

スワジランド王国石炭開発計画調査

報告書

1982年12月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1018202103

スワジランド王国石炭開発計画調査

報 告 書

1982年12月

国際協力事業団

66.7
13345
カ
12
カ
C

国際協力事業団	
給 34,85210	5290
登録No. 13345	6670
	MPN

は し が き

日本政府はスワジランド王国の要請に基づき、ルブク地域における炭層賦存状況の評価及び将来の炭鉱開発の可能性に関する調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は野崎元氏を団長とする調査団を1980年11月11日から1981年3月25日及び1981年7月18日から1982年3月4日までの2回に分けて現地に派遣し、スワジランド政府をはじめとする関係機関の協力を得て、試錐調査、磁気探査、物理検層、地表地質調査を実施し、ルブク地域の主として200m以深の深部に賦存する炭層群及び地質構造等につき評価を行った。

本報告書はその成果を取りまとめたものである。

本報告書がルブク地域の炭鉱開発、ひいてはスワジランド国内での炭鉱開発の際の一つの指針となれば幸いである。

最後に、調査に際し多大の協力をいただいたスワジランド王国政府、在ザンビア日本国大使館、外務省並びに通商産業省の関係各位に対し衷心より感謝の意を表したい。

1982年12月

国 際 協 力 事 業 団

総 裁 有 田 圭 輔

目 次

は し が き

要 約	1
1. 調査の経緯	3
1.1 目 的	3
1.2 調査方法、期間および体制	4
2. Lubhuku 地域の一般概況	8
2.1 位置および交通	8
2.2 地 形	8
2.3 調査地域	8
3. 試 錐 工 事	15
3.1 試錐作業概要	15
3.2 試錐工事実績	18
4. 地 質	30
4.1 概 説	30
4.2 一般地質および層序	30
4.3 Ecca統の地質	36
4.4 地 質 構 造	44
4.5 Karoo ドレライト	45
4.6 炭層賦存状況	54
4.7 堆 積 環 境	60
4.8 花 粉 分 析	61
5. 磁気探査および物理検層	70
5.1 磁 気 探 査	70
5.2 物 理 検 層	70

6. 炭 質	77
6.1 概 説	77
6.2 工業分析, 発熱量および全硫黄	77
6.3 浮沈試験	82
6.4 元素分析	85
6.5 灰の融点および灰の組成	85
6.6 石炭組織分析	85
6.7 炭質の評価	85
7. 炭 量	90
7.1 炭量計算基準	90
7.2 炭 量	92
8. 調査結果のまとめ	105
9. 提 言	108
参 考 文 献	110

表 (Tables)

Table 1.	関係技術者一覧表	6
	Members of JICA Team and Swaziland Counterparts	
2.	試錐使用機種, 工法一覧表	17
	Drilling Machine and Method Used	
3.	試錐工事実績表	26
	Drilling Record	
4.	スワジランドの地質層序	31
	Geological Formations of Swaziland	
5.	Karoo系の層序	33
	Karoo System Stratigraphy	
6.	Ecca統の層序	37
	Ecca Series Stratigraphy	
7.	ドレライトの岩石学的特徴	49
	Petrographic Characters of Dolerites	
8.	主要炭層一覧表	56
	Thickness of Coal Seams	
9.	石炭分析結果一覧表(分析: 日本)	78
	Results of Coal Analysis and Testing (tested in Japan)	
10.	浮沈分析一覧表	83
	Results of Sink-and-Float Analysis	
11.	組織分析一覧表	88
	Petrographic Analysis	
12.	炭量計算表(総括)	93
	Coal Reserves (Summary)	
13.	炭量計算表	94
	Coal Reserves Calculation	

図 (Figures)

Figure	1. 探鉱作業概要	5
	General View of Exploration Work	
	2. 位置図	9
	Location Map	
	3. 地形区分図	10
	Morphologic Region Map	
	4. 試錐位置図	16
	Location of Executed Borehole	
	5. 掘削作業工程図	19
	Execution Process of Drilling Operation	
	6. Karoo系標準柱状図	34
	Type Section of Karoo System	
	7. ドレライト頻度図	47
	Dolerite Incidence Map	
	8. 主要ドレライト・シル分布図	48
	Distribution of Major Dolerite Sill	
	9. 砂岩-頁岩比 (Lower Coal Zone 下部)	62
	Sand-Shale Ratio	
	10. 同 (Lower Coal Zone 上部)	63
	11. 同 (Upper Sandstone)	64
	12. 同 (Upper Transition Beds)	65
	13. 石炭比 (Lower Coal Zone 下部)	66
	Coal Ratio	
	14. 同 (Lower Coal Zone 上部)	67
	15. 磁気探査図 (DD26)	71
	Magnetometry Survey	
	16. 同 (DD11)	72
	17. 同 (DD50)	73

18. 物理検層の模式プロフィール	75
Schematic Profile of Geophysical Logging	
19. 炭層の貫入岩による変質を示す物理検層特性	76
Geophysical Log Response over Coal Seams Metamorphosed by Intrusion	
20. O/C比、炭素含有量関係図	86
Relation between O/C Ratios and Carbon Contents	
21. H/C比、炭素含有量関係図	87
Relation between H/C Ratios and Carbon Contents	
22. 試錐計画図	109
Location of Proposed Borehole	

図 版 (Plates)

Plate 1.	調査地域の写真	13
	Photographs of Investigated Area	
2.	試錐工事の写真	14
	Photographs of Drilling Work	
3.	砂岩の顕微鏡写真	43
	Photomicrographs of Sandstone	
4.	ドレイトの顕微鏡写真(1)	51
	Photomicrographs of Dolerite (1)	
5.	同 (2)	52
6.	同 (3)	53
7.	化石胞子の顕微鏡写真	69
	Photomicrographs of Palynomorphs	

付 図 (Drawings)

- Drawing 1. 地 質 図 (1 : 25,000)
Geologic Map
- 2a 地質断面図 (E - W 方向, 水平 1 : 10,000, 垂直 1 : 5,000)
Geologic Profile
- 2b 同 (N - S 方向, 水平 1 : 10,000, 垂直 1 : 5,000)
3. Lubhuku 地域の標準柱状図 (1 : 1,000)
Type Geologic Columnar Section of the Lubhuku Area
- 4a 試錐柱状図 (DD1, 1 : 200)
Borehole Log
- b 同 (DD2, 1 : 200)
- c 同 (DD3, 1 : 200)
- d 同 (DD4, 1 : 200)
- e 同 (DD5, 1 : 200)
- f 同 (DD6, 1 : 200)
- g 同 (DD7, 1 : 200)
- h 同 (DD8, 1 : 200)
- i 同 (DD9, 1 : 200)
- j 同 (DD10, 1 : 200)
- k 同 (DD11, 1 : 200)
- l 同 (DD13, 1 : 200)
- m 同 (DD25, 1 : 200)
- n 同 (DD26, 1 : 200)
- o 同 (DD28, 1 : 200)
- p 同 (DD29, 1 : 200)
- q 同 (DD31, 1 : 200)
- r 同 (DD34, 1 : 200)
- s 同 (DD36, 1 : 200)
- t 同 (DD38, 1 : 200)

- u 試錐柱状図 (DD41, 1:200)
Borehole Log
- v 同 (DD43, 1:200)
- w 同 (DD45, 1:200)
- x 同 (DD48, 1:200)
- y 同 (DD49, 1:200)
- z 同 (DD50, 1:200)
- aa 同 (DD51, 1:200)
- bb 同 (DD52, 1:200)
- 5a 地層対比図 (北部地区, 1:1,000)
Correlation of Geologic Sequence
- b 同 (南部地区, 1:1,000)
6. 岩相変化図 (1:500)
Lateral Relation of Lithology
7. ドセライト・フェンス・ダイヤグラム (水平 1:25,000, 垂直
1:5,000) Fence Diagram of Dolerite
- 8a 炭柱図 (DD1, 1:20)
Coal Seam Columnar Section
- b 同 (DD2, 1:20)
- c-1 同 (DD3, 1:20)
- c-2 同 (DD3, 1:20)
- d 同 (DD4, 1:20)
- e-1 同 (DD5, 1:20)
- e-2 同 (DD5, 1:20)
- f-1 同 (DD6, 1:20)
- f-2 同 (DD6, 1:20)
- g 同 (DD7, 1:20)
- h 同 (DD8, 1:20)
- i 同 (DD10, 1:20)

- j 炭柱図 (DD11, 1:20)
Coal Seam Columnar Section
- k 同 (DD13, 1:20)
- l 同 (DD25, 1:20)
- m 同 (DD26, 1:20)
- n 同 (DD28, 1:20)
- o 同 (DD29, 1:20)
- p 同 (DD31, 1:20)
- q 同 (DD36, 1:20)
- r 同 (DD38, 1:20)
- s 同 (DD43, 1:20)
- t 同 (DD48, 1:20)
- u 同 (DD49, 1:20)
- v 同 (DD50, 1:20)
- w 同 (DD51, 1:20)
- x 同 (DD52, 1:20)
- y 同 (DD9, DD34, DD41, DD45, 1:20)
- 9a 炭層等深線図 (Intermediate Marker Seam, 1:25,000)
Structure Contour Map
- b 同 (Main Seam, 1:25,000)
- c 同 (Footwall 3 Seam, 1:25,000)
- 10a 炭層等厚線図 (Intermediate Marker Seam, 1:25,000)
Isopach Map
- b 同 (Main Seam, 1:25,000)
11. 物理検層対比図 (1:1,000)
Correlation of Geophysical Logging
12. 石炭分析結果一覧表 (分析: スワジランド)
Results of Coal Analysis and Testing (tested in Swaziland)

13a 炭質分布図 (Intermediate Marker Seam, 1:50,000)
Iso-grade Map

b 同 (Main Seam, 1:50,000)

c 同 (Footwall 3 Seam, 1:50,000)

14a 炭量計算図 (Intermediate Marker Seam, 1:25,000)
Coal Reserves Calculation Map

b 同 (Main Seam, 1:25,000)

c 同 (Footwall 2 Seam, 1:25,000)

d 同 (Footwall 3 Seam, 1:25,000)

要 約

要 約

1. スワジランド王国政府はエネルギー資源の国内自給自足の達成および石炭の輸出による外貨獲得を目的として、同国炭田の深部に賦存する石炭資源の開発を決定した。1979年5月にスワジランド政府は深部石炭試錐計画の実施に対し日本政府の技術協力を要請した。日本政府はこの要請に応じて、1980年3月25日ルブク炭田の探査実施に関する Scope of Work が国際協力事業団とスワジランド地質調査鉱山局との間で締結された。
2. Lubhuku 炭田の深部に賦存する炭層の地質状況を調査し、爾後の探査および採炭計画立案のための基礎資料を作成することを調査の目的とする。
3. スワジランドのカウンターパートと協同して本探査を実施するためにJICAチームが編成され、1980年11月に探査を開始した。調査は28試錐孔、総掘削長 10,660.84 m の試錐を主とし、磁気探査、物理検層、地表地質調査および室内試験を実施した。野外調査は1980年度および1981年度に行なわれ、地質解析作業は1982年度に実施した。
4. 今回の試錐探査でEcca統の Lower Coal Zone に20枚以上の炭層を認めたが、採行対象となるのは Intermediate Marker, Main Seam および Footwall 3 の3層である。Main Seam は本地域で炭丈1.0m以上と最も優勢に発達しており、北西部で炭丈は最高4.57mとなる。Intermediate Marker および Footwall 3 は特に北部では炭丈 1.0~1.9m で広く分布している。北部における炭層の発達状況は南部よりも優れている。
5. 砂岩中の重鉱物および花粉分析は層準対比の手段として利用できないが、物理検層は特定の層準で特有の検層特性を示すので有用な対比手段であることが分った。岩相層序対比も幾つかの炭層を群として全般の岩相を対比することにより有用である。
6. Karoo ドレライトのシルおよび岩脈が本地域、特に南部、に広範囲にわたって貫入している。南部ではドレライトの貫入頻度が25~40%と全般に高いが、一方、北部では1~25%とかなり低い。これらの貫入岩体は非常に複雑な産状を呈し、炭層の置換と熱変質の影響を与え

ている。

7. Lower Coal Zone はデルタ平原相～沖積平原相を呈し、炭層の堆積に好適な環境が北部および南部にみられる。主要炭層は堆積の前期に安定した堆積盆地で広範囲にわたって生成しており、この堆積盆地は後期になるとやゝ不安定である。前期において北部の堆積盆地は高い石炭比を示し、この盆地は更に北方へ伸びている。
8. 主要炭層の殆どは半無煙炭であり、その一部は無煙炭である。これら炭層の炭質は現在稼行中の Mpaka 炭鉱およびナクル州の無煙炭に比べて勝るとも劣らず、Lubhuku の石炭はこれらの石炭と同じ市場性を有することを示している。
9. 本地域には総計1.86 億トンの埋蔵炭量が期待され、その内、約60%は Main Seam に、また約70%は北部地区に賦存する。北部地区に賦存する埋蔵炭量は将来の新炭鉱開発にとって充分なものであると考えられる。
10. 本調査の結果、浅部に賦存する既知の炭層がスワジランド炭田の処女地である地表下450 m 以深まで連続することが分った。さらに、ルブク地域北部の炭層はその産状およびドレイイトの貫入が少ないことから判断して有望であり、この有望な炭層は調査地域のさらに北方へ伸びている。
11. 従って、今後精査を実施する地域を選定するために、本地域の北部およびその北部隣接地でさらに1 km 間隔で20本、総掘削長約7,400m の試錐探査を実施することを強くリコメンドする。
これらの試錐探査はスワジランド王国の主な目標の一つであるエネルギー資源の自給自足達成のため、将来新炭鉱開発を促進するのに大きく寄与するものである。

1. 調 査 の 経 緯

1. 調査の経緯

1.1 目的

スワジランド王国は現在そのエネルギー資源の約40%を南アフリカ共和国からの輸入に依存しているが、同国の第3次国家開発計画（1978～1982年度の5ヶ年計画）でエネルギー資源の国内自給自足の達成を主な目標の一つとしている。特に石炭については同国の将来重要なエネルギー資源であり、石炭開発によるエネルギーの国外依存解消、産業の発展および雇用機会の増大に大きな期待を寄せている。更に、過去十数年にわたって同国の貴重な外貨収入源であったNgwenya鉄鉱山が1978年に閉山したため、これに代るものとして石炭輸出による外貨収入を図り、同国の経済発展に寄与させる方針である。

スワジランド王国に石炭の賦存することは一世紀以上も前から知られており、現在までにスワジランド政府（地質調査鉱山局）および民間企業の手によって断片的に探鉱が行なわれている。しかしながら、これらの探鉱はその殆どが浅部に賦存する石炭を対象にしたものであった。スワジランド政府は現在まで殆んど探鉱が行われていない深部炭層の探鉱開発に着目して、そのポテンシャルティを評価し、同国における長期エネルギー政策を策定するために、深部石炭試錐計画（Deep Coal Drilling Project）を立案した。

このような背景の下に、1979年5月スワジランド政府は同国の深部石炭試錐計画の実施に関する技術援助要請の打診を日本政府に行った。日本政府はこれを受けて、スワジランド政府の希望する調査対象候補5地域のうち、プライオリティが最も高く、立地条件にも恵まれたLubhuku地域を対象として、1980年3月25日スワジランド地質調査鉱山局と国際協力事業団との間で正式に調査実施要領に関する"Scope of Work"が取り交わされた。この調査を実施するためにJICAチームが編成され、1980年11月に調査を開始した。

このLubhuku地域の炭層賦存状況を調査し、将来の炭鉱開発の可能性を検討する際の基本的資料（炭層賦存深度、炭層厚、埋蔵炭量等）を作成し、爾後の探鉱計画および採炭計画の立案に資することを調査の目的とする。

調査の対象はKaroo系の中部Ecca統中の下部夾炭層（Lower Coal Zone）のうち、主として地表から200m以深の深部に賦存する炭層群である。

1.2 調査方法，期間および体制

調査は28本の試錐を主体とし、試錐予定位置周辺の磁気探査，試錐孔を利用した物理検層、必要箇所の地表地質調査および室内試験を実施した。現地調査は1980年度および1981年度の2回に分けて行なわれ、本報告書では前者をPhase I，後者をPhase IIと仮称する。1980年度の調査は1980年11月から開始したが、予期せぬ異常集中豪雨により工事が遅延すると共に、孔内崩壊により3孔が掘削中断となって1981年3月に終了した。

1981年度の調査は1981年7月より開始し、豪雨および掘削障害対策を十分に講じたため、前年度中断した3孔の継続掘削も含め1982年3月に予定どおり調査を完了した。なお、物理検層(BPB Instruments Ltd.が実施)および磁気探査はスワジランド政府が担当した。また、試錐工事は1980年度は南アフリカ共和国のRock Grout Construction(Pty)Ltd.、Rockboring and Drilling(Pty)Ltd.が、1981年度は同じく南アフリカのInterdrills(Pty)Limitedがそれぞれ実施した。

試錐調査：	1980年度	9本	延	2,825.62m
	1981年度	22本 ^{*1}	延	7,835.22m
	計	28本	延	10,660.84m
	(注) ^{*1}	1980年度中断した3本の継続掘削を含む。		

磁気探査：	1980年度	9箇所	1981年度	19箇所
物理探査：	1980年度	6本	1981年度	16本

地表地質調査： 試錐調査に並行して必要箇所を実施

本調査の実施に際しては地質技術者，地質・試錐技術者，試錐・測量技術者それぞれ1名を日本から現地に派遣した。

一方、スワジランド政府からはカウンターパートとして、調査責任者(Project Coordinator)、試錐技術者および地質技術者1～3名その他が共同で調査の実施に当たったほか、機材・人員の運搬，JICAチームの滞在および出入国に関する便宜供与，室内作業用事務所・事務用器材の提供，調査用器材持込みの免税手続等がなされた。

調査工程および調査関係技術者の総括をFigure 1に示す。また、JICAチームおよびスワジランド・カウンターパートの構成はTable 1のとおりである。

1982年11月にJICAチームがドラフト・レポートの説明をスワジランド政府関係者に行い、同国政府の承認を得た。

Figure 1. General View of Exploration Work

	Phase I			Phase II			Remarks					
	80/11	81/1	3	81/7	8	9	10	11	12	82/1	2	3
Exploration	<p>12/31 DD1 1/17 DD3 2/14 254.30m 307.75m 3/17 DD10 3/8 297.00m</p> <p>12/31 DD6 1/22 344.55m</p> <p>1/21 DD8 2/10 3/11 3/13 295.50m</p> <p>1/23 1/27 DD28 3/8 29.61m 442.81m</p> <p>3/8 DD48 3/8 316.20m</p> <p>3/12 DD53 3/21 215.05m</p> <p>3/23 DD11 3/14 332.95m</p> <p>Pre-survey Mission</p>	<p>9/28 DD25 9/24 418.13m</p> <p>9/18 10/2 DD51 10/21 1/4 DD38 9/2 3.0m 441.38m 499.28m</p> <p>10/7 DD13 1/18 1/20 DD29 421.15m 465.22m</p> <p>9/14 DD10 9/20 1/14 DD4 10/4 104.46m 235.48m</p> <p>7/18 8/1 Pre-survey Mission</p> <p>1/18 12/8 12/18 1/7 1/8 1/20 1/29 362.80m DD45 DD49 325.36m 395.40m</p> <p>1/23 12/7 12/18 1/14 1/16 3/8 2/17 400.65m 241.99m DD48</p> <p>11/27 11/23 12/6 320.13m DD34 321.27m</p>	<p>12/31 DD1 1/17 DD3 2/14 254.30m 307.75m 3/17 DD10 3/8 297.00m</p> <p>12/31 DD6 1/22 344.55m</p> <p>1/21 DD8 2/10 3/11 3/13 295.50m</p> <p>1/23 1/27 DD28 3/8 29.61m 442.81m</p> <p>3/8 DD48 3/8 316.20m</p> <p>3/12 DD53 3/21 215.05m</p> <p>3/23 DD11 3/14 332.95m</p> <p>Pre-survey Mission</p>	<p>8/7 H. Nozaki M. Sugawara 6/16</p> <p>9/7 H. Hatakeyama N. Ishihara 3/3</p> <p>7/31 M.C. McKeown (Coordinator) 9/3 F. Stocks (Drilling Engineer) 9/3 S.N. Maphanga (Geologist) L. Strachan (Geologist) M.M. Maggula (Trainee Geologist)</p>	<p>Total Drilling Holes : 28 Holes</p> <p>Total Drilling Length : 10,660.84 meters</p>							
JICA Team Member	<p>11/11 H. Nozaki T. Negishi T. Bolo</p> <p>11/14 11/28 H. Hatakeyama N. Ishihara</p>	<p>2/15 H. Nozaki</p> <p>3/20 M.C. McKeown (Coordinator) F. Stocks (Drilling Engineer) S.N. Maphanga (Geologist)</p>	<p>3/23 H. Nozaki</p>	<p>7/18 8/1 H. Nozaki M. Sugawara 6/16</p> <p>9/7 H. Hatakeyama N. Ishihara 3/3</p> <p>7/31 M.C. McKeown (Coordinator) 9/3 F. Stocks (Drilling Engineer) 9/3 S.N. Maphanga (Geologist) L. Strachan (Geologist) M.M. Maggula (Trainee Geologist)</p>								
Swaziland Counterparts	<p>11/17 M.C. McKeown (Coordinator) 11/17 F. Stocks (Drilling Engineer) 12/1 S.N. Maphanga (Geologist)</p>	<p>3/22 M.C. McKeown (Coordinator) 3/18 F. Stocks (Drilling Engineer) 3/18 S.N. Maphanga (Geologist)</p>		<p>3/1 M.C. McKeown (Coordinator) 3/1 F. Stocks (Drilling Engineer) 3/1 S.N. Maphanga (Geologist) L. Strachan (Geologist) M.M. Maggula (Trainee Geologist)</p>								

Table 1-1 Members of JICA Team

Name	Charge	Position	Working Period
Hajime Nozaki	Leader, Geology	Chief Geologist, Overseas Coal Development Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	AI, AII, BI, BII, E
Michiyoshi Sugawara	Geology	Chief Geologist, Overseas Coal Development Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	AII, C
Toshio Negishi	Geology	Geologist, Overseas Coal Development Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	AI
Hiroichi Hatakeyama	Drilling, Survey	Mining Engineer, Overseas Coal Development Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	DI, DII
Norio Ishihara	Geology, Drilling	Geologist, Overseas Coal Development Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	DI, DII
Toshiatsu Bojo		Japan International Cooperation Agency	AI
Koichi Yajima		Japan International Cooperation Agency	E

Note:

- AI: Preparation (Phase I) November 11, 1980 to
December 21, 1980
- AII: Preparation (Phase II) July 18, 1981 to
August 1, 1981
- BI: Final Management (Phase I) February 15, 1981 to
March 25, 1981

BII: Final Management (Phase II) February 12, 1982 to
March 4, 1982

C: Field Work (Phase II) August 2, 1981 to
August 16, 1981

DI: Main Field Work (Phase I) November 28, 1980 to
March 20, 1981

DII: Main Field Work (Phase II) August 1, 1981 to
March 3, 1982

E: Report Explanation October 30, 1982 to
November 14, 1982

Table 1-2. Members of Swaziland Counterparts

Name	Charge	Position
M.C. McKeown	Coordinator, Geology	Head of Coal Unit, Geological Survey and Mines Department, Ministry of Commerce, Industry, Mines and Tourism (MCIMT)
F. Stocks	Drilling	Drilling Superintendent, Geological Survey and Mines Department, MCIMT
S.N. Maphanga	Geology	Geologist, Geological Survey and Mines Department, MCIMT
L. Strachan	Geology	Geologist, Geological Survey and Mines Department, MCIMT
M.M. Magagula	Drilling, Survey	Trainee Geologist, Geological Survey and Mines Department, MCIMT

2. LUBHUKU 地域の一般概況

2. Lubhuku 地域の一般概況

2.1 位置および交通

Lubhuku 地域はスワジランド王国の中央東部、Lubombo District にあり、首都 Mbabane の東南東約 70km、商業都市 Manzini の東約 40km、そして地方事務所のある Siteki の西南西約 20km、東経 31°50'、南緯 26°30' 付近に位置している (Figure 2)。

Mbabane からは Manzini を経て Siteki に至る舗装道路が本地域の北端から約 5 km 北を走っており、この道路から分れた未舗装道路が、本地域を南北に通っている。また、本地域東南部を Siteki に通ずる未舗装道路が走っている。Mbabane から本地域には自動車ですら約 1.5 時間、Siteki からは約 30 分を要する。

一方、本地域のほぼ中央をモザンビクの Maputo 港および南アフリカの Richards Bay 港に至る鉄道 (主に貨物輸送に使用) が南北に走り、本地域のほぼ中央に Lubhuku 駅があり交通は至便である。

2.2 地 形

スワジランドの地形は主として標高によって南北方向の 4 帯に分けられ、西から Highveld (平均標高 1,200m)、Middleveld (平均標高 700m)、Lowveld (標高 120~370m)、および Lubombo (標高 370~777m) と称している (Figure 3)。

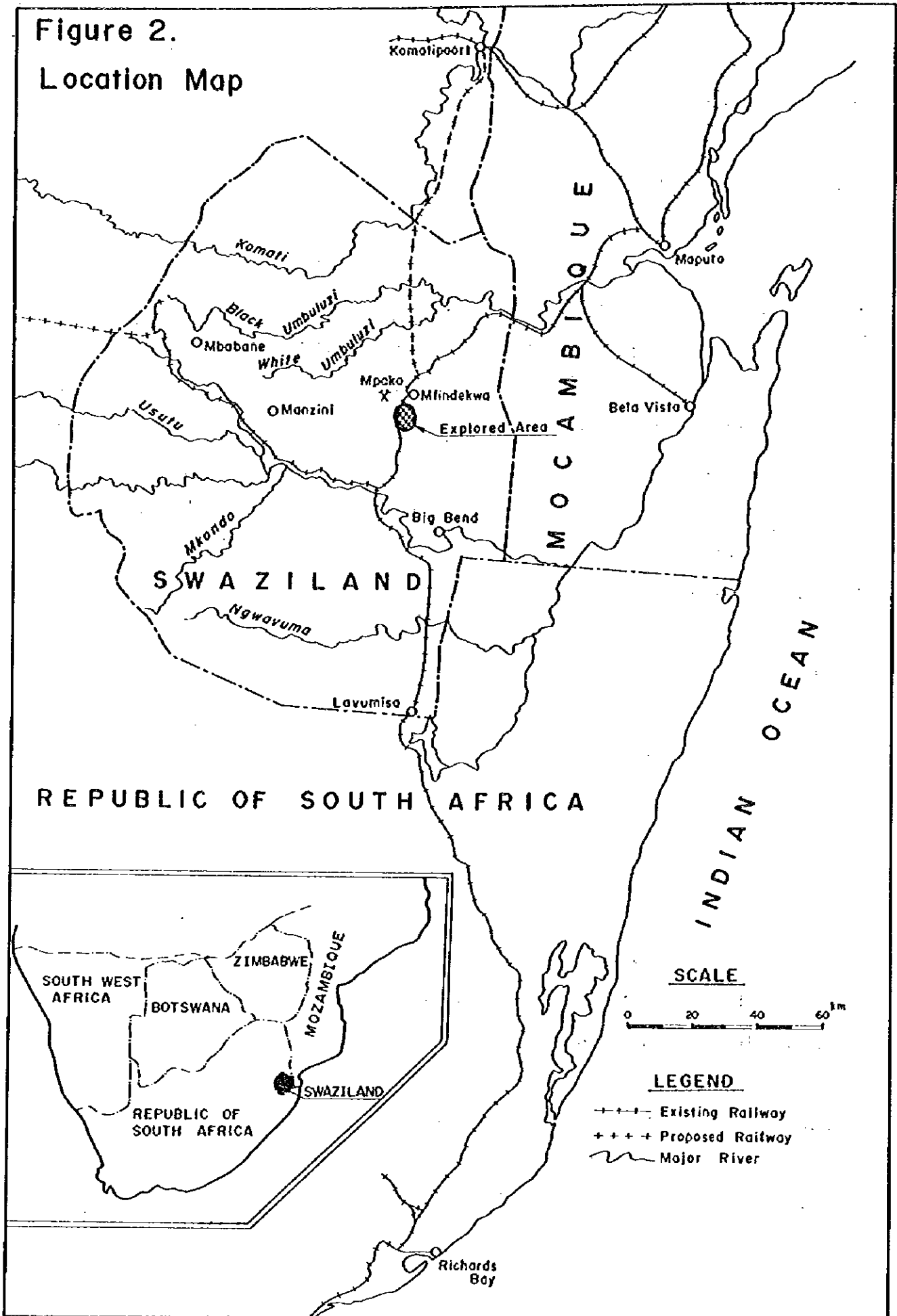
Lubhuku 地域は Lowveld に属し、標高 250~350m のゆるやかな起伏を成す比較的平坦な低地帯である。地域内を南方の Great Usutu 川に注ぐ幾つかの支流 (Lubugu, Mt indekwa 等) が流れているが、その殆んどは雨季以外は流水のないワジである。地域一帯は灌木が密生し 3~4m の高さに達するものもある。

