

鉱業大国チリの現状

(独) 石油天然ガス・金属資源機構 (JOGMEC)

サンティアゴ事務所 神谷夏実

はじめに

チリは南米大陸の西側に、南北 4,000 kmにわたる細長い国であり、世界的な銅、リチウム、硝石等の豊富な鉱物資源埋蔵国として知られている。また、2010年8月に起きた鉱山崩落事故によって坑内に閉じ込められていた坑内作業員の救出劇が記憶に新しい。事故発生から約2ヵ月間にわたり地下深い坑道内に閉じ込められていた作業員たちが、10月になって次々と助けられる様子は全世界のメディアによって中継され、大きな感動を呼んだ。また、チリは日本と同様に地震国、火山国で、2010年2月にサンティアゴ南方で大地震が起きたが、この原稿を執筆中の2011年6月上旬には、チリ南部の火山の噴火もおきている。最近では鮭、ワイン、フルーツ等の生産国としての地位も確立しつつあり、我々日本人にとっても身近な国になりつつあるが、いかんせん、日本からは地球の反対側に位置し、両国間の移動は片道のフライト時間が延べ24時間かかるというのも現実である。

このようなチリの最近の鉱業情勢、課題、日本企業の活躍等について鉱業国チリの現状について概説する。

1. 最近のチリ情勢

チリは歴史的には、硝石の開発や、銅資源の開発が行われてきた。現在の鉱物資源の生産は銅が中心で、埋蔵量で世界の約29%、生産量では約36%を占めるとともに、銅の輸出金額は、全輸出金額の60%を占めており、チリ経済における基幹産業となっている。日本も長年にわたりチリから銅鉱石を輸入してきたが、同時に、チリの海外銅鉱山開発は日本企業にとっても最大の投資先であり、必要な貿易パートナーになっている。また、チリには銅以外にも電気自動車用のバッテリー原料として今後需要が高まるとみられるリチウムや、モリブデン、レニウム、セレン等のレアメタルの埋蔵量、生産量も、世界トップクラスのシェアを誇っている。

2010年はチリにとって大きな出来事が続いた。2月末に首都サンティアゴ南南西約300kmでマグニチュード8.8という巨大地震が発生した。またその直後の3月初旬にはピニエラ新政権(中道右派、20年続いた中道左派政権に幕)が発足し、9月には独立200周年を迎えた。2008年の世界金融危機後、一度は下落した銅価格も順調に回復し、最近では史上最高値を記録しているが、チリ経済は、こうした銅価格高騰に支えられ、外貨収入も順調に伸びている。さらに8月から10月にかけて、銅鉱山の坑道崩落による坑内作業員の救出劇が世界に報道され、チリの姿が世界の人々に目にとまったといえよう。

