

鉱物資源の宝庫 南アフリカ共和国

神谷雅晴¹⁾

はじめに

地質や鉱物資源に興味を抱いている人々が南アフリカ共和国という国名から連想するものは、金・ダイヤモンドあるいは白金・クロムなどの鉱物資源ではないだろうか。

一方、これまで南アフリカ共和国のイメージは一般の人々にとって決して良いとは言えなかった。すなわち、人種の偏見による差別政策をかたくなに守り、白人優位の社会を維持してきた国として国際社会から経済制裁を受けていたが、最近、アパルトヘイト政策に終止符をうち、やっと国際社会への復帰が認められたところである。

わが国では1960年代からの高度経済成長に伴って、エネルギー・鉱物資源の需要が急激に増大し、それらの大半を海外からの輸入に依存するようになった。その後、わが国の産業が重化学工業中心から知識集約型へと転換がはかられるにつれて、資源の需要構造も大きく変化した。すなわち、鉄鉱石をはじめ銅・鉛・亜鉛などのベースメタルの消費は世界の10数%までに増大したが、いくつかのレアメタルについては、世界消費量の20%を超えて消費するに至っている。なかでも、白金・パラジウム・ガリウムなどは世界の45%あるいはそれ以上を消費しているのが実体である。

1. 南アフリカ共和国の鉱業

南アフリカの鉱業が同国の経済に占める地位の大きさは国内総生産(GDP)に対する比率が10.4%(1991年)に達すること(Mineral Bureau, 1993)からも理解できる。

南アの主要な鉱産物は第1表に示したように金が圧倒的に重要な地位を占め、その従業員数は同国

の鉱業総従業員数の70%以上に達し、世界の金生産量の28%、埋蔵鉱量は40%を保持している。次いで、白金、石炭、ダイヤモンドが重要で、なかでも白金は世界生産量の49%を、埋蔵鉱量は88%をそれぞれ維持している。マンガンやクロムは鉱石としての生産金額が少ないものの、フェロマンガンやフェロクロムなど、より付加価値の高い金属製品としての産額はかなり大きい。

南アフリカ共和国における主要な鉱物資源の開発は6大マイニングハウスによって支配されていると言っても過言ではない。なかでも、アングロアメリカン社(AAC)は世界の鉱業においても極めて重要な役割を果たしている。例えば、その中核的企業

第1表 南アの主な鉱産資源の概要

項目 鉱種	従業員数 (人)	生産量 (1991年) (千トン)	埋蔵量	
			(万トン)	対世界 (%)
ダイヤモンド*	21,393	8,421,000 (×1000 carat)	—	—
金	437,089	0.599	1.8	40
白金	107,681	0.142	5.9	88
クロム	8,122	4,150	240,000	54
マンガン	3,607	4,402	399,200	82
バナジウム	707†	27.6	540	33
鉄鉱石	6,744	28,958	590,000	6
アスベスト	4,471	162	820	4
石材**	3,305	536	—	—
石炭	77,533	174,800	5,500,000	9

(Mineral Bureau, S.A., 1993による)

