

チリ、鉱害防止指導体制強化プロジェクト 技術協力プロジェクト特集（3）

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

世界最大銅生産国チリにおける休廃止 鉱山対策への支援

<チリの鉱業>

チリは、銅の生産量で世界第1位の国です。また銅の埋蔵量も世界の約29%を占め世界第1位です。2004年の鉱山生産量に関する国際銅研究会の速報値によると、チリの銅の生産量は5,412千t（対前年比10.4%増：地金量換算）で、世界生産量の約37%を占めています。また、チリには銅の他にもモリブデン、金、銀、鉛、亜鉛、マンガン等多くの鉱物資源が埋蔵し、モリブデン、金・銀、リチウム、セレンなどの主要生産国です。

我が国との関係では、1980年代から、本邦企業が大規模鉱山開発の資本参加や鉱山開発事業に乗り出し、現在エスコンディータ鉱山、ラ・カンデラリア鉱山、コジャワシ鉱山、ロス・ペランプレス鉱山、アタカマ鉱山などの開発に参入しています。チリは、現在、我が国への全銅鉱石輸入量の51%を占め供給国として第1位で、我が国の鉱物資源供給相手国として極めて重要度が高い国です。

<プロジェクト要請の背景と経緯>

【プロジェクト相手国機関：地質鉱山局（SERNAGEOMIN）の役割】

チリの非鉄金属鉱業部門を支えている政府関係機関として、チリ銅委員会（COCHILCO）、地質鉱山局（SERNAGEOMIN）、鉱山冶金研究所（CIMM）が挙げられます。そのうち、行政執行の役割を果たしているのが鉱業省のSERNAGEOMINで、本プロジェクトの相手国実施機関です。

SERNAGEOMINは1980年に設立され、大きくは管理・経理部門、情報部門、地質部門

（地質担当次局）と鉱業部門（鉱業担当次局）から成っています。鉱業部門は、鉱業権を含む諸々の許認可業務の他、鉱山保安業務及び環境業務を担っています。本プロジェクトは鉱業担当次局の環境管理部（DIGA）が担当しています。なお、DIGAは1994年の環境基本法の制定に併せて創設されました。

【チリにおける休廃止鉱山の現状と鉱害問題】

チリには4,000を越える休廃止鉱山があるとされています。しかし、従前の鉱山保安規則には操業を停止した鉱山の採掘跡地や廃滓堆積場などに関する対策義務が規定されておらず（ただし、2004年2月の改正で閉山計画書の提出を義務化）また、休廃止鉱山に関する実態もほとんど把握されていない状況にありました。

一方、チリではこれまで廃滓堆積場の崩壊による住民の死亡事故や河川水質汚染、土壌汚染、また採掘跡や廃滓堆積場からの粉塵による農産物や住民に対する被害、更に鉱山からの酸性溶液の漏出による水質・土壌汚染などが発生していました。

【閉山法】

このような状況下、2000年、チリ政府は、鉱山の閉山対策、有害固形廃棄物の取扱及び酸性水処理の3点につき早急に対処し法的整備を図る方針を決定しました。その一環として鉱業省は休廃止する鉱山の環境対策を確実にするために『閉山法（チリにおける鉱業事業所閉鎖基準）』を立法化することとし、その草案作成と利害関係者の調整役のためにCOCHILCOを任命しました。以来、SERNAGEOMINなどの行政機関や民間企業からなる委員会において閉山法に関し法規、技術、財政の3つの観点から検討、調整が進められてきました。

【SERNAGEOMIN に求められる役割と技術的課題】

閉山法では閉山計画書の審査機関として SERNAGEOMIN が重要な役割を果たすことになっています。しかし、SERNAGEOMIN は、鉱害調査技術や環境対策計画の策定能力、モニタリング技術が不足している状況で、鉱山の環境政策の円滑な執行のために、休廃止鉱山及び稼動鉱山の実態把握から始まり、鉱害防止のための調査、予想される環境リスクの評価、鉱害防止対策の計画策定に関する知見や技術などの能力向上が必要かつ急務となっていました。

【技術協力プロジェクトの要請と実施に係る調査検討】

そこで、チリ政府は 2000 年 11 月に『鉱害防止指導体制強化』に係る技術協力プロジェクトを我が国政府に要請し、その要請を受けて我が国政府は 2001 年に第 1 次及び第 2 次の調査団を派遣し、案件実施の妥当性や活動計画、供与機材についての協議を行いました。

