

東南アフリカ事情(5) ボツワナーダイヤモンドの国

高橋 清 (元所員)
Kiyoshi TAKAHASHI

1. はじめに

ボツワナの首都ハボロネ (Gaborone) 空港から金曜日には午後6時以後、南ア航空とボツワナ航空のヨハネスブルグ行のフライトがあわせて6便あり 日曜日の夜にはヨハネスブルグからハボロネ行が矢張り6便飛んでいる。ボツワナと最も関係の深いはずのジンバブエのハラレには週3便しか飛んでいない。ボツワナの各都市のホテルでは AAC の紹介状を示すと3割引きで泊めて呉れる。AAC とは南アの Anglo-American Corp. の略称である。現在のボツワナは OAU (アフリカ統一機構) に加盟はしているが アフリカのどの国よりも南アと深い係りをもっている。多くのビジネスマン 技術者 教師など多くの職種の人南ア人が人手の足りないボツワナへ助っ人として単身赴任し 「金帰日来」しているようである。

国土は日本の約1.5倍の58万2000 km² の広さがあるものの その8割は有名なカラハリ砂漠で覆われ 約80万人の国民のほとんどが 国の東北部 東部のジンバブエと南アの国境沿いに住んでいる。かつてはカラハリ砂

漠と野性動物の宝庫としてしか知られていなかったこの国が 世界第3位のダイヤモンド生産国となり 南アを除いては東南アフリカ諸国の中で唯一の黒字国となるとは誰も想像できなかっただろう。(第1図)

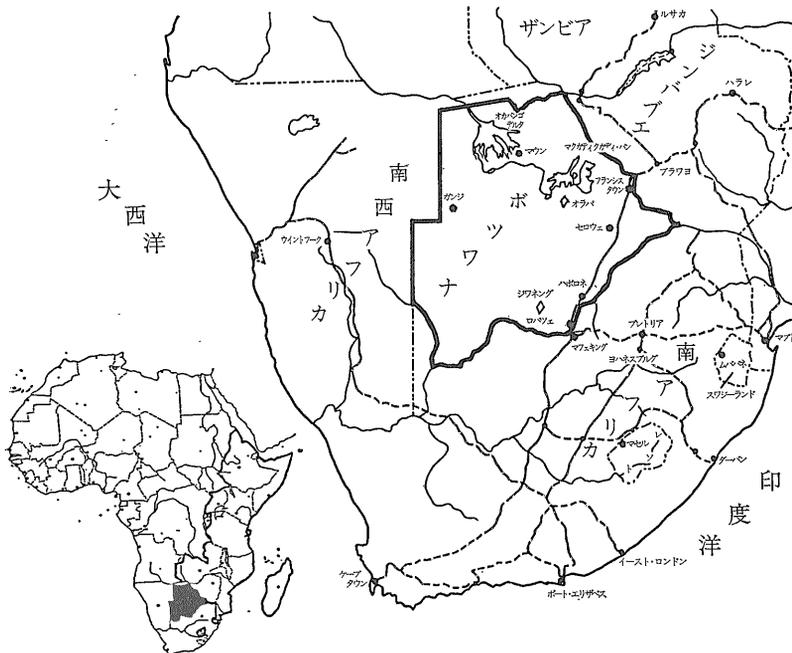
南アの AAC と de Beers ダイヤモンド社の総帥であるハリス オッペンハイマー氏は「ボツワナのオラパレトルハカネ ジワネングで発見されたキンパーライトパイプは かつて百年前にキンバレーで発見されたパイプに匹敵する大発見であろう。」と話している。

ボツワナはまた牛肉の美味しいことでも知られ 食肉を EEC 諸国 (ヨーロッパ共同体) に輸出しているアフリカで唯一の国であるが もう誰も「牛肉」の国という人はおらずボツワナはダイヤモンドの国といわれるようになった。またこの国の急速な発展からアフリカのサウジアラビアという人達もいる。

2. ボツワナの生い立ちと現状

i) 独立までの歴史

1850年代に有名なダビッド・リビングストンらが現在



第1図 ボツワナ位置図

のボツワナを北上探検の途中に通過し報告するまではこの土地についての記録は何一つなかった。その後ボーア人 (the Boer, 南アに定住したオランダ系の白人) がこの土地を占領し トランスバール・ボーア共和国の一部としたが 圧政であった為に 原住民の首長らは英国人宣教師達の助言により 英国の助けを求めた。これらの首長の一人に初代大統領のサー・セレット・カマ (Sir Seretse Khama) の祖父カマ3世がいた。1884年に英国は軍隊を派遣してボーア人を駆逐し 1885年この土地ベチュアナランド (Bechuanaland) は英国の保護領となったが 当時はセロウェ (Serowe) の北の部分のみであった。1895年 現在の全ボツワナに当たるベチュアナランドは正式に英国の保護領となり 1966年9月30日ボツワナ共和国として独立するまで70年間この状態が続いた。当時のベチュアナランドの総督府はマフェキング (Mabeking, 現南ア領) であったが 独立とともに小村ハボロネ (Gaborone) を首都と定め セレット・カマ氏が大統領に選出された。カマ家は代々ベチュアナランド最大のングワト族の首長で カマ大統領が1980年に逝去後はマシレ博士 (Dr. Quett Masire) が二代大統領となった。ボツワナの食料品 日用品その他の輸入品の85%が南アからのもので しかも海のない Land-locked country なので南アとの結び付きは極めて強い。

ii) ボツワナの交通・教育・入国ビザ

国の余りにも早い発展に追いつかないせいかフランシス・タウンやハボロネの空港の建物は 日本ならば国鉄の幹線からはずれた地方線の駅のように未だ小さく身窄らしい。空港前にはタクシーはほとんどいないが大きなレンタカー事務所の看板が目に入る。ボツワナ



第2図 ハボロネ市中心街 (the Mall) 未だ西部劇のセットのような雰囲気である。しかし女性達のファッションはなかなかのものである。

を動きまわるのにはレンタカーを使えということらしい。事実 レンタカーなしでは何処にも行けない。

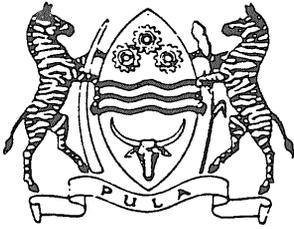
ほとんどの車がトヨタと日産の新車で 筆者が借りたカローラは走向距離 4,500 km 二度目に借りたコナは 7,000 km しか走っていなかった。ジンバブエ国境から南北に走る幹線道路 フランシス・タウンからオラパへの道 ロパツェからジワネングへの道 (この道路には前大統領 Sir Seretse Khama の名が付けられている) などいずれも素晴らしい舗装道でカーブでは 110 km/時 制限であとはフリーである。北部のマウン 中央部のガンジへの道路も改装中だといわれる。ジンバブエからの鉄道はハボロネ ロパツェを通り 旧総督府のあったマフェキング経由で 南アのダーバン港 イースト・ロンドン港に通じ ボツワナを含めてザンビア ジンバブエなどの Land locked Countries の重要な物資輸送路となっている。ボツワナの鉄道従業員の訓練は南アのヨハネスブルグで行われており 近日中にボツワナ国内での鉄道輸送の運行はボツワナ人の手に委ねられるといわれている。

1982年には大学 (the University of Botswana) が欧米諸国の協力で誕生し ハボロネ空港近くの大学キャンパスは EEC (ヨーロッパ共同体) とオランダの援助で建設され偉容を誇っている。総長はマシレ大統領 実務を行なっている学長は英国マンチェスター大学から招かれたターナー博士 (Dr. J.D. TURNER) である。

ハボロネ周辺では大変な建設ブームで 各国から外国人技術者 労働者が集っているが住宅が追いつかず 数十 km 離れたモチュディやロパツェの住宅やホテルに泊り ハボロネまで通っている連中も多いときいている。なお ボツワナは東南アフリカで日本の商社やメーカーの駐在員のいない唯一の国であり 公式にはザンビアのルサカにある日本大使館の管轄下にある。しかし 商



第3図 ロパツェからジワネング鉱山へのサー セレット・カマ道路 バオバブの大木が点在し 白蟻の巣が多い。



第4図 ボツワナの国章.

