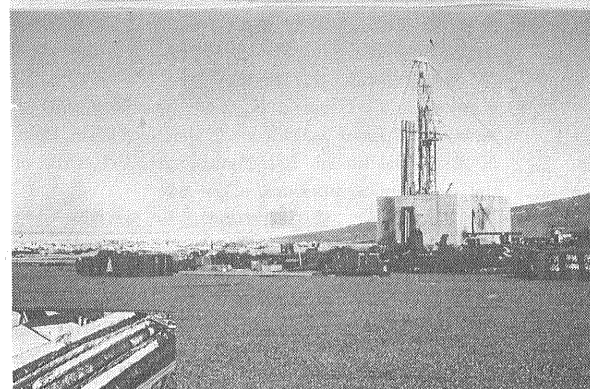
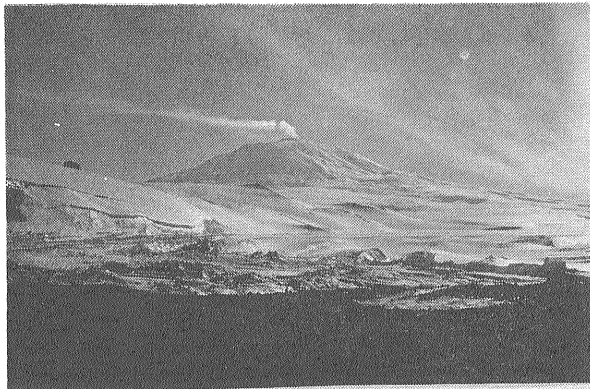


南極の鉱産資源

西山 孝 (京 都 大 学 工 学 部)

1. はじめに

筆者は第7次南極観測隊(1966 昭和基地)と第15次



南極観測隊(1974 マクマード基地(米))に参加し(図1)おもに地球化学と鉱物学に関する研究を行なった。一方 この間 資源工学にたずさわるものとして 南極の鉱産資源については つねに興味をもち 文献収集などに努めてきた。南極大陸は厳しい自然条件のために資源探査はほとんど行なわれていないのが現況であるがここに これまでに得られた資料をとりまとめて 南極大陸の鉱産資源について紹介してみたいと思う。なおマクマード基地滞在中には 倉沢一博士(地質調査所)とたびたび討論する機会を得た。(地質ニュースNo.245 255を参照下さい)

2. 南極大陸の概観

まず 南極探検の歴史をみると 20世紀以前の大陸発見時代 20世紀初めのはなばなし英雄時代 1957年以降の国際観測時代に分けられる。時代によって 目的は異なっていたが いずれの探検隊も地質と気象にはとくに注意を払い 遭難したスコット隊の遺品の中から化石標本が発見されたのはその端的な例であった。しかしなんとんでも 地質学的な知識が急激に集まりだしたのは 1957年から始まった第3次国際地球観測年以降のことで 各国の科学者は 大陸の周辺や内部に設けられた基地(図2)から 雪上車や飛行機で露岩をもとめて活発な調査をすすめ 多くの成果をあげている。

南極大陸の面積は 1,360万km² あり 日本の面積の37倍に相当し 大陸表面の95%以上が平均 2,000m の厚さの水でおおわれている。この南極大陸は 南極横断山脈を境にして ほぼ東経に位置する東南極大陸と西経に位置する西南極大陸とに分けられ 地形や地質の点で両大陸は大きく異なっている。すなわち 東南極では楯状地から構成され 地質年代は古いのに対して 西南極では急峻で火山が多く 地質年代は新しい。鉱産資源については いくつかの露岩地域で鉱石鉱物が発見されている程度で 組織だった探査はまだ行なわれていない。

図1

(上) 噴煙をあげるロス島のエレバス山(3,794m)

(中) 南極点に設けられたアムンゼン・スコット基地(米)

(下) 露岩地帯における地質調査とボーリングコア(ドライバーにて)

そこで 南極大陸の鉱産資源の存在を推測するとすれば 現況では二つの観点から可能と思われる。 その一つは 主として大陸周辺に分布する露岩の調査から得られた知識であり もう一つは大陸移動説にもとづき 南アメリカ 南アフリカ インド オーストラリアなど周辺大陸の地質からの類推である。

