

国連天然資源探査回転基金による フィリピンのクロム鉱床探査に参画して

郷原 範造¹⁾

1. はじめに

1988年の夏, 私は金属鉱業事業団の呼出しを受けた. 何ごとかと早速伺ったところ「国連天然資源探査回転基金」が東南アジアで初めて天然資源の調査・探鉱を行うことになり, とくにフィリピンのクロム鉱床を対象としているので協力してほしい, というのであった.

過去40年の私の経験が多少でも役立てるのであれば, ということで, 晩秋のニューヨークの国連本部に伺った. 富田重亮事務局長, J. C. Kovacik 技術部長(Technical Manager), Dr. Kyriacos Louca (Operation-Supervisor), 福田宗弘氏など関係スタッフと面談し, 1988年11月, 私はフィリピン, クロム鉱床の探査の責任者として赴任した.

赴任後, 直ちに, フィリピン環境・天然資源担当大臣 Mr. F. S. Factoran, 鉱山・地球科学局長 Dr. G. R. Balce, Dr. E. G. Domingo など政府関係者と打合せすると共に, 国連回転基金マニラ事務所を開設した. そしてイタリー, フィンランド, フランス, 米国の地質技師, スタッフを出迎え, 若いフィリピン地質・探鉱技師を採用した. かくしてパラワン島・ディナガット島のクロム鉱床調査が開始された.

ご承知の通り, フィリピンのクロム鉱石は, 戦前・戦後を通じて世界のクロム鉱石生産の中で重要な位置を占め, とくにマニラ市北西部のザンパレス(Zambales)地域はよく知られている.

このフィリピンクロム調査・探査プロジェクトは, 国連回転基金とフィリピン政府間の合意により, 1988年3月2日付で契約調印が行われ, 決定されたものである.

1986~1987年にその事前調査が行われ, パラワ

ン島中部西海岸とミンダナオ島北端近くのディナガット島が, 極めてポテンシャルが高いと判断された.

調査・探鉱の目的は, 経済的に価値のある金属用クロム鉱石50万トンを発見することと, ディナガットにおける小規模鉱山に対する技術指導で, 資金としては国連より, 年間約100万米ドルを投入する(3年間合計約300万米ドル)ことで進められた.

本稿では, 比較的知られていない国連天然資源探査回転基金の概要と, フィリピンのクロム鉱床の概要, そして国連回転基金によるプロジェクトの概要・計画・実施内容および新鉱床発見の内容を紹介してみよう.

2. 国連天然資源探査回転基金の概要

開発途上国の経済発展は, 天然資源の開発に大きく依存していて, 外貨収入に占めるその割合は非常に大きい. とくに本基金が設立された当時(1973)は, 開発途上国において天然資源の開発が強化され, 資源需要の伸びからも, その生産量は拡大が予想され, わが国の資源産業企業は海外進出を積極的に進めていた.

しかし, このように天然資源問題は極めて重要であるにもかかわらず, 1960年~1970年の間, 国連にはこの問題を包括的に取扱う政府間委員会もなく, 国連機関による資源探査活動は停滞気味で, 民間企業による美しい果実だけがつまみ食いされている状態であった.

このため資源開発活動を統一した政策の基に行うための方策が模索され, 1970年7月, 第49回経済社会理事会において「天然資源委員会」の設立が国連で決議された.

1) 元所属: 〒274 千葉県船橋市薬円台1-3-11

キーワード: フィリピン, クロム鉱床, 国連, 天然資源探査回転基金

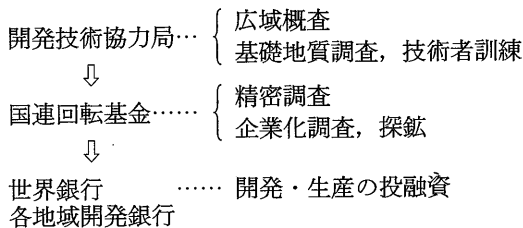
1971年2月、第1回の天然資源委員会で、国連事務局は、UNDP(国連開発計画)の資金だけでは十分な活動は出来ないとして、国連で調査・探鉱した成功プロジェクトの資源生産収入から一定の割合を国連に返済することによって、資金を回転させようという「資源探査基金」の設置が提案された。

その後約2年、関係国および国連諸機関の専門家が研究・討議し、1973年12月の第28回国連総会決議第3167号によって「国連天然資源探査回転基金(United Nation Revolving Fund for Natural Resources Exploration: UNRFNRE)」が設立されたのである。

本基金は組織的には、国連開発システムの中心的技術援助機関であるUNDP(国連開発計画)の中の特別活動局(Bureau of Special Activities)の傘下に属している。

このため、経理・人事などの管理業務はUNDPの一部として処理され、UNDPが世界各地に設置している事務局(Field Office Network)がその国における国連回転基金を代表している。

しかし、その運営資金については、回転基金が独自に拠出金を取扱い、国連開発技術協力局・国連回転基金・世界銀行各地域開発銀行の3機関は、特に次のように密接な関係を保っている。



国連回転基金は、受益国政府の要請に基づき、開発途上国において商業生産可能性のあるあらゆる種類の鉱物資源及び地熱エネルギーのプロジェクトの調査・探査を実施するもので、手続きの概要は次の通りである。

- 1) 開発途上国政府は、UNDP 常駐代表を通じてプロジェクトを基金に申請する。
- 2) プロジェクトは、国連より通常調査員が派遣されて審査され、調査・探査活動の内容および経費を詳述した提案書を基金利用国(開発途上国)合意の上で、UNDP 総裁に提出する。
- 3) 回転基金事務局長主宰の合同事業グループに

よるプロジェクト審査、この合同事業グループはUNDP、世界銀行など国連機関の担当者より構成され、審査結果はUNDP 総裁に勧告される。

- 4) プロジェクト協定の作成・交渉が行われ、回転基金と利用国政府による署名、プロジェクト協定は、基金、利用国主権の下基金の調査・探鉱に関係する両当事者の権利・義務が規定されるが、特権免除、紛争の解決、作業計画、有効期間(通常30年)なども含まれる。
- 5) UNDP 総裁の承認、UNDP 管理理事会の承認、回転基金利用国の協定批准によって発効する。

本基金は、1973年設立後、1975年には事業を開始し、以来18の鉱物探査プロジェクトを完了し、現在8つの鉱物探査、2つの地熱プロジェクトを実施中である。

プロジェクトは、最低業務期間(Minimum work phase)と続行期間(Subsequent phase)に分けられ、最低業務期間中に有効でないと判断された場合には、無駄な探査経費が生じないように、続行しないよう配慮されている。

また基金プロジェクトは、実施国政府のコストを基金が賄うため、実施国に財政的負担を一切かけないようにしている。本基金で実施されたプロジェクトを第1表に示した。

基金の財源は、核(コア)資金として各国が拠出誓約して行なう自発的拠出金と、特別プロジェクトの経費を支弁する目的をもって拠出国が設けるノンコア資金より成っている。

また、この基金の特色でもある補填拠出というのがある。これは、基金が調査・探鉱に成功したプロジェクトから生産額に対して、一定額を本基金に返済するという財源獲得制度(補填拠出)で、これを基金に組み入れ、これを回転することによって運営しようとするものである。この詳細は協定文書に明記されるが、年間生産額のおよそ2%(地熱の場合は5%)、いづれも補填期間は15年とされ、この補填には上限が設けられた。鉱物の場合は基金支出の10倍、(地熱の場合は3倍)で返済金がこの上限に達すると補填は終了する。なお補填期間の開始は、商業ベース生産開始時となっている。

