

# ザンビア共和国燐鉍石開発計画 予備調査報告書

1984年2月

国際協力事業団



# ザンビア共和国燐鉍石開発計画 予備調査報告書

1984年2月

JICA LIBRARY



1019365[4]

国際協力事業団

国際協力事業団

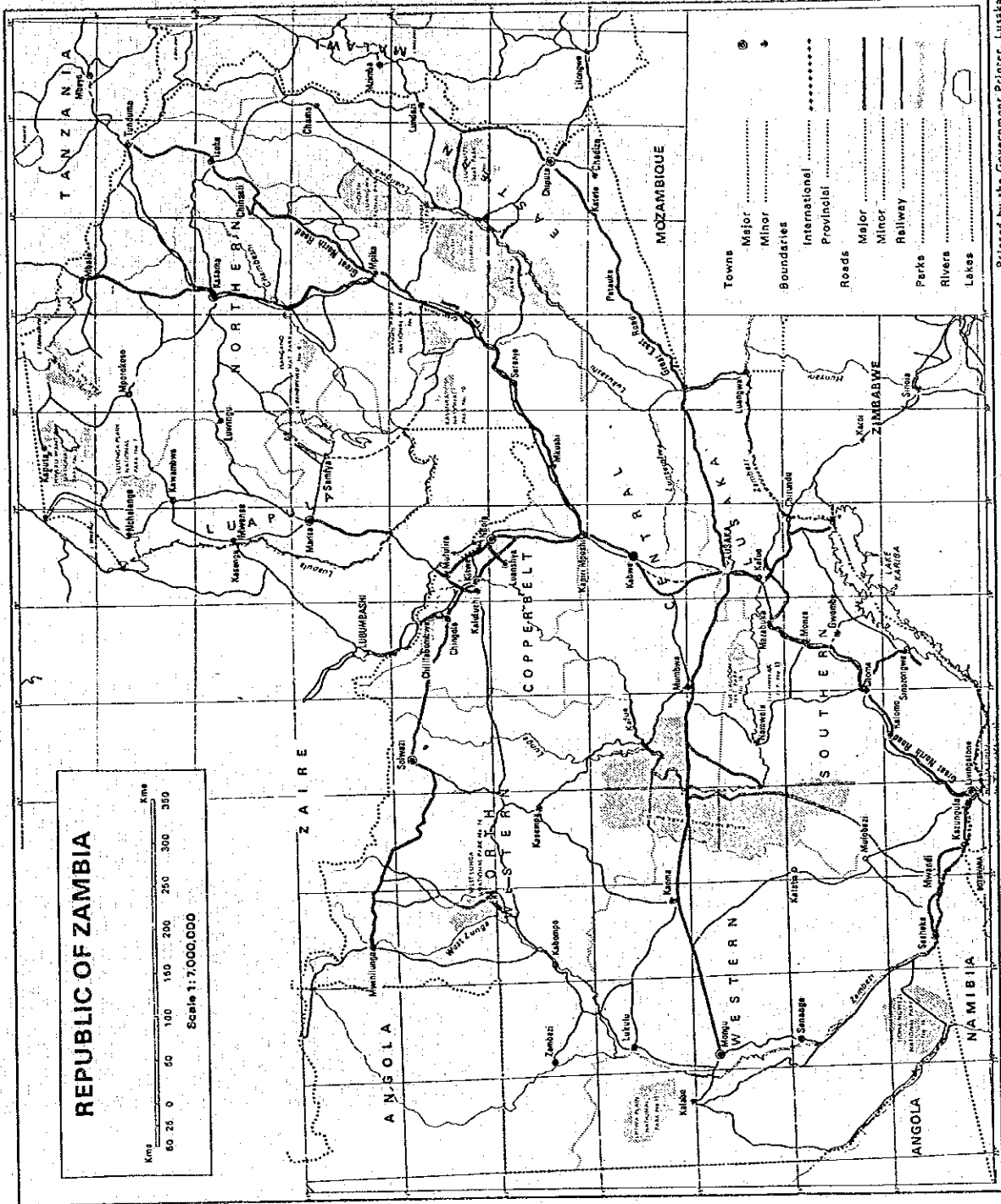
受入 月日 '84. 3. 13

533

66.9

登録No. 10073

MPP



**REPUBLIC OF ZAMBIA**

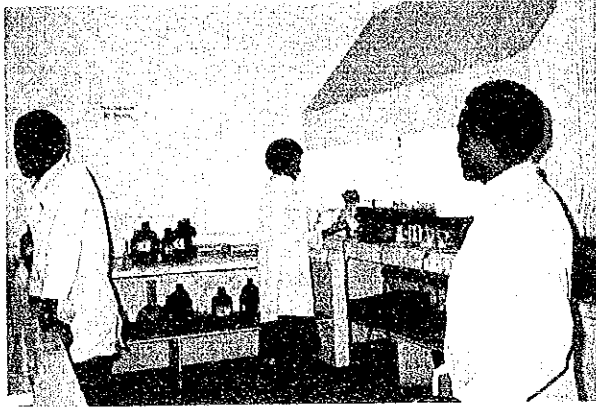
Kms 0 50 100 150 200 250 300 350

Scale 1:7,000,000

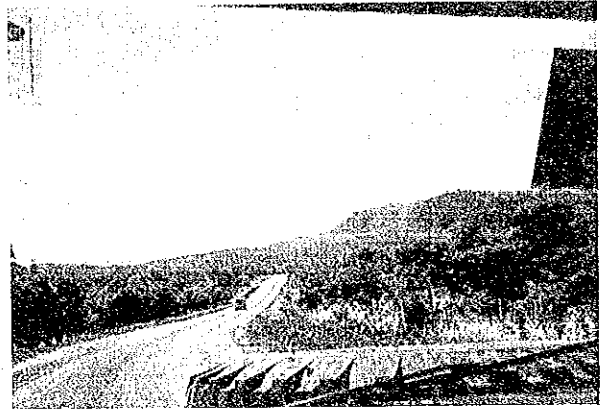
- Towns
  - Major
  - Minor
- Boundaries
  - International
  - Provincial
- Roads
  - Major
  - Minor
- Railway
- Parks
- Rivers
- Lakes

Copyright reserved by the Government of the Republic of Zambia. Printed by the Government Printer, Lusaka.

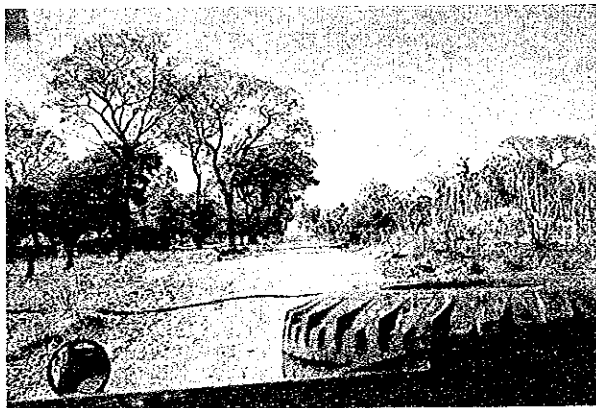




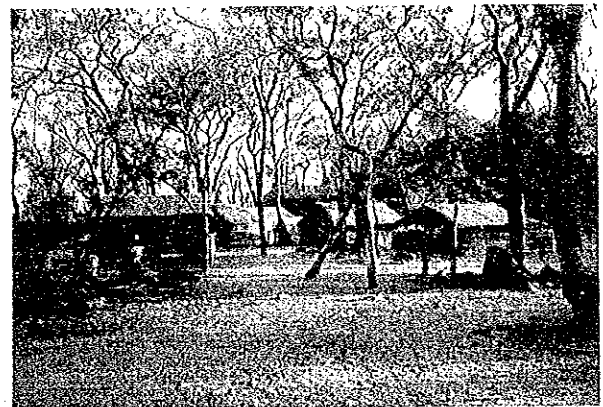
M i n e x の 実 験 室



首都ルサカから調査地への道路  
(Great East Road)



調査地に至る未舗装道路



林の中のキャンプ (Chilembwe)





# 目 次

位置図・写真	
要 旨 .....	1
I 序	
I-1 調査団の派遣背景及び目的 .....	3
I-2 調査団の構成 .....	3
I-3 調査日程 .....	3
II 調査内容	
II-1 現地調査の方針 .....	5
II-2 ZIMCOについて .....	5
II-3 Minexによる燐鉍床の探査 .....	7
II-4 現地調査結果 .....	13
III 本格調査に向けての提言	
III-1 基本的な考え方 .....	37
III-2 前提条件 .....	37
III-3 追加作業 .....	37
III-4 本格調査時の重点項目 .....	38
IV その他参考事項	
IV-1 面会者リスト .....	41
IV-2 参考データ .....	42
IV-3 収集資料リスト .....	47



## 要 約

### 調査結果について

- a) 本要請の背景としての「農業生産力の増強」は、ザンビア国の国家計画の柱として打ち出されていることが、各方面からのヒアリングで明らかとなった。
- b) ザンビア鉱工業開発公社(ZIMCO)は、同国経済のザンビア化のうけ皿として国策的に設立され、探査部(Minex)は、ZIMCO直轄の部として存在し、地下資源の開発・探査を担当している。
- c) 同国の経済・技術協力の窓口は、国家開発庁(NCDP)であり、すべての案件は同庁のスクリーニングを受ける。
- d) Minexとの協議及び現地調査の結果、ザンビア側で行なった調査方法、内容は適切であり、見直しの必要は無いと判断された。
- e) 現在、Minexは多数のプロジェクトをかかえており、本プロジェクトの追加ボーリング費用がねん出できないことが確認された。
- f) 一方、肥料の生産サイド(NGZ)、消費サイド(農業省等)のヒアリングでは、燐酸肥料の自国生産の必要性、重要性については十分確認しているも、具体的な計画あるいは燐肥のタイプ等については、これからの検討事項となっていることが確認された。

### 対処方針

- a) 調査結果に基づき、本格調査の内容を「燐鉱石の鉱量確認」及び「採鉱計画の策定」とする。
- b) 計画全体を2つのステップにわけて設定する。
- c) 第一ステップは、追加ボーリング調査による鉱量の確認及び、選鉱試験(精鉱の運搬距離が長いため、輸送費の占める割合が高いと予想される)を実施する。
- d) 第一ステップの結果がふさわしい場合は、第二ステップとして採鉱計画の策定を行なう。
- e) また、燐酸肥料として溶成燐肥を採用することとした場合、副原料のマグネサイトについては、予備調査を実施し、その存在を確認する。
- f) 本格調査の期間は、12ヶ月以内を目途とする。



# I 序

## I-1 調査団の派遣背景及び目的

ザンビア政府は、1980年から開始した第3次国家開発計画の中で、銅モノカルチャーからの脱脚のため、農業生産力の増強を一つの柱として打ち出している。

このため、同国の化学肥料の消費量は、年平均10%以上増大している。しかし、これら肥料は現在ほとんど輸入にたよっており、国際収支の観点からも、自国生産が強く求められている。

このため、同国は燐酸肥料の原料となる燐鉍石の探査を実施中であり、この件に関し、1982年に日本国政府に技術協力要請が行われた。

今回の調査内容は、要請内容の具体的把握により、今後の本格調査の実施可能性を検討する予備調査である。

## I-2 調査団の構成

団長	鈴木治夫	(総括)	国際協力事業団資源調査課長
団員	渡辺正夫	(業務調整)	国際協力事業団資源調査課
#	清野恒	(探鉍計画)	日鉍エンジニアリング(株) 技師長
#	宇野智	(鉍物探査)	日鉍エンジニアリング(株) 技師長

## I-3 調査日程

10/8(土)	東京	→	(BA006)
10/9(日)	←	ロンドン	→ (BR241)
10/10(月)		←	ルサカ
	10:30		大使館表敬
	14:00		Minex表敬、日程打ち合せ
10/11(火)	9:00		NCDP表敬 (Dr. L. Lishoma)
	10:30		Minex打合せ
	14:00		NCDP表敬 (Dr. E.C. Kaunga)
	14:30		ZIMCO表敬 (Mr. L.S. Muuka, Mr. M.V. Mushin)
10/12(水)	9:00		Minex打ち合せ
	14:00		- do -
10/13(木)	9:00		Minex Laboratory 視察

- 打ち合せ(継続)
- 10:30 Mt. Makulu Central Agricultural  
Research Station 視察
- 14:00 農業水資源省表敬 (Mr. N.E. Mumba)  
(渡辺団員のみ。他2名はMinex 打ち合せを継続)
- 10/14(金) 7:00 団長ルサカ着
- 10:00 団長、渡辺団員と大使館表敬  
宇野団員 Nambala Iron Prospect 視察(ボーリング機材、作業能  
率について)  
清野団員 Minex 打ち合せ
- 11:00 Minex 打ち合せ
- 12:30 Minex 主催昼食会
- 14:30 NCZ 肥料工場視察
- 10/15(土) チレンブエ移動
- 10/16(日) プロジェクトサイト視察 (No.1,3)
- 10/17(月) - do - (No.2,4)
- 10/18(火) ルサカ移動
- 10/19(水) 9:00 ルサカ近郊 マグネサイト鉱区視察  
16:00 ZIMCO 表敬 (Dr. J. Mapoma)  
19:00 団員会議
- 10/20(木) 10:30 大統領府表敬 (Mr. D.C. Mulaisho)  
(団長、渡辺団員のみ参加。清野、宇野団員はMinex 打ち合せ継続)  
14:45 最終打ち合せ会議 (Minex)
- 10/21(金) 9:00 NCDP 最終打ち合せ (Dr. E.C. Kaunga)  
14:00 無償資金協力により設立されたザンビア大学小児病棟、マスメディアコン  
ンプレックス視察
- 10/22(土) 団長ケニアに移動 (KQ 421)
- 10/23(日) 資料整理
- 10/24(月) 独立記念日につき資料整理
- 10/25(火) 9:00 Minex 最終打ち合せ、質問表に対する補足資料の受領  
10:30 大使館への報告
- ルサカ (UT 746)
- 10/26(水) パリ (AF 274)
- 10/27(木) 東京

## Ⅱ 調査内容

### Ⅱ-1 現地調査の方針

調査団の派遣背景及び目的の項で述べた通り、ザンビア国西部州チレンブエ鉱区で予備調査により発見された燐鉱石の有望地区につき、本格調査の実施の可能性を含め、下記の諸点につき現地調査を実施した。

#### (1) 要請の背景及び内容の確認

- 要請の背景となっている同国の国家開発計画の中での農業の位置づけ
- 鉱業政策（燐鉱石開発計画）と農業政策（肥料自給計画）との結びつき
- 燐鉱石開発計画の同国でのプライオリティー
- 本格調査を実施する場合の具体的内容とスケジュール

#### (2) 「ザ」側の関係機関の実施体制

- ザンビア鉱工業開発公社（ZIMCO）の国家機構の中での権限と位置づけ
- 本件要請書を提出したMinexとZIMCOの関係、相互の権限
- 鉱山省とZIMCO／Minexとのかかわり方
- 国家開発庁（NCDP）の経済・技術協力案件に対するかかわり方

#### (3) 「ザ」側の予算措置

- 本調査を実施する場合の「ザ」側の協力体制
- 本格調査を実施する場合の「ザ」側の負担しうる項目の確認

#### (4) 「ザ」側のニーズ確認と評価

- 原料サイド（Minex）、生産サイド（NCZ）、購入サイド（農業省、Nam-board）を含め燐酸肥料の必要性をどう受けとめているのかの確認
- NCDPの本件プロジェクトに関する位置づけの確認

