

# ジンバブエ共和国カドマ地域 資源開発協力基礎調査報告書

第 1 卷  
(第 1 年次)

昭和 62 年 3 月

資源開発協力委員会  
調査報告書

資源開発協力委員会  
調査報告書  
第 1 卷  
第 1 年次



# ジンバブエ共和国カドマ地域 資源開発協力基礎調査報告書

第 1 卷

(第 1 年次)

JICA LIBRARY



1029819[8]

16204

昭和 62 年 3 月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

国際協力事業団		
受入 月日	'87. 4. 22	534
登録No.	16204	66.1
		MPN

## は し が き

日本国政府はジンバブエ共和国政府の要請にこたえ、同国の中央部に位置するカドマ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は昭和61年度が第1年次にあたり、金属鉱業事業団は3名の調査団を編成して、昭和61年8月4日から昭和61年11月1日まで現地に派遣した。

現地調査はジンバブエ共和国政府関係機関、特に鉱山省地質調査局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は第1年次の調査をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力を頂いたジンバブエ共和国政府関係者、並びに外務省、通商産業省、在ジンバブエ日本大使館及び関係各位の方々に衷心から感謝の意を表すものである。

昭和62年2月

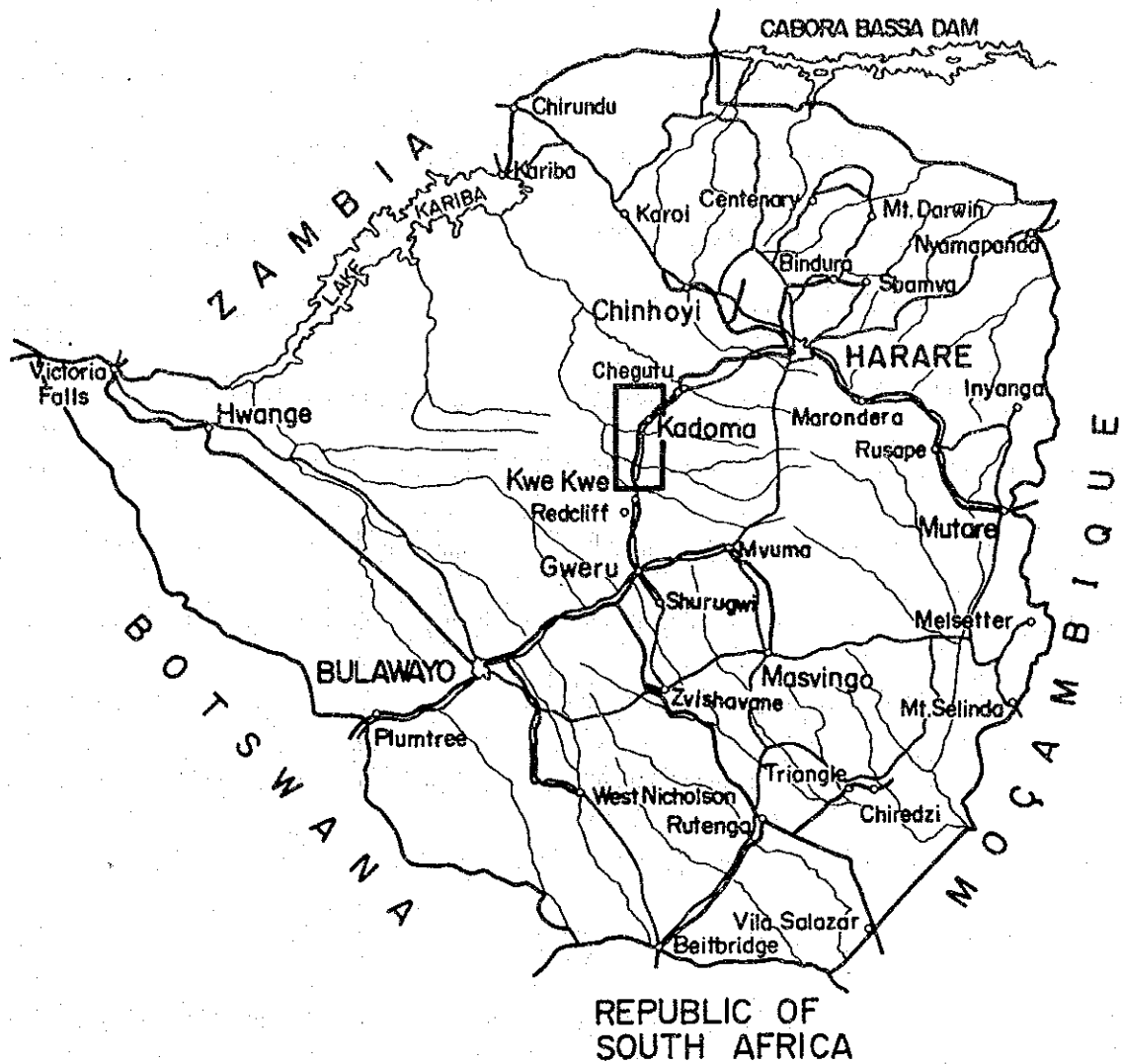
国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

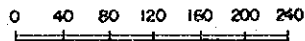
金属鉱業事業団


理事長 佐 藤 淳 一 郎





Scale of Kilometres



 General Survey Area

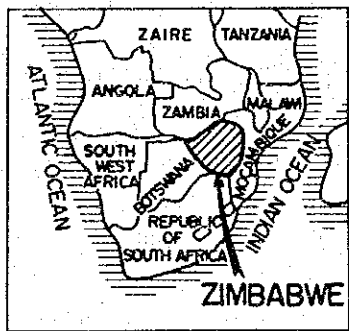
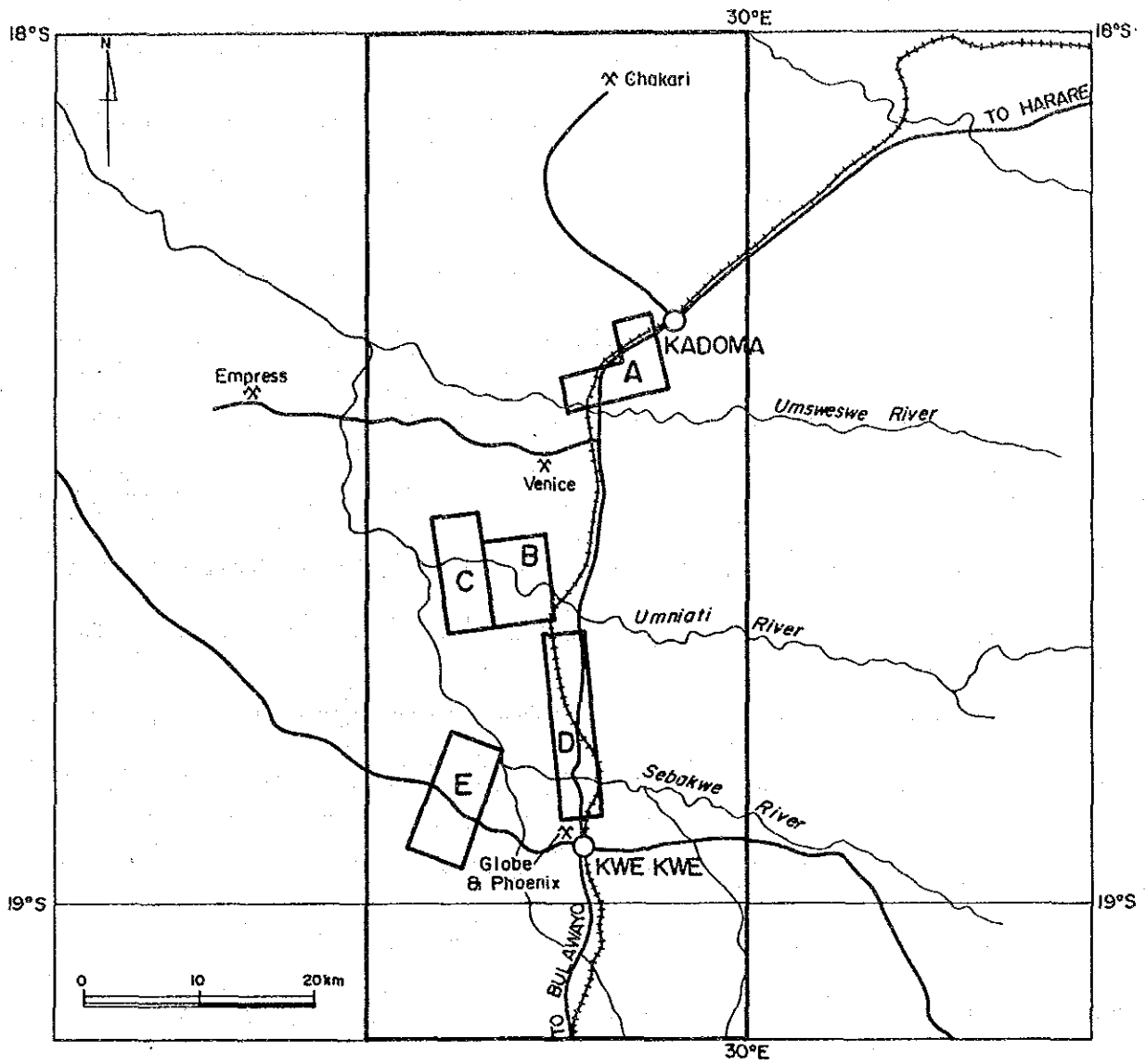


図 1

カドマ地域位置図







- +++++ Railway
- Road
- Survey Area
- A Semi-detail Survey Area

図2 調査地区位置図



# 目 次

は し が き  
調 査 位 置 図  
要 約

## 総 論

第1章 序 論 .....	1
1-1 調査の目的 .....	1
1-2 調査作業の概要 .....	1
1-3 調査団の編成 .....	2
第2章 調査地域の一般概要 .....	3
2-1 位置・交通 .....	3
2-2 地形・気候 .....	3
2-3 一般社会情勢 .....	3
第3章 地 質 概 要 .....	5
3-1 シンバプエの地質と鉱床 .....	5
3-2 調査地域の地質と鉱床の概要 .....	7

## 調 査 結 果

第1章 既存資料コンパイル .....	9
第2章 地 質 .....	13
2-1 地 質 概 要 .....	13
2-2 層 序 .....	13
2-3 火 成 岩 類 .....	17
2-4 地 質 構 造 .....	20
2-5 変 成 作 用 .....	21
第3章 鉱 床 .....	23
3-1 鉱 床 概 要 .....	23
3-2 調査実施鉱床 .....	24
3-3 室内実験・検査結果 .....	32
第4章 地化学探査の方法 .....	43
4-1 土壌の採取及び処理 .....	43

4-2	分 析 法	43
4-3	分析値の処理	43
4-4	土 壤 の 色 調	44
第5章	地 区 各 論	45
5-1	A 地 区	45
5-2	B 地 区	55
5-3	C 地 区	64
5-4	D 地 区	72
5-5	E 地 区	80
結論と提言		
第1章	調 査 の 結 論	89
第2章	第2年次への提言	91

参 考 文 献

## 図 表 一 覧

- 図 1. カドマ地域位置図
- 図 2. 調査地区位置図
- 図 3. ジンバブエ始生代緑色岩帯の層序 (Wilson, 1979)
- 図 2-2-1 カドマ地域の模式地質柱状図
- 図 2-2-2 各種地質図幅, 文献間の Bulawayan 層群の対比
- 図 2-4-1 カドマ地域の地質構造の概略
- 図 3-2-1 Globe and Phoenix 鉱山の鉱脈図
- 図 3-2-2 Phoenix 脈の鉱床断面図
- 図 3-2-3 Globe and Phoenix 鉱山, 7 坑準, No4 Parallel Reef の金品位
- 図 3-2-4 Globe and Phoenix 鉱山, 6 坑準, East Reef の鉱脈断面図
- 図 3-2-5 Tiger Reef 鉱山, 5 坑準以深の鉱床断面図
- 図 3-2-6 Tiger Reef 鉱山の NE-SW 断層
- 図 3-2-7 Tiger Reef 鉱山, 6 坑準の鉱脈中の金品位分布
- 図 3-3-1 石英中の流体包有物の均質化温度
- 図 3-3-2 流体包有物の均質化温度と NaCl 相当塩濃度の関係
- 図 5-1-1 A 地区における Au, Cu, W の全試料の分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-1-2 A 地区における W の岩種ごとの分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-1-3 A 地区における W, Cu の岩種ごとの分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-1-4 A 地区における Cu の岩種ごとの分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-2-1 B 地区における Au, Sb, As の全試料の分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-2-2 B 地区における Sb の岩種ごとの分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-2-3 B 地区における As の岩種ごとの分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-3-1 C 地区における Au, Pb, Zn の全試料の分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-3-2 C 地区における Pb の岩種ごとの分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-3-3 C 地区における Zn の岩種ごとの分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-4-1 D 地区における Au, Ni, Cr の全試料の分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-4-2 D 地区における Ni の岩種ごとの分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-4-3 D 地区における Cr の岩種ごとの分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-5-1 E 地区における Au, Sb, As の全試料の分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-5-2 E 地区における Sb の岩種ごとの分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布
- 図 5-5-3 E 地区における As の岩種ごとの分析品位ヒストグラム及び累積頻度分布

表 1-1	カドマ地域準精査地区
表 2-3-1	岩石の K-Ar 年代測定結果
表 3-3-1	EPMA による 鉍石 鉍物の定性分析結果
表 3-3-2	EPMA による 硫化物の定量分析結果
表 3-3-3	EPMA による 金の定量分析結果
表 3-3-4	石英中の流体包有物の均質化温度と塩濃度
表 5-1-1	A 地区における各元素, 各岩種ごとの初等統計値
表 5-1-2	A 地区における元素間の相関係数
表 5-2-1	B 地区における各元素, 各岩種ごとの初等統計値
表 5-2-2	B 地区における元素間の相関係数
表 5-3-1	C 地区における各元素, 各岩種ごとの初等統計値
表 5-3-2	C 地区における元素間の相関係数
表 5-4-1	C 地区における各元素, 各岩種ごとの初等統計値
表 5-4-2	D 地区における元素間の相関係数
表 5-5-1	E 地区における各元素, 各岩種ごとの初等統計値
表 5-5-2	E 地区における元素間の相関係数

## 付 録 一 覧

- 付録 1. 土壤地化学分析結果一覧
- 付録 2. 調査地域鉍山・鉍徴地一覧
- 付録 3. 岩石薄片検鏡結果
- 付録 4. 鉍石研磨片検鏡結果
- 付録 5. X線回折粉末法による分析結果
- 付録 6. 岩石薄片の顕微鏡写真
- 付録 7. 鉍石研磨片の顕微鏡写真
- 付録 8. EPMA 面分析写真

## 添 付 図 一 覧

PL. 3-3-3	Location Map of Samples for Laboratory Tests
PL. 5-1-1	Geological Map of Area A
PL. 5-1-2	Geochemical Anomaly Map of Au, Cu, W in Area A-1
PL. 5-1-3	Geochemical Anomaly Map of Au, Cu, W in Area A-2
PL. 5-1-5	Soil Colour Map of Area A
PL. 5-1-6	Location Map of Soil Samples in Area A
PL. 5-1-7	Location Map of Mineral Occurrences in Area A
PL. 5-2-1	Geological Map of Area B
PL. 5-2-2	Geochemical Anomaly Map of Au in Area B
PL. 5-2-3	Geochemical Anomaly Map of As in Area B
PL. 5-2-4	Geochemical Anomaly Map of Sb in Area B
PL. 5-2-5	Soil Colour Map of Area B
PL. 5-2-6	Location Map of Soil Samples in Area B
PL. 5-2-7	Location Map of Mineral Occurrences in Area B
PL. 5-3-1	Geological Map of Area C
PL. 5-3-2	Geochemical Anomaly Map of Au in Area C
PL. 5-3-3	Geochemical Anomaly Map of Pb in Area C
PL. 5-3-4	Geochemical Anomaly Map of Zn in Area C
PL. 5-3-5	Soil Colour Map of Area C
PL. 5-3-6	Location Map of Soil Samples in Area C
PL. 5-3-7	Location Map of Mineral Occurrences in Area C
PL. 5-4-1	Geological Map of Area D
PL. 5-4-2	Geochemical Anomaly Map of Au in Area D
PL. 5-4-3	Geochemical Anomaly Map of Ni in Area D
PL. 5-4-4	Geochemical Anomaly Map of Cr in Area D
PL. 5-4-5	Soil Colour Map of Area E
PL. 5-4-6	Location Map of Soil Samples in Area D
PL. 5-4-7	Location Map of Mineral Occurrences in Area D
PL. 5-5-1	Geological Map of Area E
PL. 5-5-2	Geochemical Anomaly Map of Au in Area E
PL. 5-5-3	Geochemical Anomaly Map of As in Area E
PL. 5-5-4	Geochemical Anomaly Map of Sb in Area E
PL. 5-5-5	Soil Colour Map of Area E
PL. 5-5-6	Location Map of Soil Samples in Area E
PL. 5-5-7	Location Map of Mineral Occurrences in Area E
PL. 5-6	Geological Cross Sections in Areas A, B, C, D, and E



