



# スワジランド王国ルブク石炭

## 開発計画調査報告書

JICA LIBRARY



1029746[3]

1986年1月

国際協力事業団



# 目 次

## 序 文

要 約 .....	1
-----------	---

第 I 部 緒 論 .....	7
-----------------	---

第 1 章 調査の経緯 .....	9
-------------------	---

1.1 エネルギー事情 .....	11
-------------------	----

1.2 経 緯 .....	12
---------------	----

1.3 目 的 .....	13
---------------	----

1.4 調査方法、期間及び体制 .....	13
-----------------------	----

第 2 章 ルブク地域の一般概況 .....	23
------------------------	----

2.1 位置及び交通 .....	25
------------------	----

2.2 地 形 .....	25
---------------	----

2.3 調 査 地 域 .....	25
-------------------	----

第 II 部 地 質 .....	29
------------------	----

第 1 章 試錐工事 .....	31
------------------	----

1.1 試錐作業概要 .....	33
------------------	----

1.2 試錐掘削技術移転 .....	33
--------------------	----

1.3 試錐工事実績 .....	35
------------------	----

第 2 章 地 質 .....	47
-----------------	----

2.1 地 質 概 要 .....	49
-------------------	----

2.2 Ecc a 層群の地質 .....	53
-----------------------	----

2.3 地 質 構 造 .....	56
-------------------	----

2.4 Karoo ドレライト .....	57
-----------------------	----

2.5 炭 層 .....	67
---------------	----

2.6 堆積環境 .....	78
----------------	----

第3章 磁気探査及び物理検層 .....	87
3.1 磁気探査 .....	89
3.2 物理検層 .....	89
第4章 炭質及び炭量 .....	99
4.1 炭質 .....	101
4.2 炭量 .....	109
第Ⅲ部 炭鉱開発 .....	137
第1章 開発計画概要 .....	139
1.1 計画概要 .....	141
1.2 生産計画 .....	142
第2章 坑内構造 .....	143
2.1 斜坑設計 .....	145
2.2 斜坑掘進方法 .....	146
2.3 斜坑掘進人員計画 .....	148
2.4 斜坑掘進運搬計画 .....	149
2.5 人員及び材料の運搬法 .....	153
2.6 基幹坑道掘進計画 .....	153
第3章 採炭計画 .....	157
3.1 採炭方式 .....	159
3.2 坑道と炭柱の設計 .....	161
3.3 1次及び2次採炭の規格 .....	162
3.4 天盤支保規格 .....	165
3.5 保安炭柱 .....	167
3.6 採掘実収率 .....	167
3.7 採炭機械 .....	168
3.8 出炭計画 .....	172
3.9 採炭人員計画 .....	172
3.10 切羽作業時間計画 .....	173

第4章 運搬計画 .....	175
4.1 原炭運搬法 .....	177
4.2 ベルトコンベヤの設計 .....	177
4.3 坑内貯炭用バンカー .....	184
4.4 人員輸送 .....	185
4.5 材料輸送 .....	186
第5章 鉱山保安 .....	189
5.1 保安計画 .....	191
5.2 通気計画 .....	192
5.3 排水計画 .....	199
第6章 選炭計画 .....	205
6.1 選炭能力 .....	207
6.2 選炭工程 .....	207
6.3 主要設備 .....	210
第7章 坑外設備 .....	215
7.1 給水計画 .....	217
7.2 電力供給 .....	219
7.3 坑外設備 .....	223
第8章 人員計画 .....	227
第9章 初期投資及び生産原価 .....	231
9.1 初期投資 .....	233
9.2 生産原価 .....	233
結 論 .....	239
参考文献 .....	243

## 表 (Table)

Table I - 1.	関係技術者一覧表.....	16
	Members of JICA Team and Swaziland Counterparts	
II - 1.	試錐工事実績表 .....	42
	Drilling Record	
II - 2.	作業方数及び物品消費一覧表 .....	46
	Working Shift and Material Consumption (1984)	
II - 3.	スワジランドの地質層序 .....	50
	Geological Formations of Swaziland	
II - 4.	Karoo 累層群の層序 .....	51
	Karoo Supergroup Stratigraphy in Swaziland	
II - 5.	Ecca 層群の層序 .....	55
	Ecca Group Stratigraphy in Central Swaziland	
II - 6.	主要炭層一覧表 .....	68
	Thickness of Major Coal Seams	
II - 7.	浮沈分析一覧表 .....	105
	Result of Sink-and-Float Analysis	
II - 8.	組織分析一覧表 .....	107
	Petrographic Analysis	
II - 9.	炭量計算表 .....	114
	Coal Reserves Calculation	
III - 1.	斜坑の規格 .....	145
	Standard of Incline	
III - 2.	斜坑掘進作業手順 .....	149
	Incline Heading Sequence	
III - 3.	斜坑用軌条及び巻上げの規格 .....	152
	Specifications of Incline Rail and Hoist	



III-4.	コンテナスマイナーの規格	169
	Specifications of Continuous Miner	
III-5.	ベルトコンベヤの仕様	181
	Specifications of Belt Conveyor	
III-6.	トラックレス人車の概要	185
	Dimensions of Personnel Carrier	
III-7.	トラックレス材料運搬車の概要	187
	Dimensions of Material Carrier	
III-8.	中央式通気方式の仕様	197
	Centralized Ventilation System	
III-9.	扇風機の仕様	198
	Specifications of Fan	
III-10.	排水管及びポンプの仕様	204
	Drainage Pipe and Pump Specifications	
III-11.	電気設備	222
	Electric Equipment	
III-12.	人員計画	229
	Manpower Requirements	
III-13.	設備建設計画	234
	Construction and Installation Schedule	
III-14.	年度別投資、償却計画	235
	Investment and Depreciation Schedule	
III-15.	スベアパーツ価格	237
	Spare Parts Cost	
III-16.	生産原価	238
	Production Cost	

## 図 (Figure)

Figure	I - 1.	調査作業概要 .....	15
		General View of Works in Swaziland	
	I - 2.	位置図 .....	26
		Location Map	
	I - 3.	地形区分図 .....	27
		Morphologic Region Map	
	II - 1.	試錐位置図 .....	34
		Location of Executed Boreholes	
	II - 2.	試錐作業工程図 .....	36
		Execution Process of Drilling	
	II - 3.	Karoo 累層群標準柱状図 .....	52
		Type Section of Karoo Superproup	
	II - 4.	ドレライト・シル頻度図 .....	59
		Dolerite Sill Incidence Map	
	II - 5.	主要ドレライト・シル分布図 .....	60
		Distribution of Major Dolerite Sills	
	II - 6.	層間距離頻度分布図 .....	70
		Frequency Distribution of Individual Clastic Interval Thickness	
	II - 7.	累積層間距離頻度分布図 .....	71
		Frequency Distribution of Interval Thickness Measured from Top Marker	
	II - 8.	層間距離変化図 (Intermediate Marker / Bottom Marker) ...	73
		Clastic Interval Thickness Trends	
	II - 9.	同 (Main Seam / Footwall 1) .....	74

II - 10.	同	(Footwall 1/Footwall 2) .....	75
II - 11.	同	(Bottom Marker/Main Seam) .....	77
II - 12.	砂岩-頁岩比	(Lower Coal Zone 下部) .....	80
		Sand-Shale Ratio	
II - 13.	同	(Lower Coal Zone 上部) .....	81
II - 14.	同	(Upper Sandstone) .....	82
II - 15.	同	(Upper Transition Beds) .....	83
II - 16.	石炭比	(Lower Coal Zone 下部) .....	84
		Coal Ratio	
II - 17.	同	(Lower Coal Zone 上部) .....	85
II - 18.	磁気探査図	(LD5) .....	90
		Magnetometry Survey	
II - 19.	同	(LD14) .....	91
II - 20.	東西方向ライン磁気探査図	.....	92
		Magnetometry Survey along E-W Lines	
II - 21.	物理検層、地質柱状対比図	(LD15) .....	94
		Comparison between Geophysical and Lithological Logs	
II - 22.	物理検層の模式プロファイル	.....	95
		Schematic Profile of Geophysical Logging	
II - 23.	密度、ガンマー線クロス・プロット図	(LD15) .....	96
		Cross Plot of Bed Resolution Density Gamma Ray	
II - 24.	O/C比、炭素含有量関係図	.....	103
		Relation between O/C Ratios and Carbon Contents	

II - 25.	H/C 比、炭素含有量関係図 .....	104
	Relation between H/C Ratios and Carbon Contents	
II - 26.	平均最大反射率、固定炭素/固定炭素+揮発分関係図 .....	110
	Relation between Mean Maximum Reflectance and Fixed Carbon/Fixed Carbon+Volatile Matter	
III - 1.	斜坑断面図 .....	146
	Cross Section of Incline	
III - 2.	ボックス・カット断面図 .....	147
	Box Cut Section	
III - 3.	トラックレス斜坑縦断面図 .....	147
	Trackless Incline Longitudinal Section	
III - 4.	ベルト斜坑縦断面図 .....	147
	Belt Incline Longitudinal Section	
III - 5.	斜坑掘進時の運搬方法図 .....	150
	Method of Haulage at Driving of Incline	
III - 6.	ルーフボルト法(垂直、斜交組合せ) .....	154
	Combination of Vertical and Angle Bolting	
III - 7.	ルーフボルト法(垂直) .....	154
	Vertical Bolting	
III - 8.	主幹坑道(5エントリー)の規格 .....	155
	Standard of Main Entry (5 Entries)	
III - 9.	片盤坑道(7エントリー)の規格 .....	156
	Standard of Cross Main Entry (7 Entries)	
III - 10.	坑道掘進手順 .....	160
	Sequence of Cuts at Entry	
III - 11.	コンテナスマイナー作業手順 .....	160
	Continuous Miner Operating Sequence	

III-12.	安全スパンの概要	161
	Design of Safety Span	
III-13.	採炭の規格	163
	Standard of Underground Mining	
III-14.	採炭切羽(13エントリー)の規格	164
	Standard of Development at Mining Panel (13 Entries)	
III-15.	炭柱回収及び2次採炭の規格	166
	Standard of Pillar and Secondary Extraction	
III-16.	ルーフボルター	165
	Roof Bolter	
III-17.	鉄道の保安炭柱	167
	Barrier Pillar for Surface Railway	
III-18.	コンテニアスマイナー	170
	Continuous Miner	
III-19.	シャトルカー	171
	Shuttle Car	
III-20.	採炭作業計画	173
	Working Cycle of Mining	
III-21.	坑内ベルトコンベヤ配置図	182
	Layout of Underground Belt Conveyor	
III-22.	斜坑及び主幹坑道ベルトコンベヤ	183
	Incline and Main Entry Belt Conveyor	
III-23.	片盤坑道ベルトコンベヤ	183
	Cross Main Entry Belt Conveyor	
III-24.	採炭切羽ベルトコンベヤ	183
	Panel Belt Conveyor	
III-25.	3ロールトラフキャリヤー	184
	Three Roll Trough Carrier	

III-26.	貯炭用バンカー Underground Banker	184
III-27.	トラックレス人車 Personnel Carrier	186
III-28.	トラックレス材料運搬車 Material Carrier	187
III-29.	通気方式 Ventilation Network	194
III-30.	風橋 Ventilation Overcast at Intersection	198
III-31.	排水系統図 Schematic Drawing of Drainage System	200
III-32.	選炭概念図 Conceptual Diagram	208
III-33.	選炭フローシート Flow Sheet of Coal Preparation	209
III-34.	マテリアルバランス図 Material Balance of Coal	211
III-35.	送電線図 Power Line Map	220
III-36.	配電略図 Schematic Layout of Power Supply	221
III-37.	鉱山組織図 Mine Organization Chart	230

## 図版 (Plate)

Plate	1. 調査地域の写真 .....	19
	Photographs of Investigated Area	
	2. 試錐工事の写真 .....	21
	Photographs of Drilling Work	
	3. ドレライトの顕微鏡写真(1) .....	63
	Photomicrographs of Dolerite	
	4. 同 (2) .....	65

## 附図 (Drawing)

Drawing	1. 地質図 (1 : 25,000)	
	Geologic Map	
	2 a. 地質断面図 (E-W方向、水平1 : 10,000, 垂直1 : 5,000)	
	Geologic Profile	
	2 b. 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	
	4 a. 試錐柱状図 (LD1, 1 : 200)	
	Borehole Log	
	b. 同 (LD2, 1 : 200)	
	c. 同 (LD3, 1 : 200)	
	d. 同 (LD4, 1 : 200)	
	e. 同 (LD5, 1 : 200)	
	f. 同 (LD6, 1 : 200)	

- g. 同 (LD7, 1:200)
- h. 同 (LD8, 1:200)
- i. 同 (LD9, 1:200)
- j. 同 (LD10, 1:200)
- k. 同 (LD11, 1:200)
- l. 同 (LD12, 1:200)
- m. 同 (LD13, 1:200)
- n. 同 (LD14, 1:200)
- o. 同 (LD15, 1:200)
- p. 同 (LD16, 1:200)
- q. 同 (LD17, 1:200)
- r. 同 (LD18, 1:200)
- s. 同 (LD19, 1:200)
- t. 同 (LD20, 1:200)

5 a. 地層対比図 (北部地区 1:500)  
Correlation of Geologic Sequence

b. 同 (南部地区 1:500)

6. ドレライト・フェンス・ダイヤグラム (水平 1:25,000, 垂直  
1:10,000)  
Fence Diagram of Dolerite

7 a. 炭柱図 (LD1, 1:20)  
Coal Columnar Section

- b-1. 同 (LD2, 1:20)
- b-2. 同 (LD2, 1:20)
- c-1. 同 (LD3, 1:20)
- c-2. 同 (LD3, 1:20)
- d. 同 (LD4, 1:20)
- e-1. 同 (LD5, 1:20)



e-2. 同 (LD5, 1:20)  
f-1. 同 (LD6, 1:20)  
f-2. 同 (LD6, 1:20)  
f-3. 同 (LD6, 1:20)  
g. 同 (LD7, 1:20)  
h-1. 同 (LD8, 1:20)  
h-2. 同 (LD8, 1:20)  
i. 同 (LD9, 1:20)  
j. 同 (LD10, 1:20)  
k-1. 同 (LD11, 1:20)  
k-2. 同 (LD11, 1:20)  
l-1. 同 (LD12, 1:20)  
l-2. 同 (LD12, 1:20)  
l-3. 同 (LD12, 1:20)  
m-1. 同 (LD13, 1:20)  
m-2. 同 (LD13, 1:20)  
n-1. 同 (LD14, 1:20)  
n-2. 同 (LD14, 1:20)  
o-1. 同 (LD15, 1:20)  
o-2. 同 (LD15, 1:20)  
p-1. 同 (LD16, 1:20)  
p-2. 同 (LD16, 1:20)  
q-1. 同 (LD17, 1:20)  
q-2. 同 (LD17, 1:20)  
q-3. 同 (LD17, 1:20)  
r-1. 同 (LD18, 1:20)  
r-2. 同 (LD18, 1:20)