REPUBLIC OF BOTSWANA

用その他でボツワナを訪れる日本人の大半は南ア ヨハネスブルグの駐在員とのことである。 入国のためのビザの取得は旧英連邦国以外の国の人達は ボツワナ大使館か英国大使館(代行)で行うことができるが、 ハボロネ空港で承認を受け 市内の出入国管理事務所取得することもできる。 この場合 ボツワナ政府か AAC あるいは Debswana からの手紙を持っていれば優先される。

iii) 地勢と気候

ボツワナの国章に書かれ(第4図) またボツワナの通貨の単位となっているプラ(Pula)は セツワナ語で「雨」の意味である。 プラは日常の挨拶にも使われている。 プラはボツワナの地勢と気候を一語で象徴しこの国の人々が常に雨を切望していることが痛い程わかる。 別の挨拶の言葉にマルング(Marung)があるが、これは「雲」の意味である。

国土の20% 南アの国境沿いとジンバブエの国境リンポポ川沿いにわずかな露出地帯があるが 残りの80%はカラハリ砂漠とパン(Pan)で占められている。 パンは凹地の意味で 風蝕により露岩が削られすり減らされ その結果としてできた広い平地あるいは盆地に似た凹地である。 凹地の掘りおこしが止まるのは砂漠の表面が地下水面に達した時で 風は湿った砂の粒子を動かすことができなくなるからである。 カラハリ砂漠北部のンガイパン(Nxai Pan) マクガディクガディ・パン(Makgaclikgadi Pan) オカパンゴ・デルタ(Okauango Delta)はパンの代表的なものである。 11月から4月までの雨期には パンは広々とした湖となり周辺部から多くの野性動物が集まり自然の動物園となるが 雨期が終わるとパンは干上がり鹹湖となってしまう。

最近4~5年続いた異常気候で雨期にほとんど雨が降らずこのためパンの干上がりが早く野性動物の絶滅が心配されている。 この干魃のため300万頭を超える食牛のための水が足らなくなりボツワナ政府は急遽食牛飼育用の水井戸の掘削計画を拡大し 1983年度には150本の水井戸が掘られたという。 また貯水用ダムは各処につくられ ハボロネ ロバツェ フランシスタウン セレ

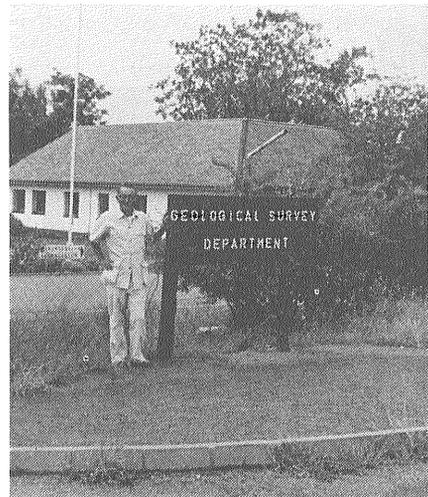
ビ・ピクエ鉱山 オラパダイヤモンド鉱山への水の供給は心配ない状態である。

鉱物・水資源省の大きなプロジェクトの一つとして水井戸ネットワークの確立(現在約7,000井) これらの水井戸の保全・記録を行っているが 人手不足は否めず 鉱物水資源大臣チエペ博士(Mrs. CHIEPE)はこのプロジェクト(水井戸のデータベースの構築・解析)への各国の協力を切望している。 アフリカでのプロジェクトの協力というと「無償援助」と考え勝ちであるが ボツワナに限っては先進国における「一般事業と少しも変わらない。

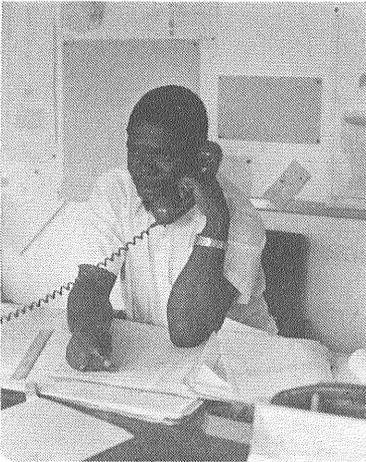
ボツワナの雨期に当る11月から4月までの間は夏でほとんど雨の降らないカラハリ砂漠の気温は50°Cを超えるといわれる。

iv) ボツワナの鉱業の生い立ちと現状

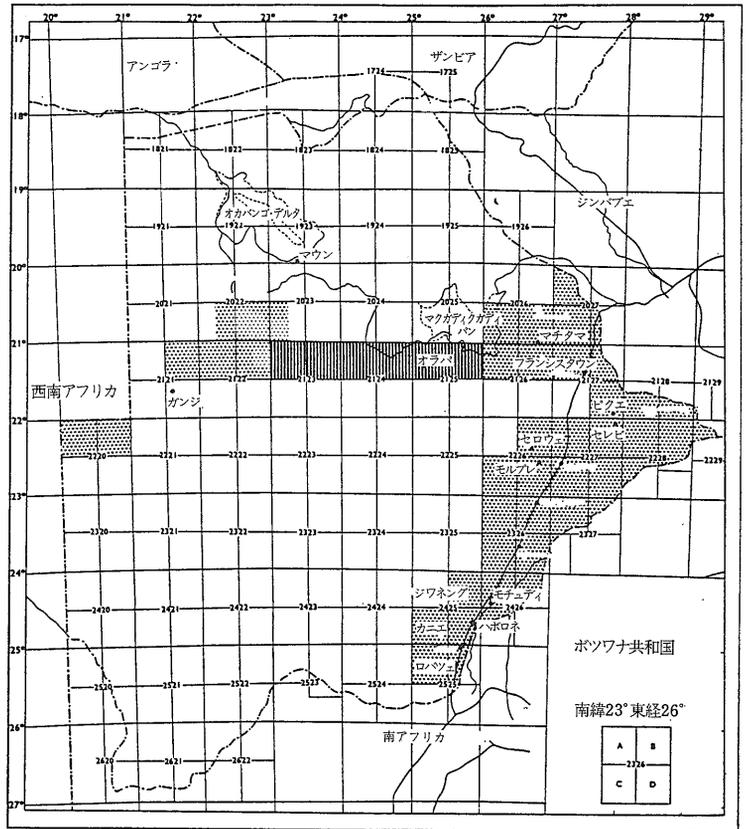
1966年に独立するまでは英国の保護領で Bechuanaland Protectorate と呼ばれ 地質調査事業・鉱床探査はマフェキングにあった総督府の管轄で 地質調査所はロバツェ(Lobatse)におかれ 英国地質調査所からの出向管理者により管理され 調査は英国・南ア・南ローデシア地質調査所からの出向地質屋により地質図幅事業を主体に行われてきた。 独立後も同様に英国地質調査所からの出向者により管理されてきたが 1984年3月ボツワナ人に引継がれた。 また最近では南ア・南ローデシア人に代って 西独・オランダ・日本などの調査団が鉱床探査・水利地質調査を主として行ってきた。 ボツワナの20%を占める露岩地帯の地質図幅 水利地質調査はほぼ



第5図 ロバツェの地質調査所。 広い敷地に平家建ての建物が点在している。



第6図 マチャチャ新地質調査所長、
1984年3月より英国地質調査所の
管理からボツワナ人に引き継が
れた。



凡 例

第 7 図
ボツワナの地質図幅調査事業。



1: 125,000 地質図幅刊行地域



調査地域

完成しているが カラハリ砂漠の砂で覆われた80%の地域は 地質も滞水層も皆目判らない状態でとり残されてきた。 1973年ボツワナ地質調査所長となった John Hepworth 博士 (後に RMRDC/ESCAP に参加) は カラハリ砂漠の秘密を解明するために 「KARATRAVERSE」 計画を CIDA (カナダ) の協力を得て開始し現在も続いている。 現在地質調査所は鉱物・水資源省 (the Ministry of Mineral Resources and Water Affairs) の管轄下にある。

