

昭和62年度資源開発協力基礎調査

地域開発計画調査ザンビア共和国カブエ地域

調査報告書

JICA LIBRARY



1041901[8]

昭和63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 '88. 4. 04	533
登録No. 17396	66
	MPN

は し が き

日本政府はザンビア共和国政府の要請に応え、同国の中部州に位置するカプエ地域の地域開発調査を実施することとし、こ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鉱山開発に伴う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62年12月から昭和63年2月にかけて実施され、ザンビア共和国関係機関の協力を得て予定通り完成した。

本調査の実施にあたって御協力いただいたザンビア共和国関係機関ならびに外務省、在ザンビア日本大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和63年3月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団

理事長 佐藤淳一郎

謝

舌辛

本報告書は財団法人国際開発センターが金属鉱業事業団より委託を受けて行った調査をとりまとめたものである。

調査の目的は、ザンビア共和国中部州に位置するカプエ鉱山の現況を技術的・経済的に評価し、カプエ地域の鉛、亜鉛、銀等の鉱床賦存に関する既存の探査結果を総合的に解析し、同地域の合理的探査計画を提案することである。

本調査がカプエ地域の開発及びザンビア共和国の経済発展に寄与することを願うものであり、ザンビア共和国と日本国との友好的な協力関係の強化につながることを期待するものである。

調査団のメンバー及び現地調査の日程は別表の通りであるが、訪問先において受けたザンビア関係機関の積極的な支援及び在ザンビア日本大使館そして国際協力事業団ザンビア事務所の御指導に対し深く感謝するものである。

最後に、本調査の実施にあたり、調査上の御指導と御便宜を下された外務省、国際協力事業団、金属鉱業事業団、関係各位に対し、深く謝意を表するものである。

昭和63年3月

財団法人 国際開発センター

理事長 門田英郎

目 次

はしがき	
謝 辞	
要 旨	
要 約	1
第1章 総 論	5
1. 1 調査の目的と内容	5
1. 2 調査地域	6
1. 3 調査の関係者と調査日程	12
第2章 カブエ鉱山の現況	15
2. 1 地質及び鉱床	15
2. 2 採 鉱	20
2. 3 選鉱及び製錬	29
2. 4 インフラストラクチャ	37
2. 5 経済性評価	45
第3章 既存探査資料の再解析	53
3. 1 地質及び鉱床	53
3. 2 物理探査	65
第4章 総合評価	75
4. 1 カブエ鉱山	75
4. 2 カブエ西方地域	76
4. 3 カブエ・ウエスト	77
第5章 結論と提言	79
5. 1 結 論	79
5. 2 提 言	80
付. 調査状況記録写真	

地名対照表

Broken Hill	ブロークン・ヒル
Camarnor	カーマノール
Chiwanda	チワンダ
Copper Belt	カッパーベルト
Dambo	ダンボ
Dar es Salaam	ダルエス・サラーム
Foundry	ファウンドリー
Kabwe	カブエ
Kabwe West	カブエウエスト
Kapri Mposhi	カプリムボシ
Lukali	ルカリ
Lumsefwa	ルムセンファ
Lusaka	ルサカ
Mita Hills	ミタヒルズ
Mulungushi	ムルングシ
Sebembere	セベンペール
Tanzania	タンザニア
Tunduma	ツンドマ
Victoria Falls	ビクトリア・フォールズ
Zambia	ザンビア
Zimbabwe	ジンバブエ

1 USドル = 7.86 クワチャ

要 旨

ザンビア共和国カブエ地域の発展に資することを目的として、鉱物資源探査及び鉱山の操業に関する既存のデータの解析を実施した。

対象とした範囲は南緯 $14^{\circ} 10'$ と $14^{\circ} 40'$ 及び東経 $28^{\circ} 05'$ と $28^{\circ} 35'$ に囲まれた地域で、カブエ鉱山は首都ルサカの北方約 140 km にあたっている。

かつてブローケン・ヒル鉱山と呼ばれたこの鉱床は、カタンガ系のドロマイト中に胚胎し、1902年に発見されたもので、連続操業に入った1915年以来、パイプ状の塊状7鉱体から鉱量にして1,000万トン余り、鉛14.7%、亜鉛25.4%の鉱石を採掘している。鉱石は珪酸鉱と硫化鉱よりなっているが、硫化鉱は現在の生産水準を維持すれば数年中に無くなってしまふ。

現在、カブエの鉱山及び製錬所における従業員は約1,800名であるが、鉱業の地元経済に占める割合は大きく、また重要な外貨の獲得手段ともなっている。南部アフリカ唯一の鉛・亜鉛の供給源としても操業はできるだけ維持されなければならない。

鉱山周辺の地域は、今世紀初頭より地化学探査、物理探査、ピット掘削ないし試錐によって調査が行われており、多くの示徴が発見されてよく検討がなされている。その中においてセベンバールでは、かなりの量の銅の鉱化が見出されているが、そのためにすぐ周辺で着鉱していた亜鉛の鉱化は近年まで注目されなかった。ザンビア工鉱業公社の探査部門はカブエ・ウエストの名称のもとに、詳細な地化学探査とオーガー試錐を実施して覆土中に亜鉛の硫化鉱を確認している。

この鉱化の、岩盤中に於ける産状の探査を目的として、試錐及び反射法地震探査を計画しその実施を提案する。

要 約

要 約

1. 総 説

カブエ地域の発展を図るために、鉱物探査及び鉱山操業に関する既存のデータの解析を行うことを目的として、昭和63年1月9日、日本発、10日ルサカ着、同月29日ルサカ発、31日帰国の日程にて現地調査を行ったのでその概要を報告する。

2. 地 域

対象地域は南緯 $14^{\circ}10'$ ～ $14^{\circ}40'$ 、東経 $28^{\circ}05'$ ～ $28^{\circ}35'$ に位置し、カブエ鉱山は首都ルサカの北方約140kmに当たる。過去の探査活動に基づき、地域を便宜上、東から

- 1) カブエ採掘地区 : 旧ブロークン・ヒル鉱山、今のカブエ鉱山の鉱区
- 2) チワンダ地区
- 3) セベンペール地区 : 後にカブエ・ウエストと呼ばれた区域
- 4) ルカリ地区 : 旧カーマノール鉱区を含む

に大別する。

3. カブエ鉱山

3. 1 鉱床概要

1902年発見、1904年ローデシア・ブロークン・ヒル開発(株)が設立され、1906年採掘開始、1915年より連続操業に入った鉱山で、上部プレカンブリア界のカタンガ系のドロマイト中に胚胎した鉛・亜鉛の塊状鉱床で今までに7鉱体が採掘されている。今までに1,050万トン、25.4%Zn、14.7%Pbを生産しており、1987年4月1日現在の鉱量は、153万トン、17.5%Zn、6.2%Pb、このうち硫化鉱は約1割で現在の操業規模では数年中に枯渇する見込み。

3. 2 採鉱及び鉱石処理

月当たり16,000トン、13.2%T. Pb (5.3%S. Pb)、18.8%T. Zn

(7.2% S, Zn) を採掘中。ずりは重液を用いて選別する。坑内排水は50 m³/分弱に達している。鉱石は浮游選鉱にて硫化鉱と酸化鉱石に分離、硫化鉱はISF炉で鉛と亜鉛に分離する。酸化鉱よりは、リーチングによって亜鉛のみを回収する。

3. 3 インフラストラクチャ

年間生産量、鉛7,800トン、亜鉛22,200トンのうち、鉛5,000トン、亜鉛19,000トンを鉄道にてダルエスサラーム経由で輸出する。電力は自家水力発電所2か所(18 & 20.4 MW)で賄っている他、非常に備えて国内幹線網と接続されている。用水は水井戸と坑内上部より生活用水を確保、操業用には坑内水のうち下部から得られるものを用いる。

福利施設として社宅、病院、学校、リクリエーション施設を完備している。

3. 4 財務及び経済評価

1981年度より1985年度までは補助金を受けていた。1986年度ではわずかながら利益を計上している。現在の従業員は約1,800名。カブエではザンビア鉄道の4,000名に次ぐ。本鉱山の操業は雇用の面で地域経済に与える効果が大きく、また重要な外貨獲得手段の一つであり、同時に南部アフリカ唯一の鉛・亜鉛の供給源としてその維持を図る必要がある。

4. カブエ周辺地域の探査

4. 1 開発史

1920年代にはカブエの西北西30kmのカーマノールで既にバナジウム鉱が発見され、採掘されている。1925年から1940年にかけては後のアングロ・アメリカンの手によって広く探鉱された。

1953年から1963年にかけては、リオ・ティントの子会社ミネラル・サーチが25か所余りの探査を行っている。1964年以降はアングロ・アメリカンの子会社チャータード・エクスプロレーションが8か所で探鉱した。

この間、セベンベールに銅鉱床が見出され、ルーマニアのジオミン社が試錐と立坑掘削を試みた。その後、この地区の亜鉛鉱床を対象として、ミネックス(MINEX)が探査を実

施し、カプエ・ウエストと呼ぶに至っている。

4. 2 探査方法

地形が平坦で水系が不明瞭であるがために、古くより土壌地化学探査が広く用いられている。基盤岩類とカタンガ系堆積岩類の境界はチャータード・エクスプロレーションがピットを掘って追跡した。

物理探査法についても、電磁法、重力、放射能、IP、SP、磁気探査など、それぞれ当時、利用出来る方法を駆使し、それらの示徴に対し試錐が行われたが、採掘に耐えるような鉱体の発見には至っていない。

4. 3 探査結果

全般的に地化学探査及び物理探査の示徴に対してはピット、オーガーないしダイヤモンド試錐による検討が行われていて、新たな探鉱余地は少ないと考えられる。ただし、セブンベールにおいては、銅を対象とした探鉱が行われてきた結果、ミネックスによる探査が行われるまでは、亜鉛の着鉱について注目されなかった。

5. カプエ・ウエストの探査

5. 1 地化学探査

かつてリオ・ティント社が見出した亜鉛の鉱化を対象として、1976年の地化学探査の結果、異常地域が抽出され、更に覆土中の亜鉛の分布を確かめるべく、403孔におよぶオーガー試錐が実施された。その結果、30%に達する亜鉛の品位が得られ、かつ硫化物の存在が確認されている。

5. 2 物理探査

カプエ・ウエストでは1976年に磁気探査が行われているが、この時のデータは地質情報を補完するのに役立ち、磁気トレンドは空中磁気図とおおむね整合する結果が得られている。同時に行われた各種の物理探査法の試験では、ウォルドン重力計での高重力異常が地化学探査の異常と一致し、またシュランベルジャー法による見掛け比抵抗では岩盤の深度やド

ロマイトの分布に関する情報が得られている。

物理探査の適応性は次のように要約される。

- 1) 電気・電磁法は電気抵抗の高い閃亜鉛鉱や酸化鉱を対象としては問題があるが、比抵抗法では、ドロマイトの分布の調査が可能。
- 2) 精密重力では岩盤の上面の形状や塊状鉱の存在の探査が可能であるが、岩相変化や、空洞・亀裂などの影響も考慮される必要がある。
- 3) 近年発達した反射法地震探査を用いれば地質構造探査が可能と判断され、ドロマイト中に反射面が見出されれば鉱床や空洞ないし破碎帯である可能性があるし、また岩盤までの深度の探査も可能である。

5. 3 今後の探鉱指針

カブエ・ウエストにおいては、覆土中に硫化鉱の存在が捕捉されていて、岩盤中での産状を確認しなくてはならない。カブエにおける硫化鉱の処理施設が稼働中に、当地域の鉱化の特性が明らかになる事が望ましく、出来るだけ早い機会に探査が実施される事が必要である。

- 1) リオ・ティントによる着鉱の北東側で、物理探査が試験され、オーガー試錐で高い品位が見出されている地区には、直ちに試錐探鉱を行う事が提言される。同時に、この地区を含め、抽出されている地化学探査の示徴域を対象とした反射法の計画が提言される。
- 2) 次段階には上記の地区の探査を継続するほか、その南東側の地化学探査の示徴を対象とした試錐の計画が提言されるが、反射法による結果を参照して位置を選定することとする。また、北側の示徴に対しては比抵抗法ないし精密重力法を併用して地質構造の判定を行う。
- 3) 鉱化を見出した場合は、鉱量計算ないし評価に必要な試錐を計画する。見出し得ない場合は物理探査の結果を参考として北側の示徴を中心に地下の岩盤の特性を確認したい。

第1章 総論

第 1 章 総 論

1. 1 調査の目的と内容

ザンビア政府の要請に基づき、日本国政府はザンビア共和国中央州カブエ (Kabwe) における探鉱活動及び鉱山操業に関する既存のデータの再解析を行う事とし、ザンビア政府関係者との密接な協力の下にこれを実施すべく、国際協力事業団及び金属鉱業事業団に業務を委託した。

1. 1. 1 調査の目的

本調査の目的は、カブエ地域のより発展を目標として、鉱物探査及び鉱山操業に関する既存のデータの解析を行う事にある。

1. 1. 2 調査団の構成

ザンビア工鉱業公社 (Zambia Industrial and Mining Corporation: ZIMCO) のスタッフと共同で業務を実施すべく、調査団は総括、地質担当者、物理探査担当者、鉱山担当者、及びインフラ・経済評価担当者より成る専門家で構成された。

1. 1. 3 カウンターパート

カウンターパートはザンビア工鉱業公社の鉱物探査部門でMINEXと略称されている。この部門は、もともと1971年に鉱業開発公社 (Mining Development Corporation: MINDECO) の中に設立されたもので、かつてMINDEXと呼ばれていたが、鉱業開発公社のザンビア工鉱業公社への吸収に伴い、1978年にMINEXと改称し、以後、同国の唯一の、鉱物一般の探査開発機関として活躍している。1988年より工鉱業公社の子会社である、宝石・貴石を扱う特定鉱物株式会社 (Reserved Minerals Corporation Ltd.) の管理下に再編されたが、同社首脳部及び関係者の言によると、この再編成は経費負担先の変更によるものでMINEXの任務ないしその活動に影響するものではないとの事であった。

1. 1. 4 調査の内容

本調査は鉍物資源及び鉍山操業の観点より行うものである。

- (1) 既存の地質、地化学及び物理探査に関するデータの再解析
 - 1) 地質調査及び試錐調査の結果に基づく鉍化と地質構造との関係の考察
 - 2) 地化学調査のデータの解析
 - 3) オーガー試錐のデータの解析と考察
 - 4) 物理探査のデータの解析
 - 5) 既存資料の総合的考察
- (2) 既存の鉍山操業に関する資料の再検討
 - 1) 鉍量計算に関する事項
 - 2) 採掘法及び鉍石処理に関する事項
 - 3) インフラストラクチャーに関する事項
- (3) カブエ地域における将来の鉍物資源開発プロジェクトに関する最も適切な調査計画の立案