- r-3. 同 (LD18, 1:20)
- s-1. 同 (LD19, 1:20)
- s-2. 同 (LD19, 1:20)
- s-3. 同 (LD19, 1:20)
- t-1. 同 (LD20, 1:20)
- t-2. 同 (LD20, 1:20)
- 8 a. 炭層等深線圖 (Intermediate Marker, 1:25,000)  
Structure Contour Map
- b. 同 (Main Seam, 1:25,000)
- c. 同 (Footwall 3, 1:25,000)
- 9 a. 炭層等厚線圖 (Intermediate Marker, 1:25,000)  
Isopach Map
- b. 同 (Main Seam, 1:25,000)
- c. 同 (Footwall 3, 1:25,000)
10. Main Seam 炭層圖 (1:50)  
Coal Section of Main Seam
11. 物理檢層對比圖 (1:1,000)  
Correlation of Geophysical Logging
- 12 a-d. 石炭分析・試驗一覽表  
Results of Coal Analysis and Testing
- 13 a. 炭質分布圖 (Intermediate Marker, 1:25,000)  
Iso-grade Map
- b. 同 (Main Seam, 1:25,000)
- c. 同 (Footwall 3, 1:25,000)
- 14 a. 炭量計算圖 (Intermediate Marker, 1:25,000)  
Coal Reserves Calculation Map

b. 同 (Main Seam, 1:25,000)

c. 同 (Footwall 3, 1:25,000)

15. 坑内基幹構造図 (1:25,000)  
Underground Structure Concept

16. 採炭切羽展開図 (1:25,000)  
Mining Panel Plan

17. 坑外設備配置図 (1:2,000)  
Layout of Surface Facilities



# 要 約



# 要 約

## 1. 背 景

スワジランド王国はエネルギー需要の約40%を輸入に依存している。同国政府はエネルギー資源の自給自足の達成、将来のエネルギー需要増加への対処、及び石炭輸出による外貨獲得を目的として、同国で最も重要なエネルギー資源である石炭の開発に強い意欲を示している。国内炭を使用する火力発電所計画を現在検討中である。

## 2. 調 査

本調査はルブク地域の北部に分布する中部エッカ累層の炭層賦存状況を確認し、炭鉱開発計画の素案を作成して、将来の探査及び採炭計画の立案に資する為のものである。

現地調査は1983,1984年度に行い、プレ・フィージビリティ・スタディは1985年度に実施した。本調査期間中の総掘削長は試錐孔20本で7,893.06mである。

## 3. 地 質

今回の調査で中部エッカ累層の下部夾炭層中に20枚以上の炭層を確認した。この夾炭層の下部に Intermediate Marker, Main Seam 及び Footwall 3 の主要3炭層が安定して分布しており、この内、Main Seam が最も優勢である。Main Seam は走向N-Sで、傾斜はほぼ5°Eで緩く褶曲している。本炭層の山丈は調査地域全般に亘って2.0m以上であり、北部では3.0~5.0mに達している。

カルー・ドレライトのシル及び岩脈が調査地域に広範囲に貫入しており、周辺の炭層に熱変質を与えている。ドレライトの貫入頻度は調査地域北部では低い。

本地域の石炭は大部分が半無煙炭であり、一部は無煙炭である。Main Seam の炭質はムバカ炭鉱及びナタール無煙炭の炭質に匹敵する。従って、ルブク石炭は上記の石炭と同じ市場性を有している。

調査地域内で主要3炭層の埋蔵炭量は合計約2.2億トンが計上され、この内、約53%がMain Seamのものである。Main Seam の可採炭量は約6,900万トンであり、調査地域北部で3,500万トンが計上された。

Main Seam の山丈、炭層賦存深度及び単位面積当りの可採炭量、並びにドレライトの貫

入状況からみて、調査地域北部が有望と考えられる。従って、この北部の Main Seam を稼行対象炭層として選定した。

#### 4. 炭 鉱 開 発

炭鉱開発計画の素案を主として技術的観点から作成したが、開発に要する初期投資額及び山元生産原価の概要も試算した。

##### (1) 開発計画

詳細エンジニアリング 第1年度

機材調達、建設及び据付 第2～第5年度

フル操業 第6年度以降

##### (2) 生産計画

第4年度 100,000トン(精炭)

第5年度 340,000トン( # )

第6年度以降 510,000トン( # )

##### (3) 採炭計画

開発方法： 斜坑2本(トラックレス及びベルト斜坑)、主幹坑道(5 エントリー)及び片盤坑道(7 エントリー)による。

採炭方法： コンテナスマイナー、シャトルカー、ルーフボルターによる柱房式採炭。

原炭生産：

稼働日数： 240日/年

操業体制： 4方/日(1方は整備)

採炭切羽： 3切羽、予備切羽1

日産量： 2,670トン(279トン/方/切羽)

年産量： 640,000トン

輸 送：

原 炭： ベルトコンベヤ

人員・材料： トラックレス車輛

通 気： 中央式通気方式

入気： トラックレス斜坑



排気：ベルト斜坑

(4) 選炭計画

選炭方法： 1次篩分け，手選，破碎，2次篩分け，重液選炭，脱液篩分け，第3次篩分け。

精炭生産：

給炭（原炭）： 640,000トン/年

精炭： 510,000トン/年（歩留：80%）

操業体制： 2方/日，整備1方

処理能力： 1次破碎 300トン/時

選炭 200トン/時

精炭産物：

ダフ（0～22 $mm$ ），ピース（10～22 $mm$ ），ナツツ（22～38 $mm$ ），コブル（38～75 $mm$ ）

(5) 人員計画

合計298人（坑内：183人，坑外：115人）

(6) 初期投資額 2,690万米ドル

(7) 山元生産原価 約US\$16.00/トン（精炭）

## 5. 結 論

ルブク地域北部における新規炭鉱の開発は国内及び輸出市場向として有望なプロジェクトである。



# 第 I 部 緒 論



## 第1章 調査の経緯



# 第I部 緒 論

## 第1章 調査の経緯

### 1.1 エネルギー事情

スワジランド王国の総エネルギー供給量は1980年度において約 $20,000 \times 10^9$  KJ（原油換算：51万kl）であり、その内、国内生産エネルギーは62.2%、輸入エネルギーは38.3%である（送電ロス0.5%を含む）。国内生産エネルギーの内訳は、産業廃棄物が49.6%、石炭（ムバカ炭鉱）が5.3%、薪が5.1%、水力発電が2.2%である。又、輸入エネルギーは全て南アフリカ共和国からのものであり、内訳は石油が22.8%、石炭が11.9%、電力が3.6%となっている。一方、エネルギーの需要は砂糖工業30.9%、パルプ工業25.5%、輸送産業16.5%、一般家庭9.7%、鉱業5.2%、農業3.6%、商業3.1%であった。

現在スワジランドで唯一のムバカ炭鉱から生産された石炭は $5,340 \times 10^9$  KJ(176,000トン)で、エネルギー総供給量の26.7%に相当するが、国内での消費は生産量の19.9%（国内供給量の5.3%）で、残り80.1%は輸出されており、重要な外貨獲得源となっている。

西暦2000年におけるスワジランドの一次エネルギー及び電力の需要は次の様に予測されている（1980年度のエネルギー需要を100%とする）。

西暦2000年	一次エネルギー	電力
最小予測	125%	160%
最大予測	150%	255%

上記の様に、一次エネルギーの増加に比べて、電力需要の伸びが著しく大きいのが特徴である。

現在までの調査によれば、有望な地熱及び核燃料資源は発見されておらず、国内エネルギー資源として重要なのは石炭、水力発電及び産業廃棄物である。しかしながら、水力発電については貯水池及び発電所の立地条件に恵まれた地域が少なく、又、産業廃棄物については最近数年間は著しい増加を示したが、関連産業の今後の伸びからみてもいずれも将来の供給には限界がある。

従って、将来の国内エネルギー資源として、豊富な埋蔵量が期待される石炭が最も

重要である。

## 1.2 経 緯

エネルギー需要の約40%を南アフリカ共和国からの輸入に依存しているスワジランド王国は、エネルギー資源の国内自給自足の達成を1978年度以降の同国国家開発計画の主な目標の一つにしている。特に石炭は同国にとって将来重要なエネルギー資源であり、スワジランド政府は石炭開発によるエネルギーの国外依存解消、産業の発展及び雇用機会の増大に大きな期待を寄せている。最近になって、同国政府は南アフリカ共和国政府と共同で、国内の石炭資源を利用した火力発電所建設計画を検討しており、その目標の具体化に一歩踏み出した。一方、日本向けに開発し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年に閉山した為、これに代るものとして石炭の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おける石炭の探鉱は過去一世紀にわたって、同国政府（地質調査鉱山局）及び民間企業の手により断片的に行われて来た。しかし、これらの探鉱の殆どは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ど探鉱が行われていない深部に賦存する石炭に着目し、そのポテンシャルティを評価し開発を検討して、同国における長期エネルギー政策を確立する目的で深部石炭試錐計画を立案した。

この様な背景の下に、スワジランド政府は、1979年5月深部石炭試錐計画の実施に対する技術援助の要請を日本政府に行った。日本政府はこれを受けて、調査対象候補5地域の内、プライオリティが最も高く、立地条件にも恵まれたルブク地域を対象として、調査実施要領に関する“Scope of Work”が国際協力事業団とスワジランド政府との間で1980年3月25日に取り交わされた。

この調査を実施する為にJICAチームが編成され、1980～1982年度に2km間隔で28本の試錐を行い、埋蔵炭量1.86億トンを確認する成果をあげた。特に、ルブク地域の北部には良好な炭層の賦存する事が判明した。

この調査結果に基づき、スワジランド政府は有望と判断されたルブク地域北部で、更に詳細な試錐調査を引続いて実施する事を決定し、その技術協力を再び日本政府に要請した。1983年6月30日に国際協力事業団とスワジランド政府との間で、プレ・フ



イージビリティ・スタディも含めた調査実施要領に関する“Scope of Work”が署名され、石炭調査に対する技術協力を継続して実施する事になった。この調査を実施する為に再度 JICA チームが編成され、1983年11月に調査を開始した。

### 1.3 目 的

調査の対象となるのはスワジランド炭田のルブク地域北部で、カルー累層群の中部エッカ累層に属する下部夾炭層の炭層群の内、主として地表から 200 m 以深に賦存する炭層である。

これらの炭層の賦存状況を調査し、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，可採炭量等）を作成し、併せて調査結果に基づいて技術的解析を主にしたプレ・フィージビリティ・スタディを行い、一つのモデル・ケースとして炭鉱開発計画の素案を作成し、今後の探鉱計画及び採炭計画の立案に資する事を調査の目的とする。

### 1.4 調査方法、期間及び体制

現地調査は20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及び炭鉱開発素案作成の為の資料・情報の収集を行った。1983年度の調査は同年11月12日に開始し、スワジランド史上最大の台風に伴う集中豪雨に見舞われたが、1984年3月に予定通り終了した。1984年度は同年6月に調査を開始し、前年に引続いて台風に伴う集中豪雨による障害もあったが、関係者一同の努力によって計画を上回る試錐掘削を行い、1985年2月に予定通り終了した。

試錐工事は1983年度は南アフリカ共和国の Interdrills(Pty)Ltd.が請け負った。1984年度は国際協力事業団が供与した試錐機を使用して、スワジランド政府が試錐掘削の技術移転を受けながら工事を行った。なお、物理検層(BPB Instruments Ltd.が実施)及び磁気探査はスワジランド政府が担当した。調査の主な内容は次の通りである。

試錐調査：	1983年度	4本	延 1,500.06 m
	1984年度	16本	延 6,393.00 m
	計	20本	延 7,893.06 m

(注) 前回の調査は28試錐孔、延 10,660.84 mで、1980年度以降の試錐

工事の総計は試錐48本、総掘削長は18,553.90mとなる。

磁気探査： 1983年度 4箇所, 1984年度 16箇所

物理検層： 1983年度 3本, 1984年度 2本

(注) 1984年度はスワジランド側の都合で2本のみ実施した。

1984年度はスワジランド政府への試錐掘削技術移転を目的とした試錐技師の派遣、及び炭  
鉱開発素案作成の為の現地調査を行った。又、1985年度は供与機材整備の為に機械技  
師を現地に派遣した。なお、本調査の実施に当って、スワジランド政府は機材・人員  
の運搬、JICAチームの滞在及び出入国に関する便宜供与、並びに室内作業用事務所  
・事務用器材の提供、調査用器材持ち込みの免税処置等を行った。

