

国際協力事業団 (JICA)

No. 5

マレーシア国  
第一次産業省  
鉱物資源科学局 (MGD)

マレーシア国  
サバ州石炭探査・評価調査

最終報告書

要約

平成11年9月

JICA LIBRARY



J1152905141

三井鉱山エンジニアリング株式会社  
日 鉱 探 開 株 式 会 社

鉱調資

J R

99-148

国  
際  
協  
力  
事  
業  
団  
J  
I  
C  
A  
L  
I  
B  
R  
A  
R  
Y







国際協力事業団(JICA)

マレーシア国  
第一次産業省  
鉱物資源科学局(MGD)

マレーシア国  
サバ州石炭探査・評価調査

最終報告書

要約

平成11年9月

三井鉱山エンジニアリング株式会社  
日 鉱 探 開 株 式 会 社



1152905 (4)

## 目 次

1. 緒言	1-1
1. 1. 調査の概要	1-1
1. 1. 1. 調査の経緯	1-1
1. 1. 2. 調査の目的および範囲	1-1
1. 2. 調査の背景	1-6
1. 2. 1. エネルギー政策（石炭の位置付け）	1-6
1. 2. 2. 石炭需給の現状と動向	1-7
2. フェーズ 1 調査	2-1
2. 1. 調査対象地域	2-1
2. 1. 1. 位置および交通	2-1
2. 1. 2. 地形および気候	2-1
2. 2. 地質調査	2-2
2. 2. 1. 既往地質調査	2-2
2. 2. 2. 地質調査の方法	2-5
2. 3. 炭層状況	2-6
2. 3. 1. 概要	2-6
2. 3. 2. マリバウ地域	2-6
2. 3. 3. 南西マリバウ地域	2-10
2. 3. 4. シリムボボン地域	2-10
2. 3. 5. 他の地域	2-11
2. 4. 石炭資源量	2-12
2. 4. 1. マリバウおよび南西マリバウ地域	2-12
2. 4. 2. シリムボボン地域	2-14
2. 5. 炭質	2-14
2. 6. フェーズ 1 調査の結論	2-15
2. 6. 1. 地質評価	2-15
2. 6. 2. 炭鉱開発可能性	2-15

3. フェーズ 2 調査	3-1
3. 1. 概要	3-1
3. 2. フィールド調査の概要	3-1
3. 2. 1. 地形図の作成	3-1
3. 2. 2. 詳細地表地質調査	3-1
3. 2. 3. 石炭サンプリングと分析	3-2
4. 炭層状況	4-1
4. 1. マリバウ地域	4-1
4. 1. 1. 炭層賦存状況	4-1
4. 1. 2. 地質構造	4-1
4. 2. 南西マリバウ地域	4-2
4. 2. 1. 炭層賦存状況	4-2
4. 2. 2. 地質構造	4-2
4. 3. シリムボボン地域	4-7
4. 3. 1. 炭層状況	4-7
4. 3. 2. 地質構造	4-7
5. 石炭資源量評価	5-1
5. 1. 石炭資源量計算基準	5-1
5. 2. 石炭資源量	5-2
6. 炭質評価	6-1
7. 炭鉱開発の概念設計	7-1
7. 1. シリムボボン地域	7-1
7. 1. 1. 基本事項	7-1
7. 1. 2. 坑内設計と採掘方式	7-2
7. 1. 3. 石炭生産	7-5
7. 1. 4. 人員計画	7-6

7. 2. 南西マリバウ地域	7-9
7. 2. 1. 基本事項	7-9
7. 2. 2. 坑内設計と採掘方式	7-11
7. 2. 3. 石炭生産	7-19
7. 2. 4. 人員計画	7-23
7. 3. 産出炭の品位	7-24
7. 3. 1. 分析データ	7-24
7. 3. 2. 品位推定の方法	7-25
7. 3. 3. 製品炭の品位	7-25
7. 4. 製品炭の運搬	7-26
8. 経済性評価	8-1
8. 1. 設備投資、操業コストの推定	8-1
8. 1. 1. シリムボボン炭鉱	8-1
8. 1. 2. 南西マリバウ炭鉱	8-2
8. 1. 3. まとめ	8-3
8. 2. 経済性評価	8-4
8. 2. 1. 前提条件および基礎	8-4
8. 2. 2. 分析結果	8-5
8. 2. 3. 炭鉱開発の可能性評価	8-8
9. 初期環境調査	9-1
9. 1. 環境関連法および行政組織	9-1
9. 1. 1. 環境質法および関連法規/制令	9-1
9. 1. 2. 行政組織	9-2
9. 2. 調査地域の自然・社会環境	9-3
9. 3. 鉱山開発による環境への影響と対策	9-4
9. 3. 1. 環境への影響	9-4
9. 3. 2. 検討結果と対策	9-5
9. 3. 3. まとめ	9-6

10. 結論と提言	10-1
10.1. 結果の総括と結論	10-1
10.2. 提言	10-4

表・図

表		頁
表 2-1	石炭資源量 (フェーズ 1)	2-13
表 2-2	クイーン層の炭量 (P. Collenette, 1954)	2-14
表 5-1	石炭資源量	5- 3
表 6-1	主要項目分析結果比較表	6- 3
表 6-2	発電用石炭品位基準	6- 4
表 6-3	灰の一般炭指標	6- 5
表 7-1	坑道掘進能率と石炭産出量 (シリムボボン炭鉱)	7- 6
表 7-2	生産工程 (シリムボボン炭鉱)	7- 7
表 7-3	人員計画 (シリムボボン炭鉱)	7- 9
表 7-4	採掘計画対象炭層 (南西マリバウ炭鉱)	7-10
表 7-5	平均稼行丈 (南西マリバウ炭鉱)	7-10
表 7-6	実収炭量総括 (南西マリバウ炭鉱)	7-11
表 7-7	掘進能率と石炭生産能率 (南西マリバウ炭鉱)	7-20
表 7-8	欠口採炭の 1 日当たり出炭量 (南西マリバウ炭鉱)	7-20
表 7-9	生産工程 (南西マリバウ炭鉱)	7-21
表 7-10	生産工程と生産量概要 (南西マリバウ炭鉱)	7-23
表 7-11	人員計画 (南西マリバウ炭鉱)	7-23
表 7-12	クイーン層分析データ	7-24
表 7-13	南西マリバウ採掘炭層分析値	7-24
表 7-14	産出原炭品位推定	7-25
表 7-15	製品炭品位推定 (air dried base)	7-26
表 8-1	設備投資総括 (シリムボボン炭鉱)	8- 1

表 8-2	操業コスト総括表 (シリムボボン炭鉱)	8- 2
表 8-3	設備投資総括 (南西マリバウ炭鉱)	8- 2
表 8-4	操業コスト総括表 (南西マリバウ炭鉱)	8- 3
表 8-5	コスト比較	8- 3

図		頁
図 1-1	調査対象地域	1- 3
図 1-2	調査業務のフローチャート	1- 5
図 2-1	地形と水系	2- 3
図 2-2	マッピングルート位置図 (Phase 1)	2- 7
図 2-3	地質概要図	2- 9
図 3-1	フェーズ 2 調査位置図	3- 3
図 3-2	地形図作成位置図	3- 4
図 4-1	炭層対比図 マリバウ地域	4- 3
図 4-2	炭層対比図 南西マリバウ地域	4- 5
図 4-3	炭層柱状図 クイーン層	4- 9
図 4-4	地質構造図 クイーン層	4-11
図 7-1	シリムボボン炭鉱採掘計画図	7- 3
図 7-2	南西マリバウ炭鉱骨格概要	7-13
図 7-3-1	東部坑採掘計画図	7-15
図 7-3-2	西部坑 (SE1層) 採掘計画図	7-17
図 7-4	運搬ルート	7-27

## 1. 緒言

### 1.1. 調査の概要

#### 1.1.1. 調査の経緯

マレーシア国政府の要請に応じて、日本国政府はマレーシア国サバ州における石炭探査・評価調査（以後本調査と称する）の実施を決定した。調査の協定書は平成8年1月21日、マレーシア地質調査所（以後 GSD と称する）と国際協力事業団（以後 JICA と称する）との間で締結された。

本調査は2フェーズから構成され、フェーズ1調査は平成9年3月より平成10年3月まで実施された。平成10年3月11日クアラルンプールに於いて開催された評価委員会において、フェーズ1調査の結果に基づいてフェーズ2調査実施の決定がなされた。フェーズ2調査は平成10年7月に開始され、平成11年3月迄にマレーシアにおける現地調査を完了した。その後日本においてフェーズ1およびフェーズ2の調査結果を総合したファイナルレポートを完成した。

なお、1999年7月1日より、鉱山局との合併に伴い、従来の地質調査所 (GSD) は、鉱物資源科学局 (Minerals and Geoscience Department : 略称 MGD) と名称変更になったが、本報告書の中では、すべて従来の名称を使用して記述している。

#### 1.1.2. 調査の目的および範囲

##### (1) 調査の目的

本調査の協定書に示されている目的は次の通りである。

- (a) マリバウおよびシリムボボン-セルドン堆積盆地における石炭探査・評価の実施。調査対象地域を図1-1に示す。
- (b) マレーシアおよび日本との共同調査を通じて GSD スタッフに技術移転の実施

## (2) 調査の範囲

本調査は2フェーズから構成され、それぞれの調査の範囲は次の通りである。

### (a) フェーズ1

調査地域全体の地質概査および石炭資源の予備的評価

(i) 既存情報、資料および報告書の収集と分析

(ii) 地質概査の実施

(iii) 石炭試料の採取および分析

(iv) 石炭資源の評価 - 炭量および炭質

(v) 炭鉱開発可能性の予備的評価

フェーズ1調査の結果に基づき、その最終段階においてフェーズ2調査の実施が決定された。

### (b) フェーズ2

詳細地表地質調査、予備的炭鉱開発計画、初期環境調査および石炭資源開発についての提言

(i) 1/10,000縮尺の地形図の作成

(ii) 選定した地域の詳細地表地質調査

(iii) 石炭試料の採取および分析

(iv) 石炭資源の評価 - 炭量および炭質

(v) 予備的炭鉱開発計画

(vi) 初期環境調査

(vii) 炭鉱開発可能性の評価および提言

本調査全体のスケジュールを図1-2に示す。

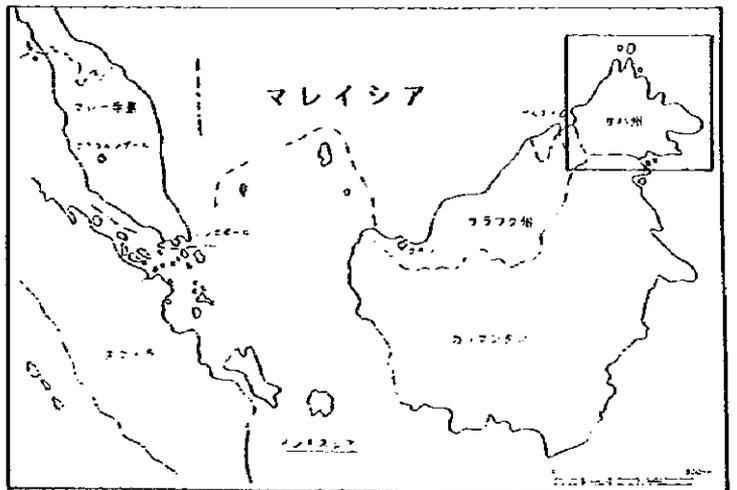
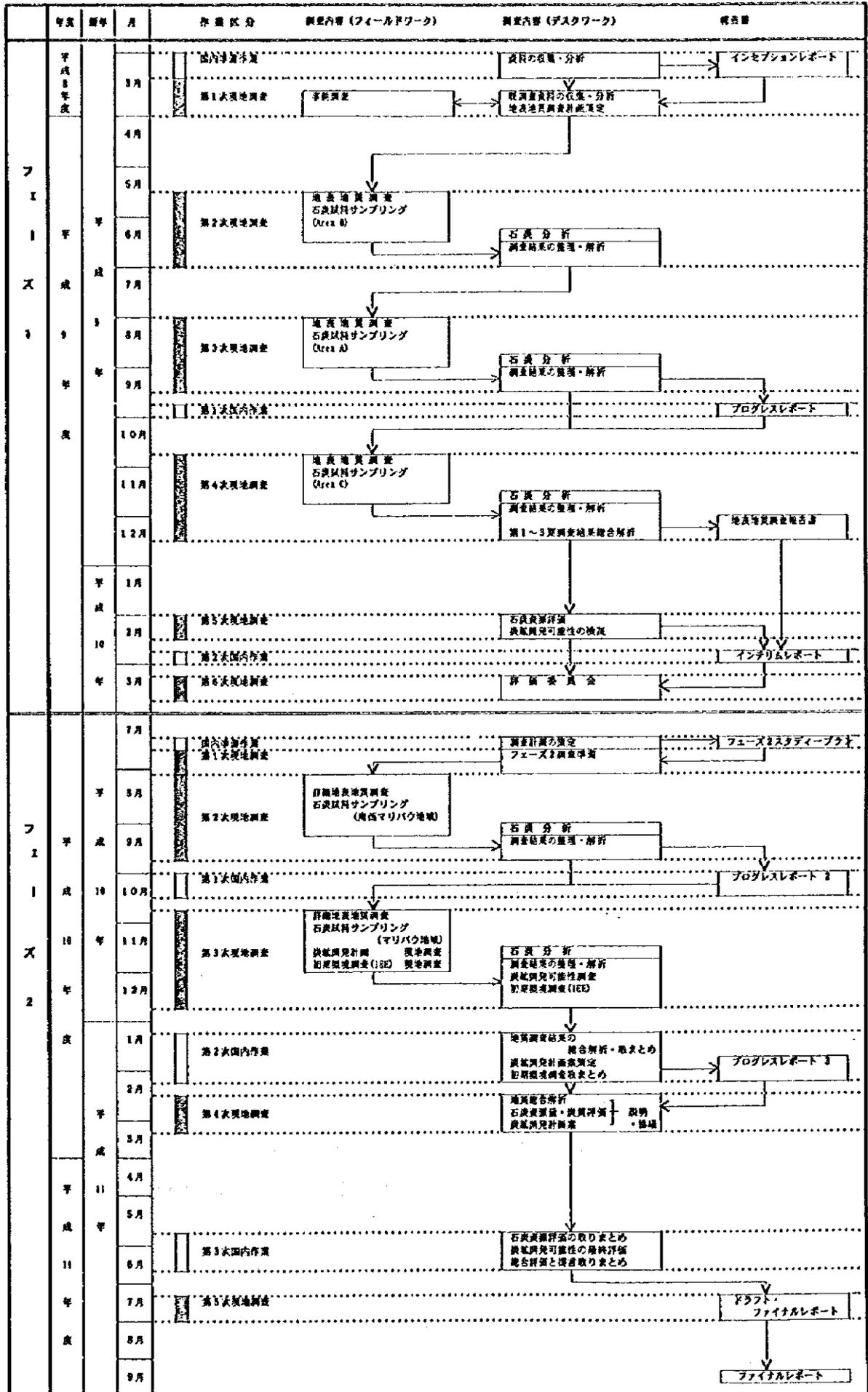




図 1-2

調査業務のフローチャート



## 1.2. 調査の背景

### 1.2.1. エネルギー政策（石炭の位置付け）

過去のマレーシアにおけるエネルギー利用は、基本的には輸入石油に依存していたが、1978年の第二次石油危機を契機として、方針の転換がなされた。即ち、国産天然ガスの利用を優先することにより輸入石油への依存度を減らし、エネルギー源の分散化を図ろうとするものである。

この方針は、現在のエネルギー政策の基本である“4つの燃料エネルギー政策”(Four Fuel Energy Policy)につながるものである。この政策は、4つの重要なエネルギー源、即ち石油、天然ガス、水力および石炭の、適切なバランスで効率の良い、また環境に調和した利用を目的としており、特に国産資源の利用に重点を置いている。

1996年に制定された第7次5ヶ年計画（1996－2000）では、石炭の利用が従来より強調されている。これは天然ガスの埋蔵量が先細りとなり、長期に亘る利用を支えるためには不十分となる懸念があるためで、2000年以降は発電用のガス供給量が減少するという見通しもあるが、政府は新しいガス田の発見に期待をかけている。

第7次計画のなかで、石炭の役割については次のように記述しているのでここにその一部を引用する。

「燃料分散化政策を追求する努力のなかで、石炭は、本計画期間中ますます重要な役割を果たすであろう。石炭資源の探査と評価は地質調査所と民間によって、特にサバ州とサラワク州において加速されるであろう。既知の石炭鉱床の開発は、電力とセメントの高い需要を考慮して、さらに増強されることが期待される。マレーシアの年間需要550万トンのうち90%は輸入によって賄われる。石炭に関連するインフラストラクチャーの改善により、国内炭の生産は更に増加し、1995年の20万トンから2000年には51万トンに増加すると期待される。この大部分は国内で消費されるだろう。」