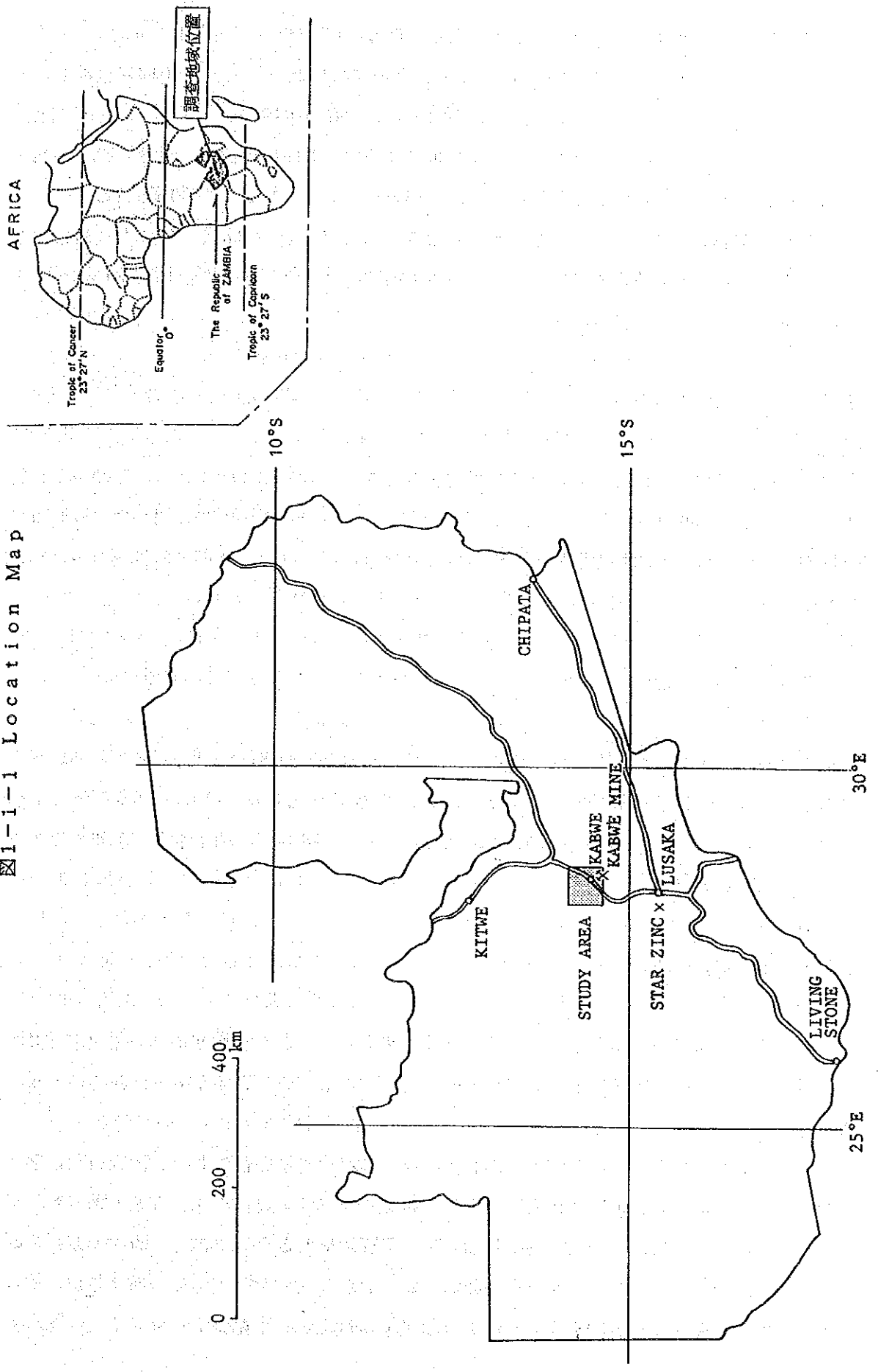
1. 2 調査地域

1. 2. 1 調査地域の位置及び交通

対象地域は南緯 $14^{\circ}10'$ と $14^{\circ}40'$ 及び東経 $28^{\circ}05'$ と $28^{\circ}35'$ に囲まれた範囲に相当する。カブエ鉍山は南緯 $14^{\circ}27'$ 、東経 $28^{\circ}26'$ にあり首都ルサカからグレート・ノース・ロードにより北方約140kmの点に位置する(図1-1-1)。地域を、便宜上、過去の探査活動に基づき、東より西に向かって次の4つの地区に区分する。

- (1) カブエ (kabwe)採掘地区
- (2) チワンダ (Chiwanda) 地区
- (3) カブエ・ウエスト (Kabwe West) 地区;以前にセベンベール (Sebembere)と呼ばれた地区
- (4) ルカリ (Lukali) 地区;旧カーマノール (Carmanor) 鉍区を含む。

1-1-1 Location Map



カプエ鉱山は以前はブローケン・ヒル鉱山と呼ばれていた。

チワンダ地区はカプエの西約5 kmにあって、元のブローケン・ヒル鉱山の鉱区のセブンペール開発区の間で4,890ヘクタールの探鉱権が設定されていた。

カプエ・ウエスト地区は、その中心がカプエの北西約20 kmに位置し、近年の探鉱地域は17,000ヘクタールの面積を有した。中に以前のセブンペール鉱区の範囲を含む。

ルカリ探鉱権はカプエの北西約25 km付近で、セブンペール開発区の北西に隣接する47,268ヘクタールの範囲にあった。この地区内で、カプエの約30 km西北西にあたる所に幾つかのカーマノール鉱区が存在した。

1. 2. 2 気候及び植生

9月から10月にかけての暑い乾季の平均気温は30～33℃程度である。年間の平均降雨量は900～1,000 mmで、そのほとんどが11月から3月にかけて、短時間の豪雨の形で降る。地域は粗い灌木林であって、雨期の間は雑草に覆われる。林の一部は栽培のため、切り払われている。

1. 2. 3 地 形

地域は標高1,150～1,200 mの平原にあり、排水はダンボ (dambo) と呼ばれる低湿地による。主な水系は西に流れてルカンガ・スワンプ (Lukanga Swamps) に至るか、あるいは東に流れてムルングシ (Mulungushi) 川に注ぐ。ルカリ地区西域の地下水面は乾季でさえも2 mを超えないと言われる。

1. 2. 4 地質概説

カプエ地域は非常に露出が不良で、約4,000平方キロメートルでおよそ100余りの露出が報じられているに過ぎない。層序は主として広域的なピット掘削ないしダイヤモンド試錐の結果に基づく。

大きく見ると、構造的には基盤の花崗岩質片麻岩及び片岩類を核とした、南西方向に落ちす背斜構造より成っている。基盤岩類は不整合に先カンブリア界のカタンガ系堆積岩類に覆われているが、堆積岩類の走向は基盤岩類との接触面のそれと平行である。カタンガ系の底部はしばしば礫岩質である。アルコース砂岩及び珪岩が基底のすぐ上部に分布するが、その厚さは所により種々異なる。千枚岩及びドロマイト層は主として泥質ドロマイト及び同質石

灰岩より成り、千枚岩及び透明な結晶質ドロマイト層を伴う。安山岩ないし輝緑岩と記載される熔岩あるいはシルがこの層準の上部付近に産する。塊状のドロマイト層がカーマノール地区及びセベンベールでの試錐孔内で報告されている。

1. 2. 5 開発史

対象地域では、今世紀当初におけるブローケン・ヒル鉛・亜鉛鉱床の発見以来、強力な探査が実施されてきている。

カプエ鉱山の鉱床は1902年に発見されたもので、コプエ (Kopje) と呼ばれる目に付きやすい円頂丘に鉛・亜鉛の炭酸塩鉱物が見出された。鉱山は当初、オーストラリアの鉛・亜鉛鉱床にちなみブローケン・ヒルと命名され、1904年にローデシア・ブローケン・ヒル開発株式会社が設立されている。1906年、南から鉄道が到達した機に亜鉛焼鉱の輸出が行われたが、連続操業が開始されたのは1915年に小型の熔鉱炉が設置されてからである。

カーマノールの鉛・亜鉛・バナジウム鉱床は1920年代に発見され、鉱区はブローケン・ヒル社の有するところとなり、バナジウムを対象に採掘された。

1925年に、当時この地方のすべての鉱業権を保有していた英国南アフリカ社は、南緯15°以北の地域の探鉱権をゴールド・フィールズ・ローデシア開発とローデシア・ブローケン・ヒル開発に与え、これら両社はこの地域を探索するべくロアングワ・コンセッション (北ローデシア) 社 (Loangwa Concession (N.R.) Ltd.) を設立している。最初の広域地質調査を実施したのはこの会社であった。後に両社の経営権はアングロ・アメリカン・コーポレーションに支配される資本に移された。コンセッションは1940年に消滅し、幾つかの小さな鉱区を残して探鉱権は放棄された。

1953年から1954年にかけて、リオ・ティント (Rio Tinto) 社は、いわゆるリオ・ティント区域と呼ばれる地域の探鉱権を獲得しているが、これに含まれていないのはブローケン・ヒル社の保有する鉱区のみであった。リオ・ティント社の子会社ミネラル・サーチ・オブ・アフリカ (Mineral Search of Africa) 社は25内外の個々の地域の探査を行っている。1963年にリオ・ティント社はブローケン・ヒルの北西のセベンベールの銅鉱区を残してこれらの地域を放棄したが、この鉱区は1970年まで保持されている。

ローデシア・ブローケン・ヒル開発社の鉱区とリオ・ティント社のセベンベール鉱区を除いた地域は、1964年にアングロ・アメリカンの子会社チャータード・エクスプロレーション (Chartered Exploration) 社が探鉱権を獲得、同年より探査活動を開始した。

チャータード・エクスプロレーション社は1964年から1970年にかけて8か所で探鉱を続けている。同社はこの地域での基盤岩とカタンガ系堆積岩類との境界線を、ほぼその

全長にわたって密にピットを掘ることにより追跡した。この会社は1969年にザマングロ・エクスプロレーション (Zamanglo Exploration Ltd.)社と改称している。

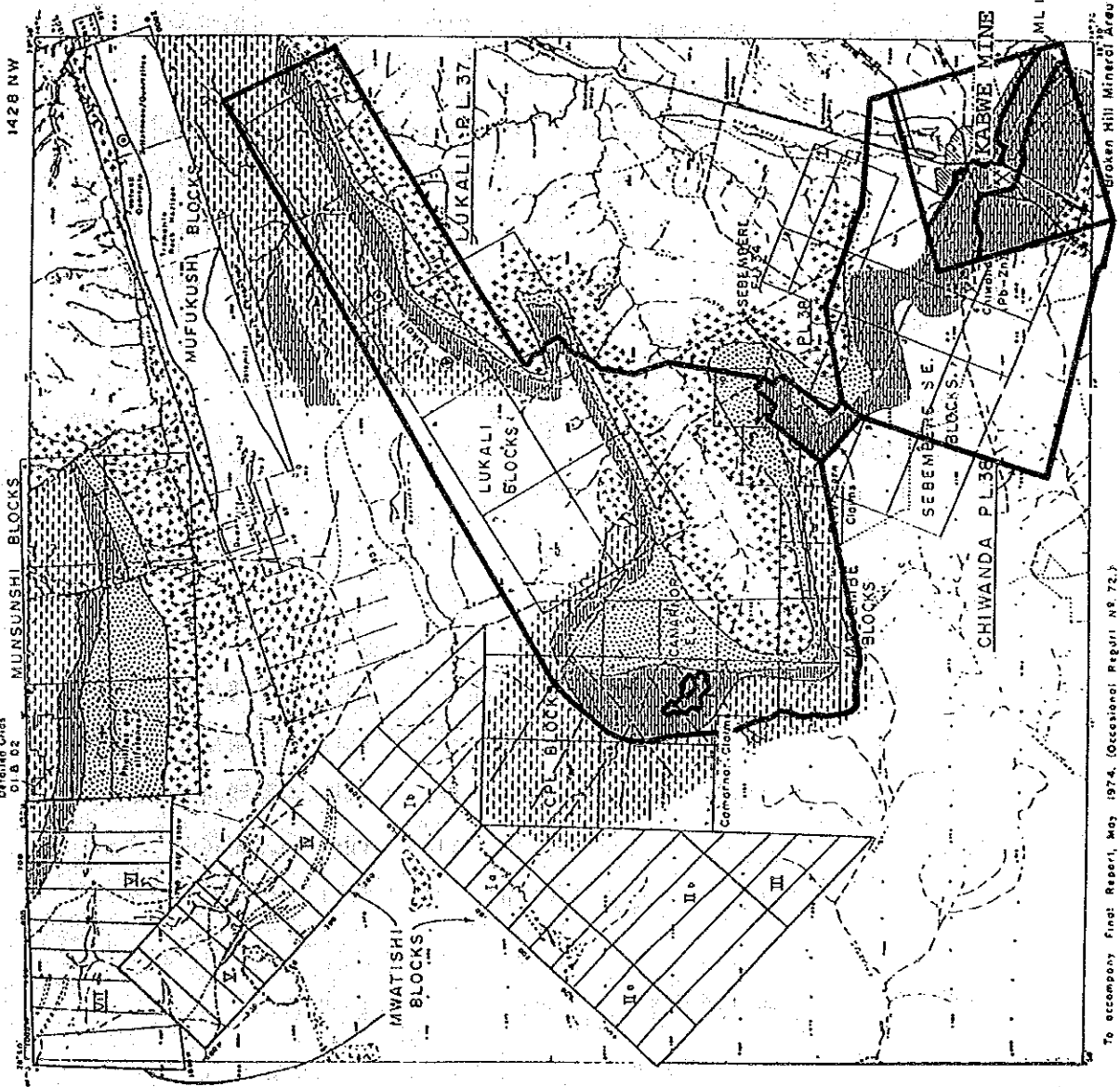
1970年に鉱業法が発効したのに伴い、ザンビア・ブローケン・ヒル開発社は、従来の鉱区の対角線方向で、鉱化が認められるドロマイト帯に沿った帯状の区域に限定して採掘権を設定した。ザマングロ社も大部分の区域を放棄し、ルカリとチワンダの2つの試掘権のみを設定、1972年まで、ピット掘削、地化学調査及びダイヤモンド試錐を実施した。

