

# 南アフリカ共和国のダイヤモンド鉱床

岡野 武雄<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

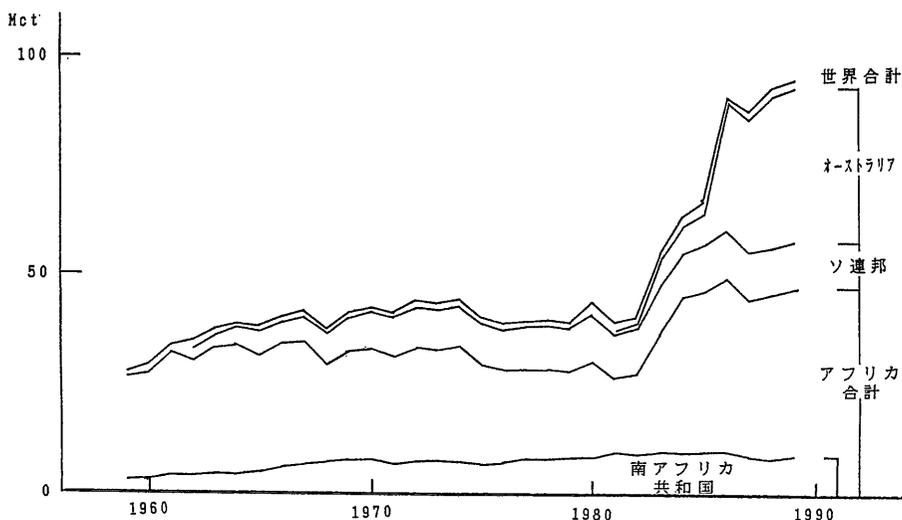
筆者は1993年9月、資源地質学会主催の南アフリカ共和国地質見学旅行に参加し、40年も昔から憧れていたウィットウォーターズランドの金鉱床、ダイヤモンドのキンバーライト鉱床を見学し、今日に至るまで感激しています。今回、南アフリカ共和国の代表的な鉱床を紹介する地質ニュースの企画に、ダイヤモンド鉱床の紹介を担当させて頂いた。見学したのはプレミア(Premier)鉱山で、数時間の坑内外、資料館の案内を受け、ビデオによる鉱山紹介をうけた。以下に示す南アフリカ共和国のダイヤモンド鉱床、鉱業およびダイヤモンド生成に関する最近の研究成果は、主として De Beers Consolidated Mines Ltd. (1976), Kirkley, Gurney and Levinson (1991; 1992), USBM Minerals Yearbook 1964-1989, Metals & Minerals Annual Review 1989-1993によるものである。

以下、見出し以外では南アフリカ共和国は“南ア”と省略し、また、ダイヤモンドの重量単位カラット(carat, 1 carat=0.2グラム)はct, またはcts, 1,000,000 caratsはMctと表記する。

## 2. 世界のダイヤモンド生産量の変遷と南アフリカ共和国の位置

1959年から1989年に到る世界のダイヤモンドの生産量を地域別に第1図に示した。

かつて世界のダイヤモンドの大部分は、アフリカ大陸から産出していた。1960年以前は、総生産量の98%以上を占めていた。1970年代初めのころ、世界のダイヤモンドの生産の90%は世界的なカルテル(ソ連邦を含む)支配下の鉱山から、約7%はアフリカ各地、インドネシア、ブラジル、ベネズエラにおける砂鉱床から、残りの3%は南アフリカ共和国、ブラジル、ベネズエラの中小の独立企業が



第1図 世界のダイヤモンドの生産量の推移(宝石・工業用の累計 単位: million carats, USBM Mineral Yearbookによる)。

1) 元所員: 〒270-11 我孫子市柴崎台3-15-15

キーワード: 南アフリカ共和国, ダイヤモンド, キンバーライト

ら供給されていた(Lampietti and Sutherland, 1978).

国別でみると、1960年頃からはソビエト連邦が主要な生産国となり、1982年頃よりはオーストラリアからも大量のダイヤモンドが産出し始め、1986年頃以後は世界第1の産出国となってきた。

一方、アフリカ大陸内では、ザイールが最大の生産国の地位を保ち続けてきている。南アは、アフリカ第2位の産出国であったが、1983年頃からボツワナに取って代われ、第3位の産出国になった。1992年の世界の天然ダイヤモンドの生産量速報値は次の通りである(Metals & Minerals Annual Review-1993による、単位はMct)。

オーストラリア(40.0)、ボツワナ(15.9)、ザイール(15.0)、ロシア連邦(11.25)、南ア(10.0)、アンゴラ(2.7)、その他を含め世界計(101.0)。上位5ヶ国で世界の総生産量の90%以上を産出している。

世界の合成ダイヤモンドの生産量は、1991年359.5 Mctで、工業用に向けられている。主要生産国はUSA: 90 Mct、アイルランド、旧ソ連邦、南ア: 各60 Mct、日本: 30 Mctである。

### 3. 南アフリカ共和国のダイヤモンド鉱業

#### 3.1 ダイヤモンド鉱床発見の歴史

南アにおける記録に残る最初のダイヤモンドの発見は1867年の初め頃である。Hopetown付近のOrange河の岸辺で発見されたこのダイヤモンドは21.75 ctsの石で、これを機会にOrange河、Vaal河沿いで多くの人がダイヤモンドを探した。2年後に、the Star of Africaと呼ばれることになる82.5 ctsのダイヤモンドが発見された。

1870年春、デクラーク(De Klerk)という農夫が、彼の働いていたOrange Free州のJagers Fontein 14農場の干上がった溝からザクロ石、チタン鉄鉱、クロム透輝石を発見した。彼は以前ダイヤモンドの沖積鉱床の鉱山で働いていたことがあり、これらの鉱物とダイヤモンドが密接に伴うことを知っていたことから探査を始めた。最初の1週間で、50 ctsのダイヤモンドを掘出すのに成功した。これがキンバーライトからダイヤモンドを取りだした最初であるという。このことによって長い間ダイヤモンドは河川の砂礫の中から産出するといわれてきた定説を覆

