

銅の国際的な需給構造の歴史と変遷

歴史シリーズ - 銅(1)-

金属資源開発調査企画グループ

はじめに

近年、中国など世界的な需要の拡大を背景として、世界の非鉄金属資源開発ビジネスにおけるプレイヤーも大きく変化してきている。このような中で、資源開発を担う我々にとって、これまでの非鉄金属資源の開発の歴史や世界の非鉄メジャーの取り組みや資源国の政策の変遷を振り返り、先人の足跡を辿ることが将来の我が国の海外非鉄金属資源開発を推進するには極めて重要であると考える。そのため非鉄金属資源の生産国、資源開発会社、生産技術、鉱業政策の変遷などの非鉄金属資源に関わる様々な歴史をまとめることとした。

今回から5回にわたり銅に関する歴史について概説することとする。

1. 人類による銅の利用の起源

その昔、人類が定着し、従来の狩猟生活に加えて、農耕や牧畜の集団生活を始めたのは、新石器時代に入ってからであった。この定着が始まり、様々な道具を、木や石、骨、土（粘土）などを使って製作し始めた。

そのうちにたまたまある地域に住む者たちが、川床に特殊な「石」を見つけ、その「石」がたたくと薄い板状になったり、とがったピン状になったりすることを発見し、利用し始めた。これはおそらく砂金、砂錫、自然銅などであったろう。小アジアのチャタル・ヒュユク遺跡では紀元前7000年頃の自然銅を加鍛した資料が出土しており、最も古い例の一つである。

こうして利用され始めると、人々は意識的にこのような「石」を探すようになり、自然銅の塊も発見されたであろうといわれている。また、自然状態で美しい色を呈する孔雀石や藍銅鉱なども早い時期から人目を引いていた。更に、黄鉄鉱とそれによく似た黄銅鉱も、その美しい結晶の輝きが人々を引きつけていた。

銅は人類の歴史の中で、人類により最初に利用された金属であるといわれている。紀元前5000年頃までには金属の形で利用されたことが明らかになっていることから、利用の起源は紀元前6000年までさかのぼると一般に推定され

ている。

世界の古代四大文明であるエジプト、メソポタミア文明において、紀元前4000年ごろには、銅が使用されていたことが知られている。いわゆる「銅の時代」である。1960年代のイスラエルのチナム渓谷の発掘調査により、チナムは紀元前4000年代からローマ時代にかけての銅の発掘や加工の主要中心地であったことを示す数々の溶銅設備が発見されている。

地質学的に見れば、地球上に存在する銅は地球内部のマグマが火山活動や様々な火成活動により上昇し、脈状や塊状に濃集したところに鉱床として存在している。実際に存在する銅鉱石は、主に硫化物である“黄銅鉱”(Chalcopyrite CuFeS₂)として存在し、世界に存在する銅の埋蔵量の大半はこの硫化物である。さらに、風化等により酸化した酸化鉱物として存在する。

古代において利用されていた銅鉱物もこれらの硫化鉱、酸化鉱と一部の自然銅であったとされているが、最初は自然銅の成形、次に自然銅の溶解、鋳造、さらに鉱石からの溶練というステップを踏んだと考えられている。

鉱石から銅を精練する方法は、前4000年紀末に始まり、青銅もほぼ同じころから利用され始めた。銅に錫を混入することにより、より硬い金属が得られ、さらに溶解中における気泡の発生をおさえることができるため、複雑な鋳造

も可能となる。また、製品の用途に応じて、錫の配合比を変えて、性質の違う金属を作ることができる。この技術の発祥地として、イランのタウルス山からカスピ海へ続く山地が有力視されている。

青銅器時代についての考え方には、ヨーロッパの先史時代の中心として形成されたために、世界各地に青銅器時代の定義に当てはまらない青銅器文化が存在するが、とりあえず、諸地域の著名な青銅器文化について概観してみる。

諸地域の青銅器文化

まず、メソポタミアでは、紀元前4000年前後のシュムッデド＝ナスル期から銅の鋳造が発達する。工具・容器・武器・装身具などが存在する。

またエジプトでは、紀元前4000年紀の先王朝時代後期に鋳造技術の存在が見られるが、純銅製品がほとんどで、青銅技術は遅れて出現する。

紀元前3000年紀には、西アジア・東地中海域では優れた金属利器を獲得したことにより、農業生産の増大、資源の開発をもたらし、さらに人口の増加と集中が始まり都市文明が出現することとなる。

東地中海地域以外のヨーロッパにおいては、紀元前2000年以前から、東地中海地域などの鉱山師によってトランシルバニア（ルーマニア）やイベリア半島などの銅鉱が開発されていた。やがてボヘミア・スペイン・英国などで錫鉱も開発された。紀元前1800年ごろから青銅器時代に入ったと推定されている。北欧では、古代ゲルマン民族による青銅器文化が発達し、遅くまで残存する。イラン南西部のザクロス山中にいて、紀元前3000年から紀元前1000年にかけて、ルリストン青銅器文化と呼ばれる独特の文化が存在した。武器・容器・装飾品などのほかに、独特の動物文様を持つ馬具や神像が特徴的なものである。

インドにおいては、紀元前3000～紀元前2000年紀と推定されるモヘンジョ＝ダロとハラッパで青銅の容器などが見られる。

東南アジアでは、パンチェン遺跡やノンノ＝タク遺跡で青銅器が発見されているが、放射性炭素年代測定により紀元前4000～紀元前3000

年紀という年代のものと測定され、中国の青銅器文化に先行するものかどうかが問題とされている。

青銅器文化は、古代中国では相当早い時期から開けていた。銅に錫を加えた合金である青銅は、溶融点が低いので、溶かして鋳物にすることはより容易であり、硬さも大きいなどいくつか銅より優れた性質を持っている。青銅文化は、西側の影響を受けて開けたものか、独自に開発したものかは別として、中国の青銅器は、殷代の早い時期から出現する。殷周時代の青銅器は多様な器種と意匠、製作の優秀さにより著名である。様々な器種の食器・水器・武器・農工具・車馬具などのほかに楽器も存在する。祭器・宝器の類が多い。周時代（紀元前1000年頃）に書かれた「周礼考工記」には、銅錫合金の標準値として、「金の六斎」といわれる青銅の成分表が記述されている。また、青銅の溶解法でも次のように詳しく述べている。「先ず、黒濁の炎の出具合で、地金に含まれる不純分を十分に追い出し、続いて出る黄白色の炎の具合で銅の融け落ち状態を知る。このようにして銅・錫が十分に解け合った状態で、鋳造を開始するとよい。」このように殷・周時代には青銅製造技術は確立されていた（表1）。

表1 金の六斎

斎	成 分	用 途
鐘鼎の斎	錫14%	鐘、鼎
斧片の斎	錫17%	斧
戈戟の斎	錫20%	矛
大刃の斎	錫25%	刃物
削殺矢の斎	錫30%	矢尻
鑿燧の斎	錫50%	鏡、火打ちがね

銅のおはなし他

中国では、春秋晚期ごろから、鉄製利器が出現し始めるが、その後も銅器工芸は盛んであった。中国南部には、石塞山文化が存在する。特に、その初期にはまったく鉄器が存在していない。しかし、時期は、前漢初期から後漢初期と推定されている。

ユーラシア草原地帯には、多くの遊牧民の青銅器文化が存在する。南口シアのスキタイ文化には各種の青銅武器が発見されている。

南シベリアのミヌシンスク盆地には、シベリアで最も古い青銅器文化が存在する。すでに紀

元前3000年紀後半から紀元前2000年紀にかけてのアファナシェヴォ文化には、小型の銅製品が存在するが、続くオクネフ文化には、刀が存在する。アンドロノヴァ文化に至ると多くの利器が存在する。この地域は、紀元前7世紀から始まるタガール文化期に、初期鉄器時代に入るが、当初は青銅利器が主流であった。なお、レナ川やアルダン川流域には紀元前18世紀ごろから、青銅器文化が出現している。

中国長城北部には、オルドス青銅器文化が存在した。最盛期はタガール文化に並行する時期で、その影響が強い。またそれ以前のカラスク文化期に並行するものもあり、終末は前漢代と考えられる。

朝鮮半島は、紀元前5世紀ごろから青銅器文化が出現する。琵琶形銅剣や多鈕鏡などの北方的な要素が多く見られる。さらに細形銅剣などの独特の青銅器が発達する。

最初の銅生産地

エジプトで利用された銅は、主としてエジプト東部の「紅海」付近の丘の豊富な孔雀石から得られた。現在でもこの時代の鉱山の跡が、昔の通商路に沿って点々と発見されている。特に、鉱床地帯の延長のシナイ半島に当時としては大規模な鉱床群が発見された。

チグリス・ユーフラテス地域では、現在のアルメニアの山岳地帯から供給を受けて利用された。小アジアのチャタル・ヒュユク遺跡では紀元前7000年の自然銅を加鍛した資料が出土している。

これらの産地よりは少し後にキプロス島で銅鉱山が開発され、長くヨーロッパの大供給源となつた。

キプロスの女神をキュプリウム（CYPRIUM）という。このラテン語が英語音訳されてカッパー（Copper）となり、そのまま銅の名称として定着したといわれている。

アルメニア、エジプト東部、キプロス島が当時の3大供給地であった。

ローマ時代

紀元前13世紀頃になると、フェニキア人が大西洋に活躍の場所を広げ、現在のスペインのカディスに貿易の基地を建設した。彼らはこの

カディスを足がかりにして、内陸を探検開発し、エルバ（Huelva）付近で含銅黄鉄鉱鉱床を発見した。この鉱床は、現在でもこのタイプでは世界最大のものである。さらに、周辺探鉱でRio Tinto、Tharsis鉱山を発見し開発した。

後に、ローマ人が第1次ポエニ戦争でスペイン全土を占領し、スペインにある鉱山もローマ人の所有となった。これら鉱山では、初めは自然銅が採掘利用されたが、次第に孔雀石、珪孔雀石、輝銅鉱等の銅鉱石も利用されるようになった。こうしてスペインはローマ時代の最大の供給地としての役割を果たすようになった。

ローマ文明は銅の利用をさらに発展させた。軍事目的としての利用はもちろん、人身装飾具、家庭用品にまで銅の活用を進めた。貨幣として銅と亜鉛の合金である黄銅を活用したのはローマ人であると考えられている。

