

チリ鉱業界における銅生産コスト上昇分析

サンティアゴ事務所 平井 浩二
hirai-koji@jogmec.go.jp

はじめに

2003年末以降、金属価格が急騰したことにより、世界中の操業鉱山で増産計画が急速に進み、探鉱・鉱山開発活動が活発化した結果、鉱業関連の財及びサービスに対する需要が大幅に増加した。1997年から2003年までの期間、原材料価格は長期にわたって低迷したため、鉱山に限らず他の資源産業においても投資を差し控える傾向にあった。このため、現在の鉱業関連財・サービスの急激な需要増に対する供給体制が十分でなく、鉱山会社が必要とする財・サービスを必要な量、必要な時期に入手することは困難になっている。この結果、これら財・サービスの価格が大幅に上昇し、これに伴って鉱山会社の生産コストも大幅に上昇した。また、同時に新規鉱山開発・増産に必要な投資額も急騰している。この上昇傾向は世界の鉱山会社全般に及んでいるとはいえ、チリには幾つかの特殊要因があり、上昇率がより高くなっている。

本レポートはJOGMEC サンティアゴ事務所がGBMC社にチリの銅鉱業におけるコスト上昇要因分析を依頼し、調査結果に基づき作成したものである。本レポートでは、鉱山におけるコストに関する資料を収集して、特にチリにおける現状を分析し、これらコスト増の恒常性と必要な対策について分析を行なった。本レポートを作成するに当たり、鉱山会社から直接提供してもらった資料のほか、様々な情報源から資料を収集して、1980年から2006年までの期間、特に2002年から2006年までのチリ鉱業のコスト上昇について分析を行なった。また、生産コストを構成する各項目別のコスト上昇要因について調査し、コスト上昇に影響を与える項目について分析を実施した。

1. 生産コスト算出方法

鉱業における生産コストの計算方法は多岐にわたっているため、これら生産コストの算出を行なうに当たっては正確な定義づけを行なうことが必要である。本レポートで使用したコスト算出方法を下記のとおり詳細に説明する。本レポートではマイニング・コストに限定してコスト算出を行なうこととした。従って、製錬所及び電解工場を所有する会社については、製錬コストや電解コストはこれを除外することとした。

(1) Pro rata コスト

鉱業の特殊事情として、通常鉱山からは一つ以上の鉱物が産出される場合があるため、これがコストの計算方法に影響を与える。チリにおける鉱山の場合、銅鉱山は主要副産物としてモリブデン、金、銀を随伴する場合がある。鉱山会社の古くからの慣習として、主要メタル（チリの場合は銅）をベースに採掘コストの計算を行ない、副産物は計算上考慮しなかった。チリのほとんどの主要鉱山において、全てのコストを主要メタルに帰属させ、副産物の販売による収入を後で差し引くコスト計算法「通常のコスト計算方式」を採用している。

この計算方法は一般に広く使われてきたが、副産物の価値が生産コストそのものの意味を完全に覆してしまうほどの高額にならない限り、何ら問題はなかった。

しかし、2003年からモリブデンの価格が高騰したため、モリブデンを回収しているチリの銅鉱山では、「通常のコスト計算方式」による生産コストの差し引き金額が極端に高くなってしまい、極端な場合には生産コストがマイナスになる現象が生じた。これでは経済的に意味をなさないだけでなく、副産物がなく、その価格をコストから差し引くことのできない鉱山とのコスト比較ができなくなってしまう。従って、本レポートでは副産物の価格を生産コストから差し引かない“pro rata”方式と呼ばれているコスト計算法をベースに用いることとした。このコスト計算法では、各工程の生産コスト全額を各工程における全ての生産物にその価格ネット金額に応じて配分（pro rateado）する。従って、純売上高に15%寄与する金属には共通コストの15%を割掛けることとなる。

(2) 直接コスト

鉱山の生産コストを分析するに当たって行なわなければならないもう一つの重要な定義づけは、総コストに含まれる各構成要因を決定することである。鉱山における総コストの分析は次の構成要因をベースに行なった。

- ①直接コスト（キャッシュ・コスト）
- ②間接コスト（本社費、探鉱費、研究費、ロイヤルティ・関税等の租税課金及び臨時支出を含む。）

- ③金融コスト
- ④償却費
- ⑤資本コスト

上記の構成要因から、様々なコストの内訳を構築することが可能である。例えば、鉱山会社では、総コストというコンセプトが使われているが、この場合は、上記の①から④までのコストの和を指している。また、他のコンセプトで、トータル・キャッシュ・コストという場合、①から③及び⑤の和を指す。

本レポートでは、直接コスト（上記①のみ）をベースに分析を行なった。直接コストベースであれば、他のコスト要因を含めた場合よりも、純粋に鉱業に係る生産コストの比較が可能だからである。直接コストは以下に示す項目に分類した。

- 採掘コスト
- 磨鉱及び選鉱コスト
- リーチング、溶媒抽出、EW コスト
- 鉱山操業の実施にとって本質的な下請けコスト
- 製錬コスト（必要な場合、TCを含む）
- 電解コスト（必要な場合、RCを含む）
- 精鉱の輸送費及び海上運賃
- 販売費

(3) 実質コスト

比較を明確にするため、全ての表中のコストは、米国の卸売物価指標を通貨変動率として用い、2006年のドル価で表示することにした。なお、例外的に各年の通貨名目価値で表した場合もある。この場合は該当する表にその旨表示した。

(4) 平均コスト

本レポートで用いたチリのコストデータは鉱山操業コスト、即ち、鉱山において発生するコストである。例えば、Escondida 鉱山では精鉱と銅カソードを生産しており、従って、本レポートに記載されるグループ別コストのデータ（生産コスト、生産工程別コスト、精鉱生産・銅カソード生産等の生産分野別コスト）は全て生産量をベースにして加重平均した推定値である。なお、本レポートに使用したコストデータは主に鉱山会社、専門誌、新聞等の情報源から入手したものである。

(5) コスト構成要因

生産コストを構成する各要因別にコストの内訳を示すため、以下のようなコスト分類を行なった。

- 人件費：生産プロセスの各段階別人件費
- 下請け費：生産プロセスの各段階別に使用した下請け企業の人件費
- エネルギー費：生産プロセスの各段階別に消費したエネルギー・コスト
- 副原料費：生産プロセスの各段階別に消費した副原料（水、燃料、試薬等）費

管理費：現場管理費

運搬費：精鉱を選鉱場から製錬所まで移動するための運搬費

製錬費：精鉱にかかる製錬費（T/C）

電解費・海上輸送費・販売費：電解費（R/C）及び電解銅の輸送・販売に係わる費用

輸送費・海上輸送費・販売費：販売用製品の輸送コスト及び販売費

2. チリの鉱山会社におけるコスト上昇傾向

(1) チリの生産コストと他国との比較

表1に2002～2006年の国別生産コストの推移を示す。

この表によると、2002年～2006年の5年間の世界における銅の生産コストは平均29.3%上昇した。一方、チリの銅生産コストの上昇率は28.4%であった。チリが生産コスト上昇率は世界の生産コスト上昇率とほぼ同率であるが、チリの場合、エネルギー問題、労働問題及び原料不足問題がコスト上昇に大きく関与したと想定される。

2002年～2006年間でコスト上昇率が最も高かったのはインドネシア（上昇率101%）とアルゼンチン（同98%）である。但し、アルゼンチンの場合、2006年に操業していた銅鉱山は1鉱山（Bajo de la Alumbrera）で、この鉱山では処理鉱石の品位が大きく低下したことがコスト上昇の主要因であった。また、インドネシアでは操業中であった銅鉱山は2鉱山（Grasberg及びBatu Hijau）あり、これら鉱山では操業上大きな技術的問題があり、それが大きく生産を阻害したことがコスト上昇の原因となった。