した。この時期既に、ザクロ石・チタン鉄鉱・クロム透輝石がダイヤモンド砂礫鉱床の指示鉱物であるという知識が一般の探鉱者にも普及していたようである。

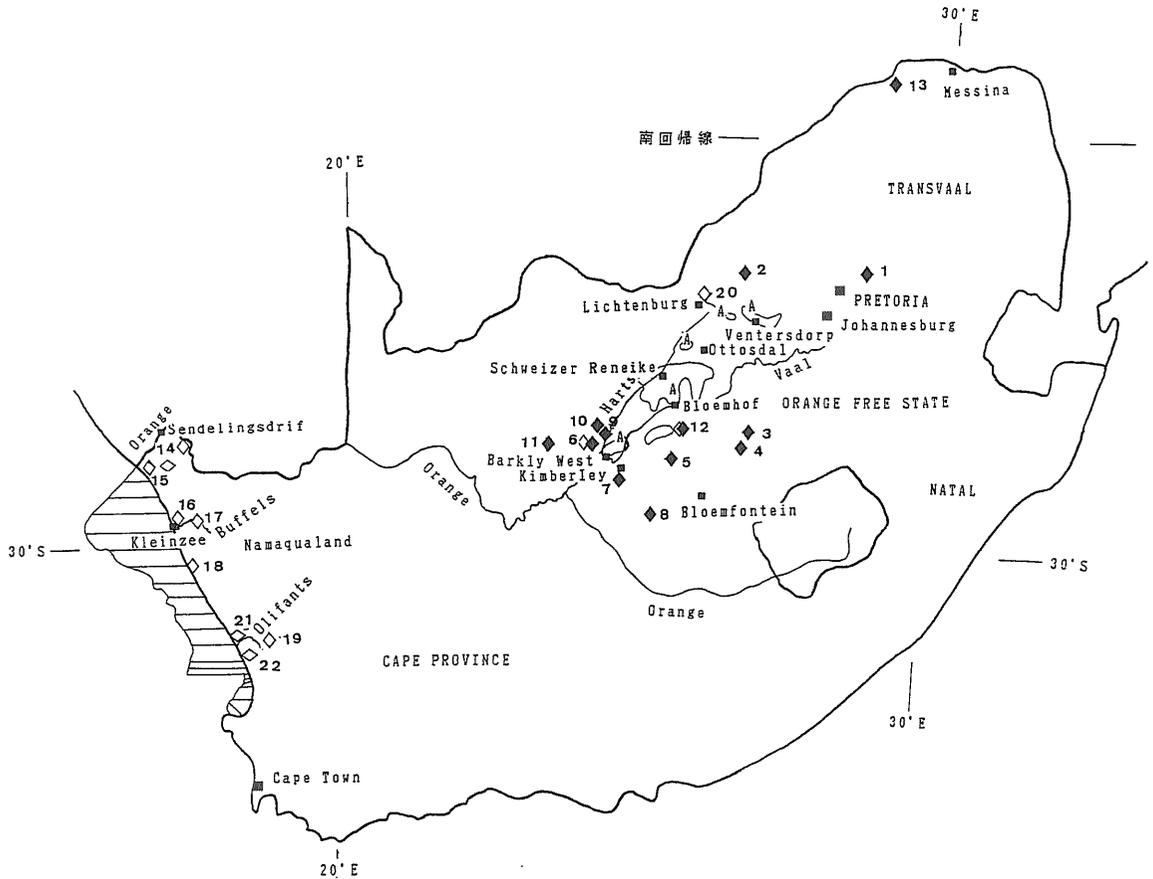
今日までも採掘を続けているDutoitspan, Bultfonteinの岩体は1870年に、De Beers, Kimberleyの含ダイヤモンド岩体は翌年に、Koffiefonteinは1875年、Wesseltonは1890年にそれぞれ発見された。Premier 鉱床は1902年頃発見されている。これは地形の類似が手がかりであったという。Fisch 鉱山の鉱体は1957年に発見された。最近の発見はVenetia 鉱山の鉱体で、10年間余の探査の後に1992年に正式に開山となった。

一方、沖積砂礫鉱床の探査と採掘は依然として続けられてきた。1912年頃までは沖積砂礫鉱床の採掘はVaal河盆地、すなわち、Vaal河と支流のHarts川の合流地点付近とBloemhofの間で採掘された。1926-28年頃には、Transvaal西部のLichtenburgとVentersdorp Desertsで巨大な鉱床が発見されている。南アの西海岸ではOrange河口付近で、ドイツの地質技術者が最初の探査を行っている。Alexander Bay付近では、1927年にドイツの有名な地質学者Dr H. Merenskyがカキの化石層を指示層として利用する科学的探査法によって、海岸線に生成した鉱床を発見した。1928年にはOrange河口付近の南西アフリカ海岸の富鉱床が発見された。

南アでは、1930年代から、Orange河口の南のAnnex Kleinsee, Dreyers Pan, Koingnaas, Langhoogte, Sandkop, Tweepad地区において海浜の砂鉱床を採掘している。Orange河口の北、南西アフリカ沖では海洋調査船が海底の砂鉱床を探査し、「はしけ」で採掘を行っている。現在は南アの沿岸では20鉱区が入札によってリースされている。

#### 3.2 ダイヤモンド鉱業の現況

南アのダイヤモンドの生産量は第1図に示すように1960年の3.1 Mctから1989年の9.1 Mctまで、緩やかな増加を示している。1960年の生産量の92%、1989年の生産量の95.5%はDe Beers系の鉱山から産出している。1985年には58の鉱山が操業しており、このうち19はキンバーライトを、21は河成鉱床を、18は海成鉱床をそれぞれ採掘していた。過去の生産時の尾鉱の廃石は15の鉱山で再処理されている。これは細粒のダイヤモンドの新用途



第2図 南アフリカ共和国ダイヤモンド鉱山分布図(1990).

(South Afrika's Mineral Industry, 1990による)

(◆:キンバーライト鉱床, ◇:河成漂砂鉱床, ◻:海成漂砂鉱床)

キンバーライト鉱床

1: Premier, 2: Helam, 3: Samada, 4: Star, 5: Rovic, 6: Sonnenberg\*, 7: Bultfontein, De Beers, Dutoit-span, Wesselton, 8: Koffiefontein, 9: Ardo, Du Plessis, Sover, Frank Smith, 10: Messina, Bobbejaan, Dancari, Cosmos, Namex, 11: Finsch, 12: New Elands, Loxtondal\*, 13: Venetia (\*: 沖積採掘を含む)

河成漂砂鉱床  
14: Baken, 15: Alexcor\*\*, 16: Tweepad, Namaquamix, 17: Langhoogte, Wolfberg, Komaggas, Bonte Koe, Kuboes, 18: Koingnaas, Avontuur, Hondeklipbaai, 19: Quaggaskop, 20: Diep River, Shenadoah, A: 沖積鉱床採掘地域 (\*\*: 海浜採掘を含む)

海成漂砂鉱床

21: Bethel, 22: Strykloof, De Punt, Papendorp, Doringbaal (図中左端, 大西洋中の点線区画地域1-20区画は, 海底採掘リース区画)

が開発されたからである。

1990年には72の鉱山が採掘を行った(約400の漂砂鉱床の探査地は除く)。このうち、27キンバーライト鉱山からは7.380 Mct, 18鉱山(陸域の漂砂鉱床)からは1.198 Mct, 海域の27鉱山(漂砂鉱床)から0.135 Mctをそれぞれ生産した。これらの鉱山の地理的分布を第2図に示した。

以下、1980年代から90年代にかけて活躍していた南アの主要なダイヤモンド鉱山について述べる。生産量、鉱石の品位などは第1表に示した。なお、1992年のDe Beers系鉱山の生産量は9.61 Mctである。

**Finsch 鉱山** Cape Province州 Lime Acres町 Asbestos Hillsにあり、Kimberleyの西北160 kmに

第1表 南アフリカ共和国主要ダイヤモンド鉱山の最近の生産量および粗鉱品位  
(単位 生産量：Mct 品位：carats/100t) (USBM Minerals Yearbook などから作成)

	1977	1980	1983	1985	1988	1989	1990
Finsch鉱山 生産量合計 (宝石用) (工業用) 品位 (ct/100t)	2.4 66.65	2.9 0.5 2.4 75.12	5.0 1.7 3.3 100.47	5.0 1.8 3.2 94.8	3.9 1.4 2.5 80.2	4.6 (1.6) (3.0)	4.2 (1.5) (2.7)
Premeir鉱山 生産量合計 (宝石用) (工業用) 坑内鉱 品位 尾鉱ズリ 品位	2.010 1.7 31.45 0.3 19.12	2.039 1.5 29.36 0.5 21.24	2.644 (0.8) (1.84) 2.00 36.56 0.64 40.35	2.684 (0.82) (1.86) 2.1 37.7 0.6 27.05	2.239 (0.696) (1.543)	2.215 (0.689) (1.520)	2.328 (0.724) (1.604)
Dutoitspan鉱山 生産量合計 品位 (ca/100t)	0.112 16	0.123 20.41	0.106 17.32		0.116 15		
Bultfontein鉱山 生産量合計 品位 (ca/100t)	0.330 32	0.584 38.83* 27.59**	0.574 36.36* 28**		0.226 34.6		
De Beers鉱山 生産量合計 品位 (ca/100t)	0.114 16	0.136 20.43	0.127 19.6		0.069 19.9		
Wesselton 生産量合計 品位 (ca/100t)	0.529 27	0.330 23.61	0.277 19.76	0.352 25.88	0.532 21.6* 18.2**		
Namaqualand鉱床 Koiingnaas 生産量 品位 (ct/100t)		[0.643] 0.635 34.49	[0.88] 0.634 41.52	[0.92]	[1.006]	[0.932] 0.540 25.1	
Dreyerspan 生産量 品位 (ct/100t)			{1982} 0.221 6.53				
State Diggings (政府管理会社) 生産量 品位 (ct/100t)					0.113	10.5	
Annex Kleinzee 生産量 品位 (ct/100t)		0.460 14.98	---				