こうして、成功した国が、失敗した国の支出分を

第1表 プロジェクトリスト

実施国/地域	対象鉱物	期間	費用 (100万 米ドル)	成果 (100万 米ドル)
アルゼンチン	金, 銀, 銅, 鉛, 亜鉛	1978-81	3.2	39の金, 銀
ベニン	カオリン	1982-85	0.7	20のカオリン
ブルキナ	ニッケル, 金	1981-84	1.6	—
コンゴ	磷酸塩(沖合)	1982-86	1.0	264の磷酸塩
キプロス	銅, 金	1979-82	3.2	—
エクアドル	銅, 鉛, 亜鉛, 銀	1976-79	2.0	11の銀
ガイアナ	金, ニオブ, 希土類	1980-83	2.7	—
ハイチ	銅, 亜鉛, 金	1983-87	1.8	94の金
アイボリー	金, 亜鉛	1986-88	1.1	—
ケニア	鉛, 亜鉛, 金	1980-86	3.0	—
リベリア	金	1980-83	2.5	—
マリ	希土類 タングステン ニオブタンタル	1982-84	2.5	—
パナマ	銅, 金	1979-80	1.0	—
シエラレオネ	金	1984-87	1.7	—
スーダンI	金	1976-78	0.2	—
スーダンII	ダイヤモンド	1979-81	0.4	—
スリナス	銅, 亜鉛, 金	1980-84	1.4	—
アルゼンチン	フォローアップ調査	1988-	0.4	—
コンゴ	フォローアップ調査	1988-	0.6	—
ガーナ	金	1988-	1.0	—
ホンジュラス	金, 銀, 貴金属	1986-	2.5	103の金, 銀
ペルー	金, 亜鉛	1984-	4.6	643の金
フィリピン	クロマイト	1988-	3.0	—
ルワンダ	金	1986-88	2.3	—
中国	葉ろう石	1988-	2.8	—
グアテマラ	金	1989-	2.3	—
セントルシア	地熱	1987-	3.5	LSMW 地熱資源
メキシコ	地熱	1986-	5.0	—

(注) 上記プロジェクトによって発見・確認された鉱物資源の経済的価値は、1988年末で約10億米ドル以上にのぼる(但しセントルシアにおける地熱は含まず)。

肩代りしていくという開発途上国の相互協力精神にもつながっている。

わが国と本基金の関係は、1971年国連天然資源委員会設立時点から、一貫して積極的役割を果たし、国連総会における本基金設立については共同提案国(14ヵ国)のメンバーとなり、以来、基金のコア拠出資金の大半を提供し、最大の財政支援国として援助国間、国連内部においても、わが国の主導的立場・役割は、基金の秀れた活動実績とあいまって高く評価され、将来が注目されている。

ところで、UNRFNREとMMAJとの関係にふれると、ともに途上国からの要請をうけて資源探査プロジェクトを実施している。両者のプロジェクト



写真1 国連回転基金(UNRFNRE)のパラワン現地キャンプ

の効率的運用を図るため、資源情報を定期的に交換する会議(年1回)を1987年より開催している。

このような情報交換の具体化の1例として筆者がMMAJに呼ばれたのである。

国連回転基金では、いまでも優秀なわが国の地質、地化学、物理探査、鉱山・探鉱、試錐・化学分析各部門の技師の参加を求めている。

詳細は、次の処で知ることができる。

国連開発計画東京連絡事務所

〒107 東京都港区南青山1-1-1

新青山ビル西館F22

TEL (03) 3475-1619~20.

FAX (03)-3475-1358.

3. クロム探査プロジェクトの概要

このフィリピンクロム鉱床探査プロジェクトは、PH1/86/No.1と命名され、1988年6月9日、第2表の計画に基いて開始された(第2表)。

パラワン島地域の探鉱に当っては、パラワン島の行政の中心地、プエルト・プリンセサに現地事務所を設置して、4WDピックアップを配備、西海岸のケソン港には運搬用小型のモーターボートを置いた。そして、A, B, C各ゾーンにはベースキャンプ、探鉱地にはフライキャンプを設け、通信ラジオ、調査用モーターバイクを装備して調査・探鉱に当った。(A, B, Cゾーンは第2表参照)

ディナガット島地域の探鉱も、上記パラワンと同様で、スリガオ市に現地事務所を設置して、マニラと通信ラジオで連絡を密にすると共に、スリガオーディナカット間の輸送に小型モーターボートを使用、ディナガット北部のロレットをベースキャンプ

第2表 プロジェクトの計画概要

地域	パラワン島	ディナガット島	
呼び名	DH1/86/N01 第1探鉱地域	第2探鉱地域	
調査・探鉱区域	a. ベロンゴモーソン地区 69.1 km ² b. ロングポイント地区 32.5 km ² c. タガカヤワン地区 8.1 km ² 合計 109.7 km ²	政府鉱物保留地区、スリガオⅢ及びⅡの1部、合計933 km ² 精査はAゾーン、Bゾーンに分割して実施	
現地事務所	ブエルト・プリンセサ	ミンダナオ島スリガオ	
調査・探査計画	地質調査(縮尺)	1. 1;50,000概査 2. 1;10,000精査 3. 1;1,000鉱床部分精査	1. 1;50,000概査 2. 1;10,000-1;20,000精査 3. 1;1,000-1;500鉱床部分精査
	空中写真解析リモートセンシング	1;50,000構造図作成	1;50,000構造図作成
	鉱床分布図	1. 情報収集で1;50,000図上整理 2. 情報による概査	1. 情報収集で1;10,000-1;50,000図上整理 2. 情報による概査
	地化学探査	1. 土壌サンプル(地表-35cm) 4-5サンプル/km ² 採取 1;10,000図上整理 2. 異常地について 14-15サンプル/km ² 採取 1;10,000図作成 * 分析はフィリッピン鉱山局分析所及びマックハー社依頼、鉱物1,000ヶ	1. 試験土壌サンプル採取50ヶ 3ヶ所で分析テスト 2. 土壌サンプル4-5サンプル/km ² 1;10,000-1;20,000図上整理 2. 異常地について14-15サンプル/km ² 採取 1;10,000図作成 3. 主要鉱床付近は50mグリッド サンプル1;1,000図作成 * 分析は左同様 合計約4,000ヶ 特にクロム、ニッケル、コバルト分析
	物理探査	1. 必要に応じて実施	発見鉱床周辺で磁力探査を実施する1;2,000図化
	ビット探査	1. 化探異常地でビット探鉱を行う100-300mグリッド145カ所 2. 必要に応じて掘削探査	1. 化探異常地でビット探鉱を行う100-300mグリッド 2. 必要に応じて掘削探査
	試験探査	1. 必要に応じて実施	1. 発見鉱床の深部探査 2,000-3,000m
	調査・探査システム	1. 地質技師 3名 2. 協力労務者 40名 3. 車輛 2台 4. オートバイ 5台 5. ボート 1式 6. キャンプ設備 5式	1. 地質技師 5名 2. 協力労務者 50名 3. 車輛 3台 4. オートバイ 6台 5. ボート 1式 6. キャンプ設備 5式

