

水が支える国家の命運

チリ、水不足と銅鉱山開発



よしむら
かずなり
吉村 和就

グローバルウォーター・ジャパン代表
国連テクニカルアドバイザー
水の安全保障戦略機構技術普及委員長
日本水フォーラム理事

銅の世界市場、特に付加価値が高い無酸素銅（酸化物を含まない高純度銅）は電子・電気産業、EV（電気自動車）を目指す自動車産業、精密電子工業などから引っぱりだこであり、二〇二〇年の199億米ドルから二〇二五年には259億米ドル（約二兆八千五百億円）に達すると予想されている。

世界における銅産出量の三割超を産出するチリでは、銅の輸出収入が、同国の輸出総額の五割を超えている。つまり銅輸出による外貨収入が国家を支えていると言える。

鉱山用水として、今までは表流水と地下水を使用していたが、アンデス高地に住む人々の生活用水（地下水主体）が脅かされる事態が頻発し、九〇年代の環境規制強化（地下水汲み上げ規制）により水利権の取得が難しくなり、かつ既存の水利権が高値で取引されるようになった。その用水対策として海水淡水化が脚光を浴びているが、巨額な資金が必要である。

しかしチリ経済が低迷する中、頼れるのは民間投資、いわゆる資源メジャーであるBHPグループ、アングロ・アメリカン、コデルコなどからの投資である。だが、その資源メジャーも岐路に立たされている。社会的な不正に対する国民的な抗議を受け、政府は現在、新しい憲法案を起草しており、この中で民間企業に依存しない「給水システム」の改革が述べられている。過去三カ月間、地下水くみ上げを停止命令されたBHPグループは給水不足の為に今年の銅生産量は減少すると述べ、また既存の事業を水不足の為に縮小する計画も発表している。現在、建設中の海水淡水化プラントは、資材不足とコロナ禍で二〇二二年の操業開始が遅れる可能性があり、五万トン以上の銅生産に影響が出ると予想している。まさに銅生産は水資源量に直結していると言えよう。

一・チリの水事情

国土面積は日本の約二倍で人口は千九百六十八万人（二〇二一年国連推定値）である。

チリ全土では世界平均の約八倍（約五万三千m³/年）の使用可能水量があり、水に恵まれた国と見られているが、国土が南北に四三〇〇キロ、東西幅は約一七七キロと細長く、地域により水賦存量は極端に異なっている。南端は、氷河という巨大な水源があるが、北部の砂漠地帯は降水量ゼロの地域も存在する。国土中央に位置する首都サンチャゴでも市民一人当たり年間使用可能水量は約八〇〇m³で、国連が

定める水ストレス（年間一人当たり一七〇〇m³以下は生活にストレスを与える）の半分である。さらに最近の異常気象が同国の水不足に追い打ちをかけている。

銅の鉱山開発は主に、水資源の不足している乾燥地帯で行われ、地元住民から生活用水不足の苦情が多発している。このためチリの「水一般局（DGA）」は鉱山用・水使用禁止区域を二〇一九年度中に全国三十箇所から七十箇所に増やすと発表し、既存区域の水利権の新設ライセンス取得の禁止、さらに既存のライセンスの拡張についても当局の承認事項とするなどと公布したが、水利権の高騰を防ぐためにどの地域が禁止になるかの公表は避けている。

近年北部のアタカマ砂漠には、世界最大級の銅鉱山だけではなく、需要の伸びが期待されているリチウム鉱山も開発途上で、年々水需要増強の要請が高まっている。チリ銅鉱山庁は、二〇二九年までに、現在使用水量の約三倍になると見込んでいる。つまり水さえあれば、国家収入に直結する銅やリチウム開発が加速度的に進むものと期待されている。

二．なぜ銅鉱山開発に水が必要なのか

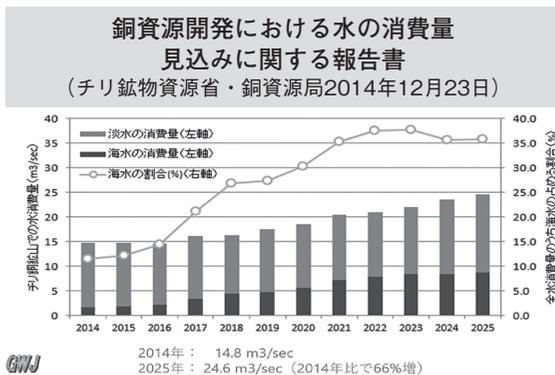
銅鉱石は単体として銅が含有しているのではなく、黄銅鉱（銅品位約一〇～三〇%、CuFeS₂）の周りに閃亜鉛鉱、鉛鉱、黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、重晶石などがまつわり付いている。それらを金属別に分離（選鉱）するために、採用されているのが「水が主役の浮遊選鉱法」である。鉱石を細かく粉碎し、水、気包剤、金属捕集剤を加え、発生した泡に目的とする有価金属を付着・浮遊させ不純物（廃石）と分離する