Lowveld は熱帯性気候であり、年間降雨量は 500~900mm と少ないが、湿度は概して高い。雨季は 10月~3月で、特に 12月から 2月にかけて降雨が集中する。

2.3 調査地域

調査対象地域 (Lubhuku 地域) は南北約 14km、東西約 10km であるが、このうち西部は炭層の賦存深度が 200m 以下と浅く、また、ほぼ中央に SUMCOR Ltd. (旧 Swazi Coal Corporation Ltd.) の鉱区 (3km×2.5km) があり、さらにこの鉱区の北方では地質調査鉱山局が独

Figure 2.
Location Map



NATURAL REGIONS

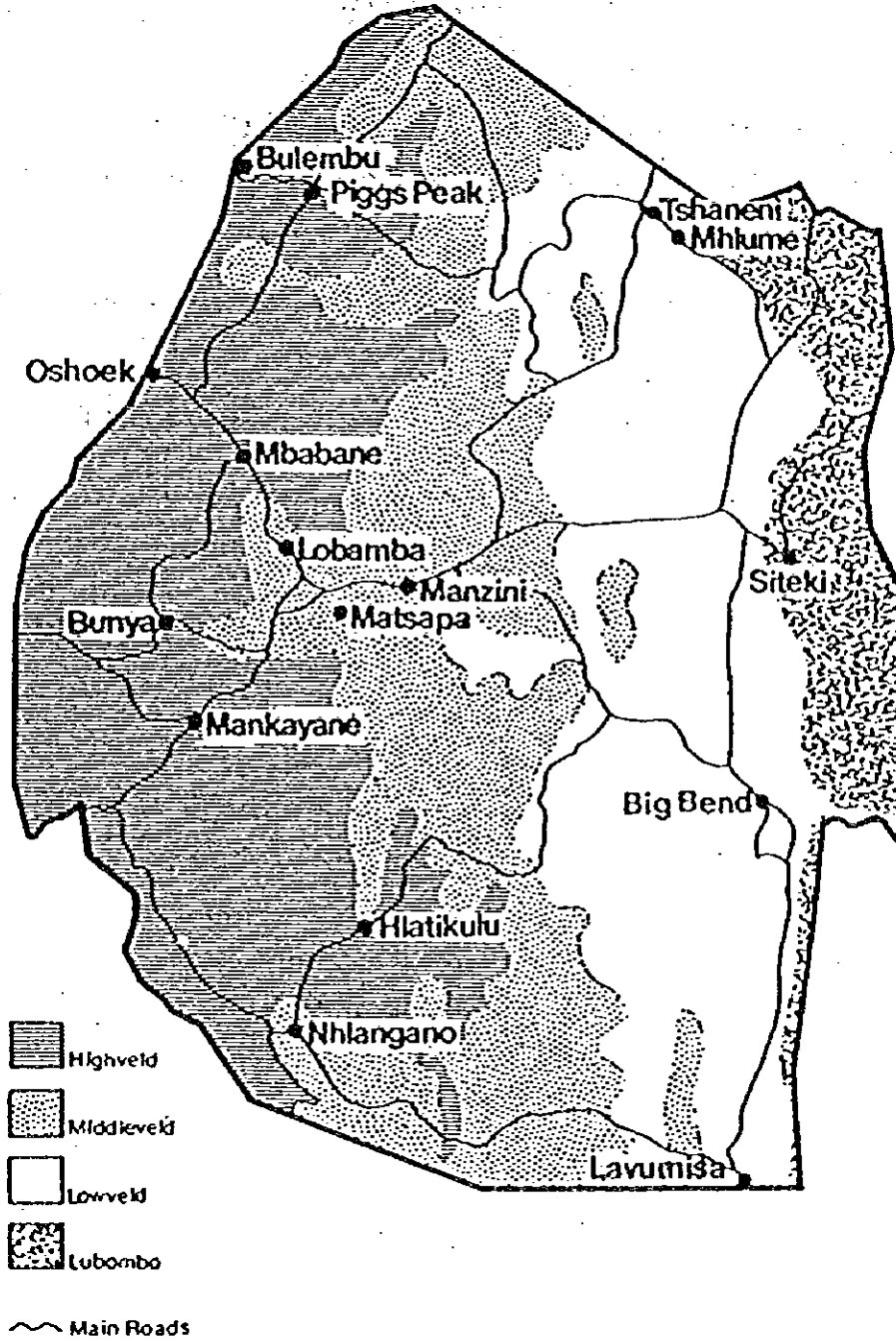


Figure 3. Morphologic Region Map

自に試錐探鉱を実施している。従って、調査は炭層が地表下 200 m 以深に賦存する中部から東部にかけて南北約 14 km、東西 5~6 km の面積約 80 km² の地域で実施した。

調査地域の北隣には Swaziland Collieries Ltd. の Mpaka 炭鉱があり、現在年間約 18 万トンの規模で石炭を生産している。

これらの地域ではいずれも浅部に賦存する Lower Coal Zone を対象として探査が行われている。さらに、本地域の東方では上部夾炭層を対象として、Shell Coal Swaziland (Pty) Limited が試錐探査を実施した。

しかしながら、Lubhuku 地域では地質調査鉱山局による 1/50,000 地質図幅作成を除き、調査は何も行われていない。

調査地域の景観、磁力探査、試錐工事および物理検層の実施状況を Plate 1, 2 に示す。

Plate 1. Photographs of Investigated Area

1. Landscape of Lubhuku Area

A distant view of Lubhuku area from Lebombo Mountains.

2. View of Lubhuku Area

Cutting line in east-west direction through bush at the center and Lebombo Mountains at background.

3. Magnetometry Survey

Magnetometry survey around planned drilling site.

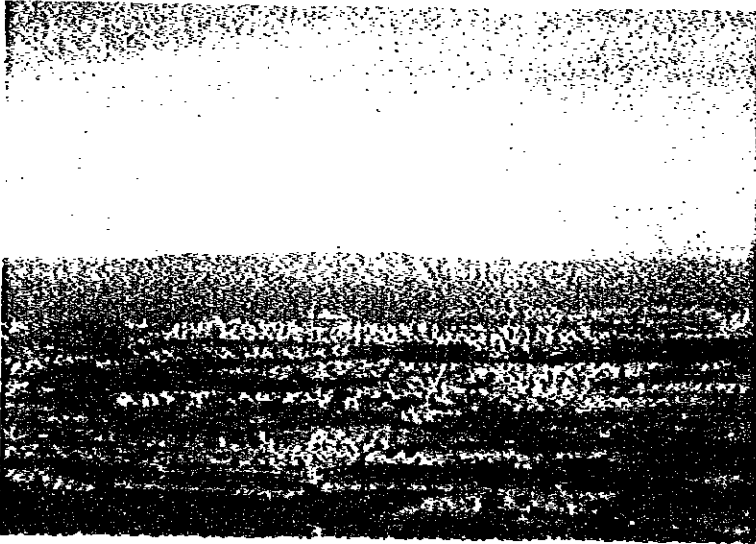
Plate 2. Photographs of Drilling Work

1. Assembling of Drill Rig at the Site

2. Drill Rig under Operation

3. Recovering of Core from Core Barrel

Plate 1.



1.



2.

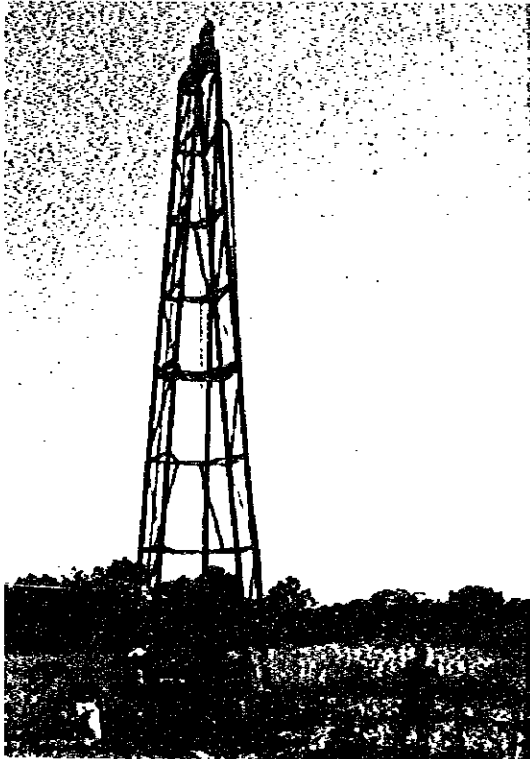


3.

Plate 2.



1.



2.



3.

3. 試 錐 工 事

3. 試 錐 工 事

3.1 試錐作業概要

Phase I および Phase II の試錐は調査対象地域内で原則として 2 km 間隔とし、ドレライトの貫入が特に著るしいと予想される東南部および西南部は避けた。一方、炭層が安定して賦存するとみられる中部および北部の東西方向 2 測線では 1 km 間隔で試錐を実施した。Phase I および Phase II の試錐実施位置を Figure 4 に示す。

Phase I での試錐本数は合計 9 本、Phase II では合計 22 本 (Phase I からの掘削継続 3 本を含む) の試錐を実施した。この内、Phase I では、3 本の試錐孔 (DD8, 10, 48) でドレライトの破砕帯に遭遇したためジャミング事故を起こし、工期内での回復・作業継続が不可能となった。従って、スワジランド政府と協議の結果、これら 3 試錐孔は Lubhuku 地域における地質解析上重要な位置を占めると判断されたため、Phase II で事故に対する対策を講じて掘削継続を行う事とした。Phase II において DD8 および DD48 ではウェッジ使用による孔曲げ掘削を行い、DD10 では Phase I での最終掘削深度まで NQ ケーシングを挿入し、それ以深を BQ サイズに落して掘削を継続し、各々目的を達成する事ができた。

Phase I では当初 2 台の試錐機を使用して掘削を開始したが、途中 1 台の試錐機を追加した。1981 年 1 ~ 2 月に予期せぬ集中豪雨のため作業の遅延を来したので、工事遅延対策としてさらに 1 台の試錐機を搬入した。このうち、ワイヤーライン工法が可能であったのは 1 台のみであった。Phase II では、当初 4 台の試錐機で開始したが、工期半ばに試錐機 2 台を追加して工事の円滑化をはかった。6 台の試錐機のうち、ワイヤーライン工法が可能であったのは 5 台で、残り 1 台は風化帯部分のノン・コアリング掘削に使用した。

各試錐孔での使用機種および試錐工法を Table 2 に示す。

本調査地域では地表から 10~40m の深度までは風化帯であり、孔内の崩壊を避けるため、89 ㎜あるいは 110 ㎜のケーシングをセットした。Phase I では NXC ダイヤモンド・ビット ($\phi=90$ ㎜) を使用して風化帯の部分を掘削したが、Phase II では掘削能率を上げるため、エア・フラッシュ工法により風化帯のノン・コア掘削を行った。ケーシングのセット深度以深からの掘削は、Phase I では NX ダイヤモンド・ビットあるいは NQ ダイヤモンド・ビットを使用した。Phase II では主として NQ ダイヤモンド・ビットを使用し、一部 TMV ビットを使用した。コア回収率は Phase I で 97% 以上、Phase II で 99% 前後と非常に良好であ

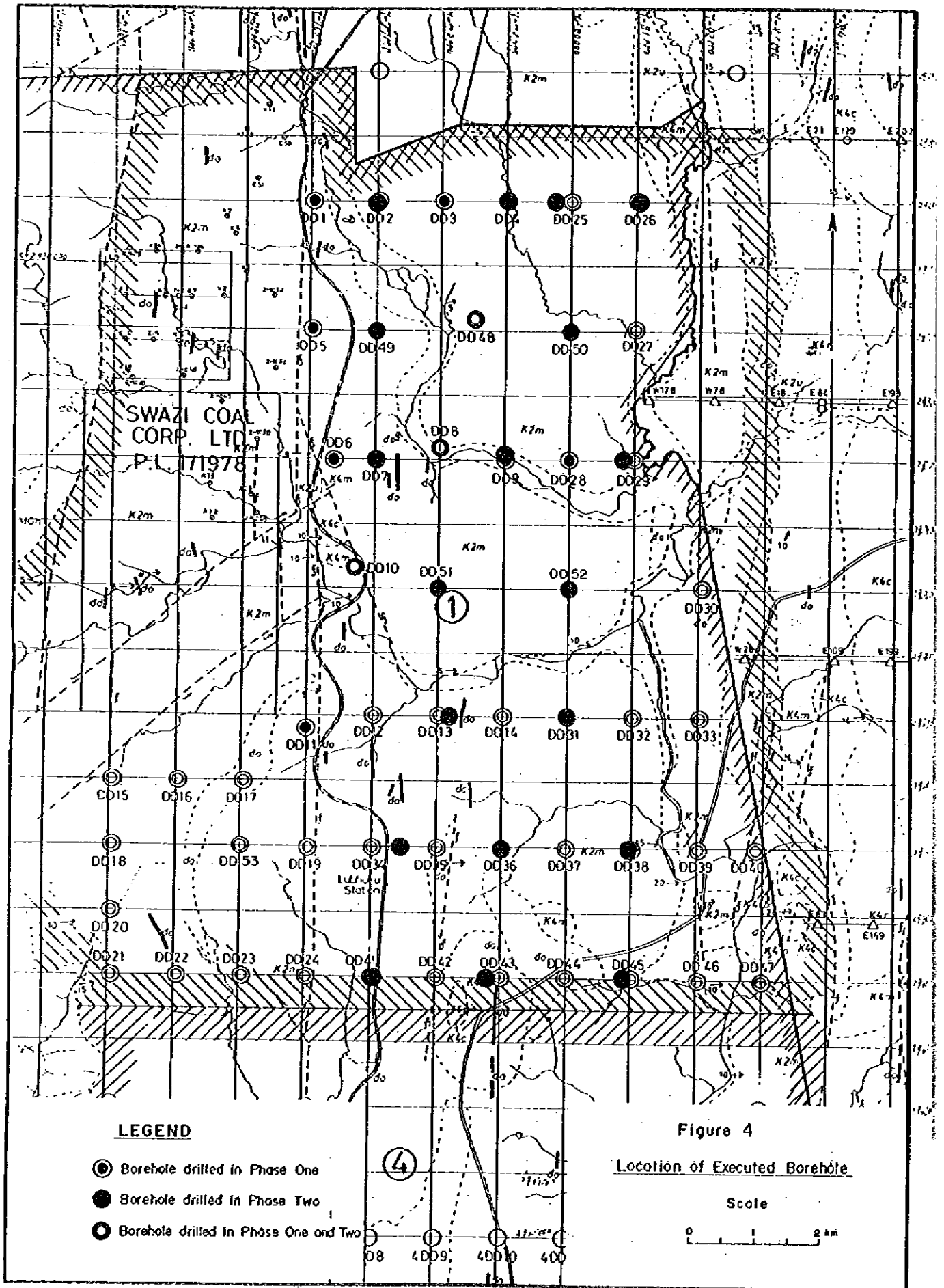


Table 2 Drilling Machine and Method

Phase I			Phase II		
Hole No.	Drilling Machine	Drilling Method	Hole No.	Drilling Machine	Drilling Method
DD1	TOHO D4	Conventional method	DD2	JOY SULLIVAN D26	Wire-line method
DD3	JOY SULLIVAN 22	-ditto-	DD4	JOY SULLIVAN D26	-ditto-
DD5	TOHO D4	-ditto-	DD25	SECO 50	-ditto-
DD6	TOHO D4	Conventional method and wire-line method (225.80-344.55m)	DD26	JOY SULLIVAN D26	-ditto-
DD8	TOHO D4	Conventional method and wire-line method (259.00-295.50m)	DD49	TONE TGM	-ditto-
DD10	JOY SULLIVAN 22	Conventional method (0-297.00m)	DD50	JOY SULLIVAN D26	-ditto-
DD11	TOHO D4	Conventional method	DD7	SECO 50	-ditto-
DD28	TOHO D4	Wire-line method	DD9	JOY SULLIVAN D26	-ditto-
DD48	JOY SULLIVAN 22	Conventional method (0-316.20m)	DD29	SECO 50	-ditto-
			DD51	JOY SULLIVAN D26	-ditto-
			DD52	SECO 50	-ditto-
			DD13	JOY SULLIVAN D26	Conventional method and wire-line method (317.20-421.15m)
			DD31	SECO 50	Wire-line method
			DD34	JOY SULLIVAN D26	-ditto-
			DD36	JOY SULLIVAN D26	-ditto-
			DD38	JOY SULLIVAN D26	-ditto-
			DD41	TONE TGM	-ditto-
			DD43	TONE TGM	-ditto-
			DD45	JOY SULLIVAN D26	-ditto-
			DD48	JOY SULLIVAN D26	-ditto- (175.00-402.98m)
			DD8	JOY SULLIVAN D26	-ditto- (212.39-347.60m)
			DD10	JOY SULLIVAN D26	-ditto- (297.00-401.46m)

った。掘削用水は、清水にJAGUAR(C.M.Cと同類)を混入して調整された。また、崩壊が生じた場合には重油を添加してはりつきの防止にあたった。

Phase Iで工事遅延原因の一つともなった豪雨時での試錐用水の確保に対しPhase IIでは運搬車としてトラクターの導入等対策を十分に講じたため、工事の中断を最小限に留める事ができた。また、操業もPhase Iでは一日1方(1部2方/日)であったが、Phase IIでは一日2方として計画期限内での工事完了に努めた。

3.2 試錐工事実績

試錐工事はPhase Iが1980年12月31日に開始され、1981年3月14日に終了した。工事実績は9試錐孔、総掘削長2,825.62mであった。Phase IIは1981年8月28日から開始し、1982年2月17日に合計22試錐孔(Phase Iで中断した3試錐孔の継続を含む)、総掘削長7,835.22mをもって終了した。合計28試錐孔、総掘削長は10,660.84mである。使用試錐機毎の掘削工程をFigure 5に、各試錐孔の工事実績概要をTable 3に示す。実掘削能率はPhase Iで15.3m/日、Phase IIで20.7m/日であった。

Phase IおよびPhase IIに亘って行われたDD8, DD10, DD48各試錐孔の事故状況およびそれらの回復・継続掘削作業の概略は次のようである。

DD8-248m付近でドレライトの破砕帯に遭遇し、ジャミング事故が発生した。事故発生時に使用していた試錐機種では普通工法のみしか行えず、その能力から判断して掘進を継続した場合、コア・パーレルおよびピットの損失を蒙る恐れがあるため、一時中断し、後口ワイヤーライン工法により再開する事となった。再開後、36m程度掘削した時に再びジャミング事故が発生した。この回復作業中、ロッド切断事故が発生し、結局、深度295.50mで孔内にコア・パーレルおよびロッド5本を残して作業を中止した(Phase I)。Phase IIではこれらの残留ロッド、コア・パーレルの回収に努めたが成功せず、ウエッジを使用して孔曲げ掘削を行った。ウエッジのセッティング深度は212.39~216.54mで、コアリングは212.59mから開始した。孔曲げ角度は1°05'である。

DD10-297m付近でドレライトの破砕帯に遭遇し、ジャミング事故が発生したため回復作業に努めたが成功せず、深度297.0mで作業を中止した(Phase I)。

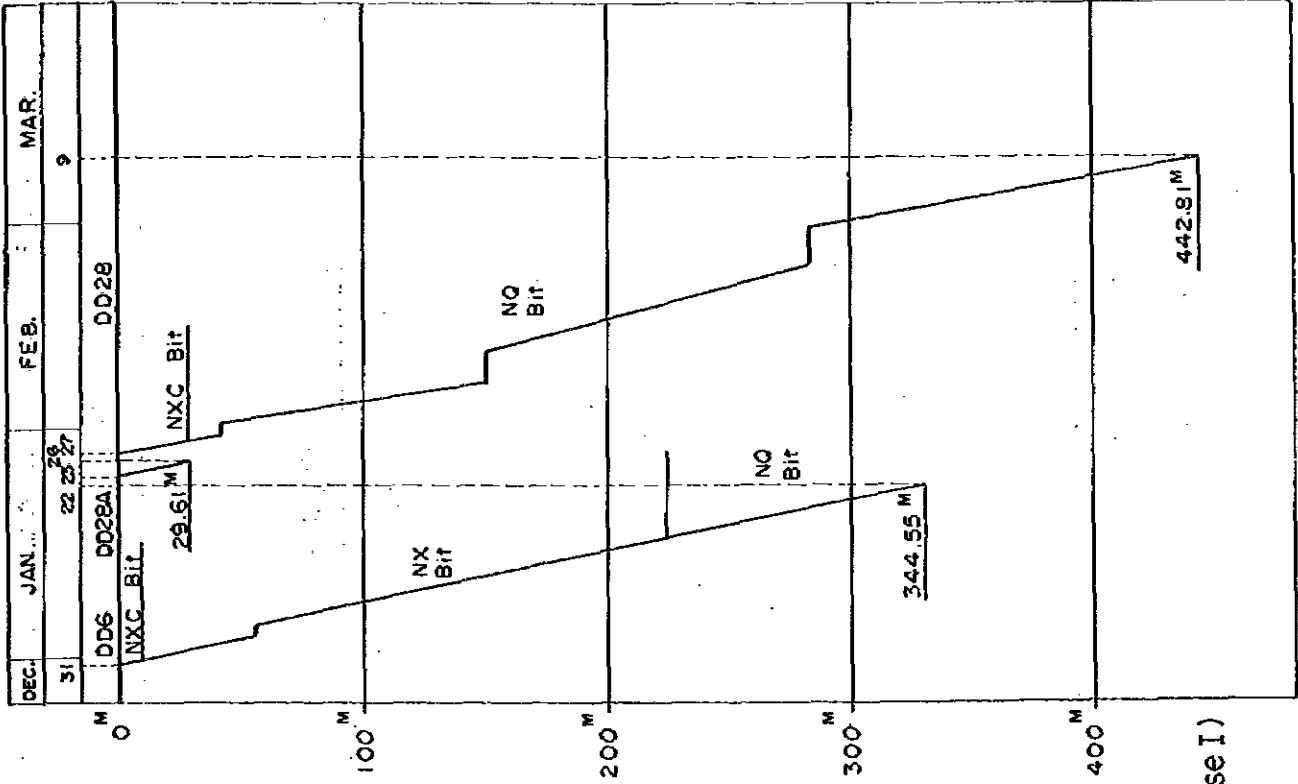
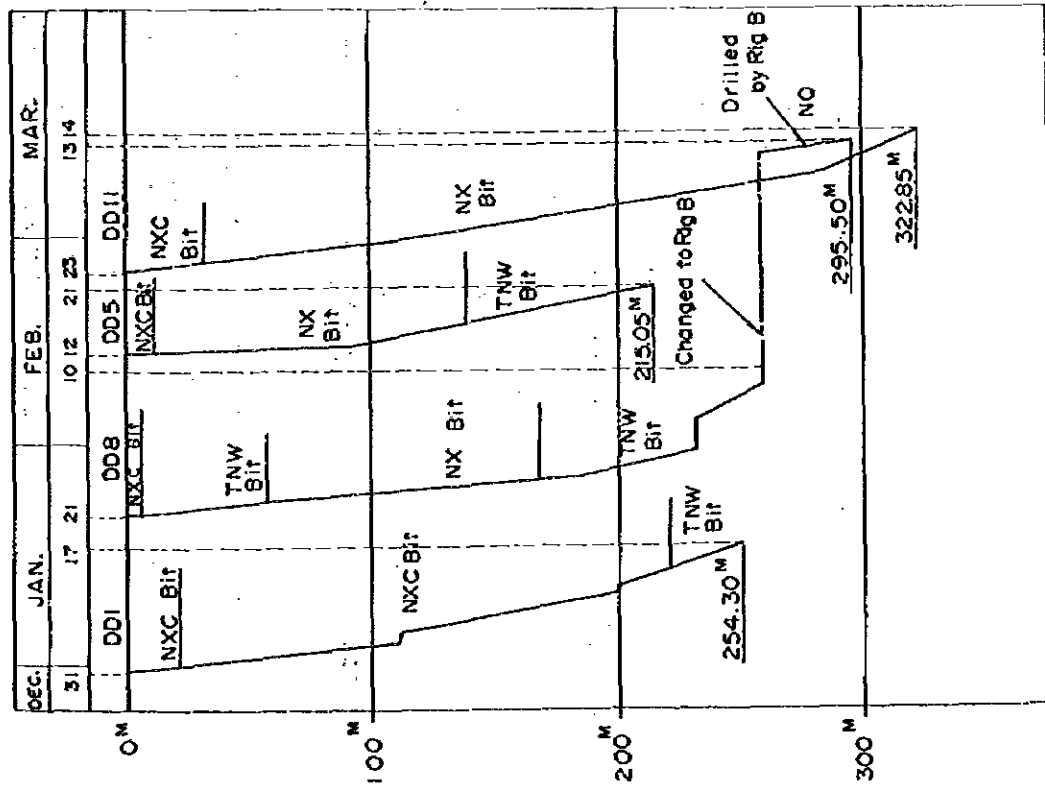
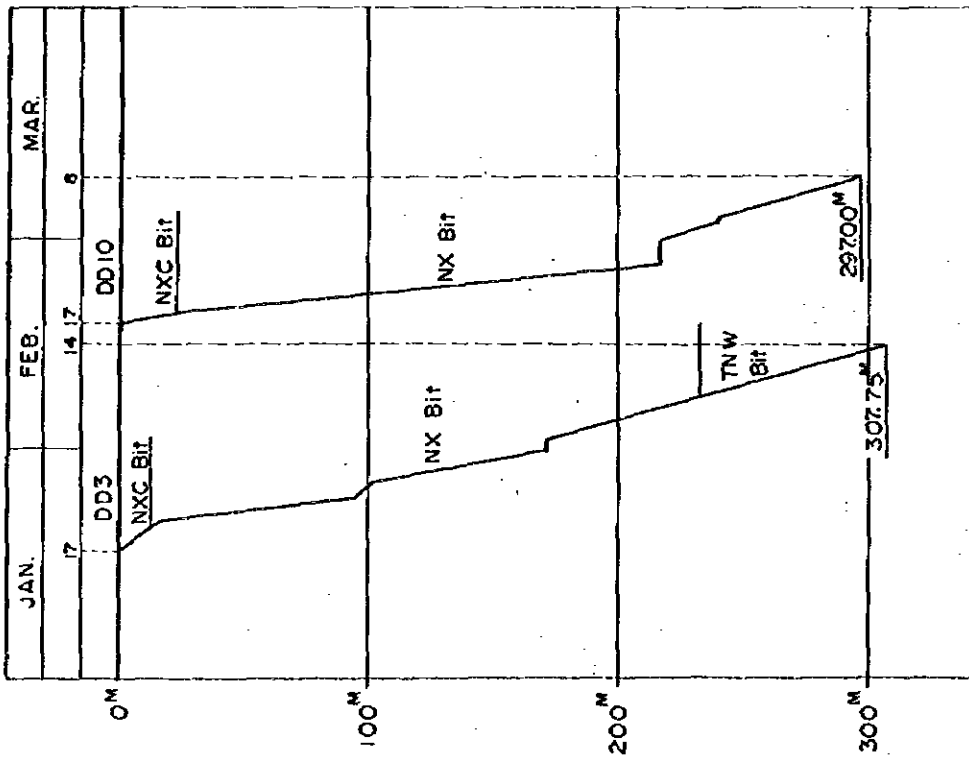


FIGURE 5a.
EXECUTION PROCESS OF DRILLING OPERATION (Phase I)

Rig C (JOYSULLIVAN22)



Rig D (JOYSULLIVAN22)

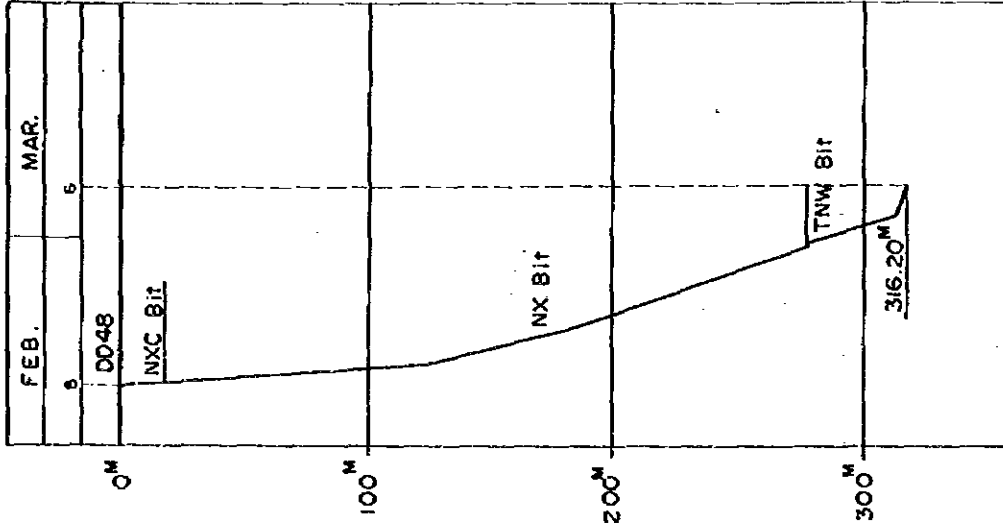


FIGURE 5b. EXECUTION PROCESS OF DRILLING OPERATION (Phase I)