## 1.2.2. 石炭需給の現状と動向

### (1) 石炭需給の現状

マレーシア国内で現在操業中の炭鉱は、サラワク州のペラダイ炭鉱（グローバルミネラル社）のみであり、下表に示すように石炭供給の90%以上は輸入炭に依存しているのが現状である。

#### 石炭供給実績（単位：トン）

	国内炭	輸入炭	合計
1994	173,749	1,380,833	1,554,582
1995	114,100	2,003,315	2,117,415
1996	73,747	3,003,294	3,077,041
1997	105,231	2,550,511	2,655,742

(Malaysian Minerals Yearbook)

輸入相手国では、インドネシアが最大で豪州がこれに続く。この2ヶ国で90%以上を占める。他はインド、中国、ベトナム等からも輸入しているが、いずれも少量である。

マレーシア国内における石炭の需要は、大部分が電力用とセメント用である。大まかに言って、60%が電力用、40%がセメント用に消費されている。

### (2) 今後の動向

石炭の今後の需給については種々の予測がある。第7次5ヶ年計画のなかで示されている諸表から、電力とセメント向けの需要量を推定した結果を以下に記す。

	電力	セメント	合計
1995	1,570	1,170	2,740
2000	4,410	2,680	7,090

上述の需要440万トン は建設中の発電所が全て運転を開始した場合の需要量である。時期に多少の遅れがあったとしても、この分の需要増は間違いない。このあとには、2001年から2005年にかけて IPP を含む大型の石炭火力発電所建設の計画があり、これに対する石炭使用量は、1,000万トンを超える規模である。実現の時期は不確定であるが、近い将来における電力石炭の大幅な伸びは可能性が高いといえよう。

セメント産業における石炭消費は、第二次石油危機後、海外炭に対する5%の輸入関税の免除という政府の援助もあったため急激な伸びを示し、1983年には90%のプラントが石油から石炭に転換し、1988年には全てのプラントが石炭専焼かまたは石油との混焼になった。セメントの需要は建設工事とくに公共事業の動向におおきな影響をうける。1997年以來のアジアにおける経済不況からようやく脱して、今後はセメントの需要も次第に伸びてくると予想されている。

一方、石炭供給の面では、唯一の国内における供給源であるベラダイ炭鉱の生産は低迷しており、また新しい炭鉱の開発もすぐには実現する可能性は低いと思われる。従って、需要の伸びに対応する供給は、当面は輸入に依存することとなろう。第7次計画の方針にもあるように、石炭探査を加速させ、新しい地区での炭鉱開発が期待されるところである。

## 2. フェーズ 1 調査

### 2.1. 調査対象地域

#### 2.1.1. 位置および交通

調査対象地域は図 1-1 に示すようにサバ州の南中央部に位置している。地域は南側をインドネシアとの国境で、北側を北緯 4 度 5 1 分の線で、また東西は東経 1 1 7 度 3 0 分および 1 1 6 度 5 0 分の線の間にある。地域はほぼ 2 0 0 0 km<sup>2</sup>の面積がある。

調査対象地域にはその東端にタワウからルアソンまたはカラバカンを経由する道路が通じており、その距離は約 90km である。地域内には、自動車が行き通じにくいいくつかのルートがあり、そのいくつかは木材運搬に使用されている。しかし、主要道路から分岐する古い木材運搬道路は木材の伐採作業が終了すると直ぐに崩壊し、廃止されている。

調査対象地域には木材会社が所有する木材伐採のためのキャンプの他は、集落は無く、また住民もいない。一番近い村落としては、カラバカンおよびルアソンがありいずれも調査対象地域の東端に近い所に位置している。カラバカンは、製材工場、バージへの木材積み込み施設が所在し、木材産業活動の基地となっている。ルアソンにはヤサン サバの経営するフォレストリーセンターが所在する。

#### 2.1.2. 地形および気候

図 2-1 に調査対象地域の地形および水系の状況を示す。

地域の主要部分、特に西側部、は丘陵・山岳地帯で大部分が二次林で覆われている。南西部に所在する当地域の最高峰は標高 1676m あり、いくつかの山頂の標高は 1000m を超えている。山岳地形は南東方に次第に緩やかにかつ低くなって河川が合流する低地となっている。

当地域の水系はかなり複雑となっているが、全体には2水系に分けられる。その一つは当地域の主要部に広がり、カラバカン川、セルドン川、シリムボボン川を含むいくつかの河川で構成されている。これらの河川は全体的には南東方に流れ、最後はコウイ一湾に注いでいる。他の一つはクアムート川の水系で、当地域の北西部を支配し、川は北東方に流れ、サンダカンに近いスル海に注いでいる。当地域の水系を分ける分水嶺は図2-1に示すとおりである。

ルアソンのフォレストリーセンターで観測された過去7年間（1990～1996）の気象統計によれば、年を通じて気温は変動しない。1日の最高（約32℃）と最低（約22℃）の気温差は10℃ある。年間降雨量は平均2,776mmであるが、1991年の2,072mmから1995年の3,920mmまで大きい変動を示している。月間降雨量は乾期と雨期との間の明確な区別を示していない。しかし、毎年大きく変動はしているが、降雨量は他の月に比較して、1月から4月まではより少なく、10月から12月まではより多いように見える。

## 2.2. 地質調査

### 2.2.1. 既往地質調査

1900年代の始めに数名の英国地質技術者によって当調査対象地域周辺において、予察的地質調査旅行がなされているが、その報告書は現存していない。1950年から1952年にかけて、P. Collenette がシリムボボン地域の炭田の地質調査を行った。

また P. Collenette は1958年から1960年にかけて、今回の調査対象地域を含むサバ州の南中央部の広い区域に於いて予察的地質調査を実施している。

BHP Minerals 社は今回調査対象地域の北西側に隣接するマリアウ堆積盆地に於いて予察的地質調査を実施し、1986年以降数年間、同堆積盆地のいくつかの区域に於いて探査権を獲得し地質調査を実施している。その結果はマリアウ堆積盆地の石炭資源の有望なポテンシャルを示している。







GSD サバ支所は鉱物資源探査計画のもとに1994年今回の調査対象地域に於いて石炭資源の調査をスタートさせた。結果はそれぞれのレポートにまとめられている。

これらのレポートにおける、関係する情報は今回の調査において検討し利用している。

## 2.2.2. 地質調査の方法

限られた期間内に広大な調査対象地域の全体を調査するために、既存の調査レポートに基づいて、石炭の賦存が期待される地域に重点を置いて地質調査を行った。

調査対象地域を次の3区域に分けて地質調査を実施した。

Sub-area A: マリバウ地域を含む北東部地域 (面積約 800km<sup>2</sup>)

Sub-area B: 南西マリバウ地域を含む南西部地域 (面積約 700km<sup>2</sup>)

Sub-area C: シリムボボン地域を含む南東部地域 (面積約 500km<sup>2</sup>)

調査は3回のステージに分けて、各々の区域について実施した。各々の区域にはベースキャンプを設けた、また調査地へのアクセスに自動車が使えず、徒歩では遠い場合には臨時のキャンプを設営した。調査地の地質を代表するマッピングルートを中心に古い木材運搬道路または沢沿いにえらび、ルート沿いの全ての露頭を調査した。また同時にコンパス、間縄、ハンドレベルを使い、位置および高度の簡易測量も実施した。マッピング調査時には、露頭位置、および測量点を調査した地質データと共に同時に現場でマッピングシートに記載した。

全ての石炭露頭については、薄層および炭質頁岩のような貧化炭層を除き、炭層柱状を調査し、炭層露頭番号をつけた。45個の石炭サンプルを採取し、GSD サラワクの分析所で石炭分析を実施した。C区域の調査時には、旧シリムボボン炭鉱の旧坑口付近でクイーン層の炭層露頭を調査しサンプリングを実施した。

上記マッピング調査法の利点は地質ルートマップが現場でできあがり、ルート沿いの断面図を作図することにより、各々の露頭の地質層序上の位置を把握することが出来ることにある。この調査方法は多数の炭層が急傾斜で賦存している今回の調査地域の

炭田の地質調査には特に有効な方法である。

マッピングルート的位置を図2-2に示す。

## 2.3. 炭層状況

### 2.3.1. 概要

明確な定義では無いが、本調査に於いては「石炭帯」の名称を炭層がある程度の頻度で賦存するような地層層位グループに対して使用する。今次地質調査は石炭帯の調査に重点を置いたのでTnajong 層全体の層位については調査していない。従って、層位および対比については各々の区域の石炭帯について調査検討している。

石炭帯はマリバウ、南西マリバウ、セスイ西およびシリムボボンの4地域に於いてかなりの厚さを有して走向方向に長く広がっているのが認められる。石炭帯の分布を含む主な地層状況について図2-3地質概要図にまとめた。

Phase 1 の地質調査に於いて判明したことに基づくと、各々の地域の炭層状況は次のようにまとめられる。

### 2.3.2. マリバウ地域

石炭帯は走向方向に12kmの広がりを持つ。その層厚は西部に於いて800m、中央および東部に於いて1,150mである。

炭層の枚数および層位は各々の区域に於いて様々である。西部に於いては石炭帯の下位部に4層の炭層が賦存するのみである。しかし、中央部および東部に於いては石炭帯のそれぞれ異なった層位に10層の炭層が賦存している。即ち、中央部に於いては石炭帯の中部から下部の層位に、東部に於いては中部から上部の層位に賦存している。



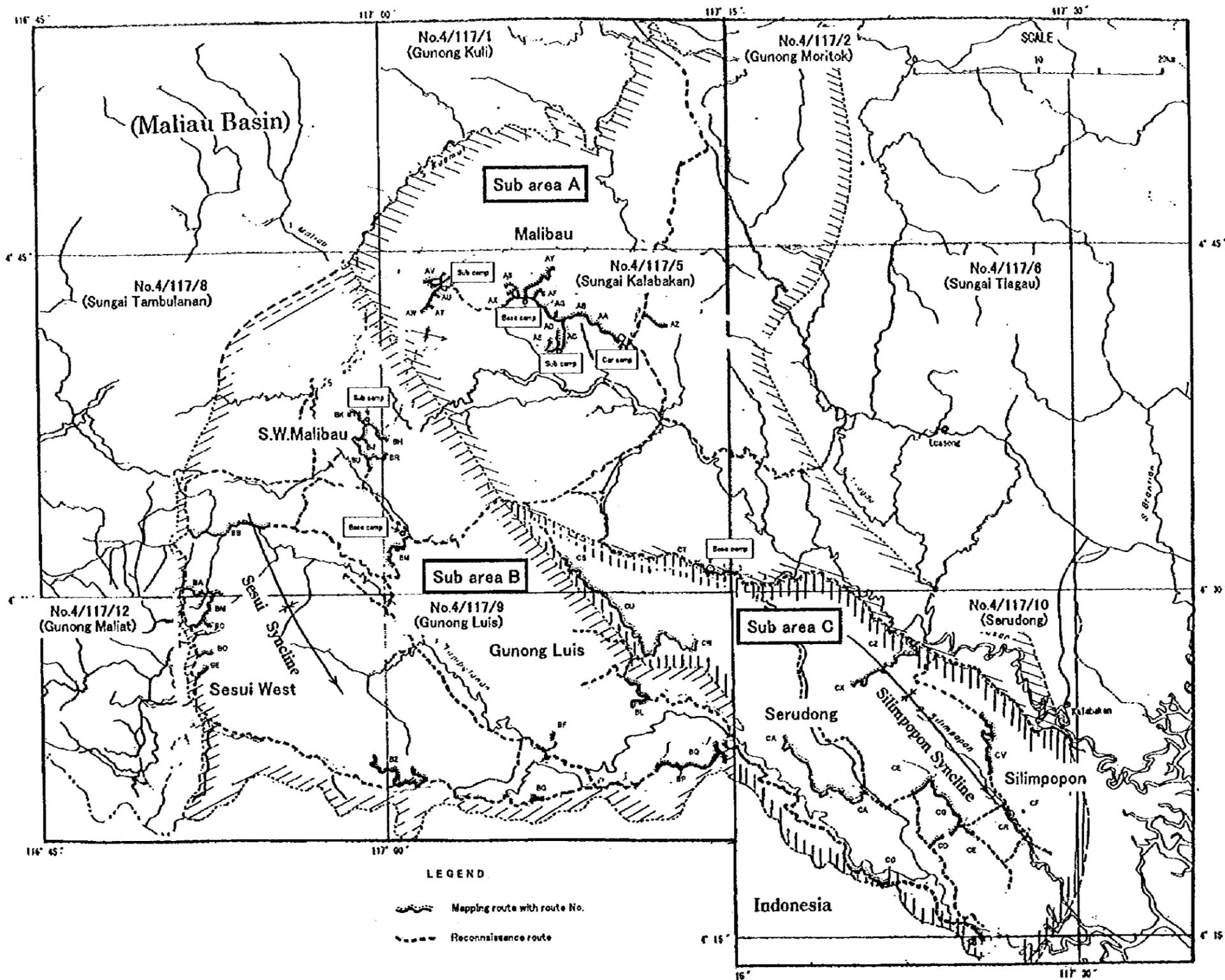


図2-2 マッピングルート位置図(Phase 1)







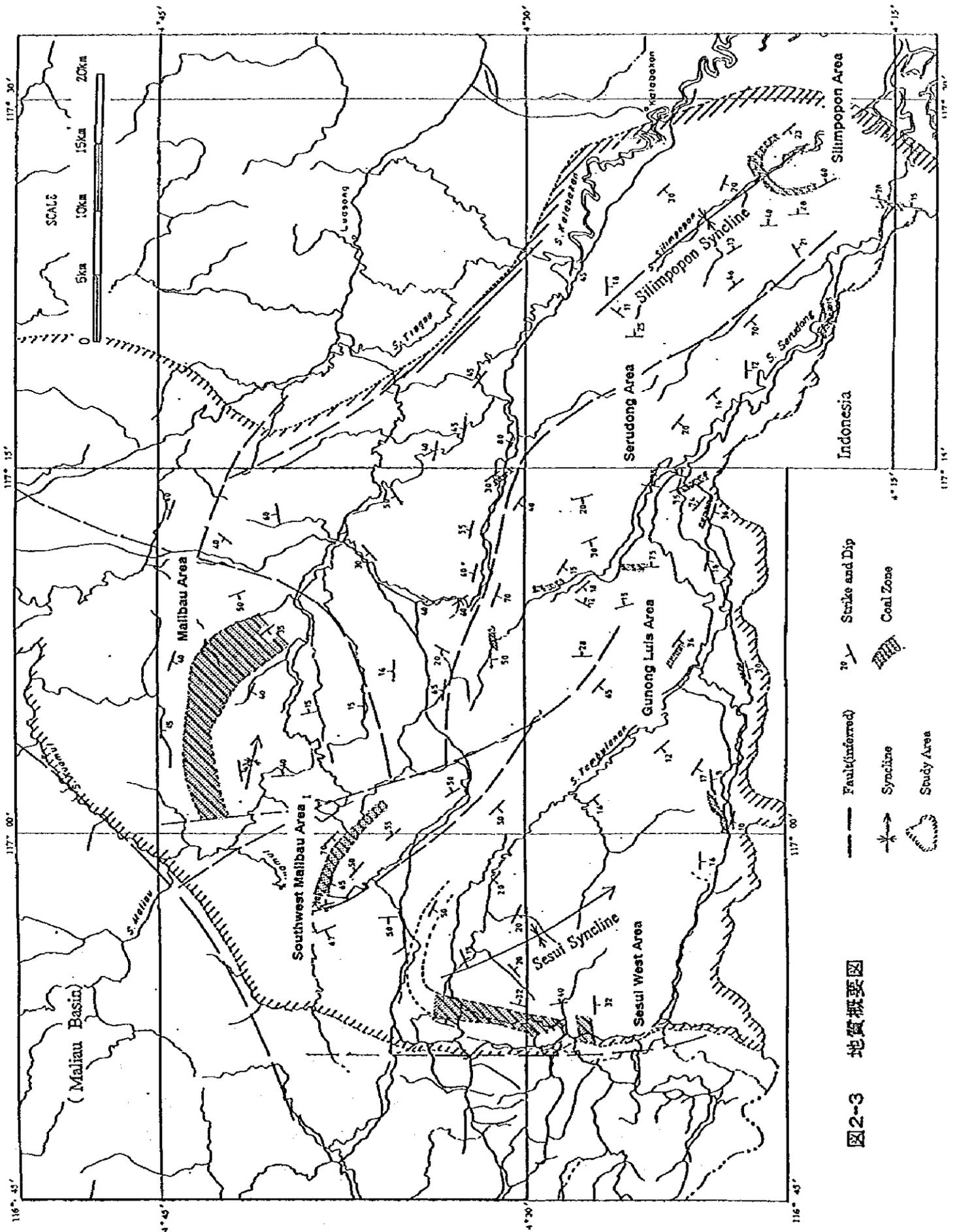


图2-3 地质概要图

炭層の厚さは一般に薄い。1m以上の厚さを持つ炭層は数ヶ所の露頭のみである。地域南東部の石炭露頭（HK012）は最大層厚 1.50mであったが、多数の頁岩の挟みを介在している。

