炭の生産が安易のため、地表に近い酸化炭を採掘している。
- 石炭の固有水分が高い。
- 石炭の付着水分が高い。

以下に述べる理由のため、機器は効率が低く、整備が十分でない。

- 予備品、資材倉庫および整備技師の不足

激しいインフレーションのために予備品の調達用の資金の現在価値が下がり、予備品が不足している。

#### 3.3.1 採掘システムと採掘機器

##### (1) 採掘システム

モンゴル国では、1990年代の初めに石炭の需要が増加すると予測されたので、修理工場、資材倉庫、ボイラー工場、炭鉱事務所、その他の施設を建設しない状況で石炭の生産を開始した。現在、修理工場とボイラー工場を建設しているが、その他の施設は未だ建設されていない。従って、採掘機器を効率良く修理することは不可能であり、1993年には、Belaz 548(ダンプトラック)の稼働率は、58%と悪い状態であった。また、採掘機器の予備部品は、資金不足のため必要な時に常時購入されていない。

シビーオボー炭鉱におけるその他の問題は、石炭の品質管理についての技術的な知識が欠乏していることである。問題を以下に述べる。

炭鉱の開発当初から、炭質の悪いことが分かっていたにもかかわらず、I層およびII層の酸化炭を採掘している。貯炭場の天日乾燥能力をウランバートル市の発電所の需要が越える場合、貯炭場では十分な天日乾燥を実施しないで石炭を供給している。さらに、破碎・篩分設備がまだ設置されていない。採掘対象地域では、地下水のレベルが高いため排水井戸から地下水の抜

水作業が遅れると、石炭採掘ベンチの地面が軟弱化して、ショベルEKG 5A（5m<sup>3</sup>）の石炭積込みとトラック Belaz 548（40t）の走行に悪影響を与える。現場視察では、排水作業の遅れのため間盤の地面が軟弱化して、石炭積込み用に配置されたショベルがのめり込んで稼働できない状態であった。また、排水作業が遅れると、採掘する石炭の付着水分が高くなる。冬期間には、運搬道路の表面が凍結して滑るため、運転手が安全にダンプトラックを運転できない。しかしながら、採掘システムについては、露天掘の切羽設計、採掘順序、運搬道路の位置、採掘機器の選定、剥土量、石炭の生産、切羽の内外に位置する捨土場の位置等に大きな問題点はないように見受けられた。採掘対象地域の東端に高圧送電線、西端に鉄道が存在するが、当分の間、採掘作業を制約しない。近い将来に、石炭の生産量を4百万t/年に増産することも可能であり、その場合には、高圧送電線と鉄道の両方を移設することを助言する。シビーオボー炭鉱で使用されている殆どの採掘機器は、ロシア製の小型採掘機器である。また、調査の結果、ロシア製の採掘機器は、西側諸国製の採掘機器に比較すると、年間の定期整備期間が長期にわたることが確認した。

2百万t体制を確立するために以下の問題点を解決する必要がある。

#### 1) 排水

排水能力不足が生産に悪影響を与えている。2本の監視用井戸はあるが、水質や水量の調査が必要である。

#### 2) 炭鉱施設

年産2百万tに増産するためには、修理工場と炭鉱事務所を建設する必要がある。

#### 3) 労働環境

従業員の労働環境を改善するために、現在の生産能力に見合った整備工場、資材倉庫、炭鉱事務所およびシャワー室等の建設が必要である。

#### 4) 電気

現在稼働しているショベルEKG 5Aは3台である。組み立てている1台のショベルEKG 5Aが運転開始すると、電気エネルギー（電力需給）に余裕がないので電力不足となる可能性がある。

#### 5) 貨車積込み

鉄道の引き込み線では29貨車に石炭を積込める設計となっているが、実際に石炭を積めるのは23貨車である。このため、チョイル駅で貨車を29輛に再編成する必要がある。

6) 道路

バガヌールの町から炭鉱までの道路と炭鉱内の道路を舗装する必要がある。

7) 専門技師

専門技師の教育、養成および補充を必要とする。

8) 通信

炭鉱内での通信設備、炭鉱とウランバートル間の通信設備を改善する必要がある。

9) データ処理

管理部での計画、経理部でのデータ処理およびデータの共有をするコンピュータを必要とする。

10) 修理工場

建設中の修理工場は50万ト/年体制用である。

11) 送電線と通信線

鉱区内に位置する高圧送電線と通信線を移設する必要がある。

12) 排水施設

排水が遅れているので、排水設備を増強しないと2百万ト/年の生産体制とすることは困難である。

(2) 採掘機器

採掘機器は比較的新しいにもかかわらず整備環境が整っていないこともあり、低い稼働率に甘んじている。特にダンプトラックでこの傾向が著しい。石炭輸送は剥土輸送用と同じダンプトラックが使用されていて燃料効率が低い。モダンタイプのブルドーザーは、耐寒性においてはロシア製に劣り、燃料や潤滑油の管理に注意を払う必要がある。整備工場と資材倉庫は建設中であり、早期の完成が望まれる。配電設備の容量は炭鉱の拡大のために強化が必要である。

### 3.3.2 地表設備

#### 1) 整備工場

年産500千ト体制のための整備工場を建設中であり、作業環境が悪い。今後2百万ト体制に向け整備工場の増強が必要である。また、整備人員の教育も必要である。

#### 2) 資材倉庫

現状、重機類が比較的新しくダウンタイムも長くなく、予備品供給もそう重要な問題でないが、次第に老朽化し整備が必要となる。従って、予備品のスムーズな供給と十分な在庫スペースのある資材倉庫が必要である。炭鉱拡張においては、より大型の資材倉庫とコンピューター利用による資材管理システムが必要となる。

#### 3) 貯炭設備

リクレーマやベルトコンベヤといったハンドリング設備はなく、プッシュドージング方式によるハンドリングが行われている。自然発火に関しては、貯炭場の建設計画時に検討する必要がある。

#### 4) サイジング・積込み設備

ユーザーの要求に答えるために簡単な破碎設備を設ける必要がある。1994年に引込み線での貨車操車用のディーゼル機関車の導入が計画されている。一貫した積込み設備が必要である。

#### 5) 配電設備

鉱山開発当初は3,500KVAの変電設備の導入が計画されていたが、現在の山元の変電設備は、35/6KV, 1,600KVAのものである。現状の消費は1,100~1,200KVA程度であり、500千ト体制では容量的に問題はない。鉱区内に高圧送電線が縦断しているが、移設することが望まれる。

#### 6) 通信設備

電話は回線数が少ない。ファクシミリ通信設備はチョイル市の電話局にはあるが、山元には準備されていない。鉱区内に北京-モスクワを結ぶ国際電話ケーブルが埋設されている。

#### 7) 給水設備

給水に関しては、パイプラインがないため、トラック輸送にたよっていること以外は大きな問題がない。

## 8) 排水設備

排水作業は、生産活動と品質管理上必要で、遅延なく実施されなければならない。また、深部移行に伴い井戸は深くなり、高ヘッドのポンプが必要となる。

### 3.3.3 基金

シビーオポー炭鉱で使用している現有の採掘機器と施設については、更新とオーバーホールを実施するため、毎年その基金を積み立てている。年次毎に積み立てる基金の割合は、更新が6割、オーバーホールが4割である。しかしながら、近年の激しいインフレーションのため、積み立てている基金は機器の更新に対して不十分であり、かつ、予備部品を購入するために充てられてしまっている。実際のところ、過去に積み立てをしてきたこれらの基金はすでに使われたというのが現状である。従って、これから設備の更新と修理を行うためには、追加の資本を必要とする。

## 3.4 現炭鉱の生産能力の評価

### 3.4.1 タイム・スタディ

石炭と剥土の採掘については、その積込みと運搬のサイクル・タイムを把握するため、タイムスタディを1993年11月29日に実施した。タイム・スタディはシビーオポー炭鉱の真の生産能力を評価するために必要とする実際の操業データを収集することを目的として行われた。収集したデータを下記の通り整理した。

#### (1) 剥土 - ショベル(積込み)

ショベル	: EKG 5A
ダンプトラック	: Belaz 548 (40t)
サイクル・タイム	: 2分13秒

#### (2) 剥土 - トラック(運搬)

運搬距離	: 1.2 - 1.4km
ダンプトラック	: Belaz 548 (40t)
サイクル・タイム	: 9分48秒

(3) 石炭 - ショベル(積込み)

ショベル : EKG 5A  
ダンプトラック : Belaz 548 (40t)  
サイクル・タイム : 2分49秒

(4) 石炭 - トラック(運搬)

運搬距離 : 2.0 - 2.4km  
ダンプトラック : Belaz 548 (40t)  
サイクル・タイム : 14分19秒

3.4.2 生産能力の評価

剥土量と石炭の生産量を含めたシビーオポー炭鉱の真の生産能力は、1993年における採掘機器の利用報告書に示された以下のデータに基づいて試算した。

ダンプトラック(Belaz 548)	58%
電動ショベル(EKG 5A)	85%

トラック/電動ショベルシステムについてのタイム・スタディは、調査チームが操業視察を実施した1993年に行い、その結果を真の生産能力の試算に使用した。調査チームが試算した真の生産能力は、1994年度の生産予算と鉱山研究所が実施したPre-F/S報告書に示されている剥土量、石炭の生産量および剥土と石炭の運搬距離のデータに基づいている。調査チームが実施した試算の結果を表3.11に示す。

試算の結果から分かる通り、現状の採掘機器によるシビーオポー炭鉱の真の生産能力は、石炭が822千ト、剥土量が2,551千BCMであり、剥土比は3.10である。一方、生産能力は石炭が800千ト、剥土量が2,500千BCMであり、剥土比が3.13になっているという意見もエネルギー・地質・鉱業省からあったが、調査チームは、この試算した生産能力をシビーオポー炭鉱の年産2百万トン体制への増産のベースとした。

表 3.11 シビーオボー炭鉱の生産能力

	Fleet1		Fleet2		Fleet3	Total
	Coal	O/B	O/B	O/B	O/B	
Haul distance(km)	2.3	1.4	1.4	1.4		
Assigned ave. speed						
Loaded (km/hour)	18	18	18	18		
Empty (km/hour)	18	18	18	18		
Total travel						
- time round trip (min)	15.3	9.3	9.3	9.3		
Fixed time/truck trip						
Spot at loader (min)	1.0	1.0	1.0	1.0		
Loading (min)	2.6	2.6	2.6	2.6		
Turn and dump (min)	1.0	1.0	1.0	1.0		
Subtotal fixed time (min)	4.6	4.6	4.6	4.6		
Total cycle time (min)	19.9	13.9	13.9	13.9		
Max truck/loader	4	3	3	3		
Fleet size per loader	5	5	5	5		
58% fleet availability						
BCM/trip (BCM)	20.6	20.6	20.6	20.6		
Operating hour/shift (min)	645	645	645	645		
No. of trip/shift	31	45	45	45		
BCM/shift/truck	639	927	927	927		
BCM/shift/fleet	2,554	2,781	2,781	2,781		
Operating factor						
Availability	85	85	85	85		
Utilization	83	83	83	83		
Assigned BCM/shift/day	1,802	1,962	1,962	1,962		
Scheduled shifts/day	2	2	2	2		
Scheduled days/year	190	90	280	280		
BCM/year/fleet (x 1,000)	685	353	1,099	1,099		3,235
Tonnes/yar (x 1,000)						822
BCM/year(x 1,000)						2,551
Stripping Ratio						3.10

操業データの解析によれば、ロシア製の電動ショベルの稼働率が西側諸国製より高くなっている反面、ロシア製のダンプトラックの稼働率が、頻繁に発生する故障のため多少低くなっていることが分かった。

表 3.12 採掘機器の稼働状況 % as of 1992

Equipment	Existing equipment			Desired Efficiency
	Availability	Utilization	Efficiency	
Electric shovel	n. a.	n. a.	85	72
Dump truck	n. a.	n. a.	58	68

Note : Efficiency of the existing equipment is very high due to new equipment and the flexible mining system.

解析の結果、上述した整備上の問題を解決すれば、1993年末の時点における現状の採掘機器の生産能力が約3.2百万BCM/年であることが判明した。

表 3.13 現状設備の生産能力  
million BCM per year, as of 1993

	Planned value	Current/actual	Improved/estimated
Shovel/truck	1.9	1.6*	3.2
(Coal)	(0.41)	(0.49)	(0.9-0.6)
(Overburden)	(1.5)	(1.1)	(2.3-2.6)

Note : Some new additional equipment were not delivered in time.

改善された設備による石炭の生産能力は、その場合に決められた剥土比によって変動する。現状のように地表に近い石炭を生産する場合、すなわち剥土比を1.9にすると、約1.2百万トンの石炭を生産できる反面、シビーオポー炭鉱の平均剥土比である3.5をベースにすると、石炭の生産は約800千トンになる。また、低発熱量の問題を早急に解決するために酸化していない石炭が賦存する地域に切羽を開発すると、現状の設備による石炭の生産能力は約800千トン/年になる。

上述した改善を実行するため、予備部品と整備機器を購入するために必要な外貨は、約1.5百万US\$である。



## 4 シビーオボー炭鉱改善計画の検討調査

### 4.1 効果的な採掘システムの検討

#### 4.1.1 改善計画の目標

現状では他の炭鉱で石炭の生産能力が年々低下しており、3年以内にシビーオボー炭鉱の生産能力を200万トン/年に増産しないと、ウランバートルの発電所に供給する石炭が不足するという可能性もあると、エネルギー・地質・鉱業省は認識している。

モンゴル国におけるこの状況を踏まえ、炭鉱改善計画調査の目的は、シビーオボー炭鉱の生産能力を800千ト/年から2百万ト/年に増産するためにF/Sを実施することで、エネルギー・地質・鉱業省と合意した。現地調査で実施した炭鉱操業の現状認識の結果に基づいて、シビーオボー炭鉱の生産能力を2百万ト/年に増産するため、炭鉱改善計画のオプションとして、現有採掘機器の追加導入、中型トラックとフロントエンドローダーの新規導入、中型ドラッグラインの導入を考慮する。経済評価モデルに採掘計画(剥土、石炭)、採掘機器の選定および配置計画、更新計画、人員、資本投資額、操業コスト等のデータを入力して経済評価を行い、ベストのオプションを選定して提言する。

#### 4.1.2 効果的な採掘システムの検討

##### (1) 追加採掘システム

JICAの調査の前に、鉱山研究所が1.5百万ト/年に増産するためのF/Sを実施しており、このF/Sの設計方針およびデータを見直した結果、露天掘設計、設計パラメーター、剥土量、可採埋蔵量、剥土比、採掘順序、運搬道路の位置、露天採掘切羽の内外に位置する捨土堆積場等の全技術データが正確に調査されたことを認識した。従って、このF/Sのデータおよび情報を、JICAチームのF/Sにおいて十分に活用した。

今回のF/Sを行うために、1995年から生産能力を2百万ト/年に増産するための予備採掘計画を再策定した。年度別の剥土量、I層、II層から生産する石炭と剥土比を表4.1に示す。

表 4.1 採掘計画

	Coal	Overburden	Stripping Ratio
1994	650	1,932	3.0
1995	2,000	5,739	2.9
1996	2,000	5,338	2.7
1997	2,000	4,990	2.5

上記生産計画をベースにして、シビーオボー炭鉱の生産能力を2百万ト/年に増産するために、以下の4つのオプションを調査する。

- Case 1 : 現有設備の追加導入
- Case 2 : 中型トラックとフロントエンドローダーの新規導入
- Case 3 : 中型ドラッグライン(1台)の新規導入
- Case 4 : 小型ドラッグライン(2台)の新規導入

1) Case 1

現有ロシア製採掘機器に加え、生産能力を2百万ト/年に増産するために必要とするロシア製ショベルEKG 5A、ダンプトラックBelaz 548(40ト)、周辺機器の追加台数を算出する。図4.1に採掘方法を示す。

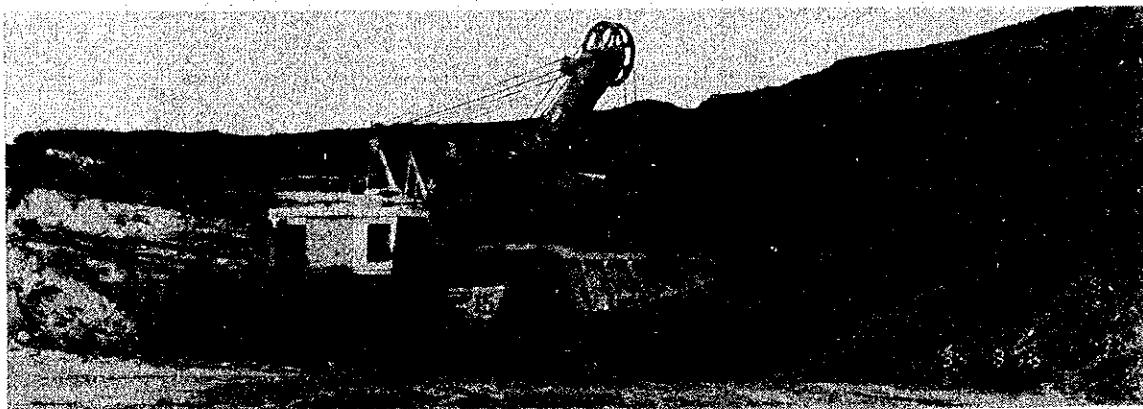


図 4.1 Case1の採掘方式 (現有ショベルとダンプトラック)

2) Case 2

採掘計画は現有ロシア製採掘機器の追加導入の場合と同じで、現有ロシア製採掘機器を継続して使用するが、2百万ト/年に生産能力を増産するために必要とする $10\text{m}^3$ のフロントエンドローダーと、 $50\text{m}^3$ を運搬できるダンプトラック、周辺機器の台数を算出する。図4.2に採掘方法を示す。

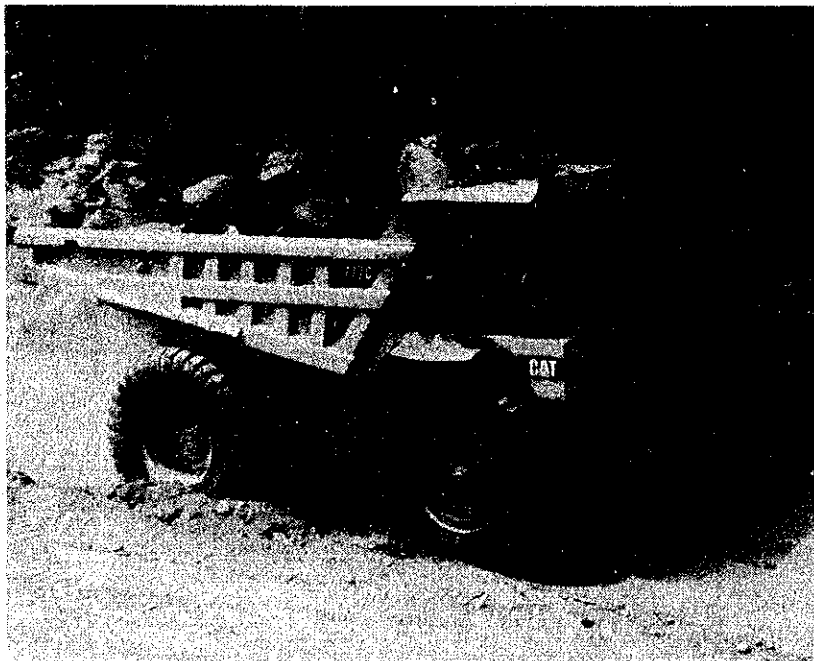
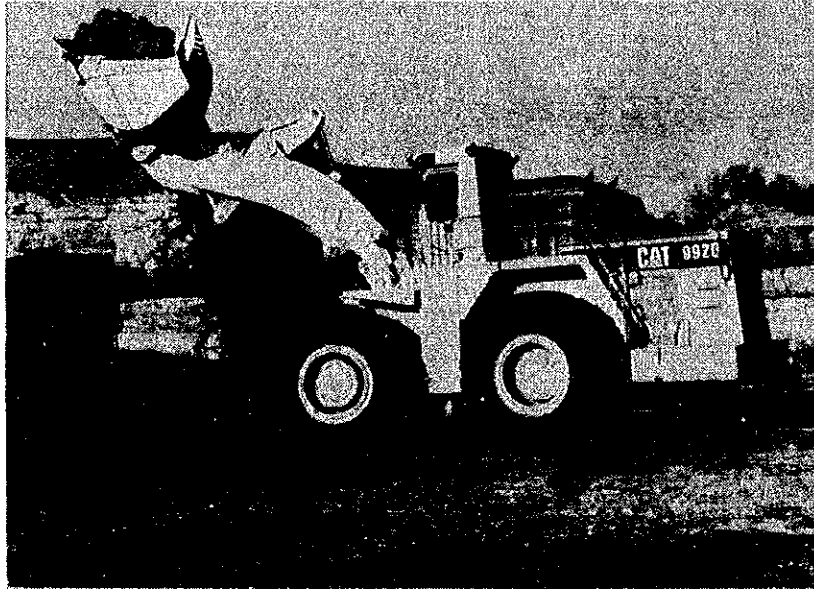


図 4.2 Case2の採掘方式 ( $10\text{m}^3$ フロントエンドローダーと $50\text{m}^3$ ダンプトラック)

### 3) Case 3

インターバーデンおよび石炭採掘には、現有ロシア製生産設備（ショベルEKG 5A、ダンプトラックBelaz 548(40ト))を使用するが、オーバーバーデンを剥土するため、バケット容量29m<sup>3</sup>の中型ドラッグラインを導入する。図4.3に採掘方法を示す。