1970年に政府が鉱業開発公社を通じてアングロ・アメリカン・コーポレーション社の51%の利権を獲得したのに伴って、同社はヌチャンガ・コンソリデーテッド銅鉱山 (Nchanga Consolidated Copper Mines)に再編成され、更にローン・コンソリデーテッド銅鉱山 (Roan Consolidated Mines)との合併の結果、1981年にザンビア・コンソリデーテッド銅鉱山株式会社 (Zambia Consolidated Copper Mines Ltd. : ZCCM) が設立されている。なお、鉱業開発公社はザンビア工鉱業公社に吸収された。

1970年、ルーマニアの鉱業法人ジオミン (GeomIn) 社がセベンペールに試掘権を設定、更に開発権に切り替えた。1970年から1972年にわたって9孔の試錐と37mの深度までの立坑が掘削されている。1975年にはジオミン社と鉱業開発公社と共同でモカンボ (Mokambo)開発社としてセベンペールの銅の探査を行っている。この時の計画は向斜帯中央部の5孔の試錐を含んでいる。試掘権は1975年に消滅した (図1-2-1)。

鉱業開発公社の一部に1971年に設立されたM I N D E Xは、亜鉛を目的として1976年にセベンペールの試掘権を取得、カプエ・ウエストと命名した。オーガー試錐403孔、合計深度6,418mを含む野外作業は1978年に中断されている。この年、M I N D E Xはザンビア工鉱業公社の一部となってM I N E Xと改称したが、肥料原料鉱物の探査に優先権が与えられたために、以後、カプエ・ウエストの調査は行われていない。

1-2-1 Mineral Claims & Mining Rights in 1972



To accompany Final Report, May 1974. (Occasional Report No. 72)

1. 3 調査の関係者と調査日程

1. 3. 1 調査関係者

(1) S/W締結

日本側

松川圭男 (金属鉱業事業団)
岡島弘二 (通商産業省資源エネルギー庁)
北良行 (国際協力事業団)

ザンビア側

R.L.Bwalya (Executive Director, ZIMCO)
Nkata (Permanent Secretary, NCDP)
J.H.Siwabu (Legal Counsel, Group Corporation Secretary)
A.S.Sliwa (Chief Geologist, MINEX)

(2) 調査監理

小山恭一 (金属鉱業事業団)
平野英雄 (金属鉱業事業団)
馬場洋三 (金属鉱業事業団)
安達直隆 (金属鉱業事業団)

(3) 調査団

<u>担当</u>	<u>団員氏名</u>
総括	小野孝 ((財)国際開発センター)
地質	富沢尚明 ((財)国際開発センター)
物探	角田晴信 ((財)国際開発センター)
鉱山	小島康司 ((財)国際開発センター)
インフラ・経済評価	土井正幸 ((財)国際開発センター)

(4) カウンターパート調査協力者

RMC (Reserved Minerals Corporation Limited)

J.C.Vergeer

Managing Director

M I N E X (Mineral Exploration Department)

A.S.Sliwa	Chief Geologist
L.Borsch	Chief Geochemist
D.Muleia	Senior Project Geologist
C.H.Muyovwe	Senior Project Geophysicist
E.Mbumba	Project Geologist
S.Simasiku	Project Geologist

Z C C M (Zambia Consolidated Copper Mines)

L.P.Mabson	Executive Director (Development)
P.V.Freeman	Consulting Geologist

Kabwe Division, Z C C M

F.R.Sakala	Mine Superintendent
M.M.Nyangu	Head of Finance and Supply
M.G.Downing	Mining Engineer
A.Le Roux	Resident Geologist
W.P.Faherty	ISF Superintendent
C.L.Milupi	Engineering Superintendent

1. 3. 2 調 査 日 程

(1) 調査全体日程

項 目	1987年	1988年		
	1 2 月	1 月	2 月	3 月
調 査 準 備	▨			
現 地 調 査		1/9 ~ 1/31 ▨		
報 告 書 作 成			▨	

(2) 現地調査日程

- 1/ 9 (土) Tokyo 12:30(JL 401) →16:05 London 19:00 (QZ 001) }
1/10 (日) } Lusaka 6:40
- 1/11 (月) JICA表敬、大使館表敬、MINEX 表敬
- 1/12 (火) MINEX 打合わせ及び資料検討作業
- 1/13 (水) ZCCM 打合わせ及び資料検討作業
- 1/14 (木) RMC 表敬及び資料検討作業
- 1/15 (金) 資料検討作業及び Kabwe 調査準備
- 1/16 (土) Lusaka→Kabwe 移動、Mita Hills Dam 視察
- 1/17 (日) Kabwe West 踏査
- 1/18 (月) Kabwe 鉱山視察及びヒアリング
- 1/19 (火) Kabwe 鉱山視察及びヒアリング
- 1/20 (水) Kabwe →Lusaka移動、MINEX 報告
- 1/21 (木) 資料検討作業及び原稿執筆
- 1/22 (金) 資料検討作業及び原稿執筆、ZCCM 打合わせ
- 1/23 (土) 資料検討作業及び原稿執筆
- 1/24 (日) 資料検討作業
- 1/25 (月) 資料検討作業及び原稿執筆
- 1/26 (火) 資料検討作業及び原稿執筆
- 1/27 (水) 資料検討作業及び原稿執筆
- 1/28 (木) MINEX 報告、大使館報告、JICA 報告
- 1/29 (金) 帰国準備、Lusaka 22:40 (QZ 006) }
1/30 (土) } 6:25 London 19:00 (JL 402) }
1/31 (日) } Tokyo 15:50

第2章 カブエ鉦山の現況

第2章 カブエ鉱山の現況

2. 1 地質及び鉱床

2. 1. 1 地 質

本鉱山の地質はプレカンブリア界の基盤岩類とこれを不整合に覆う後期プレカンブリア界のカタンガ系よりなる。基盤岩類は結晶片岩、片麻岩及びこれらに貫入した花崗岩類で構成されている。カタンガ系は千枚質岩よりなる下部ブローケン・ヒル層群とドロマイト質岩の上部ブローケン・ヒル層群に区分される。さらに上部ブローケン・ヒル層群は下位よりドロマイト質頁岩、砂岩・礫岩、頁岩・ドロマイト互層（片状ドロマイト）及び塊状ドロマイトに細分されている。この塊状ドロマイトは層厚 280m以上、明白色を呈し細粒均質で本鉱山の鉱床胚胎母岩となっている。

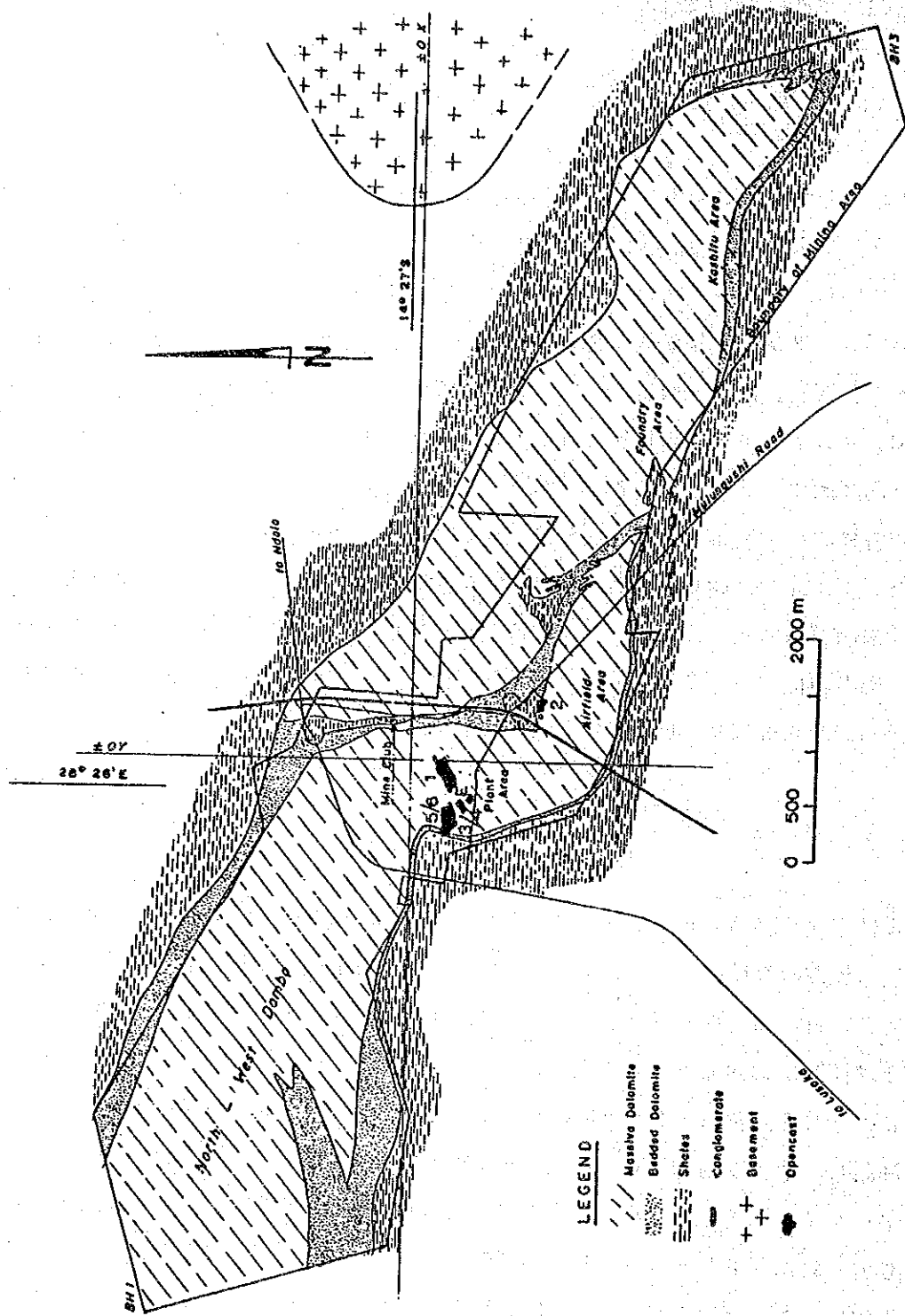
地質構造はルフィリアン (Lufilian) 期 (615~635m.y.) の2回の褶曲作用により形成された。まず北西-南東軸の北西へ緩くプランジする向斜が、次いでこれにはほぼ直交する東北東-南南西軸で東へ浅くプランジする褶曲が生じた。その後、塊状ドロマイトを挟むように北-南方向に平行する断層でドロマイト部分が地溝化された。主要鉱体は地溝状ドロマイトの後期褶曲北翼部に胚胎している (図 2 - 1 - 1) 。

2. 1. 2 鉱 床

本鉱床発見当時は地表に7つの露頭が認められ、No. 1 からNo. 7 鉱体までが命名された。その後の深部開発に伴いNo. 3 と4、そしてNo. 5、6 と7 はそれぞれ地下で同一鉱体であることが確認され、追加発見鉱体を含め現在はNo. 1、2、3 / 4、5 / 6、8、E 及びX と呼ばれる7 鉱体が採掘対象となっている。

このうち6 鉱体は東北東方向の長さ1,000 m、幅300 m、深さ500 m のブロック内に胚胎し、他の1 鉱体、No. 2 はその南東約700 m に位置している。ブロック内の鉱体は塊状ドロマイト中の不規則パイプ状の塊状鉱体で、走向N 65° ~ 75° E、傾斜約80° N、そして一般に30° ~ 50° NE へプランジしている。鉱体の平面的な形状は楕円形である。最大規模の鉱体はNo. 5 / 6 で、走向延長100 ~ 200 m、幅20 ~ 40 m、プランジ延長約800 m で地表より本鉱山最下底の1,650 フィート・レベル (地表下約500 m) まで達している。No. 2 鉱体はドロマイト / 頁岩の接触部沿いに急傾斜層状に胚胎し、平面的に100 × 20 m の規模で地表より1,250 フィート・レベル (地表下375 m) まで連続し

図2-1-1 カブエ鉱山付近地質図 (After C. R. Kortman, 1972)



ている。

鉱体は初生硫化鉱中心部とそれを囲む2次酸化鉱帯よりなる。酸化鉱帯の幅は5～10mで、その深部変化は少なく鉱体の最下底部までほぼ一定し、鉱体の幅が20m以下の場合、No.2 鉱体のように中心部まで完全に酸化されている。硫化鉱は初生の閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱及び極少量の黄銅鉱と斑銅鉱を伴う。脈石鉱石はドロマイトと石英である。鉱物の晶出順序は黄鉄鉱→閃亜鉛鉱→方鉛鉱で、鉱物比の上下変化は認められない。酸化鉱帯は主に珪酸亜鉛鉱、菱亜鉛鉱と白鉛鉱よりなり、塊状から多孔質まで見掛け上変化し、鉄酸化物のため茶色を呈する。バナジン鉛鉱 (Descloizite)等のバナジウム鉱物が酸化帯の外縁部に富む。

鉱体と母岩との境界は明瞭で、角礫帯や裂かが観察される場合もある。また、母岩の塊状ドロマイトは鉱体付近で角礫化していることがある。多くの場合、鉱体から15m以内で、特に鉱体上部に見られる。角礫は1～50cmの明灰色ドロマイトで茶色石質マトリックスで固結されている。このマトリックスは鉱体外縁に沿うジャスパー様石質土と類似しているの、角礫化作用は鉱体の酸化作用と同時期に生じたと考えられている。

鉱化時期は硫化鉱中の方鉛鉱の鉛アイソトープ組成からは712m.y.の年代が得られている。この年代は母岩のドロマイトの堆積年代と同じかわずかに新しいが、ルフィリアン期(615～635m.y.)以前である。鉱床生成過程としては、ドロマイトと同時期に堆積した金属成分が堆積盆の遺留水により移動し、母岩の変形時にパイプ状鉱体に濃集したと考えられている。

2. 1. 3 鉱量計算

鉱量は探鉱の進展度によりOre ReservesとResources に大別される。

1) Ore Reservesは100ft(30m)以内の間隔の坑道2レベル以上で確認されている鉱画の鉱量と坑内起砕済鉱量を含む。これら鉱画は更に採掘準備の進展により開発済(Fully Developed)、準備中(Partially Developed)、未着手(Undeveloped)に細分されている。これまでに硫化鉱石主体の鉱体を上部より順次採掘してきたので、現在の鉱画は各鉱体の最下底レベル及び端部、それに酸化鉱石主体のためほとんど未採掘のNo.2 鉱体に計上されている。

鉱画は鉱石鉱物の組成により硫化鉱体と酸化鉱体に区分するが、品位的には亜鉛品位のうち酸化鉱石比率30%以上が酸化鉱体に分類されているようである。鉱画品位は1.5m間隔のチャンネルサンプリング品位(Pb、Zn、Fe、S)の加重平均である。また鉱体と母岩との境界は明瞭で、かつ鉱体は高品位であるので品位によるカットオフの概念は考慮されておらず、鉱体のすべてを鉱量に計上している。