3. エネルギー資源

3.1 石炭

石炭は比較的はつきりした量が南極横断山脈中のビーコン層群中に認められ(図2)発見は古く 質・量ともに十分とされているが 採炭・輸送に問題が残されている。 生成年代は主として二畳紀で 部分的には三畳紀のところもある。 堆積環境は浅い沼地と考えられ 500m 以上の厚さをもった砂岩中に 炭層は何枚か存在している。 炭層の厚さをもっとも厚いところでは5m位あるが 一般には痕跡程度から3~4mまでで 走向方向の広がり は1km 程度である。 炭質は瀝青炭から半無煙炭で

灰分は8~20%である。

基地の燃料用などの限られた用途のために 小規模な開発は考えられるけれども 輸送が困難なために 近い将来大規模な開発はまずないであろう。

3.2 石油

石油資源は 南極では他の資源よりも重要視されている。 というのは アラスカのノーススロープにみられるように 油田が発見されれば採油・輸送にそれ程人手を必要とせず 自然条件の厳しい所でも容易に経済的価値をもつからである。 しかし南極周辺の大陸や島から類推すると 南極に油田またはガス田が存在する可能性は高い。

一般に 石油は海成あるいは半海成のもとに沈積しかつ広範囲にわたって変成作用を受けていない堆積層に含まれる。 また 世界各地の貯溜岩を年代別にみると 古生代のものは少なく 中生代・新生代のものが多い(表1)。 南極大陸の場合 陸地は厚い氷でおおわれてお

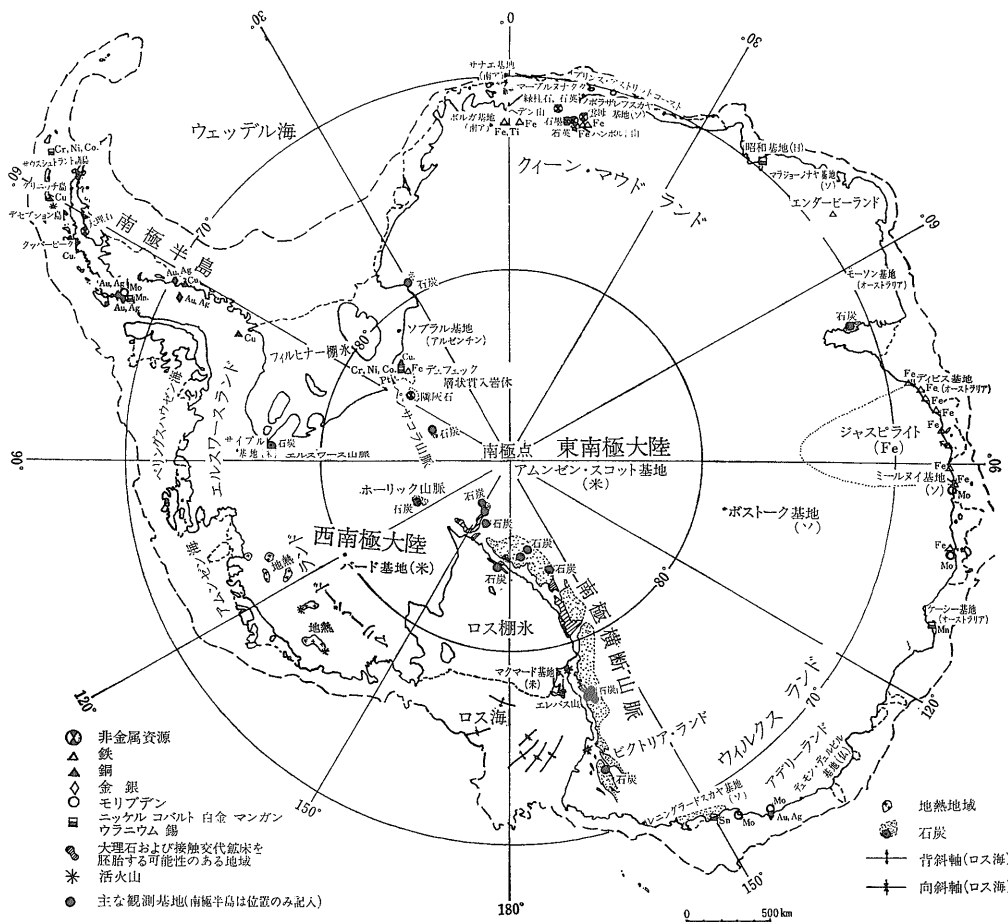


図2 南極における鉱石鉱物の分布とおもな観測基地

しくのべよう。

〔ロス海〕 ロス海（ロス棚水だけで 53.85万km² ありフランスより大きい）では 調査船エルタニン号が海底掘削船グローマーチャレンジャー号によって調査された。調査結果によると ロス海の堆積層は 3～4 km の厚さがあり 一番古い堆積物は第三紀あるいは白亜紀までさかのぼるとされている。ボーリングコアは海成層と非海成層とからなっており 天然ガスが検出された。

