

No. 4

インドネシア共和国オンピリン石炭開発計画調査

地質調査報告書

1979年11月

国際協力事業団

鉱計資

79-101

JICA LIBRARY



1055376L6J

インドネシア共和国オンビリン石炭開発計画調査

地質調査報告書

1979年11月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '81 5 2	108
登録No. 04272	66.7
	MPN

は し が き

日本政府は、インドネシア共和国政府の要請にもとづき、同国西スマトラ州オンピリン石炭開発計画調査を目的とした技術協力の実施を決意し、本業務を国際協力事業団に委託した。

国際協力事業団は、本調査がインドネシアにおけるエネルギー資源開発の上で果すことが予想される重要な役割に着目し、1977年7月に事前調査を行ない調査の実施内容につき協議し、それにもとづいて1978年1月より調査を開始した。

今回の調査は、試錐を中心とした地質調査が主体であり、インドネシア鉱山エネルギー省傘下の地質調査所ならびに石炭会社の多大なる協力を得て所期の目的を達成し当初の計画どおり終了することができ、日本側調査団は本年6月帰国した。

本報告書は、調査団が帰国後調査結果について取りまとめたものであり、当事業団としては、本報告書がオンピリン炭鉱の開発計画立案の上で適切な資料を提供するものであると確信する。

最後に、今回の調査にあられた団員各位に謝意を表するとともに、調査実施にあたりご協力をいただいたインドネシア共和国政府関係機関の方々はじめ在日日本大使館、外務省および通産省の関係各位に対し衷心より謝意を表するものである。

1979年11月

国際協力事業団

総裁 法眼晋作

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that proper record-keeping is essential for transparency and accountability, particularly in financial reporting and auditing. The text notes that incomplete or inaccurate records can lead to significant errors and potential legal consequences.

2. The second section focuses on the role of internal controls in preventing fraud and mismanagement. It highlights that a robust system of internal controls is necessary to ensure the integrity of financial data and to detect any irregularities early on. The document suggests that organizations should regularly review and update their internal control systems to adapt to changing risks and regulatory requirements.

3. The third part of the document addresses the challenges of data security and privacy in the digital age. It points out that as organizations collect and store vast amounts of sensitive information, the risk of data breaches and unauthorized access increases. The text recommends implementing strong security protocols, such as encryption and access controls, to protect data and maintain the trust of stakeholders.

4. The final section discusses the importance of effective communication and collaboration within an organization. It states that clear communication channels and a culture of transparency are vital for the successful implementation of any strategy or initiative. The document encourages leaders to foster an environment where team members feel comfortable sharing information and providing feedback.

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 法眼晋作 殿

インドネシア共和国西スマトラ州オンピリン炭鉱リハビリテーション調査を目的とした技術協力事業のうちその第一段階である地質調査終了にともなう報告書をここに提出いたします。

本調査はインドネシア政府の要請により、同国鉱山省と貴事業団との間で締結された1977年7月27日付“MINUTES”にもとづき1978年1月に開始され計画どおり1979年6月に終了いたしました。

調査団は住友石炭鉱業株式会社河合栄一を団長とする地質、採鉱および試錐の各専門技術者により構成され、うち地質1名および試錐4名の技術者は全期間に亘り現地滞在し調査業務実施にあたりました。

今回の調査は試錐(8本 計4,100m)を主体としたものであり、報告書は試錐柱状と採取された石炭ならびに岩石コア試料の各種分析結果および過去の調査資料等をもとにして、オンピリン炭鉱の主としてWARINGINを中心とした地域の地質状況、炭層賦存状況、炭質、炭量等につき解析結果をとりまとめたものであります。

インドネシア側では、鉱山エネルギー省はじめ関係当局は、本地質調査結果にもとづきオンピリン炭鉱の一部における追加地質調査と総括的フィージビリティスタディの実施を囑望しており、我々調査団といたしましては本報告書がその推進に有意義に役立つことを切に期待しております。

本報告書提出にあたり、本調査実施に多大の御協力を賜ったインドネシア政府関係者、駐インドネシア日本大使館、外務省、通産省および国際協力事業団の関係者各位に衷心より謝意を表します。

1979年11月

インドネシア共和国オンピリン石炭開発計画調査団

団長 河合栄一

目 次

は し が き

伝 達 状

1	調 査 の 経 緯	1
1.1	目 的	1
1.2	調査方法，期間および体制	1
2	Ombilin 炭鉱の一般概況	5
2.1	位置および交通	5
2.2	鉱区および地形	5
2.3	探鉱および生産状況	5
3	試 錐 作 業	9
3.1	掘さく作業概要	9
3.2	掘さく実績	13
3.3	主たる掘さく障害と対策	13
3.4	孔曲り測定	17
4	地 質	19
4.1	概 説	19
4.2	一般地質および層序	19
4.3	第三紀層詳論	26
4.4	地 質 構 造	32
4.5	炭層賦存状況	34
4.6	鉱物組成から見た堆積環境	41
4.7	花 粉 分 析	45
5	炭 質	52
5.1	概 説	52
5.2	工業分析，全硫黄，CSNおよび発熱量	54

5.3	元素分析	58
5.4	ハードグロブ指数, 灰の融点および灰の組成	63
5.5	組織分析, 流動性	65
5.6	炭質評価	67
6.	炭量	69
6.1	炭量計算の方法および規準	69
6.2	炭量	71
7.	調査結果のまとめ	80
8.	提言	83
	引用文献	84

表 (Table)

Table 1.	派遣技術者一覧表	4
	Engineers sent from Japan	
2.	掘さく記録	11
	Drilling record	
3.	作業時間および能率	14
	Working time and efficiency	
4.	機械運転時間	15
	Operating time of drilling machines	
5.	消耗品使用量	16
	Material consumption	
6.	ボーリング位置および標高	20
	Coordinate and elevation of drilling holes	
7.	オンビリンベイズンの層位と対比	24
	Stratigraphy of Ombilin coal basin	
8.	地層区分, 砂岩含有率および石炭総厚	28
	Formation boundary, sand ratio and composit thickness of coal	
9.	各炭層の稼行対象部分の状況	36
	Condition of minable part of coal seams	
10.	W-2 と W-4 の粘土鉱物組成	43
	Claymineral assemblages in W-2 and W-4	
11.	花粉分析による時代区分	46
	Age determination from palynological analysis	
12.	石炭分析および諸試験結果	53
	Results of coal analysis and testing	
13.	サワラソウ地域の A および C 層の石炭分析値	55
	Analysis of A and C coal in Sawah Rasaw V	

14.	S-1 の C 層下部 (364.50~372.50 m) の 硫黄 の 性 状	57
	Properties of sulfur in the lower part of C seam at S-1 (364.50~372.50 m)	
15.	S-1 の 石 炭 の 組 織 分 析 結 果	66
	Petrographic analysis of coal from S-1	
16.	炭 量 計 算 表 (総 括)	72
	Coal reserves (Summary)	
17.	炭 量 計 算 表	73
	Coal reserve calculation	

図 (Figure)

Fig. 1.	探鉱作業概要	3
	General view of exploration work	
2.	位置図	6
	Location map	
3.	パダン-サワルント間の道路, 鉄道の概要	7
	General view of road and railway from Padang to Sawahlunto	
4.	掘さく作業工程概要	10
	Execution process of drilling operation	
5.	ビットおよびケーシング計画	12
	Bit and casing programme	
6.	オンビリン地区の地質構造概要	33
	Outline of geological structure around Ombilin area	
7.	花粉および孢子個体出現頻度図	47
	Range chart of pollen and spore occurrence	
8.	サワルント層より産出した花粉, 孢子の顕微鏡写真	48
	Microscopic photograph of pollens and spores occurred in Sawahlunto formation	
9.	カロリーと炭素含有量との関係	59
	The relation between calorific values and carbon contents	
10.	O^*/C^* (原子数) と炭素含有量との関係	60
	The relation between O^*/C^* ratios (in number of atoms) and carbon contents	
11.	H^*/C^* (原子数) と炭素含有量との関係	61
	The relation between H^*/C^* ratios (in number of atoms) and carbon contents	

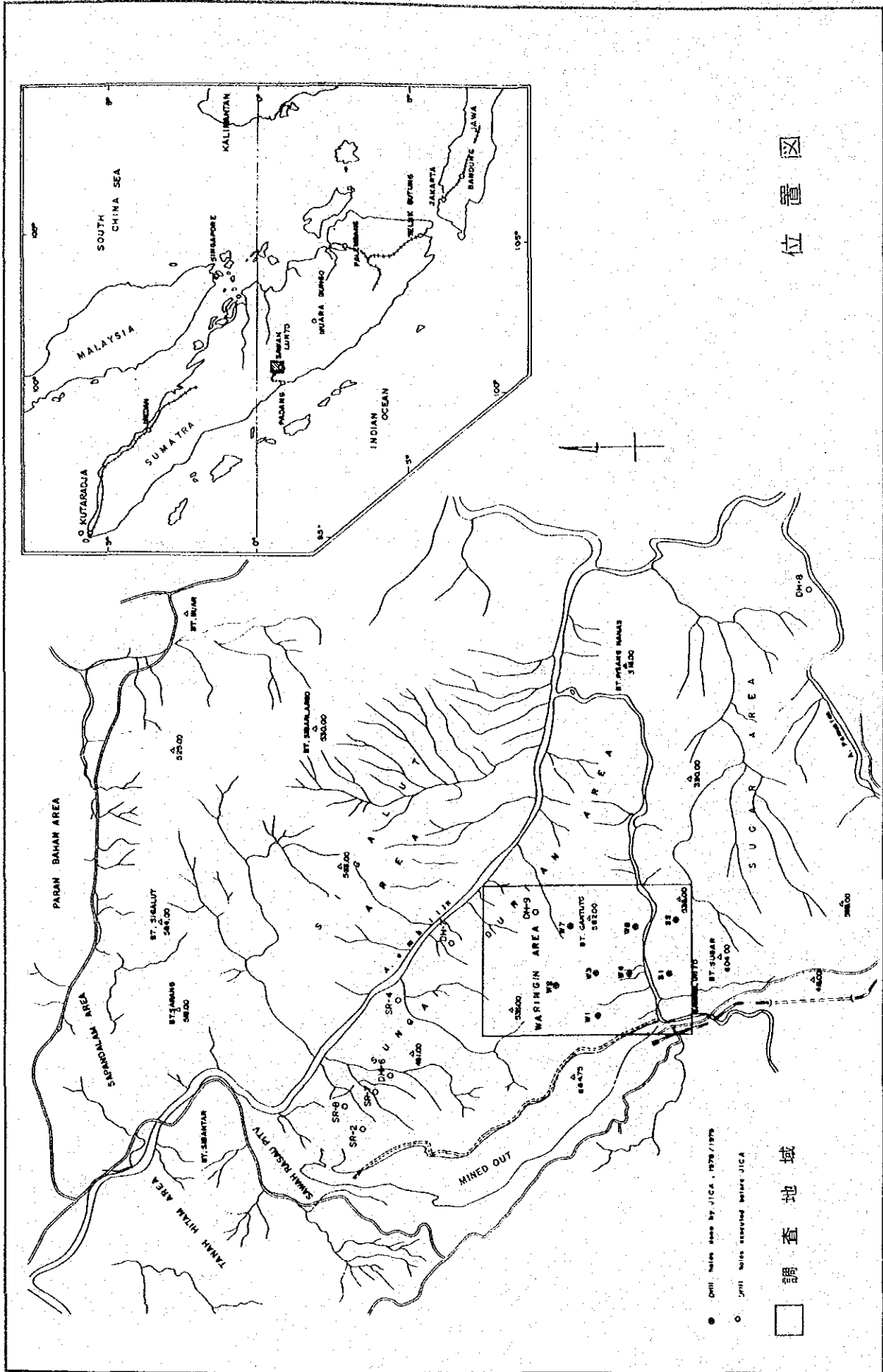
12. H^*/C^* と O^*/C^* (原子数)との関係—クレベルンの図 …………… 62

The relation between H^*/C^* ratios and O^*/C^* ratios
(in number of atoms)—Krevelen

付 図 (Drawing)

- Dwg. 1. オンピリン炭鉱周辺の地質概念図 (1:20,000)
Compiled geological map of Onbilin coal mine (1:20,000)
2. 地 質 図 (1:5,000)
Geological map
- 3 a. 地質断面図 (A-A'~E-E', 1:5,000)
Geological cross sections
- b. 同 (F-F'~I-I', 1:5,000)
- 4 a. 地質柱状図 (W-1, 1:100)
Geological columnar section
- b. 同 (W-2, 1:100)
- c. 同 (W-3, 1:100)
- d. 同 (W-4, 1:100)
- e. 同 (W-7, 1:100)
- f. 同 (W-8, 1:100)
- g. 同 (S-1, 1:100)
- h. 同 (S-2, 1:100)
- 5 a. 地質柱状対比図 (DH-2~W-7, 1:1,000)
Correlation of geological sequence
- b. 同 (DH-7~S-2, 1:1,000)
- c. 同 (SR-4~S-1, 1:1,000)
- d. 同 (DH-1~W-8, 1:1,000)
- 6 a. 炭層発達状況図 (W-1~DH-2, 1:400)
Development of coal seam in Sawahlunto formation (1:400)
- b. 同 (DH-8~W-2, 1:400)
7. 炭層対比図 (1:50)
Coal seam correlation

8. 炭柱図 (1:20)
Columnar coal section
- 9 a. A層等深線図 (1:10,000)
Structure contour map, A seam
- b. B層等深線図 (1:10,000)
Structure contour map, B seam
- c. C層等深線図 (1:10,000)
Structure contour map, C seam
- 10 a. サワレント層の等厚線図および砂岩等含有線図 (1:10,000)
Isopach and sand ratio in Sawahlunto formation
- b. 下部サワタンバン層の等厚線図および砂岩等含有線図 (1:10,000)
Isopach and sand ratio in lower Sawah Tambang formation
11. サワレント層の石炭総厚図 (1:10,000)
Composit thickness of coal in Sawahlunto formation
- 12 a. A層炭量計算図 (1:10,000)
Coal reserve calculation map, A seam
- b. B層炭量計算図 (1:10,000)
Coal reserve calculation map, B seam
- c. C層炭量計算図 (1:10,000)
Coal reserve calculation map, C seam
13. 初期開発対象地域 (A, BおよびC層) (1:10,000)
Proposed mining area at initial development stage
14. W-2, W-4の粘土鉱物のX線粉末回折線図
X-ray diffraction pattern of clayminerals in W-2 and W-4
15. 孔曲り測定結果
Result of hole deviation survey



位置図

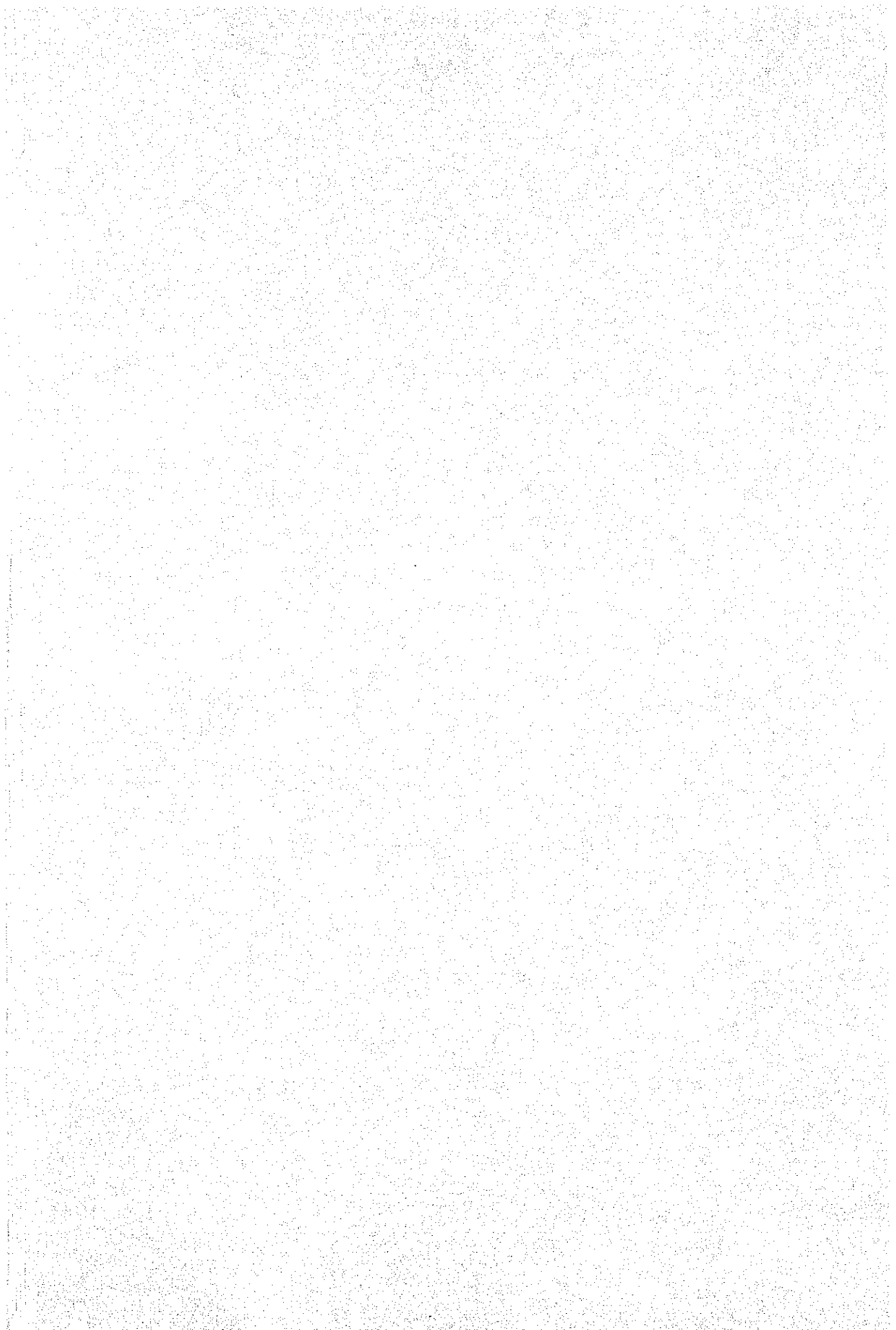
調査地域

● Contour lines based on JICA, 1978/1979

○ Contour lines surveyed before JICA



1. 調査の経緯



1. 調査の経緯

1.1 目的

インドネシア政府は、そのエネルギー政策において国内消費エネルギーの石油依存度を下げるため、水力、地熱の開発推進とともに、同国に多く埋蔵する石炭の開発利用をも積極的に進めることとし、とりあえず現在稼働中の Bukit Asam と Ombilin の 2 炭鉱のリハビリテーションに着手することになった。

中でも Ombilin 炭鉱は、1892 年から継続して稼働されている歴史ある炭鉱で最盛期には年産 60 万トン記録しているが第二次世界大戦以後、需要の衰退と共に生産も縮小し現在年産 8～9 万トンで推移している。

オンビリルン炭鉱区内では過去においてポーランド、日本およびインドネシア自身（石炭公社ならびに GSI）の手により地質調査がなされているが当面のリハビリテーションに見合い場所とまとまった炭量の把握はなされていなかった。

そこでインドネシア政府は、Ombilin 炭鉱の早期開発の場として同炭鉱の中心部でありかつ鉄道のターミナルに近い Waringin 地域を選定した。同地域は浅部は既に採掘済みであり、今後の開発の場としては旧採掘部の深部がその対象とされた。

1976 年末、インドネシア政府は、日本政府に対し同地域の炭層賦存状況と埋蔵炭量の確認、およびその結果にもとづくフィージビリティスタディの実施を目的として技術援助要請の打診を行い、日本政府はそれを受けて、1977 年 7 月 27 日インドネシア炭山省と国際協力事業団（JICA）との間で正式に調査実施要領に関する“Minutes”が取りかわされた。

1.2 調査方法、期間および体制

調査は 8 本の試錐を主体とし、更に Waringin 地域の地表地質調査ならびに地形測量を実施した。現地調査は 1978 年 1 月に開始され順調に推移したが、1978 年 11 月の中間調査の時点で、炭層の賦存状況に偏りのあることが判明したため、以降の試錐位置を南部へ変更することとした。

その結果 Waringin 地域での試錐 6 本（試錐 W シリーズ）Sugar 地域での試錐 2

本(試錐 S シリーズ)を行い、1979年6月現地調査を完了した。なお地形測量はインドネシア G. S. I. が担当して実施した。

試錐調査： 8本 延4,104.65 m

地表地質調査： 試錐調査に並行して必要箇所を実施

地形測量： 約10 km² (1/2,000地形図を作成)

現地調査期間： 1978年1月24日～1979年6月4日

本調査の実施に当り日本側からは、地質技術者1名と試錐技術者4名を現地派遣したほか、調査用試錐機材一式を持参した。

一方、インドネシア側からは調査責任者 (Project - director)、カウンターパート Geologist 1～2名、Driller 6名その他が共同で調査の実施に当たったほか、道路造成、機材人員の運搬、インドネシアにて調達可能な資材の準備、日本側技術者の滞在ならびに出入国に関する便宜供与、補給機材の免税手続等がなされた。

調査工程及び調査員についての総括は Fig. 1 のとおりである。尚、日本側からの派遣技術者の所属は Table 1 のとおりである。

Fig. 1. General view of exploration work

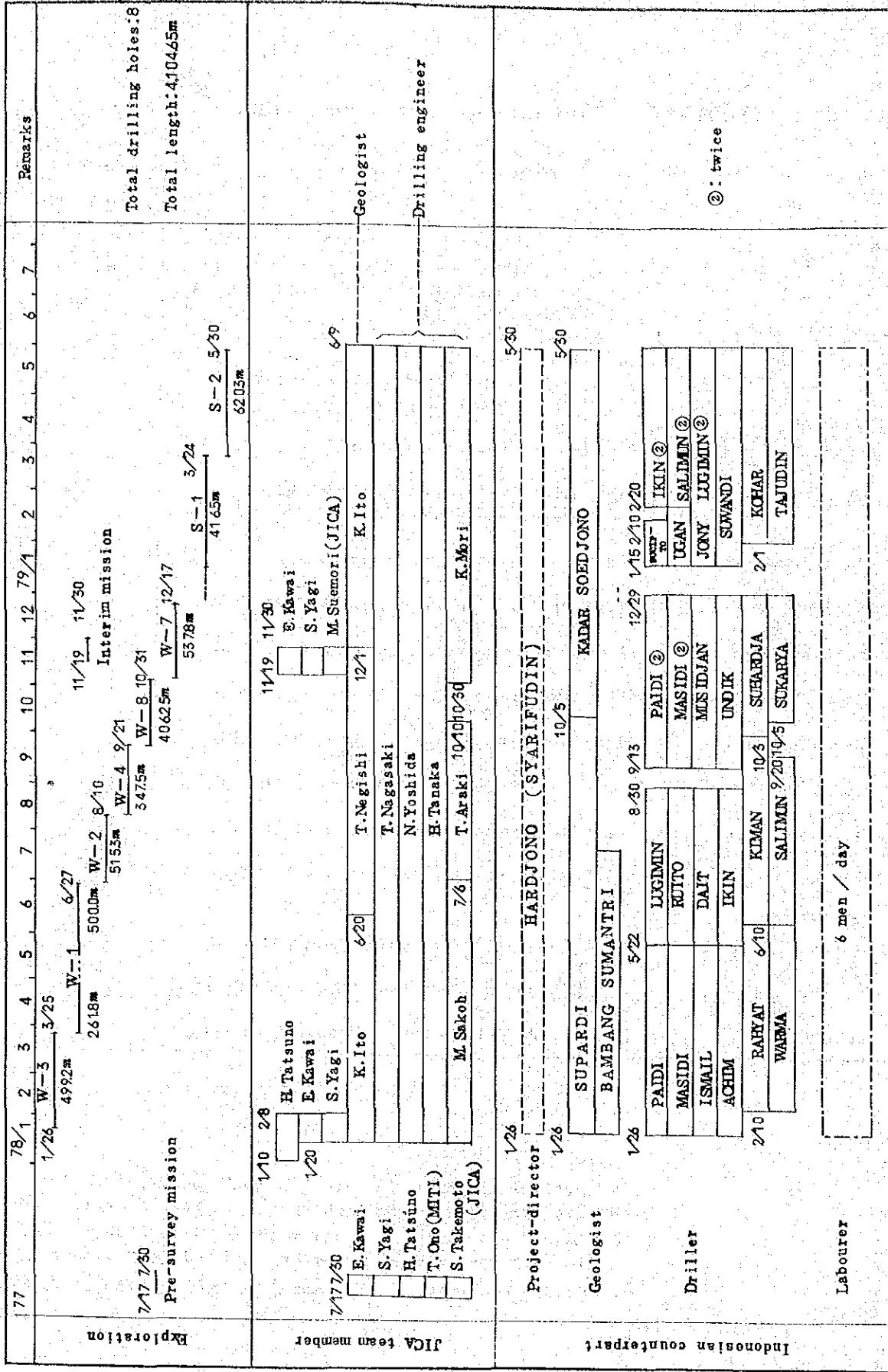


Table 1. Engineers sent from Japan

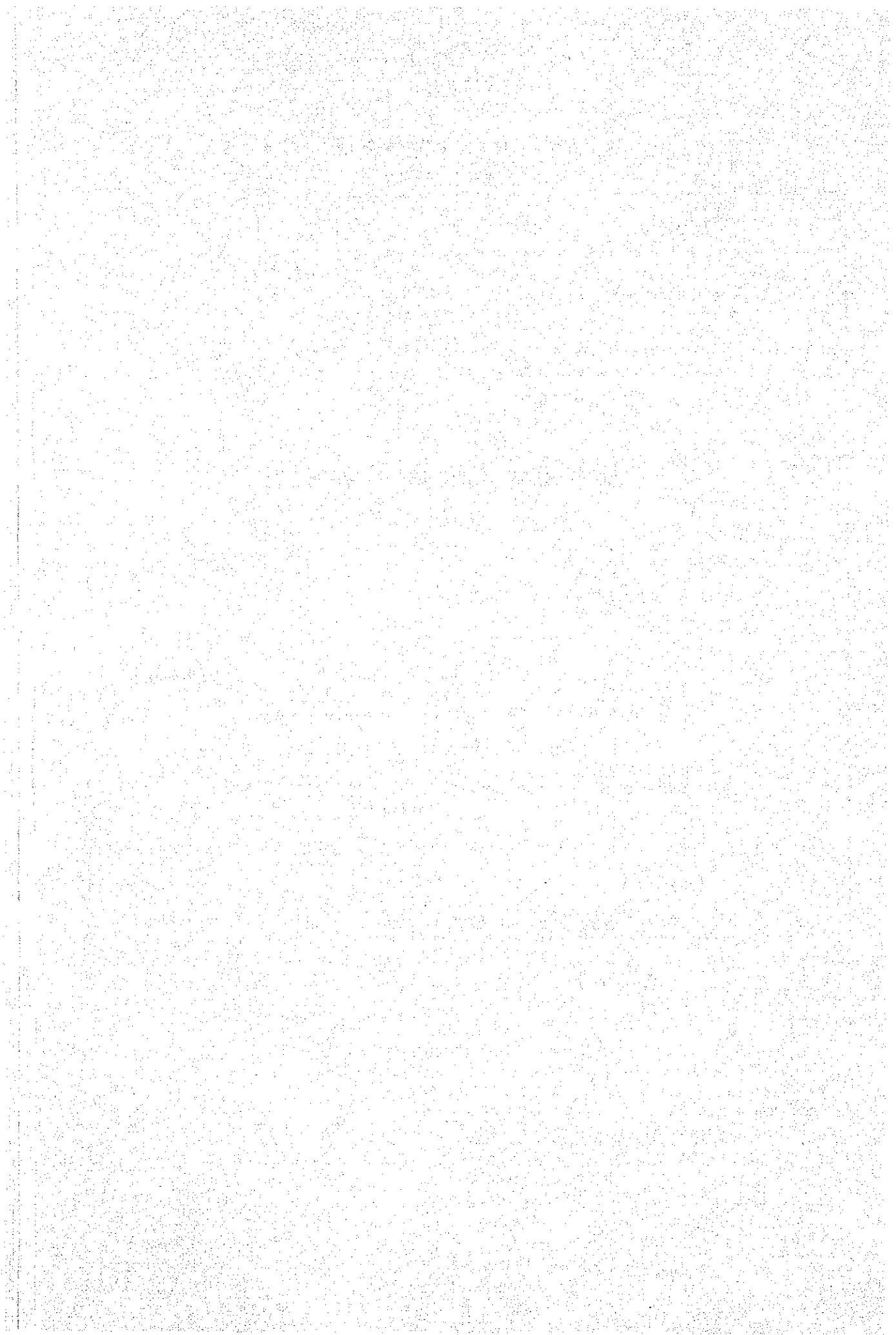
Name	Charge	Position	Working period
Eiichi Kawai	Leader	Director & Manager of Overseas Coal Development Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	A, B, D, E
Shozo Yagi	Geology	Manager of Geology Section, Survey Department, Japan Overseas Coal Development Co., Ltd.	A, B, D, E
Kimihiko Ito	Geology	Geologist, Mining Dept. SCM	C
Hiroaki Tatsuno	Mining	Mining engineer, Overseas Coal Development Dept. SCM	A, B, E
Toshio Negishi	Geology	Geologist, Mining Dept. SCM	C
Takeyuki Nagasaki	Drilling	Drilling engineer, Mining Dept. SCM	C
Masashi Sako	Drilling	Drilling engineer, Mining Dept. SCM	C
Nagao Yoshida	Drilling	Drilling engineer, Mining Dept. SCM	C
Tadashi Araki	Drilling	Drilling engineer, Mining Dept. SCM	C
Kunio Mori	Drilling	Drilling engineer, Mining Dept. SCM	C
Hiroshi Tanaka	Drilling	Drilling engineer, Mining Dept. SCM	C
Takashi Ono		Ministry of International Trade and Industry	A
Setsuo Takemoto		Japan International Cooperation Agency	A
Mitsuru Suemori		Japan International Cooperation Agency	D
Isao Asai		Japan International Cooperation Agency	E

* SCM, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.