4. フィリッピンの地質とクロム鉱床

(1) 地質

フィリッピン群島の地質は、大別すると古生代の変動を受けて後、安定した西側のパラワン・スル海台地と、東側のジュラ紀から始まった環太平洋変動構造区のルソン-ミンダナオ構造帯に分れている。そしてそれらは、それぞれに白亜紀末あるいは始新世まで、フレッシュ相の堆積岩と膨大な超苦鉄質岩の活動にみまわれている。

フィリッピンの金属鉱床は、この環太平洋構造運動を通じて形成されている。超苦鉄岩を伴う地質区では、ブロック化した基盤の変成岩や、白亜紀の超苦鉄質岩として、古い海洋地殻の遺物と解釈されているオフィオライト(カンラン岩、ハンレイ岩、輝緑岩、角閃岩、枕状溶岩等よりなる)が分布している(第1図)。このオフィオライトにはクロム鉱が随伴し、新生代の花崗岩-閃緑岩には斑岩銅鉱床や金鉱床が形成されている。

オフィオライトは、ルソン島とミンダナオ島の中央を結ぶフィリッピン断層構造帯を境に東西に分けると、東側にはカンキロンオフィオライト、イースタンビコール、イースタンミンダナオ、ディナガットなどのオフィオライトが、そして西側にはザンパレスオフィオライト、アンティケオフィオライト、パラワンオフィオライト等が分布している。

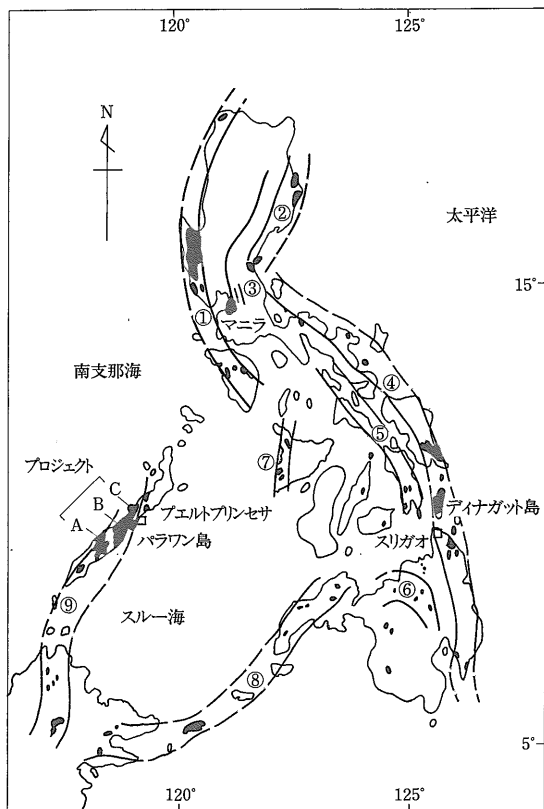
① パラワン島のオフィオライト

パラワン島は、NE-SW方位延長400 kmの島で、その北西部はパラワントラフで境されている。島自体は層序・岩相的に2分され、北部は、古生代より第三紀までの堆積岩と花崗岩を伴う変成岩よりなっている。そして中部および南部はフレッシュ相の古第三紀の堆積岩に被われた始新世のオフィオライトよりなっている。

オフィオライトの層序は、上部白亜系より古第三系で、下位より上位に向って次の岩石類より成っている。変成岩・ハルツパージャイト・ダナイト・トロクトライト・はんれい岩・枕状玄武岩・チャート・フレッシュ堆積岩である。

このオフィオライト層序はアルプス型複合岩体にみられるものと同様で、上部マントルにも符合し、パラワン島ではこの層序が幾度となく繰返されてみられる。

とし、各地にフライキャンプを置き、地質技師計8名、協力労務者約90名で調査・探鉱に当たった。



第1図 フィリピンのオフィオライト分布図及びプロジェクト位置図

- ① ザンパレスオフィオライト
- ② カシキロンオフィオライト
- ③ アンガットオフィオライト
- ④ イースタンビコール, イースタンミンダナオオフィオライト(ディナガットを含む)
- ⑤ ウェスタンビコール, イースタンレイテオフィオライト
- ⑥ セントラルミンダナオオフィオライト
- ⑦ アンティケオフィオライト
- ⑧ ザンボアンガ, スルオティオライト
- ⑨ パラワンオフィオライト

② ディナガット島のオフィオライト

ディナガット島は、ほぼ南北方位50 km の島で地質は、白亜紀の変成岩とオフィオライト、およびこれらを被り第三紀のフレッシュ堆積岩等よりなり、オフィオライトの層序は、ほぼパラワン島と同じで、とくにハルツバージャイト・ダナイトよりなるかんらん岩が主体を占めている。

(2) クロム鉱床

今日(1990), 世界のクロム資源(埋蔵量)は、メタル純分で34億4000万トン, うちフィリピンは

230万トン(John, 1990)である。

突出しているのは、南アフリカ共和国で、29億7,000万トン(86.4%), ジンバブエ2億8,500万トン(8.3%), 旧ソ連4,060万トン(1.2%), この3ヵ国で世界のクロム資源95.9%を占めている。

フィリピンのクロム資源は、上記3ヵ国に比べると多くはないが、耐火用クロム鉱を生産しているマシンロックの鉱山や、金属用クロム鉱を生産しているアコヘ鉱山など約20鉱山がクロム鉱を採掘していて、東南アジアでは最高の生産を誇っている。

フィリピンのクロム鉱床は、いわゆる造山帯に産する“アルプス型”に属する。鉱体は時に明瞭な層状構造を示すが多くは変形している。鉱石の構造はクロム鉱物が斑点状を示すことも少くないが多くは塊状もしくは鉱染状である。ガンパレス地域のクロム鉱床が最大で、とくに耐火用のクロム鉱石を生産するコト鉱床、金属用クロム鉱石を生産するアコヘ鉱床などは良く研究されており、多数の研究報告がある。ここで、これらクロム鉱床を要約してみた。

コト鉱山は、マニラ北西方、マシンロック市にあって、高アルミナ・クロム鉱(Al_2O_3 30-32%, Cr_2O_3 32-35%, FeO 12-13%, MgO 17-18%)を産出する鉱山として世界的にも有名で、この地域には、コト鉱山を含めて約20近く鉱床が分布している。

鉱床はハルツバージャイト、ダナイトに伴ない、ここでは前者中に存在し、鉱体は楕円形で、そのスケールは長さ500-550 m, 幅250-300 m 厚さ30-40 m で、緻密塊状、鉱染状鉱として産出している。

一方、金属用クロム鉱(Cr_2O_3 43-52%, FeO 13-18%, MgO 13-17%, Al_2O_3 11-14%)を産出するアコヘ鉱山は、サンタクルス市の東南東17 km に位置し、南北に伸びるドーム構造のかんらん岩—はんれい岩の東翼にあって、とくに、オフィオライト層序の下部のダナイトの層状構造に平行して胚胎するものが多い。