英国保護領時代の鉱業としては パンのソーダ灰の採取 タチ (Tati) 地方での小規模な金の採掘程度で見べきものはなかったが Anglo American Corp. (AAC) の De Beers ダイヤモンド探査チームは1955年以来 キンパーライト・パイプを探し続け Shell 社はカルー系の炭層の予備調査を Amax 社はリンポポ帯の銅-ニッケル探査を行っていた。

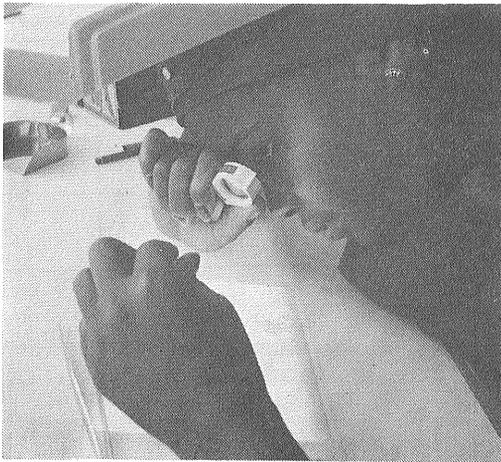
独立後 de Beers のダイヤモンド探査チームにより探査開始12年目の1967年初頭にオラパ (Orapa) 付近で1986年3月号

最初のキンパーライト・パイプが発見され その後29本のパイプが発見されて 1972年7月にオラパ鉱山とレトルハカネ (Letlhakane) 鉱山が開山した。 de Beers チームはボツワナ南部のジワネング (Jwaneng) 付近でも新しく7本のキンパーライト・パイプを発見したが 50mも の被覆物 (カラハリ砂漠の砂・カラハリ層のシリクリートとカルクリート) で覆われていたため 慎重な検討評価の結果 開発することに決定し 1977年より被覆物の除去を始め1982年8月14日正式に開山した。

Falconbridge Exploration 社はボツワナ南部クガラダイ (Kgalagadi) 地域のチャボング (Tshabong) 付近で多くのキンパーライト・パイプを発見したといわれるが詳細は不明である。

AMAX 社と AAC の85%投資により開発したセレビ・ピクエ (Selebi-Pikwe) 鉱山は1973年より銅-ニッケル鉱の出鉱を始めた (社名は BCL, Bamangwato Concession Ltd),

パラパエ (Palapye) 近くのモンプレ炭田 (Morupule)



第8図 ハボロネのオラパ・ハウスでのダイヤモンドの選別 (Debswana 提供).

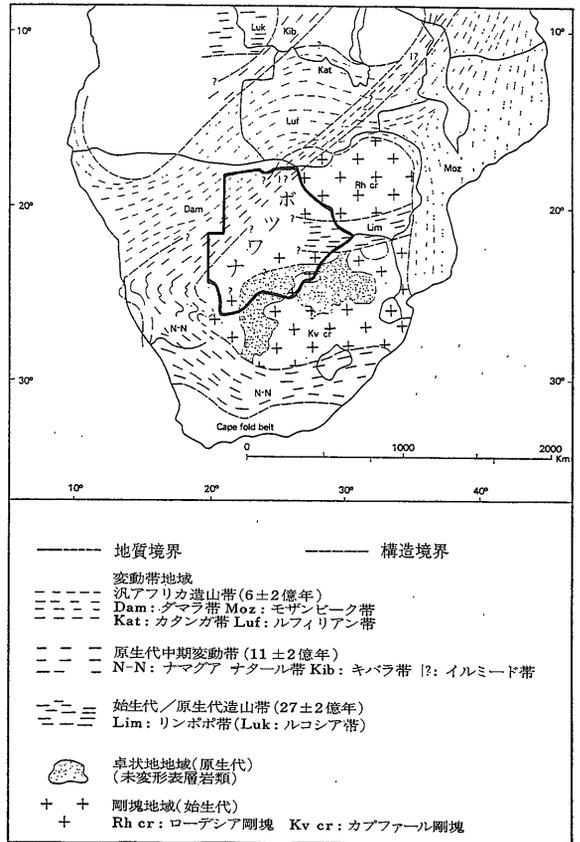
は AAC 93%出資で モルプレ炭を使用する火力発電所の建設も終りセレピ・ピクエ鉱山のエネルギー源となっている。 Shell 社はマンプラ (Mmamabula) クガスエ (Kgaswe) 炭田の予備調査も終り開発準備を進めている。 フランスのCharbonnages de France 及び CFP-Total 社も大臣のチエペ女史の訪仏を機会に カラー系の炭田の調査を開始した。

スア・パン (Sua Pan, マクガディクガディ・パンの一部) のソーダ灰鉱床は BP 社が開発を始め 南ア・ザンビア・ジンバブエへの輸出がきまっている。

Union Carbide 社はガンジ (Ghangi) 及びンガミランド (Ngamiland) の広い地域で パン堆積物であるカルクリート中のウラン探査を行っている。

ダイヤモンドの発見以来 ボツワナ鉱業の国内総生産額 (GDP) への貢献度は年とともに 鰻上りで 1977-78 年度の 16%から 1979-80 年度 : 32% 1980-81 年度 : 23% 1981-82 年度 : 40% ジワネング鉱山の開山した 1982-83 年度は 66%に達している。 これによりボツワナの外貨備蓄は 1983年末で 4 億5000万プラ (4 億1100万米ドル) に達している。

現在稼行しているオラパ・レトルハカネ及びジワネングダイヤモンド鉱山は De Beers Botswana Mining Company (略称: Debswana) の手で経営されている。 1969年6月23日オラパ鉱山の開発を目的に De Beers とボツワナ政府の 50%づつの出資で設立された。 Debswana は子会社として Botswana Diamond Valuing Compang) BDVC) をもち ハボロネに建てられたオラパ・ハウスでダイヤモンドの選別を行っている。 選別



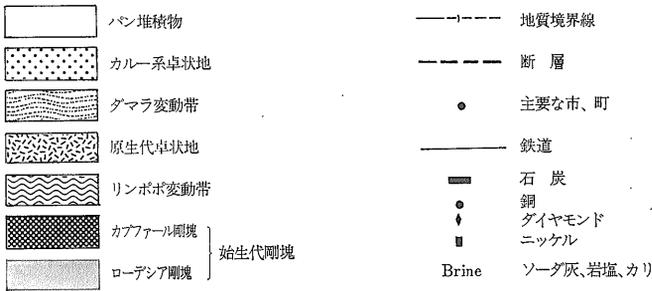
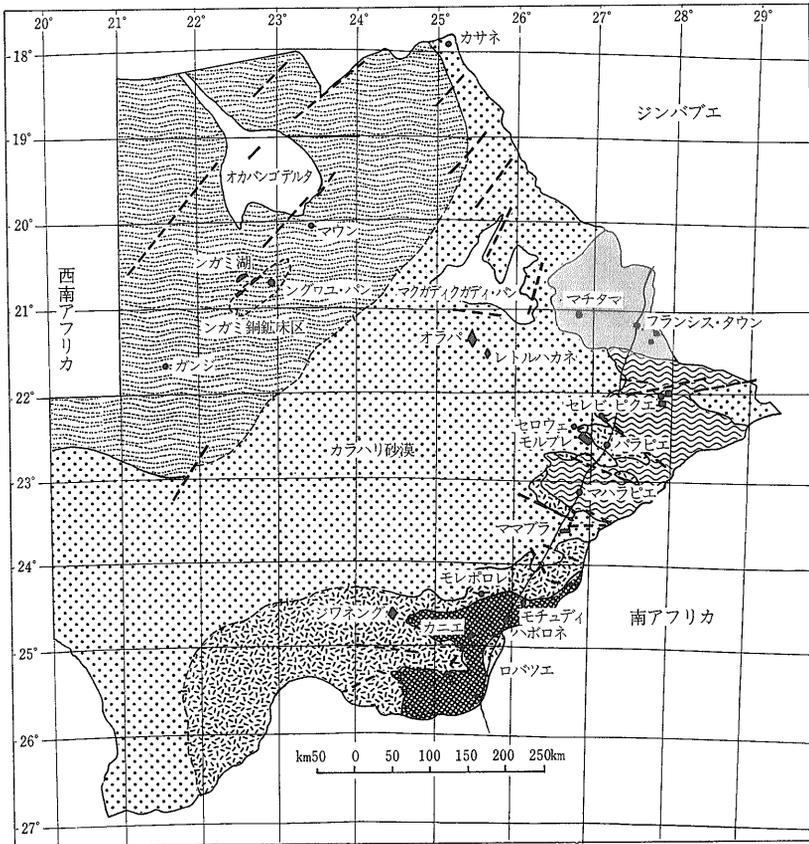
第9図 アフリカ南部の地質構造図 (Baldock ら 1977)。