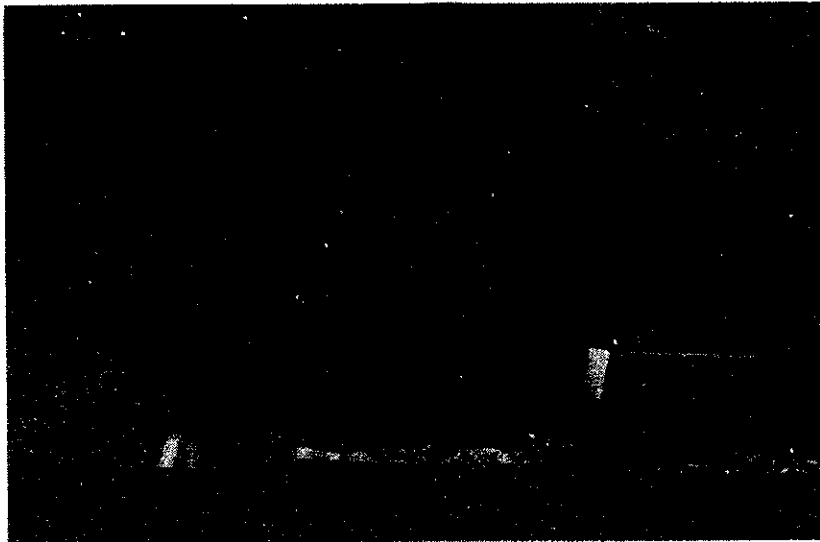


図 4.3 Case3の採掘方式 (中型ドラッグライン)

### 4) Case 4

Case 3に類似するが、オーバーバーデンを剥土するため、バケット容量20m<sup>3</sup>の小型ドラッグラインを2台導入する。

#### (2) 操業パラメータ

上記の4ケースについて生産能力を計算するため、以下の操業パラメータを適応する。

##### 1) 年間稼働日数

Annual calendar days	365 days
Public holiday	8 days
Bad weather	20 days
Annual working days	337 days

## 2) 操業形態

Overburden - 12 hours/shift x 2 shifts/day

Coal - 12 hours/shift x 2 shifts/day

Drill Rigs 7 days/week

Shovels

- Overburden 7 days/week

- Coal 7 days/week

Trucks

- Overburden 7 days/week

- Coal 7 days/week

Dragline 7 days/week

## 3) 年間整備日数

Drill Rigs 50 days

Shovels 51 days

Front End Loader 51 days

Trucks 58 days

Dragline(Modern) 50 days

注) 上記の年間整備日数はロシア製の採掘機器に対して必要とする。

## 4) 年間稼働可能時間

Scheduled working minutes/shift = 720 min - 75 min  
= 645 min

Drill Rigs (337 days - 50 days) x 645 min/shift x 2 shifts/day  
= 370,230 min  
= 6,170.5 hours

Shovels (337 days - 51 days) x 645 min/shift x 2 shifts/day  
/Front End Loader = 368,940 min  
= 6,149 hours

Trucks (337 days - 58 days) x 645 min/shift x 2 shifts/day  
= 359,910 min  
= 5,998.5 hours

Dragline (337 days - 50 days) x 645 min/shift x 2 shifts/day  
= 370,230 min  
= 6,170.5 hours

## 5) 設備稼働率

シビーオボー炭鉱で使用している採掘機器の利用率(Utilization)を鉱山研究所が評価した。採掘機器の稼働率は以下の通りである。

Drill Rigs	85%
Shovels	85%
Front End Loader	85%
Trucks(Russian)	58%
(Modern)	75%
Dragline	85%

## 6) 年間稼働時間

Drill Rigs	= 6,170.50 hours x 0.85 = 5,244.93 hours
Shovels	= 6,149.00 hours x 0.85 = 5,226.65 hours
Front End Loader	= 5,998.50 hours x 0.85 = 5,098.73 hours
Trucks(Russian)	= 5,998.50 hours x 0.58 = 3,479.13 hours
(Modern)	= 5,998.50 hours x 0.75 = 4,498.88 hours
Dragline(Modern)	= 6,170.50 hours x 0.85 = 5,244.93 hours

## 7) 採掘パラメータ

採掘パラメータは、3.2.1と3.2.3節で記載したパラメータを使用する。

### (3) 採掘機器の生産能力

現有機器の生産能力は、3.4.2節で試算してある。また、上記パラメータをベースにして、2百万ト体制に増産するために必要な新規あるいは追加導入する採掘機器数を各オプション毎に計算し、Case 1を表4.2に、Case 2を表4.3に、Case 3を表4.4、表4.5に示す。

### (4) 採掘機器台数

2百万ト体制を確立するために、現状の設備に加えて、以下に示す新規あるいは追加導入する採掘機器数が各オプション毎に必要なとなる。

表 4.2 Casel-ロシア製機器追加の場合の生産能力

Production Capacity (2 million tones)  
EKG-5A & Belaz 548

		[Fleet A] Coal	[Fleet B] Coal	[Fleet C] Overburden	[Fleet D] Overburden	[Fleet E] Overburden	[Fleet F] Overburden	[Fleet G] Overburden	Total
Haul Distance	ka	2.3	2.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Assigned Ave. Speed									
Loaded	km/hour	18	18	18	18	18	18	18	18
Empty	km/hour	18	18	18	18	18	18	18	18
Total travel time round trip		15.3	15.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3
Fixed time/truck trip									
Spot at Loader	min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Load	min	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Turn and Dump	min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Subtotal Fixed Time	min	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Total Cycle Time	min	19.9	19.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
Max tuck/loader		4	4	3	3	3	3	3	3
Fleet size per loader		7	7	5	5	5	5	5	5
58% fleet availability									
BCM/trip	BCM	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
Operating hour/shift	Min	645	645	645	645	645	645	645	645
No. of trip/shift	Trips	31	31	45	45	45	45	45	45
BCM/shift/truck	BCM	639	639	927	927	927	927	927	927
BCM/shift/fleet	BCM	2,554	2,554	2,781	2,781	2,781	2,781	2,781	2,781.0
Operating time factor									
EKG 5A Availability		85	85	85	85	85	85	85	85
Utilisation		83	83	83	83	83	83	83	83
Net operating time		71	71	71	71	71	71	71	71
Assigned BCM/shift/day		1,802	1,802	1,962	1,962	1,962	1,962	1,962	1,962
Scheduled shifts/day		2	2	2	2	2	2	2	2
Scheduled days/year	Days	280	183	97	280	280	280	280	280
BCM/Year/Fleet(x 1,000)	BCM	1,009	660	381	1,099	1,099	1,099	1,099	1,099
Tonnes/year (x 1,000)									2,002
BCM/Year (x 1,000)									5,874
Stripping Ratio									2.93
Existing Equipment									
EKG-5A		3							
Belaz 548		17							
Additional Equipment Required									
EKG-5A		4							
Belaz 548		22							
Total									
EKG-5A		7							
Belaz 548		39							

表 4.3 Case2-フロントローダーとトラック導入の場合の剥土能力

Transportation Capacity (2 million tones)  
 EKG-5A & Belaz 548  
 FED(10m<sup>3</sup>) & Dump Truck(50m<sup>3</sup>)

		[Fleet A] Coal	[Fleet B] Coal	[Fleet C] Overburden	[Fleet D] Overburden	[Fleet E] Overburden	Total
Haul Distance	km	2.3	2.3	1.4	1.4	1.4	1.4
Assigned Ave. Speed							
Loaded	km/hour	18	18	18	18	18	18
Empty	km/hour	18	18	18	18	18	18
Total travel time round trip		15.3	15.3	9.3	9.3	9.3	9.3
Fixed time/truck trip							
Spot at Loader	min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Load	min	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Turn and Dump	min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Subtotal Fixed Time	min	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Total Cycle Time	min	19.9	19.9	13.9	13.9	13.9	13.9
Max tuck/loader		4	4	3	3	3	3
Fleet size per loader		7	7	5	5	4	4
58% fleet availability [Belaz]							
75% fleet availability [NEW]							
BCM/trip	BCM	20.6	20.6	20.6	20.6	42.8	42.8
Operating hour/shift	Min	645	645	645	645	645	645
No. of trip/shift	Trips	31	31	45	45	45	45
BCM/shift/truck	BCM	639	639	927	927	1,926	1,926
BCM/shift/fleet	BCM	2,554	2,554	2,781	2,781	5,778	5,778
Operating time factor							
Mech. Elec. Delays		85	85	85	85	85	85
Other delays		83	83	83	83	83	83
Net operating time		71	71	71	71	71	71
Assigned BCM/shift/day		1,802	1,802	1,962	1,962	4,076	4,076
Scheduled shifts/day		2	2	2	2	2	2
Scheduled days/year	Days	280	183	97	280	280	280
BCM/Year/Fleet(x 1,000)	BCM	1,009	660	381	1,099	2,283	2,283
Tonnes/year (x 1,000)							2,002
BCM/Year (x 1,000)							6,044
Stripping Ratio							3.02
Existing Equipment							
EKG-5A		3					
Belaz 548		17					
Additional Equipment Required							
Front End Loader (10 m <sup>3</sup> )		2					
Rear Dump Truck (50 m <sup>3</sup> )		8					



表 4.4 Case3-中型ドラッグライン導入の場合の剥土能力

Production Capacity (2 million tons)			
Dragline - Bucket size of 29 cubic meters			
Reference : Hoist motor : 2 x 1300 HP			
: Drag motor : 2 x 1300 HP			
: Swing motor : 4 x 500 HP			
Hoist speed (rpm)	178 (Reave)	283 (Pay)	
Avg Swing (sec)	16.7 (90 deg)	19.7(120 deg)	
Cycle Parameters		Highwall Side	
		Key	Plug
			Total
Hoist travel dist. (m)		10	27
Swing angle (deg)		98	90
Operator Adjust. factor		1.20	1.20
Total			
			23
			92
			1.20
Cycle Components (seconds)			
Hoist time loaded		4.4	10.1
Swing time loaded (includes any hoist sement)		20.5 <	16.7 <
Dump time		3.0 <	3.0 <
Hoist pay time		2.1	5.7
Swing time empty		17.5 <	16.7 <
Drag spot time		3.0 <	3.0 <
Drag to fill time		12.6 <	12.6 <
Theoretical cycle time		56.6	52.0
Adjust cycle time		67.9	62.4
			53.2
			63.8
Hourly Production			
Cycle / hour		53.0	67.7
Bucket capacity (c.m. / cycle)		29.0	29.0
Material swell factor		1.25	1.25
Bucket fill factor		1.03	1.03
BCM / Cycle		23.9	23.9
Application factor		1.0	1.0
BCM / operating hour		1.267	1.379
			1.351
Overburden Placement Information			
Dragline OB placed in final configuration(s.q.meters)		471	1,205
Dragline OB to be rehandled again		144	790
Dragline rehandle as % of final configuration volume		30.5%	83.5%
Blasted OB placed in final location by other equipmer		0	0
			56.0%
			0
Final Placement % cast : Based on area = 0			
Effective OB depth permanently mined (m)		8	20
Bench width (m)		60	60
			28
			60
Annual Dragline Operation Production			
Scheduled hours	6,720		6,720
Mech & Elec delays (hrs)	85%		1,008
Operational delays (hrs)	85%		857
Total operating hours	1,492	4,444	4,855
Prime Bank Cubic Meters (M)	1.45	3.7	5.15
Total Bank Cubic Meters (M)	1.89	6.13	6.56
Linear Pit Advance (m)			3.073
Total production Factor (TBCM / Yr) / (LCM / cycle			
	2,120,000	2,310,000	2,260,000
Total Annual Prime Overburden Production by Mining Operation			
			5.15 M

Note: The Scheduled Oper. Hrs are based on 280 days & 24 hrs / day

表 4.5 Case4-既存ショベル/トラックによる採炭能力

Production Capacity (2 million tons)		[Fleet A]	[Fleet B]	
EKG-5A & Belaz 548		Coal	Coal	Total
Haul Distance	km	2.3	2.3	
Assigned Ave. Speed				
Loaded	km/hour	18	18	
Empty	km/hour	18	18	
Total travel time round trip		15.3	15.3	
Fixed time/truck trip				
Spot at Shovel	min	1.0	1.0	
Load	min	2.6	2.6	
Turn and Dump	min	1.0	1.0	
Subtotal Fixed Time	min	4.6	4.6	
Total Cycle Time	min	19.9	19.9	
Max truck/shovel		4	4	
Fleet size per EKG 5A		7	7	
58% fleet availability				
BCM/trip	BCM	20.6	20.6	
Operating hour/shift	Min	645	645	
No. of trip/shift	Trips	31	31	
BCM/shift/truck	BCM	639	639	
BCM/shift/fleet	BCM	2,554	2,554	
EKG 5A Availability		85	85	
Utilisation		83	83	
Assigned BCM/shift/day		1,802	1,802	
Scheduled shifts/day		2	2	
Scheduled days/year	Days	280	185	
BCM/Year/Fleet(x 1,000)	BCM	1,009	667	1,676
Tonnes/year (x 1000)				2,011
Required existing Equipment				
EKG-5A		2		
Belaz		14		

表 4.6 必要採掘機器の台数

Case 1	Unit	Case 2	Unit	Case 3	Unit	Case 4	Unit
EKG-5A	4	FEL(10m <sup>3</sup> )	2	D/L(29m <sup>3</sup> )	1	D/L(20m <sup>3</sup> )	2
Belaz 548	22	D/T(80t)	8	Doser	1	Doser	2
Wheel Dozer	2	Wheel Doser	1	Grader	1	Grader	1
Grader	2	Grader	1				

これらの採掘機器の能力は以下の通りである。

EKG-5A	- Electric Rope Shovel (5m <sup>3</sup> )	(ロシア製)
Belaz 548	- Rear Dump Truck (40t)	(ロシア製)
FEL(10m <sup>3</sup> )	- Front End Loader(10m <sup>3</sup> )	
D/T(80t)	- Rear Dump Truck(80t)	
Wheel Doser	- Wheel Doser(230kW)	
D/L(29m <sup>3</sup> )	- Walking Dragline with bucket capacity of 29m <sup>3</sup>	
D/L(20m <sup>3</sup> )	- Walking Dragline with bucket capacity of 20m <sup>3</sup>	
Doser	- Bulldozer(388kW)	
Grader	- Motor Grader(205kW)	

(5) 設備費

採掘機器の購入価格はメーカーから入手したCIFウランバートル価格で、オプション毎の設備費を見積もった。

表 4.7 必要採掘機器の価格と設備費

Item	Unit Price	Unit	Capital Cost
EKG-5A	US\$876,000	4	US\$3,504,000
Belaz 548	US\$80,000	22	US\$1,760,000
W Doser	US\$357,000	2	US\$714,000
Grader	US\$426,000	2	US\$852,000
Total			US\$6,830,000

## Case 2

Item	Unit Price	Unit	Capital Cost
FEL	US\$1,200,000	2	US\$2,400,000
D/T	US\$633,000	8	US\$5,064,000
W Doser	US\$357,000	1	US\$357,000
Grader	US\$426,000	1	US\$426,000
Total			US\$8,247,000

## Case 3

Item	Unit Price	Unit	Capital Cost
D/L(29m <sup>3</sup> )	US\$16,615,000	1	US\$16,615,000
Doser	US\$616,000	1	US\$616,000
Drader	US\$426,000	1	US\$426,000
Total			US\$17,657,000

## Case 4

Item	Unit Price	Unit	Capital Cost
D/L(20m <sup>3</sup> )	US\$12,171,000	2	US\$24,342,000
Doser	US\$616,000	2	US\$1,232,000
Grader	US\$426,000	1	US\$426,000
Total			US\$26,100,000

## (6) 操業費

各オプションについて、年産2百万ト体制に増産した場合の操業費を計算した。操業費の計算については、詳細を付属資料2の操業費計算で述べている。

操業費の比較では、税金、金利、ロイヤリティは含まれていない。エネルギー価格については、以下の価格を使用した。

Diesel oil	:	International price (169US\$/t) x 1.1
Gasolin	:	(186US\$/t) x 1.1
Coal	:	(15.7US\$/t) x 0.7
Electricity	:	(0.062US\$/kWh) x 0.9

Note:()shows prices(FOB) as of the end of 1993

表 4.8 原単位

Unit:US\$/ton

Option	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Labor Cost	0.23	0.08	0.03	0.06
Maintenance	1.62	1.34	2.27	3.33
Energy, etc	2.49	2.42	0.65	1.16
Total	4.34	3.84	2.95	4.55

#### (7) 新規採掘システムの経済性比較

表4.9にオプション毎の生産費を示す。現有採掘設備による生産費およびその更新費は各オプションとも共通とする。同様に2百万ト体制とするために導入する破碎・篩分設備、貯炭場、貨車積み込み設備等に必要な設備費と操業費も、各オプションとも共通とする。

採掘機器のエネルギー源の選択、すなわち、国内で発電した電気エネルギーを使用するのか、あるいは、外貨で輸入した軽油を使用するのかは、モンゴル経済に重要な影響を与える。今回のオプションでも、例えば、Case 2(中型のトラック/フロントエンドローダー)は軽油をエネルギー源とするが、Case 3(中型ドラッグライン)は電気をエネルギー源とする。電気をエネルギー源とする機器は、モンゴル国にとって最も有益である。

表4.9に示す通り、ト当たりの生産コストはCase 3が最も低く、Case 1および2では、軽油とタイヤのコストがCase 3および4に比較するとかなり高くなっている。これら輸入品である軽油とタイヤは、購入に外貨を必要とするが、Case 1の場合、追加導入する採掘機器はロシア製であり、これらのロシア製の採掘機器は、西側諸国製より安い価格で購入できることは事実である。また、Case 3および4場合に消費する電気はモンゴル国内で生産されている。以上の要因を考慮して、新規に中型のドラッグライン(29m<sup>3</sup>)を導入するCase 3が、モンゴルにとって最善のオプションであると助言する。

表 4.9 新規システムの比較調査

	Unit	Existing Improved	Additional system			
			Case1	Case2	Case3	Case4
Existing excavating capacity	m. BCM/y	3.2				
Additional capacity required	m. BCM/y		5.5	5.5	5.5	5.5
Required number of Fleet* <sup>1</sup>			4	2	1	2
Additional initial Capital	m. US\$		6.8	8.2	17.7	26.1
Operation Cost* <sup>1</sup>	m. US\$/y	2.6	4.9	4.6	3.5	5.4
Spare parts		(1.5)	(1.9)	(1.6)	(2.7)	(4.0)
Consumable		(1.1)	(3.0)	(3.0)	(0.8)	(1.4)
Capital Cost* <sup>2</sup>	m. US\$/y	1.8	1.9	1.7	0.9	1.4
Equipment		(1.4)	(1.7)	(1.6)	(0.9)	(1.3)
Labor etc.		(0.4)	(0.2)	(0.1)	(0.04)	(0.1)
Total Cost* <sup>2</sup>	m. US\$/y	4.4	6.8	6.3	4.4	6.8
Mining Cost index	\$/BCM	1.4	1.2	1.1	0.8	1.2

Note \*1:Fleets were planned based on the most modern equipment.

\*2:Tax, interest, royalty and surface facilities are not included.