RIG E (SECO 50)

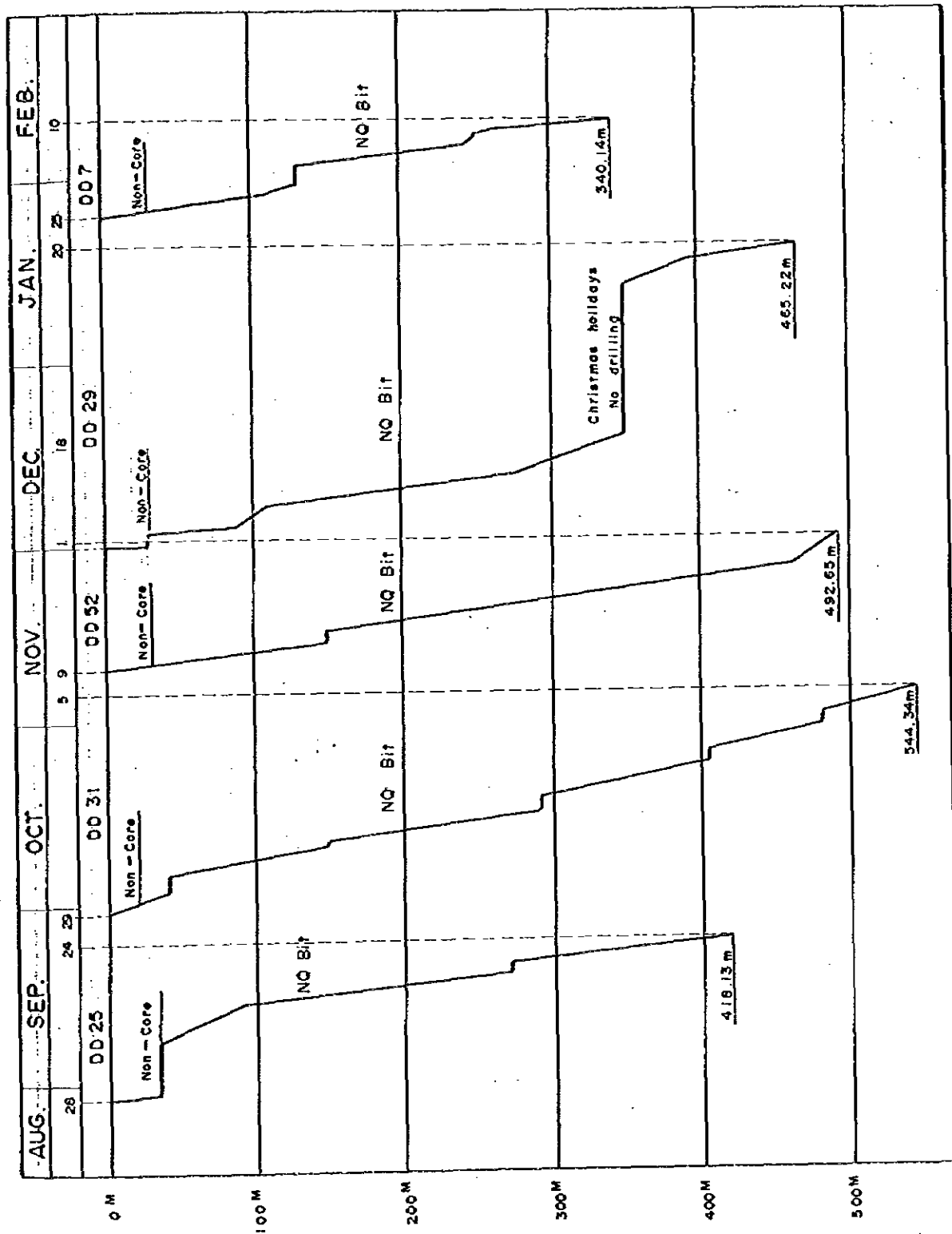


Figure 5c. Execution Process of Drilling Operation (Phase II)

RIG F (JOY SULLIVAN D26)

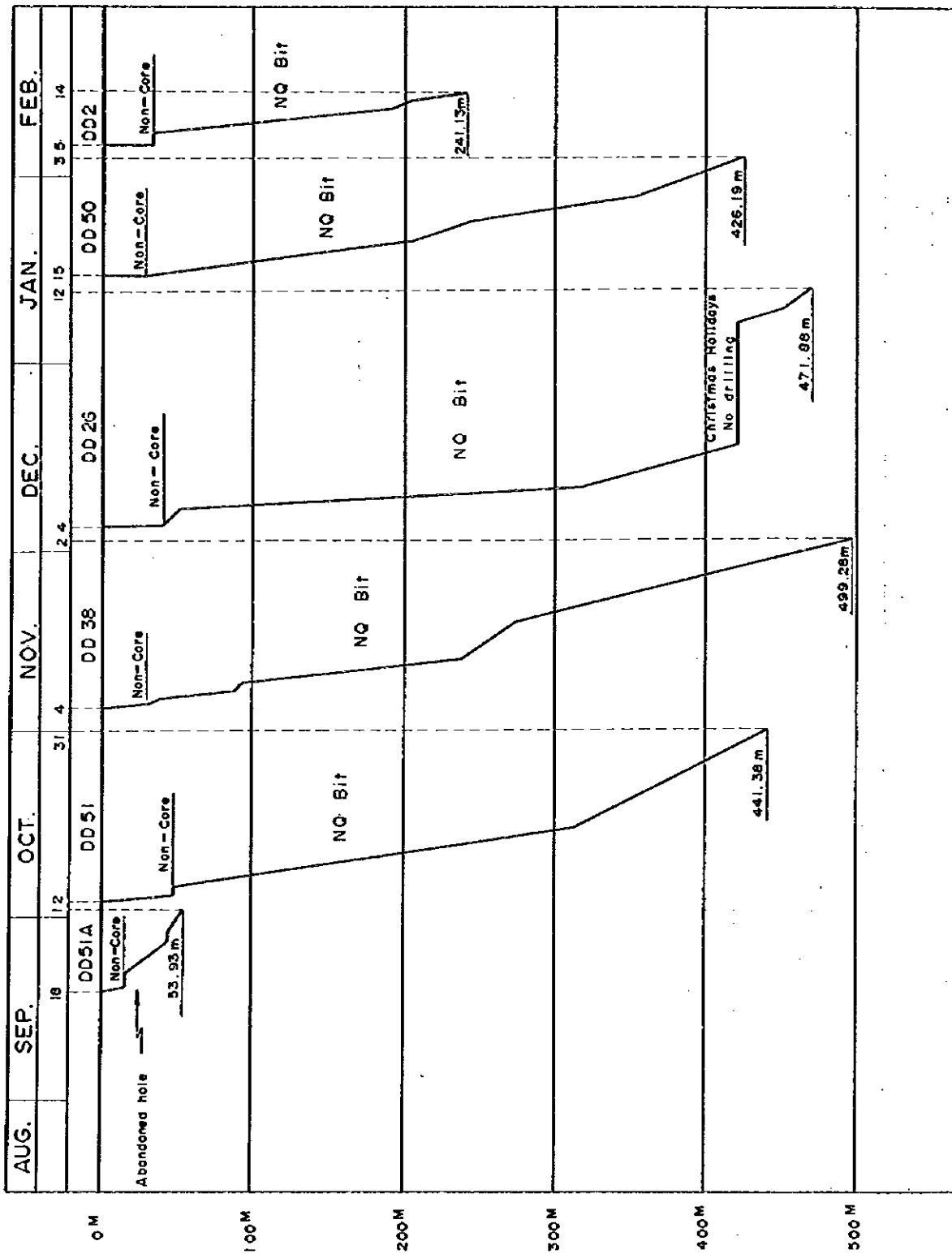
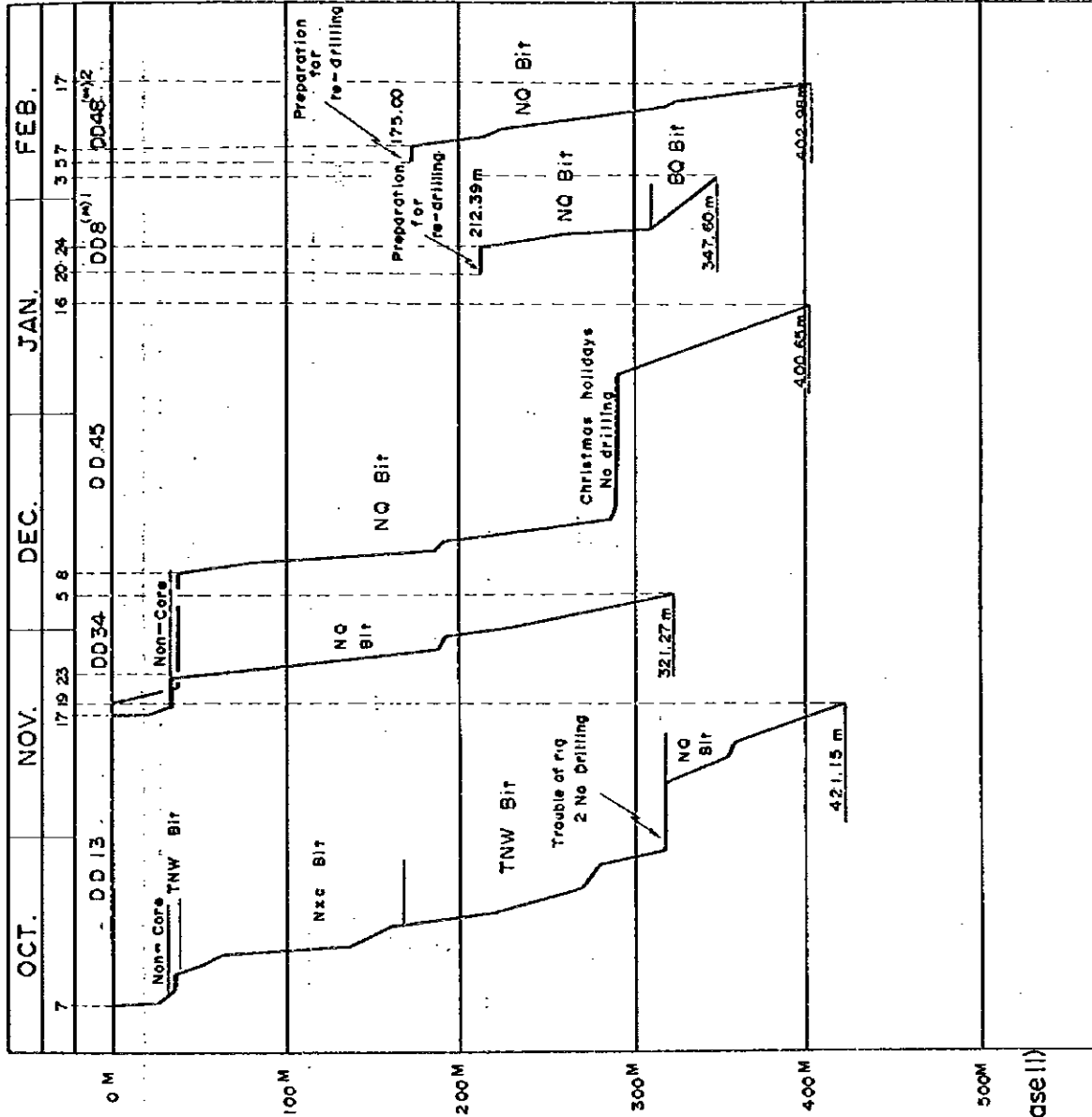


Figure 5d. Execution Process of Drilling Operation (Phase I)

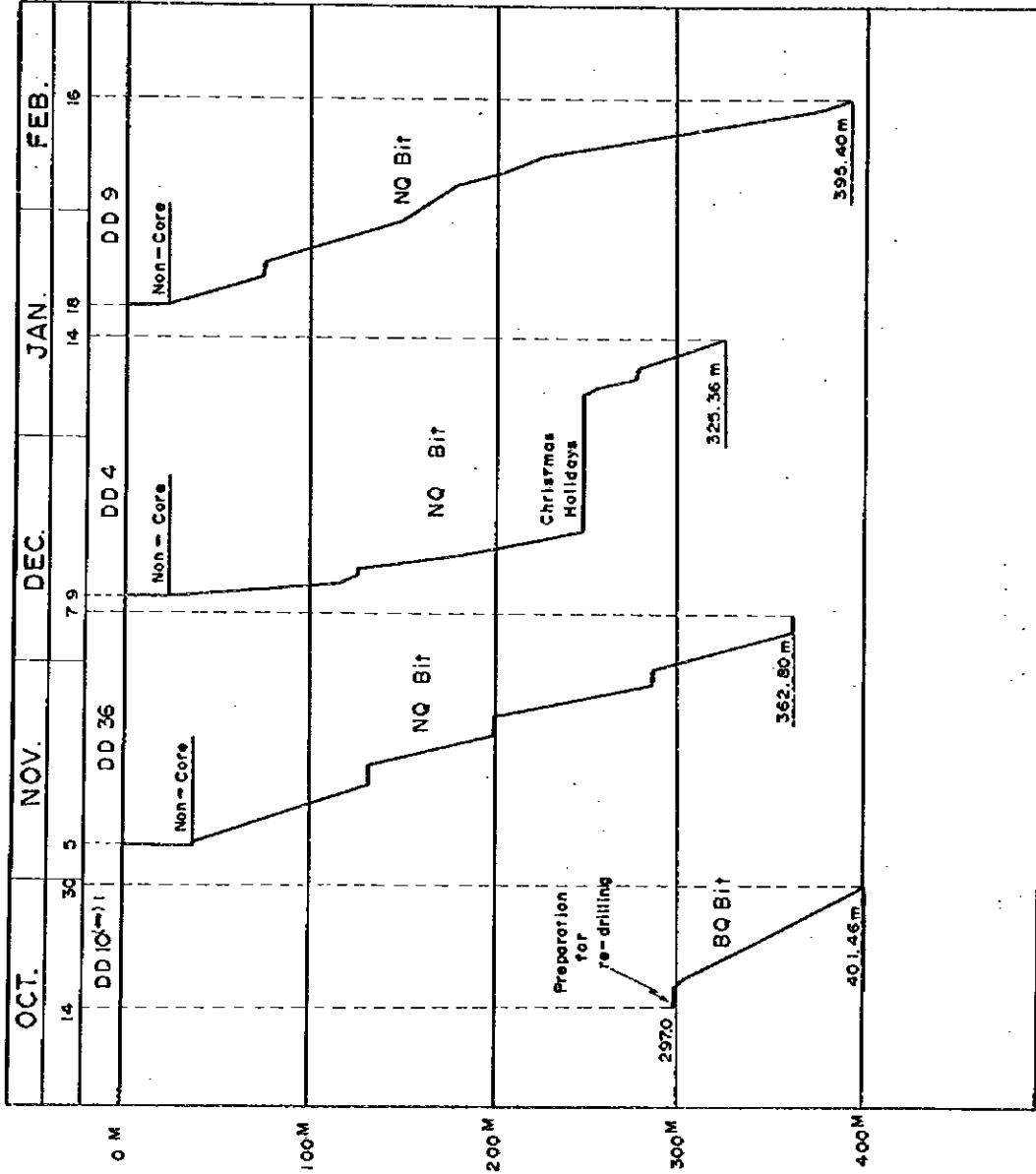
RIG G (JOYSULLIVAN D26)



- (*1) DD8 hole had been discontinued in Phase I at the depth of 295.50 M, and was re-drilled in Phase II from the depth of 212.39 M using a wedge.
- (*2) DD48 hole had also been discontinued in Phase I at the depth of 316.20 M, and was re-drilled in Phase II from the depth of 175.00 m using a wedge.

Figure 5e.
Execution Process
of
Drilling Operation (Phase II)

RIG H (JOYSULLIVAN D26)



(*) 1. DD 10 hole had been discontinued in Phase I at the depth of 297.00 M and was continued to drill from the depth of 297.00 M in Phase I.

Figure 5f. Execution Process of Drilling Operation (Phase II)

RIG I (TONE TGM)

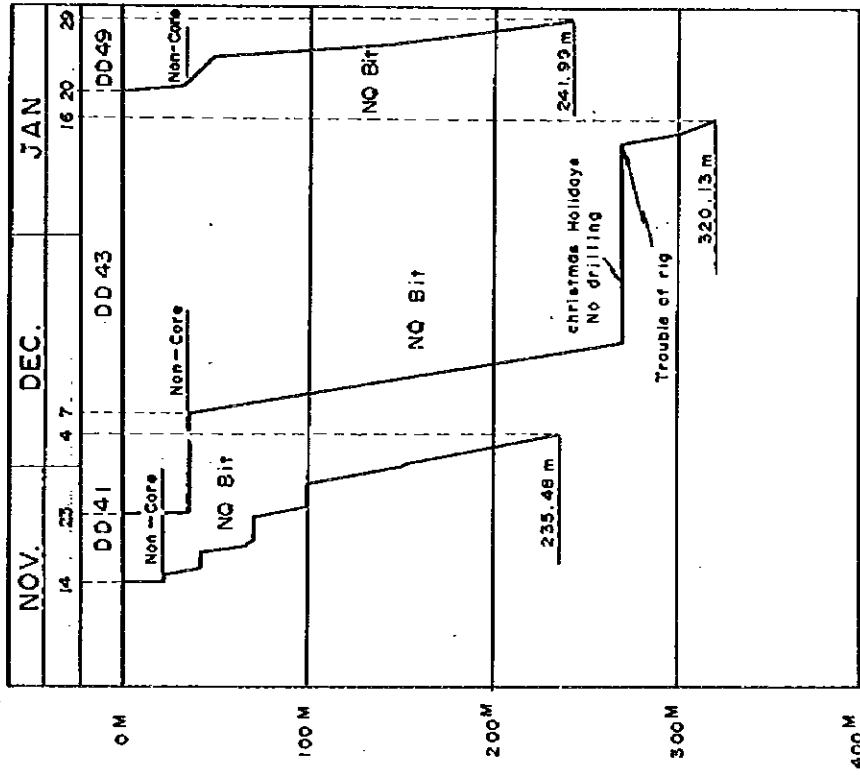


Figure 5g. Execution Process of Drilling Operation (Phase II)

Table 3a. Drilling Record

	DD1	DD6	DD3	DD8	DD48	DD5	DD10	DD11
Operating Period	31/12, 1980 ~ 17/1, 1981	31/12, 1980	17/1~14/2, 1981	21/1~13/3, 1981	3/2~6/3, 1981	12/2~21/2, 1981	17/2~8/3, 1981	23/2~14/3, 1981
Actual Operating days	16	22	25	17	26	9	17	20
Coordinate X	+2922.000	+2933.000	+2929.047	+29328.00	+2930.841	+2931.000	+2934.650	+2937.220
Coordinate Y	-75.920	-76.400	-77.914	-78.000	-78.541	-76.000	-76.720	-76.040
Elevation (m)	+ 281.8	+ 282.5	+ 292.2	+ 252.8	+ 275.3	+ 290.9	+ 266.2	+ 274.2
Final Drilling Length(m)	254.30	344.55	307.75	295.50	316.20	215.05	297.00	322.85
Planned Drilling Length (m)	300.00	335.00	370.00	370.00	380.00	315.00	345.00	315.00
Coring interval(m)	21.0~ 254.30 98	9.0~ 344.55 98	13.25~ 307.75 99	9.15~ 295.50 97	17.92~ 316.20 98	11.75~ 215.05 98	22.55~ 297.00 99	33.00~ 322.85 99
Core recovery (%)								
Remarks				*1	*2	*3	*4	

*1 : Drilling work was discontinued in the fracture zone of dolerite. This hole was continued to drill in the Phase II
 *2 : The first borehole was abandoned at the depth of 29.61m because of caving.
 *3 : Drilling work was discontinued in the fracture zone of dolerite. This hole was continued to drill in the Phase II.
 *4 : — ditto —

Table 3b. Drilling Record

	DD25	DD51	DD31	DD13	DD38	DD36	DD52	DD41	DD34	DD29	DD26
Operating Period	28/8 1981 ~ 24/9 1981	2/10 1981 ~ 3/10 1981	29/9 1981 ~ 5/11 1981	7/10 1981 ~ 19/11 1981	4/11 1981 ~ 2/12 1981	5/11 1981 ~ 7/12 1981	9/11 1981 ~ 1/12 1981	4/11 1981 ~ 4/12 1981	18/11 1981 22/11 1981 5/12 1981	30/11 1981 3/12 1981 20/1 1982	4/12 1981 ~ 12/1 1982
Actual operating days	16	25	27	29	23	26	19	12	14	21	18
Coordinate	X +2,929,000 Y - 79,754	+2,935,000 - 78,001	+2,837,000 - 80,000	+2,937,000 - 78,200	+2,939,000 - 80,950	+2,939,000 - 79,000	+2,935,000 - 80,000	+2,941,000 - 77,070	+2,939,000 - 77,450	+2,933,000 - 80,810	+2,929,000 - 81,050
Elevation()	+271.3	+266.0	+250.0	+248.7	+232.0	+250.0	+261.8	+272.3	+276.9	+238.0	+260.5
Final drilling length(m)	418.13	441.38	544.34	421.15	499.28	362.80	492.65	235.48	321.27	465.22	471.88
Planned drilling length(m)	400	455	490	395	445	350	520	130	265	460	475
Coring interval()	35.19 ~418.13	14.60 ~441.38	21.00 ~544.34	31.64 ~421.15	29.08 ~499.28	36.00 ~362.80	29.30 ~492.65	41.70 ~235.48	34.00 ~321.27	28.82 ~465.22	38.99 ~471.88
Core recovery(%)	100	99	99	100	100	100	99	100	100	100	99
Remarks		*1									

*1. The first hole was abandoned at the depth of 53.93 M because of hole bending

Table 3c. Drilling Record

	DD43	DD45	DD4	DD50	DD9	DD49	DD7	DD2	DD10	DD8	DD48
Operating Period	2 $\frac{1}{2}$ 1981 7 $\frac{1}{2}$ 1981 1 $\frac{1}{2}$ 1982	19 $\frac{1}{11}$ ~20 $\frac{1}{11}$ 1981 8 $\frac{1}{2}$ 1981 1 $\frac{1}{2}$ 1982	9 $\frac{1}{2}$ 1981 ~ 14 $\frac{1}{1}$ 1982	15 $\frac{1}{1}$ 1982 9 $\frac{1}{2}$ 1982	18 $\frac{1}{1}$ 1982 1 $\frac{1}{2}$ 1982	20 $\frac{1}{1}$ 1982 ~ 29 $\frac{1}{1}$ 1982	25 $\frac{1}{1}$ 1982 ~ 10 $\frac{1}{2}$ 1982	5 $\frac{1}{2}$ 1982 ~ 14 $\frac{1}{2}$ 1982	14 $\frac{1}{10}$ 1981 ~ 30 $\frac{1}{10}$ 1981	21 $\frac{1}{1}$ 1982 ~ 9 $\frac{1}{2}$ 1982	8 $\frac{1}{2}$ 1982 ~ 17 $\frac{1}{2}$ 1982
Actual operating days	13	18	16	17	24	9	13	8	12	9	10
Coordinate	X +2,941,000 Y - 78,790	+2,941,000 - 80,860	+2,929,000 - 79,000	+2,931,000 - 80,000	+2,932,900 - 79,000	+2,931,000 - 77,000	+2,933,000 - 77,000	+2,929,020 - 76,983	+2,934,650 - 76,720	+2,932,800 - 78,000	+2,930,841 - 78,541
Elevation(m)	+280.2	+249.1	+260.6	+251.4	+248.9	+277.0	+270.0	+292.5	+266.2	+252.8	+275.3
Final drilling length(m)	320.13	400.65	325.36	426.19	395.40	241.99	340.14	241.13	401.46	347.60	402.98
Planned drilling length(m)	275	370	320	300	385	290	370	205	397	365	406
Coring interval(m)	35.00 ~ 320.13	34.00 ~ 400.65	23.43 ~ 325.36	26.73 ~ 426.19	23.20 ~ 395.40	34.81 ~ 241.99	28.55 ~ 340.14	33.10 ~ 241.13	22.55 ~ 401.46	9.15 ~ 347.60	17.92 ~ 402.98
Core recovery(%)	99	100	100	99	100	99	99	99	94	99	100
Remarks									*1	*2	*3

* 1.: This hole had been discontinued at the depth of 297.00 m in the Phase I and was continued to drill from the depth of 297.00 m in the Phase II.

* 2.: This hole had been discontinued at the depth of 295.50 m in the Phase I. In the Phase II, this hole was re-opened from the depth of 212.39 m using a wedge.

* 3.: This hole had been discontinued at the depth of 316.20 m in the Phase I. In the Phase II, this hole was re-opened from the depth of 175.00 m using a wedge.