されたダイヤモンドはロンドの Central Selling Organization (CSO) の手で一括販売されている。

ボツワナの鉱業はダイヤモンド・石炭・銅・ニッケルの生産も順調で前途洋々たる現状である。 しかも国土の80%を占めるカラハリ砂漠地域の探査は緒についたばかりで この地域の探査が進めばボツワナ鉱業の発展は計りしれないものがある。

3. ボツワナの地質の概要

国土の80%が第三紀から現在に至るカラハリ層の堆積物やカラハリ砂漠の砂などで覆われているので 全国土の地質を完全に把握することは難かしい。 ボツワナの東部と北西部の孤立した地域ではカラハリ砂漠の砂はないか極めて薄く 第三紀以前の基盤岩類の地質及び地史の概要は明らかになっている。 これら基盤岩類は古い剛塊地域 変動帯地域及びこれらを水平に覆う卓状地帯に大別される。 (第9, 10図)



第10図
ボツワナの地質及び鉱床分布図 (Baldock ら 1977)。

1) 剛塊地域

剛塊の基盤岩類はジンバブエと接する東部のローデシア剛塊の一部と東南部ハボロネ・カニエ附近のカプファール剛塊の一部に露出し 3000~2400 Ma の年代を示し 2400 Ma 以来これらの楯状地は安定している。フランシス・タウン附近のローデシア剛塊は片麻岩とこれらを取り囲む緑色岩帯からなり緑色岩帯はブラワヤン層群に対比されている。このタチ(Tati)片岩帯には数多くの小規模な含金石英脈が胚胎し 微量の銀・砒素・ビスマス・アンチモニーなどの鉱物と共生している。タチ金鉱床区はかつては稼行されたが現在は放置されている。カプファール剛塊は片麻岩と超塩基性岩からなるが露出

は悪い。ハボロネ花崗岩とカニエ珪長岩もこの一部である。

フランシス・タウンの西のマチタマ(Matsitama)片岩帯はリンボポ変動帯の一部とされていたが 最近の年代測定の結果は2600 Ma を示し ローデシア剛塊の緑色岩帯の一部と考えられるようになった。マチタマ地域を中心に日本地質調査団(JICA)は銅-ニッケルの探査を行ったが期待のもてる鉱床は発見できなかった。

2) 変動帯地域

i) リンボポ帯 (2700±200 Ma)

ローデシア剛塊とカプファール剛塊を分けている東

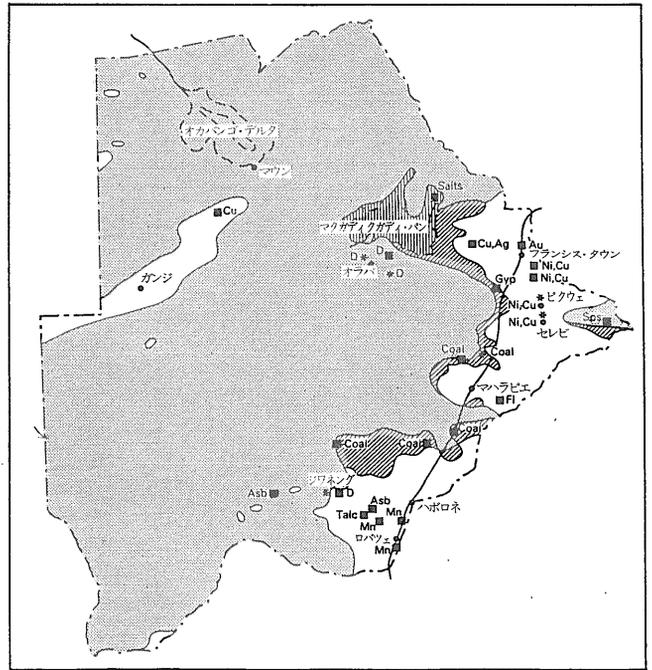
西性のリンポポ造山帯がセレビ・ピクエを中心に幅広く分布しているが カルー系やカラハリ層に覆われボツワナを南北に走る鉄道の西で不明となり 東はジンバブエとモザンビーク国境付近で南北性のモザンビーク造山帯に切られて消えてしまう。 リンポポ造山帯の岩石はローデシア及びカプファール剛塊の緑色岩帯と花崗岩類が著しく変成したもので剛塊と造山帯の間には構造上および層序上の間隙は認められず岩層は連続している。 リンポポ造山帯の中での鉱作作用はセレビ・ピクエ (Selebi-Pikwe) 地域の銅-ニッケル硫化物鉱床で代表される。 その他の銅-ニッケル鉱化作用は造山帯の多くの場所で見付かっているが セレビ・ピクエ鉱床群より重要なものはない。 その他の鉱化作用としては変成堆積岩層中の僅かな銅 縞状片麻岩中の少量の銅-鉛-亜鉛-銀の産出 小規模な層状クロム鉄鉱がいくつかの超苦鉄質岩体に伴っており また造山帯全般にわたって金-銀鉱化作用が見られるが著しい濃縮は見られず経済的価値は乏しい。

ii) ダマラ帯 (600±200 Ma)

ボツワナの西北部に北東-南西傾向をもって広く分布していると考えられているが 大部分がカラハリ層とカラハリ砂漠の砂に覆われているため明らかではない。 ガンジ (Ghanzi) 地域はダマラ帯の隆起部で露頭もよくこの地域の地質とナミビアの地質からボツワナ北西部の地質は推定されている。 しかし 最近の年代測定結果から 全域がダマラ造山を受けた岩石ではなく 一部はナマグワランド・ナータル帯 (キバラ造山, 1100±200Ma) に属すると考えられるようになった。 最近ガンジ附近の堆積岩層中にザンビアのカッパーベルトの銅鉱床と非常に良く似た層序規制型の銅鉱床が見付かり調査が進められている。

3) 卓状地地域

これまで変成作用を受けず変形していない岩石の分布地域をボツワナでは卓状地域 (Platform regions) と呼んでいる。 先カンブリア時代 主として原生代の卓状地を形成しているのは 東部及び東南部のフエンタースドプ (Ventersdorp) とトランスバール (Transvaal) 層群でカプファール剛塊を覆い前者は主として流紋岩質火砕岩・頁岩・砂岩からなり 後者は厚い珪質苦灰岩層を夾み



	カルー系玄武岩あるいはカラハリ層・風送砂で覆われた地域 (探査困難な地域)	Asb	アスベスト
	カルー系堆積岩層 (高石炭資源)	Coal	石炭
	マクガディクガディオン地域 (潜在的高ソグ灰、岩塩、カリ資源)	Cu	銅
	露岩地域 (金属鉱物資源)	D	ダイヤモンド
		Fl	螢石
		Gyp	石膏
		Mn	マンガン
		Ni	ニッケル
		Salts	ソグ灰、岩塩、カリ
		Talc	滑石
		Sps	黄石

* 操業中あるいは操業準備中の大規模鉱山

■ 稼行可能な鉱床

第11図 ボツワナの鉱物資源分布図 (Jones, 1979).