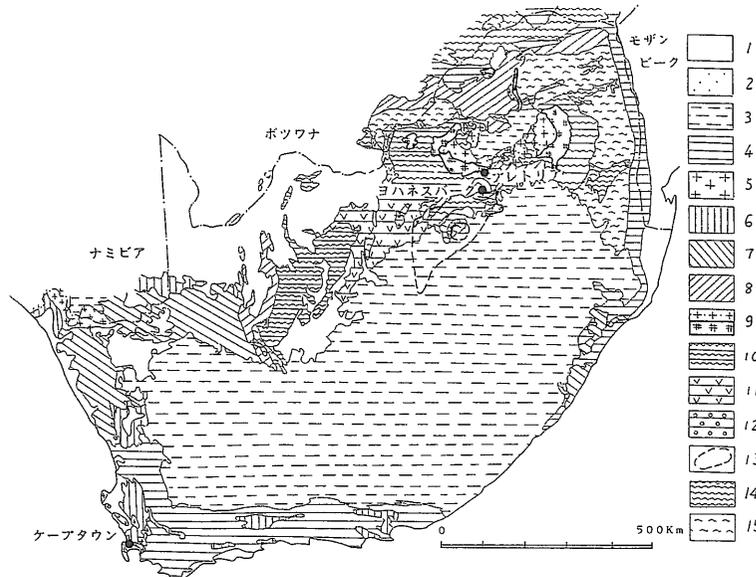
* 天然ダイヤ, 宝石工業用

** 花崗岩約50万t

† 製錬所も含む

1) 元所員, 現在 住鉱コンサルタント株式会社

キーワード: 南アフリカ共和国, 地質, 鉱物資源, レアメタル資源



第1図 南アフリカ共和国の地質概略図

1: 第四系, 2: ウィッテンヘイジ系・ズラランド系, 3: カルー系, 4: ケープ系, 5: ケープ花崗岩類 (1~5: 顕生代), 6: ナミビアン系, 7: ナタール-ナマクワランド系, 8: オリファントジェーク系・ソートパンスバーグ系, 9: ブッシュフェルトコンプレックス, 上: 珪長質岩・下: 超苦鉄質岩, 10: トランスバル系, グリクワランドウエスト系, (5~10: 原生代) 11: ペンタースドープ系, 12: ウィットウォーターズランド系, 13: ウィットウォーターズランド系の潜在分布域, 14: スワジランド系 (バーバトン緑色岩系、マーチソン緑色岩系), 15: 古期片麻岩類 (11~15: 始生代).

と言えるデビアス社は世界のダイヤモンド市場の80%を支配しているといわれる(森脇, 1993).

2. 地質概要

この国の地質は始生代のクラトン为核心として、その周辺に原生界が、さらに顕生界が成長して形成されている。すなわち、アフリカ大陸の南部を構成するカラハリクラトンの南半分を占めているカープバルクラトン(Kaapvaal Claton, 38.6-14億年前)の形成史が重要な役割を演じている。

最も古いスワジアン界(Swazian Erathem)は早期始生代に相当し、その最下部の地層は38億年前まで遡ることができる(Visser, 1989)。それらは主にバーバトンおよびマーチソン緑色岩帯地域によく発達し、これまで最も詳細な研究が行われてきた。

最も古い地質単位はトータル岩質片麻岩、花崗岩質岩等から成る片麻岩類であり、主にバーバトン系の発達地域の南に分布し、古期片麻岩類の一部を構成し、この地域の基盤をなしている(第1図および第2図)。

バーバトンおよびマーチソン緑色岩帯はカープバルクラトンの東から北東にかけて、東北東-西南西方向の褶曲軸をもって分布する。バーバトン緑色岩帯ではその下位から上位に向かって、オンバーワハト、フィグトリーおよびムーディースの各層群が発達する。これらは全て海成であり、なかでも、オンバーワハト層群はいわゆるオフィオライト層序を示している。その下部はコマチアイトや、蛇紋岩などを主とする超苦鉄質岩から成っている。コマチアイトは美事なスピニフェックス組織を示す超苦鉄質岩の急冷相で、バーバトン地域のコマチ川(Komati river)に産出するところからその名がある。その上位には玄武岩質溶岩が、さらに中性～酸性の火山岩およびチャートが累重している。

フィグトリー層群はオンバーワハト層群を不整合に覆って、主に粘土質岩、チャートなどからなり、縞状鉄鉱層(BIF)を伴う(佐藤・de Ronde, 1993, 本誌1993年4月号口絵参照)。この地層からは原生物の桿菌や藍藻などの化石が見出だされている。

ムーディース層群はフィグトリー層群を不整合に覆う。その下部は礫岩・珪岩・ジャスピライトが優

勢で、上部は頁岩・千枚岩・ジャスピライトおよび玄武岩溶岩から成る。

ポンゴラ系はカープバルクラトンの南東部に分布し、北西-南東方向の伸びをもつ浅海性堆積物(礫岩・砂岩)および中～塩基性火山岩からなる。堆積の場はその後西へ移動し、ドミニオンリーフ系の堆積が始まった。

ウィットウォーターズランド系は始生代末(25億年前)の大規模(長径180 km, 短径70 km)な堆積盆にたまった浅海性の厚い堆積物で、ヨハネスバーグの南部において、北東-南西に伸びた分布している。ウィットウォーターズランド系はその後の原生界に覆われているため、第1図では潜在する分布範囲を破線で示した。この堆積盆は世界最大の金鉱床を胚胎することで有名である。下部層(ウェストランド層群)は有機物に富む泥岩と砂岩の互層および礫岩からなり、化学的堆積物ならびに氷河堆積物を伴う。上部層(セントラルランド層群)は多くの礫岩層と砂岩の互層からなり金とウランを伴う。これらは海に面した扇状地あるいは三角洲堆積物である。