2. 産業革命以前の銅の利用

（1）銅生産技術の歴史

銅が人類に利用されたのは紀元前6000年前にさかのぼる。

おそらく川床などで偶然非常に輝いたり重かったりした石が関心を集め、しかもあるものはたたいたりすることによって、板状にしたり棒状にたやすくできる性質があることに気づき、道具や装飾品として利用され始めたものであろう。

このような「石」としては、砂金、砂錫、自然銅などの塊があろう。紀元前5000年ぐらいになると銅に熱を加えるとより加工しやすくなることが分かり、細工しやすくなるために、これまでより複雑な形の道具類を作ることができるようにになった。

さらに紀元前4000年から3500年ごろになると製錬法と鋳造法が開発され、自然銅だけでなくいわゆる銅を構成鉱物中に含有する「鉱石」の利用も可能になり、大量生産が行われるようになったことが知られている。人々は、綺麗な青色を呈する銅の酸化物や炭酸塩、珪化物、また、輝く金色の黄鉄鉱、黄銅鉱などは早くから注目していた。製錬法が発見されたことで、これらの「石」は、銅を生産するための貴重な鉱石として重要視されるようになり、人々により

積極的に探され、利用され始めた。鉱物から銅を単体として分離することが可能になったことから、これまでに比べて飛躍的に生産が伸びた。

紀元前2500年頃になると、銅に錫を加えて青銅の生産が可能になった。青銅は銅より硬いためにより高度な道具や武器などまでに利用することが可能になり、いわゆる「青銅器時代」が誕生した。

鉱石から銅を製錬する方法は、紀元前4000年紀末に始まり、青銅もほぼ同じ頃から利用され始めた。銅に錫を混入することにより、より硬い金属が得られ、さらに溶解中における気泡の発生をおさえることができるため、複雑な鋳造も可能となる。また、製品の用途に応じて、錫の配合比を変えて、性質の違う金属を作ることができる。

青銅の優れた性質により、その生産は飛躍的に伸び始めた。そのため必要な原料である銅などの鉱石を安定的に供給するために鉱山の開発も積極的になれるようになってきた。

探鉱

古代の探鉱法の何らかの明確な記録は残っていない。初期の探鉱者は、地表面で鉱石を見つける以外は、良質の利益の上がる鉱床を突き止める機会はほとんどなかった。

ローマ時代以前の鉱山は、露天掘り鉱床を利用することで始まり、鉱脈を横切って切り通しを掘って鉱脈を調べ、それから鉱脈に沿った切り通しでこれらを開発した。水平の鉱床は立坑を掘ることによって取り組んだ。地中下深く鉱石を突き止めるために使われた方法は残されていない。

鉱脈の連続を調査する方法には、ふつうは、立坑によって下へと辿られた。後代の探査で地下水の排水をよくするため、横坑道が掘られるようになったが、一般的に、無駄な岩石を貫通して横坑道を切り開くのに多大な労力を費やすよりも、立坑で鉱石を引っ張り上げた方が楽だと考えられていた。

古代では、鉱脈をいったん見失うと、それを再び見つけることはまれであった。

古代中国では、鉱石や鉱物の所在を見つけるために、伝統的な地質学の観察が行われていた。

とりわけある種の色を持った重要な鉱物の観察に基づいて行われていた。これらは、「本草拾遺（725年）」等に記録されている。

日本でも、地表の現象を観察する「山相学」として探鉱法が伝わっており、江戸時代の元禄年間に佐藤一族により、「山相秘録」として、まとめられている。これには次のような項目に分け記述されている。

- 第1 金属の精気を望見する事
- 第2 鉱床の走向及び傾斜に依って観相する事
- 第3 露頭の鉱物に依って鑑識する事
- 第4 露頭の鉱物に依って埋蔵金属の多少を予知する事
- 第5 鉱体所在の高低を予知する事
- 第6 鉱体に到達するまでの深浅を予測する事

採掘

銅鉱物の大部分は硫化物と酸化物であり、これら鉱石が地表に近いところに存在する場合もあれば、地下深いところに存在する場合もある。

地表に近い場合は、地表から掘り進み不用な岩石を取り除き、鉱石を採掘する、いわゆる露天掘りという探鉱法がとられるが、地下深い場合は立坑や山据からの水平行道により鉱石に達するまでの地下道が開削され、この地下坑道で採掘された鉱石が地上に搬出されるという、いわゆる坑内掘が適用される。

通常は人類にとって技術的かつ経済的に容易なところに存在する鉱物から発見され、採掘されることから、まずは露天掘りで採掘できるところから採掘が進み、後に坑内掘により、地下深い場所の採掘に展開していくというのが一般的な流れである。

しかしながら、現実の歴史においては、人類が偶然に発見した鉱物の採掘から具体的な鉱物採取が始まることとなるため、必ずしもこのような露天掘 坑内掘という定型的な発展を辿るわけではない。

銅の坑内掘の歴史は極めて古く、紀元前1400年ごろとされている。

地表の砂鉱や露天掘り採掘場から欲しい産出物を取り出すことには、それほど困難はなかった。しかし、深く掘り下げた坑道にある鉱脈から鉱

物や鉱石を取り出すことは困難だった。

地下掘りの初期は、地中に垂直に立坑を掘り、水平の高さに鉱石を有する層にひ押坑道や横坑道を掘ることによって鉱石に取り組むことがで

きた。しだいに、立坑を掘るよりも、鉱脈を追って渓谷の岩の斜面に水平の横坑道を掘る方を選んでいった。横坑道には排水や運搬を容易にする利点があったからである（表2）。

表2 古代の採掘方法の発達の推移

時代	採掘方法	採掘用具	採掘対象		冶金法
			宝石・石材	金属・鉱石	
旧石器時代	玉石などの探索、露天作業、円錐形立坑	木または骨の掘り棒、角や叉角、手斧などの最初の石の用具	玉髓、石英、水晶、蛇紋石、黒曜石、碧玉、こはく、硬玉、方解石、フリントと黒曜石、金剛砂		
新石器時代（～前3500年）	採石場、石板、露天作業、傾斜立坑、しだいに水平坑道へ	石つるはし、石づち、石のみ、石斧	紫水晶、ほたる石、軟玉、トルコ石、ラピス・ラズリ、ひすい、めのう、花崗岩、閃綠岩、石灰岩、砂岩		
エジプト先王朝時代（前3500～前3000年）	水平坑道を持つ方形と円形の立坑の発展、換気と排煙、支柱支え	石のつるはしと最初の銅の用具	赤鉄鉱、雪花石膏、珪孔雀石、孔雀石、綠柱石、長石、大理石、岩塩	自然金属（金、銀、銅）露頭の銅鉱物	自然金属の鍛造、金属の熔融と鋳造、銅酸化物の最初の還元
金属器時代（前3000～前2200年）	露頭の組織的剥ぎ取り、階段つき立坑（？）	加熱法の一般化	縞めのう、赤縞めのう、天河石、藍銅鉱、カライス	酸化銅鉱石と炭酸塩銅鉱石、方鉛鉱、輝安鉱、錫石	方鉛鉱から銀、自然通風による酸化と還元、磁鉄鉱からの練鉄、鉛・アンチモン・錫との銅合金
金属器時代（前2200～前1200年）	立坑の木組み（？）、手おけなどによる排水、広い坑道	銅製用品の一般化	血玉髓、エメラルド、菱苦土石、トパーズ、緑玉髓	含金石英脈、酸化鉄鉱石、硫化銅鉱	低い豊型炉、ふいごの使用、硫化鉱石焙焼の普及
初期鉄器時代（前1200～前500年）	排水横坑道、大規模な採石場	鉄製用具、徐々に銅や石の用具を駆逐	サファイヤ、ブルー玉髓、ローズ石英、尖晶石	褐鉄鉱、赤鉄鉱、黃銅鉱	表面硬化法による「鋼鉄化」された鍊鉄、焼き入れと焼き戻し
後期鉄器時代（前500～前50年）	機械による排水、運搬と換気		ルビー、ジルコン、オパール、藍玉、海泡石、ダイヤモンド（？）	褐鉄鉱、赤鉄鉱、黃銅鉱（？）	銅と異極鉱からなる真鍮、高い豊型炉
ローマ帝国（前50～後300年）	揚水車、揚水機などがさらに一般化、深い鉱山と大規模な露天作業		砂金、月長石		「シュテュック炉」、水銀の製造

出典：古代の技術史より

掘削用具の進歩は遅かった。また、採掘には、冷却水運搬と排煙の条件のよい坑道では、加熱法も用いられた。坑内掘の問題点は、照明、換気、排水であった。照明は、鉱夫が通常家で使う明かりの類を採用した。換気は非常に真剣な問題で、坑道は狭く、鉱石は、有毒なガスを発することがあった。このため、換気のためだけに掘削された立坑も残っている。「坑内空気境界壁」の採用は、16世紀から後世のものと考えられている。

排水は断然難しい技術で、古代の鉱夫は鉱山の突然の出水に対して無力であった。ほとんどの場合、地下水位より下の鉱脈開発は困難であ

った。坑道にたまつた水は、地表へ奴隸などの人力で運ばれていた。ローマ時代になると灌漑に用いる揚水機械が導入され、水圧揚水機が発達していく。1637年日本の佐渡鉱山では長さ8フィート、直径1フィートの木製アルキメデス式揚水機「竜巻」が用いられていた。

中世においてもその歴史は同様でドイツなどでは坑内掘が盛んに行われていたことがゲオルギウス・アグリコラの「デ・レ・メタリカ」に詳しく図説されている。本書には、立坑の掘削状況、坑内水の排水法、通気、洗鉱、さらには当時の採掘法としての錐柄、楔、テコ等を使った鉱物をはがす方法や、火力採掘法ともいわれ

る積木に火をつけ岩石を熱し、水で急冷することにより温度の急変で鉱石をひび割れさせて採掘する方法等が詳説されている。

このような中世の採鉱法は銅の近代史の幕あけといわれる19世紀の初頭まで続けられてきている。

産業革命での蒸気エンジンの発明により、1830年代には人力から一部これら動力を活用した排水装置、鉱車、昇降装置、ガイドレール等が導入され、1870年頃（19世紀後半）にはダイナマイトや圧縮空気による削岩機の出現により、中世時代からの採鉱法に技術革新が図られていった。