( [ ] 中は De Beers Namaqualandの合計、\* 坑内鉱品位、\*\* 尾鉱ズリ品位、— 閉鎖中)

位置する。現在南ア最大の鉱山。1960年発見，1964年操業開始，1990年頃まで露天掘り，1991年坑内から最初の鉱石出鉱。1988年は洪水のため露天掘りは影響を受けた。1990年の生産量は4.178 Mct，品位は84.9 ct/100 t。

Transvaal系 Griquatown 統の縞状鉄鉱層，Dolomite 統中のキンパーライトパイプ。Yellow ground は約100 m 下まで発達している。

**Premier 鉱山** Transvaal 州，首都の Pretoria の

北東10 km に位置する。政府60%，De Beers 全額出資の子会社が40%出資した鉱山会社の所有。1902年発見，1932年閉山，この間25 Mct 生産，1950年再開，1950-61年 5 Mct 生産。1992年の生産量は2.444 Mct，品位は35.3 ct/100t。

数本のプラグ(discrete)から構成されている。上部中央部にダイヤモンドを含まない岩体が発達している。地表下500 m に厚さ75-100 m の水平の斑斕岩シルがパイプを切っている。シルの下は保坑困難

な坑道が多いようである。

Premier 鉱山は大きなダイヤモンドを産すること  
で有名である。1905年有史以来世界最大のダイ  
ヤモンド Cullinan (3,106 cts=680 g)が発見された。  
1978年までに、100 cts 以上のもの280個を産して  
いる。1978年353.9 cts, 1983年471と72 cts のダイ  
ヤモンドを産出した報告がある。

**Venetia 鉱山** ジンバブエとの国境に近い Mess-  
ina の西方75 km に位置する。10年余の探鉱の末、  
1992年8月14日正式に開山した鉱山である。1992  
年の生産量1.868 Mct, 品位118 cts/100 t(探鉱出鉱  
を含む)である。

**Kimberley 付近のキンバーライトパイプ 鉱山**  
Dutoitspan 鉱山, Bultfontein 鉱山, De Beers 鉱山,  
Wesselton 鉱山が採掘されていた。この地区の合計  
生産量は、1992年0.602 Mct, 平均品位15.7 ct/  
100 t。

**Koffiefontein 鉱山** Orange Free 州のキンバーラ  
イトパイプの唯一の生産鉱山。最近では1971年再  
開, 1982年操業中止, 1988年再開した。1992年  
0.244 Mct 生産, 品位7.4 ct/100 t である。

**Namaqualand の漂砂鉱床** 漂砂鉱床の鉱山につ  
いては資料が少ない。第5図参照。

**Koingnaas 鉱山** 1962年発見, 1980-82年頃  
Mitchells Bay の鉱石もこの鉱山の選鉱所で処理し  
た。1980年頃のダイヤモンドの平均粒度は0.25 cts  
と小粒。1992年の生産は0.575 Mct, 品位26.2 ct/  
100 t である。

**Dreyerspan 鉱山** 平均粒度0.58 cts という。

**State Diggings 鉱山** 政府管理会社, 1920年代か  
ら生産を続けている。

**Annex Kleinsee 鉱山** 断続的に生産を続けてい  
る。

#### 4. 南アフリカ共和国のダイヤモンド鉱床

南アにおけるダイヤモンド鉱床は、次のように分  
類される。

- (1) キンバーライト鉱床(パイプや岩脈)
- (2) 古い時代の砂礫岩鉱床(ウィットウォーター  
スランド鉱床)
- (3) 漂砂鉱床

1972年産出ダイヤモンドの鉱床型別比率は次の通

キンバーライトパイプ鉱床	78.2%
キンバーライト岩脈鉱床	9.9%
漂砂鉱床(海成鉱床)	9.0%
漂砂鉱床(河成鉱床)	2.9%

なお、1984年は、キンバーライト鉱山産ダイヤモ  
ンド86.3%, 漂砂鉱床産13.7%であった。

#### 4.1 キンバーライト鉱床

##### 4.1.1 キンバーライトパイプ

キンバーライトパイプは地殻の深部に発生し、上  
部の岩石を貫いて地表部に達した超塩基性の火山岩  
プラグで、下部に向かって細くなるパイプ状をなし、  
多くの外来包有物を含んでいる。主要構成鉱物はか  
んらん石, Mg-チタン鉄鉱, Cr-ザクロ石である。  
かんらん石は全岩の30-50%を占めるが、蛇紋岩に  
変質していることが多い。副成分鉱物としては、  
Cr-透輝石・金雲母・ジルコン・灰チタン石・磁鉄  
鉱・天晴石・重晶石などを伴っている。キンバーラ  
イトの化学組成は SiO<sub>2</sub>(30-35%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(3-6%),  
MgO(23-35%), H<sub>2</sub>O(6-13%), TiO<sub>2</sub>(6-13%) であ  
る。

1975年頃までに南アで発見された数100のキンバ  
ーライトのうち、ダイヤモンドを採掘したものは26,  
このうち、かなりの産出のあったものは僅か8鉱  
山の岩体に過ぎない。

キンバーライトはクラトン地域に岩体群をなして  
産出する。南アで最も重要な岩体群は、Kimber-  
ley, Pretoria, Jagersfontein, Koffiefontein および  
Postmasburg 地区のものである。

キンバーライトパイプの水平断面は卵形をなすも  
のが多い。地表付近ではパイプの長径は1.5 km か  
ら30 m と多様である。今日までに知られている世  
界最大のパイプは、タンザニアの Williamson pipe  
(Mwadui)で、長径1,524 m, 短径1,066 m, 地表面  
積146ヘクタール(Ha)である。南アで最大の Premi-  
er 鉱山のパイプは、楕円形をなし、長径は914.4  
m, 短径は457.2 m, 地表での面積は32.2 Ha であ  
る。2位以下は、Finsch(17.9 Ha), Koffiefon-  
tein(11.1), Jagersfontein(10.0), De Beers(4.6),  
Kimberley(3.6)の順である。

一般にキンバーライトパイプは垂直に近い漏斗状  
をなす。鉱山として最も深く掘られたのは Kimber-  
ley 鉱山で、地下1,073 m に達している。

キンバーライトパイプの地表部における地形的特徴は周辺部より多少凹んでいるか(例, Dutoitspan 鉱山), 多少突出している(例, Kimberley 鉱山)に過ぎない。

キンバーライトパイプの中には, 時代を異にする2つ以上のキンバーライトプラグから構成されているものが多い。Kimberley 鉱山のパイプは6つのプラグから成り立っている(Clement et al., 1986)。パイプの多くは, 貫入時期のやや早いキンバーライト岩脈で結ばれている。このことは, キンバーライトパイプは既存の割れ目に沿って入り込んできたことを示すものかも知れない。多くの場所で近接するパイプが平面的に, 一列に並んでいるのは, 有力な証拠であるという。

キンバーライトパイプは多くの捕獲岩(xenolith)を包有し, それらは非火山岩質と, 塩基性岩質のものに大別できる。前者はキンバーライトマグマが上昇する際に地層の一部を取り込んできたものである。塩基性岩質の捕獲岩はエクロジャイト, かんらん石であり, それらはダイヤモンドを含んでいることもある。

キンバーライトパイプは, その上部から下部へ向って, 次のような順序で変化している。

- (1) Yellow ground: 風化したキンバーライトを指し, 地表から2-50 mの深さに達する。
- (2) Blue ground: 殆ど風化していない堅いキンバーライトからなり, 下部へ行くほど, 新鮮で硬くなる。

Yellow ground は, 黄色-黄褐色の乾燥した粘土状の岩塊で, 水を含めば容易に崩壊する。Blue ground は, 青色-青緑色-青黒色を呈し, 軟らかくグリース状の触感を示す蛇紋岩化した石基からなる。このなかに外来の包有物, かんらん石の仮晶を示す蛇紋石や金雲母が散在し, 時に黒色のチタン鉄鉱, パイロープ・頑火輝石・クロム透輝石を伴う。