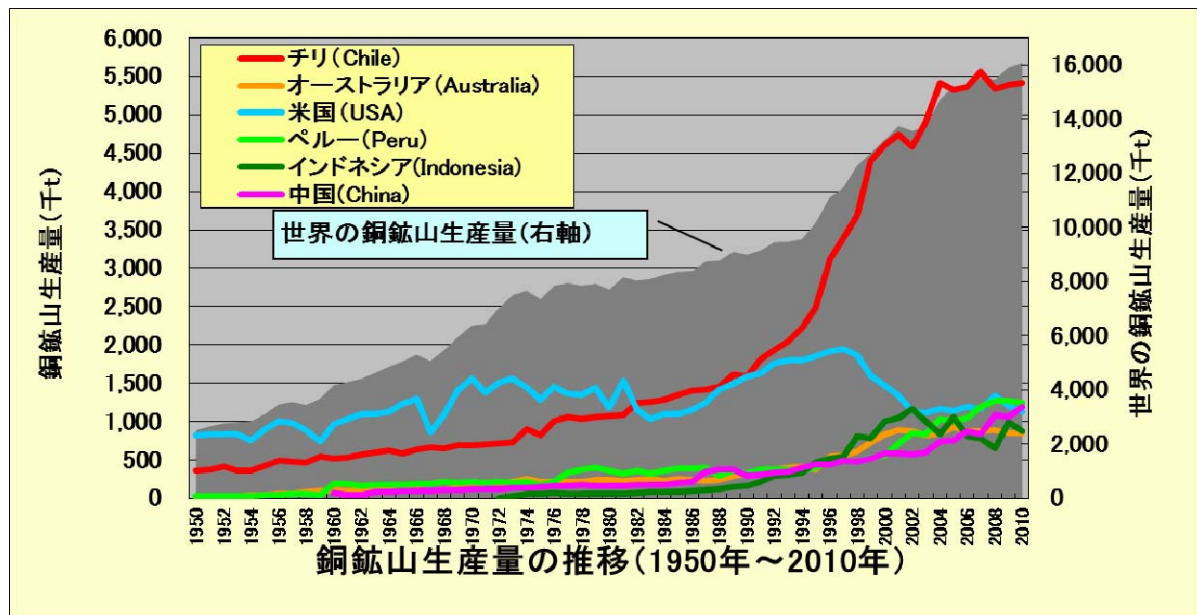
チリは、1973年に軍事クーデターが起きたが、その後は外国投資法が制定されて鉱業投資環境の整備が進んだことや、政治面にも安定していたことから、現在ではポリティカルリスクが低く大規模な鉱山開発を進められる国としての認識がなされ、国営銅公社 CODELCO、資源メジャー企業、日系企業、チリ資本企業等が参加し、大規模な鉱山開発を進めてきた。首都サンティアゴの町も、他の南米諸国に比べると比較的治安がよく、世界から鉱山企業やサービス業界関係者が集まり一大コミュニティを形成しているともいえる。日本企業も複数の主要銅鉱山プロジェクトに資本参加し銅鉱石を生産するとともに、新たな銅鉱山への投資も活発化させている。

2. チリ鉱業の現状

チリ北部は、世界的な鉱物資源の生産地として、古くは19世紀のチリ硝石の開発、そして20世紀に入ってから、世界最大級の銅鉱石の開発が積極的に行われてきた。特に電気伝導度が高く加工性の良い銅という金属の需給は1990年以降急激な増加を示している。

チリの銅資源は、地表付近で巨大な露天採掘が低コストで行えることから、1990年代以降に大規模鉱山が開発され急激に生産量が増加してきた。また需要面では、中国の消費が、やはり1990年代以降、急激に増加してきた。現在の世界の銅の需給は、チリが世界の34%を生産し、中国が38%を消費するという構図となっている。