Phase II では孔底のスライム排除に多少の困難を伴ったものの、297.0m迄NQケーシングをセットし、それ以深はBQビットで掘削する事に成功した。

DD48-316m付近でドレライトの破砕帯に遭遇し、掘進継続不可能となったため深度316.20mで作業を中止した(Phase I)。

Phase II では当初、孔底のスライム排除を試みたが、ジャミングによるロッド切断事故が発生し、孔内に22本のロッドおよびコア・パーレルを取り残した。種々回復に努めたが成功せず、一時工事を中断した。その後、ウエッジを使用し孔曲げ掘削を行った。ウエッジのセッティング深度は175.00~179.20mで、コアリングは177.70mより行った。孔曲げ角度は1°05'である。

以上のように、Phase II では種々の努力の結果、地質解析上重要な試錐地点である3試錐孔の回復作業に成功し、その目的を達成する事ができた。

4. 地 質

4. 地 質

4.1 概 説

地質関係の解析に際しては、今回の調査結果の他に主として次の資料を使用した。

地形図：1/50,000 地形図

 図面番号 2631BC, 2631BD, 2631DA, 2631DB

1/10,000 地形図

 図面番号 75/2926, 75/2932, 75/2938

地質図：1/250,000 地質図

1/50,000 地質図

 図面番号 2631BC, 2631BD, 2631DA, 2631DB

試錐資料：Shell Coal Swaziland (Pty) Limited, Quarterly Report, 1976

4.2 一般地質および層序

スワジランド王国に分布する地層は先カンブリア時代の変成岩類、花崗岩類、堆積岩類、火山岩類と超塩基性岩類および古生代～中生代の堆積岩類、火山岩類ならびにこれら地層中に貫入するドレイトである。その層序は Table 4 のとおりである。

4.2.1 基盤岩類

スワジランドの炭田地帯の基盤を成すのは始生代の変成岩類、花崗岩類、火山岩類および堆積岩類で、主として Highveld および Middleveld に広範囲に分布し、同国のほぼ 70% を占めている。

最下部の地層は Swaziland 超層群で、下部は苦鉄質火山岩類を主とする Onverwacht 層群、中部は細粒堆積物から成る Fig Tree 層群、上部は粗粒珪質堆積物の Moodies 層群である。Swaziland 超層群はその後の造山活動、広域変成作用により片麻岩類および花崗岩類（変動時花崗岩）が形成された。

Pongola 系は Swaziland 超層群と片麻岩・花崗岩類よりも新しい地層で、下部は火山岩と堆積岩より成る Nsuze 層群、上部は堆積岩（主として珪岩）より成る Mozaan 層群である。終期変動時花崗岩類が Pongola 系の堆積後に形成され、超塩基性岩類の Usushwana コンプレックス貫入後に後変動時花崗岩類が進入している。

Table 4. Geological Formations of Swaziland

Geological Age	Sedimentary Rocks	Igneous and Metamorphic Rocks
Quaternary	Alluvium	
Jurassic - Cretaceous		Karoo Dolerite
Triassic - Jurassic	Stromberg Series	
Triassic	Beaufort Series	
Permian	Ecca Series	
Carboniferous	Dwyka Series	
Archaean		Granites
		Usushwana Complex
		Granites
	Mozaan Group	Pongola Sequence
	Nsuze Group	
		Granites and Gneisses
	Moodies Group	Swaziland Supergroup
	Fig Tree Group	
	Onverwacht Group	

Swaziland 超層群全体の変成度は低く、原岩の構造は良く保存されており、Pongola 系は著るしく変形しているが比較的未変成である。

4.2.2 スワジランドの Karoo 系

Karoo 系はアフリカ南部の内陸地帯に広く分布し、主として陸成堆積物から成る特徴的な地層で、南アフリカ共和国では大 Karoo 盆地と呼ばれる $1,400\text{km} \times 650\text{km}$ の広大な地域に露出している。この大 Karoo 盆地の東端から幅約 50km の帯状を成す Lebombo 地溝帯に沿って、本系はスワジランドを経て北方に延びている。

スワジランドの Karoo 系は主として東部の Lowveld および Lebombo に分布し、同国の約 30% を占めている。本系は基盤の先カンブリア系の上に不整合で重なるが、部分的に断層で接している。地層は氷河ステージに始まり、堆積ステージを経て火山活動ステージで終わっている。スワジランドでは地層の走向は一般に N-S で、傾斜は $5 \sim 10^\circ \text{E}$ であるが東部ではやや急傾斜となり $10 \sim 20^\circ \text{E}$ となっている。

スワジランドの Karoo 系の一般的な層序を Table 5 および Figure 6 に示す。この層序の用語については、最近記載された南アフリカの Karoo 系 (L.E.Kent, 1980) との比較が現在行われており、将来変更されるものである。

(1) Dwyka 統

Dwyka 統は Karoo 系の最下位の地層で、後期石炭紀の堆積と考えられており、スワジランドでは局部的に分布するのみである。地層は氷成の花崗岩、ペグマタイト、片麻岩、珪岩等の角礫を含む堅硬な漂礫岩から成り、砂岩、シルト岩および頁岩の薄層を伴っている。層厚は炭田西部では 300m の部分もみられるが厚い所で 45m 位である。

(2) Ecca 統

Ecca 統は二疊紀の堆積とみられ、上部、中部、下部の 3 階に区分される。夾炭層は上部および中部 Ecca 層に賦存し、上部 Ecca 層の炭層群を総称して Upper Coal Zone、中部 Ecca 層の炭層群を Lower Coal Zone と呼ぶ。

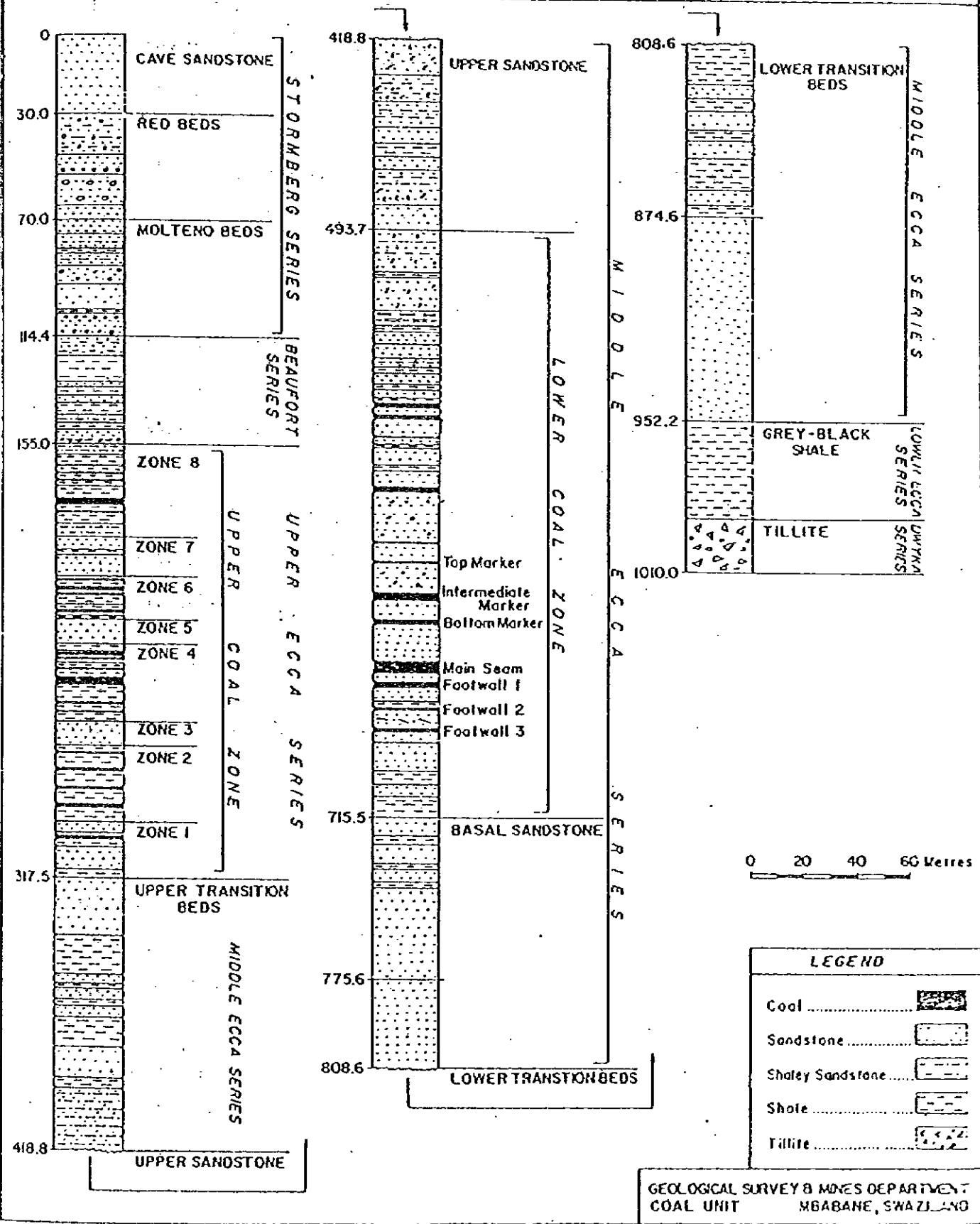
下部 Ecca 層は Dwyka 統の上に整合で重なる無化石の帯灰黒色頁岩から成り、層厚は $45 \sim 90\text{m}$ である。中部 Ecca 層は層厚 $455 \sim 610\text{m}$ で、下位から Lower Transition Beds, Basal Sandstone, Lower Coal Zone, Upper Sandstone, Upper Transition Beds の 5 つに細分される。地層は白雲母を含有する砂岩および頁岩を主とし、炭質頁岩、石炭を伴う。厚い砂質岩は一般に偽層が発達しており、Basal Sandstone 上部より上位の砂岩中には

Table 5. Karoo Sequence Stratigraphy in Swaziland

Series	Stage	Lithology	Thickness in meters
Stormberg	Lebombo	Rhyolite, dacite, ignimbrite, tuff, tuffaceous sandstone	} at least 6,100
	Drakensberg	Basalt, tuff, tuffaceous sandstone	
	Cave Sandstone	Sandstone	60 - 90
	Red Beds	Shale, mudstone	30 - 35
	Molteno Beds	Sandstone, quartzite, shale	45 - 60
Beaufort		Arenaceous shale, sandstone	30 - 35
Ecca	Upper Ecca	Carbonaceous shale, sandstone, coal	105 - 135
	Middle Ecca	Sandstone, coal, carbonaceous shale	455 - 610
	Lower Ecca	Shale, mudstone	45 - 90
Dwyka		Tillite, sandstone, shale	0 - 45

FIGURE 6.

SWAZILAND COALFIELD
TYPE SECTION OF THE KARROO SUPERGROUP IN CENTRAL SWAZILAND



炭質物の小破片・薄片を含む。スワジランド南部で本層から若干の *Glossopteris browniana*, *G. indica* の産出が知られている。上部Ecca層は砂岩帯と炭質頁岩・石炭帯のサイクルから成り、砂岩は一般に炭質物の小破片を含んでいる。本層の層厚は 105~135mである。

(3) Beaufort 統

Beaufort 統は上部Ecca層の上に整合で重なる灰青色の雲母質頁岩およびシルト岩より成り、一般に砂質で部分的に極細粒の頁岩質砂岩に漸移する。本層の層厚は 30~35mで恐らく三疊紀の堆積と思われる。

(4) Stormberg 統

Beaufort 統の上に整合で重なる Stormberg 統は下部の堆積岩類と上部の火山岩類に区分され、三疊紀~ジュラ紀の生成と思われる。堆積岩類は下位から時に頁岩および珪岩質砂岩を伴う長石質で雲母を殆ど含まない砂岩から成る Molteno Beds, 灰色砂岩を間に夾む赤色~帯赤藤色の泥岩, 頁岩から成る Red Beds, および淡灰色の塊状石英質砂岩から成る Cave Sandstoneである。堆積岩類の層厚は 135~185mである。

これら堆積岩類の上に厚い火山岩類が分布する。下部は玄武岩相(玄武岩, 玄武岩質凝灰岩, 凝灰質砂岩)の Drakensberg 層であり、上部の流紋岩相(流紋岩, 石英安山岩, 流紋岩質・流紋石英安山岩質イグニブライト・凝灰岩, 凝灰質砂岩)は Lebombo 層で Lebombo 山地を形成する。スワジランドでは Lebombo 層の上部は分布していないが、火山岩類全体の厚さは 6,100m以上とみられる。これら火山岩類は裂罅噴出型と考えられており、噴出の時代はジュラ紀とみられる。

4.2.3 Karoo ドレライト

先カンブリア系および Karoo 系の地層に広範囲に貫入する暗緑灰色の塩基性火成岩は「Karoo ドレライト」と呼ばれている。ドレライトは Karoo 系中には極々全域にわたって貫入しているが、先カンブリア系中には特に南部では広く分布するが、それ以外は局部的に見られるのみである。東部の Drakensberg 層火山岩類中では岩脈が、それ以外の地層中ではシルが優勢である。岩脈の走向は一般に N-S であるが、これと斜交するものもある。岩石は細粒の玄武岩から粗粒のドレライト、部分的には斑岩と種々の岩相を呈する。主な構成鉱物は輝石, 斜長石, 橄欖石である。

Karoo ドレライトは組成的に Drakensberg 階の玄武岩と著るしく類似しており、貫入の開始時期はジュラ紀とみられ、前期白亜紀まで活動したものと考えられている。ドレライト貫入岩体の周辺では部分的に Karoo 系の砂岩および頁岩中に幅狭い硬化帯がみられ、炭層中では貫入岩体の両側にほゞその幅だけ熱変質を与えている。

4.3 Ecce 統の地質

夾炭層である Ecce 統の層序は Table 6 に示すとおりである。Lubhuku 地域に分布するのは上部および中部 Ecce 層で、試錐は上部 Ecce 層下部から中部 Ecce 層の Coal Zone 上部にかけた層準で掘削を開始し、Coal Zone の最下部乃至 Basal Sandstone の最上部まで掘削している。

Ecce 統は Lowveld を南北約 150km、東西 6~22km の細長い帯状を成して分布しており、北方は南アフリカ共和国のトランスバル州へ、南方はナタール州へ連なっている。また、南西国境沿いに小規模な露出が知られている。

Lubhuku 地域に分布する Ecce 統について以下詳述する (Drawing 1 ~ 6 参照)。

なお、従来 Upper Sandstone と Lower Coal Zone および Lower Coal Zone と Basal Sandstone との地層境界の記載が不明瞭であったり、不合理な点もある事から、本解析にあたって改めてそれらの定義を行った。

4.3.1 Basal Sandstone

従来、一般に本層の特徴は下部が細~中粒の均質白色砂岩、上部が炭質物の破片が散在する中~粗粒砂岩乃至グリットで雲母質泥岩を伴い、炭層を欠くものとされていた。本層の上位に重なる Lower Coal Zone との境界は、Footwall 3 Seam の下位約 30m の層準にある泥岩の下盤におかれている。層厚は上部で約 55m、下部で約 31m である。しかし、今回の試錐調査では DD10 および DD51 で各々 Footwall 3 Seam の下位 65m, 35m 付近 (従来の Basal Sandstone の上部の層準にあたる) に厚さ 3cm の薄い石炭層 - 上下盤は粗粒砂岩 - が確認されており、炭層を欠くとする従来の Basal Sandstone の特徴とは違いが生じている。

さらに、Lower Coal Zone の基底をなす泥岩・頁岩とその下位の Basal Sandstone 最上部にみられる泥岩・頁岩との間には、肉眼的・物理的差異がみられず、双方とも炭質

Table 6. Eccca Series Stratigraphy in Central Swaziland

Formation	Member	Lithology	Average thickness in meters
Upper Eccca	Zone 8	Carbonaceous shales and coals	34
	Zone 7	Sandstone with shale parting	15
	Zone 6	Carbonaceous shales and coals	17
	Zone 5	Sandstone	9
	Zone 4	Carbonaceous shales and coal seams up to 6 meters thick	29
	Zone 3	Sandstone	8
	Zone 2	Carbonaceous shales and coals Dolomitic inclusions	29
	Zone 1	Sandstones with carbonaceous shale and coal	21
Middle Eccca	Upper Transition Beds	Alternation of gray shales and sandstones with intercalations of narrow limestone bands	101
	Upper Sandstone	Gray sandstones, sandstones with carbonaceous shale partings. Characterized with irregular carbonaceous wisps	75
	Coal Zone	Sandstones, grits, gritty sandstones with mudstones, carbonaceous shales and coal seams	222
	Basal Sandstone	Upper: Sandstones and grits with mudstone Lower: White homogeneous sandstone	93
	Lower Transition Beds	Upper: Alternation of shale and sandstone Lower: Sandstones but no carbonaceous matter.	143
Lower Eccca		Gray - black shales	36

である。従って、Lower Coal Zoneの泥岩・頁岩の基底をもってLower Coal ZoneとBasal Sandstoneとの地層境界とするには不自然であるため、本報告書ではDD10およびDD51で逢着した最下位の薄炭層の12~13m下位にあたる薄い泥岩乃至中・細粒砂岩の基底をもって、それより上位の地層をLower Coal Zone、それより下位の地層をBasal Sandstoneと定めた(Drawing 3)。

DD10およびDD51の他にBasal Sandstoneの層準に達した試錐はDD31,DD45であるが、これらの試錐孔では前者の試錐孔で見られるLower Coal Zone最下位の薄炭層は消滅しているものと考えられる。これら4試錐孔で確認されたBasal Sandstone最上部の岩相は、いずれも粗粒砂岩乃至中粒砂岩を夾む粗粒砂岩である。

4.3.2 Lower Coal Zone

一般に本層の特徴は粗粒~グリット状砂岩が優勢であり、細粒雲母質砂岩と炭質頁岩の互層を夾む。特に、本層は約20枚の炭層を伴っており、稼行対象となり得る比較的厚い炭層も存在する。本層の層厚は約200mである。なお、Lower Coal Zoneの上限即ち、Lower Coal ZoneとUpper Sandstoneの境界については次項で述べる。

本試錐調査では、一部の試錐孔を除けば、Lower Coal Zoneのほぼ全層準を掘削している。本層で鍵層となるものは、炭層を除けば顕著なものがみられない。Lower Coal Zoneの上部では炭層を数枚夾んでいるが、各々の炭層厚が薄く消滅しているところもあり、連続性が良いとは言えない。本層中部から下部にかけては連続性のある厚い炭層が多く、これらを幾つかの炭層群として捉え、比較する事により、他の試錐との岩相対比が比較的容易に行える。本層中部から下部にかけて賦存する主な炭層は下位から、Footwall 4, Footwall 3, Footwall 2, Footwall 1, Footwall 0 (この炭層はしばしば上位のMain Seamと合層する)、Main Seam, Bottom Marker, Intermediate Marker, Top Marker, Upper Coalである。

これらの炭層については「4.6 炭層賦存状況」に詳しく述べる。このうち、Top MarkerとIntermediate Marker、Intermediate MarkerとBottom Marker、Bottom MarkerとMain Seam間の層厚はほぼ全試錐孔で一定している。Top MarkerとIntermediate Marker間が約6mで岩相は灰色~黄灰色長石質粗粒砂岩、Intermediate MarkerとBottom Marker間が6~7mで灰色~黄灰色長石質粗粒砂岩、Bottom MarkerとMain

Seam 間は 14~18m であるが、DD6 および DD7 試錐孔では幾分厚く約 25m となる。岩相は灰色~黄灰色長石質粗粒砂岩あるいはしばしば中礫(亜角礫)を伴う極粗粒砂岩である。Main Seam 下位の Footwall 1 から Footwall 4 の炭層間では層厚が余り一定しておらず、また、炭層そのものの膨縮も激しい。一般に、Main Seam は上部に厚さ 40~70cm の炭質頁岩を夾む。夾みの上位の炭層は厚さが 10~50cm と薄い。Main Seam の上盤は粗粒砂岩あるいは頁岩で、下盤は頁岩の場合がほとんどである。Intermediate Marker および Footwall 3 炭層の上盤は粗粒砂岩、下盤は頁岩の場合が大部分である。

本試錐調査の結果から、Lower Coal Zone の層厚を決定する際には次のような問題点がある。即ち、ドレライト・シルが貫入する場合、シル本体が周囲の堆積岩の弱線部に沿って、堆積岩をいわゆる“押し分ける”状態で貫入するのか、あるいは、堆積岩がドレライト自体に置き換えられるのかを判断しなければならない。従って、堆積岩の厚さを決定するには、前者の場合、ドレライトの厚さを除外しなければならないが、後者の場合にはドレライトの厚さを含めたものが真の層厚となる。Lubhuku 地域におけるドレライトの貫入状況については「4.5 ドレライト」の項で詳しいが、明確にこれらを識別する事は難しい。

DD8 のように Intermediate Marker と Main Seam 間にドレライトが貫入し、両炭層の層間が通常よりも広がっている場合は、ドレライトによって“押し分けられた”と判断される。逆に DD52 では、Main Seam の賦存深度にドレライトが貫入し炭層と置き換わっている。このように、本地域に賦存するドレライトは単一な状況のもとに貫入したものではなく、前述した二つの貫入状況の他に、これら両者の中間的性格のものもみられる。即ち、堆積岩を“押し分けながら”貫入するとともに、一部では堆積岩と置き換わっている場合がしばしばみられる。

本試錐調査では、下位の Basal Sandstone まで達している試錐が少ないため、Lower Coal Zone の層厚を Upper Sandstone から Footwall 4 炭層までの層厚で比較すると、本地域の東側へ向って厚くなる傾向にあり、DD29 付近で最大厚となり約 240m である。地域中央部にあたる DD51, DD52 付近では比較的薄く約 180m である。DD10, DD51 以南にあたる DD11, DD43 付近で最小となり約 150m である。

4.3.3 Upper Sandstone

一般に、本層の特徴は灰色細～中粒砂岩で、時にグリットを伴い炭質物破片が顕著である。また若干の灰色頁岩を伴う。層厚は約70mである。従来、このような特徴で下位の Lower Coal Zone と分けていたが、本調査の結果、本層にも Lower Coal Zone にみられるような粗粒砂岩が一部みられ、さらに本層の特徴である炭質物破片が Lower Coal Zone 中にも顕著にみられる。従って、従来の定義によって Upper Sandstone と Lower Coal Zone の境界を決定する際には非常に明瞭さを欠き、統一性を失う恐れがある。本解析ではこれらの不明瞭さをなくすため、Upper Sandstone の下限を次のように定め明確化した。即ち、Upper Transition Beds より下位の地層中に賦存する薄炭層のうち、最上部にあたる炭層の上盤をもって Upper Sandstone の下限とする。この薄炭層が貧化して消滅している場合には、他との岩相対比によって、それに相当する層準をもって Upper Sandstone の下限とする (Drawing 3)。

本調査では DD5 および DD41 を除いて全ての試錐孔で本層を確認している。本層の層厚は Lower Coal Zone と同様に Lubhuku 地域の東側へ向って厚くなる傾向にあり、DD29 付近で最大となり約 89m である。

4.3.4 Upper Transition Beds

一般に、本層の特徴は砂岩と灰青色頁岩の互層である。特に最下部の頁岩は細粒砂岩を細く縞状に夾み、本層の鍵層となる。本層の厚さは約 95m である。本層は 5 本の試錐孔 (DD1, 2, 5, 41, 49) を除く他の全ての試錐孔で確認しているが、全層を確認できたのは 8 試錐孔 (DD25, 26, 50, 28, 29, 38, 13, 31) である。層厚は DD25, DD26 付近で比較的薄く (50~60m)、DD28, DD38 付近ではそれぞれ 95m, 88m と厚い。本層の下部には薄い石灰質層がみられるが、その発達は局部的であり DD28, 50, 52 の 3 試錐孔で確認したのみである。

4.3.5 Upper Coal Zone

本層は頁岩、石炭、砂岩から成り、炭層を介在する頁岩帯と砂岩帯によって 8 つの Zone に区分されている。Table 6 に示すように奇数番号 Zone は砂岩帯で、偶数番号 Zone は石炭を夾む頁岩帯に分帯されている。但し、Zone 1 のみは石炭および頁岩を伴う。

本層の層厚は約160mである。本層を確認したのは8試錐孔(DD25,26,50,28,29,38,13,31)であった。この内、炭層を確認したのは、DD26,DD29およびDD50の3孔であり、他はZone 2の最下部あるいはZone 1の層準から掘削を開始している。炭層に達したDD26 およびDD50 では Zone 3 の下部から掘削を開始し、Zone 2 および Zone 1 の薄炭層群を確認した。Zone 2 の石炭層はおよそ3つの薄炭層群に分けられるが、各々頁岩の夾みが多く、炭層そのものが非常に薄いものとなっている。最も厚い炭層でも67cmである。DD29ではZone 1から掘削を開始し、薄炭層(40cm)を確認している。

なお、スワジランドの地質図(縮尺1/50,000)によれば、本層は南北方向に分布しDD26の東方約1.5kmの位置で幅300~500mの範囲となっているが、解析の結果、Upper Coal Zone と Upper Transition Beds との境界はDD25 および DD28 の西方へ大幅に修正しなければならない事が判明した。DD25ではUpper Coal ZoneのZone 2から、DD28ではZone 1からそれぞれ掘削を開始している。本層の上限は、1975年にShell Coal (Pty.) Ltd.がUpper Coal Zoneの探鉱を目的として、Lubhuku地域東方で行った浅尺試錐のデータを使用して決定した。これによって本層の上部境界は既存の地質図よりも約400m東方へ修正された。

以上の解析結果によって、Upper Coal Zoneの分布は従来考えられていたものより広範囲に亘る事が判明した(Drawing 1参照)。

4.3.6 砂岩の検鏡試験

Upper Sandstone 下部からLower Coal Zone 下部にかけた砂岩の検鏡結果では、主成分鉱物は石英が主で正長石、斜長石および微斜長石がこれに次いでいる。石英、長石の粒子間にこれら粒子の圧力で屈曲あるいは変形した微量の白雲母、黒雲母がみられる。その他、方解石、緑泥石、絹雲母が粒子間を不規則に充填している。

これら粒子の粒度は一般に直径0.3~1.0mmで、殆どの粒子は亜角状から亜円状(円磨度0.15~0.40)であり、部分的に円状のもの(円磨度0.40~0.60)がみられる。粒子の淘汰は全般にやゝ悪いが、局部的にやゝ淘汰の良いものもみられる。重鉱物としては極く微量の石榴石、ジルコン、燐灰石、微鉄鉱等のみで、層序対比の手段として重鉱物は利用できない。砂岩の代表的な顕微鏡写真をPlate 3に示す。

これら砂岩は全層準にわたって構成鉱物、円磨度、粒子の淘汰等が殆ど類似しており、

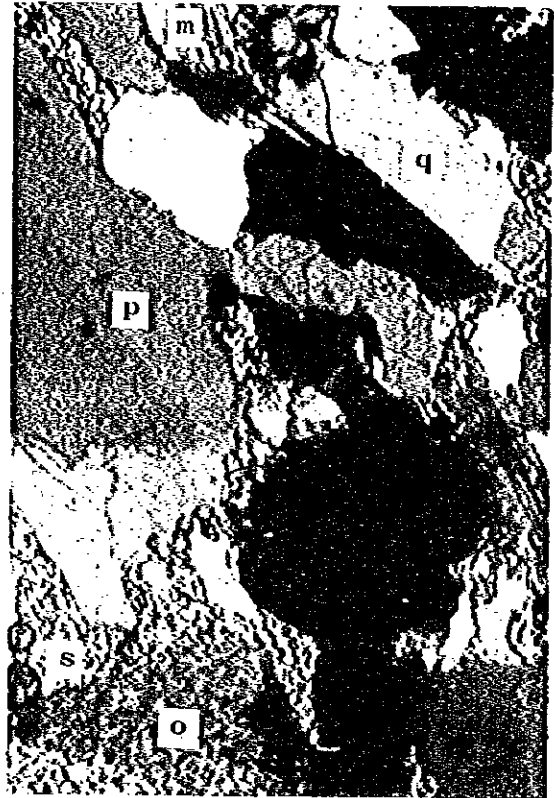
Plate 3. Photomicrographs of Sandstone

1. Arkose sandstone
Upper Sandstone, Middle Ecca Series
DD 3, 75.0 m, crossed nicol, x40
2. Arkose sandstone
Lower Coal Zone, Middle Ecca Series
DD 3, 191.0 m, crossed nicol, x85
3. Subarkose sandstone
Lower Coal Zone, Middle Ecca Series
DD 3, 307.0 m, crossed nicol, x40
4. Subarkose sandstone
Upper Sandstone, Middle Ecca Series
Dolerite fragments in sandstone
DD 43, 119.2 m, crossed nicol, x40

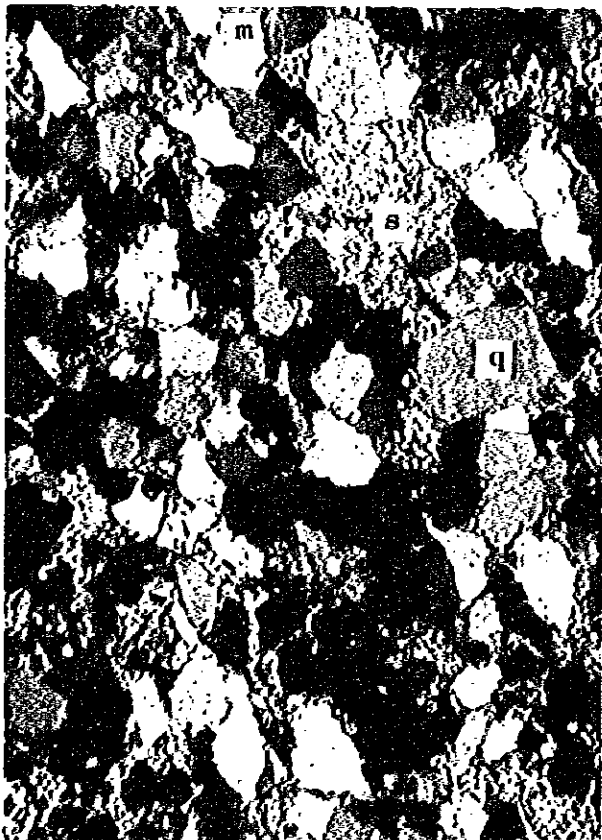
Remarks: q: quartz o: orthoclase P: plagioclase
b: biotite m: muscovite s: sericite



1.



2.



3.



4.