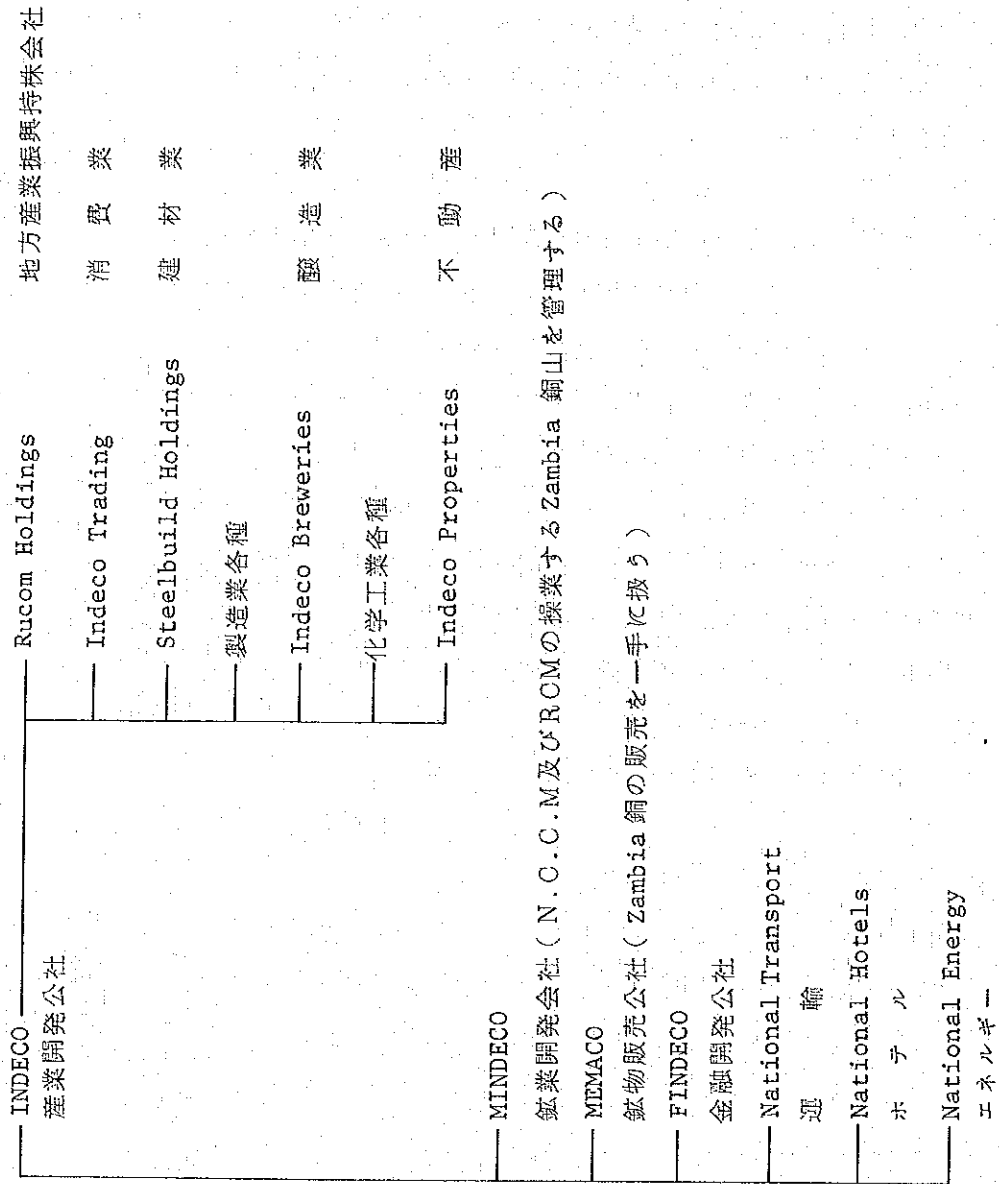
### Ⅱ-2 ZIMCOについて

ザンビア鉱工業開発公社（ZIMCO）は、同国経済のザンビア化のためのうけ皿として設立され、鉱業・工業・ホテル・エネルギー・金融・郵便・農業・運輸・貿易等といった広範な活動を行なっている。

同社の経営会議の議長は、大統領であり、メンバーには各省の大臣が就任し、行政府と表裏一体の動きをしている。

図1にZIMCOの組織図を示す。

( 出典 : Mining Development in Zambia 1974,1),2)  
EIU Report)



ZIMCO

Zambia 鉱工業開発公社



## II-3 Minexによる燐鉍床の探査

### 3-1 Minexの組織および活動

MinexはZIMCOの探査部門 (Exploration Department)としてザンビア国内における全ての鉱物資源の探査活動に従事している。(図2参照)

MinexはChief Geologistを長として、以下103名のスタッフから編成されており、この103名のスタッフがそれぞれ地質、物理探査、実験室、測量、作図室および総務等の各セクションを分担している。主要スタッフのメンバーを図-3に示す。

Minexは1971年の発足以来現在まで図-2に示すとおり、ザンビア各地で探査活動を行っており、今回、調査の対象となったChilembwe燐鉍床の発見は、この探査活動の成果のひとつである。

### 3-2 燐鉍床の探査

Minexによる燐鉍床の探査は、1970年代に始まり、1980年以降重点的に行われている。

現在までに発見されている燐鉍床は、いずれもアルカリ複合岩体に伴う燐灰石 (Apatite) 鉍床で、次の2種のタイプの鉍床である。

Aタイプ：閃長岩 (Syenite) に関係する燐鉍床

Bタイプ：カーボナタイト (Carbonatite) に関係する燐鉍床

Aタイプの燐鉍床はChilembwe地区およびMumbwa地区に、Bタイプの燐鉍床はKaluwe地区およびNkombwa地区にそれぞれ認められる。(図-4参照)

Chilembwe地区では、現在まで4つの鉍床が発見されており、今回の調査対象となっている。

Mumbwa地区は、1960年代に行われた重金属の探査活動の過程で発見されたもので、現在再検討がなされている。50m以上にわたって平均10%  $P_2O_5$  が鉍化作用が認められること、Chilembwe地区と地質的に類似性を有することから、Chilembwe地区以降の探査の目標として挙げられている。

Kaluwe地区では、1970年代初期からカーボナタイト中の燐の探査がなされている。このカーボナタイトは長さ10km、幅1.5kmの広がりを持ち、この中で約200百万トンの鉍量が計算されている。品位は低く2.5~3.5%  $P_2O_5$ を示す。現在までにブラジルおよびフィンランドによるパイロット試験によると、品位上昇は技術的には可能であるが経済的には採算性がないとされている。

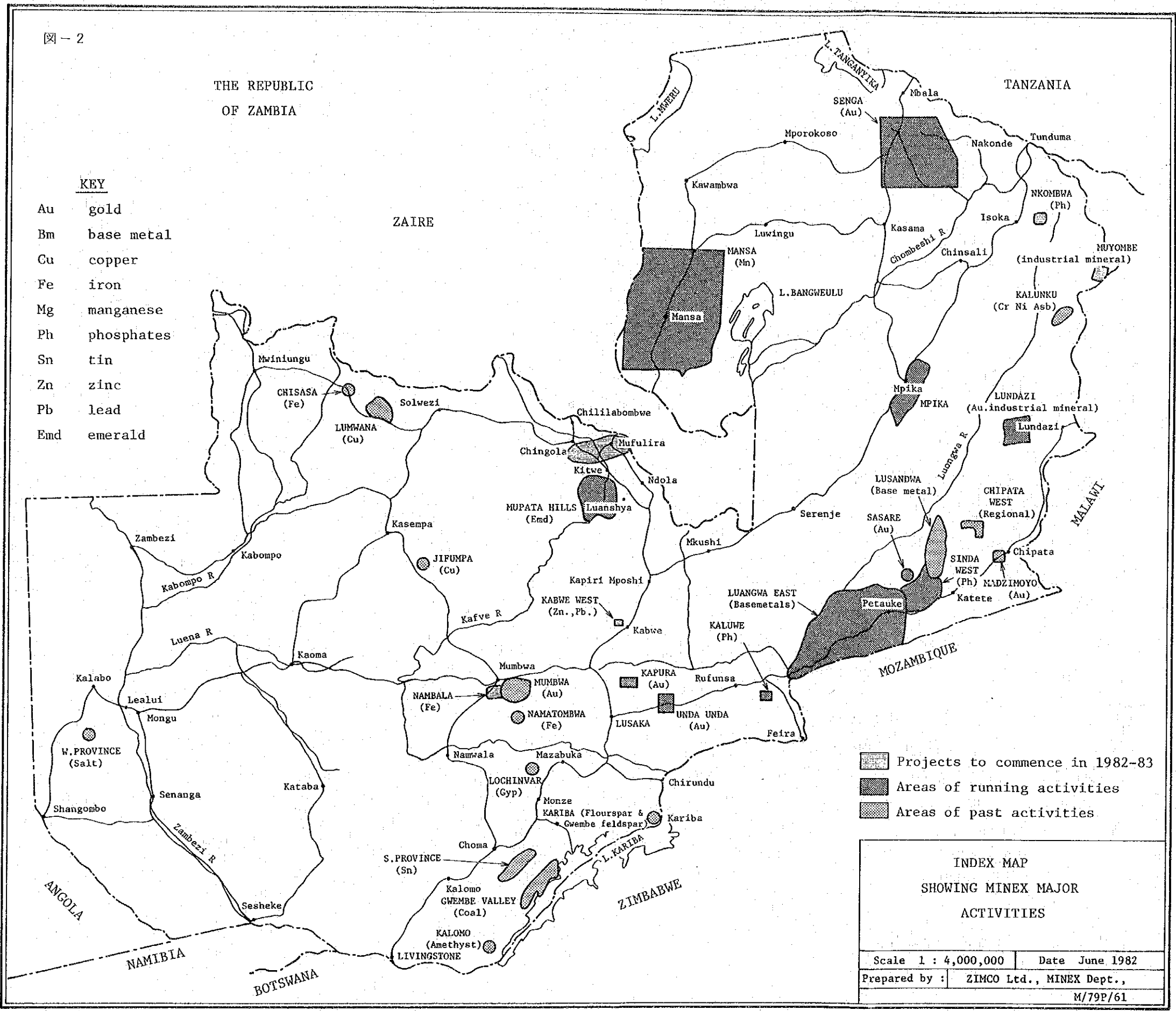
Minexでは、本地区において、小さいながらも品位の高い鉍床(たとえば漂砂鉍床)を目標に探査を続けている。

Nkombwa地区のカーボナタイトは、長さ2.5km、幅1.5kmにわたって分布している。最近の調査により130百万トン、9.3%  $P_2O_5$  の鉍量が見込まれ、更に0.16%  $N_2O_5$  を含



THE REPUBLIC OF ZAMBIA

- KEY**
- Au gold
  - Bm base metal
  - Cu copper
  - Fe iron
  - Mg manganese
  - Ph phosphates
  - Sn tin
  - Zn zinc
  - Pb lead
  - Emd emerald



- Projects to commence in 1982-83
- Areas of running activities
- Areas of past activities

**INDEX MAP  
SHOWING MINEX MAJOR  
ACTIVITIES**

Scale 1 : 4,000,000	Date June 1982
Prepared by : ZIMCO Ltd., MINEX Dept.,	
M/79P/61	



LIST OF SENIOR PROFESSIONAL STAFF

Dr. S.N. Punukollu - Chief Geologist  
 (Head of Department)  
 C.A. Ngulawe - Assistant Chief Geologist

GEOLOGY

A.S. Sliwa Exploration Supervisor  
 N. Wolukowu Senior Project Geologist  
 M.R. Mohan Senior Project Geologist  
 G.R. Rao Senior Project Geologist  
 D. Mulela Senior Project Geologist  
 G. Mujogyatwoki Project Geologist  
 L.P. Rao Project Geologist  
 C.P. Andrews-Speed Project Geologist  
 Dr. E. Pluhar Project Geologist  
 Dr. E. Nalluri Project Geologist  
 Mr. R. Okill Project Geologist  
 T. Banda Field Geologist  
 E. Mbumbn Field Geologist  
 A.M. Mumba Field Geologist  
 P. Mumba Field Geologist  
 K. Njobvu Field Geologist  
 L. Mubuka Assistant Surveyor

GEOPHYSICS

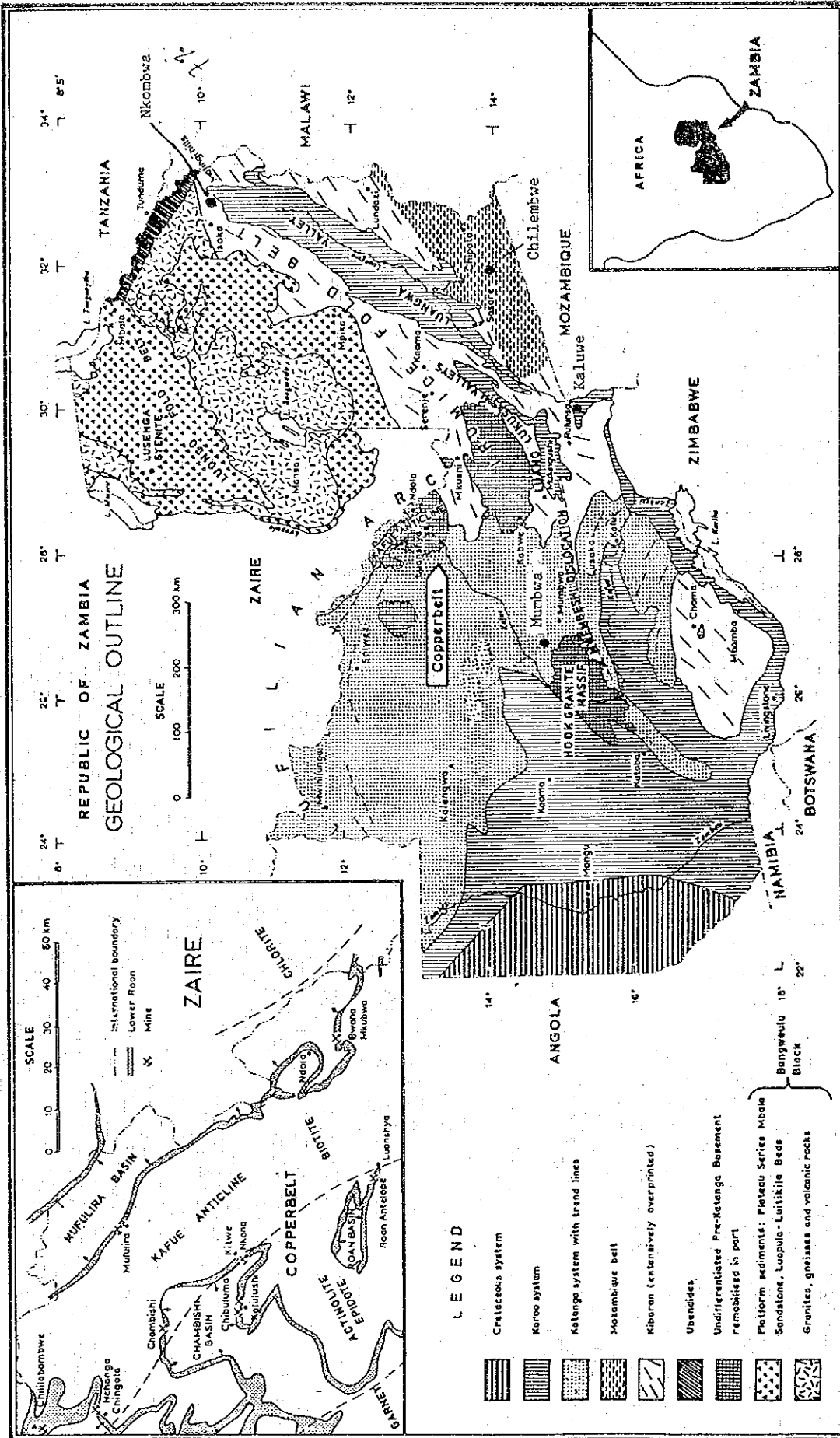
D.S. Shukla Senior Project Geophysicist  
 C. Muyovwe Project Geophysicist