〔ウェッデル海〕 ウェッデル海の大陸棚も物理探査によると 3～4 km の堆積層があり ロス海の大陸棚に匹敵するとされているが探査はすすんでいない。

〔東経 80° から 110° の海岸〕 ゴンドワナ古大陸復古図では かつてこの海岸につながっていた大陸はみあたらず 海洋に面している。同じ海に面して オーストラリアの西海岸があり そこでは二疊紀からジュラ紀の地層に大油田が存在している。この点で東経 80° から 110° の間の大陸棚は注目される場所である。

〔西経 60° から 西経 165° の海岸〕 この海岸もゴンドワナ古大陸復古図では海洋に面している。しかしこの地域は 造山帯の中にありジュラ紀あるいはそれ以前の地層は破碎され 部分的に変成作用を受けている。ただベリングスハウゼン海は例外で ジュラ紀から現世までの堆積物があり 比較的乱されていない。すでにのべたように 同じような条件をもったチリでは第三紀の地層から天然ガスが発見されているので ベリングハウゼン海からも天然ガスの噴出が期待できる。

いままで 南極大陸と周辺の大陸との類似性について強調してきたが 異なる点も存在する。たとえば世界の大陸棚の水深は平均 200m であるのに対して 南極では少なくとも 500m ある。また大陸斜面も世界の多くのところでは 2,500m であるのに対して 南極では 3,000m となっている。しかし これらの原因としては大陸をおおっている氷帽の影響で大陸全体が低くなったものと説明され 石油の賦存とは直接的な関係はないと思われる。

4. 南極大陸の露岩地帯および南極海で発見された鉱石鉱物

4.1 銅

銅鉱床の可能性は まずチリのアンデス山脈から続く南極半島があげられる。鉱床は白亜紀から第三紀初めの閃緑岩やモンゾニ岩を鉱染したポーフィリー銅鉱床

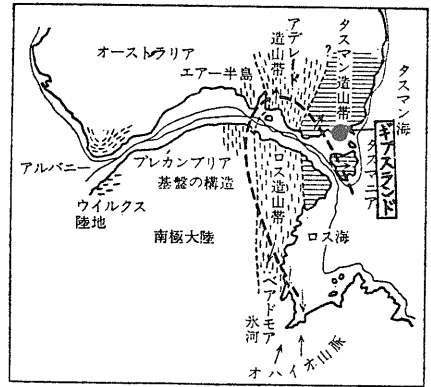


図4 ゴンドワナ古大陸におけるギプスランドとロス海との関係 (原図:木崎甲子郎 1973)

である。気温が低いために二次富化はほとんど認められず ごく一部で孔雀石や珪孔雀石のような鉱物が地表で観察されるのみである。ラシターコーストは南極半島の根元にあり 比較的良好に調べられているところである。そこでは母岩は主として花こう閃緑岩や石英モンゾニ岩からなり 熱水変質がみられ 鉱化作用を受けている。K-Ar 法による年代測定の結果は 99～119 百万年で中生代白亜紀に相当する。一次鉱物は黄銅鉱 黄鉄鉱 輝水鉛鉱 磁鉄鉱 斑銅鉱で 二次鉱物としては赤鉄鉱 褐鉄鉱 孔雀石 珪孔雀石などが同定されているが量は少ない。化学分析では Cu Mo Pb Ag Ni Bi Co などの値が周辺の岩石に比べると高い値を示している。ラシターコーストの他にも南極半島のグリーンスパークスピークで銅の産出が知られ アンバース島でも閃緑岩やトナライトの中に銅鉱物が産出している。さらにグリニッチ島では幅 1～2.5m で黄銅鉱を 0.8% 含んだ鉱脈がみられる。またあとでのべるデュフェク層状貫入岩体にも銅の濃集しているところがある。

4.2 金 と 銀

金や銀の鉱石として扱える程のものは まだみつかっていない。しかし南極半島の黄鉄鉱に富んだ試料から 0.3～2ppm の金 1～10ppm の銀が報告されている。また東南極のアデリー海岸やビクトリアランドにも金の検出されたところがある。

