

ブラジル鉱山環境技術長期派遣専門家

技術協力プロジェクトシリーズ（5）

金属資源開発調査企画グループ 調査役
uematsu-kazuhiko@jogmec.go.jp

植松 和彦

ブラジルの鉱業

ブラジル連邦共和国は、我が国の約 23 倍という広大な国土を有し、鉄鉱石（埋蔵世界第 1 位、生産世界第 2 位）の他、ニオブについて世界第 1 位の埋蔵を誇るとともに、錫及びタンタルは第 2 位、ボーキサイトは第 3 位、さらにはリチウム、マグネシウム、マンガン、金等多くの鉱物資源が賦存しています。

一方生産量についても世界第 3 位のボーキサイト、錫鉱石・地金、マンガン鉱石、アルミニウム地金等多くの非鉄金属の主要生産国でもあります。

同国では、鉱山開発への外資参入の規制が 1995 年の憲法改正により撤廃され、海外からの民間投資に大きな期待が持たれています。鉱山エネルギー省（Ministerio de Minas e Energia : MME）では多年度計画と称し、2010 年までに現在の 3 倍の鉱業生産、500 万人の就業人口を生むことを目標として掲げ、鉱業活動の促進、法制度の整備に積極的です。

特に、世界最大の鉄鉱山会社として有名なりオドセ社（Companhia Vale do Rio Doce : CVRD）は、近年非鉄金属分野においても積極的な探査・開発事業を展開し、Sossego、Cristalino、Alemao、118 等の銅鉱床・鉱山開発プロジェクトが進展し、Sosego プロジェクトは 2004 年 7 月に生産を開始し、その他のプロジェクトも 2 ～ 3 年のうちに生産を開始すると言われており、加えてニッケルに関しても探査・開発を進めています。

専門家派遣の背景

ブラジルは鉱物資源が豊富であると言われてはいましたが、従前は、経済危機や外資規制等の課題を抱え必ずしも非鉄金属の探査・開発が十分に行われていなかったことから、我が国政府は、ブラジル政府の要請を受けて 1980 年

から 2002 年までに技術協力事業の一環として資源開発協力基礎調査（JICA/JOGMEC）を 8 プロジェクト実施した実績を有しています。

鉱山環境分野では、1990 年 JICA の協力で鉱山鉱害防止研修センター（CECOPOMIN）が設立され、1996 年まで専門家派遣や機材供与が実施されました。このプロジェクトの現地活動の一環として、同国南部サンタ・カタリナ州の石炭鉱害地域内河川に、鉱害監視連続水質モニタリングシステムが設置されました。しかしその後の鉱業政策の変更、政権交代、それに伴う人事・資金面の大幅削減の影響等を受け、1997 年以降同研修センターは事実上活動を停止し、またモニタリングシステムも洪水等の影響を受け機能停止したことから、その再建が求められていました。

このため、ブラジル政府は鉱山環境行政をより効率的に実施するためには、休廃止鉱山鉱害対策のノウハウを有する「鉱山環境技術者」が必要であり、その育成が急務であるとの認識から、長期専門家を我が国に要請してきました。我が国はこれを受け、2003 年より JOGMEC の森脇久光を長期派遣専門家としてブラジル鉱山エネルギー省の鉱物冶金庁（Secretaria de Minas e Metalurgia : SMM）に派遣することとしました。

現在のブラジル鉱業政策の基本方針は、国有企業の民営化の完全実施、外国企業を含む民間企業の国内投資の促進であり、そのための国の役割は、国内資源情報とインフラの整備、鉱業法の見直しを実施することにあるとしています。派遣先の SMM は、2004 年 11 月地質、鉱業鉱物加工庁（Secretaria de Geologia, Mineracao e Transformacao Mineral : SGM）に名称を変更、傘下の地質調査所（Companhia

de Pesquisa de Recursos Minerais : CPRM) は国内広域地質基礎データの整備に活動重点を置いています。併せて鉱山環境問題にも取り組んでいます。

業務計画とその内容

森脇専門家は着任早々、C/P である SMM 関係者と意見交換を行い、派遣期間中における技術移転に関する計画を検討した結果、要請のあった鉱山鉱害防止研修センター再建への支援を含む、鉱山鉱害防止対策調査やこれに必要なとする人材の育成に関連する以下の業務を行うこととしました。

鉱山鉱害防止研修センター（CECOPOMIN）再建への支援
 鉱山環境技術者読本の執筆及び取り纏め
 休廃止鉱山の鉱害対策調査と提言
 ブラジル国内先進企業の環境対策の現状調査
 南米諸国関連機関との連携