ダイヤモンドは, パイプ中に結晶形の良く残されたもの, 結晶形の壊れたもの, として産出する。品質の良いダイヤモンドは, 品質の悪い boart(不規則な小結晶の集合体で低品質のダイヤモンド)と呼ばれるものに伴って産することが多い。比較的結晶の大きなダイヤモンドの外形は八面体を呈するが, 小さい結晶では十二面体である。四面体の結晶は極めて稀である。これらの結晶の稜線は丸みを帯びて

いるものが多い。

ダイヤモンドの結晶は, 非常に細かいものから, Premier 鉱山産 Cullinan(3,106 cts)のような大きいものまでである。産出するダイヤモンドの平均の大きさは, 鉱山毎に異なるが, 重要な鉱山では, 1 ct を越えるものが全ダイヤモンドの25-65%といわれる。

ダイヤモンドの色も多様である。なかでも Premier 鉱山は種々の色のダイヤモンドを産出することで有名である。一般には, 薄い黄色味を帯びた白色の Cape(ブラジル産のものに対して Cape 州から出荷された黄味を帯びたダイヤモンドの意味)あるいは Silver Cape として知られているものが最も普通である。緑・灰・黒・褐色などは普通に見られ, 評価の高い青白色のダイヤモンドは極めて少ない。色の付いたダイヤモンドを切断してみると, 多くの場合, 色の付いた部分は結晶の表面に限られている。

キンバーライト中のダイヤモンドの含有率は非常に小さい。稼行可能な鉱山で, 粗鉱100 t 当たり7-100 cts である。

ダイヤモンドを含有するキンバーライトはそれぞれ, 結晶・色・光沢・表面の模様など, 類似した特徴をもつダイヤモンドを産する。従って, 専門家はその特徴に基いて産地を特定できるといえる。

#### 4.1.2 キンバーライト岩脈

キンバーライト岩脈はダイヤモンド品位が低いか, あるいは, 無価値と考えられてきたが, 最近ではキンバーライトパイプの探査に有効なことが知られてきている。多くのパイプは, 地表または地下で, 岩脈状の“分脈”を持つ。それらは地下深く存在する破碎面に沿って, 発達したように思われる。パイプが上部で円形に近い形をとるのは, 地表近くで外圧が低下し, 内蔵していたガスの爆発作用で, 通路に当たる岩盤を破碎し, できた空間を充填したものと考えられている。

キンバーライト岩脈は次の地区で採掘されている(1975年現在)。

#### Swartruggens 地区(Transvaal 州, Rustenburg District)

キンバーライト岩脈は町の北8 km にあり, 2 鉱山が稼動していた。岩脈は幾本もあるが, 採掘されたものは, 塊状の雲母に富む岩脈のみである。さらに東方には Winkelhaak 鉱山(休山中)の, より品位

の高い岩脈が存在した。この岩脈は、走向N80°W、傾斜ほぼ垂直、延長方向に8-9 km連続するが、可採部分は断続的に約5 kmである。岩脈の幅は平均60 cm、上部の地層と接する付近では幅は狭くなる。

Swartruggensの北で採掘された岩脈は異常に品位が高く、280-400 cats/tonであるが、ダイヤモンドの品質は良くなかった。1972年の生産量は166,000 ctsであった。

#### Winburg 地区(Orange Free 州, Winburg)

この地区はTheunissenの北西約15 kmのStar Diamond Mineの地区である。付近にはキンバーライトパイプと、東西方向の走向をもつ岩脈が分布する。パイプの径は120 m×60 mであるが、稼行価値はない。岩脈は幅100 mの破碎帯中の重複岩脈で、15 km追跡でき、幅は最大1 m、平均25 cmである。個々の岩脈は消滅、復活を繰り返す。最大の横ズレは100 mに達する。採掘は走向方向に3,000 m、下方へ300 mにわたって行われた。Star Diamond Mineは、1975年には7,700 t/月の鉱石を処理し、約3,500 ctsのダイヤモンドを生産した。

#### Bellsbank Estate 地区(Cape 州 Barkly West)

Kimberleyの西北Barkly Westの北北西43 km、Bellsbank Estate地区には、数本のキンバーライト岩脈が雁行状に配列する。岩脈の走向は、N-S~N30°Eで、主要な含ダイヤモンド岩脈は、走向方向に4,000 m以上追跡できる。岩脈の幅は0.5-1.2 m、傾斜は80-85°SEである。主要岩脈帯に、3個のパイプが存在する。最大のパイプは長さ180 m、平均幅27 mである。この主要岩脈帯から分岐したと思われる岩脈(長さ1,700 m)が採掘された。1976年当時、これらのパイプや岩脈は、深さ350 mまで採掘され、18-46 cts/100 tの鉱石を産した。

#### 4.2 ウィットウォーターズランド礫岩層

ウィットウォーターズランドの礫岩中にダイヤモンドを産出することは、地質学的には重要であるが、産出は標本的である。産出の大部分はModder B金鉱山からで、194 ctsを産した年もあった。色は一般にグリーン(1個だけピンク)で、最大のものは6 ctsであった。Klerksdorp Commonageでも1890年代の初めに発見されている。最大8 cts、色はグリーンであった。グリーンの色は、この礫岩中に含まれる放射性鉱物の影響によるとい

われる。

#### 4.3 漂砂鉱床

南アの主要な河成漂砂鉱床はVaal河-Harts川地区のPrieskarとPotchefstroomとの間、LichtenburgとVentersdorp地区のTransvaalの西部高地、およびOrange河口から南のNamaqualand海岸に沿う地区にある。独立した鉱床としてはStanderentonに到るVaal河沿いの東の部分と、Orange河に沿い、Vaal河との合流点から東へAliwal Northまでの区域である。主要な海成漂砂鉱床はNamaqualandの大西洋海岸沿いに分布する。

##### 4.3.1 河成漂砂鉱床

**Vaal河低地の鉱床** この地区の漂砂鉱床は次の4つに分類されるという。

- (1) Vaal河、Harts川によって開析された台地に散在する高位砂礫層鉱床である。砂礫層は現在の河床から30 km以内、高さ120 m以内にあり、古い時代のものである。この型の鉱床はBloemhofとSchweizer-Renekeの間にある。
- (2) 現在の河川と接する明瞭な段丘砂礫層で、上記のものよりかなり若い。Christiana, Windsorton, Longlands地区に発達している。
- (3) Vaal河の現在の河床の近くか、かなり離れたところ、または、かなりの高さに産する埋没砂礫層である。最良の鉱床の1つは、Vaal河とHart川の合流点の南のDroogeveld Channelにある。
- (4) Vaal河床の甌穴や浅瀬の砂礫堆積物で、現在生成のものである。

現在のVaal河Harts川の河川低地は、Karoo時代以前から現在と同じ水路を流れていた水系により排水されていた。Harts, Vaal谷の間は溶岩台地で、局部的に準平原となり、台地を切る位置よりも上位の位置に、昔の河川は砂礫を堆積した。この地区でダイヤモンド採掘の対象となったすべての砂礫は、Karoo時代後のHarts-Vaal-Orange水系による河川礫堆積物である。ダイヤモンドは、Orange Free 州などに分布するキンバーライトパイプに由来する。これらの鉱床の古いものは、第三紀まで遡ることができる。

**LichtenburgとVentersdorp地区** 含ダイヤモンド礫層は、この両地区の北方に、長さ140 km、幅20 kmに分布している。ダイヤモンドは、礫層中

の不規則な形の塊状，あるいは，連続する“夾み”状の岩体中に産する．後者は，幅140 m，不連続ながら数 km の間に存在する．塊状のものは明らかにこのような夾みの残存物である．礫層は基盤岩のドロマイトの表面に堆積し，なだらかな凹地，溝，不規則な穴，甌穴を埋めている．甌穴はドロマイト中に発達し，深さ30 m に達することもある．夾みや塊状体は昔の河の流れを示している．