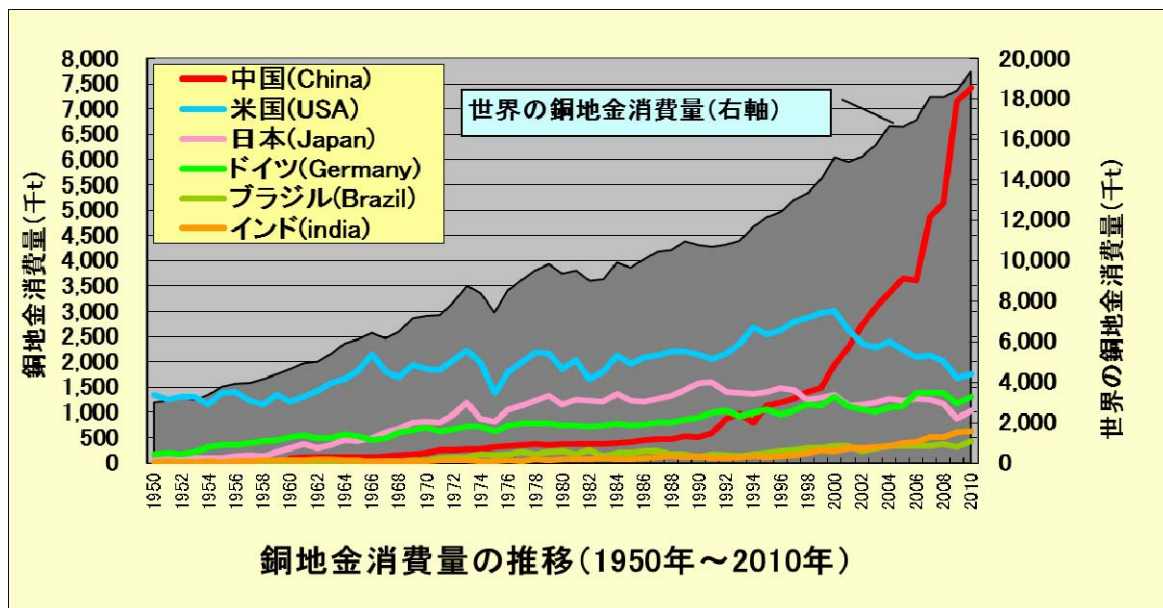
図表1 銅鉱石の世界生産量の推移（1950～2010年）



ICSG、WBMS統計から筆者作成

- ・ 世界の銅鉱山生産は1607万t(2010年)
- ・ チリの生産が90年代以降圧倒的に伸び、541万t(2010年)と世界の34%を占める。
- ・ 米国は97年をピークに減少、その他、オーストラリア、ペルー、インドネシア、中国で生産が伸びる。

図表 2 銅地金の世界消費量の推移（1950～2010年）



ICSG、WBMS統計から筆者作成

- ・世界の銅地金消費は1936万t(2010年)。
- ・米国が消費のトップを占めたが、2002年以降、中国の消費が急激に増加
- ・中国の消費量は、742万t(2010年)と、世界の38%を占める。
- ・米国、欧州、日本等先進地域は、消費量が減少傾向。インド、ブラジルの伸びが高率。

世界最大の銅鉱山は、チリ北部の都市アントファガスタ市の南東約 150 kmに位置するエスコンディダ鉱山であるが、世界の銅鉱山の上位 21 鉱山のうち、半数近い 10 鉱山がチリで開発されている。これらの銅鉱山の多くは、チリ北部のアタカマ砂漠に位置するが、この地域一帯は、世界有数の乾燥地帯であるとともに、一部鉱山は標高 4,000mを超える高地に位置するなど、鉱山の立地、労働環境は過酷な面もある。多くの鉱山は巨大な露天採掘によって開発が行われており、その規模は、直径が 2-3 km、深さ 1,000mに達するものもあり、鉱山開発とは、鉱石を獲得するために地面に巨大な穴を掘る大規模な作業であるともいえる。宇宙からも見えるような巨大な穴を掘ることによって、われわれの豊かな生活が支えられていることになる。

またチリは世界最大のリチウムの生産国でもある。リチウムは今後普及が期待される電気自動車やスマートグリッドにおいて重要な役割を果たすリチウム電池の重要な原料である。ボリビア、チリ、アルゼンチンの国境地帯には、アンデス山脈の急激な隆起運動によって形成された塩湖が多数存在するが、この塩湖の中にリチウムの他、カリウム、ヨウ素等の元素が含まれており、重要な原料資源となっている。これらの元素の生産は、地下から塩水をくみ上げ、大きな池で何段も連ねて蒸発、濃縮することにより行われている。

図表 3 チリの主要鉱物資源の生産量、埋蔵量の世界シェアと順位

鉱種	チリ生産量		チリ埋蔵量	
	世界全体に占める割合(%)	世界順位	世界全体に占める割合(%)	世界順位
銅	34%	第1位	24%	第1位
モリブデン	17%	第3位	11%	第3位
金	1.6%	第14位	6.7%	第4位
リチウム	35%	第1位	57%	第1位
レニウム	52%	第1位	52%	第1位
セレン	3.1%	第6位	23%	第1位
ヨウ素	62%	第1位	60%	第1位

出典: Mineral Commodity Summaries(2011)より筆者作成

3. チリ鉱業の現状と課題

チリの鉱業は、銅の生産を中心に、豊富な埋蔵量、安定した投資環境、そして高い銅価格に支えられ順調に推移してきた。これまでは比較的良好な条件で鉱山開発を行ってきたことができたが、銅鉱業を中心に今後様々な課題も抱えているのも事実である。チリの鉱業が今後も順調に推移するためには、これらの課題を克服していかなければならず、チリの産業界、政府はこうした将来的課題に向けた対策を思考し始めている。以下に、現在のチリの鉱業が直面する様々な課題について概説する。