鉍石比重は硫化鉍体 4.5、酸化鉍体 2.9 で、ずり比重は 2.8 である。そして起砕済鉍石比重はそれぞれ 3.4、2.4、2.1 とされている。

2) Resources は 1 レベルの坑道、試錐等で確認されている鉍量で No. 2 鉍体及び後述する オールド・エアフィールド、スター・ジンの 3 地域に未細分鉍量として計上されている。

以上の他に No. 5 / 6 鉍体中央部、No. 1 鉍体東部等に鉍量として未計上の残柱部がある。

1987年4月1日現在の鉍量集計は次のとおりである。

(1) Ore Reserves (1,000 Tonnes)

珪酸（酸化）鉍			硫 化 鉍			合 計		
鉍 量	%Zn	%Pb	鉍 量	%Zn	%Pb	鉍 量	%Zn	%Pb
1,385	16.3	5.2	143	29.5	15.7	1,528	17.5	6.2

(2) Resources

区 域	鉍 量 (1,000t)	品 位	
		%Zn	%Pb
No.2 Ore Body	369	10.7	1.5
Old Airfield	3,573	3.0	—
Star Zinc	218	19.7	—

2. 1. 4 探査活動

鉍山操業間もない 1920 年代より探鉍作業は坑内外より開始されているが、鉍量減少化に伴いここ 10 年間は積極的に進められている。

現探掘鉍床地域及びその近傍では平行鉍体及び既知鉍体の側方・下方延長の探鉍を目的に坑道展開、坑内外試錐が実施されており、現在 L-38 型試錐機 2 台により年間 6,700 m の試錐が計画されている。しかしながらこれまでに現鉍床に相当する優良鉍体には達着していない。

また鉍区内については、その全域を組織的土壌地化学探査でカバーし、ドロマイト分布域内に有力なアノマリー地域を捕捉している。1 つは現鉍床の南東 1.5 km のオールド・エアフィールド (Old Airfield) で、1980 年に傾斜試錐 26 本、計 1,800 m を実施し、ドロマイト中の鉍染状・細脈状亜鉛鉍床として約 360 万トン、3%Zn を計上している。現在、その深部探鉍のため深掘り試錐が計画されている。また、現鉍床の東南東 6.5 km のファウンド

リー (Foundry)では表土下のドロマイト中に小規模なパイプ状鉱体が確認されている。さらに、現鉱床ブロックの東北東延長部に位置するマイン・クラブ (Mine Club)には焼けた小露頭が分布し、試錐が計画されている。その他には現鉱床の南東 5.5 kmのカシツ (Kashitu)アノマリーがある。

スター・ジンク (Star Zinc)は、ルサカ市の北西約 20 km、カプエの南西約 120 km、ルサカーカプエを結ぶ国道より西へ 2 km入った地域で、1920年代に小規模に露天掘りされた。その後数本の試錐が実施された地域である。

2. 2 採 鉱

当鉱山は前記のごとく古く開発されたもので、かつては露天掘も行われ、坑内も複雑に開発しつくされている。

2. 2. 1 生 産

現在は、No. 1、No. 3 / 4、No. 5 / 6、No. 8、Xの5つの鉱体の残された下部及び残柱と、全くの酸化鉱体であるNo. 2 鉱体の採掘を行っている。

生産計画による生産量は鉱石約1 3,0 0 0 t / 月、採掘切羽での混入ずりと開坑ずりが合わせて約3,2 0 0 t / 月、鉱石品位は1 3.2 % P b (うち硫化鉱分5.3 %)、1 8.8 % Z n (うち硫化鉱分7.2 %) となっている。

鉱石と母岩が重液選鉱で簡単に分離できるため、開坑ずりも鉱石に混入されて同じ運搬系統で坑外に運ばれてそこで分離されている。

2. 2. 2 坑内構造

鉱床及び採鉱設備の主な配置を平面図(図2-2-1)及び模式断面図(図2-2-2)に示す。No. 5 / 6 鉱体とNo. 2 鉱体の中間に鉱石立坑とデイヴィス(Davis)立坑がある。鉱石立坑はスキップ間2間、ケージ間2間に、小さな巻上機をつけた補助間と、5つの区画を持つ角型の主要立坑で、地表から1,3 7 0 フィート・レベルまで掘削されており、5 5 0'、8 5 0'、1,0 5 0' 及び1,2 5 0' の各レベルにプラットフォームを有している。

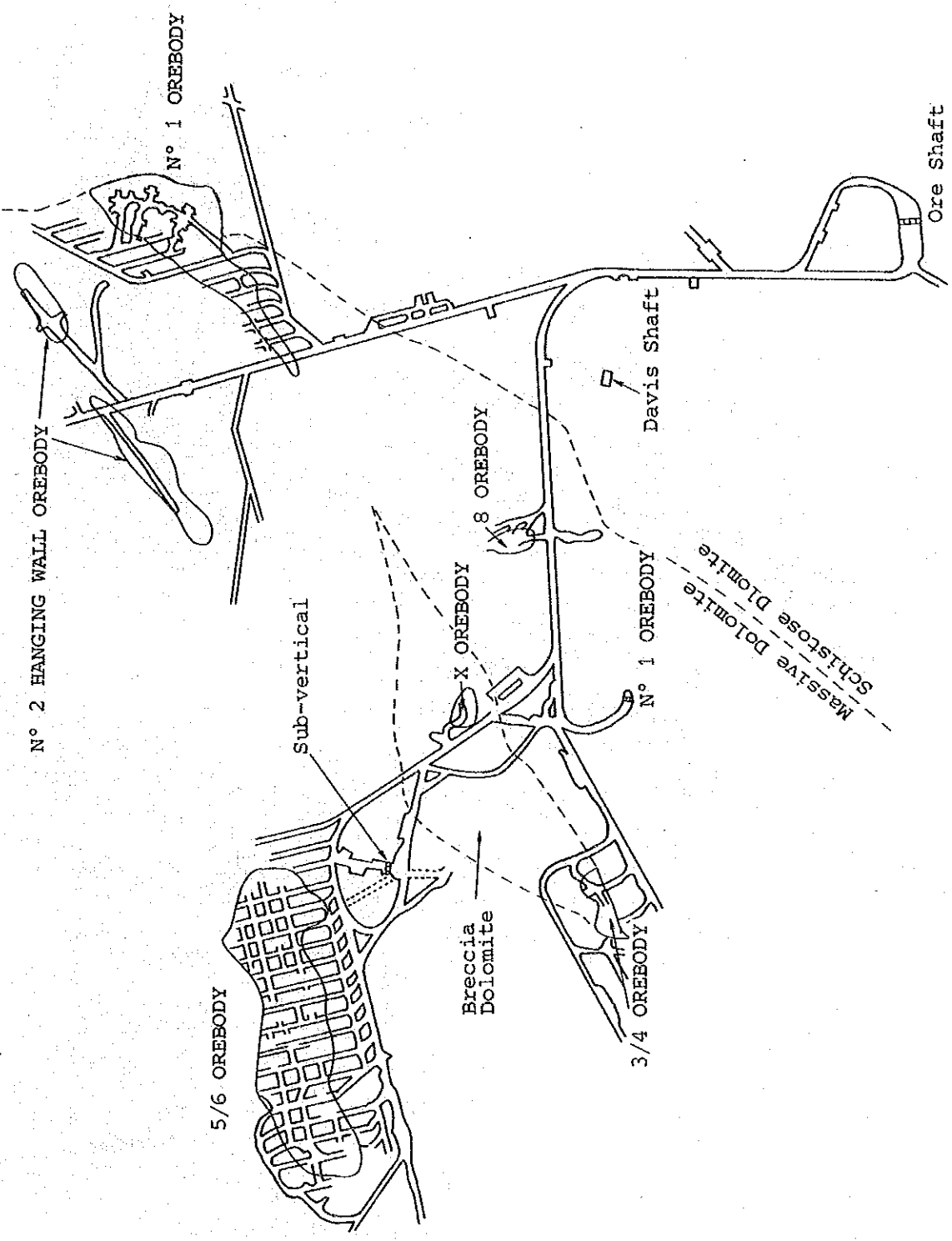
デイヴィス立坑は地表と1,5 8 0' レベル間に掘られており、現在は主に排水に用いられている。この立坑の1,0 8 5' 及び1,5 8 5' レベルのプラットフォーム付近にポンプ座が設けられている。

第1立坑はNo. 1 鉱体の近くにあり、現在は地表から8 5 0' レベル間が排気に使用されている。鉱床下部に対しては8 5 0' レベルから1,6 5 0' レベル間に盲立坑である準垂直立坑(Sub-vertical Shaft)が開削されており、鉱石及びずりの巻き上げと人員の運搬を兼ねるように作られたスキップが取り付けられている。

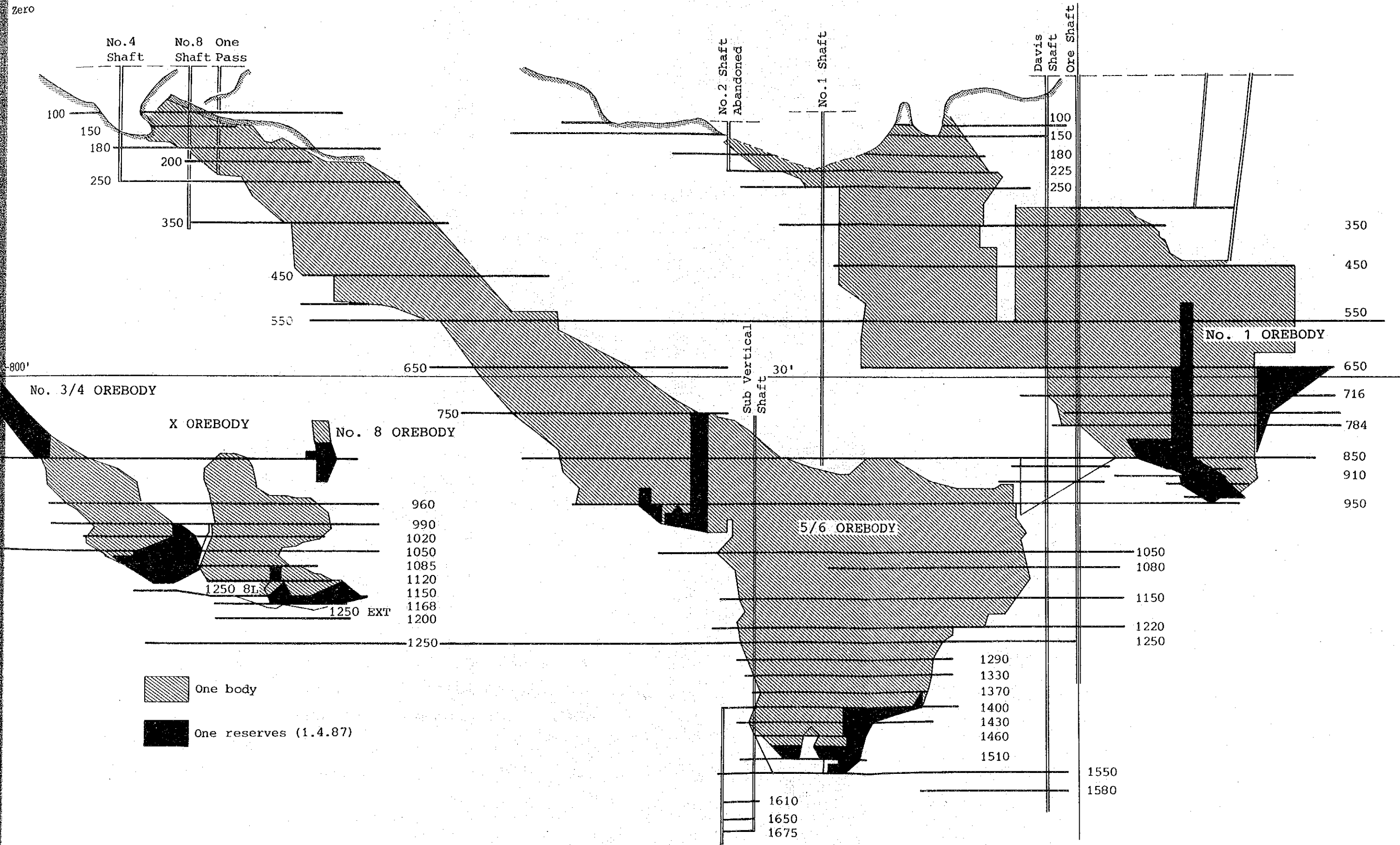
鉱床の母岩となるドロマイトが非常に堅固であるため、これらの立坑は地表部とプラットフォーム部分を除くと支保を必要としていない。

水平坑道は1 0 0 フィート間隔を基準として開かれており、現在使用されている坑道は断面が2.5 m × 2.5 ~ 4.0 mで、ほとんどが無支保で、母岩内の空洞にあたった部分のみ支保

2-2-1 Typical Mine Level
 Showing Ore Bodies & Mine Structure



2-2-2 Vertical Projection of Kabwe Mine



が施されている。このほかサブレベルの開発のため多くの坑内斜坑及び通気立坑や掘上りが掘られている。

2. 2. 3 開 坑

開坑は月当たり延長が100m弱でジャックハンマー、ロッカーショベルを使用して行われている。爆薬としてはアンモニウム・ゲリグナイトとダイナマイトを用いている。

2. 2. 4 採 掘

採掘法はサブレベル・オープンストーピングで、基準としてはサブレベル間隔12mで鉱体の延長方向にまず切羽幅20m、鉱柱幅10mで採掘し、鉱柱は後で払われる。採掘はスタンド乗架の圧気動長孔削孔機を用いた扇状削孔により行われる。発破にはアンモニウム・ゲリグナイトのカートリッジと導爆線を使用している。

採掘跡は空洞として残されるが、ドロマイトが非常に堅固であるため大空洞がそのまま維持されていて問題を生じていない。酸化鉱体であるNo.2鉱体を除くと各鉱体はほとんど掘りつくされており、手のかかる残柱採掘を行っている。

起砕鉱の積込みは積込みレベルが直接、電車運搬坑道につながっている所ではドロポイントでロッカーショベルにより2t鉱車に積込む。また、それ以外の個所では電車運搬レベルとの間に坑井を設け、坑井とドロポイント間はスラッシャーを取り付けてこれで掻き込む。坑井に落とされた鉱石は電車運搬坑道の上に設けた積込み用漏斗より鉱車に積込まれる。起砕鉱のうちの大塊は切羽のドロポイントでスラブ状のアンモニウム・ゲリグナイトを用いた張付け発破により二次破碎される。