数多くの鉱体が知られているが、最大の規模は延長250 m, 厚さ20 m で、下部に100 m 以上連続している。推定埋蔵鉱量は1,000万トンに達している。

ところで、クロム鉱石の主成分はクロム鉄鉱であるが、商業的には2つのカテゴリーに分けられる。

すなわち、

1) 初生鉍石あるいは塊状鉍石と呼ばれるもので、ハルツバーチャイト、ダナイト中に、緻密塊状で産するものである。しかし鉍体全体ではエンドウ豆のサヤの形状(*podiform*)でレンズ状—板状と呼ぶのがふさわしく、鉍体の規模はまちまちで、一般にこの鉍石のCr/Fe比は高いのが特徴である。

2) もう一方は二次鉍石あるいはクロム砂鉍と呼ばれるもので、原地砂礫、ラテライト、および沖積堆積物として、他の重鉍物(磁鉄鉍、さくろ榴石、チタン鉄鉍、ジルコンなど)と共に山腹平坦地、扇状地、海浜などに分布する。一般にCr/Fe比は高くない。

フィリピンでは、ザンバレス地域を中心に(国内総生産の99%)初生鉍石が生産されているが、最近では砂鉍も注目されている。

パラワン島地域のクロム鉍床は初生鉍床と二次鉍床があり、とくに中央部の超苦鉄岩の風化土壌にはニッケルの鉍微もある。1967-1971年ソリアノ社によって300 m グリットによる化学探鉍が行われ、Aゾーンに1億6652万トン(Ni 1.18~1.35%), Bゾーンに8678万トン(Ni 1.31%), Cゾーンに2205万トン(Ni 1.16%)が分布していると発表されている(第1表参照)。

ディナガット島地域のクロム鉍床はパラワン同様オフィオライトに伴うアルプス型に属す。その産状等はパラワンの鉍床と大差はない。その生産規模は場所や採掘業者によって異なり、日産数キログラムから数100トンである。その採掘業者は280に達し、初生鉍石—二次鉍石を採掘している。

基盤岩中のクロム鉍床は、高品位の塊状鉍石でCr₂O₃ 35-62%、及び低品位の鉍染レオバード斑状鉍では、Cr₂O₃ 15-35%、共に金属用で、MgOが多く、Fe分が低くCr/Fe比は2.5-3.5を示している。これらの鉍石が風化してラテライト中に残留鉍床を形成し、時にラテライトが移動して二次的鉍石を作っている。

一般に、デナガットでは、北部ほどクロム品位が高く良質で、Cr/Fe比も3.0-3.5を示しCr₂O₃ 60-62%のものも少なくない。これに対して南部の鉍石はCr₂O₃ 40-50%でCr/Fe比も低い特徴がある。

上記の通り約280の鉍床に対して、会社組織のも

のは4鉍山で採掘されているが、その他はいわゆる“デナガットのガリンペーロ”で約11,000人の小規模鉍山採掘業者が日産約700トン採掘している。

ここでディナガットのクロム鉍床を知るため稼行中のクロム鉍山を紹介してみたい。

(a) ベロワ鉍山

ベロワ鉍山会社は、1950年代の創設で、720ヘクタールの鉍区を有し、デナガット島ほぼ中央のリブホ(Libjo, Alborともいう)南部一帯で採掘中である。この鉍山は、1972年に生産を開始、これまで約20万トンの塊鉍および砂鉍(Cr/Fe比1.8、時々Cr/Fe比2.46の鉍石)を出荷している。鉍床はハルツバーチャイト中の塊状およびラテライト中の鉍染状鉍石が対象で、残存鉍量は約3万トン、Cr/Fe比1.9-2.1 Cr₂O₃ 42-45%である。現在(1990)の生産規模は月間150トン、用水の都合がつけば月間1,000トンも可能という。現在鉍山経営は赤字、損益分岐点は月間300トンである。専属従業員は44人、鉍床の採掘を中断して周辺の小規模鉍山より買鉍中である。ベロワ鉍山では鉍区をいまま探鉍中で、特に深度6-15 mのラテライト中のクロム鉍を対象として、Cr₂O₃ 20%以上を高品位、Cr₂O₃ 10-20%を中品位、Cr₂O₃ 10%以下を低品位鉍と区分して集計している。周辺鉍区からの買鉍は月間約1,000トン。それらはガスインレット・チバチカン・オスメニア・タガバカ・ドナヘレンおよびデーガ鉍山等である。

(b) アコヘ鉍山(マズダン、コブ区域)

アコヘ鉍山会社はフィリピンにおけるクロム鉍生産会社では指導的立場の会社である。同社はデナガット北部に550ヘクタールの鉍区を有し、1981年生産を開始、塊状鉍石43%、砂鉍57%の割合でCr₂O₃ 48.5%平均の鉍石を生産中である。塊状鉍石月間150トン、砂鉍はラテライト中に含まれるクロム鉍Cr₂O₃ 11-15%より回収しているもので月間650トン生産している。1972-80年間はアルファ—資源会社が20,000トンのクロム鉍を生産しているが、その後アコヘが買収して今日に至っている。この鉍山の従業員は約40人、家族を入れると150人が生産に従事している。

同鉍山は鉍区内を300 m × 300 m グリットで探鉍し、カットオフ5% Cr₂O₃ で700万トンの埋蔵量(平均Cr₂O₃ 18%では44万トン)を獲得している。

また、特定地区の試錐探鉱では、 Cr_2O_3 21%35万トンを獲得している。現在生産の塊状鉱石のCr/Fe比は2.4、砂鉱のCr/Fe比は1.9-2.2である。

(c) クロミンコ鉱山

過去(1986年革命前)、デナガット全島のほとんどの鉱業権を有していたマラヤン・ウッド生産会社が、現在このクロミンコ鉱山を経営している。この会社は、1977年探鉱を開始し、一時期カナダのユニオン石油に探鉱権を与えたが、10ヶ月後ユニオンオイルは権利を放棄している。クロミンコは、現在729ヘクタールの鉱区を有し、56孔の試錐を行ない、深度150mまでで約700,000トン平均 Cr_2O_3 19%の鉱量を獲得し、露天掘鉱石/研比1.4-1.6で採掘、磁選操業中である。

同鉱山は標高海拔640m、この島の山頂近くにあり、クロム鉱床は典型的な小豆状で塊状・縞状鉱が産出し、鉱床帯の幅は80-150mに及びハルツバージャイト、ダナイトに伴っている。恐らく、デナガット最大の鉱床の1つであることは間違いない。

現在の生産状況は、カットオフ品位12% Cr_2O_3 で種々計画され、塊状鉱石(平均 Cr_2O_3 45%, Cr/Fe比2.6-2.7, SiO_2 最大6-8%)と、選鉱精鉱(粗鉱 Cr_2O_3 15-20%, 精鉱平均 Cr_2O_3 48%, Cr/Fe比2.4, SiO_2 8%)を生産中で、スケールは塊状鉱石日産60トン、精鉱30-40トン(但し選鉱能力は日産180トン)、選鉱実収率は65-75%、従業員は202人、精鉱は95%わが国へ、塊状鉱石は中国へ輸出されている。