20世紀初頭までこのような採鉱法で開発された銅は、世界的に様々な地下の異なる深度にある鉱脈から採取されるようになった。

「鉱脈」とは、英語の[vein]の意味で、岩石（地層）の割れ目を埋めた鉱物の集合体で板状の形態を有するもの。鉱床の形状による分類では、鉱脈鉱床、塊状鉱床、層状鉱床などと用いる。古代においては、周辺の岩石・地層と脈の方向や傾斜が調和的なものを「鉱層」、横切るものを鉱脈といつて区別することもあるが、大体は採掘対象となる鉱床全体をいうことが多い。それは、近年開発されている鉱染状大規模低品位鉱床などは、技術的に採掘対象にならないため、稼行対象がほとんど鉱脈鉱床であったので、「鉱床」と広い意味で同じように使われている。従って、俗語では、もうけになる対象を鉱脈と呼んで使うことが広がった。

古代では、鉱脈の地表に露出していた部分を見出し、採取可能な範囲のみ掘り広げていったため、採掘対象の地下深度や広がりが限られていた。

選鉱

古代人は一般に、運搬する前に鉱石を入念に選んで価値を高めていた。大部分は立坑口で選別していた。選別は主に手選で行われていた。磨鉱は石臼で行われた。金鉱石や方鉛鉱などは、採掘された鉱石を細かく人力等により破碎し、手動のふるい箱を通し洗鉱台に落とし、より目の細かいふるいのついた水槽に流し込むことにより、比重を利用した選別を行い、精鉱を取り

出し、これらを製錬所へ積み出すという流れであった。

製錬

古代の製錬法については、イスラエルのチナム遺跡（紀元前4000年）で発見されている。この溶錬設備は、地面に小さな窓を掘って作ったお碗の形をした炉底と、地上でそれを囲む石の壁からなっていた。鉱石の碎石は木炭の火で熱した炉に入れられ、そこで金属性の銅の小粒に還元された。この技術はアグリコラ時代の中世の欧州に至るまで引き継がれた。

原料が酸化銅や自然銅だけを採取していた時代はこの製錬法でよかつたが、銅鉱石も地下を掘り下げるに従って硫化鉱に変わってきたので、ばい焼とか還元というような製錬法が考えられるようになり、炉も溶鉱炉が開発された。

16世紀には、反射炉製錬がドイツや英国で開発され、欧州に広がった。

加工

古代より銅はたたけば硬くなり、反対に加熱すれば軟らかくなり、それを再び焼きなませるという性質が知られており、様々な方法で切削、加工されていた。

また、錫鉱を銅の溶湯に添加することで、青銅が製造されることが古くから行われた。青銅は製造方法が正しくないと破断しやすいとはいえ、銅に比べるとより硬く、耐久性はほぼ同じであり、鋳造ははるかに容易なので、その加工・使用は広範囲にわたった。

最古の鋳物は粘土型と思われる。その後エジプトで、ロストワックス法、またはシレ・ペルドウ法という鋳造法が発明されたといわれる。シレ・ペルドウ法によって確実な鋳物の製造が可能となり、非常に洗練された装飾や精緻な細工ができるようになり、中空の鋳物も作られるようになった。

ギリシャ人も黄銅について知っていたが、相当な規模で黄銅を使ったのはローマ人であった。純粋な亜鉛は近代まで知られていなかったので、ローマ人が使った亜鉛鉱石はシリカを多く含む異極鉱であった。最古の黄銅は、粉碎した異極鉱粉を銅と混合し、この混合物をルツボで加熱して作られた。ローマ人は用途別に黄銅

の成分を変えることの意味を知っていた。例えば、繊細微妙な細工用には、伸延性に富み色彩が美しくなければならず、その組成割合は亜鉛18%、銅80%であったが、これは現代のメッキ用金属とほぼ同じ割合である。

黄銅及び青銅以外の合金が使われ出したのは、19世紀の冶金学の急速な発展以後のことである。黄銅は長い間ずっと銅と異極鉱で作られてきた。1738年になって、木炭または無煙炭を使う還元によって異極鉱から金属亜鉛を蒸留する方法が発明された。ブリストルの諸工場が年間200tの生産速度で、良質の黄銅を生産し始めたのはそれ以後のことである。

（2）産業革命以前の銅事業

ヨーロッパにおけるローマ人による銅の利用拡大は英国においても行われた。

紀元前1500年頃にはローマ人による銅鉱山の開発が行われ、銅や錫の交易も行われていた。しかしながら、5世紀にローマ人が去った後には英国の経済は暗黒時代に入ったとされ、約1千年以上も銅の生産利用に関し見るべきことはなかった。

その間、ドイツにおいては金属鉱業、加工技術が進展し、英国では青銅による鐘の鋳造等が行われた。

16世紀までには、ロンドンは武器製造の重要な中心地となっていたが、大量の大砲その他軍需品製造に必要な銅地金の大部分は外国から輸入されていた。16世紀頃までの英国内の銅産業は取るに足りないものであって、ヨーロッパ大陸諸国に比べて後進国の状況にあった。この事態を改善するため、ヘンリー8世（在位期間1509～1547年）は、ドイツから鉱山技術者を招聘し、鉱山開発や銅・真鍮の生産を試みた。このようにして、ヘンリー8世の娘であるエリザベス女王にスペイン無敵艦隊を敗北させる一端を与えた。

エリザベス1世は、富国強兵の見地から、ヘンリー8世の方針をさらに押し進め、1568年に2大産銅・非鉄会社の「Society of Mines Royal（王立鉱業所）」と「Society of the Mineral and Battery Works」を設立した。前者には、国内における銅・貴金属採掘、後者には亜鉛鉱石採掘と製品加工（真鍮）の独占免許権が与えられ

た。当時の産銅先進国であるドイツの資本、技術、機材を導入し、英王室の保護の下に、本格的な英国の銅事業が出発することとなった。

当時の銅の需要は、大砲・鉄砲などの軍需品、やかん、鍋、ネズミ取り器、鳥かごなどの日用品、産業用としては各種ピン類やWool cards（毛織物用のワイヤー）が多かった。

17世紀を通じて英国の銅産業の詳しい実態については、よく分かっていない。品質や価格の面でかなり苦境にあったことは間違いない。

当初の段階では、英国は銅産業後進国であったので、国家の全面的保護の下に、これを保護・育成させる必要があった。従って、国策会社2社に独占権を与えていたが、価格低減や品質向上がなく、国内銅保護のための関税も高く、銅の需要家からは大きな不満が出ていた。17世紀後半になると、独占の弊害が大きくなるようになり、その結果、1689年に「Mines Royal Act」が発布されて、国策会社の独占権は失われ、誰もが自由に産銅事業（採掘・精錬・加工）に参入できるようになった。これにより、それまで30年間ほどほぼ停止状態にあった産銅事業も、採掘、精錬、加工の分野で多くの会社が創立されて、活気を呈し、新しい局面を迎えることになった。

Mines Royal Act発令後の英国銅産業は確実に発展した。銅鉱石の採掘は、Cornwall州、Devon州及びWalesのAnglesey島で豊富な鉱脈が発見され、盛んになっていった。

3. 産業革命と銅の近代史の始まり

18世紀中頃に始まった産業革命の前では、銅は主に装飾品、鐘等の美術品、大砲や艦載品等の軍事に利用されていた。産業革命の影響が大陸に広がった後半、鉄や石炭とともに、銅の需要も同様に増え、間もなく、この経済的・社会的変革は世界中に広がった。

英国の銅産業の飛躍的発展に貢献したのがWattによる蒸気エンジン（蒸気機関）の開発であった。1769年にWattは蒸気機関の実用化の特許を取得し、このエンジンは、銅鉱山や炭坑の坑内の排水用に利用された。この蒸気エンジンの発明・開発が、鉱山開発に果たした役割は計り知れないほど大きく、鉱山産業の歴史において、最大の技術革新の一つといわれる。

鉱物資源の掘削には必ず排水の問題が付きまとひ、この処理をいかに行うかは常に最大の深刻な問題であった。蒸気エンジンが実用化される前、排水作業はもっぱら人力、馬力あるいは水車により行われていたが、これには限界があり途中で稼行を断念して閉山せざるを得なかつた。蒸気エンジンの開発は、こうした問題を一挙に解決して、生産量を飛躍的に拡大した。

製錬技術も英国において発展した。Cornwall 州と Devon 州の鉱石を製錬するため、ウェールズ南部の Neath と Swansea に製錬所が建設された。Swansea の製錬所では、16 世紀のドイツで開発された技術が使用されていた。当時はまず硫黄分を除去するため鉱石をばい焼し、次いでそれを溶解し、スラグを作り不純物を取り除いていた。これには 10 幾つかの工程を必要とした。1750 年頃 Swansea の製錬所では、「Welsh Process」と呼ばれる簡易な技術が開発された。これは、反射炉法を用いるもので、6 段階の工程にまで短縮され、わずか約 4 日間で作業が完了できるようになった。この方式では大量の石炭を必要とし、英国内で産出された低価格で豊富な石炭を木炭の代わりに活用することで、英国の製錬所の競争力が一気に高まった。

英国は、18 世紀後半には、世界の地金生産の 3/4 を供給する最大の産銅国となり、世界の銅製錬の中心地となつた。

18 世紀末では、世界の銅地金のほとんど全量が英国で製錬されていた。

この反射炉法は、精鉱と熔剤が合わせて溶解され、銅と硫化鉄の混合物が下部層に溶けているマットの中の鉄を硫黄は酸化され分離されるもので、酸化鉄は鉱滓として除去、硫黄は硫酸の原料として活用される。

残った溶融銅は 99.4 % の銅純度で電解精錬で 99.8 % 純度まで精製された。

19 世紀に入ると、自溶製錬法と呼ばれる溶鉱炉の中で、鉱石中の硫黄と鉄との酸化熱だけばい焼と溶錬とを行うという理論が試みられ、1856 年に英国人ヘンリー・ペセマーがこれを製錬に応用して成功したことから、その後銅鉱石に試みられた。ついで、転炉の下方側面に送風の羽口を造り、粗銅の溶体がことごとく炉の底

に収集されるという製錬法が工夫され、これがペセマー製錬法といわれ、広く行われるようになった。

英國南西部、Cornwall 及び Devon 地方の銅生産は、1725 年から 1900 年までの間で、銅鉱石生産量は総計 11 百万 t、1770 年から 1900 年までの銅地金生産量は総計 84 万 t になった（表 3）。