この他、コスト上昇率が高かった国としては、ポーランド（上昇率58%）、トルコ（同54%）、オーストラリア（同51%）が挙げられるが、いずれも5年間で50%以上のコスト上昇となっている。

2006年の生産コストを比較すると、チリは銅の主要生産国である米国、オーストラリア、中国、カナダよりは生産コストが低い。ペルー、ロシアと比べると生産コストは高い結果となった。2002年のチリが生産コストがペルー、ロシアより低かったことを考慮すると、チリはこれら2国より2002～2006年間のコスト上昇率が高かったため、生産コストが高くなったことがわかる。

(2) チリにおける主要鉱山の生産量・生産コストの比較

表2、表3にチリの2002～2006年間の生産タイプ別（精鉱及びカソード）主要鉱山における銅生産量の推移を、表4、表5に生産タイプ別主要鉱山における銅生産コストの推移を示す。

表1 主要銅生産国の生産コスト (US\$ c/lb)

国名	*生産量(kt)	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2002年/2006年
Iran	204	60.5	64.0	55.4	65.0	59.1	-2.3
Rusia	687	56.1	53.8	56.6	67.5	63.9	13.9
Peru	1,003	58.7	57.4	59.8	64.7	65.5	11.6
Kazajstan	460	57.0	54.4	51.4	71.1	68.8	20.7
Chile	5,361	55.7	55.6	58.0	68.4	71.6	28.4
Mexico	356	68.2	68.7	62.9	71.8	75.2	10.3
Argentina	198	38.8	42.3	54.3	89.2	76.7	97.9
R.D.Congo	89	189.9	71.3	78.8	99.2	78.6	-58.6
Portugal	79	68.1	65.2	62.6	85.7	83.0	21.8
Mongolia	137	74.2	66.7	73.2	89.2	83.3	12.2
Suecia	88	72.2	79.2	88.5	89.9	83.9	16.1
USA	1,351	73.3	75.0	84.5	86.9	84.3	15.1
Indonesia	808	43.0	45.5	72.3	67.3	86.4	101.2
Filipinas	21	68.7	75.4	103.7	111.0	91.3	32.9
Brasil	152	66.0	70.2	68.4	93.7	91.8	39.0
Australia	968	61.8	68.5	82.0	94.9	93.4	51.2
China	874	85.0	80.2	93.8	100.2	96.6	13.7
PNG	194	71.6	68.4	85.7	94.3	97.4	36.0
Canada	606	73.1	75.8	86.2	105.7	100.2	37.0
Zambia	577	96.4	92.4	91.9	108.9	101.5	5.3
Turquia	60	65.9	67.2	85.5	105.8	101.9	54.5
South Africa	89	82.2	103.5	137.9	125.4	116.8	42.1
Palonia	520	81.3	85.4	93.5	114.8	128.3	57.7
上記の国の平均コスト	**14,882	64.0	63.7	70.0	80.2	81.1	26.8
世界の平均コスト	**15,446	61.5	62.1	68.3	79.4	79.5	29.3

*生産量は2006年の銅生産量実績、**生産量の合計

出典:Raw Materials Group (RMG) 及び鉱山会社の集成データを基に作成

表2 チリ主要銅鉱山の銅精鉱生産量推移

単位:千t

鉱山名	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2002/2006年(%)
Escondida	619.0	847.0	1,043.0	1,128.0	1,121.0	81.1
Chuquibambilla	467.0	478.0	559.0	547.0	484.0	3.6
El Teniente	329.0	335.4	432.0	434.0	414.3	25.9
Collahuasi	373.0	332.0	423.0	366.0	380.0	1.9
Los Pelambres	335.5	337.8	362.6	333.8	335.2	-0.1
Andina	218.7	235.8	239.9	248.2	236.4	8.1
Los Bronces	158.0	180.0	200.0	188.0	184.0	16.5
Candelaria	199.1	212.7	200.0	162.7	169.6	-14.8
El Soldado	63.0	62.0	61.0	60.0	62.0	-1.6
El Salvador	59.0	59.0	56.0	51.0	56.0	-5.1
小計	2,821.3	3,079.7	3,576.5	3,518.7	3,442.5	22.0
チリ銅精鉱生産量	2,979.0	3,251.0	3,777.0	3,736.0	3,670.0	23.2
上記鉱山/チリ(%)	94.7	94.7	94.7	94.2	93.8	
世界の銅精鉱生産量	10,806.0	10,869.0	11,740.0	12,221.0	12,484.0	15.5
チリ/世界(%)	27.6	29.9	32.2	30.6	29.4	

出典:鉱山会社のデータ及び他の資料を基に作成

表3 チリ主要銅鉱山の銅カソード生産量の推移

単位:千t

鉱山名	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2002年/2006年 (%)
Radomiro Tomic	297.0	299.0	294.0	288.0	300.0	1.0
El Abra	225.0	227.0	218.0	211.0	219.0	-2.7
Chuquicamata Hidro*	130.0	130.0	130.0	130.0	157.0	20.8
Zaldivar	146.0	149.0	145.0	121.0	144.0	-1.4
Cerro Colorado	128.0	132.0	120.0	91.0	116.0	-9.4
Escondida Oxidos	139.0	148.0	152.0	144.0	100.0	-28.1
El Tesoro	84.0	92.0	98.0	98.0	94.0	11.9
Quebrada Blanca	74.0	80.0	76.0	81.0	82.0	10.8
Lomas Bayas	59.0	60.0	62.0	63.0	64.0	8.5
Collahuasi	61.0	63.0	58.0	61.0	60.0	-1.6
Manto Verde	57.0	60.0	60.0	62.0	60.0	5.3
Santa Barbara	51.0	51.0	58.0	49.0	49.0	-3.9
Michilla	52.0	53.0	50.0	47.0	47.0	-9.6
Los Bronces	23.0	28.0	32.0	39.0	42.0	82.6
小計	1,526.0	1,572.0	1,553.0	1,485.0	1,534.0	0.5
チリ銅カソード生産量	1,602.0	1,653.0	1,636.0	1,585.0	1,691.0	5.6
(%)	95.3	95.1	94.9	93.7	90.7	
世界の銅カソード生産量	2,653.0	2,712.0	2,670.0	2,695.0	2,962.0	11.6
チリ/世界 (%)	60.4	61.0	61.3	58.8	57.1	

*酸化銅のバイオリーチング及び低品位硫化鉄のバイオリーチングを含む

出典:鉱山会社のデータ及び他の資料を基に作成

表4 チリ主要銅鉱山の銅精鉱生産量推移

単位:US\$/lb

鉱山名	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2002年/2006年 (%)
Escondida	58.4	53.7	53.9	66.3	68.7	17.6
Chuquicamata	52.8	60.9	59.3	69.9	75.9	43.8
El Teniente	52.0	56.8	62.2	72.7	74.5	43.2
Collahuasi	51.9	51.3	53.8	70.2	72.0	38.8
Los Pelambres	49.7	47.7	50.2	64.5	67.8	36.3
Andina	64.2	59.6	53.9	71.7	78.1	21.7
Los Bronces	59.4	56.2	54.3	64.5	68.2	14.8
Candelaria	62.2	54.0	65.0	76.5	75.7	21.7
El Soldado	74.5	77.4	89.9	96.6	95.2	27.8
El Salvador	78.4	71.1	88.4	91.9	91.0	16.1
平均コスト	56.4	55.7	57.2	69.5	72.5	28.6