Figure I-1 に調査工程及び調査関係技術者の総括を、Table I-1 にJICAチーム  
及びスワジランド側カウンターパートの構成を示す。

1985年11月にJICAチームがスワジランド政府関係者にドラフト・レポートの説明  
を行い、同国政府の承認を得た。

なお、スワジランド政府の調査担当機関は天然資源エネルギー省地質調査鉱山局、  
国際協力の管轄機関は経済企画統計庁である。

調査地域の景観、試錐工事の実施状況等を Plate 1, 2 に示す。

Figure I-1 General Views of Works in Swaziland

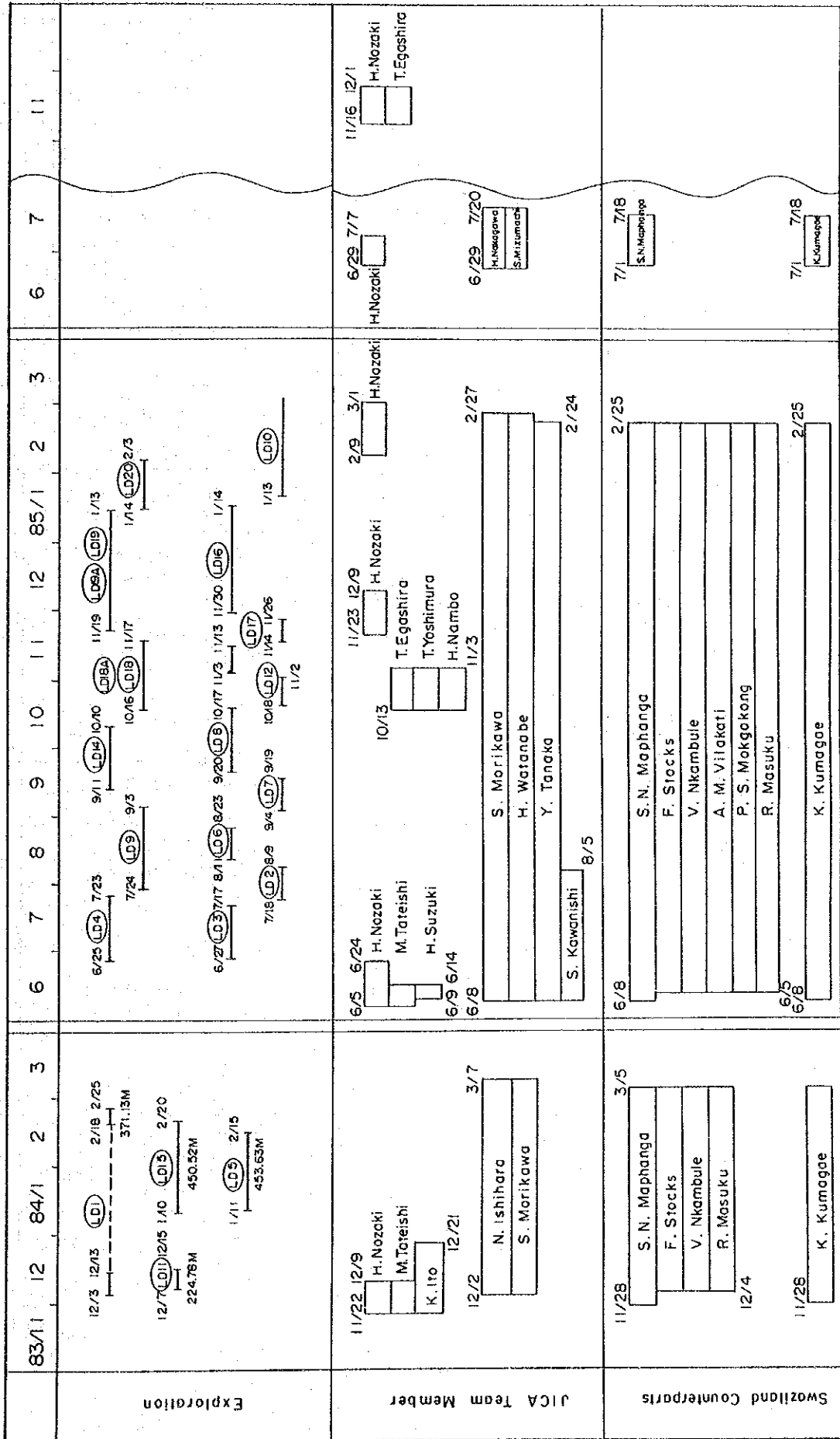


TABLE I-1. MEMBERS OF JICA TEAM AND SWAZILAND COUNTERPARTS

(A) JICA TEAM

Name	Charge	Position	Period
Haruo Suzuki	Representative	Head, Energy & Mineral Resources Survey Division, Mining & Industrial Planning and Survey Department, Japan International Cooperation Agency	F
Masaru Tateishi	Coordinator	Geologist, Energy & Mineral Resources Survey Division, Mining & industrial Planning and Survey Department, Japan International Cooperation Agency	A1, A2
Hajime Nozaki	Leader, Geology	Consulting Geologist, Registered, Engineering Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	A1, A2, A3 B1, B2, C2 E3, H
Kimihiko Ito	Geology	Chief Geologist, Engineering Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	A1, C1
Norio Ishihara	Geology, Drilling	Geologist, Engineering Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	D1
Shin Morikawa	Geology, Drilling, Survey	Geologist, Engineering Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	D1, D2
Hideaki Watanabe	Drilling, Survey	Geologist, Engineering Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	D2
Shigeru Kawanishi	Drilling Expert	Drilling Supervisor, Engineering Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	E1
Yukio Tanaka	Drilling Expert	Assistant Drilling Supervisor, Engineering Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	E2
Tadashi Egashira	Mine Development	General Manager, Engineering Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	G, H
Toshihiko Yoshimura	Mine Development	Chief Mechanical Engineer, Combustion Equipment Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	G
Hiroshi Nambo	Mine Development	Mining Engineer, Engineering Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	G
Hiroshi Nakagawa	Machine Maintenance	Mechanician, Engineering Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	I
Haruji Mizumachi	Machine Maintenance	Mechanician, Engineering Department, Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.	I

Note:

A1: Preparation I

November 22 to December 9, 1983

A2: Preparation II

June 5 to June 14, 1984

A3: Preparation III

June 29 to July 7, 1985

B1: Final Management I	February 18 to March 9, 1984
B2: Final Management II	February 9 to March 1, 1985
C1: Fieldwork I	December 10 to December 21, 1983
C2: Fieldwork II	June 15 to June 29, 1984
D1: Main Fieldwork I	December 2, 1983 to March 7, 1984
D2: Main Fieldwork II	June 8, 1984 to February 27, 1985
E1: Drilling Instruction I	June 8 to August 5, 1984
E2: Drilling Instruction II	June 8, 1984 to February 24, 1985
E3: Drilling Countermeasure	November 23 to December 9, 1984
F; Machine Providing Ceremony	June 9 to June 14, 1984
G: Investigation of Mine Development	October 13 to November 3, 1984
H: Draft Report Explanation	November 16 to December 1, 1985
I: Machinery Maintenance	June 29 to July 20, 1985

(B) SWAZILAND COUNTERPARTS

Name	Charge	Position
S.N. Maphanga	Coordinator Geology	Head of Coal Unit, Geological Survey and Mines Department, Ministry of Natural Resources and Energy (MNRE)
F. Stocks	Drilling	Drilling Superintendent, Geological Survey and Mines Department, MNRE
A.M. Vilakati	Geology	Deputy Director, Geological Survey and Mines Department, MNRE
V. Nkambule	Geology	Geologist, Geological Survey and Mines Department, MNRE
P.S. Mokgokong	Geology	Geologist, Geological Survey and Mines Department, MNRE
R. Masuku	Drilling	Technical Assistant, Geological Survey and Mines Department, MNRE
K. Kumagae	Coordinator	JICA Expert, Geological Survey and Mines Department

Plate 1. Photographs of Investigated Area

Landscape of the Lubhuku area.

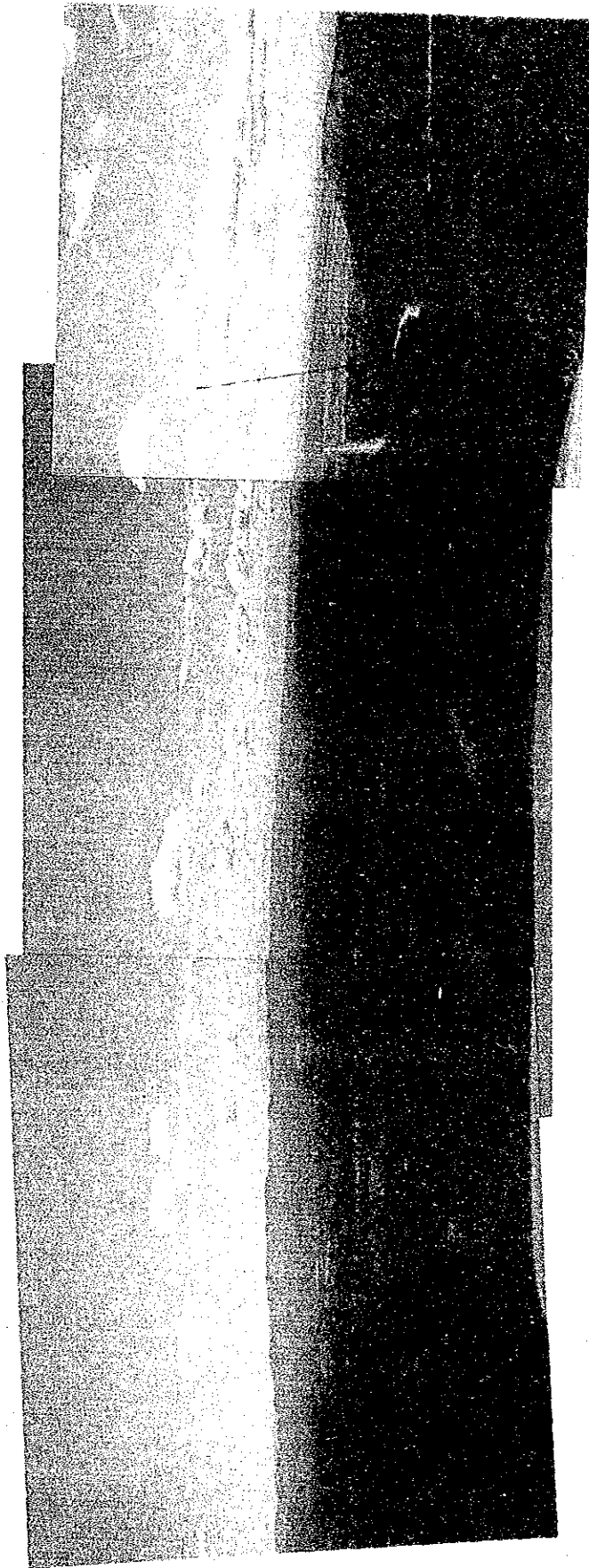
A distant view from the Lebombo Mountains.

The investigated area is located in the low land near the centre. Manzini-Siteki national road is running in the right.

Plate 2. Photographs of Drilling Work

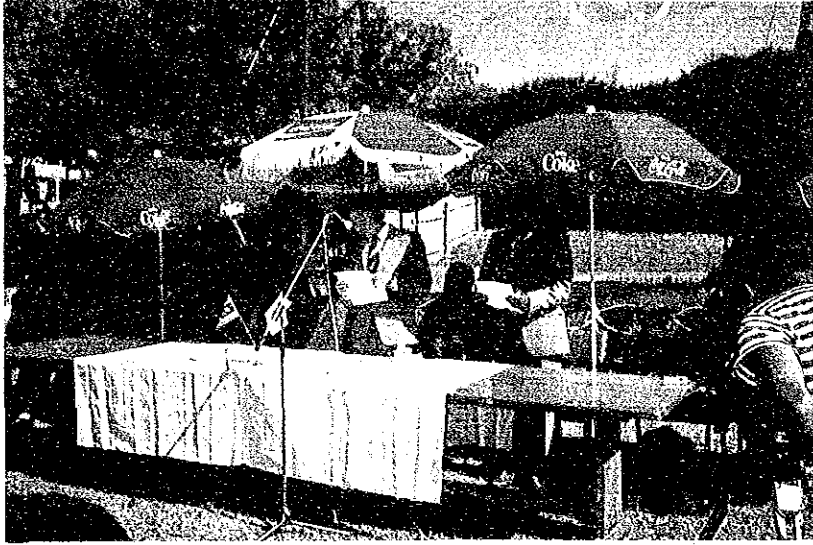
1. Handing over ceremony of drilling machine at the Prince of Wales stadium in Mbabane held on 13th June, 1984.
2. Truck-mounted drilling machine (YBM 4) provided by JICA is removing to drilling site during rainy season.
3. Drilling work in the nighttime.

Plate 1









1



2



3



## 第2章 ルブク地域の一般概況



## 第2章 ルブク地域の一般概況

### 2.1 位置及び交通

ルブク (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、地方事務所所在地 Siteki の西南西約20kmに在り、東経 31°50'、南緯26°30'附近に位置している (Figure 1-2)。

Mbabane からは国際空港のある Matsapa 及び Manzini を経て、Siteki に至る国道 (舗装) が本地域の北端から約4km北を走っている。この国道から分れた未舗装道路が本地域を南北に通っており、又、本地域の東南約3kmをSitekiに通ずる未舗装道路が走っている。Mbabane から本地域までは自動車では約1.5時間、Siteki からは約30分を要する。

一方、本地域の西端をモザンビクのMaputo港及び南アフリカのRichards Bay港に至るスワジランド鉄道 (貨物輸送専用) が南北に走り、交通は至便である。

### 2.2 地 形

スワジランドの地形は標高によって南北方向の4帯に分けられ、東から Lubombo (標高 370~780m)、Lowveld (標高 120~370m)、Middleveld (平均標高 700m) 及び Highveld (平均標高 1,200m) と称している (Figure 1-3)。

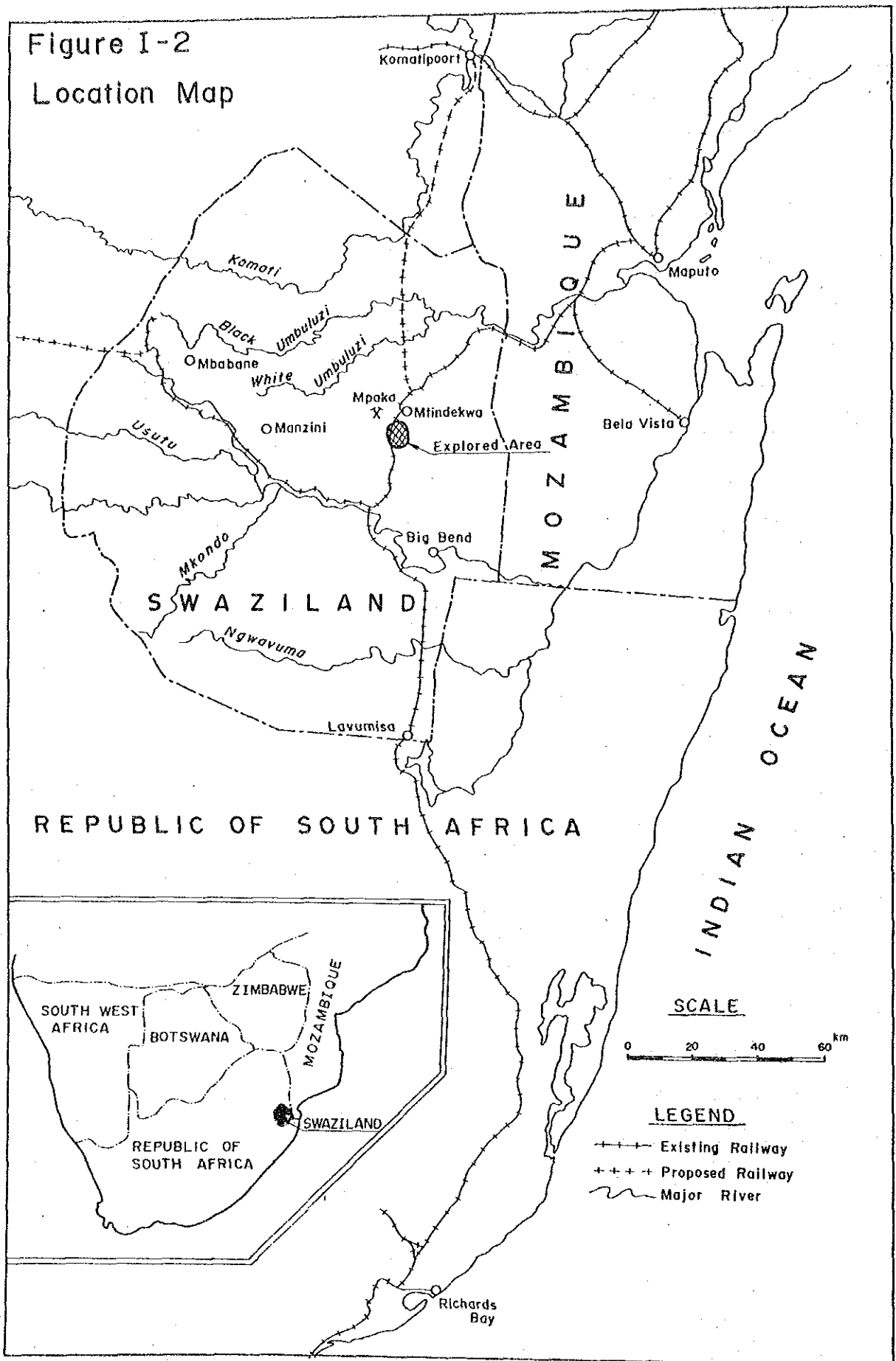
ルブク地域は Lowveld に属し、標高 250~350m の緩やかな起伏を示す比較的平坦な低地帯である。地域内を流れる河川は南方の Great Usutu 川に注いでおり、その殆どが雨季以外は流水のないワジである。地域一帯には灌木が密生し 2~4m に達するものが多い。