## 4.2 改善のための採掘設備

### 4.2.1 改善のための採掘機器

#### (1) 採掘システム

##### 1) 剥土作業

オーバーバーデンの剥土は、新規に導入する中型のドラッグライン(バケット容量29m<sup>3</sup>)で行う。ドラッグラインの剥土ピット幅は60mに設定し、剥土方法として図4.5に示すExtended Bench法の適用を助言する。

##### 2) II層の採掘

オーバーバーデンの剥土をドラッグラインで行った後に露出したII層の採掘は、現有機器の電動ショベル(EKG 5A)とダンプトラック(Belaz 548)で行う。採掘ベンチの高さは炭層厚とす

る。

### 3) 間盤の剥土

II層を採掘した後に、I層とII層の間にある間盤の剥土を、現有機器の電動ショベル(EKG 5A)とダンプトラック(Belaz 548)で行う。

### 4) I層の採掘

間盤を剥土した後に、I層の採炭を現有機器の電動ショベル(EKG 5A)とダンプトラック(Belaz 548)で行う。採掘ベンチの高さは炭層厚とする。

### 5) 採掘跡の復元

ドラッグラインがダンプした捨土(スポイル)の上に間盤を捨土し、ドーザーで地面を平らにする。草木の種を蒔き採掘跡の復元する。

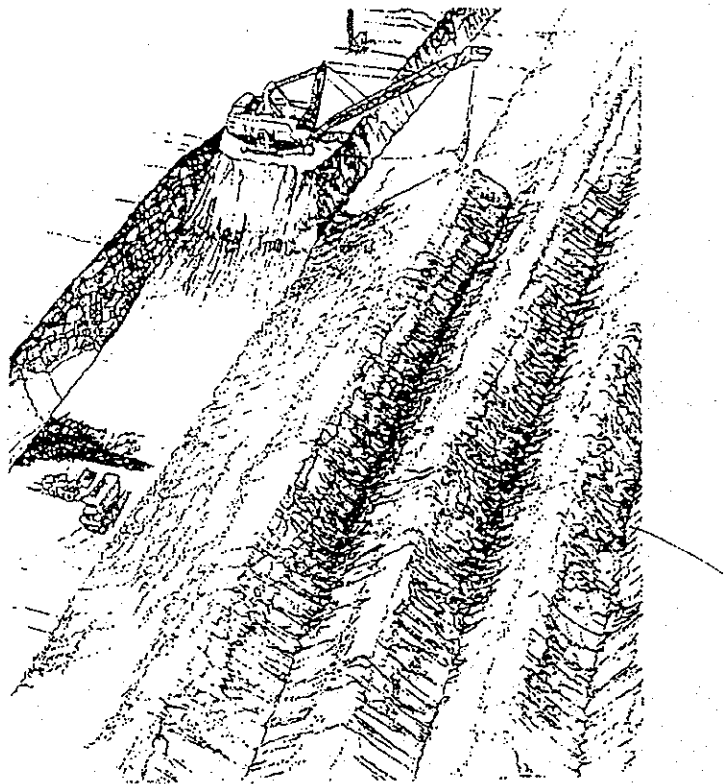
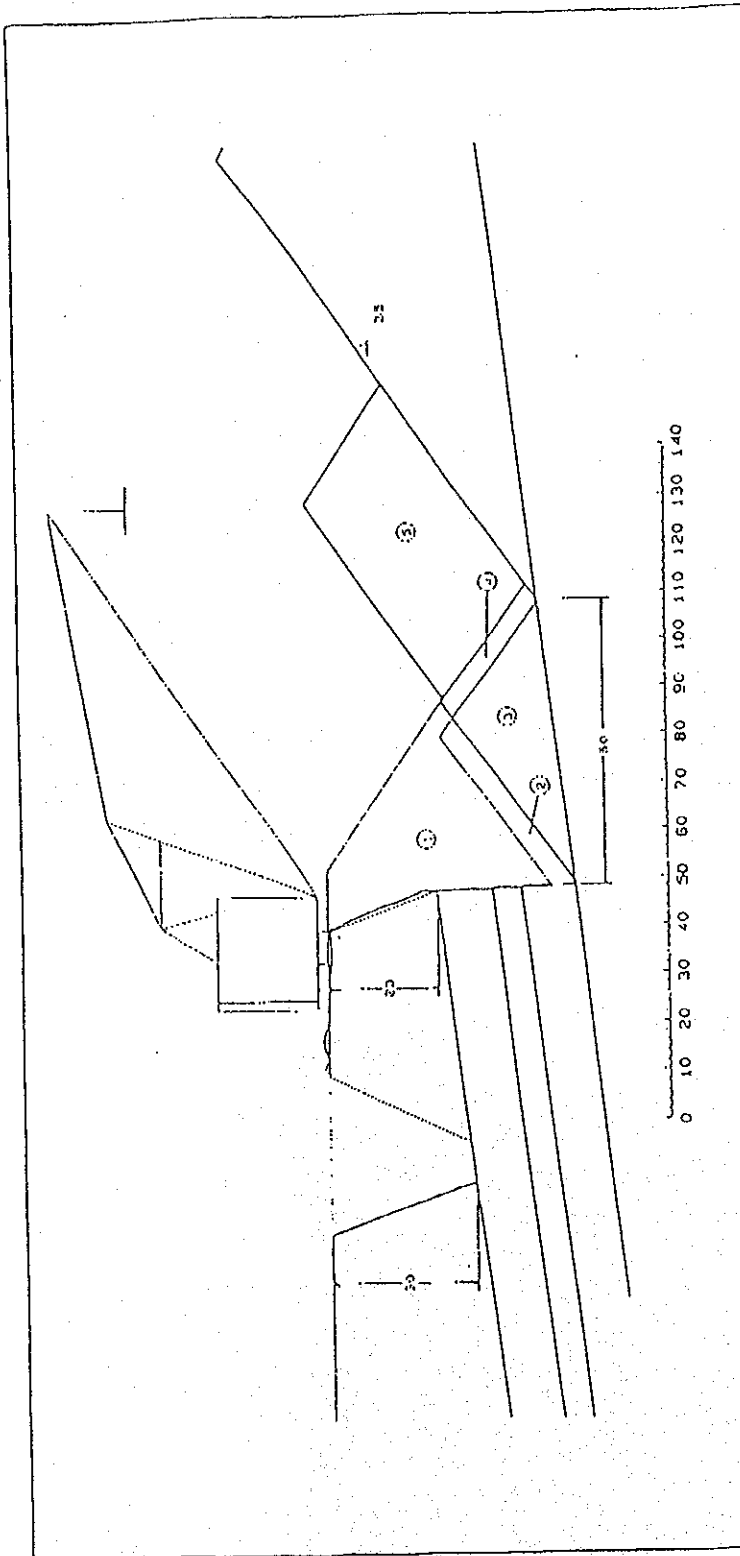


図 4.4 ドラッグラインによる採掘案



MORCOLIA PROJECT

MARION 7820: 315 FT. BOOM LENGTH

EXTENDED BENCH: AVE. THICKNESS OF  
TOP OB @ 28m. REHANDLE @ 561

DESIGNED BY: J.O. KIENTGES

DATE: MAY 27, 1994

SCALE: 1 - 32

DESIGNATOR	BANKED AREA	CURRENTLY SHELLED BY	MAXIMUM SHELL	REPOSE ANGLE	AREA TYPE
1	789.5	25.0 X	25.0 X	35.0 DEG	OL REHANDLE
2	143.8	25.0 X	25.0 X	35.0 DEG	OL REHANDLE
3	471.1	25.0 X	25.0 X	35.0 DEG	DL SPOIL
4	96.1	25.0 X	25.0 X	35.0 DEG	DL SPOIL
5	1108.6	25.0 X	25.0 X	35.0 DEG	DL SPOIL

DRAGLINE: 7820H51 OP RAD: 88.1 DUMP HT: 40 SWING ANGLE SHOWN: 90

LOC P110025 FILE NAME: MORCOLIA  
PIT 2 OF 3  
STEP 2 OF 5

図 4.5 Range Diagramのシミュレーション



(2) 採掘機器

表4.10に示す追加採掘機器、あるいはこれに同等の機器を導入することを助言する。

表 4.10 追加採掘機器リスト

Equipment	Required number	Life(year)		Unit Price* <sup>2</sup> (m. US\$)	Major use
		S* <sup>1</sup>	L* <sup>1</sup>		
29m <sup>3</sup> Dragline	1	30	30	16.6	Overburden
Bulldozer 388kW	1	6	8	0.6	Support
Grader 205 kW	1	6	8	0.4	Road Maintenance

Note \*1 : "S" is short - life case and "L" is long - life case.

\*2 : All cost and fees for manufacturing, packing, transportation, field assembly and training are included in unit price.

シビーオポー炭鉱の設計方針を見直した結果、その設計を変更する必要がないことが判明した。当初の採掘計画では、石炭実収率が100%になっており、今回のリノベーション調査では、剥土比が3.5になっている。追加導入する採掘機器の中に中型のドラッグラインが入っており、年間の剥土能力は約5.5百万BCMである。新規導入機器を以下に示す。

1) ドラッグライン

導入すべきドラッグラインの仕様を以下に示す。



図 4.6 ドラッグライン

## Specifications

Working range	Meter
Boom length	96.0
Boom point sheeve, pitch diameter	2.3
Boom angle, approx.	32.7
Dumping radius	88.0
Dumping height	39.9
Depth	53.6
Maximum allowable load, kg	79,400
Hoist drum, pitch diameter:mm	2.2
Hoist rope, twin/single hitch, diameter(mm)	60
Drag drum, pitch diameter	2.2
Drag rope, twin/single hitch, diameter(mm)	70

## Base

Outside Diameter, nominal	15.5
Bearing area, effective(m <sup>2</sup> )	189.8
Rail circle, mean diameter	15.2
Main swing gear, pitch diameter, approx	13.0

## Walking traction

Width of shoe	2.7
Length of shoe	16.8
Width over both shoe	21.6
Bearing area of both shoes(m <sup>2</sup> )	92.0
Bearing pressure 80% of working weigh(kg/cm <sup>2</sup> )	1.72
Length of step, approx.	2.1

## Rotating frame

Width rear end	13.1
Length	23.4
Depth sill members	2.0
Clearance radius, rear end	16.8
Clearance under frame	2.2
Center rotation to boom foot	6.2
Ground to boom foot	4.1

## Electrical equipment

Hoist motors, two, 970 kw each, total(kW)	1,940
Drag motors, two, 970 kw each, total(kW)	1,940
Swing motors, four, 373 kw each, total(kW)	1,492
Propel motor, one, total(kW)	970
AC driving motors, total(kW)	2,611

## Weights

Domestic shipping weight(inc. bucket)(kg)	1,588,000
Working weight, (lbs)	1,974,000
Ballast(furnished by purchaser)(lbs)	386,000

## 2)ブルドーザー

導入すべきブルドーザーの仕様を以下に示す。

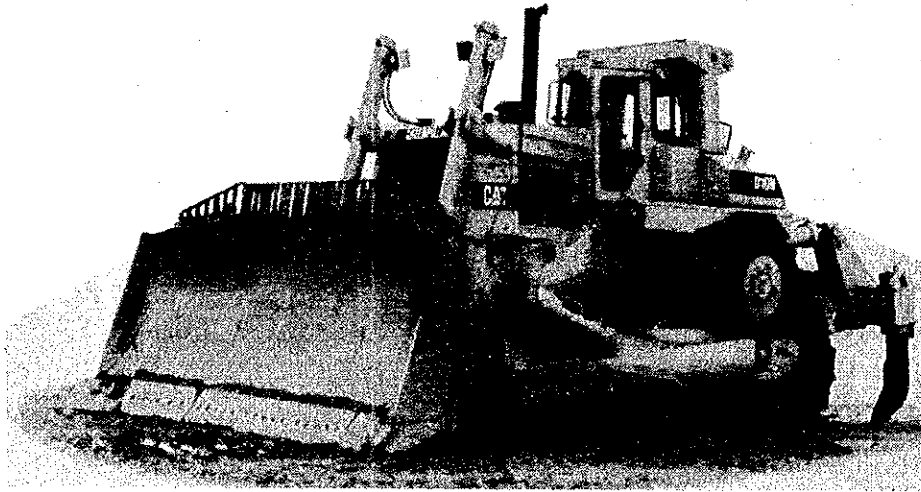


図 4.7 ブルドーザー

### Specifications

Flywheel power	276 kW
Operating weight	42,816 kg
Rated engine	1,900 r. p. m.
No. of cylinder	8
Bore	137 mm
Stroke	152 mm
Displacement	181
Track rollers(each side)	8
Width of standard track shoe	610 mm
Length of track on ground	3.47 m
Ground contact area	4.24 m <sup>2</sup>
Track gauge	2.25 m
General dimension	
Height(stripped top)	2.93 m
Height(to top of ROPS canopy)	3.91 m
Overall length(with SU blade)	6.87 m
(without blade)	5.17 m
Width(over trunnion)	3.25 m
Width(Without trunnion)	2.89 m
Ground clearance	505 mm
Fuel tank refill capacity	731 l

### 3) モーターグレーダー

導入すべきモーターグレーダーの仕様を以下に示す。



図 4.8 モーターグレーダー

#### Specifications

Net flywheel power	205 kW
Equipped operating weight	27,284 kg
Rated engine	2,000 r. p. m.
No. of cylinder	6
Displacement	161
Max torque rise	30%
No. of speed forward/reverse	8/8
Top speed forward	43.6 km/h
Reverse	42.6 km/h
Std. tire - front & rear	18.0-25
Minimum turning radius	8.2 m
Fuel tank capacity	4891

#### 4.2.2 改善のための地表設備

シビーオボー炭鉱が2百万ト生産体制において円滑な操業を行うために、次の地表設備と機器を導入することが望ましい。

表 4.11 追加地表設備と機器リスト

Facility & equipment	Number	Initial cost	Note
Workshop & tool	1	US\$ 1.3 m.	New installation
Warehouse	1	0.5	Expansion
Coal stockyard	1	0.8	New installation
(Front end loader)	(1)	(0.4)	5 m <sup>3</sup>
(Dozer shovel)	(1)	(0.3)	250 HP
Sizing & loading	1	4.6	New installation
(Crushing plant)	(1)	(0.4)	Crushing & spreader
(Conveyer set)	(4)	(2.2)	Hopper & spreader
(FEL)	(2)	(0.8)	5 m <sup>3</sup>
(Dozer shovel)	(2)	(0.6)	250 HP
Power distribution	1	1.3	Movable transformer
(Emergency generator)	(1)	(0.2)	Diesel generator
Communication	1	0.1	Wireless system
Dewatering system	1	4.0	Well, pump & piping
Multi-purpose equipment	1 set	3.7	FEL, bulldozer, truck
Coal quality control system	1 set	0.2	Automatic analyzer
Other facilities	1 set	1.3	Boiler, office etc.
Total		17.9	Excepting Tg-cost

## 1) 整備工場

現在、50万ト生産に対応する整備工場ではあるが、建設中である。ドラッグラインを選択するので、追加すべき機器の数は最小限に軽減でき、また、整備工場の拡張も軽減できる。

以下のガレージと整備工場が2百万ト体制に対応するために必要である。

ガレージ（点検ピットを含む）	: 1,200m <sup>2</sup>
整備工場（天井クレーンの設置）	: 1,000m <sup>2</sup>

また、整備に関しては、日常点検および軽整備は山元で行い、オーバーホールおよび大修理は外注する。従って、以下に示す整備工具が、ダンプトラック、ブルドーザー、ショベルおよびドラッグライン等の異なる採掘機器の整備に必要となる。

シャーシ関係整備設備  
 Undercarriage整備設備  
 エンジン整備設備  
 分解・組立工具、試運転設備  
 トランスミッション整備設備  
 分解・組立工具、  
 タイヤ整備設備  
 修理工具、 balancer  
 油圧部品整備設備  
 分解・組立工具、テストリグ

燃料系統整備設備  
電装品整備設備  
一般整備工具、特殊工具  
その他工作機械等  
熱処理炉・小溶鉱炉・研削盤・溶接設備  
圧延機、切断機  
ケーブル整備設備  
電気品整備設備  
モーター、配電設備、通信整備設備用  
各種測定機器

採掘機器を最大限有効利用するために保守点検工の育成は重要であり、そのためのトレーニングセンターの建設が必要である。同センターの設立に関し検討されるべき事項は下記の通りである。

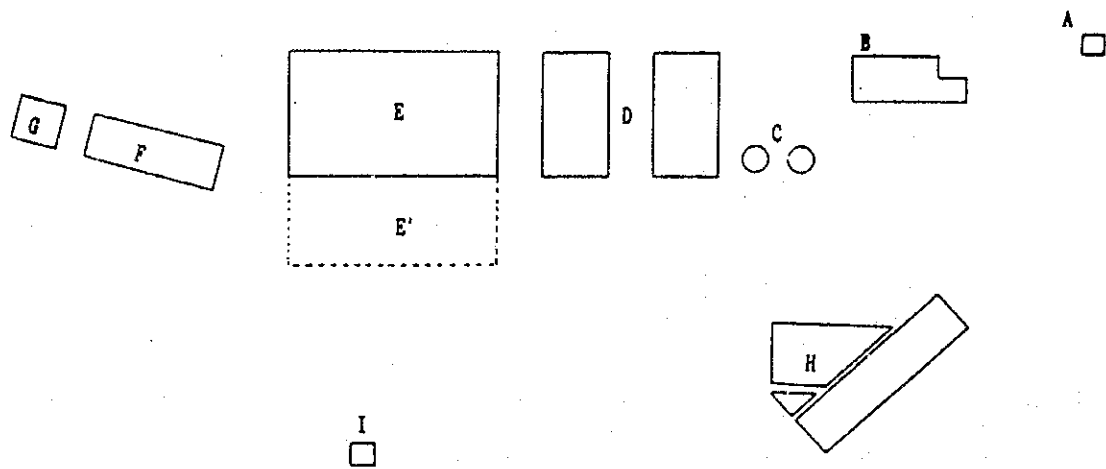
- ・大型機器の保守技術の習得および保守専門家の育成
- ・故障発生時の保守専門家の派遣
- ・機器の共通部品（消耗品を除く）の調達と保管
- ・補修用機器の保有と運用
- ・各鉱山の保守技術者のトレーニング

同センター設立に関する詳細検討はマスタープランの中で実施される。

## 2) 資材倉庫

資材倉庫は建設中である。先進諸国からの部品調達期間の長さを考慮すると、部品の保管量は慎重に検討されるべきである。最新の資材管理プログラムを用いた資材管理システムの導入が有効となる。必要となる資材倉庫およびコンピューターシステムを以下に示す。

資材倉庫（空調・天井クレーン付き） : 400m<sup>2</sup>  
（大型部品倉庫、小型部品倉庫、油脂類倉庫等）  
在庫管理システム : 1式  
（コンピューター・プリンター・ソフトウェア等）



- A : Well
- B : Hot water supply system
- C : Water tank
- D : Warehouse
- E : Workshop
- E' : Workshop (expansion)
- F : Garage
- G : Substation
- H : Mine office
- I : Sewage pond

図 4.9 地表設備案

### 3) 貯炭設備

石炭品質の最も深刻な問題は、水分含有率が高いことであり、この問題の解決のために排水作業と天日乾燥が実施されている。過去の経験から、2カ月間の天日乾燥が必要であることがわかっている。このためには、貯炭場が狭いと限界があるため広い貯炭場が必要になる。バガヌール炭鉱での経験から採掘区域が深部へ移行すると、石炭品質は徐々によくなることと予想される。貯炭設備については、下記の設備と機器が必要である。

#### 散水設備

4" 鋼管	:	1,000m
スプリンクラー	:	40個
FEL (5 m <sup>3</sup> )	:	1台
ドーザーショベル (250HP)	:	1台

#### 4) サイジング・積込み設備

ユーザーの要求を満たすために、サイジング設備が必要である。しかし、ウランバートルの発電所が要求するサイズは300mmとなっているので、大規模な設備を必要としない。また、年間2百万トンの出荷に対し、現有の5m<sup>3</sup>ショベル1台では能力不足であるため、以下に示すより系統的な積込みシステムと機器を導入する必要がある。

##### 破碎設備

ジョークラッシャー	800 ton/hour X 400kW	:	1台
ベルトコンベヤ	36" X 800 ton/hour X 30kW X 50m	:	2台
ベルトコンベヤ (スプレッダー付き)	36" X 800 ton/hour X 200kW X 400m	:	2台
ベルトコンベヤ (ホッパーカー付き)	36" X 800 ton/hour X 200kW X 400m	:	2台
引込線	整備	:	1式
サイロ	1,000 ton	:	1台
カープラー	30台牽引 X 90kW 電動	:	1台
ドーザーショベル	250HP	:	2台
FEL	5 m <sup>3</sup>	:	2台
ディーゼル機関車	操車用 1,200HP	:	1台

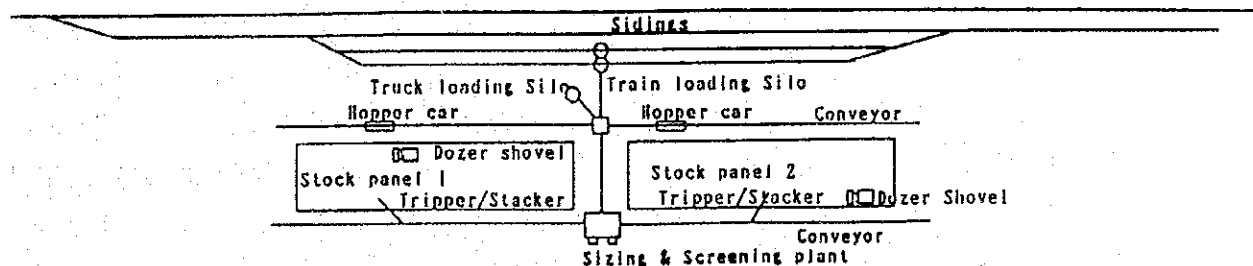


図 4.10 貯炭および積込設備概念図



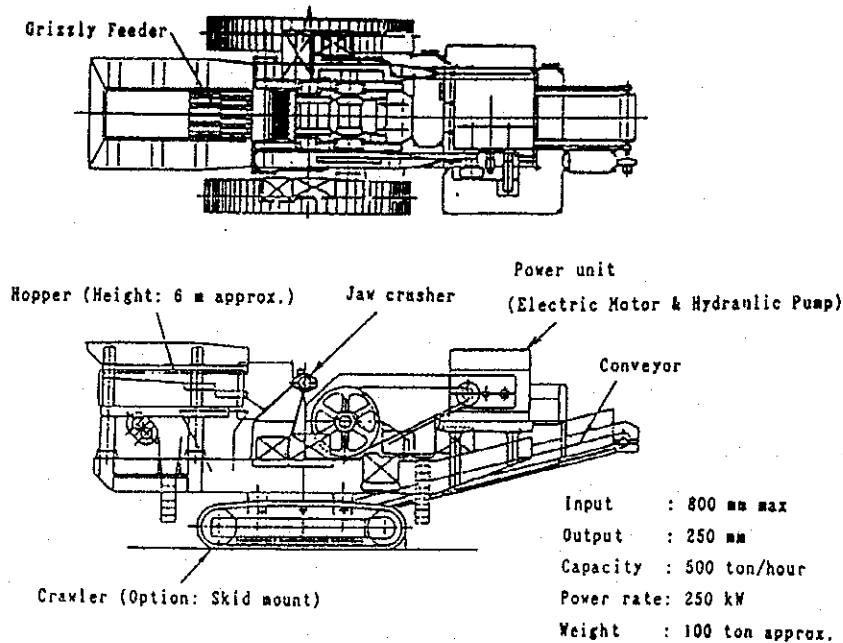


図 4.11 モービルクラッシャーの概念図

#### 5) 配電設備

鉱山開発当初、3500KVAの変電設備を導入する計画になっていたが、現在の山元変電設備は35/6KV, 1,600KVAのものであり、本リノベーション計画では、ドラッグラインの導入が最適であると判断されたため、配電設備の強化が必要となる。