当地域の地質構造は比較的単純である。炭層は一般に東-西の走向を持ってひろがり、東部に於いて次第に北西-南東方向に、西部に於いて次第に東北東-西南西にその走向を変えている。また炭層は25~50度、平均50度南方に傾斜している。地質構造上顕著な断層等は介在していない。

### 2.3.3. 南西マリバウ地域

石炭帯は 330mの層厚を持ち、北西および南東側にそれぞれ1km延長する可能性を持って、4.5 kmの走向方向の広がりを示している。炭層は地域西部に於いて6層位に、東部に於いて10層位に賦存している。

炭層の層厚はマリバウ地域より厚い。確認した炭層露頭の半分以上はそのその層厚が1mを超えている。確認した最大炭層厚は地域西端部の 4.86mであるが、この炭層は東方に薄くなっている。

炭層は一般に北西-南東の走向を示し、石炭帯西端部に於いて僅かに西にその向きを変えている。また炭層は一般に南方に急傾斜を示すが、東部に於いてはほぼ垂直または逆に北方を示すところもある。

### 2.3.4. シリムボボン地域

当地域に賦存する数炭層の内、採掘可能な層厚を持つ炭層はクイーン層のみである。クイーン層は以前採掘された経緯がある。1932年まで 27年間操業されトータル150万トンの石炭を産出した。1900年代の始めには9本のボーリング調査がクイーン層に対して実施され、また1950年頃 P. Colleneteleによって同地域の地質調査が実施されている。以下に上記調査レポートおよび今回のマッピング調査結果に基づいて地質状況

をまとめて述べる。

クイーン層の露頭は北から南東に 7kmに亘って追跡されている。炭層は北部に於いては1.6m以上の層厚を持つが、南東方にいくに従って薄化、貧化している。西部に於いては露頭が無く、炭層は確認されていない。しかし、南西部に於いて東部と同様に薄化した延長とも思える3カ所の石炭露頭が確認されている。当地域の地質構造は南東方に沈み込みの軸を持つ緩やかな向斜構造となっている。炭層は向斜軸方に10~25度傾斜している。

### 2.3.5. 他の地域

以上述べた地域の他に約20ルートにおいて地質マッピングを行い、多数の石炭露頭を確認した。しかし、これらの大部分は薄層であり、また限られた広がりで賦存している。以下にこれらのルートの炭層状況について述べる。

#### (1) セスイ西地域

当地域はセスイ向斜の西翼にあたり、調査対象地域の西端に近い位置にある。数ルートを調査し、600~800mの層厚の石炭帯は約 8kmに亘って北-南方向に広がっている。石炭帯の炭層の大部分は非常に薄いか、含炭質物頁岩程度に貧化している。

#### (2) グノンルイス地域

いくつかのルートに於いて多数の石炭露頭を確認した。これらの炭層は、非常に薄いか含炭質物頁岩に貧化しており、また局部的に厚くても層厚が変化し易く、レンズ状の産状を示している。

#### (3) セルドン地域

いくつかのルートを調査した。当地域で確認した石炭露頭は、前項2.3.4.で述べたクイーン層を除き、全て多数の挟みを介在する薄層である。

## 2.4. 石炭資源量

### 2.4.1. マリバウおよび南西マリバウ地域

Phase 1 調査の結果に基づいて、マリバウおよび南西マリバウ地域の地質的**石炭資源量**の計算を試みた。計算は基本的には GSD の「Reserve/Resource Classification System」に沿って行った。

今回の**石炭資源量**の計算に適用した基準は次の通りである。

#### (a) 資源ランク

本調査の段階は GSD 基準の「prospecting」に該当し、計算された**資源量**は「Inferred Resources (333)」に分類される。

#### (b) 資源量計算ファクター

今回**資源量**計算に適用したファクターは次の通りである。

最小炭層丈：0.6m

計算深度：地表から500mまで

石炭比重：1.3

#### (c) 計算方法

**資源量**算出の為、マリバウ地域は4ブロックに、南西マリバウ地域は3ブロックに分けた。各ブロック毎に確認された**石炭露頭**の層厚から各々の炭層の平均値をとり、全炭層の炭丈の合計を計算に使用した。

各々のブロックの**資源量**は、次式により計算した。

$$\text{資源量 (t)} = \text{ブロック延長 (m)} \times \text{深度 (500m)} \times \text{炭丈合計 (m)} \times \text{比重 (1.3)}$$

マリバウおよび南西マリバウ地域の**資源量**の計算結果を表 2-1 に示す。マリバウ地域については、2,500万トンの**資源量**が推定され、その大部分は層厚1m以下の炭層が

表 2-1 石炭資源量(フェース 1)

(MALIBAU AREA)

BLOCK	A	B	C	D	TOTAL
Total coal thickness	2.60 m	* 2.35 m	2.10 m	4.70 m	
Coal seams (>0.6m)	4 seams	uncertain	3 seams	6 seams	
	MW-1 0.60 m			MC-1 0.60 m	
	MW-2 0.70 m			MC-2 0.90 m	
	MW-3 0.70 m		MC-4 0.60 m	MC-3 1.20 m	
	MW-4 0.60 m		MC-6 0.60 m	MC-4 0.60 m	
			MC-7 0.90 m	MC-5 0.60 m	
Strike length	5.0 km	2.5 km	4.0 km	0.80 m	
Dip length	500 m	500 m	500 m	2.5 km	
Specific gravity	1.3	1.3	1.3	1.3	
Resources (mil.tonnes)	8,450	3,819	5,460	7,638	25,367

\* : Mean thickness of A and C

(SOUTHWEST MALIBAU AREA)

BLOCK	A	B	C	TOTAL
Total coal thickness	6.00 m	6.50 m	6.10 m	
Coal seams (>0.6m)	5 seams	7 seams	6 seams	
	SW-2 1.40 m	SW-1 1.00 m	SW-1 1.60 m	
	SW-3 2.30 m	SW-2 1.00 m	SW-2 0.80 m	
	SW-5 0.60 m	SW-3 1.00 m	SW-4 1.10 m	
	SW-6 0.60 m	SW-4 1.10 m	SW-5 1.10 m	
	SW-7 1.10 m	SW-5 0.70 m	SW-6 0.60 m	
		SW-6 0.60 m	SW-7 0.90 m	
Strike length	2.25 km	2.0 km	2.25 km	
Dip length	500 m	500 m	500 m	
Specific gravity	1.3	1.3	1.3	
Resources (mil.tonnes)	8,775	8,450	8,921	26,146

らなる。南西マリバウ地域は、2,600万トンが推定され、その主要部分は層厚1m以上の炭層からなっている。

#### 2.4.2. シリムボボン地域

シリムボボン地域の資源量については、かつて、P. Collenette が地質調査を実施したときに計算されており(1954)、その後、新しいデータが得られていないことから、今回改めて計算をしていない。

P. Collenette の算出した結果は次の通りである。

表2-2 クイーン層の炭量(P. Collenette, 1954)

	残存炭量	採掘可能炭量
確定炭量	4,851,000	2,739,000
推定炭量	1,486,000	1,472,000
予想炭量	7,745,000	6,403,000
合計	14,092,000	10,614,000

#### 2.5. 炭質

露頭より採取した45個の石炭サンプルをGSDサラワクの分析所において分析した。実施した分析項目は、工業分析、発熱量、全硫黄、元素分析(C, H, N)およびるつぼ膨張指数(FSI)である。分析結果をまとめると、本調査地域の石炭は低～中灰分、高発熱量、高揮発分、低窒素分、および低～高の幅広い硫黄分の特徴があり、一般に一般炭として十分適合する品位を有しているといえる。高硫黄分および高灰分という歓迎されない品質を持つ石炭も一部に見られるが、これらは主要炭層について炭層を選択することによってかなり改善されると思われる。

## 2.6. フェーズ 1 調査の結論

### 2.6.1. 地質評価

Phase 1の地表地質調査を通して、多数の石炭露頭を確認した。今回調査で得られた地質データと既存のデータを基に、炭層の地質条件、石炭資源の量と質、および採掘性といった観点から検討・評価を行った。

その結果、マリバウ、南西マリバウおよびシリムボボン地域の3地域が石炭資源開発のポテンシャルを有していると判断するに至った。他の地域においては、確認した炭層は全て、薄層またはその広がりが狭く限定されており、採掘の可能性は低いと判断した。

### 2.6.2. 炭鉱開発可能性

前項2.6.1.に述べた3地域において炭鉱開発をする場合の技術的な面から見た非常に予察的な検討について次に述べる。

(1) 各々の地域はそれぞれ異なった採掘条件を有している。即ち、マリバウ地域は炭層が薄く、中～急傾斜、南西マリバウ地域は炭層が比較的厚く、非常に急傾斜、シリムボボン地域は炭層が適当な厚さで、緩傾斜である。各々の地域の採掘条件に合った採掘方法を検討する必要がある。

(2) 露天採掘方法は、これらの3地域のような地形および地質条件における炭層には適応できない。坑内採掘については、緩傾斜の炭層に対しては、長壁式採掘方法または柱房式採掘方法が、適している。急傾斜の炭層に対しては、例えば欠口採炭方法が検討されるべきである。この方法は日本において類似した地質条件で経験している方法である。本地域の採掘方法には、全機械化採掘や先進的な専門技術は必要としない。

(3) 石炭資源の規模および地質条件から考えて、開発規模は例えば年産10~20万トン程度と小規模が適切であり、この規模ならば初期投資を極力抑えることが出来る。

(4) 石炭分析結果から、本地域の石炭は、発電、セメント工業、或いはその他の工業等様々な目的の一般炭として利用可能である。

(5) 産出炭をサバ州の外まで供給するといった場合、運搬方法については、次のような方法が考えられる。

(トラック)                      (バージ)                      (バージ・本船)  
炭鉱-----カラバカン-----タワウ-----消費地

(6) 開発・操業は小規模の坑内採掘となる可能性が強く、周囲の環境に与える影響は小さい。

### 3. フェーズ2調査

#### 3.1. 概要

フェーズ1調査の結果を受けて、開催された評価委員会においてフェーズ2調査を行うことが決定された。計画の基本事項は次の通りである。

##### (1) 調査対象地域と広さ (図3-1参照)

(a) マリバウ地域	-78 km <sup>2</sup>
(b) 南西マリバウ地域	-26 km <sup>2</sup>
(c) シリムボボン地域	-30 km <sup>2</sup>

##### (2) 調査の目的と範囲

フェーズ2調査の目的は選定された地域における地質評価と石炭資源の開発可能評価にある。調査の範囲としては、上記目的の基礎データを得るために詳細地表地質調査、予備的採掘計画および初期環境調査を実施する。調査の詳細項目およびスケジュールについては、1.2.2. 調査の範囲の項、および図1-2に示すとおりである。

#### 3.2. フィールド調査の概要

##### 3.2.1. 地形図の作成

フェーズ2調査はフェーズ1調査より高い精度を求められるため、マリバウ地域および南西マリバウ地域について図3-2に示すように、新たに1/10,000縮尺の地形図を準備した。地形図はGSDより供与された最新の1/25,000縮尺の航空写真から作成され、10m間隔等高線で合計約100km<sup>2</sup>の面積をカバーしている。

##### 3.2.2. 詳細地表地質調査

フェーズ2の地質調査は、評価資源量のランクを一段階上げてIndicated (推定) と

し、また予備的採掘計画を策定するに耐えるようデータの精度向上を目指し実施した。

詳細地表地質調査においては、フェーズ1調査で未探査の区域において可能な限り多くの石炭露頭を調査すること、比較的厚い炭層の延長をできるだけ長く追跡することに重点を置き、結果として各々の炭層の対比および連続性が必要な精度で把握できることを目的として実施した。

### 3.2.3. 石炭サンプリングと分析

フェーズ1調査の炭質評価に基づいて、フェーズ1調査で行った一般的な分析項目に追加して、一般炭の特性を評価するためのいくつかの分析を、選択した代表サンプルに対して行った。

(1) 全サンプル： 工業分析、発熱量、全硫黄、元素分析、るつぼ膨張指数(FSI)

(2) 代表サンプル：ハードグロブ粉砕性指数(HGI)、灰の溶融温度、  
灰の組成 ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ )

各々の地域の分析サンプル数は次の通りである。

	マリバウ	南西マリバウ	シリムポボン	合計
サンプル (1)	15	25	1	41
サンプル (2)	7	7	1	15

サンプル(1)の分析はGSDサラワク支所の石炭分析所にて行い、サンプル(2)の分析は日本にて実施した。代表サンプルについては、均質に二分しそれぞれサラワクおよび日本に送付した。