Note :

- A : Preliminary survey ; July 17, 1977 to July 30, 1977
 B : Preparation ; January 10, 1978 to February 8, 1978
 C : Main field work ; January 20, 1978 to June 9, 1979
 D : Interim reviewing ; November 19, 1978 to November 30, 1978
 E : Report explanation ; September 25, 1979 to October 7, 1979

2. Ombilin 炭 鉱 の 一 般 概 況



2. Ombilin 炭鉱の一般概況

2.1 位置および交通

Ombilin 炭鉱は西 Sumatra 州 Sawahlunto/Sijunjung 郡の北端にある Sawahlunto 市にあり西 Sumatra の首都 Padang の東北方約 55 km, 南緯 0°40', 東経 100°45' 付近に位置する (Fig. 2)。

Padang よりの交通としては、Fig. 3 の如く道路および鉄道があり道路による場合、標高約 1,100 m の峠を越える舗装道路約 90 km を、自動車では約 3 時間要する。一方鉄道は脊梁山脈を越えるため北へ大きく迂回しており距離は約 155 km におよぶ。現在は石炭を主とした貨物輸送以外にはあまり利用されていない。

2.2 鉱区および地形

Ombilin Basin (堆積盆) は、長軸北西～南東方向に約 50 km, 短軸約 20 km の楕円形をしており、西 Sumatra 州の中央部約 800 km² を占めている。鉱区 (No. 19 / DDP / 1967) はこの Basin の北西部にある。約 210 km² で鉱区内の西部および北部は基盤岩類がほぼ標高 500 m 以上の高地を形造っており、又鉱区東部に見られる Sigalut 断層以東は標高 300 m 以下の新第三紀層の低地となっている。

鉱区の北西部より中央部をとって南東方向へ Ombilin 川 (川面レベル標高約 190 m) が流れており、これに向って Lunto 川はじめいくつかの支流が注がれている。炭層賦存区域は、鉱区のほぼ中央部に位置すると考えられ、炭層露頭は主としてその北辺から西辺にかけて扇状に見られる。

炭層賦存の予想される地域は、地形又は断層等により大きく 6 区域に分けられている。

2.3 探鉱および生産状況

Ombilin 炭鉱の生産の歴史は古いが、探鉱が本格的試錐をともなって実施されるようになったのは 1960 年代に入ってからであり、以後 1978 年末まで約 140 本、累計約 17,000 m (含、今回調査) の試錐がなされた。試錐調査は Sungai Durian, Ta-

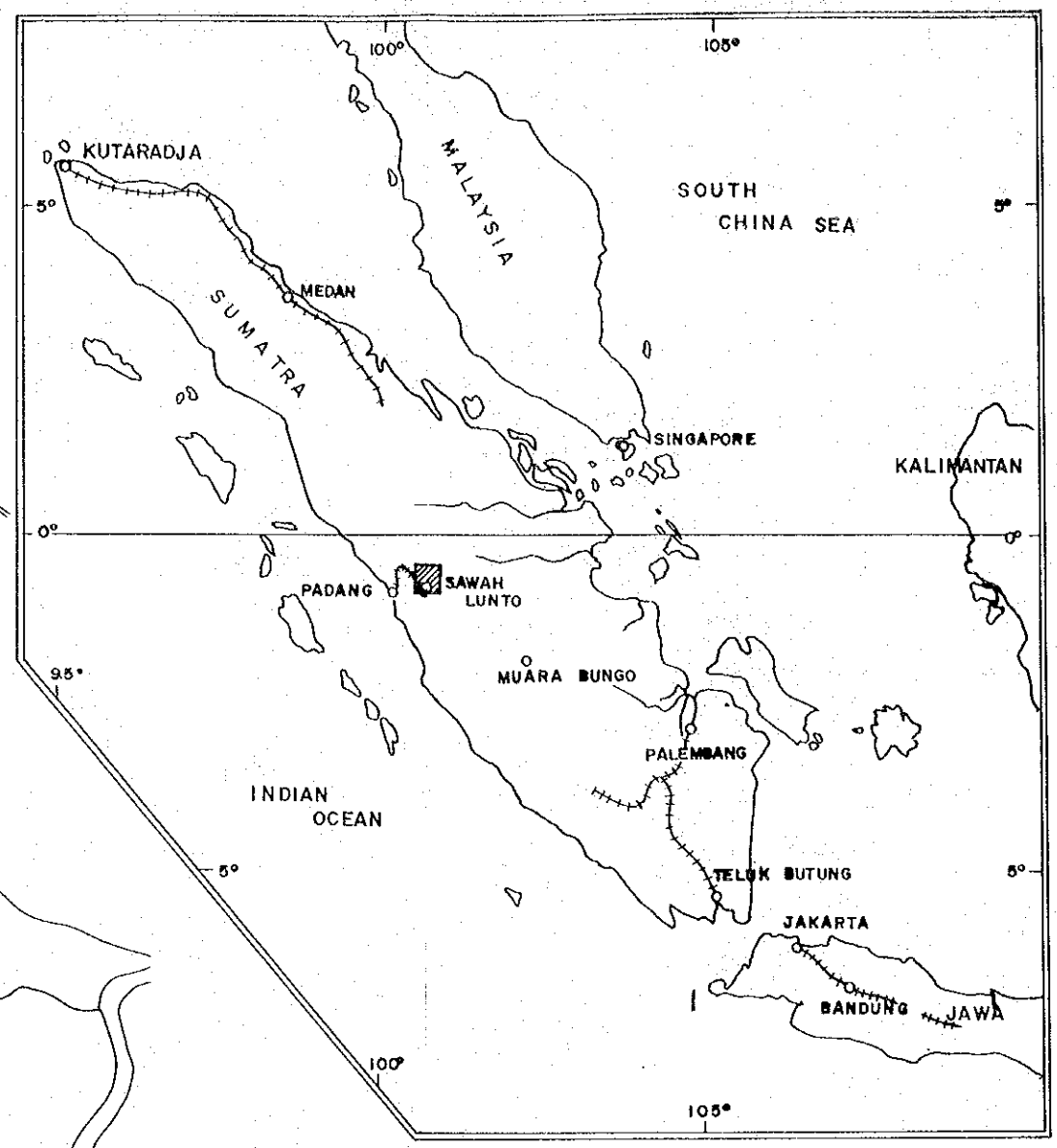
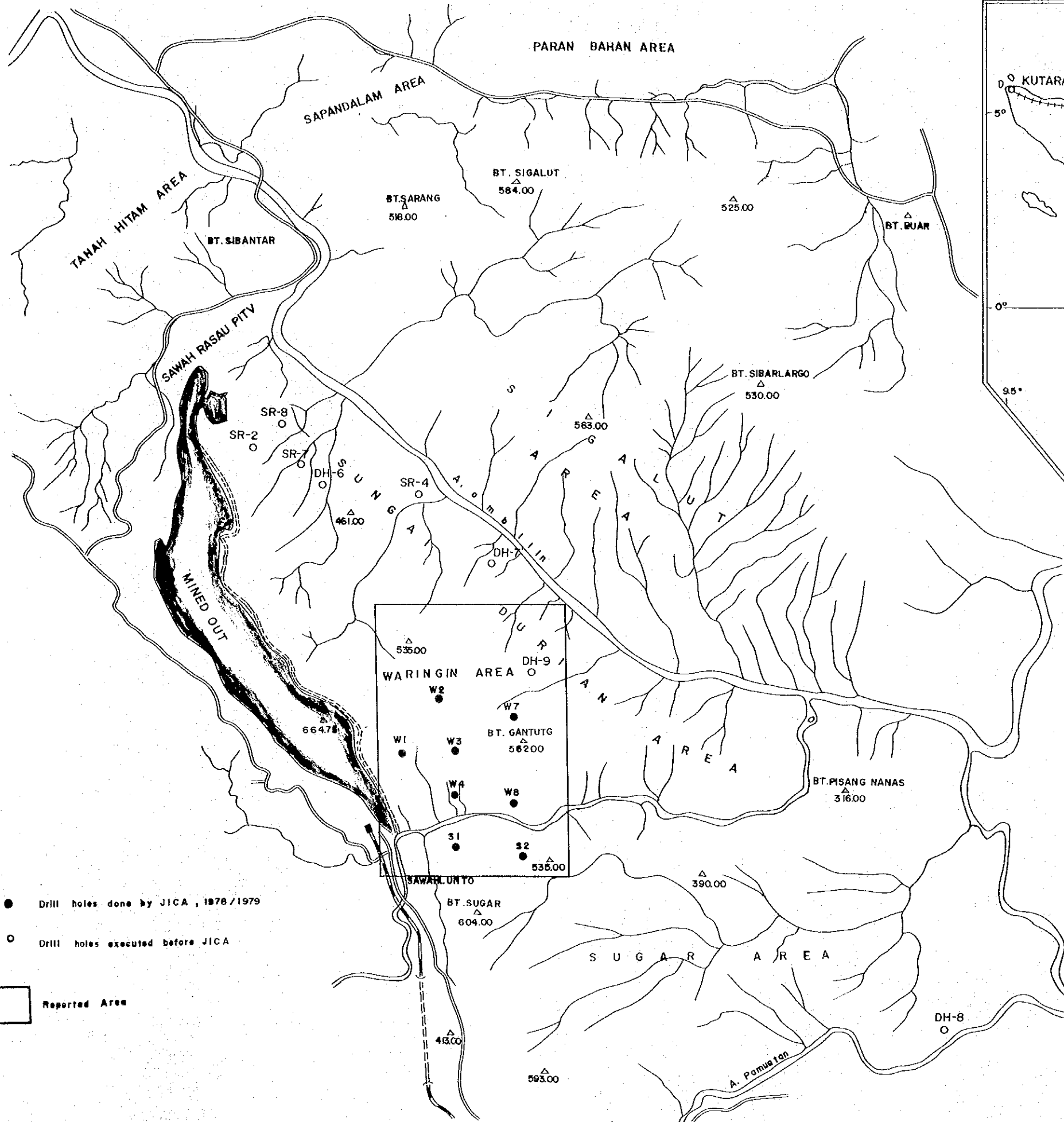
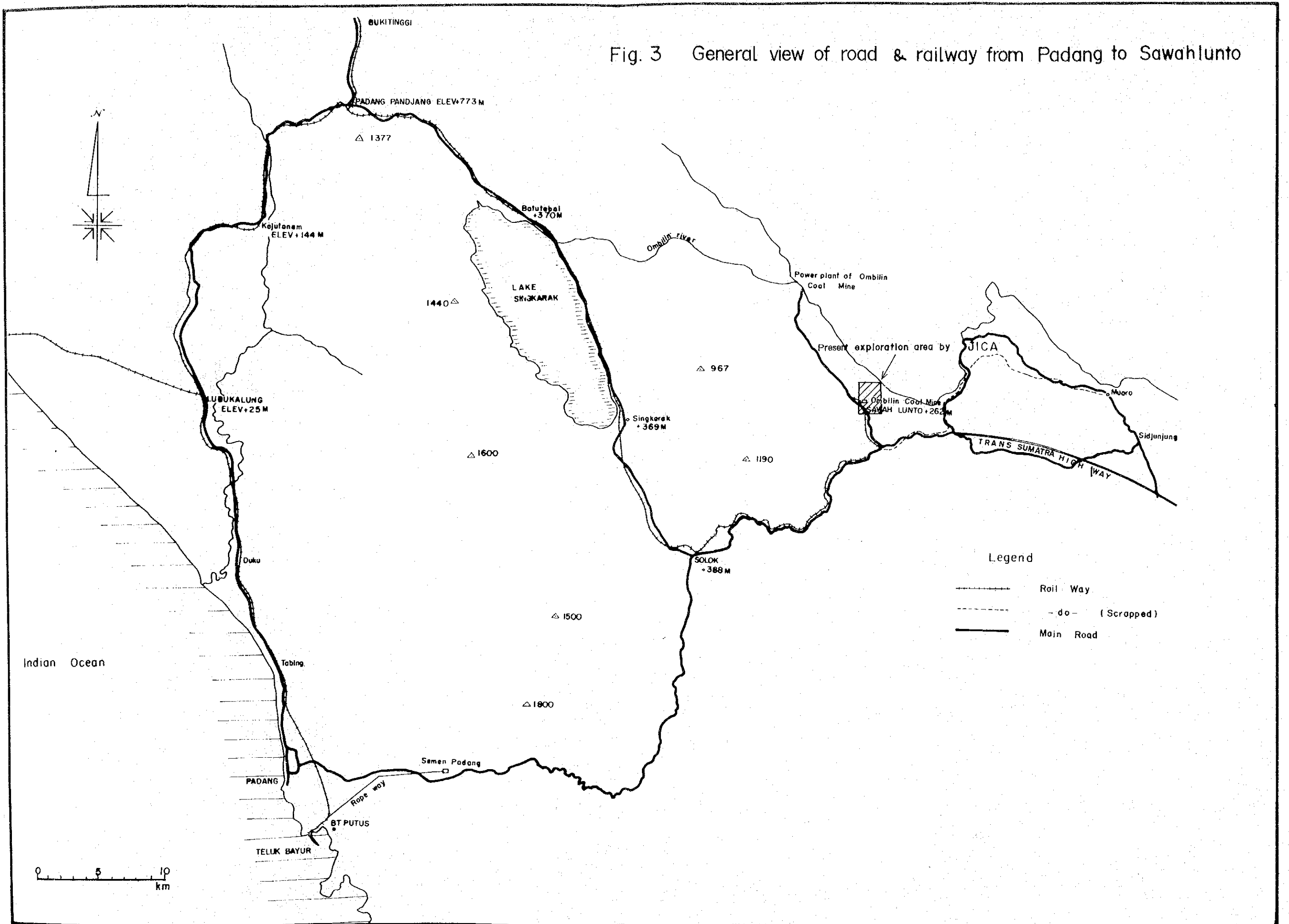
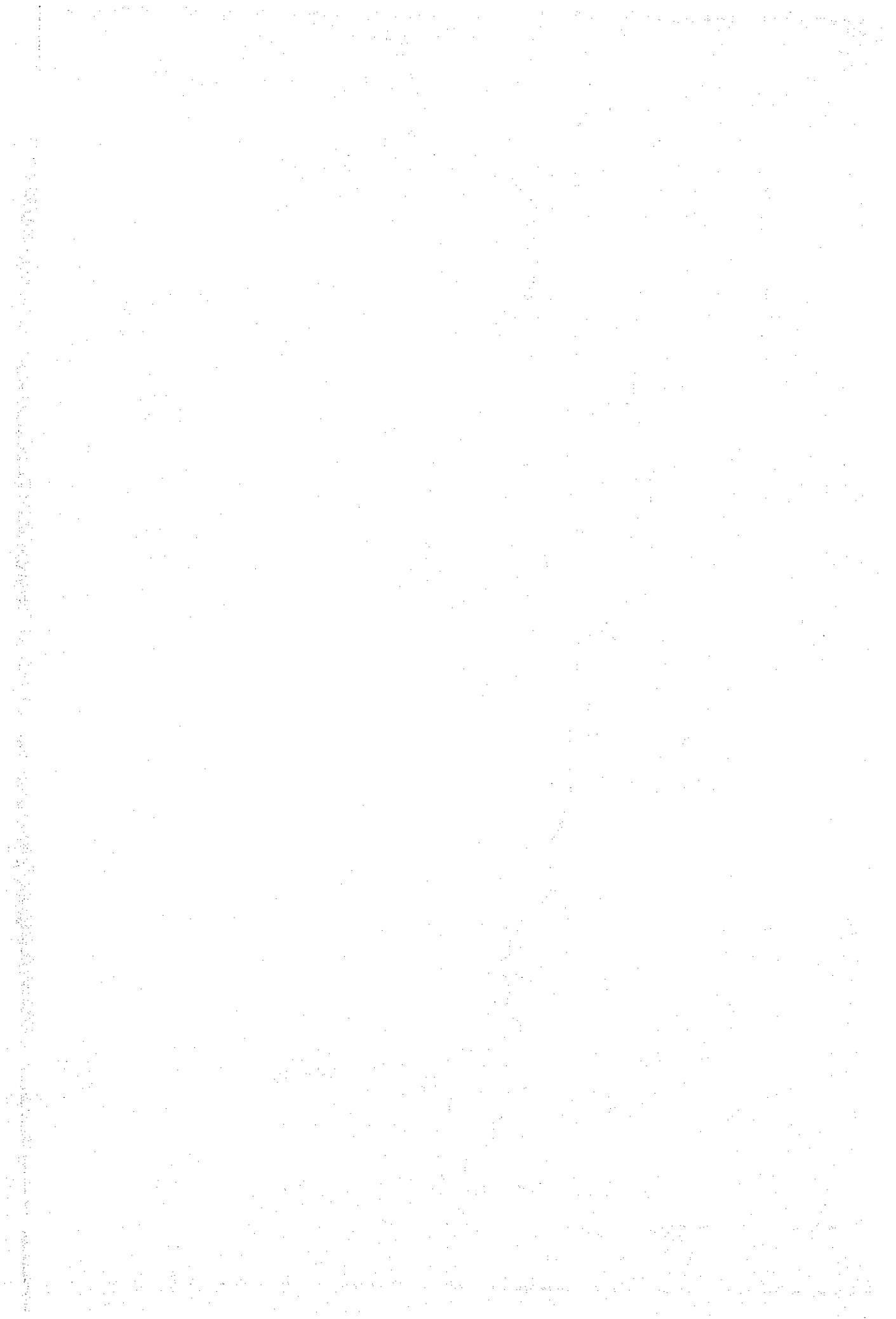


Fig.2 Location Map
(SCALE 1:40,000)

Fig. 3 General view of road & railway from Padang to Sawahlunto





nah Hitam をはじめ Sapandaram, Parambahan を対象とした概査的なものが主で、Sigalut, Sugar 両区域については現在迄のところ極めて乏しい。

今回の調査対象地域 Waringin は Sungai Durian の南部にあたる。

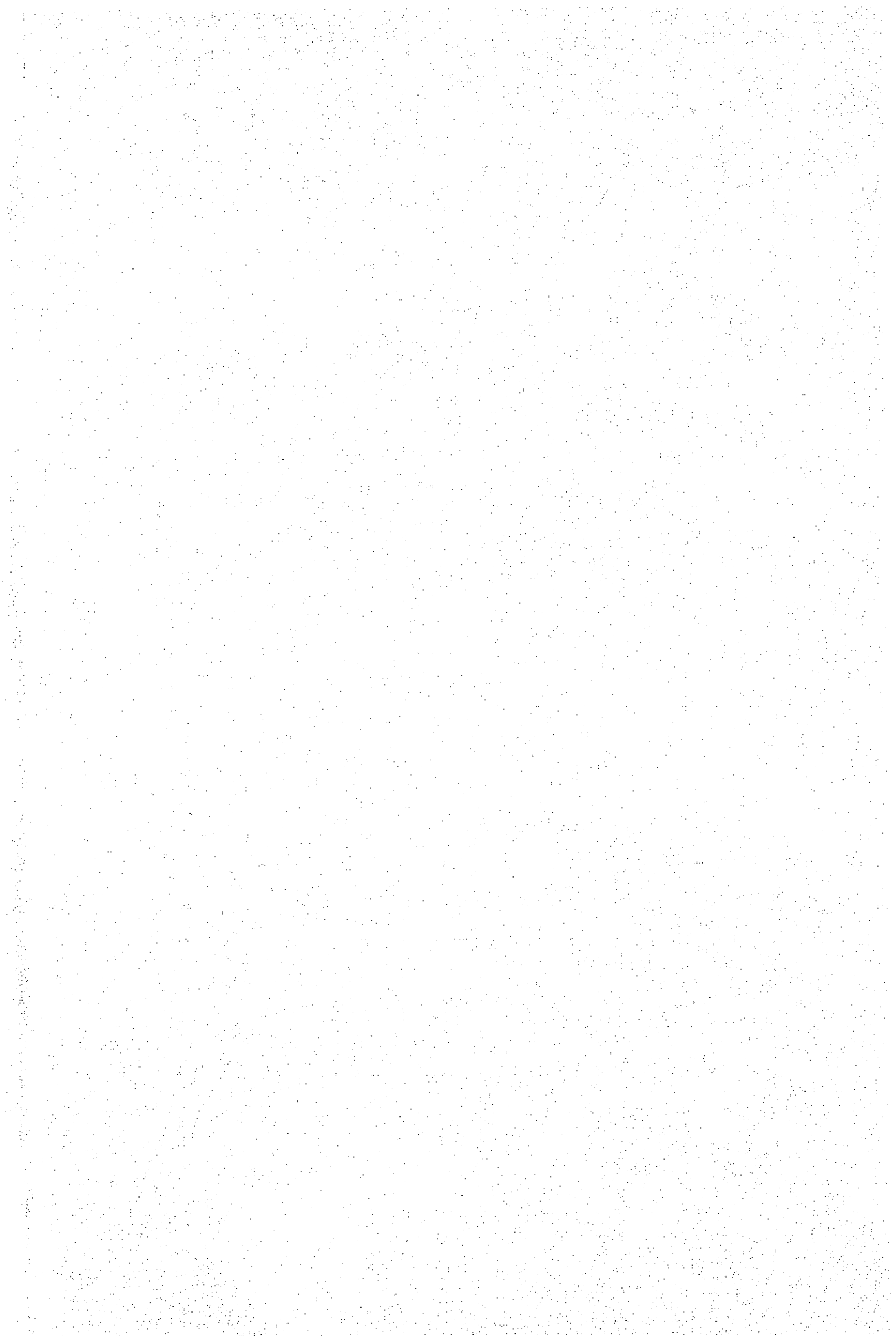
Ombilin 炭鉱の生産活動は、Sungai Durian と Tanah Hitam (採掘権 №188 / KDP / 1966, 2.3 ha) を対象区域として行われている。Sungai Durian の北部および Tanah Hitam の一部で露天掘りが行われているが、過去の大部分の生産は Sungai Durian における坑内掘りによるものである。

全体としての採掘方式は、鉄道ターミナルのある Sawahlunto 側から水準レベル以上を採掘しながら逐次北へ展開する形をとっており現在 Sungai Durian の北端にある Sawah Rasaw Pit - V で稼行中である。

生産量は 1892 年開坑以来急速に伸びて 1900 年代に入ってから 1942 年迄は年間数 10 万トンの生産を続けたが、以後需要の衰退と共に減少し、最近では年産 8 ～ 9 万トンで推移している。

Ombilin 炭の主な供給先は、Padang にあるセメント工場、鉄道および自家発電所であるが、現在行われている上記セメント工場の増設、さらには石炭エネルギーの見直し等により Ombilin 炭はふたたび活気を取り戻すことが期待されている。

3. 試 錐 作 業



3. 試 錐 作 業

3.1 掘さく作業概要

掘さく作業は掘さく機械：鉦研EP-1W（能力1,000 m）、泥水ポンプMG-1.5H（能力220 l/分）を使用しワイヤーライン工法により実施し、合計8孔、総延長4,104.65 mを掘さくした。作業工程の概要は Fig. 4 に、又各試錐の概要は Table 2 にまとめてある。ビットおよびケーシング計画は Fig. 5 に示した如くである。

Phase I: 地表-5 m 前後

180%メタルクラウンビットで掘さく後165%ケーシングパイプ挿入

Phase II: -50~100 m (upper Sawah Tambang 層中部)

5⁵/₈ インチトリコンビット(ノンコア)あるいはHQワイヤーラインビット(コアリング)で掘さくおよびリーミング後127%ケーシングパイプ挿入

Phase III: -150~250 m (lower Sawah Tambang 層上部)

HQワイヤーラインビット(コアリング)で掘さく後、97%ケーシングパイプ挿入

Phase IV: -最終深度

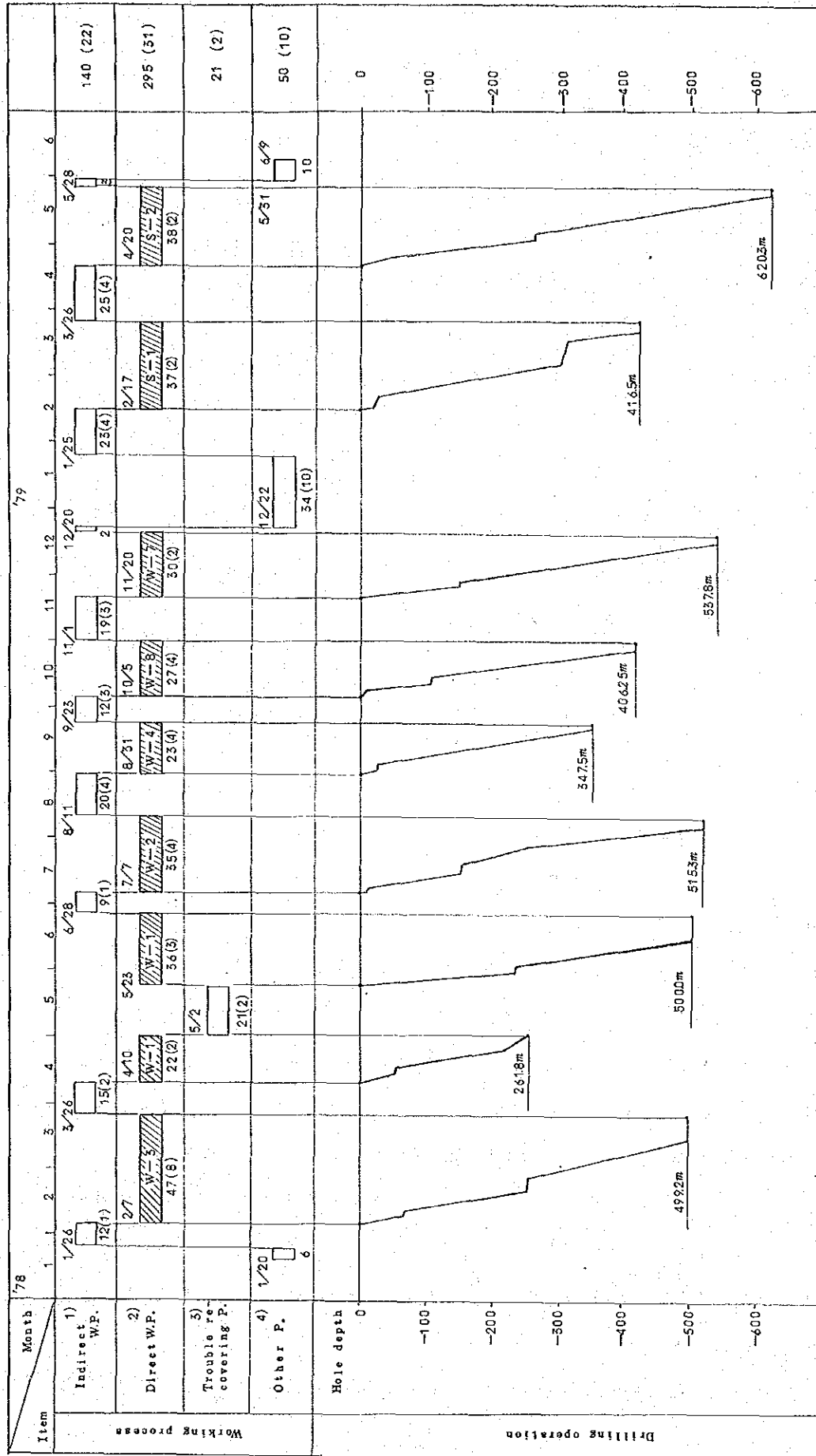
NQワイヤーライン(コアリング)で掘さく。

すなわち口元の165%ガイドパイプを含めケーシングは3段で2段目の127%ケーシングパイプはおおよそupper Sawah Tambang 層の上部付近に、97%ケーシングパイプはlower Sawah Tambang 層上部付近にセットするよう計画され、おおむね計画通りであったが所によっては地層状況、掘さく深度等により変更された。

ビットはノンコア部分はトリコンビット、コアリング部分はHQおよびNQワイヤーラインビット(ダイヤモンド)により掘さくされ、ビットライフはTable 3 にまとめてあるごとくHQ-DMBで106.4 m/1ヶ、NQ-DMBで113.4 m/1ヶでおおむね良好の成績を収めた。

コア回収率は岩石、炭層部分ともに94%以上であり、地質および炭層状況観察およ

Fig. 4. Execution process of drilling operation



Notes. & Legend

- 1) Indirect working period: machine disassembling, transporting & setting
- 2) Direct working period: Drilling, core barrel pulling up & setting, casing setting & pulling up, mud conditioning & circulation, hole deviation survey.
- 3) Trouble recovering period: Jamming trouble, machine breaking, etc
- 4) Other period: Preparation, waiting, releasing & leaving, etc.