鉱業所脇に110/35kVの固定式変電設備を新設し、採掘機器用には35/6kVの移動式変電設備を導入することが望まれる。炭鉱全体をカバーしている現有の35/6KV, 1,600KVAの変電設備は、事務所、整備工場、積込み設備、排水設備等の地表設備用として利用する。このシステムは、400Vで緊急用のためのディーゼル発電機に接続され、停電の際に有効である。電力供給が止まっても排水と積込み作業は続けられる。採炭作業が停電のために止まっても、広い貯炭場があれば安定した送炭が可能である。また、鉱床の上を縦断している高圧送電線は、採掘区域の外部へ移設することが理想である。

以下の高圧送電線の移設と配電設備が必要である。

送電線移設(鉄塔、送電線を含む)	220kV	: 48km
変電設備	110/35kV、10,000KVA X 2	: 1式
移動変電設備	35/6kV、6,300KVA	: 2台
送電線	36kV架空線 X 12km	: 12km
非常用発電機	1,000KVA X 440V ディーゼル	: 1台

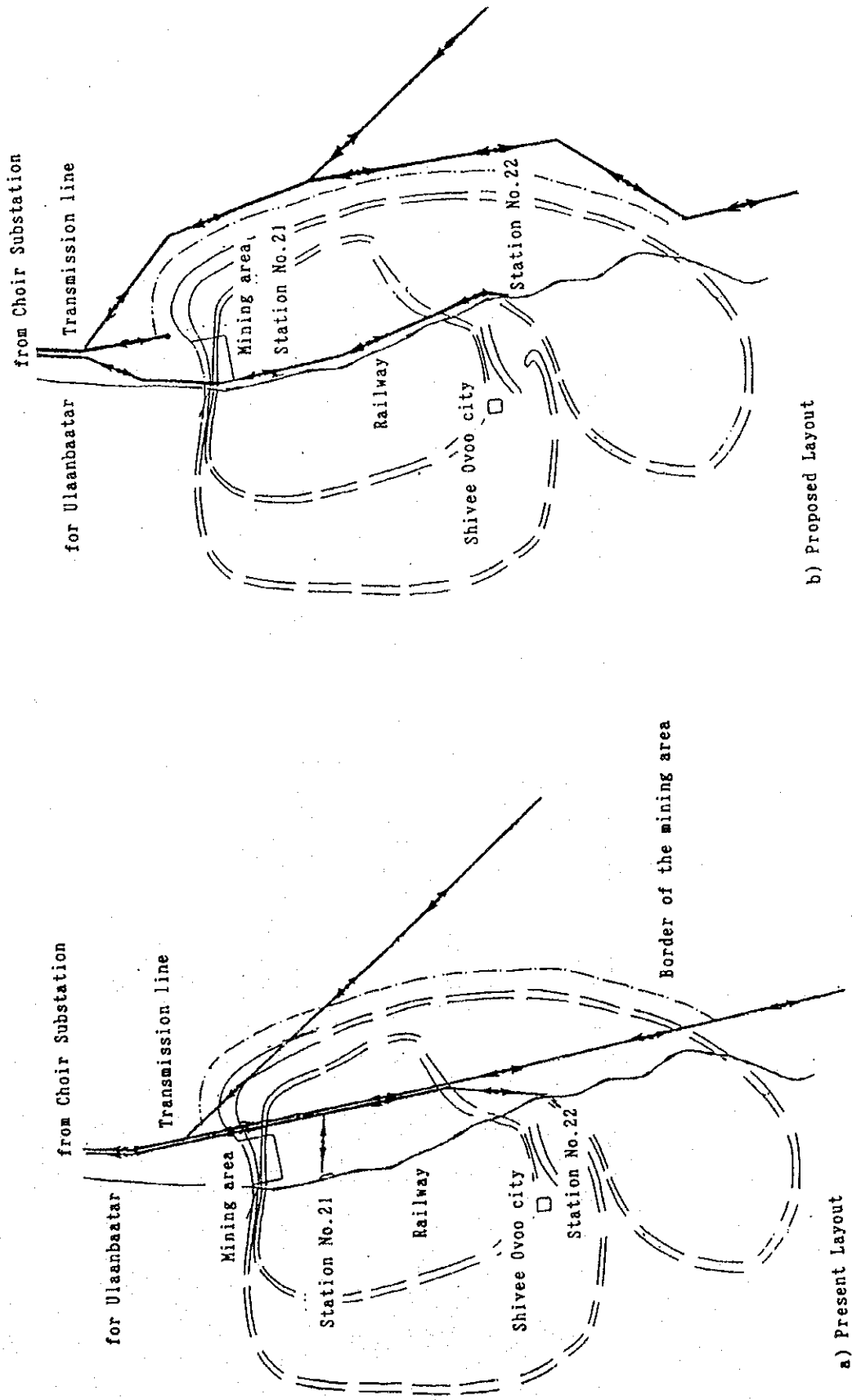


図 4.12 高压送電線の変更案

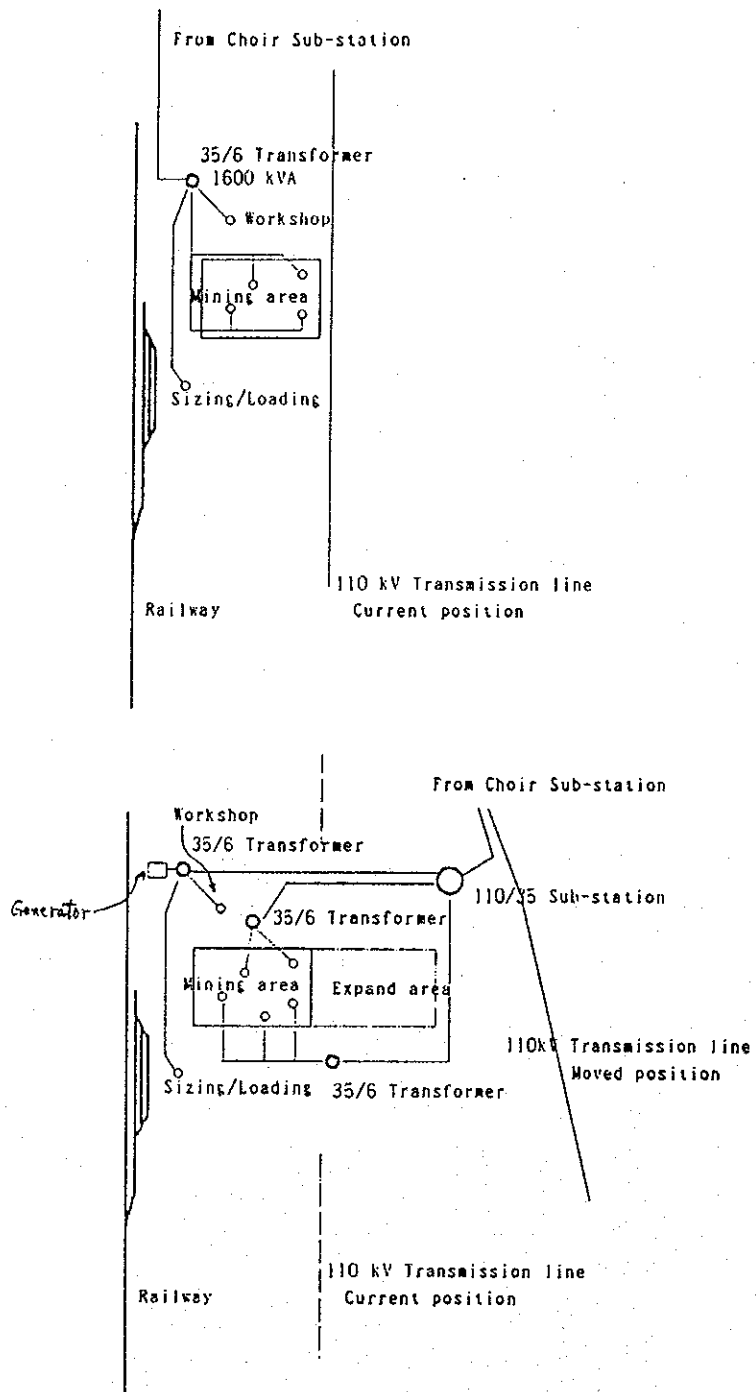


図 4.13 配電設備案

## 6) 通信設備

鉱内での通信のために、以下の無線システムを必要とする。

### 無線設備

事務所—機器間送信距離10km	:	10km
親局（事務所に設置）	:	1台
小局（ショベル、トラック等に搭載）	:	50台

## 7) 給水設備

適正な給水設備整備が必要である。炭鉱施設での熱水供給システムは、現在建設が進められている。

## 8) 排水設備

年産2百万ト体制とするために、以下の通り設備を強化する必要がある。

排水井戸（水位点検用を含む）	径500mm X 250m	:	35本
ポンプ（揚水管・電動バルブを含む）	0.5m <sup>3</sup> /min X 250m X 40kW	:	30台
配管	12"鋼管	:	4,000m
排水水質改善設備	鉄分除去設備等	:	1式

## 9) 支援機器

多目的な作業用として、以下の機器の導入が必要である。

ブルドーザー	320 HP	:	2台
ブルドーザー	200 HP	:	2台
グレーダー	250 HP	:	2台
FEL	5 m <sup>3</sup>	:	2台
ANFO	トラック 10ton	:	1台
FUEL	トラック 20kl	:	1台
散水車	20m <sup>3</sup>	:	2台
サービストラック	部品運搬・人員運搬等	:	5台

#### 10) その他

事務所	1,000m <sup>2</sup>	: 1式
火薬庫	500ton	: 1式
(ANFO用および雷管用)		
ボイラー	8ton/day	: 1式
道路整備	24km 舗装	: 1式
品質管理システム	オンライン水分分析装置	: 1式
	ラボ用分析装置 (詳細は表 5.2に示す)	: 1式

### 4.3 インフラストラクチャー

#### 1) 道路

シビーオボーとウランバートルは鉄道および道路で結ばれている。ほとんどの道路は未舗装である。全国的にみても道路の舗装率は1%に満たない。凍結期以外では、降雨により未舗装道路はわだちがで、またスリップしやすい状況となる。アスファルト舗装をすることが理想ではあるが、硬質の岩石を砕石して道路に敷き詰めることでも大きな効果が期待できる。シビーオボー炭鉱の間盤は本目的に適するよい材料である。この場合、砕石プラントの建設が必要となる。鉄道との交差は数カ所あるが橋梁はない。道幅はおおむね広く、すれ違いに問題はない。主要な地方都市には燃料補給箇所があるが、石油公団発行の燃料チケットとの交換で給油を受ける必要がある。

周辺地域への石炭輸送は小型トラックによって行われており、シビーオボー炭鉱近郊の道路をアスファルト舗装する計画があり、その延長距離は24kmを計画している。

#### 2) 鉄道

鉱区のほぼ中央をロシア-中国を結ぶ幹線鉄道が南北に通っている。鉄道は単線でディーゼル機関車により、貨物輸送・旅客輸送が行われている。すれ違いは途中の駅にある復線で行われる。中国とモンゴルでは軌間が異なるため、国境近くで車体を取り替える必要がある。また、中国内にはトンネルもあり、運搬物の大きさが制限されている。中国経由で炭鉱用重機器を運搬する場合、運搬に関しても検討しておく必要がある。

シビーオボー炭鉱の主要ユーザーはウランバートルの発電所であり、製品炭の大部分がウランバートルへ鉄道輸送され、その輸送能力は十分である。ウランバートルの石炭需要は、緩やかに増加すると予測され、各炭鉱からの輸送量も同様に増加する。鉄道の輸送能力に関しては、シビーオボー炭鉱のみの輸送システムを検討するのは適切でなく、地域全体の鉄道輸送能力を検討する必要がある。この検討は、マスタープランで実施される。

### 3) 通信

町および鉾山において国内電話通信および国際通話が可能であるが、現状では回線数が少ない。また、ファクシミリもすでにチョイル市の電話局で使用可能であり、これらの通信システムの拡充が望まれる。鉾区内に北京ーモスクワ間の国際電話ケーブルが地下埋設されている。

### 4) 給水

産業用水として地下水が使われており、Belaz 540とKalaz 256を改造した給水車によって輸送されている。これらのトラックは、水の供給以外に散水および火災時にも使用されている。消防車は1台あるだけである。

飲料水はシビゴビ近くの井戸から汲み上げられ、5.5トンの給水車で供給されており、必要があれば、チョイルからも運搬することも可能である。

### 5) 配電

炭鉾および市街地で必要な電力は、中央エネルギーシステムからバガヌールを経由して供給されている。チョイル市に変電所があり、一般用の電力が分配されている。地域における電力需要の伸びが予想されているが、シビーオボー周辺に発電所を建設する計画は今のところ立てられていない。

### 6) 労働力

シビーオボー地区の人口は約12,000人である。増産時に必要となる人員の確保には問題がないとされている。しかしながら、新採用の労働者のトレーニングシステムが必要である。また、ウランバートルやその他の町から熟練した労働者や技術者を雇用するには、インフラが整っておらず、生産拡張に合わせてインフラを整備する必要がある。

### 7) 町

シビゴビはチョイルの南に位置し、人口は約12,000人である。シビゴビには旧ソ連軍が住居としていた無人のアパートがあり、小規模の改造を行えば、これらを利用することが可能である。この地域には、学校、病院と市場があり、飲料水は町の近郊にある井戸からトラックで供給され、熱水は中央熱水供給システムから供給されている。このシステムでは、以前はロシアから輸入された原油あるいは石炭を使用していたが、国内炭を利用できるように改造された。また、設備は町に熱水を供給するには小さく、大型の設備を必要とする。

電力はバガヌールを経由し、高圧送電線で中央エネルギーシステムから供給されている。通信システムは容量が小さいが利用できる。国際電話もウランバートルの交換を通して利用できる。いくつかのテレビとラジオ放送も受信可能である。一般的に、シビーオボーのこれらの設備は、他の地方都市と比較して恵まれている。しかし、バガヌールと比較すると、規模も小さ

く十分ではない。シビーオボー炭鉱で専門の技術者と熟練労働者を雇用するためには、町の質を高める必要がある。前述したが小規模の改造を行えば、生産拡張に伴う新しい労働者のための住居は確保できる。

#### 8) 土地

チョイル山麓に位置し平坦な地形で、標高は海拔約1,200m程度である。樹木はほとんど生えておらず、草原地帯となっている。温度差が激しく、冬季は非常に寒い。

### 4.4 改善計画の工程

#### (1) 改善計画

改善計画は、採掘機器の納入工程に基づいて下記の通り策定したが、石炭の需要による影響は反映されていない。

部品の発注	: 1994年末
部品の到着	: 1995年末
増産用の資金調達	: 1995 - 96年
採掘機器の発注	: 1996年末
採掘機器の到着および組立	: 1998年末

#### (2) 生産計画

1995年	: 0.6百万ト/年
1996 - 1998年	: 0.8百万ト/年
1999年	: 2.0百万ト/年

表 4.12 必要附帯設備

Description	Unit Price US\$1000	Number of unit required	Initial Investment US\$1000	Life years	Cost/y US\$1000	Year to be installed
<b>A. Workshop</b>						
Garage	600	1	600	20	30	1997
Workshop Building	500	1	500	20	25	1997
Workshop tools	255	1	255	6	43	1998
Total item A			1,355		98	
<b>B. Warehouse</b>						
Warehouse Building	500	1	500	20	25	1997
Computer system	43	1	43	8	5	1998
Total item B			543		166	
<b>C. Coal stock yard</b>						
Watering system	85	1	85	10	9	1998
Front End Loader 5 m <sup>3</sup>	408	1	408	8	51	1998
Dozer shovel 250 HP	306	1	306	8	38	1998
Total item C			799		98	
<b>D. Sizing &amp; Loading</b>						
Crushing plant	425	1	425	15	28	1998
Conveyor with hopper car	425	2	850	10	85	1998
Conveyor with spreader	680	2	1,360	10	136	1998
Siding of the track	43	1	43	20	2	1998
Loading silo	85	1	85	10	9	1998
Car puller	43	1	43	10	4	1998
Dozer shovel 250 HP	306	2	612	8	77	1998
Front End Loader 5 m <sup>3</sup>	408	2	816	8	102	1998
Diesel Locomotive	470	1	470	8	59	1998
Total item D			4,704		502	
<b>E. Power distribution</b>						
Remove Transmission line	400	1	400	20	20	1998
Transformer(110/35KV)	323	1	323	10	32	1997
Transformer(35/6KV)	167	2	334	10	33	1997
Cable	100	1	100	10	10	1997
Generator for emergency	204	1	204	10	20	1998
Total item E			1,361		115	
<b>F. Communication</b>						
High power wireless system	85	1	85	8	11	1998
Total item F			85		11	
<b>G. Drainage &amp; water supply</b>						
Drainage system	4,000	1	4,000	5	800	1997
Total item G			4,000		800	
<b>H. Supporting equipment</b>						
Bulldozer 320HP	476	2	952	8	119	1998
Bulldozer 200HP	306	2	612	8	77	1998
Grader 250HP	366	2	732	8	92	1998
Front End Loader 5 m <sup>3</sup>	408	2	816	8	102	1998
ANFO truck	170	1	170	8	21	1998
Fuel Truck	128	1	128	8	16	1998
Water truck	102	2	204	8	26	1998
Service truck	51	5	255	8	32	1998
Total item H			3,869		485	
<b>I. Others</b>						
Mine office	500	1	500	30	17	1997
Explosive magazine	200	1	200	30	7	1997
Boiler	300	1	300	15	20	1997
Road maintenance	300	1	300	15	20	1997
Quality monitoring system	240	1	240	8	30	1998
Total item I			1,540		94	
Total item A-I			18,256		2,369	
Local cost			3,651		474	
Grand total			21,907		2,843	
Investment for 20 years					56,860	
Production (thousand ton)	2,000					
Capital/ton US\$/ton						1.4



## 5 品質管理システム

### 5.1 品質上の問題点

#### 5.1.1 品質

エネルギー・地質・鉱業省によると、ウランバートルの発電所に送られた最初の250千トンは、2,800kcal/kgであったが、1993年には3,000kcal/kgに改善されたとのことである。また、鉱山研究所により行われたF/Sにおいては、3,700 kcal/kgの発熱量が予想されていた。しかしながら、実際の発熱量は表5.1に示すように、予想値からは程遠いものである。

鉱山研究所は発電所に供給されている石炭の分析を四半期毎に行っている。鉱山研究所はこの定期的な分析に加え、発電所と炭鉱の間の石炭品質に関する紛争の調停を行う機能がある。ウランバートルの発電所からのクレームは、主に全水分の高さと発熱量の低さに関するものである。塊炭は電動ロープショベル EKG 5Aのバケットにより破碎される。しかし、ショベルによる破碎は、2百万トン生産体制においては非効率的と判断される。酸化炭はボックスカットから70mまでの位置に存在する。F/Sにおいては採掘されない計画であったが、モンゴルにおける石炭需要の逼迫から酸化炭の採掘が行われてきた。I層、II層の原炭は貯炭ヤードにおいて別々に貯炭されている。

#### 5.1.2 品質管理上の問題点

現在、ウランバートルの発電所に供給されている石炭は、全水分の高さ、発熱量の低さ、サイズの大きさ等の問題を抱えている。冬季には高水分の石炭が輸送中に凍結するという問題がある。石炭消費者は石炭の品質、特に全水分に関する変動を最小限にするよう要求している。なぜなら、高全水分の石炭は貨車内での凍結、発電所における石炭輸送管の閉塞といった問題の原因になるからである。シビーオボー炭鉱では、破碎設備やサイジング設備がないため、ブルドーザーのプッシュ・ドージングにより原炭の破碎が行われている。したがって、発電所に供給される石炭のサイズは一定ではない。この問題を解決するため、炭鉱の管理者はバガヌールやシャリングル炭鉱で用いられているような大型の固定設備の代わりに、セミ・モービル・クラッシング・スクリーンプラントの導入を望んでいる。発電所に供給されていた全水分の高い石炭は、地下水の抜水遅れに起因しており、また発熱量の低さは酸化炭の採掘に起因する。風の強い時期に発生しやすい石炭の自然発火も、石炭品質管理上の問題点の一つである。

表 5.1 発電所に納入された石炭品位

<Shivee Ovoo>											
NO. 3	T. M. (ar)	ash (db)	V. M. (daf)	T. S. (db)	C. V. (ar, low)	NO. 4	T. M. (ar)	ash (db)	V. M. (daf)	T. S. (db)	C. V. (ar, low)
93-1	40.4	17.6	41.1	0.53	2,552		42.8	14.2	42.3	0.38	2,468
2	44.1	7.2	42.9	0.28	2,832		44.9	14.2	40.9	0.52	2,293
3	36.9	15.8	41.4	0.39	2,804		37.2	16.7	49.7	0.51	2,603
4							38.7	10.0	44.1	1.25	3,070
5							35.2	13.9	43.9	1.04	3,069
6							36.6	14.2	43.7	0.95	2,938
7							42.5	9.4	43.4	0.70	2,779
8	42.3	9.7	44.2	0.73	2,740		44.6	7.8	43.5	0.74	2,728
9	43.5	8.2	45.1	0.73	2,665		41.8	10.1	44.4	0.95	2,761
10	43.3	8.0	44.7	0.64	2,816		41.1	11.7	45.7	0.96	2,668
11	43.4	12.3	45.4	1.02	2,306		42.8	12.9	47.8	1.06	2,305
12							43.7	8.7	45.1	1.04	2,768
Ave.	41.5	13.0	42.7	0.57	2,669		41.0	11.2	44.6	0.93	2,750
94-1											
2											
3											
4											
5											
6											
7							37.2	11.6	46.3	0.78	3,044
8							44.6	7.9	49.4	0.95	2,492
Ave.	0.0	0.0	0.0	0.00	0		40.7	9.8	47.8	0.86	2,780