GEOCHEMISTRY

Dr. L. Borsch Chief Geochemist  
 J. Lambo (Mrs.) Chemist

CARTOGRAPHY UNIT

E.G. Musanda Chief Draughtsman



む。 Nkombwa 地区の燐鉍物は主として Isokite( $\text{CaMgPO}_4\text{F}$ ) からなるが、この鉍物から燐をとり出す技術が開発されていない。

### 3-3 燐鉍床のポテンシャル

Aタイプの鉍床は、品位が高く、立地条件にも恵まれているので、すぐにも開発の対象となり得る魅力をもっている。しかしながら、その鉍量は飛躍的に増大する可能性は少なく、地道な探鉍を実施する必要がある。

一方Bタイプの鉍床は、前項に述べたとおり膨大な鉍量を有している。特に Nkombwa 地区の鉍床は品位も比較的高く、鉍物学的な問題さえ解決されれば、すばらしい鉍床として浮かびあがってくる。

さらに最近になって、ザンビア北部カッパーベルト地区においても燐鉍床の存在の可能性がでてきている。この鉍床は堆積性起源のものと推定されているが、Minexにおいても広域的な予備調査を開始した。

## II-4 現地調査の結果

### 4-1 Chilembwe 鉍床の概要

#### 4-1-1 位置・交通

Chilembwe 鉍床は南緯  $13^{\circ}59'$ 、東経  $31^{\circ}41'$  にあり、首都 Lusaka の東北東、直距にして、400 Km に位置する。Lusaka から山元に至る交通は次のとおりである。(図5参照)

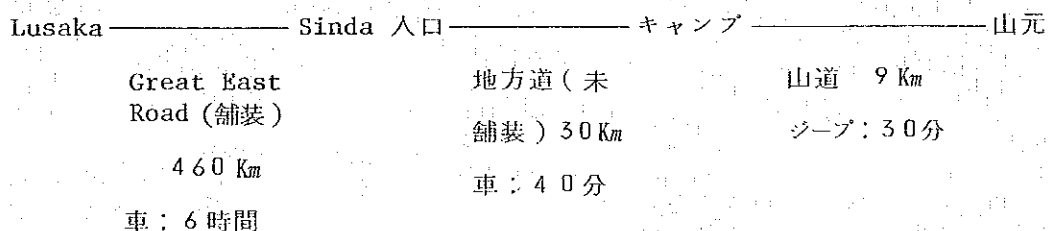
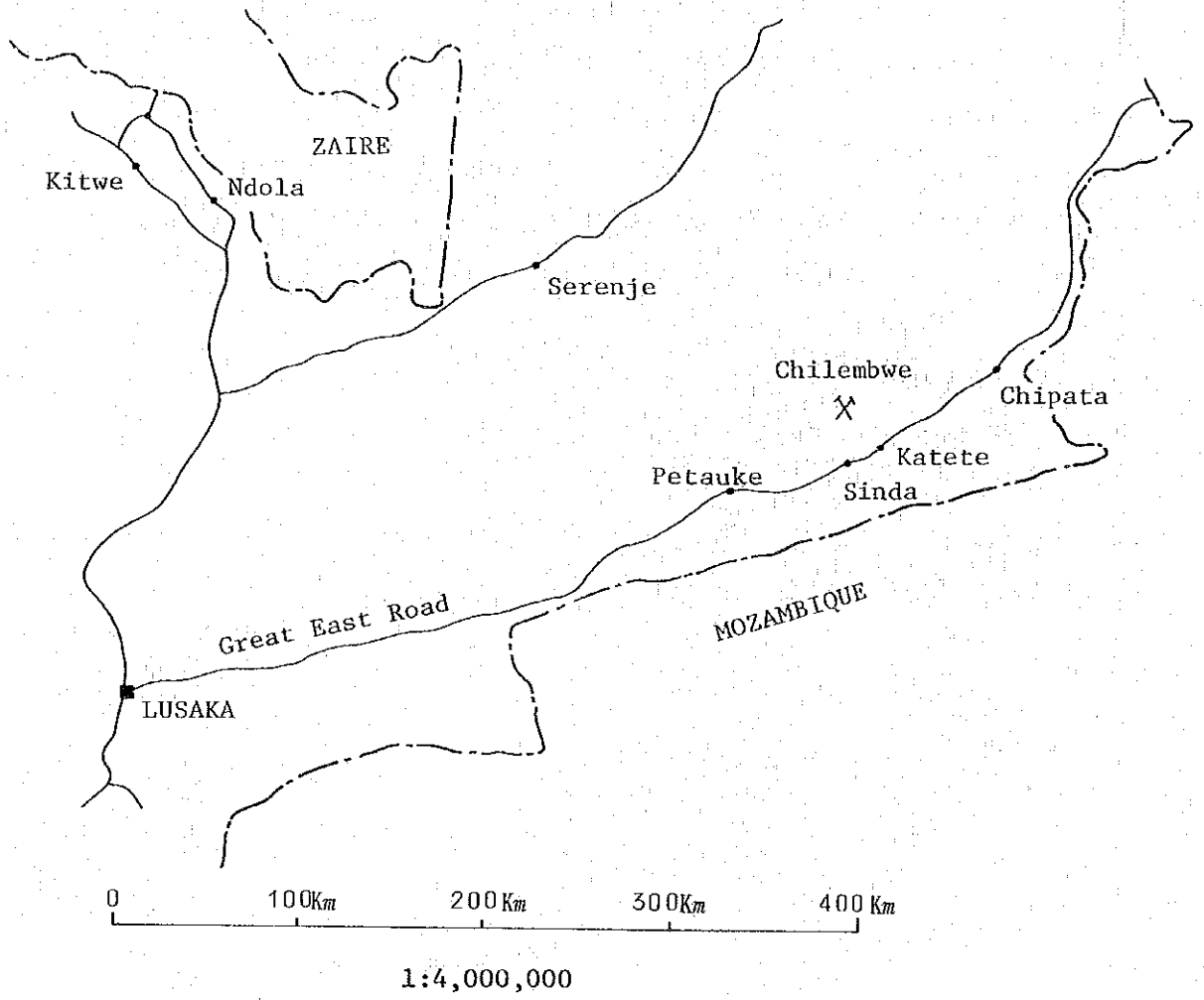


图5 Chilembwe 鉱床位置图





#### 4-1-2 地形・気候

Chilembwe 鉱床地域は、Zambezi 川および Luangwa 川の分水嶺の北側約 30 km に位置し、海拔 950 m 前後の北に緩く傾斜（1°以下）した平原となっている。鉱床の東側約 3 km に Kasangazi 川が南から北へ流れる。

当地域の気候は、乾期（5月～10月）、雨期（11月～4月）に分かれる。

平均年間降水量（1931年～1960年）は、800～900 mm を示し、平均年間降水日数（1940年～1970年）は 80 日で、雨期に集中する。

Petauke における 1978 年～1979 年の記録を次に示す。

##### 降雨量

月	7/78	8/78	9/78	10/78	11/78	12/78	1/79	2/79	3/79	4/79	5/79	6/79	計
降雨量 <sup>mm</sup>	-	-	-	26.3	119.6	283.3	95.5	122.4	81.3	14.3	-	1.6	745 <sup>mm</sup>

平均気温 17.0℃

最高気温 24.0℃

最低気温 11.4℃

#### 4-1-3 地質、鉱床概略

##### (1) 地質

Chilembwe 鉱床地域の地質は、古いものから見ると、片麻岩類、閃長岩類（花崗岩質閃長岩、モンゾニ岩質閃長岩）および花崗岩類からなる。この閃長岩類は鉱床付近に分布し、鉱床母岩となっている。花崗岩類は、北部および南部域に分布し、特に南部域では Sinda 花崗岩が大きなバソリスの一部として広く分布している。そしてこの花崗岩の活動に伴うと思われるペグマタイトが本地域全般に分布している。

##### (2) 鉱床

Chilembwe 鉱床は、上記閃長岩類を母岩としてほぼレンズ状に賦存する燐灰石（Apatite）鉱床である。現在までに Na 1、Na 2、Na 3 および Na 4 の 4 つの鉱体が発見されている。このうち Na 1 および Na 2 鉱体は、花崗岩質閃長岩を母岩とし、Na 3 および Na 4 鉱体はモンゾニ岩質閃長岩を母岩とする。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の品位は大凡 12～15% を示す。

#### 4-1-4 探鉱実績

Mine x による Na 1、Na 2、Na 3 および Na 4 鉱体に対する探鉱実績は次のとおりである。

鉍体	探 鉍 実 績	
Na 1	ビットおよびトレンチング ボーリング探鉍 5孔	242.05m
Na 2	ビットおよびトレンチング ボーリング探鉍 9孔	509.46m
Na 3	ビットおよびトレンチング ボーリング探鉍 1孔	53.90m
Na 4	ビットおよびトレンチング	

ボーリング探鉍 合計 15孔 805.41m

#### 4-1-5 鉍体の賦存状況

Minexによる探鉍結果から推定される各鉍体の賦存状況は図-6～図-18に示すとおりである。これを基に各鉍体の可採鉍量を概算すると、17ページの表のとおりとなる。（探鉍関係、可採鉍量の項参照）

#### Chilembwe 鉍床可採粗鉍量

鉍体	可 採 鉍 量			研量/鉍石	ビット深さ
	鉍 量	品 位	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 量		
Na 1	170,000 <sup>T</sup>	15.1%	25,670 <sup>T</sup>	2.7	40m
Na 2	1,001,000	11.9	119,120	1.9	60m
Na 3	54,000	13.2	7,130	5.8	30m
Na 4	321,000	12.0	38,520	3.2	45m
計	1,546,000	12.3	190,440		

#### 4-1-6 追加ボーリング

前項で述べた通り Chilembwe 鉍床は、現在のところ鉍量1,500千トンのポテンシャルをもっている。このうちNa 2、Na 4鉍体で90%を占める。従ってNa 2、Na 4両鉍体の鉍量の確度が当プロジェクトの成否を決める。よって、鉍量の確度をあげるため次の追加ボーリングを計画した。

Chilembwe 鉍床可採鉍量概算表

	可採鉍量		品位 ( P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	ピットの規模	鉍石比重	鉍比重	鉍	鉍石 : 鉍		
	鉍体の規模	可採鉍量								
№1	上面面積	56,500 × 3.0 ≒ 170,000 T	DDH 1	1,900 m <sup>2</sup> 925 m <sup>2</sup> 40 m 56,500 m <sup>2</sup>	40.0 m	15.3%	(227,720 - 56,500) × 2.7 ≒ 462,000 T	1:2.7		
	下面面積		DDH 3						23.4 m	13.7%
	高さ		DDH 5						22.9 m	16.3%
	体積		平均						15.1%	
№2	上面面積	333,750 × 3.0 ≒ 1,001,000 T	DDH 6	7,550 m <sup>2</sup> 3,575 m <sup>2</sup> 60 m 333,750 m <sup>2</sup>	25.0 m	13.8%	(1,046,280 - 333,750) × 2.7 ≒ 1,924,000 T	1:1.9		
	下面面積		DDH 7						60.0 m	8.7%
	高さ		DDH 8						69.2 m	11.0%
	体積		DDH 9						47.82 m	14.3%
№3	上面面積	18,000 × 3.0 ≒ 54,000 T	DDH 9A	77.5 m <sup>2</sup> 425 m <sup>2</sup> 30 m 18,000 m <sup>2</sup>	29.37 m	15.7%	(133,020 - 18,000) × 2.7 ≒ 311,000 T	1:5.8		
	下面面積		DDH 9B						55.0 m	15.1%
	高さ		DDH 10						28.2 m	11.8%
	体積		DDH 11						45.5 m	7.4%
№4	上面面積	106,875 × 3.0 ≒ 321,000 T	DDH 12	2,475 m <sup>2</sup> 2,275 m <sup>2</sup> 45 m 106,875 m <sup>2</sup>	11.0 m	14.7%	(489,510 - 106,875) × 2.7 ≒ 1,033,000 T	1:3.2		
	下面面積		平均						11.9%	
	高さ		DDH 13						30.0 m	13.2%
	体積		12% (№2と同一と想定)							