Lichtenburg 地区のダイヤモンドの大きさは，平均約0.5 cts．平均した価値は Ventersdorp より低い．これらは Vaal 河の採掘場のものに比べて劣る．礫層中のダイヤモンドの平均含有量は 6-9 cts/100 t である．

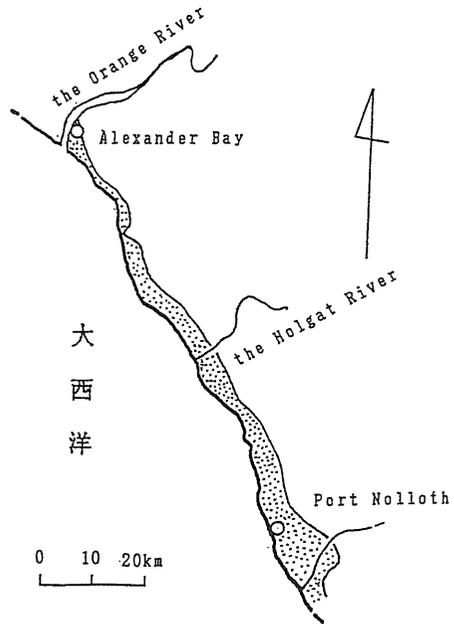
**Orange 河下流の鉱床** Bloeddrif と Koeskop 間の Sendelingsdrif, Witvoorkop 付近の Orange 河南岸に沿って分布する．砂礫層は河床面上，45, 30, 20 m の3つの河岸段丘として存在する．堆積層の厚さは 1-15 m で，礫層，砂層，粘土層からなり，一部は，石灰質物によって膠結されている．

1974年頃，含ダイヤモンド砂礫の採掘が，Sendelingsdrif から上流 4 km で行われた．1974年に回収した最大のダイヤモンドは工業用で，89 cts，宝石用では，73.4 cts であった．1973年に回収されたダイヤモンドの平均の大きさは，1.6 cts で，白色のほか，黄，緑色の石も産出した．

4.3.2 海成漂砂鉱床

**Orange 河口と Port Nolloth 間の鉱床** この地区のダイヤモンドは，1926年に発見され，1928年から採掘を開始し，今日に到っている．

ダイヤモンドは，海拔84-64 m (Grobler Terrace), 47-34 m (Upper Terrace), 26-17 m (Middle Terrace), 9-0 m (Lower Terrace) の4つの隆起海岸段丘の堆積物中に産する．段丘の基盤は，Gari-

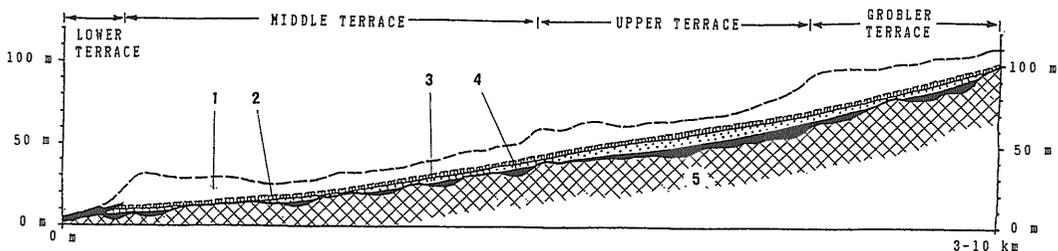


第3図 南アフリカ共和国西海岸海成堆積物(陸域)

ep 系 Grootderm 統の片岩である．低位段丘を除いて高さが一定でなく，北から南にかけて緩やかに上昇している．海成堆積物は，海岸に平行する4帯からなり，各帯の間は基盤岩帯で互いに分離されている．最も古い Grobler 段丘は，他の若い時代の段丘よりも保存状態が悪い．第3図に段丘堆積物の分布，第4図に東西方向の模式断面を示した．

海岸段丘堆積物は，海砂・粘土・礫・巨礫層から構成されている．温水性のカキの貝殻が，上部-中部段丘堆積物中に産する．堆積物の厚さは，数 cm から10 m 以上で，砂丘(dune)に覆われている．場所によって表土(砂丘)は35 m に達する．

回収されたダイヤモンドの品質は良く，最大のものは211.3 cts であった．1973年に回収されたダイ



第4図 Namaqualand 海岸段丘の東西模式断面図(Gresse による)。

1: 砂丘, 2: Calcrete, 3: 陸成堆積物, 4: 海成堆積物, 5: 基盤岩

ダイヤモンドの平均の大きさは0.57 ctsである。比較的大きなダイヤモンドは、Alexander Bay 地区から産出しているが、Orange 河から南に行くにつれダイヤモンドの粒度は急激に小さくなる。

1973年の生産は198,350 ctsで、1928年以來の累積生産量は、1973年に6 Mctを越えた。

**Port Nolloth 南方の鉱床** 1960年代に始められた探査によって、Orange 河口から南へ400 kmの間、新生界の堆積物中にダイヤモンドの分布することが明らかになった。第5図にこの地区のダイヤモンド鉱床の分布を示す。

Namaqualand 海岸のダイヤモンド区画は、100 mの等高線によって境され、Buffels 川口付近で狭く、その南北で広がり、最大で内陸へ7 kmまで延びている。ダイヤモンドは海拔95 mから海底まで存在し、第三紀の中期から完新世までの堆積物中から報告されている。最も普遍的な濃集場所は、第四紀の海進堆積物の発達した隆起海岸である。海浜砂鉱床中のダイヤモンドは基本的には海進時の基底礫岩に限られ、基盤岩の直上あるいはその割れ目に存在する。

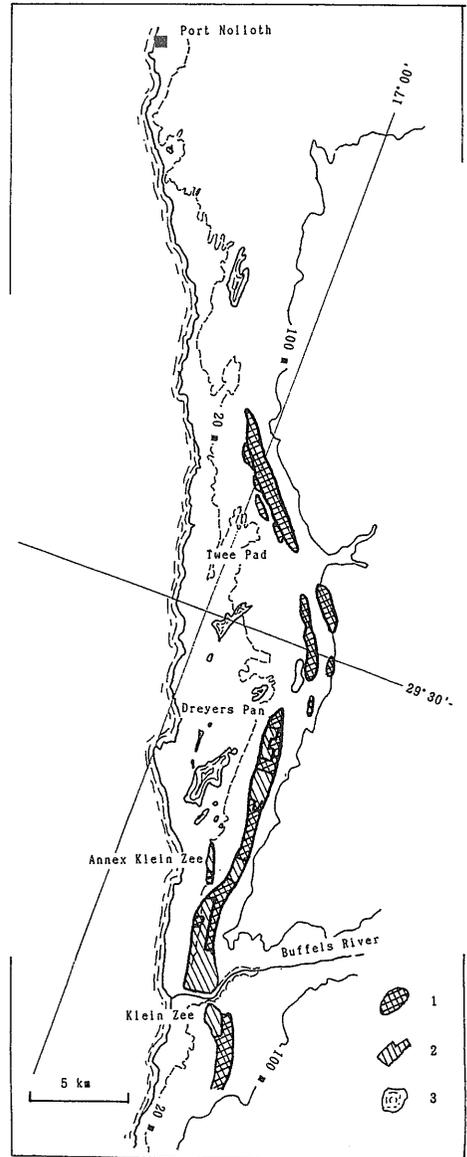
ダイヤモンドの採掘は、最初の頃 Buffels 川口と Olifants 川口周辺で行われた。この地区のダイヤモンド砂礫層は露出していたが、1960-70年代の探査は厚い砂丘の下の鉱床の賦存を明らかにした。鉱床の幾つかは高品質である。ダイヤモンドは小粒で、4-5粒で1 ctである。

1976年頃には Buffels 川口、Annex Kleinzee と Dreyers Pan の地区で、2つの段丘(Lower Middle と Middle)の露天掘が行われていた。Annex Kleinzee では、海拔42-52 mに発達する低-中位段丘と52-70 mの中位段丘が採掘された。

採掘対象砂礫の厚さは0.6-1.0 mである。被覆する砂丘は、Annex Kleinzee で平均20 m、Dreyers Pan で約15 mである。

Buffels 川口地区のダイヤモンドは、色と形の良い宝石質のもので、Bort など質の悪い石は稀である。大きさは10 cts以下で、Kleinzee 地区では最大24 ctsのものを産出した。

Olifant 川口付近では、多くの小企業によって隆起層の下部から採掘が行われている。ダイヤモンドは現在の崖の下と干潮線との間で、囲い堰の保護の下に採掘されている。採掘されている海岸帯の幅は



第5図 南アフリカ西海岸 Port Nolloth 南方のダイヤモンド採掘場(Woodborneによる)。

1: ダイヤモンド鉱床, 2: 採掘済み, 1979年頃, 3: pans.