いずれも花崗岩類、片麻岩類から由来した準アルコース～アルコースで大陸性堆積物である。

4.4 地質構造

スワジランドの Karoo 系の分布する地域では N-S 系の地質構造が卓越しており、断層も N-S 系が顕著で部分的にこれを斜交する断層もみられる。ドレライト岩脈も N-S 系が殆どであり、これら N-S 系構造は N-S 方向の Lebombo 地溝帯の発展と関係あるものと考えられる。

Lubhuku 地域では西部の鉄道沿いに N-S 系の主要断層が走っており、これは本地域で最も顕著な断層であるので「Lubhuku 断層」と仮称する。本断層は従来は DD1, DD5 の西側を通り、DD6 南方で NE-SW 系の断層で一旦切られるが南方へ連続し、DD11 の東側を通るとされていた。しかし、今回の試錐結果では DD1 と DD2 との間で地層の不連続が認められ、DD11 東方ではこれが認められない事から、本断層は DD1 の東側、DD11 の西側を通るものと予想する (Drawing 1)。

また、DD6, DD10 付近には Lubhuku 断層とこれから派生する NNW-SSE 系断層との間に地溝状の落込みが形状され、Molteno Beds および Cave Sandstone が分布するとしていたが、DD10 では地表近くで Upper Transition Beds を確認しており、周辺の地層との不連続が認められないので、この構造はないものとする。

試錐の結果、本地域内には Lubhuku 断層とほぼ平行する幾つかの N-S, NNE-SSW 系断層の存在が予想されるが、これらはいずれも小規模なものである。本地域に発達する断層は一般に西傾斜の正断層で、落差は 10~50 m とみられる (Drawing 2a, 2b)。

本地域における地層の走向は北部から南部にかけて N-S, NNE-SSW, NNW-SSE と変化しており、DD11~DD31 付近に東へ極く緩くプランジする向斜構造が認められる。また、DD51~DD52 付近にはこれとほぼ平行する背斜構造がみられる。傾斜は西部では一般に東へ 10° 以内で 5° 以内が殆どであり、東部では若干急となって 10~20° E である。1/50,000 地質図では DD43 付近に小規模なベースン構造があり、Molteno Beds と Cave Sandstone が分布するとしているが、DD43 は地表近くで Upper Transition Beds を確認しており、この構造は存在しないと考える。

ドレライト・シル貫入の地質構造に与える影響については、データが不足のため今後の

詳細な調査が必要であるが、今回の試錐の結果では傾斜シル貫入に伴う上位の地層の押し上げにより、シルの上盤で地層のずれが認められた。また、ドレライト・シル貫入により局部的な地層の走向・傾斜の変化も認められ、DD11~DD31付近にみられる向斜構造もドレライト・シルの貫入に一部起因するもの（北部にシル「A」、「B」、南部にシル「C」、「D」が貫入）と考えられる。

4.5 Karoo ドレライト

4.5.1 産 状

Lubhuku 地域で実施した全試錐孔で厚さ 1 cm から 100 m 以上に達する種々の Karoo ドレライトを捕捉した。これらのドレライト貫入岩体はその産状から調和シル、傾斜（不調和）シルおよび岩脈の 3 つに区分される。

調和シルは周囲の地層にほぼ調和して貫入しており、傾斜シルは地層の層理を切って貫入し、一般にその傾斜は 15° ~ 50° である。シルの走向、傾斜は個々の貫入岩体で異なり、同一貫入岩体でも部分的に変化して、時に分岐する。シルの大部分は傾斜シルである。現在までの調査ではシルの貫入する特定の層準は認められず、Karoo 系全般に広く貫入している。一般にシルの貫入により上位の地層は下位の地層から分離され、持上げられている。なお、厚いシルが貫入する場合は一部被貫入層を置換したとみられる部分もある。

岩脈は走向は $N-S$ 、傾斜は一般に垂直に近く、幅は 10 m 位までのものが多いが、時に 50 m に達するもの (DD45) もあり、また断層沿いにも貫入している。岩脈は部分的にシルと合体したり、或いはこれを切ると言われており、DD9, DD41, DD51, DD52 で中~粗粒のドレライト・シル中に幅 1~3 m の細~極細粒ドレライトの岩脈がみられる。

また、ドレライト・シルの貫入に伴ってドレライト中に砂岩、頁岩、石炭の小破片および被貫入岩中にドレライトの小角礫が局部的にみられ、DD29, DD43 ではドレライトと被貫入岩との混成現象が僅かに認められる。

ドレライトの貫入時期は数回あると言われており、本地域でも岩相の異なるドレライト・シルが接していたり (DD34)、ドレライト・シル中に異質のドレライト小角礫を含む (DD51) ことからみて、一回以上の貫入があったものと思われる。前述のごとく岩脈がシルを切ることから、岩脈は若干後期まで貫入したと考えられる。

試錐で確認したドレライトの貫入頻度（試錐孔中のドレライト ϕ ）をみると、本地域の北部ではドレライトの割合は1~25 ϕ と低いが、中部および南部では一部を除いていずれも25~40 ϕ と相対的に高くなっている（Figure 7）。特にDD9およびDD34では70%以上と著しく高い。

一方、シルの貫入状況をみると4つの主要シルが認められ、シル「A」,「B」は本地域の中部から北部の南にかけて分布し、シル「C」,「D」は南部に分布する（Figure 8）。各シルの分布範囲および最大厚は次のとおりである。

	分布範囲	最大厚
シル「A」	約 30 km	200 m 以上 (DD9)
シル「B」	約 17 km	約 70 m (DD9)
シル「C」	約 28 km	約 100 m (DD38)
シル「D」	約 8 km	約 140 m (DD34)

これらのシルは膨縮を示すと共に走向・傾斜が変化し、部分的に緩いベースン様或いはドーム様構造を呈し、時に分岐或いは薄層化して尖滅する等、複雑な産状を呈している（Drawing 7）。

4.5.2 岩石学的特徴

ドレライトは一般に塊状、緻密で暗緑灰色を呈し、部分的に変質して淡緑灰~淡灰色を示す部分もある。また、断層、節理が発達するとドレライトは脆弱となり、広範囲に破砕され粉化される。

検鏡試験の結果では、岩脈および薄いシルは中心部がドレライトまたは玄武岩で周縁部では細粒の玄武岩に変わっており、厚いシルは中心部がドレライト或いは斑柄岩質または輝岩質岩石で周縁部では玄武岩に移行している。一般に母岩との接触部には幅狭い急冷周縁相がみられる。

主成分鉱物は斜長石（一般に曹灰長石~亜灰長石）および普通輝石で、部分的に少量の橄欖石、斜方輝石、ピジョン輝石、角閃石、黒雲母を伴う。副成分鉱物としてチタン磁鉄鉱、イルメナイトの小粒が岩石全体に散在しており、燐灰石、ソーダ沸石もみられる。厚いシルでは局部的に極く微量の石英およびアルカリ長石のみられることがある。変質鉱物としては緑泥石、緑れん石、方解石、絹雲母および蛇紋石がみられる。

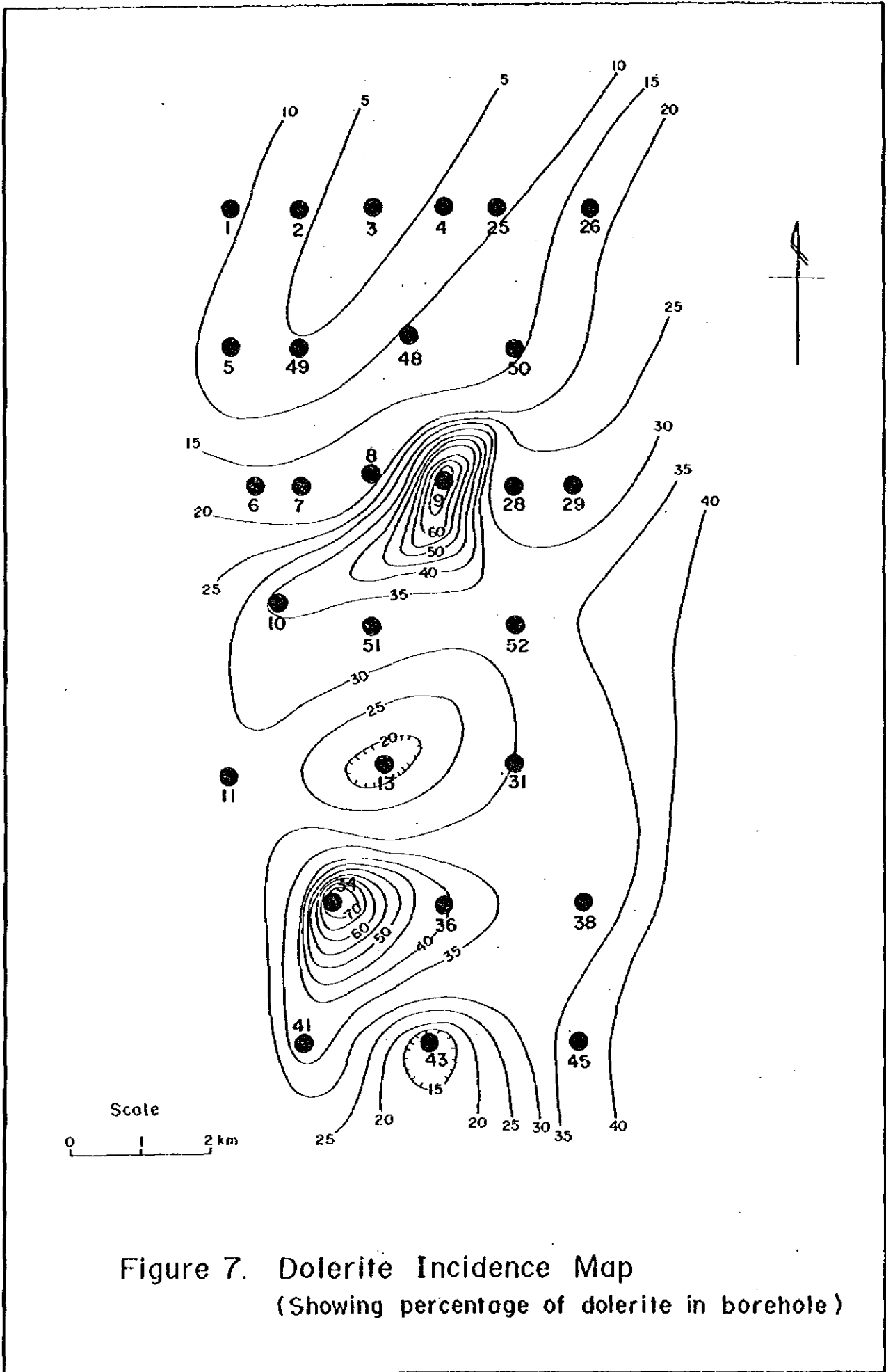


Figure 7. Dolerite Incidence Map
 (Showing percentage of dolerite in borehole)

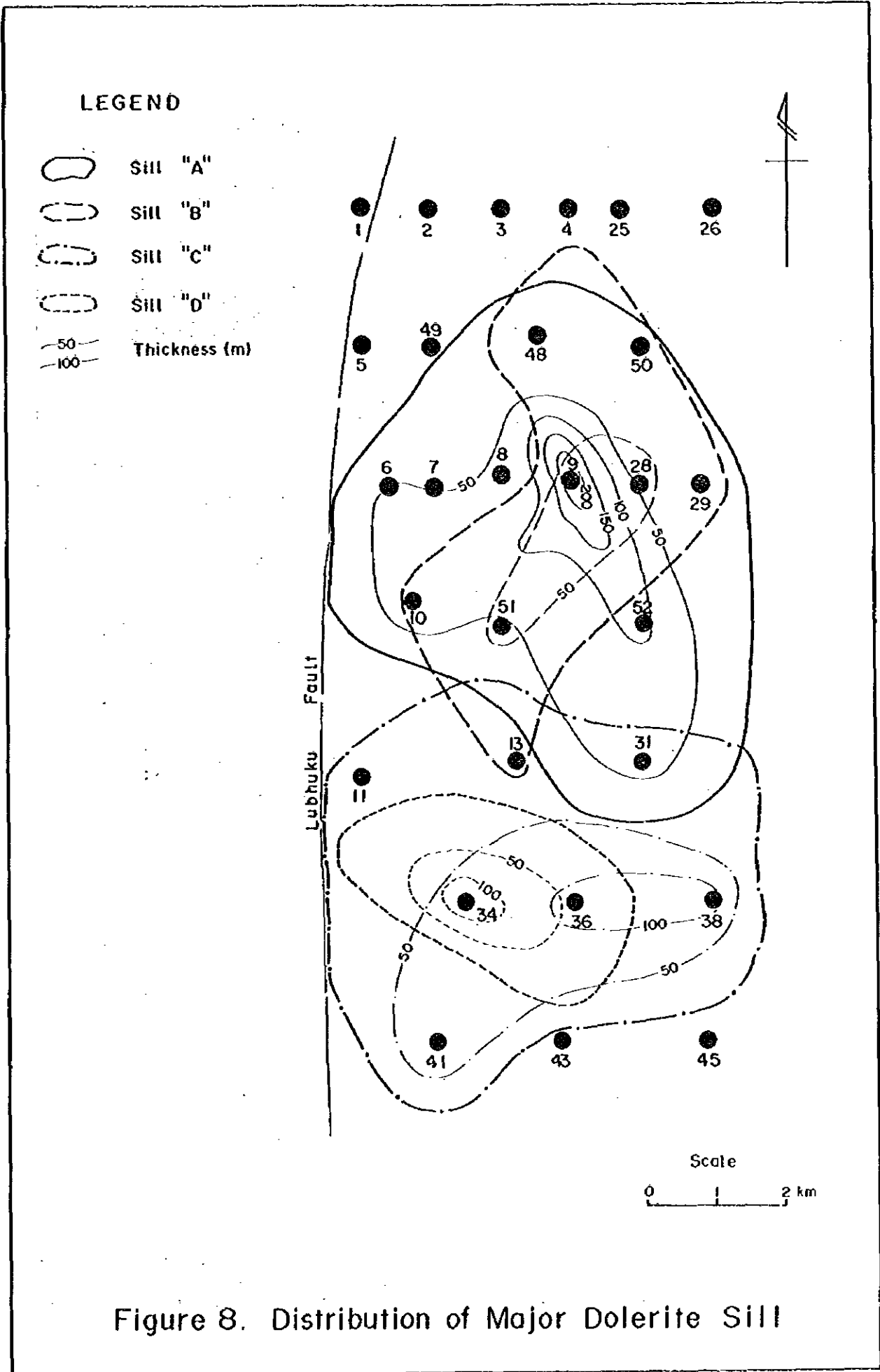


Figure 8. Distribution of Major Dolerite Sill

鏡下で観察されるドレイトの岩石学的特徴を Table 7 に示す。

Table 7 ドレイトの岩石学的特徴

産 状	部 分	組 織	構 成 鉱 物
岩脈および 薄いシル	接 触 部	ガラス状	タキライトの細い黒褐色帯 (3~5 μ m)
	周 縁 部	斑状, 玄武 岩状	輝石, 斜長石マイクロライトから成るメソスタ シス, または細粒石基中に輝石, 橄欖石の斑晶
	中 心 部	オフィチック, 玄武岩状	粒状輝石, 短冊状斜長石の石基中に輝石, 橄欖 石の斑晶
厚いシル	接 触 部	ガラス状	ガラス状石基中に斜長石, 輝石小結晶から成る 急冷周縁相 (4~6 μ m)。直接接触部に鉄酸化物 から成る極細い黒色帯 (0.1 μ m)
	周 縁 部	玄 武 岩 状	短冊状斜長石 (曹灰長石), 小粒状輝石の石基 中に輝石, 橄欖石, 斜長石の斑晶
	中 心 部	完晶質, オ フィチック	輝石, 橄欖石の結晶を短冊状斜長石 (垂灰長石 ~曹灰長石) が充す。若干の短冊状斜長石石基 中に輝石, 斜長石, 橄欖石の結晶

本地域にみられる Karoo ドレイトは典型的なドレイトの他に斑岩, 輝岩から玄武岩, 細粒玄武岩相もみられる。有色鉱物の組合せは橄欖石-普通輝石, 普通輝石-斜方輝石, 普通輝石-ピジョン輝石, 普通輝石, 普通輝石-黒雲母であり、局部的にやゝ酸性の岩相もみられる。これらの貫入岩はいずれも大陸地域にみられる典型的なソレアイト質玄武岩である。

ドレイトの代表的な顕微鏡写真を Plate 4, 5, 6 に示す。

4.5.3 炭層に与える影響

スワジランドの石炭はいずれも半無煙炭乃至無煙炭であり、これら石炭の無煙炭化は炭層堆積後の Stormberg 統火山岩類および Karoo ドレイトの大規模な火山活動に伴う熱の影響と考えられる。Karoo ドレイトの炭層に与える直接的な影響は炭層の置換と炭質の変化である。

ドレイト・シルの貫入により主要炭層の全てが置換されたとみられるのは DD9 および DD34 (Drawing 5a, 5b) であり、Main Seam が喰われているのは DD26 および DD52 である。その他幾つかの試錐孔で主要炭層の一部が置換されている。また、DD2, DD8,

Plate 4. Photomicrographs of Dolerite

1. Contact between dolerite dyke and sandstone
Blackish brown zone of tachylite along the contact.
DD 10, 167.7 m, open nicol, x85
2. Marginal part of the dyke
Porphyritic olivine-basalt. 17 mm apart from the contact.
DD 10, 167.7 m, open nicol, x40
3. Central part of the dyke
Olivine-basalt, coarse-grained.
DD 10, 161.6 m, crossed nicol, x40
4. Contact between different facies of dolerite
Cracks occur in basaltic rock along the contact of altered dolerite.
DD 9, 121.8 m, open nicol, x40

Plate 5. Photomicrographs of Dolerite

1. Contact between dolerite sill "A" and sandstone. Chilled margin, very narrow black band along the contact.
DD 6, 108.9 m, open nicol, x85
2. Marginal part of the sill "A"
Basalt
DD 6, 143.4 m, open nicol, x85
3. Central part of the sill "A"
Dolerite, partly gabbroic.
DD 6, 128.3 m, crossed nicol, x40
4. Dolerite enclosing quartz fragments
DD 6, 119.0 m, open nicol, x40

Plate 6. Photomicrographs of Dolerite

1. Dolerite sill "C"
Pyroxenite.
DD 41, 181.2 m, open nicol, x40
2. Dolerite sill "C"
Dolerite.
DD 38, 352.0 m, crossed nicol, x40
3. Contact between sill and coal seam
Basalt, altered
DD 51, 354.3 m, open nicol, x40

Remarks: o: olivine a: augite r: orthopyroxene pi: pigeonite
p: plagioclase q: quartz c: chlorite g: garnet



1.



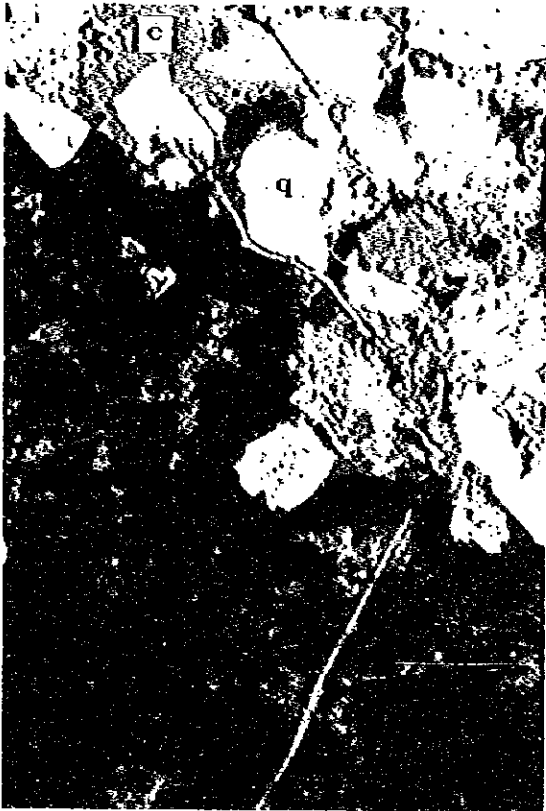
2.



3.



4.



1.



2.



3.



4.

Plate 6.



1.



2.



3.

DD10, DD13等ではMain Seamの一部がシルによって喰われている。

ドレライトの貫入に伴う熱の影響を受ける範囲は一般にシルではその厚さにほぼ等しい距離、岩脈では両側にほぼその幅だけと言われている。しかしながら、実際に炭層が焼きつき、コークス化等の熱変質を受けるのはシルよりも岩脈の方が普遍的のようである。厚いシルの影響をみると、シル「C」(厚さ100m)の上下盤5~20mの範囲では焼きつきがみられるが、30m以上では殆ど影響を受けていない(DD38)。一方、シル「A」(厚さ65m)ではシル直下の炭層は焼きつきがみられ、シルから約3m下位の炭層では一部影響を受けているが16m離れると殆ど影響はない(DD8)。また、厚いシルの直ぐ近くでも影響のみられない場合もある。焼きつきが普遍的にみられるのはむしろ薄いシルに直接接する炭層であるが、この場合でも殆ど影響のみられない炭層がかなりある。試錐ではドレライト岩脈の炭層に与える影響は的確には分らないが、Mpaka炭鉱では岩脈の両側でほぼ岩脈の幅だけ炭質が変化している。

Main Seamがドレライトの影響を受けて焼きつき、コークス化しているのはDD1, DD8, DD11, DD13, DD51で観察された。

4.6 炭層賦存状況

4.6.1 賦存概況

Lubbuku地域の夾炭層には上位の薄炭層群からなるUpper Coal Zoneとその下位約180mの層準にあるLower Coal Zoneがあり、今回の調査対象となったのはLower Coal Zoneである。Lower Coal Zoneには3層の主要炭層があり、上位よりIntermediate Marker, Main Seam, Footwall 3と呼ばれ採行対象となる。この3層の他にも多いところで約20枚の薄炭層がみられるが、採行対象とはならない(Drawing 8)。Lower Coal Zoneは粗粒砂岩が優勢であるため岩相の横への変化が激しく、特に、上部の薄炭層は場所によって消滅している所もある。しかし、下部の炭層は層厚および夾みに変化はみられるが連続性が良く、Top Marker, Intermediate Marker, Main Seamという一つの炭層群として捉える事によって対比が可能である。一方、Main Seam下位のFootwall 1~3層については各々の炭層厚および層間の変化が激しい。

本地域での炭層賦存に大きく影響を与えているのはドレライト・シルおよび岩脈で、炭層の欠層さらには無煙炭化という現象を引き起こしている。特に南部区域でその影響

が著しい。

炭層の走向は北部でNE-SW、中央部から南部にかけてNW-SEに転じる。傾斜は東へ5°~10°と緩い。地域中央部にあたるDD52付近では背斜構造を反映して炭層の賦存深度がかなり浅くなっている(Drawing 9)。

各試錐における主要炭層の概要をTable 8に示す。

4.6.2 Intermediate Marker Seam

今回の試錐調査でIntermediate Marker Seamを確認したのは28試錐孔中、19試錐孔であった。残り9本の試錐では、ドレライトの貫入による欠層が6本(DD1,9,10,34,45,51)、断層によって本層を確認できなかったのが3本(DD36,43,48)であった。本層に達した試錐孔の中で、DD5が最も厚く、山丈2.06m(炭丈1.83m)、DD31で最も薄く山丈・炭丈とも0.40mである(Drawing 10a)。本層の発達状況の傾向を判断するには南部区域でのデータが少ないため断定はできないものの、南部に比較して北部、特に北部西方で発達状況が良好と思われる。

一般に、本層の上盤は粗粒砂岩、下盤は頁岩であり炭層内に夾みを伴わない。

調査地域内でドレライトの貫入により本層の賦存が見込めない主な範囲は次のようである。

- ① DD9を中心として、幅約300mで南北に3kmの範囲
- ② DD51から幅約500m、南南東へ1.5kmの範囲
- ③ DD34を中心として、1.2km×1.5kmの範囲
- ④ DD38の南西1kmの地点を中心として、幅300m、南南西方向へ約1.8kmの範囲
- ⑤ DD45を中心として、幅350m、南南西約1kmの範囲

4.6.3 Main Seam

Main Seamは調査地域における夾炭層中最も厚い炭層である。スワジランドで現在唯一の採業炭鉱であるMpaka炭鉱では本層を採掘している。一般に、本層は厚さ40~70cmの頁岩乃至砂質頁岩を夾む2つの炭層からなる。上部の炭層は厚さ10~50cmの薄層である。上盤は頁岩、時に粗粒砂岩、下盤は砂質頁岩乃至頁岩である。

本層を確認したのは28試錐孔中21試錐孔であった。残り7本についてはドレライトの

Table 8-a Thickness of Coal Seams

	DD1	DD2	DD3	DD4	DD25	DD26	DD5	DD49	DD48	DD50	DD6
Height of Collar (m)	+281.8	+292.5	+292.2	+260.6	+271.3	+260.5	+290.9	+277.0	+275.3	+251.4	+282.5
TOP MARKER											
Depth to Seam (m)		157.76	199.54	231.88	334.62	381.23	132.25	156.86	316.78	352.67	243.45
Seam Thickness	—	0.42	0.32	0.33	0.36	0.24	0.45	0.39	0.04	0.35	1.05
Coal Thickness		0.42	0.30	0.18	0.36	0.24	0.45	0.39	0.04	0.22	0.60
INTERMEDIATE MARKER											
Depth to Seam (m)		164.33	206.89	239.34	341.87	388.15	139.29	164.97		359.72	251.16
Seam Thickness	—	1.58	1.30	1.54	1.53	1.08	2.06	1.73	—	1.35	1.66
Coal Thickness		1.58	1.28	1.54	1.53	0.83	1.83	1.73		1.35	1.55
BOTTOM MARKER											
Depth to Seam (m)		172.80	216.32	247.95	351.55		147.15	173.19		366.61	288.95
Seam Thickness	—	0.55	0.51	0.41	0.42	—	0.70	0.50	—	0.43	0.37
Coal Thickness		0.55	0.48	0.41	0.42		0.58	0.50		0.43	0.35
MAIN SEAM											
Depth to Seam (m)	212.16	202.43	231.54	266.58	364.45		162.97	190.22	319.50	386.54	284.25
Seam Thickness	1.69	1.67	4.14	4.70	3.87	—	4.99	4.65	1.36	3.83	4.26
Coal Thickness	1.51	1.03	2.42	3.72	3.36		4.57	4.30	1.07	2.81	3.81
FOOTWALL 3 SEAM											
Depth to Seam (m)	238.54	216.78	261.15	289.33	387.83		194.27	219.07	344.20		306.55
Seam Thickness	2.20	1.14	1.07	1.07	0.69	—	1.48	1.23	1.24	—	1.11
Coal Thickness	1.96	1.10	1.07	0.97	0.69		1.38	1.08	1.10		0.96

Table 3-b Thickness of Coal Seams

	DD7	DD8	DD9	DD28	DD29	DD10	DD51	DD52	DD11	DD13	DD31
Height of Collar (m)	+270.0	+252.8	+248.9	+254.50	+238.0	+266.2	+266.0	+261.8	+274.2	+248.7	+250.0
Depth to Seam (m)	256.18	223.08		364.14	385.90		264.60	279.82	191.90	305.20	344.90
Seam Thickness	0.55	0.40	—	0.23	0.20	—	0.11	0.50	0.40	0.65	0.12
Coal Thickness	0.55	0.40		0.23	0.20		0.11	0.40	0.20	0.57	0.02
Depth to Seam (m)	262.45	229.62		372.17	391.40		287.19		199.17	319.87	367.85
Seam Thickness	1.25	1.43	—	1.53	1.37	—	—	0.96	1.43	0.52	0.40
Coal Thickness	1.25	1.43		1.42	0.50			0.73	1.43	0.52	0.40
Depth to Seam (m)	271.50			379.35	398.45				207.40	324.96	378.48
Seam Thickness	0.51	—	—	0.27	0.35	—	—	—	0.80	0.10	0.02
Coal Thickness	0.18			0.27	0.35				0.80	0.10	0.02
Depth to Seam (m)	294.94	302.70		396.55	412.69	294.40	353.92		219.30	334.21	
Seam Thickness	2.84	2.11	—	2.35	3.93	2.20	3.79	—	3.16	2.09	—
Coal Thickness	2.34	2.11		1.88	2.15	2.20	2.76		2.96	1.95	
Depth to Seam (m)	318.53	324.23		428.52	452.62	314.07	381.97	360.99	290.77	384.69	
Seam Thickness	1.09	1.10	—	0.79	1.38	1.47	1.68	0.45	0.83	1.04	—
Coal Thickness	0.62	1.05		0.41	0.97	1.47	1.29	0.03	0.81	0.95	

Table 8-c Thickness of Coal Seams

	DD34	DD36	DD38	DD41	DD43	DD45
Height of Collar (m)	+276.9	+250.0	+232.0	+272.3	+280.2	+249.1
Depth to Seam (m)		250.17	411.94	98.94	231.70	
Seam Thickness	—	0.19	0.57	0.73	0.58	—
Coal Thickness		0.06	0.24	0.34	0.20	
Depth to Seam (m)			418.31			
Seam Thickness	—	—	1.18	—	—	—
Coal Thickness			1.18			
Depth to Seam (m)			424.16			
Seam Thickness	—	—	0.20	—	—	—
Coal Thickness			0.20			
Depth to Seam (m)			439.37	109.87	238.30	
Seam Thickness	—	—	1.99	1.15	1.20	—
Coal Thickness			1.75	0.63	1.16	
Depth to Seam (m)				134.67	268.41	
Seam Thickness	—	—	—	0.97	0.74	—
Coal Thickness				0.93	0.64	

貫入により欠層しているのが5本(DD9,26,34,45,52)、断層によって本層を確認できなかったのが2本(DD31,36)であった。逢着した試錐孔の中でDD5が最も厚く山丈4.99m(炭丈4.57m)、DD41で最も薄く山丈1.15m(炭丈0.63m)である(Drawing 10b)。なおDD11では約5.3mに亘ってMain Seamが分層しているが、これはドレライトの貫入(厚さ2.1m)によって本層がスプリットしたものと考えられる。