活動の結果概要

【鉱山鉱害防止研修センター（CECOPOMIN）再建への支援】

ブラジル政府部内での鉱山環境技術に対する認識のずれ等から、予算確保、人的資源確保が予定より大幅に遅れ、また政府は、CECOPOMIN の管理に関し、現実的に機能させるためこれまで管理していた SMM 傘下の鉱山監督行政を担っている鉱物生産局（Departament Nacional de Prodocao Mineral : DNPM）のサンパウロ支部から、現場活動に直結した機関である CPRM のサンパウロ支部に移管を決定しました。しかし実際には、この手続きが大幅に遅れた（2004 年 11 月に完了）ことにより、同センター施設としての建屋の改修工事も 2005 年 3 月に終了する等のため、専門家としての支援は限られたものとなりました。

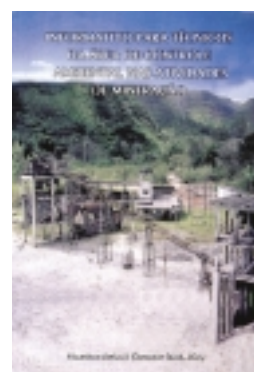
一方、サンタカタリナに設置されたモニタリングシステムに関しては、2003 年 12 月に、JICA フォローアップ予算で、設備内測定機器（pH、Do〔溶存酸素〕EC〔電気伝導度〕、水温、ORP〔酸化還元電位〕の 4 種類のセンサー等）が更新されました。機器は現在稼動中で、地元

石炭鉱業企業組合や DNPM などがデータを監視・活用するとともに、一部の地元学校の環境教育の場としても利用されています。

【鉱山環境技術者読本の執筆及び取り纏め】

ブラジルではこれまで政府として鉱山鉱害防止対策に組織的に関与してこなかったことから、監督官庁の鉱害防止担当の技術者が育成されておらず、このため CECOPOMIN の再建が必要とされていた訳ですが、施設の整備に併せ人的資源の確保までを含めた再建には相応の時間が必要と見込まれました。

このため、森脇専門家は人材育成に必要とする鉱害防止に関するテキストを整備することとし、『技術者読本』としてポルトガル語にて作成・出版しました。内容には、担当者が現場において技術的に対応できるための基礎知識として、具体的な鉱山鉱害対策技術と現場での対応方法、日本の対策制度及び事例、先進国（欧州）の鉱山鉱害対策と今後の動向、リサイクルの現状等が盛り込まれています。特に、技術者が現場でどのようなことを考慮しながら調査をすれば良いのかを中心に記載し、現場での活用を期待しています。この読本は関係する DNPM、CPRM の各支部だけでなく、大学、専門学校、企業等関係機関にも配布されました。



技術者読本

【休廃止鉱山の鉱害対策調査と提言】

休廃止鉛鉱山群の環境対策の実施が求められているサンパウロ州及びパラナ州（リベイラ川流域等）にまたがる地域において、旧鉱山数か所に対する予備調査を実施し問題点等を整理し、本格調査への提言を行いました。

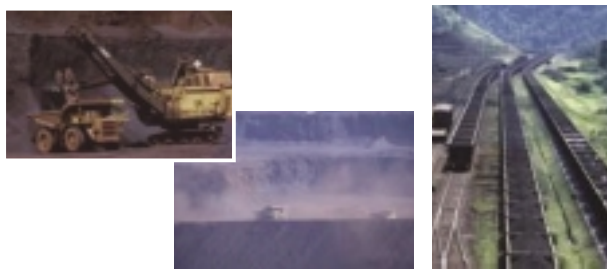
現地の地質は、ブラジルの東部海岸線に沿って広く分布する先カンブリア紀の楕状地を形成する泥質・石灰質片麻岩とそれを貫く花崗岩類に特徴付けられており、NE-SW 方向の構造線が強く発達し、これに伴って鉛・亜鉛・銀の鉱化帯が点在しており、多くの鉛鉱山が 1970 年

代から 1980 年代にかけて稼行されていました。しかし、現在は地域の全ての鉱山は閉山となっており、一部を除き、堆積場、坑口等の設備はそのまま放置されています。そのため、各鉱山における問題点の抽出と今後の対策の検討を目的に予備調査を実施しました。

今後は、ブラジル政府として、それに対応できる技術者の確保、資金の調達の方法、法制度の改正等の検討が期待されます。

【ブラジル国内先進企業の環境対策の現状】

2004 年 3 月から本格的な操業が始まった Sossego（ソセゴ）銅鉱山と、それに隣接する世界最大規模のカラジャス鉄鉱山（いずれも CVRD 社所有）を訪問し、操業及び環境対策の現状を調査・報告しました。結果として、ブラジルにおいても、世界的レベルの大企業では、的確な環境対策が施されていることが確認されました。以下にソセゴ銅鉱山の概略についてご紹介します。