出典:鉱山会社のデータ及び他の資料を基に作成

表5 チリ主要銅鉱山の銅カソード生産量の推移

単位:US\$/lb

鉱山名	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2002年/2006年 (%)
Radomiro Tomic	41.2	38.8	46.9	56.3	62.5	51.7
El Abra	57.8	55.5	58.7	66.0	70.6	22.2
Chuquicamata Hidro	66.3	69.1	73.6	78.0	85.5	28.9
Zaldivar	56.8	58.3	58.0	68.5	68.7	21.0
Cerro Colorado	50.9	62.0	68.4	84.4	82.7	62.5
Escondida Oxidos	36.6	35.4	37.0	42.1	45.5	24.5
El Tesoro	52.3	51.4	54.8	58.7	58.1	11.2
Quebrada Blanca	60.1	59.0	66.2	70.7	76.9	28.1
Lomas Bayas	54.9	59.4	58.7	60.4	60.7	10.6
Collahuasi	42.8	41.4	52.3	54.8	58.5	36.6
Manto Verde	59.2	66.1	73.4	77.2	82.6	39.6
Santa Barbara	75.6	76.2	74.7	73.0	77.5	2.5
Michilla	77.6	84.2	83.1	80.8	80.0	3.0
Los Bronces	50.3	42.1	48.9	55.7	62.1	23.6
平均コスト	53.0	53.7	57.9	64.2	69.1	30.3

出典:鉱山会社のデータ及び他の資料を基に作成

チリにおける銅精鉱の最大の生産鉱山は Escondida で、その生産量は 2002 年から 2006 年までの間に 81 % 以上増加している。これは、鉱石品位の低下をカバーするために多額の投資を行い、選鉱場を拡張したためである。銅精鉱生産量で第 2 位を占めるのは Chuquicamata 鉱山である。Chuquicamata 鉱山では鉱石品位の低下と 2006 年に起こった崩落事故のため、2006 年の生産量は大幅に低下している。銅精鉱生産量第 3 位の El Teniente 鉱山では、鉱石の 1 日当たり処理能力を増強した結果、上記期間における生産量が大幅に増加している。銅精鉱の生産量で第 4 位を占めるのは 1998 年に生産を開始した Collahuasi 鉱山で、当初は生産量が年々減少傾向を示していたが、Rosario という高品位地区での採掘開始により 2001 年以降は生産量を回復させている。

2002 年から 2006 年間のチリの銅精鉱生産量は 23.2 % 増加しているが、この間の世界の銅精鉱生産量は 15.5 % の増加にとどまっている。この主な要因は Escondida 鉱山の生産量が大幅に増加したことによる。

一方、チリの主要鉱山で生産される銅カソードの生産量については、最も生産量が多いのは CODELCO の Radomiro Tomic 鉱山で、年間 30 万 t を生産、次いで El Abra 鉱山、CODELCO の Chuquicamata 鉱山であるが、CODELCO は El Abra 鉱山にも 49 % 出資している。Chuquicamata 鉱山で生産される銅カソードは 2002 年から 2006 年の間に 20.8 % 増加している。一方、Escondida 鉱山の生産量は鉱石品位の低下により 28.1 % 減少している。

2002 年から 2006 年間のチリの鉱山で生産される銅カソードの生産量は世界の生産量の増加率 11.6 % に比べ、5.6 % と低い値を示している。

チリで銅精鉱を生産している主要鉱山は平均 28.6 % のコスト上昇を記録している。生産コストの高い鉱山は CODELCO の El Salvador 鉱山 (91.0US ¢/lb)、Andina 鉱山 (78.1US ¢/lb)、Chuquicamata 鉱山 (75.9US ¢/lb)、El Teniente 鉱山 (74.5US ¢/lb) 及び EL Soldado 鉱山 (95.2US ¢/lb)、Candelaria 鉱山 (75.7US ¢/lb) で、特に年間生産量 20 万 t を超える大規模鉱山の中では CODELCO の保有する鉱山のコスト高が顕著である。一方、Los Pelambres 鉱山及び Escondida 鉱山は生産コストの低い鉱山として挙げられる。

チリの主要な銅精鉱生産鉱山の内、コスト上昇率の高い鉱山は、Chuquicamata 鉱山 (43.8 % 増)、El Teniente 鉱山 (43.2 % 増)、Collahuasi 鉱山 (38.8 % 増) と Los Pelambres 鉱山 (36.3 % 増) であり、これら鉱山は全て、Escondida に次ぐ大規模鉱山である。一般的に、アルゼンチンから供給されていた天然ガス量が急減したため、鉱山会社がより高価な発電用燃料を使用せざるを得なくなったことがコスト上昇の主な原因であるといえる。上述の他に、近年、副原料や備品の

価格が上昇したこと、鉱山現場で働く従業員の人件費が高騰したこともコスト上昇の原因と考えられる。

チリの主要な銅カソード生産鉱山の内、生産コストの高い鉱山は CODELCO の Chuquicamata 鉱山 (85.5US ¢/lb)、Cerro Colorado 鉱山 (82.7US ¢/lb)、Manto Verde 鉱山 (82.6US ¢/lb)、Michilla 鉱山 (80.0US ¢/lb) である。Cerro Colorado 鉱山は 2005 年に Tarapaca 地方を襲った地震の影響で、リーチング・ヒープが大きな被害を蒙ったため、コストが上昇した。

チリの主要な銅カソード生産鉱山の内、コスト上昇率の高い鉱山は、地震の被害を受けた Cerro Colorado 鉱山 (62.5 % 増) の他、CODELCO の Radomiro Tomic 鉱山 (51.7 % 増)、Manto Verde 鉱山 (39.6 % 増) と Collahuasi 鉱山 (36.6 % 増) である。主要鉱山全体の平均上昇率は 30.3 % であり、銅精鉱を生産している鉱山と比べ上昇率が若干高くなっている。生産コスト上昇の主な要因は精鉱の場合と同じく、人件費増と副原料及び予備部品の価格高騰である。

生産規模別でチリの生産コストの増加を比較するため、2006 年の年間生産量が 10 万 t 以上の大規模鉱山グループ及び年間の銅生産量が 10 万 t 以下 5 万 t 以上の中規模鉱山グループの直接コストの上昇率を算出した。

大規模鉱山グループ全体の生産コストについては、2002 ~ 2006 年の間に 29.9 % 上昇しているが、世界の主要な大規模鉱山全体で 32.6 % 上昇したのに比べると、チリの大規模鉱山はより低い上昇率であったことが分かる。なお、大規模鉱山グループ全体でチリの銅生産量全体の 76.8 % を生産している。

チリの中規模鉱山グループについても 2002 ~ 2006 年の間に生産コストが上昇しているが、その上昇率は 23.3 % と大規模鉱山に比べるとかなり低いものであり、コストの主要項目 (人件費、エネルギー及び副原料) 別上昇度もそれ程大きくない。なお、この鉱山グループ全体で 2006 年のチリの銅生産量の 9 % しか生産しておらず、チリの銅鉱業は年間生産量 100 千 t 以上の大規模鉱山グループによる生産が殆どであることを示している。