## 要 約



## 要 約

カドマ地域調査の初年度である本年次の調査は、地域内の詳細な地質状況を解明することにより、鉛床賦存状況を把握することを目的として実施された。

調査は、まず調査地域に分布する金、銅、鉛、亜鉛、ニッケル、クロム、及びアンチモン鉛床の鉛化作用について既存資料のコンパイルを実施し、この結果に基づき地域内から5か所の有望地区を選出した。これらの有望地区に対する現地調査は、昭和61年8月4日の日本出発から同年11月1日の帰国まで90日間にわたって、調査員3名によって実施した。実施した調査は、地質調査と土壌地化学探査であり、採取した8,000個の土壌試料の分析は地元の分析機関に依頼したが、その他の採取した岩石や鉛物の試料については、帰国後国内において、EPMA、X線回折、流体包有物、顕微鏡観察などの種々の実験や分析を行った。また、重要な火成岩についてのK/Ar法による年代測定も行った。なお、地化学探査において採用した指示元素は地区ごとに異なるが、Au-Cu-W、Au-Sb-As、Au-Pb-Zn、Au-Ni-Crの4つの組合せによる9元素である。

地質調査の結果は、調査を実施した各地区とも、オアープリンガーとされるトーナライト岩体に近く、地区内に多くの鉛徴地が認められるなど、鉛床胚胎に適した地質環境にあることが確かめられた。地化学探査においても、いずれの地区からも有望な異常帯が検出され、これらはその良好な地質環境と合わせて判断して、今後の探鉛対象として有望なものと評価できる。特に、A地区北東部、北西部に分布する大規模なWの異常帯、B地区北部の小規模だが強いAuとAsの異常帯、C地区北西部と北東部に分布する小規模だが強いAuとZnの異常帯、D地区北西部の小規模だが強いAuとNi、Crの異常帯、及びE地区北東部の大規模で強いAuとSbの異常帯が、その異常の強さや規模、元素の組合わせなどからみて有望と評価したい。



## 總 論



# 第 1 章 序 論

## 1-1 調査の目的

ジンバブエにおける最初の資源開発協力基礎調査は、昭和 58 年からシャムバ地域において開始された。この調査は昭和 60 年度に終了し、つぎの候補地としてあげられた幾つかの地域の中から選ばれたのがカドマ地域である。

本調査は、カドマ地域において詳細な地質状況を解明することにより、鉱床賦存状況を把握することを目的とする。

## 1-2 調査作業の概要

第 1 年次にあたる本年次の調査は、まず、調査地域に分布する金、銅、鉛、亜鉛、ニッケル、クロム、及びアンチモン鉱床の鉱化作用について既存資料のコンパイルを実施し、地域から 5 か所の鉱床賦存有望地区を選出した。さらに、これらの有望地区において地質調査・地化学探査を実施し、鉱床学的見地からこれらの地区を評価し、鉱化作用の特徴を把握することに努めた。

実施した作業の量は、次のとおりである。

既存資料コンパイル	5,000 km <sup>2</sup>
地質調査・地化学探査	500 km <sup>2</sup> (踏査延長 600 km)

また、室内実験や分析を行った試料の数は次のとおりである。

### 地化学探査土壌試料

Au, As, Sb	3,074 件
Au, Pb, Zn	2,006 件
Au, Ni, Cr	1,508 件
Au, Cu, W	1,511 件
岩石薄片	52 件
鉱石研磨片	22 件
X線回折粉末法	34 件
EPMA	
定性	17 件
定量	12 件
組成像	6 件
年代測定 (K-Ar 法)	3 件
流体包有物 (均質化温度・塩濃度測定)	20 件

現地調査は、1986年8月4日の日本出発から同年11月1日の帰国まで、90日にわたって実施した。本調査にあたっては、カウンターパートであるジンバブエ地質調査局の方々の絶大な支援と協力を頂いた。

### 1-3 調査団の編成

本年次調査の計画策定、現地折衝、及び現地調査に参加した調査員は次のとおりである。

#### (1) 調査計画策定・現地折衝

##### 日本側

石田 真	金属鉱業事業団
荒川 紘平	”
北 良行	”
沢田 賢治	” ナイロビ駐在員
上木 隆司	国際協力事業団

##### ジンバブエ側

E.R. Morrison	Geological Survey Department, Ministry of Mines
C.B. Anderson	”

#### (2) 現地調査

##### 日本側

香村 明美	同和工営株式会社
幢崎 哲夫	”
竹田 誠	”

##### ジンバブエ側

T.J. Broderick	Geological Survey Department
D. Shoko	”



## 第2章 調査地域の一般概要

### 2-1 位置・交通

調査地域は、首都ハラレ(Harare)の南西100 kmから230 kmに位置し、ハラレからブラワヨ(Bulawayo)へ通じる主要国道の沿線にある。地域内には、カドマ(Kadoma、人口4万5千)、ケケ(Kwekwe、人口4万8千)の2都市があり、農業や工業の中心地となっている。ハラレからケケまでは、車で国道を約140 km、約1時間40分を要する。カドマとケケ間は80 km、約1時間を要する。調査地域内には、地方道や各農場へ通じる道路がよく発達し、調査には至便な環境にある。

### 2-2 地形・気候

調査地域は、南部アフリカ高原地帯にあり、標高1,000 mから1,300 mの所にある。地域北端からケケ付近までは、地形はほとんど平坦で、突出した山岳は全く見当たらない。ケケから南方はやや高度を増し、一部には比高約100 mの山岳がある。

地域内には、Umsweswe川、Sebakwe川が東から西へ流れ、これらは西方で合流してUmniati川として北西方へ流下している。

植生は、丈の低い灌木が粗く繁茂しているのが一般的で、ときにthorn treeと呼ばれるトゲのある木の繁茂が著しい。

調査地域は、南緯18°から19°10'に分布するが、高原地帯にあるため熱帯性気候を示さない。乾季と雨季が明瞭に分かれ、年間降雨量の700 mmないし900 mmは11月から4月までの雨季に集中する。今年次の調査は乾季の終りに当たり、調査終了時には降雨が始まった。気温は、夏季には最高30℃、最低16℃、冬季には最高21℃、最低7℃となる。10月は最も暑い季節であるが、その後雨季に入ると日照が遮られるために気温は低下する。

### 2-3 一般社会情勢

独立後6年を経て、社会は安定化を見せている。久しく続いた多数派を占めるショナ族に代表されるZANU(Zimbabwe Africa National Union)と少数派のマトベレ族に代表されるZAPU(Zimbabwe Africa People's Union)との抗争も、ZAPUのZANUへの吸収という形での解決に向けて話し合いが進められていると伝えられる。

本年8月には、非同盟諸国会議がハラレで開かれ、今後2年間はジンバブエのムガベ首相が同会議の議長を勤めることとなり、同首相の国内的な基盤とともに、国際的な立場も強固なものとなりつつある。

経済の面では、国際貿易収支は前年度に引きつづいて改善されつつあるが、GDPは前年度

とほぼ同じ水準の37億Zドルに留まっている。インフレーションは年5%程度におさまり、ジンバブエ・ドルの価値はここ2年ほどは対米ドル0.6程度に安定している。しかし、貿易収支改善のための輸入規制は依然として続けられ、輸入に頼る工業用器材の不足は相変わらず続いている。

調査地域内の産業は、農業、工業、鉱業とも盛んである。農業は、小麦、とうもろこし、コーヒー、綿花、果物、野菜を主とし、大規模経営が行われており、牧畜も盛んである。工業は、織物、製鉄、化学工業（肥料、爆薬用アンモニア等）、清涼飲料等が、ケケやカドマを中心として盛んである。

鉱業は、Dalny 鉱山を中心とする Chakari 地方の金山地帯、Golden Valley 地方の金山地帯、Venice 鉱山を中心とする金山地帯、Riverlea 鉱山やGlobe and Phoenix 鉱山を中心とするケケ周辺の金山地帯が現在も活発な生産活動を続けており、ジンバブエにおける主要な産金地帯となっている。その他旧鉱山のダンプ処理の再開が最近の金価格の回復を反映して盛んに行われている。1983年まで稼働されていた Empress ニッケル鉱山は現在も休山中であるが、Eiffel Flats 製錬所はボツワナの Selebi Pikwe 鉱などを処理している。ケケ付近には、当地方に多い難溶性金鉱石の処理を行うため、政府の補助を受けたい焼処理工場がある。マグネサイトは、カドマ南東の Barton Farm から生産されている。

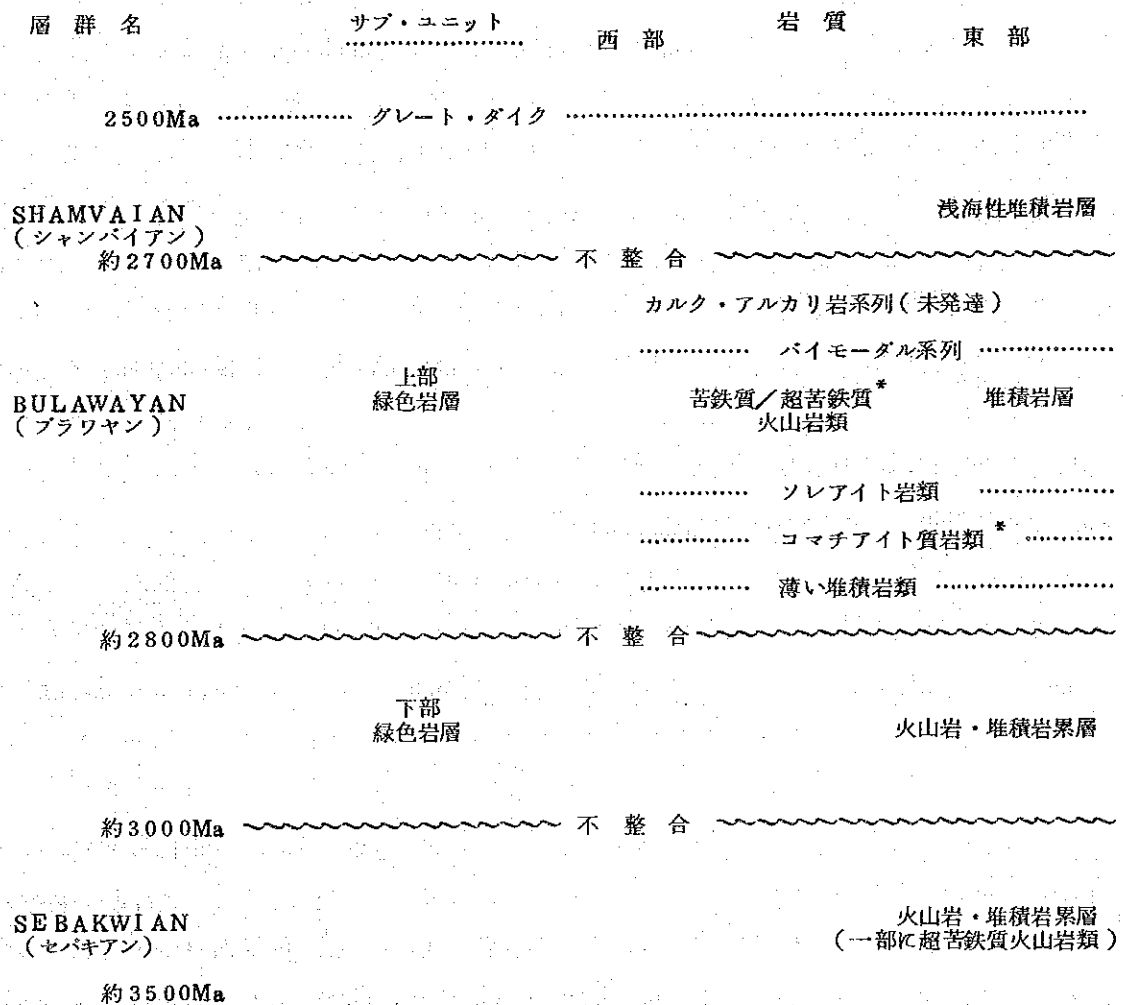
### 第3章 地質概要

#### 3-1 ジンバブエの地質と鉱床

当国の地質は、東部の大半を占める始生界のローデシヤ剛塊 (Rhodesian Craton) と残りを占めるそれ以後の若い地質からなる地帯とに分けられる。

東部のローデシヤ剛塊は、35億～25億年の世界最古の剛塊の1つであり、緑色岩帯を内部にとりこんだ花崗岩・片麻岩の複合岩体からなっている。緑色岩帯は、苦鉄質ないし珪長質溶岩・火山砕屑岩を主要構成物とし、堆積岩類を伴う緑色岩相の変成を受けた弧状帯で、次図のような層序を示す。

図3 ジンバブエ始生代緑色岩帯の層序 (Wilson, 1979)



\* ニッケル鉱床の賦存している層準

● BULAWAYAN及びSEBAKWIAN層群中には縞状鉄岩が特徴的

セバキアン層群 (Sebakwian Group) は、マグネシウムに富む苦鉄質溶岩、少量の超苦鉄質岩体、それらの火砕岩類、縞状鉄岩層を主体とする地層で、本層中には数多くの金鉱床が胚胎している。また、Selukwe 付近のセバキアン層群中の蛇紋岩体中には、ポット状のクロム鉄鉱床が胚胎している。

ブラワヤン層群 (Bulawayan Group) は、下位のセバキアン層群を不整合に覆い、上部緑色岩層と下部緑色岩層とに分けられる。両者は弱い不整合で接する。本層群は玄武岩ないし安山岩質溶岩とその火砕岩類で特徴づけられ、しばしば枕状溶岩が保存されている。上部緑色岩層には、苦鉄質ないし超苦鉄質火山岩類が卓越し、コマチアイト質岩や蛇紋岩に加えて珪長質火山岩類もしばしば見られ、縞状鉄岩層も多く分布している。本層中には、コマチアイト質岩や蛇紋岩や斑れい岩に伴って多くのニッケル鉱床を胚胎している。(Trojan, Madziwa, Epock, Perseverence, Empress, Hunters Road, Shangani, etc.) また、超苦鉄質岩体中のクリソタイルは、Zvishavane 及び Mashava 付近で採掘され、アスベスト鉱業の中心となっている。金鉱床は、上部、下部緑色岩層の全般に広く胚胎している。

シャンバイアン層群 (Shamvaian Group) は北部によく発達し、大部分が未分化の浅海性堆積物、すなわち礫岩、アルコーズ、グレイワッケと、珪長質火山岩類からなっている。

セバキアンからシャンバイアンに至る緑色岩帯の堆積の間に、各種の火成岩の貫入があり、またその後ソーダに富むトーナライト岩株の貫入があったが、一般に花崗岩との接触部以外は緑色岩類の変成度は低い。緑色岩帯の構造は大変複雑で、何回もの変形とダイアピル状の深成活動が認められている。変成度は、葡萄石-ベンペリー石変成岩相から緑色片岩相が主体で、角閃岩相もところにより認められる。グラニュライト相は、シュルゲ (Shurugwe) 地域の古期片麻岩中の残留物の中に報告されている。

緑色岩帯と周囲の花崗岩類との接触部は経済的に重要で、石英脈や交代鉱床として熱水性金鉱化作用が全般に見られ、これまで約6,000の金鉱山が採掘された。また、後シャンバイアン期のペグマタイトは、Masvingo 東部でリチュウム鉱床をつくり (Bikita 鉱山)、またムトコ (Mutoko) やハラレ地域で小規模ではあるがベリル・タンタリウム・錫鉱床をつくっている。

当国南部には、ローデシヤ剛塊とカップファール剛塊を区切って走る東西性のリンポポ造山帯 (Limpopo Mobile Belt,  $2.7 \pm 2$  億年) がある。この造山帯は、両剛塊の緑色岩帯と基盤岩とが高度に変成されたものとされている。この地帯には、マグネサイトとコランダム鉱化が一般的に見られるが、北部周縁帯沿には異常な高度変成帯があり、ここには金とクロムを産する。

グレート・ダイク (The Great Dyke) は、4つの重力分化した超苦鉄質ロボリスからなり、

北北東に540 km延び、3~11 kmの幅をもち、その厚さは1,500 mに達する。それぞれのロポリスはノーライト及びそれと共生する斜長岩を帽岩とし、その下位には少なくとも10輪廻の超苦鉄質岩のユニットが見られる。模式的なユニットは、上部からオルソパイロキシナイトーハルツパーチャイトーダナイトと配列し、基底部にクロム鉄鉱層を伴う。ノーライトの基底部には白金族金属が銅・ニッケル硫化鉱物と共生している。グレート・ダイクの生成時期は約2.5億年前とされ、ローデシヤ剛塊中に形成された張力性地溝を満たしたものと考えられている。