その結果、環境分野での協力の重要性、我が国への資源供給国としての協力の重要性、我が国の鉱害防止制度や対策、技術に関する経験や実績の優位性を生かせるなどの理由から、本プロジェクトを実施することとなり、2002 年 1 月に実施協議調査団を派遣し実施に係る合意議事録（R/D）に調印しました。

<プロジェクト・デザイン>

本プロジェクトでは、休廃止鉱山及び稼動鉱山の実態把握のために、現地調査による情報収集を基にデータベースを整備し、鉱害等発生の可能性のある箇所や事項を特定するとともにそのリスク評価を行うことにより、環境対策計画の策定に役立てることにしました。

このために、実態調査に必要な現地調査のノウハウ、データベースの整備、試料分析技術、リスク評価技術、鉱害防止対策の計画策定技術などについて技術移転を図ることにしました。

プロジェクト目標：

- (1) 上位目標（長期的な効果）
- ・チリ政府は休廃止鉱山による鉱害を防止す

る。

- ・ SERNAGEOMIN は閉山対策に係る技術指導を行う。
- ・ SERNAGEOMIN は国内鉱山の情報をデータベースとして整備する。

(2) 目標

SERNAGEOMIN は既存の業務に以下の機能を追加（SERNAGEOMIN の機能強化）

- ・稼動鉱山及び休廃止鉱山の実態を把握する。環境への影響を含む休廃止鉱山についての情報をデータベースとして整備する。
- ・閉山を含む鉱業による環境被害を最小限に止めかつモニタリングするための計画を評価できる能力を有する。

(3) 実施スケジュール（平成 17 年 4 月時点）

区分 年	2002年 （準備期間）	2003年～2005年 （前期）	2005年～2007年 （後期）
鉱山保安 鉱害調査	基礎現地調査：チリにおける鉱山・鉱害の概観把握	現地調査：6モデルサイトにある200鉱山を対象にE-400様式に基づく現地調査（データ収集）の実施及びその作業を通じた技術移転	現地調査・鉱害防止対策立案：モデル鉱山での詳細調査及び環境対策の立案作業を通じた技術移転
化学分析	現地調査で採取された試料の保管及び分析機材の整備	収集試料（水）の化学分析とその作業を通じた分析技術の移転	収集試料（土壌）の化学分析とその作業を通じた分析技術の移転
DB構築	データベースシステム及びソフトウェアの整備	鉱害調査で収集してデータのデータベースシステムへの投入	同左

<専門家派遣>

我が国はこのプロジェクトを遂行するために、チーフ・アドバイザー、鉱山保安専門家、鉱害防止調査専門家、化学分析専門家、業務調整員の計 5 名をチリに派遣しました。

チーフ・アドバイザー以下日本側カウンターパートはプロジェクトの相手国実施機関である SERNAGEOMIN のラボラトリー（サンティアゴ、本部から数 km の化学分析施設）に事務所を構え活動を展開することになりました。



SERNAGEOMIN のラボラトリー

<実施体制>

本プロジェクトは、鉱業省次官がプロジェクトディレクター、SERNAGEOMIN 局長がプロジェクトディレクター代理、同鉱業担当次局の環境部（DIGA）部長がプロジェクトマネジャーです。DIGA 所属のプロジェクトコーディネーターと他 1 名がプロジェクトマネジャーを補佐しています。

SERNAGEOMIN 側カウンターパート（C/P）には本部、ラボラトリー、4 地方支局（キルプエ（首都圏州）コピアポ（第 3 州）/ラ・セレナ（第 4 州）イキケ（第 1 州）/アントファガスタ（第 2 州）コンセプション（第 7 州、第 7 州以南を管轄））の職員合計 39 名が指名されています。C/P は現業務を遂行しながらの参加で、また C/P の大半を現地で実際の鉱害調査に当る 4 地方支局の職員が占めています。

プロジェクトは、合同調整委員会（1 回/年）、日本側専門家と SERNAGEOMIN 本部の C/P（プロジェクトマネジャー、プロジェクトコーディネーター他 1 名）による定例会議（毎週）や連絡会議（課題、参加者は適宜）、また化学分析担当の C/P を中心としたラボラトリー定例会議（毎週）をベースに運営されています。特に、上記定例会議がプロジェクト運営で重要な役割を担っています。