ベンタースドープ系はカープバルクラトンの中央部から南西にかけて、ウィットウォーターズランド層群を整合的に覆って分布する。玄武岩・安山岩および流紋岩からなり、堆積盆の中央部では礫岩・砂岩・頁岩・凝灰岩および石灰岩を伴う。

トランスバル系は始生代の花崗岩類・片麻岩類・緑色岩帯・ベンタースドープ系などを覆ってカープバルクラトンのほぼ中央部を1,000 km以上にわたって東北東-西南西方向の伸びをもって分布し、主として浅海性の堆積物から構成されている。下部層の一つのグリクワランド層群は綺状鉄鉱層と大規模なマンガン鉱層を胚胎する。上部層のプレトリア層群はストロマトライトを含むほかクラゲ様の動物化石も見出だされている。ブッシュフェルト層状分化岩体(または、複合岩体)はプレトリア層群の構造にはほぼ整合的に貫入している。

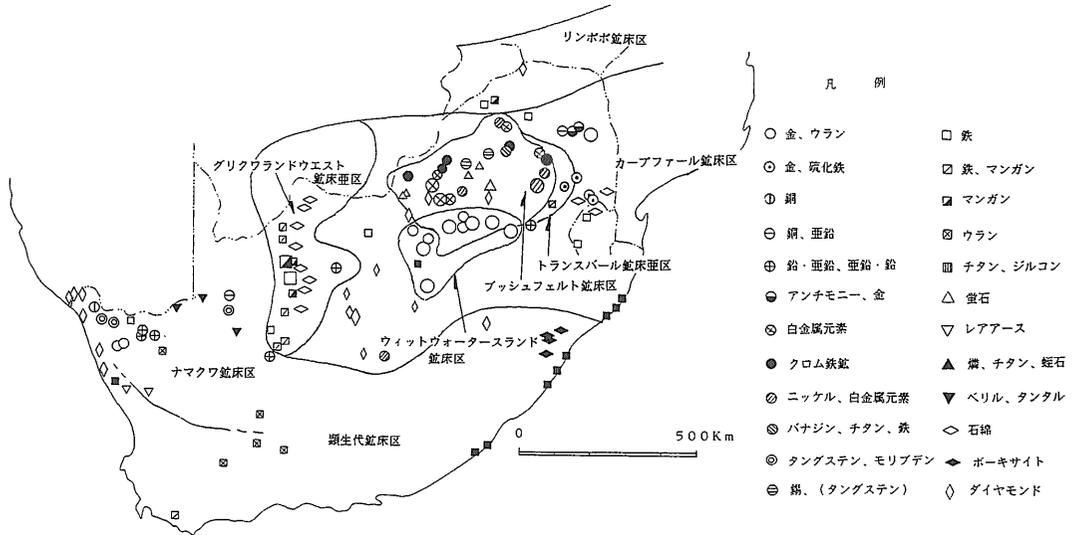
ブッシュフェルト複合岩体は超苦鉄質岩の貫入に始まり、花崗岩質マグマの固結(20.5億年)で終結した、世界最大の層状分化岩体であると同時に、大規模なクロム・白金元素・チタン・バナジウムなどのレアメタル資源を伴っていることでもよく知られている。その地表露出面積は65,000 km²で、九州と四国を合わせたよりやや広い。ブッシュフェルト複

億年	地質時代	岩層系	貫入岩類
5.7	新生代		
	中生代	カルー系	
		ケープ黒層群	
	古生代	マルムスバリー、ナマ及びその他の黒層群	ケープ花崗岩類
16	後期		
	中期	ナタールー-ナマクワランド 変成岩系	
	前期	ウォーターバーグ黒層群	
25	代	トランスバル系及び グリクワランドウェスト系	ブッシュフェルト コンプレックス
		後期	セントラルランド層群 ウェストランド層群 ドミニオン層群
29	中生	ムーティース層群 フィグトリイ層群 オンパーワハト層群	スワジランド系
		前期	
35	代		

第2図 南アフリカの地質層序

合岩体はその下位から上位に向かって、以下の5ゾーンに分けられている。すなわち、薄いノーライトからなる“マージナルゾーン”，輝岩とハルツバークジャイトからなり、その上部において僅かにクロム鉄鉱の薄層を伴う“下部ゾーン”，その上位には輝岩、ノーライト、斜長岩からなり多くのクロム鉄鉱層と白金元素を含むメレンスキーリーフとUG2(クロム鉄床群のうちのUpper Group)を伴い資源的に最も重要な“クリティカルゾーン”を胚胎する。ノーライト、ガプロノーライトおよび斜長岩から成るがほとんど鉄床を伴わない“メインゾーン”，さらに最上部にはガプロを主とし、その上部に閃緑岩、斜長岩からなる“上部ゾーン”は20枚以上の含チタン磁鉄鉱層を伴っている。ブッシュフェルト複合岩体分布域の中央部には最末期に貫入した花崗岩類があって、スズおよび螢石鉄床を伴う。