① 鉱石品位低下

チリにおいて 1990 年代より大規模な銅鉱山開発が始まった。チリの大鉱山を形成する鉱床は、主にポーフィリー銅型と呼ばれる鉱床である。こうした鉱床は、基本的には銅の硫化鉱石を主体として形成されているが、地表付近では風化の影響を受け一部が酸化し銅が濃集する現象がみられる。こうした鉱床では、上部の高品位部分から採掘を始めた場合、必然的に採掘の進展とともに鉱石品位が下がることとなる。最近は特にその現象が強く、品位の低下は、粗鉱処理量の増加、採掘コストの上昇に繋がっている。今後、露天採掘から坑内採掘への移行、低品位鉱石の効率的な開発等の課題を克服していく必要がある。

② 高いエネルギーコスト

チリは基本的にエネルギー資源の輸入国であるが、近年、隣国アルゼンチンからの天然ガス輸入が止まり、代替エネルギー源として、その他の国からの天然ガス、石炭等の輸入による発電を行っており、発電コストの上昇が大きな課題となっている。鉱山プロジェクトによっては、独自の発電所建設を行うケースもある。一方、チリ国内での石炭資源開発と火力発電所建設、水力発電所建設等の計画もあるが、環境保全に対する国民意識も高ま

りつつあり、一部で反対運動も活発化している。今後、国内エネルギー資源開発の推進、安定かつ低コストによる電力獲得が大きな課題である。

③ 水不足

チリの主要銅鉱山のほとんどは、チリ北部のアタカマ砂漠に位置しているため、鉱山操業に必要な水の確保が大きな課題となっている。アタカマ砂漠には、いくつかの河川が発達しているが、既存の水利権もあり、後発プロジェクトは水の確保ができるかが大きな課題となる。プロジェクトによっては、海水淡水化設備を備えたりするケースもあり、生産コストの上昇の原因ともなっている。今後、鉱山で最も水を使う選鉱工程での節水、海水の直接利用等の技術導入を促進する必要がある。

④ 技術者不足

銅鉱業の発展の受け、チリ国内での鉱山技術者の不足が懸念され、大鉱山を中心に人件費の上昇傾向が強く、生産コスト上昇要因となっている。また都市部から離れた立地にある銅鉱山は、遠隔地、高地、乾燥地帯という厳しい労働環境で、若年技術者の鉱業離れという現象も引き起こしており、魅力的な労働環境作りも大きな課題となっている。採掘作業の自動化、無人化、遠隔操作等の技術開発も、こうした労働環境の改善策として位置づけられている。

⑤ 税制改正による利益獲得

天然資源に富む資源国において、昨今の資源価格高騰は、資源ナショナリズムが高まる傾向がある。チリにおいても、あからさまな利益要求、労使紛争等は見られないが、国家的な財産である銅資源の生産から国家及び国民が裨益できるようなベクトルが働くことは当然であろう。地下資源は国家的資産であり、通常はその開発による利益を獲得するために鉱業ロイヤルティを設定する。鉱山会社は利益の一部を法人税の形で納税するが、鉱業ロイヤルティは、採掘された資源そのものに課税する税である。チリ政府も、2010年に鉱業税（ロイヤルティ）を一部引き上げる等、資源価格高騰によって生み出される利益の獲得を図るための政策を進めている

⑥ 国営銅公社（CODELCO）の改革と発展

チリの銅生産の約3分の1を支える国営銅公社コデルコ（CODELCO）は、1973年の設立以来、収益を国庫納付し政府歳入を支えてきた。また収益の一部は軍事費の財源としても組み込まれている。しかし、多くの外国企業が自由に投資を進める中、CODELCOは国営であるがゆえに、自由な投資判断ができない等経営上の制約も多く、CODELCOの経営の改革を求める声が高まっている。また、現在の生産レベルを維持するために、今後大型投資が必要となっているとともに、チリ国外での探鉱開発にも取り組もうとしている。今後CODELCOは、経営体制と戦略の大きなかじ取りを迫られている。

⑦ 鉱山保安体制見直し

サンホセ鉱山事故で明らかとなった中小鉱山の鉱山保安、鉱務監督制度の強化を求める議論が活発化している。大手鉱山は世界的な操業基準を適用しており問題はないが、今後中小鉱山の保安体制の見直しの議論が高まるとみられる。これには、鉱山保安を所管している地質鉱業サービス局（SERNAGEOMIN）の改革も含まれている。