頁岩からなる。 プッシュフェルト複合岩体 (1950 Ma) は南アフリカでトランスバール層群を貫いている。 その他 ウォーターベルグ (Waterberg) 層群はリンポポ帯とトランスバール層群を局部的に覆い 数多くの粗粒玄武岩貫入岩体 (1000-1200 Ma) で切られている。 ショシヨング (Shoshong) 層がその代表的なもので リンポポ帯を覆い 礫岩・砂岩・頁岩・稿状アイアン・フォーメーションからなっている。 顕生代の貞状地としては 1,500m 以上の厚さをもつカルー系で中部エッカ統の堆積岩層中には資源的に重要な夾炭層をもち ボツワナ南西部-中央部-北東部に広く分布している。 カルー系上部のストームベルグ統は厚い玄武岩熔岩で有名で このためカルー系の堆積岩層は無数の岩脈・フィダーパイプにより切られ岩床も少なくない。 ボツワナで発見されたキンパーライト・パイプ群はカルー系を切っている。 ボツワナの鉱物資源として重要なダイヤモンドと石炭はいずれもカルー系と密接な関係がある。 カルー系以後

の卓状地としてカラハリ (Kalahari) 層がある。カラハリ層は白亜紀末から現世まで堆積し 厚さは100m前後で 大陸性砕岩上に種々のパン堆積物 風送砂がのっている。これらパン堆積物はシリクリートろカルクリート化している。

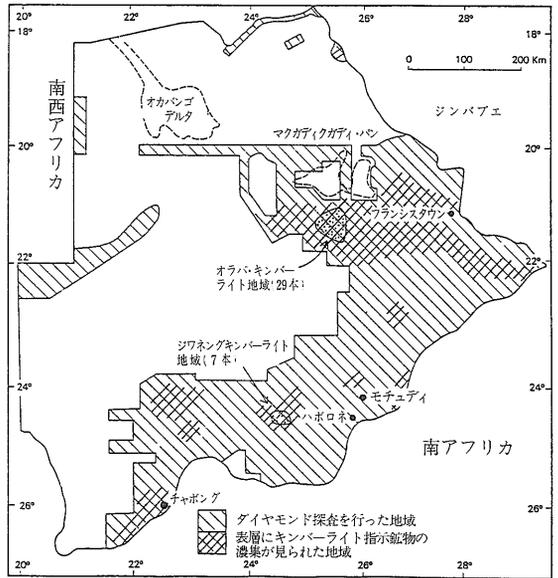
4. ボツワナの鉱物資源

ボツワナの鉱物資源の筆頭は 勿論ダイヤモンドである。さらにリンボゴ帯のセレビ・ピクエ鉱山の銅 ニッケル カラー系の石炭 パンのソーダ灰が現在稼行している鉱種である。(第11図)

(1) ダイヤモンド

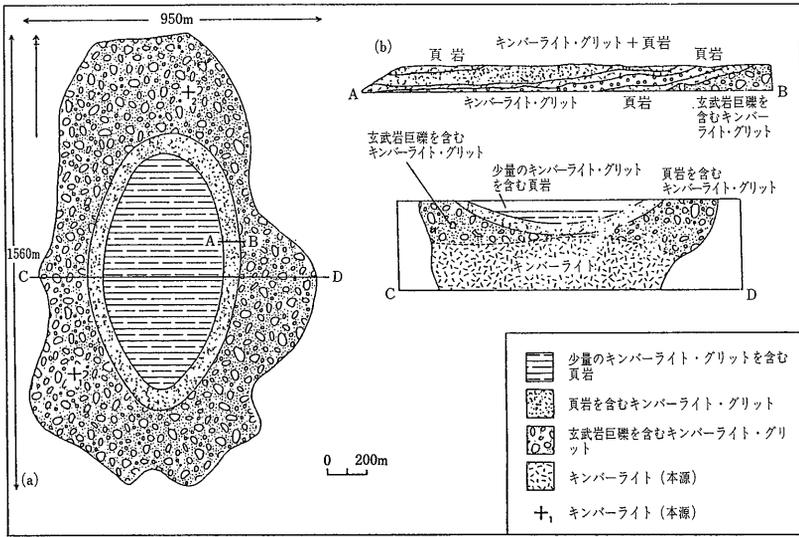
i) ダイヤモンド探鉱の歴史

ボツワナ独立前の1955年以来 英国の Selection Trust 社はダイヤモンドの探鉱を行ってきたが 4年後の1959年にフランシス・タウンの南約60kmのフォレイ (Foley) の近くのモトロウツェ川の礫中から3ヶの小さなダイヤモンドを発見した。Selection Trust 社から探鉱を引き継いだ de Beers 社の探査チームはこれらの含ダイヤモンド礫が何処からきたか追跡したが弱い異常帯は続くものの皆目見当が付かなかった。de Beers 社では英国から古流系の研究者を招き数年にわたって研究調査を続けた結果 問題のモトロウツェ川はかつて現在の流路のはるか西を流れていたことをつきとめ 古流路はローデシア-カラハリ隆起軸の西にあることを明らかにした。すなわち古モトロウツェ川は現流路から約200km西を流れていた。広域探査地域はこの結果にもとづき古モトロウツェ川流域に移された。キンバーライト・パイプの広域探査は キンバーライト地域では侵食・剝脱したパイプからの特定鉱物・ダイヤモンドが表層濃縮(1~1.5mの深さ)することを利用して 地表あるいは地表近くの土壤を一定の間隔(普通は1試料/1mile²)で採取し 重鉱物を分離してキンバーライトに含まれる特定鉱物(チタン鉄鉱・パイロップ柘榴石・クロム透輝石 時にダイヤモンドそのもの)の濃縮度を観察し これらの特定鉱物濃縮度図をつくり 高濃縮地域にピットを掘るか試錐を行ってフォローアップする。古モトロウツェ川地域の新探査でレトハカネ (Letlhakane) の近くで特定鉱物の著しい高濃縮帯が1966年中頃に見付かり 1967年初頭からの精査でダイヤモンド探査を始めて12年目にボツワナで最初のキンバーライト・パイプ (2125 BKI) が発見された。1ヶ月後に最初のパイプよりはるかに大きなパイプが発見されこのパイプは後にオラパ (Orapa) と呼ばれ その後の探鉱でオラパ・レトルハカネ地域で 総計29本のキンバーライト・パイプが見



第12図 ボツワナのダイヤモンド探査地域及び表層にキンバーライト指示特定鉱物の濃集が見られた地域 (BALDOCK ら 1977)。

付かった。最大のパイプ (2125AKI) を中心に露天掘方式で開発することが決り 1972年7月に正式に開山した。de Beers 探査チームは オラパ・レトルハカネの精査と平行して 北部・中央部・南部の探査を続け 1973年末には南部のジワネング付近で 特定鉱物高濃縮帯を発見し試錐の結果50mに及ぶ被覆物の下に7本のキンバーライト・パイプがあることを確認した。ジワネングのキンバーライト群はいずれも品位が高いため 厚い被覆物を除去しても十分採算がとれると判断し開山を決め 1979年より被覆物の除去を開始するとともにロボツェカニエ-ジワネング間の道路の建設 開山のための町づくりに岸りかかり 1982年8月14日正式に開山した。ジワネングの被覆物は上部からカラハリ砂漠の風送砂 カンハリ層のシリクリート及びカルクリートからなっている。なお ダイヤモンド鉱山でいわれる品位とは100トンの鉱石中にダイヤモンドが何カラット (1ct=0.2g) 含まれているかもを示し ジワネングのキンバーライト・パイプ群の品位は50~150ct/100tで異常に高い。タンザニアのムアドイ (Mwadui) では約40ct/100t 南アのファンシュ (Finsch) でさえ100.47ct/100tの品位なのでジワネングのパイプがいかに高品位であるか理解できると思う(第12図)。特定鉱物高濃縮帯の精査は 深さ10m・20m・40m・80mのピット及び試錐を50m間隔で格子状に下ろしパイプの形状を確認し 深さ2m毎に採取された試料についてダイヤモンドを分離し ダイヤモンドの品位・品質の検定が行われる。オラパのこの試料採取計画により約40m (120フィ