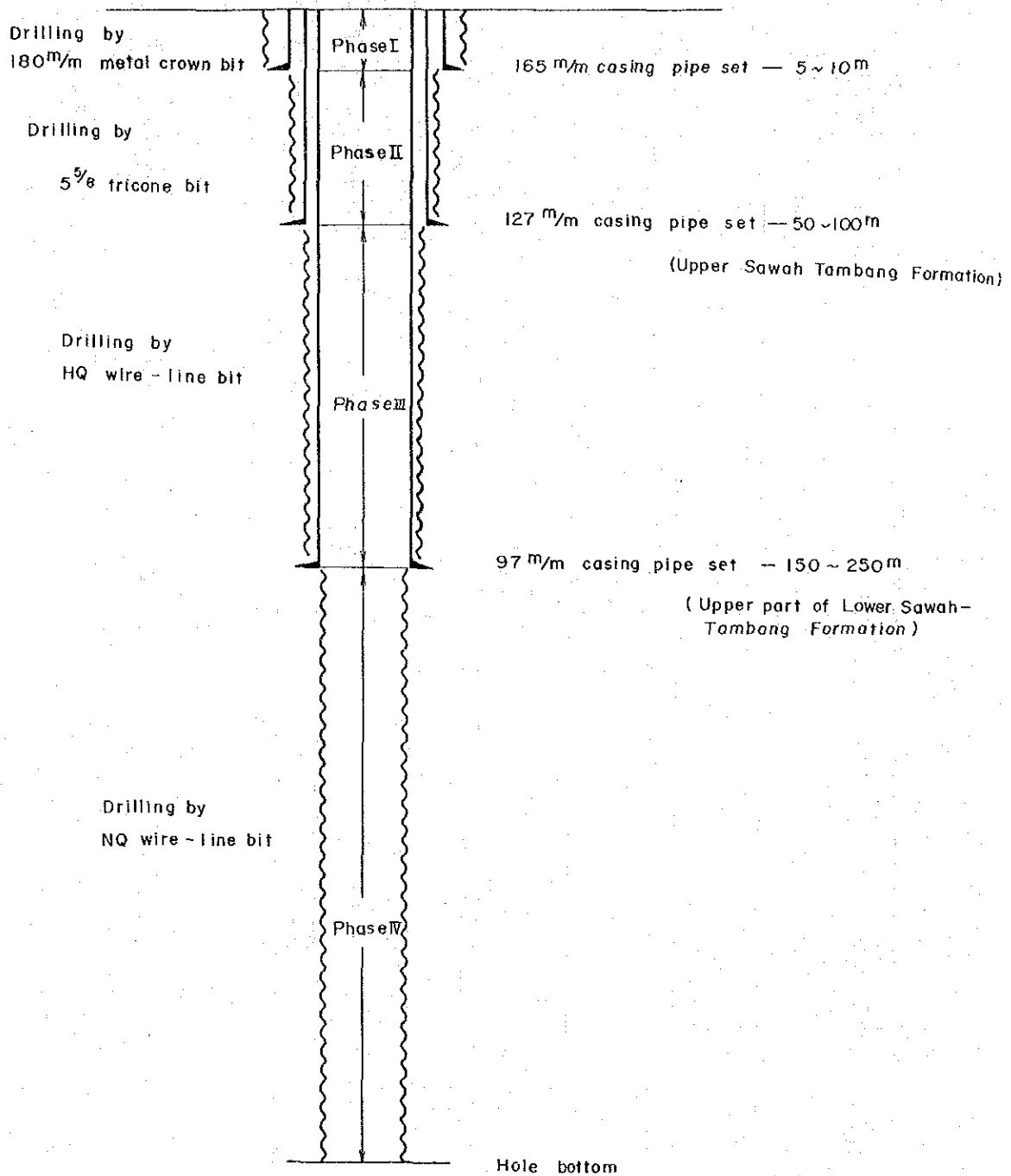
Commencing date: Drilling Total days (Non working days)

Table 2. Drilling record

	W-3	W-1	W-2	W-4	W-8	W-7	S-1	S-2
Transportation & Setting	1978. 1/26-2/6	1978. 3/26-4/9	1978. 6/28-7/6	1978. 8/16-9/30	1978. 9/24-10/4	1978. 11/8-11/19	1979. 1/25-2/16	1979. 3/26-4/19
Drilling	2/7-3/14	4/10-5/1	7/7-8/6	8/31-9/21	10/5-10/27	11/20-12/17	2/17-3/21	4/20-5/24
Casing pulling up & Disassembling	3/15-3/25		8/7-8/15	9/23-9/23	10/28-11/7	12/18-12/21	3/22-3/25	5/24-5/30
Operating days	59	37	49	39	45	44	60	66
Coordinate	X -18880988	-18699020	-18225184	-18506899	-19731923	-18700917	-20034670	-20166455
Elevation (m)	Y - 8588830 + 482860	-10239975 + 570000	- 9594421 + 483326	- 9528179 + 313998	- 9100898 + 237620	- 8104947 + 353266	- 9399066 + 340489	- 9027277 + 365697
Final Drilling Depth (m)	44920	26180	51530	34750	40625	53780	41650	62030
165% at (m)	1500	1500	1500	1005	705	1020	1500	600
127% "	5000	5000	5200	3760	1200	4990	7300	10000
97% "	25000	17000	15410	12400	10800	14700	15700	26845
160% MCB (m)	0-1500	0-1500	0-1500	0-1005	0-705	0-1020	0-1500	0-600
5 1/8 TCB (m)	1500-5000	1500-5000	1500-5200	1005-3760	705-1200	1020-4990	1500-7300	600-10000
HQ DMB (m)	5000-25000	5000-17010	5200-15410	3760-12400	1200-10800	4990-14700	7300-15750	10000-26845
NQ DMB (m)	25000-49920	17010-26180	15410-51530	12400-34750	10800-40625	14700-53780	15750-41650	26845-62030
Coring interval (m)	5000-49920	5000-26180	5200-51530	3760-34750	1200-40625	4990-53780	7300-41650	10000-62030
Core recovery %	97	94	99	99	97	100	97	99
Major drilling difficulties & troubles	Pipe stuck by jamming trouble.	Lost circulation	Lost circulation	Lost circulation	Lost circulation D.P. breaking	Lost circulation	Lost circulation	
Remarks	1978. 5/2-5/22 trouble recovering & machine resetting	8000-12665 m drilled by 4 1/8 TCB (non-coring)					12/22-1979. 1/24 waiting for bulldozer for road construction & transportation	

* T.B.O. coordinate system was used.
 Note 1) Drilling machine and equipment arrived in Padang (Teluk Bayar) on Jan. 23, 1978 and arrived at Ombilin (Kayugadan storage site) Jan. 24
 2) Survey team (geologist & drilling engineers) arrived at Ombilin on Jan. 24, 1978 and left on Jan. 4, 1979 after the completion of the drilling work

Fig. 5. Bit & casing programme



び炭層の品位分析試料の採取に充分役立てることができた。

泥水はベントナイト泥水をベースとしリボナイト、C.M.Cおよび荷性ソーダ等により最適条件に調整された。泥岩帯での掘さくでは重油を添加してオイルエマルジョン泥水としはりつきの予防に努めた。

泥水条件は比重1.05～1.15, 粘速30～35 sec / 500 ml前後で実施した。泥水バックを3ヶ設置し、またデッチをできるだけ長くし砂分の除去に気をつけた。

3.2 掘さく実績

掘さく作業はFig. 4の工程に示す通り1978年2月7日開始され1979年5月24日、8試錐総計4,104.65 mを掘さくし終了した。また各孔の概要をTable 2にまとめて示してある。途中W-2の深度261.80 mでの全逸水を誘因としたジャミング事故による掘りなおしおよびS-1でのブルドーザー待ちの為の作業遅延を除けば、全工程は比較的順調に進行した。

Table 3に作業の実績をまとめてあるが、実掘進能率は1.34 m/時で良好な結果を取めた。

Table 4, 5には機械の運転時間と主要資機材の消費状況をまとめてあるが、いずれも当初予定量を下まわっており満足の行く結果となっている。

3.3 主たる掘さく障害と対策

掘さくは、W-2に於ける全逸水崩壊抑留事故による掘り直しを除き、おおむね順調に行われた。主たる障害は a) 全逸水 b) 孔壁崩壊 c) はりつき d) 掘管切断等であったが有効な対応により大事故に至らず作業を進める事ができた。

a) 全逸水

主としてupper Sawah Tambang層の粗粒砂岩およびlower Sawah Tambang層の砂岩帯で頻発した。また一部lower Sawah Tambang層の泥岩中でも発生し、これは泥岩中の割れ目によるものと考えられた。泥水比重を下げる事により、循環を回復できる場合もあったがほとんどが清水でも循環せず、いわゆる“Subnormal pressure”帯になっていると考えられた。

Table 3. Working time and efficiency

Item	Hole #	W-3	W-1		W-2	W-4	W-8	W-7	S-1	S-2	Total	Drilling Rate
			Before Jamming	Redrilling								
Total drilling length (m)		4992	2618	5000	5153	3475	40625	5378	4165	6203	410465	
Total working time ¹⁾ (hr)											5677° 30'	072 m/hr
Direct working time ²⁾ (hr)		590° 45'	323° 15'	498° 15'	567° 45'	364° 20'	452° 30'	586° 55'	506° 00'	715° 45'	4605° 30'	089 m/hr
Actual drilling time ³⁾ (hr)		377° 30'	197° 45'	356° 30'	306° 15'	251° 10'	269° 05'	437° 20'	329° 05'	543° 40'	3068° 20'	134 m/hr
180 φ MCB	Dr. length (m)	150	150	50	150	1005	705	102	150	60	983	190 m/hr
	Act. D.T. (hr)	2° 55'	10° 20'	2° 00'	5° 30'	8° 45'	8° 40'	5° 05'	4° 15'	4° 25'	51° 45'	
5 5/8" TCB	Dr. length (m)	350	350	12165	370	2755	495	398	580	940	44095	177 m/hr
	Act. D.T. (hr)	18° 40'	24° 40'	61° 05'	18° 45'	17° 30'	5° 10'	20° 35'	38° 30'	43° 45'	248° 40'	
HQ DMB	Dr. length (m)	2000	1200	10335	1021	864	960	970	845	16845	10578	150 m/hr
	Act. D.T. (hr)	113° 40'	71° 35'	65° 25'	40° 40'	60° 15'	47° 55'	62° 55'	81° 25'	160° 15'	703° 45'	
NQ DMB	Dr. length (m)	2492	918	2700	3613	2235	29825	3908	2590	35185	24957	121 m/hr
	Act. D.T. (hr)	242° 15'	91° 10'	228° 10'	241° 20'	164° 40'	207° 40'	348° 45'	204° 55'	335° 15'	2064° 10'	
Casing depth	1 65 φ CP	150	150	50	150	1005	705	102	150	60	983	
	1 27 φ CP	500	500	800	52	376	120	500	730	1000	5046	
Coring	9 7 φ CP	2500	1700	2300	15410	1240	1080	1470	1575	26845	160905	
	Length (m)	4492	21180	37335	4633	3099	39425	4879	3435	5203	355350	
Recovery (%)		97	94	99	99	99	97	100	97	99	98	

Notes 1) Total working time : Direct, indirect & trouble recovering time (indirect : refer to the note in Fig. 4)

2) Direct working time: (Refer to the note in Fig. 4)

3) Actual drilling time : Drilling itself.

Table 4. Operating time of drilling machines

	W-3	W-1	W-2	W-4	W-8	W-7	S-1	S-2	Total
Drilling machine	495° 50'	884° 50'	465° 40'	322° 10'	372° 05'	513° 10'	586° 45'	639° 25'	4279° 55'
Drilling mud pump	439° 30'	831° 50'	420° 15'	296° 15'	318° 45'	576° 25'	413° 30'	592° 40'	3889° 10'
Water pump	44° 10'	95° 10'	89° 30'	20° 25'	20° 20'	70° 35'	59° 15'	21° 50'	421° 15'
Mud mixer	80° 20'	174° 05'	230° 05'	54° 05'	52° 50'	53° 20'	66° 55'	55° 05'	766° 45'
Generator	266° 00'	437° 35'	259° 10'	170° 15'	215° 05'	35° 30'	61° 55'	131° 25'	1,576° 55'
Welder	—	34° 00'	3° 30'	2° 05'	1° 20'	1° 55'	8° 10'	6° 45'	57° 45'

Table 5. Material consumption

	W-3	W-1		W-2	W-4	W-8	W-7	S-1	S-2	Total	Consumption Rate	Remarks
		Before Jamming	Redrilling									
Total drilling length (m)	4922	2618	5000	5153	3475	40625	5378	4165	6203	410465		
180 φ MCB (Pc)	1	1	1	-	1	-	-	1	-	5	19.7 m/piece	DL 983
5 5/8" TCB (Pc)	1	-	2	2	1	1	1	1	2	11	40.6 "	" 44695
HQ-DMB (Pc)	2	1	1	1	-	1	1	1	2	10	10.64 "	" 10637
NQ-DMB (Pc)	3	1	2	3	3	2	3	2	3	22	113.4 "	" 24957
165 mm φ (m)	-	-	-	-	-	-	-	150	-	150	15 %	CL 983
127 mm φ (m)	-	-	495	-	-	-	-	210	300	100.5	20 "	" 4986
97 mm φ (m)	1260	480	12965	121	30	120	240	405	1440	53925	34 "	" 160895
Bentonite (kg)	2483	5770	1845	9837	3105	2725	2245	3030	2387	33627	819 kg/m	
Ribonite (kg)	450	55	330	731	265	220	197	108	235	2591	0.63 "	
CMC (kg)	145	430	265	775	120	330	75	117	55	2312	0.06 "	
Caustic soda (kg)	180	-	115	140	80	-	-	130	153	798	0.02 "	
Heavy oil (L)	-	-	-	1070	378	361	708	1840	638	4995	1.22 L/m	
Cement (kg)	280	880	40	800	40	40	40	675	160	2955	0.72 kg/m	
Gasoline (L)	185	215	311	307	152	171	42	99	341	1803	0.44 L/m	
Light oil (L)	1014	959	1151	1080	798	848	1167	1293	1730	10040	2.45 "	
Lub. oil (L)	200	30	30	50	30	255	605	30	65	521	0.13 "	

濃泥、おがくず等により孔隙を塞いで循環が回復し作業の継続が得られる場合とセメンティングあるいはケーシング挿入によらねばならない場合があった。

b) 孔壁崩壊

主として lower Sawah Tambang 層の泥岩で発生した。この泥岩は多くの鏡肌面をもつ割れ目が発達しており崩壊しやすい地層である。W-2 を除き泥水管理によって大事に至らず切りぬけたが、W-2 では全逸水を伴う崩壊により抑留事故が発生し、掘り直しとなった。

c) はりつき

lower Sawah Tambang 層の赤褐色泥岩および Sawahlunto 層の灰色泥岩は比較的粘性が高くはりつきの原因となった。コアバレル回収の時間を短かくして最少限に泥水循環停止をおさえる事、およびオイルエマルジョン泥水により泥水粘性を適正に保つ事等により大きな問題は起らずに済んだ。

d) 掘管切断

作業の中盤 W-8 で掘管の切断事故が数回続発した。切断部は継ぎ目部の摩耗部分であり、この摩耗の原因は掘り管のローテーションによる片減りおよび泥水中の残留砂による摩耗と考えられた。ビット荷重を調節する事および泥水中の砂分の除去に配慮する事によりその後は切断事故の発生はなくなった。

3.4 孔曲り測定

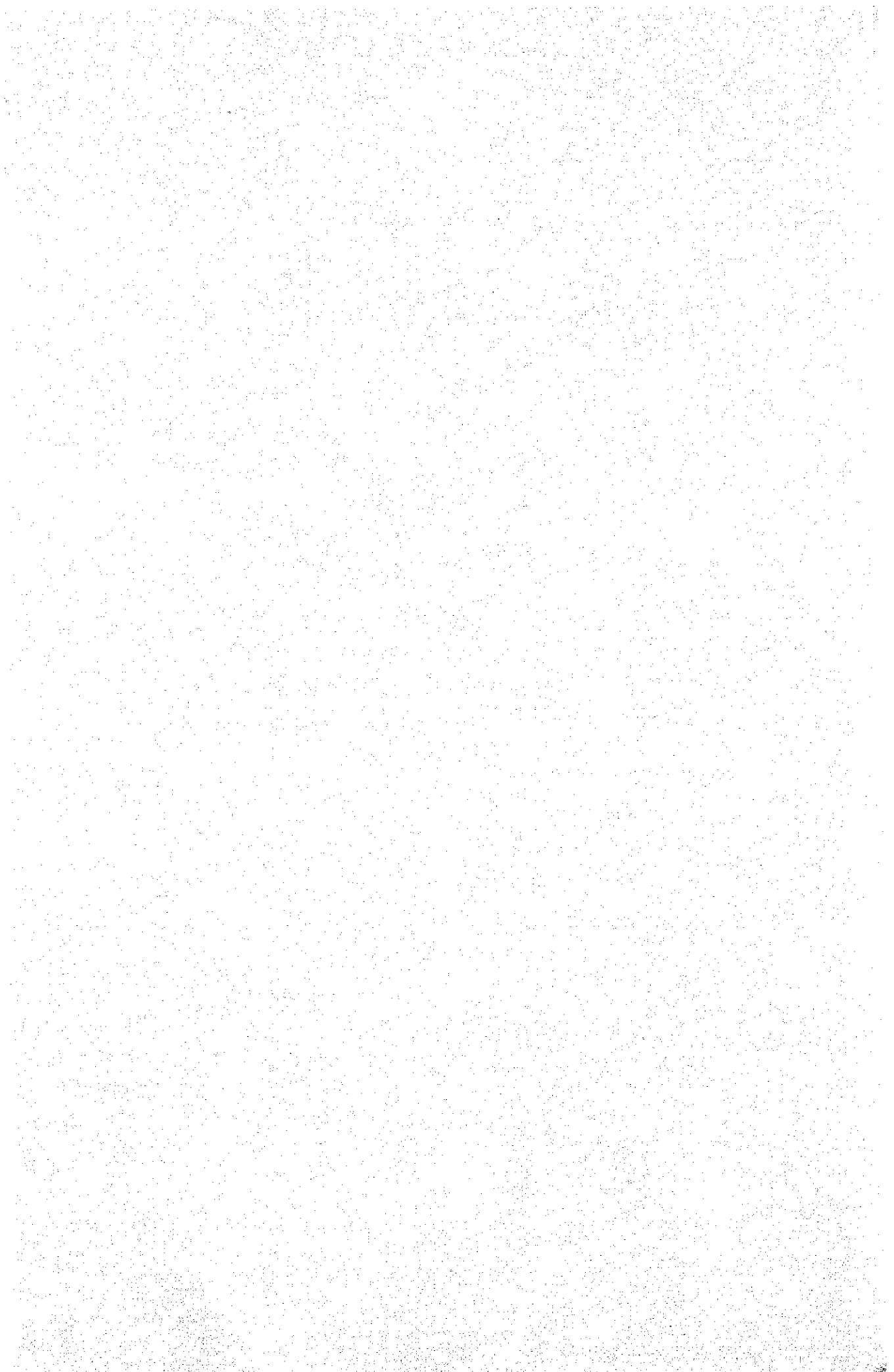
ボーリング孔の偏距を知る為、原則として 50 m 間隔で孔曲り測定を行った。測定は村田式測定機（打点式）により、ケーシング挿入区間では挿入前に、裸孔掘さく区間（NQ）では廃孔前に、50 m 毎各 2 回ずつ測定した。測定結果は Dwg. 15 にまとめて示してあるが、孔底と孔口の偏距について次にまとめてある。

ボーリング名	偏 距 (m)	方 位	平均傾斜
W-1	2.9	N 65°E	0.4°
W-2	21.2	S 21°W	2.4°
W-3	13.1	S 4°E	1.7°
W-4*	7.2	S 17°E	2.0°
W-7	10.6	N 36°W	1.2°
W-8	6.8	N 3°E	1.0°
S-1	17.1	S 80°W	2.4°
S-2	14.3	S 68°W	1.4°

* 孔内崩壊激しく200m以深測定機降下せず200mまでしか測定できなかった。

W-1が最も曲がり方が少く平均0.4°であった。W-2とS-1が最も多く2.4°であり、他はいずれもそれ以下であった。方位も各孔不規則で地質的な関係はないようである。区間的に、特に深部で5°~6°(W-8およびS-1)孔曲りしているものもあるが、全体的には2.4°以下で掘さく上も、又地質データ解析上も何ら大きな問題となっていない。

4. 地 質



4. 地 質

4.1 概 説

本調査は主として Waringin 地区を対象として実施したものであり、以下に述べる地質関係の諸事項も主体はこの範囲に関するものであるが、Ombilin 炭鉱区においては、オランダ統治時代から、1975年に至る間数次の諸調査がなされているので、出来るかぎりこれらの資料を参考とし、将来の開発計画に資するため、Waringin の北部ならびに Sugar 地区の一部についても言及している。

地質関係の解析に当っては、本調査の結果以外に、主として次のような資料を使用した。

地 形 図……T.B.Oより提供された1/5,000地形図

地 質 図……丸紅, カイザー作成1/5,000地質図

G.S.I作成1/250,000地質図幅

G.S.I作成1/2,000地質図(北部のみ)

R.P.Koesoemadinata & Th.Matasak : 1/10,000地質図

試錐資料……丸紅, カイザー社: Ombilin Coalfield, Technical
そ の 他

Report of Investigation & Exploration

(Sep. 1971)

P.T.Petrosea International (Indonesia): The Geology
& Coal Resources of the Sawah Rasau Area.

(Jan. 1976)

なお、付図に記入されている試錐の位置、及び標高は Ombilin Mine Grid Systemに基づいている。各試錐の座標と標高は次の通りである (Table 6)。

4.2 一般地質および層序

オンビリン炭鉱の採掘対象である夾炭層は、スマトラ脊陵山脈(バリサン山脈)の東斜面に発達する長軸50km, 短軸20kmの楕円形をした山間盆地(Intramontane basin)中に分布している。この堆積盆地は基盤岩が石炭紀から三畳紀であり、この上

Table 6. Coordinate and elevation of drilling holes

Ombilin grid system

(by P.N.Tambang Batubara Ombilin)

	X	Y	Elevation
SR-2	-15,846,626	-11,576,111	+344,28
4	-16,668,725	-9,931,825	+240,840
7	-16,159,17	-11,104,93	+260,76
8	-15,781,490	-11,349,464	+310,364
DH-6	-16,460,274	-10,811,878	+312,340
7	-17,588,839	-10,774,373	+398,127
7'	-17,150,070	-9,352,233	+349,614
8	-22,493,934	-6,494,908	+209,310
9	-18,327,007	-8,817,808	+307,479
W-1	-18,699,020	-10,239,975	+570,000
2	-18,225,184	-9,594,421	+483,326
3	-18,880,988	-9,585,830	+482,660
4	-19,506,899	-9,528,179	+313,998
7	-18,670,917	-9,104,947	+353,266
8	-19,731,923	-9,100,838	+237,620
S-1	-20,034,670	-9,399,066	+340,489
2	-20,166,155	-9,027,277	+385,697

G. S. I. grid system

(by Geological Survey of Indonesia)

	X	Y	Elevation
W-1	14,880,904	-18,548,455	568,716
2	15,521,371	-18,103,973	482,546
3	15,511,456	-18,726,242	483,471
4	15,586,509	-19,344,008	325,217
7	16,010,573	-18,540,306	355,158
8	16,004,560	-19,586,486	249,557
S-1	15,708,432	-19,886,792	341,157
2	16,079,231	-20,016,285	387,556

に不整合あるいは断層により第三紀の地層が重なる。オンピリン炭鉱はこの堆積盆地の西端に位置している。オンピリン炭鉱周辺の第三紀層以外には詳細な地質調査は行なわれていないが、地質調査所発行の地質図および説明書 (Solok 5/VII, 1/250,000) により、その概要を知る事ができる。

4.2.1 基盤岩類 (先第三系)

主としてオンピリン炭鉱西方に分布している基盤岩類は次の通りである。

1) Kuantan 層

この地層の上部は千枚岩や頁岩を主体とする地層と石灰岩を主とし中に頁岩や千枚岩の薄層を夾む地層との互層 (側方関係の異相) であり、下部は千枚岩や頁岩を伴うコーツァイトおよび石英質砂岩で、部分的には火成岩、凝灰岩、礫岩なども見られる。A. Myers は Danau Singkarak の東方の石灰岩から次のような Middle Permian のフズリナを発見した (1971年12月)。

Neoschwagerina aff.

Neoschwagerina (SCHWAGER)

Verbeekina sp.

Chusenella sp.

Lunucammina sp.

Climacammina sp.