原生代以後の地層は、7億年前にUmkondo系の地層が東部のモザンビーク国境付近に、その上位層に当たるPiriwiri層が北西部に、下位層に当たるLomagundi-Deweras層が中央部に堆積した。Umkondo系は石灰岩、マール、けつ岩、珪岩からなり、玄武岩がこれらを覆い、粗粒玄武岩のシルを含む全層厚は5,000 mを超す。下部層のLomagundi-Deweras層中には小規模であるが層序規制型層状銅鉱床が分布している。上部層のPiriwiri層では、南部で銅、鉛、亜鉛の鉱化帯が見られる。

北西部では新規花崗岩の貫入があり、緑柱石、すず、タンタライト、雲母を産する大規模なペグマタイト鉱床がある。

北部のザンベジ造山帯(Zambezi Mobile Belt, 7±2億年)は、パン・アフリカ造山帯の一部をなしており、チャーノクタイトを含む高度変成帯がローデシヤ剛塊の北縁沿いに見られる。ザンベジ帯には目立った鉱化帯は見られない。

パン・アフリカ造山運動終了後の堆積物として、二畳紀、石炭紀の氷河堆積物で始まり、三畳紀、ジュラ紀まで続いた玄武岩溶岩を含む陸成層の膨大な堆積層からなるカルー系(Karoo System)がローデシヤ剛塊を取り囲むようにして分布する。特に北西部のザンベジ川流域に堆積岩層が広がっており、その中に胚胎するワンキー炭田はジンバブエの主要なエネルギー源を供給している。

もう1つの火成活動として、約1億3千万年前のカーボナタイトの活動があるが、これらは希元素に乏しく、ドロワ(Dorowa)とシャワ(Shawa)で国内向けに磷酸塩肥料として僅かに採掘されているに過ぎない。

### 3-2 調査地域の地質と鉱床の概要

本調査地域は始生代のローデシヤ剛塊の西部にあり、3.5~2.7億年の古い花崗岩類、片麻岩類、緑色岩類、及び各種の貫入岩類から構成されている。

地域中東部から南東部にかけては、Rhodesdale花崗岩・片麻岩体の西縁部が広く分布し、その他の部分は、下部Bulawayan層群、上部Bulawayan層群、Shamvaian層群からなるいわゆる緑色岩帯が分布している。この緑色岩帯中には、Sesombi岩体、Whitewaters

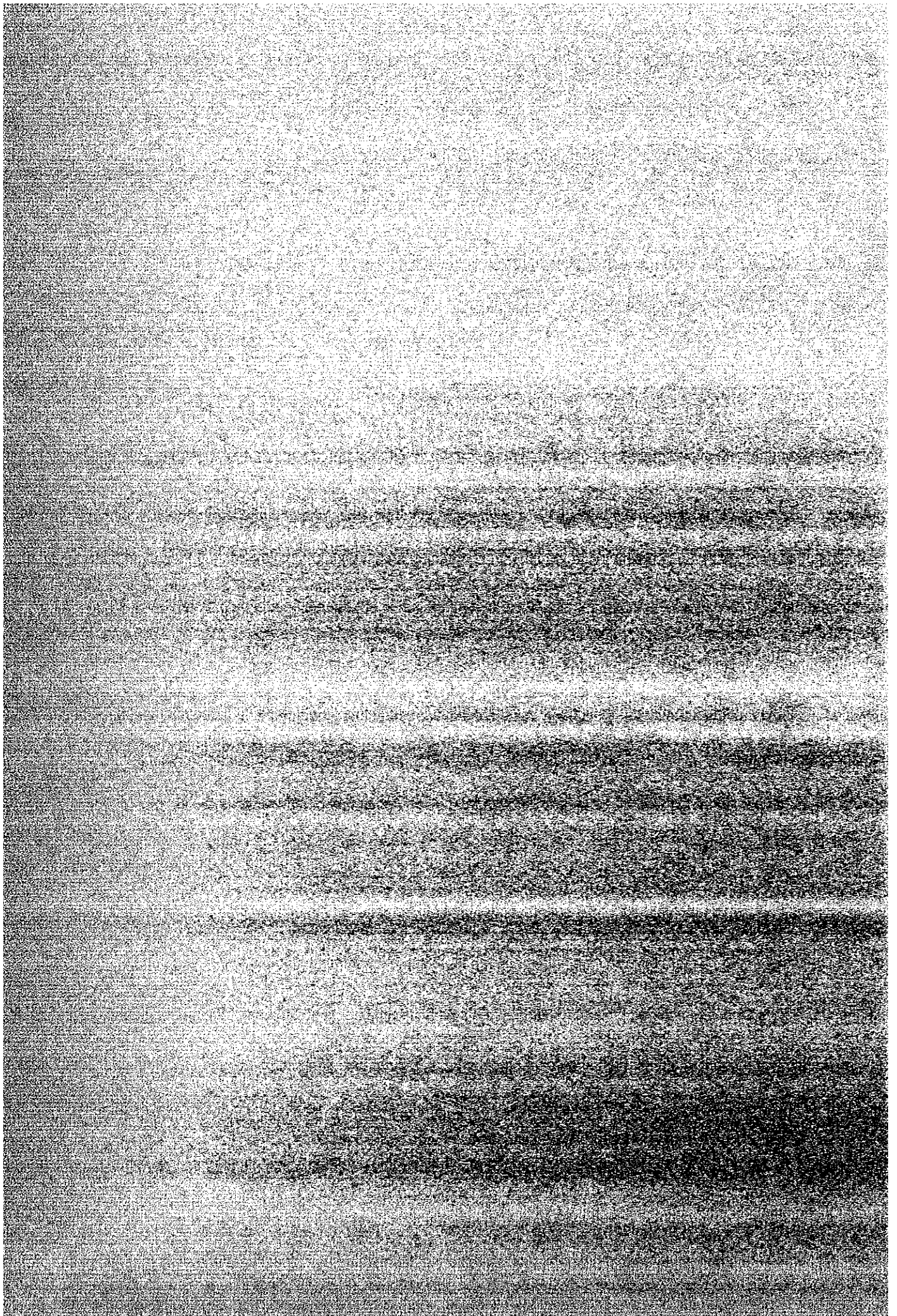
岩体などの中規模花崗岩質岩株が貫入しており、また、多数の小規模苦鉄質貫入岩体も分布している。地域南東部の Rhodesdale 岩体の周辺部には、Kwekwe 超苦鉄質岩体が分布している。

緑色岩帯は、地域の東側にコマチアイト質～ソレアイト質火山岩類を主体とする下部 Bulawayan 層群が分布し、西側にバイ・モーダル～カルクアルカリ質火山岩類を主体とする上部 Bulawayan 層群が分布する。また、地域北東から南東にかけて帯状に、砂岩や礫岩を主とする堆積岩類からなる Shamvaian 層群が分布する。地質構造としては、地域北東部を核として南東方に上部層が分布する背斜構造を示すが、全般に地層の傾斜は垂直に近い。

地域内の 鈳化作用としては、Shamvaian 層群の堆積後、Sesombi 岩体と Whitewaters 岩体の貫入があり、これに伴って衝上断層を主とする断裂系が形成され、石英絹雲母片岩や蛇紋岩のせん断化、炭酸塩化が生じ、含金石英脈或いは含金硫化物からなる鈳脈を生成した。これらの金鈳床は、地域中東部に分布する Rhodesdale 花崗岩体の周縁部と、北部の Bulawayan 層群中の苦鉄質岩層中、及び南部の Shamvaian 及び Bulawayan 層群中に集中している。鈳脈の一般的な走向は、Rhodesdale 岩体周縁の場合、岩体の境界に調和的な NNW～NE 系と、これに直交するものがある。緑色岩帯中の場合には、NNE～NW 系及び NNW～NW 系が顕著である。Whitewaters 岩体の北縁では、岩体の境界に平行な EW 系の鈳脈も発達する。金鈳床に伴う随伴鈳物は、地区や地質の違いによって幾分特徴がある。すなわち、北部のチャカリ (Chakari) からゴールデンバレー (Golden Valley) へかけての地区では As-Sb-W 鈳物の組合せが多く、これに Cu、Pb、Zn を伴う場合もある。Whitewaters 岩体内部には灰重石の鈳化作用を伴うことから、タングステンはこの岩体に特徴的なものといえる。一方 Rhodesdale 岩体周縁部の鈳床群では、Pb-Zn の組合せが共通している。また、バトルフィールド (Battlefields) から南方へ Rhodesdale 岩体に隣接して発達する Kwekwe 超苦鉄質岩体の周辺に発達する鈳床群には、Cu、Ni、Mo、Sb を随伴するのが特徴的である。

金以外の鈳化作用としては、地域南部のレッドクリフ (Redcliff) ～ハンタースロード (Hunters Road) 地区に、超苦鉄質岩類を母岩とするニッケル鈳床がある。しかし、まだ経済的な鈳床として採掘されたものはない。

## 調 査 結 果





## 第1章 既存資料コンパイル

本調査を開始するにあたって、まず既存の資料（探鉱結果報告書、諸種文献、地質図幅、等）を収集し、ジンバブエ地質調査局側で鉱区保有状況や過去の探査実績等を考慮したうえで提案してきた準精査候補地区3か所を参考として、全般調査対象地域（5,000 km<sup>2</sup>）から地質調査と土壌地化学探査の対象として各々100 km<sup>2</sup>からなる準精査地区を5か所選定した。次にその選定理由について述べる。（表1-1参照）

### A地区

本地区は、カドマの南西に分布するWhitewatersトーナライト岩体の南東方にあり、Bulawayan層群の緑色岩との接触部付近には多数のタングステンを含有する含金石英脈鉱床が知られている。また地区北方には、Lion Hill 鉱床群の一部のGlasgow地区の鉱脈群が分布し、本地区はその南方延長に位置し、地質状況も類似することから、同種の鉱床に対するポテンシャルが高いものと評価した。

特に、緑色岩帯中の苦鉄質岩層と珪長質岩層との境界部などの異種岩石の接触部や、断層などの良く発達している箇所は興味があるので、そのような箇所を2か所選出し（A-1, A-2, 計30 km<sup>2</sup>）、ことにAu, Cu, Wを指示元素とする土壌地化学探査を行うことを計画した。

### B地区

本地区は、ウムニアチ（Umniati）部落の西にあり、次に述べるC地区とともに、東のRhodesdale片麻岩体と、西のSesombiトーナライト岩体との間に位置する。地質は、Bulawayan層群の苦鉄質ないし珪長質火山岩類からなり、バイモーダルな岩系を含んでいる。地区南部では、地層の走向、断層、岩脈等のトレンドが、NNW系のものが顕著であるのに対し、地区北部では、NNE系のものが顕著になっている。このように本地区は、地質構造の変曲部に当たり、鉱床形成のための割れ目の発達には良好な条件を備えている。また、地区内には硫び鉄鉱や輝安鉱を伴う含金石英脈鉱床の存在が知られ、鉱化の熱源となるような各種岩型の岩脈や小貫入岩体が分布することからも、含金石英脈型の鉱床に対するポテンシャルが高いものと評価した。

地化学探査は、このような既知鉱床の分布する範囲をさけ、しかも構造的には延長部にあたるような所から15 km<sup>2</sup>の範囲を選び出し、指示元素としてAu, Sb, Asを選び計画した。

カルクアルカリ岩系の珪長質岩が出現し始めるBulawayan層群の上部では、世界的にも層状硫化物鉱床の存在が知られているので、本地区においてはこのような型の鉱床に対するポテン

シャルも期待できる。

#### C地区

本地区は、前述のB地区の西に隣接し、類似の地質環境の所にある。Sesombi岩体の東側接触部付近には、地区北部にCuba 鉱床(Cu, Pb, Sb, As を伴う含金石英脈)が知られているほかは鉱床の記載がない。しかし、B地区と同様に、NNW系の地質構造とNNE系の断層が交差することや、石英斑岩の小貫入岩体が分布することなどから、鉱床の胚胎に好適な地質環境にあると評価した。ここでは、地区北西部のSesombi岩体に近い所から20km<sup>2</sup>の範囲を選び出し、各種の鉱化に対して有効な指示元素となるZnを選び、Au, Pb, Znの組合せの地化学探査を計画した。

#### D地区

本地区は、ケケの北方にNS方向に細長く伸びて分布するKwekwe超苦鉄質岩体中にあり、その東側にはRhodesdale片麻岩体、西側にはBulawayan 層群の緑色岩が分布する。Kwekwe超苦鉄質岩体中には、Cuprum, Chlorite schist, Rosstack などのニッケル・銅の既知鉱床が知られている。また、地区南方には著名なHunters Roadニッケル鉱床があり、本地区はその地質的な北方延長部にある。バトルフィールド(Battlefields)付近では、本岩中に金鉱床が胚胎しており、また、Rhodesdale片麻岩体中には無数の石英脈が発達することも知られている。このような地質環境から、本地区はニッケル・銅鉱床に対するポテンシャルが特に高く、また金や珪石に対するポテンシャルもあるものと評価した。

以上のことから、本地区ではニッケル鉱床を主対象とし、地区北部のKwekwe超苦鉄質岩体の中心部をカバーする30km<sup>2</sup>の範囲を選び出し、指示元素としてAu, Ni, Crを用いる地化学探査を計画した。

#### E地区

本地区は、Sesombi岩体の南東方に位置し、前述のB, C地区と同様Bulawayan 層群のバイモーダル岩系からカルクアルカリ岩系の火山岩類まで含む安山岩、石英安山岩、及び同質火山砕屑岩からなる。既知鉱床としては、Sesombi岩体による接触変成帯中にNNE方向に配列した幾つかの金鉱床がある。このように、本地区は前述の諸地区と同様にその地質環境は含金石英脈鉱床の胚胎に好適なものであると評価した。

本地区においては、地区中央部の石英斑岩貫入岩体の分布する地域から30km<sup>2</sup>の範囲を選び出し、指示元素としてAu, Sb, Asを用いる地化学探査を計画した。

表1-1 カドマ地域標準精査地区

地区	面積 km <sup>2</sup>	地質	既知鉱床	選定理由	土壌地化学探査計画		ポテンシャル 鉱床型	優先度
					指示元素	地区・採取間隔 件数		
A	100	下部Bulawayan 層群の緑色岩	Aurora (Au) Cobhurst (Au) Affaire (Au W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lion Hill 鉱床群 Glasgow 地域の南部延長に位置する。</li> </ul>	Au Cu W	2地区 A, 5km×3km A <sub>2</sub> 5km×3km 200m/100m 岩相境界付近概査 計1500	含タンクマ ン 金 石英脈型	1
B	100	上部Bulawayan 層群	Cricket (Au As) Oro Bred (Au As Sb) Somerset (Au As)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 地質構造の変曲点に位置し, NNW, NNE 断層の発達良好</li> <li>• 熱源となる酸性貫入岩が分布する</li> <li>• Bi-modal な岩石系</li> </ul>	Au Sb As	1地区 5km×3km 200m/50m 既知鉱床延長部 標準精査 1500	含金石英脈型 黒鉱型	2
C	100	上部Bulawayan 層群 Maliyami 層	Cuba (Au Cu Sb Pb As)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bi-modal な岩石系で金のほか塊状硫化物鉱床のポテンシャルもあり</li> <li>• Sesophbi 岩体周辺に小貫入岩体が分布する</li> </ul>	Au Pb Zn	1地区 8km×2.5km 200m/50m 既知鉱床延長部 標準精査 2000	含金石英脈型 黒鉱型	4
D	100	Rhodesdale 片麻岩 Kwekwe 超苦鉄質複合岩体	Jeanern (Au) Cuprum (Cu) Chlorite schist (Cu) Rosstack (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ni, Cr の土壌地化学探査異常の報告あり (図幅説明書)</li> <li>• Rhodesdale 岩体の周縁部を含む</li> </ul>	Au Ni Cr	1地区 10km×3km 200m/100m 超塩基性岩体概査 1500	含金石英脈型 塊状ニッケル 鉱床	5
E	100	上部Bulawayan 層群 Maliyami 層	Black prince (Au?) Green granite (Au?)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bi-modal な岩石系で金や塊状硫化物鉱床のポテンシャルあり</li> <li>• Sesombi 岩体周辺に小貫入岩体が分布する</li> </ul>	Au Sb As	1地区 6km×5km 200m/100m 既知鉱床延長部概査 1500	含金石英脈型 黒鉱型	3



## 第 2 章 地 質

### 2-1 地質概要

本調査地域の地質は、大部分、始生界の花崗岩・片麻岩類及び緑色岩帯と、これら貫く各種の貫入岩類からなっている。

花崗岩・片麻岩類は、地域の中央東部を占めて分布し、Rhodesdale 岩体と呼ばれる複合大岩体の西縁部をなすものである。本岩体の一部には、前述の緑色岩帯の一部であり、しかも最も古いものとされている Sebakwian 層群の高度に変成されたものが封じ込まれている。

Bulawayan 層群と Shamvaian 層群からなる緑色岩帯は、その他の地域の大部分を占めて分布する。このうち、Shamvaian 層群は、地域の北東部から南西部にかけて帯状に向斜構造の軸部を占めて分布する。Bulawayan 層群は、Lower Greenstones と Upper Greenstones に分けられ、いずれも苦鉄質火山岩類、同質火山砕屑岩類を主とし、珪長質火山岩類、同質火山砕屑岩類、縞状鉄岩、堆積岩類を伴うものである。Shamvaian 層群は、砂岩、礫岩などの浅海性堆積岩類からなる。