(d) ジェイ・エル・ビー企業体

この会社はデナガット北東部のダナイト地域で5-6鉱床を発見し、月間700-1,000トン Cr_2O_3 50%を生産中である。

5. プロジェクトの調査・探鉱の結果

(1) パラワン島地域

① 地質

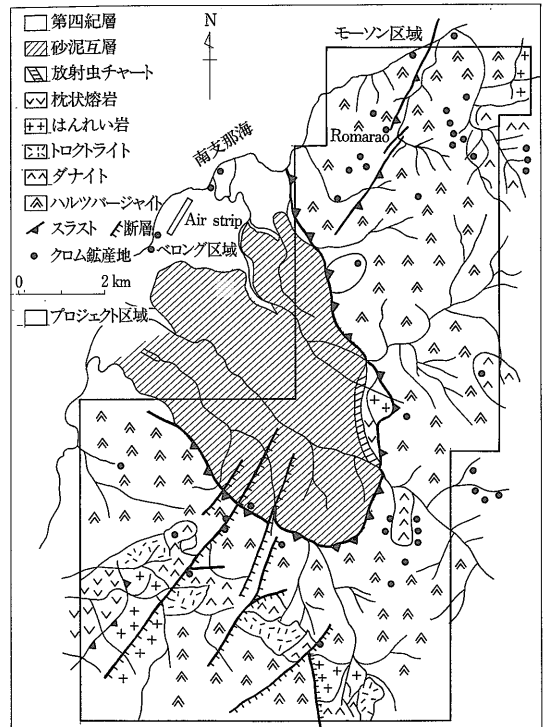
プロジェクトのパラワン島地域の調査は、A, B, Cゾーンにわたって行ったが、ここでは重複を避けるためAゾーンについてのべたい。

Aゾーンの地質は、主にオフィオライトよりなっている。そのオフィオライト層序は下部より上部へ、かんらん岩、はんれい岩およびこれらをおおう

チャートを含む枕状熔岩よりなり、この層序は各地で繰返し複雑な構造を示す。

基盤はテクトナイト構造をもつかんらん岩で厚さは約2,000m、その約80%はハルツバージャイトである。随処に葉状構造があり、かんらん岩相の上部はダナイトが多い。このかんらん岩は輝岩やトロクトライトを夾み、一般に高い地形の処に露出する。このトロクトライトは、かんらん石を含むはんれい岩とよく共生している。一方ダナイトは、ハルツバージャイト中に葉状(0.5-1m)時には塊状で比較的なだらかな地形の処に分布している。このダナイトには自形のクロムスピネルを伴うことがあるがクロム鉄鉱の微脈や鉱染がみられる(第2図)。

はんれい岩には4種類があり、その産状をみると、まず葉状はんれい岩は数ミリ~数センチスケールの厚さの縞状構造が特徴で、かんらん石・斜方輝石・斜長石の分布も濃淡がある。時には粗粒の斜方輝石や斜長石(1-2cm)も認められる。塊状均質なはんれい岩は、はんれい岩ゾーンの上部に分布し紫蘇輝石質で、中粒~粗鉱で、輝石の一部は角閃石、



第2図 パラワン島(第1探鉱地域) Aゾーン(ベロング・モーソン)区域地質図およびクロム鉱床分布図

緑泥石に変質している。このはんれい岩と枕状熔岩の接触部は細粒型はんれい岩になっている。

ペグマタイト質はんれい岩はハルツバージャイトに貫入していて、その幅は0.5-2 mで、輝石と粗粒斜長石より構成されている。微晶はんれい岩及び輝緑岩も岩脈として(長さ100 m以上)ハルツバージャイト内に分布している。

オフィオライトの最上部を構成するのは玄武岩質枕状熔岩および流状角礫岩である。枕状熔岩の直径は0.5-1.5 mで、随処に紅色チャート、放散虫チャート、含マンガン砂泥互層を伴っている。枕状熔岩は時には斜長石などが流理構造を示し割目等には沸石鉱物が認められる。

Aゾーンの中央部には広いベロンガ三角州がある。そこを占めるのは砂泥互層であるが、この互層と超苦鉄岩類の接触部一帯には放散虫チャート(最厚10 m)が分布している。上記オフィオライトおよび砂泥互層をおおって、バラワン島にはクロム鉄鉱と磁鉄鉱を含む沖積砂礫層が山腹や海浜一帯に分布している。また山腹の平坦地にはオフィオライトが風化したラテライトが分布し最大厚さ10 mに達している。

前者では後述のように零細鉱業としてクロム砂鉱が採取され、後者はかつてニッケル鉱、クロム鉱として採掘された。

② 地化学探査

地表で深度30-35 cm、そして一定のグリッド(4-5 ㏎/km²)~(14-15 ㏎/km²)の土壌を対象に、サンプルを採集する方式で地化学探査を行った。サンプル数はAゾーン 572, Bゾーン 195, Cゾーン 208, 合計976サンプルである。

分析結果から酸化クロム(Cr₂O₃)3.5%以上を異常地として図化した。

その結果、Aゾーンでは、ムーソン異常地、ベロング北およびベロング南異常地が確認された。

ムーソン異常地は、ほぼ東西方位の、ロマラオ山塊をカバーする広範囲(5×3 km)にわたっている。この区域の地質は葉状ハルツバージャイトと平行する小規模縞状のダナイトからなり、クロム鉱床が点在(18鉱床)し、一部は過去に小規模ながら採掘されている。数1,000トンのクロム鉱床の存在が明らかにされ、精査の必要性が確認された。

ベロング北の異常地は、ベロング区域のほぼ中

央、ハルツバージャイト、ダナイトよりなる山腹である。ラテライト(厚さ5 m)におおわれた平坦部に広く異常地(4×3 km)が確認された。

ラテライトには無数の自形クロム鉄鉱の結晶が分布し、露出する縞状ダナイトにも鉱染している。恐らく風化によってダナイト中のクロム鉄鉱がラテライトに濃集したものである。過去において小規模採掘が計画され、道路も造成されたが、過激派ゲリラ、用水問題等によって中断された。しかしラテライト中のクロム砂鉄鉱床として注目される。

ベロング南アノマリーは、区域南限から南に伸びる高地(海拔800-1,000 m)一帯である。ハルツバージャイト、ダナイト、はんれい岩が複雑に分布する一帯で異常地は広い(4×2 km)。酸化クロム(Cr₂O₃) 7.0-8.0%を示す所も多く、最高はCr₂O₃ 14.0%を記録した。相当量のクロム鉄床の胚胎が予想される。

③ テストピットによる探査

Aゾーンにおけるテストピットは、地化学探査によって確認された地化学異常に対して、100-300 mグリッドで実施した。Aゾーンに対しては45ヵ所である。その結果を要約すると次の通りである。

- 1) ハルツバージャイト、ダナイトにクロム鉄鉱は鉱染しているが、ダナイトに伴うものが多い。
- 2) クロム鉄鉱の産状は薄い層状~縞状、網目状、あるいは鉱染状で、時には塊状を示し、自形0.3 cmにおよぶ結晶もある。
- 3) ラテライトは最大15 mの厚さで砂クロム鉄鉱を伴っている。またラテライト中にはダナイトなどの原岩転石が多い。

④ クロム鉄床

バラワン島地域のAゾーンに48鉱床、Bゾーンに7鉱床、Cゾーンに15鉱床が発見された。クロム鉄石の品位はおおよそ酸化クロム(Cr₂O₃)30-49%の範囲で、ザンバレス地域の鉄石より高品位であるが、ディナガット地域の鉄石より低品位である。