Lowveld は熱帯性気候であり、年間降雨量は 500~900mm とスワジランドでは最も少ないが、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し、この間地域内の道路は全て泥濘と化する。

### 2.3 調査地域

調査対象地域はルブク地域の内、1980~1982年度に調査した地域の北部及びその北方延長地区で、東西約 5km、南北約 7km の面積約 35km<sup>2</sup> である。

Figure I-2  
Location Map



# NATURAL REGIONS

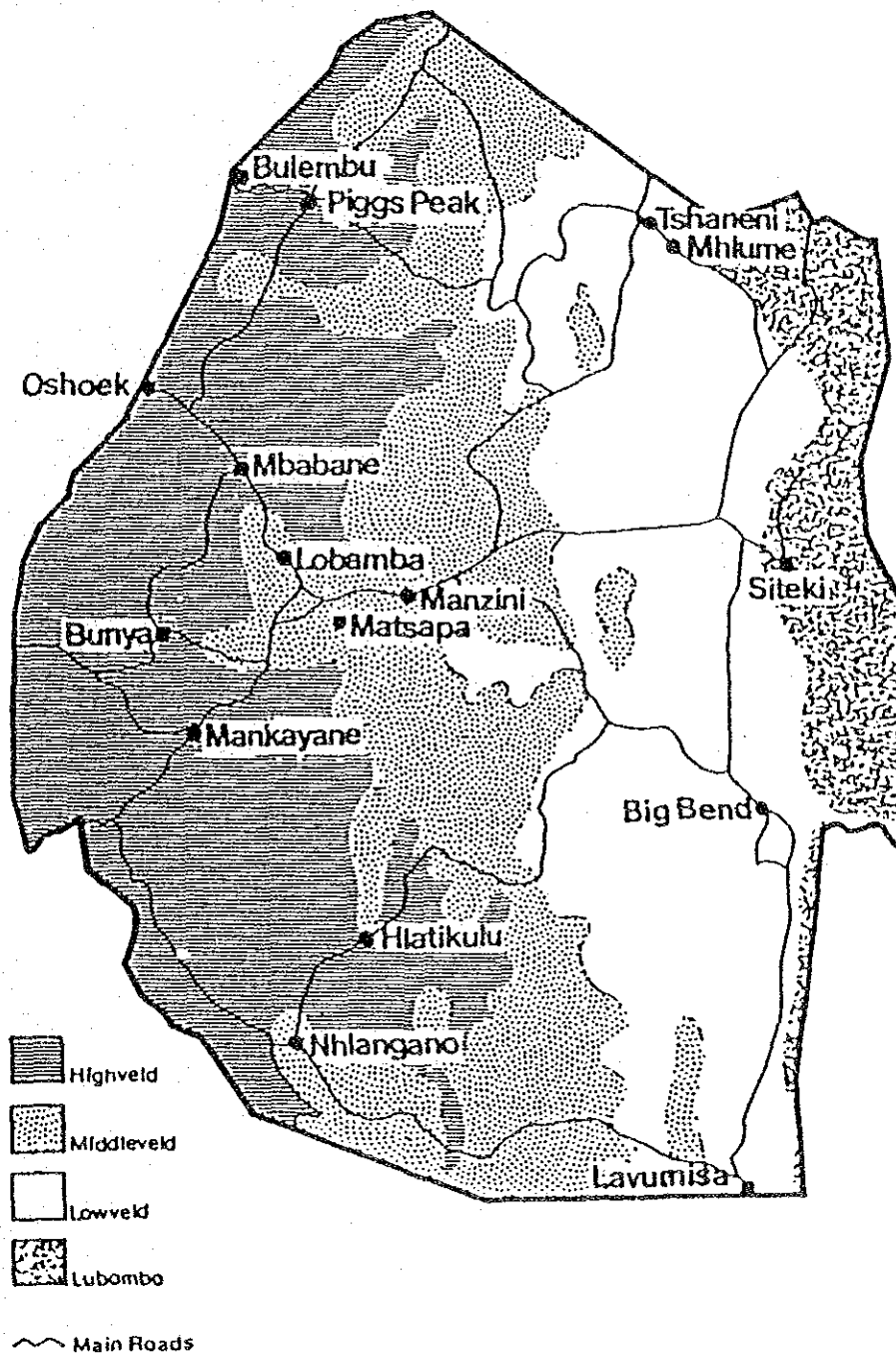


Figure I-3. Morphologic Region Map

調査地域の西方には地質調査鉱山局が試錐調査を実施した地域、及び SUMCOR Ltd. の鉱区があり、いずれも浅部に賦存する下部夾炭層を対象として探査が行われた。又、スワジランドで唯一の炭鉱であるムパカ(Mpaka)炭鉱(Emaswati Colliery Pty.Ltd.)が本地域の北西方に在り、年間10~15万トンの規模で石炭を生産している。更に、Shell Coal Swaziland(Pty)Ltd.が上部夾炭層を対象として、本地域の東方で試錐探査を実施した。

しかしながら、ルブク地域では地質調査鉱山局による1:50,000地質図幅作成を除いて、石炭の調査は行われていない。



## 第Ⅱ部 地 質



## 第 1 章 試 錐 工 事



## 第Ⅱ部 地 質

### 第1章 試 錐 工 事

#### 1.1 試錐作業概要

今回は東西方向の4つのラインで1km間隔の試錐合計20本を掘削し、炭層の賦存状況が有望とみられる調査地域で全体の試錐間隔が原則として1kmグリッドとなる様にした。本地域で実施した試錐の位置を Figure II-1 に示す。

試錐の実施に際しては前回の調査経験に鑑み、工事遅延を極力避ける為に掘削は全てワイヤーライン工法とし、又、雨季における試錐用水の運搬確保の為にトラクターを導入する等、十分な対策を講じたので集中豪雨の影響を受けたが工事の中断を最小限に留める事が出来た。

本地域では地表から5~40mまでは風化帯であり、ノンコア掘削を行い孔内の崩壊を避ける為にNXCケーシング・パイプ( $\phi=88.9\text{mm}$ )をセットした。ケーシングのセット深度からは全てNQダイヤモンド・ビットを使用して掘削しコアを回収した。コア回収率は両年度ともに99%以上と非常に良好であった。

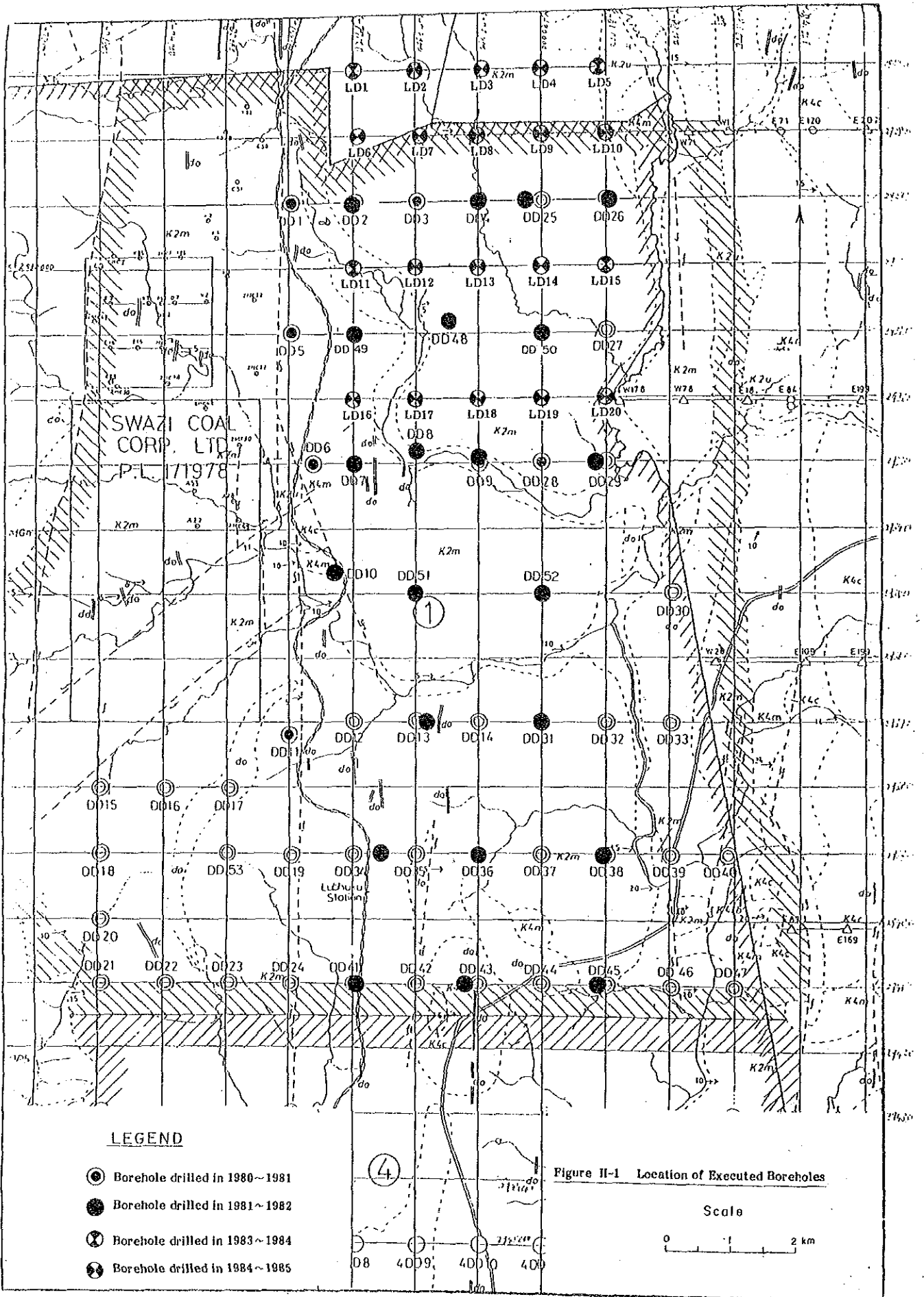
操業は1983年度は1日1方(一部2方/日)であったが、1984年度は1日2方として計画期限内での工事量完遂に努めた。尚、掘削用水は清水を用い、逸水のある時には泥水(CMC、ベントナイト)を使用し、特に激しい場合にはセメンテーションを行い逸水防止対策を講じた。

#### 1.2 試錐掘削技術移転

1984年度の試錐はスワジランド政府の強い要望もあり、国際協力事業団の供与したトラック搭載型試錐機2台(300m及び500m級)を使用して、日本より派遣した試錐技師の指導の下にスワジランド地質調査鉱山局所属の試錐員が工事を実施した。

試錐掘削技術の移転に当っては、スワジランド側の事情を十分に考慮して、技術移転の受入れ基盤を固めると共に、充分な成果が得られる様に次の点に留意した。即ち、1) 現場試錐工事管理体制の確立、2) 勤務体制の変更(1方/日→2方/日)、3) 試錐員用ベースキャンプの建設、4) on-the-job trainingによる指導等である。

工事開始初期の掘削は計画を大きく下回ったが、技術移転の成果は徐々に現れ、



掘削能率は著しく向上した。試錐機1台1方当りの掘削能率は工事初期は7.66m/方であったが、中期では8.27m/方、後期になると10.34m/方に達した。工事期間内に総掘削長は計画の6,000mを7%近くも上回り、試錐掘削の技術移転は大きな成果を上げる事が出来た。因に、過去3年間の地質調査鉱山局による石炭の試錐調査では、年間の平均総掘削長は1,340mであった。尚、試錐事故回復対策等の高等な技術移転は未だ不十分と考える。

### 1.3 試錐工事実績

1983年度の試錐工事期間は1983年12月3日～1984年2月25日で、工事実績は4試錐孔で総掘削長1,500.06mである。1984年度の工事は1984年6月25日に開始し、1985年2月19日で16試錐孔、総掘削長6,393.00mで終了した。合計試錐20本、掘削長総計は7,893.06mである。使用試錐機毎の掘削工程をFigure II-2に、各試錐孔の工事実績概要をTable II-1に示す。掘削能率は1983年度が13.51m/方、1984年度が9.17m/方である。

1983年度は大きな試錐事故もなく工事は順調に完了した。1984年度はジャミング事故による掘削中断が1孔(LD9)、ロッド切断による掘削不能が2孔(LD18, LD19)で、LD18は場所を移動して再掘削し、LD19はウェッジをセットし孔曲げ掘削に成功した。

1984年度の地質調査鉱山局が実施した試錐工事の作業方数及び主要品目の消費実績をTable II-2に示す。

Figure II-2a EXECUTION PROCESS OF DRILLING OPERATION (RIG A; JOYSULLIVAN D26)

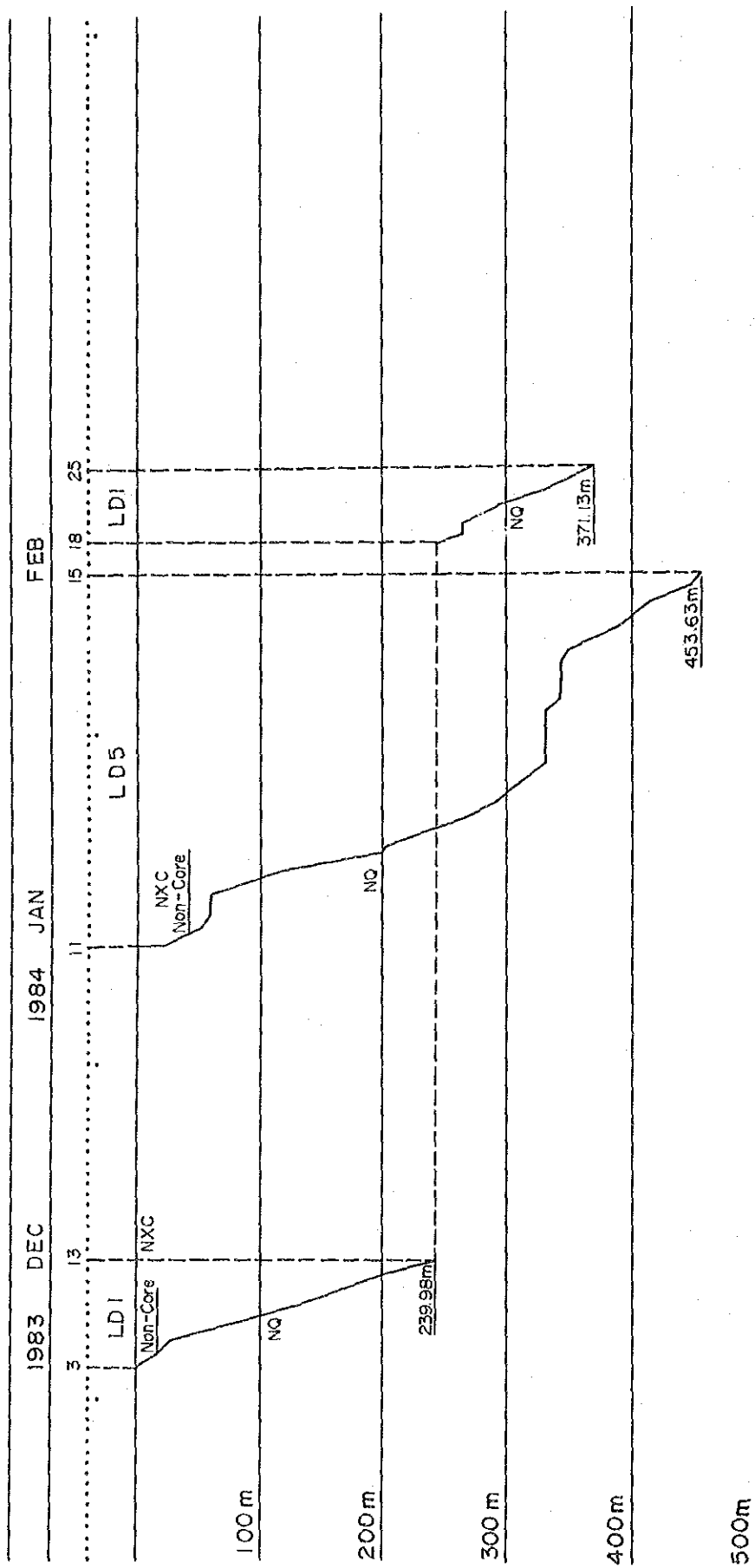




Figure II-2b EXECUTION PROCESS OF DRILLING OPERATION (RIG B; JOYSULLIVAN D26)