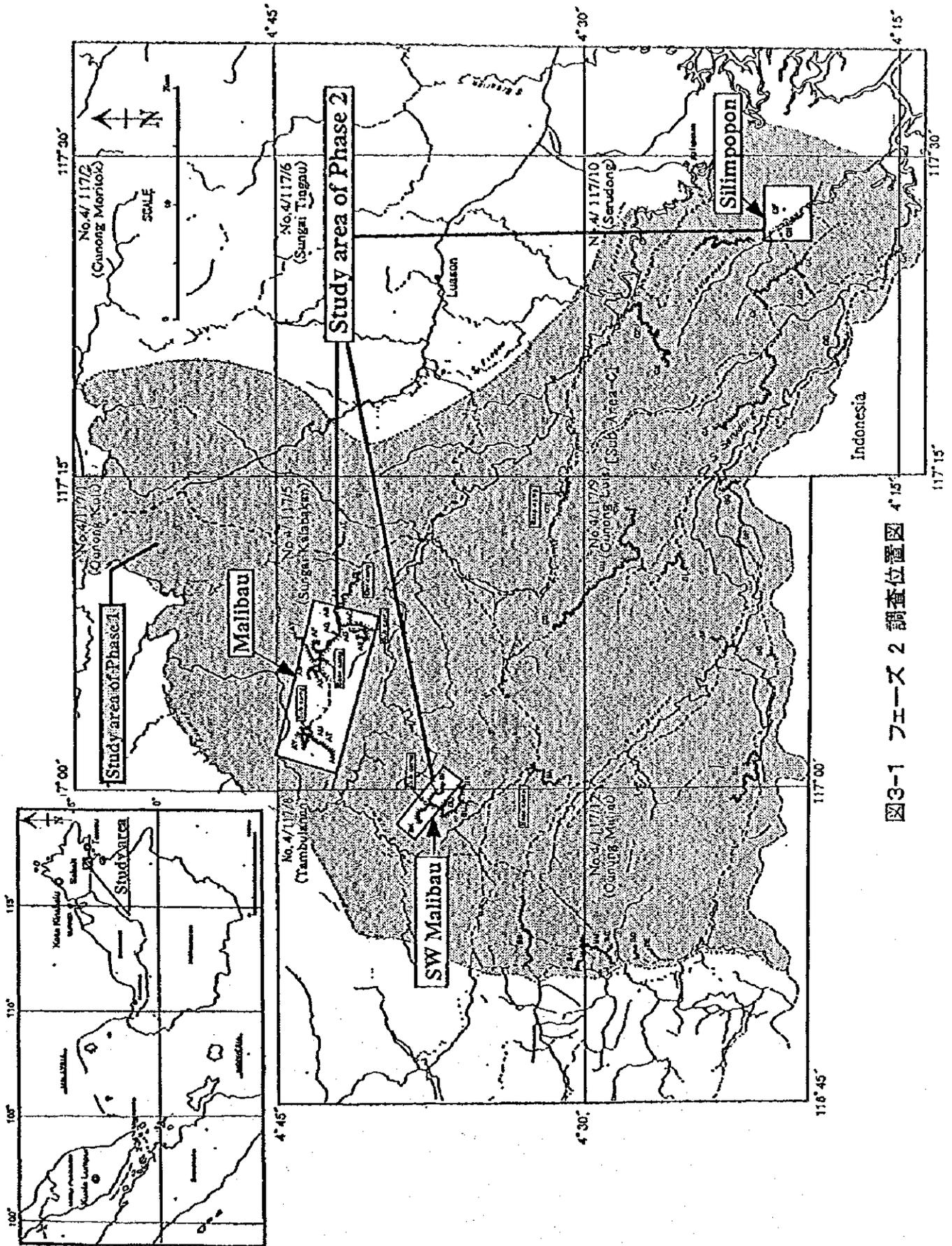


図3-1 フェーズ 2 調査位置図

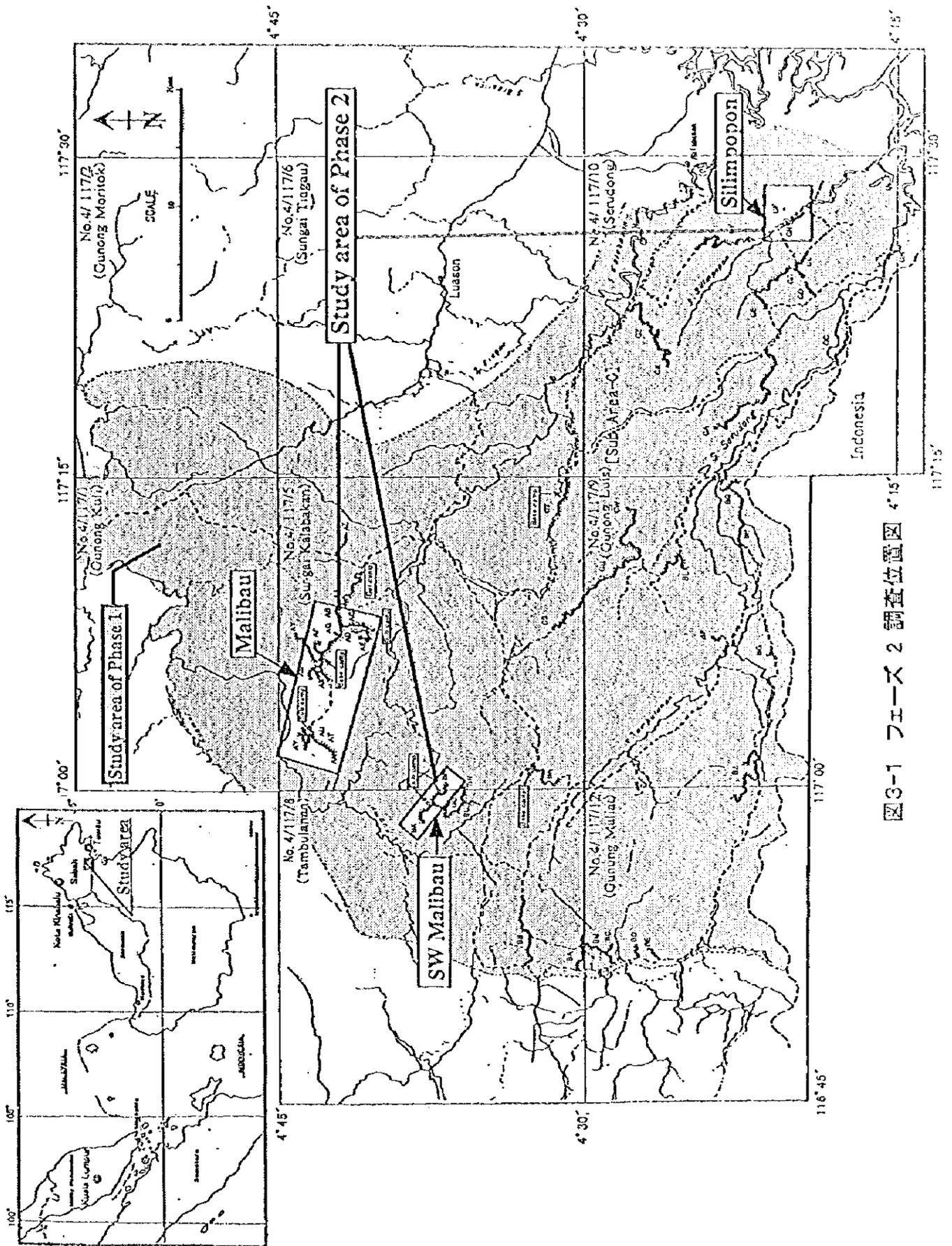


図3-1 フェーズ 2 調査位置図

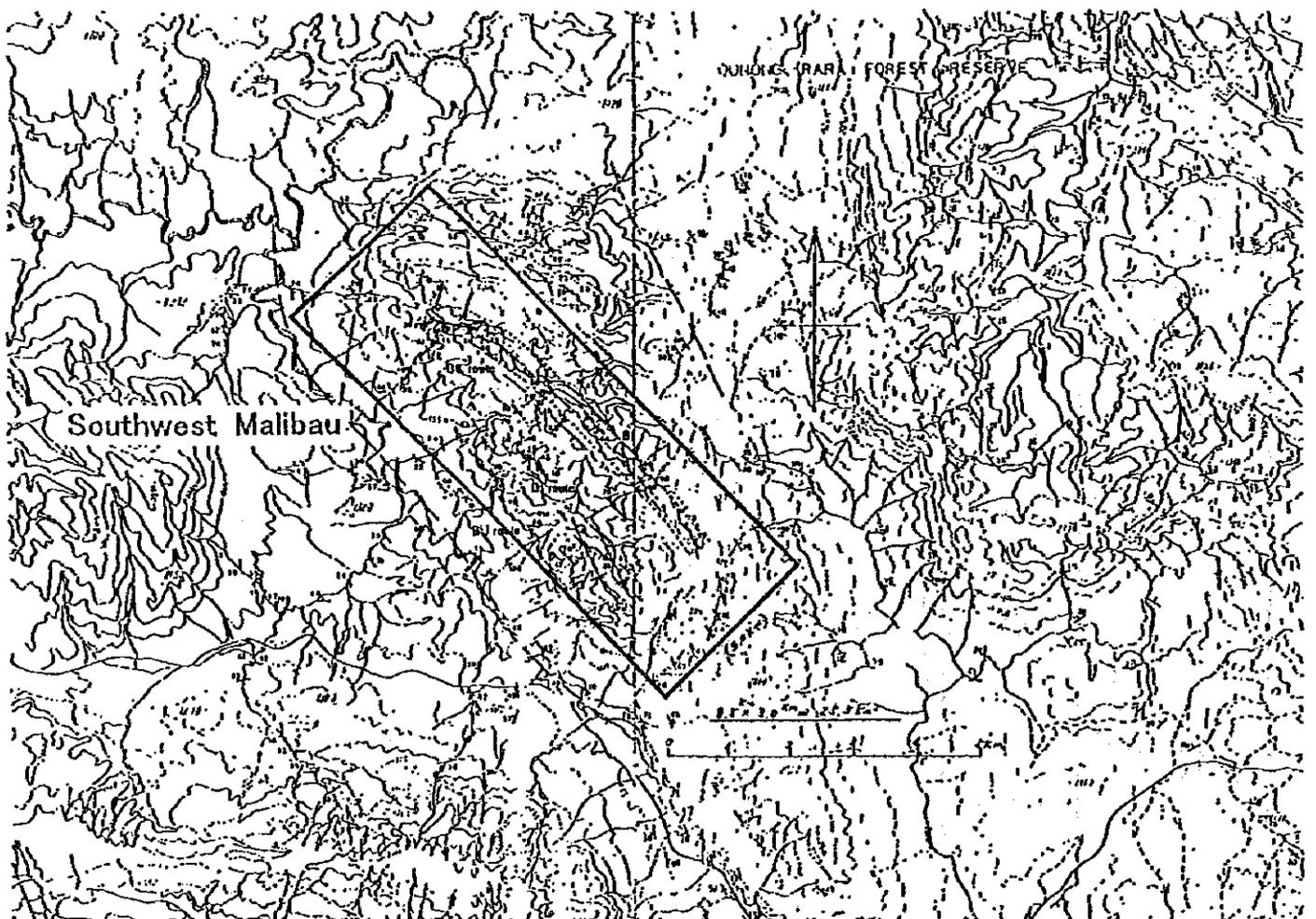
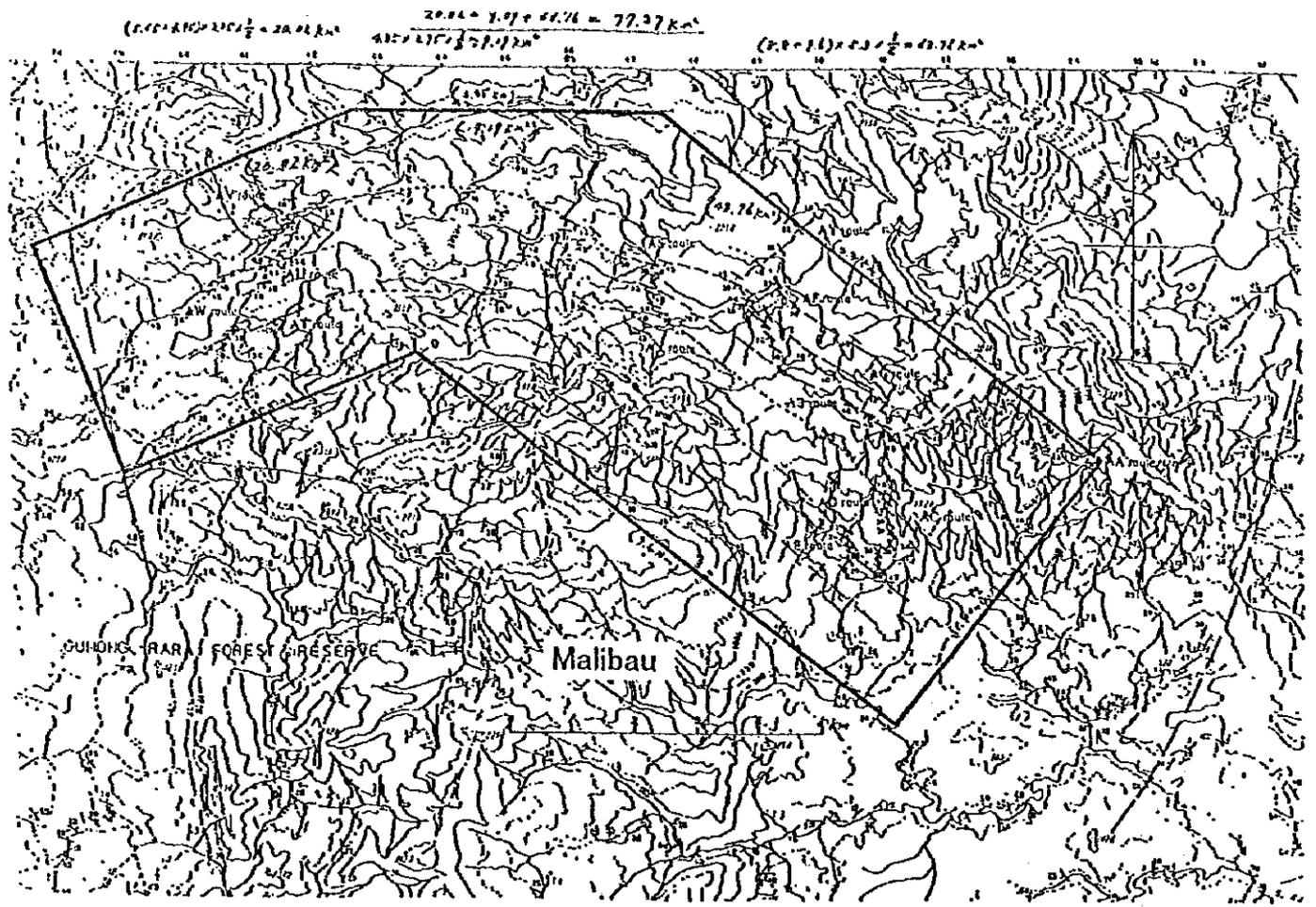


图3-2 地形图作成位置图

## 4. 炭層状況

### 4.1. マリバウ地域

#### 4.1.1. 炭層賦存状況

図4-1に当地域に賦存する炭層の対比図を示す。この図からわかるように、本地域の炭層は下位から上位に MA 層から MF 層までの6炭層が比較的長く連続している。これらの6炭層の間に賦存する他の炭層については、その連続は短いか、散発的に賦存している。

マリバウ地域の炭層状況は次のようにまとめられる。

(1) 広大に広がる石炭帯に多数の炭層が賦存する。MA 層から MF 層までの6炭層は、MD 層の5.7km から MA 層の0.6km まで比較的長い距離連続する。他の炭層については連続性が短いか、散点的に賦存する。

(2) 炭層は一般に薄い。フェーズ1およびフェーズ2において調査した130箇所の石炭露頭の内、層厚1m を超えるのは12箇所の石炭露頭のみである。最大層厚は挟みを介する MB 層中の1.52m である。4箇所の露頭で1m 以上の炭層厚を示すが、挟みを除いた平均炭層厚が0.89m を示す MB 層のように、厚い炭層ほどより多数の挟みを介在しているようである。挟みを除く石炭部のみの厚さについて言えば6カ所のみ露頭が1m を超える。

#### 4.1.2. 地質構造

地質構造は比較的安定している。炭層は、東部における NW-SE 方向から西部における NEW-ESE 方向とその走向を変えて、三日月状に広がっている。炭層傾斜は南へ30～50度、平均40度である。当地域南東端部において、向斜構造に沿ってみられる断層の他には大きな地質構造の乱れは見られない。また当断層も地域の主要部分までは影

響を及ぼしていない。

## 4.2. 南西マリバウ地域

### 4.2.1. 炭層賦存状況

当地域に賦存する炭層の対比については、図4-2に示す。この図からわかるように、石炭帯の厚さおよび炭層の数は東方に増加する。東部の石炭帯は350mの厚さがあり、8枚の炭層を賦存し、一方、西部においては、石炭帯の厚さは、100mで2～3枚の炭層を賦存するのみである。南西マリバウ地域の炭層状況は次のようにまとめることができる。

(1) 当地域には合計11枚の炭層が賦存している。これらは、下位から上位にSA層からSF層まで6炭層群に分けられる。炭層の枚数、石炭帯の層厚共に東部に増大する。最大の連続延長を示す炭層は、西部に賦存するSEI層で、その連続距離は3.5kmである。

(2) マリバウ地域と比べて、当地域は石炭帯の広がり、厚さ共に小さいが、炭層の層厚はより厚い。各々の炭層の平均層厚はほとんど1mを超えており、特に厚く4mを超えるものはSBI層およびSEI層において見られる。しかし、当地域の炭層の厚さにはかなりの変化がある。SC層群の炭層は比較的厚さの変化は少ないが、その厚さは、約1mと薄い。