3. 過去数十年間における世界の鉱山のコスト傾向

(1) 1980 年代におけるコストの推移

ベースメタル業界全般、特に銅鉱業は 80 年代前半に金属価格が大きく低落したため、非常に困難な局面に直面した。この期間には、世界の大部分の鉱山会社で銅の直接生産コストはロンドンやニューヨークの国際市場における銅価格より高かった。従って、80 年代全般にわたって、コスト低減、特に採掘コスト及び選鉱コストの削減がこれら産銅会社の主要目標の一つであった。これは、採鉱、選鉱、製錬及び電解等の銅生産工程における総コストの内、3 分の 2 近くを採鉱と選鉱のコストが占めていたからである。この当時は、リーチング、溶媒抽出等の生産方式は未だ極めて初期的

な段階にあり、あまり使用されていなかった。

以下に、1980年代にコスト削減を果たした主要分野についての分析を示す。

1) 人件費の削減

人件費は採掘及び選鉱コストの中に占める比率がかなり高い。例えば、露天掘り鉱山の場合、総コストの内20～30%が人件費で、坑内掘り鉱山の場合は50%に相当していた。従って、従業員数の抑制により、給与総額を引き下げる努力が行なわれた。特に米国では、賃金管理のコンセプトが多くの鉱山会社で取り入れられた。1980年代の初めには急速に銅価格が下落したため、労使間の合意の結果として、鉱山労働者の賃金はインフレ率よりも低い上昇率を示す結果となった。

また、賃金の場合と同様、北米の鉱山会社は従業員数を減らし生産性を高めることに成功した。複数の鉱山では従業員を削減したにもかかわらず、生産性を100%以上改善することに成功している。

2) エネルギーコストの削減

採掘及び選鉱の操業コストの中でもう一つの重要な要因はエネルギーコストで、コスト全体の20～30%を占めている。鉱山会社は、電力料金引き下げのために電力会社と交渉を行なうとともに、発電方式の変更を行なった。例えば、ペルーのTintaya鉱山が水力発電に切り替えた他、フィリピンのAtlas鉱山では燃料を重油から石炭に変更している。

一方、他の鉱山では、精鉱の乾燥工程をより効率的な方式に変更してエネルギー使用量の削減を実現している。例えばCODELCOでは1984年に10百万\$を投資してSalvador事業所の精鉱を太陽熱による乾燥方式に切り替えた。1985年にはEl Teniente事業所にプレス・フィルター・システムを設置して乾燥工程前に精鉱の水分を減らすことで乾燥工程の効率を改善している。同様に、米国ではInspiration社がLarox製プレス・フィルターを設置して、精鉱乾燥工程を省くことに成功している。

3) 在庫管理と設備投資の節約

鉱山会社が操業コストの削減に成功したもう一つの方法は在庫の効率的な管理を導入することであった。多くの会社が、リアルタイムの在庫管理を行なうことにより、各工程の半製品の在庫量、最終製品の在庫量及び予備在庫量を減らすことに成功している。

上記の他、予備機器のメンテナンスに関する考え方にも重要な変化が現れた。予備機器については、80年代以前には、露天掘り鉱山においてはショベル1台ごとに1台の予備トラックを置いておくのが普通であったが、ショベル3台につき予備トラック1台に減らすことにした。これはコスト面での大きな節約になった。購入すべきトラック台数を大幅に削減することができ、トラック1台当たり1～2百万\$程度の節約が可能に

なったからである。

4) 生産工程の変更

多くの鉱山会社がコスト削減のため、採掘工程及び選鉱工程の改善を行なった。多くの鉱山で、露天掘り鉱山における大規模な鉱石破碎システムと鉱石輸送システムの導入を行なった。また、採掘部門、選鉱部門においても、新技術の導入により、コストが削減された。例えば、SAGミルを導入したことにより、ミル以外の部分のエネルギー消費量が減少した。採掘部門では、小型の削岩機や積込機・輸送機を大型のオンライン装置に切り替えた。その他にも、選鉱場に大型のミルやフローテーション・セルを設置する動きもあった。

また、数々の機械・装置の運転にコンピュータ化したモニタリングシステムやコントロール・システムを組み込み、鉱石磨砕サイズのコントロールのモニタリングを行なった。こうしたコンピュータ化によるコントロールは1970年代以降から開発され、これを導入することにより、人件費及びエネルギー・コストがかなり節約されることになった。

5) SX-EWプラントの設置

コスト削減の試みの一つとして、SX-EWによる銅生産量の増加が挙げられる。このプロセスにより、ズリまたはリーチング後の廃鉱に残されている銅成分を回収することが可能となった。また、鉱石を輸送する必要がないイン・サイト・リーチングにより、カット・オフ品位以下の鉱石や浮遊選鉱では処理しにくい性質の鉱石を処理できるようになった。

6) 合理化及び閉山

幾つかの鉱山会社は隣接した複数の鉱山が提携して操業の合理化を行なう方法を取った。鉱石の置き場やズリ捨て場をより近いところに配置換えることも可能になり、運搬コストの低減とテーリング・ダムまでのポンプ輸送コストを削減できることになった。

また、鉱石の貯蔵量や設備機器の予備についても会社同士で補完的に使用することが可能となった。

最後に、鉱山会社の経営が極めて厳しい時期に経済的な成果を上げたのが、高コストの鉱山を閉鎖する方法または鉱山操業の中でも特に採算に載らない部門を閉鎖する方法である。1980年から1985年までの間に、米国では閉山や生産量削減策のため生産能力が120万tも低下している。規模は小さいが、カナダやフィリピンでもこれと同じことが起こっている。

1980～1990年の期間に達成された主な直接コスト削減

1981年以降、西欧諸国の鉱山が行なったコスト削減努力によって非常に良い成果が得られ、事実、1980年から1985年までの間に、鉱山会社は平均直接コストを22¢/lb以上引き下げることに成功した。これはコストを28.7%引き下げたことになる。また、上位4分の3

の鉱山会社、即ち、この時期鉱山で生産される銅の65%以上に相当する銅が銅価格を下回るコストで生産された。

しかし、1985年から1990年にかけて鉱山会社は再び操業コスト高に見舞われ、この間、生産コストは約14¢/lb上昇し69.7¢/lbに達した。このコスト上昇の大きな原因は、1987年以降銅の建値が回復したことにより、以前閉鎖していた高コストの鉱山がその操業を再開したためである。

(2) 1990年から1999年までのコストの推移

1990年から1995年までの期間、銅価格が再び低下傾向を示したため、鉱山会社はまたコスト削減の努力を継続しなければならなかった。この時期、世界経済の後退のため銅の需要が低下し、供給過剰に陥ったため、銅価格は1993年にその最低水準に達している。

鉱山会社は1980年代に行なったと同じような措置をとったが、今回は特に生産性の向上とより低コストの銅生産プロセスの開発にその努力を集中させた。その一例がSX-EW法による銅カソードの生産量増加である。

以下に、1990年代にコスト削減を果たした主要分野について分析を示す。

1) 生産性の向上

表6に示されるとおり、欧米諸国における鉱山会社の平均生産性は、1990年から1995年にかけて38%向上している。この生産性の向上は、主に生産ラインにおける技術改革、交替制勤務制度の改善及び人員削減により達成されたものである。1990～1999年間に達成された生産性の向上に大きく貢献したのは高品位の鉱石を採掘したこと及びSX-EW法によるリーチング工程の開発であった。

表6 欧米諸国の銅の生産性

	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年
鉱山数	136	132	127	119	113	111
生産量(千t)	5,694	5,781	6,058	6,028	5,991	6,405
生産性(t/人/年)	42	44	48	51	53	58

2) SX-EW法による銅の生産

多くの鉱山や企業のコスト削減に大きく寄与したのはSX-EW法による銅カソードの生産である。表7に見られるとおり、SX-EW法によるカソードの生産は、少数の国でしか実施されなかったにもかかわらず、1990年から1995年にかけて生産量が急速に増加している。