ピットの傾斜 45°

鉍石比重 3.0  
鉍比重 2.7

图-6 Apatite No.1 Body

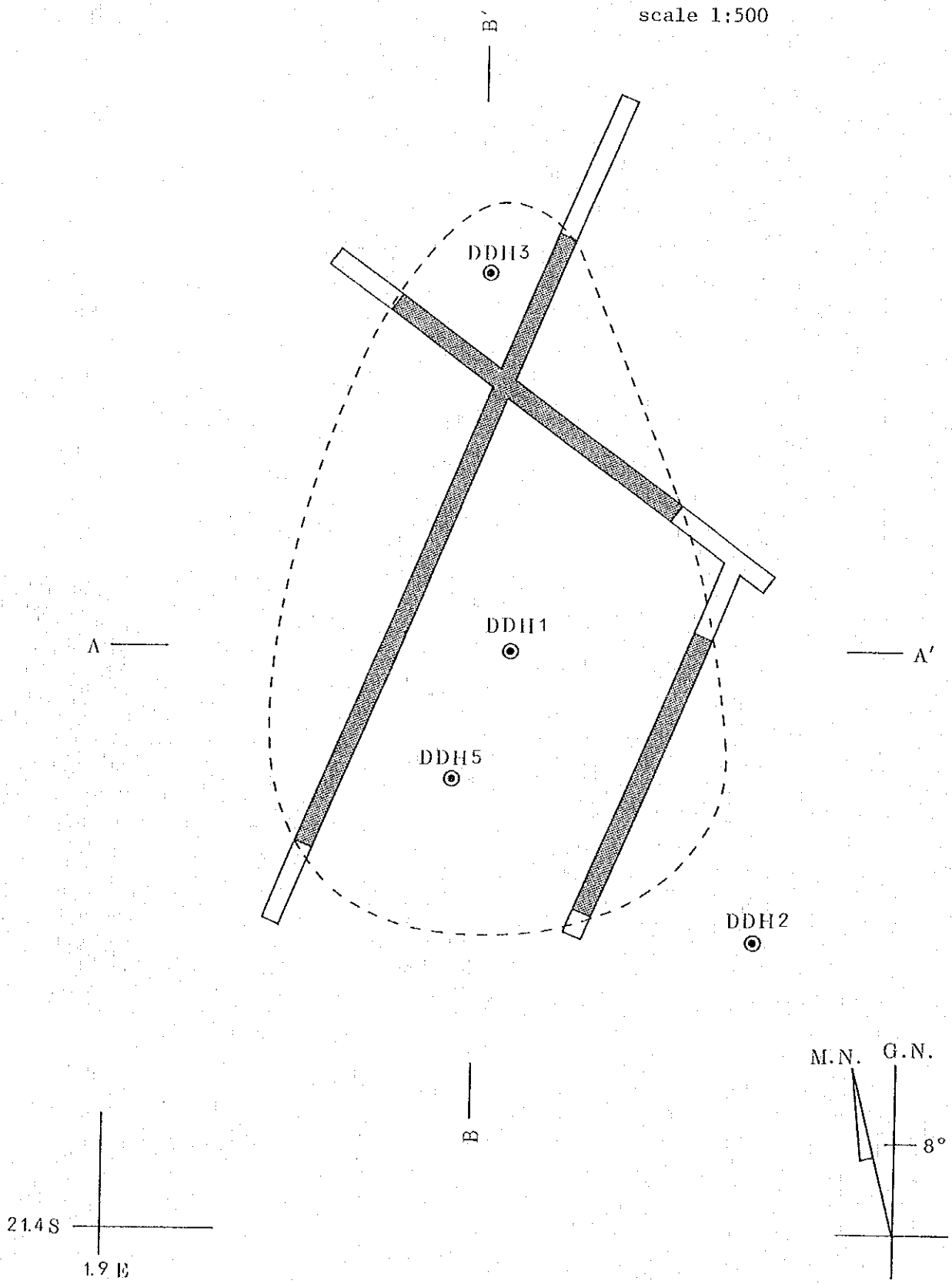


图-7 Apatite No.1 Body

A-A' Cross Section scale 1:500

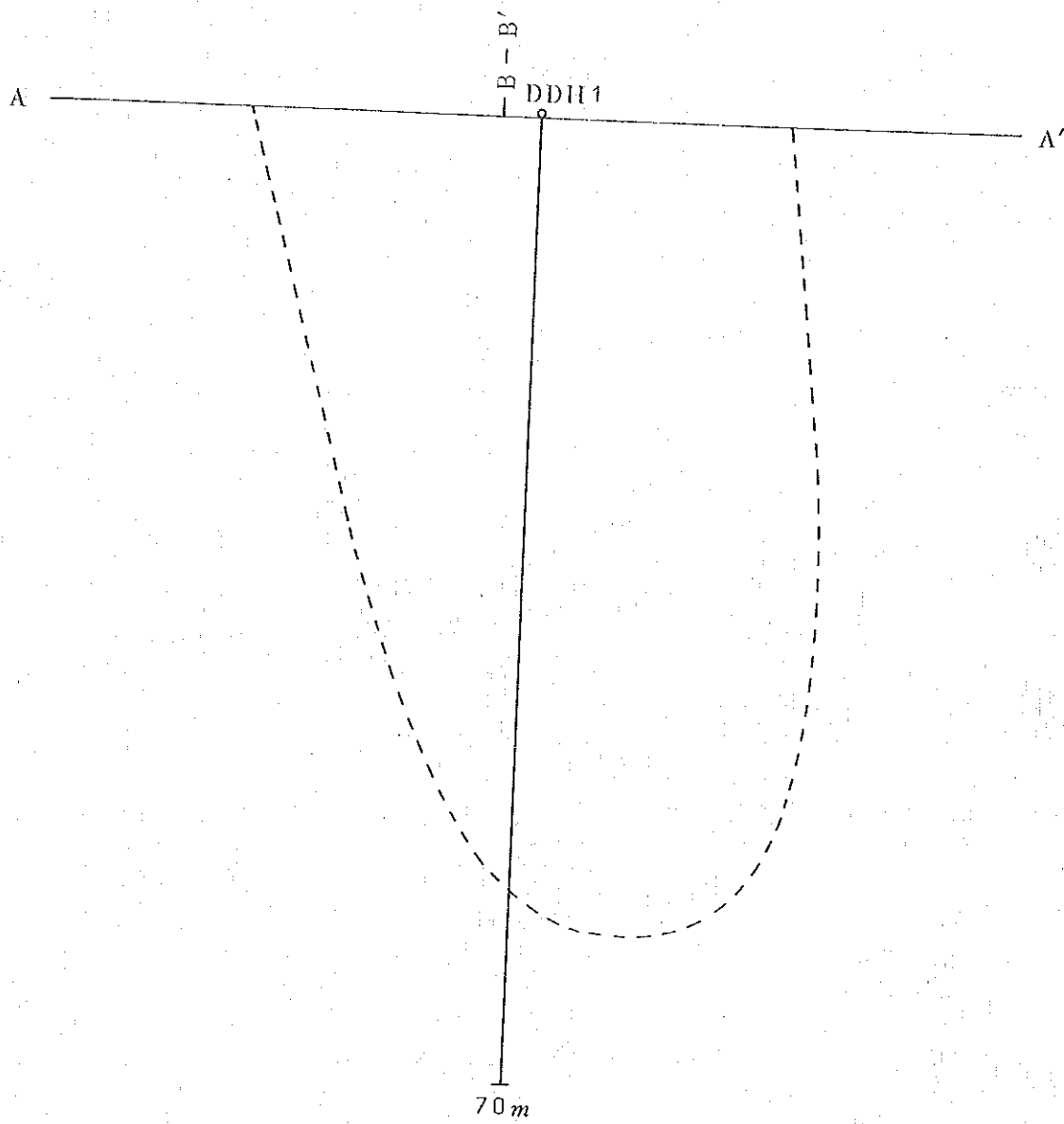


图-8 Apatite No.1 Body

B-B' Cross Section scale 1:500

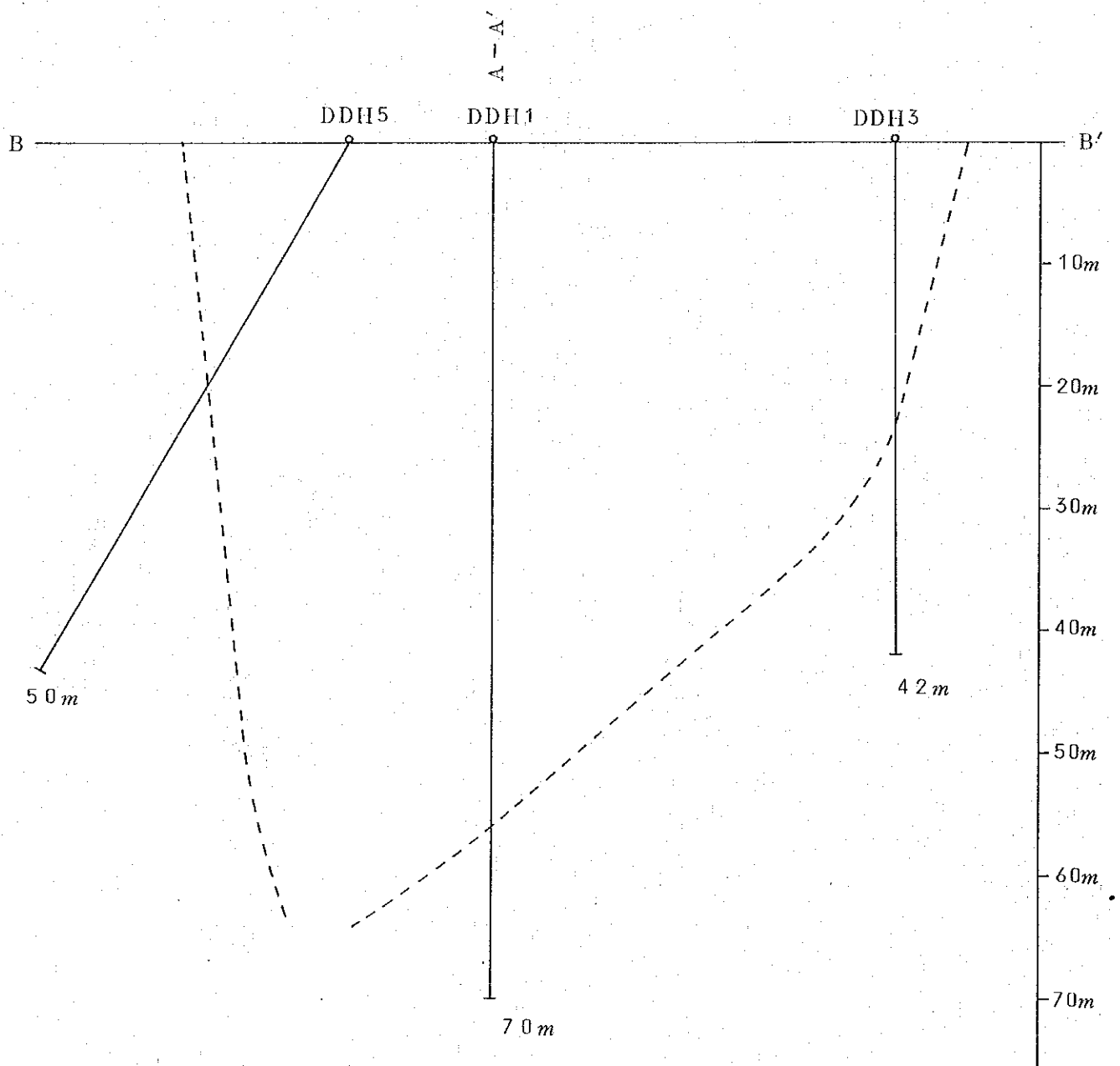
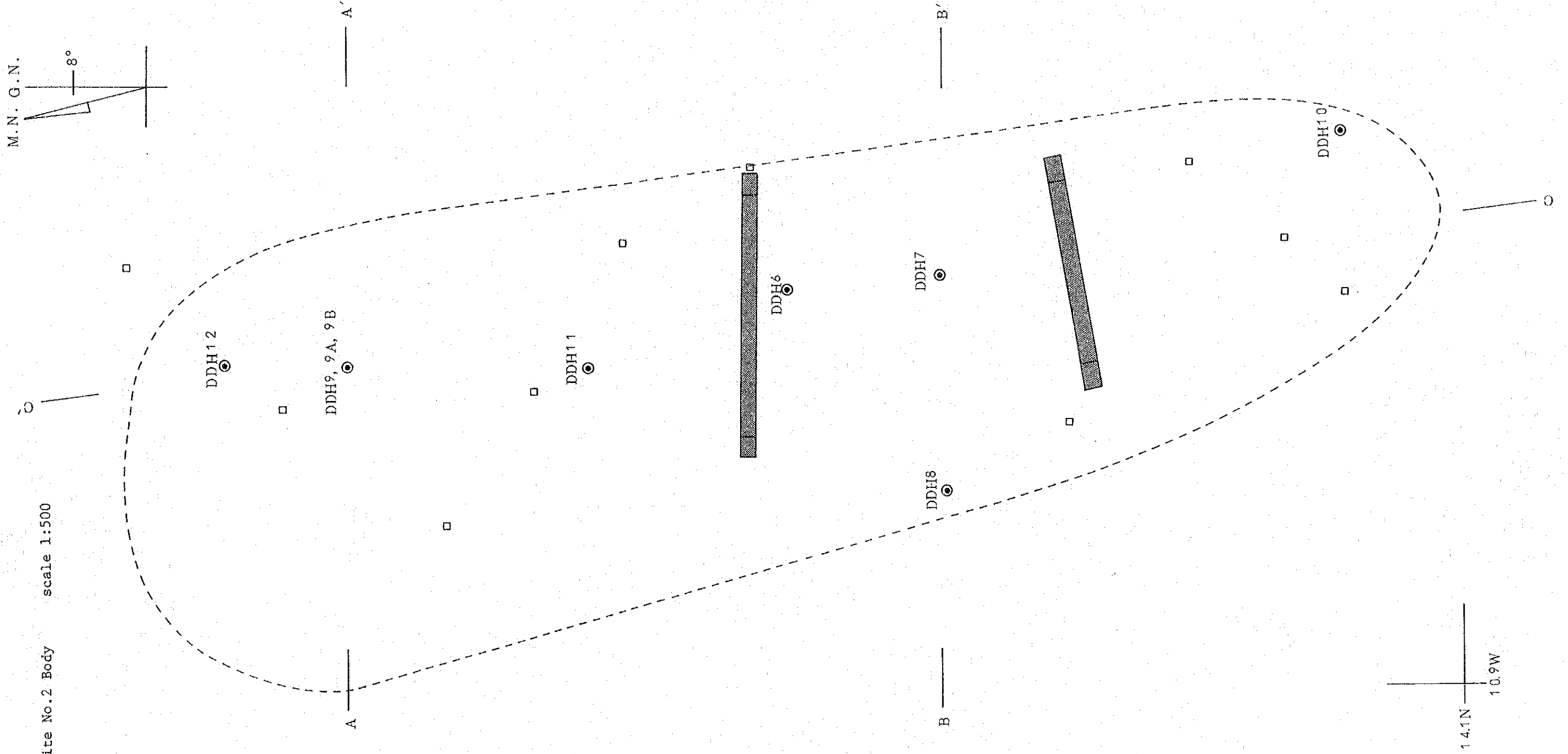