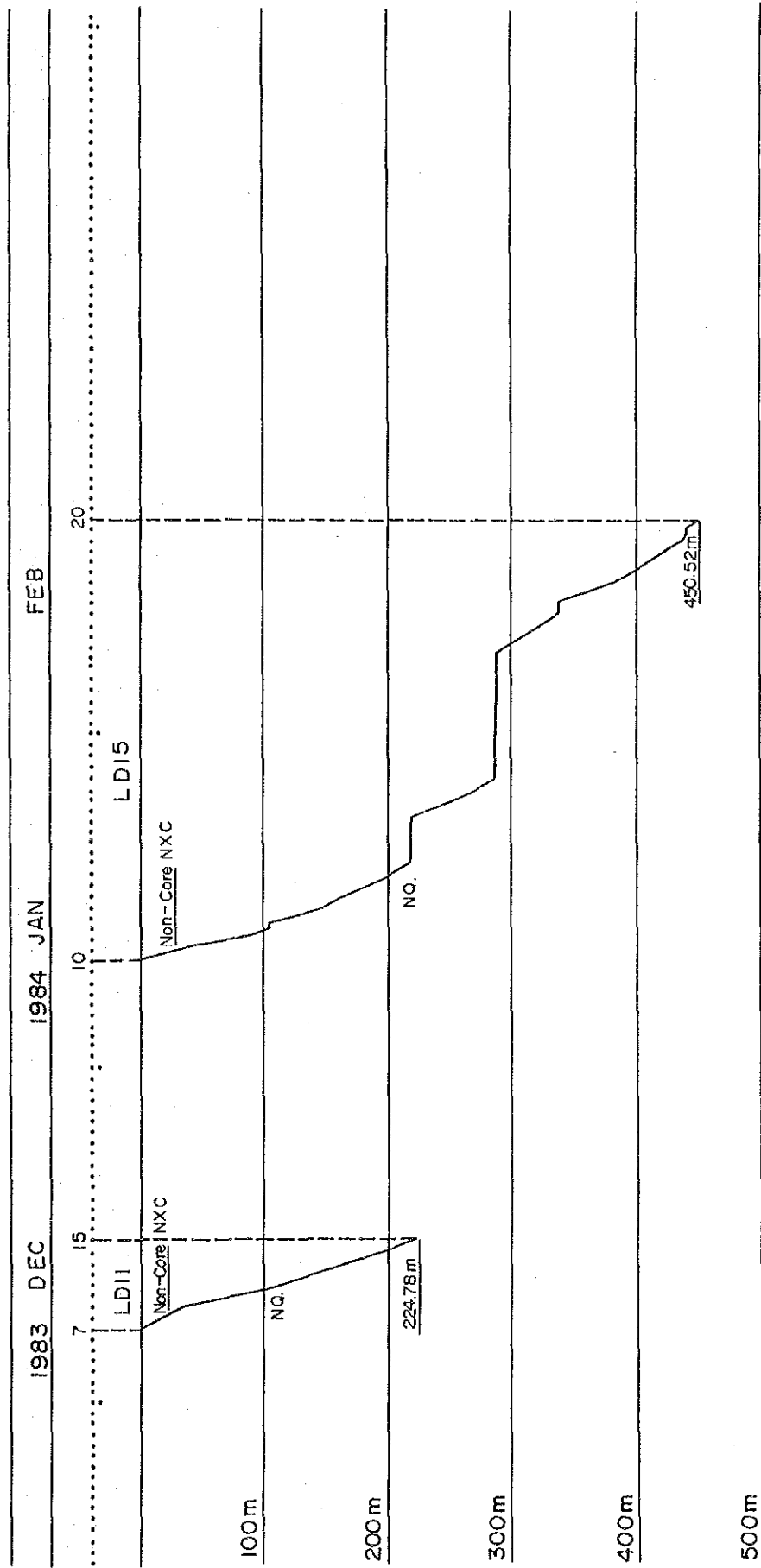


Figure II-2c EXECUTION PROCESS OF DRILLING OPERATION (RIG C; YBM4)

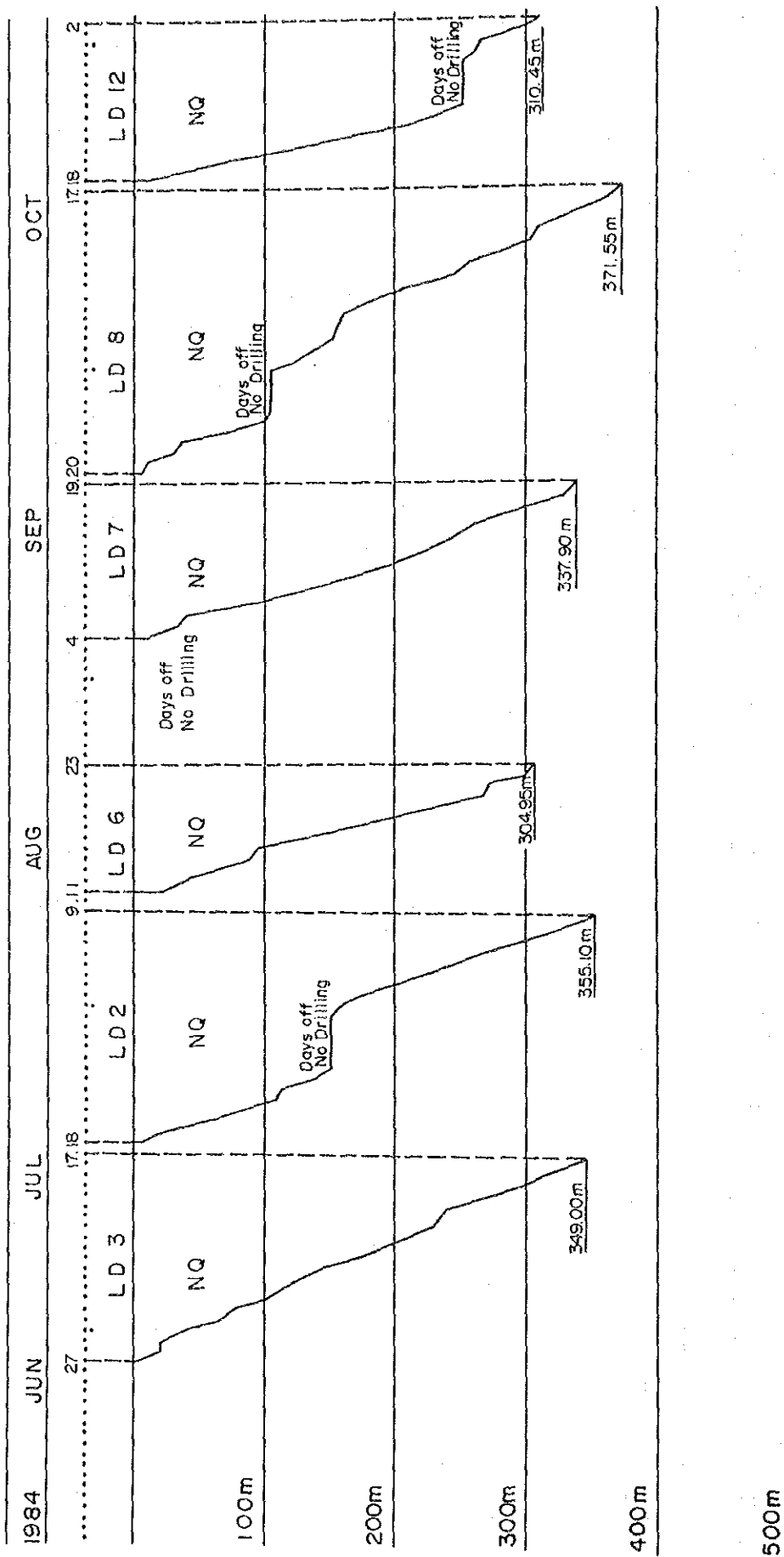


Figure II-2d EXECUTION PROCESS OF DRILLING OPERATION (RIG C; YBM4)

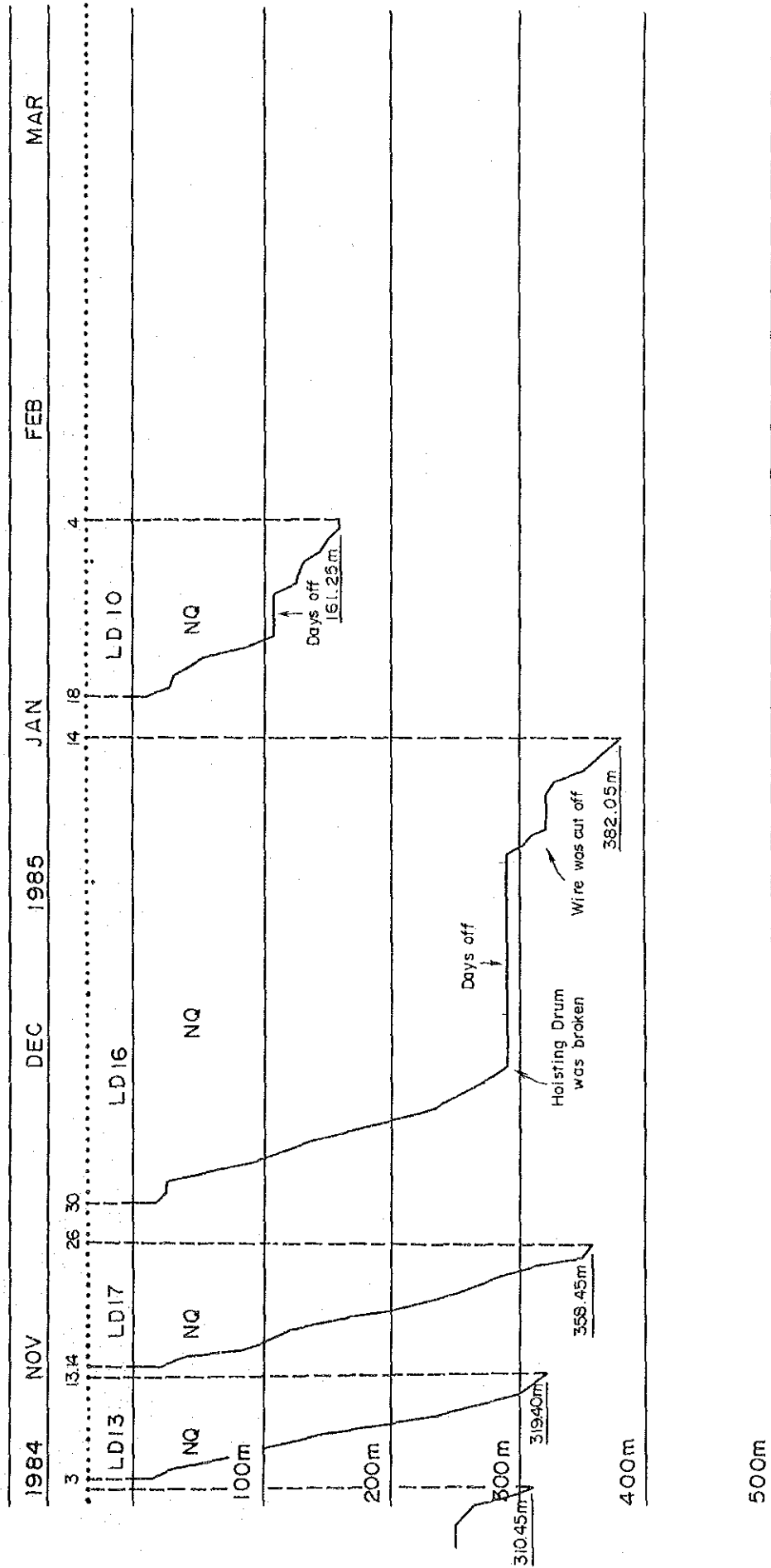


Figure II-2e EXECUTION PROCESS OF DRILLING OPERATION (RIG D; YBM6)