### 4.2.2. 地質構造

炭層は、走向北西～南東方向に広がり、南西方へ急傾斜して賦存している。東部においてはほぼ垂直または逆倒しているところもある。



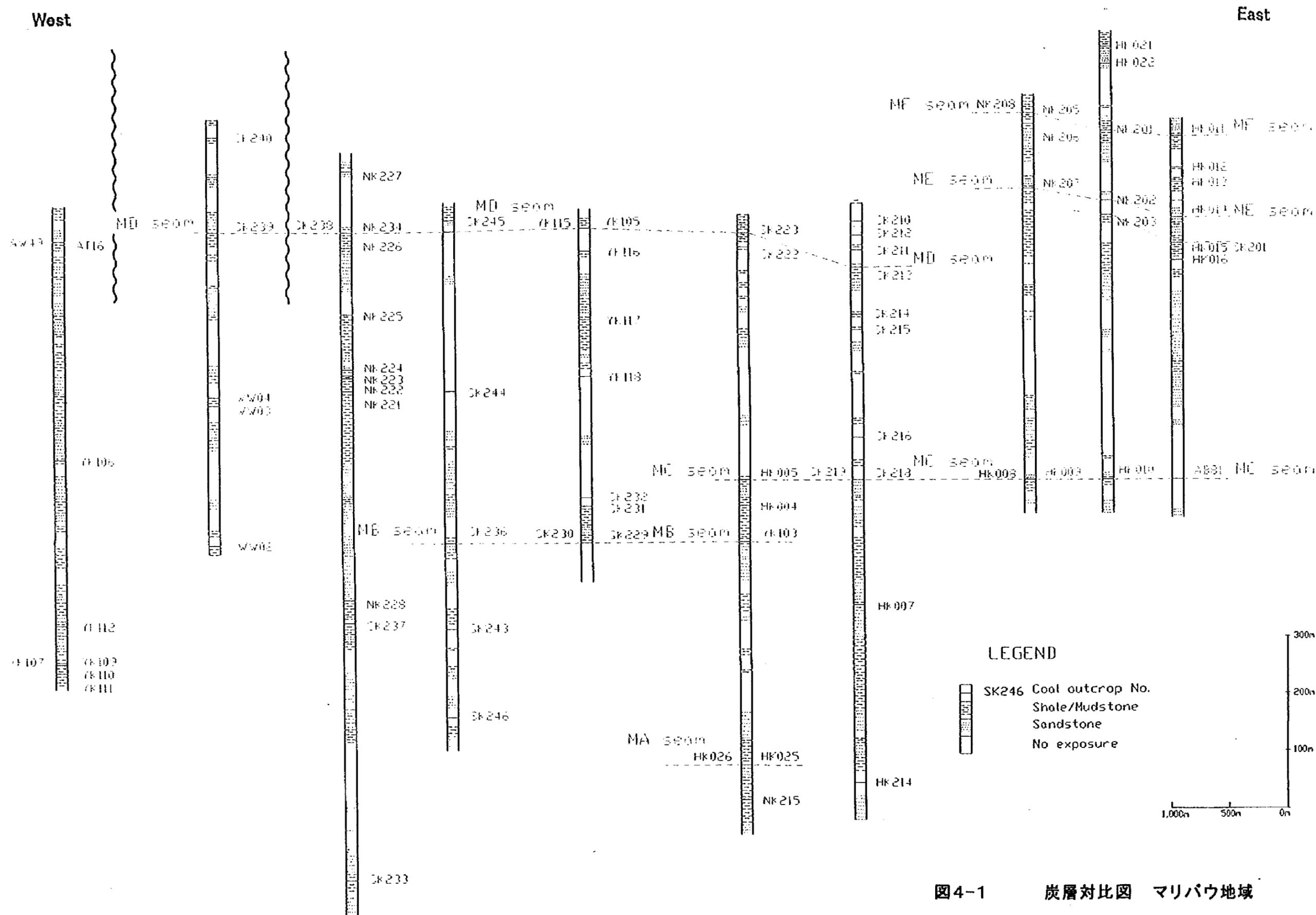
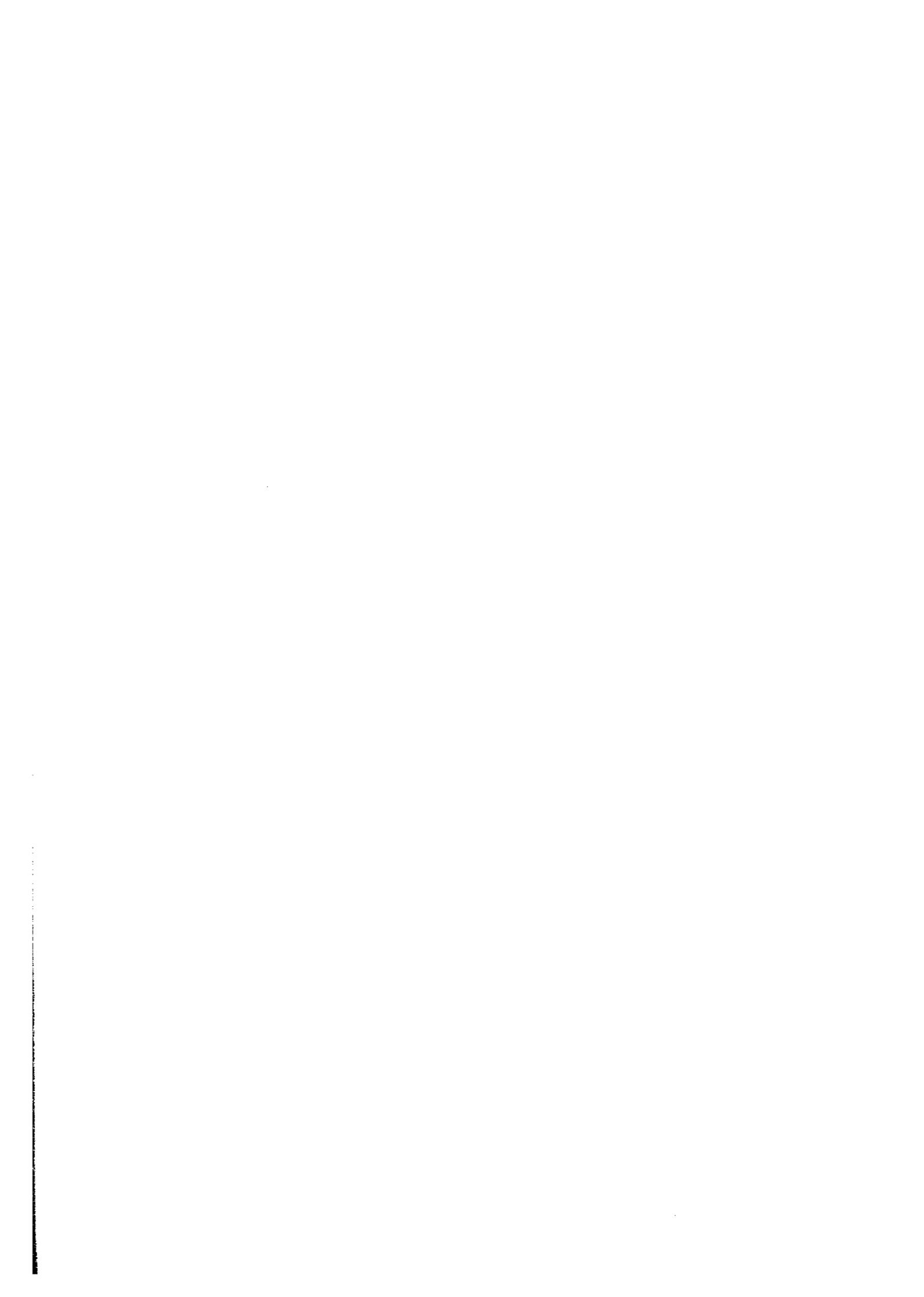


図4-1 炭層対比図 マリバウ地域





West

East

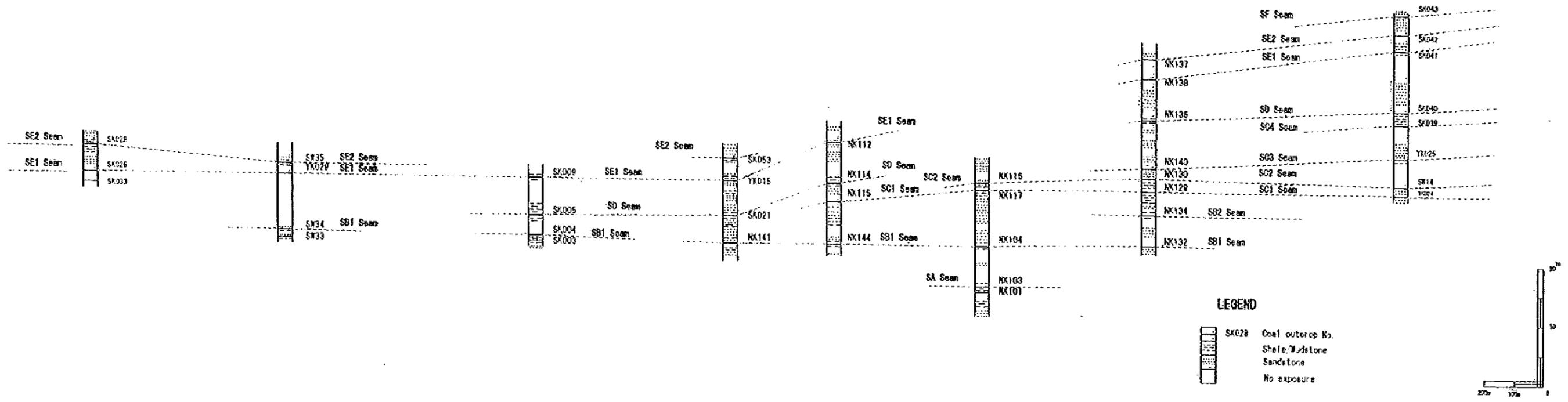


図4-2 炭層対比図 南西マリバウ地域







### 4.3. シリムボボン地域

#### 4.3.1. 炭層状況

シリムボボン地域においては炭層が数層ある内、採掘可能な厚さを有する炭層はクイーン層のみである。本調査においてはクイーン層の1カ所の露頭からのサンプリング調査のみのため、クイーン層に関する地質データは大部分 P. Collette の調査による1954年の調査報告書によるものである。

当報告書は次の調査データを基にまとめられている。

- ・1900年代の始め頃実施された9本の試錐の結果
- ・1950年頃に P. Collette により実施された地質マッピング
- ・1906年から1932年まで操業された炭鉱の記録

クイーン層の露頭は北部から南東部にかけて7km に亘って追跡調査されている。炭層は、旧炭鉱の坑口付近においては1.7m 以上の厚さを有するが、南東方に向け下部に介在する挟みが次第に厚くなり、また挟みの上位の石炭は次第に薄化、貧化し、最後は露頭 PC331のように炭質頁岩のみと変化している。

西部においてはクイーン層は3km の間露出がないため、追跡されていない。南西端部には一応クイーン層に対比されている、3カ所の露頭がある。対比が正しいとすれば、東部にある炭層薄化の傾向が同様に西部にもあることになる。

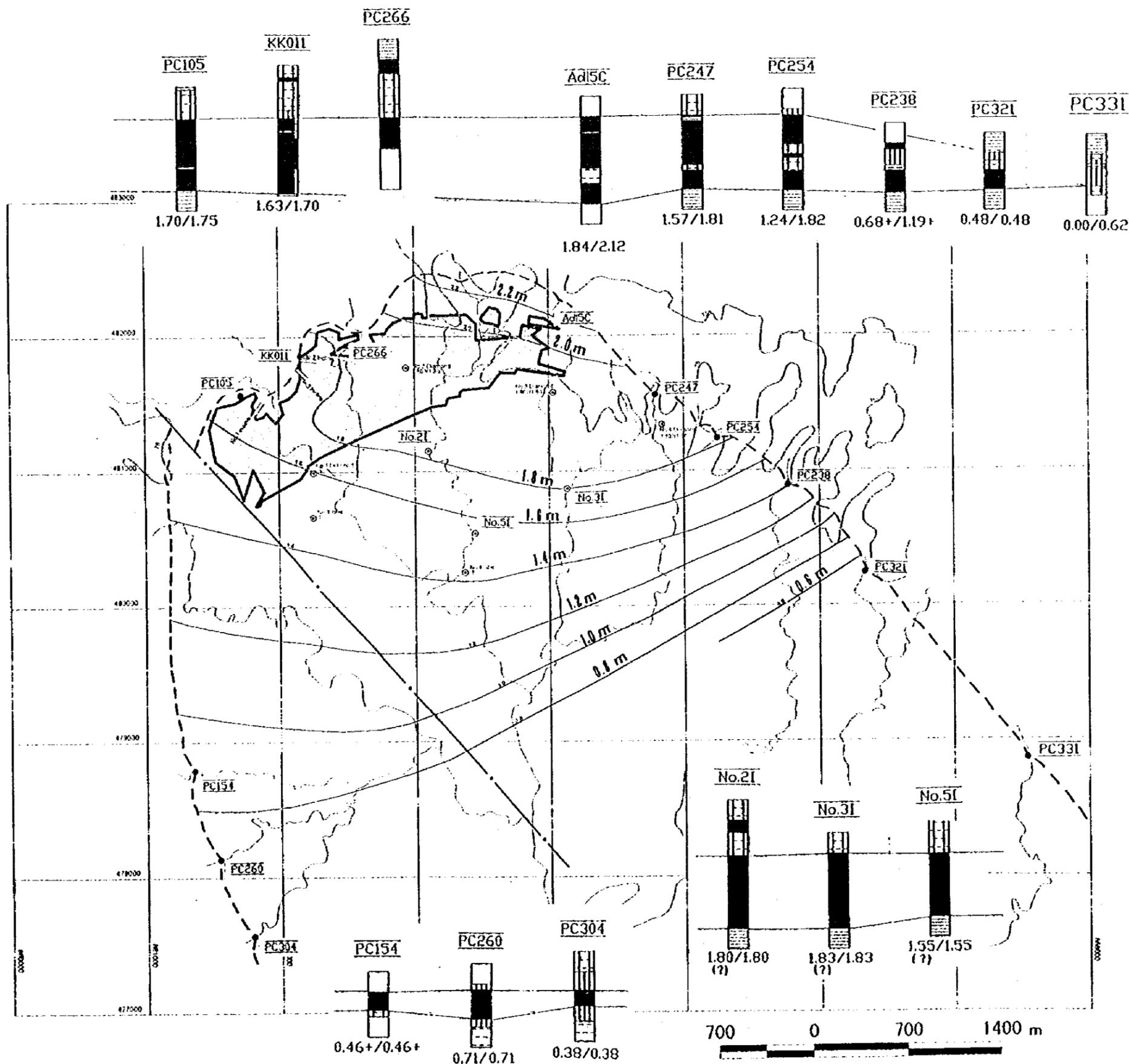
図4-3には、以前に調査されたクイーン層の露頭、試錐および坑道における炭層柱状図および炭層厚の変化を示している。

#### 4.3.2. 地質構造

クイーン層の炭層コンター図、代表地質断面図を図4-4に示す。

当地域の地質構造は広い碗状の向斜構造を示し、その向斜軸は南東方に傾斜している。クイーン層は、向斜の東翼では平均10度の南傾斜で賦存している。向斜の西翼では、東翼よりやや急な傾斜となっている。





- LEGEND**
- KK011      outcrop number /drill No /Adit No.
  - coal
  - coal inferior
  - coaly shale
  - shale carbonaceous
  - shale / mudstone
  - sandstone
  - 1.63/1.70      thickness(m) coal/seam
  - PC154      Outcrop(No.)
  - ▲ Ad5C      Adit (No.)
  - ⊙ No.21      Drill hole (No.)
  - Outcrop line of Queen seam
  - 1.0 m      Isopacks line (m)
  - .-.-      Fault
  - Mined out area