图 9 Apatite No.2 Body scale 1:500







☒ - 10 Apatite No.2 Body

A-A' Cross Section scale 1:500

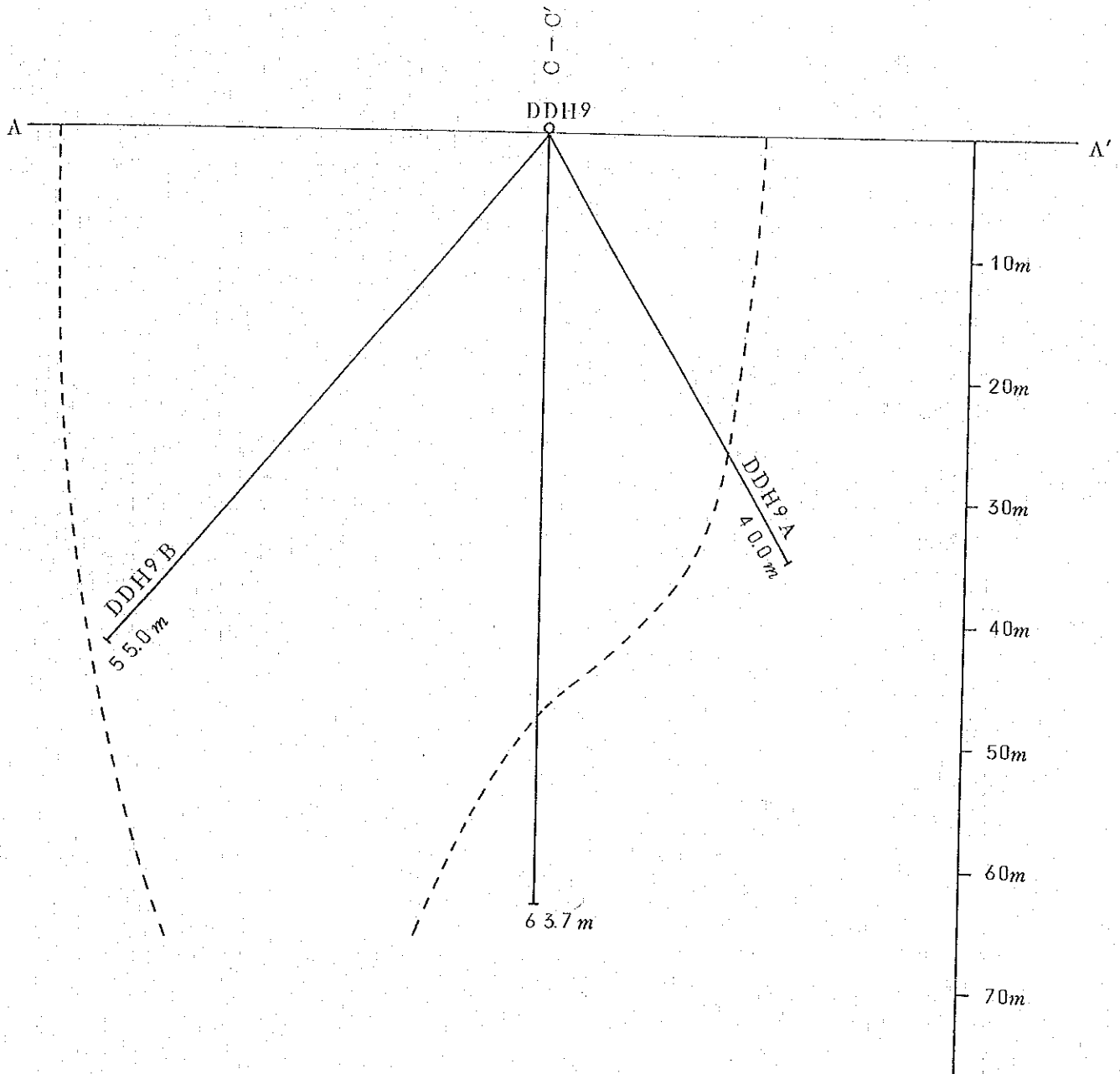


图 - 1 1 Apatite No.2 Body

B-B' Cross Section scale 1:500

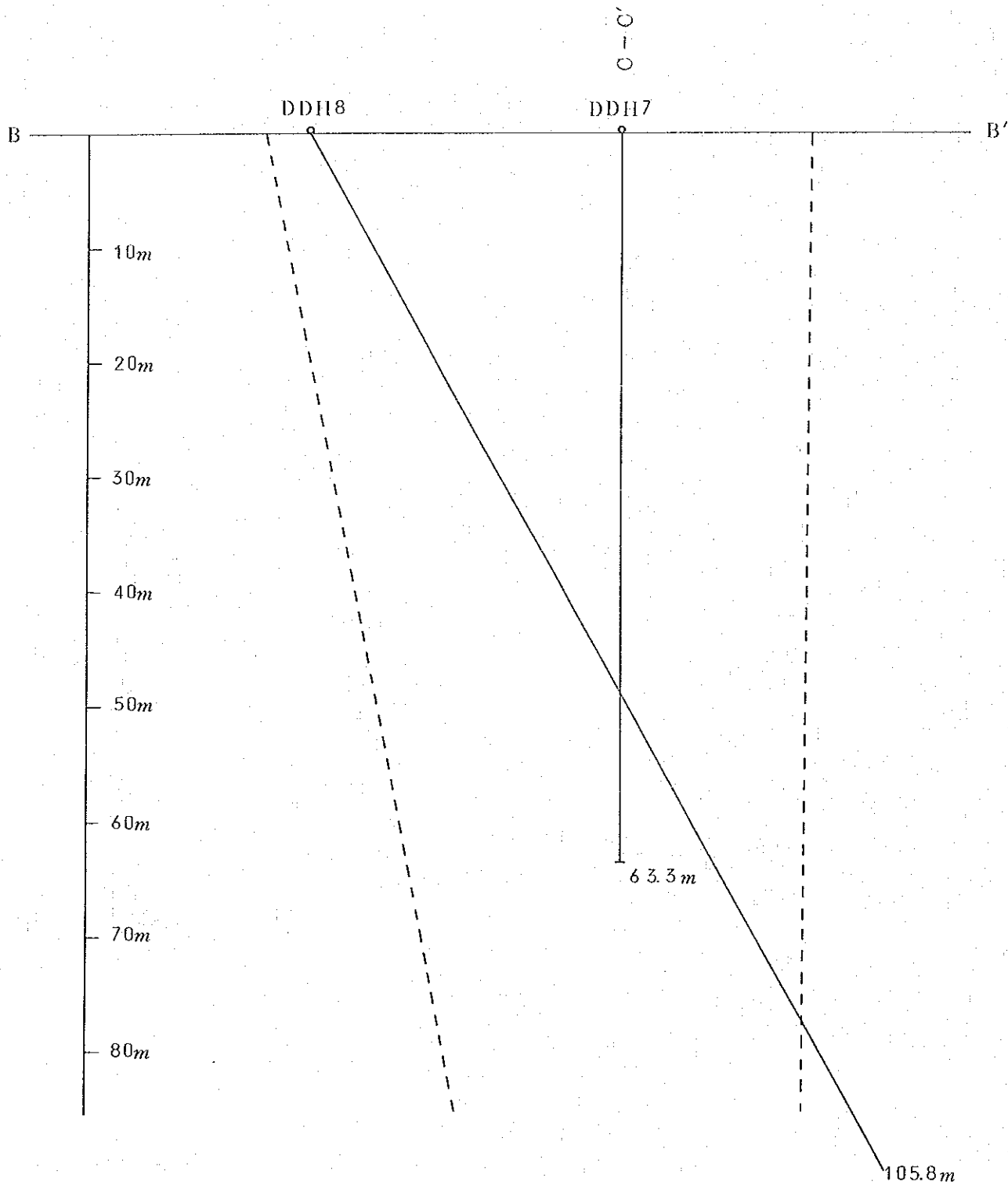


图-12 Apatite No.2 Body

C-C Cross Section. scale 1:500

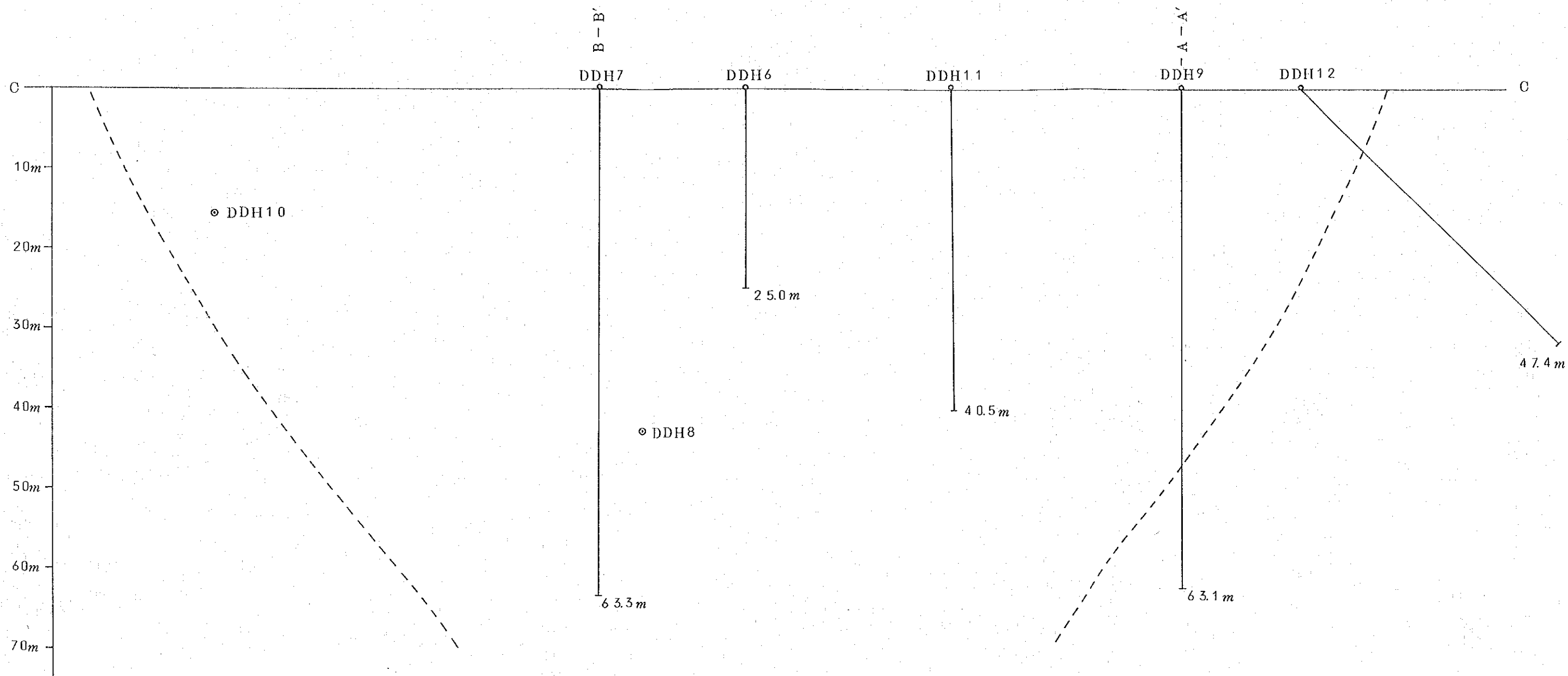




图-13 Apatite No.3 Body scale 1:500

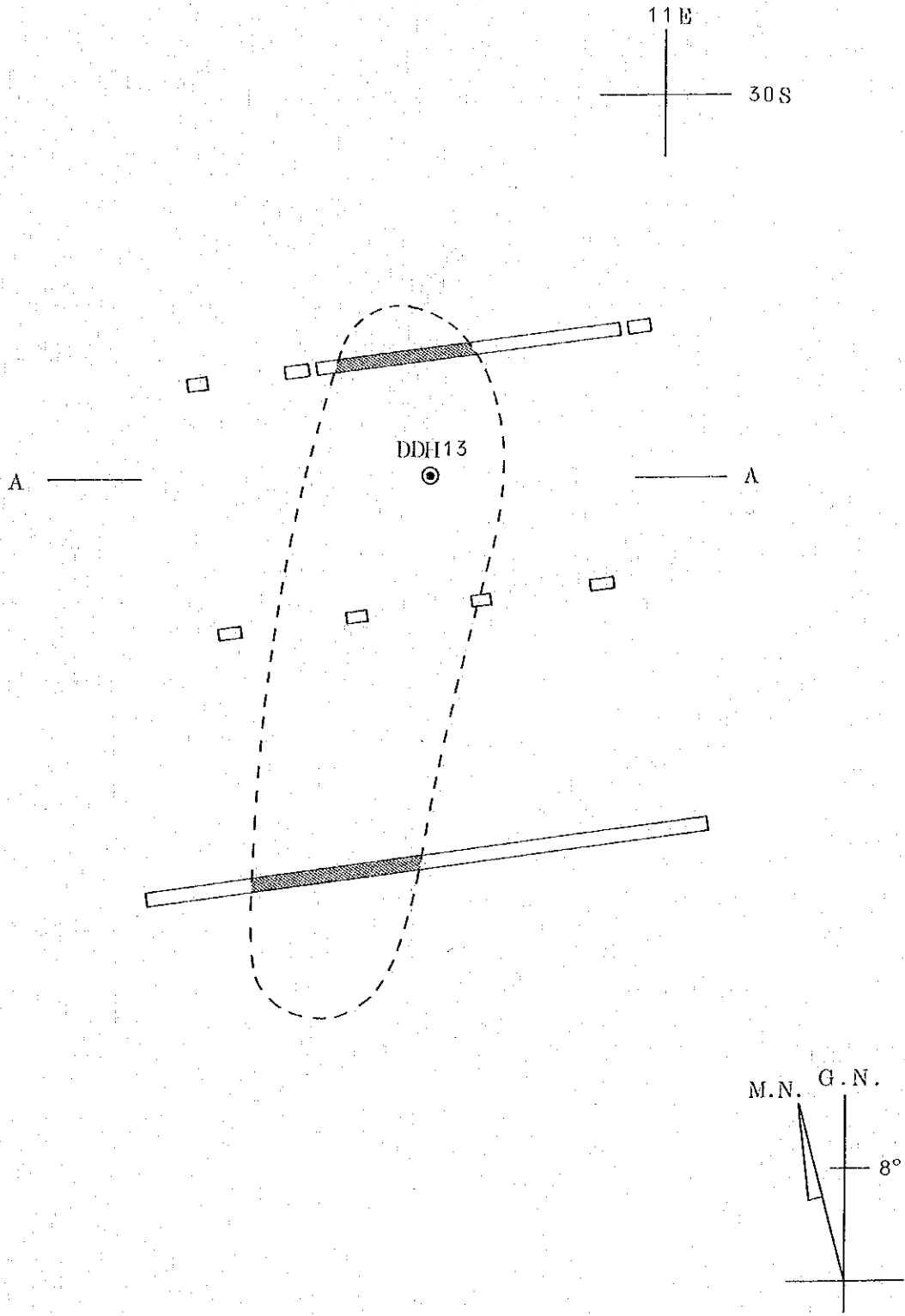


图-14 Apatite No.3 Body

A-A' Cross Section scale 1:500

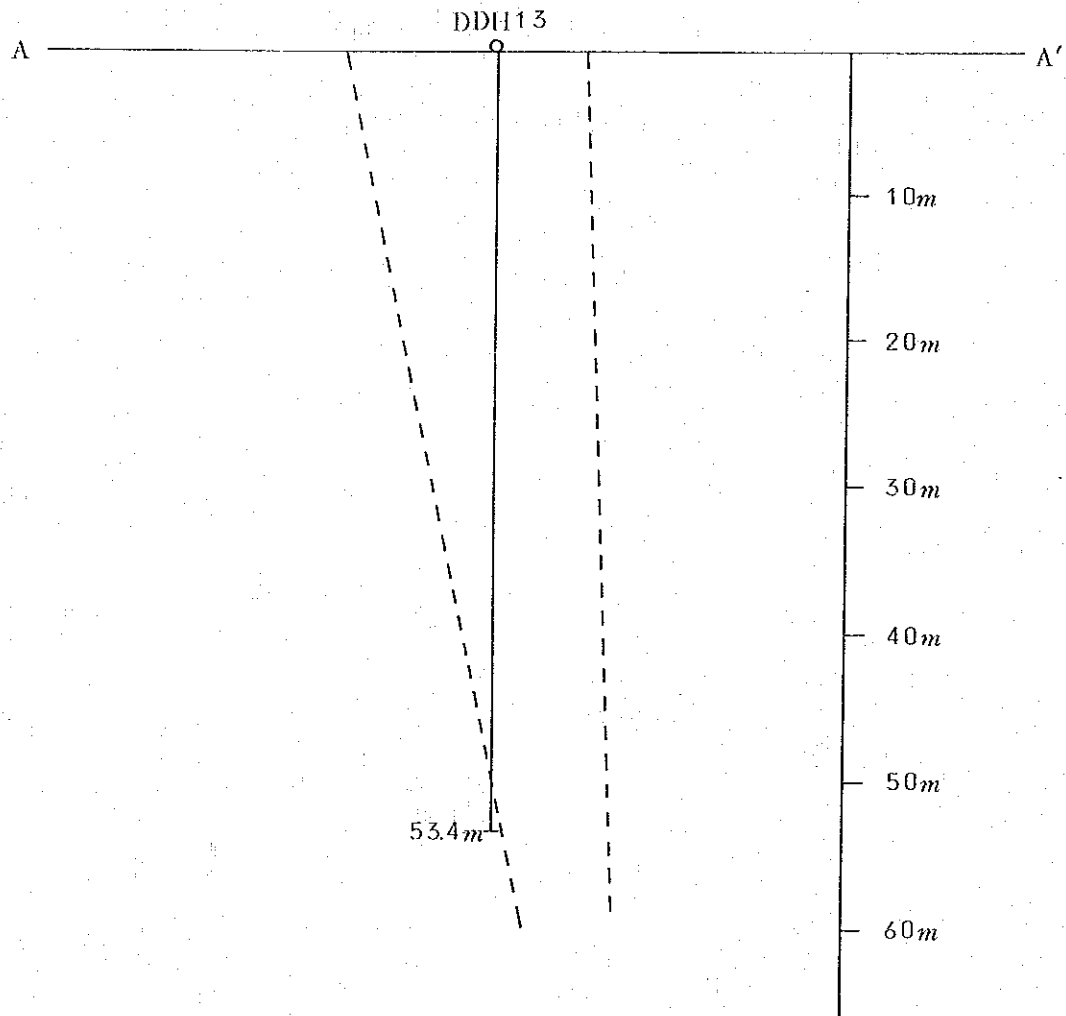


图-15 Apatite NO.4 Body scale 1:500

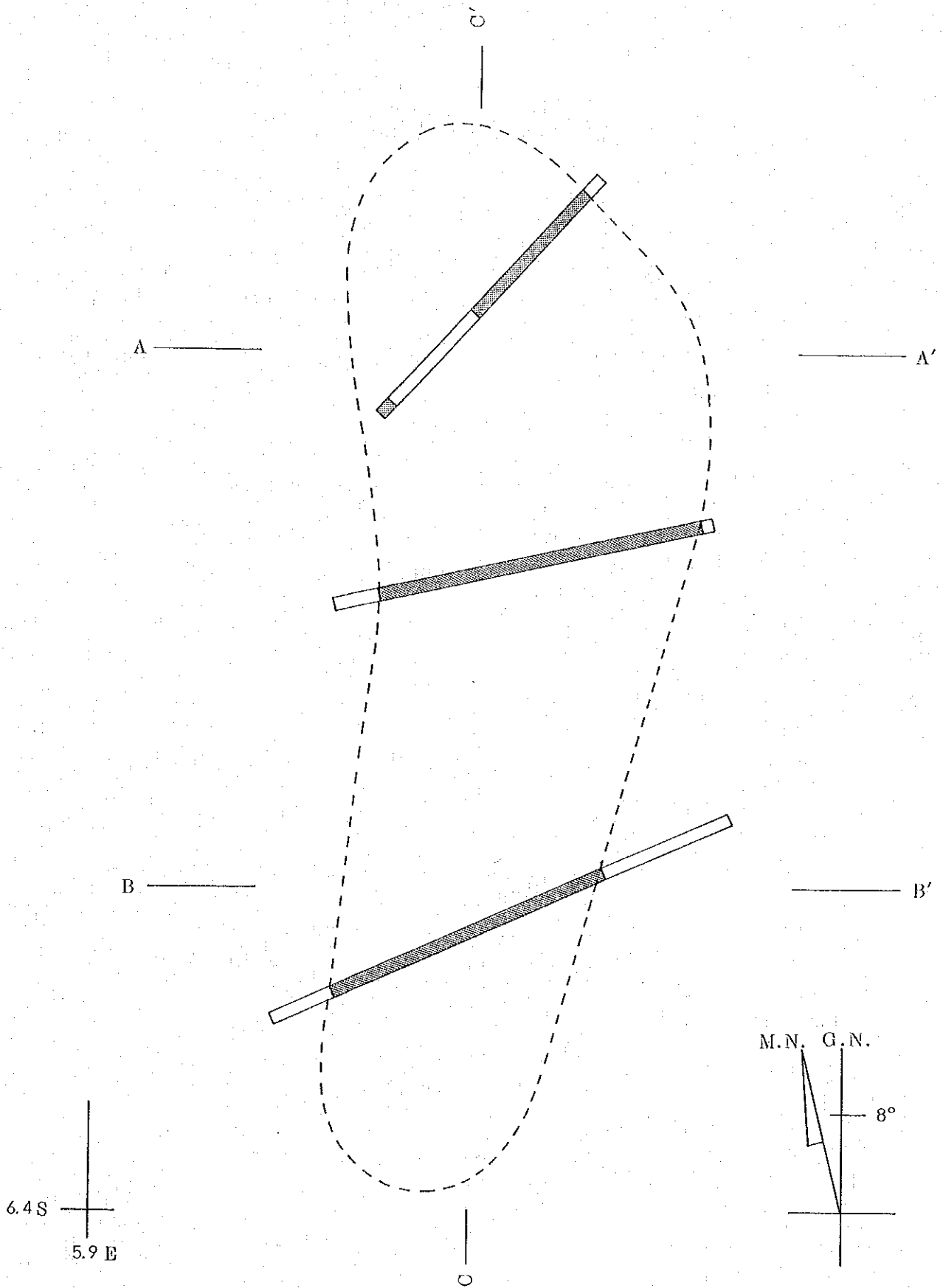


图-16 Apatite No.4 Body

A-A' Cross Section scale 1:500

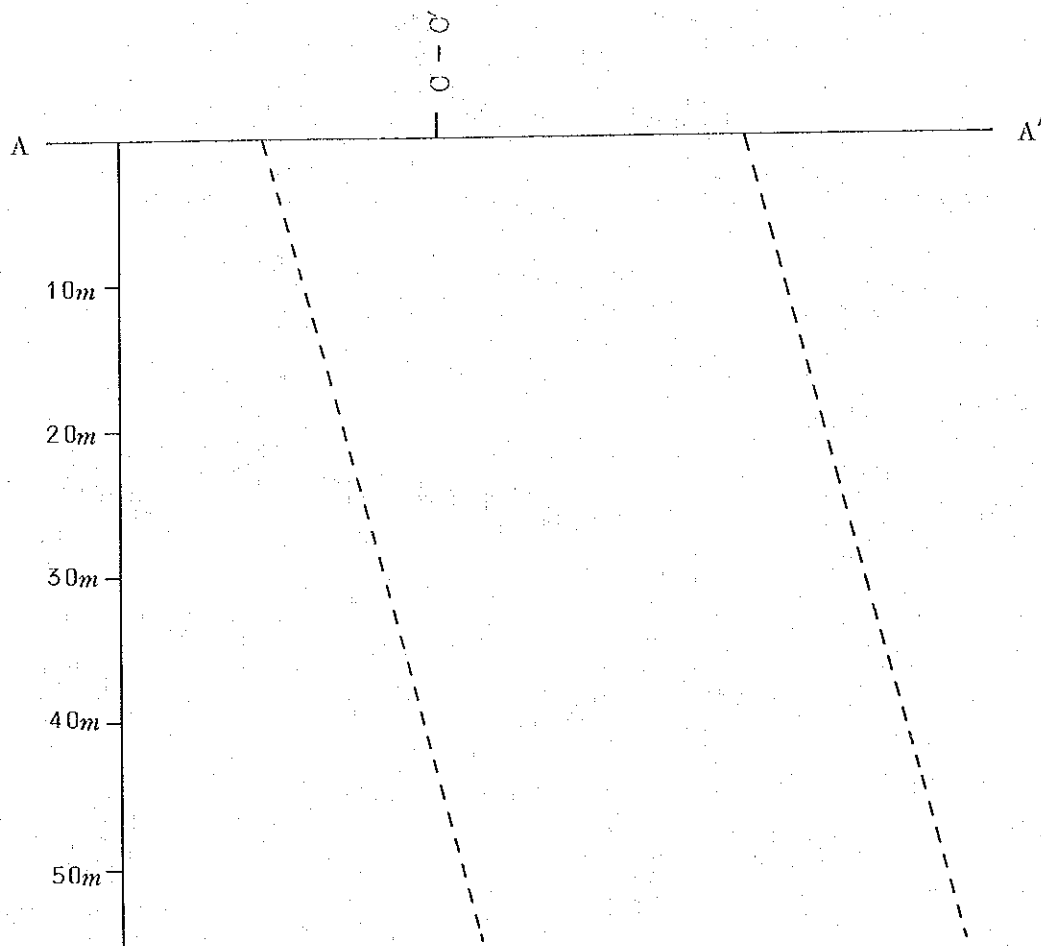




图-17 Apatite No.4 Body