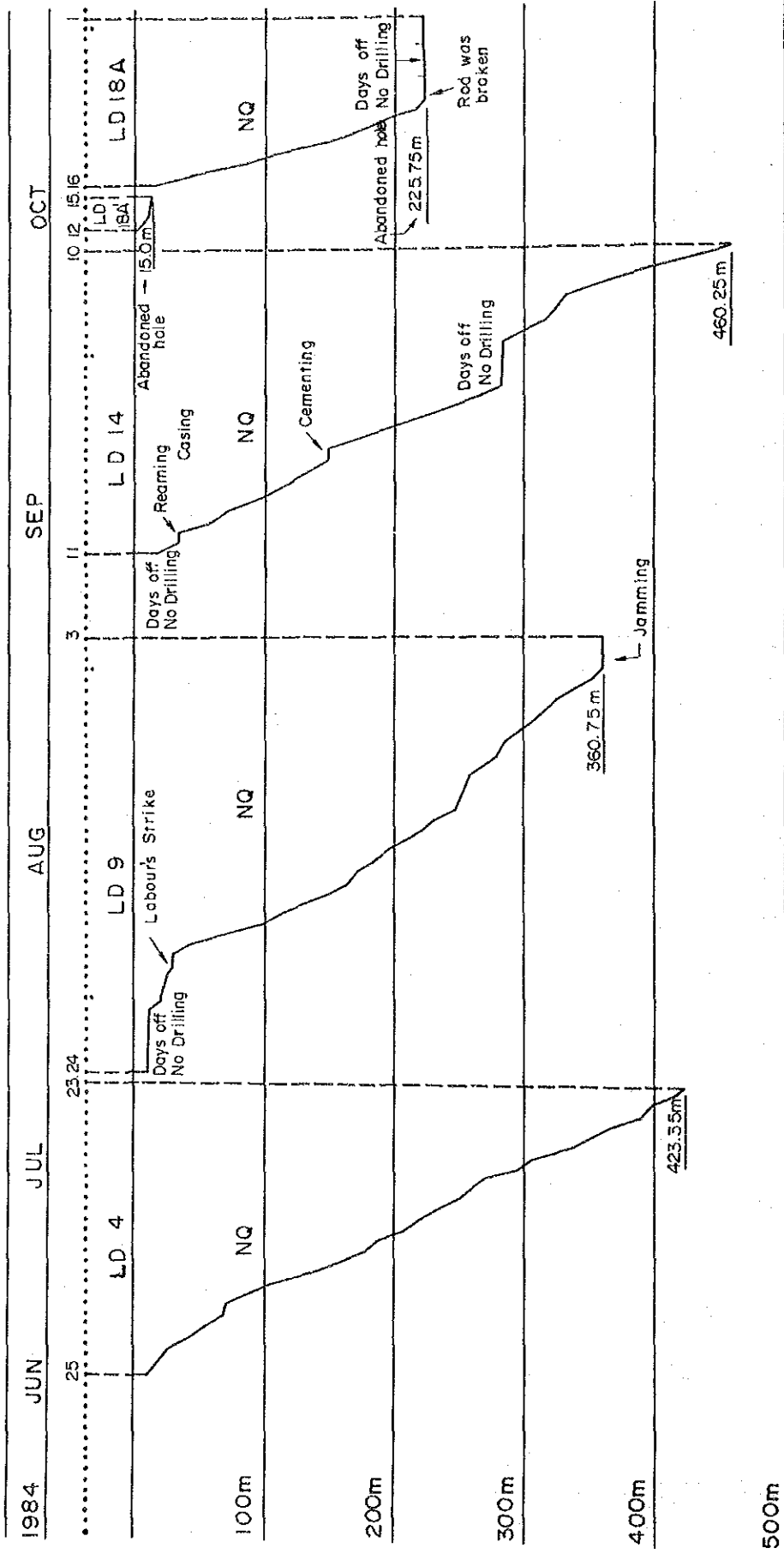


Figure II-2f EXECUTION PROCESS OF DRILLING OPERATION (RIG D; YBM6)

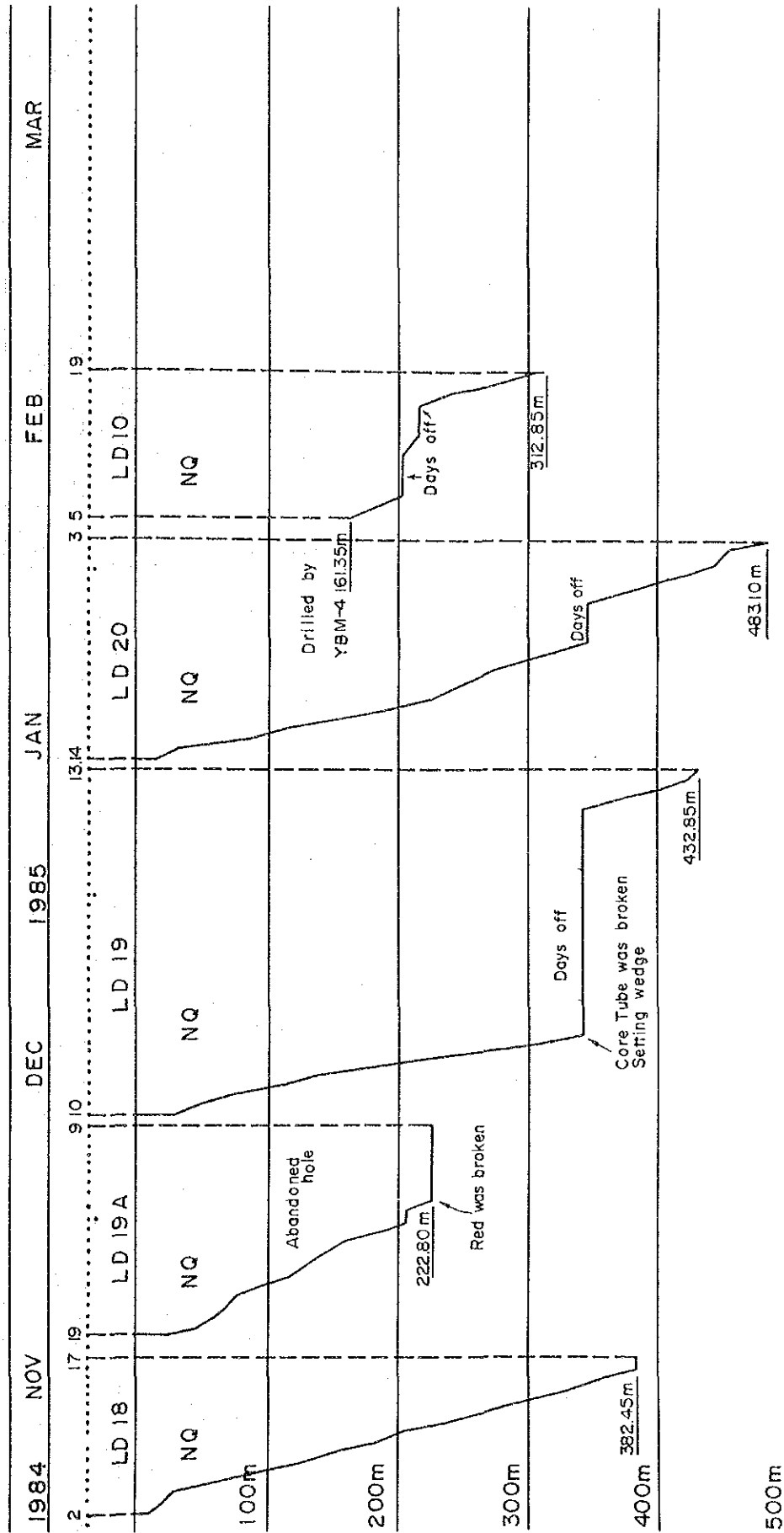


Table II-6a Thickness of Major Coal Seam

	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7	LD8	LD9	LD10
Elevation of Collar (m)	+298	+284	+280	+297	+273	+300	+284	+267	+285	+282
		218.95	222.12		351.47	228.75		296.87	349.55	
Depth to Seam (m)		1.33	1.38	-	1.23	0.87	-	1.43	1.10	-
Seam Thickness (m)		1.33	1.38		0.62	0.87		1.14	1.07	
Coal Thickness (m)		318.13	310.30	379.40	413.65	254.42		319.57		
Depth to Seam (m)		0.55	0.80	0.18	0.89	3.10	-	1.68		-
Seam Thickness (m)		0.36	0.77	0.18	0.89	2.97		1.50		
Coal Thickness (m)		346.82	341.22	406.98	442.41	287.67	314.12	350.74		
Depth to Seam (m)		0.83	1.93	1.72	1.30	1.34	1.54	1.81		-
Seam Thickness (m)		0.58	1.43	1.45	1.06	1.34	1.54	1.44		
Coal Thickness (m)										

Table II-1b Drilling Record

	LD6	LD7	LD8	LD9	LD10
OPERATING PERIOD	11 AUG. 1984 23 AUG. 1984	4 SEP. 1984 19 SEP. 1984	20 SEP. 1984 17 OCT. 1984	25 JUL. 1984 3 SEP. 1984	18 JAN. 1985
ACTUAL OPERATING DAYS	13	16	24	35	
COORDINATE X	+2,928,000	+2928,000	+2,928,000	+2,928,005	+2,928,000
COORDINATE Y	-77,070	-78,050	-79,000	-80,010	-81,000
ELEVATION OF COLLAR (M)	+300	+284	+267	+285	+282
PLANNED DRILLING LENGTH (M)	260	285	320	435	470
FINAL DRILLING LENGTH (M)	304.95	337.90	371.55	360.75	(439.85)
HOLE DEVIATION	N90°W 10-45'	N40°W 20-10'	N90°E 2°00'	-	
CORING INTERVAL (M)	2.40-304.95	6.00-337.90	6.00-371.55	11.0-360.75	
CORING RECOVERY (%)	100	99	100	100	
REMARKS				*1	

\*1. This hole was abandoned because of jamming accident and will be redrilled by GSMD.

Table II-1c Drilling Record

	LD11	LD12	LD13	LD14	LD15
OPERATING PERIOD	7 DEC. 1983 15 DEC. 1983	18 OCT. 1984 2 NOV. 1984	3 NOV. 1984 13 NOV. 1984	11 SEP. 1984 10 OCT. 1984	10 JAN. 1984 20 FEB. 1984
ACTUAL OPERATING DAYS	9	12	11	26	25
COORDINATE X Y	+2,930,023 -76,885	+2,930,000 -78,000	+2,930,000 -79,000	+2,930,040 -79,910	+2,930,000 -81,000
ELEVATION OF COLLAR (M)	+271	+280	+264	+260	+255
PLANNED (M) DRILLING LENGTH	240	310	385	440	480
FINAL (M) DRILLING LENGTH	224.78	310.45	319.40	460.25	450.52
HOLE DEVIATION	-	N 0°-30'	S 1°-00'	S 10°E 10'-40'	-
CORING INTERVAL (M)	15.88-224.78	3.40-310.45	7.25-319.40	21.35-460.25	25.74-450.52
CORING RECOVERY (%)	99	100	100	100	99
REMARKS					



Table II-1d Drilling Record

	LD16	LD17	LD18A	LD18	LD19A	LD19	LD20
OPERATING PERIOD	28 NOV. 1984 14 JAN. 1985	14 NOV. 1984 26 NOV. 1984	12 OCT. 1984 1 NOV. 1984	2 NOV. 1984 17 NOV. 1984	19 NOV. 1984 9 DEC. 1984	10 DEC. 1984 12 JAN. 1985	13 JAN. 1985 3 FEB. 1985
ACTUAL OPERATING DAYS	33	13	17	16	21	21	18
COORDINATE X	+2,932,000	+2,932,000	+2,931,999	+2,931,999	+2,932,000	+2,932,000	+2,932,000
COORDINATE Y	-76,993	-78,000	-79,002	-79,000	-80,000	-79,998	-80,993
ELEVATION OF COLLAR (M)	+272	+277	+269	+269	+251	+251	+242
PLANNED DRILLING LENGTH (M)	295	370	415	415	450	450	500
FINAL DRILLING LENGTH (M)	382.05	358.45	225.75	382.45	222.80	432.85	483.10
HOLE DEVIATION	N85°E 10-45'	N20°E 20-00'	-	S80°W 20-00'	-	N25°E 60-50'	N35°E 20-40'
CORING INTERVAL (M)	13.05-382.05	6.50-258.45	5.0-225.75	9.0-382.45	20.1-222.80	18.0-432.85	20.10-423.35
CORING RECOVERY (%)	99	100	100	100	100	100	100
REMARKS			*1		*2	*3	

\*1, \*2 These holes were abandoned because drill rod was broken.

\*3 Drilling work was discontinued at the depth of 342.45 m because drill rod was broken. Then this hole was re-opened from the depth of 343 m using wedge.

Table II-2 WORKING SHIFT AND MATERIAL CONSUMPTION (1984)

Hole No.	Total Drilling Length	Working shift					Material Consumption			
		Preparing	Drilling	Repairing	Waiting	Total	Diamond Bit	Diesel Oil	Lubricating Oil	
LD2	355.10 metre	1.0 shift	31.2 shift	0 shift	3.8 shift	36.0 shift	3.5 piece	2,430 litre	7.0 litre	
LD3	349.00	2.0	40.0	0	0	42.0	5.0	2,340	11.5	
LD4	423.35	1.0	51.2	3.8	0	56.0	9.5	2,610	18.0	
LD6	304.95	2.5	24.5	1.0	0	28.0	4.5	1,940	6.5	
LD7	337.90	2.5	29.5	0	0	32.0	4.7	2,310	8.0	
LD8	371.55	2.0	39.0	0	9.0	50.0	6.5	2,510	12.0	
LD9	360.75	2.0	48.3	9.3	7.4	67.0	5.5	2,730	13.5	
LD10	312.85	5.0	20.6	3.0	6.4	35.0	2.0	1,400	3.5	
LD12	310.45	1.0	18.1	1.5	0.5	21.1	2.1	1,180	5.5	
LD13	319.40	1.0	19.5	0	0	20.5	3.0	1,370	5.5	
LD14	460.25	1.5	41.3	3.0	6.2	52.0	1.8	2,100	11.0	
LD16	382.05	2.5	29.0	0.4	1.6	33.5	1.8	1,810	9.5	
LD17	358.45	1.0	23.8	0	1.5	26.3	2.9	1,610	6.5	
LD18A	225.75	2.5	33.5	1.0	2.0	39.0	2.2	1,300	6.0	
LD18	382.45	0	32.0	0	0	32.0	4.0	1,410	8.0	
LD19A	222.80	2.3	24.9	0	10.0	37.2	3.0	1,060	6.5	
LD19	432.85	0	39.0	0	1.0	40.0	4.0	1,890	8.5	
LD20	483.10	2.0	46.8	0	0.6	49.4	4.0	2,110	8.5	
Total	6,393.00	31.8	592.2	23.0	50.0	697.0	70.0	34,110	155.5	
Rate or Percentage	9.17 m/shift	4.5%	85.0%	3.3%	7.2%	100.0%	87.9m/pce	5.34 l/m	0.02 l/m	

Remarks: Total coring length computes 6,157.30 metres. LD18A and LD19A are abandoned original holes.