第13図 オラパ キンバーライト・パイプの平面及び断面図 (Edwards, 1972). 浸蝕・剥脱により本源キンバーライトが拡散 堆積した。

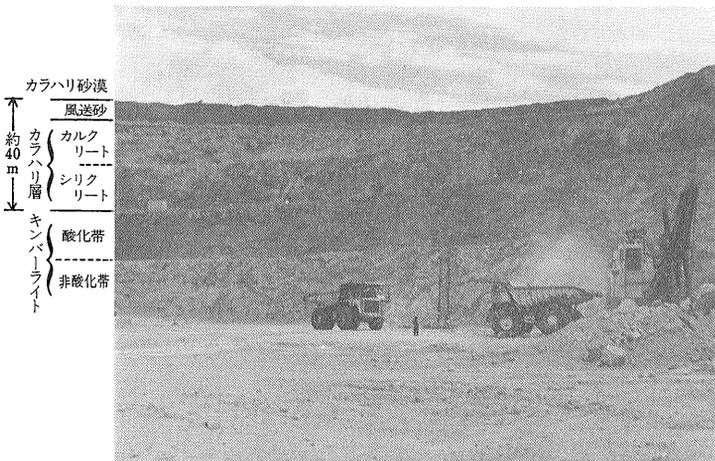
ート)の深さまでで ダイヤモンドの平均品位は 121 ct/100t と確かめられた。

ii) キンバーライト・パイプの産状と地質的環境

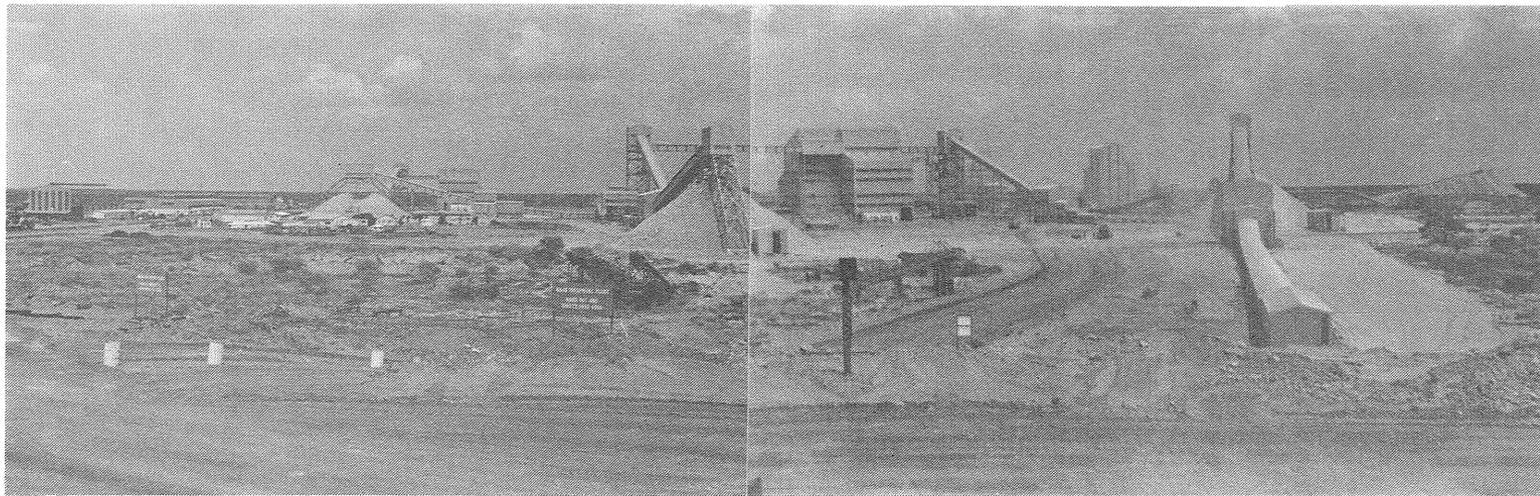
オラパ・レトルハカネ地域は フランシス・タウンの西約 220 km にあり オラパとレトルハカネの村を含む約 1,800 km² の地域内に29のキンバーライト・パイプが知られている。 この中にオラパの近くにある AKI はパイプ中最大のもので ピット・試錐・剝土の結果 AKI の地質的な情報は明らかとなった (第13図: EDWARDS, 1972). オラパ AKI パイプは長径1,560m 短径950m の楕円状で 世界第2の表層での大きさをもつキンバーライトである。 60mの深さでパイプの面積は表層の約80%と小さくなっている。 現在の侵食面で AKI の上部は堆積の性質をもち 他の既知の堆積性キンバーライ

ト 例えばタンザニアのムワドイに良く似たパターンを示す (EDWARDS and HOWKINS, 1966). 表層近くではキンバーライト・グリットは グリットから巨礫まで変るキンバーライトと母岩の淘汰の悪い混合物からなっている。 キンバーライト・グリットを含む堆積層は多くの包有物一主にカルー系の玄武岩礫一及び頁岩礫を含んでいる。 本源キンバーライトは第13図の北部及び南西部のピット中で観察されたと記載があるが 評錐コアでは堆積盆の90m以深で 中粒オリブ緑色の蛇紋岩化したキンバーライトの存在を示しており 全く堆積性の特徴はなく本源キンバーライトと考えられている。 オラパ・レトルハカネ地域29本のキンバーライト・パイプのうち26本は小さくしかもほとんどダイヤモンドを含まず 経済的価値はない。

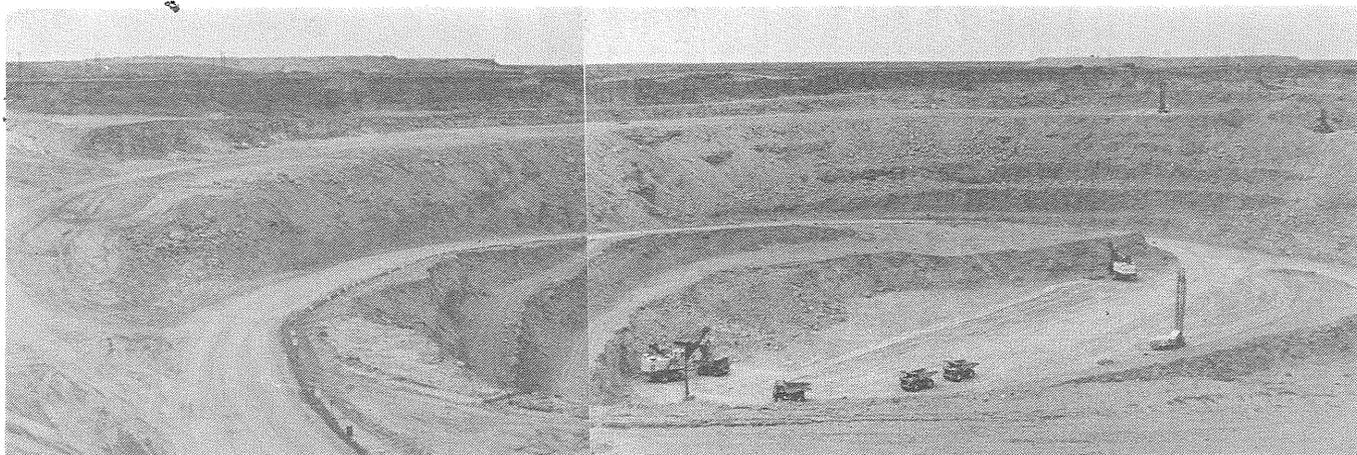
カルー系の堆積岩・玄武岩層を貫ぬいて噴出したオラ



第14図 ジワネング露天掘で見られるキンバーライト・パイプカラハリ層及びカラハリ砂漠風送砂の関係。トラックは80トン積み。



第15図 ジワネング鋳石処理施設全景。 露天掘りより。

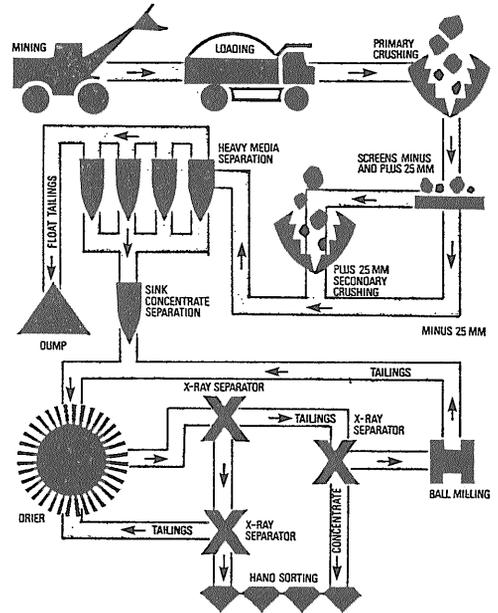


第16図 ジワネング キンバーライト・パイプの露天掘。 トラックは80トン積み。

パ・レトルハカネ地域のキンバーライト・パイプは白亜紀末か第三紀初頭のカラハリ層の最初期の堆積時期に噴出したらしい (90~70Ma)。カラハリ層の基盤は第三紀初頭の「アフリカ侵食面」とポスト・ゴンドワナ侵食面で 表層基盤は先カンブリア時代からカルー系の岩石にわたっており この表層基盤上に約 100m の厚さでカラハリ層が覆っている。噴出後の著しい侵食・剝脱によりキンバーライトは拡散・堆積し しかもモトロウツェ川の流路の変更のためキンバーライトに含まれる特定鉱物の濃縮帯が広い範囲に亘ったものと考えられる。