また Musper は Sungai Kuantan の石灰岩から Lower Carboniferous ないし lower Upper Carboniferous の次のような化石を発見した (Musper, 1930)。

Syringopora

Endothyra

Bigenerina

以上の事から、これらの地層は Lower Carboniferous から Middle Permian で、厚さは 5,000 m 以上と考えられている。

2) Silungkang 層

Sawahlunto 西方に分布する地層で頁岩、砂岩および凝灰岩の薄層を夾在する硬い塊状の石灰岩より成る上部層と、主として火山岩 (安山岩) より成る下部層に分

けられる。

上部層の石灰岩には次のような化石が見い出されており、Permian と考えられている (Katili, 1969)。

Doliolina lepida SCHWAGER

Pseudofusulina padangensis

Neoschwagerina multisepata DEPRAT

Fusulinella lantenoisi DEPRAT

下位層は主として安山岩より成るが薄い頁岩、砂岩および凝灰岩等を夾んでいる。これらの岩石は一般に緑色化が進んでおり強くクロライト化を受けている。従ってこれらの火山岩は海底噴火あるいは海中への流出によってできた熔岩流と考えられている。Silungkang 層全体の厚さはおよそ 1,500 m 位である。

3) Tuhur 層

この地層は次の2つの相に分けられる。

- ・頁岩, 粘板岩 一部チャート, ラジオラライトの薄層を含む
- ・石灰岩 砂質および礫質の石灰岩である。

これらの関係は交指関係で、Danau Singkarak 東方の Gunung Besi, Gunung Sibumbang Jantan および Gunung Sibumbang Batino などでは火成岩の貫入による接触作用が認められ、石灰岩が再結晶している。

Musper (1930) はこの地層の時代を Trias と考えている。

Kuantan 層から Tuhur 層までの堆積は一連のもので、それぞれの関係は整合と考えられているが、一部に陸成層の疑いのある相、あるいは火成活動等もあるので、更にくわしく検討する必要がある。

4) 火成岩類

調査地域周辺には Silungkang 層中の火山岩以外に花崗岩, 花崗閃緑岩, 石英閃緑岩, 石英斑岩などの分布が知られている。これらの花崗岩類はお互いに関係のあるものと考えられている。一部ではペグマタイト様あるいは片麻岩様をしているものもある。

Danau Singkarak 周辺の花崗岩についての絶対年代測定結果は 11.2 ± 2.4 m.y.

(Katili, 1962) および 206.5 ± 2.5 m.y. (Obradovich, 1972) でそれぞれ白亜紀および三畳紀を示している。

Sawahlunto 西南方にも、これらと同様の花崗岩類が分布するが、時代的にも、調査対象の第三紀石炭層に対する影響は何もない。

4.2.2 第三紀層

調査地域は Pliocene 位まで陸化していた Barisan range の中央部に位置している。したがってこの地域に発達する第三系は非海成層と考えられている。

稼行対象炭層を含む当地域の第三紀層は、古くから多くの調査研究がなされており、地層の呼び方もさまざまであるが、それを Table 7 にまとめて示しており、本レポートではほぼ Koesoemadinata & Matasak (1978) に準じた地層名を用いている。

1) Sangkarewang 層

暗褐色のマール質頁岩でアーコース砂岩と一部互層する。この地層中には豊富な淡水性の魚の化石 (*Musperia radiata*, *Scleropages* sp.) がある。Sanders はこの地層を Eocene に、Musper は Oligocene に考えた (Van Bemmelen, 1949)。厚さはおよそ 500 m で、今回行なった花粉分析の結果からは、本層の地質時代は Pre-Eocene (Palaeocene?) と考えられる。

この地層と同時異相の関係にあるのが Brani 層の礫岩を主とする地層と考えられている。Singkarak 付近では花崗岩や石灰岩の礫を含んでおり、厚さは約 600 m である。

調査地域に発達するのは、岩相的に頁岩が主体の地層であるので Sangkarewang 層に対応できる地層と考えられる。

下位層との関係は不整合である。

2) Sawahlunto 層 (Ombilin 夾炭層)

G.S.I 地質図および Koesoemadinata & Hardjono 等が下部 Ombilin 層あるいは Ombilin Coal Measure と呼んでいるうちの下部の夾炭層部分についてのみである。

暗灰色頁岩、中～細粒砂岩および石炭より成る。炭層は上部から A, B, C の 3 層を夾在するが、分層、貧化あるいは発達等炭層の変化は激しい。

本層の地質時代も花粉分析では Eocene ~ pre-Eocene を示している。

Table 7. Stratigraphy of Ombilin coal basin

Marubeni/Kaiser (1970)		Silitonga/Kastowo (1975)		Koesoemadinata/Hardjono (1978)		Koesoemadinata/Th. Matasak (1978)		Present study (JICA) (1979)	
Formation	Geological age	Formation	Geological age	Formation	Geological age	Formation	Geological age	Formation	Geological age
E ₁		Anggota Atas Formasi Ombilin		Neogene Marl -limestone formation	Early Miocene	Formasi Ombilin	Early Miocene	Ombilin formation	Early Miocene
E ₂		Anggota Bawah Formasi Ombilin	Miocene	Ombilin Coal Measure	Oligocene	Formasi Sawah. Tambang	Oligocene	Upper Sawah Tambang formation	Oligocene
E ₃	Eocene					Formasi Sawahlunto		Lower Sawah Tambang formation	
E ₄						Formasi Sawahlunto		Sawahlunto formation	Eocene ~pre-Eocene
E ₅		Formasi Brani/Sang- karewang	Oligocene	Sangkarewang formation	Eo- Oligocene	Formasi Sangkarewang	Eo- Oligocene	Sangkarewang formation	pre-Eocene (palaeocene)
Triassic~Carboniferous (Tuhur formation, etc)									

今回試錐調査及び地表調査では下位層と不整合関係を示す証拠はないが、DH-7 試錐では、本層の厚さが通常の厚さに比べて薄く、岩相も砂質となって周縁相を思わせ、あるいはこの附近に Sangkarewang 層の高まり(潜丘)があつて、局部的不整合及び被覆関係があるのかも知らない。

3) Sawah Tambang 層

従来の lower Ombilin 層あるいは Ombilin Coal Measure と呼ばれているものの上部についてまとめたもので、岩相から upper Sawah Tambang 層と lower Sawah Tambang 層に分けてある。

lower Sawah Tambang 層は赤褐色泥岩と粗粒ないし礫質砂岩の互層であり、一部に礫岩を介在している。層厚はおよそ 180~220 m で南へ向つて厚くなる傾向にある。

upper Sawah Tambang 層は主として粗粒砂岩および礫岩より成り、一部に薄い頁岩を夾在する。砂岩、礫岩の地層は侵蝕に対する抵抗があり、調査地域一帯で高い崖を形成している。また調査地域の地表は大部分がこの地層より成つており、この砂岩の風化帯から坑内充填用の砂を採取している。厚さは約 600 m である。

lower Sawah Tambang 層と Sawahlunto 層の関係は整合である。地質時代は上、下層との関係から Oligocene と考えられる。

4) Ombilin 層

主として青灰色~緑灰色の泥岩より成り砂岩、礫岩、凝灰岩を介在する。それらはいずれも帯緑色で石灰質であり、次のような化石を含んでいる。

Globigerinoides ruber (D'ORBIGNY)

Globigerinoides trilobus (REUSS)

Globigerinoides sacculifer (BRADY)

Globigerinoides sicanus DE STEFANI

Miogypsina excentrica TAN SINHOK

これらの化石からこの地層は下部中新世上部(Blow の N 8)のものである。下位層の upper Sawah Tambang 層とは整合である。この地層は調査地域の東方に分布しており、調査地域では認められない。

4.2.3 新期火山岩類

Marapi 山, Talang 山などの活火山の活動による安山岩熔岩, 熔結凝灰岩, 角礫凝灰岩, 泥流などの新期火山岩が分布している。これらの活動は Pliocene~Quaternary と考えられるが, 分布は堆積盆の北方であり, 第三紀夾炭層への直接的な影響は認められない。

4.3 第三紀層詳論

第三紀の各地層について, 主に本調査における試錐資料に基づいて述べる。

4.3.1 Sangkarewang 層

W-2 以外の各試錐でその上限を確認したが, 下記の通りその上部の極一部を掘さくしたにすぎない。

W-1	12.80 m	W-8	10.80 m
W-3	5.95	S-1	19.30
W-4	17.50	S-2	2.85
W-7	20.06		

赤褐色, 黄色, (青)灰色あるいはこれらの混った斑紋状の雑色泥岩, シルト岩を主体として厚さ 1 m 前後の砂岩の薄層を夾む。一般に泥岩, 砂岩共石灰質であり, 泥岩中に石灰質結核を含む (S-1) 事がある。又炭質頁岩ないし炭質物を多量に含む泥岩の薄層を夾み (W-1, 4, 7), 砂岩中にも炭質物の縞が入る事がある。

DH-7 では約 215 m にわたって, 本層を縫っているが, 上部約 60 m は砂岩を主体に泥岩を夾み, 中部約 55 m は泥岩, 下部約 100 m は礫岩, 砂岩となっている。この下部の礫岩, 砂岩帯は Sangkarewang 層と同時異相とされる Brani 層に相当する地層と思われ, こゝでは両者はむしろ上下関係となっている。

Sawahlunto 層との境界は泥岩の色が灰色から雑色に変る事で明瞭であるが, コアで観察する限りでは基底礫岩, Sangkarewang 層上限の削剝等不整合を示す証拠はない。S-2 においてのみ Sawahlunto 層下限に砂岩があるが, 他はすべて泥岩ないしシルト岩同志の接触である。Sangkarewang 層中にも炭質頁岩がある事, Sawahlunto 層下部にも石灰質の砂岩がある事から, 供給物の差はあるにしても両者は一般に一連の

整合的な堆積物であると考えられる。

当地域周辺のこの地層からは、豊富な淡水性の魚の化石が知られている (*Musperia radiata*, *Scleropages* sp.)。

以上の岩相、含有化石等から Sangkarewang 層の堆積環境は淡水環境で下部の基底礫岩から上部の泥岩、シルト岩まで徐々に水深の増加があつたと考えられる。このような環境は fluvial ~ lacustrine 状態であろう。本層が Brani 層と同時異相をなす所では、alluvial fan ないし delta (Brani 層) の周辺の、幾分水深の深い環境下で本層が堆積したものと考えられる。

4.3.2 Sawahlunto 層

全試錐において全層準に亘って縫っている。層厚は Table 8 に示す様に、106 m から 130 m とほぼ一定しているが、全域的に見ると DH-7 を中心に南及び北へ厚くなる傾向がうかがわれる。南端部の S-1 から S-2 にかけては上限より A 層までの層厚が 22 m から 42 m と急激に厚くなり、その分だけ全体の層厚が厚くなっている。又 W-8 においては A 層 ~ 上限間が約 12 m と薄く、最上部が局部的非整合で削剝された可能性がある。

灰色 ~ 暗灰色泥岩を主体として細 ~ 中粒砂岩を夾み、A, B および C 層の 3 炭層のほか多数の薄炭層 (炭質頁岩) を胚胎する。砂岩は一般的にレンズ状で 500 ~ 1000 m 位の水平的な連続性がある。各炭層の層準はほぼ一定しており、炭層そのものが良い鍵層をなしている。上限 ~ A 層上盤は前記 W-8, S-2 の例外を除き 20 ~ 25 m, A 層上盤 ~ C 層上盤は 40 ~ 50 m (A-B, B-C 間の層間距離はかなり変化がある)、C 層上盤 ~ 下部 C 層下盤は 20 ~ 30 m である。

上限 ~ A 層間は灰色 ~ 暗灰色泥岩よりなり、1 m 以下の薄い細粒砂岩数層と 2-3 層の炭質頁岩 (W-4, 8 の A 層分層帯では多数) を夾む。泥岩中に石灰質 (菱鉄鉱質) の結核を含む場合がある。

A ~ B 層間は本層中最も砂岩比の高い部分で、(例外的に W-3 では泥岩のみ) 特徴的なリズムカルな極細粒砂岩と泥岩の細密互層ないし泥岩縞入り極細粒砂岩 (W-2, 5.5 m S-1, 6.5 m S-2, 5.5 m で顕著) や不規則な泥岩混り細粒砂岩 (W-4, 8.5 m W-8, 8 m で顕著) を夾む。

Table 8. Formation boundary, sand ratio and composit thickness of coal

	Total depth	top		top	top	Lower Sawah Tambang fm.		Sawahhunto fm		Remarks
		Lower Sawah Tambang	Sawahhunto			top	Sangkarawang	True thickness	Sand ratio	
W-1	500.00	159.00	378.75	487.20	216.4	28.6	105.5	3.38	10.7	
W-2	515.30	176.40	392.37	493.25	192.4	41.9	108	7.39	44.2	
W-3	499.20	157.40	340.90	333.00	165.8	35.4	132.5	4.98	7.3	* supposition
W-4	347.50		203.26	518.74	248 (?)		121.5	16.38	16.4	
W-7	537.80	106.92	389.59	395.45	265.4	34.2	122.5	7.89	20.5	
W-8	406.25		274.63	397.20	250 (?)		106.5	14.75	21.6	* supposition
S-1	416.50		277.83	617.45	261 (?)		112.5	27.41	18.2	* supposition
S-2	620.30	172.50	456.80	435.00	266.7	33.5	129.5	6.75	18.9	
DH-5	469.00	115.30	355.60	296.85	228.3	34.6				
DH-6	357.45		151 (?)	249.60			138.6(?)	3.31	45.9	
DH-7	463.05	0.00	181.25	494.14	172.7	47.5	64.9	1.69	70.5	
DH-7/	512.00	148.58	372.70	555.04	212.9	34.8	115.4	3.28	30.8	
DH-8	862.30	571.75	787.83		205.3	53.6				
DH-9	618.65	172 (?)	439.29		254 (?)		110.0	7.28	17.5	* supposition
SR-5	349.01	127 (?)	349.5(?)		116 (?)	27.2(?)				Lithology is doubtful for noncore drilling
SR-6	301.25	130 (?)	302 (?)		163 (?)					

True thickness: Apparent thickness \times 0.95 in DH & SR drilling series

True thickness: revised by the calculation using the actual average

dipping in W & S drilling series.

B～C層間は1～3mの砂岩を夾む以外ほとんども泥岩およびシルト岩よりなるが、例外的にW-3では厚さ9mの前記と同様な泥岩～極細粒砂岩の細密な互層がある。W-1ではC層のあるべき層準に粗粒砂岩3.5mがあり、炭層を置き換えた様に見うけられる。

C層～下部C層間は本層中最も炭質物に富む層準であり、多数の炭質頁岩ないしCarbonaceous mudstoneを夾み、あるいは全体がCarbonaceous (Silty) mudstoneをなしている場合(W-7約30m)もある。多くの場合、泥岩ないしシルト岩に極細粒砂岩と炭質物をまじえた乱堆積を示す不規則な互層ないし混合物より成っている。

下部C層以下は泥岩、シルトを主とし、炭質頁岩と石灰質砂岩を夾む。泥岩中には石灰質な結核を含む事がある。

Dwg. 10aはSawahlunto層の砂岩の含有割合(全体の層厚に対する砂岩、シルト質砂岩の割合)および全体の層厚を示したものである。DH-7の最大70%を示す地域から南東方に向って砂岩比は減少しており今回調査地域ではおおよそ10～20%の割合となっている。地層の厚さはDH-7の地域が最も薄くおよそ70mでそこから周辺に向って徐々に厚くなり、今回調査地域では110～130m位となっている。

各炭層の賦存状況については4.5で詳細に述べられている。C層は最も厚く発達する炭層であるが、変化が激しくS-1の最大19.34mからDH-6, DH-7, W-1付近の未発達地域まで変化する。特に下部の炭質頁岩の変化が激しい。B層はW-1, DH-7では貧化、それより東側では分層傾向があるも0.5～1.0m位の炭層の発達がある。A層はDH-7の未発達、W-4, W-8の分層貧化を除き全体的に2m前後の発達がある。

炭層の上盤はすべて泥岩ないしシルト岩である。下盤はC層の一部が砂質シルト岩であるのを除き泥岩が主である。炭層と上、下盤との境界はシャープであり、下盤粘土(シートアース)のようなものは認められない。

Dwg. 11はSawahlunto層中の石炭層の厚さの総計を示したものである。DH-7の地域の2m位から南東に向って厚くなる傾向にあり、W-4, W-8, S-1の地域では2.5～1.5mの発達となっている。この炭層の発達の様子は地層の厚さと砂岩の発達の傾向にも比較的合っており、厚い炭層の発達地域は、地層の厚さ10.5～

125 mで砂岩比が15~20%前後の地域となっている。

Allochthonousな石炭は、1) 厚さや炭質の大きな変化、特に水平、垂直方向での炭質頁岩への変化 2) 下盤粘土の発達欠除 3) 低硫黄、高灰分 4) 天盤や炭層中の夾在頁岩に植物片の欠如などの性質で特徴づけられる。当地域のC層の状態はこれらの性質に比較的良く合致している。但しC層が良く発達している場合にはむしろ低灰分であり、この点は後述のhypautochthonous originをうかざわせる。炭層発達の傾向が地層発達の傾向と一致しているのは石炭もAllochthonousなものであったと考える有力な証拠となっている。B層、A層はC層に比し厚さの変化もなく、又発達も全域的であることから、これらの石炭層については、Sawahlunto層形成後期の比較的安定した時期の泥炭湿地形成によるAutochthonousな成因とも考えられる。特にA層に認められる分層は、分層の結果、炭層全体の厚さの変化がそれほど大きくないことからflooding等による周辺地域からの碎削物の炭層上への拡散によるものと考えられる。

4.2で述べた当ベイゾンの性質からSawahlunto層の形成はfluvialないしlacustrineの環境であろう。Dwg. 10aの地層、砂岩の発達の様子はそれらの発達が帯状ではなくむしろ平面的であるので、この地域はおそらくfluvialではなくlacustrineの環境であり、またDH-7の地域はこの当時上昇地域(高まり)であったと考えられる。これらの環境とC層の炭層の発達を考えると、おそらくC層は“hypautochthonous”と考えられる。すなわち異地性とはいっても同一ベイゾン内の非常に近い泥炭湿地(おそらく南東~南西?)からの供給物によったと考えるのが妥当であろう。

4.3.3 下部 Sawah Tambang 層

W1, 2, 3, 7およびS-2にて全層準をW-4, 8及びS-1ではその上部の一部を欠いて縫っている。層厚はTable 8に示す様に1.66 m~2.67 mとかなりの変化があり、南に厚くなる傾向を示している。上位のupper Sawah Tambang層との境界は、同層の泥岩、シルト岩を殆んど夾まぬ厚い塊状の粗粒砂岩、礫岩の下底とした。南部では同層下部に泥岩、シルトが指交状に入ってきて、この部分をlower Sawah Tambang層に繰り入れたため、見掛け上南部で本層が厚くなった可能性もある。

本層は雑色の泥岩、シルト岩と灰色、灰白色の砂岩よりなり、泥岩の比率が大である。各単層の厚さは数mから数10mにおよぶが、その層厚は水平的にかなり変化し、

個々の単層を対比する事は困難である。各試錐における最厚の単層は、泥岩、シルト岩で25～65m、砂岩で10～25mである。

泥岩、シルト岩は塊状、緻密でしばしば鏡肌を伴い赤紫色・赤褐色（主）、黄色、青灰、灰色およびこれらが複雑に入りまじった色彩をしている。一般に上、下部共砂岩に近づくと青灰色が優勢となる。砂岩は石英に富む粗粒砂岩を主体に上部に向かって細粒となる。しばしば石英及び古期岩類の小～中礫を含む。

本層および upper Sawah Tambang 層には、スランピング、水面下の流れ、その他堆積時あるいはその直後に生じた特徴的な下記のような現象、構造がしばしば見られる。

- 砂岩中の泥岩 同時偽礫（スランプボール）
- 砂岩、泥岩の不規則な互層
- 礫、砂、泥が完全に混った含礫泥岩（ペブリイマッドストーン）
- ダイアステム
- 小規模なデコルマン型の断層
- クロスベッディング
- 自破碎状泥岩
- 小規模なサンド・ドロップ
- 小規模な碎屑岩脈

Dwg. 10b は lower Sawah Tambang 層の層厚と砂岩の割合を示した図である。地層の厚さは DH-7 と W-3 を結ぶ地域が最も薄く、およそ 170～180m で、南東方向にむかって徐々に厚くなり W-7 および S-1, S-2 付近では 260～270m 位となる。砂岩の割合も地層の厚さの傾向に一致しており、DH-7 付近の 45% 位から南東方及び DH-7 の周辺部に向かって減少して行き、今回調査地域ではおよそ 30% 位となっている。この堆積状況は Sawahlunto 層の傾向とよく似ており、DH-7 の地域はこの時代にもいぜんとして上昇地域（高まり）であった事が示されている。

Lower Sawah Tambang 層は化石が認められていない。

本層の堆積環境はその岩相、前記の特徴的構造から “Subarerial environment” と “fluvial～lacustrine environment” の中間的なもの、あるいは漸移的なものと考えられ、Sawahlunto 層よりはより terrestrial environment の要素は多くなって

てきている。

4.3.4 上部 Sawah Tambang 層

W-1, 2, 3, 7 および S-2 の各試錐でその下部を縫っており、最長掘削長は W-2 の 176 m である。本層は暗青～緑灰色（下部 7 m 乃至 50 m で灰白色）の中～粗粒砂岩および礫岩よりなり稀に 1 m 以下の泥岩，シルト岩を夾む。W-2, S-2 の上部（本層の中部に該当）は non-coring であるため詳細はわからないが、かなりの泥岩層を夾むようである。砂岩は、おむね塊状でマトリックスが少なく多孔質で、風化すると著しくルーズとなる。所により 1 cm 内外の泥岩の縞を夾む。礫岩は小礫まれに中礫質で、石英を主体とした亜角礫質である。

この地層は fluvial～alluvial の環境に堆積したと考えられ、lower Sawah Tambang 層に比し、さらに terrestrial environment なものとなっている。

4.3.5 Ombilin 層

調査地域では直接見る事ができず今回調査でも本層を縫った試錐はないが、Ombilin 川東方には広く分布している。主として青灰色～緑灰色の泥岩より成り、石灰質で有孔虫を含んでいる。一部に砂岩，礫岩，凝灰岩を介在している。

以上の事からこの地層は浅海性であり、この時代になり、はじめてこの地域に海浸がはじまった事を示している。

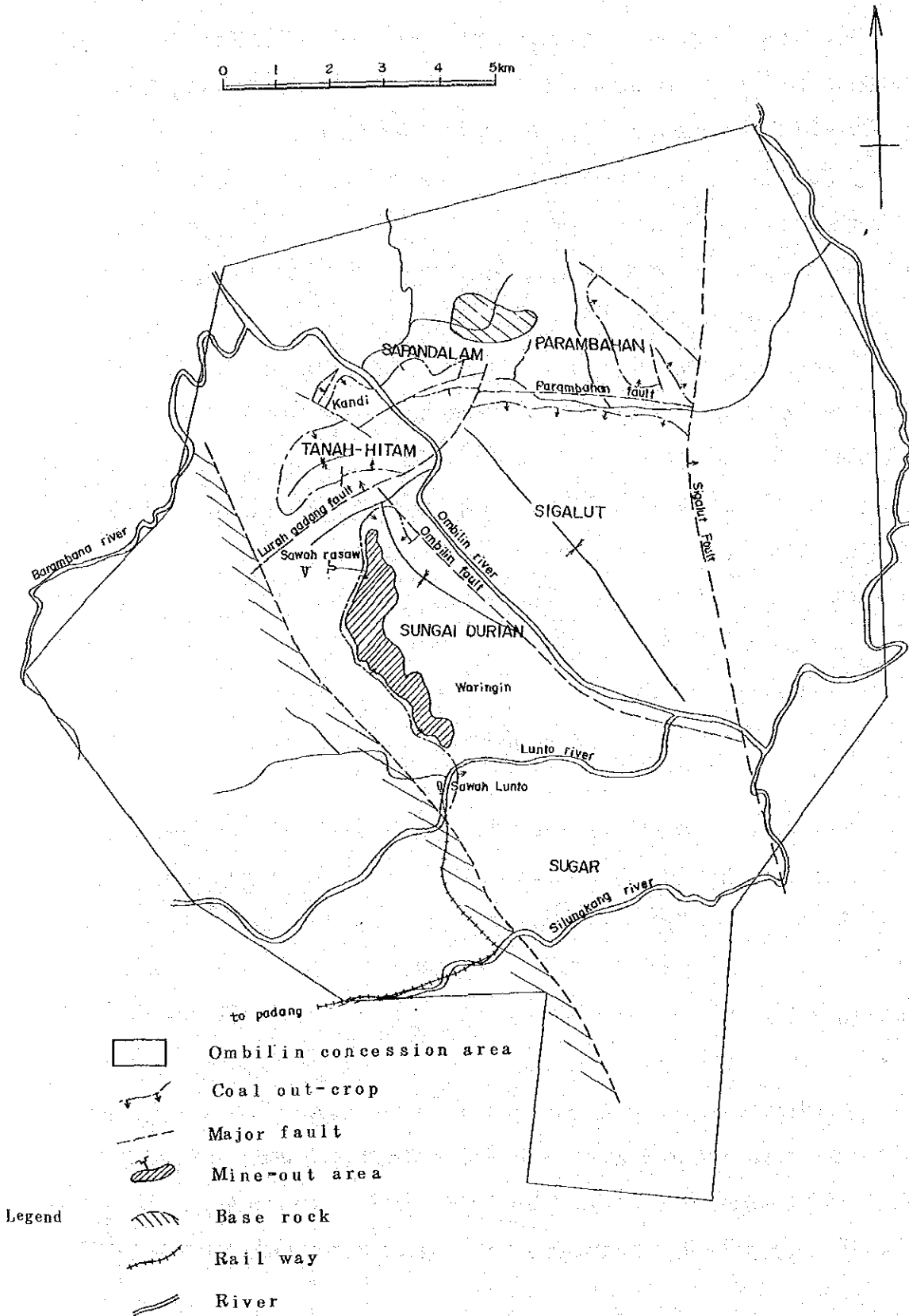
4.4 地質構造

Ombilin 鉞区内は主要断層線と地形によって次の 6 地域に分けられる (Fig 6 参照)。

Tanah Hitam	Lurah Gadang 断層北, Ombilin 川西, 炭層賦存面積約 3.1 km ²
Sapandalam	Ombilin 断層東, Lurah Gadang 断層西北, 同上 1.2 km ²
Parambahan	Parambahan 断層北, Sigalut 断層西, 同上 2.7 km ²
Sungai Durian	Lurah Gadang 断層南, Ombilin 断層西, Lunto 川同上 18.6 km ²
Sigalut	Ombilin 断層東, Lurah-Parambahan 断層南, Sigalut 断層西 同上 24.6 km ²
Sugar	Lunto 川南, 同上 31.3 km ²

Ombilin 鉞区の中心部は、鉞区の西部を北西-南東方向に走る基盤断層と鉞区の東部を略南北方向を走る Sigalut 断層とに挟まれ、北西-南東方向の軸を持ち南へ沈む向斜

Fig. 6. Outline of geological structure around Ombilin area.