表7 世界のSX-EWカソード生産量 単位:千t

	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年
USA	422	454	479	463	492	509
Chile	123	127	113	137	181	373
Zambia	85	82	80	83	82	63
Mexico	27	32	28	24	26	39
Peru	17	18	18	18	14	35
Australia	2	5	8	16	28	30
Canada	4	3	3	3	2	3
その他	7	0	0	0	0	0
合計	687	721	729	744	825	1,052

出典:鉱山会社及び他の資料を基に作成

欧米諸国におけるSX-EW法による生産量は、1990～1995年の期間に53%増加しているが、最も急速に増加したのはチリと米国で、チリ203%及び米国21%の増加を記録している。チリの鉱業界では、1990年以降生産を開始し、または増産に踏み切った大規模鉱山が多く、この開発・増産ラッシュは2000年代の半ばまで続いている。

3) 生産コストの推移

1990～1999年の期間、鉱山会社は再び直接生産コストの大幅な削減を実現した。表8に示されるとおり、鉱山会社は1990～1995の間に平均してキャッシュ・コストを2.8¢/lb(-4.0%)引き下げることに成功しており、1995年の平均コストは67.3¢/lbであった。また、1996～1999年の期間に直接コストを22%削減することに成功した。1996～1999年の期間のコスト削減は世界の大部分の生産国でSX-EW法による生産が大幅に増加したことによる。特にチリではこの期間に銅が大幅に増産された。

表8 世界の銅鉱業の生産コスト

	単位:US¢/lb		
	1990年	1995年	1990/1995年
Cash Cost	70.1	67.3	-4.0
LME 銅価格	120.9	133.2	
	1996年	1999年	1996/1999年
Cash Cost	65.3	51.1	-21.7
LME 銅価格	103.9	71.4	

出典:鉱山会社のデータ及びRMGの資料を基に作成

(3) 2000～2006年におけるコストの推移

表9に2002～2006年の世界の銅生産コスト、LME銅平均価格とこれを2006年ベースの価値に換算した値を記載する。世界の銅鉱山会社では2000～2006年の期間に銅生産コストが29.3%上昇している。但し、この期間の最初の2年間、各鉱山は銅価格の低落期に耐えるため、コスト削減の懸命な努力を行なっている。銅価格が低落したのは2003年迄であり、2004年以降、銅価格は急激に上昇している。銅価格の上昇率243.4%に比べ、銅生産コストの上昇率は緩やかである。

表9 世界の銅鉱業の生産コスト

単位:US\$/lb

	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2002/ 2006年
Normal Cost	49.0	51.7	61.0	75.4	79.5	62.4%
Real Cost(2006年ベース)	61.5	62.1	68.3	79.4	79.5	29.3%
LME平均銅価格	70.7	80.7	130.1	167.9	305.3	332.1%
LME平均銅価格(2006年ベース)	88.9	96.3	146.4	175.1	305.3	243.4%

出典:鉱山会社等のデータを基にした推定

銅価格の低落期には直接生産に関わる業務のみを行なう傾向にあり、探鉱等は後回しにされたため、これに引き続く時期には生産量が大きく低下し、中国等の急激な需要増に対応できなくなった。2004年以降、鉱山会社は銅価格の急騰の時期を迎えたが、価格上昇は銅だけに留まらず、原材料全般にわたり、副原料や資本財全般の価格高騰を招くようになった。この傾向は2005年以降、特に著しく、賃金も上昇する一方、地元コミュニティも鉱山会社が獲得した多額の利益の恩恵にあずかりたいとの要望を表明し始めた。更に、石油の価格が急上昇し、エネルギー・コストも大幅に上昇した。

こうした傾向に、特に銅の2大生産国であるチリとオーストラリアでは水不足問題が加わり、鉱業界全体が極めて解決の困難な局面を迎え、需要が増大してい

るにも拘わらず、新規開発プロジェクトを実現し難い状況になっている。

4. チリの銅鉱業界におけるコスト分析

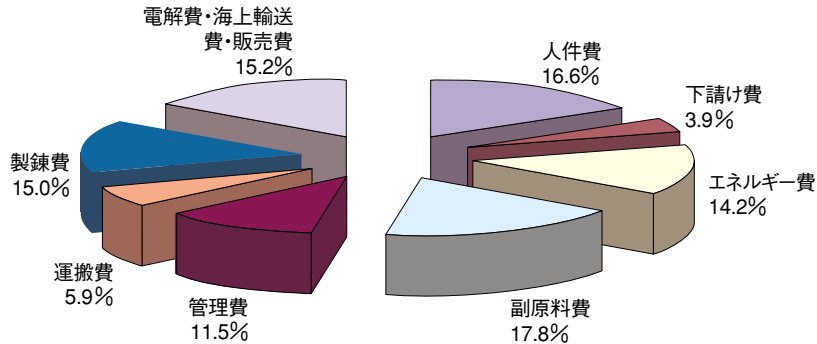
(1) 銅生産コストの構造

鉱山会社及びその他の情報源から得たデータを基にチリの銅生産鉱山のコスト構成要因を調査した。

各コスト構成要因の内、精鉱生産鉱山においてコスト割合が最も高いのは副原料費(17.8%)で、僅かの差で人件費(16.6%)、電解・海上輸送・販売費(15.2%)、製錬費(15.0%)及びエネルギー費(14.2%)が続いている。下請け費及び運搬費はコスト構成要因の内、僅かな割合を占めている(図1)。

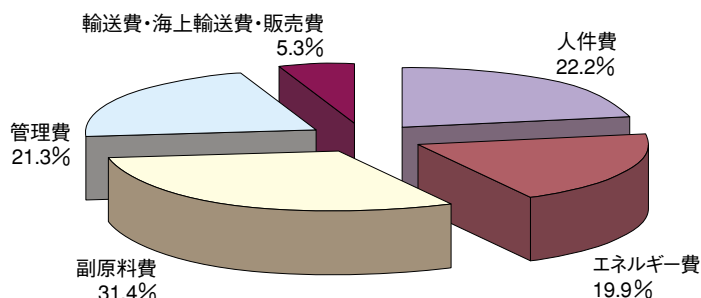
銅カソードを生産するチリの鉱山においては、副原料費(31.4%)の構成割合が最も高く、人件費(22.2%)、管理費(21.3%)、エネルギー費(19.9%)がこれに続いている(図2)。

精鉱生産鉱山及び銅カソード生産鉱山のコスト構成要因の内、最もコスト割合が高いとされる副原料について、その構成を図3に示す。副原料の内、構成割合が最も高いのは機器部品類で、全体の42%を占めている。また、化学薬品、鉄鋼材が約20%を占めており、燃料は全体の10%となっている。



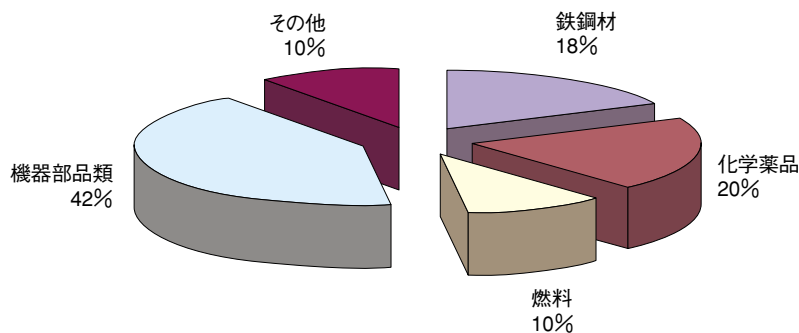
出典:鉱山会社のデータ及び他の資料を基に作成

図1 チリにおけるコスト分布(2006年) 精鉱生産鉱山



出典:鉱山会社のデータ及び他の資料を基に作成

図2 チリにおけるコスト分布(2006年) 銅カソード生産鉱山



出典: 鉱山会社のデータ及び他の資料を基に作成

図3 世界の鉱業界における副原料のコスト分布 (2006年)