図4-3 炭層柱状図 クイーン層





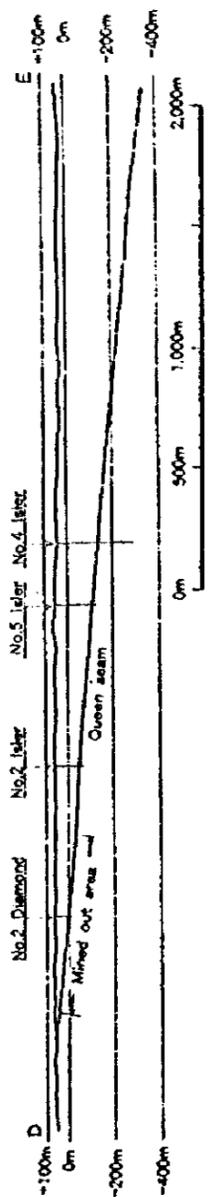
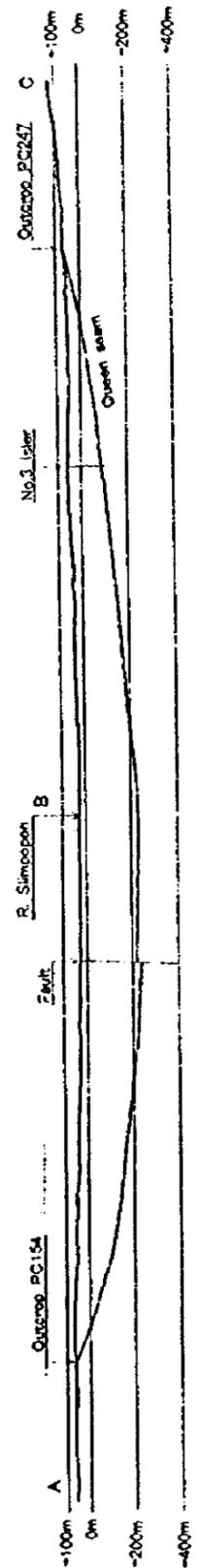
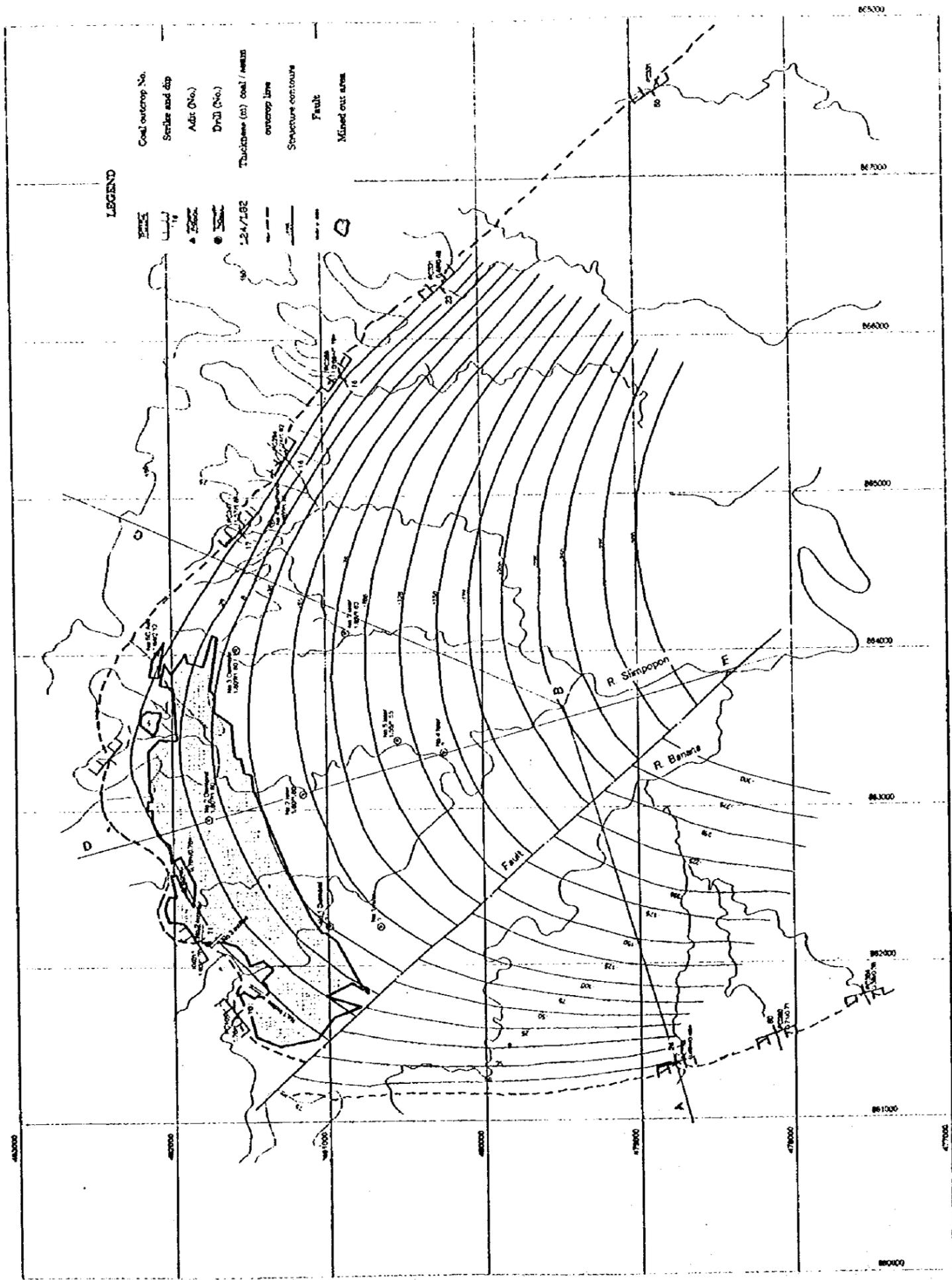
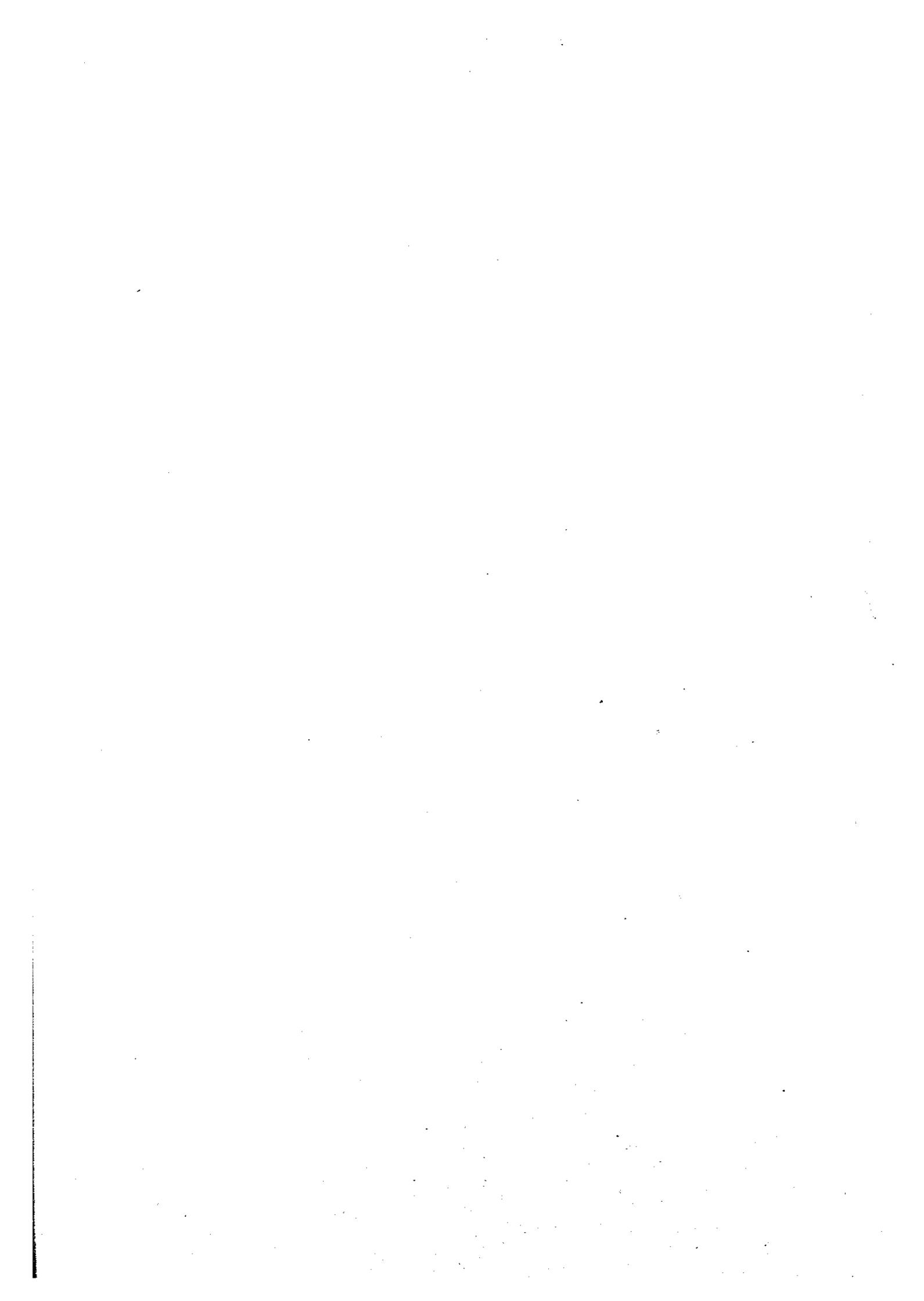


図4-4 地質構造図 クイーン層



## 5. 石炭資源量評価

### 5.1. 石炭資源量計算基準

石炭の埋蔵資源量をマリバウ地域と南西マリバウ地域について算出した。

資源量の計算は基本的には付属資料1に添付してあるマレーシア地質調査所(GSD)の Reserve/Resource Classification System に従って実施した。今回の調査で適用した基準は以下の通りである。

#### (1) 資源のクラス

フェーズ2の調査は、GSDの基準における、「General Explan Stage of Geological Study」と見なされる点、また詳細な地表地質調査で地質データの信頼度が向上したことにより、資源量は「Indicated」に一段階格上げされた。

#### (2) 炭 層

フェーズ2の調査において、薄層あるいは単独に点在するような炭層を除いて、炭層の対比が確立された。この対比に従って炭層ごとに別個に資源量を計算した。

#### (3) 資源量計算諸元

##### (a) 層厚

炭丈0.6m以上、各ブロック内では、対象範囲内の平均炭丈を使用

##### (b) 最大計算距離

確認点から走向方向に 1,000 m

地表から傾斜方向に 500 m

(c) 隣の露頭が0.6m以下の炭丈の場合、この露頭間距離を両者の炭丈の値で比例配分し炭丈0.6mの位置を決定した。

(d) 比重は 1.3 を使用した。

## 5.2. 石炭資源量

前述の基準をもとに、計上された石炭資源量は表5-1に示す。資源量は、すべて「Indicated」のカテゴリーに入り、マリバウ地域で1,800万吨、南西マリバウ地域で2,600万吨が算出された。

上記から各地域の資源量は、次のような特徴を有する。

(1) マリバウ地域では、MA, MB, MC, MD, ME, MF と命名された主要炭層以外の大部分の石炭は1カ所のみで確認されたものが多い。一方、南西マリバウ地域の石炭はすべて複数箇所を確認しており、その連続性はある程度確認されている。

(2) 炭層厚についていえば、マリバウ地域では、加重平均で0.76mであり、南西マリバウ地域は、1.27mである。特にマリバウ地域では、散点的に賦存する2炭層を除きすべて1m以下の炭層である。

(3) マリバウ地域の石炭資源に関するデータは、炭層の厚さ、炭層の連続性および資源量において南西マリバウ地域より劣るものであると結論づけられる。

表 5-1

## 石炭資源量

## Malibau Area

Seam	Observ. points (>0.6m)	Ave. Thickness (m)	Strike Distance (m)	Distance along dip (m)	Coal Resources (1,000t)
MF-1	1	0.63	1,100	500	85
MF Seam	3	0.73	1,800	500	652
ME-1	1	1.24	1,900	500	1,365
ME Seam	0	—	0		0
MD-1	1	0.61	2,000	500	793
MD Seam	9	0.68	4,830	500	2,135
MG-2	1	0.60	1,250	500	488
MG-1	1	0.65	2,000	500	845
MG Seam	6	0.89	1,630	500	943
MB-2	1	0.80	2,000	500	1,040
MB-1	1	0.88	2,000	500	1,144
MB Seam	5	0.89	1,310	500	758
MA-6	1	0.65	2,000	500	845
MA-5	1	0.90	2,000	500	1,170
MA-4	1	0.80	2,000	500	1,040
MA-3	2	0.64	2,450	500	1,019
MA-2	1	0.65	2,000	500	845
MA-1	1	1.05	2,000	500	1,365
MA Seam	3	0.87	2,420	500	1,369
<b>Total</b>					<b>17,901</b>

## S.W. Malibau Area

Seam	Observ. points (>0.6m)	Ave. Thickness (m)	Strike Distance (m)	Distance along dip (m)	Coal Resources (1,000t)
SF Seam	2	1.65	2,390	500	2,563
SE2 Seam (Wm)	1	0.85	230	500	127
SE2 Seam (W)	9	1.55	2,020	500	2,035
SE2 Seam (E)	2	1.16	2,760	500	2,072
SE1 Seam (W)	20	1.52	3,310	500	3,278
SE1 Seam (E)	4	0.75	2,800	500	1,356
SD Seam (W)	2	1.30	560	500	473
SD Seam (E)	7	1.53	2,680	500	2,665
SC4 Seam	4	0.83	2,280	500	1,234
SC3 Seam	5	0.94	2,840	500	1,735
SC2 Seam	7	1.06	2,640	500	1,819
SC1 Seam	12	0.88	2,840	500	1,623
SB2 Seam	2	2.23	1,210	500	1,754
SB1 Seam	9	1.70	3,160	500	3,496
<b>Total</b>					<b>26,230</b>



## 6. 炭質評価

フェーズ1とフェーズ2を通して合計56サンプルが3地域の露頭から採取され、マレーシア地質調査所サラワウ支所の石炭分析所および日本国内の分析所で分析が行われた。分析結果から炭質の主要項目を表6-1にまとめてある。

また一般炭としての利用面における適性をみるため、日本に輸入されている発電用炭に望まれている品位を表6-2に示し、これとの比較において評価を行った。

### (1) 全水分

本調査地域の石炭は、2.0~3.0%以下の固有水分であり、これに付着水分を加えた全水分は表6-2に示された値内に抑えられる。

### (2) 灰分

一般的に、南西マリバウ地域の主要炭層の原炭灰分は低く、シリンボボン地域は低から中、マリバウ地域は中程度を示し、採掘炭層の選定を考慮すれば十分基準内の範囲にある。

### (3) 揮発分

本調査地域の石炭は高揮発分炭であり、燃焼用炭として適しているといえる。

### (4) 硫黄

マリバウ地域と南西マリバウ地域の主要炭層の硫黄含有率は許容範囲にある。しかし、シリンボボン地域のクィーン層は2%の硫黄含有率を有しているため、選炭による硫黄分の削減や、発電用より高い硫黄分炭が使用できるセメント工業への利用を図るなどの検討が必要である。

### (5) 窒素

本調査地の石炭の窒素分は少なく利用上問題ない。

#### (6) 発熱量

表6-2には日本の電力会社が使用している輸入炭の一般的基準が示されているが、これらの基準より低い発熱量の石炭でも、その品質に適応したボイラーで利用することが可能である。

また発熱量 6,500kcal/kgの石炭は、マリバウ地域は17%、南西マリバウ地域では13%、シリンプボン地域では19%の灰分の石炭に対応し、いずれも問題はない。

#### (7) 粉砕性(HGI)

本調査地のHGIは燃料炭として要求される40~45を上回る50以上を示している。

#### (8) 灰の溶融温度(AFT)

AFTの許容限界値は各社まちまちであるが、微粉炭燃焼の場合、一般的にIDT(初期変形温度) 1,200℃以上が必要とされる。15サンプル中4サンプルのみが、これより低い温度を示す。

#### (9) 灰の組成

ボイラー燃焼時のスラッキングやファウリング傾向を予測するために多くの指標が提案されている。そのうち一般的に使われているものを分析結果から計算された値と比較して表6-3に示す。

許容限界値を超えた値は下線で示した。この表から、幾つかのサンプルは僅かながらスラッキングやファウリングの傾向が見られるが、全体的には問題ないと判断される。

表 6-1 主要項目分析結果比較表

AREA	MALIBAU		SW-MALIBAU		SILIMPOPON (1 sample)
	Average	(Range)	Average	(Range)	
Proximate Analysis (%)					
Moiture (ad)	2.7	(0.6 - 6.2)	4.0	(2.9 - 5.2)	1.7
Ash (ad)	21.5	(3.4 - 48.2)	12.8	(2.9 - 43.0)	17.3
Volatile Matter (daf)	46.6	(43.9 - 51.2)	46.9	(44.3 - 50.2)	48.1
Fuel Ratio	1.15	(0.95 - 1.28)	1.13	(0.99 - 1.26)	1.08
Calorific Value (kcal/kg)					
(air dried b.)	5,923	(3,633 - 7,571)	6,305	(3,371 - 7,456)	6,564
(dry ash-free b.)	7,818	(6,795 - (8,679))	7,560	(6,482 - (,087))	8,103
Total Sulphur (ad. %)	1.46	(0.26 - 3.79)	1.05	(0.29 - 2.84)	1.83
Ultimate Analysis (daf. %)					
Carbon	79.40	(72.30 - 82.90)	78.27	(70.40 - 81.20)	81.00
Nitrogen	1.69	(0.85 - 2.41)	1.27	(1.07 - 1.51)	1.11
Oxygen	11.10	(7.20 - 18.43)	13.33	(10.73 - 15.64)	9.15
Free Swelling Index (FSI)	1.1	(0 - 2)	0.7	(0 - 1)	2
Hardgrove Grindability I. (HGI)	58.0	(51.9 - 70.1)	50.1	(40.4 - 54.9)	54.9
Ash Fusion Temp. (deg.C)					
Initial Deformation T.	1,317	(1,075 - 1,505)	1,277	(1,100 - 1,495)	1,385
Hemispherical T	1,377	(1,120 - 1,550)	1,341	(1,160 - 1,565)	1,430
Ash Analysis (dry, %)					
SiO <sub>2</sub>	50.26	(43.30 - 58.40)	43.64	(27.20 - 51.40)	45.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.07	(19.69 - 31.91)	30.52	(22.42 - 38.20)	32.74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.38	(3.40 - 16.19)	8.17	(3.97 - 17.34)	11.01
CaO	2.23	(0.93 - 4.00)	3.85	(1.00 - 5.68)	1.81
MgO	2.77	(1.70 - 5.45)	4.19	(1.70 - 7.97)	1.93
Na <sub>2</sub> O	0.73	(0.23 - 1.91)	1.13	(0.30 - 4.01)	2.35
K <sub>2</sub> O	2.82	(1.94 - 3.36)	1.77	(0.98 - 2.37)	0.32
TiO <sub>2</sub>	1.13	(1.03 - 1.39)	1.18	(0.84 - 1.39)	1.72
Coal Rank	h <sub>v</sub> Ab	(h <sub>v</sub> Ab - h <sub>v</sub> Cb)	h <sub>v</sub> Bb	(h <sub>v</sub> Bb - h <sub>v</sub> Cb)	h <sub>v</sub> Ab

表 6-2 発電用石炭品位基準

品質項目	単位	基準
総発熱量	kcal/kg	>6,000~6,200
全水分	ar%	<10~12
灰分	ad%	<15~20
揮発分	ad%	>18~20
燃料比		<2.0~2.5
硫黄	ad%	<1.0~1.2
窒素	daf%	<1.8~2.2
粉碎性 (HGI)		>40~45
灰の熔融性		
初期変形温度	deg. C	>1,150~1,250
熔融温度	deg. C	>1,250~1,300
灰の組成		
Na <sub>2</sub> O	dry%	<2.0~3.0
塩基・酸比		<0.5
スラッキングファクター		<0.6
フタリングファクター		<0.2