総合してみると、バラワン地域の鉄床調査の結果は、おおよそ次の通り結論することができる。

- 1) 地質層序でみると、クロム鉄床はオフィオライト層序の下部に分布するものとラテライト中

に胚胎するものがあり、前者は一般に規模的に小さな小豆状あるいは層状で塊状鉱、縞状鉱は比較的少ない。品質は Cr_2O_3 50%以下である。後者は漂砂、残留鉱床で分布は広いものの品質は Cr_2O_3 40%以下である。

2) 初生鉱石は、断層破碎帯など地質構造と密接な関係がある。従って時として褶曲する縞状一層状鉱床も認められ、褶曲軸に富鉱を形成することもある。かかる例はロマラオ山塊や、ロングポイントのモナトおよびサマバ鉱床、タガカヤワンの東部一帯の鉱床に認められる。

3) パラワン地域の鉱床は、ザンバレス、ディナガット地域の鉱床に比較して、スケールが小さく(1鉱床は1,000トン前後)従って小規模鉱業には適しているといえる。

ここで注目されるのは、砂クロム鉱床である。ラテライト中に低品位のニッケル(Ni 1.3%前後)と共に広範囲に分布している。ベロング三角州一帯及び地化学探査によって明らかになった異常地を精査すれば、低品位ながら相当量のクロム鉱石が確保されるであろう。

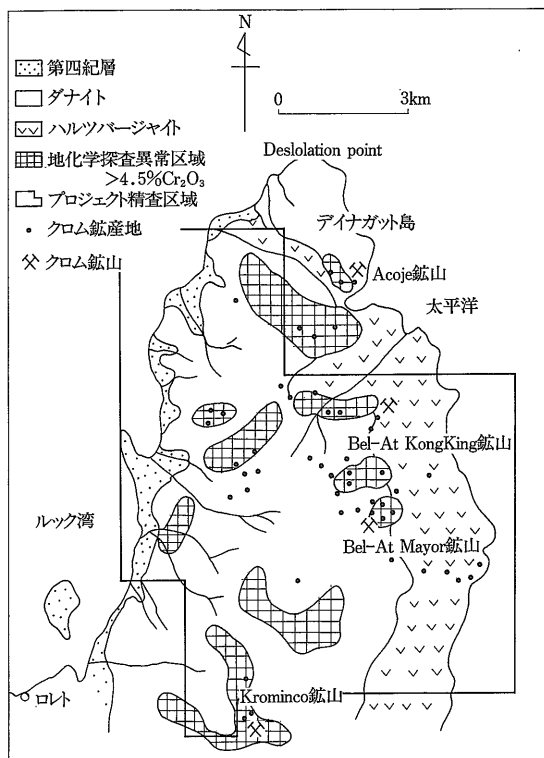
(2) ディナガット島地域

① 地質

ディナガットの調査はほぼ全島にわたって行った。同島の地質は、主に白亜紀のオフィオライトよりなり、ハルツバージャイト、ダナイト、はんれい岩、輝緑岩より構成されている。このオフィオライトをおおって第三紀の安山岩・玄武岩・硬砂岩および石灰岩・海成砂泥岩が分布している。

オフィオライトの約90%はハルツバージャイトで、注目されるのは島の北部に幅6km、延長13kmでダナイトが分布している。しかし一般には下部より上部にわたってはハルツバージャイト、ダナイト、はんれい岩となっていてハルツバージャイト、ダナイトの境界は西側に 40° – 60° で傾斜している(第3図)。

この付近のハルツバージャイトには2つのタイプがあり、その1つは残留テクトナイトであり、もう1つは、かんらん石—斜方輝石累積岩である。前者は北部東海岸寄りに分布し上部マントル起源、後者は西側にあつてハルツバージャイトとダナイトが互層をなし、パイロクリナイト質かんらん岩(ダナイト)とかんらん石、斜方輝石が累積するもの(ハ



第3図 ディナガット島(第2探鉱地域)
A区域の地質、地化学探査異常区及びクロム鉱産地、鉱山分布図

ルツバージャイト)で、堆積岩起源の可能性を示す岩石類である。これら岩石の付近には、トロクトライト・レールズライト・ウェールライト・ウェブスターライト質岩石もみられる。

これに対して島の中央部より南部にわたっては東



写真2 発見されたディナガット島 Kong-King 鉱床の露頭
(黒い部分は高品位クロム鉱石)

側海岸寄りに広くハルツバージャイトが分布し、ダナイトは小規模に露出するにすぎず岩石の60-70%は、火山岩・堆積岩・砂泥互層および石灰岩とラテライト土壤に占められている。この火山岩に伴って、はんれい岩、安山岩には含金石英脈も分布している。

ラテライト土壤は、オフィオライトが風化して、山腹や丘陵地に形成されたもので、随処に砂クロム鉱を濃集している。

② 地化学探査

土壤サンプルによる地化学探査方法は、パラワン島で実施したと同様であるが、分析成分はニッケル・コバルトおよびクロム酸化物とした。合計サンプル数は約4,000個である。

クロム酸化物は、土壤によってバックグラウンド数値が異なり、火山岩は Cr_2O_3 1%以下、ハルツバージャイト1.8-2.2%、ダナイト2.6%、超苦鉄岩平均で2.3%を示した。この数値と頻度を加味し、 Cr_2O_3 4.5%以上を地化学異常と判定した。

そして、北部ダナイト分布区域に7ヵ所、南部区域に7ヵ所の異常地が確認され、北部の各異常地の大きさは0.5-3 km²、南部のものは0.1-0.5 km²である。これらの周辺には、既述のアコヘ鉱山、クロミンコ鉱山、ペロア鉱山の各鉱床がある(第3図参照)。

北部の異常地付近には、初生鉱床が確認されたが、南部の異常地付近のものはほとんど残留二次鉱床である。

ニッケルとコバルトは東部山岳地帯に高く、バックグラウンドは、ニッケル2,500 ppm、コバルト250 ppm、異常値としてニッケル6,000-12,000 ppm、コバルト600-1,000 ppmのところも数ヵ所確認された。とくに注目されるのは、含ニッケルラテライト鉱床としてすでに開発されているノノック島に近いアクサン地区である。

北部区域の7ヵ所の異常地は次の通り

- 1) ベルーアットコンキング区域
- 2) ベルーアットマヨール区域
- 3) ロレンテ区域
- 4) ラウンガン・ノース区域
- 5) ラウンガン・サウス区域
- 6) マラヤン・ウッド・イースト区域
- 7) マラヤン・ウッド・ウェスト区域

③ クロム鉱床の確認と発見

この項では、2, 3の鉱床を紹介したい。

(a) ベルーアットコンキング鉱床

この鉱床は、このプロジェクトで1989年発見したものである。1:10,000~1:5,000地質図作成、25-50 m グリッドによる化学探鉱、磁探による物理探鉱、オーガー試錐及びダイヤモンド試錐を実施した。その結果、同区域には、プロフィニヨ・プリメラ・コンキング・エルピディオ・レオンボカルおよびカルボの鉱床が確認された。走向は略南北方向で2鉱床群に分かれ、西側に35°-60°で傾斜している(第4図)。鉱床の上盤はハルツバージャイトとダナイトで、下盤はハルツバージャイトである。そして地表近くはラテライト(10-30 m)におおわれている。

このうち最大の鉱床はベルアットコンキングで延長約100 m、幅40 m、深度35 m以上が確認され、鉱床断面のチャンネルサンプルによる分析結果は第3表の通りである(第3表)。