## 5.2 必要な品質管理と設備

管理者はシビーオポー炭鉱の操業にあたり、石炭品質管理のため新しい考え方と設備を導入しなければならない。考慮されるべき要因は次の通りである。

- 剥土および採炭前の採掘区域での十分な地下水の抜水
- 採炭前の十分な排水
- 発電所への凍結炭の発送の防止
- 酸化炭の採掘中止
- 露出炭層への捨土ばれ込み流入防止
- 金属探知器およびマグネットキャッチャーの導入
- 品質分析のための定期的なサンプリングと事前連絡体制の確立
- 発電所でのボイラーの乾燥工程増強と改造
- 山元における石炭管理体制の向上

### 5.2.1 必要な品質管理システム

需要家の品質的要求を満たすため、品質管理には最大限の努力が払う必要がある。付着水分の低減と灰分の低減およびサイズの管理が必要である。また酸化炭を発電所に出荷しないため、管理者は過去の開発計画で調査されている地質および石炭分析のデータにより、品質管理に関し配慮すべきである。全体のエネルギー効率向上を考えた場合、発電所サイドも燃焼システムと修理体制の改善をすべきである。

#### (1) 水分管理

石炭の高付着水分は採掘上の問題、輸送の問題、燃焼の問題の原因となっている。従って、付着水分管理にもっと注意を払うべきである。付着水分を減少させるために最も効果的である地下水の抜水方法を改善すべきである。また、ピットに流れ込んだ雨水や地表水は採炭前に排水を行うべきであり、露出した石炭層にたまった水をしみ込ませることは避けるべきである。

山元に石炭乾燥設備を設置することで付着水分を少なくすることは出来るが、経済的理由と自然発火問題のため、設置することは推薦できない。この傾向は、世界の褐炭炭鉱でも同じである。山元で石炭を乾燥した場合、乾燥設備と乾燥のためにエネルギーが必要となり、また、乾燥後、貯炭および輸送中に自然発火を起こす危険性が高くなる。一方、発電所で乾燥を行う場合は発電の廃熱を利用することが可能であり、エネルギーロスは少ない。

従って、山元での水分低減のための最も経済的と思われる対策は、採掘前の抜水および出荷前の天日乾燥である。また、冬季の凍結等によるハンドリング問題をなくすために、出荷される石炭の水分を注意深く監視することが必要であり、このためにオンラインの水分分析装置の

導入が望まれる。

## (2) 灰分管理

灰分の管理には2通りの方法がある。一つは、選別採炭の実施であり、他方は選炭である。シビーオポー炭の浮沈分析の結果、可選性は良好ではなく、設備投資をして選炭する価値はないと判断される。褐炭に対するこの傾向は世界的にも一般的な傾向である。原炭の灰分の低減は、選炭採炭によって可能である。また、上盤のクリーニングとはさみの除去を行い、ドラッグラインによる捨土のばれ込み防止等を実施することである。このために、上盤は石炭採掘前にグレーダーあるいはフロントエンドローダー等で清掃することが、下盤は石炭と同時に採掘しないようショベル運転手の技術向上が必要である。また、30cm程度のはさみは除去されることが望まれる。

## (3) サイズ管理

一般需要家は大塊を好むのに対し、発電所は大塊を好まない。発電所の受入れ設備は300mm以下の石炭であれば問題はない。現状はサイズ管理が不徹底で、受入れスペック以上の大塊が発電所に供給され、重大なハンドリング問題を起こしている。山元で可能な限り破碎するならば、発電所での破碎電力を削減することができる。反面、自然発火の助長・水分の付着助長等の問題が発生する。また、同じ破碎を行うにも、山元で行う場合は、送電ロスにより電力効率も低下する。従って、山元で必要以上に破碎するメリットはないが、受入れに支障をきたさないよう、300mmのスペックは厳守するべきである。

## (4) 発電所における対策

発電所においては、燃焼前に廃熱で乾燥させることが理想である。また、ボイラーのスペックを石炭の品質に合わせることも重要な課題である。石炭の品質監視も行い、適正な品質になるような混炭に関しても検討されるべきであろう。

### 5.2.2 必要とする設備

石炭品質管理の改善のため、下記に示す機器・設備の導入・強化が必要である。

品質管理機器（オンライン分析器）

クラッシング・サイジングプラント

薄い間盤除去用小型フロントエンドローダーとトラック

表 5.2 分析用機器—シビーオボ—炭鉱

Name of the item	Specification	Unit	price (1000 US\$)
1 Automatic scale	+0.001 g	1	8.2
2 Jaw Crusher	Crushing size 5 mm	1	15.2
3 Brown Crusher	Grain size 0.25 mm	1	13.0
4 Cycle mill	-200 mesh	1	11.0
5 Ro-Tap Sieve Shaker	240 rpm, 0-60 min. timer	1	5.6
6 Rifle Sampler	Receptable until 60 kg	1	17.8
7 Moisture determinator	Max temperature 200 degrees	1	1.8
8 Ash determinator	Max temperature 1200 degrees	1	17.7
9 VM Analyzer	Max temperature 900 degrees	1	9.3
10 Digital Calorimeter	1000-8000 cal	1	38.2
11 Sulfur Analyzor	Max. temperature 1400 degrees	1	23.2
12 PH meter	Digital	1	3.1
Total, Foreign			164.1
Total, Local cost			32.8
Grand total			196.9

表 5.3 分析用機器—鉱山研究所

Name of the item	Specification	Unit	price (1000 US\$)
1 Brown Crusher	Grain size 0.25 mm	1	13.0
2 Cycle mill	-200 mesh	1	11.0
3 Ro-Tap Sieve Shaker	240 rpm, 0-60 min. timer	1	5.6
4 Rifle Sampler	Receptable until 60 kg	1	17.8
5 HGI test machine	60 rotation, 1 inch balls	1	10.5
6 Digital Calorimeter	1000-8000 cal	1	38.2
7 C, H Analyzor	Tube furnace, Max 1350 degrees	1	37.7
8 Sulfur Analyzor	Max. temperature 1400 degrees	1	23.2
9 Ash melting point tester	Max temperature 1600 degrees	1	39.3
10 PH meter	Digital		
Total, Foreign			196.3
Total, Local cost			39.3
Grand total			235.6

### 5.3 製品炭品位

製品炭品質は、表2.2に示す各層の品位を基準値にして、各層の平均層厚と埋蔵量で加重平均する方式により推定した。なお、予想製品炭品位は、上下盤およびはさみの混入量を考慮し、また、全水分は発電所の要求品位をベースに算出した。使用した算出条件は、次の通りである。

(1) 上下盤の混入は各層ごと10cmとする。

上下盤の混入を最小限とするためには、小型の機械を導入し石炭上部をきれいに露出する、下盤の混入を避けるため30cm程度石炭を残すことが必要になる。

(2) はさみの混入率は2%とする。

図2.3に示した代表的な柱状図を用いて算出した結果と一致するように、はさみ混入率を決定した。

(3) 全水分は35%とする。

(4) 混入する上下盤、はさみの気乾ベースにおける品位は、灰分70%、高位発熱量1,000kcal/kgとする。

推定結果を表5.4に、計算表を表5.5に示す。

表 5.4 製品炭品位

		As received	Air dry	Dry	Dry ash free
Total Moisture	%	35.0			
Surface Moisture	%	28.8			
Inherent Moisture	%	-	8.7		
Ash	%	-	16.5	18.1	
Volatile Matter	%	-	32.7	35.8	43.7
Fixed Carbon	%	-	42.1	46.1	56.3
Total Sulfur	%		0.60	0.66	0.80
Calorific Value					
(HCV)	kcal/kg	3,580	5,030	5,509	6,725
(LCV)	kcal/kg	3,212	4,756		
Size	mm	0-300			

表 5.5 予想製品炭品位計算表

1. Average coal quality of each seam on table 2.1

	T.M. (ar)	I.M. (ad)	ash (db)	V.M. (daf)	F.C.	T.S. (db)	C.V. (daf)	C.V. (ar)	ash	C (daf)	H (daf)	N (daf)
I	32.5	8.3	16.9	44.0		0.64	6.708	3.763			5.48	
II	33.4	9.2	15.7	42.7		0.69	6.779	3.675			5.48	
						(high)	(high)					

2. To change data (into air dry basis and dry basis) dry basis

	T.M. (ar)	I.M. (ad)	ash (ad)	V.M. (ad)	F.C. (ad)	T.S. (ad)	C.V. (ad)	C.V. (ar)	ash (db)	C (db)	H (db)	N (db)	S.W. (ar)
I	32.5	8.3	15.5	33.5	42.7	0.59	5.112	3.763	16.9		4.55		26.4
II	33.4	9.2	14.3	32.7	43.8	0.63	5.139	3.806	15.7		4.62		26.7
						(high)	(high)						

3. Quality of overburden and interburden (air dry basis)

	I.M.	ash	V.M.	F.C.	T.S.	C.V.
O/B	10	70	15	5	0.6	1.000

4. Estimated quality of each seam with overburden and interburden

	T.M. (ar)	I.M. (ad)	ash (ad)	V.M. (ad)	F.C. (ad)	T.S. (ad)	C.V. (ad)	C.V. (ar)	ash (db)	C (db)	H (db)	N (db)	S.W. (ar)	C.V. (ar)	H (ar)
I	32.5	8.3	16.9	33.0	41.7	0.59	5.005	3.686	13.4		4.47		26.4	3.328	3.0166
II	33.4	9.2	15.8	32.2	42.3	0.63	5.074	3.723	17.4		4.53		26.6	3.359	3.0151
						(high)	(high)							(low)	

5. Estimated average quality of mine

	T.M. (ar)	I.M. (ad)	ash (ad)	V.M. (ad)	F.C. (ad)	T.S. (ad)	C.V. (ad)	C.V. (ar)	ash (db)	C (db)	H (db)	N (db)	S.W. (ar)	C.V. (ar)	H (ar)
	32.8	8.7	16.5	32.7	42.1	0.60	5.030	3.700	18.1		4.49		26.5	3.340	3.016
	35.0	8.7	16.5	32.7	42.1	0.60	5.030	3.580	18.1		4.49		28.8	3.212	2.9185
						(high)	(high)							(low)	

6. Thickness of coal, overburden and interburden

	coal(-0.3m)	O/B	I/B	total
I	15.2	0.10	0.30	0.40
II	12.2	0.10	0.24	0.34
	Mixed ratio(2%)		0.02	

7. Thickness of each coal seam and coal reserves

seam	thickness (m)	reserves (m. ton)
I	15.5	301
II	12.5	173

(Calculation method)

I. Estimated quality of each seam with overburden and interburden

$$\text{Estimated quality} = (Qc * Tc + Qr * Tr) / (Tc + Tr)$$

Qc : quality of coal

Qr : quality of overburden and interburden

Tc : Thickness of coal seam

Tr : Thickness of overburden and interburden

II. Estimated average quality of mine

$$\text{Estimated average quality} = \frac{\sum_{i=1,2} Qeqi * Ri}{\sum_{i=1,2} Ri}$$

Qeqi : estimated quality of each seam

Ri : reserves of each seam

i : number of seams

## 5.4 可選性

選炭の可能性を調査するため、I層とII層について浮沈分析を実施した。各層の分析結果は次の通りである。

- (1) I層は比重1.4で分離した場合、灰分6%程度の精炭が得られ、その理論歩留は91%である。
- (2) II層は比重1.45で分離した場合、灰分17%程度の精炭が得られ、その理論歩留は85%である。

各原炭灰分は、I層は11.1%、II層は22.1%である（表5.6, 表5.7参照）。また、示性曲線から、I層は比較的分離しやすいが、II層は分離しにくい石炭であると読みとれる。実際に選炭をするならば、ユーザーの要求する品位に合わせるために大量の原炭を用い、粒度別に詳細な試験をする必要がある。

全水分が高いため乾燥設備を検討している一方で、選炭することによって付着水分を増加させることは得策でないと思われる。現在発電所で問題となっているのは高水分による発熱量の低下であり、契約品位から判断して、原炭を選炭し灰分を下げる必要はない。また、世界的に褐炭を選炭している例はない。従って、現状選炭設備を建設する必要はないと判断する。将来、新しい発電所が建設され、高品位の石炭を要求されるならば、選炭による品位アップと選炭設備コストの比較も含め検討すればよい。



表 5.6 浮沈分析結果 (I層)

Sample	Mongolian Coal				
Sample No.	Shives Ovoo - Seam I				
Size Distribution	0.5 - 5.0	Mass (%)	88.3	Ash (%)	11.1
	- 32 mesh (- 500 $\mu$ m)	Mass (g)	19.7	Ash (g)	19.1
Date - Sampling	30th September, 1994				
Date - Analysis	17th October, 1994				

(Moisture Free Basis)

Group No	Relative Density Fraction	Floats		Ash	Cumulative Mass to the mid Point.	Quantity of Ash	Cumulative Ash	Floats Cumulative Mass	Cumulative Ash	Total Ash	Sinks Mass	Ash
		W (g)	W (%)	A (%)	$\Sigma W_{n-1} + W_n/2$	WA	$\Sigma WA$	$\Sigma W$	$\Sigma WA/\Sigma W$	(k) - $\Sigma WA$	100 - $\Sigma W$	h/i
1	- 1.20	124.5	25.63	5.24	12.8	134.33	124.33	25.63	5.24	931.46	74.37	12.52
2	1.20 - 1.25	108.4	22.32	5.53	36.8	123.39	257.73	47.94	5.38	808.06	52.06	15.52
3	1.25 - 1.30	106.5	21.93	6.30	58.9	138.22	395.94	69.87	5.67	669.85	30.13	22.23
4	1.30 - 1.35	72.3	14.88	7.09	77.3	105.53	501.47	84.75	5.92	564.32	15.25	36.99
5	1.35 - 1.40	30.9	6.35	9.13	87.9	58.03	559.50	91.10	6.14	506.29	8.90	56.89
6	+ 1.40	43.2	8.90	56.89	95.5	506.29	1065.79	100.00	10.66	0.00	0.00	
Total		485.9	100.00		100.0		k					

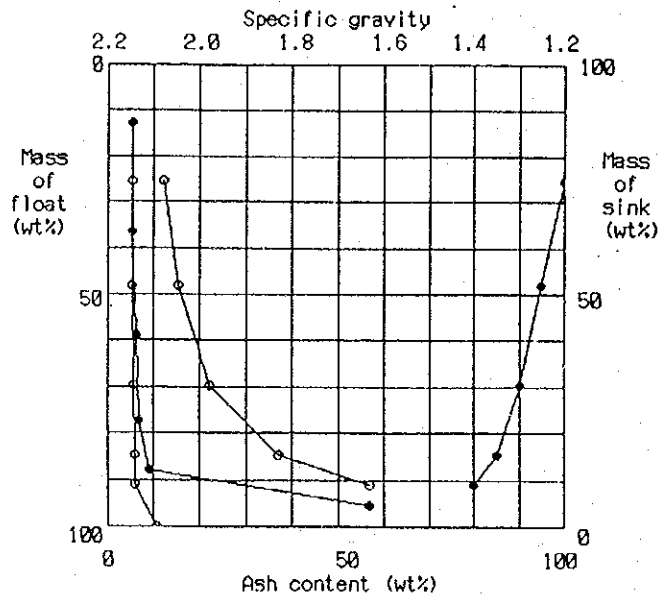
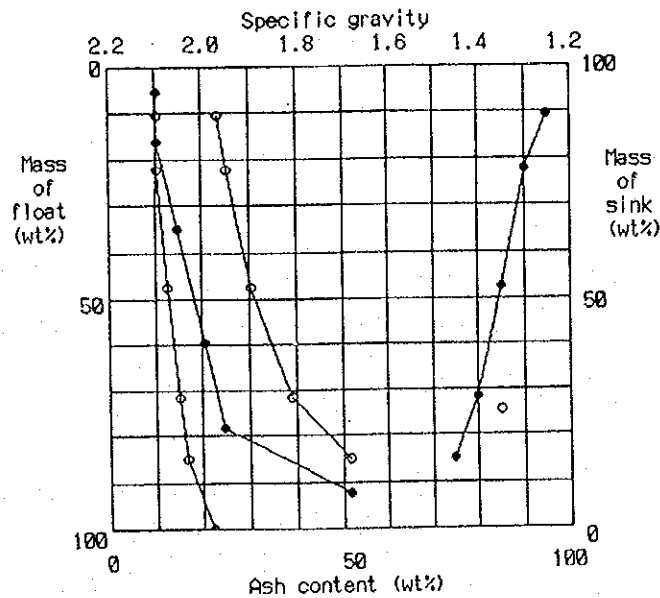


表 5.7 浮沈分析結果 (II層)

Sample	Mongolian Coal				
Sample No.	Shivee Ovoo - Seam II				
Size Distribution	0.5 - 5.0	Mass (%)	81.3	Ash (%)	22.1
	- 32 mesh (- 500 $\mu$ m)	Mass (g)	18.7	Ash (g)	29.7
Date - Sampling	30th September, 1994				
Date - Analysis	17th October, 1994				

(Moisture Free Basis)

Group No	Relative Density Fraction	Floats		Ash	Cumulative Mass to the mid Point	Quantity of Ash	Cumulative Ash	Floats Cumulative Mass	Cumulative Ash	Total Ash	Sinks Mass	Ash
		W (g)	W (%)	A (%)	$\Sigma W_{n-1} + W_n/2$	WA	$\Sigma WA$	$\Sigma W$	$\Sigma WA/\Sigma W$	(k) - $\Sigma WA$	100 - $\Sigma W$	h/i
1	- 1.25	52.9	10.52	10.32	5.3	108.60	108.60	10.52	10.32	2100.89	89.48	23.48
2	1.25 - 1.30	58.9	11.71	10.48	16.4	122.73	231.32	22.23	10.40	1978.16	77.77	25.44
3	1.30 - 1.35	127.3	25.31	14.91	34.9	377.53	608.85	47.55	12.81	1600.64	52.45	30.52
4	1.35 - 1.40	120.7	23.98	20.48	59.5	491.30	1100.15	71.53	15.38	1109.34	28.47	38.97
5	1.40 - 1.45	67.3	13.37	24.69	78.2	330.19	1430.34	84.91	16.85	779.15	15.09	51.62
6	+ 1.45	75.9	15.09	51.62	92.5	779.15	2209.49	100.00	22.09	0.00	0.00	
Total		503.0	100.00		100.0		k					



## 6. 環境調査

### 6.1 調査概要

シビーオボー炭鉱の改善における環境調査の目的は、生活環境、自然環境および社会環境の保全にある。調査はシビーオボーの露天掘採炭鉱区域内で実施され、主に環境の現況調査および検討からなる。環境調査のフローを第1章の図6.1に示す。

露天掘採炭の環境項目は、第1章の表6.1に示すマトリックス法を使用し、採炭活動の環境要因による影響の存在に基づいて選定される。環境要因は、主に剥土作業、剥土の運搬・堆積、採炭、粗炭の運搬、選炭工場でのサイジング・積込み、地下水の汲上げ、水処理・排水、事務所およびその他の施設での活動からなる。環境項目は最終的に大気質、水質、騒音・振動、土壌汚染、地象、水象、土壌、動・植物、景観および廃棄物・文化財・災害・移転および水利権を含む社会状況からなる。これらの項目は現況調査および評価項目と一致する。

環境評価の内容は、炭鉱の改善の結果、年間200万トンの増産によって発生する環境への影響を明らかにすることおよび環境保全対策・モニタリング計画を策定することにある。

### 6.2 法制度

第1章参照。

### 6.3 チョイル町の現況

シビーオボー炭鉱は首都ウランバートルの南東へ約250km離れたドルノゴビ県に位置し、標高1,180~1,230mである。シビーオボー炭鉱および調査地域を含む行政区としては、図1.1に示す通り、チョイル町のシビゴビ区域にあたる。

#### 6.3.1 社会状況

##### (1) 人口

1993年のチョイル町の人口、家族数、出生率および人口増加率は、それぞれ11,509、2,700、2.3%および-5.7%である。1992年前の人口増加率は増加傾向にあった。

## (2) 教育

町の教育状況を表6.1に示す。

表 6.1 シビーオポー地域の教育状況

Kind of School	: Number	: Teachers	: Students
10 years elementary ( Boarder	: 5	: 128	: 2,400 : 120 )

## (3) 医療状況

町の医療状況を表6.2に示す。

表 6.2 シビーオポー地域の医療状況

Medical facility	: Number	: Beds
1. Hospital (Public)	: 4	: 150
2. Sanatorium	: 1	:

## (4) 水処理

チョイル町の飲料水は、水井戸から揚水し、飲料水処理施設から1日当たり96m<sup>3</sup>供給している。シビゴビ区域も水井戸で揚水する水道施設がある。

下水施設はチョイル町で設置されており、1日当たり76m<sup>3</sup>の下水が処理されている。

## (5) 他の施設

チョイル町その他の公共施設等を表6.3に示す。

## (6) 産業

第一次産業は、主として牧畜、小規模な畑作および石炭採掘からなる。牛、馬、羊、山羊、らくだ等からなる家畜の総計は100,000頭である。石炭採掘は町の最大の産業であり、1993年には600,000トンが生産された。