表 3 英国南西部の銅生産量の推移（1725 年～1900 年）

期間(年)	鉱石(t)	地金(t)
1725～1730	6,000	-
1730～1735	6,500	-
1735～1740	8,600	-
1740～1745	6,500	-
1745～1750	7,000	-
1750～1755	13,000	-
1755～1760	16,000	-
1760～1765	17,840	-
1765～1770	24,170	-
1770～1775	28,750	3,500
1775～1780	27,600	3,300
1780～1785	33,160	3,990
1785～1790	35,500	4,220
1790～1795	40,240	4,670
1795～1800	49,900	5,200
1800～1805	62,800	5,540
1805～1810	72,220	6,570
1810～1815	73,030	6,530
1815～1820	84,080	6,870
1820～1825	101,170	8,320
1825～1830	126,550	9,930
1830～1835	142,800	11,740
1835～1840	146,850	11,500
1840～1845	154,200	10,980
1845～1850	152,400	12,350
1850～1855	173,930	11,970
1855～1860	191,130	12,360
1860～1865	171,810	10,800
1865～1870	110,210	7,330
1870～1875	58,380	3,930
1875～1880	48,350	3,320
1880～1885	26,150	1,850
1885～1890	5,600	520
1890～1895	3,730	265
1895～1900	5,230	370
総生産量	11,156,900	839,625

出典：英系メジャー誕生の背景
原典：“A History of Copper Mining in Cornwall and Devon” by D.B.Barton

産業革命の結果、産銅業は全く新しい一層高度の重工業品業界に原料を供給するものへと変化した。Bristol に続いて、Birmingham が黄銅鋳物の主要センターとなり、ワットの蒸気機関

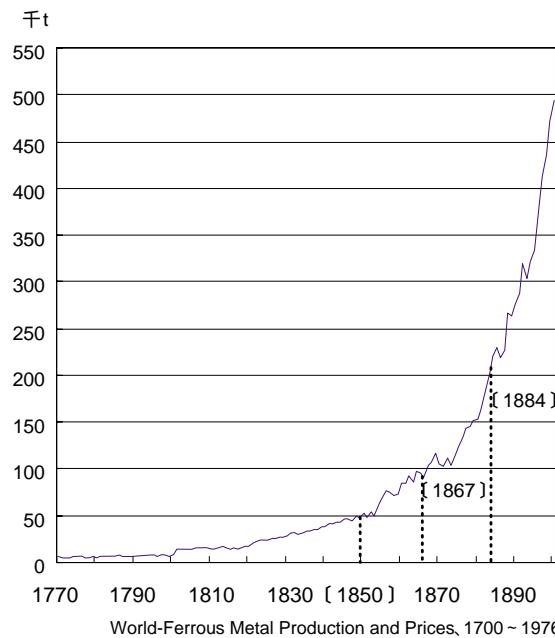


図1 世界の銅の生産量（1770年～1990年）

生産国であったが、世界の供給量の大部分は英國とドイツの鉱山から生産されていた。この両国は製錬技術も世界をリードしていた。

19世紀初頭の世界総生産量は年産16,000tのレベルである。

英國の産銅業の最盛期は、19世紀の前半で、英國の銅地金生産量は世界の半分以上を占めていたが、この大部分は英國南西部のCornwall州で生産され、South WalesのSwanseaは銅と石炭の産地に近いという好条件により銅製錬の中心地として繁栄した。

しかし、19世紀中頃からCornwall地区の鉱山の鉱量・品位が低下するに従って、隣州のDevon州西部の鉱山開発・生産が増えていった。Cornwall地区の最盛期は1750年～1850年のほぼ1世紀で、その後は急速に衰退した。ほとんどの鉱山が19世紀中に姿を消し、最大手のDevon Great Consolidated鉱山が1903年に閉山となり、最後の鉱山も1910年に操業を停止した。

これは資源量の限界が来たことと、労働コストの安いチリ、北米、豪州に対して生産原価の競争力がなくなってきたことによる。19世紀後半には英國は産銅トップの座をチリにゆずることになる。

英國国内での産銅拠点を失った英國資本は、

の発明によって、銅はシリンダー、バルブ、タップ、フランジ及び新しいエンジンの多数の機械部品として大量に消費されるようになった。1770年頃には、その他あらゆる種類の産業用・家庭用黄銅製品とともに、これらすべてのものが、イングランドの中部諸州で作られた。

また、18世紀中ごろに木造船を船虫から守るため、船底を銅で覆うことが始められた。その数年後、英國艦隊の大部分は同様に銅で被覆された。ネルソン時代の軍艦の今一つの特徴は従来の鋳鉄の大砲に比べ、はるかに遠距離に、しかも正確に届くとの評判のあった銅製大砲の導入であった。かくして、銅が、ナポレオンの海軍力を壊滅させるのに、重要な役割を演じたということができる。

さらに19世紀の初めには、ファラデーの電気・磁気誘導の発見（1831年）後の電気時代の到来とともに電導性に優れた特性を有する銅が、電力の“発電（モーター）”と“配電（電線）”の両面で急速に普及し、消費量が増大した。また、電気工業用の銅は、不純物のない高品質の精銅が要求されるようになった。電解精銅方式は、1847年に実験室で成功し、1865年に英國WalesのPembreyに並列式銅電解の特許工場を建設して初めて、工業化した。

19世紀前半の世界の年間銅生産量は3万t程度で、その中心は英國とドイツであったが、その後の需要拡大により19世紀中期にはチリ、19世紀後半には米国で高品位鉱脈鉱床が発見され、19世紀末の銅生産量は50万tに達した。

18世紀後半に世界最大の産銅国であった英國は、1857年にチリにトップをゆずり1883年に米国が世界一の産銅国となった。

このようにして、過去100年の銅近代史が幕をあけ、銅の普及が電気産業と密接に関連し、その消費量が人類の物質文明の水準を反映するようになる（図1）。

4. 世界の銅供給国の変遷

以上のような歴史的流れの中で銅近代史における生産者の主役が変化してきた。

（1）英國：19世紀前半までの銅センター

19世紀において、日本もすでに世界の主要な

スペインのリオティント鉱山の開発など、スペインでの古い有名な鉱山の再開を進め、リオティント鉱山は1900年代に年産35,000tの世界最大の銅山となった。このリオティント鉱山は古代においてはフェニキア人とローマ人によって貴金属のために開発された鉱山であった。

（2）米国：19世紀後半から20世紀の主役

19世紀後半（1897年）には世界の銅地金生産量は年産40万tを超え、米国は1900年に27万t、メキシコは2万tを産出、カナダとニューファンドランドで2万t、南米は3万t、日本+オーストラリア5万t、歐州で8万t生産された。

米国において、紀元前5000年頃には、ネイティブアメリカンはミシガン州北部Keeweenawやスペリオル湖のRoyale島などで、自然銅を利用していた。植民地時代では、1709年、コネチカット州、Simsburyで銅の生産の記録がある。少し遅れてニュージャージー州のハノバーで生産が始められた。1830年頃までには、コネチカット、ニュージャージーその他で、当時のボストンやニューヨークで加工業が必要とする量を満たす程度には銅が生産されていた。本格的生産が開始されたのは1850年代の初めにミシガン州のアパー半島に豊富な銅鉱脈が発見されてからである。その後、山師は西へ向かい、ロッキー山脈沿いに、モンタナ州、アリゾナ州、ユタ州、ニューメキシコ州、ネバダ州等で、有望な銅鉱脈を発見し、開発されていった。

西部で発見された金属鉱床は地質学的にも冶金学的にもこれまでとは違ったタイプのものが多くた。これら様々なタイプの鉱床を経済的に開発する技術が次々に生まれた。生産と呼応して発展した技術が、20世紀以降の米国の鉱業を世界のリーダーたらしめた原動力であった。例えば、1844年から開発されたKeeneenaw半島の先端にあるCopper Harbor鉱山は最初の近代的鉱山で、米国で最初の立坑が掘削された鉱山であった。1845年、西半球最初の大鉱山と呼べるThe Cliff Mine鉱山では、最初にエンジンが鉱石や鉱夫の搬送及び水の汲み出しなどに使われた。

1848年に始まったゴールドラッシュも、人々の西部への関心を高めた。大勢の人々が西部への移動を開始し、探査開発の事例が蓄積し始めると、中には、金、銀の生産を期待していた鉱山が、期待に反して銅鉱床の発見に繋がる例が多く出始めた。

例えば、1860年代初期、モンタナ州Butte鉱山は最初金をターゲットにしていたが、後に金の代わりに銀、銅の鉱石が産出するようになった。ButteのStamp Mill（クラッシャー）と溶解炉は銀を経済的には分離できなかつたし、運搬についても当時の鉄道路線まで400マイル離れており、まったく採算ベースに乗らなかつた。それでButte鉱山は、すぐにゴーストタウン化したが、1881年にcopper glanceと呼ばれる輝銅鉱を含む鉱石（銅品位30%になる）が発見されるに及び地球上で「最も豊かな丘」と呼ばれるようになった。1881年末までには、4万人口の人口を抱え、4つの銅精錬施設を有するまでになつた。1887年にはスペリオル湖周辺の産銅量を抜いた。

米国は、1883年には、チリを抜いて世界第1位の銅産出国となつた。

モンタナ州でも、金銀鉱業が新たに発見された鉱山により置き換えられた。Butte地域においては、南西部の経済性を持った資源の開発は、加工業者へ銅を輸送するための鉄道の建設が行われたり、発見された様々な品位、タイプ（炭酸塩、酸化物、珪化物、硫化物など）の鉱石を処理したり精錬したりする技術の発達に負うところが大きい。次に開発やインフラを整えるために必要な資本が円滑に調達できるか否かも問題であった。

1882年にはアリゾナ州を横断するサザンパシフィック鉄道が完成し、各鉱山へのアクセス鉄道も敷設された。

鉱石の処理や製錬法は、初期においては各鉱山の鉱質などに合わせてそれぞれ独自のものが造られた。例えば、Rankin and Brayton water jacket furnaceがBisbee鉱山の酸化鉱を処理するために開発された。この設備は、完全ユニットとして出荷可能で、現場での設営にかかる技術に熟練は必要なく、これまでの炉に比較して経済性が高く、アリゾナ州南西部の山岳森林地

帶で広く普及した。加えて耐火煉瓦がいらないので運搬コストも大きく節約することになった。

さらなる技術進歩が、1880年代末期になるに従って、Clifton - Morenci 地域などにおける銅鉱石の品位低下していくことによって行われた。そのころには、この地域の銅鉱石は4~5%の低品位にまで下がっており、直接採掘された鉱石を炉で製錬するには低すぎる品位であった。James Colquhounは、コロラド州の金鉱石に使われていた鉱石の選別方法を応用して酸化銅鉱の選鉱設備を造った。この方法が使えない鉱石に対しては、硫酸を利用してリーチングする方法を開発した。こうして米国最初のリーチングプラントは1892年に造られた。