4.3 モリブデン

モリブデン鉱物の輝水鉛鉱は 東南極の先カンブリア時代の結晶片岩中と南極半島のポーフィリー銅鉱床にもなるものの二種類が知られている。

4.4 鉄

東南極大陸の先カンブリア時代の岩石中には 鉄鉱床の存在する可能性は高い。この地域は主としてソ連の地質学者により調査されており キーンマウドランドのヘデン山では 0.5~5m の厚さの磁鉄鉱が ハンボルト山では25%以上の鉄を含み 100m 以上の厚さをもった層が発見されている。その他にもチタン磁鉄鉱の産出するところや氷河のモレーン中に磁鉄鉱の含まれているところがある。また東経78°から東経93°の海岸ではジャスピライトの破片がみられ 近くに鉄鉱床があると予測されている。さらにデュフェク貫入岩体にも磁鉄鉱に富んだ層がある。

4.5 その他の金属

マンガンは南極半島とウィルクスランドに産出がみられ クロム ニッケル コバルト 白金はデュフェク層状貫入岩体と南極半島の北端のサウス・シュトランド諸島にある苦鉄質貫入岩が有望である。放射性鉱物としては 閃ウラン鉱の報告はないが ユークセナイトが昭和基地のあるリュツォホルム湾から産出しており アデーリーランドにも異常に放射能の高いところが知られている。

4.6 非金属資源

非金属鉱床の多くは東南極大陸の先カンブリア時代のキーンモウドランドから産出している。

〔金雲母〕 金雲母はプリンセス・アストリッドコーストより内陸に入ったところのハンボルト山脈のペグマタイト中に産出がみられる。脈は100m 以上続き 金雲母の大きさは平均 20cm×10cm×4cm で 脈の2%が金

雲母で占められている。

〔緑柱石〕 キーンマウドランドで産出が知られ なかでもマーブルヌナタクがもっとも優秀で ペグマタイト中に 10~15cm の大きさで含まれている。また緑柱石とともに トパズ 電気石 燐灰石を産出し 20~25 cm の大きさの水晶もみられる。

〔石墨〕 やはりキーンマウドランドのペグマタイト中に産出し 2~3 cm の厚さの石墨の結晶がみられる。

〔燐灰石〕 ペンサコラ山脈中の古生代中部の砂岩中に不規則な層をなして産出し 厚さは1 m位ある。この程度では経済的な価値はないが 産出位置が高緯度である点で注目されている。

〔大理石〕 大理石は南極半島と南極横断山脈中に産出が知られている。

4.7 マンガンノジュール

よく知られているように将来の重要な資源の一つとして 海底に産するマンガンノジュールの利用が考えられている。これは経済的にはマンガンよりもニッケル コバルト 銅の方が価値が高く 赤道に近いノジュールは金属に富み 赤道から離れるとともに金属分が少くなる傾向がある。したがって南極周辺の海にあるマンガンノジュールは 赤道近くのものに比べると魅力は少ない。しかし図5にみられるように 南緯50°より南の海にもマンガンノジュールの産出は 数多くの地点で知られている。

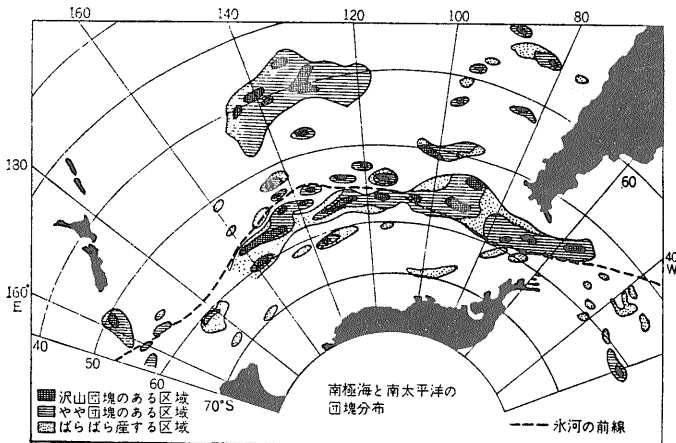


図5 南極圏におけるマンガンノジュールの分布 (島誠 1976)