貫入岩類としては、地域の北部及び西部にそれぞれ Whitewaters 岩体、Sesombi 岩体と命名されているトーナライトの岩株状貫入岩体が分布する。これらの岩体は、今回の調査で行った K/Ar 法による年代測定の結果、それぞれ  $1,829 \pm 91$  Ma,  $2,251 \pm 112$  Ma, を示した。これらの岩体は、金やタングステンの鉱化をもたらすことから、本地域の鉱業にとって重要な意味を持つものである。その他地域内には、数多くの小規模な石英斑岩の岩株の貫入が見られ、また僅かながら粗粒玄武岩の岩脈も見られる。

地域中南部には、Kwekwe 超苦鉄質岩と呼ばれる蛇紋岩の岩体が分布する。これについては Bulawayan 層群のメンバーである超苦鉄質溶岩の変成したものとする説と、その一部は貫入岩状の岩相を呈することから、Rhodesdale 岩体と緑色岩帯との接触部付近に発達した断裂線に沿って貫入したものという説とがある。今回の調査では、そのいずれとも判断する材料は得られなかった。

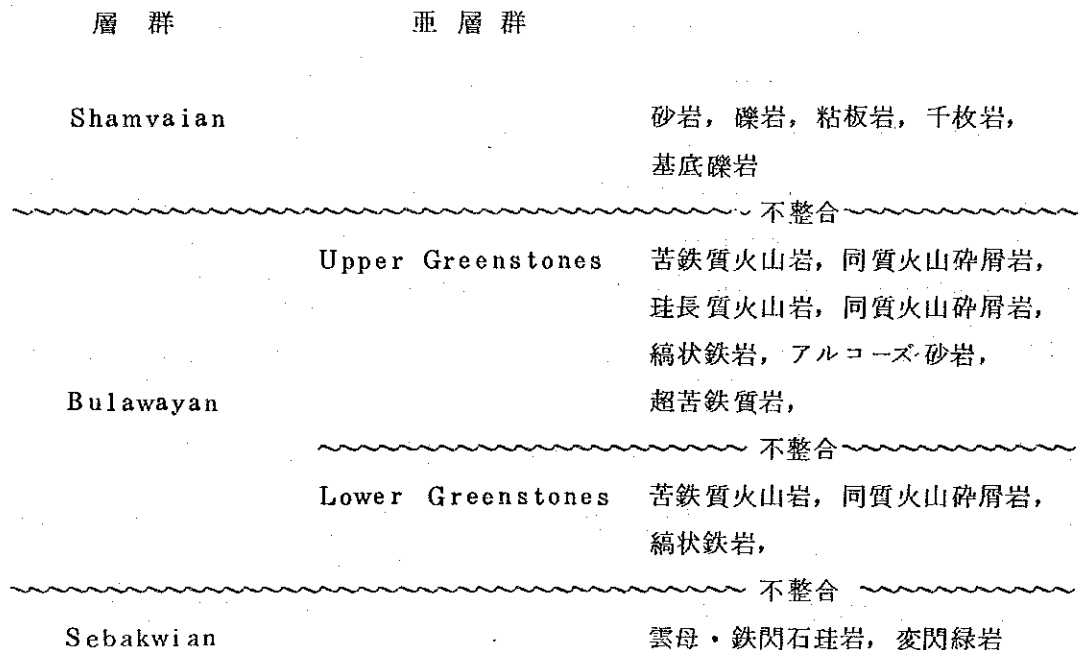
### 2-2 層 序

本地域の緑色岩帯の層序は、下位から、30 億年の Sebakwian 層群、27～30 億年の Bulawayan 層群、25～27 億年の Shamvaian 層群に分けられる。

Sebakwian 層群は、花崗岩、片麻岩、混成岩からなる Rhodesdale 岩体内部に断片的に取り込まれた堆積岩起源の高度変成岩で、上位とされる Bulawayan 層群との直接の関係は調査地域内では見られない。しかし、他の地域での観察結果によれば、不整合関係とされている。Rhodesdale 岩体の縞状片麻岩の一部は、本層群に属するものである可能性が考えられる。

Bulawayan 層群は、Lower Greenstones と Upper Greenstones の 2 つの亜層群に分けられる。Lower Greenstones は、前述のとおり下位の Sebakwian 層群を不整合に覆い、その上位の Upper Greenstones とは不整合で接する。Upper Greenstones は、上位の Shamvaian 層群に不整合に覆われる。

以上の関係を簡単に図示すると、以下のとおりである。



各層群に繰り返し現れる緑色岩類は、濃緑色の玄武岩溶岩を主体とし、安山岩溶岩がこれに次いで多い。玄武岩には、河床などの良好な露出が見られるところでは、長径 0.5 ~ 1 m の枕状溶岩がしばしば見られ、この構造から地層の上下関係が判定できる場合がある。枕状溶岩の表面には、厚さ 1 ~ 2 cm の暗緑色 ~ 黒色のガラス質急冷相が発達し、その内側約 3 cm には細かい気泡が多く、さらにその内側では直径約 1 cm の気泡が、方解石、曹長石、緑泥石によって放射状に充填されている。また、枕状溶岩の短軸方向には、しばしば平行な割れ目が認められる。玄武岩の基質部は、鏡下でサブオフィティック組織を示し、斜長石、普通角閃石、単斜輝石、鉄鉱物からなる。一般に、苦鉄質鉱物は変質しており、特に輝石はほとんど全部緑泥石や方解石に変化している。斜長石は、絹雲母や方解石に変質・交代されている。一方、厚い溶岩層には、局部的に周囲より粗粒優白質で多量の角閃石と少量の石英と斜長石からなるペグマタイト質な岩相も現れる。

火山砕屑岩類は溶岩溜に伴われて存在し、ピロープレッチャから火山灰に至る各種の岩相が現れる。この中には、明瞭な粒度分級を示すことがあることなどから、当時の海底火山活動の

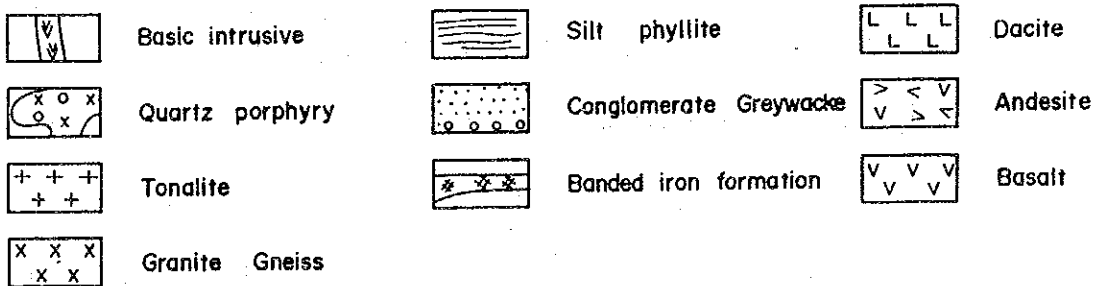
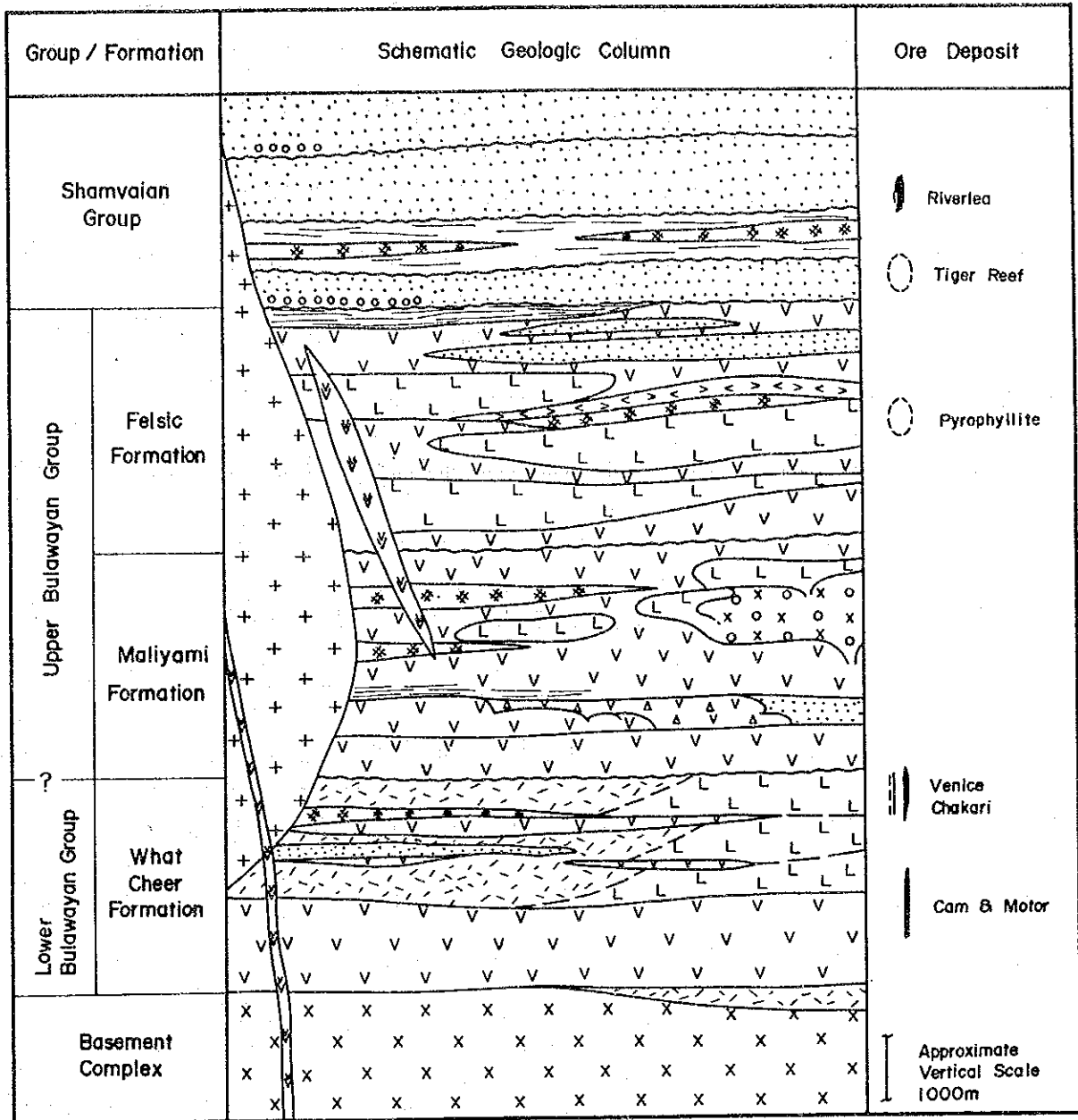


図 2-2-1 カドマ地域の模式地質柱状図

Kadoma Bulletin No.67  
( Bliss 1970 )

Battlefields Bulletin No.76  
( Robertson 1976 )

Kwekwe Bulletin No.64  
( Harrison 1970 )

( Foster 1985 )

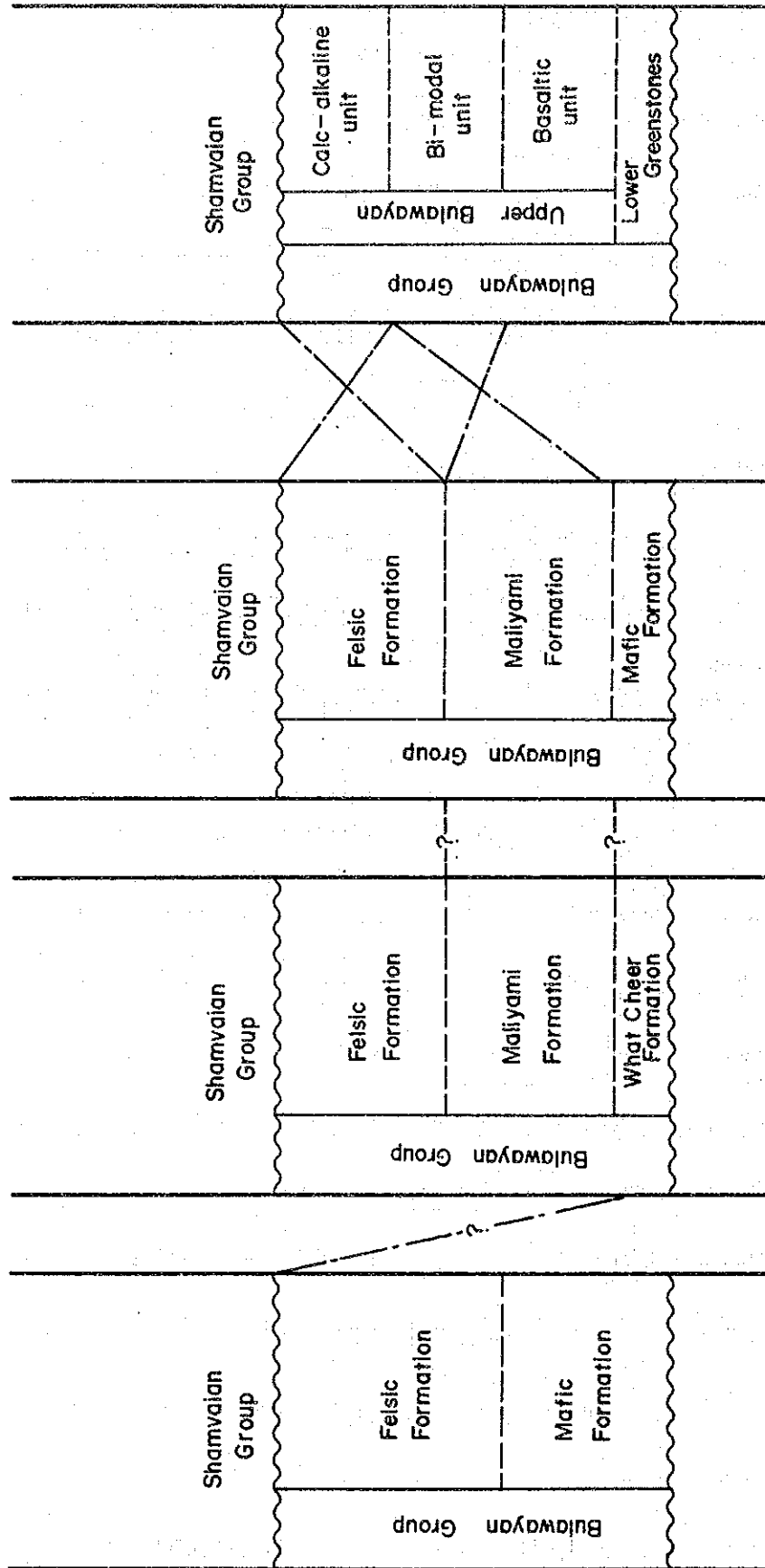


図 2-2-2 各種地質図幅、文献間のBulawayan層群の対比



産物であると考えられる。火山砕屑物は、鏡下では気泡に富んだスコリア質のものが多く、レンズ状ないしアメーバー状に伸びた組織を呈する。基質部は、斜長石や鉄苦土鉱物から変質した方解石、絹雲母、緑泥石に埋められ、珪化によって生成した石英も認められる。

珪長質火山岩や火山砕屑岩は、融食形を示す石英と、ほとんど完全に絹雲母に置き換えられた斜長石の斑晶を持ち、岩片として本質岩片や異質岩片（凝灰岩、粘板岩など）を含む。珪化や炭酸塩化も著しい。

なお、従来、本地域の Bulawayan 層群はいろいろな区分のしかたがされていた。すなわち、地域中央部の Kadoma-Battlefields 地区では、下位から苦鉄質溶岩を主とする What Cheer 層、中性ないし珪長質溶岩及び火山砕屑岩からなる Maliyami 層、縞状鉄岩層を含む苦鉄質溶岩や珪長質溶岩及び同質火山砕屑岩類に代表される Felsic 層に区分されているし、一方、北部の Kadoma 地区では、上位の Felsic 層及び下位の Mafic 層に区分されている。これに対し、近年 Foster (1985) は、Bulawayan 層群を Lower Greenstones (下部緑色岩類) と Upper Greenstones (上部緑色岩類) の 2 亜層群に分け、上部をさらに岩系によって下位から Basaltic Unit, Bimodal Unit, Calc-alkaline Unit に区分した。これらの区分は、調査期間や範囲の制約もあって、今回の調査では特に検討することが出来なかったが、この Foster の区分におおむね準拠した。

調査地域の Bulawayan 層群は、Kwekwe の南を除いて上部緑色岩類に属し、その中でも Kadoma 付近から北、Cam and Motor 鉱山付近、及び D 地区西部から南へ細長く伸びる緑色岩類を下位の Basaltic Unit に、中部から南部の Shamvaian 層群の西に分布する地層（従来の地質図では Felsic Formation）は中位の Bimodal Unit に、さらに西部に分布する従来の Maliyami Formation は上位の Calc-alkaline Unit に分類した。従来の地質層序との大きな違いは、Felsic Formation と Maliyami Formation との上下関係が逆であることと、Venice 鉱山から北の Bulawayan 層群と南の Felsic Formation とを同一層準としてとり扱っている点である。地質構造と層序を、地層の分布の上から大きく眺めて判断すると、この Foster の層序区分は妥当なものと思われる。