## 第 2 章 地 質



## 第2章 地 質

### 2.1 地質概要

スワジランド王国には先カンブリア時代の変成岩類、花崗岩類、火山岩類、超塩基性岩類と堆積岩類及び古生代～中生代の堆積岩類、火山岩類並びに沖積層が分布している。その層序を Table II-3 に示す。

炭田地帯の基盤を成すのは始生代の Swaziland 及び Pongola 累層群の堆積岩類、火山岩類と、広域変成作用により Swaziland 累層群より形成された片麻岩類及び花崗岩類で、主として Highveld 及び Middleveld に広く露出し、同国のほぼ 70% を占めている。

#### 2.1.1 スワジランドの Karoo 累層群

Karoo (カルー) 累層群はアフリカ南部の内陸地帯に広範囲にわたって分布し、主として陸成堆積物から成る特徴的な地層である。本累層群は南アフリカ共和国の大カルー盆地東端から幅約 50km の Lebombo 地溝帯に沿って、帯状を成してスワジランドを南北に走り更に北方に延びている。

スワジランドの Karoo 累層群は主として東部の Lowveld 及び Lebombo に分布し、同国の約 30% を占めている。本累層群は基盤の先カンブリア系の上に不整合で重なるが、部分的には断層で接している。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る特徴を示している。地層の走向は一般に N-S 系で、傾斜は 5~10° E と非常に緩いが東部では多少傾斜を増し 10~20° E となる。Table II-4 及び Figure II-3 に Karoo 累層群の一般的な層序を示す。

Karoo 累層群の最下位は Dwyka 層群で後期石炭紀の堆積とみられ、局部的にしか露出していない。地層は砂岩、シルト岩及び頁岩の薄層を伴う堅硬な漂礫岩で、氷成の花崗岩、ペグマタイト、片麻岩、珪岩等の角礫を含み、層厚は厚い所で 300m に達する。

Ecca (エッカ) 層群は Dwyka 層群の上に整合で重なる夾炭層で二畳紀の堆積とみられ、上部、中部、下部の 3 累層に区分され、層厚は 800m 以上に達する。夾炭層は上部 Ecca 累層 (上部夾炭層) と中部 Ecca 累層 (下部夾炭層) に賦存する。

下部 Ecca 累層は無化石の帯灰黒色頁岩から成り、層厚は 40m 前後である。中部 Ecca 累層は下位から Lower Transition Beds, Basal Sandstone, Lower Coal Zone,

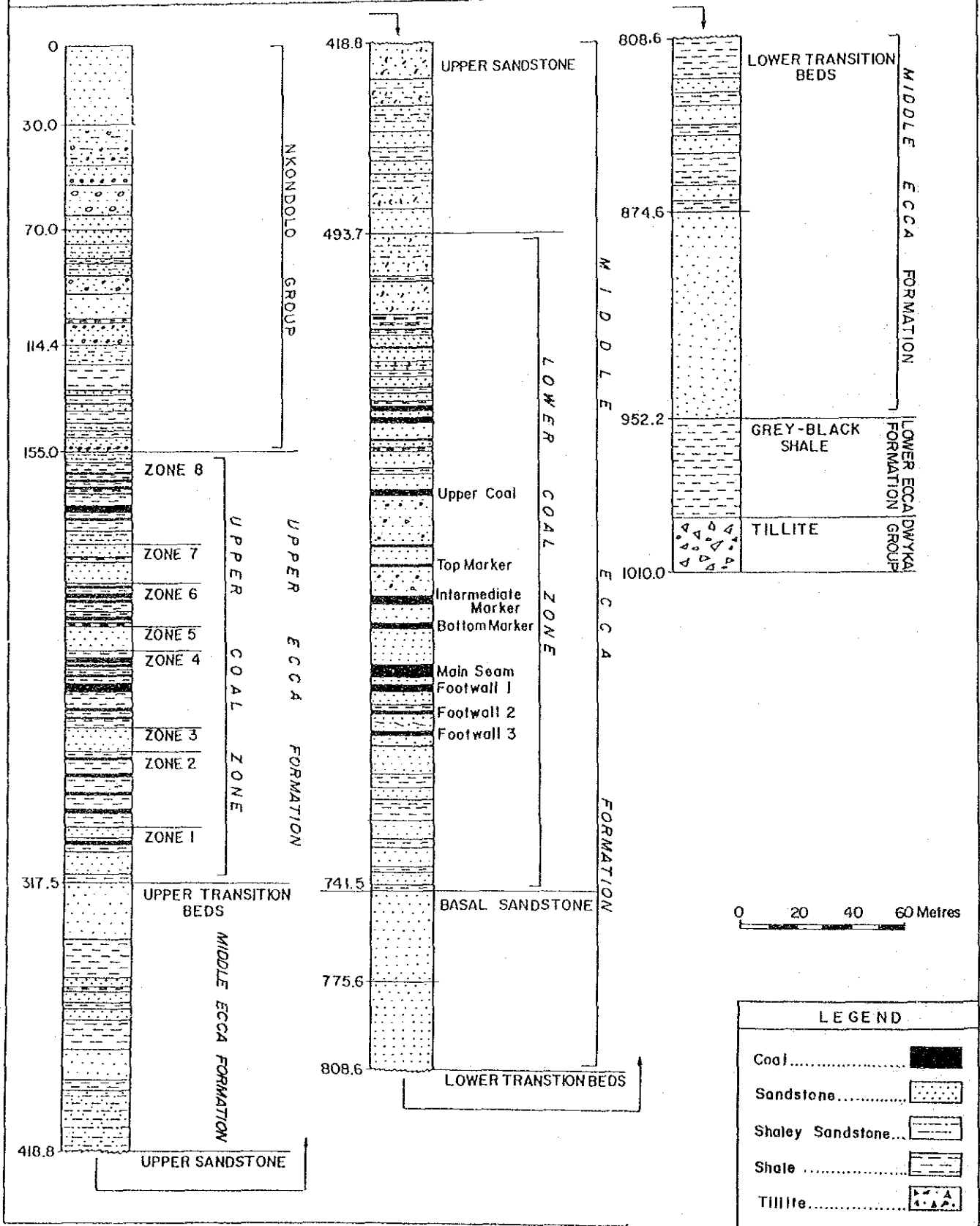
Table II-3 Geological Formations of Swaziland

Geological Age	Sedimentary Rocks	Igneous and Metamorphic Rocks
Quarternary	Alluvium	
Jurassic-Cretaceous		Karoo Dolerite
Jurassic Triassic Permian Carboniferous	Lebombo Group Nkondolo Group Ecca Group Dwyka Group	Karoo Supergroup
Archaean		Granites
		Usushwana Complex
		Granites
	Mozaan Group Insuzi Group	Pongola Supergroup
		Granites and Gneisses
	Moodies Group Fig Tree Group Onverwacht Group	Swaziland Supergroup

Table II-4 Karoo Supergroup Stratigraphy in Swaziland

Group	Formation	Lithology	Thickness in metres
Lebombo	Lebombo Rhyolites	Rhyolite, dacite, ignimbrite, tuff, tuffaceous sandstone	±5,000
	Sabie River Basalts	Basalt, tuff, tuffaceous sandstone	±5,000
Nkondolo		Sandstone, shale, conglomerate, tuff	± 150
Ecca	Upper Ecca	Carbonaceous shale, sandstone, coal	± 160
	Middle Ecca	Sandstone, coal, carbonaceous shale	± 550
	Lower Ecca	Shale, mudstone	± 40
Dwyka		Tillite, sandstone, shale	0 - 300

Figure II-3 SWAZILAND COALFIELD TYPE SECTION OF THE KAROO SUPERGROUP IN CENTRAL SWAZILAND





Upper Sandstone, Upper Transition Bedsの5層に細分される。本層の層厚は約550 mで、地層は白雲母を含む砂岩及び頁岩を主とし、炭質頁岩及び石炭を伴う。厚い砂質岩は一般に偽層が発達しており、上部 Basal Sandstone から上位の砂岩中には炭質物の小破片や薄片を含む。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 累層は炭質頁岩・石炭帯と砂岩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む。本層の層厚は160 m前後である。

Nkondolo 層群は Ecca 層群の上に整合で重なり、河成及び風成の長石質又は石英質砂岩を主とし、頁岩、泥岩、礫岩等を伴う。本層群の堆積は三畳紀とみられ、層厚は150 m前後である。本層群の最上部には若干の凝灰岩層が分布し、次の大規模な火山活動期に入る。

Lebombo 層群は下部の Sabie River 玄武岩類(玄武岩、玄武岩質凝灰岩等)と上部の Lebombo 流紋岩類(流紋岩、流紋岩質イグニブライト、凝灰岩、砂岩等)から成る。Lebombo 層群の最上部はスワジランドに分布していないが、火山岩類全体の厚さは10,000 mに達する。この火山岩類は裂罅噴出型とみられており、噴出の時代はジュラ紀と考えられている。

### 2.1.2 Karoo ドレライト

スワジランドの先カンブリア系及び Karoo 累層群に広範囲にわたって貫入している暗緑灰色の塩基性火成岩は、「Karoo ドレライト」と呼ばれる。このドレライトは先カンブリア系中では南部を除いて局部的に分布するのみであるが、Karoo 累層群中にはほぼ全域にわたって貫入している。貫入様式は東部の Sabie River 玄武岩類中では岩脈が、それ以外の地層中ではシルが優勢である。

Karoo ドレライトは組成的に Sabie River 玄武岩類と著るしく類似しており、細粒の玄武岩から粗粒のドレライト、部分的に斑柝岩様と種々の岩型を呈する。ドレライトの貫入はジュラ紀に開始され白亜紀前期まで活動したものとみられている。

## 2.2 Ecca 層群の地質

スワジランドの夾炭層である Ecca 層群は南北約150 km、東西6~22 kmの細長い帯状を成して Lowveld に分布し、北方は南アフリカ共和国のトランスバル州へ、南方は

ナタール州へと伸びている。また、小規模なEcca層群の露出が南西国境沿いにみられる。

Ecca層群の層序はTable II-5に示す通りであり、ルブク地域には上部及び中部Ecca累層が露出している。試錐は上部Ecca累層下部から中部Ecca累層のLower Coal Zone上部にかけた層準で掘削を開始し、Lower Coal Zone最下部まで達している(Drawing 1~5参照)。

### 2.2.1 Basal Sandstone

本層は上下に2分され、下部は細~中粒の均質白色砂岩、上部は中~粗粒砂岩乃至グリットで炭質物の破片を散在し、最上部には雲母質泥岩又は頁岩を夾む。層厚は下部が約32m、上部が約34mである。本層の砂岩は下部では偽層がみられず炭質物や雲母を含まない。上部では偽層が発達し炭質物が初めて破片として散在するが、炭層は伴わないと言う特徴を有する。本層と上位のLower Coal Zoneとの境界はFoolwall 3 Seamの下位約65m、最下位の薄炭層の12~13m下位にある泥岩又は中~細粒砂岩の薄層の基底である。

今回の試錐調査では本層まで掘削しなかったが、前回の調査では4本の試錐孔で本層の最上部まで確認している。

### 2.2.2 Lower Coal Zone

本層は中~粗粒のアーコース~準アーコース砂岩を主とし、部分的にグリット状砂岩、細粒雲母質砂岩、炭質頁岩、砂質頁岩層及び炭層を伴い、稀に細~中礫質の縞を夾む。全般に偽層の発達が著しく、白雲母を普遍的に伴うのが特徴である。砂岩の主成分鉱物は石英が主で正長石、斜長石及び微斜長石がこれに次ぎ、これらの粒子間に少量の白雲母及び黒雲母がみられる。これら粒子の粒度は一般に直径0.3~1.0mmで、亜角状から亜円状(円磨度0.15~0.40)を成し、部分的に円状のものもみられる。粒子の淘汰は全般にやゝ悪いが局部的に淘汰のやゝ良いものもみられる。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、また重鉱物の含有量は極く僅かである。

本層の層厚は約250mあり、20枚以上の炭層を伴い稼行対象となる厚い炭層も存在する。炭層の賦存状況及び岩相から本層はTop Markerを境にして、上部と下部に分けられる。上部の炭層は全般に薄層で連続性に乏しく、厚さ1m以上の炭層は

**Table II-5 Ecca Group Stratigraphy in Central Swaziland**

Formation	Member	Lithology	Average thickness in metres
Upper Ecca	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 metres 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 Ecca	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
	Lower Coal Zone	Sandstones, grits, gritty sandstones with mudstones, carbonaceous shales and coal seams	249
	Basal Sandstone	Upper: Sandstones and grits with mudstone Lower: White homogeneous sandstone	66
	Lower Transition Beds	Upper: Alternation of shale and sandstone Lower: Sandstones but no carbonaceous matter	143
Lower Ecca		Gray - black shales	36

Upper Coal を含め2~3枚で膨縮が著しい。岩相は下位が砂岩を主とし上位は砂岩及び頁岩である。

本層の下部には連続性の良い厚い炭層が賦存し、主なものは上位から Top Marker, Intermediate Marker, Bottom Marker, Main Seam, Footwall 1, Footwall 2, Footwall 3 である。岩相は上部と逆で上位が砂岩を主とし、下位は砂岩及び頁岩である。Top Marker から Main Seam の層準にみられる砂岩は一般に白色~淡黄灰色の長石質粗~極粗粒砂岩で、しばしば細~中礫を伴う。尚、本層は調査地域の西部で相対的に薄く、東部で厚くなる傾向がみられる。

### 2.2.3 Upper Sandstone

本層の層厚は約70mで、一般に灰白色の細~中粒砂岩から成り、時に粗粒砂岩もみられグリットを伴う事もある。全般に炭質物の破片が顕著で、若干の灰色頁岩を伴う部分もある。本層の層厚も Lower Coal Zone と同様に調査地域の東側へ向って厚くなる傾向がみられる。

本層の下部境界は Upper Transition Beds より下位の地層中に賦存する薄炭層の内、最上位に在る炭層の上盤であり、この炭層が貧化して消滅している場合にはそれに相当する層準である。

### 2.2.4 Upper Transition Beds

本層は砂岩と灰青色頁岩との互層であり、約95mの層厚を有する。最下部にある頁岩層は細粒砂岩を細く縞状に夾む特徴を有するので、鍵層として岩相層序対比が可能である。又、本層の下部には不純な石灰質薄層を伴うが、その発達は部分的であり、調査地域では東部に多く賦存する傾向がみられる。

## 2.3 地質構造

スワジランドの Karoo 累層群は南北方向の Lebombo 地溝帯に堆積した地層で、この地溝帯は継続的断層運動によって発達したものと思われ、本累層群の全層序を良く保存している。地質構造もこれを反映して N-S 系が卓越している。

ルブク地域でも Ecca 層群は全体としてみると走向はほぼ南北であるが、部分的に NNW-SSE~NNE-SSW と変化している。比較的大きな褶曲構造が南部と北部にみられ、南部では DD11~DD31 附近を軸とし東へ極緩くブランチする向斜が発達する。北部

では LD11~LD13 附近に同じブランチを持つ背斜構造が認められるが、こゝでは東側に副次的褶曲がみられる。地層の傾斜は一般に東へ 10° 以内で、5° 以内が殆どである。尚、調査地域の東方では傾斜が若干急となり 10~20°E である。

本地域の西方には DD1 の西側から DD11 の西側を南北に走る主要断層があり、これは本地域で最も顕著な断層であるので「ルブク断層」と名付ける。本地域にはルブク断層とほぼ平行する幾つかの N-S 系の断層の存在が予想されるが、いずれも小規模なもので一般に西傾斜の正断層で、落差は 10~50m とみられる。今回の調査で LD16 及び DD48 を通る東傾斜の NE-SW 系の断層（A 断層）が想定され、これはルブク断層から分岐するものと思われる。又、地層の不連続から LD1~LD2 と DD1~DD2 を走る NNE-SSW 系の断層（B 断層）が予想される。LD10 附近には東傾斜の NNW-SSE 系の断層（C 断層）が予想され、この東側では楔状の落込みが形成され、上位の Nkondo 層群が小範囲に露出する（Drawing 1）。

ドレライト・シルの貫入により局所的な地層の走向・傾斜の変化がみられ、傾斜シルの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も認められる。「2.4 Karoo ドレライト」の項で述べる様に主要なドレライト・シルは褶曲軸附近に多くみられる事から、シルの貫入は褶曲構造と関係があるものと考えられる。

## 2.4 Karoo ドレライト

### 2.4.1 産 状

Karoo ドレライトはルブク地域で広範囲にわたって貫入しており、現在までに実施した全試錐孔で厚さ 1cm から 100m 以上に達する種々の貫入岩体を捕捉した。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）シル及び岩脈の 3 つに区分される。

調和シルは周囲の地層にほぼ調和した貫入岩体で、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 10°~50° である。シルの多くは傾斜シルであり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、時に分岐又は薄くなって尖滅する等、複雑な産状を示す（Drawing 6）。