米国西部で、銅鉱脈鉱床が発見開発されると同時に、その周辺では、低品位の鉱染状銅鉱床が発見されていた。しかし、何百万tもの低品位鉱を、それも地表近くにあるものを、開発する考えや技術が当時はなかった。

1990年代に入ると、大量生産の概念や技術を採掘に応用しようとするものが現れ、前述のように、ユタ州ビンガム鉱山において、1905年から、大規模露天掘りによる生産が開始された。

ビンガム鉱山の成功により、1920年代にかけて、ポーフィリー銅鉱床が相次いで開発・生産に入った。採掘鉱品位は、当時までの鉱脈鉱床

の6%台から2%を下回るようになり、1970年には米国で0.65%となった。

米国の銅生産量は、これら大型ポーフィリー銅鉱山の開発により、飛躍的に増加し、1916年には世界生産が年産138万tである中で91万tに達した。主な鉱山と生産開始年度を次に示す。

1905年	ビンガム鉱山（ユタ州）	：ケネコット社
1907年	モレンシ鉱山（アリゾナ州）	：フェルプス・ドッジ社
1908年	イーリ鉱山（別名ロビンソン、ネバダ州）	：ケネコット社
1910年	マイアミ鉱山（インスピレーション、アリゾナ州）	：マイアミ社
1911年	レイ鉱山（ミネラルクリーク）	：ケネコット社
1912年	チノ（サンタ・リタ、ニューメキシコ州）	：ケネコット社
1917年	ニュー・コルネリア鉱山（アホ、アリゾナ州）	：フェルプス・ドッジ社
1923年	カッパークイーン鉱山（ワーレン、アリゾナ州）	：フェルプス・ドッジ社

主な鉱山の生産開始以来2003年までの銅総生産量は、ビンガム鉱山で1,455万t、モレンシ鉱山で1,135万tになる（表4）。

表4 米国主要銅鉱山（ビンガム鉱山、モレンシー鉱山）生産推移（1905年～2003年）

（単位:千t）

年号	Bingham	Morenci	年号	Bingham	Morenci	年号	Bingham	Morenci
1905～1931	1.6	0.6	1956	225.1	115.3	1981	202.4	175.9
1932	27.2	13.0	1957	213.3	96.9	1982	181.0	103.1
1933	31.5	-	1958	171.6	na	1983	180.0	161.6
1934	35.7	-	1959	131.3	na	1984	127.0	196.6
1935	53.7	-	1960	195.1	95.8	1985	35.0	258.7
1936	109.6	-	1961	191.0	101.1	1986	16.6	253.3
1937	182.6	6.9	1962	197.7	na	1987	137.5	238.0
1938	93.5	9.8	1963	184.2	109.9	1988	192.0	269.4
1939	149.7	14.1	1964	176.9	117.4	1989	229.7	274.1
1940	205.2	12.5	1965	232.1	115.7	1990	236.1	304.5
1941	238.1	12.6	1966	236.2	128.0	1991	236.5	310.4
1942	271.3	53.2	1967	149.3	74.4	1992	288.7	353.2
1943	290.0	72.3	1968	203.3	96.9	1993	307.0	366.6
1944	251.7	99.0	1969	267.3	124.1	1994	310.1	369.6
1945	201.7	92.5	1970	265.9	120.8	1995	307.5	396.8
1946	99.8	87.3	1971	232.3	106.0	1996	297.7	462.3
1947	238.9	134.5	1972	228.1	111.7	1997	305.1	491.8
1948	205.7	134.2	1973	231.3	108.4	1998	298.2	474.5
1949	179.0	129.4	1974	208.0	102.3	1999	279.3	435.4
1950	251.6	140.3	1975	155.6	89.3	2000	295.7	378.3
1951	245.6	131.7	1976	171.4	103.4	2001	312.7	355.2
1952	257.0	114.3	1977	177.2	91.4	2002	260.2	374.4
1953	245.6	112.6	1978	154.3	111.4	2003	281.8	382.1
1954	191.8	104.0	1979	186.3	133.1	Total	14,551.5	11,348.2
1955	209.3	112.8	1980	181.5	121.3			

出典：1905年～1955年 The Porphyry Coppers in 1956 1956～57、1960～61、1964年～1972年 Minerals Yearbook
 1958-59、1962-63年 MMAJ 資料 1973年～1983年 Roskill 1984年～1983年 Raw Materials Data

（3）南米・チリ：20世紀後半から新世紀の主役

チリでは、スペイン時代から小規模鉱山の開発が行われていた。19世紀に入って、有望な鉱脈鉱床が発見されていき、1820年代に主要産銅国となった。また、1857年に英國に代わって世界銅生産量第1位となったが、1883年新興の米国に抜かれた。米国では、さらに大規模鉱山の開発が始まり、圧倒的な生産量を誇るようになった。

米国でのポーフィリー銅鉱山は、ロッキー山脈沿いの地域で開発され、その山系の南米延長線上にあるアンデス高地が次のターゲットとして注目された。

1903年、米国の鉱山技師ウィリアム・ブレーデンは、アンデス高地の小規模に銅鉱脈を採掘していたランカグア地区の調査に赴き、低品位で鉱量が無限にあると思えるようなエル・テニエンテ鉱床を発見した。ブレーデンは1904年に米国で、Guggenheim一族の出資を受け Braden Copper 社を設立した。同時期にビンガム鉱山で低品位大規模鉱床が開発可能であることが証明され、この成功をもとにエル・テニエン

ンテ鉱山の開発を開始した。1905年に最大の問題であった輸送路が完成し、1910年から本格生産を開始した。同鉱山は1915年にケネコット社の支配下に入った。

チュキカマタ鉱床では、インカ時代から高品位銅鉱脈を小規模に採掘していたといわれる。また、1910年から酸化銅鉱のリーチングによる生産が行われた。1912年にはGuggenheimの資金を得て大規模な探鉱が開始され、1914年にチュキカマタ鉱山の生産が開始された。1915年には最初の精銅が生産された。これら大鉱山は、米国の資本、技術により生産を拡大していく、米国産銅メジャーの形成に重要な役割を果たした。

チュキカマタ鉱山は、米国アナコンダ社の傘下で、操業を続けていたが、1971年にチリ政府により完全国有化された。国有化直後は、開発が軌道に乗らず、剥土作業の遅れ、新設ベルトコンベアーシステムの故障、製錬の不適切な処理などの諸種の困難に遭遇した。また、米国の供給者からのスペアーパーツや新しい機材の配送が不規則となり、新しい供給者を見つけるのに手間取った。次第に、資機材供給のボトルネックは解消、チリ独自の技術の確立によ

り諸問題を解決し、生産は復旧した。1970年代後半になると、さらに次のような合理化を行った。ピット内クラッシャーの設置と新たなトラック運搬による鉱石運搬能力の拡大、機械の大型化、大量処理への移行：70t トラックから170t、225t トラックへ、15立方ヤードから28立方ヤード積み込みシャベルへの切り替え、ピット・選鉱場の鉄道輸送の廃止、ピット

の側壁の安定化と採掘角度の改善によるベンチの安定化。これにより、チュキカマタ鉱山は、世界一の銅鉱山となった。現在のピットの大きさは長径南北4.5km、東西2.7km、深さ850mの歴史上最大の人工工作場となった。

生産開始以来2003年までの銅総生産量は、チュキカマタ鉱山で2,690万t、エル・テニエンテ鉱山で1,634万t、になる（表5）。

表5 チリ主要銅鉱山生産推移（1912年～2003年）（エル・テニエンテ鉱山、チュキカマタ鉱山、エルサルバドル鉱山、エスコンディーダ鉱山、コジャワシ鉱山）

年号	El Teniente	Chuquicamata	El Salvador	Escondida	Collahuasi	年号	El Teniente	Chuquicamata	El Salvador	Escondida	Collahuasi
1912	5.0					1959	164.3	278.1	54.7		
1913	9.0					1960	169.2	231.1	78.8		
1914	13.0					1961	158.9	249.7	72.6		
1915	13.0	10.0				1962	152.0	275.8	82.5		
1916	20.0	20.0				1963	144.4	274.8	88.2		
1917	29.0	50.0				1964	163.1	288.1	76.5		
1918	39.0	55.0				1965	152.4	252.7	73.5		
1919	24.0	49.0				1966	144.6	303.5	76.8		
1920	33.0	55.0				1967	181.5	276.8	78.0		
1921	12.0	35.0				1968	154.1	279.0	86.2		
1922	39.0	60.0				1969	179.8	283.3	77.1		
1923	70.0	106.0				1970	176.7	263.0	93.0		
1924	78.0	106.0				1971	147.3	250.2	84.9		
1925	75.0	107.0				1972	190.3	234.3	82.9		
1926	88.0	107.0				1973	178.1	265.3	84.0		
1927	100.0	107.0				1974	225.5	356.8	80.0		
1928	111.0	140.0				1975	234.1	320.4	81.4		
1929	88.0	150.0				1976	261.1	444.5	82.5		
1930	82.0	90.0				1977	275.0	476.7	80.7		
1931	105.0	89.0				1978	250.0	499.5	77.3		
1932	53.0	36.9				1979	277.6	506.0	77.9		
1933	93.0	55.8				1980	265.3	509.8	74.9		
1934	124.0	97.7				1981	291.9	472.4	76.5		
1935	113.0	119.7				1982	335.9	552.8	89.8		
1936	106.0	111.9				1983	304.9	558.8	87.0		
1937	158.0	181.8				1984	285.4	563.0	285.4		
1938	130.0	148.0				1985	319.1	549.1	319.1		
1939	130.0	139.3				1986	365.3	515.8	365.3		
1940	109.2	151.0	73.1			1987	369.0	502.9	369.0		
1941	131.7	216.8	94.3			1988	354.1	519.0	354.1		
1942	146.8	225.7	90.9			1989	328.6	660.4	328.6		
1943	149.0	238.0	86.7			1990	293.0	680.0	293.0		
1944	158.5	241.2	74.9			1991	279.0	641.5	272.0	298.4	
1945	149.6	237.6	63.8			1992	311.7	628.4	307.0	336.6	
1946	85.0	210.4	63.1			1993	303.1	616.7	298.0	388.8	
1947	125.6	221.0	59.1			1994	309.0	607.0	304.0	483.9	
1948	149.0	208.0	67.8			1995	305.2	597.3	302.0	475.3	
1949	126.1	175.1	48.9			1996	339.0	632.0	336.0	853.1	
1950	143.3	156.3	45.8			1997	338.3	650.0	335.0	927.9	
1951	155.4	163.5	41.1			1998	334.9	650.2	330.0	879.2	
1952	167.7	159.2	46.8			1999	341.3	630.0	338.0	958.6	422.2
1953	127.3	156.8	40.9			2000	355.7	630.2	351.5	916.7	423.0
1954	98.1	186.2	38.3			2001	356.0	641.9	351.0	794.1	438.9
1955	141.3	209.3	40.5			2002	334.0	597.7	330.0	761.3	420.5
1956	163.2	241.3	39.2			2003	339.0	607.0	335.0	993.0	383.1
1957	156.7	239.0	39.3			Total	16,335.2	26,899.99	9,588.8	9,066.9	2,087.7
1958	173.1	212.8	32.6								