5. ゴンドワナ古大陸の金属資源

次に ゴンドワナ古大陸の金属資源について調べるともっとも古い岩石は25~30億年で 南極大陸をはじめ周辺の各大陸の核になっている。この種の岩石からオーストラリア インド 南アフリカでは 金および金・銅 鉍脈 ニッケル・銅鉍床 鉄鉍床 リチウム・ベリリウム・ニオブウム・タンタル・希土類元素の鉍床 クロム鉍床 さらに錫・タングステン鉍床が発見されている。22億年かそれ以後の先カンブリア時代の岩石になると大規模な鉄鉍床 マンガン鉍床 南アフリカの礫岩状の金・ウラン鉍床 プッシュフェルトのクロム ニッケル 銅 白金 鉄 パナジウムの各鉍床 オーストラリアのマウントアイザ ブロークンヒルの銅・鉛・銀および鉛・亜鉛・鉍鉍床がある。その他に白亜紀のキンバーライトに含まれるダイヤモンド 古生代から中生代の地層を貫いている層状玄武岩に含まれる低品位のニッケル・銅鉍床などがある。またオーストラリアのアデレード造山帯では 先カンブリア時代後期や古生代初期の堆積岩や火山岩中に 銅 鉛 亜鉛 金 バリウム マンガンなどの鉍床がみられる(図3)。

上記の地層はいずれも南極大陸中にも続いている。したがって それぞれ時代に対応した鉍床が南極大陸の地層中にも胚胎しているものと推測できる。また オーストラリアでは 鉍化作用は西から東に行くにしたがって弱くなる傾向があり もっとも東のニュージーランドでは鉍床の規模は非常に小さい。この考えを南極大陸にあてはめると 東南極の楯状地から離れる程鉍化作用は弱くなることになり たとえば南極横断山脈中に存在する鉍床は中程度の大きさと品位であることも予想される。

6. デュフェク層状貫入岩体

大規模の層状貫入岩体は安定大陸地域に特徴的なもので 南アフリカのプッシュフェルト 米国のスティルウォーター カナダのサドベリなどの岩体が有名である。これらの層状貫入岩体は多くの鉍床を胚胎している。たとえばプッシュフェルトでは鉛 亜鉛 パナジウム 鉄 コバルト 錫 金が稼行の対象にされたことがありサドベリ火成岩体では ニッケル 銅 白金 金 銀 セレン テルルなどの鉍床群をともなっている。南極で発見されたデュフェク層状貫入岩体は これらに匹敵する大規模な層状貫入岩体で鉍床胚胎の可能性は高く注目されている。

デュフェク貫入岩体の発見は1957年で 南緯 82.5°~

83.5° 西経 47°~54°に位置し ペンサコラ山脈の北部を占め 表面の多くは氷でおおわれている。露岩の部分は1965~1966年に米国の地質学者によって調査され 少なくとも 34,000km² (うち露岩面積 8,000km²) の広がりを持ち 岩体の厚さは 7km に達し そのうちの 4km は露出がみられる。露出していない部分は下部の超塩基性(超苦鉄質)岩と考えられている。鉍物資源としては すでに数mの厚さをもつ磁鉄鉍の鉍床がみられ 他に白金 ニッケル 銅 クロムの鉍床の発見が期待されている。銅については 銅の硫化鉍物や二次鉍物が岩体のいたるところに散在しており フォレスト山脈の磁鉄鉍の多い岩石中にとくに濃集している。

クロム鉄鉍に関しては1957年に報告されたが 1965~1966年の調査では発見されなかった。化学分析値をみると 銅は一般に 20~110 ppm で 稀に 2,000 ppm (0.2%) に達する。クロム ニッケルは 100ppm 以下のものが多いが 500や200ppmを示す試料もみられる。白金元素は多くの試料では検出限界以下であるが 磁鉄鉍を含む岩石では最大 0.03~0.05ppm を検出している。

パナジウムについては最大 2,000ppm である。しかしいずれも鉍石となる程の金属量ではない。なおこのデュフェク岩体の貫入時期は 中部ジュラ紀で おそらく南極横断山脈に広く分布するフェラー輝緑岩と関係が深いとされている。

7. おわりに

南極の鉍産資源については 現状では経済的に有利に回収できるような大規模の鉍床はまだ発見されていない。しかし 巨大な資源が眠っていることはまず間違いなく 近年の世界的な資源不足から考えると 近いうちに本格的な資源探査が始まり 南極にもオイルラッシュやメタルラッシュが起ることも十分考えられる。その場合 気温が低いこと 露岩が少ないこと 海岸のほとんどが海水で埋められていること 特別な場所を除いて人が住んでいないことなどが 他の地域にはみられない大きな障害となってくるであろう。

最後に 南極の鉍産資源について論じた文献は少ないが そのなかで 「U. S. Geological Survey, Circular 705, 1974」にはよくまとめられており 本報告を作成するにあたって とくに参考にさせていただいたことを追記しておく。