B-B' Cross Section scale 1:500

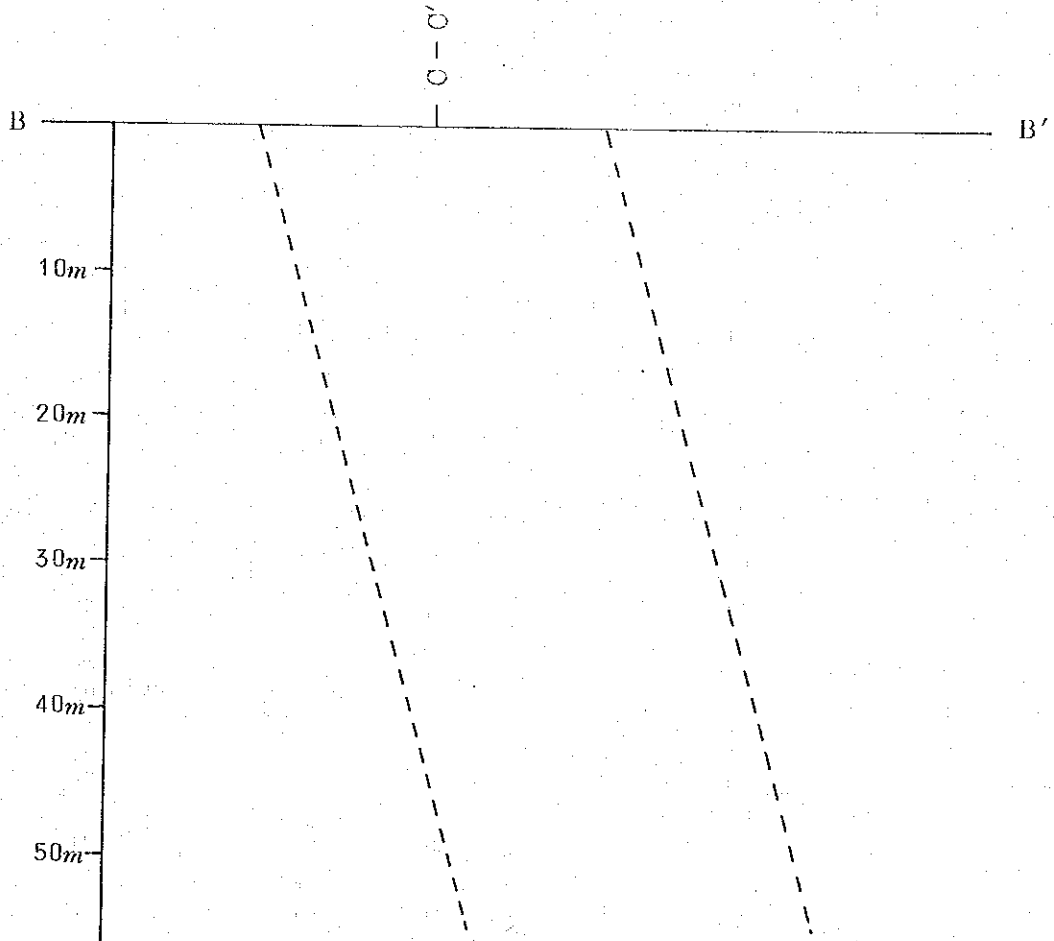
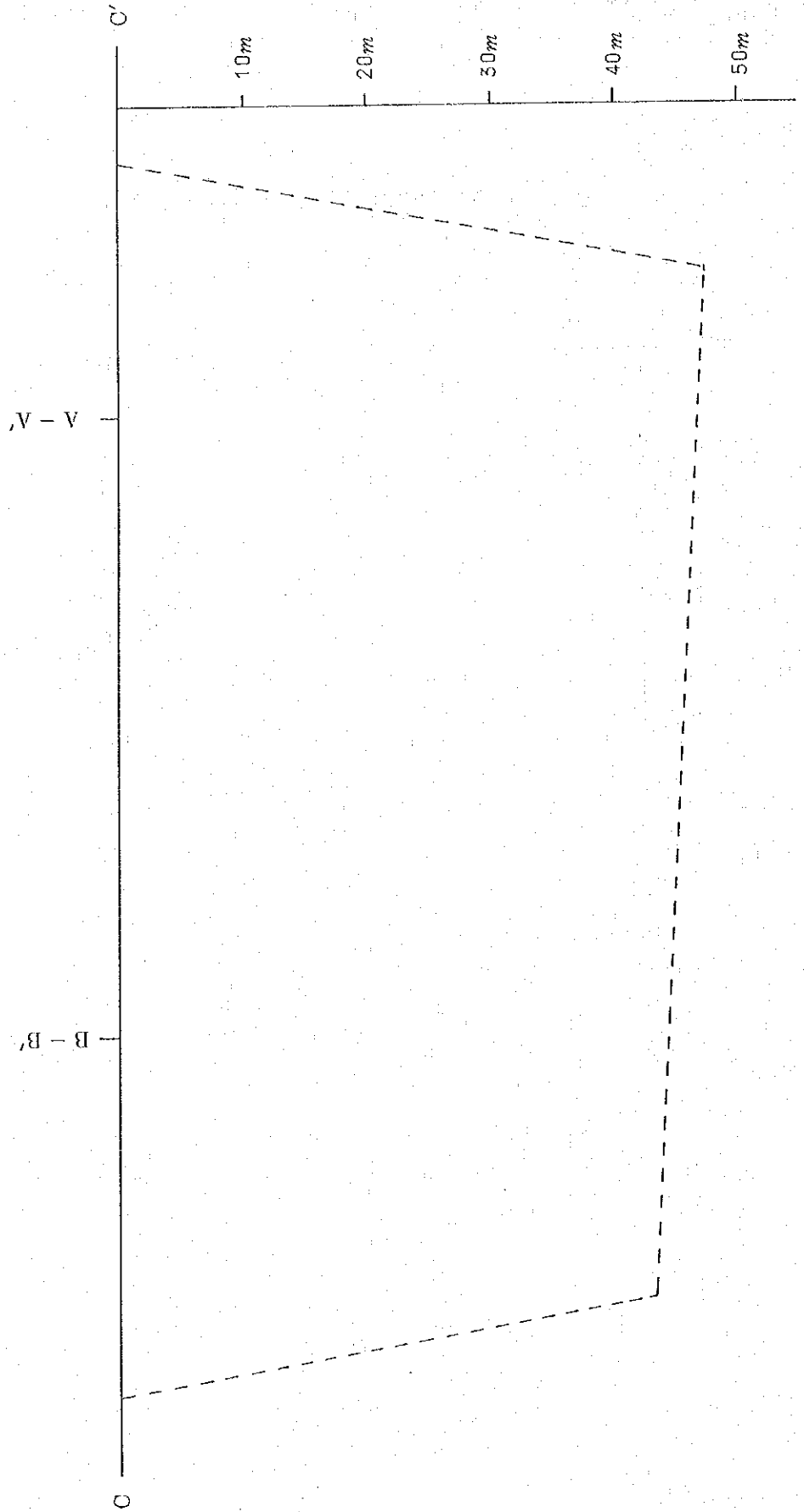


图 1-8 磷磷 No.4 体

C-C' 横截面 比例尺 1:500



鉍 体	本 数	延 長
№ 4	1 2	7 2 0 m
№ 2	6	3 6 0 m
計	1 8	1, 0 8 0 m

#### 4-1-7 鉍石分析結果

現地踏査時に採取した鉍石サンプルについて化学分析、分光分析、およびX線解析を実施した。その結果は次のとおりである。

##### 化学分析

試料名	鉍 体	成 分 (%)								
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sup>++</sup>	Fe <sup>+++</sup>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	S	CO <sub>2</sub>	F
Z A - 1	№ 1	20.92	0.22	1.23	16.75	1.94	36.68	0.04	0.07	0.67
Z A - 2	№ 2	23.07	0.52	0.84	13.91	1.56	32.47	0.04	0.10	0.31
Z A - 3	№ 3	19.09	2.36	1.40	7.35	1.73	26.64	0.02	0.19	0.65
Z A - 4	№ 4	16.91	2.39	1.61	8.16	2.09	26.06	0.06	0.12	0.66