炭層の全般的な発達傾向をみると、本地域西方で炭層が厚く、東方へ向うにつれしだいに厚さを減じている。また、DD51-52ラインの北側を境として北部と南部を比較すると、明らかに前者の方で炭層の発達状況が良く、炭層堆積時にはこのラインを境として、北と南で二つの異なった堆積ベースンが存在したものと予想される。北部ではDD5およびDD49付近で炭層が最大厚となり、ここより南北および東方へ向けて厚さを減じていく。なお、北部の中心にあたるDD48では、砂岩-頁岩比から見た場合、砂岩の比率が周辺区域中最も高く、逆にMain Seamの厚さは最小(山丈1.36m, 炭丈1.07m)となっている。東端のDD28, DD29では炭層中に頁岩あるいは砂岩を夾み2~3層に分層する。一方、南部ではMain Seamを確認した試錐が少ない事もあるが、DD11で最大厚(山丈3.1m, 炭丈2.96m)となり、これより南北および東方へ向けて厚さを減じていく。

ドレライトの炭層に及ぼす影響については前述した通りで、Main Seamに関してもその賦存状況および炭質に大きな影響がみられる。DD2, DD8, DD10, DD11, DD13, DD48, DD51ではドレライトによって、Main Seamの一部が欠層している。

また、ドレライトによってMain Seamの賦存が見込めない主な範囲は次のようである。

- ① DD48南500m付近から幅約1km、南北方向に4kmの範囲
- ② DD29南500m付近から幅200~300m、南南西から南西方向へ約2kmの範囲
- ③ DD34を中心として、幅200~600m、南北方向へ1.3kmの範囲
- ④ DD36とDD38の中間付近から幅300m、南北方向へ1.9kmの範囲
- ⑤ DD45を中心として、幅400m、南西-北東方向へ約1kmの範囲

4.6.4 Footwall 3 Seam

一般に、Footwall 3 SeamはMain Seamの下位約20mの層準にあり、厚さ約1mの炭層である。上盤は粗粒砂岩乃至中粒砂岩で、下盤は砂質頁岩乃至頁岩である。

本層を確認したのは28試錐孔中20孔で、その大部分が調査地域北部に集中している。残り8試錐孔(DD26,50,9,31,34,36,38,45)に関しては全てドレライトの貫入により欠層している。本地域では本層と上位に重なるMain Seamの層間はあまり一定しておらず、12mから最大36mと変化する。炭層の厚さも変化が激しく、DD1で最も厚く山丈2.20(炭丈1.96m)であり、DD52で山丈0.45m(炭丈0.03m)と最も貧化している(Drawing 10c)。南部区域ではデータが少なく、判断するのは難しいが、全体的にみればMain Seamと同様北部区域西部での発達が最も良いものと思われる。

4.7 堆積環境

4.7.1 Ecca統の堆積環境

Ecca統の堆積環境をみると最下位の下部Ecca統は分級良好な極細粒の頁岩から成り、中部Ecca統は砂岩が優勢であり、上部および下部のTransition Bedsでは泥質相が部分的に顕著である。中部Ecca統の砂岩は長石、石英、白雲母を主とする花崗岩、片麻岩起源で、構成粒子の淘汰度および石英粒の円磨度からみて供給源は比較的近くにあったと考えられる。また、長石類は殆ど新鮮であり、気候はDwyka世の氷期から引続いて寒冷であったことを示している。一方、砂岩の大部分には斜葉理、斜層理が発達し、水流が堆積に重要な役割を演じており、淡水河成～デルタ堆積層である。Upper Transition Bedsには局部的に石灰質薄層がみられ、極く短期間局部的に海水が浸入したと考えられる。

下部Ecca統、Lower Transition Beds、Basal Sandstoneには活動的デルタ堆積層に特徴的な大規模の上方粗粒化堆積がみられ、これらの地層は各々デルタ底部相、先端相、前面相に相応すると考えられる。Lower Coal Zoneでは小規模な上方細粒化堆積サイクルを有する厚い地層の堆積がみられ、構造的に安定したデルタ頂部相および沖積平野堆積相を代表し、幾層もの炭層を生成している。プログラデーションは更に進み、Upper Sandstone、Upper Transition Bedsでは再び大規模の上方粗粒化堆積がみられ、各々デルタ前面相、先端相を代表している。Upper Coal Zone(上部Ecca統)では再度上方細粒化堆積サイクルを示し、泥質相が優勢であるので安定した湖成あるいは湿地帯の堆積物とみられる。

スワジランドのKaroo系全層序が良く保存されているのはLebombo地溝帯を形成した

継続的断層運動によるものと考えられる。

4.7.2 中部Ecca統の砂岩 - 頁岩比

Lower Coal Zone, Upper Sandstone および Upper Transition Beds の砂岩 - 頁岩比に基づく堆積環境をみると、次の特徴が認められる。

Lower Coal Zone の砂岩比は下部 (Top Marker ~ 下部境界) 85~95%, 上部 (上部境界 ~ Top Marker) 75~85% と全般に高いがほぼ一定しており、DD51~DD52ライン付近を境として南部および北部に各々安定した堆積ユニット (堆積ベースン) が認められる。この堆積ユニットは構造的に安定したデルタ頂部相および沖積平野堆積相を代表しており、炭層の生成に好適な場を提供した (Figure 9, 10)。Lower Coal Zone 上部ではこの堆積ユニットは多少不安定となり、Upper Sandstone, Upper Transition Beds 堆積時には消滅している。Upper Sandstone, Upper Transition Beds では水中水路が発達し、砂岩比は各々 60~90%, 35~80% と漸減して頁岩が相対的に増加し、地域的な砂岩 - 頁岩比の変化が大きく、炭層堆積の場はみられない (Figure 11, 12)。

堆積物供給水路周辺では局部的に Lower Coal Zone 上部 (DD29, DD43) および Upper Sandstone (DD3, DD8, DD43) にスランピング又は同時浸蝕による乱堆積相がみられる。

砂岩 - 頁岩比から判断される堆積物の供給方向はいずれも東または東南方を示しており、供給源は西方のスワジランド高地 (先カンブリア時代の基盤岩類) と考えられる。

石炭比 (堆積層に対する石炭の割合) についてみると、Lower Coal Zone 下部では北部堆積ユニットが 5.0~9.5% と優勢で、水路砂岩の発達が著るしい DD48 (砂岩比 95%) を囲むように石炭比の高い部分が分布し特に西方の DD5, DD49 付近で最も高く、これは更に北方へ延びる傾向を示している。南部堆積ユニットの石炭比は 4.0~6.5% と相対的に低く、Main Seam 等の主要炭層の発達が北部よりも劣る傾向が明らかにみられる (Figure 13)。Lower Coal Zone 上部では堆積ユニットの不安定化の影響で石炭比は北部、南部両堆積ユニットともに低く 1.5~5.0% であり、炭層の発達は劣化している (Figure 14)。

4.8 花粉分析

スワジランドのEcca統からは化石として僅かに *Glossopleris* の破片が報告されているが、産出は稀でしかも保存が悪い。南アフリカからザンビアにかけて南部アフリカの下部

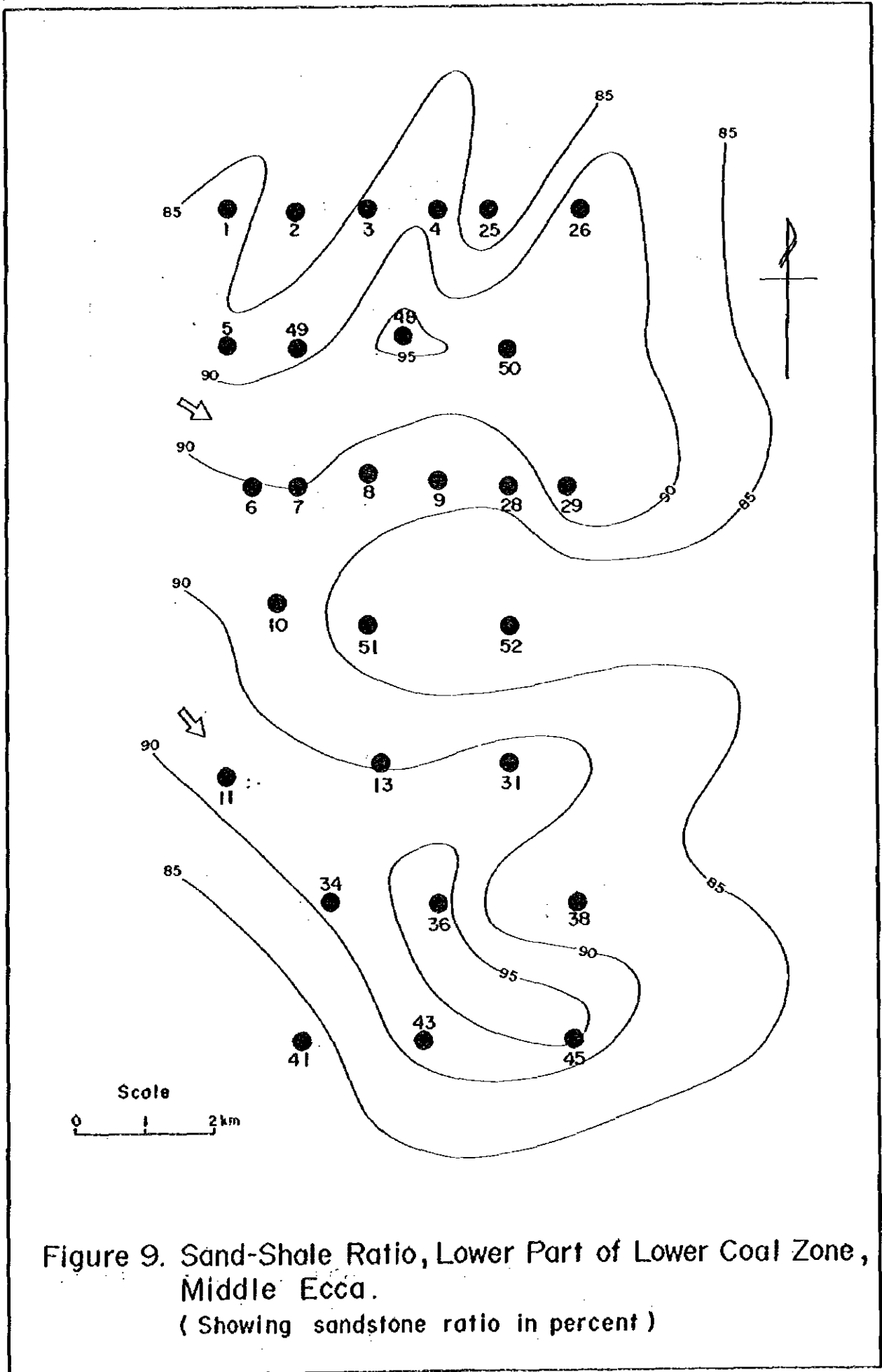


Figure 9. Sand-Shale Ratio, Lower Part of Lower Coal Zone, Middle Ecca.
 (Showing sandstone ratio in percent)

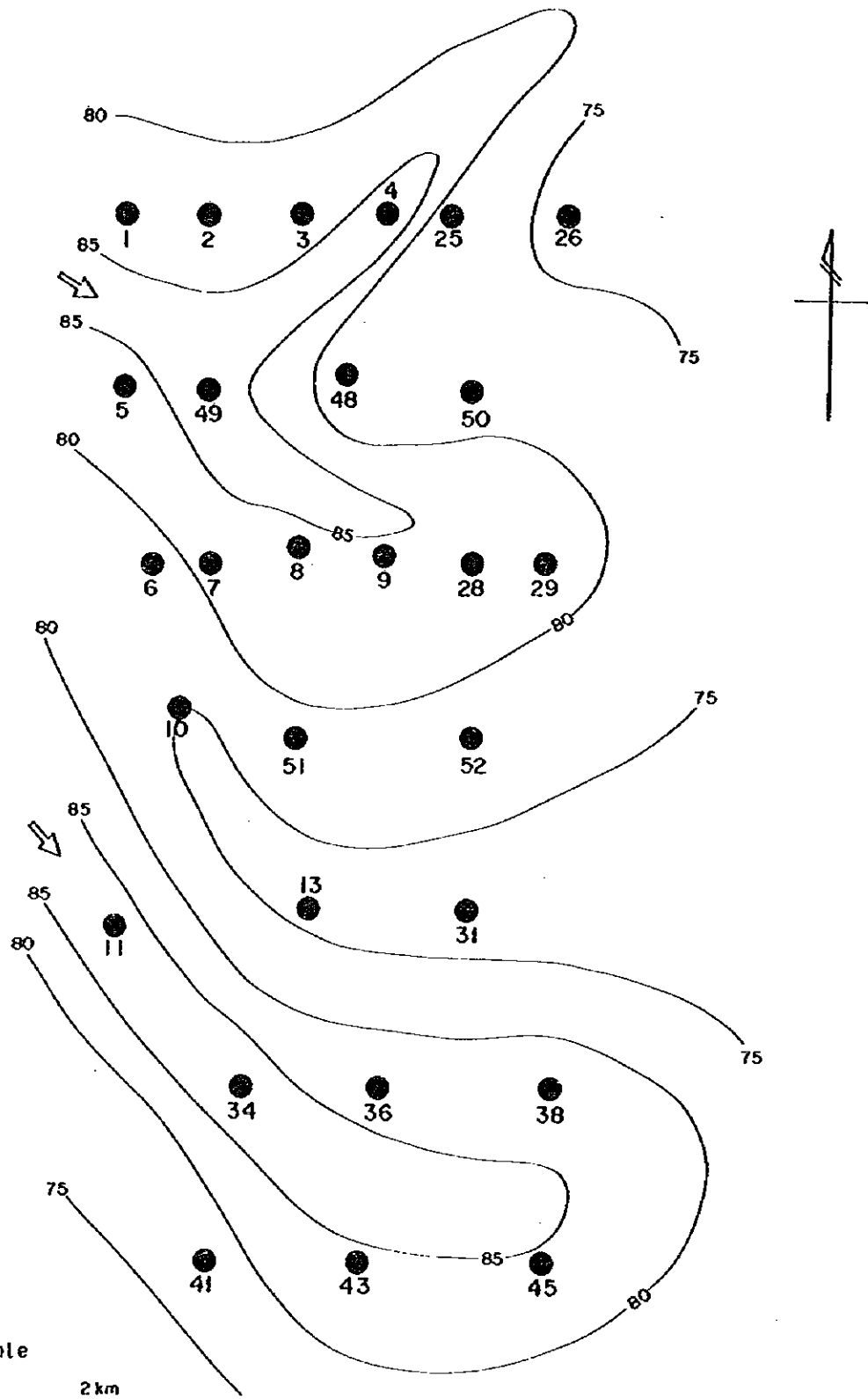


Figure 10. Sand-Shale Ratio, Upper Part of Lower Coal Zone, Middle Ecca.
 (Showing sandstone ratio in percent)

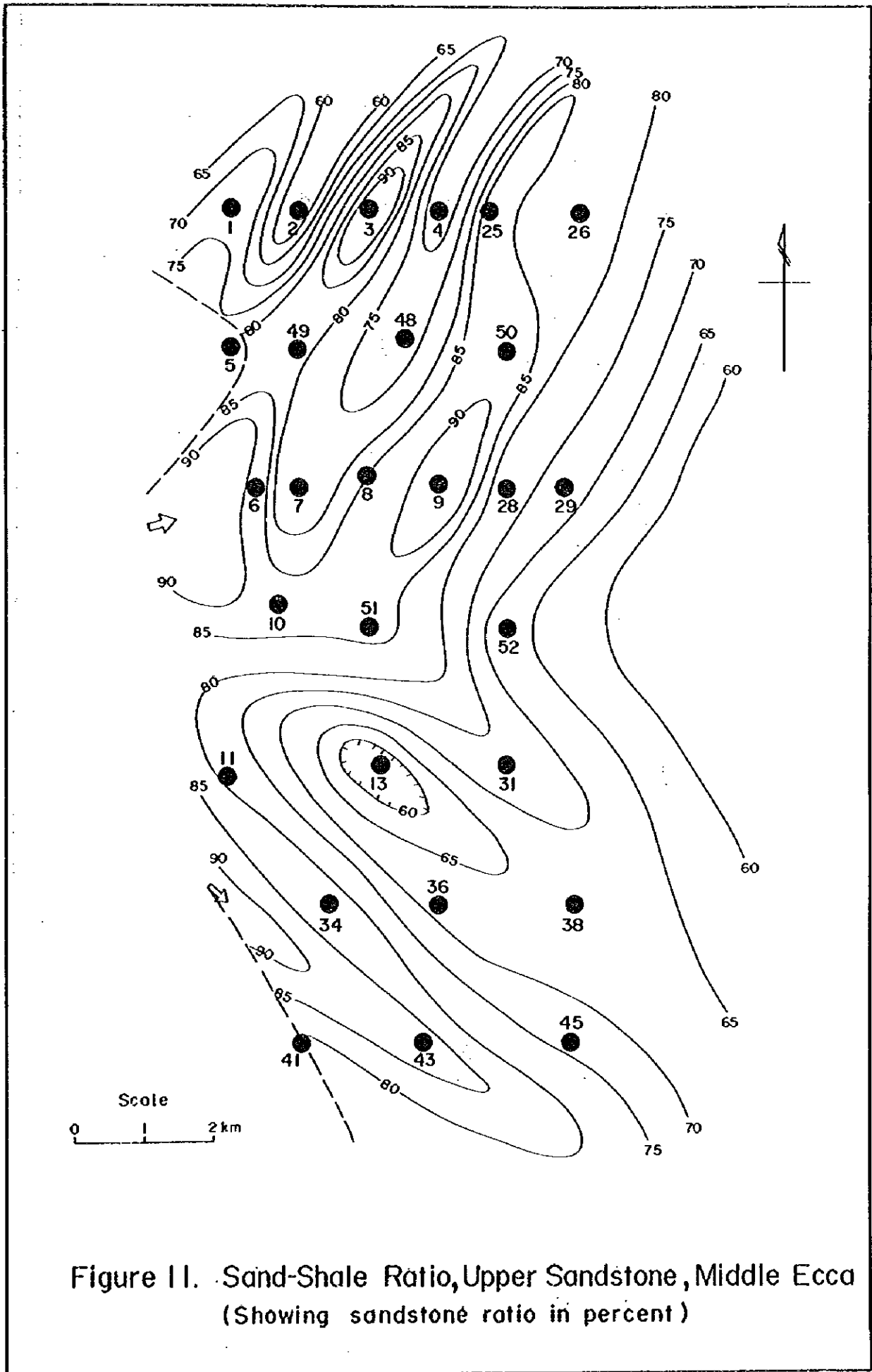


Figure 11. Sand-Shale Ratio, Upper Sandstone, Middle Ecca
(Showing sandstone ratio in percent)

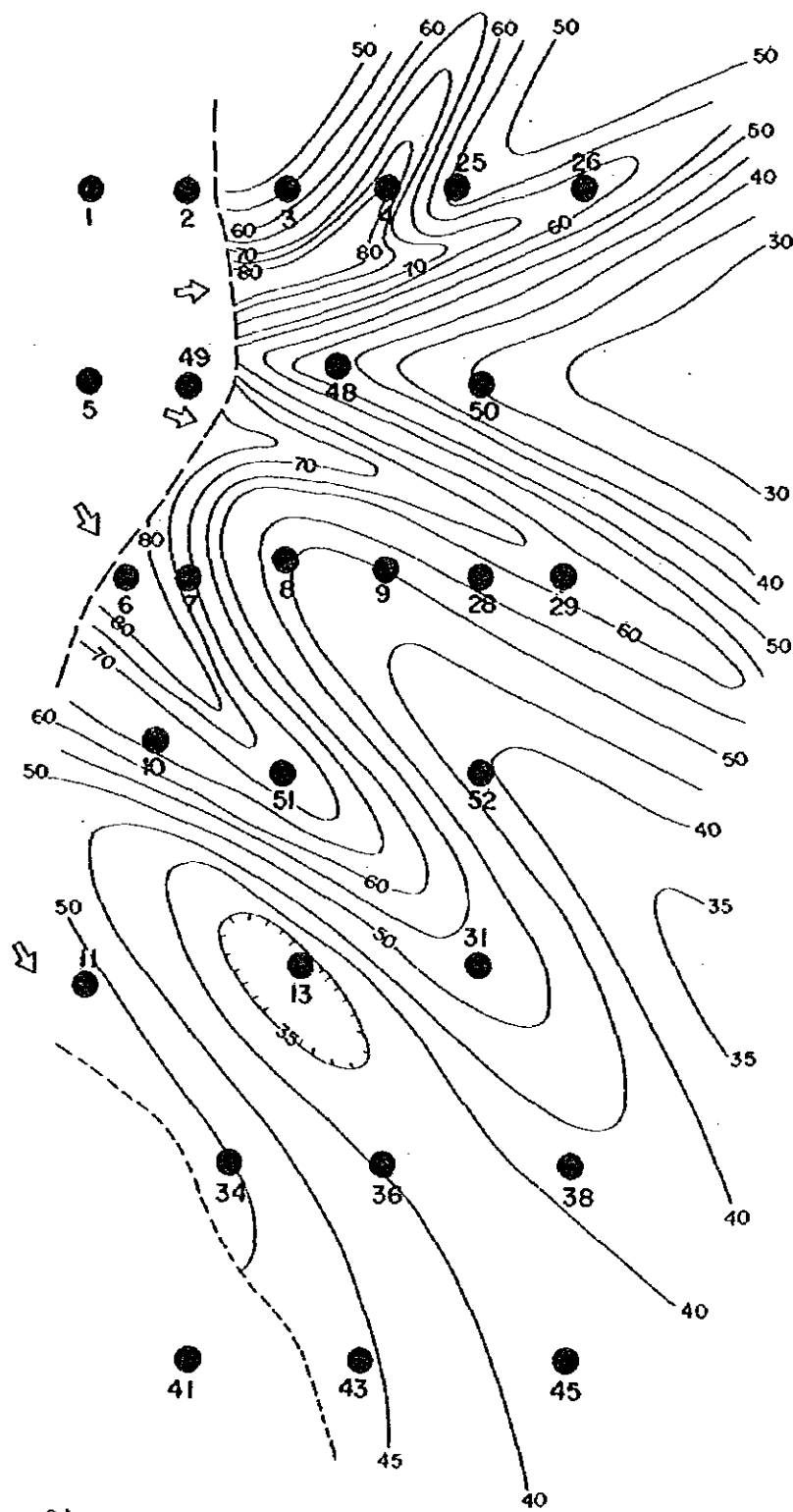


Figure 12. Sand-Shale Ratio, Upper Transition Beds, Middle Ecca.
(Showing sandstone ratio in percent)

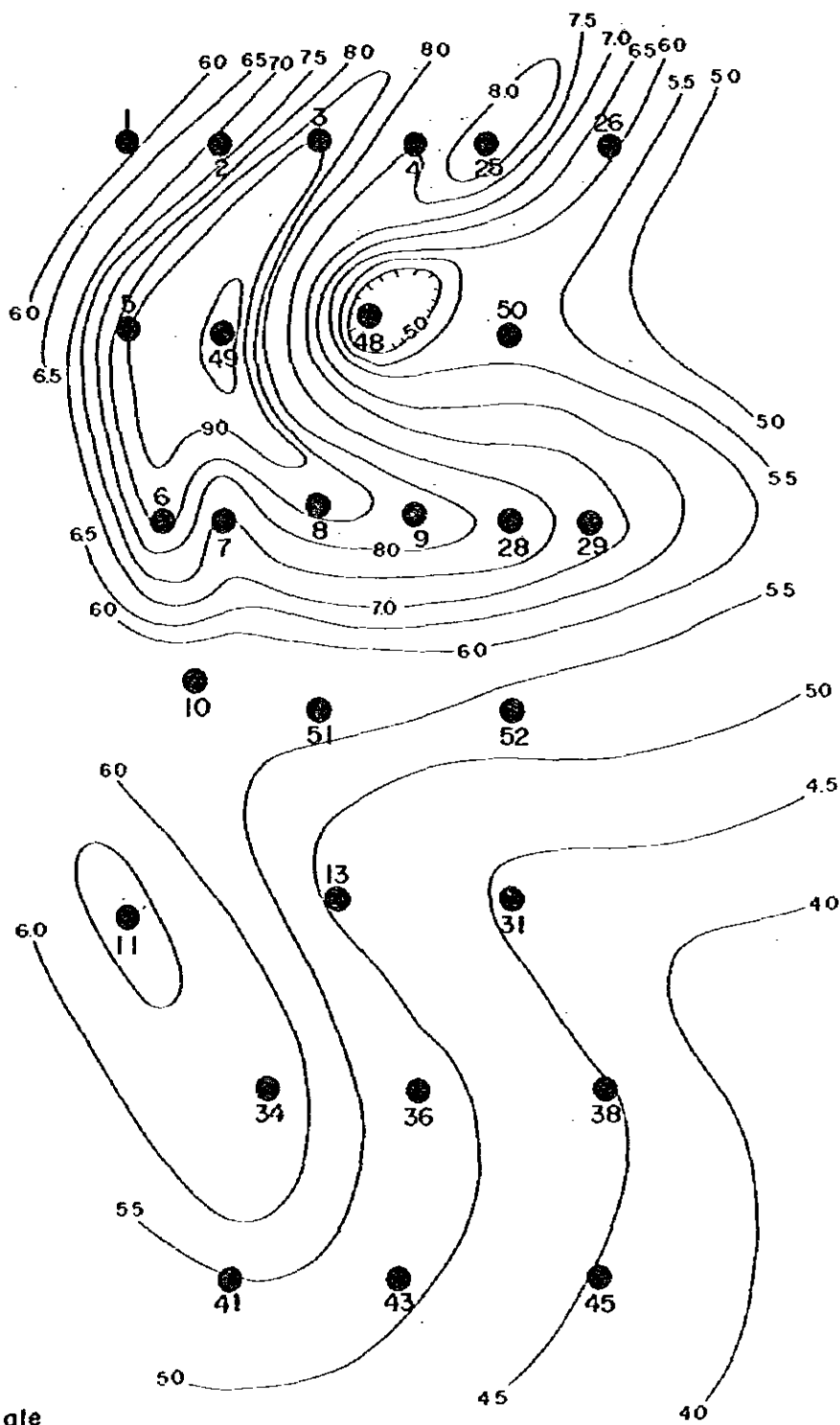


Figure 13. Coal Ratio, Lower Part of Lower Coal Zone, Middle Ecca.
 (Showing coal ratio in percent)

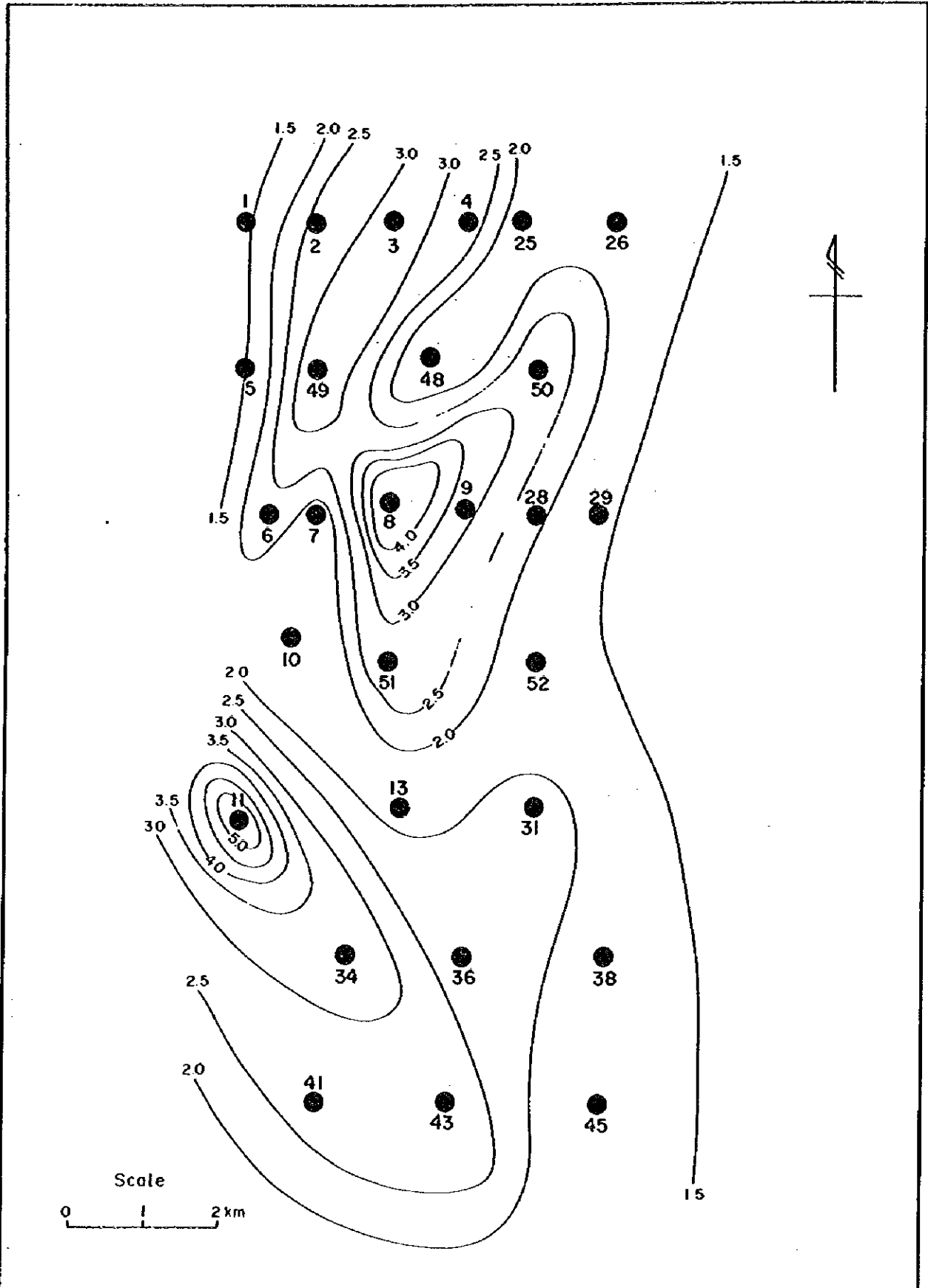


Figure 14. Coal Ratio, Upper Part of Lower Coal Zone, Middle Ecca. (Showing coal ratio in percent)

Karoo系では花粉分析による地層対比に成果を上げているが、スワジランドでは花粉分析は全く行われていない。今回、スワジランドにおける最初の試みとしてDD3の炭質頁岩（Lower Coal Zone 下部～Upper Sandstone 中部）について花粉分析を行った。

試料は通常のシュルツェ液で処理したが花粉、胞子が得られず、残渣は殆ど炭化物なので、再度、塩酸・弗化水素酸混合液で処理した。その結果、Upper Sandstone 中部から極く僅かであるが有翼型の無溝 Dissacate 型（*Pityosporites*）とみられる胞子が認められた。保存状況が不良の為に詳細を同定は不可能であるが、この胞子は二疊紀およびそれ以降の地層から産出している。また、三稜型および単溝型とみられる胞子も 2, 3 存在しているが、いずれも炭化しており詳細は不明である。Plate 7 に有翼型胞子の写真を示す。

花粉・胞子がみられないのはドレライト等の火成活動の影響で胞子等の植物質が溶けた為か、本源的に花粉・胞子が甚だ少ないかのいずれかである。スワジランドの Karoo 系は全般的に火成活動による熱の影響を受けており、花粉分析による地層対比は困難と考える。

Plate 7. Photomicrographs of Palynomorphs

1. Part of Spore (Disaccate).
DD3, 65.0m, $\times 700$.

2. Spore (Disaccate?)
DD3, 65.0m, $\times 700$.

3. Spore (Disaccate?)
DD3, 65.0m, $\times 700$.



1.