空中磁気は、マクハー地球科学社に依頼して実施した。精度は±1 ガンマで、1:2,000図上にまとめられた。結果は化学探鉱とはほぼ同じ形でアノマリーが確認された。

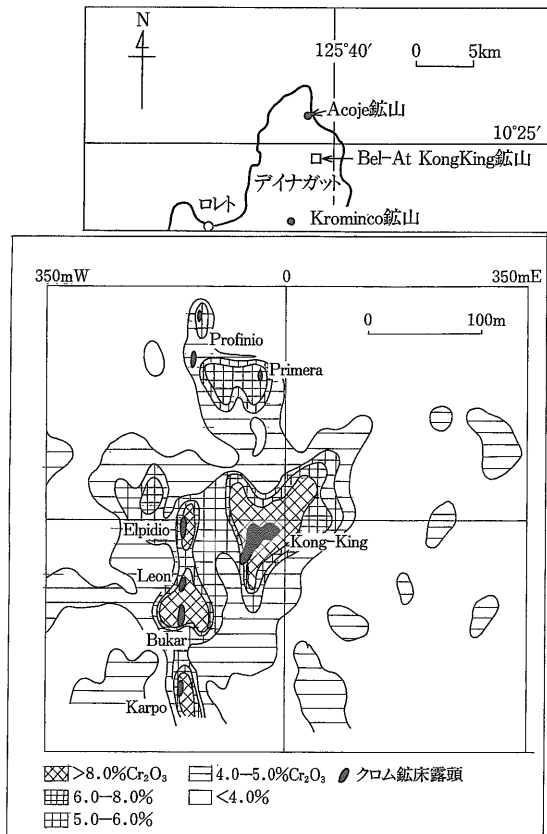
その後、オーガーとダイヤモンド試錐(3,000-5,000 m)を実施し、約150万トンの鉱床が確認された。

(b) ベルーアットマヨール鉱床

この鉱床は、ベルアットコンキングの南方約1 km、海拔450-475 mに位置する。コンキング同様の地質調査・地探・溝掘、掘割り探鉱などを実施



写真3 発見されたクロム鉱床に群がる“ガリンペロ”(ディナガット、Kong-King 鉱床)



第4図 ベルアットコンキング鉱床周辺、地化学探査異常帯分布図

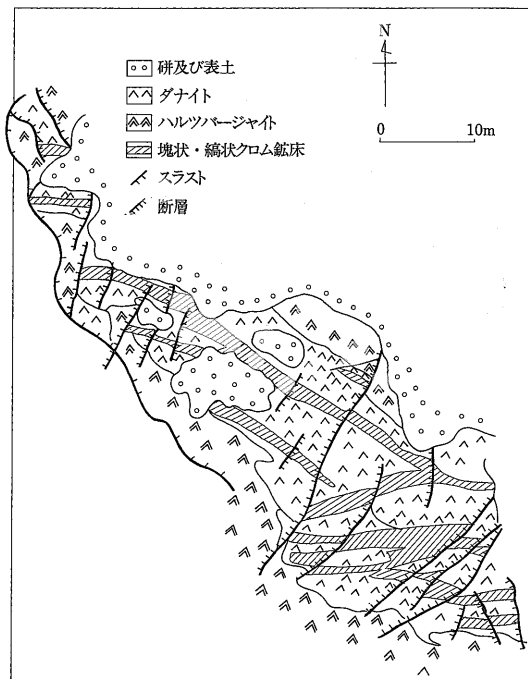
し確認したものである。

鉱床はハルツバージャイトとダナイトに伴って層状をなし、とくにダナイト中に胚胎している(第5図)。ハルツバージャイトとダナイトの接触部に対して鉱床が斜交しているものもある。ダナイトは褶曲構造を示し、鉱床形成後変動したことを示してい

第3表 ディナガット、ベルアットコンキング鉱石品位

サンプル No.	採取幅 (m)	Cr ₂ O ₃ (%)	Fe (%)	Cr/Fe 比
23-101	5.0	60.46	11.37	3.6
23-102	4.0	61.91	11.09	3.8
23-103	4.0	60.39	10.81	3.8
23-104	4.5	58.58	10.81	3.7
23-105	5.0	61.88	11.09	3.8
23-106	2.0	59.88	12.28	3.3
(計, 平均)	24.5	60.62	11.88	3.6

(分析, マクハー社. 湿式法)



第5図 ベルアットマヨール鉱床分布図

る。クロム鉱床は、鉱床帯中6層認められ、鉱染状もしくは縞状鉱石を形成している。走向は東西からNW-SE方向で、南側に60°-90°で傾斜している。代表的サンプルの分析結果に第4表の通りである。

酸化クロム品位はコンキング鉱山より低いが(Cr/Fe比は約3.0を示し、良質の金属用クロム鉱である。月間450トンの割合でCr₂O₃ 40-45%の鉱石が採掘されている。走向延長や深部の探鉱が進めば30-40万トンの鉱量獲得は可能であろう。

このほか北部では、ロレンテ・ラユンガン・マラヤンウッドイースト・ウエスト一帯の鉱床が目される。

(c) 南部区域の鉱床

南部区域にも7ヵ所のアノマリーが確認されたが、その範囲は北部ほど広くない。

鉱床はアノマリー帯中に分布し、多くがラテライト中の二次残留鉱床である。その1,2を示してみよう。

(i) バチカン鉱床

この鉱床はペロア鉱山の東方800 m, 砂鉱を年間3,000トン採掘している。Cr/Fe 1.9, Cr₂O₃ 42%。

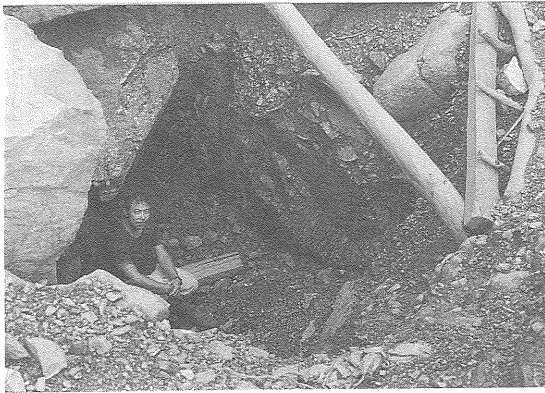


写真4 ビットで確認されたクロム鉱床(縞状鉄)
(BEL-AT Mayor)

(ii) オスマニア鉱床

西海岸オスマニア港の東方5 km, 年間540トンの砂鉄を採掘している。Cr₂O₃ 40%。

④ 小規模鉱山採掘中の鉱床

デナガット島は、全域にわたりクロム鉱床分布のポテンシャルティがあるため、既述の通り約280ヶの鉱床のうち200近くの鉱床で小規模鉱山採掘が行われている。

これまでの調査結果を、要約すると次のようになる。

- 1) 北部地区の小規模鉱山探鉱業者主要23
同地区のクロム鉄採掘量, 265トン/日
採掘従業人, 1,438人 生産比率=0.18トン/日/人
- 2) 中部地区の小規模鉱山探鉱業者主要45
同地区のクロム鉄採掘量, 256トン/日
採掘従業人, 2,963人 生産比率=0.09トン/日/人
- 3) 南部地区の小規模鉱山探鉱業者主要5
同地区のクロム鉄採掘量, 216トン/日
採掘従業人, 1,526人 生産比率=0.14トン/日/人