表 6-3 灰の一般炭指標

Indices	IDT (°C)	B/A ratio	Slagging F.	Fouling F.	Na2O (%)
Requirement	>1,200	<0.5	<0.6	<0.2	<2.0
<b>MALIBAU</b>					
SK208	1,300	0.25	0.48	0.14	0.55
SK224	1,385	0.18	0.40	0.10	0.53
SK238	<u>1,075</u>	0.46	<u>1.16</u>	<u>0.88</u>	1.91
SK217	1,425	0.12	0.17	0.03	0.23
SK230	1,360	0.19	0.56	0.03	0.17
SK246	<u>1,170</u>	0.22	0.07	<u>0.28</u>	1.24
HK026	1,505	0.14	0.05	0.07	0.46
<b>SW MALIBAU</b>					
SW25	1,495	0.16	0.15	0.05	0.36
SK015	<u>1,155</u>	0.48	0.18	<u>1.95</u>	<u>4.01</u>
SW37	1,345	0.18	0.18	0.14	0.78
SK040	1,315	0.22	0.07	0.17	0.77
SW18	1,240	0.23	0.07	<u>0.25</u>	1.10
NK129	<u>1,100</u>	0.34	<u>0.97</u>	0.10	0.30
NK104	1,290	0.23	0.21	0.14	0.60
<b>SLIMPOPON</b>					
KK011	1,385	0.22	0.41	<u>0.52</u>	<u>2.35</u>



## 7. 炭鉱開発の概念設計

シリムボボンおよび南西マリバウ地域に対する炭鉱開発計画を、石炭資源の地質評価を基に作成した。シリムボボン地域における数本の試錐を除いては深部探査の実績はなく、探査は未だ初期段階であり、従って炭鉱開発計画は予備的な概念設計である。採掘計画およびコストの算出においてはいくつかの仮定を基にして作成した。

マリバウ地域は炭層が薄く、経済的に坑内採掘を実施するのは困難であると判断し開発計画の対象外とした。

### 7.1. シリムボボン地域

#### 7.1.1. 基本事項

##### (1) 旧炭鉱の記録

1906年から1932年まで27年間操業された炭鉱跡地が当地域の北側にある。1909年から1929年の間に累計1,348,952トン(ロングトンと思われる)が生産されたが、開坑当初と最後の3年間の記録は不明である。平均年産は64,236トン、最大年産は1924年の90,012トンであった。数本の斜坑、水平坑道、立坑が開削され、石炭は柱房式で採掘された。

産出炭はシリムボボン川に沿って南へ7 km 離れた2番埠頭まで軌道を使用して運ばれ、バージに積み込まれた。

##### (2) 採掘区域

選定した採掘区域は、最小稼行丈である山丈1.2 mの炭層等厚線が南東側の採掘限界である。南西部のIster No. 1 およびIster No. 4の2本の試錐ではクィーン層が貧化している可能性があるため、2本の試錐位置を結ぶ線を南西側の採掘限界とした。北側には旧採掘跡や露頭があるので、坑内出水を防止する為に、これらから幅100 m以上の保安炭柱をとり、北側の採掘限界とした。

### (3) 実収炭量

実収炭量は後述の採掘計画を基にして計算している。炭量計算はパネル毎、坑道毎に、原炭ベースで計算される。

適用した諸元は以下の通りである。

稼行丈	: 1.2~1.85 m (炭層等厚線に基づく)
実収率 (%)	: 長壁切羽 95、柱房切羽 33、掘進 100
原炭比重	: 1.4

全パネルの実収炭量は約370万トンである。

## 7.1.2. 坑内設計と採掘方式

### (1) 坑内骨格概要

坑内骨格のレイアウトを図7-1に示す。

坑口から中心間隔50mの距離で平行する2本の岩石斜坑を、クィーン層の天盤側に傾斜18度で掘削し、坑口より約320mでクィーン層に着炭してからは平均傾斜6度で炭層内に掘削する。

沿層斜坑が展開されるに従い、斜坑の両側に採掘パネルを造成する為に一定の間隔で肩、深の沿層坑道を掘削する。肩、深の沿層坑道は1つの採掘パネルを構成し、幅(肩、深間の距離)は100m、長さ(肩、深の沿層坑道長)は500m~1700mの大きさである。20mの保安炭柱を残して次レベルのパネルを展開する。

### (2) 採掘方式

当地域の地質条件に適切な採掘方法として、半機械化の長壁式採炭法(L/W)および柱房式採炭法(B/P)を選定した。柱房式採炭は、川の下部になる部分に適用し、採掘率を下げることによって採掘による地表への影響を小さくし、結果として河川水の坑内への流入を防止する。

長壁式採炭においては、炭層を発破とコールピックを使用して掘り崩し、石炭を払内に敷設したチェーンコンベアで深坑道まで搬出する。払の天盤は水圧鉄柱と長さ1.2mのカップを組み合わせて支持する。



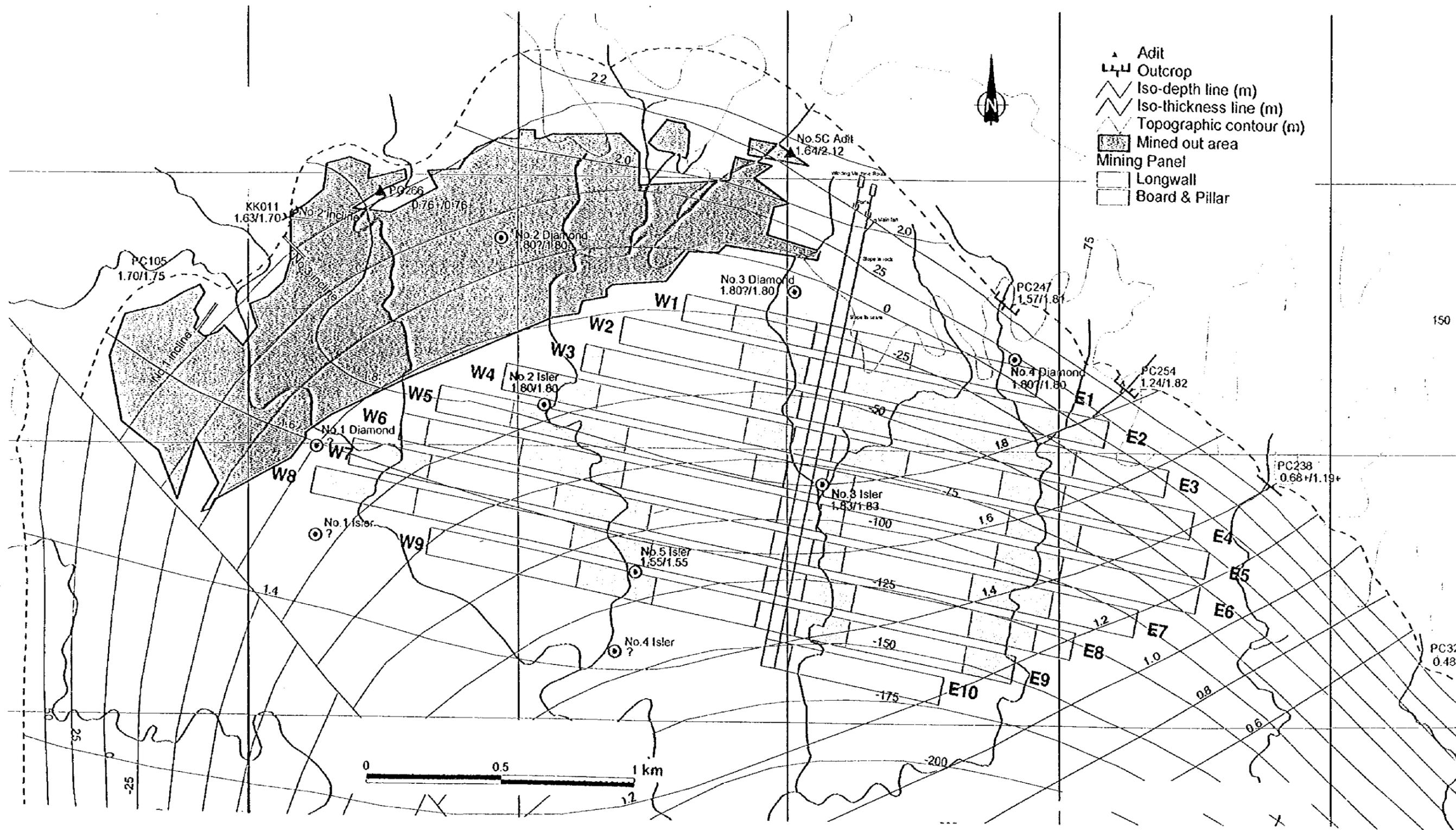


図7-1 シリムボボン炭鉄採掘計画図







柱房式では深坑道から肩坑道に向かって直角に、炭層は幅 5 m で掘削され、隣の 10 m 幅は掘削せず炭柱として残す。この繰り返しで採掘を行うので、当方式による採掘区域の採掘率は 1 / 3 (33%) となる。

採炭切羽からの産出炭は深坑道で切羽チェーンコンベアから炭車に積み替え、蓄電車で斜坑まで牽引し、斜坑では坑口近くに設置した巻揚げ機で坑外まで搬出する。

### 7.1.3. 石炭生産

坑道掘進および石炭生産のスケジュールは次の条件で算出した。

#### (1) 作業工程

操業は下記条件を基礎とする。

$$\text{年間操業日} = 5 \text{ 日/週} \times 52 \text{ 週/年} - \text{休日 (10 日)} = 250 \text{ 日/年}$$

$$\text{操業方式} = 8 \text{ 時間/方} \times 3 \text{ 方/日}$$

採炭、掘進のチーム数は以下の通り

#### (a) 掘進

操業年次	1 ~ 5年	6 ~ 11年	12 ~ 21年
チーム数	2 組	1 ~ 2 組	1 組

#### (b) 長壁式採炭

常設チーム : 1 組/方  $\times$  3 方/日

増強チーム : 他のパネルで採炭

11 ~ 22 年目は 1 方/日、22 年目以降は 2 方/日

#### (c) 柱房式採炭

常設チーム : 4 組/方  $\times$  3 方/日

増強チーム : ① 6年目と9年目は3組/日、②11~22年目は4組/日

## (2) 進行速度と生産量

### (a) 掘進

表7-1 坑道掘進能率と石炭産出量 (シリムボボン炭鉱)

	岩石斜坑	沿層斜坑	沿層水平坑道
掘進速度 (m/方)	1.0	1.2	2.4
(m/日)	3.0	3.6	7.2
生産量 (トン/m) *	—	8.1~11.3	7.4~11.3
(トン/方)	—	29.2~40.7	53.3~81.4

\* 稼行丈によって変化する

### (b) 長壁式採炭

- ・出炭量/進行m : 165~246 トン (稼行丈による、実収率 95%)
- ・切羽進行長 : 0.72 m/方 ⇒ 2.16 m/日
- ・出炭量/進行m : 119~177トン/方 ⇒ 357~531 トン/日

### (c) 柱房式採炭

- ・採掘速度 : 3.6 m/方/組 ⇒ 10.8 m/日/組 (1.8サイクル/日)
- ・進行長当り出炭 : 8.7~13.0 トン/m
  - 正規チーム : 375~562トン/日
  - 増強チーム : ① 140トン/日、② 152~179トン/日

## (3) 生産工程

上述の基準をもとに作成した生産工程を表7-2に示す。この工程表に示すように、平均年産は掘進炭1万5千トンを含み原炭約16万トンである。約370万トンの実収炭量は操業24年で終掘する。

### 7.1.4. 人員計画

炭鉱操業全体に必要な人員 (在籍ベース) について表7-3に示す

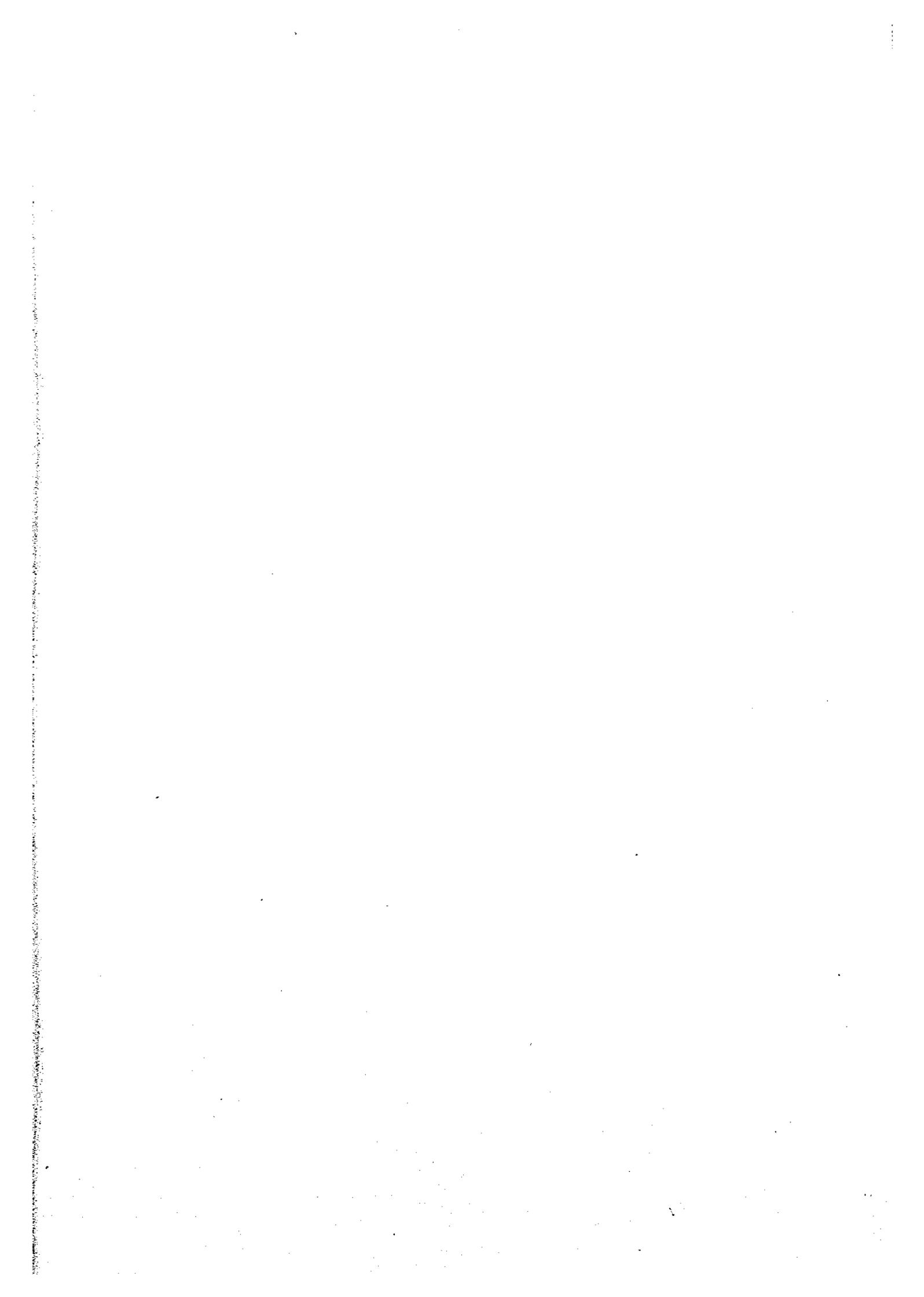


表 7-2 生産工程 シリムボボン炭鉱 ( 1,000t )

( 1,000t )

Panel	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	
West 1		[1830] 71.6																							71.6
East 1		[190] 10.6	[1520] 82.1																						92.7
West 2			[950] 51.2	[1490] 80.0																					132.2
East 2				[1010] 55.4	[490] 26.9																				82.3
West 3					[2010] 107.0	[1020] 54.4																			161.6
East 3						[1450] 69.0	[1450] 78.0																		147.0
West 4						[1740] 24.8	[120] 62.5	[180] 56.1																	182.7
East 4								[700] 30.4	[2500] 134.9	[1060] 55.0															274.3
West 5								[1450]			[1440] 75.0	[2500] 133.7	[390] 22.5												231.2
East 5												[2110] 65.3	[2500] 121.5	[660] 41.9											249.7
West 6											[3100] 18.6	[2500] 41.9	[2500] 42.4	[2500] 39.3	[2500] 41.9	[2500] 41.9	[1830] 31.5								257.5
East 6														[1810] 62.1	[2500] 108.7	[1390] 65.1									235.9
West 7																[1110] 52.5	[2500] 120.3	[1740] 82.5							255.3
East 7																	[810] 7.4	[2500] 30.3	[2500] 32.6	[2500] 38.1	[2500] 36.3	[1270] 33.1			175.8
West 8																	[160] 35.1	[2500] 141.8	[2500] 143.8	[20] 0.9					261.6
East 8																						[1230] 39.1	[2500] 67.2	[1240] 34.8	132.1
West 9																					[2490] 110.3	[2490] 105.4			215.7
East 9																						[100] 3.8	[2470] 95.9		99.7
East 10																							[30] 1.1	[2500] 95.5	96.6
Mining face		82.2	174.3	135.4	133.9	147.7	149.5	126.5	134.9	131.0	152.2	149.7	163.9	144.3	150.6	155.5	159.1	147.9	144.4	149.9	142.5	172.4	164.7	130.8	3,302.5
Road Develop	3.6	25.0	23.1	26.7	26.6	17.8	25.6	25.6	17.7	25.7	12.1	12.9	12.1	10.8	11.1	12.1	12.8	8.0	12.0	10.9	11.5	1.2	0.0	0.0	355.4
Total	3.6	107.2		162.1	160.5	165.5	164.1	152.1	152.6	156.7	164.3	162.6	174.0	155.1	161.7	171.7	172.0	155.9	156.4	160.8	159.4	173.6	164.2	130.8	3,657.9