カルー系は古生代前期から中期のケープ系と先カンブリア基盤岩を被覆して、アフリカ南部に広がる陸成堆積物を主とする地層である。なかでも、南ア



第3図 南アフリカ共和国の主要鉱物資源分布と先カンブリア時代の主な鉱床区

フリカ共和国の南東部では古生代後期～中生代前期にかけて、東西方向から北東方向へのびる大カルー盆地に、氷河堆積物をはじめとした陸成の碎屑物が堆積するとともに中生代の台地玄武岩などの火成活動によって特徴づけられる。二疊紀のエッカ統は主に頁岩と砂岩から成り、多量の石炭を伴う(Visser, 1989)が、金属資源ポテンシャルという点から見れば、カルー系はそれほど重要ではない。

3. 鉱物資源

南アフリカ共和国は鉱物資源の宝庫と言われているように、白金族・クロム・マンガン・バナジンなど、レアメタル資源に極めて富んでいる。第3図に主要な鉱床の分布を示した。

埋蔵鉱量で見ると、世界の20%以上を占めている資源として、マンガン(82%)・白金族(88%)・クロム(54%)・金(40%)・バナジン(33%)・バーミキュライト(40%)などがある。

生産量で見ると、白金族・バナジン・マンガン・クロムなど、先端技術産業の素材として重要なレアメタルの供給に大きな役割を果たしていることがわかる。以下に、このような鉱床が、いつ、どのようにして生成されたかなどについて概説する。主要な鉱床の詳細については本号中の別稿を参照していただきたい。

1) 鉱床生成区

鉱床生成区とは一般に、地質時代のある期間に、同種の地質作用(堆積作用、火成作用など)などによって形成された鉱床の分布域に対して用いられており、通常数10万 km²～100万 km²規模をもっている。南アフリカ共和国においては、始生代から新生代第四紀までの間に多種多様な鉱床が生成され、世界的にも重要な鉱床生成区をつくりあげているが、とくに始生代から原生代にかけての鉱床生成区が重要な鉱物資源をもたらしている。

(1) 始生代の鉱床(～25億年)

始生代の主な鉱床としては鉄・マンガン・金・銀・鉛・亜鉛・スズ・タングステン・ウラン・螢石・アスベストがある。

カープバル鉱床区

主に緑色岩帯の金・銀・鉄・アスベスト鉱床が重要である。なかでも、バーバトン緑色岩帯中には、350箇所を上回る金・銀鉱床(鉱徴地を含む)が知られ、1884年から1983年までの100年間における生産量は金が252トン、銀が9トンである(Anhaeusser, 1986)。そのうち、シエバ鉱床(生産実績、65トン)、ニューコンソート鉱床(55トン)、フェアビュー鉱床(37トン)、アグネス鉱床(19トン)などが比較的大きい。同様な鉱床はバーバトン地域だけでなく、スザーランドおよびマーチソン緑色岩帯にも見出だされるが、両地域における資源ポテンシャルは

バーバトン地域に比べてかなり低い。

これらの鉱床の成因については、なお議論のあるところではあるが、大半の鉱床は花崗岩類などの貫入火成岩からの熱エネルギーによって、金をはじめとする多くの金属元素が濃集・沈澱させられたと考えられている。そのほか層準規制による同成的な含金・銀鉱床もいくつか存在している(Visser, 1989; Anhaeusser, 1986など)。

アスベスト鉱床はバーバトン地域からスワジランド地域にかけて多数分布する。それらは超苦鉄質岩の蛇紋岩化に伴って生成し、蛇紋石系(クリソタイト=温石綿)と角閃石系(クロソドライト, アモサイト)に大別される。後者は主に原生代のトランスバール系中に、前者はバーバトン緑色岩帯の下位を構成する超苦鉄質岩中に生じている。なお、アスベストについては1980年代にその発ガン性が問題となって以来、代替物質の開発がすすめられてきている。したがってアスベストの生産・利用は次第に減少しているが、現在でも、蛇紋石系のアスベストは角閃石系に比べて、多くの国々において利用されている。

ウィットウォーターズランド鉱床区

世界最大の堆積型金-ウラン鉱床区であり、その開発(1886年)以来、これまでに生産された金量は約40,000トンに達するといわれる。1993年現在でも年産量約600トンを維持し、世界の産金量の28%を占めている。