2. 2. 5 運 搬

2t鉱車に積込まれた鉱石及び開坑ずりは3.5t又は5t蓄電池式機関車で牽引され、鉱石立坑又は準垂直立坑に付属する坑井に投入される。坑井に投入された鉱石は鉱石立坑では1,310'レベル、準垂直立坑では1,610'レベルの積込口でスキップに積込まれ、坑外又は850'レベルまで巻き上げられる。

これら主要な巻上機の概要を表2-2-1に示す。

表2-2-1 巻上機概要

	鉍石立坑 第1, 2間	鉍石立坑 第3, 4間	準垂直立坑
製作年	1939	1939	1977
使用目的	ケージ	スキップ	スキップ
出力	600馬力	600馬力	175馬力
使用電力	直流500ボルト	直流500ボルト	交流550ボルト
速度	305 m/min	442 m/min	150 m/min
最大荷重	8,343 kg	8,750 kg	7,705 kg
ロープ	リング右撚り	リング右撚り	リング右撚り
	36 mm	36 mm	28 mm
ドラム径	3,048 m	3,048 m	1,524 m
ガイド	木製	木製	木製

2.2.6 排水

当鉍山は多量の坑内湧水で有名なカッパーベルト地域と同じ地層条件下にあるため坑内湧水は多く、現在の揚水量は50 m³/分弱となっている。これらの湧水はデイヴィス立坑の1,085' レベル、1,510' レベル、及び準垂直立坑の1,675' レベルのポンプ座に集められる。これらは更にデイヴィス立坑の1,085' レベルのポンプ座に集められ、これより地表へ揚水され工場用や家庭用に用いられている。

デイヴィス立坑内の揚水管としては内径20インチの管が3本配管されている。またポンプは主に西独製のものが使用されている。

2.2.7 通気

鉍石立坑、デイヴィス立坑などを入気とし第1立坑を排気として6,000 m³/分の通気が行われている。第1立坑の地表部は各所で地表と連結していて、送風機は主に第1立坑の850' レベルに設置されている。送風機としては局所通気を含め1,200 m³/分のものを8台使用している。

2. 2. 8 操 業

操業は3方制で行われているが開坑や切羽における削孔発破作業は1ノ方でのみ行っており、また発破は1ノ方の最後に行っている。

坑内では採鉱作業員約230人、係員約50人、施設員及びポンプ運転員約120人と計約400人が働いている。ここ数年間における採鉱作業員の人・方当たりの生産工程は図2-2-3に示すように2t/人・方を上回っており、当鉱山の置かれている状況に照らし合わせて考えると低い値ではない。

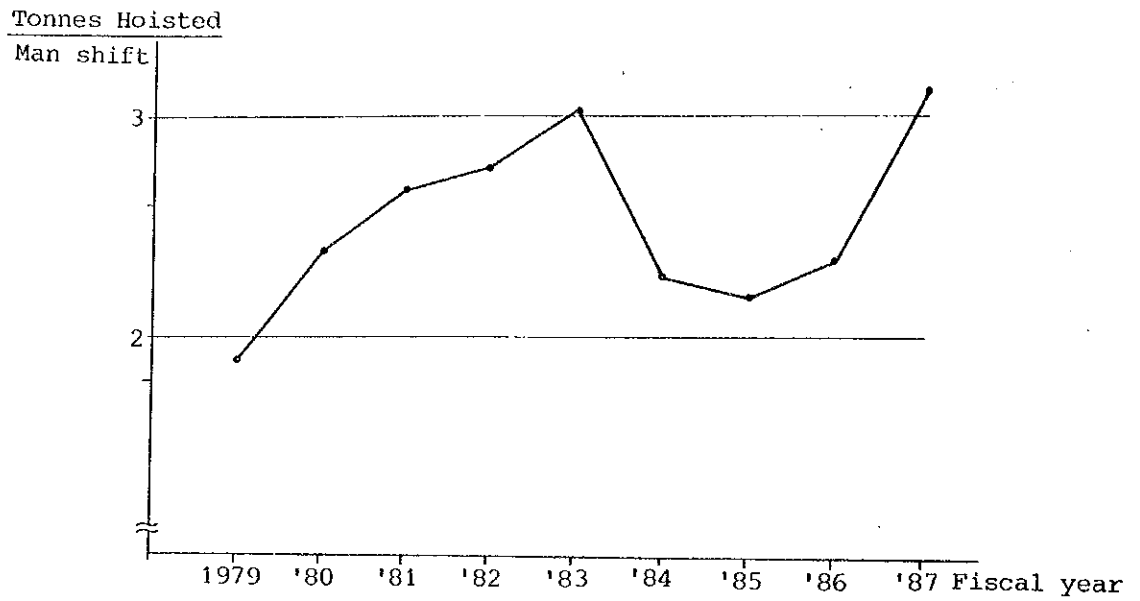
2. 2. 9 要 約

当鉱山の特色をまとめてみると次の5点にしばられる。

- ① 長い生産活動のため残された埋蔵鉱量が少なく、しかもそのうちの硫化鉱は残柱等で採掘に手のかかる状況下にある。
- ② 母岩のドロマイトは非常に堅固であり採掘開坑は行いやすい。
- ③ 古く開かれた鉱山であるため坑内は複雑に開発しつくされており、設備機械類も古くに作られたものである。
- ④ 人・方当たり労務費が比較的低い。
- ⑤ 坑内湧水量が多い。

これに対し当鉱山は鉱量が少ないこともあって古い設備を整備して使用して設備投資をおさえている。積込機・運搬機についても消耗部品代（ザンビアでは輸入品となる。）を廉価に押えうる旧式の小型機を昔のままに利用し、また人力によるなどで労務費が比較的低いこと及び岩盤の堅固であるという条件を活用して対処し、しかもそれなりの生産性を上げている。当鉱山の現状ではこれ以外の道はないものとする。

2-2-3 Mining Productivity of Kabwe Mine



2. 3 選鉱及び製錬

2. 3. 1 処理過程

当事業所における選鉱・製錬の過程の概要を図2-3-1に示す。

(1) 水洗・重液選鉱

坑内から巻き上げられた250m/m以下のずりを含んだ鉱石はジョークラッシャーで100m/m以下に砕かれて水洗分級される。

水洗された6m/m～100m/mの塊鉱は比重2.97に調整されたフェロシリコン液を用いる2.5m×2.5m重選機によりフロートとシンクに分離され、フロートのドロマイトはずり捨場に捨てられる。

シンク(12.4%T/Pb、4.4%S/Pb、17.9%T/Zn、4.6%S/Zn)¹⁾は1.3mコーンクラッシャー及び2.4m×1.8mボールミルにより325メッシュ以下が65%以上となるように砕かれて浮選の給鉱とされる。

一方水洗された粉鉱は脱水スクリーンで6m/m以下及び3m/m以上の混合粉鉱と3m/m以下のスライムに分離される。

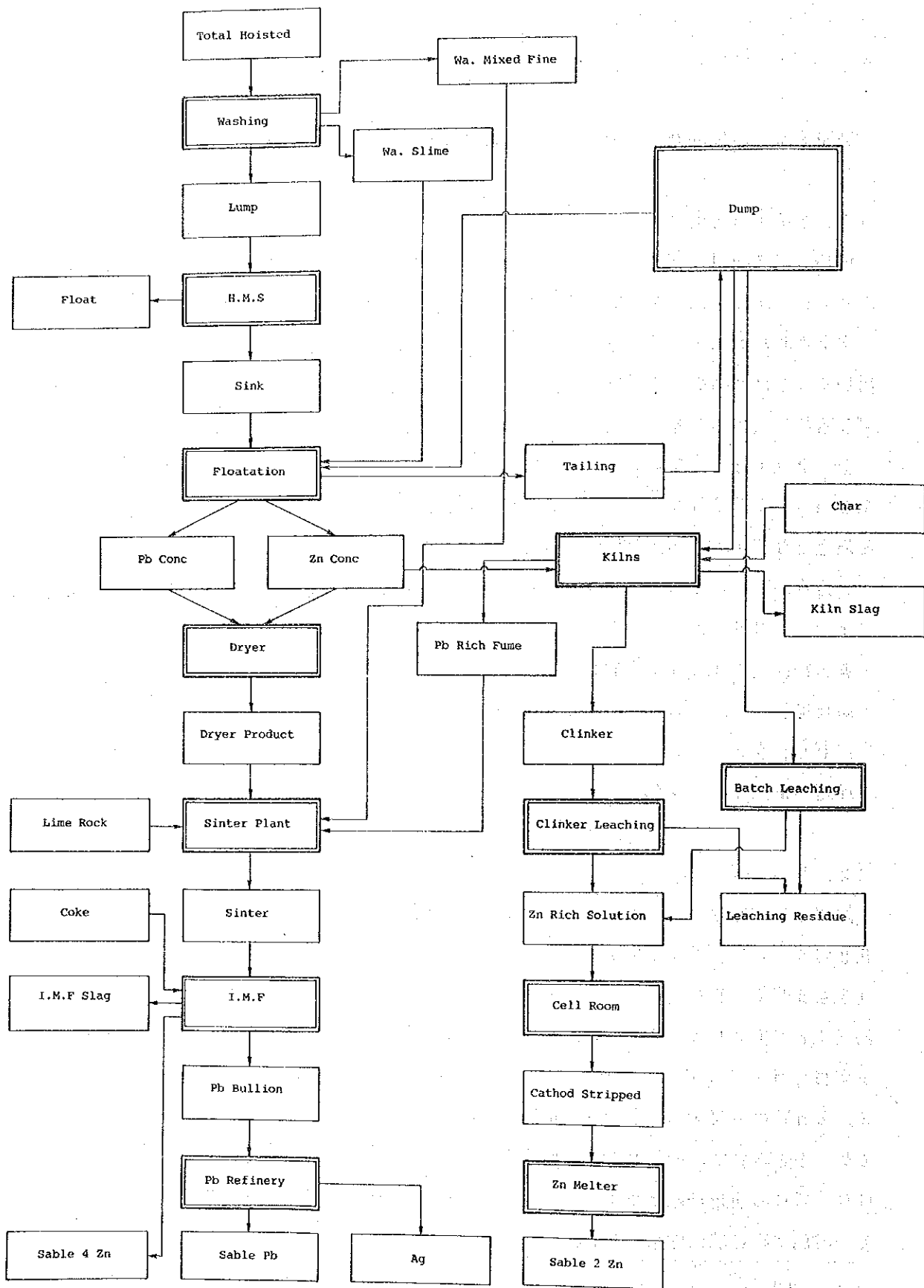
混合粉鉱(14.8%T/Pb、7.3%S/Pb、22.9%T/Zn、12.5%S/Zn)は硫化鉱品位が高いのでそのままシンタープラントのフィードとされ、スライム(16.2%T/Pb、6.2%S/Pb、15.2%T/Zn、8.0%S/Zn)はシックナーで濃縮されて浮選の給鉱に合わされる。

(2) 浮選

浮選は重液選鉱のシンク、スライム及び古い時期の浮選テイリング(15.3%T/Pb、5.9%S/Pb、14.7%T/Zn、5.7%S/Zn)を給鉱として行われ、これを鉛精鉱(30.0%T/Pb、21.8%S/Pb、22.3%T/Zn、15.4%S/Zn)、亜鉛精鉱(7.8%T/Pb、6.9%S/Pb、45.0%T/Zn、31.4%S/Zn)及び酸化鉱を主体とするテイリング(9.4%T/Pb、0.5%S/Pb、13.2%T/Zn、0.7%S/Zn)に分離する。このうち鉛精鉱と亜鉛精鉱はシックナーで濃縮、デスクフィルターでケーキとされて、鉛精鉱と亜鉛精鉱の一部はドライヤ及びシンタープラントのフィードとなり、残りの亜鉛精鉱はキルンにフィードされる。一方テイリングはシックナーで濃縮されて一時的に貯鉱場に貯えられる。

注1) 1987年度の生産計画による。以下同様。

2-3-1 Flow Sheet of Kabwe Processing Plant



(3) キルン及びリーチング（亜鉛酸化鋳処理系統）

テイリングのうち高い品位の部分（6.9% Pb、18.1% Zn）は高速度アジテーターを用いたバッチ式のリーチングにかける。

一方品位の低いテイリング（3.5% Pb、10.5% Zn）は木炭と共にウェルツ（Waelz）キルンで熱し亜鉛を蒸気として取り出し、これを亜鉛精鋳の残りと一緒に合わせてクリンカーキルンで処理して、クリンカー（2.3% Pb、56.2% Zn）とする。クリンカーは砕いてリーチングを行い、その貴液はバッチリーチングの貴液に合わせて3段階に精製し電解にかける。

リーチングに使用する硫酸はかつては自家生産を行っていたが現在は購入している。

(4) 電解・亜鉛精製

電解槽は自家製の鉛で内張りした木製のもので、カソードにはアルミニウム、アノードには鉛が使われている。

電解温度は36℃、電解電圧は258Vを基準として操業し、カソードは48時間ごとに引き上げて亜鉛をはがして束にする。

束にした長さ5.8m、幅3.7m、重量ほぼ90kgの亜鉛は容量120tの炉に3回（1回/方）に分けて投入する。炉は650℃まで熱しドロス（46.2% Zn）を除き、セイブル2種（Sable 2）亜鉛と呼んでいる製品とする。

(5) 焼 結

シンタープラントのフィードはドライヤーで乾かされた鉛精鋳・亜鉛精鋳に水洗による混合粉鋳及びクリンカーキルンより出た鉛に富む煙霧を合わせたもので、これに石灰分を加えてよく混合し、適当な水分下で圧力を加えてペレットとし、プラントにフィードする。