200 m、礫層の厚さは約0.5 mである。The Point 地区からの生産(1973年)は、月に2,500 m<sup>3</sup>の礫から500 ctsである。ダイヤモンドの大きさは1-15 cts、平均3 ctsである。質の悪い石は15%、最大のものは47 ctsであったという。

Namaqualand 海岸に沿うダイヤモンドの分布は、Namaqualand の幾つかの川の河口付近にあり、河

口に対して非対称的である。すなわち、海岸に沿う海流の影響で北の方へ分布の尾を引いている。

海成-河成砂鉱床に、bort, 割れ目の多いものなどの産しないこと、パイロープのようなキンバーライトの副成分鉱物の見られないことは、Namaqualand のダイヤモンドが長い距離を運搬されてきたことを物語っている。しかし、多くのダイヤモンドの摩耗の程度が低いことは、運ばれてきた距離が長かったというよりは、運搬されていた時間(多分、化学的に侵食を受けた時間)が長かったことを意味するのかも知れない。

## 5. ダイヤモンドの成因

### 5.1 ダイヤモンドの年代

ダイヤモンドの生成年代は、包有される小鉱物の年代を測定して知ることができる。ダイヤモンドとこれを含有するキンバーライトの年代測定の結果を第2表に示す。ダイヤモンドの年代はその母岩のキンバーライト、ランプロアイト(lamproite)よりもはるかに古い。なかにはPremier鉱山におけるように、ダイヤモンドとキンバーライトがほぼ同じ年代を示すこともある。これらのダイヤモンドの年代のデータは次のような意味を持つ。

(a)ダイヤモンドの大部分は、これを地表に運んだ火山岩(キンバーライトとランプロアイト)よりはるかに古い。(b)ダイヤモンドの大部分は、これを地表に運んだ岩石と成因的に関係がない。(c)ダイヤモンドの大部分は、地球の歴史のうちのかかなり長い間(~3,300と900 Ma の差の2,200 My)に晶出した。

### 5.2 ダイヤモンドの起源

#### 5.2.1 ダイヤモンドを包有する捕獲岩

キンバーライトやランプロアイト中のダイヤモンドを含有する捕獲岩は、ダイヤモンドが晶出した岩石型を決定する重要な岩片であり、2つの型(エクロジャイト型とかんらん岩型)がある。キンバーライトに伴って、かんらん岩やエクロジャイト捕獲岩が上方へ運ばれる間、小さな捕獲岩や捕獲結晶は運搬するマグマの成分に加わってくる。キンバーライト中にダイヤモンドが産出するのは、キンバーライトやランプロアイトよりも古い捕獲岩物質中に生成していたダイヤモンドがキンバーライト中に取り込まれたためと説明できる。文献でみる限り、含ダイ

第2表 ダイヤモンドとキンバーライトの年代  
(Kirkley et al., 1992)

位置(鉱山)	ダイヤモンドの時代(My)	キンバーライトの時代(My)	包有物の型
Kimberley (南ア)	-3,300	-100	peridotite
Finsch (南ア)	-3,300	-100	peridotite
Finsch (南ア)	1,580	-100	eclogite
Premier (南ア)	1,150	1,100-1,200	eclogite
Argyle (オーストラリア)	1,580	1,100-1,200	eclogite
Orapa (ボツワナ)	900	-100	eclogite

ヤモンドエクロジャイトは、含ダイヤモンドかんらん岩よりも記載例がはるかに多い。このことは含ダイヤモンドエクロジャイトの方が、量的にはるかに多いことを意味する。含ダイヤモンドかんらん岩やエクロジャイト捕獲岩は、分解して特徴的な捕獲結晶であるザクロ石やクロム鉄鉱などをキンバーライト中に取り込んでいる。これらは含ダイヤモンドキンバーライトの探査における重要な指示鉱物となっている。

#### 5.2.2 ダイヤモンド中の包有鉱物

ダイヤモンド中の鉱物包有物はダイヤモンド生成の環境(圧力-温度条件)に関する貴重な情報を提供してくれる。ダイヤモンド中にザクロ石が包有されている場合、両者ともに同じ時期に同じ場所で生成されたと仮定できる。従って、もし含有されている鉱物がかんらん岩の構成鉱物であるならば、ダイヤモンドはかんらん岩中で生じ、エクロジャイトの構成鉱物ならば、エクロジャイト中で生成したことになる。

ダイヤモンド中には、初生包有物としてダイヤモンドを含めて22の鉱物が知られている。このうち、6鉱物、かんらん石・斜方輝石・単斜輝石・ザクロ石・クロム鉄鉱・硫化鉄物(磁硫鉄鉱)がエクロジャイトおよびかんらん岩の両者中に産出する。ルチル・藍晶石・コランダム・コーサイトはエクロジャイトを特徴付ける鉱物である。残りの11鉱物は極めて稀である。これらの包有鉱物を知ることにより、ほとんどのダイヤモンドについて、かんらん岩型(P-型)かエクロジャイト型(E-型)かを知ることができる。かんらん岩型ザクロ石は、エクロジャイト型ザクロ石に比べてMgに富み、FeとCaに乏しい。いずれの型に属するかを決定するには、ザクロ石が最も有効である。

含ダイヤモンドエクロジャイト捕獲岩は相対的に多く、かんらん岩捕獲岩の少ないことは先に述べた

第3表 キンバーライト、ランプロアイトの特徴とその造岩鉱物

1)キンバーライト、ランプロアイトの差異 (Kirkley et alによる)		
	キンバーライト	ランプロアイト
色 (新鮮時)	青・褐・緑色がかった黒	灰色—緑はい色のまだら状
K <sub>2</sub> O	0.6-2 %	6-8 %
Mg, Fe, Ca	多	少
Si, Al	少	多
稀元素	少	Zr, Nb, Sr, Ba, Pb
CO <sub>2</sub>	平均8.6 %	<1 %
F	少	多
形 (パイプの場合)	人參形、逆円錐形	シャンベングラス状

2)キンバーライトおよびランプロアイトの造岩鉱物 (Kirkley et al, 1991による)					
主成分鉱物	キンバーライト		副成分鉱物	ランプロアイト	
	キンバーライト	ランプロアイト		キンバーライト	ランプロアイト
Olivine	x	x	Apatite	x	x
Diopside	x	x	Perovskite	x	x
Phlogopite	x	x	Ilmenite	x	x
Calcite	x		Spinel	x	x
Serpentine	x		Priderite		x
Monticellite	x		Nepheline		x
Leucite		x	Wadeite		x
Amphibole		x			
Enstatite		x			
Sanidine		x			

が、包有物の点から見ると逆で、P-型の方が多し。数種の包有鉱物の存在する場合、生成場所の温度・圧力条件を推定することも可能である。P-型ダイヤモンドの方がE-型よりも3:1の比率で多いと推定されている(Kirkley et al., 1992)。包有鉱物の研究により、かんらん岩質包有物は900-1,300°C, 45-60 kbar で結晶したと推定されている。大陸域の地温勾配を考察すると、P-型ダイヤモンド生成の推定深度は150-200 km で、上部マントル中である。E-型ダイヤモンドは、P-型より高温で結晶したとみられ、より深い所で生成されたと推定される。