⑧ 閉山法制定

鉱山閉山後は採掘跡の環境対策等の資金が必要となる。チリでは、閉山対策にかかる法的な枠組みがないことが問題となっており、政府は鉱山開発当初から閉山計画の策定と環境回復のための積立金の義務化を盛り込んだ閉山法案を2011年中には国会で可決の方向で準備を行っている。

⑨ リチウム資源開発に向けた制度改革

通常地下資源は鉱業法によって規定されているが、チリにおいて、リチウム資源はその戦略的な位置づけから1975年に施行された核物質に関する条件規則によって規定され、現在は新規のリチウム資源開発が実質的に不可能となっており、今後新しい制度を確立しリチウムの開発促進を図ることが必要とされている。ちなみに、現在採掘されているリチウム資源は、上記条件規則の施行前に許可されたものである。

4. サンホセ鉱山事故

2010年8月5日、チリ北部第III州コピアポ近郊にあるサンホセ鉱山において、落盤により、33人の坑内作業員が地下の坑道に閉じ込められるという事故が起きた。当初絶望との見方もされたが、懸命な救助活動が行われ、2か月後の10月13日に全員が無事救出された。この救出劇の成功の鍵は、ピネエラ大統領の迅速な決断、チリ鉱業の技術力、そしてチリ国民の結束力の賜物であったといえる。またこの事故は、チリに多くの中小鉱山があることを教えてくれた。そして、とかく我々外国人の目が、チリの大規模な銅鉱山に向かっているところ、この事故はチリの中小鉱山の存在を大きくアピールし、保安体制の見直しを始めるきっかけとなったといえよう。救出作業中の2010年9月18日にチリは独立200周年を向かえたが、救出の成功は、独立記念とともにチリ国民に大きな自信を与えたといえる。

事故発生後、ピネエラ大統領の命令で、国営銅公社 CODELCO を中心とした救出体制を直ちに組織し、坑内作業員が避難しているとみられた地下700mの避難坑道をめがけたボーリングの掘進を開始した。ボーリングは複数実施されたが、そのうちの1本が、17日後の8月22日、地下の坑道に貫通し、あまりにも有名になった”*Estamos Bien En El Refugio los 33*”と書かれたメッセージが地表まで引き上げられた。ちょうど筆者は赴任直前でスペイン語の講習を受けていたが、この単純なフレーズは、スペイン語の初学者に新鮮な響きを与えたことを記憶している。

この救出劇において、一つの大きな障害は、700mの地下からどのようにして作業員を引き上げるかであった。時間をかければ新たな坑道を掘削することはできるが、現実的ではないことは明らかである。そこで考案されたのが、最初に貫通していたボーリング孔（直径15cm程度）を直径60cmまで拡幅し、特殊なカプセルを吊り下げ、これに作業員を入れて引き上げる方法である。人間の胴体は横幅がおおよそ40cm～50cmあるので、直径60cmの掘進坑は、技術的に可能で、しかも現実的な時間で掘ることができる最大かつ最少のサイズであった。幸いチリは世界的な鉱業国であり、使えそうな掘削装置を国内から調達することはそう難しいことではなかった。こうして、3台の大口径掘進装置が集められ、当初のボーリング孔を拡げる作業が開始された。また同時に、救出用の鋼鉄製カプセル“FENIX”が作られることとなった。どちらも世界で初めての試みとなり世界中から支援の手が差し伸べられたが、まさにチリの技術力と管理力が試された瞬間であったといえる。

FENIXは3基作られたが、その2号機（FENIX2）が実際の救出に使われた。去る4月にサンティアゴでの鉱業関係のイベント会場に展示されていたFENIX2に入る機会があった。昨年これをテレビ画像で見たときは、スリムな胴体で狭苦しい印象を持った。しかし実際のFENIX2は、筆者が小柄なせいもあるが、入ってみると案外とスペースがあると感じられた。もっとも、700mの地下からこれに入って引き上げられる圧迫感は、想像を絶するものがあるかもしれない。

掘進作業のさなか、9月18日は、チリ独立200周年記念日であり、祝祭と救出に向け、まさにチリ国民が一丸となって33人の救出を見守っていた。坑道崩落事故は、国民の意識を集中させるとともに、チリの存在を世界に知らしめる絶好の機会を提供したことになる。