構造を成している。Sigalut 断層（東側落下）以東はほとんど未調査のままである。

炭層露頭はこの向斜構造を良く反映して、Sawahlunto 付近では走向が北北西—南南東、東傾斜であるが、Tanah Hitam では走向が東—西方向、南傾斜に変化して、Sapandalam を経て Parambahan および Sigalut 北部に至っている。

上記 2 断層の外にも多くの断層や局所的な小褶曲が見られ、インドネシアにおける他の主要炭田に比較して構造は複雑である。

今回の対象区域である Sungai Durian および Sugar 地区の状況は次の通りである。

Sungai Durian

Lunto 川から Sawah Rasau Pit-V 坑口付近までの約 5 km 間は、多少の局所的褶曲を伴って北々西走向、東傾斜を保っているが、北端部の現坑内掘区域では走向が東西から北々西、傾斜は南ないし西へとつり針型に変化して向斜構造をなしている。向斜構造の東翼は Ombilin 断層（東落ち 100 m ?）で切られるため、拡がりはいささか小さい。地層の傾斜は一般に南から北へゆるくなり、南部で約 23、北部で 12°内外となる。現採掘区の Sawah Rasaw Pit-V の西翼側は 20～25°とやや急であるが、深部に向うにつれてゆるくなる。

Ombilin 断層に対して約 45°の角度で斜交する北東～南西方向の断層（最大落差約 100 m）が 5 本確認されており、地域をブロック化している。

Sugar

調査がほとんど行われておらず、地質構造は明確でないが、走向はほぼ南北、東へ傾斜する同斜構造と考えられている。本地域の西側は北西—南東方向の基盤断層に接しており、この基盤断層に伴う 2～3 本の付随断層が推定されている。

4.5 炭層賦存状況

4.5.1 概況

対象区域の Sawahlunto 夾炭層には 3 層の主要炭層があり、上位より A、B および C 層と呼ばれ、稼行対象となる（A 層および C 層は Ombilin 炭鉱での稼行炭層である）。これら 3 炭層の外にも数枚の薄炭層が介在するが稼行対象とはならない。夾炭層自体の岩相は全般的に横への変化が激しく、また各炭層についても厚さや“かざり”に相

当な変化が見られるけれども、Coal-zoneとしてとられることにより、対象区域全域にわたって炭層の対比が可能である（Dwg. 6 参照）。

炭層の走向は略南北方向で緩やかな“うねり”状を呈し、傾斜は東へ 10° ～ 15° であるが所によっては 20° を越す区域もある（対象区域の北部に当る現稼行区域では走向が漸次変化して北東-南西方向、南東傾斜となる）。SR-6, SR-5, DH-7 付近には北西-南東方向の軸を持つ向斜構造があり、この軸の北側では走向が西北西-東南東、南側傾斜に変化している。旧採掘跡の深部は採掘跡で確認されている断層の延長線によって数ブロックに分けられるものと推定されるが、構造的には複雑ではない（Dwg. 9 参照）。

地表下炭層までの深度は、谷筋を除くと、急峻な崖とそれに続くケスタ状の地形を反映して急激に増大する。最下位に賦存するC層の場合、賦存深度と地表下深度の関係はおよそ次の如くである。

C層天盤の標高 (m)	地表下C層までの深度
+150	200
+100	300
0	450～500
-100	500～600
-200	600～700

(注) Lunto 川々筋ではこれ以下となる。

肉眼観察によると、各炭層との石炭部分のほとんどは輝炭で構成されているが、C層の厚い所では、下部がやや暗炭気味になる場合も見られる。

各試錐における主要炭層の稼行対象部分の状況は Table 9 に示されている。なお炭柱の詳細については Dwg. 7, 8 に示されている。

4.5.2 A 層

ほぼ全域にわたって賦存し、稼行可能区域の面積は3炭層の中で最も広い。全層の厚さは 1.48 m (SR-7)～ 5.49 m (W-2)で、SR-8, S-1, S-2ではほぼ1枚炭であるが、その他の試錐では炭質頁岩、頁岩等の夾みによって数枚に分れ、上

Table 9. Condition of minable part of coal seams

(meter)

Hole №	SR-2	SR-8	SR-7	DH-6	SR-4	DH-7	W-1	W-2	DH-9	W-7	W-3	W-4	W-8	S-1	S-2	DH-8
Height of collar	344.28	5103.6	2607.6	3123.4	2408.4	343.61	5700.0	4833.3	307.48	3532.7	4826.6	3140.0	237.62	340.49	385.70	209.31
Depth to seam	158.47	1188.5	61.34	1622.2	200.64	390.42	400.75	416.44	457.40	406.26	370.18	232.90	288.92	301.75	509.20	835.0
Elevation (seam top)	1858.1	1915.1	1994.2	150.12	40.20	-40.81	1692.5	668.9	-1499.2	-529.9	1124.8	81.10	-52.30	387.4	-1235.0	-623.69
Seam thickness	2.47	1.78	1.41	1.92	2.34	2.14	3.23	2.37	2.41	2.15	2.29	2.09	3.26	2.08	1.89	2.00
Coal thickness	2.44	1.78	1.36	1.82	2.25	2.08	1.04	2.26	1.76	2.05	2.27	0.73	0.74	2.05	1.83	2.00
Number of parting	0	0	1	1	1	1	1	3	2	2	1	1		1	2	0
Depth to seam	168.00	1357.1	82.70	189.58	222.18	410.64	420.00	447.22	490.33	437.15	394.87	255.05	317.29	325.42	534.42	843.91
Elevation (seam top)	176.28	174.65	1780.6	122.76	18.66	-61.03	1500.0	36.11	-182.85	-83.88	87.79	58.95	-79.67	150.7	-148.72	-634.60
Seam thickness	0.60	0.40	0.68	0.85	0.69	0.60	0.59	1.02	0.61	0.67	1.11	1.55	1.66	0.72	0.97	0.79
Coal thickness	0.60	0.40	0.68	0.85	0.53	0.51	D	1.02	0.44	0.67	1.11	0.96	1.66	0.57	0.78	0.62
Number of parting	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0	3	0	2	1	1
Depth to seam	186.60	160.19	W.O.	W.O.	242.11	424.69	W.O.	462.88	498.14	449.05	425.70	275.55	327.89	552.86	557.12	852.90
Elevation (seam top)	157.68	150.17			-1.27	-750.8		204.5	-190.66	-95.78	56.96	384.5	-90.27	-12.37	-171.42	-643.59
Seam thickness	12.15	2.53			9.84	4.24		1.72	2.65	3.21	1.37	11.16	100.3	19.37	1.40	3.83
Coal thickness	D	D(1.64)			D	D		1.04	2.56	3.20	D	10.97	9.93	18.18	1.37	3.51
Number of parting		7						4	1	1		1	1	4	1	2

Note. Thickness of coal seam in W & S series are revised with stratigraphical inclination, but others are not revised.

⊕ : Not minable because of thin thickness

D : Not minable because of deterioration

W.O : Wash-out (by contemporaneous erosion)

部が劣化する場合もあれば、下部が劣化する場合も見られる。

全層のうち稼行対象となる炭層のまとまった部分の厚さは 1.41 m (SR-7) ~ 2.47 m (SR-2) で、大部分の区域が 2.0 m ~ 2.30 m の範囲で安定している。またこの部分には炭質頁岩の極く薄い夾み1枚を伴う場合が多い。

W-1, W-4, W-8 ではA層自体の厚さがそれぞれ 3.46 m ~ 2.31 m ~ 3.98 m あるけれども劣化が激しく、また DH-7 ではA層の層位に砂岩が発達し、特別の劣化状況を示している (Dwg. 6 参照)。従って、これらの試錐を結ぶ北西-南東方向の延長 3.5 km 以上、幅 200 m ~ 400 m の地帯はA層の貧化帯となっており、この区域は採掘の対象となり得ない (Dwg. 12a 参照)。

A層と上位の lower Sawah Tambang formation の base との間隔は略 15 m ~ 20 m で一定し、南部ではこの間に数枚の薄炭層を挟んでいる。S-2, DH-8 ではこの間隔がほぼ2倍の 40 m と厚くなっている反面、W-8, S-1 ではこの間が薄くなっており、Sawah Lunto 層最上部の一部が削られた様相を示している。

4.5.3 B 層

B層はA層の下約 20 m ~ 25 m の層準にあり、ほぼ全域にわたって賦存している。層厚は 0.40 m (SR-8) ~ 3.58 m (S-2) の間で変化するが、W-1 ではこの層は存在しない。B層は全般的に厚さや“かさり”の変化が激しく、炭質頁岩、頁岩等の夾みを伴って、石炭の部分は薄い。

稼行対象となり得るのは炭層が比較的まとまっている W-2, W-3, W-8 の狭い区域のみであり、その他の区域では薄化あるいは分層のため、稼行対象とはなり難い。

W-2, W-3, W-8 における採掘対象部分の厚さは、それぞれ 1.02 m ~ 1.11 m ~ 1.66 m であり薄いけれども夾みのない1枚炭である。

B層はこれまでに採掘されたことがあるが、極く狭い範囲に限られている。

A層とB層間の2層準に薄炭層(炭質頁岩になる場合もある)があり、そのうちの1層は比較的連続性を有する。

4.5.4 C 層

C層はB層の下約 20 m ~ 25 m の層準にあり、A層との間隔は 40 m ~ 50 m となっ

ている。炭層はS-1で最も発達し、全層厚23.13mとなっているが、北ならびに東方へ向って上下2部層に別れる形となり、下部層は急激に劣化する傾向を示している。上部層にも下部層ほど急激ではないが、やはり同じような劣化傾向が見られ、W-8, W-4, W-7, DH-9までは上部層が稼行可能であるが、これより以北の試錐では劣化してしまっている。

旧坑採掘図によると、C層は露頭線沿いに走向方向約5km、傾斜方向約300~700mの範囲が採掘され、層厚は5~6m程度であったと云われている(層厚に関する詳細な資料は残されていない)。採掘跡に隣接する深部では、採掘技術上の理由から未採掘のまま残されている区域もある。

C層の発達する区域は露頭線に沿って、走向方向に延びていると見られるが、サワルト坑の水平岩石坑道の付近ではC層の採掘された範囲が狭い。これはガス湧出あるいは採掘技術上の理由によるとの説明もあるが、炭層劣化による非採掘区域のある可能性も考えられる。

W-1, DH-7, DH-7', DH-6, SR-7, SR-8, SR-2, DH-2においてはC層の上位に砂岩層がある。この地域は基盤層の上昇地域およびその周辺部であり、周縁堆積環境であり、C層上部層の一部あるいは全部が未堆積、あるいは堆積直後に削られた状態を示している(contemporaneous erosion)。DH-9, W-7, W-2で示されている上部層の劣化傾向と、上記試錐において認められる上部層の劣化状態とを合せ考えると、既採掘跡深部の広い区域には元来厚い良炭部は堆積しなかったものと判断される。従って、これらの区域に厚い良炭層が賦存していることを期待することは出来ない。

以上のようなC層の賦存状況から、採掘対象区域はS-1, S-2, W-8, W-4, W-7, DH-9のある南部区域に限定されるが、炭層が厚いので炭量密度は高い。炭層厚の変化状況についてはDwg. 12cに示されている。

4.5.5 S-1, S-2以南の炭層状況

S-1, S-2以南の区域の炭層に関する資料としては、S-2より約3.4km離れたDH-8の試錐結果があるにすぎないので、炭層状況については全く推測の域を出ないが、次のようなことが考えられる。

炭層深度……地形図・地質図を参考に、S-1, S-2, DH-8の資料に基づいて

Dwg. 9a, 9cにA層, C層の炭層等深線を示している。

A 層……S-1, S-2, DH-8の炭層状況は次のようになっている。

	S-1	S-2	DH-8
山 丈 (m)	2.08	1.89	2.00
炭 丈 (m)	2.05	1.83	2.00

(稼行対象部のみ)

DH-8では上部に1.10mの炭質頁岩があつて総山丈は3.10mであるが、このうちcoreが採掘されているのは石炭部分の0.23mで、あとはnon-coreであり確認度は低い。北部区域のA層の賦存状況が安定していることを勘案すると、当区域においては炭丈にして1.6~1.8m程度は期待出来そうである。

B 層……S-1, S-2, DH-8の炭層状況は次のようになっている。

	S-1	S-2	DH-8
山 丈 (m)	0.72	0.97	0.79
炭 丈 (m)	0.57	0.78	0.62

(稼行対象部のみ)

DH-8の場合、夾みの一部がcore採取されているだけで、あとの大部分はnon-coreであり確認度は低い。いずれにしても炭丈1m以上は期待出来ず、採掘対象とはなり難い。

C 層……S-1, S-2, DH-8の炭層状況は次のようになっている。

	S-1	S-2	DH-8
山 丈 (m)	19.37	1.40	3.83
炭 丈 (m)	18.18	1.37	3.31

(採掘対象部のみ)

S-2ではこの下に約6.5mの炭質頁岩があり、上部層の最上部が良炭状態で残った形を示している。DH-8の場合もS-2と良く似た状態で炭質頁岩を含めた総山丈は7.33mであり、共にC層の上部層が劣化し

た状態を示している。(DH-8では下部層まで進んでいない)。しかしながら、DH-8の場合は灰分含有率が非常に高く、一部の石炭(厚さ0.32m)のみが8.6%で、他の石炭は22.9%~33.4%となっており、むしろ炭質頁岩に近く、S-2の場合よりも劣化が進んでいると見られる(参考:SG1.35で8% Ash, yield 9.8%)。

S-1の南西に当るLunto坑南部の坑道延先においてもC層が劣化している可能性が高い(C層の沿層坑道が岩石坑道になってしまっているが、記録がなく詳細不明である)。

以上の点を総合すると、S-1, S-2からDH-8まで、少なくともC層上部層は連続的に賦存する可能性があるが、稼行対象となり得るような状態であるかどうか、C層自体の変化が激しいことを勘案すると、むしろ悲観的に考えるべきであろう。

炭層の硫黄分含有率……A層, C層共に硫黄分が高い傾向を示している。

炭層別硫黄分含有率 (%)

		W-4	W-8	S-1	S-2	DH-8
A	層:	N.A.	N.A.	2.1	1.0	N.A.
C層	上	1.0	1.2	1.7	1.4	2.27*
	中	—	0.5	—	—	
	下	1.2	0.9	—	—	
	(平均)	(1.1)	(0.9)			

(注) S-1は上部層のみ

*はS.G.1.35によるWashed coal

北部区域に比較し、南部区域は硫黄分が高く1~2%台になると考えられる。

S-1, S-2以南の区域における炭層状況をまとめると、不明確な点が多いが①~⑤の推定が考えられる。

- ① 区域の西側を画する基盤断層に沿った延長約3km, 幅700~800mの区域は、炭層深度がS.L-200mより浅い。

- ② A層は炭丈1.6～1.8 m程度で安定して賦存している。
- ③ B層は採掘対象としては期待出来ない。
- ④ C層の上部層は連続的に賦存しているが、稼行対象となり得るかどうか、多くを期待出来ない。
- ⑤ A層, C層ともに硫黄分がやゝ高くなり1.0%を越す。

今回調査の結果、炭層はW-4, W-8, S-1, S-2付近に集中的に賦存していることが判明したことから、将来の開発の中心部はこの区域となるであろう。もしもそうであるとするなら、S-1, S-2以南の区域のうち、炭層深度が浅いと予想される区域について更に調査を行い、南部の状況のある程度把握した上で、総合的に開発が進められることが望ましい。

4.6 鉱物組成から見た堆積環境

4.6.1 粘土鉱物組成

1) 方法と判定

サンプリングした泥岩をメノウ乳鉢で良くすりつぶし、水でスライドグラス上に塗布してX線粉末回折装置により分析した。測定条件は次のとおりである。

Voltage / Ampere	: 35 KV, 20 mA
Full Scale	: 1,000 cps
Slit System	: 1°-1°-0.4 mm
Goniometer Speed	: 2° / 1 min
Chart Speed	: 2cm / 1 min
Target	: Cu K α (Carbon monochromator)

測定結果は良好で、Kaolin, Chlorite, Illite, Quartz等の鉱物の同定がなされ、一部試料については透過型および走査型電子顕微鏡により性状の観察を行った。今回判定した粘土鉱物については次のような基準によった。

Chlorite : 15 Å, 7 Å反射があり、グリセール処理により15 Å反射の移動のないものをChloriteとした。

Kaolin : 7 Å, 3.5 Åにシャープな反射のあるものをKaolinとした。

Illite : 1.0 Åに反射があるものをすべて Illite とした。

* Kaoline, Chlorite の共存する試料についても、含有量の差等から判定については困難はなかった。

その他の鉱物（石英，長石，方解石等）については、チャートから容易に判別可能である。

2) 分析結果

分析は W-2 の 9 試料、W-4 の 8 試料について行った。その X 線回折パターンを Dwg. 14 に、解析結果を Table 1.0 に示してある。Chlorite は極く少量 W-2 の upper Sawah Tambang 層 (95.90, 105.80 m) に認められるのみである。Illite はほぼ全層にわたって普通量存在しているが、Sawahlunto 層下部から Sangkarewang 層にかけて減少して行く傾向があるようである。Kaolin は全層にわたって多量に存在するが、lower Sawah Tambang 層下部から Sangkarewang 層にかけて特に多量に存在する。その他の鉱物としては全層的に普通量の石英が認められ、他に極めて少量の長石，方解石等も存在しているようである（量が少く正確な判定は困難）。

Kaolinite は一般に terrestrial な環境で形成されると言われている。また炭層の下盤に付随する Kaolin 質粘土も一般的現象として良く知られている。当地域の Kaolin の産状もこれらの考えに良く合致している。特に W-2, 417.40 m の A 層の夾在岩が、非常に結晶度の良い Kaolinite になっているのは、Kaolin の形成に対する炭層の影響（おそらく有機酸の作用）の結果として興味深い事である。また全層的に他地域の堆積岩に比し長石が非常に少ないのは、terrestrial 環境下の故に、ほとんどが Kaolin 化作用を受け、Kaolin に変化したものととも考えられる。従って Quartz の一部にも二次的成因によったものもあると考えられる。

W-4 の 328.35 および 334.80 m の試料にも結晶度の良い Kaolin が多量に存在している。この位置は層準として Sawahlunto 層最下部および Sangkarewang 層最上部にあっている。地質的にはこれらの地層は整合関係で fluvial から lacustrine への移化過程と考えられているが、この地層境界付近に何らかの弱い陸化があった為により Kaolin 化作用が進んだのか、あるいは堆積後の水の作用によるものか等の

Table 10. Claymineral assemblages in W-2 and W-4

W-2

Formation	Sampling depth (m)	Lithology	Clayminerals			Other minerals	Remarks
			Chlorite	Illite	Kaolin		
upper Sawah Tambang	9590	greenish gray mudstone, silty	△	○	○	Quartz, (Calcite)	
	10580	dark greenish gray mudstone	△	△	○	Quartz, (Calcite)	
lower Sawah Tambang	19990	pale gray siltstone, tuffaceous.?		○	○	Quartz, (Feldspar, Calcite)	
	27950	gray & dark yellow mudstone.		○	○	Quartz, (Feldspar, Calcite)	
	34050 a	reddish brown mudstone		○	◎	Quartz, (Calcite)	
	34050 b	pale gray mudstone, silty	(△)	○	◎	Quartz, (Feldspar, Calcite)	
Sawah Lunto	41740	gray black mudstone, with carbonaceous mat (intercalation of A-seam)			◎	Quartz, (Feldspar)	Well crystallized kaolinite
	44190	gray mudstone		◎	◎	Quartz, (Calcite)	
	51500	gray black siltstone, sandy		△	◎	Quartz, (Feldspar, Calcite)	

W-4

Formation	Sampling depth (m)	Lithology	Clayminerals			Other minerals	Remarks
			Chlorite	Illite	Kaolin		
lower Sawah Tambang	4700	brownish gray mudstone		○	○	Quartz, (Feldspar, Calcite)	
	16395	dark violet gray mudstone		○	◎	Quartz, (Feldspar, Calcite)	
Sawah Lunto	20490	gray mudstone, with organic mat.		○	◎	Quartz, (Feldspar, Calcite)	
	26370	gray black mudstone, with organic mat.		○	◎	Quartz, (Feldspar, Calcite)	
	50070	pale brownish gray mudstone		△	◎	Quartz, (Feldspar, Calcite)	
	32835	pale brownish gray mudstone		(△)	◎	Quartz,	Well crystallized kaolinite
Sangkarewang	33480	gray mudstone, silty		(△)	◎	Quartz,	Well crystallized kaolinite
	34245	gray mudstone		△	◎	Quartz, (Feldspar, Calcite)	

△ poor, ○ common, ◎ abundant
() doubtful determination for poor contents.

理由が考えられる。

Illite, Chlorite は一般にむしろ海水の環境下の方が形成されやすいと考えられていて、terrestrial な環境では、Kaolin 化作用により Kaolin に変化する例も知られている。

当地域の分析結果は上層に向っての Illite の増加および upper Sawah Tambang 層での Chlorite の出現、それと反対に Kaolin は下位層に向っての増加を示している。堆積鉱物学的には、これらの鉱物共生関係に矛盾はない。すなわち下位層ほど terrestrial な環境であり上位に向って徐々に海水の影響を受けはじめて来ている事を示している。特に Sawah Tambang 層に於ける Chlorite の存在は下位層の terrestrial な環境とは違っている事を示している。また全層に少量存在する Calcite は terrestrial を示すものと考えられる。これらの解析結果は 4.3 で述べた地質的な解釈とは若干時間的な差がある。すなわち完全な marine の影響下に入るのは当地域では化石から Ombilin 層であり、upper Sawah Tambang 層はまだ continental 環境下と考えられている。従って地質的資料と粘土鉱物の結果を総合して解釈すると、少なくとも一部の地域の upper Sawah Tambang 層では、既に感潮水路等の発達により一部 marine の影響を受けはじめていたと考えることができる。

4.6.2 黄鉄鉱およびその他の鉱物

黄鉄鉱は石炭中の硫黄の問題として重要であり、これについては 5.2 で詳述している。当地域の炭層中の黄鉄鉱は一部白鉄鉱と共存している。肉眼ではクリートを充填するような物、あるいは $\phi 5 \text{ mm}$ 位の自形をしているもの等認められる。また 1.50 の比重選別でも完全に除去されきれない事から、一部にはフランボイダル状で存在しているものがあると考えられるが、石炭基質の走査型電子顕微鏡による観察では、基質中に硫黄の存在は認められなかった。

石炭中の硫黄含有量はだいたい 1% 前後、所により 2% 近くのものもあるが、総体的には低い。高硫黄炭は海水の影響を受けているもの、あるいは上部に海成層の堆積があるものなどに多いが、当地域では海成層である Ombilin 層との間には約 600 m の Sawah Tambang 層が存在し、しかも炭層の生成は淡水性なものと考えられている。従って硫黄含有量もそれほど高くなく、クリート充填や自形結晶の黄鉄鉱や白鉄鉱は、

石炭素材の有機物自身からの成因になるものが多いと考えられる。

黄鉄鉱，白鉄鉱の他に Sawahlunto 層には菱鉄鉱，方解石，あられ石，苦灰石などがそれぞれ少量認められるが、terrestrial～淡水成堆積物と考えているものと矛盾はない。

4.7 花粉分析

代表的試料として W-4 および S-1 の、泥岩，炭質頁岩，石炭についてパリノサーヴェイ株式会社に依頼し花粉分析を行った。検出状態は W-4 の 250.50 m 以上の試料は非常に悪かったが、それ以外は十分な数の花粉ならびに胞子が見い出された。Table 1.1 に試料と検出状態をまとめてある。

4.7.1 分析結果

分析結果は、検出した花粉，胞子化石総数を基数とした百分率で、各試料の花粉，胞子化石の割合を示し、これを基にして、検出された花粉，胞子化石のレンジチャートを図 7 に、それらの写真を図 8 に示してある。

次に各試料における古環境，時代，その他について述べる。

W-4

101.50 m

この試料からは、全く花粉，胞子化石が検出されなかった。

219.20～219.30 m

この試料に於ては、検出化石が合計で 27 個体と非常に少なかった。検出されたもののうち、主なものには次のものがあげられる。

Psilamonoletes, *Verrucatosporites*, *Retitricolporites* B-type, R.A-type など。

250.50 m

この試料は花粉，胞子化石を含んでいなかった。従って古環境等について考察するには不十分なものであった。

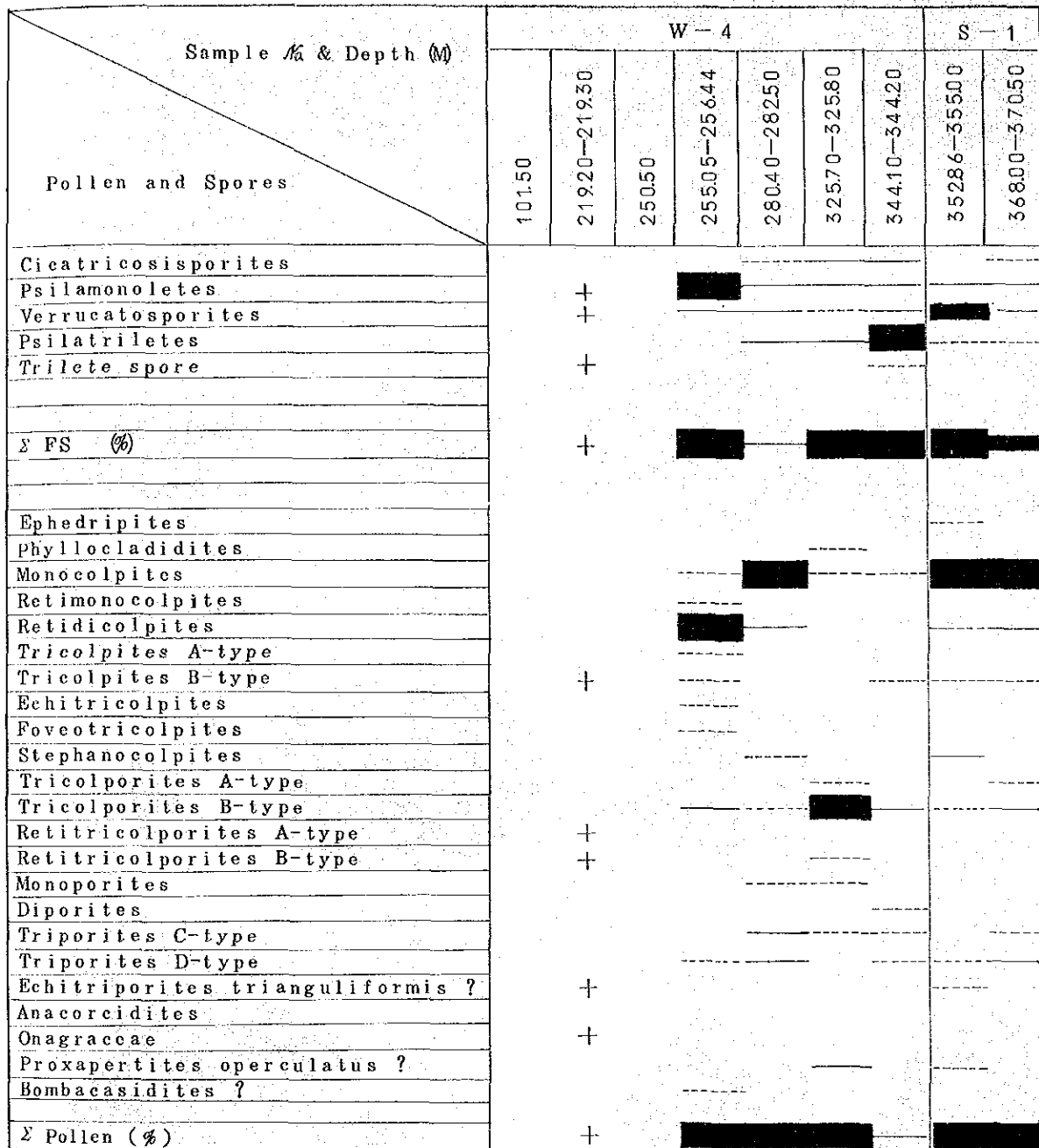
255.05～256.44 m

この試料では合計で 127 個体の微化石が検出された。このうち、43.3%が

Table 11. Age determination from palynological analysis

Formation	Sampling depth & lithology		Age determination by pollen and spore
	W-4	S-1	
Lower Sawah Tambang	101.50 mudstone		Determination is impossible by poor or non occurrence of pollens and spores.
	219.20 mudstone		
Sawahlunto	250.50 coaly shale		?
	255.05 coal (B-seam)	352.86 coal (upper C-seam) 368.00 coal (lower C-seam)	Eocene-pre-Eocene
	280.40 coal (C-seam)		
	325.70 mudstone		?
Sangkarewang	344.10 mudstone		Pre-Eocene (Palaeocene)