鉱床は後期始生代のウィットウォーターズランド系中の10数枚の礫岩層に相当し、その埋蔵鉱量は18,000トン(金量)と推定されている(Mineral Bureau, S.A., 1993)。

ウィットウォーターズランド系はカープバールクラトンのほぼ中央部に、北東-南西方向の伸びをもった堆積盆中の浅海性堆積物から成っている。その下部層(ウェストランド層群)は概して、有機物に富む砂質～泥質堆積物が優勢で、礫層の発達著しくなく、金に比べてウランの含有量が多い。一方、上部層(セントラルランド層群)は多数の礫岩層を挟在し、金とウランに富む。主な堆積物はウィットウォーターズランド盆地の北西後背地の古期岩類に由来する。金は主として古期緑色岩類から、ウランは多分カリウムに富んだ花崗岩質岩類から、それぞれもたらされたものと考えられている(例えば、

Pretorius, 1981)。

(2) 原生代の鉱床(6.5～25億年)

カープバールクラトンの固化後、早期原生代のトランスバール系およびグリクワランドウエスト系などがそのクラトンを基盤として広範囲に堆積した。ブッシュフェルト複合岩体は早期原生代の末にトランスバール系プレトリア層群中に貫入した。これらの地質的な出来事は、この国の鉱物資源にとって、ウィットウォーターズランド系に伴う金・ウラン鉱床の生成とともに、最も重要なイベントであったといえる。

トランスバール-グリクワランド鉱床区

トランスバール鉱床亜区はカープバールクラトンの東部に位置し、金・鉛・亜鉛・鉄・マンガン・螢石などの鉱床を生成する。金鉱床はトランスバール系下部のブラックリーフ層群下底部の礫層に相当し、ウィットウォーターズランド系中の含金礫岩層が再堆積したものである。大規模・低品位の螢石鉱床はごく少量の鉛・亜鉛を伴って、トランスバール系マルマニ層群を構成するドロマイト層中の微小な空隙を充填したり、藻類ドロマイトを交代して生じている。

グリクワランドウエスト鉱床亜区はカープバールクラトンの西部を広く覆う炭酸塩岩や化学的堆積物によって特徴づけられる。この鉱床亜区では大規模の層状鉄-マンガン鉱床、鉛・亜鉛鉱床、角閃石系アスベスト(クロソドライト)鉱床などが生成している。

縞状鉄鉱床は、ケープ州の北部、シシエン付近に位置するキャンベル層群のドロマイト層の上に生成した巨大な高品位赤鉄鉱鉱床で、スペリオル型に属し、埋蔵鉱量10億トン以上と推定されている(Van Schalkwyk and Beukes, 1986)。マンガン鉱床は縞状鉄鉱床と密接に伴って堆積したもので、30億トン以上の埋蔵鉱量をもつカラハリマンガン鉱床群として知られている(Schissel and Aro, 1992)。また、カラハリ鉱床群の南には、ほぼ南北に伸びる2列のマンガン鉱床が形成されている。これらは風化残留型鉱床といわれる。このほか、キャンベル層群のドロマイト層中に、埋蔵鉱量約1,800万トン(品位3.6%Zn, 0.6%Pb)のミンシッピーバレー型の鉛・亜鉛鉱床が最近、見出されている(Wheatley et al., 1986)。