岩脈は走向は N-S、傾斜は一般に垂直に近く、幅は 10m 位までのものが多いが時に 50m に達するもの（LD7, LD10 等）もあり、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、又はこれを切っており、中～粗粒のシル中に細～極細粒の岩脈が局部的に観察される。

ドレライトの貫入に伴って砂岩、頁岩、石炭の小破片がドレライト中に、又、被貫入層中にドレライトの小角礫が局部的にみられる。更に、ドレライトと被貫入層との混成現象が極く一部にみられ、厚い貫入岩体との境界沿いに被貫入岩の硬化がみられる事もある。

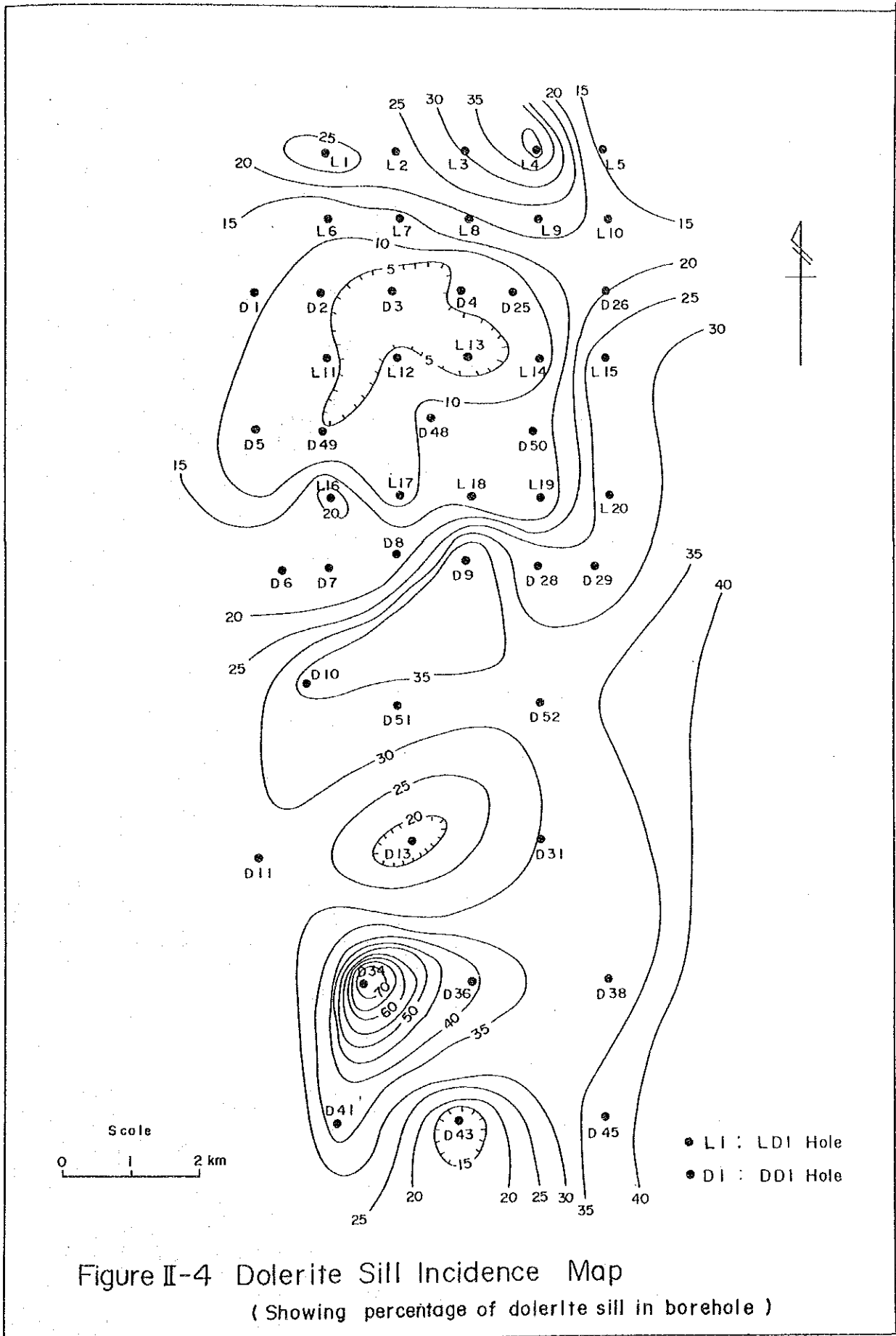
ドレライトの貫入時期は数回あると言われており、本地域でも岩相の異なるシルが接していたり、岩脈がシルを切っている事からみて、一回以上の貫入があった事は確かである。尚、岩脈はシルを切る事からみて若干後期まで貫入したと考えられる。

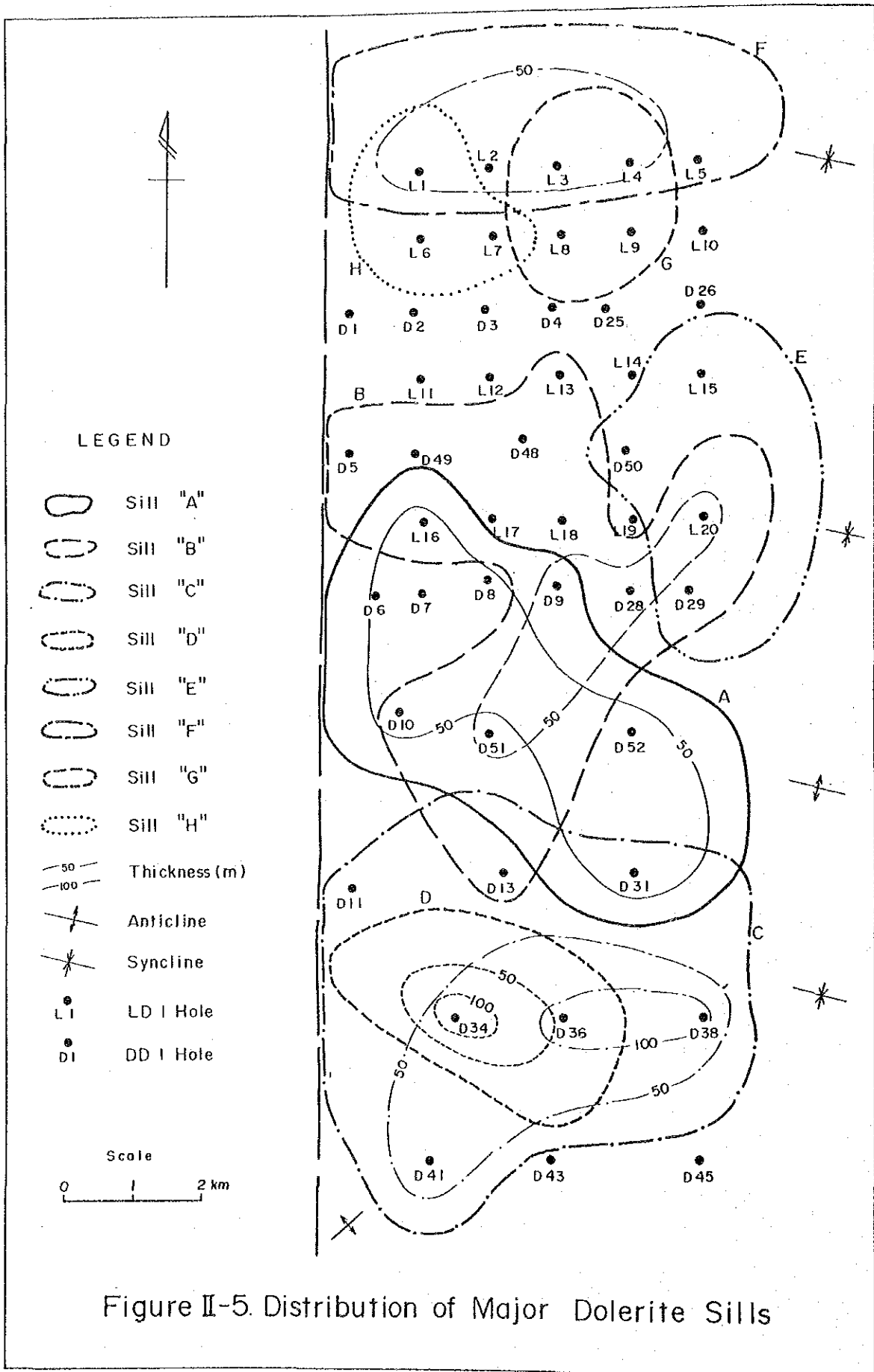
ドレライト・シルの貫入頻度（試錐孔中のドレライト・シルの％）をみると、調査地域の殆どはドレライトの割合が1～25％と低いが、調査地域より南方では全般に25％以上と高くなっている（Figure II-4）。又、ドレライトの割合の高い部分と低い部分が南北方向に交互に分布しており、調査地域の中央には特にドレライト貫入頻度の低い部分が広くみられる。貫入頻度の相対的に高い部分は南北方向に6～7km間隔で分布する傾向がみられ、この傾向は今後の探査計画立案に際し、有用な情報を提供すると考える。

本地域には主要なドレライト・シルが8層認められ、個々のシルの分布範囲は5～28km<sup>2</sup>、厚さは10m前後から140mに達している（Figure II-5）。これらのシルは前記のドレライト貫入頻度の高い部分に集中する傾向が認められる。又、シルが地層の褶曲軸に沿って分布する傾向がみられる事から、褶曲構造がドレライト・シルの貫入に関係したものと予想される。現在までの調査で数多くのドレライト・シルを確認したが、シルの貫入する特定の層準は認められない。尚、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。

#### 2.4.2 岩石学的特徴

ドレライトは一般に塊状、緻密、結晶質で暗緑灰～暗灰色を呈するほぼ均質の岩石である。岩種は産状によって相異しており、一般に岩脈と薄いシルは貫入岩体中心部が中粒のドレライト、又は玄武岩で周縁部では細粒の玄武岩になっている。一方、厚いシルは中心部が粗粒のドレライトで局部的に斑状岩様の部分もあり、周縁







部では玄武岩に移行している。母岩との接触部には普遍的に幅狭い急冷周縁相がみられる。

主成分鉱物は斜長石と輝石であり、斜長石は曹灰長石（灰長石分：55～70%）を主とし、局部的に中性長石及び亜灰長石がみられる。輝石は普通輝石と斜方輝石であり、有色鉱物としてはこの他に極く微量の橄欖石、ピジョン輝石及び黒雲母がみられる。副成分鉱物としてチタン磁鉄鉱、イルメナイト等の鉄鉱物の小粒が岩石全体に散在する。変質鉱物としては緑泥石、含鉄モンモリロン石、方解石、絹雲母等がみられる。

有色鉱物の組合せには特徴がみられ、主なものは普通輝石、普通輝石-斜方輝石である。微量の有色鉱物は橄欖石だけが前記2つの組合せに伴い、その他は普通輝石とのみ伴う。主要なシルについてみると「A」、「B」、「C」等の大規模で厚いものは普通輝石-斜方輝石の組合せであり、「E」、「H」等の小規模なシルは有色鉱物は普通輝石である。これらのドレライトはいずれも大陸地域にみられる典型的なソレアイト質岩石である。

ドレライトの代表的な顕微鏡写真を Plate 3, 4 に示す。

#### 2.4.3 炭層に与える影響

ルブク地域の石炭はいずれも半無煙炭～無煙炭であり、この無煙炭化は炭層堆積後の Lebombo 層群火山岩類及び Karoo ドレライトの大規模な火山活動に伴う熱の影響とみられるが、主体は前者の火山活動と思われる。ドレライトの炭層に与える直接的な影響は焼きつき、コークス化等の熱変質とシルによる炭層の置換である。

ドレライトの貫入により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、岩脈ではほぼその幅だけと言われている。しかし、焼きつき、コークス化等の熱変質を与えるのはシルよりも岩脈の方が普遍的の様である。岩脈の炭層に与える影響は試錐では的確に分らないが、ムバカ炭鉱では炭質の変化は岩脈の両側にほぼその幅だけみられる。

シルの炭層に与える影響は非常に不規則であり、厚いシルの近くでも影響のみられない場合もあり、逆に薄いシルが影響を与える事もある。LD2～LD5ラインではシル「F」（厚さ70m前後）が Main Seam の大部分を置換して貫入しているが、この上下の主要炭層には殆ど焼きつきがみられず、約30m下位の Footwall 3が部分的

Plate 3. Photomicrographs of Dolerite (1)

1. Thick dolerite sill "F"  
Dolerite (augite-orthopyroxene-olivine combination).  
LD1, 370 m, open nicol, x35.
2. Thick dolerite sill "F"  
Dolerite (augite-orthopyroxene combination).  
LD3, 262 m, open nicol, x35.
3. Thick dolerite sill "F"  
Dolerite (augite-orthopyroxene-olivine combination).  
LD4, 338 m, crossed nicol, x35.
4. Thick dolerite sill "A"  
Dolerite (augite-orthopyroxene combination).  
LD16, 220 m, open nicol, x35.

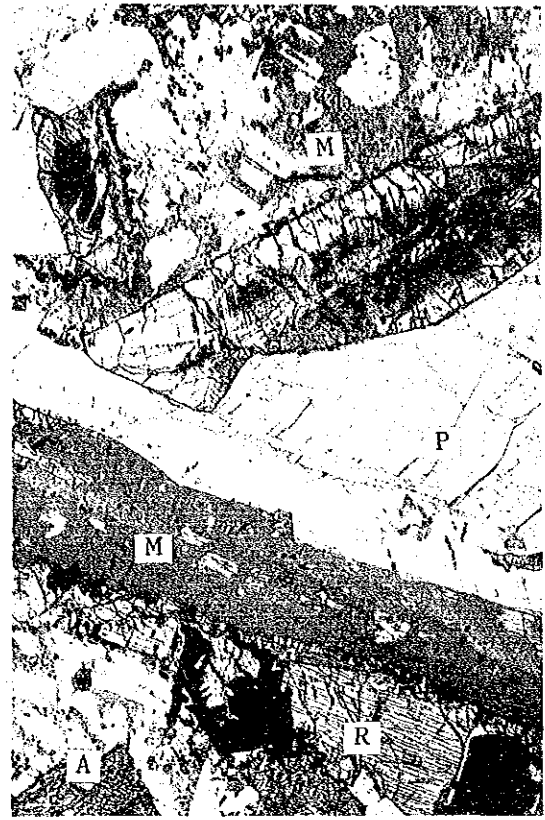
Plate 4. Photomicrographs of Dolerite (2)

5. Thin dolerite sill "H"  
Dolerite (augite combination).  
LD1, 139 m, crossed nicol, x35.
6. Thin dolerite sill "E"  
Dolerite (augite combination).  
LD15, 151 m, crossed nicol, x35.
7. Dolerite dyke  
Dolerite (augite-orthopyroxene combination).  
LD7, 201 m, open nicol, x35.
8. Contact between different rock types of dolerite  
Fine-textured dolerite intrudes along cracks of coarse-textured dolerite sill "B".  
LD20, 287 m, open nicol, x35.

Remarks. O: olivine, A: augite, R: orthopyroxene,  
P: plagioclase, C: chlorite,  
M: iron-bearing montmorillonite.



1



2



3



4





5



6



7



8