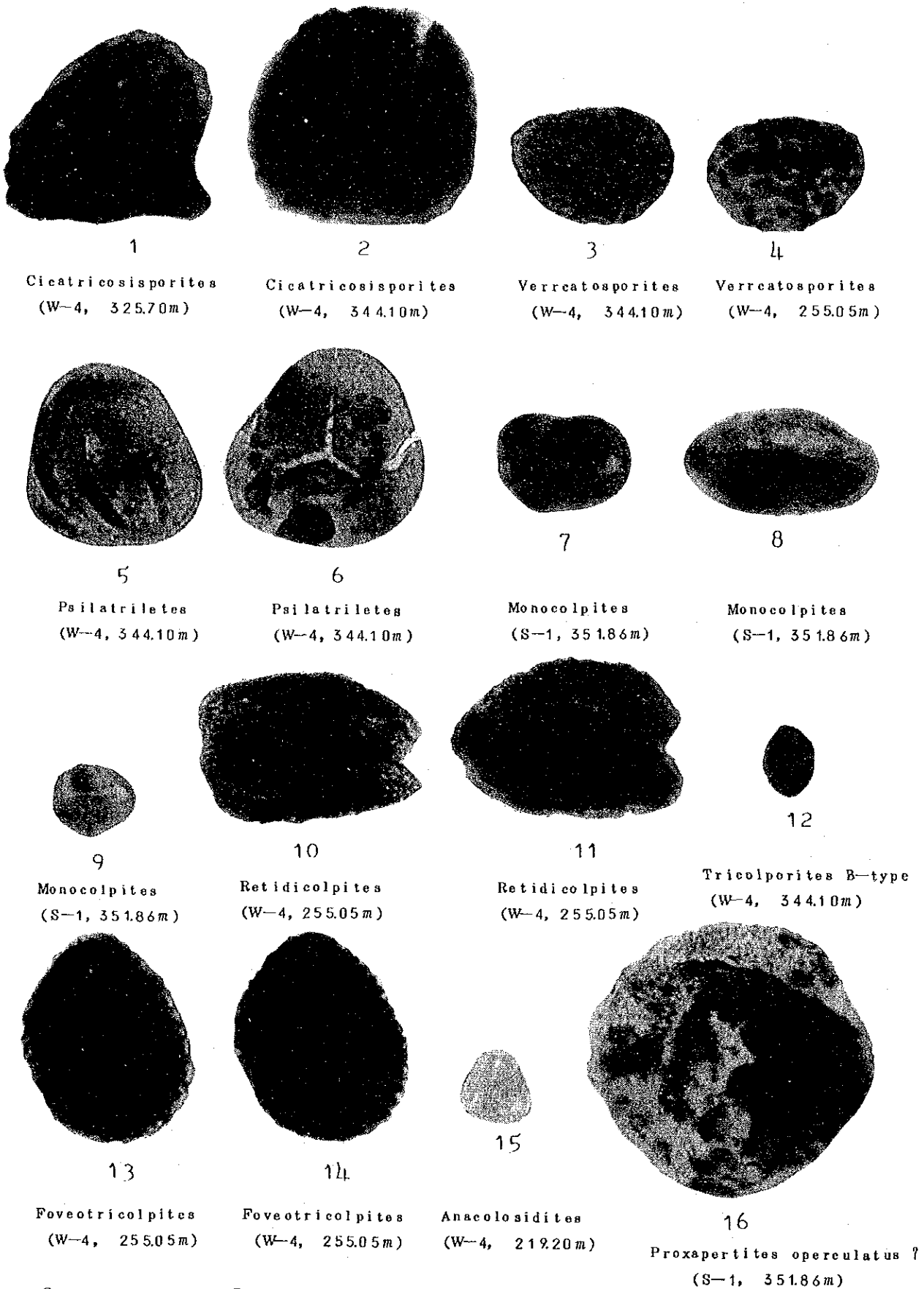
Fig. 7. Range chart of pollen & spore occurrence



Note:

$0\% < a < 5\%$ - - - - -
 $5\% \leq a < 20\%$ ————
 $20\% \leq a < 30\%$ ■■■■■
 $30\% \leq a$ ■■■■■
 + rare occurrence

Fig. 8. Microscopic photograph of pollens occurred in Sawahlunto formation



0 50μ

が羊齒類胞子であり、主なものとして *Psilamonoletes* が 32.3%、*Verrucatosporites* が 11.0% 検出された。花粉は合計で 56.7% で、主なものとして *Retidicolpites* が 35.4%、*Tricolporites B-type* が 9.4%、および *Retimonocolpites* が 3.9% などが検出された。

従って、古環境としては、5割以上が被子植物で占められ、残りが羊齒類から成る植物構成が考えられる。

時代としては、東南アジアにおける Oligocene 以後の指標化石である *Florschuetzia* が検出されないことから、Oligocene 以前の Eocene に相当するとも考えられる。

280.40~282.50 m

この試料は合計で 101 個体の微化石が検出され、その大部分 (83.2%) が被子植物に由来すると考えられる花粉化石であった。主なものとして *Monocolpites* が 34.6%、*Triporites D-type* が 14.9%、*T.C-type* が 11.9%、*Tricolporites B-type* が 11.9% および *Retidicolpites* が 7.9% などが検出された。

羊齒類胞子としては、*Psilamonoletes* が 7.9%、*Verrucatosporites* が 6.9% および *Cicatricosisporites* が若干検出された。

従って古環境としては、被子植物が優占して生育していたと考えられる。時代としては、やはり、*Florschuetzia* が検出されないこと、および *Cicatricosisporites* が検出されることから、これまでのものより古いものと考えられる。おそらく Eocene またはそれ以前と考えられる。

325.70~325.80 m

この試料では合計で 157 個体の微化石が検出され、43.3% が羊齒類胞子であった。*Cicatricosisporites* が 19.7% と多く、次いで *Psilatrilletes* が 12.7%、*Psilamonoletes* が 9.6% などが良好に検出された。特に *Cicatricosisporites* が多かったことは特徴である。

花粉化石としては *Tricolporites B-type* が 37.6% 検出され多く次いで *Onagraceae* が 10.2%、*Triporites C-type* が 3.2%、*Tricolporites A-type*

が1.9%等が検出された。

従って古環境としては、*Cicatricosisporites*をはじめ、*Psilatrilletes*、*Psilamonoletes* が良好に検出されることから羊歯類が多く生育していたものと考えられる。更に被子植物も羊歯類以上に良好に生育していたことが考えられる。

時代としては、*Cicatricosisporites* が多く検出されることから、Eocene またはそれ以前であろう。

344.10~344.20m

この試料では羊歯類が合計で8.2%検出され非常に多かった。主なものは *Psilatrilletes* が4.7.5%と最も多く、次いで *Psilamonoletes* が1.7.2%、*Cicatricosisporites* が2.0%、*Verrucatosporites* が7.4%検出された。

花粉としては、*Tricolporites B-type* が1.2.3%検出された他に、*Tricolpites B-type*、*Tripurites C-type* などが若干検出された。

従って古環境としては、*Psilatrilletes*、*Psilamonoletes*、*Cicatricosisporites*、*Verrucatosporites* が多産することから、羊歯類主体の古植生が考えられる。

時代としては Eocene およびさらに以前の可能性がよい。

S-1

352.86~355.00m

この試料は *Monocolpites* が3.9.1%、*Tricolporites B-type* が1.0.0%検出された。また、数としては少なかったが、*Ephedripites*、*Stephanocolpites*、*Proxapertites operculatus* が僅かに検出された。

羊歯類孢子としては、*Verrucatosporites* が2.7.3%検出され多かったのをはじめ、*Psilamonoletes* が6.4%検出された。

従って上記の羊歯類、裸子~被子植物が生育していたものと考えられる。時代としては *Proxapertites operculatus* が検出されることにより、Paleocene と一応考えられるものの、この化石が非常に少ないことから Eocene の可能性もある。

368.00~370.50m

この試料も、*Monocolpites* が4.1.4%検出され非常に多かった。また *Tricol-*

porites B-type の 10.7%をはじめ、Retidicolpites, Triporites D-type
などが検出された。

羊歯類としては Psilamonoletes が 14.3% 検出され多かったのをはじめ、Ver-
rucatosporites が 8.6%、Cicatricosisporites が 0.7% と、良好に検出された。

従って上述の被子植物をはじめ、羊歯類が多く生育する古植生が推定される。

時代としては Eocene ~ Eocene 以下に相当するであろう。

4.7.2 考 察

各試料についての時代等については、前節で述べてあり、それをまとめたものが
Table 11 である。

花粉分析の結果からは Sawahlunto 層（夾炭層）は、Eocene かそれ以前を示してお
り、W-4 の Sangkarewang 層は場合によっては Palaeocene の可能性もある。

また W-4 と S-1 との対比では、S-1 の試料（C層）は W-4 の 280.40m
（C層）に最も近い結果を示しており、炭層対比が花粉分析の結果にも良く一致して
いる。

古気候的にはヤシ科植物の花粉と思われる Monocolpate の形態をした花粉が良く
検出され、当時の古気候が熱帯であった事が予想される。

堆積環境については、海水、淡水いずれについても、それを支持する種は見い出さ
れなかった。

また検出された花粉の多くは、変形を受けており、この事は炭化度の進行の為とも
考えられるが、材質の移動の為に受けた変形（石炭の異地性）とも考えられる。

5. 炭 質

5. 炭 質

5.1 概 説

各試錐で採取された石炭試料はすべて2分され、インドネシア側および日本側の双方でそれぞれ分析ならびに諸テストが行われた。日本側における分析，テストは東京石炭鉱物研究所（Tokyo Coal and Mineral Research Institute）に依頼し、JIS規格に基づいて実施した。

分析ならびに諸テストは、各炭層とも稼行対象となり得る部分（石炭層のまとまった部分）のみを対象とし、稼行対象外の薄炭層の分析は割愛した。石炭試料のサンプリングに当っては、炭層中に介在する頁岩，炭質頁岩等の夾みをあらかじめ除外し、また厚い炭層については上，下あるいは上，中，下に分けて採取した。各石炭試料の採取部位についてはDwg. 8に記載してある。

各石炭試料については、比重による選別を行わず、“原炭ベース”による分析，テストを実施した。各試錐別，炭層別の分析，テストの結果（日本側で実施したものを）をTable 12に示す。以下は主としてこの分析結果に基づき、今回の調査対象区域について述べる。

Table 12. Results of coal analysis and testing

Hole No.	W-2			W-3		W-4		W-7		W-8				S-1	
Coal Seam	A	B	C	A	B	C-1	C-2	A	C	B	C-1	C-2	C-3	A	C-1
Depth	416.44~419.10	446.86~448.34	462.83~463.60	370.18~372.56	394.87~396.22	275.55~280.40	280.40~287.16	406.26~408.50	449.05~452.40	317.29~319.00	327.89~331.00	331.00~334.00	334.00~338.56	301.75~304.00	352.86~364.50
Proximate Analyses (%)	Total Moisture	4.8	5.2	2.9	5.0	4.6									
	Inherent Moisture	4.7	4.7	2.9	3.4	3.5	3.5	3.6	3.8	3.1	4.1	3.2	3.1	3.0	3.4
	Ash	3.3	5.4	4.9	2.9	5.1	6.8	6.4	6.3	5.0	6.3	3.2	2.5	4.2	5.2
	Volatile Matter	39.4	36.8	41.4	40.2	37.9	39.1	38.0	38.8	40.2	36.1	39.7	41.1	39.5	37.3
	Fixed Carbon	52.6	53.1	50.8	53.5	53.5	50.6	52.0	51.1	51.7	53.5	53.9	53.3	53.3	54.1
Total Sulfur	0.6	1.2	2.1	0.7	1.6	1.0	1.2	0.7	0.6	1.8	1.2	0.5	0.9	2.1	
Calorific Value (Kcal/kg)	7,440	7,310	7,530	7,610	7,410	7,280	7,370	7,360	7,620	7,370	7,780	7,740	7,680	7,490	
C.S.N	3 1/2	3	4 1/2	4	3 1/2	4	3 1/2	4 1/2	4 1/2	3 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4	
Specific Gravity	1.33	1.34	1.31	1.29	1.32	1.33	1.33	1.33	1.30					1.33	
Hardgrove Grindability Index		48	42	44	49	48	34	45	48	46	45	48	51	47	43
	C	78.1	76.3	76.3	78.3	76.5	75.8	76.5							77.5
Ultimate Analyses (%)	H	5.5	5.5	5.8	5.5	5.3	5.8	6.0							5.2
	N	2.1	1.9	1.8	2.2	2.0	1.7	1.8							1.9
	O	10.2	9.5	9.0	10.4	9.4	8.8	7.9							8.0
	Mineral Matter	3.5	5.7	5.1	3.0	5.3	7.1	6.7							5.3
	Combustible Sulfur	0.6	1.1	2.0	0.6	1.5	0.8	1.1							2.1
Ash fusion point (°C)	Deformation	1,240	1,230	1,240	1,210	1,300	1,230	1,310	1,230	1,160	1,370	1,260	1,250	1,230	1,270
	Hemisphere	1,380	1,310	1,360	1,290	1,340	1,240	1,450+	1,330	1,200	1,450+	1,330	1,320	1,330	1,380
	Flow	1,390	1,350	1,390	1,330	1,370	1,250		1,380	1,230		1,380	1,340	1,350	1,400
Fluidity Test	Softening Temp. (°C)	413	407	407	409	411									410
	Max. Fluidity (DDPM)	1.4	1.8	2.1	1.5	1.3									1.7
	Max. Fluidity Temp. (°C)	426	420	432	423	423									428
	Re-Solid Temp. (°C)	453	456	453	453	453									458
	Range (°C)	40	49	46	44	42									43
Ash Analyses (%)	SiO ₂	48.66	38.78	25.94	34.54	35.54	39.48	41.83							40.93
	TiO ₂	0.63	0.99	0.65	0.49	0.97	0.33	0.81							0.57
	Al ₂ O ₃	27.27	26.21	18.80	16.96	26.41	8.68	32.27							19.49
	Fe ₂ O ₃	15.32	18.77	41.77	28.82	23.57	8.42	14.20							32.80
	MgO	1.55	3.85	1.61	3.56	1.72	10.77	2.03							0.66
	CaO	1.98	5.58	4.61	7.98	7.49	21.29	3.84							2.34
	Na ₂ O	0.84	0.71	0.62	0.78	0.72	0.56	0.59							0.55
	K ₂ O	1.58	0.88	1.27	0.54	1.09	0.20	1.25							0.51
	P ₂ O ₅	0.17	0.35	0.05	0.39	0.07	0.22	0.28							0.06
	SO ₃	1.82	3.77	3.93	5.83	2.25	9.69	2.58							1.37

1) Analyses were prepared for the samples considered minable economically
 2) Samples for w-1 were not analyzed because of poor thickness.
 3) Analysed by Tokyo Coal and Mineral Research Institute.
 4) Analysed on raw coal basis

Table 12. Results of coal analysis and testing

W-2			W-3		W-4		W-7		W-8				S-1			S-2	
A	B	C	A	B	C-1	C-2	A	C	B	C-1	C-2	C-3	A	C-1	C-2	A	B
6.44-419.10	446.86-448.34	462.83-463.60	370.18-372.56	394.87-396.22	275.55-280.40	280.40-287.16	406.26-408.50	449.05-452.40	317.29-319.00	327.89-331.00	331.00-334.00	334.00-338.56	301.75-304.00	352.86-364.50	364.50-372.50	509.20-511.67	557.12-558.72
4.8	5.2	2.9	5.0	4.6													
4.7	4.7	2.9	3.4	3.5	3.5	3.6	3.8	3.1	4.1	3.2	3.1	3.0	3.4	3.1	3.4	3.3	2.4
3.3	5.4	4.9	2.9	5.1	6.8	6.4	6.3	5.0	6.3	3.2	2.5	4.2	5.2	6.4	11.2	2.2	5.7
39.4	36.8	41.4	40.2	37.9	39.1	38.0	38.8	40.2	36.1	39.7	41.1	39.5	37.3	37.6	34.6	40.9	41.9
52.6	53.1	50.8	53.5	53.5	50.6	52.0	51.1	51.7	53.5	53.9	53.3	53.3	54.1	52.9	50.8	53.6	50.0
0.6	1.2	2.1	0.7	1.6	1.0	1.2	0.7	0.6	1.8	1.2	0.5	0.9	2.1	1.7	2.1	1.0	1.4
7.440	7.310	7.530	7.610	7.410	7.280	7.370	7.360	7.620	7.370	7.780	7.740	7.680	7.490	7.440	6.910	7.770	7.610
3 1/2	3	4 1/2	4	3 1/2	4	3 1/2	4 1/2	4 1/2	3 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4	4	3 1/2		
1.33	1.34	1.31	1.29	1.32	1.33	1.33	1.33	1.30					1.33	1.34	1.38		
4.8	4.2	4.4	4.9	4.8	3.4	4.5	4.8	4.6	4.5	4.8	5.1	4.7	4.3	4.6	4.7	4.9	4.7
7.81	7.63	7.63	7.83	7.65	7.58	7.65							7.75	7.64	7.15		
5.5	5.5	5.8	5.5	5.3	5.8	6.0							5.2	5.1	4.9		
2.1	1.9	1.8	2.2	2.0	1.7	1.8							1.9	1.8	1.6		
10.2	9.5	9.0	10.4	9.4	8.8	7.9							8.0	8.5	8.3		
3.5	5.7	5.1	3.0	5.3	7.1	6.7							5.3	6.6	11.6		
0.6	1.1	2.0	0.6	1.5	0.8	1.1							2.1	1.6	2.1	1.0	1.4
1.240	1.230	1.240	1.210	1.300	1.230	1.310	1.230	1.160	1.370	1.260	1.250	1.230	1.270	1.340	1.310	1.260	1.250
1.380	1.310	1.360	1.290	1.340	1.240	1.450+	1.330	1.200	1.450+	1.330	1.320	1.330	1.380	1.360	1.450	1.320	1.320
1.390	1.350	1.390	1.330	1.370	1.250		1.380	1.230		1.380	1.340	1.350	1.400	1.370	1.470	1.370	1.340
4.13	4.07	4.07	4.09	4.11									4.10	4.04	4.07		
1.4	1.8	2.1	1.5	1.3									1.7	4.5	3.0		
4.26	4.20	4.32	4.23	4.23									4.28	4.30	4.32		
4.53	4.56	4.53	4.53	4.53									4.58	4.56	4.56		
4.0	4.9	4.6	4.4	4.2									4.3	5.2	4.9		
48.66	38.78	25.94	34.54	35.54	39.48	41.83							40.93	29.14	41.62		
0.63	0.99	0.65	0.49	0.97	0.33	0.81							0.57	0.58	0.68		
27.27	26.21	18.80	16.96	26.41	8.68	32.27							19.49	23.80	30.45		
15.32	18.77	41.77	28.82	23.57	8.42	14.20							32.80	23.03	17.39		
1.55	3.85	1.61	3.56	1.72	10.77	2.03							0.66	1.67	0.56		
1.98	5.58	4.61	7.98	7.49	21.29	3.84							2.34	14.64	5.78		
0.84	0.71	0.62	0.78	0.72	0.56	0.59							0.55	0.65	0.41		
1.58	0.88	1.27	0.54	1.09	0.20	1.25							0.51	0.67	0.77		
0.17	0.35	0.05	0.39	0.07	0.22	0.28							0.06	0.08	0.21		
1.82	3.77	3.93	5.83	2.25	9.69	2.58							1.37	5.15	1.85		

1) Analyses were prepared for the samples considered minable economically
 2) Samples for w-1 were not analyzed because of poor thickness.
 3) Analysed by Tokyo Coal and Mineral Research Institute.
 4) Analysed on raw coal basis

5.2 工業分析，全硫黄，C S Nおよび発熱量

各炭層別の平均炭質は次の通りである。

(原炭ベース)

項 目	A 層	B 層	C 層
I.M. (%)	3.7 (3.3~ 4.7)	4.1 (3.5~ 4.7)	3.0 (2.4~ 3.6)
Ash (%)	4.0 (2.2~ 6.3)	5.6 (5.1~ 6.3)	5.3 (3.4~ 6.6)
V.M (%)	39.3 (37.3~40.9)	36.9 (36.1~37.9)	40.0 (37.6~41.9)
F.C. (%)	53.0 (51.1~54.1)	53.4 (53.1~53.5)	51.7 (50.0~53.5)
Fuel Ratio	1.35 (1.31~1.45)	1.45 (1.41~1.48)	1.29 (1.19~1.41)
Total Sulphur (%)	0.7 (南部で高くなり 1.0~2.0)	1.5 (1.2~ 1.8)	1.3 (0.6~ 2.1)
C. S. N.	4 (3½~4½)	3½ (3~3½)	4½ (3½~4½)
C.V. (Kcal/kg)	7,530(7,360~7,770)	7,360(7,310~7,410)	7,540(7,330~7,730)

- (注)
- A 層については W-2, W-3, W-7, S-1, S-2 の算術平均
 - B 層 " W-2, W-3, W-8, " "
 - C 層 " W-2, W-4, W-7, W-8, S-1, S-2 "
 - S-1 の C 層については同一層準に統一するため上部 (C-1) のみを採用した。W-4, W-8 の C 層については各部分の厚さによる加重平均値を採用した。
 - () 内の数値は "範囲" を示す。

更に各炭層別の無水無灰ベースの平均炭質は次の通りである。

項 目	A 層	B 層	C 層
V.M (%)	42.6	40.9	43.6
F.C. (%)	57.4	59.1	56.4
C.V. (Kcal/kg)	8,160	8,150	8,220

- (注) 灰分補正率が不明のため無水無灰ベースとした。

以上のことから、3炭層のうち B 層の揮発分が若干低いこと、C 層の発熱量が心持ち高いこと等が指摘出来るが、差異は少なく、3炭層ともほぼ同様の炭質を示している。

これら 3炭層の炭質は、日本における炭田探査審議会の分類では瀝青炭 C₁ に分類されるものであり、また ASTM の規準によると Class II, Group 3, High volatile A bituminous coal に相当する。

Waringin 地区石炭の硫黄分含有量は現稼行中の Sawah Rasau V 付近に比べて高い (Table 13 参照)。

Table 13. Analysis of A and C coal in Sawah Rasau V

		A coal	C coal
Proximate analysis (%)	I. M	5.1	4.8
	Ash	8.1	1.1
	V. M.	38.1	42.3
	F. C.	48.7	51.8
Total Sulfur (%)		0.50	0.22
C. V. (Kcal/kg)		7,050	7,710
C. S. N.		2½	3
Hardgrove Grindability Index		57.8	48.3
Ash fusion point (°C)		> 1,450	1,380
Ultimate analysis (%)	C	82.1	80.2
	H	4.7	5.6
	O	10.8	12.7
	N	1.9	1.3
	S	0.5	0.2
	P	0.002	—

Analyzed by Akabira Colliery, Sumitomo Coal Mining Co.

(A層0.7%, B層1.5%, C層1.3%)。なおS-1のC層下部(364.50~372.50 m)における硫黄分の性状(硫黄の種類, 比重別, サイズ別硫黄分含有量)はTable 14に示されている。

前記硫黄分性状試験と浮沈試験とに供した試料は同一のものであるが、硫黄分含有率に差があるのはサンプリングの際の偏りによるものと考えられる。

以上の硫黄分に関する諸試験の結果から、

- ① 炭層内の硫黄分は大部分が黄鉄鉱の形で入っている。
- ② しかしながら黄鉄鉱の粒子が微細なため、比重選別による除去は容易でない(1.9%の硫黄分を1%以下に下げると、歩留りは70%程度となる)。

と考えられる。なお、これらの諸試験は1試料の例にすぎないので、多くの試料について更に検討することが必要であろう。

今回調査区域とその北部区域(SR-2, 4, 7, 8による調査区域)のA層の炭質を比較すると次の通りであり、A層については、北部に比べ南部の方が若干炭化が進んでいる傾向が見られる。

A 層 の 炭 質 (無水無灰ベース)

項 目	北部区域(サワラソウ・サワルン区域)	南部区域(今回調査区域)
V.M. (%)	43.6	42.6
F.C. (%)	56.4	57.4
C.V. (Kcal/kg)	7,850	8,160

(注) 北部区域の炭質はSR-2, 4, 7, 8の算術平均
南部区域の炭質はW-2, 3, 7, S-1, 2の算術平均(前出)

Table 14. Properties of sulfur in the lower part of C seam at S-1 (364.50-372.50m)

Kind of sulfur

Property	Sulfur content (%)
Inorganic sulfur	
Pyritic sulfur	1.39
Sulfate sulfur	0.08
Organic sulfur	0.10
Total	1.57

Analyzed by Coal Mining Research Center, Japan.

Sulfur contents by gravity separation

Fraction	Individual			Cumulative		
	Weight (%)	Ash (%)	Sulfur (%)	Weight (%)	Ash (%)	Sulfur (%)
F1.25	44.8	1.9	0.54	44.8	1.9	0.54
S1.25-F1.30	19.4	5.2	1.33	64.2	2.9	0.78
S1.30-F1.40	11.7	13.3	2.51	75.9	4.5	1.05
S1.40-F1.50	8.9	21.0	3.41	84.8	6.2	1.29
S1.50-F1.60	6.0	30.3	4.20	90.8	7.8	1.49
S1.60-F1.70	4.9	37.9	5.29	95.7	9.4	1.68
S1.70-F1.80	1.0	43.8	5.31	96.7	9.7	1.72
S1.80	3.3	57.3	7.41	100.0	11.3	1.91
	100%	11.3%	1.91%			

Analyzed by Akabira Colliery, Sumitomo Coal Mining Co.

Sulfur contents by size

Size	Weight (%)	Sulfur (%)
- 65 mm + 0.5 mm	96.2	1.91
- 0.5 mm	3.8	1.74
	100.0	1.90

Analyzed by Akabira Colliery, Sumitomo Coal Mining Co.

5.3 元素分析

元素分析の各炭層別平均値は次の通りである。

炭層別平均元素分析値

項 目	A 層	B 層	C 層
	(%)	(%)	(%)
Carbon	78.0 (77.5~78.3)	76.4 (76.3~76.5)	76.3 (76.2~76.4)
Hydrogen	5.4 (5.2~ 5.5)	5.4 (5.3~ 5.5)	5.6 (5.1~ 5.9)
Nitrogen	2.1 (1.9~ 2.2)	1.9 (1.9~ 2.0)	1.8 (1.8~ 1.8)
Oxygen	9.5 (8.0~10.4)	9.5 (9.4~ 9.5)	8.6 (8.3~ 9.0)
Sulphur	1.1 (0.6~ 2.1)	1.3 (1.1~ 1.5)	1.5 (1.0~ 2.0)
Ash	3.9 (3.0~ 5.3)	5.5 (5.3~ 5.7)	6.2 (5.1~ 6.8)
Carbon (d.a.f)	81.2 (80.7~81.8)	80.8 (80.8~80.9)	81.3 (80.4~81.8)
H*/C* (in number of atoms)	0.83 (0.81~0.85)	0.85 (0.83~0.87)	0.88 (0.80~0.93)
O*/C* (in number of atoms)	0.09 (0.08~0.10)	0.09 (0.09~0.09)	0.08 (0.08~0.09)

(注) A層については、W-2, W-3, S-1の算術平均
 B層については、W-2, W-3の算術平均
 C層については、W-2, W-4, S-1上部の算術平均
 ()内の数値は範囲を示す。

各炭層の分析結果を炭化度の傾向を示す図にプロットすると次頁の如くなり、3炭層ともに差異は少なく、medium-rank bituminous coalに近い性状を示している。

これら3炭層の元素組成のうち、将来の使用に当って問題となるのはNitrogenとSulphur含有量が高い点である。発電所用炭として使用する場合、日本の現状では、Nitrogen 1.7%以下、出来れば1.6%以下が望ましいとされているが、3炭層ともにこの数値を上廻る(A: 2.1%, B: 1.9%, C: 1.8%)結果を示している。Sulphurについては4.2で述べた通りである。

Fig. 9. The relation between calorific values and carbon contents (d. a. f.)