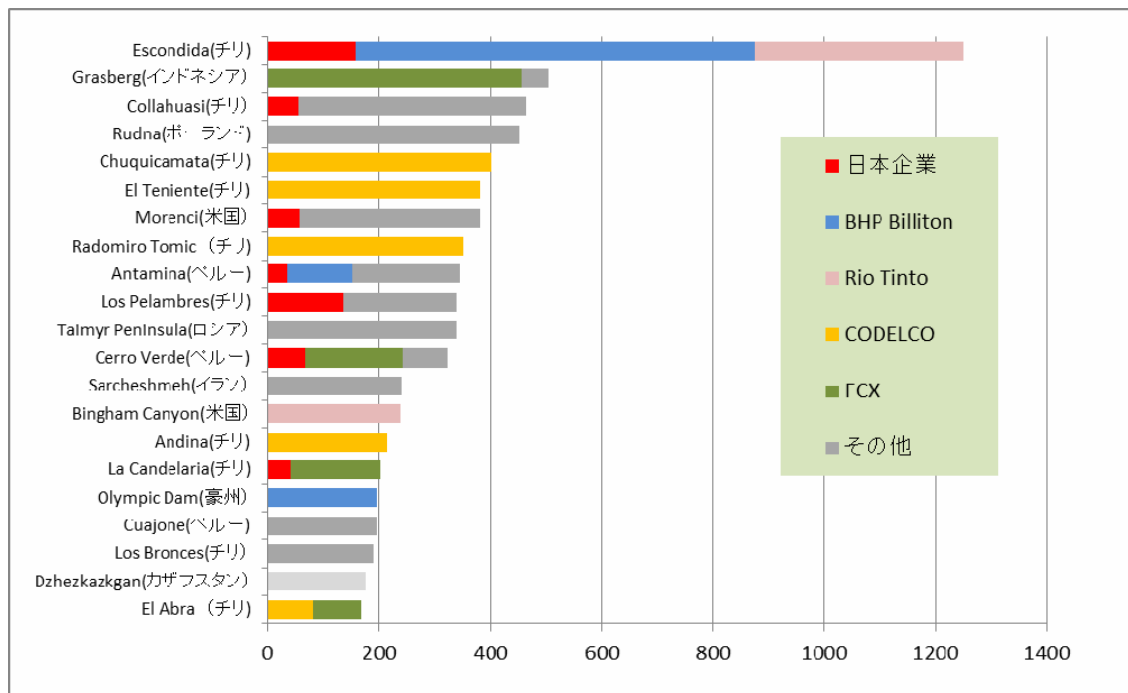
図表4 坑内作業員救出に使われた救出カプセル“FENIX2と筆者”（サンティアゴにて）



5. 日本企業の活躍

日本企業によるチリへの銅鉱山開発投資は1990年代に始まり、現在主要7鉱山に日本企業が参加している。代表的鉱山に、エスコンディエーダ鉱山、コジャワシ鉱山、ロスペランブレス鉱山等の世界を代表する大鉱山がある。エスコンディエーダ鉱山は、世界最大の銅鉱山で、年間の銅生産量は約120万トンで、この鉱山だけで世界の銅生産量の約7.5%を生産している。こうした大規模鉱山への投資は、世界的な資源メジャー企業である、リオ・ティント、BHP ビリトン、アングロアメリカン、エクストラータの各社あるいはそれらの前身企業の開発プロジェクトに日本企業が参入する形で進められてきた。

図表5 世界の銅鉱山と日本企業の権益



出典:各社資料等より筆者作成

- ・世界の主要銅鉱山(21鉱山中)、チリが10鉱山を占める。
- ・世界最大の銅鉱山はEscondida鉱山(チリ)で、年間約120万tの銅を生産する。
- ・日本企業も、チリ、ペルー、米国、インドネシア、オーストラリア等に権益を有する。
- ・最近の開発として、チリで日本企業が参加して開発を進める、Esperanza鉱山(2011年12月操業開始)、Caserones鉱山(2013年操業開始予定)がある。

しかし2000年代に入り、新興国で高まる銅の需要、投機資金の資源市場への流入等により銅の需給市場が引き締まり、資源価格が高騰するという現象がみられ、資源の需給は買い手市場から売り手市場に一変した。こうして、資源メジャー企業による市場および価格支配力が強化されるとともに、資源供給国側においても資源ナショナリズムが高まり、資