### 2-3 貫入岩類

緑色岩帯及び Rhodesdale 岩体中には、各種の貫入岩体が貫いている。それらの岩相や産状について述べる。

#### Rhodesdale 花崗岩・片麻岩体の一部

本岩体の一部には、基盤の花崗岩・片麻岩体の一部が後に再活動して貫入相を示す部分がある。特にその西縁の周縁相は Kwekwe 片麻岩と呼ばれ、塊状花崗岩や縞状片麻岩塊からなる貫

入岩体と考えられている。また、岩体の一部はアダメライトの岩相をしめす。

鏡下では、鉄苦土鉱物として黒雲母、角閃石、そして微量の白雲母を伴い、カリ長石の比較的少ない花崗閃緑岩様の岩石と、黒雲母と多量の微斜長石と石英からなる花崗岩様の岩石とが認められる。鉄苦土鉱物は弱い緑泥石・緑れん石化を受け、長石類は絹雲母化を受けている。両岩相は、別個の岩体を構成しているものかどうかは不明である。

#### Kwekwe 超苦鉄質岩

地域の中央南部に、Rhodesdale 岩体に接して分布する本岩体は、大部分蛇紋岩化しているが、Bulawayan 層群のメンバーである超苦鉄質溶岩であるという考えと、Rhodesdale 岩体の周辺部に発達した弱線に沿って後に貫入した貫入岩体であるとの考えの2つがある。

岩体の分布形態上からは、前者として扱ってよいように思われるが、今回の調査から結論を出すことは困難であった。

鏡下では、原岩の組織が全く消滅してしまっているものから、かんらん石の仮像を遺しているもの、或いは輝石類が残留しているものまで、その蛇紋岩化の程度に差がある。残留輝石の種類と量比からみて、一部に源岩はウエールライトと推定されるものがある。また、岩体中には、無色の角閃石(恐らくカミングトナイト)からなる角閃石岩も含まれる。蛇紋岩化に伴う生成鉱物は、多量の方解石、蛇紋石、滑石、などであり、典型的な網状構造を呈する。鉄鉱物は大部分が磁鉄鉱で、不規則な紐状、塵状をなして分布する。また、一部には自形で顕著なウィットマンステッテン構造をもつ磁鉄鉱-チタン鉄鉱の共生体も認められる。

#### Whitewaters, Sesombi トーナライト岩体

地域北部のカドマ西方にWhitewaters 岩体、中西部のBattlefields西方にSesombi 岩体が分布する。粗粒・均質で斜長石とともに黒雲母を多く含み、全般的にピンク色を帯びた色調を示す。

今回、Whitewaters 岩体の両端部から採取したサンプルは、鏡下で黒雲母、普通角閃石、及び斜長石とはほぼ同量のカリ長石が認められ、トーナライトよりはむしろアダメライトに近い岩石であった。一方、Sesombi 岩体南東部の岩質は、カリ長石に乏しく、大部分は石英と斜長石から構成される黒雲母・角閃石トーナライトに近い岩質を呈する。

両岩体とも、その周囲が複雑な形状を呈することや、周辺に小規模珪長質貫入岩体を多く伴うことなどから、大規模岩株の比較的上部が露出しているものと思われる。また、両者とも周辺に多くの金の鉱化帯を伴っているが、特にWhitewaters 岩体にはタングステンの鉱徴を伴うのが特徴的である。

今回の調査では、両岩体について全岩のK/Ar法による年代測定を行った。その結果は、

Whitewaters 岩体で  $1,829 \pm 91$  Ma, Sesombi 岩体で  $2,251 \pm 112$  Ma を示した。この結果は、両岩体とも Shamvaian 層群堆積後の活動の産物であることを意味する。

#### 石英斑岩

前述の Whitewaters, Sesombi 両トーナライト岩体の周辺に小規模な岩脈或いは岩株として露出する。しかし、今回の調査の結果、これらのうちの一部には、岩体内部に角礫状の溶岩相があることが判明したので、これらは Upper Greenstones のメンバーの一部として取り扱うのが適当であると判断される。しかし、ある程度まとまった塊状貫入岩相の部分は、従来どおり貫入岩体として表現した。

塊状貫入岩体は、鏡下では石英、斜長石、角閃石の斑晶を含み、石基は粒状ないし短柱状の石英、斜長石、カリ長石からなる。斑晶の石英の融食形が特徴的で、斑晶・石基を通じて絹雲母化、緑泥石化、方解石化が著しい。

今回の調査では、Battlefields 西方の C 地区南部に分布する石英斑岩岩株から試料を採取し、全岩の K/Ar 法による年代測定を行った。その結果は  $2,554 \pm 128$  Ma の値を示した。これは、Shamvaian の最末期にあたり、前述のトーナライト岩体より古く、グレート・ダイクの貫入とはほぼ同時期であることを意味する。

表 2-3-1 岩石の K-Ar 年代測定結果

Sample No.	Name	Rock Type	Analysis	Isotopic Age Ma
G-1	Whitewaters Tonalite	Hornblende-biotite adamelite	Whole rock	$1,829 \pm 91$
G-2	Sesombi Tonalite	Hornblende-biotite tonalite	Whole rock	$2,251 \pm 112$
C41-4	QP stock	Quartz porphyry	Whole rock	$2,554 \pm 128$

#### その他の貫入岩及び溶岩

緑色岩帯中の苦鉄質溶岩の広く分布する地帯には、幅  $10$  m ないし数  $10$  m の粗粒玄武岩や斑れい岩質の貫入岩体がしばしば見られる。その分布地帯は、その幅に応じて地形的な高まり

を示す。その他の中性ないし珪長質貫入岩の場合には、そのような特徴を示さない。

苦鉄質貫入岩体は、全般に等粒状ないしオフィティック組織をもち、斜長石、普通角閃石、単斜輝石、鉄鉱物、少量の斜方輝石、極微量の石英からなる。鉄苦土鉱物は、緑泥石や方解石を多量に生成し、交代されている場合がある。これらの二次鉱物のあるものは、その仮像から、初成的にはかんらん石であったものと推定される。

なお、野外で粗粒玄武岩又は斑れい岩と記載された中～粗粒優黒質貫入岩の一部は、鏡下の観察の結果、輝石類を含有するものの相当量の石英もあるので、石英閃緑岩或いは角閃石トーナライトとした方がよいものがある。

Venice 鉱山付近に見られる斑岩状の溶岩は、塊状玄武岩及び枕状溶岩の構造を持つ部分からなる。斑晶状鉱物は、直径 1 cm 以下の略円形をなし、鏡下では褐色の分解生成物の集合体で、その形状と裂開からかんらん石セノクリストと考えられる。石基部分は、単斜輝石と斜長石を主とし、サブオフィティック組織を呈する。

また、同鉱山に見られるグラノファイアは、斑状のカリ長石と、等粒状の斜長石、黒雲母、単斜輝石、普通角閃石、少量の石英とからなっている。

#### 2-4 地質構造

調査地域の地質構造は、基本的には最も古期の NE-SW 系のしゅう曲軸を持つしゅう曲構造に規制されている。しかし、その後も数回の造構造運動によって変形をも受けたため、地質構造は複雑になっている。

初期の変形は、Rhodesdale 岩体の片麻岩や片岩の片理の方向に代表される NE 系のものである。これは、大きく地域全般の他の地層の構造分布も規制している。すなわち、Bulawayan 層群や Shamvaian 層群の分布も大きくこの方向に帯状に配列している。

カドマ北方の Biri 岩体と、西方の Whitewaters 岩体との中央をとおり、南西方向へブレンジする背斜軸は、Kadoma 背斜軸と呼ばれ、初期変形の最も顕著な例である。この背斜軸の東翼では Cam and Motor 鉱山付近にかけて向斜と背斜の繰り返しが見られ、その向斜軸の上に Shamvaian 層群が分布している。

2 回目の変形は、NNW-SSE の軸を持つ等斜しゅう曲によるものであり、A 地区西部の複雑な地層分布は、この時期に作られたものと思われる。また、C 地区で緑色岩帯の地層が NNW 方向に伸びて分布しているのも、この時期の変形によるものと思われる。

3 回目の変形は、トーナライト岩体の貫入によって引き起こされたと思われるもので、断裂とブロックの回転運動に代表される。ケケの北西方では、Sesombi 岩体の貫入による反時計回りの運動が推定される。

地域内に発達する断裂系としては、上記の変形運動に伴って時期の異なる幾つかの系のもの

があるものと思われる。地域北部から中央部にかけては、N-S系及びNNE-SSW系のものが顕著に見られ、地域南部ではE-W系及びNW-SE系のものが顕著に見られる。このうち、N-S系又はNW-SE系のものには石英脈を伴うことが多い。

## 2-5 変成作用

本地域は、前述したようにShamvaianの堆積までに数回の変形・変成作用を受けている。変成相から見ると、緑色岩に緑泥石、絹雲母、方解石を生じ、一部に角閃石と緑れん石が再結晶している程度なので、これらの鉱物がすべて広域変成作用によって生成したと考えると、緑色片岩相の低温部の変成度に属する。

また、Shamvaianの堆積後、Biri, Whitewaters, Sesombiの各岩体の貫入があり、主に泥質岩に顕著な接触変成を与えている。例えば、Whitewaters岩体の東南部の接触部付近では、泥質岩がぎん青石・黒雲母ホルンフェルスに変わっている。また、砂質岩にも黒雲母が生成している。

# Outline of Geological Structure of the Kadoma Area

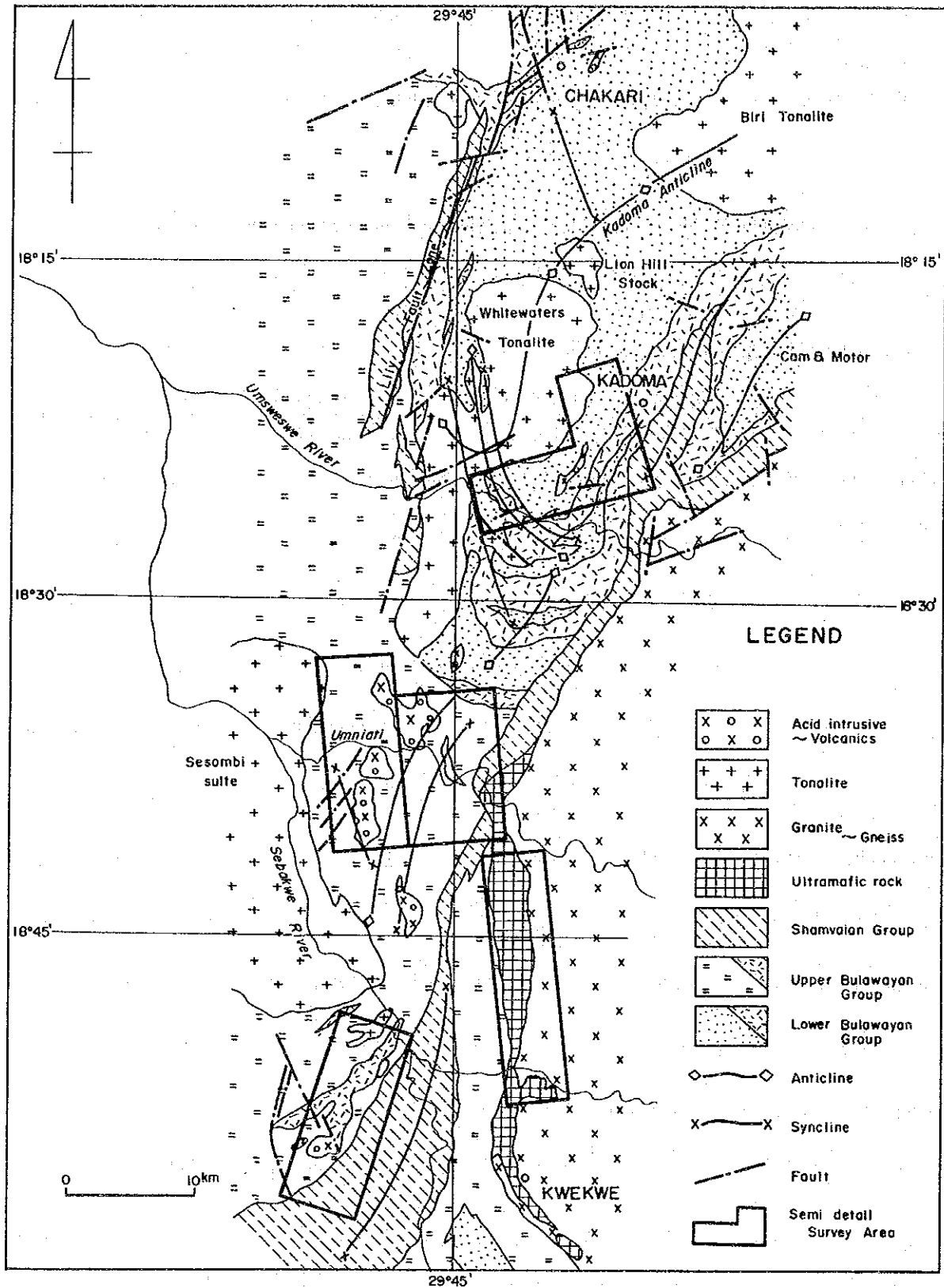


図2-4-1 カドマ地域の地質構造の概略

## 第 3 章 鋳 床

### 3-1 鋳床概要

本地域は、ジンバブエにおける主要産金地帯であり、Dalny, Venice, Riverlea, Tiger Reef, Globe and Phoenixなどの多数の現稼行鋳山のほか、無数の旧鋳山や鋳徴地が地域内に分布している。一方、地域南端にはHunters Roadニッケル鋳床の存在が知られ、また、地域内の各所にはタングステン鋳床や銅、鉛、亜鉛などの卑金属鋳床が分布している。これらの各種鋳床の主要なものを、付録2にまとめて示す。

主要な金鋳床を、その胚胎する母岩によって分類すると次のとおりである。

(1) Bulawayan 層群の緑色岩

Chakari - Golden valley 地域, Cam and Motor, Venice, etc.

(2) Shamvaian 層群のグレイワック砂岩及び縞状鉄岩

Tiger Reef, Unit

(3) Kwekwe 超苦鉄質岩

Globe and Phoenix, Gaika

(4) Rhodesdale 複合岩体

Piper Moss

このような母岩区分に従うと、(1)に属する鋳床の数はその分布域が広いので当然多くなるが、それぞれの規模は概して大きく、その品位は高いのが特徴である。(2)に属する鋳床は中規模、低品位であるが、(3)に属する鋳床は母岩の分布範囲が狭いにもかかわらず大規模、高品位である。(4)に属する鋳床は、その数は著しく多いが、小規模、低品位である。

一方、ジンバブエ全域における金鋳床は、次のように分類されている。

	金鋳床全体の
(a) 縞状鉄岩に伴う鋳床	約 13 %
(b) 層準規制型塊状硫化物鋳床	< 1 %
(c) 含金石英脈, 網状脈, 断裂帯に胚胎する鋳床	
-1 含金石英脈型(リーフ型)	6.2 %
-2 破碎帯に伴い, 石英に乏しい型(破碎帯型)	2.0 %
(d) 碎屑岩中の層状鋳染状鋳床	5 %

この中で、本地域において鋳床の数や産金量の点で重要なものは、(c)-1 と(c)-2 である。前者に属するものは、Cam and Motor, Globe Phoenixなどであり、後者に属するものは、Dalny, Venice などである。

### 3-2 調査実施鉱床

本地域内に分布する鉱山、鉱徴地のうち、今回調査・見学を行ったものについて、その結果を述べる。

#### 現在稼行中の鉱山

##### (1) Venice 鉱山

地域の中央部に位置し、周辺にWhat Cheer, Nandoなどの鉱床群を伴う産金地帯の中心をなす鉱山である。鉱床は、Bulawayan層群のWhat Cheer層と呼ばれる玄武岩質緑色岩帯の中の異なる岩相（塊状緑色岩と斑岩状溶岩）の境界部に発達する断裂帯中に胚胎する。金は、初成的には玄武岩の活動と同成的な海底噴気性の沈澱物であり、後の造構造運動によって生成した断裂線に沿って再移動し、脈状鉱床を形成したものと解釈されている。鉱脈には、一般に石英を伴わない。

鉱脈の一般走向はE-Wで、南へ $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 傾斜する。破碎帯の幅は数cm $\sim 1$ mで、赤色粘土化変質を受け、黄鉄鉱の鉱染が普遍的に認められる。鉱脈の東部では走向WNW-ESE、富鉱部の落しはSWであるが、西部では走向ENE-WSW、落しはSEで、両富鉱部の落しは深部で収れんする傾向にある。しかし、両者の間にはNNE-SSW方向に粗粒玄武岩の岩脈が走り、両者をさえぎっている。