##### 分光分析

試料名	鉍 体	成 分 (スペクトル強度)																				
		Sr	K	Ca	Co	Zr	Ti	Na	Cu	V	Al	Ni	Te	Ga	Cr	Mg	Pb	Mn	P	Si	Ba	Mo
Z A - 1	№ 1	3	1	>5	0	2	3	3	3	3	>5	1	>5	1	3	4	2	3	5	>5	3	0
Z A - 2	№ 2	3	1	>5	1	2	3	3	3	3	>5	1	>5	1	3	>5	1	3	5	>5	3	0
Z A - 4	№ 3	3	0	>5	3	2	3	4	2	3	>5	3	>5	2	3	>5	2	4	5	>5	0	0
Z A - 6	№ 4	3	0	>5	3	2	3	4	2	3	>5	3	>5	3	3	>5	2	4	5	>5	0	0

##### 定性分析のスペクトル強度表示

- 0 : 認められない
- 1 : 極めて弱く認められる
- 2 : 弱く認められる
- 3 : 明確に認められる
- 4 : 強く認められる
- 5 : 相当強く認められる

X線解析

試料名	鉱体	Apatite	Amphibole	Pyroxene	Quartz	Montomori-llonite
Z A - 1	Na 1	◎		△(?)	◎	
Z A - 2	Na 2	◎	○	△(?)	◎	△
Z A - 4	Na 3	◎	◎	○		
Z A - 6	Na 4	◎	◎	○		△

- ◎ 極めて強い
- ◎ 強い
- 弱い
- △ 極めて弱い

X線解析結果から判断して Chilembwe 鉱床はその鉱物組合せから2つのグループに分けられることが確認された。今後選鉱試験を行う場合、この点に留意する必要がある。

グループ I : Na 1、Na 2 鉱体 (Apatite + Quartz)

グループ II : Na 3、Na 4 鉱体 (Apatite + Amphibole + Pyroxene)

4-1-8 ボーリング実績

約 1,000 m のボーリングをザンビア国のボーリング業者に発注した場合の工程、工事金額を見積ると次のとおりとなる。

○ 工程

$$\frac{1,000\text{ m}}{2\text{ 台}} \div 15\text{ m} \doteq 33\text{ 日}$$

1982年の実績では、工程は 15 m ~ 20 m / 1 方 (1 方 12 時間) となっているが安全をみて 15 m / 方で計算した。また休日なしの連続作業を行うとのことなので、機材運搬日数を含めても 2 ヶ月間で充分であろう。

○ 工事金額

1982年の実績で計算すると次のとおりである。

(K : クワッチャ 1 US\$ = 1.3 K)

掘削費	1,000 m × 160 K / m	=	160,000 K
据付・撤収費	1 式	=	35,000 K
小運搬費	1 式	=	16,000 K
給水費	1 式	=	10,000 K
コアー箱	1 式	=	5,000 K
			226,000 K

従って、 $m$ 当り226Kとなり、1984年単価を見積ると上昇率を10%として $m$ 当り250Kとなる。この単価は、現在の日本国内での実情に比べて30~40%高くなっている。

#### 4-2 Chilembwe 鉍床の採鉍計画について

##### 4-2-1 採掘法

- ① かぶりはほとんどないか、あっても数 $m$ しかない。
- ② 鉍床の周囲はまばらな林で自由に使える。
- ③ 鉍床は現在まで4つが見つかっているが、それぞれ1Km以上離れている。
- ④ 鉍床の規模はあまり大きくない。

以上より採掘は露天掘が適しており、独立した小さなピットを設計することになると判断される。

##### 4-2-2 可採鉍量

- ① ボーリングが全くないか、あるいは、不十分であるため、ピットの設計に必要な精度で鉍床の形をつかんでいない。
- ② 地形図が出来ていない

等のため可採鉍量計算を行う段階に達していないと考えられるが大胆な仮定あるいは条件のもとでピットを設計し、ピット内の鉍量を計算すると次のとおりとなる。

鉍 体	鉍 量	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 品 位	研 量	Waste/Ore Ratio	備 考
№ 1	170,000 <sup>T</sup>	15.1%	462,000	2.7 : 1.0	ピット深さ 40m
2	1,001,000	11.9	1,924,000	1.9 : 1.0	60m
3	54,000	13.2	311,000	5.8 : 1.0	30m
4	321,000	12.0	1,033,000	3.2 : 1.0	45m
計	1,546,000	12.3	3,730,000	2.4 : 1.0	-

ピット設計に当たっての前提条件は次のとおり。

- ① ピットスロープは45度とする。
- ② ピットの最小曲率半径は20mとする。
- ③ 地表は水平と仮定する（実際にはゆるい傾斜をしている）。
- ④ ランプの設計は含めない。

このピットはもち論最適化されたものでもないし、全ての鉍体が採掘の対象となるかど

うかは別問題である。

飲量計算に使用したピットは図 6～18 を参照。

#### 4-2-3 建設用地

選飲場、ピットショップ、事務所等の建設用地については特別障害になるものはない。

#### 4-2-4 工場用水

Kasangazi Dam, Chitawe Dam のどちらも充分の水をもち、乾季の工場用水の水源として使用できると判断した。

### Ⅲ 本格調査にむけての提言

#### Ⅲ-1 基本的な考え方

今回の予備調査では①ただちに鉱山開発、肥料工場の建設に進むには鉱量の確度が不十分であり、また、②精鉱の運搬距離が500kmあるいはそれ以上と予想されるので、原価の中に輸送費の占める割合が大きく、精鉱品位をどの程度上げられるかがプロジェクトの成否に大きな影響を与えると考えられる。そこで、今後のプロジェクトの進め方としては、作業を2段階に分け、第1段階で鉱量の確認と選鉱試験を行い、これによって両者の見通しが立った時点で第2段階に進み、鉱山開発のためのF/Sを行うこととしたい。

鉱量確認の重点はNo2、No4鉱体に置き、新たな鉱体の発見のための化探、物探あるいはボーリングといったものはこのプロジェクトに含めない。なお、燐肥料が溶成燐肥とは決まっていないので、副原料であるマグネサイトの賦存量の確認は概査程度にとどめ、溶成燐肥と決まった場合の本格調査にむけ資料を整える。

また、ザンビアは鉱山国としての背景もあり、今回の調査でカウンターパートであるMinexはかなりの作業能力を持っていると判断したので、ザンビア側が行った方が適当と考えた調査、作業項目についてはザンビア側で行うということで項目ごとにMinexの合意を暫定的に得ている。これらはそのまま尊重する。

工程表の作成に当ってはザンビア側の強い要請もあったので最短となる様な組み方を行なうことが望ましい。

#### Ⅲ-2 前提条件

作業見積および工程表作成のための前提条件は次のとおり。

- ① マーケティングの調査は含まない。従って、必要生産品量（精鉱量）および販売価格は与えられるものとする。
- ② 必要な地形図は必要な時期に揃っているものとする。（地形図はMinexで作ることになっている）
- ③ エンジニアリングは含まない。従って、F/Sのための図面としては全体図、概念図程度とする。
- ④ 選鉱試験のための分析は外注するものとする。
- ⑤ ザンビア側作業にかかる経費は含まない。

#### Ⅲ-3 追加作業

本格調査までにJICAが調査すべき項目あるいは入手すべき資料は次のとおり。

- 1) 必要製品量（年間の $P_2O_5$ 量）→ 鉱山の規模を決定
- 2) 肥料工場の位置 → 精鉱輸送コスト

- 3)  $P_2O_5$ の価格(C I F肥料工場) → プロジェクトがフィージブルかどうかの判定  
→ C.O.G.の計算
- 4) 選鉱試験のためのサンプル入手
- 5) Na 4 鉱体の探鉱に関する最終レポートの入手
- 6) Minex が行う選鉱レポートの入手

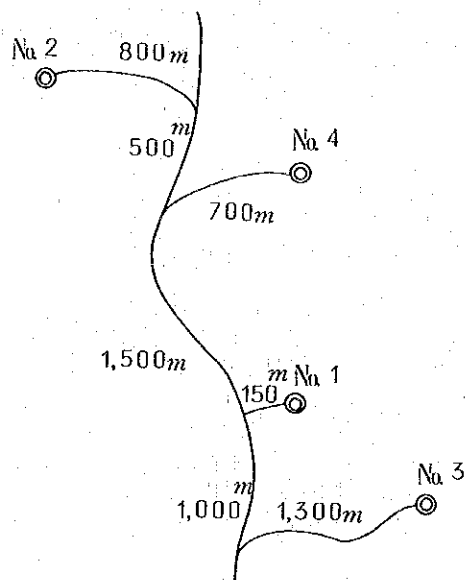
### III-4 本格調査時の重点事項

今回の調査結果、ザンビアおよび地域の特殊性を踏まえて、本格調査時には次の項目を重点的に調査する必要があると考えられる。

#### (1) Na 1、Na 3 鉱体が採掘の対象になりうるかの検討

次の理由によりNa 1、Na 3 鉱体は、Na 2、Na 4 鉱体と比較するとC.O.G.は当然上るはずで、この点から採掘対象になるかどうかの検討が必要であろう。

- ① 鉱体の規模が小さい。従ってクリアリング、剝土、トレンチング、運搬道路の整備等を考慮すると粗鉱T当りの開発費が高くなる。剝土比も大きい。
- ② 現在の道路と各鉱体は下図の様な関係にあり、Na 1、Na 3 がNa 2、Na 4 と離れていて、どこに選鉱場を造っても粗鉱の運搬費が高くなる。



#### (2) 選鉱場の位置

選鉱場の位置の選定に当っては特に次の点を考慮すること。

- ① 鉱体が複数である。
- ② さらに新鉱体の発見される可能性が大きい。
- ③ 地形は全体に北側へゆるく傾斜している。



(3) 選鉱試験

No 1、No 2 グループと No 3、No 4 グループでは鉱物組成（鉱化作用？）が異なるので、選鉱試験については両グループについて行う必要がある。また、後述する様に精鉱の輸送費が原価の中で大きな比重を占めると考えられるので、精鉱品位を出来るだけ高くする方向でテストを進めるべきであろう。

さらに、Minex では 1983 年末までにザンビア大学と共同で選鉱テストを行う計画（詳細は不明）を持っており、このテスト結果を参考とすると同時にチェックも行う必要がある。

(4) 精鉱輸送コスト

山元からルサカまで約 500 Km、肥料工場のあるカフエまで約 550 Km あり、精鉱はこの間をトラック輸送することになり、輸送費が原価の中で大きな比重を占めると予想される。

一方、今回の調査では輸送費の単価が下記のとうりかなりばらついている。従って、本格調査時には精度の高い数値を把握が必要であろう（例えばコントラクターに具体的な数値を示し、見積をとる）。

位置	距離	道路状況	運搬物	輸送費	備考
① Nampundwe Mine ~ Kafue	約 100 Km	一部 未舗装	パイライト 精 鉱	1.6 K/T	1983 年(今回調査) 30 T トラック使用 積込は含まず
② Kansanshi ~ Chingola	約 160 Km	舗 装	銅 精 鉱	7~9 N/TKm	1983 年 ( 鉱山省調べ )
③ Namatombwa ~ Luiri	7~5 Km	未舗装	マグネサイト	14 N/TKm	1982 年 ( 鉱山省調べ )
④			一般 ?	12 N/TKm	距離は実走行距離の 2 倍とする 1983 年 (日商 Lusaka 調べ)

K:Kuwacha  
N:Ngwee=1/100K

(5) 選鉱その他工場用水

鉱山で使用する用水は Kasangazi Dam か Chitawe Dam から取水する可能性が大きいと思われる。

どちらのダムも今調査時（乾季末）で充分の水があり、容量の点では問題はない。ダムの目的は乾季にも、水が枯れて魚が死なないためのもので水質にも問題はないと考えられる。水利権も Minex の話では問題ない。

調査の重点はどちらのダムから取水するかであろう。Kasangazi Dam の方は鉱体までの距離は短い、山を越えなければならぬし、鉱体側からダムに達する車の走れる道路はない。

一方、Chitawe Damの方は鉱体までの距離は長くなるが、道路は完備しており、ルートも比較的平坦であるので、操業時の管理はずっと容易であると考えられる。起業費とランニングコストを考えた比較が必要と思われる。いずれの場合もリサイクリングは考慮すること。

もう一つの可能性は鉱体附近では地表下数十m～百数十mの位置に Water Table があるとのことであり、これをポンプアップすることである。しかし、これについてはボーリングデータとして残っておらず、今回の調査では確認できなかった。従って、F/Sではダムからの取水を検討しておけばいいのではないかとおもわれる。

#### (6) 鉱山用機械について

ザンビアはオープンピットあるいは選鉱の機械等全ての鉱山機械を輸入に頼っている国であるので、機械の選定に当たってはザンビアの鉱山で数多く使用されており、かつ、ルサカに代理店あるいはサービスブランチを持っているメーカーを選ぶよう配慮すべきであろう。いくら性能が良くても部品供給に問題がありそうな機械は避けるべきである。

#### (7) 技能工の確保、訓練について

機械（特にピットで使用する機械）の整備能力が生産に大きな影響を及ぼすので技能工（機械工、電気工）をどの様に確保、訓練するかを充分検討する必要がある。ルサカから500Km、鉱山業の中心であるカッパーベルトからは1,000Kmも隔った僻地である点を考慮すると、操業初期には特別の配慮が必要であろう。

#### (8) ピットスロープ

ピットスロープは可採鉱量や剝土比に大きな影響を与えるので重要なファクターであるが、これを地質調査やボーリングデータから設計するには、莫大な費用と時間をかけてデータを集めなければならない。そこで、今回対象としているピットは規模も小さく、複数個でもあるので、例えば45度で設計することとし、F/Sを行ってはどうか。

実際にはエンジニアリングの段階まで実績をみながら少しずつ修正する方向がいいと考える。

#### (9) 電力設備

電力はKatete あたりの変電所から送電線を引き、山元まで持って来て買電する方法と自家発電を行う方法がある。起業費、ランニングコストを考慮して両者の比較検討を行うこと。

#### (10) 年間作業日数

年間を通じてピットの操業が行えるよう計画すること。このためには雨季の雨量を考慮してピットの排水設備、トレンチ、道路計画を調査する必要がある。

## Ⅳ その他参考事項

### Ⅳ-1 面会者リスト

在ルサカ日本大使館

関 栄 次 特命全権大使  
小 竹 康 史 経済協力担当書記官

国家開発庁 (National Commission for Development Planning, NCDP)

Dr. E. C. Kaunga, Acting Permanent Secretary, NCDP

Dr. L. Lishoma, Assistant Director, Supervision of Project Evaluation, NCDP

鋳工業開発公社 (Zambia Industrial and Mining Corporation Ltd. ZIMCO)

Dr. J. Mapoma, Director-General

Mr. L. S. Muuka, Executive Director, Industrial and Commercial

Mr. M. V. Mushin, Financial Director

探 査 部 (Mineral Exploration Department, Minex-ZIMCO)

Dr. S. N. Punukollu, Chief Geologist

Mr. A. S. Sliwa, Exploration Supervisor

Mr. G. Mujogyatwoki, Field Geologist

農業水資源省 (Ministry of Agriculture and Water Development)

Mr. N. E. Mumba, Director of Agriculture

鋳 山 省 (Ministry of Mines)