 Regular team  
 Additional team







表7-3 人員計画 (シリムボボン炭鉱)

	部署	職員	鉱員	合計
統括者		2	-	2
生産	坑内	34	191	225
	選炭機	7	40	47
	小計	41	231	272
保安	小計	16	7	23
機械・電気	坑内	12	28	40
	坑外	11	22	33
	小計	23	50	73
生産管理	企画・管理	4	-	4
	測量・設計	3	6	9
	小計	7	6	13
経理	資材	4	4	8
	経理	5	8	13
	小計	9	12	21
管理	小計	14	40	54
合計		112	346	458

## 7.2. 南西マリバウ地域

### 7.2.1. 基本事項

#### (1) 採掘炭層および採掘区域

西部に賦存する SE1 および SE2 層、東部に賦存する SBI 層をその厚さと連続性の観点から採掘炭層として選定した。

表7-4 採掘計画対象炭層 (南西マリバウ炭鉱)

区域	西部	西部	東部
炭層	SE2層	SE1層	SB1層
炭層厚：最大～最小 (m)	1.2～2.61	1.05～4.86	1.10～5.23
可採炭厚の広がり (m)	900	1,700	1,400

上述のように採掘対象炭層を選定した結果、採掘区域は2つの地域に分けられる。即ち、SE1層とSE2層を対象とした西部地域、SB1層を対象とした東部地域である。

(2) 実収炭量

実収炭量は次項で述べる採掘計画を基にして計算している。炭量計算はパネル毎、坑道毎に原炭ベースで計算した。

(a) 採掘面積

採掘パネル上下間にある保安炭柱15 m は炭量から除外される。採掘地域の最深部坑道は地表近くの最浅部坑道より垂直距離で310 mである。

(b) 稼行丈

当採掘計画では最大稼行丈を2.4 mとしている。各炭層の平均稼行丈は次の表7-5の通りである。

表7-5 平均稼行丈 (南西マリバウ炭鉱)

	SE2層	SE1層	SB1層
調査露頭数	9	11	6
稼行丈計 (m)	14.65	18.81	11.20
平均稼行丈 (m)	1.63	1.71	1.87
炭量計算使用稼行丈 (m)	1.60	1.70	1.90

(c) 実収率 : 採掘パネル 95 % 、 掘進 100 %

(d) 原炭比重 : 1.4

次の表7-6は上記の計算基準を用いて算出した各炭層の実収炭量である。

表7-6 実収炭量総括 (南西マリバウ炭鉱)

炭層名	採炭 (トン)	掘進 (トン)	計 (トン)
SE2層	356,400	58,700	415,100
SE1層	588,900	93,600	682,500
小計	945,300	152,300	1,097,600
SBI層	605,900	99,700	705,600
計	1,551,200	252,200	1,803,200

### 7.2.2. 坑内設計と採掘方式

#### (1) 坑内骨格概要

前述の様に SBI層を対象とした東部地域(東部坑)と SE1層と SE2層を対象とした西部地域(西部坑)の2カ所の採掘地域に分けられる。以下に述べる坑内骨格基礎は両坑ともに共通している。

(a) 採掘パネルの垂直距離は50 mとし、採掘パネル上下間には垂直距離15 mの保安炭柱を設ける。

(b) 両坑共に、全体で5レベルの採掘パネルを設定する。両坑における採掘パネルの最浅部と最深部の標高は次の通りである。

	西部坑	東部坑
最浅部パネルレベル(m)	680	700
最深部パネルレベル(m)	370	390

(c) 浅部の採掘地域においては、各採掘レベル毎に各々の炭層露頭付近に坑口を設けて沿層坑道を掘削、採掘パネルを展開する。これらの坑口レベルの最低レベルより深い炭層に対しては岩石斜坑を設け、立入坑道を経て沿層坑道を展開する。

東部坑と西部坑の展開を図7-2に示す。

## (2) 東部坑 (SB1層)

図7-3-1に東部坑の採掘計画図を示す。

2本の岩石斜坑をB1層の盤下(北側)に、炭層にほぼ平行して傾斜16度で掘削する。1本は入気、石炭搬出、人員や資機材の搬出入に使用し、他の1本は排気に使用する。

入気斜坑からは炭層に向かって、それぞれのレベルに9本の立入を掘削する。排気斜坑からは各々の採掘パネルの肩坑道(排気)に繋がる4本の立入を掘削する。

## (3) 西部坑 (SE1層およびSE2層)

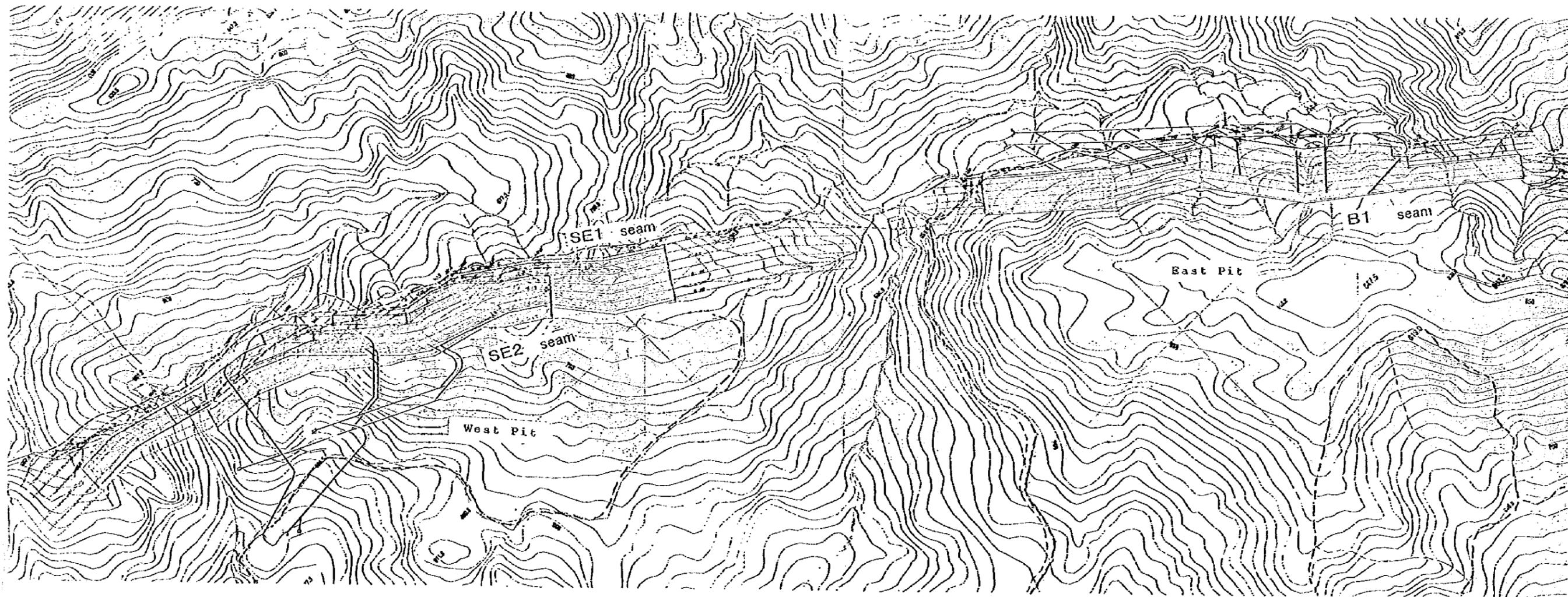
図7-3-2に西部坑(SE1層)の採掘計画図を示す。

浅部においてはSE1層の3本の沿層坑道は直接山腹に坑口を設ける。ただし、SE1層の2本の沿層坑道は露頭が川に近く、水の流入を避ける為SE2層の坑道から立入で連絡する。

550 mレベルより深部の展開に関しては、水準岩石坑道、斜坑、立入の配置およびその組み合わせ方によって3案を策定検討した。3案の共通点は、水準坑道および一对の岩石斜坑を掘削することである。1本を入気、石炭搬出、人員や資機材の搬出入に使用し、もう1本を排気に使用する。

比較検討の結果、今回の開発、生産、コスト評価等の計画策定には第3案を採用している。



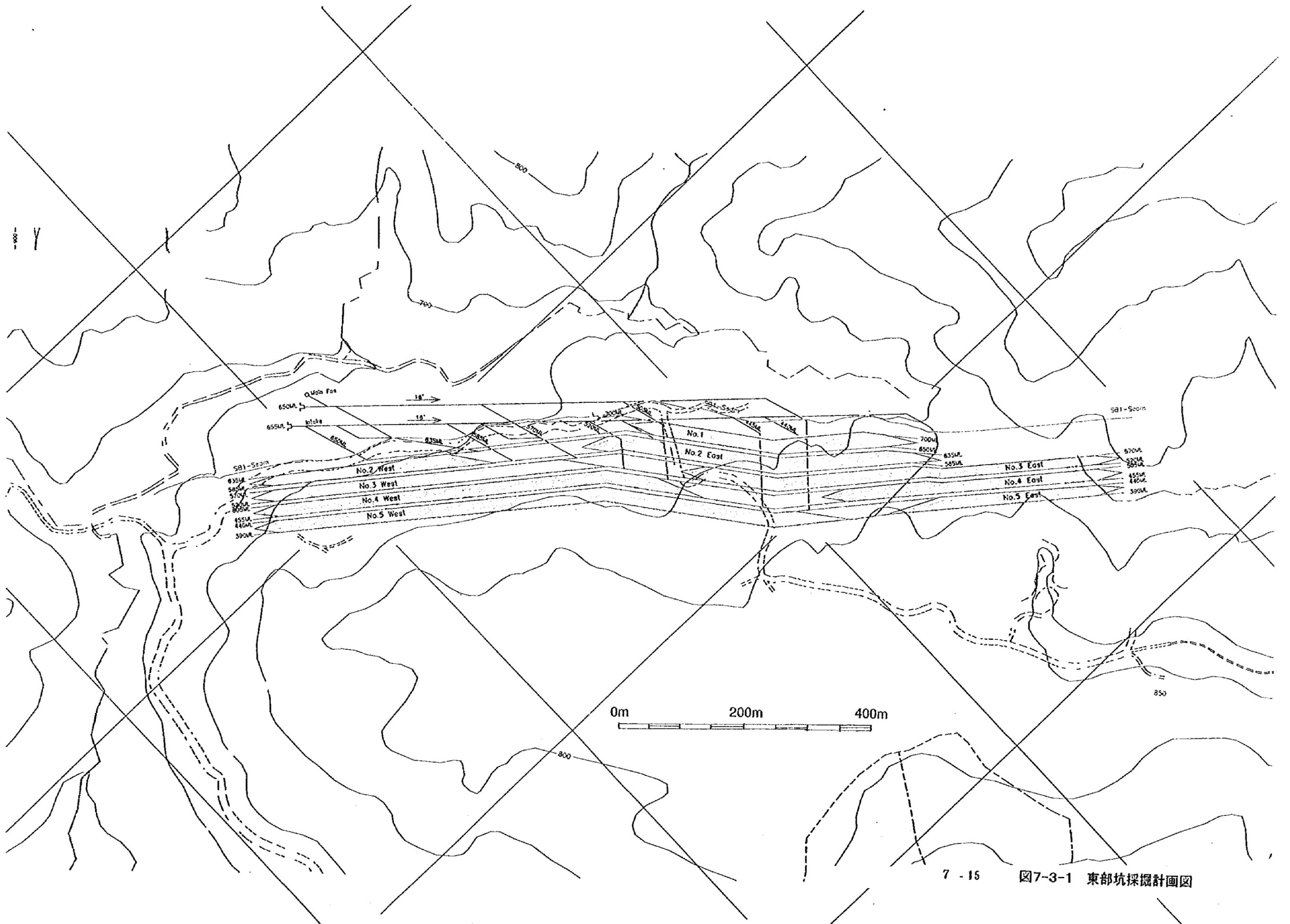


--- Logging Road

0 300m



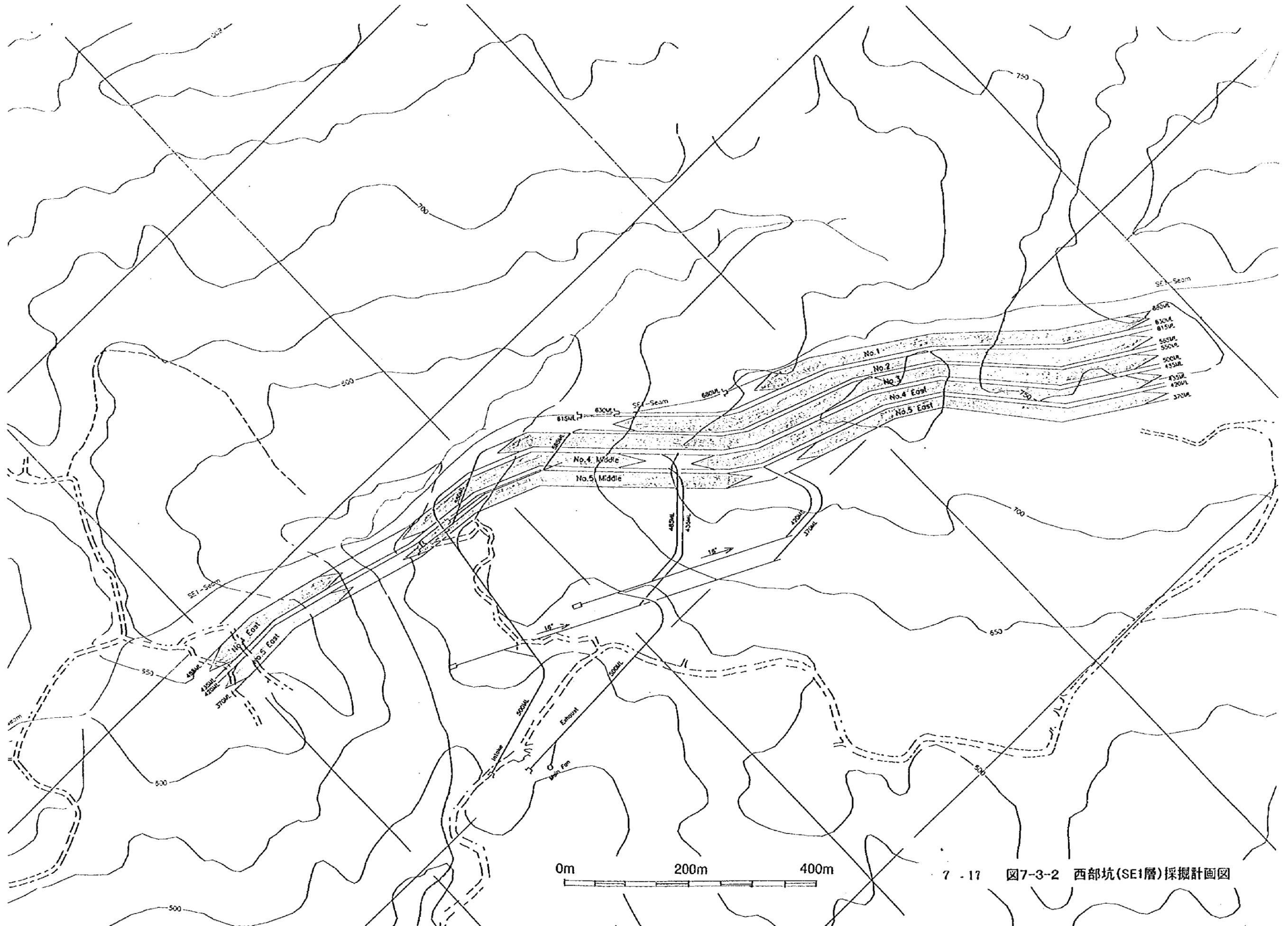




7 - 15 图7-3-1 东部坑探掘计划图







7-17 图7-3-2 西部坑(SE1層)採掘計画図