出典：1912年～1966年 El Teniente : 日本鉱業報告
1932年～1939年 Chuquicamata : The P.C.1956
1940年～1973年 EL COBRE CHILENO
1974年～1975年 Mineral Yearbook
1976年～1983年 海外鉱業情報
1984年～2003年 Raw Materials Data

（4）アフリカの開発

ザイール

アフリカ中央部の鉱山開発に人々を引きつけたのは、金とダイヤモンドがあると信じられていたことにある。旧ベルギー領コンゴ（ザイール、現コンゴ民主共和国）での探査は、最初は金など貴金属を目指し、ベルギーの皇帝レオポルド2世の強い要望をもとに始められた。探査の結果、コンゴ南東部のカタンガ州で、1891年にベルギー人地質技師により、規模が大きく品位の高い酸化銅鉱の鉱床が発見された。発見された鉱床のほとんどが、露天掘りで掘れるほど、地表近くにあった。最初の製錬試験は1905年に行われ、最初の採鉱機械は、大西洋岸のベンゲラ港から、大牛車隊により1,500マイル運ばれた。

1911年、Ruashi-Etoile 露天掘り鉱山から採掘された鉱石が、Lubumbashi 製錬所で処理され、コンゴで最初の銅が生産された。

アフリカ中央部の開発は、熱帯林の中の長距離輸送、風土病、敵対する先住民が重要な問題であった。

ベルギーと英国の資本で、鉱山開発のため、1906年にユニオン・ミニエール社（Union Miniere de Haut Katanga Company）が設立された。同社はカタンガ州の鉱物資源の生産を行う主要代行機関となり、コンゴが独立し、鉱山を国有化するまで、圧倒的権力を保持した。

ザイール カタンガ州と南のザンビア（旧北ローデシア）隣接部は、「カッパーベルト」と呼ばれる銅鉱床密集帯となっている。カッパーベルトは、ポーフィリー銅鉱床に次いで重要な銅鉱床タイプで、その特徴は、まず鉱床が砂岩・頁岩中にあり層状で連続性が非常に長いことがあげられる。主要鉱床の品位は比較的高く、開発当初は地表近くの銅品位10%以上の酸化鉱を採掘していた。埋蔵鉱量はポーフィリー銅鉱床の中～大規模鉱山に匹敵する。さらに、コバルトを随伴することが大きな特長で、カッパーベルトの銅生産の最盛期には、世界のコバルト生産の50%前後を占めていた。

ザンビア

北ローデシア（ザンビア）側の開発は、南ア

フリカに拠点を置くセシル・ローズの勅許会社：英國南アフリカ会社（British South Africa Company）の下で始められた。同社は1889年にビクトリア女王から 鉄道と電信をザンベジ川の北方に延長し、 移民と植民地化を奨励し、

貿易と通商を促進し、また 鉱物その他を採掘し開発するための勅許を賜ったものである。セシル・ローズは、中央アフリカの豊かな鉱物資源の噂を聞くと、南ローデシア（現ジンバブエ）を支配下に置く前に私的遠征軍を送り、まず北ローデシアを獲得した。それ以来、北ローデシアでの鉱業活動は、英國南アフリカ会社から免許を得るか、あるいは鉱区の払い下げを受けて行うことになった。

カッパーベルトでは、露頭の酸化鉱が先住民により古くから利用されたといわれている。これら古代の採掘跡などから、1890年代後半から、銅鉱床が発見されていたが、次の理由で開発されるものは少なかった。

- i) 酸化鉱で処理が難しく、かつコンゴのカタンガに比べ銅品位が3～5%と低かった。
(カタンガでは15%近い品位のものもあった。)
- ii) マラリアや風土病など、健康や輸送に問題があった。
- iii) 米国でのポーフィリー銅鉱床の大規模開発に比べ埋蔵鉱量等で魅力がなかった。

近代的銅鉱業のさきがけとなったのは、英國南アフリカ会社の地質技師 Collier がウシ科の野生動物のレイヨウ（antelope）を打ち倒した際、その死体の下に露頭を発見したことといわれ、この鉱床は、後に Roan Antelope（芦毛のレイヨウ）鉱山と命名された。

やがて、英國南アフリカ会社によって建設が進められていたケープタウン - カイロ間の鉄道敷設計画のうち、カタンガへ通じる支線は、ルサカとカッパーベルトの間に位置するブローケンヒル鉛・亜鉛鉱山が1905年に生産を開始した（1994年閉山）ため、南部から敷設を急ぎ、やがて、同鉱山を通り、カッパーベルトまで達するようになった。また、医学の進歩によって健康上の問題も減り、鉱床開発上の制約が少なくなった。

北ローデシアで赤字を続けていた英國南アフリカ会社は、1924年にその統治権を英國に返還し、また、鉱物開発に関する基本方針も変更した。それ以後、開発を行うだけの十分な資本を持つ会社に、独占的探鉱権が与えられるようになった。このころから、ザンビア側カッパーべ

ルトの開発は、英・南ア系と英・米系の2つのグループによって進められていった。2つのグループは、敵対と競合を繰り返しながら探鉱開発を進めていき、AAC社とRST(Rhodesian Selection Trust)社に集約されていった(表6)。

表6 ザンビア・カッパーべルトの主要鉱山の鉱量と開発(1974年時点)

鉱山名	発見年	生産開始	グループ	鉱量と品位				含有銅量(t)	
				全鉱量(t)	銅品位(%)	残存鉱量(t)	銅品位(%)	全銅量	残存銅量
Nchanga	1923	1939	AAC	374,000,000	4.11	254,000,000	3.45	15,371,000	8,763,000
Mufulira	1923	1933	RST	282,000,000	3.47	141,000,000	3.22	9,786,000	4,530,000
Luanshya (Baluba)	-	1973	RST	318,000,000	2.82	142,000,000	2.58	8,957,000	3,664,000
Rokana (Nkana)	1905 1910	1931	AAC	312,000,000	2.81	122,000,000	2.51	8,767,000	3,062,000
Konkola (Bancroft)	1924	1957	AAC	161,000,000	3.65	126,000,000	3.56	5,877,000	4,486,000
Chambishi	1899 1903	1956	RST	55,000,000	2.92	43,000,000	2.93	1,594,000	1,265,000
Chibuluma	1939	1956	RST	20,000,000	4.84	8,000,000	4.74	983,000	387,000
Bwana Mkubwa	1902	1913	AAC	8,000,000	3.40	4,000,000	3.62	138,000	265,000

出典：アングロ・アメリカン社の実態と発展経緯、酔っぱらいのための鉱床学より

ザンビア及びザイールでの銅生産は、1950年に年間47万tに達し、世界生産の18.8%を占めた。その後、増加を続け1973～1974年が120万tで最盛期であった。世界におけるシェアは1959年の22.4%がピークであった。

ザイール(コンゴ)の銅生産は、国有化後も

ベルギー人技師の協力を得て、維持していたが、1990年代になると、外国人技師が引き上げ、経済の悪化から設備投資も中断され、生産は、急激に落ち込んだ。2000年には、両国の銅生産量は28.2万t、世界におけるシェアは2.1%となつた(表7)。

表7 カッパーべルトの銅生産量推移(1926年～2003年)

(単位:千t)