第4表 ディナガット, ベルアットマヨール鉄石品位

サンプル* No.	Cr ₂ O ₃ (%)	Fe (%)	Cr/Fe 比
23-112	29.55	7.53	2.69
23-113	40.49	8.86	3.13
23-114	40.34	8.76	3.15
23-115	41.28	8.86	3.19

* チップサンプル

6. おわりに

本プロジェクトの調査結果を要約すると次の通りである。

パラワン島地域では、小スケールながら約70の初生鉄床と、相当数の二次残留砂鉄床が分布している。治安回復後、各鉄床の鉄量確認が今後の課題である。

ディナガット島地域では、全島で約280ヶ所に鉄床が分布している。北部南部ともに7ヶ所の地化学探査アノマリーが確認され、その1つにベルアットコンキング鉄床が存在し、約150万トンのクロム鉄床であることが確認された。一般に北部の鉄石が高品位で、酸化クロム(Cr₂O₃)60%というものも多く、Cr/Fe比は3.0以上の金属用クロムである。南部の鉄石はCr₂O₃ 40%前後である。

ディナガットのクロム鉄床の課題は深部での鉄床の発達状況把握することである。クロミンコ鉄床では、深部150-200 mにわたって探鉄を実施し、鉄床の存在を明らかにしている。もし200以上のディナガットのクロム鉄床が深度100-200 m以上分布していることが明らかになると、ディナガットのポテンシャルティはすばらしいことになる。

最後に、本プロジェクト実施にあたり、ご協力頂いた金属鉄事業業団 逆瀬川敏夫氏、細井義孝氏、梶谷雄司氏、国連回転基金富田重亮事務局長、元スタッフ 福田宗弘氏、及び国連開発計画東京事務所長 石博利光氏、現所長 日根居誠氏等に厚く御礼申し上げます。

文 献

Bacuta, G. C. (1978): Geology of Some alpine-type chromite deposits in the Philippines. Philipp. Bur. Mines., Manila. Unpubl. Report 22 p.

Bamba, T. (1988): Wall rock alteration related to mineralization in Ophiolites. Mining Geology Spec. issue no. 12, 141-151.

Fernandez H. E. (1966): Chromite deposits of Central Palawan, Philipp. Bur. of Mines, Manila.

Fernandez, J. C. (1981): Geology and mineral resources of the Philippines. vol. 1. Geology. Bur. of Mines, Manila 406 p.

平野英雄(1987): レアメタル資源1. クロム(2). 地質ニュース. no. 399, 35-37.

John F. P. (1990): Chromium. U. S. Department of the Interior Bureau of Mines.

Marc. L. (1983): Distribution of alumum-rich and chromium-rich chromite pods in ophiolite pedidotites. Econ. Geol. 78, 293-

304.
成田英吉(1985): フィリピンのクロム鉱床. 日本学術振興会編
“クロム資源と利用” 109-120.
Ong P. M. and Sevilano A. C. (1974): Geochemistry in the ex-
ploration of nickeliferous laterite. International Exploration
Symposium in Vancouver, B. C., Canada.
Rammlmair, D. (1982): Chromite in the Philippines and the tec-
tonic setting of the ophiolites, Case examples Zambales and

Palawan, In; Monography on chromite deposits, IGCP project
197. Theophrastus Publications, 285-309.

GOHARA Hanzo (1992): Exploration of chromite deposits
in the Phillipines by United Nation Revolving Fund
for Natural Resources Exploration.

〈受付: 1992年6月9日〉

新刊紹介

200万分の1日本鉱床生成図 深成岩活動と鉱化作用(2), (3)刊行される

地質調査所200万分の1地質編集図シリーズの15-2,3として, 日本の鉱床生成図「深成岩活動と鉱化作用(2): 白亜紀—第三紀」および「深成岩活動と鉱化作用(3): 第三紀—第四紀」が出版された. 著者は石原舜三・佐々木昭・佐藤興平の3名である. これらは, 石原を中心とする地質調査所の過去20年間の研究結果をまとめて図化したもので, 我が国の酸性火成活動に伴う鉱化作用の特徴を把握するうえで便利な出版物である.

「深成岩活動と鉱化作用(2)」は花崗岩類をチタン鉄鉱系と磁鉄鉱系に大別・図示し, 更に, チタン鉄鉱系花崗岩類を白亜紀後期と第三紀に細分し, 磁鉄鉱系花崗岩類を白亜紀と古第三紀に細分している. 1973年に出版された「日本鉱床生成図, 深成岩活動と鉱化作用(1)」と今回の(2)との大きな違いは, (a) 花崗岩類を磁鉄鉱系とチタン鉄鉱系に分類している点および(b)プロットしている鉱種を前回のMo·W·Snから今回はMo·W·Snを含む9種類に増やした点であろう. 鉱床の型・金属種・賦存金属量をそれぞれマークの形・色・サイズで分け, 日本の鉱床の分布が一目で読み取れるように工夫されている点は前回と同様であるが, 今回はさらに硫黄同位体組成を付表に数値で示すとともに, 挿図として鉱種別に色分けしたデータのヒストグラムと組成で色分けした分布図を加えている.

これらの図で, 花崗岩系列とSn-W-Mo 鉱床および硫黄同位体組成との対応関係が, とくに西南日本について明瞭である. ただし, 一部の鉱床たとえば生野や明廷のようなゼノサーマル型鉱床について

は, 花崗岩類との成因関係が必ずしも明確ではないと考えられるので, この点何らかの注釈がほしかった.

挿図として閃亜鉛鉱のFeS含有量の広域変化も示されている. 山陰帯の鉱床でFeS 2-11モル%と低く, 山陽帯でFeS 11-22モル%と高い. 閃亜鉛鉱のFeS含有量は閃亜鉛鉱が生成した時に黄鉄鉱と共生したか, 或は磁硫鉄鉱と共生したか, また, これらの生成温度にもよるので, 花崗岩岩石区と閃亜鉛鉱のFeS含有量の対応を解釈するためには, これらのデータも含まれていると更に良かったであろう.

「深成岩活動と鉱化作用(3)」でも先ず深成岩類をチタン鉄鉱系花崗岩類と磁鉄鉱系深成岩類に大別し, さらに, 両者を中新世と第三紀に細分している. 鉱種の数, 鉱床の硫黄同位体組成, 閃亜鉛鉱のFeS含有量の分布図等(2)と同様な構成である. ここでも硫黄同位体組成のデータはグリーンタフ地域で正, 西南日本外帯で負である. 閃亜鉛鉱のFeS含有量はグリーンタフ地域で0-11モル%, 西南日本外帯で11-22モル%だが, 例外もかなりある. Au-Ag 鉱床は珊瑚・鴻之舞・佐渡・高玉・根羽沢・竹野・春日等を除けば, 何れも鮮新世以降の鉱化作用によるものであろう. 解説文でも指摘されているが, 第三紀および第四紀の鉱化作用のかなり多くのもの, 特にSb·Hg·Au-Agなどの鉱化作用は深成と言うより, 火山性や火山底性と言うべきであろう. (熊本大学理学部 津末昭生)

[入手法] 申込先: 東京地学協会

Tel 03-3261-0809

定 価: 3,400円

(税・送料別, 2枚セット)