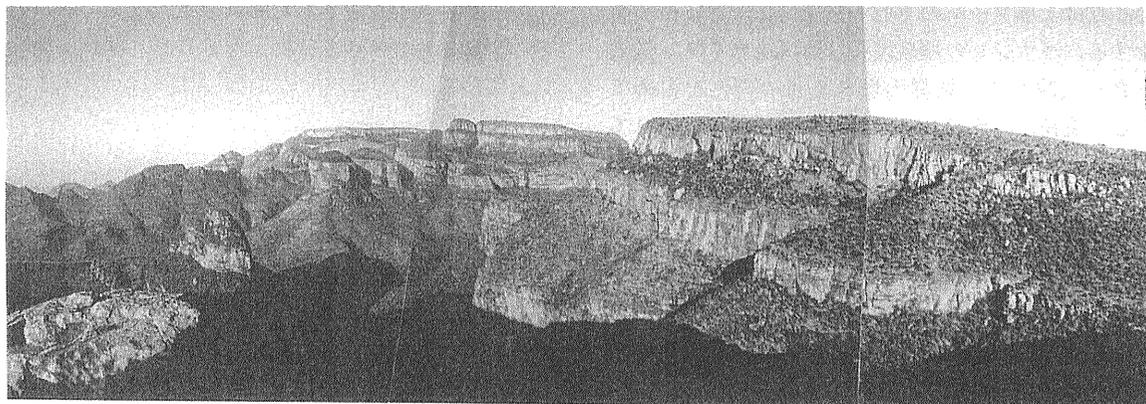


写真1 夕日に映えるブライド渓谷を構成し、西に緩やかに傾斜するトランスバール系

角閃石系アスベスト(クロンドライトまたはブルーアスベスト)鉱床群はグリクワタウン層群の縞状鉄鉱層中に生成し、南北300 kmにわたって分布している。このうち、珪化作用を受けたクロンドライトは“虎目石”として装飾用に利用されている。

ブッシュフェルト鉱床区

65,000 km²にわたる広大な層状分化岩体(Vermaak and von Gruenewaldt, 1986)は早期原生代トランスバール系の上部に貫入、固結したラストンバーグ層状岩系とレオバ花崗岩系などから構成される。ラストンバーグ層状岩系にはクロム・白金・ニッケル・チタン・バナジン・鉄鉱を伴い、レオバ花崗岩系は錫・螢石などを伴っている。クロム鉱床と白金鉱床はラストンバーグ層状岩系の下部に近いクリティカルゾーンに15層が集中的に形成されている。それらは厚さ数 cm から1.8 m の鉱層で、一般に、ポイキリティック組織を示す輝岩の下部を占める。

クロム-白金鉱床は4地域に分布するブッシュフェルト層状分化岩体、すなわち、東部岩体、西部岩体、北部岩体(またはポットジータースラス岩体)および西縁岩体(またはマリコ岩体)に伴わっている。

クロム鉱床は東部岩体において最も優勢であり、なかでも、ウインターフェルト鉱山ではクリティカルゾーン下部のスティールポート鉱体(厚さ、平均1 m)を主として採掘し、年間100-150万トンのクロム鉄鉱を生産している(Ireland, 1986)。クロム鉄鉱の大半はフェロクロム用に消費される。その品位はCr₂O₃ 43-47%、FeO 25-26%で、Cr/Feは1.5-1.6

付近に集中する。これに対して、西縁岩体中のクロム鉄鉱は他地域のものに比べてCr/Fe比が高く、スピネル中に磁鉄鉱成分が少ないため(Vermaak, 1986)耐火物に好適な原料として利用されている。

白金鉱床は東部および西部両岩体中の、とくに、クリティカルゾーンの上部に位置するメレンスキーリーフおよびUG2リーフである。メレンスキーリーフはクリティカルゾーンの最上部に位置し、ポイキリティックな組織を示す輝岩の下部に生じた厚さ数10 cmの長石に富むペグマタイト質輝岩であり、その上下には薄いクロム鉄鉱層を伴っている。一方、UG2リーフはメレンスキーリーフの下部20-400 mに位置する白金元素に富むクロム鉄鉱層である。メレンスキーリーフは東部および西部両岩体において、またUG2リーフは西部岩体南部のウエスタンプラチナム鉱山などで採掘されている。白金元素の含有率は両リーフで大きく異なっている。例えば、アトック鉱山におけるPt/Pd比はメレンスキーリーフが2.73であるのに対し、UG2リーフは僅かに1.19である(Mossom, 1986)。ブッシュフェルト鉱床区における白金元素の埋蔵鉱量は58,900トンであり、この量は世界の88%を占める(Mineral Bureau, 1992)だけでなく、白金(pt)含有量の多さは世界の他の鉱床に比べてもきわだっている。

ラストンバーグコンプレックスの上部ゾーン中には21枚の含チタン磁鉄鉱層を生じている。それらの厚さや拡がりにはクロマイト鉱層やメレンスキーリーフのそれをはるかに凌ぐ規模を持っている。鉱石中にはバナジンが2%(V₂O₅)程度含まれるが、そ

の品位は上部ゾーンの低位から上位にかけてやや減少する。バナジンの埋蔵鉱量は膨大な含チタン磁鉄鉱量を反映して、世界の埋蔵鉱量の47%を占めている。現在、バナジンは大規模な稼行が続けられている含チタン磁鉄鉱の副産物として回収されている。

ブッシュフェルト複合岩体形成の最終ステージに、その中央部に貫入したレボワ花崗岩系とラジュープグラノファイヤー系の熱水期に、いくつかの錫・螢石鉱床が形成された。また、中～低温型の小規模な金・鉛・亜鉛鉱脈鉱床も生じている。