5.2.3 ダイヤモンドの炭素の起源

ダイヤモンドの炭素の起源には、石炭・二酸化炭素・メタンが提案されてきた。各地からの数100のダイヤモンドの炭素同位体比の研究の結果、かんらん岩起源のものは $\delta^{13}C = -1 \sim -10\%$ 、エクロジャイト起源のものは $+3 \sim -34\%$ で特徴づけられる。さらに、地域によっては異なる $\delta^{13}C$ の値を示している(Kirkley et al., 1991)。

かんらん岩質ダイヤモンドの炭素は上部マントルの均質の対流帯に由来する炭素と推定される。この炭素は、多分45億年前マントル中に集まった初期の地球の成分の1つかも知れない(Kirkley et al., 1992)。

エクロジャイト質ダイヤモンドの $\delta^{13}C$ の幅広い分布は、地表の炭酸塩鉱物や有機含水炭素のそれと

良く似ている。この類似性は、エクロジャイト質ダイヤモンドの炭素は、ダイヤモンド生成に必要な深さ(>150 km)に沈み込んだ地殻上部の物質に由来するとみられる。大洋底の玄武岩が大洋底に沈積していた含炭素物質(石灰岩や藻類など)とともにマントルに沈み込み、高温高压域で最終的にエクロジャイトに変わり、炭素質物質は最終的にダイヤモンドに変わったものと考えられる。

5.3 ダイヤモンドの胚胎場所

5.3.1 ダイヤモンドの運搬岩

ダイヤモンドはキンバーライトやランプロアイトによって地表に運ばれたことは確かである。ダイヤモンドは、少なくとも150-200 kmの深さに蓄えられているので、キンバーライト、ランプロアイトがマントルのダイヤモンド含有帯を突切り、これを捕獲するためには、これ以上の深さで発生する必要がある。両者は良く似ているが、特徴的な差を第3表に示した。なお、olivine, garnet, clinopyroxene, orthopyroxene, chromite は捕獲結晶鉱物として、キンバーライト・ランプロアイト共通に産出する。

ランプロアイトをキンバーライトから識別できる鉱物(全てが、常にランプロアイトに含まれている訳ではない)は、lucite (KAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>), sanidine (KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), wadeite (K<sub>2</sub>ZrSi<sub>3</sub>O<sub>9</sub>), priderite [(K, Ba)(Ti, Fe)<sub>8</sub>O<sub>16</sub>]で、これらはランプロアイト中のKやZrが高い原因となっている。両岩に含まれる捕獲結晶鉱物は共通で、このことは両岩ともにほぼ同

第4表 キンバーライトの貫入時期(Kirkley et al., 1992)

地質時代	年代 (My)	場所
始新世	50-55	ナミビア、タンザニア
上部白亜紀	65-80	Southern Cape(南ア)
中部白亜紀	80-100	kimberley(南ア)、レソト、ボツワナ、ブラジル
下部白亜紀	115-135	アングラ、西アフリカ、Siberia (ソ連)
上部ジュラ紀	145-160	アフリカ東北部、Siberia
デボン紀	340-360	Colorado-Wyoming(USA), Siberia
オルドビス紀	440-450	Siberia
上部原生界	810	オーストラリア西部
中部原生界	1100-1250	Premier (南ア)、インド、マ
下部原生界	1600	Kuruman (南ア)

様の高圧高温下で発生したことを示すが、その差はかんらん岩物質の部分熔融によるものであろう。発生の最初の位置における圧力は、深さ換算で少なくとも150 km の上部マントル、温度は多分1,100-1,500°Cの範囲内であろう。キンバーライトは温度幅の中-上部、ランプロアイトは下部で結晶してきたと思われる。

### 5.3.2 キンバーライトの分布と生成期

キンバーライトは地球上に広く分布する。アフリカ南部だけでも3,000以上が知られている。その形態は、パイプ、岩脈(シルは稀)で、岩体数では岩脈が圧倒的に多い。全世界のキンバーライトのうち、ダイヤモンドを含有するものは、1,000以下で、うち、経済的価値のあったものは、50-60である。今日稼行されている主要なキンバーライトは、約12である。

キンバーライトパイプは岩体群をなす傾向がある。1岩体群6-40のパイプからなり、地域によっては多くの集団が近接して存在する。南ア Kimberleyにある主要な5鉱山のパイプは、直径10 km の円内に、岩脈を含む岩体群全体は、直径40 km の範囲内に入る。Kimberley 地区では15のパイプのうち5、ボツワナの Orapa では29のうち3、シベリア Alakit 地区では30のうち1が経済的である。ほとんど経済性のない岩体群もある。

含ダイヤモンドランプロアイトはオーストラリア Argyle 鉱床で発見されて以来、この型の岩石が注目されてきている。現在、類似の岩石の再検討が行われている。

含ダイヤモンドキンバーライトはクラトン地域に限って分布する。あるクラトンは他よりダイヤモンドの産出が多い。例えば、アフリカ南部の Kaapvaal(Kalahari)クラトンには、世界の11の含ダイヤ

モンドキンバーライト岩体群のうちの7つが存在する。

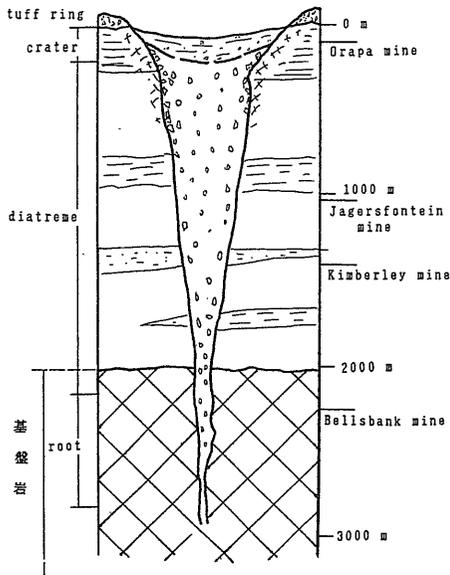
クラトンにおけるキンバーライトパイプは、卓状地に産出するのが普通である。重要なキンバーライト楕状地上には露出しない。多分侵食されたためであろう。含ダイヤモンドキンバーライトの最適な産出地は、“on-craton”(クラトンの始生界の上部を意味し、堆積岩卓状地を含む)であるといわれる。しかし、今日、世界で最大のダイヤモンド生産岩であるオーストラリア Argyle のランプロアイトは、18億年前にクラトンの一部となった変動帯中に産出する。

キンバーライトは長い年代にわたって地殻に貫入してきた。ウィットウォーターズランド礫岩(26億年前)中のダイヤモンドは、礫岩堆積以前にキンバーライトかランプロアイトが存在していたことを意味する。確認されている最も古いキンバーライトは南ア Cape 州北部 Kuruman 近くの16億年前のものである。Premier 鉱山のキンバーライトは12億年前のものである。重要なキンバーライトの貫入時期を第4表に示した。ランプロアイトは、オーストラリア Argyle の12億年前のものから中新世初期(2,000万年前)までのものが知られている。

最近10年間の年代測定のデータによると、キンバーライトあるいはランプロアイトは、同じ地域に数回異なる時期に貫入し、それらの大部分は最近の2億年以内に貫入したことが明らかになってきた。

### 5.3.3 キンバーライトの産状

キンバーライトとランプロアイトマグマは、かんらん岩物質の部分熔融によって、地下150-350 km で発生し、クラトン中に入り、少なくとも26億年以後のある時期に、今ある所に位置を占めたことは、一般に認められている。



第6図 キンバーライトパイプ模式断面図。  
(右端の鉱山名はその鉱床の侵食程度を現す)