ペレットは0.6～1m/minで動く燃焼床上に約300m/mの厚さでフィードされ石油バーナーで熱せられてシンターとなる。

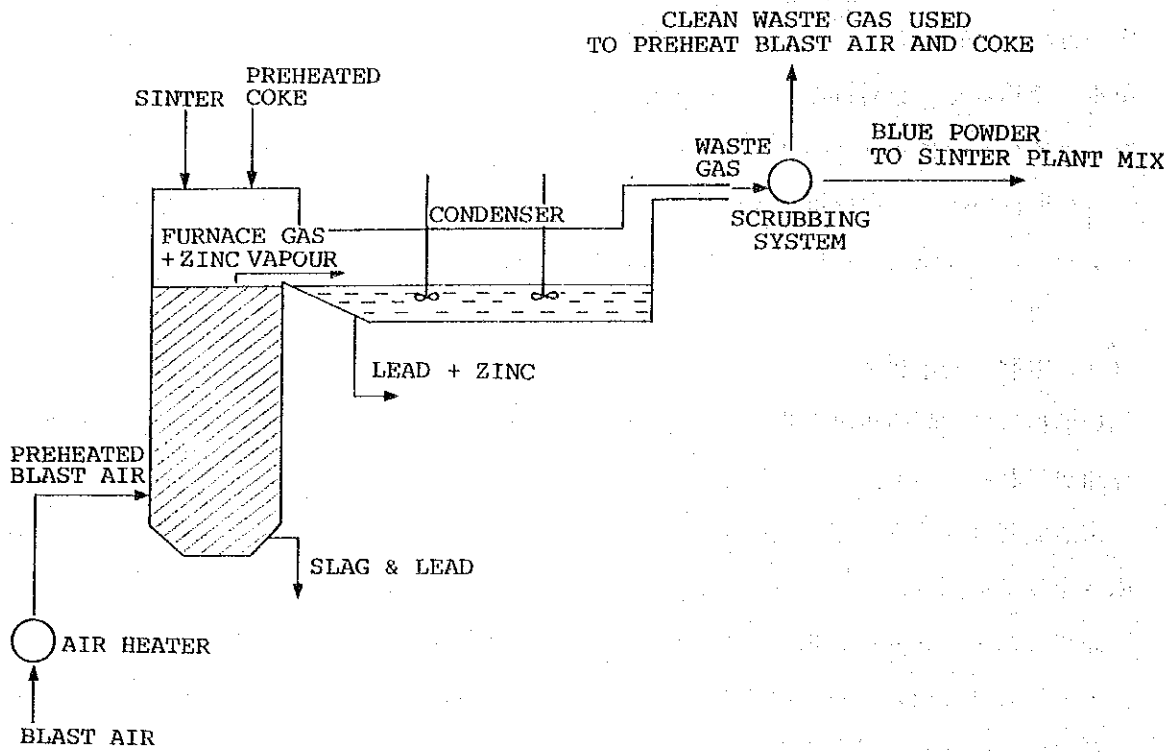
(6) I S F 炉

I S F 炉（Imperial Smelting Furnace）のフローを図2-3-2に示す。

炉は、炉体に高アルミナレンガを内張りした鋼ケーシング、炉床にはクロームマグネサイトレンガを使い、高さ9m、炉床からの高さ7m、炉床の幅1.55mのもので、炉の底には100m/m径の羽口が18個ついている。

ブレイカーとクラッシャーにより90m/m以下に砕かれたシンター（30.2% Pb、28.3% Zn）は600℃に予熱されたコークスと共に炉の上からチャージされ、一方650℃に予熱された圧縮空気がブローアーにより吹きこまれる。

图2-3-2 Flow Sheet of Imperial Smelting Furnace



気化した亜鉛は炉ガスと共にファーネス・オフテイクを通過してコンデンサーに導かれる。コンデンサーで冷された亜鉛は固化の過程で鉛を除かれてセイブル4種 (Sable 4) 亜鉛 (1.2% Pb、98.8% Zn) と呼んでいる製品となる。

一方、鉛ブリオンとスラグは炉底から引き抜かれて、鉛ブリオンは鉛精製炉に送られる。

(7) 鉛精製

ISFよりの鉛ブリオン (93.3% Pb、1.3% Zn) は脱銅・脱銀・脱亜鉛と3段階に処理されてセイブル鉛 (Sable Pb) となり製品となる。なおこの工程内で鉛ブリオン中に含まれる銀は回収されて製品となる。

以上は当事業所における金属の主要な流れのみを追ったものであるが、このほか、多くの繰返し工程が含まれており、その概要を図にすると図2-3-3のように複雑なものとなっている。

2.3.2 まとめ

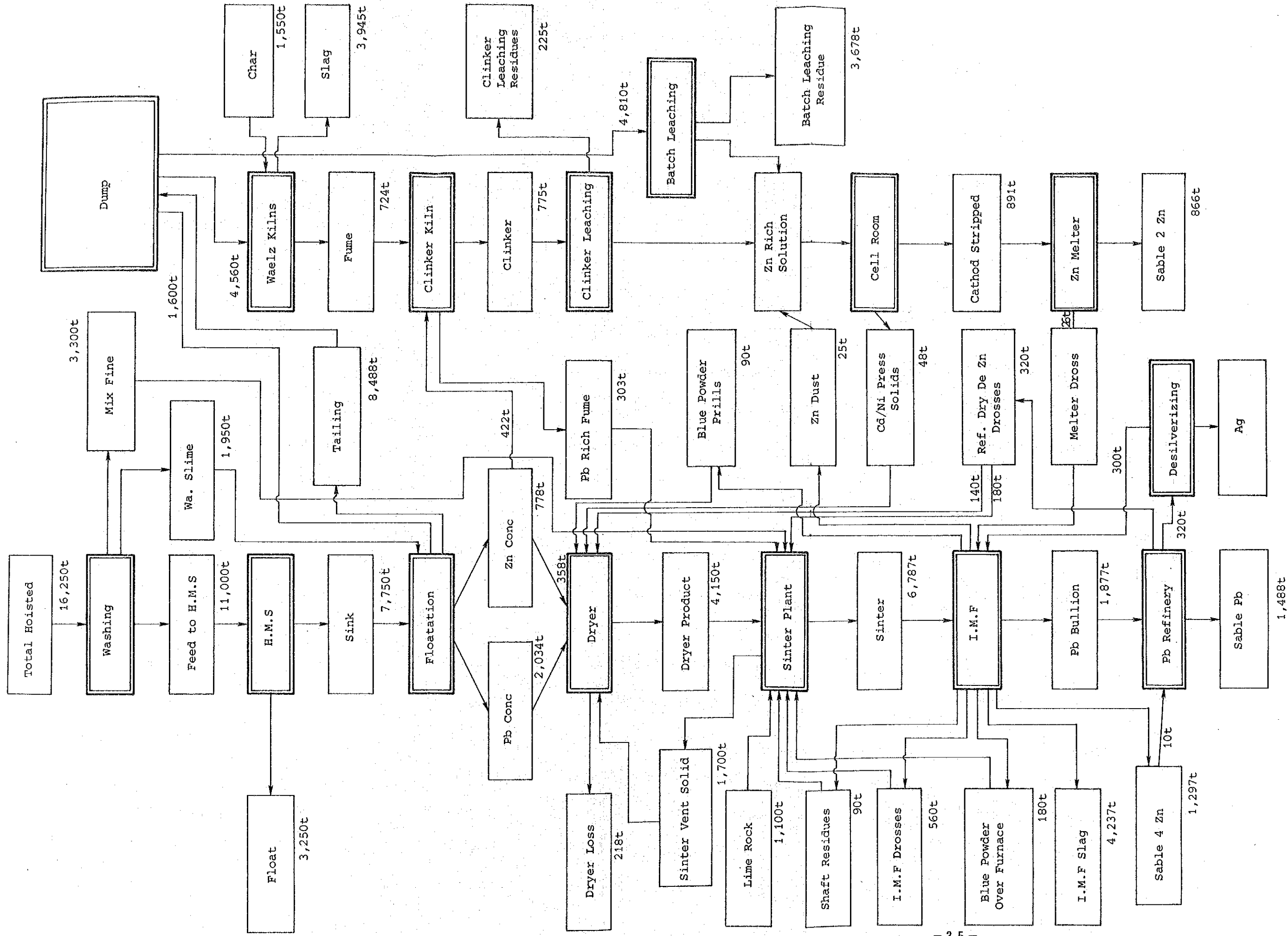
上記のごとく当事業所では選鉱製錬が入り混った複雑な金属回収方式を採用しているが、これは当鉱山の鉱石の持つ以下の特色、

- ① ほぼ半々の形の硫化鉱と酸化鉱を含む。
- ② 品位が非常に高く重液選鉱でドロマイトを除くと硫化鉱酸化鉱以外の脈石は少ないものになる。
- ③ 鉛と亜鉛の比率が1:2近くで安定してプラントにフィード可能。

などに年をおって適合させたプラントを作り上げていった結果である (注: 選鉱リーチング電解等1946年製、ISF関係1962年製、キルン1974年製)。

したがって当プラントの操業を維持するためにはカブエ鉱床の主体であったNo.1鉱体・No.5/6鉱体と同じような高品位で硫化物を半分近く有する鉱体 (できればPb/Znの比は1/2近くがよい。) を発見することが望ましい。

2-3-3 Detail of Plant's Flow Sheet
(From Production Estimated 1987)



2. 4 インフラストラクチュア

2. 4. 1 輸 送

1986/87会計年度のカブエ鉱山の輸送需要をみると、まず鉛と亜鉛については表2-4-1のようであり、合計して30,000トンの金属が1年間にカブエ鉱山より搬出されている。この金属の輸送には、鉄道が主要な役目を果たしている。

表2-4-1 金属輸送量 (1986/87年度)

(単位：トン)

鉛	輸 出	Dar es Salaam ルート	5,000
		Zimbabwe	800
	国内消費		2,000
	小 計		7,800
亜鉛	輸 出	Dar es Salaam ルート	19,000
		Zimbabwe	2,000
	国内消費		1,200
	小 計		22,200
合 計			30,000

出所：カブエ鉱山，ZCCM.

さて、ザンビアの鉄道網は、二つの異なる事業体によって運営されている。一つはカブエを通るザンビア鉄道 (Zambia Railways Ltd. : ZR) で、もう一つはタンザニア・ザンビア鉄道 (Tanzanian-Zambia Railways Authority : TAZARA) である。ZRは南部のビクトリア・フォールズ橋から銅ベルトに至る幹線 (848 km) とこれにつながる支線網 (425 km) とから成る総延長1,273 kmの路線を運営している。TAZARAはZRのカプリムボシ駅 (Kapri Mposhi) からタンザニア国境のツンドマ (Tunduma) までのザンビア部分 (880 km) と、ツンドマからタンザニアのダルエスサラーム (Dar es Salaam) までの部分 (970 km) の、総延長1,850 kmの路線を運営している。ZR, TAZARAともに軌間は1,067 mmで、相互乗り入れが行われている。

ZRはカブエを通過しており、表2-4-1のダルエスサラームルートとは、カブエからカプリムボシに至り、そこからTAZARAによってダルエスサラームまで行くルートのことである (図2-4-1)。このルートの鉄道運賃は、カブエ-カプリムボシ間がトン当たり24.72クワチャ、カプリムボシ-ダルエスサラーム間がトン当たり211.56クワチャである。したがってダルエスサラームルートの金属輸送費は、567万クワチャとなっている。

一方、資機材の搬入の主要な需要としては、年間に石炭30,000トン、コークス24,000トン、石灰石30,000トン、硫酸12,000トン、燃料重油3,500トン、部品5,000トンなどがあり、これを合計すると104,500トンとなる。これも鉄道を中心に一部のみ道路で輸送されている。

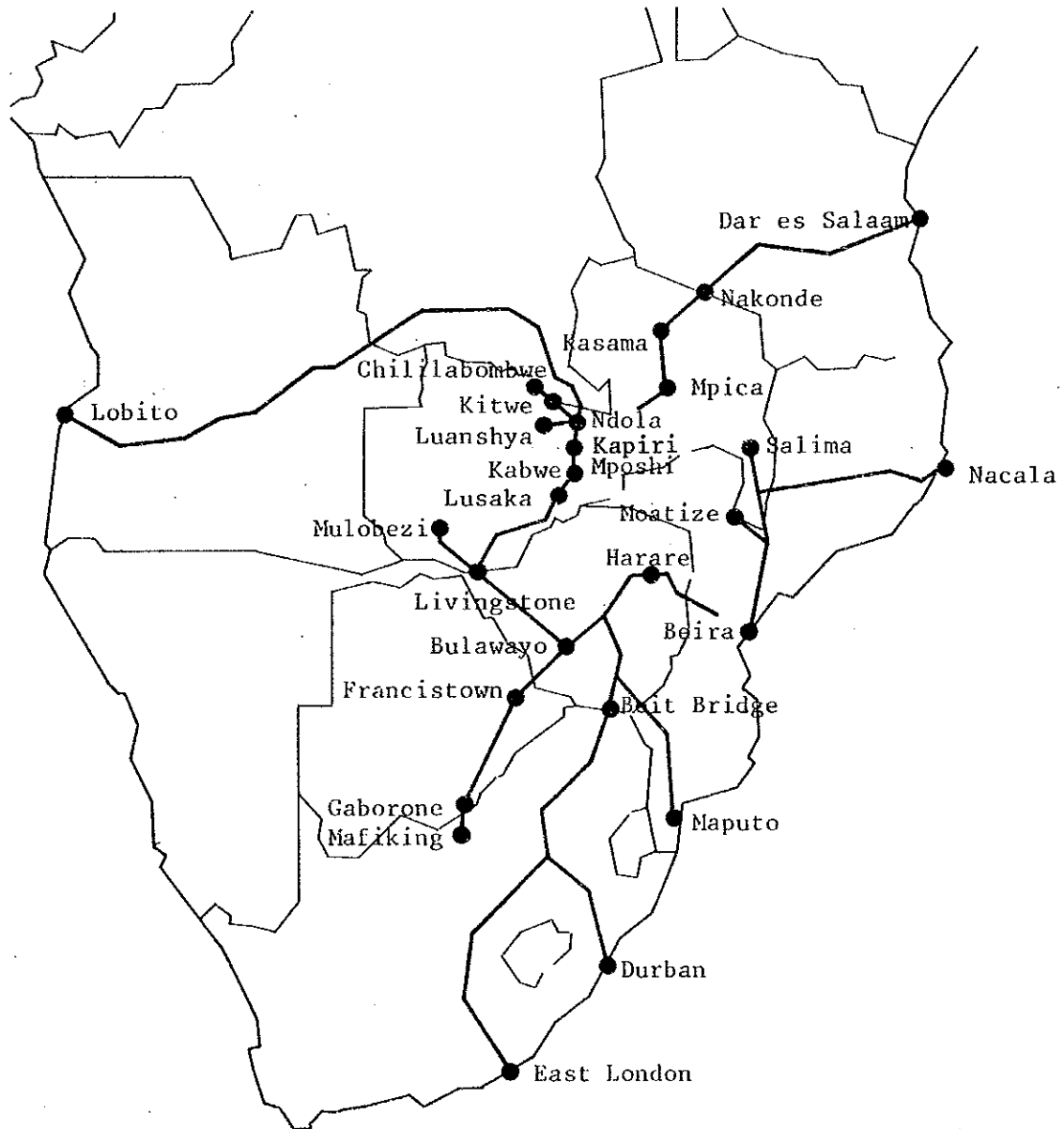
カブエは単にZRが通っているだけでなく、ZRの本社が立地しており、いろいろな便宜がはかられている。ZRの引込み線はカブエ鉱山内まで入ってきており、積込みも容易になっており、操車場にも近い。