鉱害調査では日本人専門家が現地に出張し、現地を管轄している支局所属の C/P と合同で行うオン・ザ・ジョブ・トレーニングを重視して効率的に技術移転を行うことにしています。現地調査で採取されたサンプルは全て SERNAGEOMIN のラボラトリーに集積され、分析されます。

<活動の概要>

【休廃止鉱山の実態把握と調査票 E-400 様式】

2002 年 7 月からのプロジェクト立ち上げの準備期間を経て、2003 年 4 月から休廃止鉱山の鉱害調査を開始しました。SERNAGEOMIN の地方支局毎にモデルサイトを設定し（4 モデルサイト、後日、C/P の要請で各地方支局の事務所所在地毎の 6 モデルサイトに変更）、現地調査を実施しました。

SERNAGEOMIN には既に休廃止鉱山（鉱業事業所）の基本情報の収集と予備的なリスク評

価を目的として 1999 年に様式化された調査票（E-400 様式）がありましたが、これによる組織的な調査は未だ実施されていない状況でした。

本プロジェクトではこの既存の調査票に基づき鉱害調査を実施することにしました。この E-400 様式は、本プロジェクトの目標である休廃止鉱山の実態を把握するためには改善の余地が見られたが、C/P と現地調査を通して随時改善を重ねた結果、現在ほぼ完備したものになっています。この改善された調査票 E-400 様式は、今後、SERNAGEOMIN の標準様式の一つとして使用されます。

【オン・ザ・ジョブ・トレーニング（OJT）による技術移転】

鉱害調査では、踏査、試料採取等による実態調査を実施しました。地方支局が選定した鉱害発生の可能性のある休廃止鉱山や鉱業施設を対象に、同行した C/P と簡便なリスク評価等を行うことで、休廃止鉱山による危害及び鉱害発生の具体的なイメージを把握できるようにしました。

また、現地調査では、OJT を効率的に行うために、最初に SERNAGEOMIN の各地方支局の C/P（鉱務監督官資格者を含む）に対し本プロジェクトの現地調査の目的、方法、内容等を講義するとともに、現地調査には可能な限り支局員の参加を求めました。



第 7 州支局での講習会



堆積場でのリスク評価協議



現場での CP による水質測定

現地では、鉱害防止対策の策定に必要な不可欠な各種データの収集を確実にするために、最初に鉱山全体の状況把握に務め、次に坑廃水の発生源となる堆積場への雨水等の流入を防ぐための排水路の設置場所や坑外への環境負荷を低減するために坑内や堆積場からの排水方法や排水路の設置場所、また一般人による事故が危ぶまれる開いたままの坑口を閉鎖する危害防止措置など、鉱害防止に必要な対策を具体的に教授しながら、現地調査を進めるという方法をとりました。その際 C/P の理解が深まるようにまた疑問点は可能な限り現場で解消するように、C/P との議論を重ねることに努めました。

これまでに SERNAGEOMIN の 3 支局管轄（首都圏州以北）のモデルサイトで 74 日間の現地調査（OJT）を行い、197 鉱山の 202 か所の現地調査が終了しています。2005 年 4 月には南部の地域（コンセプション支局管轄）における調査を実施し、同月末には終了する見込みです。

この OJT によるきめ細かな技術移転（方法、指導姿勢）とプロジェクト前半で 202 か所の調査を遂行した協力体制は、SERNAGEOMIN から特に高い評価を得ています。

【SERNAGEOMIN のラボラトリーと化学分析】

SERNAGEOMIN のラボラトリーは、SERNAGEOMIN の各部門に分析情報（化学的、物理的）を提供することを主務としていますが、分析技術の研究・開発を行うとともに地球化学（地質年代測定や地質同位体測定）や鉱物学の各専門分野の分析で国内外からの依頼に対しサービス（有料）を行っています。

本プロジェクトでは、同ラボラトリーが環境管理部（DIGA）の要請に応じて、鉱害調査で採取されたサンプルの化学分析を行う役割を担っています。本プロジェクトの実施により同ラボラトリーには微量分析装置など化学分析設備が更に充実し、地質専門のラボラトリーから環境分野も含めたラボラトリーへと機能が強化されています。