源獲得リスクが益々増加したといえよう。この結果、資源消費国側はより有利な原料確保を展開する必要性に迫られることとなった。

資源の需給がタイトで、価格が高騰している状況下では、新規プロジェクトへの参入コストも増加してくるので、単純に開発案件に参入するのみならず、リスクの高い初期的な探査案件への参入や、日系企業自らが開発を行う等、様々なフェーズを見据えた積極的な資源投資戦略が重要になってくる。

こうした状況下、チリは、日本企業にとって、まだ有利かつ低リスクで新規投資を進めることができる国であるといえる。現在、二つの銅開発プロジェクトが日系企業の参加によりチリで進められている。

① エスペランサ鉱山

丸紅㈱がチリの鉱業開発企業であるアントファガスタ社と組んで、チリ北部第Ⅱ州で進める銅鉱山開発プロジェクトで、2010年12月に操業を開始した。権益比率は、アントファガスタ社70%、丸紅30%である。日本側からは2,000億円を超える一大投資プロジェクトとなっている。埋蔵量は約12億トン、年間で硫化精鉱71万トン（銅純分約20万トン、金約7トンを含む）を生産する計画である。このプロジェクトの特徴は、水不足が深刻化する中、海水を選鉱プロセスを中心に使う点にある。鉱山は積出港から150kmあまり内陸に位置するが、海水をパイプラインで揚水して使用すると同時に、精鉱を積出港まで輸送するために、海水に混ぜてパイプ流送する。こうした海水を利用した選鉱処理は、チリでは初めての試みとなり、鉱業関係者の注目を集めるところとなっている。

② カセロネス鉱山

パンパシフィックカッパー㈱（JX日鉱日石金属㈱と三井金属鉱業㈱が共同出資、75%）と三井物産㈱（25%）が出資する銅鉱山開発プロジェクトで、チリ第Ⅲ州において、2013年の生産開始に向けて建設作業が進められている。採掘対象鉱量は約13億トン、年産銅量（純分）は銅精鉱が15万トン、銅地金が3万トンである。カセロネス鉱山は、初の日本企業100%出資によるプロジェクトである。同鉱山はアルゼンチン国境近くのアンデス山脈の中にあり、最高地点は標高4,600mに達するという高所で開発作業が進められている。また日本向けの原料鉱石の確保に貢献するばかりでなく、操業後は1,400人規模の雇用創出にも寄与することでチリ経済への貢献も大きい。

まとめ

日本から見てチリは、地理的にも感覚的にも最も遠い国の一つであるが、チリで生産されている銅、そのほかの鉱物資源は、社会、生活の隅々で使われているもっとも重要な原料である。しかもその開発は、巨大な露天採掘、4,000mを超える高所、地下深部での採掘を伴い、大きな困難を乗り越えて行われている。銅の重要な用途には、電線、伸銅品等があるが、今後の日本の震災復興を含む住宅、建造物、インフラ等の建設や、電子・電化製

品の生産になくてはならない原料であり、今後も日本は、その原料のすべてをチリを含む海外からの供給に頼らざるを得ない。

これまでの日本とチリの関係は、資源の供給国と消費国というイメージが強かったが、これからは、そのような一方向の関係ではなく、天然資源の恩恵をどのように両国で分け合うかというテーマが重要な課題となると思われる。日々の生活の中で、そのような両国の関係を思い出してもらえればと思う次第である。

《プロフィール》

神谷夏実（かみやなつみ）

- 1978年 早稲田大学工学部資源工学科 卒業
1980年 早稲田大学大学院理工学研究科（資源工学）修了
1980年 金属鉱業事業団 入団
国内金属鉱物資源探査事業、休廃止鉱山鉱害融資事業、深海底鉱物資源探査事業、海外金属鉱物資源探査事業に従事
1989年 海外経済協力基金（OECE）開発部
1991年 金属鉱業事業団技術開発部
1994年 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）産業技術研究開発部
1996年 金属鉱業事業団ロンドン事務所長
1999年 同 環境業務部調査課長
2001年 同 キャンベラ事務所長
2005年 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）企画調査部 調査課長
2007年 同 企画調査部 審議役
2010年 同 サンティアゴ事務所長
現在に至る