(2) 銅生産コストの構成要因別推移 (2002～2006年)

2002年から2006年間のチリにおける銅生産コストの構成要因の推移を、生産タイプ別に示す。精鉱生産鉱山の構成要因別生産コストの推移を表10に、銅カソード生産鉱山の構成要因別生産コストの推移を表11にそれぞれ示す。

精鉱生産鉱山においてコストの上昇率が最も高いのは人件費及びエネルギー費で2002年から2006年の5年間にエネルギー費は50.1%、人件費は43.5%上昇している。エネルギー費は近年のエネルギー価格の高騰及びアルゼンチンからの安価な天然ガスの輸入減少により高騰したものと考えられる。人件費の上昇については、銅・モリブデン価格の高騰により、チリの鉱山会社が莫大な収益をあげたことにより、労働者が収益

の還元を要求したことによる。事実、CODELCO及びEscondida鉱山等のチリの大鉱山では労使交渉の結果、史上まれに見るベースアップ及び一時金の支払いを決定しており、人件費の急騰を招いている。人件費及びエネルギー費の上昇率が高いのは、鉱山会社が「操業コストの上昇の最大の原因である」と説明していることと合致している。精鉱生産コストの各項目は製錬費を除いて、約10%以上上昇しているが、製錬費については4.9%低下している。

銅カソード生産鉱山におけるコストの上昇率が高い項目は精鉱生産鉱山と同様に人件費とエネルギー費で、いずれも2002年から2006年の5年間に40%以上上昇している。

表10 精鉱生産コストの推移 (2002～2006年)

単位:US\$/lb

	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2002/2006年(%)
人件費	8.4	8.6	9.6	11.2	12.1	43.5
下請け費	2.4	3.0	2.5	2.6	2.8	15.0
エネルギー費	6.9	7.4	7.1	8.4	10.3	50.1
副原料費	10.3	9.7	10.4	11.7	13.0	25.9
管理費	7.1	6.4	6.8	7.7	8.3	16.8
運搬費	4.0	4.0	4.3	4.2	4.3	8.0
製錬費	11.5	10.4	9.0	12.5	10.9	-4.9
電解費、海上輸送費、販売費	7.3	6.7	8.0	11.7	11.0	50.9

出典: 鉱山会社のデータ及び他の資料を基に作成

表11 銅カソードの生産コストの項目別内訳 (2002～2006年)

単位:US\$/lb

	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2002/2006年(%)
人件費	10.7	10.5	17.3	14.7	15.3	42.6
エネルギー費	9.7	9.5	10.4	12.2	13.7	41.1
副原料費	18.1	18.9	19.7	20.5	21.6	19.6
管理費	12.2	11.9	13.1	13.8	14.6	20.1
電解費、海上輸送費、販売費	3.3	3.6	3.2	3.6	3.6	10.0

出典: 鉱山会社のデータ及び他の資料を基に作成

(3) コスト上昇要因の分析

1) エネルギー

現在、チリでは天然ガスによる火力発電と水力発電（チリ南部の水力発電所）の二つの方式が使用されている。火力発電（天然ガス及び石炭・重油）がチリの総発電能力の60%を占め、残りの40%が水力発電である。火力発電の燃料にアルゼンチン産の天然ガスを用いるようになる前は、実質的に水力発電だけに頼っていた。また、コストがより高く、環境を汚染する石炭や重油による発電は、電力消費量が急騰した場合の緊急時用であった。表12にチリに設置されている発電能力を示した。

チリの電力網の内、最も有力なのは大北部電力連結システム（SING）と中部地方電力連結システム（SIC）である。チリ南部のAysen及びMagallanesシステムは管轄する地域の人口が少ない上、産業が発達していないことから、電力需要が極端に少なく、SING、SICと比べ、発電能力が小規模である。SINGはチリ第I

州及び第II州の各州に送電しているが、これらの州はチリ第III州と共にチリで鉱山活動が最も盛んな州である。SINGは185,142km²にわたる地域（チリの大陸部領土の24%以上）をカバーしているが、この地域にはチリ国民の6%しか住んでいない。この地域において最も多く電力を消費しているのは鉱山会社であり、消費電力の85%が鉱業により使われている。表13にSINGの燃料別発電所の能力を記した。

SINGの使用燃料別発電能力を示した表によると、この鉱山地域で最も多く使用されている燃料は天然ガスであり、消費電力の約60%を占めている。天然ガスによる発電は低コストという大きな利点があるが、近年アルゼンチンが天然ガス供給をカットし始めたため、深刻な電力不足が発生しており、チリ鉱業の大きな問題となっている。この危機的要因を分析するため、表14にSINGの発電に用いられている燃料のタイプが、2006年から2007年にかけてどのように変化したかを示す。

表12 チリにおける既存発電能力(2006年、MW)

	水力発電		風力発電		火力発電		合計	
	MW	%	MW	%	MW	%	MW	%
SING	13	0.4	0	0.0	3,583	99.6	3,596	100
SIC	4,695	56.6	0	0.0	3,593	43.4	8,288	100
Aysen	18	52.9	2	5.9	14	41.2	34	100
Magallanes	0	0.0	0	0.0	65	100.0	65	100
合計	4,726	39.4	2	0.02	7,255	60.5	11,983	100

出典:鉱山会社のデータ及び他の資料を基に作成

表13 使用燃料別発電能力(2006年、MW)

燃料	発電能力	(%)
天然ガス	2,111.7	58.7
石炭	1,205.6	33.5
ディーゼル油	138.1	3.8
燃料オイル	127.6	3.5
水力	12.8	0.4
合計	3,595.8	100.0

出典:チリ国家エネルギー委員会

表14 SING:使用燃料の変動(GWh)

燃料	2006年1~5月	2007年1~5月	変動値	変動率
天然ガス	2,996	2,276	-720	-24.0%
重油	12	444	432	3,600%
石炭	2,338	3,044	706	30.2%
水力	32	32	0	0%
合計	5,378	5,796	418	7.8%

出典:チリ国家エネルギー委員会

この表に示されるとおり、アルゼンチン産天然ガスの供給量カットにより発電に使用される燃料のタイプが安価な天然ガスから重油・石炭に大きく変更され、このためSINGから買電している鉱山会社の電力コストが高騰している。

チリの大鉱山が集中している北部地域におけるエネルギー供給はアルゼンチン産天然ガスに頼っているため、より深刻な事態になっている。チリの銅鉱山から生産される銅生産量の実に2/3（精鉱の56%及びSX-EWカソードの89%）がSINGの所管地域内で生産されている。また、銅の40%がこの地域で製錬されてお

り、同じく54%が電解されている。

天然ガスの供給不足を短期的に解消する方法は石炭である。現実には、石炭による火力発電所の建設が一つの選択肢として実施されている。石炭による発電は、CO₂の排出量が多いため、環境政策に反する面があるが、経済的及び技術的面から見れば、エネルギー供給問題を短期的に解決するために最も現実的な選択肢であると考えられている。但し、天然ガス発電に比べ、発電コストが高くなるのは避けられない。また、中期的な観点から見れば、より安価な液化天然ガスプロジェクトへの投資が考えられる。