このように鉄道利用が中心となっているカブエ鉱山であるので、鉱山自身で所有する車両は少なく、乗用車16台、7トン又は10トントラック14台、小型トラック33台などの他はフォークリフトやクレーンなどの鉱山内運搬機械だけである。

さてカブエ・ウエストないしは、付近に新しい鉱床が見つかって操業を始める場合には、もし輸送量が少なければトラック会社を雇うことになる。現在のトラック会社輸送費用は短距離の場合0.91クワチャ/t・km、長距離の場合は0.55クワチャ/t・kmである。しかしながら、もし輸送量が多ければ鉱山自身でトラックを調達し、輸送を行うことになる。

なお、通信については国の電話網に4回線を確保している他、鉱山と住宅街区の中に24回線の独自のローカル線を持っている。

図2-4-1 ザンビア及び周辺国の輸送ネットワーク



2. 4. 2 電 力

カブエ鉱山の最大電力需要は、30 MWである。また電力消費量は1987年12月には16,136,000 kWhであり、同年の年間消費電力は141,198,600 kWhであった。この電力需要に対してカブエ鉱山ではまず自らの所有による2つの水力発電所によって対応している。2つの水力発電所はルンセンファ (Lunsemfwa) 発電所と、ムルングシ (Mulungushi) 発電所で、それぞれ1945年、1927年に建設されている。次に、その電力システムを National Gridと呼ばれる全国的な送電網システムにも接続しており、非常用に備えている。

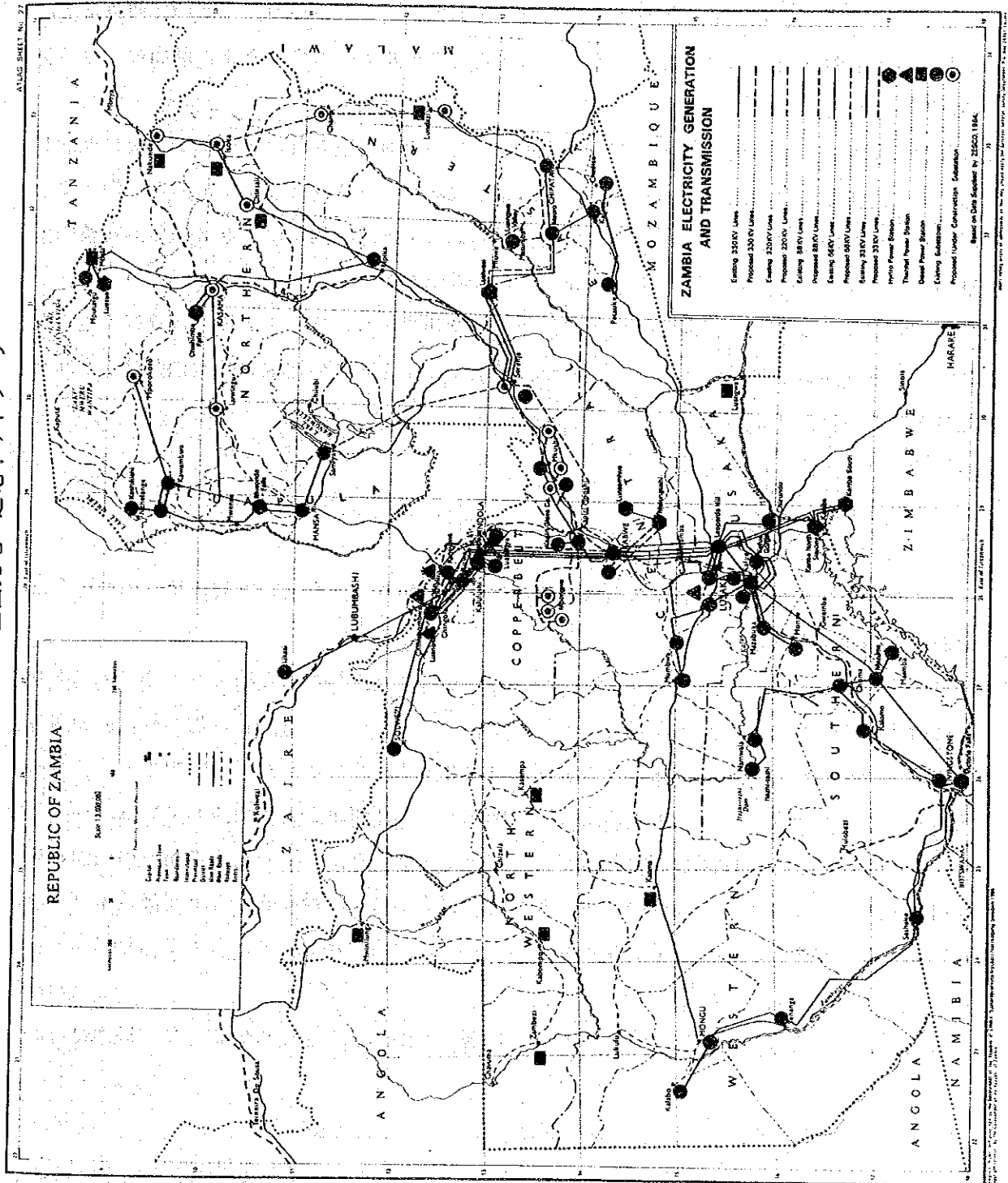
ルンセンファ発電所はカブエ鉱山の北東100 kmのところに位置しており、ルンセンファ川の水をたたえるミタヒルズ (Mita Hills) ダムの水力を利用している。最大供給電力は18 MWで、例えば1987年12月の最大電力需要は16.9 MWで、同月の消費電力は10,181,000 kWhであった。平均電力需要は13.6 MWで、雨期には坑内水のポンプアップのため電力需要がやや増す。ルンセンファ発電所は66 kVの送電線 (Cライン) によりムルングシ発電所と結ばれている。

ムルングシ発電所はカブエ鉱山の東60 kmのところに位置しており、ムルングシ川の水をたたえるムルングシダムの水力を利用している。最大供給電力は20.4 MWで、1987年12月の最大電力需要は14.6 MWで、同月の消費電力は5,955,000 kWhであった。平均電力需要は8.0 MWで、雨期にはやはり電力需要がやや増す。ムルングシ発電所は、各66 kVの2本の送電線 (Aライン及びBライン) によりカブエ鉱山と結ばれている。

この電力システムが National Gridと非常用に接続されている (図2-4-2)。その接続箇所は2本の送電線のうちの1本 (Bライン) のカブエ鉱山から20 kmの地点である。

National Grid の主要電力源は3つの水力発電所で、それらはカフエゴージ (Kafue Gorge)、カリバノース (Kariba North)、ビクトリアフォールズ (Victoria Falls) である。ザンビア全体では電力を自給し、電力生産量の3分の1をジンバブエに輸出している。National Grid の電力供給は、ZESCO (Zambia Electricity Supply Corporation) によって行われている。

図 2-4-2 ザンビア全国発電・送電ネットワーク



ZESCOの電力料金は3部制になっており正確なところはいえないが、簡単な試算によると1987年のカブエ鉱山の電力消費量を仮に National Gridより買電していたとすると、0.052クワチャ/kWhという計算になる。これに対してカブエ鉱山所有の二つの発電所による発電費用は、0.005クワチャ/kWhと非常に安い。一つの発電所の年間維持費が70,000クワチャであり、このように安価な電力を供給できるのがカブエ鉱山の一つの特長となっている。

なお、ザンビアの降雨はほとんど11月から4月の雨期に限られ、そのほかの月は乾燥している。降雨量には地域差があり、北部の高原では年間1,000mm以上であるが、南下するにつれ減少していき、カブエ周辺では年間約900mmである。例えば1987年も比較的雨量の少ない年であったが、二つの水力発電所に問題はなかった。

もしカブエ・ウエストに新しい鉱床が見つかって操業を行おうとする場合、既存の電力システムから送電線を延長することとなる。参考までに11kVの送電線の建設費は10km当たり150万クワチャである。

2.4.3 水資源

水資源については、鉱山や住宅街区で使われる生活用水（飲料水）と選鉱等鉱山の操業に使われる用水とがある。

まず生活用水については、水井戸（Borehole）から汲み出した水と地下550フィートレベル（168m）の坑内水とを併用して使っている。水井戸は全部で20程あり、そのうちおよそ半分が機能している。水の汲み上げ量は表2-4-2に示したとおりである。これに化学処理を加えて浄化し、鉱山と住宅街区に配水して生活用水として使用している。

一方、選鉱等鉱山の操業に使われる水は、地下1,700フィート（519m）の坑内水を利用している。これは1日最大約91,000m³、平均では1日約60,000m³汲み上げられている。この水は鉛鉱床より低いレベルにあるため、生活用水としては危険であり適当でない。

なおカブエの降雨状況は電力のところで既に述べたが、水資源についても特に問題はない。

表2-4-2 生活用水汲み上げ状況

(1986/87年度)

水 源	地下水面 (m)	汲み上げ量 (m ³ /月)
W2	33.9	18,340
W4	42.5	30,594
W5	45.0	10,592
W7	—	58,992
W8	48.4	145,994
W9	39.4	23,370
W10	41.7	55,734
W15	32.0	—
W19	38.0	12,903
550' レベル坑内水	167.8	44,334
合 計		400,853

出所: カブエ鉱山、ZCCM.

2.4.4 都市施設

1987年11月現在の鉱山職員・労働者数は、約1,800人である、これに対してカブエ鉱山の都市施設は比較的完備しており、そのすべてが鉱山によって所有・運営・維持されている。

まず住宅施設については街区 (township) が高所得者街区、中所得者街区、低所得者街区と三つあり、いずれも鉱山まで徒歩距離圏内にある。高所得者街区には433戸の住宅があり、各戸3ないし4寝室となっており、特に各住戸の敷地が約1エーカー (4,047m²) と広い。中所得者街区には632戸の住宅があり、各戸2ないし3寝室となっており、各住戸の敷地は約4分の1エーカー (1,018m²) である。最後に低所得者街区には1,039戸の住宅があり、各戸2ないし3寝室であるが、敷地面積は狭く住宅どうしがかなり接近して配置されている。

もしカブエ・ウエストが操業されてその労働者数が多くなるのであれば、カブエ・ウエスト地区にも住宅施設を建設することが考えられる。現在、単位床面積当たりの住宅建設費は設備費も含めて2,000クワチャ/m²となっている。そうでなければ鉱山労働者は現在の住宅街区からバスで送迎されることになる。

また病院については4人の医者を擁して、84のベッドが準備されている。学校施設とし

ては、小学校 (Primary School) が1と中学・高校 (Secondary School) が1ある。その他の都市施設としては、以下に挙げるようなものが含まれている。

- 1) ゴルフコース (18ホール)
- 2) ラグビーフィールド
- 3) スクワッシュクラブ
- 4) テニスコート
- 5) ソーシャルクラブ (水泳プールを含む)

2. 5 経済性評価

2. 5. 1 カブエ鉱山の財務状況

図2-5-1、図2-5-2はそれぞれ鉛と亜鉛の生産量の推移を示したものである。また図2-5-3、図2-5-4はそれぞれ鉛と亜鉛のLME価格(London Metal Exchange)の推移を示したものである。生産量の減少と価格の低迷により、カブエ鉱山の財務状況には厳しいものがある。

1986年4月から1987年3月までの会計年度における損益計算書をみると、まず鉛について売上収入は2,890万クワチャ、総支出は5,660万クワチャとなっており、2,770万クワチャの損失を計上している。同じく亜鉛についても13,480万クワチャの売上収入に対して20,420万クワチャの総支出になっており、6,940万クワチャの損失を計上している。

上記の総支出の中には鉛の場合2,030万クワチャ、亜鉛の場合6,600万クワチャの減価償却が含まれている。これは、近年のクワチャの低落のために資産の再評価を行ったため、数年前に比べて減価償却額が極端に増加している(たとえば1981/82会計年度の減価償却額は鉛が170万クワチャ、亜鉛が460万クワチャであった)。したがって減価償却を除いたキャッシュフローをみると、資本支出を入れても1986/87会計年度において330万クワチャの営業利益を創出しており、ほぼ損益分岐点に近い。

カブエ鉱山の財務状況が特に悪化の状況にあったのは1981/82会計年度頃からで、この年度から1985/86会計年度までカブエ鉱山は政府から補助金を受けてきている。たとえば1981/82会計年度の補助金は500万クワチャである。この5年間はキャッシュフローでみても赤字となっている。この意味において1986/87会計年度は財務状況がやや持ち直したといえよう。

前述のような残り少ない鉱量に対して、カブエ鉱山はこのように営業努力を続けている。特に安価な電力を供給できる発電施設など注目されるインフラストラクチュアを備えた鉱山であり、付近に新しい鉱床を見つけて既存施設や人的資源を活用したいものである。また、もし新しい鉱床が見つかって操業を行う場合には、できるだけ既存の施設を有効利用して財務状況をよくする努力が引き続き重要である。1987年12月31日をもって鉱物輸出税(Mineral export tax)が廃止になったのも、鉱山の財務状況にとっては好材料である。