2.



3.

5. 磁気探査および物理検層

5. 磁気探査および物理検層

5.1 磁気探査

試錐予定位置を中心にして東西・南北各々 200m の測線上で、それぞれ 5 m 乃至 10m 毎に Chemtron G3 プロトン磁力計による磁気測定を行った。試錐予定位置に磁気異常がみられる場合には、50m 間隔で測線をずらし同様の方法で磁気測定を実施した。このデータに基づいて、ドレライトの掘削を最少に留めるように実際の試錐地点を決定した。

DD26 では試錐予定位置のすぐ西方に東傾斜のドレライト岩脈の貫入が予想されたため、これを避けて磁気異常のみられない予定位置の 50m 東方で試錐を行った。その結果、深度 220m まではドレライトは出現しなかったが深度 424m で厚いシルに遭遇している (Figure 15)。DD11 では 3 本の平行岩脈の分布が予測されたので、これら岩脈の掘削が最少と思われる地点に試錐位置を移したが、深度 7m で厚さ 29m のシルを掘削した (Figure 16)。また、DD50 では試錐予定位置で磁気異常はみられなかったが、深度 109m でシル「B」(厚さ 22m) が出現している (Figure 17)。

以上の如く、磁気探査の結果ではドレライト・シルおよび深部における貫入岩体の予測は殆ど不可能であるが、地表付近の岩脈についてはその分布位置をほぼ予測できる。しかし、岩脈の分布状況を的確に把握する為には調査地域全体をカバーする組織的探査が必要である。

5.2 物理検層

試錐終了後、各試錐孔の物理検層を実施した (BPP Instruments Limited 実施)。測定種目は次の 5 種類である。

1. Gamma Ray
2. Neutron-Neutron
3. Calliper
4. Long Space Density (LSD)
5. Bed Resolution Density (BRD)

物理検層の結果、炭層およびドレライトについては下記の如き特性を示している。

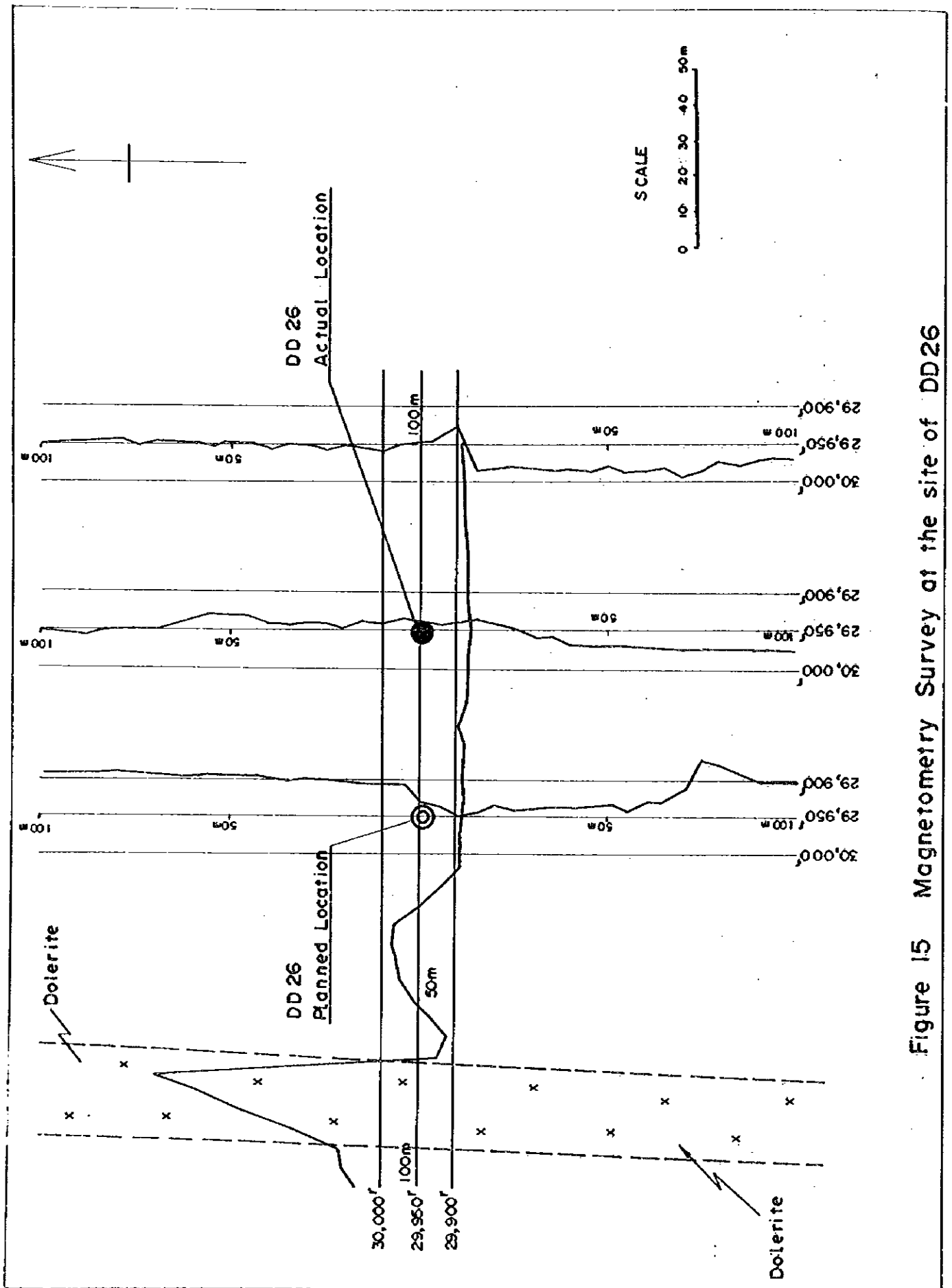
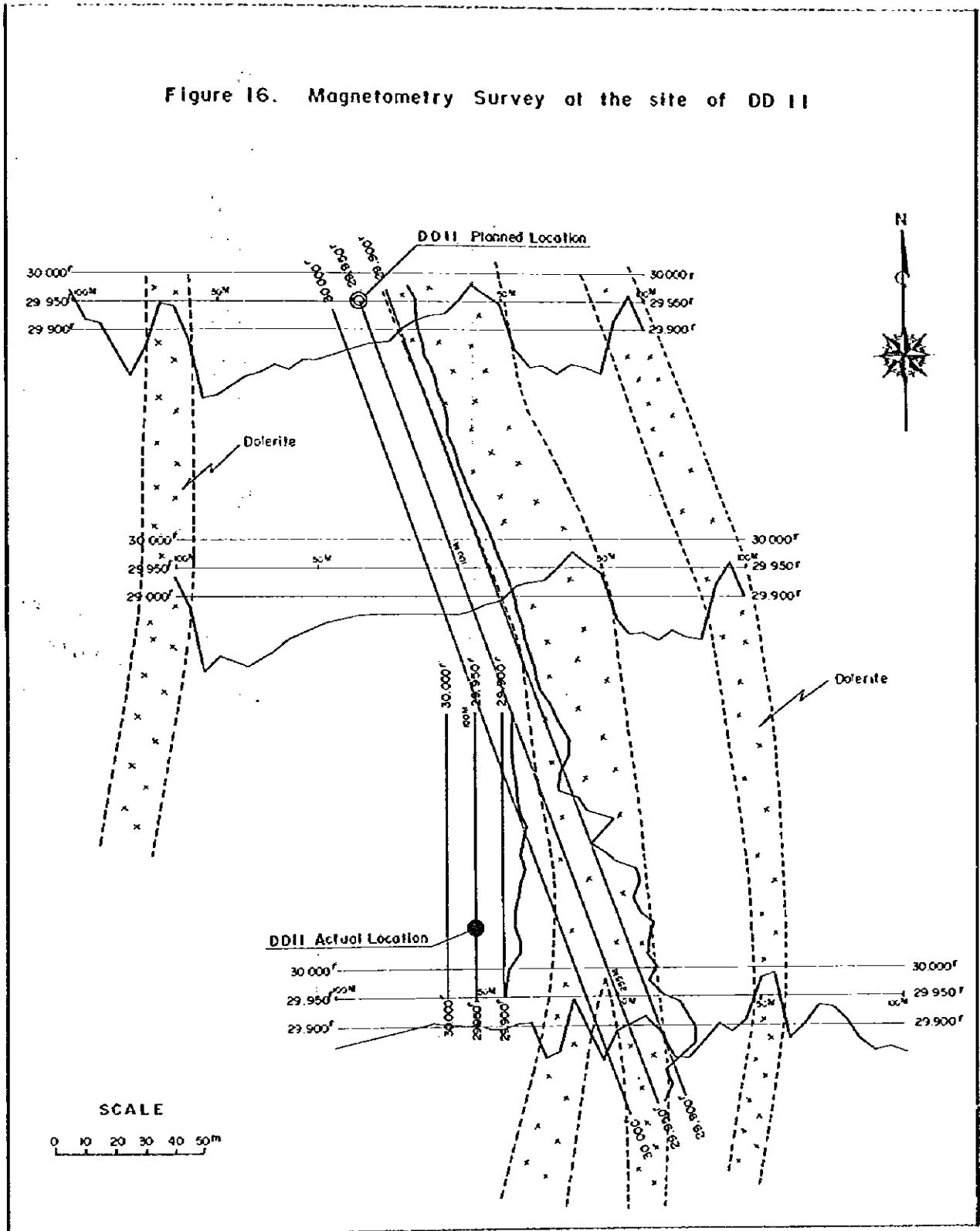
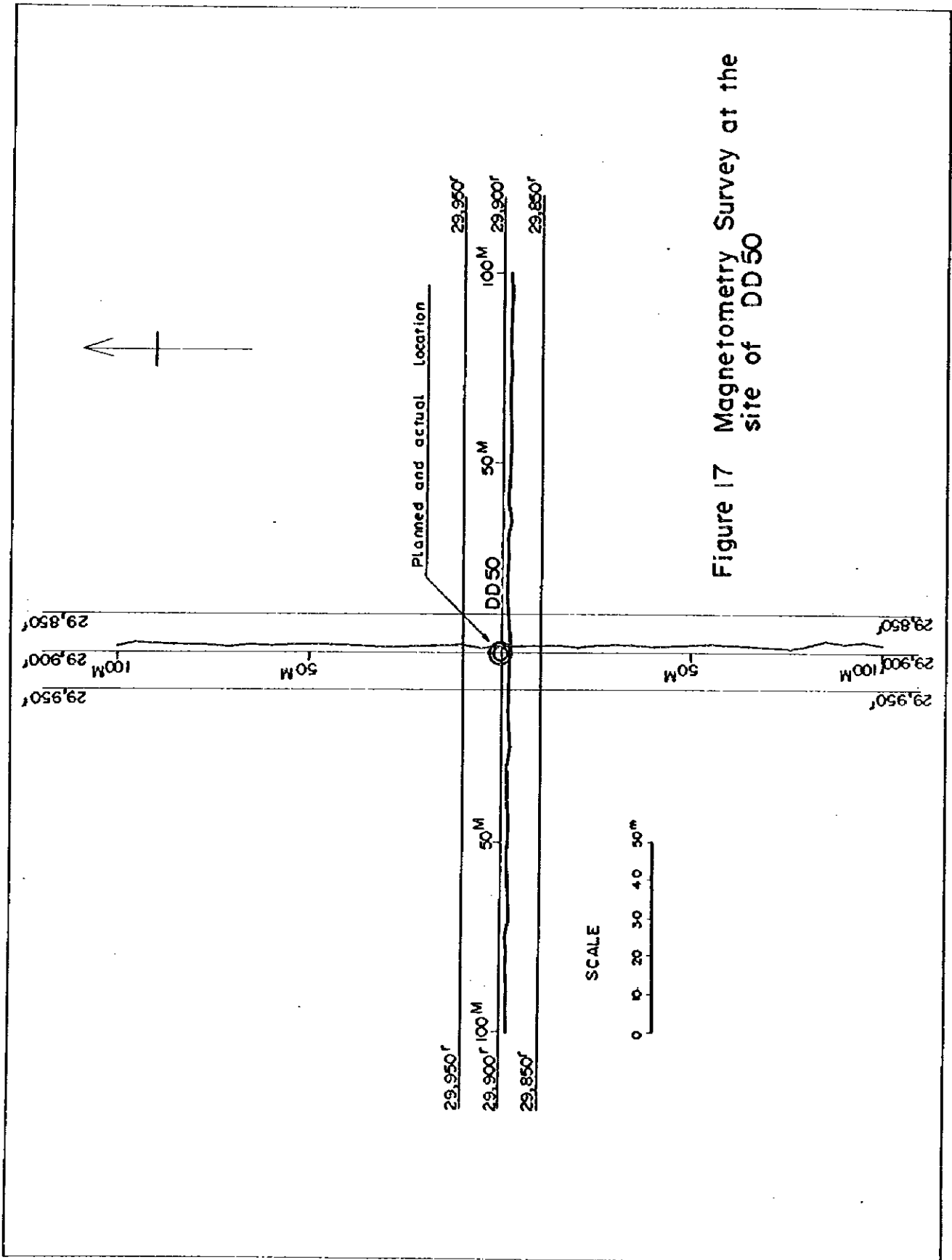


Figure 15 Magnetometry Survey at the site of DD26

Figure 16. Magnetometry Survey of the site of DD II





炭層	ガンマー線：非常に低い放射能 密度検層：LSD, BRDともに非常に低い容積重，一般に 1.79/cm以下 中性子検層：非常に低い値（高い間隙率）
ドレライト	ガンマー線：非常に低い放射能 密度検層：LSD, BRDともにかなり高い容積重，一般に 2.89/cm以上 中性子検層：安定した中位～やゝ高い値（低い間隙率）

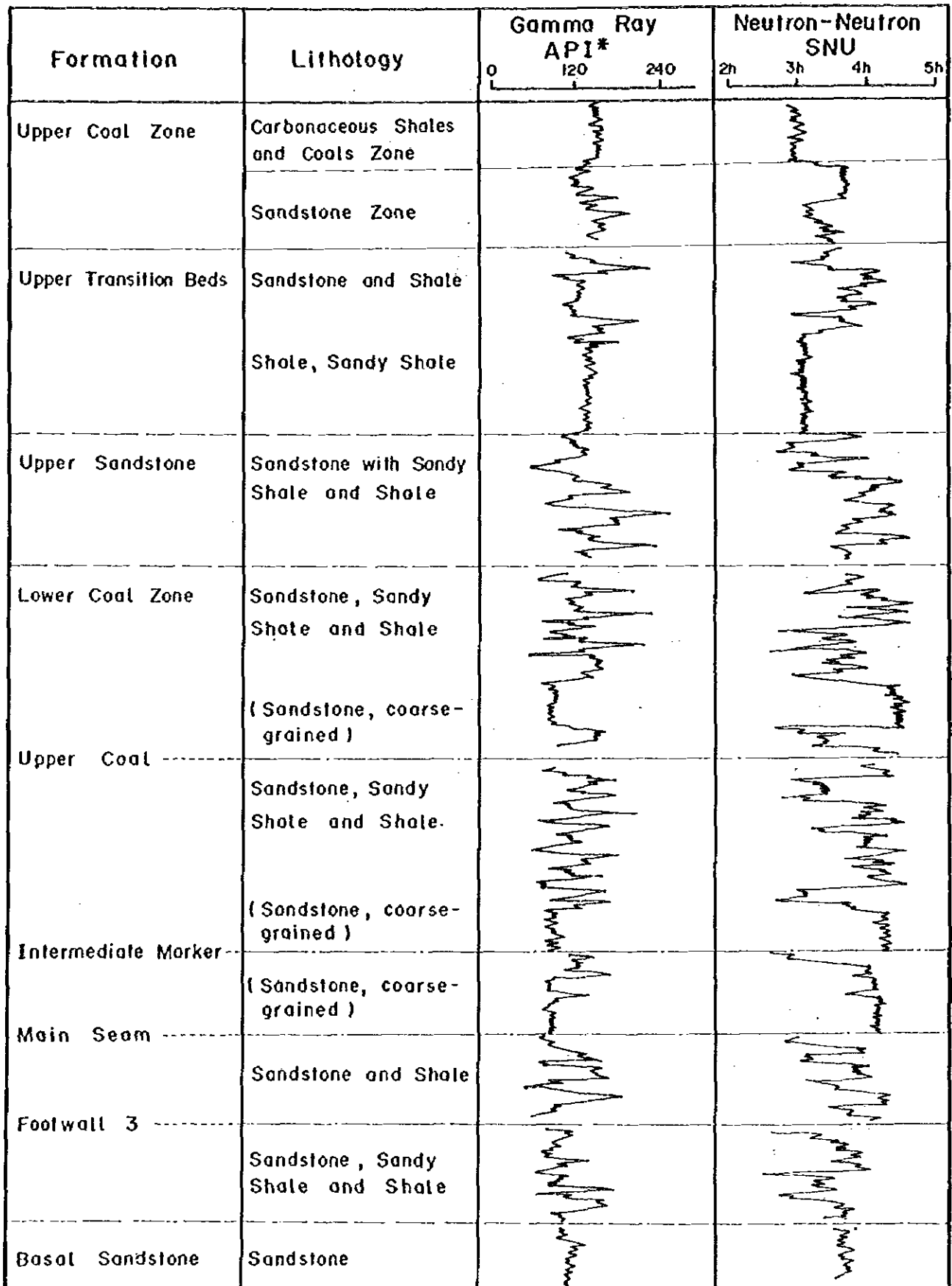
一方、ガンマー線とニュートロン=ニュートロンの複合検層が上部および中部Ecca統の特定の層準で次のような特性を示している（Figure 18）。

層 準	検 層 特 性
上部Ecca統砂岩帯 (Zone 1,3)	中性子検層：安定したやゝ高い値
上部Ecca統頁岩帯 (Zone 2)	{ ガンマー線：安定したやゝ高い値 中性子検層：安定した低い値
Upper Transition Beds 最上部砂岩層	ガンマー線：やゝ安定した中位の値
Upper Transition Beds 最下部頁岩層	{ ガンマー線：安定したやゝ高い値 中性子検層：安定した中位の値
Upper Coalの上(砂岩層)	{ ガンマー線：安定した中位の値 中性子検層：安定したやゝ高い値
Intermediate Markerの直上 (砂岩層)	{ ガンマー線：安定した中位の値 中性子検層：安定したやゝ高い値
Main Seamの直上(砂岩層)	{ ガンマー線：安定した中位の値 中性子検層：安定したやゝ高い値
Basal Sandstone 最上部砂岩層	{ ガンマー線：安定した中位の値 中性子検層：安定したやゝ高い値

上述の如く炭層およびドレライトの識別には物理検層が有効であることが分った。また、上部および中部Ecca統の層準対比方法として物理検層は有用な一手段として活用できることが判明した。上部および中部Ecca統の典型的な物理検層特性を Drawing 11 に示す。

ドレライト貫入岩体の炭層に与える影響をみると、DD8のシル「A」の貫入による炭層の漸進的な焼きつきが密度検層、ガンマー線および中性子検層に比較的良く反映している（Figure 19）。

Figure 18. Schematic Profile of Geophysical Logging



Remarks : * Hole Size Corrected

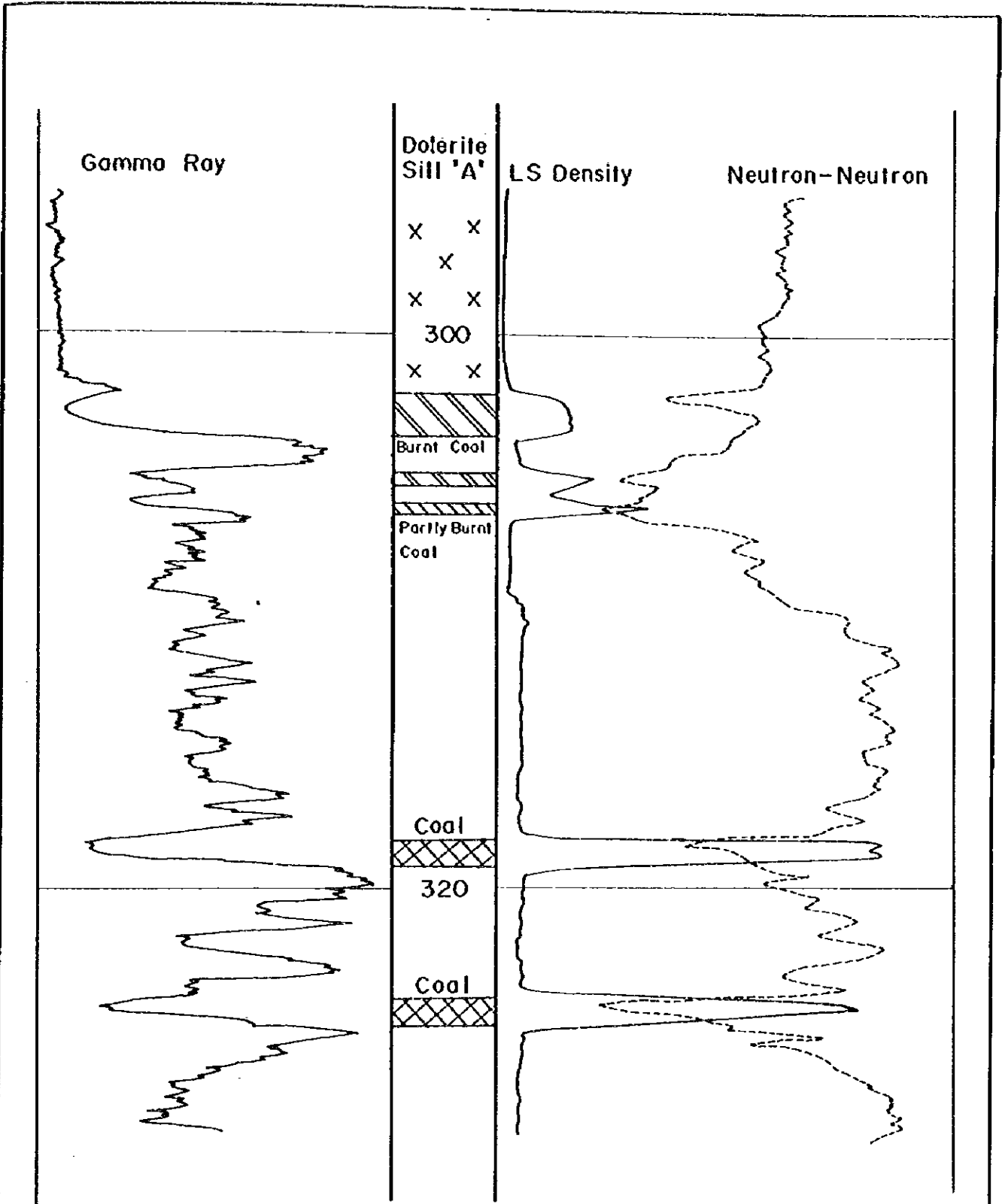


Figure 19. Geophysical Log Response over Coal Seams Metamorphosed by Intrusion (DD8, 296~329m) Coal seams (Main Seam, Foot wall No.1, No.2 and No. 3) progressively less metamorphosed by dolerite sill "A".