3 点ともカラジャス鉄鉱山

（１）Sossego 鉱山とは

Sossego 銅鉱山は、世界最大の鉄鉱石生産者である CVRD 社が所有するカラジャス鉄鉱山の南約 45km に位置しています。カラジャス鉄鉱床群の周辺部には、カラジャス鉄鉱床北山脈の西側と南山脈の南側の 2 つの銅鉱床帯が存在し、Sossego 鉱床の属する南山脈の南側には、その他に 118、Cristalino 銅鉱床が、北山脈西側には、Igarape Bahia、Alemão、Salobo の各鉱床群が確認されていますが、いずれもまだ開発段階までには至っていません。

しかし、2002 年 3 月に完全民営化を果たした CVRD 社の将来戦略としては、これまでの鉄鉱石中心の事業から各種の鉱物生産にも力を入れ、事業の多様化を図るとともに、将来は、ア

ジア、アフリカなどでも鉱山開発を行い、総合的な世界の鉱山メジャーの仲間入りを果たしたいとの経営方針が明示されています。そのため、埋蔵鉱量が豊富で、かつカラジャス鉄鉱山の既存運搬施設、港湾設備、住居施設などが活用でき、低コストによる生産が可能な Sossego 鉱山を含めた銅鉱床群の開発に、資金的・人的資源の主力を投入しています。

同社の発表した銅鉱山開発計画によれば、2010 年までには、銅生産量を CVRD 社全体で、年間 65 万 t（銅地金換算量）にまで引き上げるとしています。

（２）Sossego 銅鉱山の探鉱・開発

探鉱

CVRD 社の開発前のこの地域は、ガリンペイロ（個人採掘者、往々にして違法採掘の場合が多い）が、Sossego Hill 周辺部で上部の酸化鉱に伴う金の採掘と回収を実施、約 1t 程度の金が回収され、その後採掘を断念し撤退していました。

CVRD 社の本格的な探鉱は 1997 年から開始、計 370 孔、148,500 m のボーリングを実施し、その結果 Sossego の鉱床は以下の 2 つの大規模な鉱床と周辺の衛星鉱床の存在が判明しました。

現在、採掘が開始されているのが、最大規模の Sequeirinho 鉱体で、その東側、約 1 km の位置にそれより小規模な Sossego 鉱体が位置し、さらに周辺部には衛星鉱体として、Serra Dourada 鉱体が存在しています。

開発

上記の探鉱結果を基に、2000 年にはプレ FS 調査、さらに 2001 年には FS 調査が実施され、その結果を踏まえ、2003 年から開発工事が着手されました。

開発は露天掘り方式で、最大となる Sequeirinho 鉱床とやや小規模な Sossego 鉱床にそれぞれピットを設ける計画です。特に Sequeirinho のピット規模は最終段階では、長径約 2.5km、短径約 1.5km、深さ 450m 程度となる予定で鉱山寿命は 17 年と見込まれています。

鉱体は、ブレッチャー・パイプを充填し、ほ

ほぼ垂直に立った構造で、下部に黄銅鉱を主体とする硫化鉱帯、上部にマラカイト、アズーライトを主とする酸化鉱帯が存在しています。

酸化鉱の範囲は、地表面から地下水面までの間で、埋蔵鉱量約 15 百万 t（銅品位 1.05 %）ですが、酸化鉱は採掘後、当面間保管され、近い将来開発される 118 鉱床（酸化鉱が主体で、埋蔵鉱量 140 百万 t、銅品位 0.8 %、Sossego から約 6km の距離に位置）からの酸化鉱鉱石と合せて、SX-EW 方法（溶媒抽出・電解採取法）による銅地金の回収が行われる計画になっています。118 鉱床の酸化鉱と Sossego の酸化鉱を合せたリーチングテストの結果からは、鉱石の溶解性が良好だったため、将来の SX-EW 方式の採掘が可能になったとのこと。

Sossego 銅鉱山の主体をなす硫化鉱（Chalcopyrite が主体、一部 Bornite、Covellite）は、埋蔵鉱量は約 244.7 百万 t、銅品位約 0.97 %、金品位約 0.28g/t で、当面、2020 年まで採掘が計画されています。