同ラボラトリーは、SERNAGEOMIN の内部施設であることからプロジェクトで採取されたサンプルの分析に迅速かつ柔軟に対応できるという利点があり、プロジェクトの円滑遂行のた

めに重要な役割を務めています。同ラボラトリーには設備及び技術者を含めこれまで岩石や鉱石の分析で培った技術の基礎があり、そのことが化学分析作業や技術移転を比較的容易にしています。

化学分析は、現地調査で収集された坑廃水等の水の試料を対象に、SERNAGEOMIN のラボラトリーの C/P と分析作業を共同で行うことを通して技術移転を進め、同時に供与した分析機器の操作の習熟や維持管理方法等の習得のための活動を行いました。

分析作業は、モデルサイトでの鉱害調査と並行して始まりました。水の試料を中心に ICP 質量分析、ICP 発光分析、原子吸光分析、イオンクロマト分析、水銀分析を行いました。

これらの分析作業の開始に当たり、技術移転の一環として、化学分析担当の C/P を対象に講義やセミナーを開催し、プロジェクトにおける化学分析の重要性や日本や米国の環境基準、排水基準とそれに関係する分析方法、また、本プロジェクトで採用する米国環境保護庁（EPA）の分析手法などを周知させるとともに、ICP-MS など供与機材のデモンストレーションを行いました。

チリでは砒素汚染が大きな問題の一つとなっており、砒素を含む排水の処理や人体や動植物への影響を評価するために砒素の形態別分析（As（ ） As（ ） 有機体 As の区分）が必要となっています。本プロジェクトを通して SERNAGEOMIN においても液体クロマトグラフと ICP-MS を連結した LC-ICPMS 法による砒素の形態分析が可能となり、今後環境分野での貢献が期待されます。

また、更なる発展として、SERNAGEOMIN のラボラトリーは、分析の信頼性を高めるために、本プロジェクトによる技術移転を基に、国際規格（ISO - 17025）に準拠する国家認証の取得を目指しています。

【データベース（DB）の整備】

本プロジェクトでは、収集した休廃止鉱山の情報を収納し、利用する手段としての SERNAGEOMIN の DB システム（SIMIN_OL）を利用することとし、プロジェクトに必要な改修のた

めに新しく DB サーバーとデータベースソフトウェアを導入しました。

データベースの改善は SIMIN_OL を管理、運用している SERNAGEOMIN 本部の情報部所属の C/P が担当しました。また E-400 様式の形で収集された情報は SERNAGEOMIN 本部に集積され、DIGA 所属の C/P が逐次 DB に投入しています。今後、休廃止鉱山の情報は、その収集に当たっている地方支局の C/P がインターネットを通じて直接入力できるように DB システムを整備する方向です。

DB の改修は順調に終わり、また、これまでに休廃止鉱山の現地調査で収集した 129 か所に関する情報の投入が終了し、閲覧できるようになっています。

一方で、C/P が SIMIN_OL の DB の運用を効率的かつ安定的に行えるように、DB フトウェアについて、理論講義と実習からなる研修を実施しました。

また、データの利用には地理情報システム (GIS) などにより環境地図の形での視覚化することが不可欠ですが、情報部所属の C/P を中心に、チリの大学で GIS の入門コースの受講研修を実施するとともに、日本から短期専門家を招聘して ArcView (GIS ソフト) の基本概念・操作、及び応用についての研修を実施しました。更に、この研修を受けた C/P が講師となり地方支局の C/P を対象に ArcView の研修を行っています。

< 短期専門家、研修員、機材供与、講義、セミナー >

本件プロジェクトの遂行のために、これまで GIS 専門家や環境シミュレーション専門家などが短期専門家として計 2 名が派遣され、また C/P の研修員として化学分析や鉱害調査などの分野で計 11 名が我が国に受入れられました。

機材は、ICP-MS、原子吸光機器、液体クロマトグラフ、蛍光 X 線分析装置、X 線回折装置、溶出試験装置などの最新の分析・試験機器が供与され、すべて SERNAGEOMIN のラボラトリーに設置されています。

技術移転のためにこれまで SERNAGEOMIN 本部及び各支局などで、鉱害調査等に関する講義が 24 テーマで延べ 57 回、環境影響評価のセミナーが 7 テーマで延べ 7 回行われ、参加者は