南部のジワネング地域の7本のキンバーライト・パイプ群はオラパのキンバーライトのような堆積的性質を余りもたず パイプ上を直接50mものカラハリ層のカルクリート・シリクリートが覆い さらにカラハリ砂漠の風送砂をのせている。ジワネングはハポロネの西約125kmの半分カラハリ砂漠の砂で覆われたサバナ地域で1,500人の労働者と6,000人の家族の生活のために4年がかりでインフラストラクチャーの確立が行われ 1982年8月14日に開山した (第15, 16図)。

ジワネングのキンバーライト群発見の端緒は 1972年大雨の後 現地人が白蟻の巣 (termite mounds) の崩れの中から小さなダイヤモンドを見付け ロバツェの地質調査所に持ってきたことから始まった。ジワネング地域はかつて孤立したパンで次第にカラハリ砂漠の風送砂の侵入を受け 現在は無数の白蟻の巣のあるサバナ地帯である。de Beers のダイヤモンド探査チームは 急拠現地に赴き 白蟻の巣の重鉱物を分離観察し ダイヤモンドを含む特定鉱物の濃縮分布図を約 200km² の地域に完成し さらに高濃縮地帯について50m間隔で深さ2mのピットを掘り 8高濃縮帯を見出し これらの中



第18図 ダイヤモンド採掘 分離のフローシート (Debswana 提供)。

心に深度120mの試錐を行い 8本の試錐のうち6本がキンバーライト・パイプを貫き その後の精査でさらに1本のパイプが確認された。ジワネングは白蟻の巣から小ダイヤモンドが発見されてから 1年足らずで7本のキンバーライト・パイプの形状の確認・ダイヤモンドの分布・品位及び品質の検定が行われた極めて運の良い例であった。ダイヤモンドを発見した現地人は 現在ジワネング鉱山の警備隊長となり 一族二十数人も同鉱山で働いているとのことである。なお白蟻の巣の深さは49~60mに達する。ジワネング地域では古パン地帯であったためか キンバーライト・パイプの侵食による拡散の度合いは北部にくらべてはるかに狭く 特定鉱物の濃縮の度合いは高い。キンバーライト中の包有物としては 原生代卓状地堆積物の頁岩片が最も多く 始生代のカプファール剛塊の緑色岩・花崗岩・片麻岩片がこれに次ぎ カルー系の玄武岩・堆積岩片は含まれていない。

iii) ダイヤモンドの採掘・分離

オラパ・レトルハカネ及びジワネングでの採掘はいずれも露天掘りで行われ 表層部は剝され 鉱石はブルドーザーで集められ80トントラックで一次クラッシャーに運ばれ粗粉細によりダイヤモンドはその母岩から分離され 次の段階ではすべてのダイヤモンドを回収するための手段が講ぜられている。第18図のフローシートに示されるように含ダイヤモンド物質と軽い残滓を分ける



第17図 白蟻の巣 (Termite mound) の例。タンザニア・コンドアア付近。大きなものは高さ2mを越すものもある。



第19図 ハボロネのオラバ・ハウス（下図）、オラバ・ハウス内でのダイヤモンドの選別作業（上図）。



「重鉱物遠心分離装置」(Heaug media cyclone plant)に導かれる。この装置はダイヤモンドの高比重(3.5)を利用し、比重2.7のフェロ・シリコン-水パルプと混ぜて遠心分離し含ダイヤモンドの重い物質をシンクに集め、汚過して回収する。この重い物質(濃縮物)は再濃縮遠心分離装置に導かれ±6mmの篩を通す。大きな粒は直ちに最終ダイヤモンド回収のためX線分離器に送られ、小さな粒は乾燥される。X線分離器はX線照射下ではダイヤモンドは青い蛍光を発することを利用している。濃縮物は分離駆動ベルトへ移され、X線ビームを通過して収集箱へおちる。これらは光電管で鑑別し、空気エジェクターでダイヤモンド粒と他の鉱物とを分け、最後に熟練工の手により選別される。手選されたダイヤモンドはハボロネのオラバハウスの中にある Debswana の子会社の Botswana Diamond Valuing Company (BDVC) に送られ、大きさ・品質・色などにより 1986年3月号

選別されてロンドンの CSO に売却される (第19図)。

iv) ボツワナのダイヤモンドの生産量

1982年8月14日新しく開山したジワネング鉱山は1983年度はフル操業を始めた最初の年であった。生産量は1982年度の約262万カラットにくらべて2倍以上の585万カラットに増加し、品位も78.7 ct/100t から121.5 ct/100t と良くなった。ジワネングのフル操業によりオラパーレトルハカネの減産にもかかわらず世界の生産量の順位は南アフリカを抜いて第3位となった(第1表)。国内総生産(GDP)に対するダイヤモンド鉱業の貢献は既に70%を超えているといわれている。1983年度のダイヤモンドの生産額は6億5,000万プラ(P1≈US\$1)に達した。

(2) 銅-ニッケル

ボツワナの唯一の稼行中の銅-ニッケル鉱床であるセレビ・ピクエ鉱山はフランシス・タウンの南約100kmのリンボポ造山帯の中央帯の高度に変成・変形した苦鉄質岩帯中に胚胎している層状の鉱染状-塊状硫化物鉱床である。リンボポ帯は3,200 Ma-2060 Maの間に3度の変成と構造運動を受け、260 kmの幅でローデシア剛塊とカプフェール剛塊とを分け、北縁帯・中央帯・南縁帯に分けられ、北・南縁帯は両剛塊と漸移関係にあり、角内岩相乃至グラニュライト相の変成岩からなり、中央帯は中・高変成度の堆積岩層からなり、泥質岩中に堇青石・柘榴石などができている。最初の事件は高温・高圧の変成作用で、2,660±60 Ma、第二のできごとは大規模な

第1表 ボツワナダイヤモンド鉱業の発展と生産量

年度	ダイヤモンド 生産量×1,000 Carats	ボツワナ ダイヤモンド鉱業のできごと
1966	—	
1967	1	オラバ・レトルハカネ キンバーライト・パイプ発見
1968	11	
1969	31	
1970	583	
1971	917	
1972	2,446	7月 オラバ鉱山開山
1973	2,453	ジワネング・キンバーライト・パイプ発見
1974	2,718	
1975	2,414	
1976	2,361	
1977	2,691	ジワネング表層剥土はじまる
1978	2,799	
1979	4,394 ④	
1980	5,128 ④	
1981	4,960 ④	
1982	5,148 ④	8月 ジワネング鉱山開山
1983	10,731 ③	オラバ 4,334,645 ct (56.4 ct/100t) レトルハカネ 543,522 ct (23.5 ct/100t) ジワネング 5,852,998 ct (121.5 ct/100t)