鉱化帯の西部では、主脈に直交して含金石英脈がN-Sに走っている。鉱脈の性質は主脈のそれと同じであり、主脈の生成と前後して生成したものと思われる。

鉱化帯の幅は破碎帯のそれと一致して一般に50cm $\sim 1$ m、平均品位は7 $\sim 10$ g/tであるが、その内の品位分布にはかなりばらつきが見られる。今回の調査で試料を採取した例では、幅2mを6区分した場合、トレース $\sim 1.03$ g/t、幅3mを9区分した場合、0.2 $\sim 3.02$ g/tを示した。

なお、鉱脈形成に前後してグラノファイアーの貫入が見られるが、鉱脈に変位を与えるなどの影響は見られない。

今回鉱床の上下盤際から採取した試料について、X線回折粉末法による変質鉱物の同定を行った。その結果は付録5に示すとおりであるが、母岩の変質は弱く、肉眼的に脱色化が認められるところでは僅かに方解石と緑泥石が増加している程度である。

##### (2) Globe and Phoenix 鉱山

地域の南部、ケケの町の西部にあるジンバブエでの歴史的な金鉱山である。Kwekwe超苦鉄質岩体中に胚胎する含金石英脈ないし含金硫化物石英脈で、北東部のGlobe鉱床と、南西部のPhoenix鉱床とに分けられる。現在は、Phoenix鉱床から月産粗鉱3,000t、品位Au





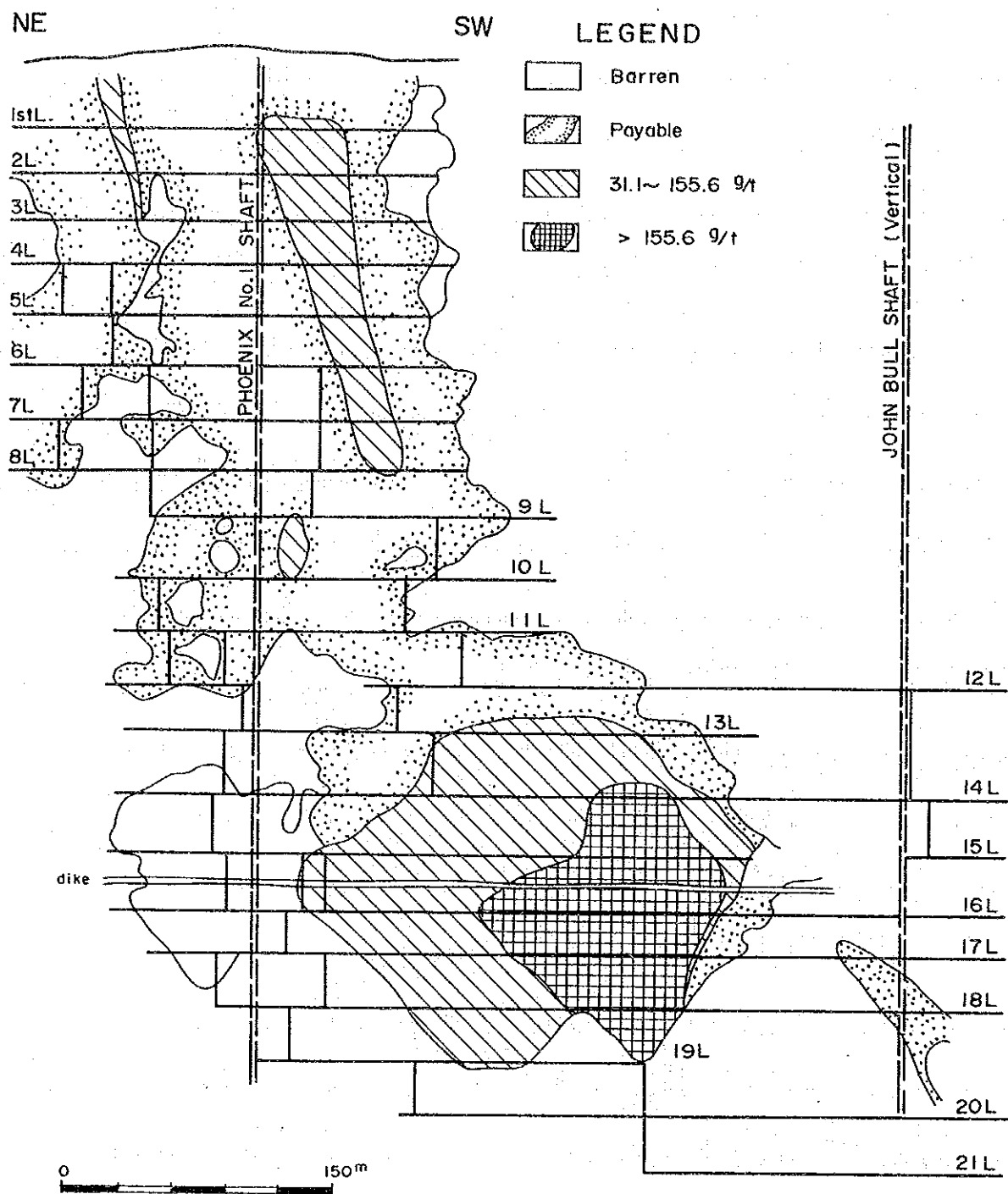


図3-2-2 Phoenix脈の鉱床断面図

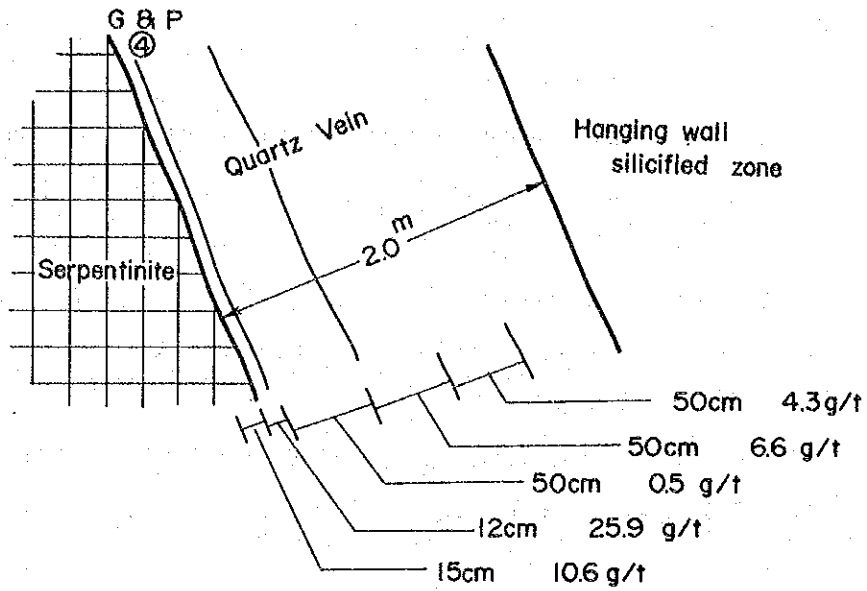


図3—2—3 Globe and Phoenix 鉱山、7 坑準、No. 4 Parallel Reef の金品位

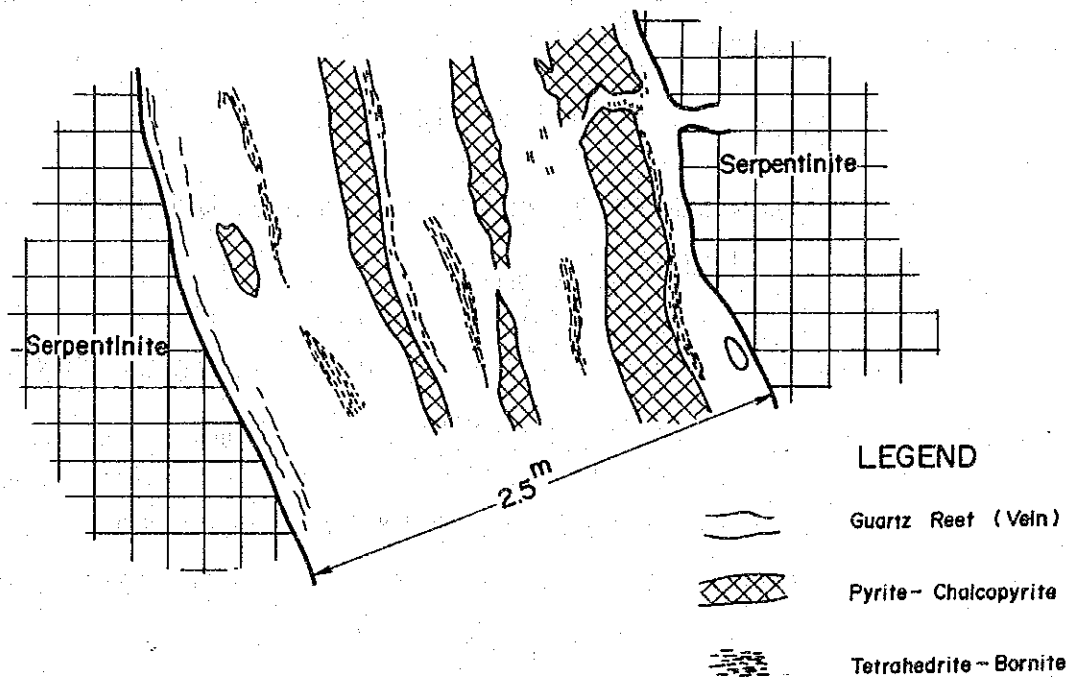


図3—2—4 Globe and Phoenix 鉱山、6 坑準、East Reef の鉱脈断面図

3～5 g/tを採掘中である。

Phoenix 鉱床は、Phoenix 主要脈、Phoenix 上盤平行脈、Apple 脈、No.4 平行脈、No.5 平行脈などからなり、走向は略N-S、傾斜は東へ約50°、ときに80°程まで立つ。一部にこれらの鉱脈に直交する細脈も見られる。稼行走向延長は約200m、最深坑準は地表下1,550m、石英脈の幅は1.2～2.5mで、上下盤に近い母岩は滑石化、苦灰石化などの変質作用を受けている。この鉱脈は、高品位でかつ規模も比較的大きく、既に採掘済みの部分ではあるが、L14からL19（地表下420～570m）にかけては、150m×90mの範囲に平均156g/tの高品位鉱石があったという記録が残っている。

鉱脈の構成鉱石鉱物は、含金石英脈の場合、黄鉄鉱-自然金-硫ひ鉄鉱-閃亜鉛鉱-方鉛鉱-硫ひ銅鉱、含金硫化物石英脈の場合、微硫鉄鉱-方鉛鉱-黄鉄鉱-閃亜鉛鉱-四面銅鉱の組合せが認められる。鏡下では、自然金は径2mm程度の特徴的なアメーバー状の形態を呈し、通常黄鉄鉱と共生する。これは他鉱山に多い硫ひ鉄鉱とその共生とは際だった違いであり、鉱脈の生成時期や鉱液の組成の違いが原因しているのかもしれない。また、黄鉄鉱はほとんどの場合自形を呈し、他の閃亜鉛鉱、方鉛鉱、斑銅鉱、四面銅鉱、微硫鉄鉱、などより早期に晶出したことを示している。

今回鉱床の上下盤際から採取した試料について、X線回折粉末法による変質鉱物の同定を行った。その結果、鉱床に近づくとつれ鉱化変質鉱物として絹雲母と緑泥石が増加し、一方、滑石が減少する傾向があることが分かった。

### (3) Tiger Reef 鉱山

本鉱山は、地域南西部、ケケの北西約10kmに位置する。Shamvaian 層群のグレイワック砂岩を母岩とする鉱染ポッド状鉱床である。

1920～1940年代に、地表付近の開発により品位Au 3.4g/tの粗鉱を約24万t採掘した。1980年にLonrhoによって再開発が進められ、1982年から出鉱開始し、現在粗鉱月産7,000t、平均品位3.5g/t、従業員320名で操業を行っている。

鉱床は、走向NE-SW、傾斜85°NE、延長350mで平均幅約5mの規模を持ち、現在までのところ地表下245mまで達しているが、まだ下限に達していない。構成鉱石鉱物は、黄鉄鉱を主とし、微量の黄銅鉱、閃亜鉛鉱、自然金からなる。黄鉄鉱の含有率は約10%で、鉱床の上下盤に見られる鉱化変質は、絹雲母、緑泥石、炭酸塩鉱物を主とし、局部的に珪化も認められる。

一般に鉱床の上盤側にはせん断帯が発達し、鉱床の境界も明瞭であるのに対し、下盤側は不明瞭になっている。今回の調査で、両盤際で連続的に採取したサンプルの分析結果では、下盤側でも比較的急激な品位低下を示している。（図3-2-7参照）