パラボラおよびグレンオファーカーボナタイト複合岩体およびプレミヤキンバーライトは前～中期原生代に、始生界の基盤岩中に貫入した。パラボラカーボナタイトはブッシュフェルト複合岩体の貫入とはほぼ同時期(20.3億年; Verwoerd, 1986)で、銅-ウランを主としジルコニアを伴う大規模鉱床である。この鉱床からの銅の生産量はこの国の銅生産量の大半を占め、ジルコニア(バデレライト; ZrO)は世界で唯一の供給源となっている。このほか、多量の燐灰石とバーミキュライトなどの工業原料も生産している。グレンオファーカーボナタイトは多量の燐灰石を埋蔵し、プレミヤキンバーライトパイプ(12.5億年)は、1950年のカリナンダイヤモンド(3,106カラット)の発見でも有名である。

(3) 顕生代の鉱床

古生代における鉱化作用はカルー系の初期堆積期(二疊-三疊紀)における石炭および随伴するカオリン耐火粘土の生成を除いて、重要な鉱床は少ない。石炭の可採埋蔵鉱量は約550億トン(Martini and Hammerbeck, 1989)で、ほとんど瀝青炭から成るが、堆積盆の東へ向かうにつれて半無煙炭質となる。

中生代末の Gondwana 大陸の分裂に伴う深部断裂にそって多くのキンバーライトが貫入した。なかでも、18世紀の後半に発見されキンバーライトの名の由来となったキンバレー鉱床は現在までに多量の宝石級ダイヤモンドを産出したことでも著名である。

新生代、とくに第三紀末から第四紀にかけて、基盤岩の風化・浸蝕・運搬・淘汰によってナミビアから南ア共和国の海岸線およびオレンジ川下流域にかけてダイヤモンド砂鉱床を生じた。また、イルメナ

イトとジルコンを主とした海浜砂鉱床はダーバン付近の東海岸および西海岸にも形成され、稼行が続けられている。

おわりに

南アフリカ共和国における今回の南ア・日本共同セミナーと地質・鉱床巡検は島弧に住み顕生代の地質に馴染んできた私にとってまたとない機会であった。とくに、鉱物資源に興味を持つ私達にとって教科書でしか知ることの出来なかった世界的規模のいくつかの鉱床を直接見る機会に恵まれたことは願ってもないことであった。

南アフリカ共和国が金・ダイヤモンド・クロム・白金属元素などに極めて豊富であり、それらの主要鉱床の詳細な産状についてはこの特集号に解説されている。鉱物資源とくに主なレアメタルの賦存については先カンブリア時代のクラトン、すなわち安定大陸地域が大きな比率を占めていることは明らかである。その典型例が南アフリカ共和国であり、金・白金属元素(プラチナ・パラジウム)・クロム・マンガンなどは世界一の埋蔵量を誇り、生産量も世界の1~2位を占め、先進工業国、とくに、わが国の産業界は同国の資源供給に大きく依存している。この傾向は同国の生産と供給体制が堅持されるかぎり、今後ますます著しくなっていくものと考えられる。

謝辞: この特集号はこれまでほとんど紹介されたことのない南アフリカ共和国の地質と主な鉱物資源について、南ア・日本合同セミナーと地質巡検に参加した多くの方々が執筆を快諾していただいた結果であり、ここに皆様の御協力に対し心からお礼を申し上げます。もとより、このセミナーと巡検を企画し、実行された、コーネル・デロンダ博士と浦辺徹郎博士(地質調査所)の献身的な御努力に対し、深い感謝の意を表す次第です。また、この計画の実行にあたり、多くの御協力を賜った在日南アフリカ共和国大使プリンス氏および経済担当の小田 実氏に深謝する次第です。

文 献

- Anhaeusser, C. R. (1981): The relationship of mineral deposits to early crustal evolution. *Econ. Geol.*, 75th Anniv. vol., 42-62.