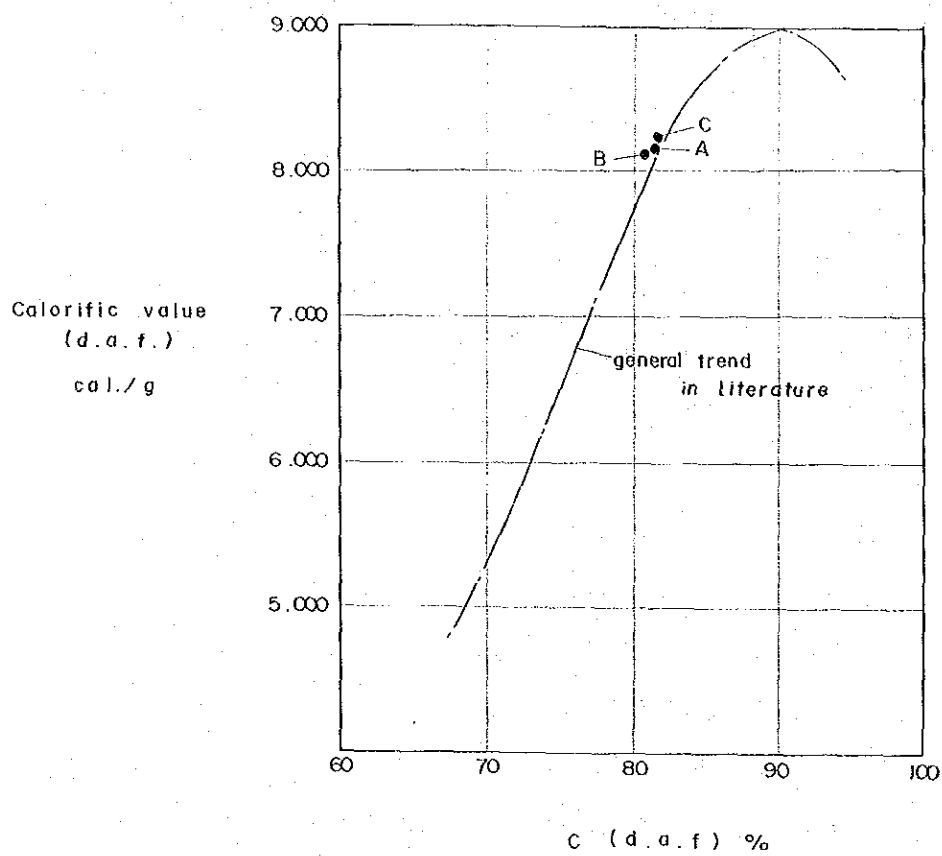


Fig. 10. The relation between O^*/C^* ratios (in number of atoms) and carbon contents (d. a. f.)

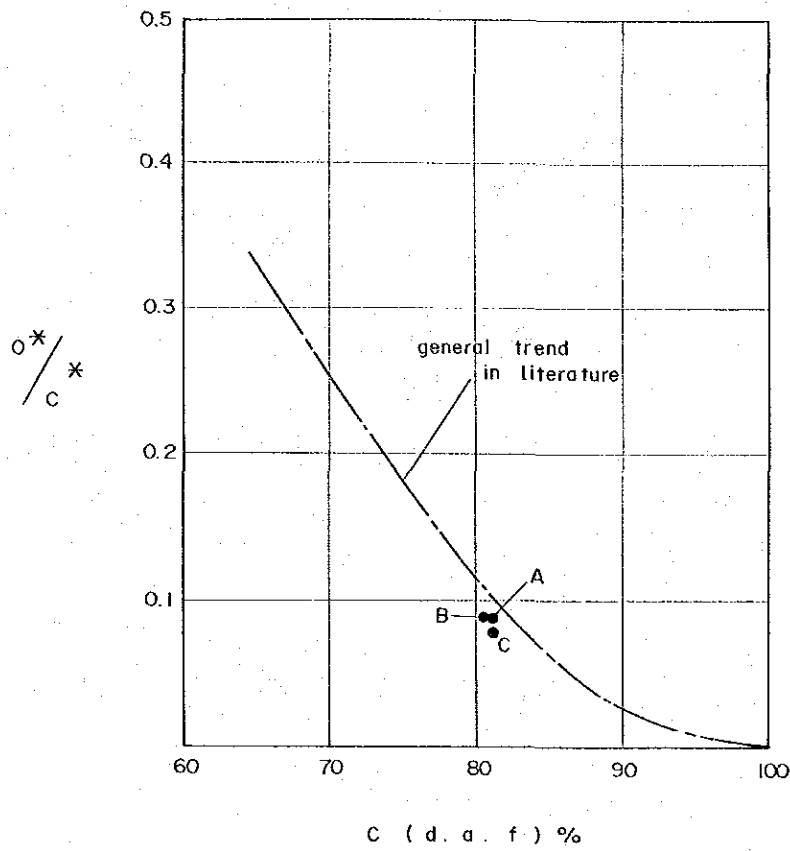


Fig. 11. The relation between H^*/C^* ratios (in number of atoms) and carbon contents (d. a. f.)

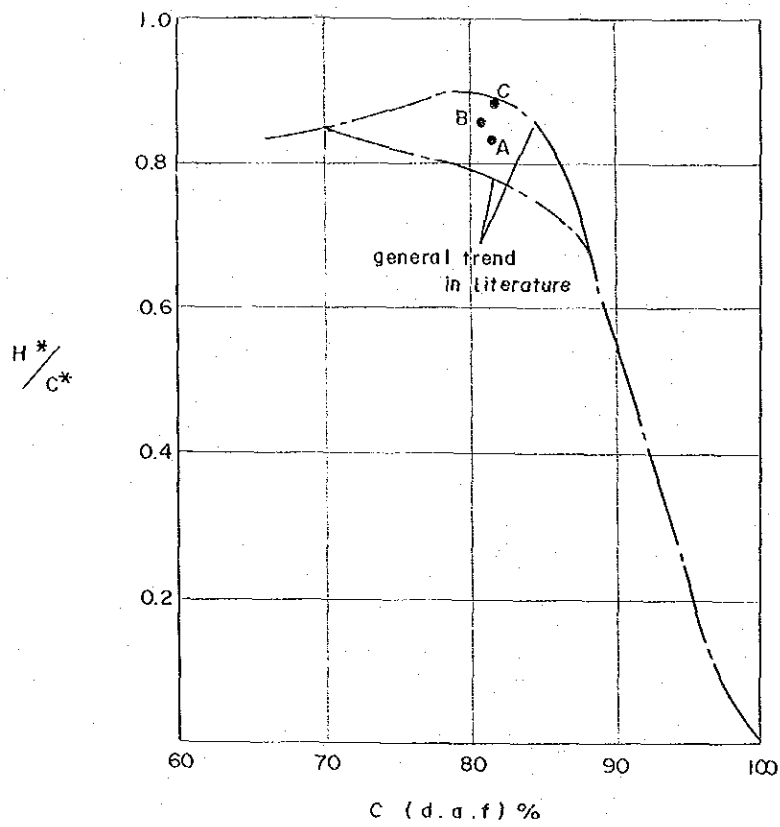
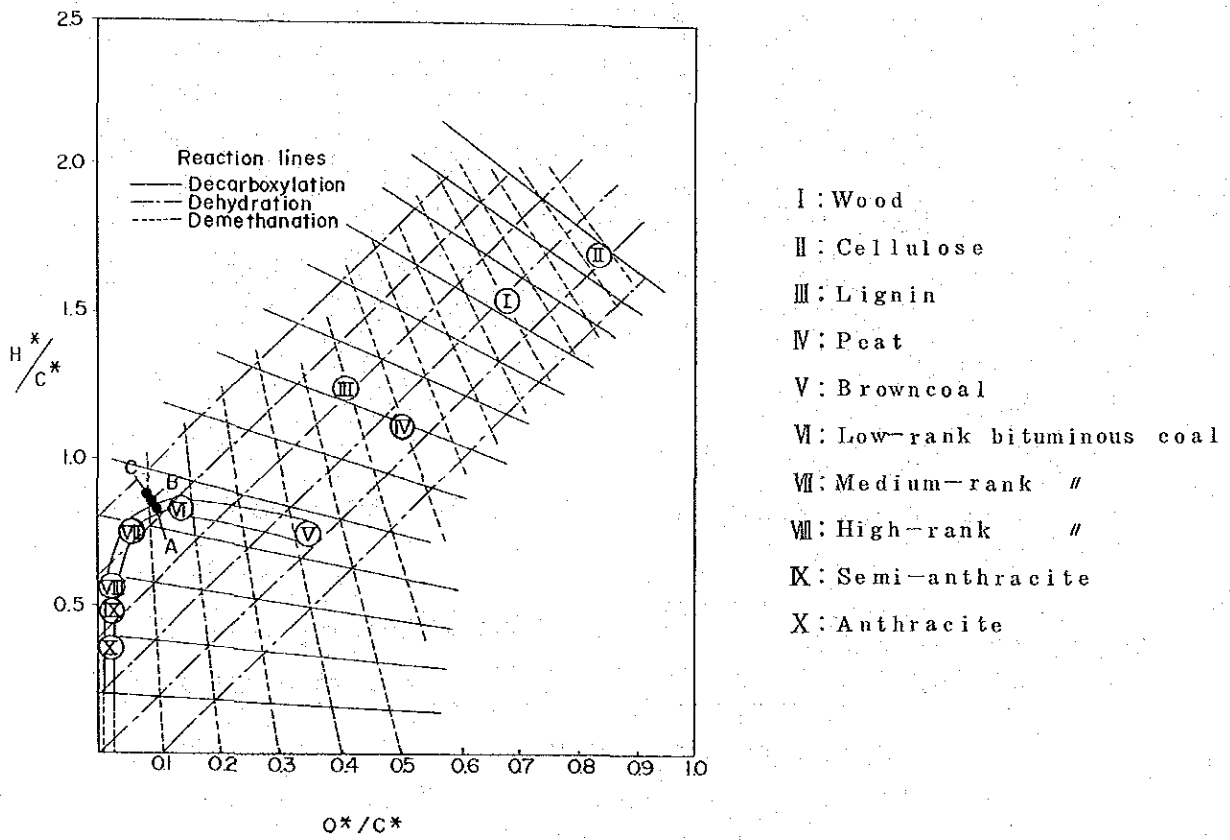


Fig. 12. The relation between H^*/C^* ratios and O^*/C^* ratios (in number of atoms) – Krevelen



5.4 ハードグローブ指数，灰の融点および灰の組成

5.4.1 ハードグローブ指数

各炭層別のハードグローブ指数は次の通りである。

項 目	A 層	B 層	C 層
ハードグローブ指数	47 (43~49)	45 (42~48)	47 (44~51)

(注) A層については5試錐，B層については3試錐，C層については6試錐の資料に基づく。

発電所用炭としては、45以上が望ましいとされているので、3炭層とも何ら問題はない。W-4のC層上部(27.555~28.040 m)はハードグローブ指数が34で他に比べ著しく低い。これは全くの例外と考えられる。

5.4.2 灰の融点

各炭層別の灰の融点は次の通りである。

項 目	A 層	B 層	C 層
軟化点(C)	1,240(1,210~1,270)	1,300(1,230~1,370)	1,260(1,160~1,340)
熔融点(C)	1,340(1,290~1,380)	1,370(1,310~1,400+)	1,340(1,200~1,450)
熔流点(C)	1,370(1,330~1,400)	1,390(1,350~1,400+)	1,360(1,230~1,470)

(注) A層については5試錐，B層については3試錐，C層については6試錐の資料に基づく。

発電所用炭としては、軟化点1,150℃，融点1,300℃以上が望まれる。したがって3炭層とも何ら問題はないと考えられるが、W-4のC層上部(27.555~28.040 m)とW-7のC層とは、融点が他に比べて低く、1,200~1,240℃となっている。

5.4.3 灰の組成

各炭層別の灰の組成は次の通りである。

項目	A 層	B 層	C 層
	(%)	(%)	(%)
SiO ₂	41.38 (34.54~48.66)	37.16 (35.54~38.78)	31.98 (25.94~40.85)
TiO ₂	0.56 (0.49~ 0.63)	0.98 (0.97~ 0.99)	0.61 (0.58~ 0.65)
Al ₂ O ₃	21.24 (16.96~27.27)	26.31 (26.21~26.41)	21.67 (18.80~28.30)
Fe ₂ O ₃	25.65 (15.32~32.80)	21.17 (18.77~23.57)	25.53 (11.79~41.77)
MgO	1.92 (0.66~ 3.56)	2.79 (1.72~ 3.85)	2.99 (1.61~ 5.68)
CaO	4.10 (1.98~ 7.98)	6.54 (5.58~ 7.49)	10.13 (4.61~14.64)
Na ₂ O	0.72 (0.55~ 0.84)	0.72 (0.71~ 0.72)	0.62 (0.58~ 0.65)
K ₂ O	0.88 (0.51~ 1.58)	0.99 (0.88~ 1.09)	0.92 (0.67~ 1.27)
P ₂ O ₅	0.21 (0.06~ 0.39)	0.21 (0.07~ 0.35)	0.13 (0.05~ 0.25)
SO ₃	2.67 (0.82~ 5.83)	3.01 (2.25~ 3.77)	4.88 (3.93~ 5.55)
Fouling Index (CaO+MgO/Fe ₂ O ₃)	0.23 (0.09~ 0.40)	0.44 (0.39~ 0.50)	0.51 (0.15~ 1.43)

(注) A層についてはW-2, W-3, S-1の算術平均
 B層 " W-2, W-3の "
 C層 " W-2, W-3, W-4, S-1上部の "
 ()の数值は範囲を示す。

灰の組成は上表にまとめてあるとおり、Al₂O₃, Fe₂O₃, CaOおよびMgOが一般的に高くでているのが特徴的である。発電用で問題となるNa₂Oは2%以下が望まれるがW-2 A層で最大0.84%を示す他はすべてそれ以下で問題はない。またFouling Indexは1.0以下とされているがW-4 C層が1.43と高いだけで、あとはすべて1.0以下を示している。

工業分析前の炭層中の不純物のX線粉末分析の結果は主としてカオリナイト、石英、菱鉄鉱、黄鉄鉱(白鉄鉱)、方解石(あられ石)および苦灰石などから成っていて長石が認められないのが特徴的である。他に少量の雲母鉱物が認められる。また分析値にNa₂O, TiO₂がある事からX線では認められない位少量の長石、チタン鉄鉱等の存在が考えられるがいずれもきわめて微量であろう。

X線粉末分析の結果と灰の組成から不純物の鉱物組成(重量比)を計算で求めたのが次表である。

炭層名	W-2 C	W-4 C	S-1 C
深 度	46283~46360	28040~28710	36450~37250
Kaolin	4509	2232	6865
Dolomite	351	2518	115
Calcite Aragonite	401	1131	794
Siderite	4096	403	1587
Pyrite Marcasite	278	737	125
Quartz	366	2980	514

(%)

この結果は非常なばらつきを示しているが、これはそれらの鉱物が2次的に炭層に対して汚染している為(割れ目沿いの浸入など)と考えられる。上、下の地層の鉱物組成は主としてカオリンで少量の雲母鉱物と石英を伴うものであり、これらの鉱物は初生的に炭層中にも存在したと考えられるが、他の苦灰石、方解石(あられ石)、菱鉄鉱、黄鉄鉱(白鉄鉱)は2次的なものと考えられる。走査型分析電子顕微鏡による観察でも石炭組織中には黄鉄鉱(白鉄鉱)等の初生的と考えられるような存在形態は認められなかった。従ってこれらの鉱物はいずれも2次的なもので、分析値のばらつきは、その存在のばらつきを示しているものと考えられる。この事はS-1C層で実施した比重別硫黄分析結果(浮洗により硫黄分の除去可能)とも矛盾しない。

5.5 組織分析, 流動性

各炭層別の組織分析の結果はTable 15に示されている。

組織分析の結果はA層に比較してB, C層が心もち炭化が進んでいるようであるが、3層ともほとんど同じであるとするべきであろう。この結果から予想されるコークス強度は、B層の場合、JISのドラム強度で $D_{15}^{30} = 65$, A層およびC層の場合が $D_{15}^{30} = 47$ 以下程度であり、単味では高いコークス強度は得られない。

各炭層別の流動性試験の結果は次の通りであり、3炭層ともに最高流動度は極めて低く、また流動範囲も狭い。

Table 15. Petrographic analysis of coal from S-1

Coal seam	A seam	B seam	Upper part of C seam	Lower part of C seam
<u>Vitrinite type</u> (Vol.%)				
V 6	43.3	14.0	10.4	3.4
V 7	43.3	50.3	70.7	80.1
V 8		18.1	5.2	0.8
<u>Maceral type</u> (Vol.%)				
Vitrinite	86.6	82.4	86.3	84.3
Vitrinite	86.6	82.4	86.3	84.3
Pseudo- vitrinite	—	—	—	—
Exinite	8.9	6.3	8.0	5.0
Exinite	8.9	6.3	8.0	5.0
Resinite	—	—	—	—
Inertinite	3.0	3.6	3.9	6.3
Sclerotinite	2.3	3.0	2.3	2.2
Micrinite	0.7	0.6	1.6	4.1
Semi-fusinite	—	—	—	—
Fusinite	—	—	—	—
Mineral matter	1.5	7.7	1.8	4.4
Mean Maximum ref- lectance (%)	0.70	0.76	0.75	0.74
Reactive entity (Vol.%)	95.5	88.8	94.3	89.3
Inert entity, (Vol.%)	4.5	11.3	5.7	10.7
Composition balance index	0.15	0.39	0.19	0.37
Strength Index	2.45	2.69	2.53	2.67
Calculated coke strength	0	11	0	8

Analyzed by Coal Mining Research Center, Japan.

流 動 性

Coal Seam	A 層			B 層		C 層		
	W-2	W-3	S-1	W-2	W-3	W-2	S-1 ^{*1}	S-1 ^{*2}
軟化温度(°C)	413	409	410	407	411	407	404	407
最高流動度(DDPM)	1.4	1.5	1.7	1.8	1.3	2.1	4.5	3.0
最高流動温度(°C)	426	423	428	420	423	432	430	432
固化温度(°C)	453	453	458	456	453	453	456	456
流動範囲(°C)	40	44	43	49	42	46	52	49

(注) *1 C層上部 (352.86~364.50)
 *2 C層上部 (364.50~372.50m)
 テストはギーセラ方式による。

5.6 炭質評価

以上各項目別の炭質分析、テストの結果から、A、B、C各炭層の炭質について次のように考えられる。

- ① 3炭層の炭質にはほとんど差異がなく、同一の炭質と見なすことが出来る。
- ② 炭質区分としては、日本式では瀝青炭C1、ASTMではHigh volatile A bituminous coalに分類される。
- ③ 炭質の概要は次の通り。(原炭ベース)

I.M. (%) 3~4

Ash (%) 4~6

V.M. (%) 38~41

F.C. (%) 51~53

Total Sulphur 0.5~1.5
(%)

C.S.N 3~4 $\frac{1}{2}$

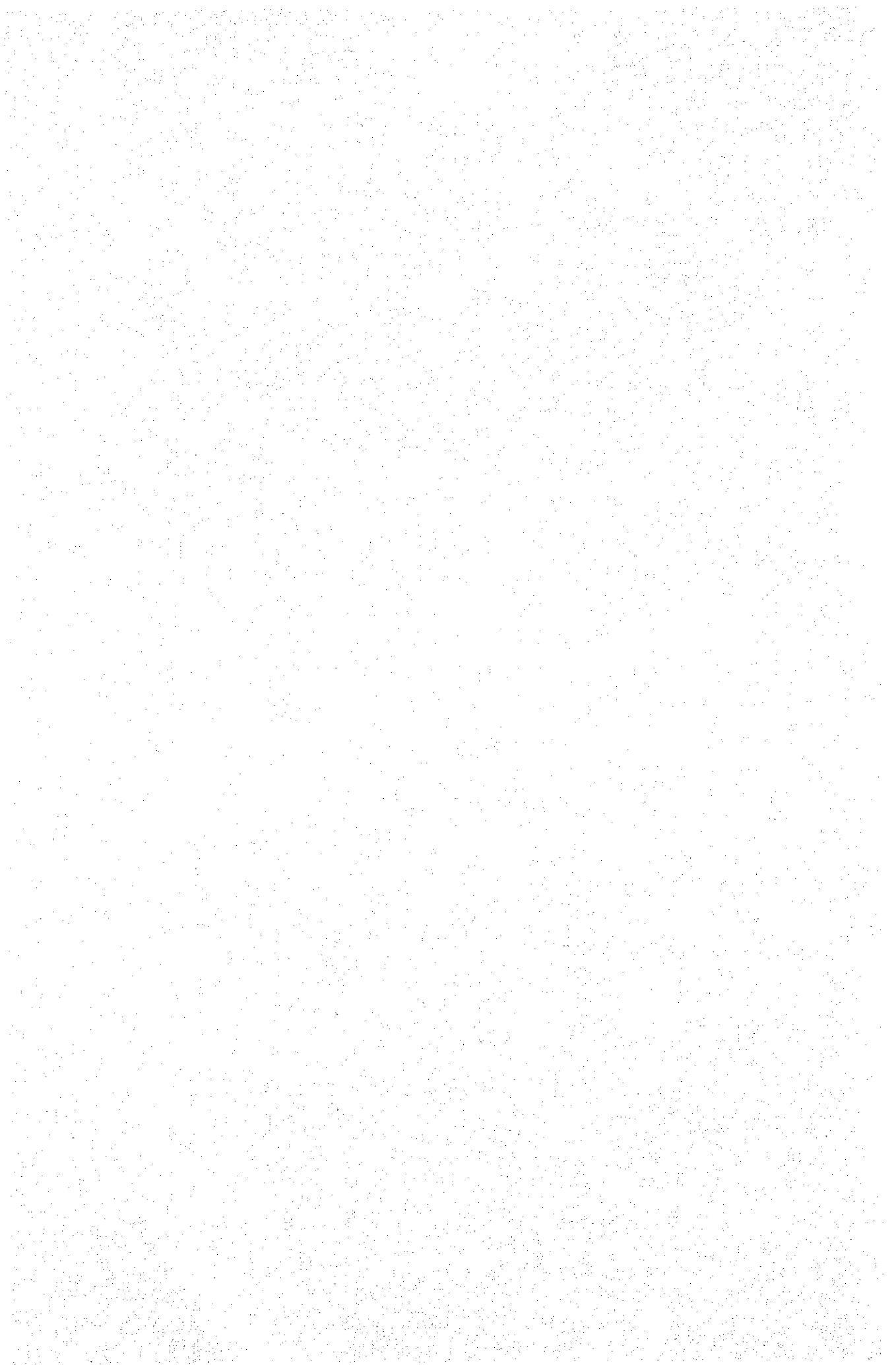
C.V. (Kcal/kg) 7,400~7,500

H.G.I 43~48

灰の融点(°C) 1,340~1,370

- ④ 炭質の特徴として、低灰分，高発熱量，弱粘結性を有しており、一般炭ならびにブレンド用原料炭に適している。
- ⑤ 炭質上の問題点としては、Nitrogen が若干高い（1.8～2.2%）ことと、主稼行区域におけるB層，C層の一部がやや高い硫黄分（1～2%）を含有していること等が指摘される。

6. 炭 量



6. 炭 量

6.1 炭量計算の方法および規準

炭量計算の範囲は、今回試錐を行った範囲のみならず、既存資料を使用して Sawah Rasaw V の南に隣接する Sawahlung 区域までを含めた。東限は Ombilin 川（Ombilin 断層）、南限は A 層については S-2 南方 250 m^(注) と確認最南端の露頭（病院南方の露頭）を結んだ線、C 層については S-1 南方 250 m と旧坑南限とを結んだ線とした。各試錐および露頭の資料から炭層等厚線を描き、炭丈 1.0 m 以下の地域は計算より除外した。又旧坑より 100 m の範囲は防水炭柱として除外すると共に炭層深度は海水準下 -200 m までを計算した。

(注) JIS によれば確認点より 250 m までを確定炭量とする。

1) Block

主要断層により、a, b, c, d 及び e の 5 Block に分割し、更に各 Block 内を、レベル、炭層厚および向斜軸によって Sub-block に小分割した。因みに、A 層は 63 Sub-block, B 層は 4 Sub-block, C 層は 32 Sub-block である。

2) レベル

+200 m 以浅, +200 m ~ +100 m, +100 m ~ ±0 m, ±0 m ~ -100 m, -100 m ~ -200 m の 5 分割とした。

3) 面積

1/5,000 の図面上でプランメーターにより求積した。

4) 傾斜

等深線より傾斜を求め、平面積に傾斜換算率 (sec.) を乗じて斜面積を求めた。

5) 炭層厚

夾みを除いた石炭部分のみの厚さとした。

試錐資料および露頭資料を使って内挿法及び外挿法により炭層等厚線を描いて各 Sub-block の炭層厚を決定した。本調査の各試錐 (W 及び S シリーズ) の炭層厚は見掛け厚さに傾斜換算率 (cosine) を乗じて真厚を求め、これを使用した。旧試錐 (SR 及び DH シリーズ) については傾斜角が不明なため、一律 95% を乗じて真厚

とした。

C層については最高6.0 mまでと、6.0 mを超える分については分けて計算を行った。

6) 比 重

一律1.3を使用した。因みに、分析結果によるとAsh 5%程度で比重1.3である。

(Table 1 2 参照)

7) 理論可採埋蔵炭量

理論可採埋蔵炭量

$$= \text{平面積} \times \text{sec} \times \text{炭層厚} \times \text{比重} 1.3$$

ここでいう理論可採埋蔵炭量とは、一応技術的に採掘可能と考えられる範囲の In Situ の炭量を指す。

8) 安全率

炭層の安定度，地質構造の安定度，調査精度（試錐の密度，旧坑よりの遠近）によって各 Sub-block 毎に地質的安全率を決めた。最低70%，最高85%とした。

9) 安全炭量

$$\text{安全炭量} = \text{理論可採埋蔵炭量} \times \text{安全率}$$

10) 実収率

実収率は採掘方法，技術に関連する要素であるため，これらが決まらなると決定出来ない。本計算では一応常識的な数値である85%とした。

11) 実収炭量

$$\text{実収炭量} = \text{安全炭量} \times \text{実収率} 85\%$$

6.2 炭 量

前記の炭量計算規準に基づいて計算した炭量は次の通りである（詳細Table 1 6, 1 7 参照）。

1000t

層 名	理論可採埋蔵炭量	安全炭量	実収炭量
A 層	15,610	12,145	10,316
B 層	1,606	1,285	1,092
C 層	18,238	14,016	11,912
合 計	35,454	27,446	23,320

上記炭量の賦存する範囲の北半（a～d block）の大部分はA層，1層のみしか賦存せず、従って炭量密度が低い。この北半部が経済的に開発され得るか否かは、F/Sの結果をまたねばならない。しかし炭量密度の高い区域（A，B，Cの3～2層が共存する区域），将来予想される坑口位置（Lunto川付近）からの距離，炭層深度，採掘方法等を勘案すると、当面の開発対象と考えられる炭量は下記の範囲，条件になると想定される。

- 向斜東翼を除く block-e) Dwg. 1 3 参照
- 深度 - 1 0 0 m まで
- C層の採掘丈最厚 6.0 m まで

上記の範囲，条件における実収炭量は下表の通りである。

1000t

層名 \ レベル	+200～+100	+100～±0	±0～-100	計
A 層	926	1,400	1,836	4,162
B 層	109	394	376	879
C 層	712	1,814	3,161	5,687
合 計	1,747	3,604	5,373	10,728

この範囲の面積は 2.63 km² であり、平均炭量密度は 4.1 ton/m² となる。C層の 6.0 m を超える分の炭量は、上記範囲内に 2,826 千 ton あり、将来は採掘可能となる。

Table 16. Coal Reserves (Summary)

1000 t

Coal Seam Block	Level	±0		±0 ~ -100		-100 ~ -200		-200 ~ -300		Total		
		In situ	Recoverable	In situ	Recoverable	In situ	Recoverable	In situ	Recoverable			
A	a	920	722	664	664	920	721	664	664	920	722	664
	b	1387	651	903	903	1387	651	903	903	1387	651	903
	c	663	638	423	423	910	626	570	570	910	626	570
	d	1580	657	1038	1038	2243	664	1489	1489	2243	664	1489
	e	3926	665	2412	2412	7607	658	5004	5004	10150	659	6690
Total		8476	665	5640	5640	13067	660	8630	8630	15610	661	10516
B	e	740	680	503	503	1293	680	879	879	1606	680	1092
	d	1252	595	744	744	1252	595	744	744	1252	595	744
	mx 60m +60m	5588	704	2526	2526	8199	694	5687	5687	12003	684	8206
C	Sub total	2181	594	1297	1297	4753	595	2826	2826	4983	595	2962
	Total	5769	663	3923	3923	12952	657	8513	8513	16986	657	11168
Grand total		16237	660	10710	10710	28564	657	18766	18766	35454	658	23320

Reserves expected to be mined at early stage recoverable 1000t

Coal Seam	Level	~+100	+100~±0	±0~-100	Total
A		926	1400	1836	4162
B		109	394	376	879
C		712	1814	3161	5687
Total		1747	3604	5373	10728