採掘された鉱石は、一次破碎の後、ベルトコンベアーで約 4km 離れた破碎・選鉱設備まで運搬され、一時的に貯鉱場（容量：約 41,000t）に保管。その後 SAG ミル、ボールミルを経由し、選鉱設備（1 時間あたりの処理能力：1,840t/h）に投入。最終段階で、年間 455 千 t の精鉱（銅品位 30 %、金品位 6g/t = 年間地金換算銅量：140 千 t）が生産されます。精鉱はカラジャスを経由し選鉱施設から約 895 km 離れたサン・ルイス港まで鉄道で輸送され、港からは国内のイタビラの他、欧州、インド、韓国、日本などの製錬所に向け輸出されています。

この鉱山の最大の利点は、既存のカラジャス鉱山の鉄道、港湾施設、居住施設等がほぼそのまま利用できる点にあり、そのため生産コストを約 35 ¢ /lb と見込んでいます。このコストは、世界で最も低コストであるチリなどの大規模銅鉱山とほぼ同程度です。

（3）Sossego 銅鉱山の環境対策

Sossego 銅鉱山の周辺は、カラジャス鉄鉱山のような熱帯雨林ではなく、荒地、牧畜用地、農耕地などに囲まれた地域です。排水は完全に管理され、クローズドシステムになっています。鉱山の場合からの排水は全て、147 百万 m³ の

容量を持つテーリング・ダムに一旦貯水され、この水の一部は選鉱用水等として再利用されています。

また、鉱山採掘のため剥土した表土は、オープンピットの周辺部に堆積されており、全ての鉱石の採掘が終了した時に、保管されている表土を利用し覆土植栽工事が実施される予定になっています。既にそのための植栽用の最適植物の育成テストなどが開始されています。さらに、周辺部の土地もほぼ全て同社が所有し、部外者の立ち入りなども厳しく管理しており、周辺住民への環境被害（騒音、振動、粉塵等）の発生はほとんど心配のない状況になっています。

【南米諸国機関と連携した人材育成】

ブラジルの非鉄金属鉱業は、隣国チリ・ペルー等に比べて出遅れており、これら鉱業国の経験、取り分け鉱業政策、鉱山環境対策等の点で学ぶべきものが多いと見受けられました。これらの国の経験や教訓（特に国としての鉱山環境対策）を活用する必要性から、森脇専門家は 2003 年 11 月にチリに出張し、「南・南協力のあり方」（南・南協力：南北間の垂直的な関係に基づく伝統的な援助概念とは別に、南の国と南の国との間の開発途上国間協力、つまり南と南の水平的な協力関係に独自の意義を見だし形成されたもの）等を検討し、SMM に対しチリの経験をブラジル技術者の訓練に活用するよう提言しました。

その成果として、SMM が研修の重要性について認識し、チリ地質鉱山局（SERNA-GEOMIN）のコピアポにある「資源環境研究センター」で実施されている第三国研修（環境技術研修）へ、ブラジル現場担当者が継続して派遣されるようになったことが挙げられます。なお、SERNAGEOMIN での我が国の鉱山環境分野の技術協力事業である『鉱害防止指導体制強化』プロジェクトについては金属資源レポートの技術協力プロジェクトシリーズ（3）（2005 年 5 月発行）で紹介しております。

【ブラジル政府の鉱害防止への取り組みに関する期待】

今回の派遣を通じて、ブラジル側関係者へは鉱山鉱害対策での「汚染者負担（Polluter Pay

Principle : PPP)」原則や鉱山鉱害対策の長期にわたる対応の必要性等を伝え、早期の取り組みを促しましたが、ブラジル側も人的・資金的問題を抱えており、具体化へ向けた取り組みには時間を要する状況です。

依然ブラジル政府内においては、鉱山環境対策より経済発展に寄与する新規鉱山開発が優先される傾向にあります。しかし鉱業の発展によって鉱山環境問題への取り組みは開発と表裏一体のものであり、持続可能な開発を目指すことが世界の潮流となっています。その点に関し、今後のブラジル政府の取り組みが期待されることです。

長期派遣専門家基礎情報

専門家氏名：森脇 久光

指導分野：鉱山環境技術（鉱山保安、鉱害、環境対策）

派遣期間：2003年5月21日～2005年5月20日（2年間）

本邦所属先：独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOG-MEC）

派遣先機関：ブラジル鉱山エネルギー省
（Ministerio de Minas e Energia : MME）
鉱物冶金庁（Secretaria de Minas e Metalurgia : SMM）

鉱山冶金庁は2004年11月名称を変更
地質、鉱業鉱物加工庁

（Secretaria de Geologia, Mineracao e Transformacao Mineral : SGM）

実施場所：ブラジリア

（2005.7.28）