註：③ ④ 世界生産量の順位

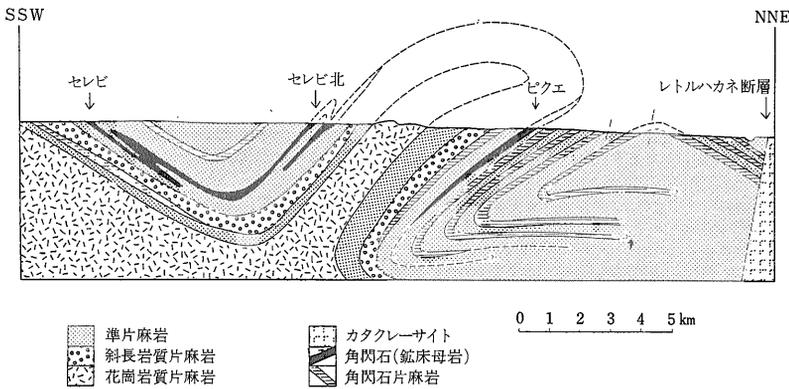
横臥褶曲で北東に反転し 角内岩相の 変成作用を 伴ない 第三のできごととはドームとベーズン構造を作る変形運動(約2,000 Ma)である。リンボボ造山帯については HUNTER (1981) "Precambrian of the Southern Hemisphere" 第10章に詳しい。

セレビ・ピクエ鉱床は準片麻岩(堆積源)中の斜長岩質片麻岩と角内石片麻岩に夾まれた層状角閃岩中に胚胎して 主な鉱石鉱物は磁硫鉄鉱・黄銅鉱・硫鉄ニッケル鉱で 数回の変成・構造運動の結果 濃集し鉱床を形成した同生鉱床とされている(第20図)。鉱床の鉱量は推定鉱量も含めて 品位1.0% Ni, 1.2% Cu で約6,000万トンである。1983年度には銅-ニッケル・マット48,083 トンを生産し好調であった。鉱石の一部はジンバブエのアイフェル・フラットの精練所に送られたが アイフェル・フラットの閉鎖に伴ない 再び米国ルイジアナ州のポート・ニッケル精練所に全部送られるようになった。ピクエ鉱床の露天掘は1980年6月に終りすべて抗内採掘となり 鉱石処理量はセレビ・ピクエあわせて30万トン/月の水準にある。1973年 BCL により開山されて以来 セレビ・ピクエ鉱山は赤字続きでボツワナ鉱業にほとんど貢献できなかったが 冶金・精練の問題点を改良することにより希望が見えてきた すなわち マット精練のための熔鉱炉にディーゼルオイルの代りにボツワナの

モルプレの粉炭を使いはじめたこと またモルプレ炭による火力発電所の完成などが挙げられる。

(3) 石炭

経済的価値のあるボツワナの夾炭層はカルー系 とくに中部及び上部エッカ流に集中している。最も厚くしかも連続する炭層は泥質の中部エッカ統中に胚胎しており 炭質泥岩と2枚乃至4枚の夾炭層を含む。上部エッカ統では薄い泥質炭と炭質頁岩の互層からなり 局部的に層厚1.5m を超す夾炭層があるが水平的には余り続かない。AAC のモルプレ炭田がボツワナで現在稼行している唯一つの炭鉱で 洗炭後灰分12-13% 硫黄分は1%以下である。採掘できる鉱量は1,400万トンで約50万トン/年を掘っており 主として90 MW 出力の火力発電所に供給され またセレビ・ピクエ鉱山のマット用熔鉱炉にも供給されている。政府はボツワナのカルー系の炭田 モルプレ・マンプラ地域の採掘できる鉱量を35億トンと概算しており 近日中に輸出に向けの予定である。しかし輸出のためには輸送ルートの確保が必要で 南アのチャード・ベイ石炭積出し港に送るための鉄道の建設 トランス・カラハリ鉄道計画が準備されている。その他の中小のカルー系中の夾炭層の推定鉱量は無尽蔵に近く将来の開発に大いに期待がもてる。



第20図 セレビーピクエ鉍床の断面図 (Gordon, 1973).

5. おわりに

ボツワナ地質調査所はカラハリ砂漠の鉍物資源・水資源の可能性を明らかにしようと「KARATRAVERSE」計画し カナダの「CIDA」の協力を得て 砂漠地域の空中磁探をはじめ 種々の探査を続けている。

しかし ボツワナはダイヤモンドの国である。ダイヤモンドによる巨額の利益により どのようにでも国造りができそうである。Debswana の広報部長モゴボディ氏 鉍物・水資源省次官のディファハ氏はそれぞれ熱っぽくボツワナの将来計画を語っていたが ここに書く必要はあるまい。

オラパのキンバーライト・パイプの上部はかなりの堆積性の部分を含んでいるが 現在採掘されているジワネングのキンバーライト・パイプは酸化帯を過ぎかつダイヤモンド品位の高い世界で最も新鮮なキンバーライトといわれている。ジワネングのキンバーライト試料の採取持ち出しは厚則として厳しく禁じられているが 日本の地質調査所の標本館の話をし 世界一のボツワナ・ジワネングの含ダイヤモンド・キンバーライトの標本を飾らせてもらいたいとお願いしたところ 地質調査所長の公文書をDebswana の社長宛に書いていただければ「標本」(希望のサイズを記入のこ)を送ってもよいとのことであった。またとないチャンスなので是非実行してほしい。

To : General Manager
De Beers Botswana Mining Company Ltd.,
P.O. Box 329, Gaborone
BOTSWANA

ボツワナの地質・鉍床についての文献

The principal published material by Botswana Geological Survey1. : Annual Reports; 2. Records of the Geological Survey; 3. Mineral Resources Reports (No.1-5); 4. Bulletin (No.2-22); 5. District Memoirs; 6. Geologic Maps.
the Director
Geological Survey Department
Private Bag 14, Lobatse, Botswana.
地質調査所出版物は上記で購入できます。出版物リストは

無料で送って貰えます。

BALDOCK, J. W., HEPWORTH, J. V. and MARENGWA, B. S., 1976. Gold, base metals and diamonds in Botswana. *Econ. Geol.*, **71**, 139-156.
BALDOCK, J. W., HEPWORTH, J. V. and MARENGWA, B. S., 1977. Resources inventory of Botswana : Metallic Minerals, mineral fuels and diamonds. *Miner. Resour. Rep. Botswana Geological Survey, No.4*, 1-69.
COATES, J.N.M., DAVIES, J., GOULD, D., HUTCHINS, D.G., JONES, C.R., KEY, R.M., MASSEY, N.W.D., REEVES, C.V., STANSFIELD, G. and WALKER, I.R., 1979. The Kalatrace One Report. *Bull. Botswana Geol Surv.*, No.21, 417p.
EDWARDS, C.B. and HOWKINS, J.B., 1966. Kimberlites in Tanganyika with special reference to the Mwaui Occurrence. *Econ. Geol.*, **61**, 537-554.
EDWARDS, C.B., 1972. The systematic sampling of the kimberlite body 2125 AKI at Orapa, Botswana. Unpublished AAC Report quoted by Baldock et al., 1977.
HUNTER, D.R. (Editor), 1981. Precambrian of the Southern Hemisphere. Elsevier, Amsterdam. (Southern Africa : p.397-833; Chapters 7-12).
HUTCHINS, D.G. and REEVES, C.V., 1980. Regional geophysical exploration of the Kalahali in Botswana. *Tectonophysics*, **69**, 201-220.
KEY, R. M. and HUTTON, S. M., 1976. The tectonic generation of the Limpopo mobile belt and a definition of its western extremity. *Precambrian Res.*, **3**, 79-90.
MALICK, D. I. J., HABGOOD, F. and SKINNER, A.C., 1981. A geological interpretation of Landsat imagery and air photography of Botswana. *Overseas Geol. & Miner. Resour.* No.56, 36p.
MC EWEN, G. (Editor), 1979. The proceedings of a seminar on geophysics and the exploration of the Kalahali. *Bull. Botswana Geol. Surv.*, No.22, 423p.
WAKEFIELD, J., 1976. The structural and metamorphic evolution of the Pikwe Ni-Cu sulfide deposit, Selebi-Pikwe, Eastern Botswana. *Econ. Geol.*, **71**, 988-1005.
その他南アフリカでのボツワナ関係の文献がかなりある。最も詳しいのは“Hunter, D.R. (Editor), 1981”であろう。