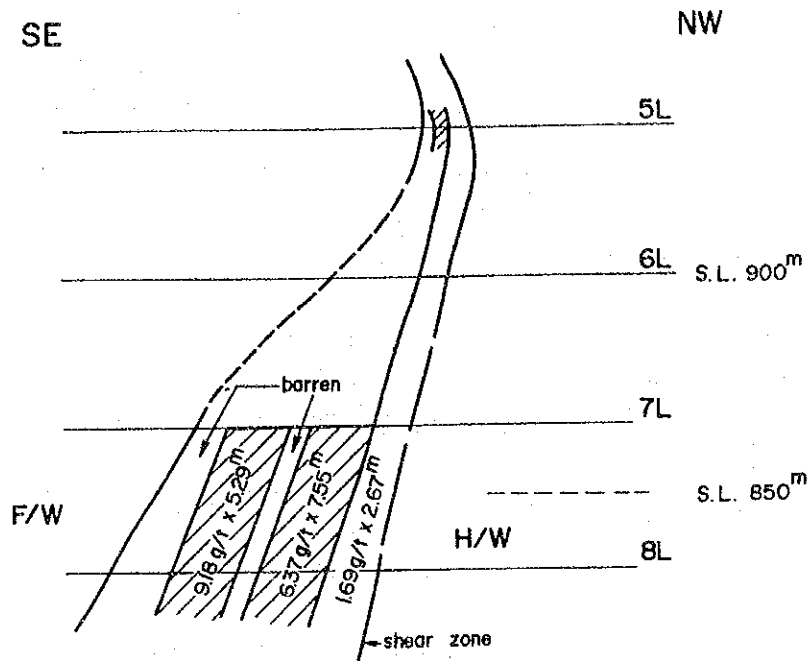


図3-2-5 Tiger Reef 鉱山、5坑準以深の鉱床断面図

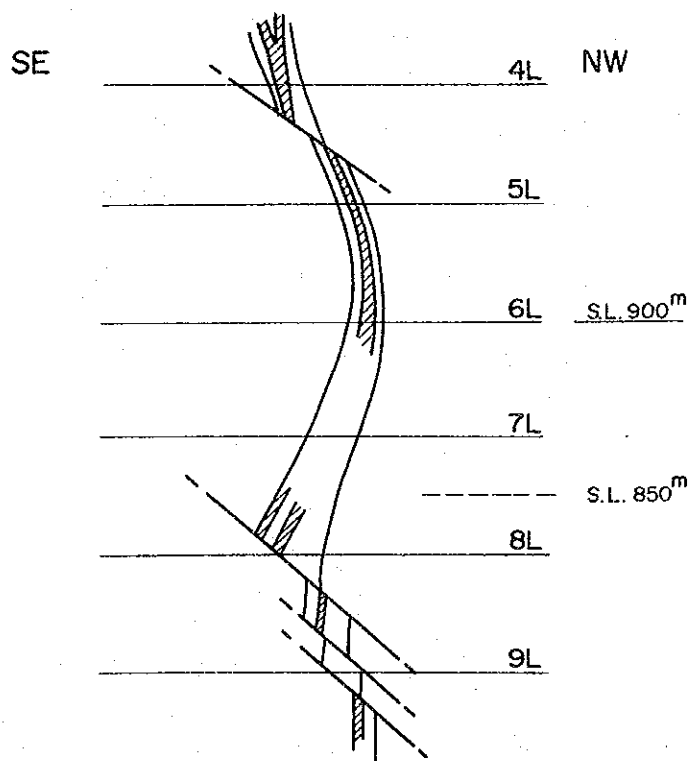


図3-2-6 Tiger Reef 鉱山のNE-SW断層

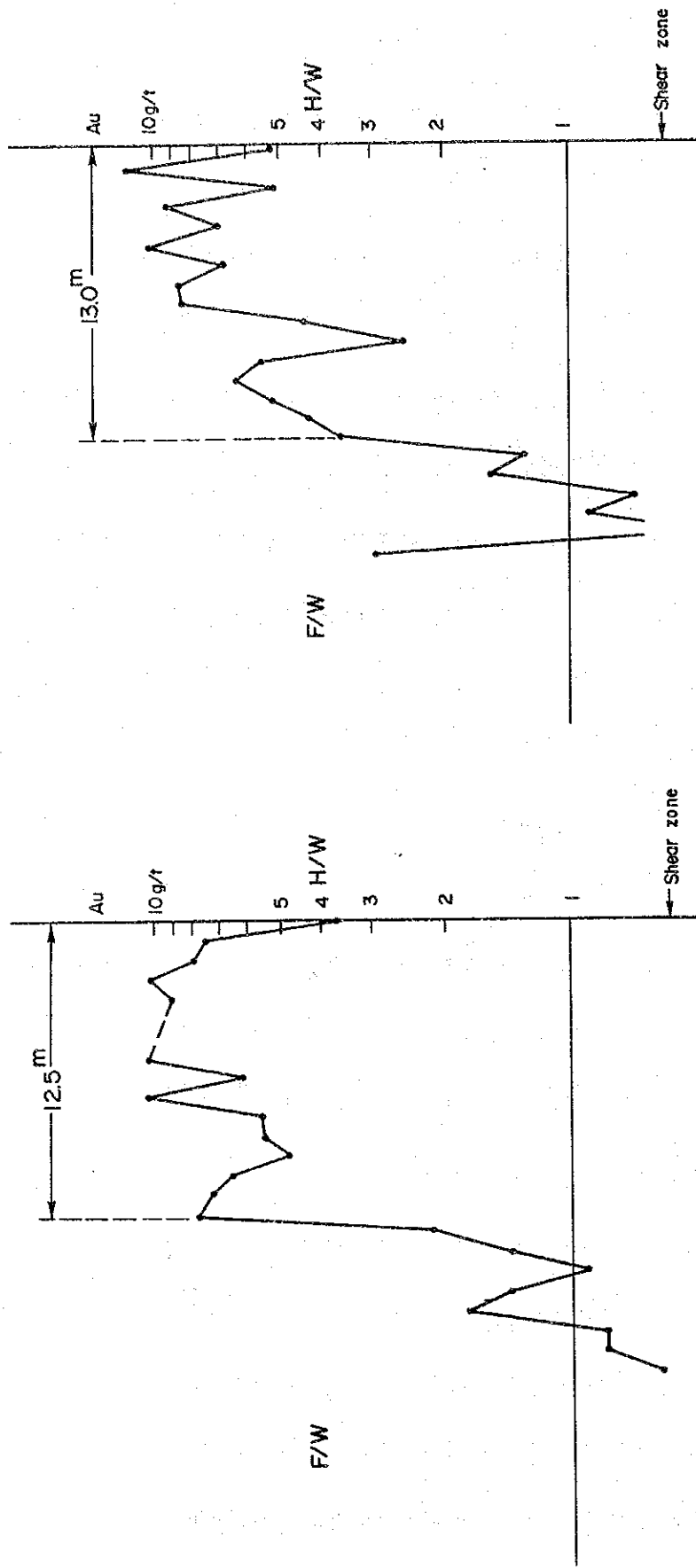


图3—2—7 Tiger Reef 鉱山、6 坑準の鉱脈中の金品位分布

今回鉍床の上下盤際から採取した試料について、X線回折粉末法による変質鉍物の同定を行った。その結果、鉍床の上盤際に発達する破砕粘土帯中には変質鉍物として絹雲母と緑泥石が生じていることが分かった。一方、鉍床の末端部では曹長石が多く見られ、変質は曹長石の分解によって始まることから、鉍床生成に伴う変質帯の幅は狭いことが分かる。

#### (4) Riverlea 鉍山

地域南部のケケ西方4 kmに位置する。東部のBell 鉍床と、西部のRiverlea 鉍床とからなる金鉍山であるが、現在はRiverlea 鉍床のみを従業員400名によって稼行している。Bell 鉍床は近く再開予定で準備を進めている。

両鉍床ともShamvaian 層群中に胚胎するが、Bell 鉍床とRiverlea 鉍床とではその母岩と鉍石の性質に次のような違いがある。

	Bell	Riverlea
母岩	礫岩	砂質堆積岩
鉍石鉍物	自由金を主体	硫ひ鉄鉍, 黄鉄鉍中の金を主体
鉍体の形状		幅約2 mのレンズ状
開発深度	18 Level (約540 m)	7 Level (約240 m)

現在稼行中のRiverlea 鉍床は、平均品位5~6 g/tで月産粗鉍6,000 tを採掘している。粗鉍中の硫化鉍物の含有量は0.5%程度であるので、月に約30 tの硫化精鉍を浮遊選鉍によって回収し、さらにこの精鉍をケケにある官営の焼結工場で処理した後、精鉍中に0.1%程度含まれている金を約30 Kg回収している。

#### (5) Bristol 鉍山

地域南部のケケ北方約5 km付近に分布するIndarama, Bee Hive, Eva, Sherwood Starなどの諸鉍床からなる金山地帯の中にある現在開発中の新しい金山である。Bulawayan 層群の緑色岩帯中の縞状鉄岩層に胚胎する含金石英脈で、山頂の露頭部では平均品位40~50 g/t, 脈幅約1 mを示し、走向略NSで東へ約70°傾斜するが、ここから約200 m下部までは採掘済であるという。現在、山頂から約200 m 下部の東側山腹から立入坑道を掘削し、その奥部から鉍脈の下部開発を目指して180 mの立坑を掘り下げ中である。

このような縞状鉄岩中に胚胎する金鉍床は、Sebakwe 川を越した南まで連続して分布しているので(Monte Cristo 鉍山など)、この延長方向の深部の追跡は、興味ある探鉍であると思われる。

今回鉍床の盤際から採取した試料について、X線回折粉末法による変質鉍物の同定を行った。

その結果は、赤色変質部に褐鉄鉱を認めたのみであった。

#### 最近休山した鉱山

##### (6) Unit 鉱山

地域南部のケケ西方約10 kmにある。1977年から操業を開始し、月産約1.5 Kgの金を従業員54名で生産していたが、1986年4月に操業を中止した。傾斜30°の斜坑を8坑準まで(地表下約240 m)掘り下げ、走向N35°W、脈幅30~60 cmの主脈を、走向延長約100 mまで採掘したという。

#### ダンプ処理を行っている鉱山

##### (7) Anzac, Monte Cristo, Eva, Piper Moss, Manjoro, Inkerman, Oro Bredo

いずれも、近年の金価格の上昇に応じて旧稼働鉱山のダンプの処理を再開したもので、ダンプ中の含金量は2~3 g/t程度である。従業員5~10名程度の小規模操業がほとんどで、いずれも月に数10 g程度の金を産するにすぎない。

### 3-3 室内実験・検査結果

今回の調査では、現地で採取した試料について、帰国後国内において種々の分析や検査を実施した。その結果は、次のようである。

#### (1) X線回折粉末法

鉱床の盤際に見られる変質帯の鉱物を同定することを目的とし、次のような試料について分析を行った。

Bristol 鉱山	.....	赤色変質部
Globe and Phoenix 鉱山	.....	高品位石英脈の上下盤から4試料, 平均的石英脈の上下盤から7試料, 計12試料
Tiger Reef 鉱山	.....	鉱床の上下盤際から4試料
Venice 鉱山	.....	鉱床上下盤際から11試料
Feldspar粘土鉱山	.....	Tiger Reef 鉱山北西方4 kmの粘土変質帯から6試料

使用した機器は、理学電機製D8C型で、測定条件は次のとおりである。

電圧 30 kV, 電流 15 mA, フルスケール 2,000 C.P.S., 走査速度 2°/min,

走査範囲  $\theta = 2^\circ \sim 40^\circ$ , チャート速度 2 cm/min,

結果は付録5に示すとおりであるが、一般に鉱床の上下盤際に見られる変質は弱く、僅かに



絹雲母と緑泥石が認められる程度である。また、粘土鉱山では、顕著に葉ろう石が検出された。

## (2) 鉱石研磨片検鏡

鉱石中に認められる諸鉱物を同定するため、次の試料について研磨片を作製し、反射顕微鏡による観察を行った。

Dalny 鉱山 4 試料, Unit 鉱山 2 試料, New Topaz 旧鉱山 2 試料, Globe and Phoenix 鉱山 6 試料, Somerset 旧鉱山 2 試料, Rise Up, Scheelite King, Cato, Riverlea, Cuba Syndicate, Cricket の各鉱徴地から 1 試料ずつ。

その結果は付録 4 に示すとおりである。また、その顕微鏡写真を付録 7 に示す。

自然金は、Globe and Phoenix では径 2 mm 程度の特徴的なアメーバー状の形態を示し、通常黄鉄鉱と共生し、Dalny の Pixy 脈や Rise Up では黄鉄鉱、硫ひ鉄鉱、斑銅鉱が構成鉱物であるが、金は黄鉄鉱にのみ包含される。一方、New Topaz では単体として産するほか、黄鉄鉱、硫ひ鉄鉱、閃亜鉛鉱と共生するか中に包含される。表中のほとんどの試料は硫ひ鉄鉱を随伴しているが、硫ひ鉄鉱がない場合は磁硫鉄鉱を随伴している。硫ひ鉄鉱を伴わない脈とでは、鉱液の組成や鉱脈の生成時期に違いがあるものと思われる。また、いずれの試料においても、黄鉄鉱や硫ひ鉄鉱はほとんどの場合自形を呈し、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、斑銅鉱、四面銅鉱、磁硫鉄鉱などより早期に晶出したことを示している。

## (3) EPMA 分析

鉱石研磨片の検鏡で観察された鉱石鉱物のうち、組成鉱物の一部が置換しうるもの及び鏡下で鑑定が困難なもの計 17 鉱物相について EPMA 定性分析を、その内から鉱物の元素別組成を知るために 12 鉱物相について定量分析を、さらに、その内の 6 件について組成像(面)分析を行った。

定性分析の測定条件は次のとおりである。

使用機器	島津製作所	EMX-SM 型
電 圧	25	kV
電 流	0.005	$\mu$ A
ビーム	3	$\mu$ $\phi$
チャート速度	20	mm/min

表 3-3-1 に定性分析の、表 3-3-2, 3-3-3 に定量分析の結果をまとめて示す。

このうち顕著なものとして、New Topaz 鉱山産の銀を 50% 近く含むエレクトラムと、Globe and Phoenix 鉱山産の銀の少ない自然金とがある。また、New Topaz 鉱山産の閃

表 3-3-1 EPMAによる鉱石鉱物の定性分析結果

Sample No.	Locality	Mineral	Element										Note	
			Detected											
			Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Sb	As	Fe	Ni	Co	S	
1	Unit Mine	Chalcocite			◎								○	◎: Abundant
2	ditto	Galena			•	◎							◎	○: Medium
3	Scheelite King Mine	Chalcopyrite			○					○			○	•: Present
4	New Topaz Mine	Arsenopyrite							◎	◎			◎	
5	ditto	Electrum	◎											
6	ditto	Pyrite								◎			◎	
7	ditto	Sphalerite					◎			○			◎	
8	New Topaz-2	Galena				◎							◎	
9	G&P-4-1	Bourmonite			◎								◎	
10	ditto	Galena				◎							◎	
11	ditto	Stibioenargite			◎								◎	
12	ditto	Tripuyite												
13	ditto	Native gold												
14	G&P-17	Tetrahedrite	◎		◎		○			○			◎	
15	G&P-18	Tetrahedrite			◎		•						◎	
16	G&P-19	Gersdorffite											◎	
17	ditto	Tetrahedrite			◎		○			○			◎	

表3-3-2 EPMAによる硫化物の定量分析結果

Sample No.	Locality	Atomic molecule percentage													Composition	Mineral
		Zn	Fe	Cu	Mn	Ag	Cd	Sb	As	S	Cu	Fe	Pb	S		
9-3-2	New Topaz Mine	46.31	4.53	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.11	ZnS	Sphalerite
15-1-1	Globe & Phoenix Mine														Pb Cu Sb S <sub>3</sub>	Bournonite
15-1-3	ditto														Cu <sub>3</sub> Sb S <sub>4</sub>	Stibioenargite
18-1	ditto	1.09	10.54	31.86	4.06	3.46	4.37	44.61							(Cu, Ag) <sub>10</sub> (Fe, Zn) <sub>2</sub> (As, Sb) <sub>4</sub> S <sub>13</sub>	Tetrahedrite
19-2	ditto	1.30	15.22	37.71	3.66	9.41	5.23	26.19							ditto	ditto
19-1	ditto	0.92	31.64	2.22	0.00	0.43	33.66	31.13							(Ni Fe Co)As S	Gersdorffite

表3-3-3 EPMAによる金の定量分析結果

Sample No.	Locality	Weight %			Composition	Mineral
		Ag	Au	Total		
9-1-2	New Topaz Mine	30.32	71.09	101.41	Au 56.22 Ag 43.78	Electrum
9-2-1	New Topaz Mine	29.52	67.84	97.35	Au 55.73 Ag 44.27	Electrum
15-2-1	Globe & Phoenix Mine	3.14	96.21	99.36	Au 94.37 Ag 5.63	Native Gold
15-2-2	ditto	3.26	96.15	99.41	Au 94.16 Ag 5.84	ditto
15-2-3	ditto	3.14	96.33	99.47	Au 94.38 Ag 5.62	ditto
15-2-5	ditto	3.14	96.39	99.53	Au 94.38 Ag 5.62	ditto

亜鉛鉱を定量分析した結果は、そのFe含有量は1モル程度で少なく、日本の黒鉱中のそれと近似している。Cdはほとんど含まれていない。

本地域の鉱床中には、金の随伴鉱物として輝安鉱が普遍的に記載されているが、今回採取した試料中に見られない。僅かに、Globe and Phoenix 鉱山からの試料の中に、車骨鉱 (Bourbonite  $PbCuSb_3$ )、スティビオエナージェイト (Stibioenargite  $Cu_3SbS_4$ )、四面銅鉱 (Tetrahedrite) が同定されたのみである。このうち、車骨鉱とスティビオエナージェイトは主脈の高品位金鉱部に認められ、四面銅鉱はこれと斜交する石英脈中に産している。また鉱脈中には硫びニッケル鉱 (Gersdorffite  $NiAsS$ ) が随伴されているが、これは鉱床の母岩が超苦鉄質岩であることによるものかもしれない。

#### (4) 流体包有物の均質化温度、塩濃度測定

鉱石組織や鉱物組成の他に、鉱床の生成温度を知るために、石英中の流体包有物の均質化温度を測定した。採取した試料は多数あるが、その中には、包有物の数が少なかったり、粒子の径が小さかったり、二次石英が多かったりして、測定不能のものがあり、測定条件に適合した20試料を選び測定した。使用した機器は、リンカム社製 TH-600型である。

流体包有物の粒径は、3~10 $\mu$ のものが多く、15 $\mu$ 以上のものは少ない。1試料につき10個ないしそれ以上の包含物を加熱測定した。測定は、100~300 $^{\circ}C$ の範囲に入る試料については320 $^{\circ}C$ を計測上限温度とした。また、一部の試料については350 $^{\circ}C$ まで加熱してもほとんどの包有物が均質化しないので、便宜的にその表示を350 $^{\circ}C$ とした。各試料の測定結果は図3-3-1に示す。

全温度データの頻度分布を見ると、100~300 $^{\circ}C$ の範囲で150 $^{\circ}C$ をピークとする正規分布を示す傾向が見られる。300 $^{\circ}C$ 以上のものは比較的少ない。350 $^{\circ}C$ 以上でも均質化しない試料は、タングステンを伴う Scheelite King 鉱山の石英で、これは他の鉱山よりも高温で生成したものと考えられる。なお、320 $^{\circ}C$ 以上のデータを含めた全データの算術平均は193 $^{\circ}C$ となる。一方、同一鉱山の試料でも、異なる石英脈によってその均質化温度に大きな違いが見られることがある。

次に各試料の平均均質化温度をプロットすると、試料の数は不十分であるが、100~210 $^{\circ}C$ の範囲と、210~300 $^{\circ}C$ の範囲の2つの集団からなっているように見える。Dalny 鉱山や Globe and Phoenix 鉱山のような大規模高品位鉱山が高温側の集団に属するという事は、興味ある現象である。

均質化温度を測定した同一試料で、流体包有物中の塩濃度を氷点温度から求め、NaCl相当濃度としてwt%で表した。測定結果は表3-3-4に示す。

20試料の内、5試料 (G & P-24, Arlandzer, Cuba, Comonner, Cuba

Syndicate) については、流体包有物の粒径が $10\mu$ 以下と小さく、中に含まれる相の確認が困難なため、測定値は求められなかった。

残る15試料についての測定は2ポイントで行った。試料の温度をいったん $-35\sim-60$ ℃に下げ、流体を完全に氷結させたのち、 $0.5$ ℃/分の速さで温度を上げ、流体の全部が液相に変わった点を測定温度とした。

用いた試料については、詳細な地質的位置や鉱化の時期との関係が十分明らかでないものが多いので検討や考察には困難があるが、全体として試料間の塩濃度の差が大きく、温度と塩濃度が正の相関を示す傾向が見られる。同一試料の中で1点が低い値を示すこともあるが、ほとんどの試料が、日本の浅熱水性金銀鉱床の鉱液のNaCl相当塩濃度範囲( $0\sim 3$  wt %)及び黒鉱鉱床の鉱液のそれ( $2\sim 5$  wt %)よりも高い値を示す。Globe and Phoenix 鉱山やChakari 地区の鉱山では、 $10\%$ を超えるものがある。