2) 水

チリ北部の砂漠地帯で操業している鉱山にとって重要な副原料は水である。この地帯は世界でも最も乾燥した地帯で、利用可能な水脈も乏しいうえ、この地方で活動している他の産業と水利権を分かち合う必要がある。特に Atacama 地方では農業が盛んに行なわれているため、問題は複雑である。幾つかの鉱山では、当局から水の使用を自主的に規制するよう命じられ、水資源に関する追加的な調査を行なうことを義務付けられた場合がある。

最近、国家環境委員会（CONAMA）は Collahuasi 鉱山に Coposa 塩湖からの取水量を 1,000ℓ/s から 750ℓ/s（同社の必要水量の 70%）に減らすよう要請した。同社は 1,041ℓ/s の取水権を持っていたにもかかわらず取水制限を受けることとなった。その上、同社には 2011 年に取水量を 300ℓ/s まで減らすよう要請されている。このため Collahuasi 鉱山は 79 百万 \$ を投じて 29km 離れた場所から 300～500ℓ/s の水を採取・運搬しなければならなくなった。また、CONAMA は Cerro Colorado 等他の鉱山会社が Lagunilla から引いている水、及び El Tesoro 鉱山が Loa 川から引いている水の使用状況を調査中である。

鉱山会社は、現在使用している地下水を今後も継続して使用すると、自然水脈の枯渇に繋がる恐れがあるため、継続は困難であると判断し始めており、環境への影響と最近の水利権の規制強化を考慮して、地下水の使用をできるだけ控えるよう試みている。

チリにおいては、工業用水権、チリ企業または場合によりボリビア企業からの水の買取り権または流水源からの取水権がなければ、水を使用することはできない。しかし、これらの水源は現在の操業レベルを賄うのが精一杯で、増産には対応できないと言われている。こうした状況はボリビアが Silala 川の紛争を理由に同川の水の使用権を制限する可能性があるため、将来は益々厳しくなる見込みである。

水資源総局（DGA）は、最近、チリ第Ⅱ州内の帯水層の水利権を交付しないことを決定した。これは持続性を確保した上で提供できる水資源の量は 260,000ℓ/s であるにもかかわらず、2005 年には申請量が 342,000ℓ/s に達していた（対 2004 年比 40% 増）からである。

このような状況の

中で、鉱山会社のとるべき選択肢は持続可能な水資源活用法の強化、水資源の再利用、水消費量の削減といったこととなる。また、エコシステムの強化、水資源の探査強化、海水の脱塩技術の強化も必要である。しかし、海水の脱塩はコスト高なため、すべての鉱山やプロジェクトに利用できるとは限らない。鉱山の所在位置（海拔の高い位置または海岸線から遠い場所）によっては使えないし、またチリではエネルギー供給問題があるため、エネルギー消費量の多くなる鉱山やプロジェクトでも使えないであろう。

Escondida 鉱山では、1,000ℓ/s の能力を持つ 2 番目の海水脱塩プラントを建設するため、6 億 \$ の投資を行なうと発表した。この投資額の大きさと操業コストの高さを見れば如何に水不足問題が深刻であるか分かる。脱塩プラントで作る鉱山用水のコストは鉱山近くの水源から取水する水のコストとほぼ同じ（0.4～0.5US\$/m³）であるが、プラントから 200km、海拔 3,100m の場所にある鉱山までその水をポンプアップするコストを含めれば、鉱山サイトから最も近いところにある水源から取水する水の 6 倍近いコスト（2.4～2.5US\$/m³）になるのである。

3) 鉱業用資機材

鉱山で使用する機械設備類、試薬類及び部品類の需要が増大し、これらの価格が高騰していることも生産コストを上昇させる要因となっている。また、設備機械類及び副原料の引渡し期間が従来と比べ、大幅に増加していることもコスト上昇の一つの要因である。図 4 に Rio Tinto 社の鉱業用機械・設備類の引渡し時期を示す。引渡し期間は 2003 年に比べいずれも長期化する傾向にあり、30% 増から 3 倍にも達する見通しである。

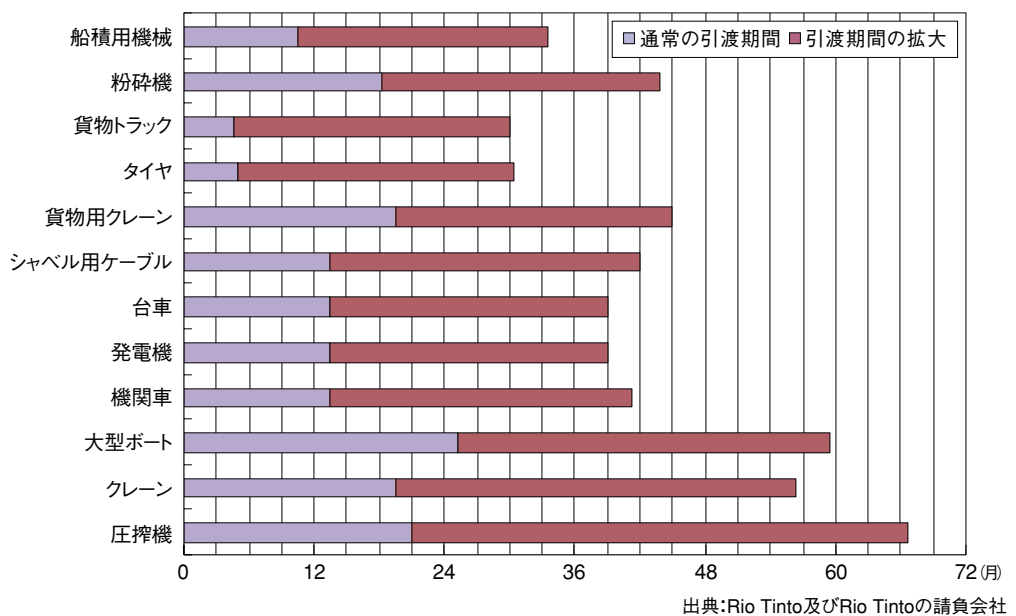


図4 鉱業用機械・設備類の引渡し時期の遅延

鉱業用機械・設備類の引渡し時期の内、現在最も問題となっているのは鉱山用トラックタイヤである。鉱山用トラックタイヤの引渡し時期は400%も伸びている。タイヤ製造会社の投資及び増産が十分に行なわれなかったため、需給状況は極めて切迫しており、危機的な状況である。

BHP Billiton 社では、財及びサービスの入手を最もクリティカルな要因として挙げており、その一例として特にタイヤの確保、資格を持った従業員の採用に苦勞している。また、鉱山用トラックの引渡し時期が9か月から18か月と2倍になったことも指摘している。

4) 労働コスト

コストの構成要因の内、重要なのは労働コストである。近年、労働組合を組織している従業員が、企業が多額の利益を計上していることを理由に、毎年大幅な賃上げを要求してきたため、労働コストは大きく上昇している。表10及び表11を見ても、精鉱を生産しているチリの会社の労働コストが2002年から2006年の期間に43.5%上昇しているのに対し、銅カソード生産会社でも同じく42.6%の上昇を記録している。