6. 炭 質

6. 炭 質

6.1 概 説

炭質の分析にあたっては炭丈1.0m以上の炭層を対象とし、その大部分はスワジランドで行われた(Fuel Research Institute of South Africa分析)。一方、日本ではスワジランドで実施された分析結果のクロスチェックのため、一部サンプルにつき分析を行った。スワジランドでは合計68個、日本では合計24個の石炭試料につき分析を実施した。

石炭の試錐コアはコア・スプリッターで2分割し、その一つを分析に供した。炭層が厚い場合には2個以上に分けた。

スワジランドで実施した石炭試料の分析項目は次のようである。

- 工業分析・発熱量・全硫黄・
ポタン指数 } 採取した全試料
- 浮沈試験 } -- Main Seamのほ様全試料, Intermediate Marker
および Footwall 3の一部試料
- ハードグロブ指数・灰の溶
融点・石炭組織・元素分析 } Main Seam 7個
Intermediate Marker 5個
Footwall 3 4個

以上の分析結果を Drawing 12a-12c に示す。また、日本で行われた分析の結果を Table 9a-9dに示す。

次にこれらの分析結果について詳述する。

6.2 工業分析・発熱量および全硫黄

スワジランドで行われた68個の石炭試料の分析結果(Drawing 12a-12c)から、Intermediate Marker, Main Seam, Footwall 3の3層の無水無灰ベースでの平均炭質を次に示す。

炭層名	発熱量(Kcal/kg)	固定炭素(%)	揮発分(%)	分析試料数
Intermediate Marker	8,321	90.4	9.6	10
Main Seam	7,919	90.9	9.1	24
Footwall 3	8,298	89.5	10.5	13

Table 9a. Results of Coal Analysis and Testing (tested in Japan)

Hole Number	D D 5			D D 6			
	Footwall 3	Intermediate Marker	Main Seam (1)	Main Seam (2)	Main Seam (3)	Main Seam (4)	Main Seam (5)
Coal Seam	26.115~26.803	139.29~141.35	162.97~164.92	164.92~166.91	166.91~167.96	284.77~286.18	286.18~288.50
Depth	1.4	2.2	2.5	2.2	2.4	1.2	1.3
Total Moisture	1.1	1.2	1.4	1.2	1.2	1.2	1.3
Inherent Moisture	3.53	1.94	4.51	1.59	10.7	2.20	11.2
Asb	9.8	10.0	8.3	11.1	11.1	11.6	12.7
Volatile Matter	53.8	69.4	45.2	71.8	72.0	65.2	74.8
Fixed Carbon	3.6	0.5	0.2	0.4	0.5	0.4	0.4
Total Sulfur	5.200	6.640	4.370	6.970	7.530	6.470	7.460
Calorific Value (cal/g)	21.8	27.8	18.3	29.2	31.5	27.1	31.2
# (MJ/kg)	1.75	1.55	1.79	1.49	1.46	1.55	1.47
Specific Gravity	65	65	70	62	62	70	73
Hardgrove Grindability Index	56.5	73.4	49.1	75.8	80.6	70.0	80.6
C	2.4	3.1	2.3	3.2	3.8	3.3	3.6
H	1.3	1.6	1.3	1.8	2.0	1.7	2.0
N	0.8	1.9	1.3	2.9	2.4	2.6	2.2
O	35.6	19.6	45.8	16.1	10.8	22.2	11.4
Mineral Matter	3.4	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2
Combustible Sulfur	1.280	1.250	1.380	1.290	1.300	1.400	1.290
Deformation	1.410	1.290	1.450+	1.340	1.340	1.450+	1.330
Hemisphore	1.420	1.310	1.450+	1.360	1.390	1.450+	1.400
Flow	4.66	59.96	6.404	51.33	47.89	52.17	45.26
SiO2	1.15	0.95	1.15	1.03	1.25	1.66	0.97
TiO2	2.458	1.913	2.472	2.616	2.616	2.705	2.152
Al2O3	1.916	7.62	2.25	6.69	7.41	3.23	1.414
Fe2O3	0.93	2.03	0.97	1.93	2.33	0.79	2.29
MgO	2.83	6.11	1.55	7.63	9.36	4.86	9.80
CaO	0.47	0.32	0.45	0.74	0.70	0.37	0.23
Na2O	4.20	3.05	3.95	2.22	2.19	0.67	0.42
K2O	0.07	0.11	0.08	0.06	0.06	0.09	0.07
P2O5	1.56	0.67	0.41	1.84	2.25	1.86	5.20
SO2							

* Analysed on air dry basis

* Analysed by Tokyo Coal and Mineral Research Institute

Table 9b. Results of Coal Analysis and Testing

Hole Number	DD4			DD25			DD49
Coal Seam	Main Seam (1)	Main Seam (2)	Intermediate Marker	Main Seam (1)	Main Seam (2)	Footwall 3	Intermediate Marker
Depth	267.80-269.20	269.20-271.28	341.87-343.40	364.45-366.32	366.32-368.32	396.89-398.14	164.97-166.70
Inherent Moisture	1.9	1.8	1.5	1.5	1.5	1.4	1.6
Ash	21.5	12.6	21.0	14.0	19.7	22.0	18.0
Volatile Matter	6.7	7.7	9.0	8.2	8.5	8.7	9.5
Fixed Carbon	69.9	77.9	68.5	76.3	70.3	67.9	70.9
Total Sulfur	0.34	0.46	0.63	0.44	0.38	0.60	0.47
Calorific Value (cal/g)	6,360	7,220	6,450	7,150	6,560	6,380	6,780
Calorific Value (MJ/kg)	26.5	30.2	27.0	29.9	27.5	26.7	28.4
Specific Gravity	1.60	1.51	1.59	1.51	1.60	1.59	1.54
Handgrove Grindability Index	47	43	56	56	65	59	63
C	71.5	80.7	71.9	79.2	73.1	69.3	74.6
H	3.0	3.0	3.1	3.3	3.2	3.2	3.1
N	1.3	1.6	1.3	1.7	1.4	1.5	1.5
O	2.1	1.6	2.0	1.5	2.3	3.3	2.2
Mineral Matter	21.9	12.8	21.3	14.2	19.9	22.3	18.3
Combustible Sulfur	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1	0.4	0.3
Deformation	1,320	1,320	1,250	1,240	1,220	1,450 ⁺	1,280
Hemisphere	1,410	1,390	1,370	1,450 ⁺	1,380	1,450 ⁺	1,380
Flow	1,450 ⁺	1,430	1,420	1,450 ⁺	1,430	1,450 ⁺	1,450
SiO ₂	53.68	45.26	54.50	49.61	49.17	55.70	59.13
TiO ₂	0.87	1.02	0.91	1.00	0.67	1.28	1.00
Al ₂ O ₃	25.06	24.23	15.60	25.67	21.72	26.93	18.73
Fe ₂ O ₃	3.83	7.26	14.06	5.39	12.02	7.91	4.03
MgO	1.20	1.81	1.69	1.78	2.22	0.93	1.33
CaO	6.70	10.76	6.22	8.52	6.42	2.96	9.24
Na ₂ O	2.68	2.96	0.25	0.39	0.25	0.52	0.21
K ₂ O	3.52	2.68	3.05	1.65	2.96	1.36	3.73
P ₂ O ₅	0.09	0.09	0.07	0.08	0.08	0.07	0.06
SO ₃	1.71	3.32	3.16	5.44	3.83	1.96	2.00
Ash fusion point (°C)							
Ash analysts (%)							

Table 9c. Results of Coal Analysis and Testing

Hole Number	D050		D029		D051		D013	
	Main Seam (1)	Main Seam (2)	Main Seam (1)	Main Seam (2)	Main Seam (1)	Main Seam (2)	Main Seam	Footwall 3
Depth	387.35-388.60	388.95-390.37	413.25-414.70	415.42-416.62	353.92-355.11	355.83-357.71	334.21-336.30	394.69-385.73
Inherent Moisture	2.2	1.8	1.7	1.7	6.6	3.0	4.3	1.1
Ash	22.2	18.2	20.5	15.8	31.5	18.4	32.8	15.5
Volatile Matter	8.5	7.4	7.6	6.6	5.6	7.3	4.5	10.6
Fixed Carbon	67.1	72.6	70.2	75.9	56.3	71.3	58.4	72.8
Total Sulfur	0.38	0.52	0.48	0.50	0.02	0.26	0.02	0.63
Calorific Value (cal/g)	6,300	6,760	6,510	6,990	4,560	6,310	4,720	7,060
Calorific Value (MJ/kg)	26.4	28.3	27.2	29.3	19.1	26.4	19.8	29.6
Specific Gravity	1.61	1.53	1.59	1.53	2.16	1.70	2.15	1.53
Hardgrove Grindability Index	61	57	55	54	43	74	42	71
C	70.5	75.1	72.6	78.2	61.5	74.4	61.5	75.8
H	3.0	2.9	2.9	2.9	0.9	2.0	0.9	3.6
N	1.4	1.5	1.3	1.3	0.4	1.4	0.2	1.5
O	2.2	1.5	2.1	1.2	3.4	3.1	3.2	3.0
Mineral Matter	22.7	18.5	20.8	16.0	33.8	19.0	34.2	15.7
Combustible Sulfur	0.2	0.5	0.3	0.4	0.1	0.1	0.1	0.4
Deformation	1,330	1,310	1,360	1,310	1,260	1,230	1,260	1,410
Hemisphere	1,450 ⁺	1,450 ⁺	1,430	1,420	1,290	1,310	1,360	1,450 ⁺
Flow	1,450 ⁺	1,450 ⁺	1,450 ⁺	1,450 ⁺	1,420	1,400	1,450 ⁺	1,450 ⁺
SiO ₂	52.77	61.16	55.44	62.88	52.16	49.04	57.21	50.89
TiO ₂	0.98	1.07	0.91	1.15	0.53	0.72	1.00	1.08
Al ₂ O ₃	26.42	24.83	23.69	20.21	14.80	16.10	20.05	29.23
Fe ₂ O ₃	3.79	3.16	2.58	2.37	8.10	4.59	3.65	7.77
MgO	2.67	1.71	1.72	1.28	7.97	4.09	2.38	0.96
CaO	5.86	2.22	8.44	4.96	12.00	18.45	8.68	5.66
Na ₂ O	1.08	0.56	0.27	0.25	3.10	1.94	3.21	0.26
K ₂ O	3.31	3.52	3.66	3.75	0.50	1.66	3.03	0.57
P ₂ O ₅	0.08	0.09	0.07	0.07	0.09	0.08	0.10	0.15
SO ₃	2.35	0.95	2.47	2.38	0.10	2.65	0.19	3.09

Table 9d. Results of Coal Analysis and Testing

Hole Number		DD38	
Coal Seam		Intermediate Marker	Main Seam
Depth		418.31-419.49	439.37-441.42
Proximate analysis (%)	Inherent Moisture	2.3	1.6
	Ash	26.9	24.7
	Volatile Matter	7.9	8.9
	Fixed Carbon	62.9	64.8
Total Sulfur		1.12	1.25
Calorific Value (cal/g)		5,850	6,150
" " (MJ/kg)		24.5	25.7
Specific Gravity		1.69	1.63
Hardgrove Grindability Index		42	56
Ultimate analysis (%)	C	66.5	67.8
	H	2.2	3.1
	N	1.3	1.4
	O	1.5	1.5
	Mineral Matter	27.6	25.1
	Combustible Sulfur	0.9	1.1
Ash fusion point (°C)	Deformation	1,320	1,310
	Hemisphere	1,420	1,380
	Flow	1,450 [†]	1,420
Ash analysis (%)	SiO ₂	55.68	53.65
	TiO ₂	0.96	0.77
	Al ₂ O ₃	21.97	19.49
	Fe ₂ O ₃	8.61	12.69
	MgO	1.61	1.56
	CaO	5.48	6.82
	Na ₂ O	0.78	0.36
	K ₂ O	2.39	2.01
	P ₂ O ₅	0.08	0.07
	SO ₃	1.99	2.21

Main Seamの平均発熱量が他の2層と比較して低くなっている。これは分析した Intermediate Marker, Footwall 3の大部分が半無煙炭であるのに対し、Main Seamでは24個の試料中8個までが無煙炭であるため、発熱量が低下した結果による。

ASTM(American Society for Testing and Materials)の分類によれば、Intermediate MarkerはDD7が無煙炭である事を除けば全て半無煙炭である。Main SeamはDD1, DD2, DD4, DD7, DD29の下部、DD11の下部、DD13の7試錐孔で無煙炭、それ以外では半無煙炭である。Footwall 3はDD1の上部、DD2, DD4で無煙炭、DD6で低揮発分溼青炭、それ以外では半無煙炭に分類される。Main Seamの無煙炭化されている所では、大部分が炭層の上盤・下盤あるいはその周辺にドレライトの貫入が認められる。

硫黄分はDD6のIntermediate Marker(1.67%), DD8のFootwall 3(1.37%)を除けば全て1%以下と低い。Drawing 13a-13cには、ルブク地域北部におけるIntermediate Marker, Main Seam, Footwall 3のiso-ash, iso-volatile matterが示されている。これらの図から判断して、灰分はMain Seam, Intermediate Markerについては、地域の北西から南乃至南東方向に増加する傾向にある。一方、Footwall 3は地域の北東から南西方向へ増加する。揮発分に関しては、3層とも地域の東乃至北東方向から西乃至南西方向へ増加する傾向にある。また、ほとんどの試料のボタン指数は0であり粘結性を有しない。

6.3 浮沈試験

この試験はスワジランドでIntermediate Marker 5個、Main Seam 21個、Footwall 3 5個につき行われた。試料を+1/2_{メッシュ}から-25_{メッシュ}サイズ内に砕き、比重1.5, 1.6, 1.8で可選性を調べた。この内、比重をF1.5, S1.5-F1.6およびF1.6にした場合の歩留と灰分をTable 10aにまとめて示す。原炭ベースでのIntermediate Marker, Main Seam, Footwall 3の平均灰分はそれぞれ20.3%, 20.5%, 18.4%である。これらを比重1.6で選別した場合、Intermediate Markerでは歩留82~95%、このときの灰分は15~18%である。一方、Main Seamでは調査区域の北部で歩留が良く84~94%、灰分11.5~18.5%である。特にDD3およびDD5では比重1.5で分離した場合でも歩留90~92%、灰分約10%で良質である。Footwall 3では比重1.6で選別した場合、DD3, DD5で良好でありそれぞれ歩留91.4%, 93.4%、灰分が14.3%である。

クロスチェックのため日本で行ったMain Seam 6個の試験結果をTable 10bに示す。

Table 10a. Results of Sink and Float Analysis

Coal Seam	Fraction Sample No.	F1.5		S1.5-F1.6		F1.6	
		Weight (%)	Ash (%)	Weight (%)	Ash (%)	Weight (%)	Ash (%)
Intermediate Marker	DD4-1	37.5	14.0	53.2	21.1	90.7	18.2
	DD25-1	42.2	12.3	47.6	20.9	89.8	16.9
	DD5-1	65.9	14.8	28.3	22.4	94.2	17.1
	DD49-1	66.9	13.5	28.3	22.2	95.2	16.1
	DD6-1	54.8	12.2	27.7	22.3	82.5	15.6
Main Seam	DD2-2	0		0		0	
	DD3-1	91.7	10.2	6.6	—		—
	DD4-2	60.4	9.4	23.7	17.2	84.1	11.6
	DD25-2	71.9	9.6	17.9	19.8	89.8	11.6
	DD5-2A	66.4	11.2	17.6	22.3	84.0	13.5
	DD5-2B	90.2	10.9	4.4	23.7	94.6	11.5
	DD49-2	77.2	10.3	11.6	24.1	88.8	12.1
	DD50-2A	32.3	12.6	52.1	22.1	84.4	18.5
	DD50-2B	71.3	10.4	16.7	22.3	88.0	12.7
	DD6-2A	75.7	10.2	9.7	22.9	85.4	11.6
	DD7-2	0		0		0	
	DD8-2	0.1	—	0		0.1	—
	DD28-2	29.6	13.0	27.7	21.3	57.3	17.0
	DD29-2A	33.8	11.5	42.7	20.5	76.5	16.5
	DD29-2B	78.4	9.7	18.0	20.7	96.4	11.8
	DD51-2A	0		0		0	
	DD51-2B	12.0	9.4	12.3	17.1	24.3	13.3
	DD11-2	0		0		0	
	DD13-2A	0		0		0	
	DD13-2B	0		0		0	
DD38-2	51.9	11.5	29.1	21.2	81.0	15.0	
Footwall 3	DD1-2A	0.2	—	10.7	—	10.9	12.5
	DD1-2B	2.0	—	36.9	—	38.9	16.2
	DD3-3	86.7	7.9	4.7	—	91.4	—
	DD5-3	81.6	12.9	11.8	23.8	93.4	14.3
	DD6-3	48.5	11.4	17.1	23.5	65.6	14.6

* Size of coal washed $\frac{1}{2}$ mm ~ 25 mm.

* Tested by Fuel Research Institute of South Africa.

Table 10b Results of Sink and Float Analysis

Sample	Fraction	Weight (%)	Ash (%)
DD25-1	F1.5	73.8	8.6
	S1.5-F1.6	12.9	19.9
	S1.6	13.3	38.2
DD25-2	F1.5	59.4	9.4
	S1.5-F1.6	13.5	19.9
	S1.6	27.1	38.6
DD50-1	F1.5	52.0	10.3
	S1.5-F1.6	22.6	21.1
	S1.6	25.4	46.0
DD50-2	F1.5	63.2	8.6
	S1.5-F1.6	14.9	21.6
	S1.6	21.9	46.4
DD38	F1.5	46.2	11.2
	S1.5-F1.6	26.5	20.5
	S1.6	27.3	49.5
DD13	F1.5	0	—
	S1.5-F1.6	0	—
	S1.6	100	—

* Analyzed by Tokyo Coal and Mineral Research Institute.

* All samples are Main Seam.

6.4 元素分析

Intermediate Marker 5 個, Main Seam 7 個, Footwall 3 4 個につき分析を行った。これらの元素分析の結果と石炭化度との関係を Figure 20~21 に示す。これらの関係から、Footwall 3 の H/C-C および O/C-C の関係にはばらつきがみられるが、Main Seam および Intermediate Marker に関してはほぼ安定した関係が認められる。

6.5 灰の融点および灰の組成

灰の組成分析はスワジランドでは行われていないので、灰の融点および組成については日本で分析したデータに基づき述べる。灰の融融点は DD51 の Main Seam を除けば、ほぼ全ての分析サンプルで 1,350~1,400℃ 以上である。DD51 で融融点が低いのは酸化鉄 (Fe_2O_3), マグネシウムの割合が非常に高い事によると考えられる。また、分析サンプルが少なく、Intermediate Marker, Main Seam, Footwall 3 の 3 層を比較対照するには問題が残るが、概して Main Seam は灰の組成中、 Na_2O の割合が他の 2 層よりも高いものが多く、Intermediate Marker, Footwall 3 ではそれが 1% 以下であるのに対し、Main Seam では多いもので 3% を越えるものがある。

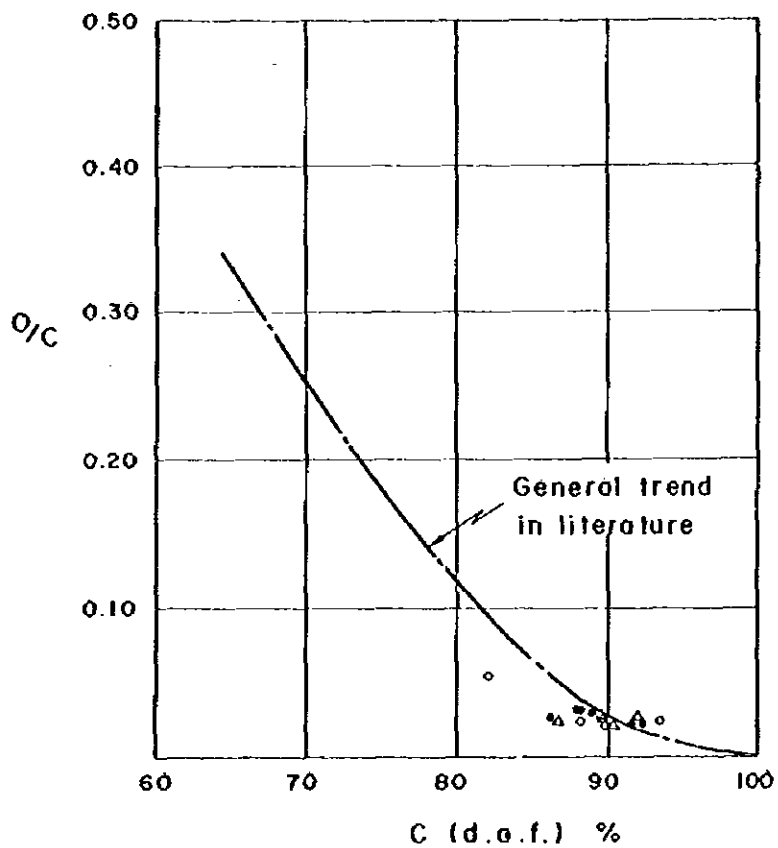
6.6 石炭組織分析

分析された全サンプルにみられる共通点は Exinite グループがほとんどみられず、不活性成分の Inertinite グループ、特に Semifusinite の割合が非常に多いのが特徴である (Table 11)。Main Seam, Intermediate Marker, Footwall 3 の 3 層について、Vitrinite の平均反射率を地域別に比較してみると、東部区域の DD4, DD25, DD50, DD29 で高く、西部区域で低い傾向がみられる。これは、炭層の賦存深度が区域東部へ向けて深くなっていく傾向と一致している。3 炭層間での平均反射率の比較はデータが少ない事もあるが、断定はできないが、それ程差異はないものと思われる。

6.7 炭質の評価

ルブク地域および現在稼行中の Mpake 炭鉱の Main Seam の平均炭質を次に示す。

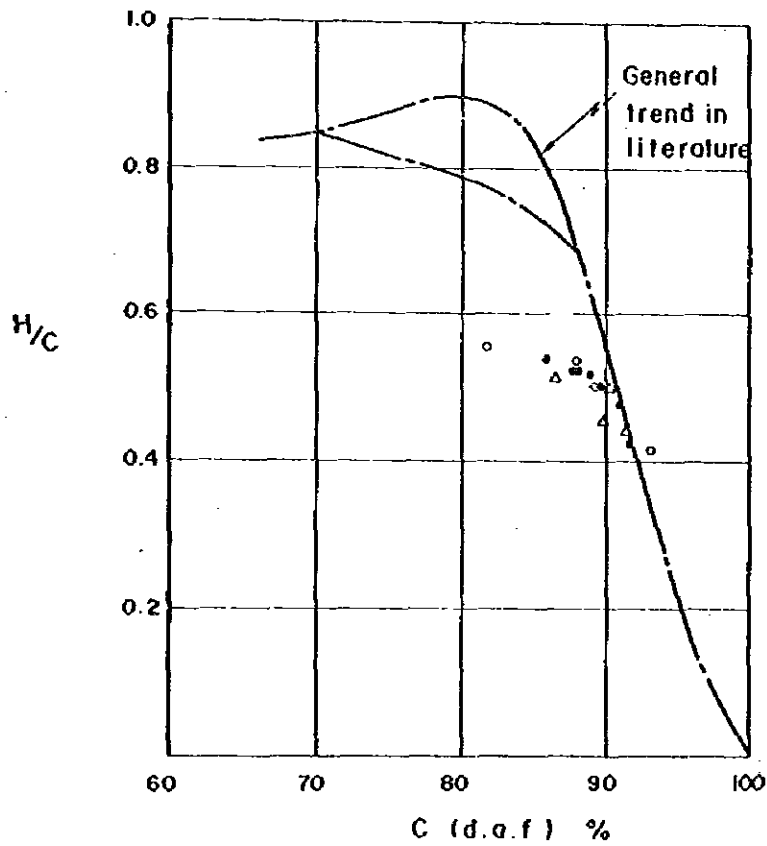
FIGURE 20. THE RELATION BETWEEN O/C RATIOS (In number of atoms) AND CARBON CONTENTS (d.g.f.)



[Remarks]

- △ Intermediate Marker
- Main Seam
- Footwall 3

FIGURE 21. THE RELATION BETWEEN H/C RATIOS (in number of atoms) AND CARBON CONTENTS (d.a.f.)



[Remarks]

- △ Intermediote Marker
- Main Seam
- Footwall 3

Table 11. Petrographic Analysis

Coal Seam	Intermediate Marker						Main Seam						Footwall 1		Footwall 3				Footwall 4	
	DD4-1	DD25-1	DD5-1	DD49-1	DD6-1	DD3-2	DD4-2	DD25-2	DD5-2A	DD5-2B	DD49-2	DD6-2A	DD3-4	DD6-4	DD3-3	DD4-3	DD5-3	DD6-3	DD25-7	DD49-7
<u>Maceral Analyses</u>																				
Vitrinite	28.6	31.2	31.3	23.4	33.5	54.3	45.0	47.8	49.1	50.1	53.0	55.3	52.3	35.6	63.1	61.5	50.4	59.7	52.1	
Exinite	0.2	0.9	1.0	1.3	0.4	0.9	0.7	1.1	0.5	0.6	1.2	0.7	0.6	0.4	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	
PSF	24.0	21.8	17.1	18.4	23.8	12.5	20.9	16.2	14.1	15.7	12.5	14.2	8.2	24.4	10.4	8.9	13.0	10.1	13.5	
Semifusinite	44.7	35.6	42.7	50.1	32.0	27.4	29.1	25.6	28.5	29.0	26.3	22.7	24.1	36.7	19.5	20.6	21.0	21.8	26.8	
Fusinite	0.1	0.7	1.1	1.0	1.1	0.9	0.5	0.8	0.9	1.0	0.3	1.1	0.8	0.5	1.1	0.9	1.4	0.6	0.7	
Macrinite	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	
Micrinite	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
Sclerotinite	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.6	0.4	0.2	0.5	
Visible Minerals	2.3	9.3	6.7	5.5	9.9	4.0	3.6	4.5	6.7	3.2	6.7	4.9	13.6	2.2	4.5	6.5	12.8	6.4	5.4	
<u>Reflectance Measurements</u>																				
% Ro (V) Maks.	2.758	2.688	2.253	2.603	2.127	2.391	3.064	2.822	2.056	2.040	2.311	2.148	2.337	2.126	2.359	2.029	2.053	2.764	3.315	
V-Classess:																				
V17			1		6				1	3		4	2	9		1		1		
V18			4		26				24	12		19	0	15		4		5		
V19			22	1	49	4			43	59	2	60	2	61	1	25		23		
V20			45	3	15	8			28	19	18	15	3	13	7	53		38		
V21			20	6	4	36			3	5	25	15	15	1	30	13		28		
V22			8			38			1		31	2	31	1	29	4		6		
V23						14					20		42	1	20					
V24							2				2		3		9					
V25	6	13		25				15			1		4		1					
V26	19	39		21				22			1		2		1					
V27	39	33		20				37			1		3		1					
V28	26	10		10				24			2		15		2					
V29	8	2		2				2					31		2					
V30													20		9					
V31													42		2					
V32													3		1					
V33													3		1					
V34													31		1					
V35													42		2					
V36													3		1					
V37													3		1					
V38													3		1					
V39													3		1					

* Analyzed by Fuel Research Institute of South Africa.

	Lubhuku 地域	Mpaka 炭鉱
水分(%)	1.4	1.3
灰分(%)	13.6	14.0
固定炭素(%)	77.3	72.0
揮発分(%)	7.7	12.7
全硫黄(%)	0.42	0.35
発熱量 (kcal/kg)	7,147	6,745
歩留(%)	79.6	75.0

(比重 1.6 で選別した場合)

以上のごとく、ルブク地域の石炭はMpaka 炭鉱のものと比較して遜色がなく、むしろ揮発分が10%以下で発熱量も高く良質であり、また歩留も良い。さらに、南アフリカ共和国のナタール州無煙炭ともほぼ同じ炭質である。

従って、ルブク地域の石炭は石灰焼成用、カーバイド用、フェロアロイ用、煉炭・豆炭用、セメント焼成用、火力発電用、暖房・厨房用等の幅広い用途に適した市場性を有している。

7. 炭 量

7. 炭 量

7.1 炭量計算基準

炭量計算の範囲は Lubhuku 地域のうち、今回試錐を実施した南北約14km、東西5～6kmの区域とし、西限は Lubhuku 断層とした。また、試錐間隔が1～2kmと粗く、ドレライト・断層等の採炭に影響を与える要因が不確定のため、埋蔵炭量だけの計上に留めた。

1) 炭量の区分

炭量計算に際してはその存在の確実性に基づいて次の様に区分した。

(イ) 確定炭量

炭層の状況およびその拡がりが確認された炭量で、観察点から125mの範囲内にあるもの。

(ロ) 推定炭量

炭層状況および連続性が地質的に適正な範囲で推定される炭量で、観察点から250m以内にあるもの。

(ハ) 予想炭量

その地域の全般的な地質情報により予想される炭量で、確定および推定炭量の計算に使用した観察点から炭層の連続が見込めるもの。

2) 炭量の計上範囲

炭層が全般に厚く調査地域全体にわたって発達している主要3炭層 (Intermediate Marker Seam, Main Seam, Footwall 3 Seam) については炭丈1.0m以上の部分について炭量を計上した。但し、その一部で炭丈が1.0m以下でも、炭丈0.8m以上で山丈1.0m以上の場合には計上対象に含めた。また、上記以外の炭層については相隣接する2つ以上の観察点で炭丈1.0m以上の炭層を確認した場合には炭量を計上した。なお、地表下50m以内の酸化帯は計算対象から除外した。さらに、ドレライトの貫入により炭層の賦存が見込めない部分も計算対象から除いた。

3) ブロック

各試錐地点を中心に多角形法により各々の観察点の代表するブロックを決定した。隣接する試錐がない場合には予想炭量のブロックの範囲は試錐地点から1kmまでとした。

4) レベル

主要3炭層については、+100m(海拔)以浅、+100m~±0m、±0m~-100m、-100m~-200mの4分割とした。それ以外の炭層については炭量計上範囲が小規模のためレベルによる区分はしていない。

5) 面積

縮尺1/25,000の炭量計算図上でプランメーターにより求積した。

6) 傾斜

各炭層の等深線より傾斜を求め、傾斜が5度以上の場合には平面積に傾斜換算率(sec)を乗じて斜面積を求めた。

7) 炭層厚

5cm以上の夾みを除いた石炭部分のみの厚さとし、各試錐孔で確認した炭丈をそれぞれのブロックの炭層厚とした。なお、炭層の傾斜は殆どが5度以内なので真厚への換算はしていない。また、断層或いはドレライトに逢着して炭層が出現しなかった試錐孔で代表されるブロックについては、試錐データから作成した炭層等厚線から当該ブロックの炭層厚を決定した。

8) 比重

今回採取した石炭試料の実測比重平均値1.55を一律に採用した。なお、分析結果によると灰分20%程度で比重1.55である。

9) 理論埋蔵炭量

理論埋蔵炭量

$$= \text{平面積} \times \text{傾斜換算率}(\text{sec}) \times \text{炭層厚} \times \text{比重}(1.55)$$

10) 安全率

炭層・地質構造の安定度、調査精度により次の地質的安全率を決めた。この安全率にはドレライト・ファクターも加味している。

確定ブロック	80%
推定ブロック	70%
予想ブロック	50%

11) 埋蔵炭量

$$\text{埋蔵炭量} = \text{理論埋蔵炭量} \times \text{安全率}$$