それぞれ延べ 530 名、延べ 173 名となっています。この他化学分析に関する講義が 12 回行われ、参加者は第三国の研修員を含め延べ 203 名となっています。

また、本プロジェクトを広報するために、日本人専門家や C/P がチリで開催された鉱業分野のセミナーや講演会で本件プロジェクト概要や活動状況を紹介するとともに SERNAGEOMIN 発行の機関紙等へ論文や紹介記事の投稿を行っています。

< 今後の課題、展望 >

【プロジェクト後半の取り組み】

鉱害調査では、今後は 8 ~ 10 のモデル鉱山を対象にして、鉱害防止対策の企画立案やその対策に必要な費用の算定のための技術など、プロジェクト前半の鉱害調査による実態把握から更に進んだ内容の技術移転が計画されています。

化学分析では、現地調査で収集された土壌試料を中心に、追加供与された蛍光 X 線分析装置及び X 線回折装置を使つての分析作業と技術移転が図られる予定です。

DB に関しては、収集データの投入作業を継続して行うとともに、本部と地方支局で効率的に DB の利用ができるように、DB システムの整備が図られる予定です。

【閉山法に関する動きと本プロジェクト成果への期待】

7 年前から検討されてきた閉山法に関しては、2000 年頃法案提出の動きがありましたが、企業の財政負担の面で調整ができず、鉱業省は法案提出を見合わせていました。一方、国際的な関



第 州支局でのセミナー

係からも鉱業に係る環境対策がますます緊急の課題となってきたことから、SERNAGEOMINは閉山対策の面で閉山法が成立していない現状を補うため、2004年2月に鉱山保安規則の一部を改正してこれに対応してきました。

最近、チリ政府関係者から、鉱業省は2005年中に閉山法を国会に提出し同年内の成立を目指していることが伝えられました。同法が成立し、施行されると、閉山後の環境対策技術という側面で本プロジェクトの成果が大きく貢献することが期待されます。

また、今後、本プロジェクトで育成されたC/PがSERNAGEOMINの運営するコピアポの「資源環境研究センター」で講師を勤めることにより、鉱害調査、リスク評価、鉱害防止対策の策定等に関する情報や技術が第三国（主に中南米諸国）に円滑に移転することが期待されます。そのことが豊富な鉱物資源を有する中南米諸国での鉱害防止対策の推進に寄与し、これらの諸国での持続可能な鉱物資源開発に貢献することが期待されます。既に本プロジェクトの日本人専門家やC/Pによる同センターでの第三国研修実績が2回あります。

我が国は1994～1999年にかけて資源環境研究センターの講師養成等を含む技術協力プロジェクト（相手国機関はSERNAGEOMIN）を実施し、チリ側から高く評価されています。プロジェクト終了後、同センターは自立発展しており、中南米からの多くの研修員受け入れの実績があります。

<プロジェクト基礎情報>

プロジェクト名称：チリ鉱害防止指導体制強化プロジェクト

（The Project for Strengthening Institutional Capacity of Mining Environmental Management）

期間：2002年7月1日～2007年6月30日（5年間）

所管省庁：チリ鉱業省（Chilean Ministry of Mining）

相手国実施機関：鉱業省 鉱山地質局（National of Geology and Mining: SERNAGEOMIN）

実施場所：SERNAGEOMIN ラボラトリー（サンティアゴ）

長期派遣専門家：

職務	氏名	（派遣期間）
チーフ アドバイザー	中村 勝隆	2004年11月27日～2006年11月26日
	逆瀬川敏夫	2002年07月01日～2004年06月30日 帰国
鉱山保安	淵上 倉太	2004年11月01日～2006年10月31日
	山下 隆	2002年07月01日～2004年06月30日 帰国
鉱害調査	長江 晋	2002年08月04日～2005年06月30日
化学分析	福田 隆之	2002年09月07日～2005年03月30日 帰国
業務調整員	小林 春士	2004年06月15日～2006年06月14日
	井出 悦子	2002年07月01日～2004年06月30日 帰国

最後に、今回の掲載にあたり、本プロジェクト専門家の皆様から資料や情報等の提供をいただきましたことに御礼申し上げます。

（2005.4.15）