- Anhaeusser, C. R. (1986): Archaean gold mineralization in the Barberton mountain land. In; Mineral Deposits of Southern Africa I, edited by Anhaeusser, C.R. and B. Maske, Geol. Soc. S. Africa, Johannesburg, 113-154.
- Eales, H. H., W.J. Botha, P. J. Hattin, W. J. Klerk, W. D. Maier and A. T. R. Odgers (1993): The mafic rocks of the Bushveld complex; a review of enplacement and crystallization history and mineralization in the light of recent data. Jour. African Earth Sci., 16, no. 1/2, 121-142.
- Goodwin, A. M. (1991): Precambrian Geology, the dynamic evolution of the continental crust. Academic Press, Harcourt Brace, Jovanovich Publishers, London, 666p.
- Hammerbeck, E. C. I. (1986): New geological map of Southern Africa, 1:4,000,000 scale. In; Mineral Deposits of Southern Africa 2, edited by Anhaeusser, C.R. and B. Maske, Geol. Soc. S. Africa, Johannesburg, 2323-2324.
- Ireland, K. L. (1986): The Winterveld (TCL) chrome mine Limited, Eastern Bushveld complex. In; Mineral Deposits of Southern Africa 2, edited by Anhaeusser, C. R. and B. Maske, Geol. Soc. S. Africa, Johannesburg, 1183-1188.
- Martini, J. E. J. and E. C. I. Hammerbeck, (1989): Economic mineral deposits. In; The Geology of the Republics of South Africa, Transkei, Bophuthatswana, Venda and Ciskei and the Kingdoms of Lesotho and Swaziland. compiled by D. J. L. Visser, Geological Survey of Republic of South Africa, 216-301.
- Mineral Bureau, S. A. (1993): South Africa's Mineral Industry, 1991/92. Department of Mineral and Energy Affairs, Republic of South Africa, 110p.
- 森脇久光(1993): 変動の中にある南アフリカ共和国の資源戦略. 日本メタル経済研究所, no 30, 65p.
- Mossom, R. J. (1986): The Atok platinum mine. In; Mineral Deposits of Southern Africa 2, edited by Anhaeusser, C. R. and B. Maske, Geol. Soc. S. Africa, Johannesburg, 1143-1154.
- Pretorius, D. A. (1981): Gold and uranium in quartz pebble conglomerates. 75th Anniv. vol., Econ. Geol., 117-138.
- 佐藤興平・C. de Ronde (1993): 南アフリカ Barberton グリーンストーン帯(2)鉄鉱床とエバポライト. 地質ニュース, No. 464, 1-4.
- Schissel, D. and P. Aro (1992): The major Early Proterozoic sedimentary iron and manganese deposits and their tectonic setting. Econ. Geol., 87, 1367-1374.
- Sohnge, A. P. G. (1986): Mineral Provinces of Southern Africa. In; Mineral Deposits of Southern Africa I, edited by Anhaeusser, C. R. and B. Maske, Geol. Soc. S. Africa, Johannesburg, 1-23.
- 諏訪兼位(1979): アフリカ, 世界の地質. 都城秋穂編, 地球科学, 16, 岩波書店, 61-98.
- Van Schalkwyk J. F. and N. J. Beukes (1986): The Sishen iron ore deposit, Griqualand West. In; Mineral Deposits of Southern Africa I, edited by Anhaeusser, C. R. and B. Maske, Geol. Soc. S. Africa, Johannesburg, 931-956.
- Vermaak, C. F. (1986): Summary aspects of the economics of chromium with special reference to South Africa. In; Mineral Deposits of Southern Africa 2, edited by Anhaeusser C. R. and B. Maske, Geol. Soc. S. Africa, Johannesburg, 1155-1181.
- Vermaak, C.F. and G. von Gruenewaldt (1986): Introduction to the Bushveld complex. In; Mineral Deposits of Southern Africa 2, edited by Anhaeusser, C. R. and B. Maske, Geol. Soc. S. Africa, Johannesburg, 1021-1029.
- Verwoerd, W. J. (1986): Mineral deposits associated with carbonatites and alkaline rocks. In; Mineral Deposits of Southern Africa 2, edited by Anhaeusser, C. R. and B. Maske, Geol. Soc. S. Africa, Johannesburg, 2173-2191.
- Visser, D. J. L. (1989): The geology of the Republic of South Africa, Transkei, Bophuthatswana, Venda and Ciskei and the Kingdoms of Lesotho and Swaziland. Explanation of the 1:1,000,000 Geological Map, Fourth edition, 1984, Geological Survey, Republic of South Africa, 491p.
- Wheatley C. J. V., G. G. Whitfield, K.J. Kenny and A. Birch (1986): The Pering carbonatehosted zinc-lead deposit, Griqualand West. In; Mineral Deposits of Southern Africa 2, edited by Anhaeusser, C. R. and B. Maske, Geol. Soc. S. Africa, Johannesburg, 867-874.

KAMITANI Masaharu (1994): Geology and mineral resources of Republic of South Africa.

<受付: 1994年1月7日>