年	コンゴ	ザンビア	計	世界計	世界における比率(%)	年	コンゴ	ザンビア	計	世界計	世界における比率(%)
1926	80.6		80.6	1,510.2	5.3	1966	317.0	623.4	940.4	5,299.4	17.7
1927	89.1		89.1	1,523.8	5.8	1967	322.0	663.0	985.0	5,077.0	19.4
1928	111.5		111.5	1,723.3	6.5	1968	327.0	684.9	1,011.9	5,473.6	18.5
1929	135.5		135.5	1,950.1	6.9	1969	364.0	719.5	1,083.5	5,948.5	18.2
1930	136.4		136.4	1,600.9	8.5	1970	387.1	684.1	1,071.2	6,375.9	16.8
1931	120.0		120.0	1,396.8	8.6	1971	405.8	651.4	1,057.2	6,441.7	16.4
1932	54.0		54.0	916.1	5.9	1972	437.3	717.7	1,155.0	7,044.7	16.4
1933	66.6		66.6	1,043.1	6.4	1973	488.6	706.6	1,195.2	7,501.9	15.9
1934	110.1		110.1	1,283.4	8.6	1974	499.7	698.0	1,197.7	7,669.0	15.6
1935	107.6		107.6	1,492.0	7.2	1975	494.8	676.9	1,171.7	7,345.2	16.0
1936	95.6		95.6	1,718.8	5.6	1976	444.4	708.9	1,153.3	7,856.2	14.7
1937	150.6		150.6	2,308.3	6.5	1977	481.6	656.0	1,137.6	7,947.9	14.3
1938	123.9		123.9	2,018.1	6.1	1978	423.8	643.0	1,066.8	7,854.2	13.6
1939	122.6		122.6	2,140.5	5.7	1979	399.8	588.3	988.1	7,926.5	12.5
1940	148.8		148.8	2,417.2	6.2	1980	459.7	595.8	1,055.5	7,713.9	13.7
1941	162.1		162.1	2,557.7	6.3	1981	504.8	587.4	1,092.2	8,157.9	13.4
1942	165.9		165.9	2,671.1	6.2	1982	502.8	529.6	1,032.4	8,042.5	12.8
1943	156.8		156.8	2,684.7	5.8	1983	502.3	591.3	1,093.6	8,101.0	13.5
1944	165.5		165.5	2,521.5	6.6	1984	500.7	576.0	1,076.7	8,257.6	13.0
1945	160.2		160.2	2,167.7	7.4	1985	502.2	510.8	1,013.0	8,364.7	12.1
1946	143.9		143.9	1,850.3	7.8	1986	503.3	512.9	1,016.2	8,393.2	12.1
1947	150.8		150.8	2,213.1	6.8	1987	501.3	527.0	1,028.3	8,746.5	11.8
1948	155.4		155.4	2,303.8	6.7	1988	466.1	476.1	942.2	8,774.5	10.7
1949	141.4		141.4	2,249.4	6.3	1989	440.6	510.2	950.8	9,103.1	10.4
1950	175.9	297.5	473.4	2,524.2	18.8	1990	355.5	496.0	851.5	8,996.8	9.5
1951	192.0	319.4	511.4	2,662.4	19.2	1991	291.5	412.4	703.9	9,160.8	7.7
1952	205.7	329.5	535.2	2,766.2	19.3	1992	144.0	432.6	576.6	9,458.1	6.1
1953	214.1	372.7	586.8	2,801.6	20.9	1993	46.0	431.5	477.5	9,474.4	5.0
1954	223.8	398.0	621.8	2,851.3	21.8	1994	30.0	384.4	414.4	9,544.9	4.3
1955	235.1	358.6	593.7	3,111.7	19.1	1995	35.0	341.9	376.9	10,141.4	3.7
1956	250.3	404.1	654.4	3,471.0	18.9	1996	40.2	339.7	379.9	11,110.6	3.4
1957	242.7	435.7	678.4	3,561.2	19.0	1997	39.6	331.2	370.8	11,479.7	3.2
1958	237.7	400.1	637.8	3,451.7	18.5	1998	35.0	378.8	413.8	12,272.7	3.4
1959	282.3	543.3	825.6	3,690.7	22.4	1999	33.0	271.0	304.0	12,753.1	2.4
1960	297.5	567.3	864.8	4,179.2	20.7	2000	33.0	249.3	282.3	13,232.7	2.1
1961	290.6	565.7	856.3	4,298.5	19.9	2001	33.0	306.9	339.9	13,732.8	2.5
1962	292.3	553.4	845.7	4,419.8	19.1	2002	32.3	307.8	340.1	13,576.0	2.5
1963	271.3	588.1	859.4	4,635.8	18.5	2003	24.0	346.9	370.9	13,636.6	2.7
1964	276.6	632.4	909.0	4,858.8	18.7	Total	18,880.2	27,330.7	46,210.9	442,597.7	882.4
1965	288.6	695.7	984.3	5,064.9	19.4						

出典：銅産業、WMSより

5. 銅産業構造の変化

銅を巡る産業構造の推移を別表に示す。

（1）産銅現場の変化に対応した産業構造の変化

鉱業の特殊性として、地球上に自然が鉱物を存在させたところでしか、鉱業は行われないという点がある。この場所を「現地」とか「山元」と呼ぶ。

鉱物を採掘し、処理して金属を取り出す工程のうち、後半の処理工程の鉱物を選別し、溶鍊し、精製する施設は、消費地や燃料等その他原料の入手、それらの輸送の関係において、合理的な場所に立地することがあり、必ずしも鉱業（採掘）が行われる場所ではなく、遠く離れたところであることもあるが、鉱山の場所は自然に存在したところという絶対的条件に拘束される。

このような産業成立の前提を踏まえながら、産銅産業の構造的な変遷を見していくこととする。

中世では、地金の需要が広範になり、かつ増大していた時代ではあるが「個人または個人の集団が偶然発見した鉱床を自己の財産を投じて開発することが可能な小規模な事業」であった。

その頃の開発費用はたいしたものではなく開発対象も高品位なものであったので、技術的にも現地処理が容易であった。

しかしながら、産業革命などにより鉱山設備の機械化が進み、また、露天掘りや選鉱法の進歩により、低品位鉱の大量処理にシフトせざるを得ない時代となると、資金や設備が大規模化し、中小規模の鉱山や資本はコスト競争力も劣り、次第に淘汰されていき、鉱業は個人のあるいは個人の集合体の事業ではなく株主の集合体の事業、すなわち「小規模な私企業から高度で科学的で資本集約的な事業」に変わってきた。

この変革が、鉱床の探鉱を組織化し新鉱山を開発に移行させ、その経営を行うという機能を有する国際的で巨大な鉱山グループやメジャー企業の出現をもたらした。

（2）産業構造変化をもたらした技術革新

20世紀の初頭まで、世界の大部分の新銅地金は、地下の種々異なる深度にある鉱脈中に銅が発見された鉱山から生産された。世紀が変わった直後、世界は、掛け替えのない鉱物資源が、驚異

的な速度で消滅してゆく心配のつる時代を経験することになった。電気の発見と、その産業と家庭での利用は、安価な銅の供給を飛躍的に増加させる必要を生じさせた。鉱業が、品位の高い脈状鉱床に全面的に依存する限り、鉱量はいつまでも増えないのは当然であり、もしも、電力を最大限に利用して、新たな産業革命を起こさせるためには、「銅を大量に要し」新しい型の銅鉱床の開発が必要となり、また、新しい型の鉱山企業形態を採用しなければならないことは、明白であった。こうして、20世紀に入り、銅を大量に必要とする時代の要求に後押しされ、ポーフィリー銅鉱床の開発と大規模露天掘り技術、また、その鉱石の処理技術が、一体となって発展した。

大規模露天掘り

Bingham Canyon における技術革命と開発

Thomas and Safford Bingham 兄弟が、ユタ州の山奥に放牧地を求めて入り込んだのは 1848 年のことであった。以後この地は Bingham Canyon と呼ばれるようになった。

ゴールドラッシュが始まり、西部一帯を覆った空前の探鉱熱に刺激され、Bingham Canyon にもプロスペクターが入り込み、鉛、金、銀などが次々に発見された。このニュースはたちまち広がり、大勢の人々が入り込んできて採掘を始めたが、1980 年代末期になると高品位の資源は掘り尽くされ、だんだん衰退の兆候が見えてきた。しかし、高品位鉱体の周囲には莫大な量の低品位の銅の鉱化作用が認められることは、これまでの採掘活動を通じて知られていた。しかし、経済的に採掘するにはあまりにも低品位であった。Bingham Canyon では、1887 年に現在の露天掘りのところで、銅品位 2.4 % の銅の鉱石を発見した。その後の探査で、銅品位 2.2 %、鉱量 15 百万 t と評価された。

「この低品位鉱体を何とかできないか？」という問い合わせに答える形で、米国のみならず世界の鉱業を一変させるような大きな技術的ブレイクスルーが生まれた。

冶金技術者の Daniel Jackling と鉱山技術者の Robert Gemmel が 1989 年に画期的な論文を発表した。それは、大規模露天掘りによる大量採掘、大量処理を行うことにより低品位銅鉱床

も経済的に採掘可能であることを示したものであった。

当時としては例がない大規模低品位鉱床の開発には、新しい操業概念と巨大な資本が必要となつた。低品位鉱床の開発には、大量操業することにより、単位当たりの固定費を最小限におさえるという概念のもとに、露天掘りで大量に採掘する方針が決定された。1903年になって Daniel Jackling は Utah Copper Co.を設立し、Bingham Canyon の新たな採掘計画を立てた。それによると、蒸気シャベルを使い、鉱石を採掘し、鉄道によって選鉱所まで運搬するという画期的計画であった。また、1904年には Guggenheim 一族の資本参加を得て資本金450万ドルとし、それまで世界で行われた最大の掘削事業が開始された。1906年、最初のオープンピット方式による採掘が開始され、選鉱所と必要な発電所の建設も開始した。1907年の鉱石処理量は、5,000t/日の規模であった。1910年には、諸設備も完成し、当時としては全産業分野において、世界最大規模の工場が完成した。

大規模ポーフィリー鉱床は、ほとんど露天掘りで採掘されるので、米国の銅生産における露天掘り鉱山の占有率が拡大していった。1909年には10.5%になり、1935年に40.6%、1950年には74.0%になった（表8）。

表8 米国の銅生産における露天掘鉱山の占有比推移

年	Open-cut copper (%)	年	Open-cut copper (%)
1907	1.8	1929	34.8
1908	6.5	1930	27.6
1909	10.5	1931	27.4
1910	14.3	1932	24.4
1911	15.0	1933	30.0
1912	14.6	1934	34.8
1913	18.5	1935	40.6
1914	19.4	1936	43.8
1915	19.2	1937	na
1916	17.2	1938	na
1917	19.3	1939	41.0
1918	19.5	1940	44.0
1919	17.8	1941	47.0
1920	18.8	1942	51.0
1921	14.5	1943	54.0
1922	19.2	1944	57.0
1923	28.5	1945	61.0
1924	29.6	1946	58.0
1925	28.8	1947	68.0
1926	32.4	1948	68.0
1927	32.6	1949	70.0
1928	35.8	1950	74.0

出典：Copper costs and prices (1890 ~ 1957)

浮遊選鉱

浮遊選鉱法は、鉱石を粉碎、磨鉱し、水・起泡剤・捕集剤を加え攪拌し、発生した泡に有価鉱物を付着・浮遊させて廃石（脈石鉱物）と分離する方法である。有価鉱物は浮選精鉱として回収される。この方法の特許権は、1860年英国で設定された。その後1901年オーストラリアのブローケンヒル鉱山で初めて工業的規模で浮遊選鉱法による閃亜鉛鉱の処理に成功した。

選鉱は、金属製錬を効率化するため、鉱石中の金属品位の向上を図るために行う作業で、鉱石中の金属でない部分（廃石）を除去する作業である。除去する廃石が大きければ大きいほど廃石に含まれる金属が逸失する割合が大きくなるので、金属の回収率（選鉱実収率）が低下する。このため両者の完全分離のために、できるだけ細小に粉碎することを余儀なくされる。旧来多く採用されていた比重選鉱法においては、およそ150メッシュ以下の細粒では、かえって廃石が精鉱中に混入するので、十分な選別ができないという制約があり、工程に適する大きさに破碎する必要があった。浮遊選鉱では微細な鉱粉でも採取できることになったので、鉱物の細度の問題はほぼ解決し、選鉱実収率もはるかに向上した。これには、粉鉱も処理できるようになった製錬技術の開発の影響が大きく働いた。