**上昇速度** ダイヤモンドがキンバーライトマグマ中で、黒鉛や炭酸ガスに変化せず、あるいはキンバーライト中に融けずに地表へ上昇してきた事実は、キンバーライトの上昇が急速であったことを示している。ゆっくり上昇すれば、ダイヤモンドは他の鉱物に変わるであろう。黒鉛に変わった例がモロッコの Beni Bouchera で見つかっている (Slodkevich, 1983)。

キンバーライトの上昇速度は種々の仮定に基づいて推定されている。1時間に10-30 km というのが現実的といわれる。ダイヤモンドは150 km の深さのところから、5-15時間で地表に到達した計算になる。しかも、最後の2-3 km は時間当たり数100 km に増加した。

**ダイアトリームの形態と形成** ダイアトリーム (diatreme) とは、マグマに含まれる希薄な成分の急激な脱ガス作用で作られた火道で、火砕物資で充填されていたパイプ状の岩体をいう。キンバーライトダイアトリームの特徴は、形態と、パイプを構成する深さに応じた3つの部分 (root, diatreme, crater) に分けられる (第6図参照)。

**Root zone** パイプの最も深い部分で、地表下2-3 km 付近、垂直に約0.5 km の長さの部分である。パイプの最下部で、キンバーライトマグマの結晶し

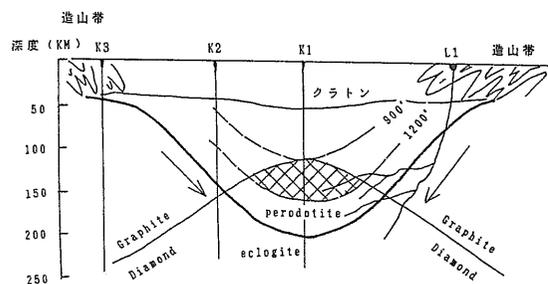
た岩石からなり、標準的な貫入火成岩の組織を呈している。さらに深くなると、feeder dyke に変わる。Root zone と feeder dyke はダイヤモンドを含むが小規模な採掘法しか採用できない。採掘限界は一般に dyke 幅60 cm といわれる。

**Diatreme zone** は root zone の上、垂直長さ1-2 km の範囲で、侵食の無かった理想の場合、地表下約300 m に達する。貫入岩体の主要部を占め、ダイヤモンドの主要な供給源である。Tuffistic kimberlite breccia と呼ばれるものは、diatreme zone 中の特徴的な岩体である。この岩体はマントルからの捕獲岩、捕獲結晶、通過途中の岩石片を含み、揮発物質に富むキンバーライトによって、充填されている。キンバーライトマグマ中には高い圧力の下で、大量の揮発物質が融けているが、地表下2-3 km で揮発物質が急速に膨張し、遂に爆発的に脱出する。

**Crater zone** 標準的なキンバーライト diatreme の上部約300 m を占める。揮発物質の脱出のため、溶岩は噴き出さなかったが、火山碎屑物を噴出した。タンザニア・ボツワナ・マリでは、殆ど侵食されていない稀な例をみることが出来る。これらは地表部でマールや tuff ring をなす。tuff ring の標準の高さは50 m である。

理想的なキンバーライトパイプの場合、crater zone の最上部と diatreme の下底部との間の距離は、約2,300 m である。地形・地質・その他の条件にもよるが、平均の侵食速度を3万年に1 m と仮定すると、キンバーライト diatreme が侵食され尽くすには6,900万年を要する。この期間中にダイヤモンドは連続的に供給され、河成-海成鉱床を形成する。アフリカ南部の4つの鉱山 Orapa, Jagersfontein, Kimberley および Bellsbank のキンバーライトは、すべて白亜紀のものであるが、侵食レベルは異なっている (第6図)。Bellsbank 鉱山のキンバーライトは侵食され尽くし、経済的採掘の限界であった。一方 Orapa 鉱山は約2,000 m の深さまで経済的に採掘が可能であり、現在の生産量で今後数100年採掘が可能といわれている。

ランプロアイトについては詳しくは解らない。ランプロアイトからダイヤモンドを生産しているのはオーストラリアの Argyle 鉱山のみで、しかも1985年に生産が始まったばかりだからである。ランプロ



第7図 ダイヤモンド生成モデル(Haggerty(1986)を簡略化したもの)

アイトパイプとキンバーライトパイプの間には、crater zone のマグマ水蒸気噴火から root zone の岩脈まで多くの類似点がある。興味ある差異は、ランプロアイトの垂直断面が人參形でなく、root zone 下部 diatreme zone は薄い茎のようで、パイプの上部はシャンペングラス状を示していることである。

#### 5.4 マントル中のダイヤモンドの捕獲

マントル中でのダイヤモンドの捕獲とその運搬については、今までに述べてきた。第7図は Haggerty(1986)の図を簡略化したもので、クラトン地域の理想化断面図である。この地域は地球の大洋部に比べて地温勾配は低い。等地温線は下方に凸になる。一方、ダイヤモンド-黒鉛平衡曲線は上に凸である。

エクロジャイト質ダイヤモンドはかんらん岩質ダイヤモンドよりも深いところで生成されることを示している。矢印は、沈み込みによる玄武岩からエクロジャイトが作られることを示している。図中で最も重要な場所は、深さ110-150 km、温度900-1,200°Cの等温線で囲まれた区域で、少なくとも15億年の間プレートの沈み込みあるいは造山作用に巻き込まれなかった区域である。より重要なのは、ダイヤモンドがこの区域内で安定であることである。この域のより深いところで、あるいは別のところで生成したダイヤモンドも、この区域に移動してきて32億年もの長い間貯えられてきた。貯蔵帯中のダイヤモンドが多くの起源をもつかも知れないといわ

れることの1つの理由は、含ダイヤモンドキンバーライト中の、P-型とE-型のダイヤモンドが種々の割合で発見されるからである。

謝辞：南アフリカ共和国の見学旅行に当たり、地質調査所の浦辺徹郎氏、Dr. コーネル デロンダ氏、また現地の各鉱山の関係者に御世話になった。記して謝意を表します。本文作成に当っては地質調査所神谷雅晴氏、佐藤興平氏に細部に亘り御指導を賜わった。厚く御礼申し上げます。

#### 文 献

- Clement, C. R., Harris, J. W., Robinson, D. N. and Hawthorne, J. B. (1986): The De Beers kimberlite pipe-a historic South African Diamond Mine. *Mineral Deposits of S. Af.*, 2193-2214.
- Gresse, P. G. (1988): Washover boulder fans and reworked phosphorite in the Alexander Bay Formation. *S. Af. J. Geol.*, **91**, 391-398.
- Harris, J. W., Hawthorne, J. B. and Oosterveld (1979): Regional and local variation in the characteristics of diamonds from southern African kimberlites. In: Boyd, F. R. and Mayer, H. O. A., (Eds.), *Kimberlites, Diatremes and Diamonds: Their Geology, Petrology and Geochemistry* (Proc. 2nd. Intern. Kimberlite Conf., v. 1), 27-41.
- Kirkley, M. B., Gurney, J. J., Otter, M. L., Hill, and Daniels, L. R. (1991): The application of C isotope measurements to the identification of the sources of C in diamond: a review. *Applied Geoch.* **6**, 447-494.
- Kirkley, M. B., Gurney, J. J. and Levunson, A. A. (1992): Age, origin and emplacement of diamond: a review of scientific advances in the last decade. *CIM Bull.*, 48-57.
- Lampietti, F. M. J. and Sutherland, D. (1978): Prosoecting for diamonds—some current aspects. *Mining Maz.*, Aug., 117-123.
- Slodkevich, V. V. (1985): Graphite paramorphs after diamond. *Intern. Geol. Rev.*, **25**, n. 5, 497-514.
- Woodborne, M. W. (1991): The Geology of the Diamondiferous Inner Shelf off Namaqualand between Stompneus Bay and White Point, Just North of the Buffels River. *Geol. Surv. S. Africa, Bull.*, **99**, 68p.

OKANO Takeo (1994): *Daiiamond Deposits of the Republic of South Africa.*

〈受付：1994年1月24日〉