第二次産業は製パン、醸造品、飲料品およびカシミア製造からなる。

第三次産業は運送業、鉄道、ホテル業、新聞業、レストラン、雑貨商からなる。

(7) 土地利用

チョイル町の土地利用は主として牧場、鉱山区域、草地、畑地、住宅地等からなる。

表 6.3 公共施設等

Public facility	: Number	:	Remarks
1. Town office	: 1	:	
2. Police station	: 1	:	
3. Post office	: 1	:	
4. Fire department	: 2	:	
5. Rail station	: 2	:	
6. Sports stadium	: 1	:	
7. Culture center	: 1	:	
8. Sanitary institute	: 1	:	
11. Other private facilities	:	:	
- Thermal water plant	: 1	:	
- Bank	: 3	:	Ardyn Bank Hotsh Bank Huduu Ajahui Bank
- Hotel	: 2	:	Zahirgaa Hotel : 20 beds Tumurzaa Hotel : 16 beds
- Restaurant	: 1	:	
- Market	: 1	:	

6.3.2 自然状況

(1) 水象

チョイル山周辺を除く地域の河川は、短い流路および降雨量が少ないことから、表流水のない、いわゆる”ワジ”によって特徴付けられる。小規模な湖が地域の低地に散在している。

(2) 気象

地域の気象はケッペンによる冷帯冬乾燥気候 (Dw) に属している。1990年の降雨量、平均気温、風速、卓越風向は、表6.4および図6.1に示す通り、それぞれ293mm、0.9℃、2.8m/secおよびN-Neである。

表 6.4 シビーオポー地域の気象データ

(1) 降雨量 (mm)

Year :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	: Total
1989 :	1.2	3.4	2.6	9.7	5.5	25.4	60.2	22.2	21.0	1.4	0.7	7.2	: 160.5
1990 :	1.8	4.4	4.2	6.9	17.6	12.4	122.0	62.3	18.4	10.3	31.9	0.7	: 292.9

(2) 平均温度 (° C)

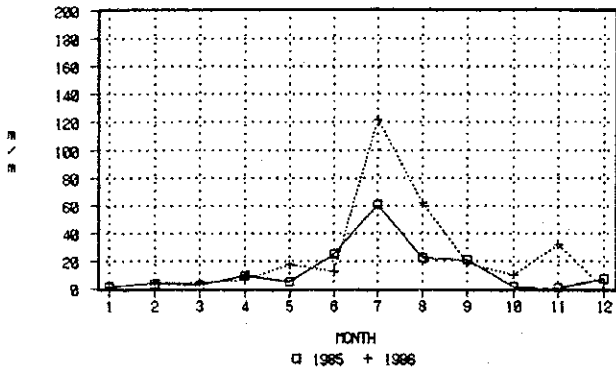
Year :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	: Ave.
1989 :	-17.4	-14.7	-6.0	6.2	12.2	15.9	18.6	18.4	9.0	3.0	-9.4	-15.8	: 1.6
1990 :	-22.8	-14.5	-2.4	1.6	11.8	15.1	18.4	15.5	9.9	6.0	-10.0	-17.7	: 0.9

(3) 風速 (m/sec)

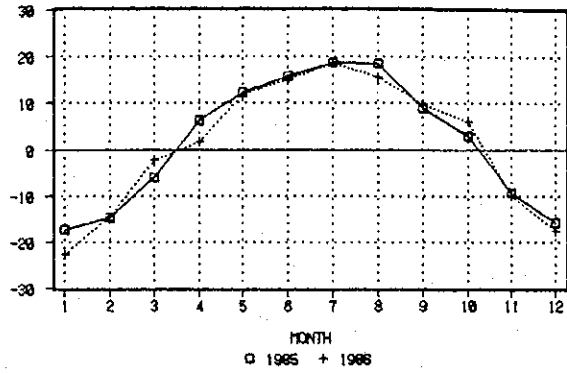
Year :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	: Ave.
1989 :	3.2	2.8	3.8	3.7	4.1	4.2	3.7	3.6	3.5	3.4	2.7	2.1	: 3.4
1990 :	2.4	2.2	2.7	5.2	3.7	3.7	3.2	2.4	3.0	1.6	2.3	1.6	: 2.8

(4) 卓越風向

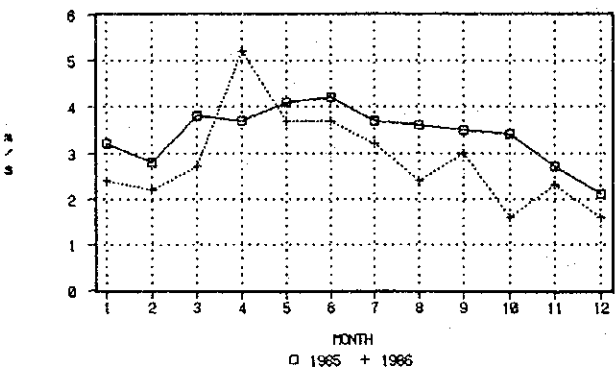
Year :	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
1985 :	9.7	2.5	10.5	9.1	5.8	4.0	35.9	22.5
1986 :	12.4	2.9	9.9	10.4	3.2	3.5	30.0	27.7



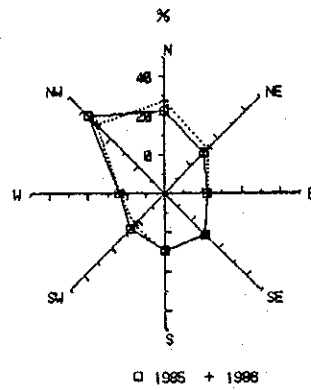
(1) Precipitation



(2) Temperature(° C)



(3) Wind speed



(4) Wind direction

図 6.1 シビーオボー地域の気象状況

## 6.4 調査地域の現況

調査地域は約20km<sup>2</sup>の面積を有し、図6.2に示す。地域の中央にシビーオポー炭鉱がある。

### 6.4.1 生活環境（公害）

#### (1) 大気質

主に炭塵と粘土からなる粉塵は、鉱山道路での石炭、表土の輸送におけるダンプトラックおよび露天掘における発破により発生している。暖期における粉塵は鉱山周辺に飛散され、家畜を含む動・植物に僅かながらも影響していると考えられる。

#### (2) 水質

調査地域の水質を表6.5・表6.6および図6.2に示す。

鉱山区域において地下水は、1日当たり3,000~4,000m<sup>3</sup>の範囲で揚水されている。揚水した地下水は、図6.2に示すように近くの湖に放水している。湖には湧水地帯があり湖の周辺に住む住民は湖の湧水を飲んでいる。湖の水質は元来湧水の水質と一致していたであろう(表6.5)。

揚水した地下水は比較的多くのCa、Cl、SO<sub>4</sub>、HCO<sub>3</sub>、Feを含有し、また高い電気伝導度1,826 μS/cmを示す。揚水した地下水は全量湖に排水されるため、湖は汚染されている。特に、電気伝導度は237~1,735 μS/cmに変化し、地下水に5.0mg/l含有する第一鉄(Fe<sup>2+</sup>)は、放水路と湖での曝気により酸化鉄(Fe(OH)<sub>3</sub>)としてほとんど沈殿している。

鉱山周辺にはいくつかの小さな湖が分布している。これらの湖は鉱山からの排水により汚染されている。

表 6.5 調査地域の水質 (mg/l)(August, 1994)

No. :	Location *1	pH	T. *2	E. C. *3	Fe*4	N*5
1	Groundwater (pumped)	6.8	9.3	1,826	5.0	< 0.2
2	Seepage at pit	6.0	18.8	1,724	< 0.1	< 0.2
3	Water course - 1	6.5	17.8	1,594	-	-
4	Lake - 1	7.5	20.1	1,753	-	-
5	Lake - 2 *6	7.0	23.7	237	< 0.1	< 0.2

\*1 : See Figure 6.2.

\*2 : Temperature (°C)

\*3 : Electric conductivity (μS/cm)

\*4 : Ferric (Fe<sup>2+</sup>), mg/l

\*5 : Nitrogen as ammonium (NH<sub>4</sub>-N), mg/l

\*6 : Water spring



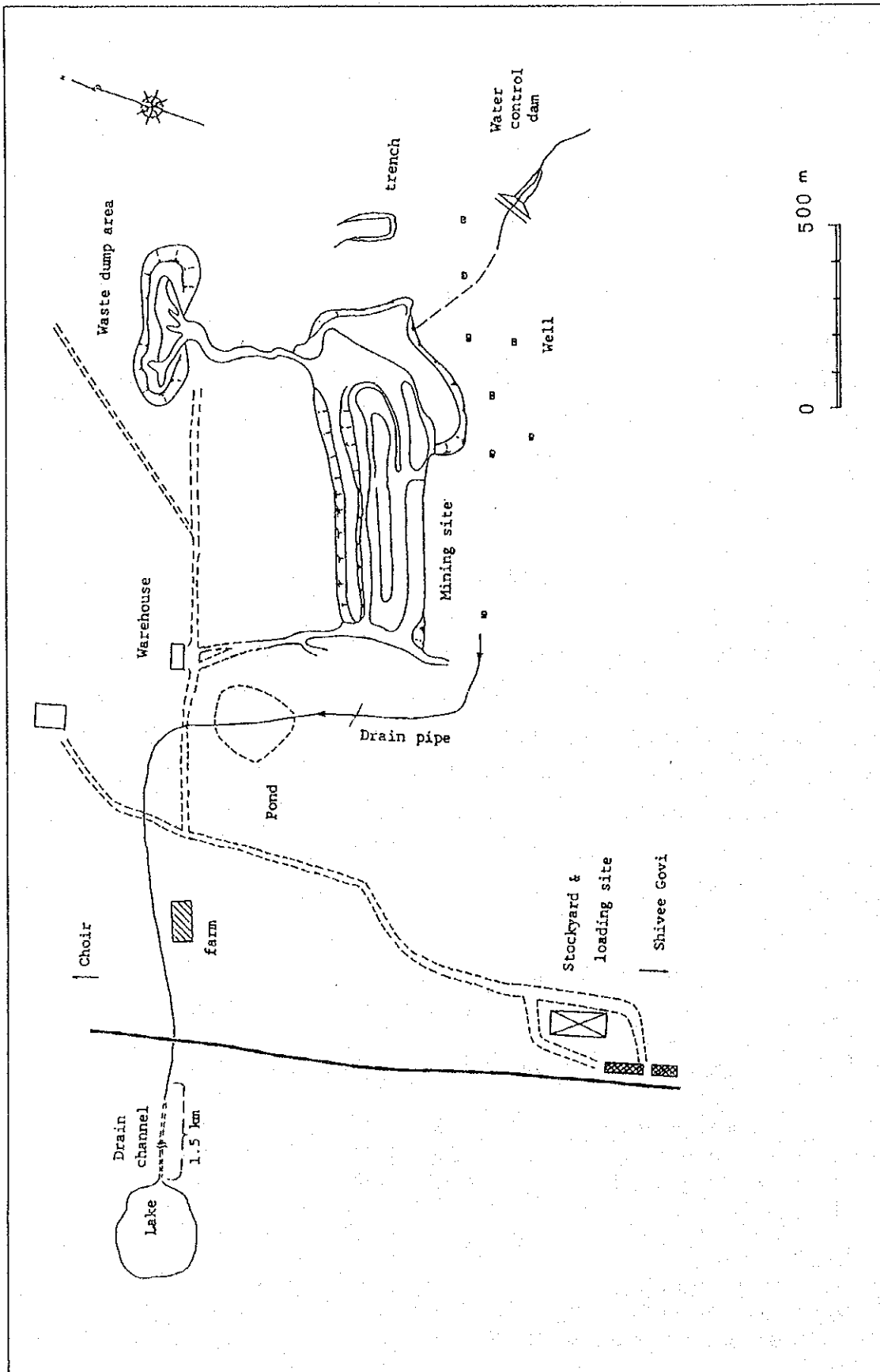


图 6.2 調査地域

表 6.6 鉍山区域における揚水した地下水の水質

Components	Unit	Concentration
1. Ca	: mg/l :	158.3
2. Mg	: mg/l :	79.0
3. Fe <sup>2+</sup>	: mg/l :	non
4. Fe <sup>3+</sup>	: mg/l :	non
5. Na + K	: mg/l :	32.7
6. NH <sub>4</sub>	: mg/l :	non
7. Cl	: mg/l :	236.7
8. SO <sub>4</sub>	: mg/l :	150.0
9. NO <sub>2</sub>	: mg/l :	non
10. NO <sub>3</sub>	: mg/l :	non
11. CO <sub>3</sub>	: mg/l :	-
12. HCO <sub>3</sub>	: mg/l :	366.1

source: Shivee Ovoo Coal Mine, 1991  
 Note : See Figure 6.2

## 6.4.2 自然環境

### (1) 地象

#### 1) 地形

標高1,180~1,230mの範囲にある調査地域は、谷底平野および低丘陵地からなる。炭鉍は低丘陵地に位置している。通常涸れている小さな谷が、図6.2に示すように、鉍山区域を北東から南西に横切っている。

#### 2) 地質

調査地域は主に砂岩、泥岩、シルト岩、石灰岩および数枚の石炭層からなる白亜紀のゴビ層が広く分布している。白亜紀層はチョイル・ニアルガ堆積盆の一部に属し、向斜構造を呈している。現在の採掘区域は向斜構造の北端に位置している。

褐炭成分の石炭層は、I~VIII層までの8層からなる。現在採掘している石炭層は、I層、II層およびV層である。炭層の傾斜は南へ4°~10°である。確定炭量および表土量は、それぞれ484百万トおよび1,691百万BCMである。

主な透水層は砂岩、礫岩および石炭層であり、深度-15.3~-260mに分布している。

沖積層は主に未固結の砂礫からなり、表流水のない河川に沿って小規模に分布している。

鉍山区域のずり堆積場は、降雨と風により著しく浸食されている。法面の表面は、植生が

ないことからガリー状に削られている。また、ずりは堆積場周辺に流出および飛散されている。ずりの法面の勾配は $32^{\circ}$ ～ $36^{\circ}$ である。

## (2) 水象

### 1) 表流水

発達していない河川は、降雨量が低いことと表層の浸透が高いことから通常涸れている。いくつかの小規模な湖が調査地域の低地に散在している。これらの湖は、元来地下水および降雨水により保たれていると考えられる。炭鉱の近くに位置する湖(400m x 600m)は、湖底に数カ所の湧水がある。湖水は近辺の住民および家畜の飲料水となっている。

### 2) 地下水

調査地域内の地下水は比較的豊富である。鉱山区域の開発当初の地下水位は深度-10～-20mであった。

鉱山区域の現在の地下水位は、9本の水井戸の揚水により深度-45mでほぼ安定している。揚水の容量は1時間当たり $200\text{m}^3$ である。現在、深度-130mまで水位降下させるために、鉱山区域の東側で10本の水井戸が揚水の計画にしたがって掘削されている。

## (3) 土壌

調査地域内の土壌は主に栗色土壌からなる。栗色土壌は15～65cmの層厚を有し、明褐色を呈し、炭酸カルシウム( $\text{CaCO}_3$ )および酸化鉄の沈殿層が特徴的である。しかし、酸化鉄は揚水の結果酸化されたものと推定される。

現在、表層土壌は、ずり堆積場および採掘跡地の覆土用に、前もって採掘場の外側に保存されていない。

## (4) 動・植物

鉱山および調査地域は比較的薄い草本で覆われている。

モンゴルは野生動物に豊富であることで知られており、ほ乳類が134種、鳥類が415種、魚類が70種、は虫類が9種、昆虫が15,000種および数千種の植物が存在している。

モンゴルにおける絶滅危機の恐れのある動・植物の種を第1章の表6.16に示す。当地域周辺の生物学調査は実施されていない。したがって、調査地域における生物学および生態学的調査の実施の必要がある。

剥土、スポイルの堆積、ずり堆積場、揚水、排水、煤塵の発生、等からなる鉱山活動は鉱山

区域周辺の生態系に影響があると考えられる。

## (5) 景観

調査地域の主要な景観は、数カ所の湖、草原等である。地形の改変は採掘現場およびずり堆積場で広く行われる。約30～35mの高さを有するずり堆積場は、採掘跡地の埋戻しに再利用する計画である。残りのずりは、整形後植生工を施す計画である。

## 6.4.3 社会環境

### (1) 廃棄物

鉱山区域からの鉱山活動によって生ずるスポイル（一時堆積物）は、主として表層土壌を除く表土およびインターバーデン（中間挟在土）からなる。スポイルのすべては採掘現場に隣接しているずり堆積場に堆積させている（図6.2）。ずり堆積場は整形し、覆土および植生工を施す計画である。

## 6.5 環境評価

調査地域の環境現況は、いくつかの環境問題の抽出と共に表6.7にまとめた。環境問題は炭鉱の拡大に基づいて検討される。

### 6.5.1 生活環境

#### (1) 大気質

採掘場、特に鉱山道路からの粉塵は、道路上に散水することにより防止することが可能である。したがって、採掘および運搬の拡大計画に基づく数台の散水車の補てんは必要である。

#### (2) 水質

鉱山区域から揚水される地下水は、溶存物質および溶存鉄（ $\text{Fe}^{2+}$ ）を多量に含有しており、飲料水として利用している湖を汚染している。排水地点について留意し、住民に飲料水を供給する必要がある。さらに、揚水した地下水は排水前に脱鉄する必要がある。

(3) その他

土壤汚染および騒音・振動公害は認められないが、現在のところ不明である。したがって、鉱山周辺の土壌質および騒音について、モニタリング調査と共に環境調査が必要である。

表 6.7 環境チェックリスト

Environmental items	Check items	Influence : : 1 : 2 : 3* <sup>1</sup>	Environmental issues	Moni. * <sup>2</sup>
I. Living environment				
1. Air quality	- Dust from mine site	: ○	: Dust	
	- Smoke by s. combustion	: △	:	
2. Water quality	- Drainage of ground-water	: ○	: Fe	: +
	- Seepage water at pit	: △	:	: +
	- Infiltration water at waste dump areas	: ?	:	: +
3. Soil contamination	- Soil contamination	: △	:	: +
4. Noise & vibration	- Machinery	: △	:	: +
	- Blasting	: △	:	
II. Natural environment				
1. Land	- Open pit mining	: ○	: Reclamation	
	- Waste dump areas	: ○	:	
	- Slope failure, etc.	: ○	:	: +
2. Water	- Drawdown of groundwater	: ◎	:	: +
3. Soil	- Extraction of top soil	: ○	: Reuse of soil	
	- Soil erosion	: △	:	
4. Fauna/flora	- Influence to fauna	: △	: Investigation	
	- Influence to flora	: ○	: Investigation	: +
	- Desertification	: △	:	: +
5. Landscape	- Open pit mining	: ○	: Reclamation	
	- Spoil and waste dump areas	: ◎	: Reclamation	
III. Social environment				
1. Waste	- Spoil of overburden	: ○	: Reclamation, reuse	
	- Domestic waste	: △	:	
2. Natural monument	- Shivee Ovoo Lake	: ◎	: Communication	
	- Ovoos	: ○	:	

\*1 Influence : 1. ◎ : Major influence, ○ : Minor influence  
 2. △ : Very small to non influence  
 3. ? : Not clear

\*2 Moni. : Monitoring

## 6.5.2 自然環境

### (1) 地象

ずりは採掘跡地の埋戻しに使用およびずり堆積場に堆積される。

ずり堆積場は、急傾斜と植生がないことから、継続的に降雨により浸食および風により飛散されており、水質および植物にも影響を与えていると考えられる。堆積場の法面は急傾斜であり植生がないことから、表面浸食、崩壊等に対して整形および植栽が必要となる。

標準法面勾配を表6.8に示す。ずりおよびスポイルは、ルーズな砂および砂質土からなることから、ずりおよび埋戻しの法面は勾配 1:2.0、盛土の高さを最高15mおよび5m毎に1m幅の小段をもうけることが望ましい。

表 6.8 盛土の標準法面勾配

Materials	: Height	: Gradient
Block (rock)	: 10 - 20 m	: 1:1.8 ~ 1:2.0
Sand	: < 10 m	: 1:1.8 ~ 1:2.0
Sandy earth	: < 5 m	: 1:1.5 ~ 1:1.8
	5 - 10 m	: 1:1.8 ~ 1:2.0
Sandy earth with gravel	: < 5 m	: 1:1.5 ~ 1:1.8
	5 - 15 m	: 1:1.8 ~ 1:2.0
clay	: < 5 m	: 1:1.8 ~ 1:2.0

Source; Japan Road Association

### (2) 水象

#### 1) 地下水の揚水

地下水の水位低下は、深度 -130mまで計画されている。詳細な水文的水文資料はないが、見掛け透水係数は、実際の揚水量および有効な水井戸の数量を使用して、以下の通り暫定的に算出する。

$$Q = n \times K \times 2\pi \times H \times L / (\ln L/r) \quad : \text{揚水量算定式}$$

- Q : 揚水量 (m<sup>3</sup>)  
 K : 透水係数 (m/sec)  
     : 平均 : 8.5 x 10<sup>-5</sup> m/sec  
 n : 井戸本数  
 H : 水位差 (m)  
 L : 透水層の厚さ (m)  
 r : 井戸の半径 (m)

(現在の揚水量の算定)

$$\begin{aligned} Q &= 0.05 \text{ m}^3/\text{sec} \\ H &= 45 \text{ m} \\ L &= 25 \text{ m} \\ r &= 0.10 \text{ m} \\ n &= 5 \text{ 本} \\ K_a &= 5.02 \times 10^{-6} \text{ m/sec} \end{aligned}$$

(将来の揚水量の算定)

$$\begin{aligned} K_a &= 5.02 \times 10^{-6} \text{ m/sec} \quad (\text{見掛け}) \\ H &= 130 \text{ m} \\ L &= 50 \text{ m} \\ r &= 0.10 \text{ m} \\ n &= 10 \text{ 本} \\ Q_a &= 0.330 \text{ m}^3/\text{sec} = 28,503 \text{ m}^3/\text{day} \\ & \quad (0.033 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{本}) \end{aligned}$$