方法であり粗鉱から精鉱への銅実収率は、九〇%を超えるようになった。水の使用量は、鉱石の種類、山元により大きく異なるが、一般的に銅鉱石一トンに対し、水一トン必要とも言われている。統計によると銅鉱石八四万トン／日（二〇〇〇年時点）産出の際、水資源は八三万トン／日使われていた。この水量は四一五万人／日の水道供給量と同等である。（換算：首都サンチャゴ、一人当たり二〇〇リットル／日水道使用）

鉱山用水として淡水が望ましいが、それでは必要水量が不足するために海水を使うようになった。チリ銅委員会の報告（二〇二二年二月）によると、現在稼働している海水施設のうち、海水淡水化プラントは八箇所、海水送水施設は三箇所である。さらに報告書は二〇二八年までに銅増産のためには十五箇所の新設プラントが必要であり、水源の内訳として海水淡水化による淡水が六割、海水の直接利用が四割と予測している。

三．チリの海水淡水化の現状と将来

海水淡水化プロジェクトが推進される背景には、銅鉱山開発用の水需要の要請と



過去四十年間にわたって続く深刻な水不足である。過去二十年間で五〇%以上降水量が減少しており、畜産業、養蜂業、農業事業者へ大きな打撃を与えている。現在、アタカマ砂漠地帯にある資源メジャーBHP社の世界最大級のエスコンデイト銅鉱山と、北部アントファガスタ州のサルディバル鉱山が、地下水汲み上げ拡張許可を申請している。しかし当局は近年の干ばつ被害や地元住民の反対を考慮し、認可を先送りしている。

(一) 海水淡水化プラント……年々巨額投資が必要

チリは二〇〇三年に初の海水淡水化プラントを手に入れた、アントファガスタ住民の水道用として一五〇リットル/秒(日換算二、九六〇m³)で建設された。その後鉱山用水確保の為に大規模な海水淡水化プラントが建設され、二〇一三年から操業しているセロネグロノルテ鉱山向け海淡水プラントは毎秒八〇〇リットルで、海岸の海水淡水化プラントから鉱山までのパイプラインは八〇キロメートルである。総事業費1・8億米ドルで三菱商事が日本企業で初めて参画。

二〇一八年にエスコンデイダに増設されたBHP向けプラント(二五〇〇リットル/秒)では投資金額は30億米ドル(約三千三百億円)を超えている。

Escondida銅鉱山向け海水淡水化プラント



世界最大級の銅鉱山

ほとんどの鉱山はアンデス山脈の後背地にあり、海岸に海水淡水化プラントを設置し、二〜三千メートル級のアンデス山脈を超え、鉱山に水供給をしなければならぬ。水輸送のパイプラインでは総延長一五〇キロを超えるものもある。

(二) 海水淡水化の問題点……使用電力の増大

海水淡水化は逆浸透膜(RO膜)に高圧ポンプで海水を送り込み、脱塩する仕組みで、脱塩水(淡水)を一トン製造するためには、約四kWh/m³の電力を必要とする。二〇三〇年までに海水淡水化用電力使用量は四一%増加し、二〇三〇年の必要電力量は三〇・六TWhと予測している。チリの電源構成(二〇一八年)は、水力四一%、石炭火力四〇%、その他化石燃料火力七%、太陽光七%などであり、再生可能エネルギーの主役である水力発電は、近年の干ばつにより比率が低下。不安定な電力事情も海水淡水化に大きな影響を与えている。

よこしま

二十世紀初頭から米国系企業により銅鉱山の開発が進められ、ナシヨナリズムの高まりで一九五五年に国営チリ銅公社が設立され、世界的な銅価格上昇を受け国家収入が倍増し「南米経済の優等生」と称されるまでになったが、現在は水不足が国家経済に急ブレーキをかける事態に直面している。まさに「水無くして国家なし」である。