一方、下請け企業の労働者達も、直轄従業員の賃金との格差是正だけでなく、労働災害率が上がっていることを理由に労働の安全を求めて会社側に圧力をかけており、労働コストは上昇傾向を示している。これは、将来の生産コストの動向から見ても、要注意点である。なお、これらのデータを収集した時点では、最近チリで制定された下請法の影響、特にCODELCOの下請け労働者によるストライキ及びチリ労働局による下請け従業員の正規雇用要求（CODELCOは5,000人の下請け従業員を正規雇用するよう要求されている）等は未だこれらデータには反映されていない。このため労働コストは更に上昇する可能性がある。また、新規鉱山の開発に伴い、十分な教育を受けた鉱山労働者の不足も深刻な問題となる可能性がある。

5) 環境保全及び地元コミュニティ対策

生産コストを上昇させるもう一つの要因が鉱床の賦存する地域に存在する地元コミュニティから出される要望事項である。これらは大抵の場合、都市部から離れた、貧困指標の高いコミュニティが行なうもので、最近では経済的補償を求めるケースが増えてきている。地元コミュニティ対策の実施による最大の問題は、環境団体または地元コミュニティからの圧力により環境保護コストまたは地元コミュニティ対策費を支払った場合、支払ったコストが固定化していくことである。例えば、水の獲得、環境保全、閉山計画等のために多額な投資を行った場合、その後はそれが習慣化し、他のプロジェクトにおいても同程度の金額を支払う義務が生じてしまう可能性がある。

6) 鉱業独自の要因

開発中のプロジェクトにおける鉱石中の銅品位は益々低下しており、現在操業中の鉱床の鉱石品位も益々低下している。また、採掘個所は益々深部化し、一次鉱化帯に入ると岩石はより硬くなってゆく。こうしたことが操業の効率上、特にコスト面で大きな問題となっている。現在、チリの大規模鉱山の採掘場所は年々深部化する傾向にあり、品位の低下、鉱石の硬度化により採掘コストは益々上昇する傾向にある。

表15に2002～2006の期間における新規プロジェクトの銅品位の推移を示した。世界の2002年から2006年間の新規プロジェクトの銅品位は0.95%から0.88%に低下している。この傾向は世界の銅生産コストの推移に大きな影響を与えると考えられる。利益をあげるために必要な年間銅生産量を確保するためには、より大量の鉱石処理を行なわなければならない、より大規模なミル・プラントや選鉱場を建設しなければならないからである。

表15 世界の主要プロジェクトの銅鉱石品位の推移(2002～2006年)

年	Africa		America		Asia/Europa		Oceania		世界	
	*数	銅品位	*数	銅品位	*数	銅品位	*数	銅品位	*数	銅品位
2002	11	1.58	54	0.88	12	0.95	12	1.56	84	0.95
2003	12	1.60	52	0.86	12	0.94	12	1.52	86	0.93
2004	12	1.76	59	1.03	14	0.91	13	1.50	96	0.93
2005	14	1.63	60	0.88	15	0.95	14	1.55	98	0.90
2006	14	1.63	54	0.82	18	0.86	14	1.46	93	0.88

*プロジェクト数

おわりに

本レポートにより、世界の鉱山会社は生産コストの上昇期に直面していることが示された。2002年から2006年間の世界のコスト上昇率を比較すると、アルゼンチンとインドネシアにおける大幅な上昇が特に目を惹くが、これらの場合は、銅山操業の経験に乏しいことに起因する一時的な要因によるものである。チリにおける状況はこれらのケースより悪いとは言いがたい。特にオーストラリアやカナダのような銅の大生産国におけるコスト上昇と比較した場合、コスト上昇率が低く、生産コストも格段に低いといえる。しかし、チリのコスト上昇率はペルー、ロシア、メキシコ及び米国より高く、生産コストもペルー、ロシアより高く、メキシコと同等である。チリが過去20年間低コスト生産のリーダーシップをとってきた経緯を考えると、チリにおけるこのコスト上昇は問題である。

チリにおけるコスト上昇は主に労働問題とエネルギー・水の要因によるものであり、本レポートで分析したとおり、世界の鉱業界でコストを上昇させている共通要因の影響もあることはあるが、その影響度は比較的軽く、むしろ大部分はチリの特異状況に由来するものである。エネルギー費、資材費等の高騰による生産コストの上昇は銅価格の高騰期には当然のことであるが、チリにはアルゼンチン産天然ガスの供給カット問題、水不足問題、下請け労働者の問題等、より複雑で解決の難しい多くの課題が存在する。

また、新規開発中のプロジェクトは、大抵の場合、鉱石中の銅品位が低いということにも留意しなければならない。チリは開発中のプロジェクトを最も多く抱えた国として、銅精鉱生産鉱山の開発プロジェクト12件とSX-EWプロジェクト13件を保有しているが、これらプロジェクトの平均銅品位は0.74%、0.53%である。チリにおける鉱石の平均品位は、数十年前と比較すると急激に低下している。例えば、1980年代に発見された鉱石の平均銅品位は1.02%で90年代に発見された鉱石の品位0.52%と比較すると、発見された鉱石の量にはそれ程大きな変化はないが、平均品位は事実上半減していることが分かる。

探鉱・開発プロジェクトが最も多く集中している、ラテンアメリカ諸国においては、これらプロジェクトが所在する地域のコミュニティーや地域住民が頻繁に鉱業活動反対運動を行なうようになっている。チリにおいても水資源を鉱業活動に使うことに反対する場合や、農業生産者が鉱業活動により農業用水が汚染されるとして反対するケースが頻発している。こうした状況はプロジェクトの立ち上げを数年間遅らせる可能性もあり、生産コストを圧迫する要因となる。

もう一つ考慮しておかなければならない要因は、鉱山会社の生産コストとメタル価格の関係が複雑だということである。銅価格高騰期よりは低迷期の方がコストと価格の相関関係が顕著である。1980年代初期のような銅価格低迷期には、生産者は直接コストを銅価格

以下に抑えるよう努力しなければならない。これが不可能な場合は、損失を被り、一時的若しくは恒常的に鉱山を閉山するリスクを覚悟しなければならない。しかし、銅価格の高騰時は、生産者は生産量を最大限増やし収入増を図ることを優先する。銅価格が高い時は、会社は鉱床の低品位箇所を採掘し、採掘を止めていた旧鉱床の再開発を行なうため、採掘コストも選鉱コストも上昇することになる。また、会社によっては、ストライキによる生産量の低下を避けるため、賃金を引き上げて銅価格高騰による利益の一部を労働者に還元する場合も出てくる。収入を最大限増やそうとしている時には、コストを抑制しようとする動きは二次的な行動となるため、利益率の最も高いレベルにある会社ではコストが上昇する傾向がある。これが鉱業界全体の平均コストを引き上げる結果になる。

最後に、チリにおけるコスト上昇の大部分は一過性の要因によるものではなく、恒常的要因によるものであり、エネルギー、労働、水及び鉱石品位低下によるコスト上昇に対しては、応急措置を行なうよりむしろ構造問題として解決を図るべきだと考える。つまりこれらの要因によるコスト上昇は今後しばらくの間は続くものと考え、例えば硫化鉱のバクテリア・リーチングに関する研究等、生産コストを構造的に削減できるような技術開発を進めなければならない。

(2008.2.12)

〈参考文献〉

- Costos de operacion de la industria del cobre, Aldo Picozzi, Cristian Munoz COCHILCO, 1998
- Anuario Estadistico, COCHILCO, 2002-2006
- Catastro mundial de proyectos y prospectos mineros de cobre, COCHILCO, 2007
- Copper Bulletin, International Copper Study Group, 2000-2006
- Metals Economic Group, World Exploration Trends, Corporate Exploration Strategies, 1990-2006
- Mine Riding the wave, Pricewaterhouse Cooper, 2007
- Informacion de linea, Comision Nacional de Enagias (CNE) de Chile, 2006