揚水量の算定の結果、現在の見掛け透水係数は $5.02 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$ と算定され、バガヌール炭鉱 ( $8.65 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$ ) の見掛け透水係数とほぼ同様である。揚水の次の計画における揚水量の予測は、 $0.330 \text{ m}^3/\text{sec}$ あるいは $28,503 \text{ m}^3/\text{sec}$ と算定される。

さらに、鉦山区域での地下水の影響圏は、以下の通り算出される。

$$R = 3,000 \times S_w \times \sqrt{K} \quad (\text{Siechardtの式})$$

$$\begin{aligned} R &: \text{地下水の影響圏 (m)} \\ S_w &: \text{地下水の降下 (m)} : 130\text{m} \\ K &: \text{透水係数 (m/sec)} \\ &: \text{見掛け透水係数} : 5.02 \times 10^{-6} \text{ m/sec} \\ R_p &= 873.8 \text{ m (見掛け)} \end{aligned}$$

地下水の見掛けの影響圏は、約900mと算出される。採掘現場周辺の地下水の水位低下は確かに生じており、砂漠化を促進させるような湖を含む表流水、土壌、動・植物への影響があるだろう。当地域はステップとゴビ砂漠地帯の漸移帯にあたる。

### (3) 土壌

鉦山区域の表層土壌は削剥されているが、表層土壌は採掘跡地の復土および堆積場での再植生のために保存しておくことが必要である。

表層土壌の厚さは、平均約35cmである。表層の土壌は1haあたり約3,000 $\text{m}^3$ の採取が可能である。深度-30cm以下の土壌は一般に多量のCaおよびFeを含有しているので、深度-30cm以浅の土壌を採取する必要がある。

#### (4) 動・植物

鉱山区域の植生は薄い草本からなり、地形改変による影響を確かに受けている。

採炭終了後、採掘跡の埋戻し、整形および再植生が自然環境の保全のために実施するべきである。

保存した表層土壌は草の再植生のために使用することができる。

#### (5) 景観

採掘場は基の地形に復元すべきである。また、ずり堆積場は法面の浸食防止、崩壊、排水処理ばかりでなく、景観もまた必要である。

### 6.6 環境保全対策

各環境項目についての検討結果に基づいた環境保全対策を表6.9に概略的に示す。

表 6.9 環境保全対策

Items	Causes and Influences	Countermeasures
1. Air quality	Dust by transportation of coal and topsoil	Sprinkling water by watering trucks
2. Water quality	Water pollution by drainage of groundwater	Water treatment
3. Land	Alteration of land shape by open pit mining and waste dumping	Reclamation by reusing of spoils and reform of slope of embankment
4. Water	Surface water by increased drainage of groundwater water pumped	Discharged pond
5. Soil	Stripping of topsoil by open pit mining	Piling of topsoil and reuse of topsoil for replantation
6. Fauna/flora	Stripping of vegetation by open pit mining and waste dumping	Replantation at reclaimed and waste dump areas using piled topsoil
7. Landscape	Alteration of land shape by open pit mining and waste dumping	Reclamation and replantation
8. Wastes	Occurrence of wastes and waste dump areas	Reusing for reclamation at mined out areas, reform of slop of embankment and replantation of surface of wastes



## 6.6.1 生活環境

### (1) 大気質（粉塵）

粉塵は主に石炭、土壌およびずりの運搬で鉾山道路から発生する。散水用に散水車（40ト）を鉾山拡大の計画にしたがって準備する必要がある。

### (2) 水質（地下水の排水）

鉾山区域の地下水は、周辺の住民が水を飲んでいる湖に排水されている。排水されている水は、多くの溶存物質および溶存鉄（ $\text{Fe}^{2+}$ ）を含有している。従って、湖周辺の住民のために飲料水を供給することが必要である。

## 6.6.2 自然環境

### (1) 地象

露天掘採掘場は、ずりにより埋戻され、整形される。ずり堆積場もまた整形される。ずり堆積場および復土域の法面は安定に、そして浸食を防止するべきである。ずり堆積場および復土域の法面は、勾配が1:2.0、盛土の高さを最大15m、高さ5m毎に1m幅の小段および法面保護を施すことが望ましい（図6.3）。

### (2) 水象

地下水の揚水量は将来1日当たり約28,500 $\text{m}^3$ となり、湖に排水される。湖での地下浸透および蒸発がない条件では、80日あまりで満杯になるだろう。従って、排水用の調整池を準備する必要がある。

### (3) 土壌

表層土壌は法面保護および草本の再植生に重要であり（図6.3）、剥土前に表層土壌のみを保存する必要がある。

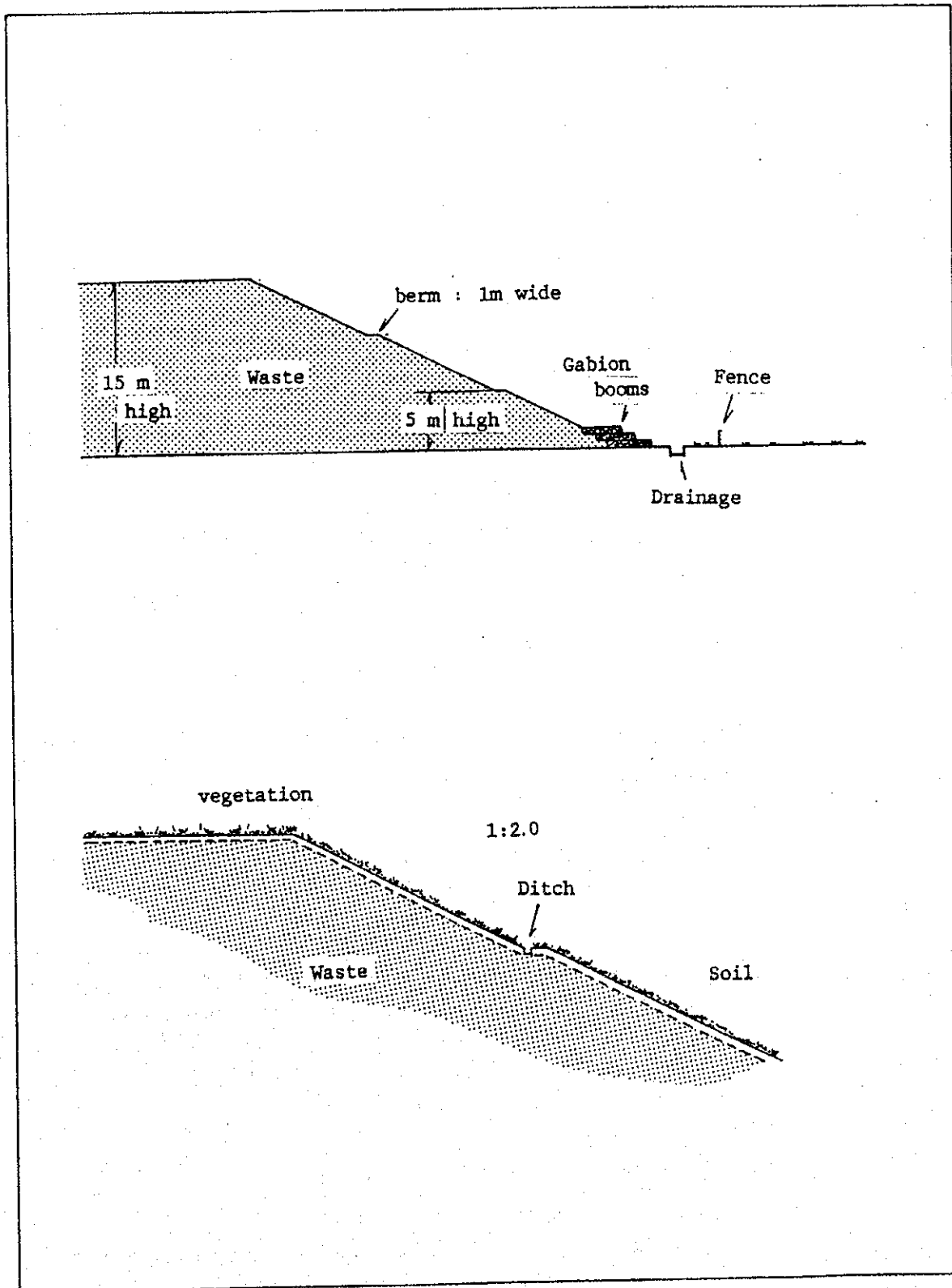


図 6.3 ずり堆積における法面

#### (4) 動・植物

採掘跡の埋戻し、およびずり堆積場の整形の後、法面保護、粉塵飛散防止、景観の保全と同様に、生態的に植生を戻すことが必要である。保存された表層土壌は、草本の種子植付けによる再植生にとって有効である（図6.3）。

#### (5) 景観

採掘跡の埋戻し、およびずり堆積場の整形の後、景観上、草本の種子植付けによる再植生が必要である。

#### 6.6.3 社会環境

ずり堆積場は安定、法面保護、排水設備を保持するために、草本による再植生と共に整形を行うべきである。

#### 6.7 モニタリング計画

モニタリングは環境状況を把握すること、および環境の保全を検討するために必要である。表6.10にモニタリングの内容を示す。

表 6.10 モニタリング計画

Items	Influences	Monitoring
1. Air quality	- Smoke and dust	: SPM, dust-fall : Plantsite, minesite,
2. Water quality	- Drainage of sewage and groundwater	: Main components *1 : Draining channel, lake, etc.
	- Seepage at pits and dump areas	: Main components *1 : Around minesite
3. Water	- Drainage of groundwater pumped	: Outflow, etc. : Observation

\*1 : Component of analysis : pH, electric conductivity, chemical oxygen demand, suspended solid, total N, Fe, Mn, Cl, K, Ca, Mg, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>

## 6.7.1 生活環境

### (1) 大気質

大気質のモニタリングは粉塵を対象とする。分析の内容は浮遊粒子状物質(SPM)および降下煤塵である。モニタリング地点は炭鉱、貯炭場、積込み場の周辺である。

### (2) 水質

地下水および抜水、採掘場およびずり堆積場からの浸出水の水質の内容は、PH、電気伝導度、浮遊性物質、全窒素、Fe, Mn, Cl, Na, K, Ca, Mg, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>からなる。モニタリング地点は排水路、湖、排水池、採掘場およびずり堆積場である。

## 6.7.2 自然環境

### (1) 水象

抜水された大量の地下水は湖へ排水される。従って、地表水の状態を監視する必要がある。

## 6.8 環境調査

鉱山区域の環境状況を把握するため、および環境保全のための対策を計画するために、詳細な環境調査を行うことが必要である。環境調査の内容を表6.11に示す。

表 6.11 環境調査

Items	Components	Location
1. Air quality	: SOx, NOx, SPM, dust-fall	: Mining area and its circumstance
2. Water quality	: Chemical & physical analyses; components *1	: Rivers, lake, mining area and circumstance
3. Water	: Hydrological investigation (Water balance, pumping test, drilling survey)	: Lake, rivers
4. Soil	: Soil investigation (Soil section, chemical analysis; components *2)	: Mining area and its circumstance
5. Fauna/flora	: Fauna & flora investigation	: Mining area and its circumstance

\*1 : Components : pH, electric conductivity, chemical oxigen demand, suspended solid, total N, Fe, Mn, Cl, Na, K, Ca, Mg, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>

\*2 : Components : Pb, Ni, Cu, Mo, Mn, Sn, V, Cr, Cd, Cyanide, Organic P, As, Hg

## 6.9 積算

環境関連の費用は、表6.12に示す通り、環境調査、環境保全対策およびモニタリング作業からなる。環境調査を含まない環境保全の費用は、全採掘量の10tg./BCMに相当する。

石炭採掘後の復土およびモニタリング作業を含む環境保全の追加分の費用は、含まれている。

## 6.10 結論および所見

### 6.10.1 結論

シビーオポー炭鉱の環境調査は、大気質、水質、土壤汚染、騒音・振動、地象、水象、土壤、動・植物および景観の9項目について実施した。

主な影響は既存の湖に排水による水質汚濁からなる。小規模な影響は、大気汚染、地象、動・植物および景観にある。

表 6.12 環境保全の費用

(1980-1999)

Environmental Items	Components	Rate (%)	Year																											Total			
			1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		2022	2023	2024
1. Air quality	Dust	5	-	1.6	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
	Water	18	-	3.2	3.2	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
2. Water quality	Treatment	58	-	16.8	16.8	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4	43.4
	Reclamation	15	-	4.8	4.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	
3. Land	Drainage	18	-	3.2	3.2	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
	Stockpile	5	-	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
4. Water	Planting	5	-	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
	Stockpile	5	-	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
5. Soil	Planting	5	-	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
	Stockpile	5	-	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
6. Flora	Planting	5	-	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
	Stockpile	5	-	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
7. Monitoring	Planting	5	-	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
	Stockpile	5	-	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
8. Environmental Investigation	Planting	5	-	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
	Stockpile	5	-	1.6	1.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
1. A	Planting	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8
	Stockpile	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
2. B	Planting	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8
	Stockpile	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
Total		188	30.8	32.8	32.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8

\*1 : For one year after mined out.  
 \*2 : For five years after mined out.  
 \*3 : For ten years after mined out.  
 \*4 : 18 to per BCH of total excavation in case of A.  
 \*5 : 18 to per BCH of total excavation in case of B.

## 6.10.2 所見

石炭採掘中および採掘終了後の地域の環境保全のために、大気質(SPM、降下煤塵)、水質(pH、COD、Fe等)と水象(地下水、抜水、湖)から構成されるモニタリングプランを実施すべきである。さらに、環境影響評価を含む大気質、水質、水象、土壌および動・植物のより詳細な調査が鉱山区域で実施されることが提言される。

## 7. 設備費と操業費

23年間のプロジェクト期間において、経済分析と財務分析に適切であろうと思われる設備費と操業費の両方が算出された。設備費は、生産拡大に必要な初期投資額と機器の寿命に伴う機器更新投資額から算出されている。操業費は生産拡大に必要な機器毎に見積もられた。

### 7.1 更新スケジュール

剥土作業のコスト指数比較において、中型ドラッグライン1台のケースが、シビーオボー炭鉱において最も経済的であることが示された。表7.1は、このケース3に対する機器更新スケジュールを示したものである。付帯機器および設備に関しては、表4.13に導入年次が示されており、更新は機器の寿命に合わせて行われる。

### 7.2 機器価格と部品コスト

設備費および操業費の見積りと評価のため、将来の経費データを予想する必要がある。将来の経費データは現状の経費データおよび変換係数を基に予想された。表7.2に本調査で用いられる価格・経費の概念を示す。初期投資額および更新に係わる投資額は、設備費に含まれる。部品コスト・燃料費・潤滑油代・電力費・火工品・労務費等は操業費に含まれる。

過去に購入された現有ロシア製機器の価格に関しては、機器価格の再評価が行われた。なぜなら、これら機器の簿価は現状の価格に比べ低いものと判断され、また、ロシア製機器の価格は、モダンタイプの機器の価格の80%に近づくであろうことが予想されているからである。再評価した価格を基に、表7.3に示す通り、既存設備に必要な部品コストが算出された。

### 7.3 設備費と操業費

#### 7.3.1 設備費

採掘機器・後方支援機器に係わる初期投資額および更新のための投資額は、2百万トンの生産を達成するために、7.1節の更新スケジュールと7.2節の機器価格をベースとして見積もられた。リノベーションプロジェクトの投資計画は表7.4に示される。



### 7.3.2 操業費

操業費に関しては、生産実行計画に基づいて算出された。労働力・部品コスト・電力消費量・燃料消費量等、操業費の積上げに必要な基礎データは、表7.5に示されている。サービス設備に関するこれらのデータは表7.6に示されている。

将来の操業費を予想するため、火工品・消耗品・燃料・電力等、現状の操業費データが分析された。表7.7は既存設備に係わる操業費原単位を示す。表7.8は追加機器に係わる操業費原単位を示す。これらの予想は、主に表7.9に示す炭鉱で作られた1994年の生産計画に基づく。給与と賃金に関しては、変化についての分析が行われ、付属資料5に示される。

## 7.4 外貨および内貨費用

### 7.4.1 外貨費用

23年間に必要な設備費および操業費の外貨費用を表7.10に示す。最初の3年間に必要な外貨は48.7百万US\$が見込まれる。

### 7.4.2 内貨費用

23年間に必要な設備費および操業費の内貨費用は表7.11に示す。最初の3年間に必要な内貨は7.9百万US\$が見込まれる。

表 7.1 機器更新スケジュール

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
Coal production (million ton)	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Overburden removal (million BCM)	2.1	2.1	2.5	2.5	2.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
Existing equipment	Unit	Life																									
Shovel EKG-5A	4	15				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D/T Belaz 548	15	6				4	4	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bulldozer CAT D8	2	8					2	2																			
Bulldozer DET-250	2	6									1	1															
Drill	2	8																									

表 7.2 価格とコスト構成

Items	Foreign Currency	Local Currency		CIF Site	
	Border Price	Taxes	Other Costs	Without Taxes	Total
Imported Equipment	0.8333 (1.0000)	0.1521 (0.1825)	0.0146 (0.0175)	0.8479 (1.0175)	1.0000 (1.2000)
Imported Parts including explosives	0.7407 (1.00000)	0.1963 (0.2650)	0.0630 (0.0850)	0.8037 (1.0850)	1.0000 (1.3500)
Diesel Oil	0.4726 (1.0000)	0.2578 (0.5455)	0.2696 (0.5703)	0.7422 (1.5703)	1.0000 (2.1158)
Gasoline & Lubricant	0.4611 (1.0000)	0.1653 (0.3585)	0.3736 (0.8102)	0.8347 (1.8102)	1.0000 (2.1687)
Electricity	—	0.0909	0.9091	0.9091	1.0000
M & E Others	—	0.0909	0.9091	0.9091	1.0000
Labor Costs (Salary)	—	0.0700	0.9300	0.9300	1.0000
Royalties & Charges	—	T & R	EC	EC	FC
* After Tax Expenses	—	—	1.0000	1.0000	1.0000

Where,

FC = Royalties and charges for financial cost

Baganuur ----- Revenue  $\times 0.03 + **(\text{S\&W}) \times 0.048 + \text{Coal}(t) \times 32.5 + \text{TBCM} \times 1.01 \text{ Tg}$   
 Shivee Ovoo ---- Revenue  $\times 0.06 + **(\text{S\&W}) \times 0.048 + \text{Coal}(t) \times 27.0 + \text{TBCM} \times 1.01 \text{ Tg}$

EC = Royalties and charges for economic cost

Health insurance, rail car standstill charges, fire fighter & guard, business trip, etc.  
 Baganuur -----  $**(\text{S\&W}) \times 0.048 + \text{Coal}(t) \times 32.5 \text{ Tg}$   
 Shivee Ovoo ---  $**(\text{S\&W}) \times 0.048 + \text{Coal}(t) \times 27.0 \text{ Tg}$

T&R = Taxes and royalties

Baganuur ----- Revenue  $\times 0.03 + \text{TBCM} \times 1.01 \text{ Tg}$   
 Shivee Ovoo --- Revenue  $\times 0.06 + \text{TBCM} \times 1.01 \text{ Tg}$

Note: \* "After tax expenses" mean the profit distribution procedure in the Mongolian accounting system; however, those are made up of "before tax expenses" and "after tax profits" in the western accounting system. In the analyses, the portion of "before tax expenses" such as bonus, food aid and pension supplement is included in the operating cost.

\*\* (S&W) is short for salary and wage costs.

表 7.3 既存機器の価格と部品コスト

Current parts cost

Name of the Item	unit	Current Unit price (1000US\$)	Required Parts (%)	Parts cost (1000 US\$/y)	Total capital (1000US\$)	Life (year)	Depreciation Replace Capital (1000US\$/y)
Shovel 5A	4	676	7.80	211	2,704	15	180
D/T Belaz	15	80	11.00	132	1,200	3	400
Bulldozer CAT D8	2	400	14.00	112	800	8	100
Bulldozer DET250, 110	2	90	11.00	20	180	6	30
Drill 160	2	200	3.00	12	400	8	50
Grand total (US\$)				487	5,284		760
Local cost (35%)				170			
Local cost (20%)					1,057		152
Grand total				657	6,341		912

Future parts cost

Name of the Item	unit	Estimated unit price (1000US\$)	Required Parts (%)	Parts cost (1000 US\$/y)	Current capital (1000US\$)	Life (year)	Depreciation Replace Capital (1000US\$/y)
Shovel 5A	4	1,514	10.00	606	6,056	15	404
D/T Belaz	15	304	14.00	638	4,560	6	760
Bulldozer CAT D8	2	400	14.00	112	800	8	100
Bulldozer DET250, 110	2	320	14.00	90	640	6	107
Drill 160	2	448	14.00	125	896	8	112
Grand total (US\$)				1,571	12,952		1,483
Local cost (35%)				550			
Local cost (20%)					2,590		297
Grand total				2,121	15,542		1,780

Note:

Estimated price of Russian equipment are 80% of modern type equipment.  
 Estimated future quality of Russian equipment will be closed to western equipment.  
 Parts for overhaul and daily maintenance are included.  
 Percents of required parts for Russian equipment are the same as those of the typical western equipment.