Remarks

- Block "e" except east wing of syncline
- up to -100m
- 6m of maximum minable thickness for C seam

Table 17 Coal reserves calculation

(1)

Coal Seam	Block %	Wing	Level	Plane area 1000m ²	Incl. degree	sec.	Calculation area 1000m ²	Coal thickness m	S.G	In situ reserves 1000t	Safety reserves factor %	Safety reserves 1000t	Recover. reserves factor %	Recoverable reserves 1000t	Remarks
	a1	W	~+200	1065	13	1026	1111	125	1.3	181	85	153	85	130	
	a2-1	W	+200~+100	1479	13	1026	1517	125	1.3	247	85	210	85	178	
	a2-2	"	"	295	"	"	282	150	"	55	"	47	"	40	
	a2-3	E	"	525	10	1015	533	125	"	87	"	74	"	63	include ~200
	a2-4	"	"	1555	11	1019	1585	170	"	350	"	298	"	253	~40-
	a2Sub total		+200~+100							739		629		534	
	a total									920		782		664	
A	b1-1	W	+200~+100	1186	17	1046	1241	125	1.3	202	70	141	85	120	
	b1-2	"	"	781	"	"	817	150	"	159	80	127	"	108	
	b1-3	E	"	1560	16	1040	1622	175	"	369	"	295	"	251	
	b1-4	"	"	998	"	"	1038	200	"	270	70	189	"	161	
	b1Sub total		+200~+100							1000		752		640	
	b2-1	W	+100~±0	1030	9	1012	1042	175	1.3	237	80	190	85	161	
	b2-2	E	"	653	"	"	661	"	"	150	"	120	"	102	
	b2Sub total		+100~±0							387		310		263	
	b total									1387		1062		903	
	c1-1	W	~+200	1375	14	1031	1418	125	1.3	230		196		166	
	c2-1	W	+100~±0	530	10	1015	536	125	1.3	87	70	61	85	52	
	c2-2	"	"	665	"	"	675	175	"	154	"	107	"	91	
	c2-3	E	"	680	15	1035	704	210	"	192	"	134	"	114	
	c2Sub total		+100~±0							433		302		257	

(ii)

Coal seam	Block #	Wing	Level	Plane area 1000m ²	Incl. degree	sec.	Calculation area 1000m ²	Coal thickness m	S.G	In situ reserves 1000t	Safety reserves factor %	Safety reserves 1000t	Recov. factor %	Recoverable reserves 1000t	Remarks
	c3-1	W	±0~-100	530	10°	1015	538	200	1.3	140	70	98	85	83	
	c3-2	E	"	405	"	"	411	200	"	107	"	75	"	64	
	c3Sub total		±0~-100					247				173		147	
	c Total							910				671		570	
	d1-1	W	~+200	1585	14	1031	1644	175	1.3	374	80	299	85	254	
	d1-2	"	"	1110	"	"	1144	125	"	186	70	130	"	111	include +200~
A	d Sub total		~+200					560				429		365	
	d2-1	W	+100~±0	1413	11	1019	1440	125	1.3	234	70	164	85	139	include ~+100
	d2-2	"	"	1643	"	"	1674	175	"	381	80	305	"	259	
	d2-3	"	"	674	"	"	687	200	"	179	"	143	"	121	
	d2-4	E	"	800	15	1035	828	210	"	226	"	181	"	154	
	d2Sub total		+100~±0					1020				793		673	
	d3-1	W	±0~	1804	11	1019	1838	210	1.3	502	80	401	85	341	
	d3-2	E	"	570	15	1035	590	210	"	161	"	129	"	110	
	d3Sub total		±0~					663				530		451	
	d Total							2243				1752		1489	
	e1-1	W	+200~+100	1666	16	1040	1733	210	1.3	475	80	378	85	322	
	e1-2	"	"	996	"	"	1036	175	"	236	"	189	"	160	
	e1-3	"	"	858	"	"	892	175	"	145	70	102	"	86	
	e1-4	"	"	236	24	1095	258	125	"	42	"	29	"	25	
	e1-5	"	"	216	"	"	237	175	"	54	85	46	"	39	
	e1-6	"	"	983	"	"	1076	200	"	280	"	238	"	202	include ~+200
	e1-7	"	"	352	"	"	385	175	"	88	"	75	"	65	-do

(11)

Coal seam	Block No	Wing	Level	Plane area 1000m ²	Incl. degree	sec.	Calculation area 1000m ²	Coal thickness m	S.G	In situ reserves 1000t	Safety reserves factor %	Safety reserves 1000t	Recoverable reserves factor %	Recoverable reserves 1000t	Remarks
	e 2-8	W	+200~+100	243	24	1098	266	1.25	1.3	43	80	35	85	29	
			+200~+100							1361		1092		926	
	e 2-1	W	+100~±0	4663	18	1051	4901	21.5	1.3	1370	80	1096	85	931	
	e 2-2	"	"	503	"	"	529	1.75	"	120	"	74	"	63	
A	e 2-3	"	"	503	"	"	529	1.25	"	86	70	60	"	51	
	e 2-4	"	"	545	"	"	573	1.25	"	93	"	65	"	55	
	e 2-5	"	"	529	"	"	556	1.75	"	126	85	108	"	91	
	e 2-6	"	"	727	21	1071	779	200	"	202	"	172	"	146	
	e 2-7	"	"	280	25	1103	309	1.75	"	70	"	60	"	51	
	e 2-8	"	"	96	"	"	106	1.25	"	17	80	14	"	12	
	e 2-9	E	"	794	15	1035	822	200	"	214	70	150	"	127	
	e 2-10	"	"	1135	"	"	1175	1.75	"	267	"	187	"	159	
	e2Sub total		+100~±0							2565		1986		1686	
	e 3-1	W	±0~+100	5450	14	1051	5619	205	1.3	1497	80	1198	85	1018	
	e 3-2	"	"	2650	"	"	2732	1.80	"	639	"	510	"	433	
	e 3-3	"	"	695	16	1040	723	1.75	"	164	"	101	"	86	
	e 3-4	"	"	640	"	"	666	1.25	"	108	70	76	"	64	
	e 3-5	"	"	440	20	1064	468	1.25	"	76	"	53	"	45	
	e 3-6	"	"	456	23	1086	495	1.75	"	113	85	96	"	81	
	e 3-7	"	"	284	25	1103	313	200	"	81	"	69	"	59	
	e 3-8	"	"	274	"	"	302	1.75	"	69	"	58	"	50	
	e 3-9	E	"	645	15	1035	668	200	"	174	70	121	"	103	
	e 3-10	"	"	2376	"	"	2459	1.75	"	559	"	392	"	333	
	e 3-11	"	"	1067	"	"	1104	1.40	"	201	"	141	"	120	
	e3Sub total		±0~+100							5681		2815		2392	

(iv)

Coal seam	Block No.	Wing	Level	Plane area 1000m ²	Incl. degree	sec.	Calculation area 1000m ²	Coal thickness m.	S.G.	In situ reserves 1000t	Safety factor %	Safety reserves 1000t	Recover. factor %	Recoverable reserves 1000t	Remarks
	e4-1	W	-100~-200	5650	13	1026	5737	1.70	1.3	1281	80	1025	85	871	
	e4-2	"	"	585	"	"	600	1.40	"	109	"	87	"	74	
	e4-3	"	"	888	16	1040	924	2.00	"	240	"	192	"	163	
A	e4-4	"	"	720	17	1046	753	1.75	"	171	"	137	"	117	
	e4-5	"	"	470	20	1064	500	1.25	"	81	70	57	"	48	
	e4-6	"	"	385	23	1086	418	1.25	"	68	"	48	"	40	
	e4-7	"	"	636	"	"	691	1.75	"	157	85	134	"	114	
	e4-8	E	"	338	18	1051	355	1.70	"	79	70	55	"	47	
	e4-9	"	"	1865	"	"	1960	1.40	"	357	"	250	"	212	
	e4 Sub total		-100~-200							2543		1985	"	1686	
	e Total									10150		7878	"	6690	
	A Seam Total									15610		12145		10316	
	e1	W	~+100	1170	19	1058	1238	1.00	1.3	161	80	129	85	109	
	e2	"	+100~±0	8825	"	"	4047	1.10	"	579	"	463	"	394	
B	e3	"	±0~-100	3145	16	1040	3271	1.30	"	553	"	442	"	376	
	e4	"	-100~-200	1743	20	1064	1855	1.30	"	313	"	251	"	213	
	B Seam Total									1606		1285		1092	
	d1	W	~+200	1500	15	1035	1553	4.50	1.3	908	70	636		540	
C	d2	"	+200~+100	851	"	"	881	3.00	"	344	"	240		204	
	d Total									1252		876		744	

(V)

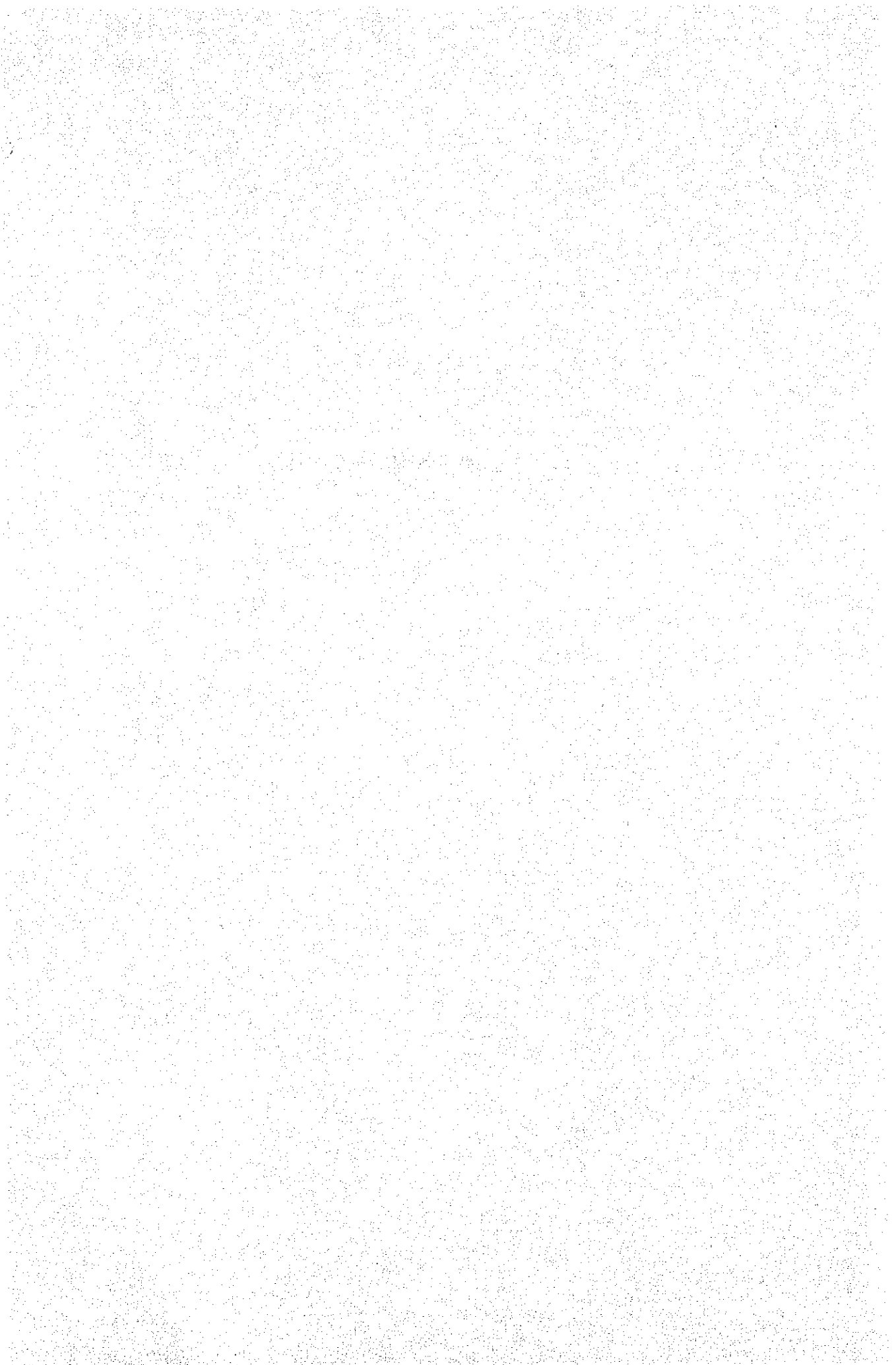
Coal seam	Block №	Wing	Level	Plane area 1000 m ²	Incl. degree	sec.	Calculation area 1000 m ²	Coal thickness m.	S.G	In situ reserves 1000 t	Safety reserves factor %	Safety reserves 1000 t	Recover. reserves factor %	Recoverable reserves 1000 t	Remarks
	e1-1	W	~+100	168	18	1,051	177	200	13	46	70	32	85	27	maximum
	e1-2	"	"	256	20	1,064	272	450	"	159	80	127	"	108	60 m
	e1-3	"	"	242	21	1,071	259	600	"	202	85	172	"	146	
	e1-4	"	"	548	"	"	587	"	"	458	"	389	"	331	
	e1-5	"	"	81	24	1,095	89	"	"	69	"	59	"	50	
	e1-6	"	"	144	28	1,133	163	400	"	85	70	59	"	50	
C	e1Sub total		~+100							1,019		838		712	
	e1-3	W	~+100	242	21	1,071	259	150	13	51	70	35	85	30	+60 m
	e1-4	"	"	548	"	"	587	450	"	343	"	240	"	204	
	e1-5	"	"	81	24	1,095	89	150	"	17	"	12	"	10	
	e1Sub total		~+100							411		287		244	
	e1e1 Sub total		~+100							1,430		1,125		956	
	e2-1	W	+100~±0	420	15	1,035	435	100	13	57	70	40	85	34	
	e2-2	"	"	290	17	1,046	303	200	"	79	70	55	"	47	maxim
	e2-3	"	"	393	"	"	411	450	"	240	80	192	"	164	60 m
	e2-4	"	"	420	"	"	439	600	"	343	85	291	"	248	
	e2-5	"	"	744	18	1,051	782	"	"	610	"	518	"	441	
	e2-6	"	"	820	21	1,071	878	"	"	685	"	582	"	495	
	e2-7	"	"	174	"	"	186	"	"	145	"	124	"	105	
	e2-8	"	"	135	24	1,095	148	"	"	115	"	98	"	85	
	e2-9	"	"	200	25	1,103	221	"	"	172	"	146	"	124	
	e2-10	"	"	210	27	1,112	236	400	"	123	70	86	"	75	
	e2Sub total									2,569		2,132	"	1,814	

(vi)

Coal seam	Block No	Wing	Level	Plane area 1000m ²	Incl. degree	sec.	Calculation area 1000m ²	Coal thickness m	S.G	In situ reserves 1000t	Safety factor %	Safety reserves 1000t	Recover. factor %	Recoverable reserves 1000t	Remarks
	e ² -4	W	+100~±0	420	17	1046	439	150	1.3	86	70	60	85	51	
	e ² -5	"	"	744	18	1051	782	450	"	457	"	320	"	272	
	e ² -6	"	"	820	21	1071	878	750	"	856	"	599	"	509	
	e ² -7	"	"	174	"	"	186	1000	"	242	"	170	"	144	
	e ² -8	"	"	135	24	1095	148	450	"	86	"	61	"	51	
C	e ² -9	"	"	200	25	1103	221	150	"	43	"	30	"	26	
	e ² Sub total		+100~±0					1770				1240		1053	
	e ² Sub total		+100~±0					4339				3372		2867	
	e ³ -1	W	±0~-100	4045	15	1035	4187	200	1.3	1089	70	762	85	648	
	e ³ -2	"	"	870	16	1040	905	450	"	529	80	423	"	360	
	e ³ -3	"	"	550	"	"	572	600	"	446	85	379	"	322	
	e ³ -4	"	"	1500	"	"	1560	"	"	1217	"	1034	"	879	
	e ³ -5	"	"	919	17	1046	961	"	"	750	"	637	"	542	
	e ³ -6	"	"	415	18	1051	436	"	"	340	"	289	"	246	
	e ³ -7	"	"	205	20	1064	218	"	"	170	"	145	"	123	
	e ³ -8	"	"	125	21	1071	134	400	"	70	70	49	"	41	
	e ³ Sub total							4611				3718		3161	
	e ³ -5	W	±0~-100	550	16	1040	572	150	1.3	112	70	78	85	66	
	e ³ -4	"	"	1500	"	"	1560	450	"	913	"	839	"	543	
	e ³ -5	"	"	919	17	1046	961	750	"	937	"	656	"	558	
	e ³ -6	"	"	415	18	1051	436	1000	"	567	"	397	"	337	
	e ³ -7	"	"	205	20	1064	218	150	"	43	"	30	"	25	
	e ³ Sub total		±0~-100					2572				1800		1529	
	e ³ Sub total		±0~-100					7183				5518		4690	

Coal seam	Block No	Wing	Level	Plane area 1000m ²	Incl. degree	set.	Calculation area 1000m ²	Coal thickness m	S.G	In situ reserves 1000t	Safety reserves factor %	Safety reserves 1000t	Recover. factor %	Recoverable reserves 1000t	Remarks
	e4-1	W	-100~-200	390.9	16	1040	406.8	200	1.3	1,057	70	740	85	629	
	e4-2	"	"	185.9	15	1035	192.4	450	"	1,126	80	900	"	765	
	e4-3	"	"	55.9	"	"	57.9	600	"	451	85	384	"	326	
C	e4-4	"	"	68.5	21	1071	73.4	200	"	191	70	134	"	113	
	e4-5	"	"	81.8	"	"	87.6	450	"	513	80	410	"	349	
	e4-6	"	"	55.8	"	"	59.8	600	"	466	85	396	"	337	
	e4Sub total		-100~-200					380.4				296.4		251.9	
	e4-3	W	-100~-200	55.9	15	1035	57.9	150	1.3	113	70	79	85	67	
	e4-4	"	"	55.8	21	1071	59.8	150	"	117	"	82	"	69	
	e4Sub total		-100~-200					230				161		135	
	e4-4 Sub total		-100~-200					403.4				3,125		2,655	
	e total							169.86				13,140		11,168	
	C Seam total							182.38				14,016		11,912	

7. 調査結果のまとめ



7. 調査結果のまとめ

調査の結果判明した事項についてはそれぞれの項目毎に述べてきたが、それらの調査結果のうち主要なものをまとめると次の通りである。

1) 炭層賦存状況

対象区域内において採掘の対象となり得る炭層はA、BおよびCの3炭層である。A層は一部の貧化帯を除けば、ほぼ全域にわたって安定(稼行炭丈1.6~2.3m程度)して賦存し、採掘対象区域は広い。B層は薄層であるが連続性に富み、一部の区域で稼行炭丈が1m以上となって採掘が可能である。C層はS-1で最も発達し稼行対象部分の厚さが19m以上となっているが、北および南東部へ向って急激に劣化し、このため、従来予想されていた旧採掘跡深部のC層貧化区域は予想よりも広く、従って採掘の対象となる区域はWaringin地区の南部に限定される形となっている。

従来までの調査では、深部のC層の劣化は潜丘によるものと考えられていたようであるが、今回の調査結果では、一部区域に潜丘が存在した可能性はあるものの、C層劣化地域では元来厚い良炭層は堆積せず、堆積の場の不適切から劣化した炭層が堆積し、一部区域では削剝(contemporaneous erosion)も行われたものと考えられる。

S-1、S-2以南の区域については推定の域を出ないが、A層は安定した賦存が推定される反面、B層は採掘対象として期待出来ない。またC層についてはS-1の厚い炭層が劣化し、上部層がDH-8に連続するものと考えられるが、採掘対象としては多くを期待出来ないかも知れない。

2) 炭質

A、B、Cの各炭層ともほぼ同一の炭質であり、ASTMによるHigh volatile A bituminous coalに分類される。低灰分、高発熱量の特色を有し、一般炭ならびにブレンド用原料炭に適している。炭質の概要は次の通りである。

I.M. (%)	3~4
Ash "	4~6
V.M. "	38~41
F.C. "	51~53

全硫黄 (%)	0.5~1.5
C.S.N	3~4 $\frac{1}{2}$
C.V. (Kcal/kg)	7,400~7,500
H.G.I	43~48
灰の融点 (°C)	1,340~1,370

なお、現稼行区域（北部）に比較し、南部の方が炭化度が若干高い傾向を示している。

3) 炭 量

採掘対象となる区域全体の埋蔵炭量および実収炭量は次の通りである。

	可採埋蔵炭量 (1,000トン)	実 収 炭 量 (1,000トン)
A 層	15,610	10,316
B 層	1,606	1,092
C 層	18,238	11,912
計	35,454	23,320

(注) 実収炭量は安全率(70~85%)，実収率(85%)を乗じたもの
炭層深度は S.L - 200m まで

このうち、炭量密度の高い区域、将来の予想坑口、炭層深度等を勘察し、当面の採掘対象となる区域の実収炭量は、A層4,162千トン、B層879千トン、C層5,687千トン、計10,728千トンとなり、今回の調査によって、年産50万トン規模で20年間以上の実収炭量が確認されたこととなる。

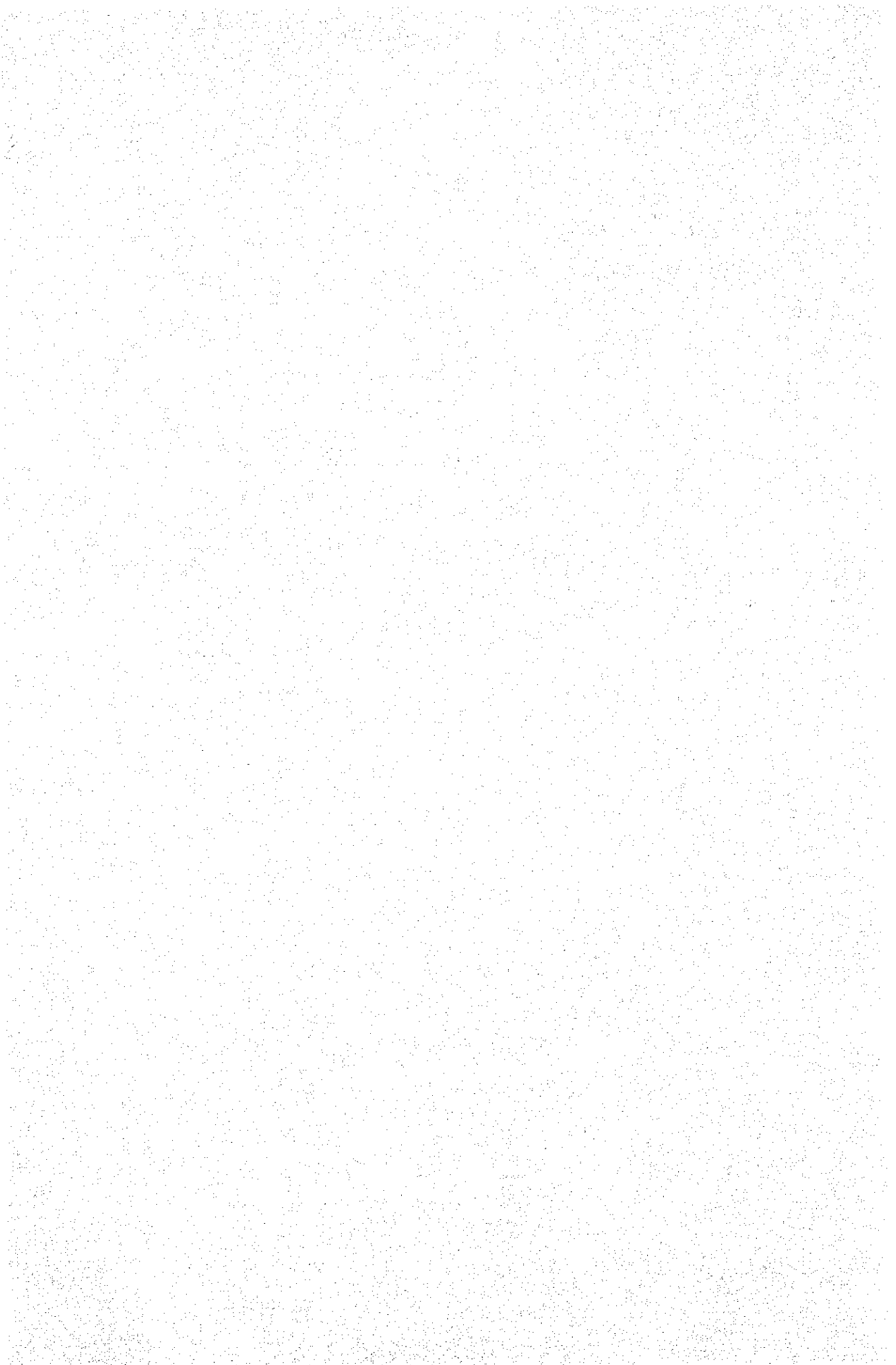
4) 夾炭層の地質時代

夾炭層を含む第三紀層の地質時代については、これまでに種々の説が発表されている。今回の調査で行った花粉分析の結果は、従来考えられていたものよりも若干古いことを示している。従来 Oligocene ~ Eocene と考えられていた Sawahlunto 夾炭層は Eocene ~ Pre Eocene となり、下位の Sangkarewang 層については Palaeocene の可能性も考えられるようになった。

5) 堆積環境

岩質の変化，鉱物組成，花粉分析等の結果を総合すると、堆積環境について次の様に考えられる。即ち Sangkerewang 層に始まる第三紀層の地層群はバリサン山脈陸域に発達した山間盆地の河成ないし湖沼成の堆積物であり、Ombilin 層に至ってはじめて海成層となる。石炭は同じように湖沼成のものと考えられるが、A 層，B 層については原地性の要素が考えられるのに対して、C 層については、特に C 層の下部層については異地性のものであると考えられる要素が多い。但し、それ程遠隔地からのものとは思われず同一地域内での移動（いわゆる“hypautochthonous”）であろう。

8. 提 言



8. 提 言

今回の調査の結果、Waringin 南部即ち、W-4, W-8, S-1等の中核とする区域に炭層がまとっており、A層, B層及びC層よりなる実収炭量として1,000万トン以上を確認し、また炭質も適正なものであることが判明したことから、オンピリン炭鉱のリハビリテーションのためには、まずこの区域から開発すべきであろうと判断される。

その場合、S-1, S-2以南の区域との関連性が問題となるので、引き続き行われる予定のフィージビリティ・スタディを有効なものとし、総合的な開発を行なうためには、南部隣接区域において更に2本の試錐とその関連調査の実施が強く望まれる。

引用文献

American National Standard Institute (1970), American National Standard.

Bemmelen, R.W. (1949), The geology of Indonesia.

Blow, W.H. (1969), Late middle Eocene to recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. 1st Internat. Conf. Proc.

Japanese Industrial Standard Committee (1972), Japanese Industrial Standard (JIS) - Method for testing coal and coke JIS M 8801, 8803, 8810, 8811, 8812, 8813, 8814, 8815.

Koesoemadinata, R.P., Hardjono, I. and Sumadirdja, H. (1978), Tertiary coal basin in Indonesia. CCOP tech. Bul. Vol. 12.

Koesoemadinata, R.P. and Matasak, Th. (1978), Geological study of Ombilin coal field (in Indonesian).

Marubeni and Kaiser (1971), Technical report of investigation and exploration of Ombilin coal field.

Mertosono, S. and Nayoan G.A.S. (1974), The Tertiary basinal area of central Sumatra. Proc. Indonesian Petr. Assoc. 3rd Annual Conv.

P.T. Petrosea International (Indonesia) (1976), The geology and coal resources of the Sawah Rasaw area, Ombilin Coal Mine.

Silitonga, P.H. and Kastowo (1975), Geological map of the Solok guardrange, Sumatra (1 : 250,000). Geological Survey of Indonesia.

Stach E. et al. (1975), Coal Petrology (second edition). Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart

Sumitomo (1975), Rehabilitation and expansion plans of Ombilin Coal Mine. Vol. I~III

JICA