图2-5-1 鉛 生 産 量

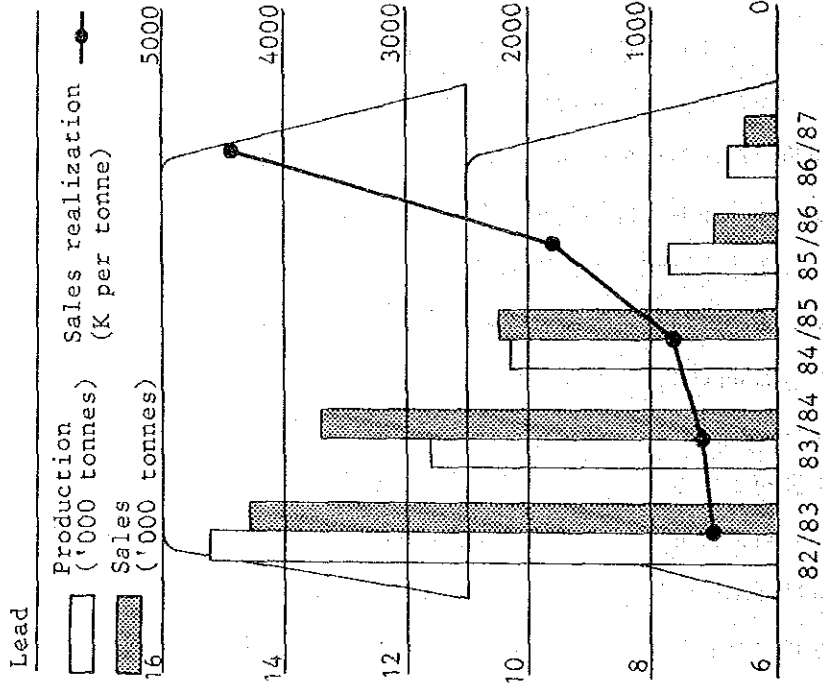
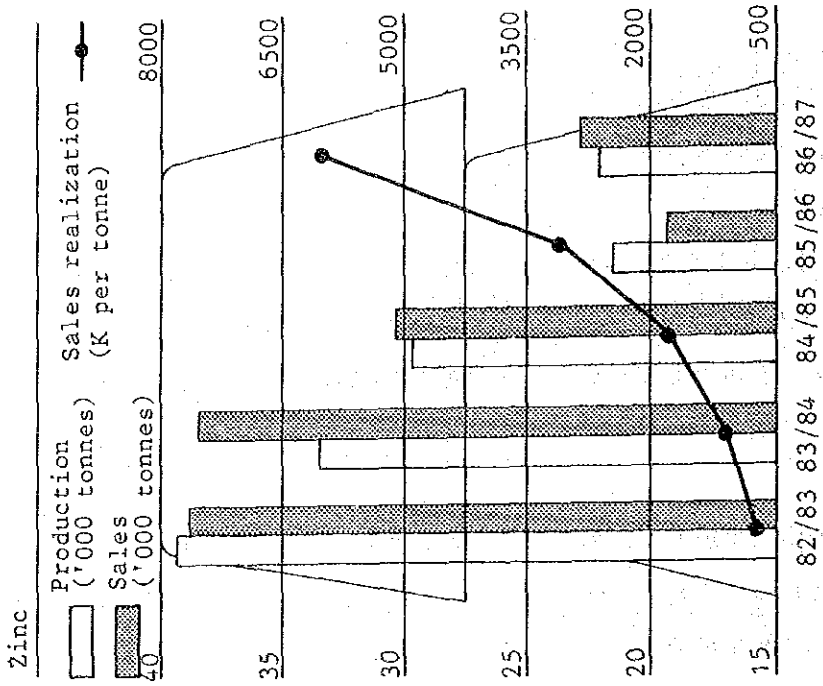


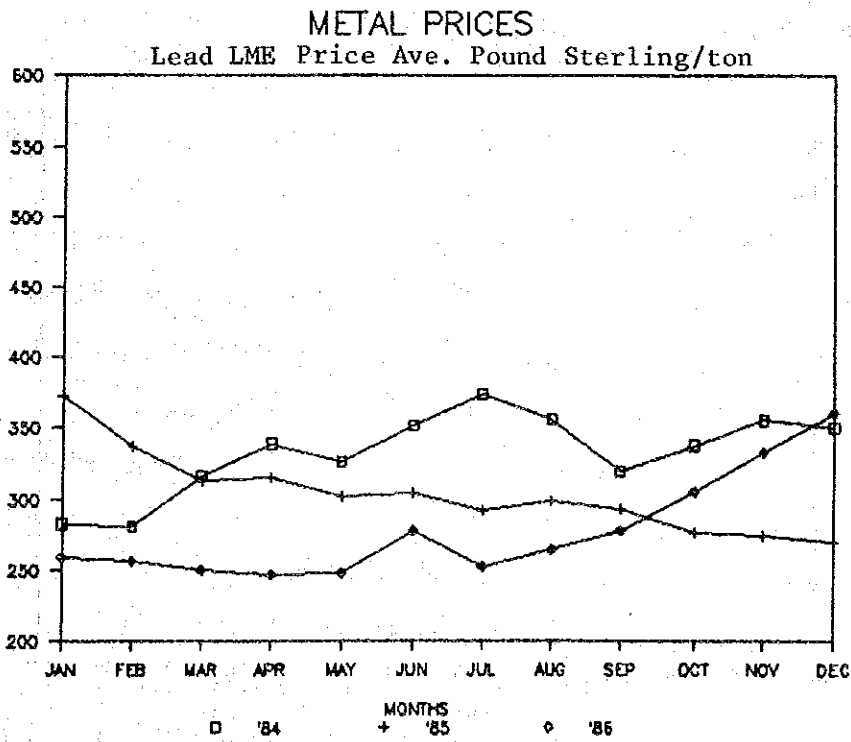
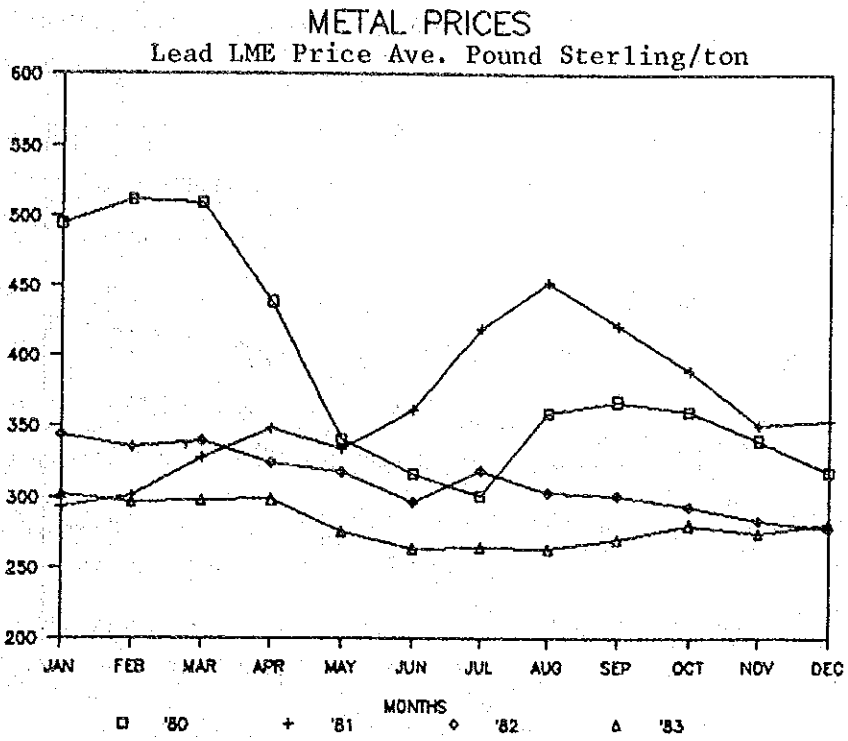
图2-5-2 亜鉛 生 産 量



出所: ZCCM 1987 Annual Report.

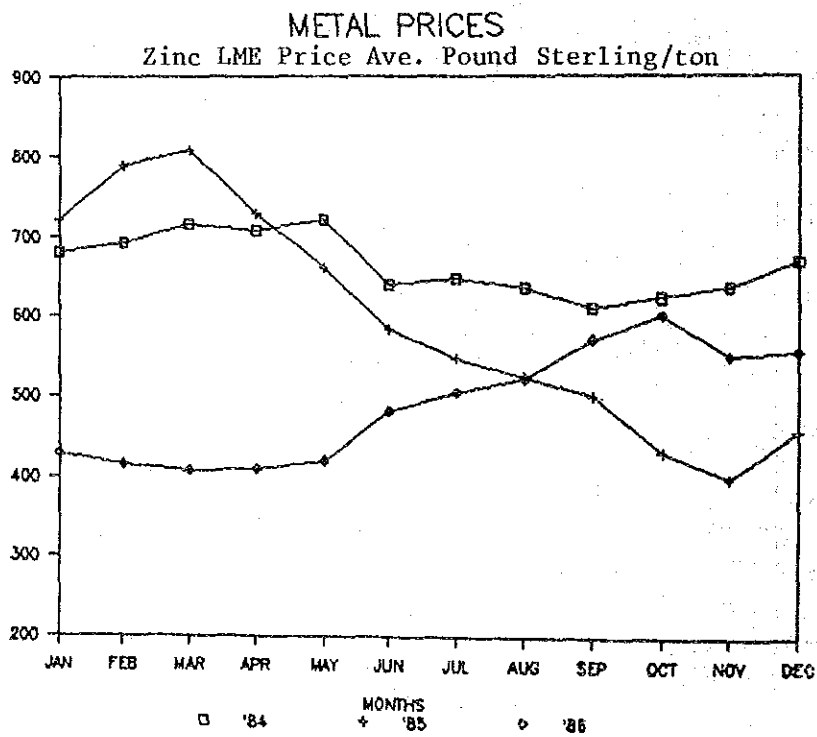
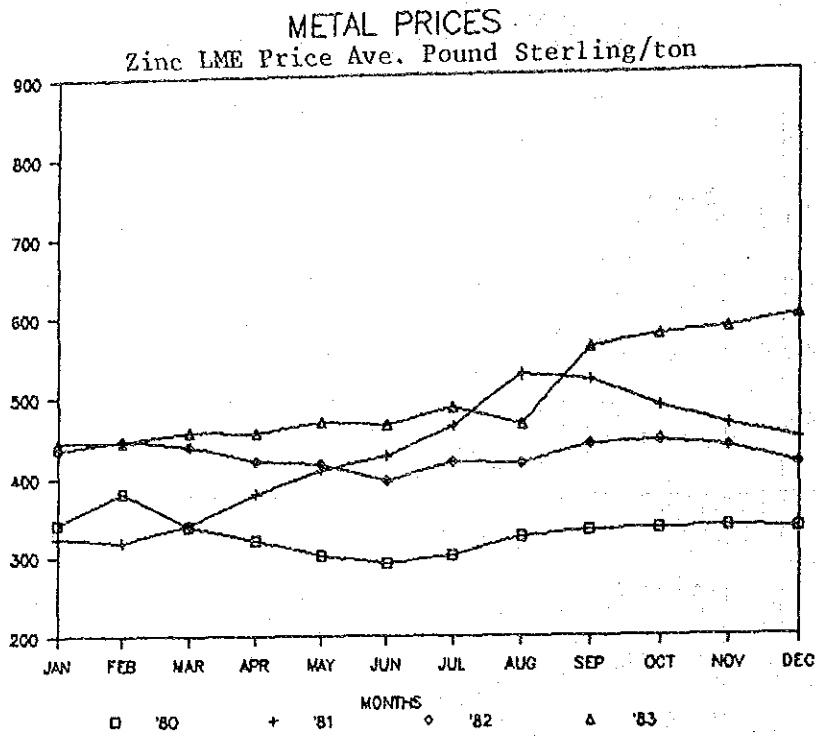
出所: 图2-5-1に同じ。

图2-5-3 铅 价 格 推 移



出所：Z C C M。

图2-5-4 亜鉛価格推移



出所：ZCCM。

2. 5. 2 地域経済への影響

ザンビアの銅輸出は全輸出の90%前後を一貫して占めてきた(表2-5-1)。1986/87年度のデータによるとカブエ鉱山の鉛生産量7,800トンのうち74.4%、同じく亜鉛生産量22,200トンのうち94.6%がそれぞれ輸出にまわされている。したがってカブエ鉱山の鉛と亜鉛は、ザンビアにとって銅以外の貴重な外貨獲得手段であり、この意味で新しい鉱床が見つかりカブエ鉱山の操業が続けられることへの期待は大きい。

ザンビアは全体で9つの州に分かれており、人口の最も多いのはカッパーベルト(Copperbelt)であり、国勢調査の行われた1980年で125万人と全人口の22%を占めている。次いで首都のあるルサカ州、南部州、東部州、北部州が12%前後で並んでいる。1969年から1980年の間の人口増加率をみるとルサカ州が6.3%と飛び抜けて高く、カッパーベルトが3.9%、カブエを州都とする中部州が3.3%、南部州が3.0%と続いている。これらはいずれも中央部を縦断する鉄道沿線の州であり、人口が中央部に集中しつつある傾向がうかがわれる。したがってカブエ市は人口成長率の比較的高い中部州の州都として重要な都市と位置づけられる。

カブエ市についての社会経済データは著しく不足しており、その社会経済的状況を検討するのに十分でない。中央統計局によるとカブエ都市部の人口は、1980年で13.6万人、1985年の推計人口では17.2万人となっている。

表2-5-2はカブエ市に立地する主要雇用吸収体のリストであり、その雇用者数を推定したものである。国土中央部の人口集中に対する鉄道の役割について前に指摘したが、そのザンビア鉄道(ZR)の本社がこのカブエ市に置かれている。ZRカブエ本社では本社機能の他にトレーニングセンターやワークショップを備えており、その雇用者数はおおよそ4,000人と推定され、カブエ市第一の雇用吸収体となっている。

カブエ鉱山の雇用者数は1987年11月現在で約1,800人であり、カブエ市においてZRに続いて第二の雇用吸収体となっている。これら鉱山雇用の生活物資はカブエ市で購入されており、カブエ鉱山のカブエ市における雇用問題上の重要性や消費物資流通上の重要性などがうかがわれる。

他の大都市の例にもれず、カブエ市にもスクオッター地区が存在する。カワマ(Kawama)、ナコリ(Nakoli)、シャマバンセ(Shamabanse)、カプトウラ(Kaputula)、ナツセコ(Natuseko)、チマンゲマンゲ(Chimangemange)、マクルル(Makululu)、カトンド(Katondo)、ワンガ(Wanga)などがそれで、これらの地域に住むスクオッター人口はおおよそ5.4万人と推計される(Kabwe Urban District Councilによる)。このスクオッター人口の多くは失業者ないしはインフォーマルセクター従業者であり、雇用吸収体の確保や拡大が

カブエ市の経済的課題となっていることが容易に想像できる。この意味でもカブエ鉱山の存続は重要である。

表2-5-1 ザンビアの銅輸出

(単位：100万クワチャ、%)

	輸 出 総 額	銅 輸 出 高	銅の占める割合
1965	380	343	90
1970	715	681	95
1975	521	472	91
1980	1,023	872	85
1981	937	836	89
1982	951	855	90
1983	1,048	930	89
1984	1,181	1,031	87

出所：Central Statistical Office, Monthly Digest of Statistics 各号。

表 2 - 5 - 2 カブエ市に立地する主要雇用吸収体と推定雇用者概数

(1) Zambia Railways		4,000人
(2) Kabwe Mine	(1987年11月現在)	1,800人
(3) Mulungushi Textiles		1,600人
(4) Kabwe Urban District Council		1,500人
(5) Amaka Holding		550人
(6) Kabwe Industrial Fabrics		450人
(7) Zambia National Wholesale and Marketing Company		250人
(8) National Milling		200人
(9) Pharmaceuticals		100人
(10) B.R.R. Industries		100人
(11) Kabwe Milling		100人

注：雇用者数の推定は Labor Department, Kabwe による。