Mr. Williy R. Sweta, Acting Chief Mining Engineer, Mines Development  
Department

大統領府 (State House)

Mr. D. C. Mulaisho, Special Assistant to the President (Economic Matter)

ザンビア窒素肥料公社 (Nitrogen Chemical of Zambia, NCZ)

Mr. C. M. Kaphoya, General Manager

## IV-2 参考データ

### 2-1 コストに関するデータ

#### (1) 労務費

① 最低賃金（法律で決められている） 2.43 K/日

② Minexが Chilembwe で支払っている賃金

最低 2.73 K/日

最高 3.00 K/日（責任者）

} いずれも臨時雇で、キャンプを閉鎖する時には解雇する。

③ Nampundwe Mine の坑外労働者

Unskilled Worker 100 K/月

Skilled Worker 400 K/月

Shift Boss 500 K/月

いずれも Friuge Banefits を含んでいない。Friuge Banefits の割合は10%~20%（大部分は約10%）とのこと。

#### (2) オープンピットで使用する機械

条件は CIF Lusaka で免税価格。単位は100万円。

○ Cat wheel Loader 988 (6.6w <sup>3</sup> )	92
○ Cat Off Road H-wag Truck 769 (32T)	76
○ " " " 773 (45T)	109
○ Cat Wheel Dozer 824 (315HP)	80
○ Cat Bulldozer D-8	86.5
○ Drill Tone Top 150	80
○ Nissan Pick-up <sup>1</sup> (3/4トン)	2.5

#### (3) Chilembwe における採鉱用ピット、トレンチの掘さく費（直接費のみ）

○ 4 m深さのピット 3人配置で3日（軟い場合）~1週間 → 35~55 K/Pit

○ トレンチの掘さく 2人で1 m<sup>3</sup>掘れる → 6 K/m<sup>3</sup>

No 2 鉱体の実績は約3 m深さのトレンチを2.5 m掘さくするのに約500 Kであった。

→ 20 K/m

#### (4) ハット（写真で見る様な直径3.5 mの竹と粘土でできたかやぶき小屋）製作費

4人/チーム×5日=20工 → 60 K

燃料その他を加えても100 K/ヶを見ておけば充分。

（材料はブッシュにあるので無料）。

#### (5) 分析費（ルサカの Minex Office Lab）

3 K/サンプル（調整から分析まで）

(6) ガソリン 95~97 N/ℓ

ディーゼル油 65 N/ℓ

(7) 車のチャーター代(小型車)

約100 K/日(時間内の労務費を含む。ルサカ市内のみで郊外に出ると距離数により高くなる)

(8) 輸送コスト

Ⅲ-4の(4)精鉱輸送コストの項参照。

(9) 換算レート(予備調査時点)

1.0 K = 0.7627 US\$ (1.0 US\$ = 1.3111 K)

## 2-2 ZCCM の Nampundwe の 鉱山見学

1) 見学日時 1983年10月19日 8時~13時30分

2) 見学者 清野 恒 (JICA)

宇野 智 (JICA)

A. S. Sliwa (Minex)

坊上 幹郎 (日商岩井)

3) 目的 ① コストデータの収集……主として精鉱輸送費、労務費のレベル  
② 一般見学

4) 説明、案内者 Z. Kasperek (Acting Manager、ポーランド人)  
M. Sawele (Mine Captain)

### 5) 鉱山の概要

① 位置 Lusaka の西方約50 Km (車で約40分)

② 生産量と物 粗鉱量 キャバシティ 300,000 T/年

(坑内はMax 360,000 T/年の能力があるが、選鉱が7日/週の操業を行っても327,000 T/年の能力しかない)

通常の生産量は218,000~215,000 T/年

精鉱 Py-Conc 100,000 T/年 (S品位40-45%)

Cu-Conc 16,000 T/年 (Cu品位 16%)

③ 埋蔵鉱量  $2.2 \times 10^6$  T

平均品位 S……16.1% , Cu……1%

④ 採掘法 Sublevel Open Stoping (No Filling)

⑤ 選鉱法 浮選法 Py-Conc と Cu-Conc

⑥ 輸送先 Py-Conc の約50% Kafueの肥料工場へトラック輸送

Py-Conc の残り約50% }  
Cu-Conc の全量 } Nchangaへレール輸送

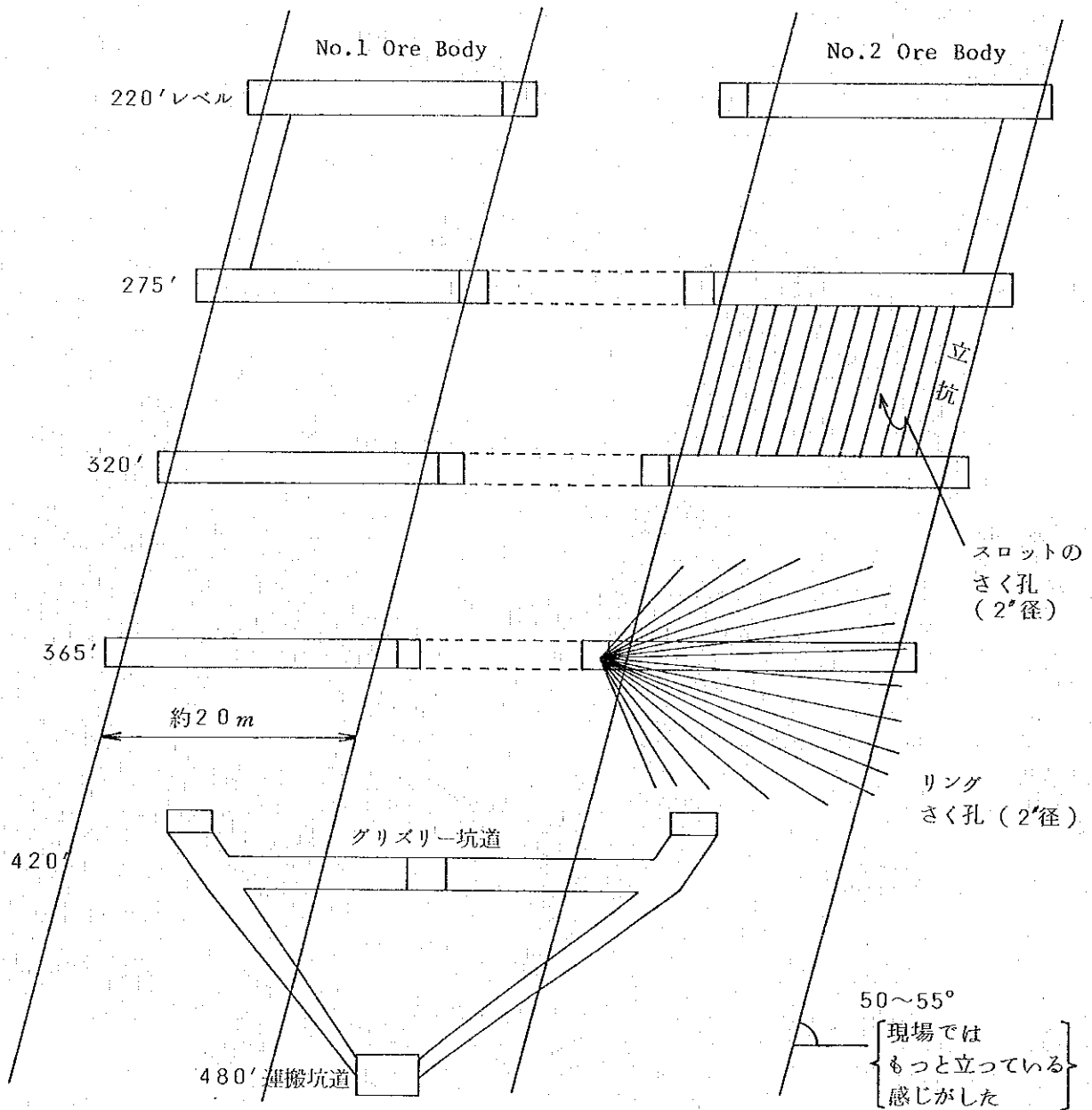
⑦ 人員：全体 430人～420人

このうち採鉱 247人(全てを含む)

⑧ 操業：採鉱、選鉱とも 3方/日×6日/週

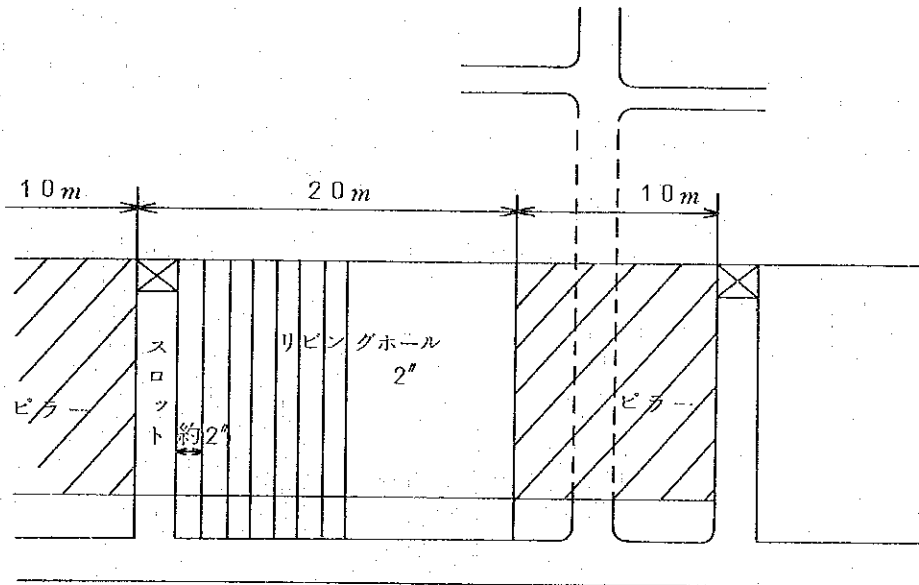
⑨ その他：ザンビアで最も古い鉱山の1つで、1913年から操業を行っている。

6) 採掘法の概要



図の様に No.1 Ore Body と No.2 ore Body が平行しており、下盤側の No.2 Ore Body を先行させ、No.1 は少し遅れて追いかける形で採掘を行っている。垂直方向にはトップレベルが 220 レベル、運搬坑道が 480 レベルで、これを 1 つの区切りとして横方向に連続的に鉱画をとっている。480 レベルから下部は 720 レベル（将来の運搬坑道）までを現在開発中である。

一つの採掘切羽を平面で見ると下图のようになる。



ドローホールは 2 本を 420 レベル下で 1 本にまとめて（Y 型に）480 レベルで漏斗をつくり、エアシリンダーで 3 T 鉱車に抜鉱している。

7) コストデータ

① 精鉱輸送費 (Py-Conc)

Nampundwe Mine  $\xrightarrow[\text{トラック}]{\text{約 } 100\text{Km}}$  Kafue NCZ 肥料工場コントラクターベースで 16K/T (30 T トラックを使用し、積込、積卸は鉱山および肥料工場側の負担、なお水分は 9 ~ 10%)

② 坑外作業員の労務費

Unskilled Worker	100k/月
killed Worker	400k/月
Shift Boss	500K/月

いずれも Fringe Benefits を含んでいない。

Fringe Benefits の割合は 10% ~ 20% (通常 10% 見ておけばよい)

③ Direct Operating Cost

1983年8月実績 70k/T-Py-Conc

④ その他

Steel Ball (ボールミル用) 40.4 K/T (鉱山渡し)

8) 感想等

- ① 坑内構造は480レベルの運搬坑道以外は単純ですっきりしている。480レベルは単線で坑道の両側に漏斗がついているため出鉱能力を上げられない最大の原因になっているのではないかと。ろう鉱も多く、軌道の整備も悪い。
- ② 運搬がバッテリーロコ(5T程度と見受けられた)と3T鉱車の組合せというのも採掘能力に比較して小さい様に思われた。なお、捲上機は1日6時間の運転で $480 \times 10^3$  T/年の能力がある。
- ③ 外貨不足で部品の供給が思う様にならず止まっている機械が多い。坑内を見た範囲では動いているさく岩機は1台もなかった。
- ④ 坑内の人員は多いし、坑道掘進をまだ手積で行うようなことも行われている。採掘の火薬装填作業はクルーのボスを含めて4人で行われているといった状態であった。
- ⑤ 排水能力が不足しているため、せっかくの水抜孔をバルブで止めてあり、水位はまだ220レベルより上にある。  
現在の排水能力は  $1.3 \sim 1.4 \times 10^6$  gal/Day  $\rightarrow$   $4.1 \sim 4.4$   $m^3$ /分、このうち  $2.2$   $m^3$ /分が uncontrollable な水とのこと。  
将来は780 W.L. にポンプステーションを設け  
第1段階で  $1.6$   $m^3$ /min  
第2段階で  $3.2$   $m^3$ /min の能力にする予定である。  
水質は良く選鉱と社宅で使用している。
- ⑥ 通路を確保するために No.2 Ore Body (下盤側) を先に掘っているとのことであったが理解できなかった。
- ⑦ 10mのピラーをどのように2次採掘するのかは聞きもらした。
- ⑧ 坑内掘としては非常に品位が低く、その割に工程が特別いい訳ではない。発展途上国の政府が所有していればこそ、こういう鉱山の操業も可能なのであろう。



Ⅳ-3 収集資料リスト

3-1 地図類

[I] 地形図

1.	Republic of Zambia	Scale 1 : 1,500,000
2.	(1) Serenje	Scale 1 : 250,000
	(2) Chipata	" "
	(3) Katete	" "
3.	(1) Sheet No. 1331D3	Scale 1 : 50,000
	(2) " 1331D4	" "
	(3) " 1431B1	" "
	(4) " 1431B2	" "

[II] 地質図

1.	Republic of Zambia	
	(1) Geological Map (Sheet NW)	Scale 1 : 1,000,000
	(2) " ( " NE)	" "
	(3) " ( " SW)	" "
	(4) " ( " SE)	" "
2.	5万分の1図幅	
	(1) Geology of the Lusandw River Area (Sheet No. 1331 SE)	Scale 1 : 50,000
	(2) Geology of the Sinda Area (Sheet No. 1431 NE)	" "
3.	Geological Map (Chilembwe Phosphate Deposits)	Scale 1 : 10,000

[III] 鉱床分布図

1.	Minerals	Scale 1 : 2,500,000
----	----------	---------------------

[IV] 気象図

1.	Sunshine (Annual total hours of sunshine)	Scale 1 : 2,500,000
2.	Rainfall	Scale 1 : 2,500,000
	(1) Mean Annual Raindays	
	(2) Mean Annual Rainfall	
	(3) Annual Rainfall likely to be reached or	

[III] 肥料

1. Objectives and Policy for the Agricultural Sector in the Third National Development Plan

3-3 その他

- 1) Mines and Minerals Act
- 2) Supplement to the Republic of Zambia Government Gazette dated the 7th January, 1977
- 3) The Mining Regulations the Explosives Ordinance and the Explosives Regulations of the Republic of Zambia
- 4) Notes on Mining Legislation
- 5) ZIMCO Minex Department Handbook
- 6) Exploration & Mining in Zambia  
Proterozoic 83 Souvenir
- 7) Notes on the Phosphate Distribution in Soil Grain Fractions.  
Test Programme in the East Chilembwe Area, Lusandwa PL 144
- 8) Rainfall
- 9) Temperature, Humidity, Sunshine and Winds
- 10) Climatic Data
- 11) Total Cost of Sinda West Project





JICA