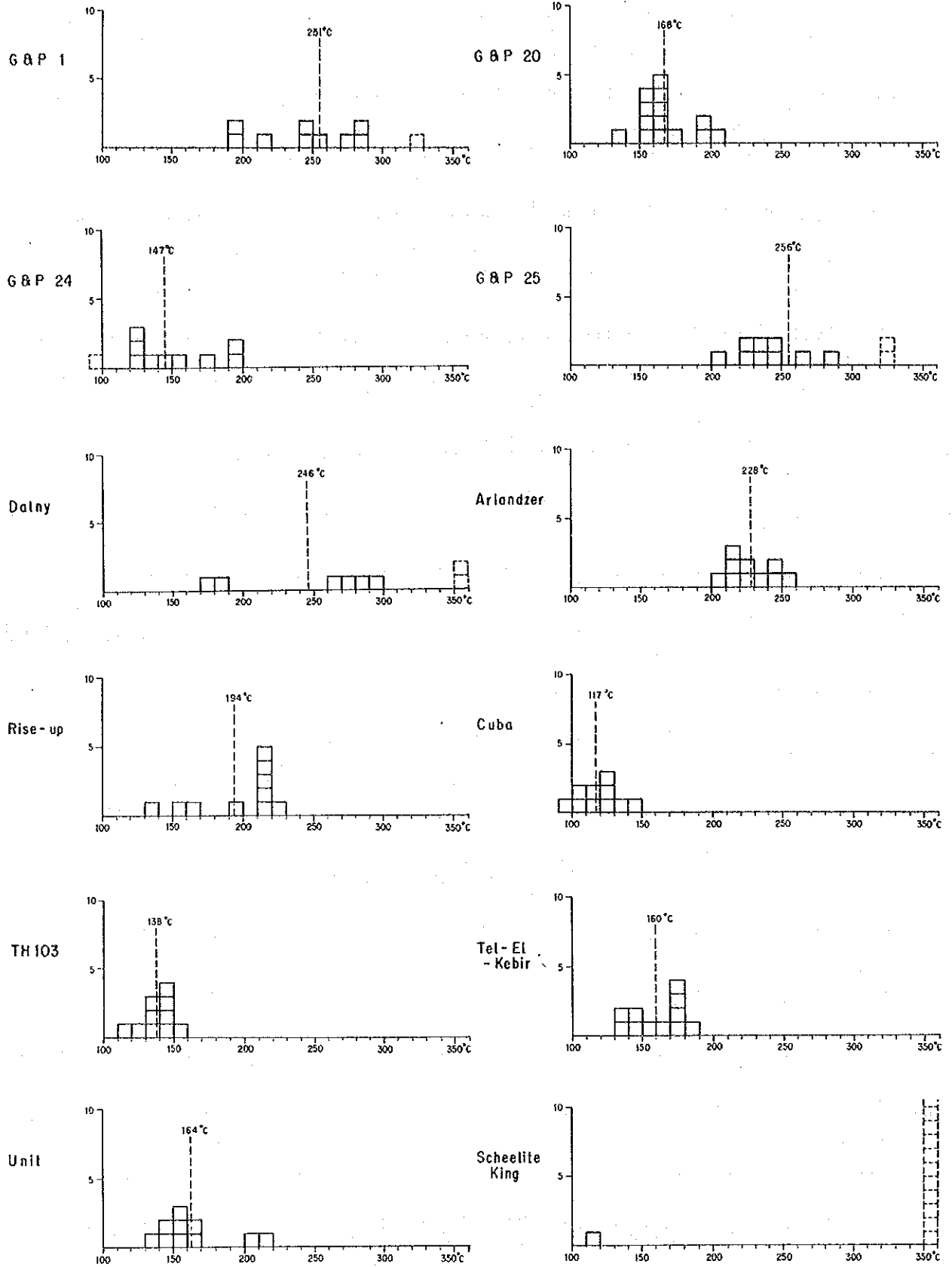


図3-3-1 石英中の流体包有物の均質化温度

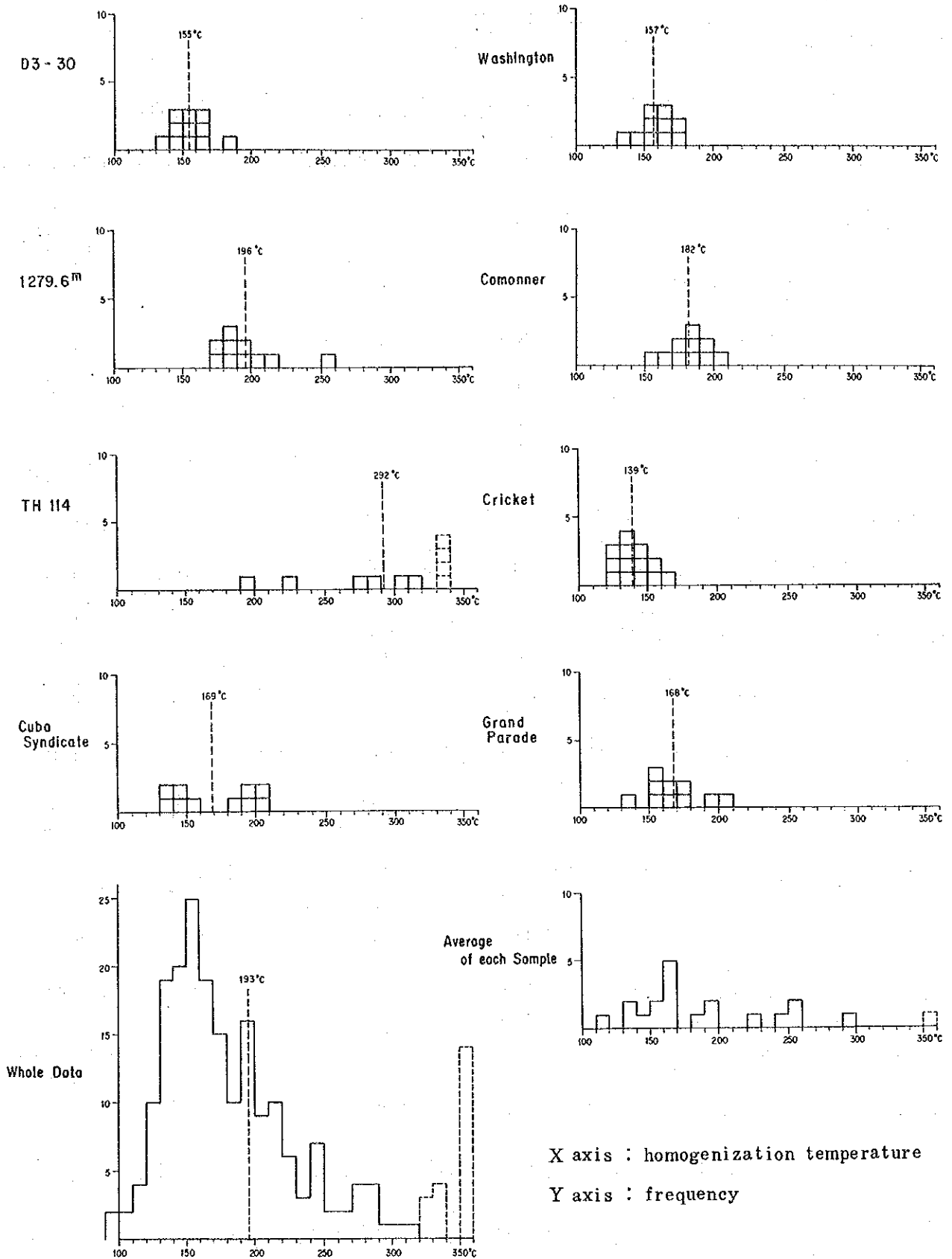


図 3-3-1 石英中の流体包有物の均質化温度

表 3-3-4 石英中の流体包有物の均質化温度と塩濃度

No.	Sample No.	Homogenization Temp.		Salinity	
		Average	$\sigma$ (Deviation)	wt% NaCl	
1	G & P-1	251	39	16.0	~ 18.9
2	G & P-20	168	18	12.9	~ 14.9
3	G & P-24	147	32		
4	G & P-25	256	36	21.7	~ 23.0
5	Dalny	246	49	9.7	~ 14.9
6	Arlandzer	228	15		
7	Rise Up	194	29	11.2	~ 15.3
8	Cuba	117	15		
9	TH 103	138	10	8.4	~ 9.3
10	Tel-El-Kebir	160	17	4.2	~ 7.1
11	Unit	164	23	6.0	~ 9.0
12	Scheelite King	> 350		12.0	~ 15.0
13	D3-30	155	13	1.6	~ 5.0
14	Whashington	157	12	1.5	~ 7.0
15	1279.6m	196	23	15.0	~ 17.3
16	Comonner	182	14		
17	TH 114	292	45	9.2	~ 9.7
18	Cricket	139	11	3.3	~ 4.6
19	Cuba Syndicate	169	28		
20	Grand Parade	168	21	5.0	~ 5.7
	Total	193			



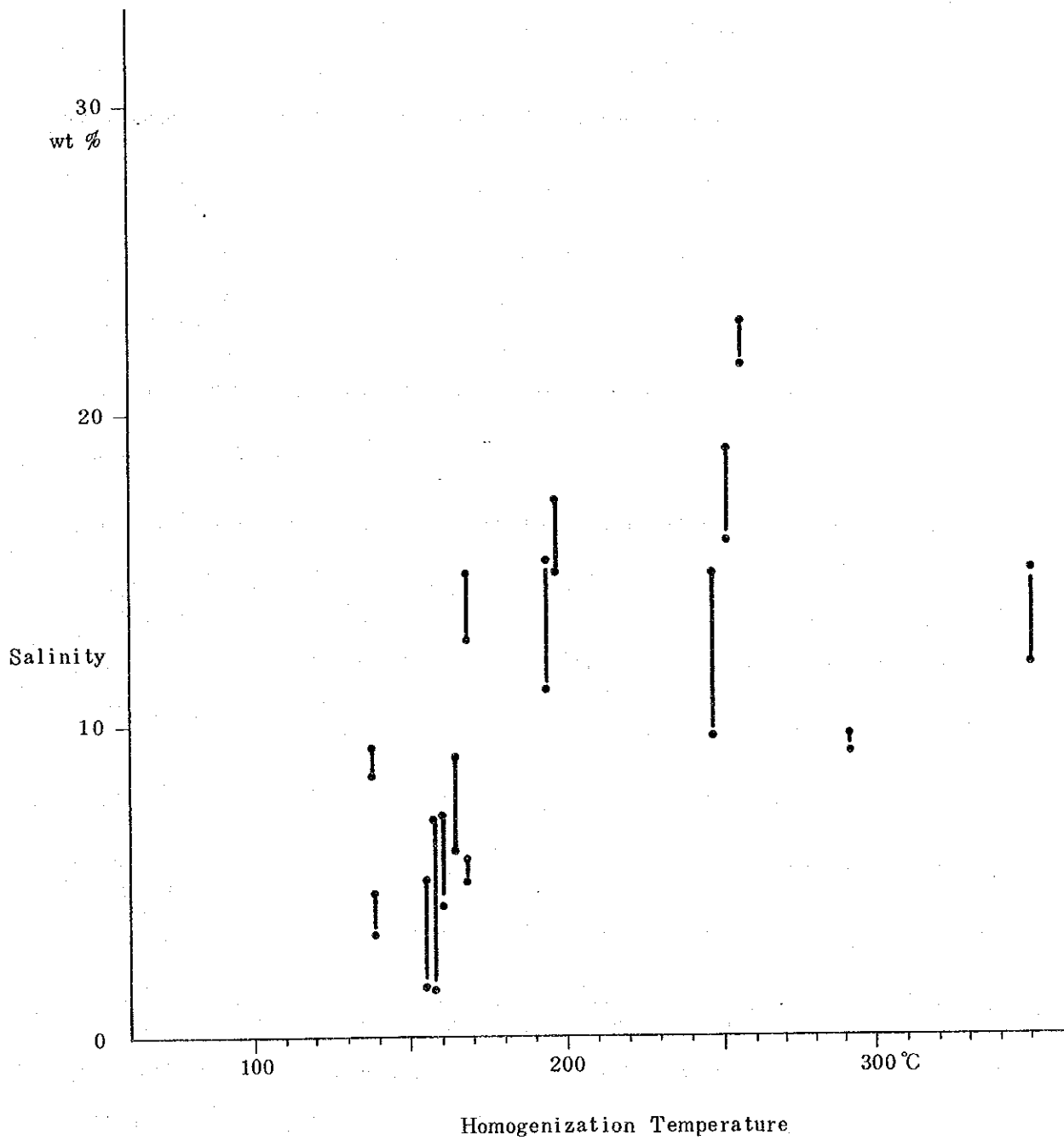


図3-3-2 流体包有物の均質化温度とNaCl相当塩濃度の関係



## 第 4 章 地化学探査の方法

### 4-1 土壌の採取及び処理

本調査では、5地区からそれぞれの地区ごとにその地質状況と探鉱対象鉱種に基づいて指示元素を選び、採取した総計 8,099 個の土壌試料の分析を行った。その地区ごとの採取した試料の数と、分析した元素の種類は、次のとおりである。

地 区	試料個数	分析元素
A	1,511	Au, Cu, W
B	1,547	Au, Sb, As
C	2,006	Au, Pb, Zn
D	1,508	Au, Ni, Cr
E	1,527	Au, Sb, As

土壌試料の採取は、測線間隔 200 m に設定した測線に沿って、その必要と思われる探査精度の判断に基づき、BとCの両地区では 50 m 間隔に、他の地区では 100 m 間隔に行った。一般に調査地区では土壌の発達が悪く、A層の発達はほとんど見られない。したがって、B層からの土壌の採取深度は 10 ~ 20 cm にとどまった。

採取した土壌は現地でふるいを用いて 20 メッシュ以下におとし、さらにキャンプにおいて 80 メッシュ以下にふるい分けし、約 80 g の分析試料を得た。なお、土壌の色調は岩石色調チャートを用いて分析試料から判断した。

### 4-2 分析法

分析は、ジンバブエの Eiffel Flats にある Rio Tinto Analytical Laboratories に依頼したが、タングステンについては検出限界能力に問題があるため、カナダの Vancouver にある Chemex Labs に依頼した。分析方法は、Au については燃焼予備濃縮/原子吸光法を用い、他の元素はすべて誘導結合プラズマ法 (ICP-AES, Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry) を用いた。

### 4-3 分析値の処理

分析値の統計的解析及びその図化は同和情報システム株式会社に依頼して行った。使用したコンピューターは NEC 社製 ACOS-430、プロッターは CALCOMP 社製 Model-9100 である。

金については、その分析結果がA、B、C、D、Eの各地区ごとにやや異なった平均値を示すが、各地区内での岩種の違いによる差がさほど認められないので、それぞれの地区ごとに岩種に関係なく全試料についての初等統計値を求め、ヒストグラムと品位頻度分布図を画いた。

その他の元素については、地区によって分析した元素の種類が異なり、また、その地区に現われる岩種が異なるので、それぞれの指示元素について各岩種ごとにその初等統計値を求め、その試料数の多いもの(34試料以上)について、分析品位のヒストグラムと累積頻度分布図を画いた。

このような統計処理を行った各地区ごとの元素と岩種の区分は、次のとおりである。

A地区	Cu, W	苦鉄質溶岩, 珪長質溶岩, 花崗岩質岩, 苦鉄質貫入岩, 片岩, の5岩種について
B地区	Sb, As	苦鉄質溶岩, 礫岩, 縞状鉄岩, 珪長質貫入岩, の4岩種について
C地区	Pb, Zn	苦鉄質溶岩, 珪長質溶岩, 千枚岩, 珪長質貫入岩, の4種について
D地区	Ni, Cr	苦鉄質溶岩, 縞状鉄岩, 超苦鉄質岩, 片岩, の4岩種について
E地区	Sb, As	苦鉄質溶岩, 珪長質溶岩, 縞状鉄岩, 珪長質貫入岩, の4岩種について

これらの初等統計値を検討し、各地区、各元素ごとの異常の表示方法を定めた。すなわち、Auについては各地区ごとの初等統計値を基に、他の元素については各地区各岩種ごとの(たとえ試料数が少なくても)統計値を基に、その幾何平均値+標準偏差以上のものを異常として抽出し、 $\mu + \sigma$ 以上のものを小さな円で、 $\mu + 2\sigma$ 以上のものを大きい円で表して図に示した。これらの異常についての解析結果は、次章で述べる。

#### 4-4 土壌の色調

土壌の色調は、-80メッシュにふるい分けした後の試料について、岩石色調チャートを用いて判定した。調査地域の主体を占める緑色岩類の分布地域はほとんど褐色を示し、超苦鉄質岩の分布地域は暗褐色を示し、花崗岩・片麻岩の分布地域はオレンジがかった淡灰色を示す。

これらの土壌色調の分布を、添付図に示すが、この結果は地質を極めてよく反映している。