表 7.4 改善計画における投資スケジュール

EXISTING EQUIPMENT REPLACEMENT

UNIT: US\$ 1003 (Order Price Basis)

EQUIPMENT	LIFE UNIT	1990	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL		
SHOVEL EHC-5A (100)	4	1,514.0	0.0	1,665.4	1,665.4	1,665.4	1,665.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,665.4	1,665.4	1,665.4	1,665.4	1,665.4	0.0	0.0	13,322.2	
	15	1,665.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58
9/7 BELLE 548 (100)	8	304.0	2,340.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,340.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,337.6	658.8	2,340.8	0.0	0.0	0.0	0.0	19,935.2	
	8	450.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5
BULL CAT 78 (100)	2	440.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,540.0
	2	320.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8
BULL CAT-250 (100)	2	440.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,810.0
	2	492.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6
LIFE 15 yrs but for contingency	15	0.0	0.0	1,665.4	1,665.4	1,665.4	1,665.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,665.4	1,665.4	1,665.4	1,665.4	0.0	0.0	13,322.2	
	8	985.6	2,692.8	352.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5,594.8	
TOTAL		1,854.4	2,692.8	2,017.4	1,665.4	3,003.0	2,214.2	668.8	2,692.8	1,337.6	0.0	1,337.6	668.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,337.6	2,337.6	2,337.6	2,337.6	2,337.6	2,337.6	0.0	0.0	41,131.2

ADDITIONAL MINING EQUIPMENT

UNIT: US\$ 1003 (Order Price Basis)

EQUIPMENT	LIFE UNIT	1998	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL		
D/L 25/56	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
	30	16,615.0	8,307.5	8,307.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16,615.0	
BULL CAT 57	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3
	8	425.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,248.0
CHARGER 255 37	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3
	3	425.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,278.0
LIFE 30 yrs	30	0.0	8,307.5	8,307.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16,615.0	
	8	0.0	0.0	1,642.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,126.0	
TOTAL		0.0	8,307.5	9,949.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19,741.0	

ADDITIONAL SUPPORTING EQUIPMENT

UNIT: US\$ 1003 (Order Price Basis)

EQUIPMENT	LIFE (YRS)	1998	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL		
30	0.0	700.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	700.0
	20	0.0	1,600.0	442.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4,016.0
15	0.0	600.0	425.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,050.0
	10	0.0	757.0	2,627.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10,152.0
8	0.0	0.0	6,848.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30,547.0
	6	0.0	0.0	255.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,020.0
\$	0.0	4,000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20,000.0
	\$	7,657.0	10,598.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58,555.0
TOTAL		0.0	7,657.0	10,598.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	98,270.0

Note: Equipment of each life is shown in Table 4.12

表 7.5 操業コスト予測基礎データ (case3)

Manpower						
	Man/unit person	unit	Crew	Total person	Absence Rate	Required person
Dragline 29/96	2	1	3	6	0.83	8
Bulldozer 388 kW	1	1	2	2	0.83	3
Grader 205 kW	1	1	2	2	0.83	3
Maintenance				6	0.83	8
Total				16		22

Spare parts						
	Equipment Border Price 1000 US\$	unit price CIF Site w/o tax 1000 US\$	Parts factor	Parts cost /unit 1000 US\$	Unit	Parts cost total 1000 US\$/y
Dragline 29/96	16,615	18,027	0.05	901	1	901
Bulldozer 388 kW	616	668	0.05	33	1	33
Grader 205 kW	426	462	0.05	23	1	23
Total						957

Consumables							
	Equipment Border Price 1000 US\$	unit price CIF Site w/o tax 1000 US\$	Consumes factor /hour	Operation hour h/year	Parts cost 1000 US\$	Unit	Parts cost total 1000 US\$/y
Dragline 29/96	16,615	18,027	0.00001	4,236	764	1	764
Bulldozer 388 kW	616	668	0.00001	4,236	28	1	28
Grader 205 kW	426	462	0.00001	4,236	20	1	20
Total							812

Overhaul										
	Equipment Border Price 1000 US\$	unit price CIF Site w/o tax 1000 US\$	Parts factor /time	Overhaul Interval year	Life year	Overhaul time /life	Overhaul cost/life 1000 US\$	Overhaul Cost 1000 US\$/y	Unit	Overhaul Cost 1000 US\$/y
Dragline 29/96	16,615	18,027	0.1	8	30	3	5,408	180	1	180
Bulldozer 388 kW	616	668	0.1	2	8	3	200	25	1	25
Grader 205 kW	426	462	0.1	2	8	3	139	17	1	17
Total										223

Tyre								
	Tyre unit price Border Price 1000 US\$	CIF Site w/o tax 1000 US\$	No. of tyre pcs	Life hour	Operation hour h/year	Consumes /year pcs	Unit	Tyre cost 1000 US\$/y
Grader 205 kW	1.4	1.5	6	4,000	4,236	6.4	1	10
Total								10

Fuel and Lubricant						
	Power kW	Load factor	Operation hour h/year	consume 1000 ltr/y	unit	Total Fuel 1000 ltr/y
Bulldozer 388 kW	388	0.14	4,236	230	1	230
Grader 205 kW	205	0.14	4,236	122	1	122
Total						352

Electricity						
	Power kW	Load factor	Operation hour h/year	kWh/unit 1000 kWh/y	unit	kWh/year 1000 kWh/y
Dragline 29/96	2,611	0.6	4,236	6,636	1	6,636

Overhaul (short life case)										
	Equipment Border Price 1000 US\$	unit price CIF Site w/o tax 1000 US\$	Parts factor /time	Overhaul Interval year	Life time year	Overhaul time /life	Overhaul cost/life 1000 US\$	Cost/year 1000 US\$/y	Unit	Overhaul cost/year 1000 US\$
Dragline 29/96	16,615	18,027	0.1	8	30	3	5,408	180	1	180
Bulldozer 388 kW	616	668	0.1	2	6	2	134	22	1	22
Grader 205 kW	426	462	0.1	2	6	2	92	15	1	15
Total										218

表 7.6 操業コスト予測基礎データ (支援機器)

Manpower						
	Man/unit person	unit	Crew	Total person	Absence Rate	Required person
Dozer shovel 250 HP	1	3	3	9	0.83	11
Bulldozer 320 HP	1	2	3	6	0.83	7
Bulldozer 200 HP	1	2	3	6	0.83	7
Grader	1	2	3	6	0.83	7
FEL 5 m3	1	5	3	15	0.83	18
ANFO truck	1	1	3	3	0.83	4
Fuel truck	1	1	3	3	0.83	4
Water truck	1	2	3	6	0.83	7
Service truck	1	5	3	15	0.83	18
Power distribution	1	2	3	6	0.83	7
Diesel Locomotive	2	1	3	6	0.83	7
Crushing plant	5	1	3	60	0.83	72
Maintenance				30	0.83	36
Total				171		205

Spare parts						
	Equipment unit price		Parts factor	Parts cost /unit 1000 US\$	Unit	Parts cost total 1000 US\$/y
	Border Price 1000 US\$	CIF Site w/o tax 1000 US\$				
Dozer shovel 250 HP	306	332	0.05	17	3	51
Bulldozer 320 HP	476	516	0.05	26	2	52
Bulldozer 200 HP	306	332	0.05	17	2	34
Grader	366	397	0.05	20	2	40
FEL 5 m3	408	443	0.05	22	5	110
ANFO truck	170	184	0.05	9	1	9
Fuel truck	128	139	0.05	7	1	7
Water truck	102	111	0.05	6	2	12
Service truck	51	55	0.05	3	5	15
Power distribution	167	181	0.05	9	2	13
Diesel Locomotive	470	510	0.05	26	1	26
Crushing plant	1,785	1,937	0.05	97	1	97
Subtotal						471
Others (15%)						71
Total						542

Consumables							
	Equipment unit price		Consume factor /hour	Operation hour hour/y	Parts cost 1000 US\$	Unit	Parts cost total 1000 US\$/y
	Border Price 1000 US\$	CIF Site w/o tax 1000 US\$					
Dozer shovel 250 HP	306	332	0.00001	4,236	14	3	42
Bulldozer 320 HP	476	516	0.00001	4,236	22	2	44
Bulldozer 200 HP	306	332	0.00001	4,236	14	2	28
Grader	366	397	0.00001	4,236	17	2	34
FEL 5 m3	408	443	0.00001	4,236	19	5	95
ANFO truck	170	184	0.00001	2,824	5	1	5
Fuel truck	128	139	0.00001	2,824	4	1	4
Water truck	102	111	0.00001	4,236	5	2	10
Service truck	51	55	0.00001	4,236	2	5	10
Power distribution	167	181	0.00001	4,236	8	2	16
Diesel Locomotive	470	510	0.00001	4,236	22	1	22
Crushing plant	1,785	1,937	0.00001	4,236	82	1	82
Subtotal							392
Others (15%)							59
Total							451

Overhaul											
	Equipment unit price		Parts factor /time	Interval year	Life time year	Overhaul time /life	Overhaul cost/life 1000 US\$	Cost/year 1000 US\$	Unit	Overhaul cost 1000 US\$/y	
	Border Price 1000 US\$	CIF Site w/o tax 1000 US\$									
Dozer shovel 250 HP	306	332	0.1	2	8	3	100	13	3	39	
Bulldozer 320 HP	476	516	0.1	2	8	3	155	19	2	39	
Bulldozer 200 HP	306	332	0.1	2	8	3	100	13	2	25	
Grader	366	397	0.1	2	8	3	119	15	2	30	
FEL 5 m3	408	443	0.1	2	8	3	133	17	5	83	
ANFO truck	170	184	0.1	2	8	3	55	7	1	7	
Fuel truck	128	139	0.1	2	8	3	42	5	1	5	
Water truck	102	111	0.1	2	8	3	33	4	2	8	
Service truck	51	55	0.1	2	8	3	17	2	5	11	
Power distribution	167	181	0.1	2	8	3	54	7	2	14	
Diesel Locomotive	470	510	0.1	5	15	2	102	7	1	7	
Crushing plant	1,785	1,937	0.1	4	15	3	581	39	1	39	
Subtotal										304	
Others (15%)										46	
Total										350	

表 7.6 (1) 操業コスト予測基礎データ (支援機器)

Tyre	Tyre unit price		No. of tyre	Life hour	Operation hour h/hour	Consume /year pcs	Unit	Tyre cost 1000 US\$/y
	Border Price 1000 US\$	CIF Site w/o tax 1000 US\$						
Grader	4.3	4.7	4	4,000	4,236	4.2	3	59
FEL 5 m3	4.3	4.7	4	4,000	4,236	4.2	5	99
ANFO truck	1.4	1.5	6	4,000	4,236	6.4	1	10
Fuel truck	1.4	1.5	6	4,000	4,236	6.4	1	10
Water truck	1.4	1.5	6	4,000	4,236	6.4	3	29
Service truck	0.9	1.0	6	4,000	4,236	6.4	5	32
Total								239

Fuel and Lubricant	Diesel HP	Load factor	Operation		unit	Total Fuel 1000 ltr/y
			hour h/year	consume 1000 ltr/y		
Dozer shovel 250 HP	250	0.11	4,236	116	3	348
Bulldozer 320 HP	320	0.15	4,236	203	2	406
Bulldozer 200 HP	200	0.15	4,236	127	2	254
Grader	254	0.11	4,236	118	3	354
FEL 5 m3	380	0.11	4,236	177	5	885
ANFO truck	200	0.06	2,824	34	1	34
Fuel truck	200	0.06	2,824	34	1	34
Water truck	400	0.06	4,236	102	3	306
Service truck	100	0.06	4,236	25	5	125
Diesel Locomotive	1,200	0.06	2,824	203	1	203
Total						2,949

Electricity	Power rate kW	Load factor	Operation		unit	kWh/year 1000 kWh/y
			hour h/year	kWh/unit 1000 kWh/y		
Crushing / Loading	500	0.6	4,236	1,271	1	1,271
Total						1,271



表 7.7 既存システムでの操業費

Coal density	1.21
TBCM	Total Excavation (BCM) = Overburden removal + Coal ÷ Coal density (BCM)
Parts	
Machine parts	
Consumable parts	265.1 Tg/TBCM
Tires	
Diesel oil	0.5550 kg/TBCM @144 Tg/kg
Gas & Lub	Diesel oil × 0.20 (Gas:Lub = 20:80)
Electricity	3.31 kWh/TBCM @13.2 Tg/kWh @24.53Tg/kWh
	Escalation from 1995 to 1999: ER = 0.1319434
Explosives	0.21 kg/TBCM @138 Tg/kg
M & E Others	Heat, water, printing & paper, cheap consumables and their depreciation, costs for improvement in working environment and workers' safety, communication, etc.
	6.0 Tg/TBCM
	Plus Environment 10.0 Tg/TBCM (Total 16.0Tg/TBCM)
Salaries & Wages(S&W)	
Engineers	(Standard Number of Workers) × 860 × 10 <sup>3</sup> Tg/y × (Variance Factor)
Adm. Clerks	( " ) × 385 × 10 <sup>3</sup> Tg/y × ( " )
Skilled	( " ) × 585 × 10 <sup>3</sup> Tg/y × ( " )
Unskilled	( " ) × 267 × 10 <sup>3</sup> Tg/y × ( " )
Social insurance	(S&W) × 0.16
Royalties & Charges	Natural resources, land, health insurance, automobile property taxes, rail car standstill charges, fire fighter & guard, business trip, etc.
	Revenue × 0.06
	+
	(S&W) × 0.048
	+
	Coal(t) × 27.0 Tg
	+
	TBCM × 1.01 Tg
Adjusted Operating Costs	Operating cost included in "After Tax Expenses" is added to the cost.

$$A \times 0.09$$

A = Total operating costs - payable interest - depreciation

表 7.8 追加システムでの操業費

Coal density	1.21
TBCM	Total Excavation (BCM) = Overburden removal + Coal ÷ Coal density (BCM)
Parts	
Machine parts	
Consumable parts	323.9 Tg/TBCM
Tires	
Diesel oil	0.4982 kg/TBCM @144 Tg/kg
Gas & Lub	Diesel oil × 0.20 (Gas:Lub = 20:80)
Electricity	1.438kWh/TBCM @13.2 Tg/kWh (1994) @24.53Tg/kWh (1999)
	Escalation from 1995 to 1999: ER= 0.1319434
Explosives	0.21 kg/TBCM @138 Tg/kg
M & E Others	Heat, water, printing & paper, cheap consumables and their depreciation, costs for improvement in working environment and workers safety communication, etc.
	20.0 Tg/TBCM
	Plus Environment 10.0 Tg/TBCM (Total 30.0Tg/TBCM)
Salaries & Wages (S&W)	
Engineers	(Standard Number of Workers) × 860 × 10 <sup>3</sup> Tg/y × (Variance Factor)
Adm. Clerks	( " ) × 385 × 10 <sup>3</sup> Tg/y × ( " )
Skilled	( " ) × 585 × 10 <sup>3</sup> Tg/y × ( " )
Unskilled	( " ) × 267 × 10 <sup>3</sup> Tg/y × ( " )
Social insurance	(S&W) × 0.16
Royalties & Charges	Natural resources, land, health insurance, automobile property taxes, rail car standstill charges, fire fighter & guard, business trip, etc.
	Revenue × 0.06
	+ (S&W) × 0.048
	+ Coal(t) × 27.0 Tg
	+ TBCM × 1.01 Tg
Adjusted Operating Costs	Operating cost included in "After Tax Expenses" is added to the cost.
	A × 0.05

A = Total operating costs - payable interest - depreciation

表 7.9 現状の原単位

	1993 (Actual)	1994 (Budget)	Used in Study
Coal Production (10 <sup>3</sup> t)	503	650	
Coal (1.21 t/m <sup>3</sup> )(10 <sup>3</sup> BCM)	415.7	537.2	
Overburden (10 <sup>3</sup> BCM)	1,042.9	2,361.0	
TBCM (10 <sup>3</sup> BCM)	1,458.6	2,898.2	
Parts (10 <sup>3</sup> Tg)		93,132.0	Not used
(Tg/TBCM)		* 32.0	* (35.2)
Sub-materials			
explosives (t)	343.6	597.2	
(kg/TBCM)	0.236	0.206	0.21
(Tg/kg)	108	138	138
Others (10 <sup>3</sup> Tg)		9,265.2	
(Tg/TBCM)		* 3.2	
Diesel oil (t)	1,098.3	1,609.4	
(kg/TBCM)	0.753	0.555	0.555
(Tg/kg)	110	144	144
Gas & Lub (% of Diesel)	25	19.8	20
Electricity (MWh)	6,137	9,591	
(kWh/TBCM)	4.27	3.31	3.31
(Tg/kWh)	4.4	13.2	13.2
M & E Other			
heat		7,840.8	
Water		152.2	
cheap consumables		351.6	
their depreciation		175.8	
improvement in environment and safety for workers		7,203.1	
printing, paper and communication		1,165.0	
Total (10 <sup>3</sup> Tg)		16,888.5	
(Tg/TBCM)		5.8	6.0
environment conservation costs (Tg/TBCM)		0	10
Royalties and Charges			
natural resources		Revenue × 0.06	Revenue × 0.06
health insurance		S&W × 0.048	S&W × 0.048
land and auto		715.5 × 10 <sup>3</sup> Tg	1.01Tg/TBCM
rail car standstill charges (10 <sup>3</sup> Tg)		16,944.9	] 27 Tg/coal(t)
fire fighter & guard (10 <sup>3</sup> Tg)		0	
business trip, etc. (10 <sup>3</sup> Tg)		376.2	

表7.9 (1) 現状の原単位

	1993 (Actual)	1994 (Budget)	Used in Study
After tax expenses			
1) Cost portion to be treated as "operating cost" (hereafter : Adjusted Operating Costs)			
• renovation in technological and working conditions			Existing T×0.09
• employees training			
• social development fund			
— food aid			
— fuel aid			
— compensational salary for disabled miners			
— pension supplement			
— bonus			
— compensation for red ink subsidiary			Additional Expansion T×0.05
2) Profit portion nto to be treated as "operating cost"			
• dividend			0
• debt repayment			
• social development fund			
— compensation for red ink subsidiaries			
— construction costs of miner's apartment houses			

表 7.10 今後23年間に必要な外貨費用

Million US\$

Year	Capital cost *1			Operating cost *2			Yearly Total
	Existing	Addition	Total	Existing	Addition	Total	
1996	1.7	0.0	1.7	2.1	0.0	2.1	3.8
1997	2.7	16.0	18.7	2.1	0.0	2.1	20.8
1998	2.0	20.0	22.0	2.1	0	2.1	24.1
1999	1.7	0.0	1.7	2.1	4.1	6.2	7.9
2000	3.0	0.0	3.0	2.1	4.2	6.3	9.3
2001	3.2	0.0	3.2	2.1	4.2	6.3	9.5
2002	0.7	4.0	4.7	2.1	4.1	6.2	10.9
2003	2.7	0.0	2.7	2.1	4.1	6.2	8.9
2004	1.3	0.3	1.6	2.1	4.1	6.2	7.8
2005	0.0	0.0	0.0	2.1	4.1	6.2	6.2
2006	1.3	7.9	9.2	2.1	4.2	6.3	15.5
2007	0.7	4.7	5.4	2.1	4.2	6.3	11.7
2008	0.7	2.6	3.3	2.1	4.1	6.2	9.5
2009	3.6	0.0	3.6	2.1	4.1	6.2	9.8
2010	0.3	0.3	0.6	2.1	4.2	6.3	6.9
2011	0.0	0.0	0.0	2.1	4.1	6.2	6.2
2012	2.3	4.6	6.9	2.1	4.2	6.3	13.2
2013	2.3	0.4	2.7	2.1	4.2	6.3	9.0
2014	2.3	7.9	10.2	2.1	4.1	6.2	16.5
2015	4.4	0.0	4.4	2.1	4.2	6.3	10.6
2016	2.0	0.3	2.3	2.1	4.1	6.2	8.5
2017	0.9	6.3	7.2	2.1	4.2	6.3	13.5
2018	1.3	3.1	4.4	2.1	4.2	6.3	10.7
Total	41.1	78.4	119.5	48.3	83.0	131.3	250.8

Note \*1: Necessary capital costs of "existing" are the replacement cost of the existing equipment.

: Necessary capital costs of "addition" include both initial and replacement costs for additional equipment and facilities.

\*2: Operation costs include yearly spare part cost, periodic overhaul cost and imported consumable such as explosives, diesel oil, gasoline and lubricants.

表 7.11 今後23年間に必要な内貨費用

Million US\$ as of 1994

Year	Labor cost	Electricity cost	Others*	Total
1996	0.4	0.4	2.3	3.1
1996	0.4	0.5	1.4	2.3
1998	0.4	0.5	1.6	2.5
1999	0.9	1.0	5.1	7.0
2000	0.9	1.0	3.1	5.0
2001	0.9	1.0	3.1	5.0
2002	0.9	1.0	3.1	5.0
2003	0.9	1.0	3.1	5.0
2004	0.9	1.0	3.1	5.0
2005	0.9	1.0	3.0	4.9
2006	0.9	1.0	3.2	5.1
2007	0.9	1.0	3.1	5.0
2008	0.9	1.0	3.1	5.0
2009	0.9	1.0	3.1	5.0
2010	0.9	1.0	3.0	4.9
2011	0.9	1.0	3.0	4.9
2012	0.9	1.0	3.2	5.1
2013	0.9	1.0	3.1	5.0
2014	0.9	1.0	3.2	5.1
2015	0.9	1.0	3.1	5.0
2016	0.9	1.0	3.1	5.0
2017	0.9	1.0	3.2	5.1
2018	0.9	1.0	3.1	5.0
Total	19.2	21.4	69.4	110.0

Note \*: Others include domestic produced consumables (M& E others : see Table 7.9), profit distribution (after tax expenses : see Table 7.9), inland cost for imported material (see Table 7.2) and royalties & charges (see Table 7.9).