米国のビンガム鉱山では、1905年に生産が開始され、1920年前後から浮遊選鉱法を導入した。導入前の1905年から1914年では、粗鉱から精鉱への銅実収率は60%台であったが、導入後の1930年代からは90%台に達している（図2）。

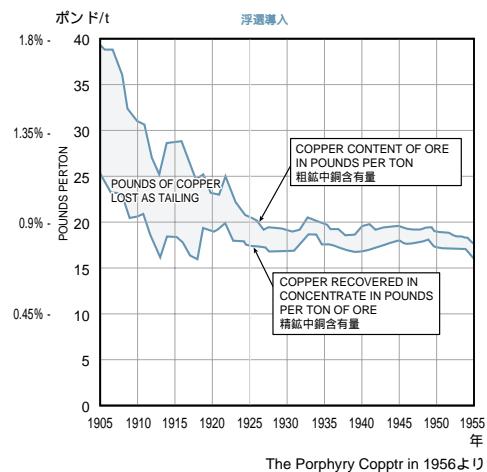


図2 ビンガム鉱山の選鉱実収率推移

自溶炉（“自燃法”）

銅の乾式製錬（溶錬）法とは、硫化銅鉱の精鉱を溶鉱炉、反射炉、自溶炉等に装入し、加熱溶融して銅分の多いマットと鉄、珪酸を主成分とするスラグに分けるプロセスをいう。溶錬プロセスは、大きく銅精鉱の溶融を主体としたプロセス「外燃法」（溶鉱炉法、反射炉法、電気炉法）と銅精鉱自身の酸化熱による溶融を主体としたプロセス「自燃法」（自溶炉法）とに大別できる。

溶鉱炉法は、銅の品位が4～5%に達する塊状の硫化鉱が得られた時代に、それを直接溶解するのに適した方法であった。浮遊選鉱法などの発達で、粉鉱が主体となってからは、焼結法や団鉱法により塊または粒に成形して溶鉱炉に投入する。反射炉法は、溶鉱炉法と違って粉鉱が処理でき、燃料は鉱石と混合するわけないから、そのときの燃料事情により重油、石炭、天然ガスなどが使用された。いずれでも使用できる。また、粉鉱を扱う反射炉法や自溶炉法は、自動制御による大規模な操業に適している。

20世紀に入ると鉱石中の硫化鉱物の酸化熱をフルに活用する自溶炉製錬法が研究、開発された。自溶炉法は、燃料消費量が非常に少ない溶錬法であり、粉鉱が使え、大規模操業に適しているため、1949年にフィンランドのOutokumpu社のHarjavalta製錬所で第1号が建設されて以来、様々な改善が加えられ、今日世界の銅溶錬法の主流となっている。また、自溶炉法では、排ガス中の二酸化硫黄の濃度が高められる結果、硫酸製造の効率が上昇し、硫黄の回収率・固定率の上昇が図られる。

自溶炉法（「自燃法」）は、オートクンプ式から始まり、さらに改良・発達が進み様々なプロセスが発明されている。自燃法プロセスを分類すると気相中で鉱石を酸化するものと溶体中で鉱石を酸化するものとに分けられる。前者がオートクンプ炉に代表される狭義の自溶炉法（Flash Smelting Furnace）でインコ炉、コントップ炉などがある。後者の方法は「バススメルティング法」といわれ、ノラ

ンダ炉、テニエンテ炉、三菱炉などがある。

日本においては、古河鉱業（株）がフィンランドで操業が始まったばかりで、まだ技術的に未完成であったオートクンプ式自溶炉を世界で最初に導入し、1956年に足尾製錬所で操業を開始したのが最初であり、これは世界における第2号炉であった。それ以来、鉱石の乾燥方式、炉体の構造、炉体の冷却方法、精鉱バーナーの構造、鍊カソル炉などに改善を加え発展していった。またその中で、三菱炉などが発明された。

日本の足尾以外の他の製錬所は、溶鉱炉を採用していたが、1970年頃の日本の銅需要の増大に対応して増産するに当たり、自溶炉に転換していった。その結果、今日では日本の銅の約8割が自溶炉法及び三菱炉法で生産されるに至った。

また、世界の2003年の製錬プロセス毎の生産能力では自燃法（広義の自溶炉法）が67%、そのうち、フラッシュスメルティング（自溶炉法）で43%を占めるようになっている（表9）（表10）。

表9 製錬プロセス毎の銅製錬能力（2003年）

溶錬プロセス	能力	比率	（千t/年）
外燃法			
溶鉱炉	913	6%	
反射炉	2,824	19%	
電気炉	856	6%	
小計	4,593	31%	
自燃法（自溶炉）			
フラッシュスメルティング			
オートクンプ炉	5,873	39%	
インコ炉	535	4%	
バススメルティング			
ノランダ炉	700	5%	
エニエンテ炉	795	5%	
アイザ炉・オースメルト炉	1,125	8%	
三菱炉	921	6%	
小計	9,949	67%	
その他	224	2%	
合計	14,766	100%	

ICSデータ等より

表10 製錬プロセスの分類

自燃法:銅精鉱の酸化、広義の自溶融を主体としたプロセス	外燃法:銅精鉱の溶融を主体としたプロセス		溶鉱炉、反射炉、電気炉
	1)フラッシュスメルティング法（狭義の自溶炉法）:気相中で鉱石を酸化するもの		オートクンプ炉、インコ炉、コントップ炉
	2)バススメルティング法（発展した自溶炉法）:溶体中で酸化するもの	i)羽口を使用するプロセス ii)ランスを使用するプロセス	ノランダ炉、テニエンテ炉、バニコ炉、白銀炉 三菱炉、アイザスメルト炉、オースメルト炉、TBRC炉

銅溶錬プロセスの変遷と今後の動向より

(3) 米国産銅業構造の変化

1) 鉱山会社の集約統合

大型ポーフィリー銅鉱山が開発されるまでは、産銅会社の成長は偶発的で、何ら規制されていなかった。生産の増加に比例して、生産会社も増えていったと考えられる。米国では、探鉱者たちが鉱区獲得のため、また自己の事業の資金援助獲得のため、競い合ったのに伴い、会社は一夜にして作られ、また破産していった。

生産の増加に伴い、生産会社や鉱山の数はだんだん減少してきた。これは一見逆説的であるが、鉱山の大型化や効率化による経営合理化が鉱山の淘汰をもたらした。その結果、「世界産銅業界の組織分析」によると、20世紀初頭の世界生産が50万tの時代、その供給は約250の鉱山からなされ、鉱山会社は米国のみで3,000社以上あったとされている。この250の鉱山は、米国58、日本38、チリ31、オーストラリア28、残り95は他の世界という分布であった。世界の銅地金もその3/5が5つの巨大鉱山により供給されていたといわれる。

ポーフィリー銅鉱床の開発は、膨大な埋蔵量のもとに、大規模な操業を行う巨大な産業企業が秩序ある開発を行う時代をもたらした。

しかし、巨大鉱山が出現したにもかかわらず、産銅業界は依然として競争激烈を極め、長期の生産計画や国際価格の調整とは無縁の状況であった。

しかし、米国においては、大規模鉱山を開発、経営のできる技術力と資本力を備えたケネコット、アナコンダ、フェルプスドッジの3グループに生産が集約されていった。1911年では、3大会社の銅生産は全米生産の42.8%であったが、独立の産銅会社を漸次併合していき、1943年には83.1%にまで増大した（表11）。

米国国内鉱山の集中と支配は埋蔵鉱区の所有、採鉱、溶・精錬及び銅加工の各部門に影響を与えた。地中の鉱石から加工製品に至る一貫した所有と支配関係は国家経済にとっても、銅を需要する大小加工業者にとっても大きな関心事であった。系列外の加工業者は供給不足に悩まされていた。

表11 米国における銅生産の支配と集中の歩み（1911～1944年）

（単位：千t）

年	3大会社の生産		その他の生産	合計	年	3大会社の生産		その他の生産	合計
	数量	全生産に占める割合（%）				数量	全生産に占める割合（%）		
1911	213.1	42.8	284.4	497.5	1928	513.4	62.5	307.5	820.8
1912	228.0	40.3	338.4	566.4	1929	595.3	65.8	309.9	905.2
1913	306.0	54.6	254.5	560.5	1930	364.8	57.0	274.6	639.4
1914	290.4	55.8	230.2	520.6	1931	328.0	68.4	151.8	479.8
1915	350.6	52.0	324.2	674.8	1932	149.8	69.4	66.0	215.9
1916	514.4	56.5	395.4	909.7	1933	136.1	77.0	40.7	176.9
1917	461.8	53.7	398.1	859.8	1934	138.7	64.4	76.6	215.3
1918	459.4	53.0	406.8	866.2	1935	244.3	70.8	100.9	345.1
1919	268.5	48.8	281.2	549.6	1936	435.5	78.1	121.9	557.4
1920	287.1	51.7	268.0	555.1	1937	616.9	80.8	146.8	763.7
1921	88.3	41.8	123.0	211.3	1938	362.9	71.7	143.0	505.9
1922	247.9	56.7	189.3	437.2	1939	494.2	74.8	66.3	660.6
1923	403.3	60.2	267.0	670.3	1940	638.3	80.1	158.2	796.4
1924	450.1	61.8	278.3	728.3	1941	707.1	81.4	162.4	869.0
1925	471.4	61.9	289.6	761.0	1942	808.7	82.5	171.0	979.7
1926	482.3	61.6	300.5	782.7	1943	822.6	83.2	125.9	989.2
1927	456.6	61.0	291.7	748.3	1944	720.3	81.7	161.7	882.1

3大会社とは……Anaconda Copper Mining Co., Phelps Dodge Corporation, 及び Kennecott Copper Corp.

銅産業

2) 垂直統合の進展

銅産業は、「採鉱」、「溶鍊」、「精鍊」の生産3部門と「加工」部門によって構成される。それぞれ、技術と経済性が独立しているため、個別の企業体を呈することもあれば、付属製鍊所を持っている大鉱山もあり、また、小鉱山の鉱石を集めて買鉱製鍊するカスタムスメルターもあった。

銅需給規模の拡大に従い、技術と経営の高度化、大型化によるコスト削減が図られ、前述のように、米国における採鉱部門では、水平統合により80%以上が3大企業の鉱山から産出されるようになった。また、原料の供給や手当の安定化のために、異なる部門の企業間の系列化や支配が行われるようになった。

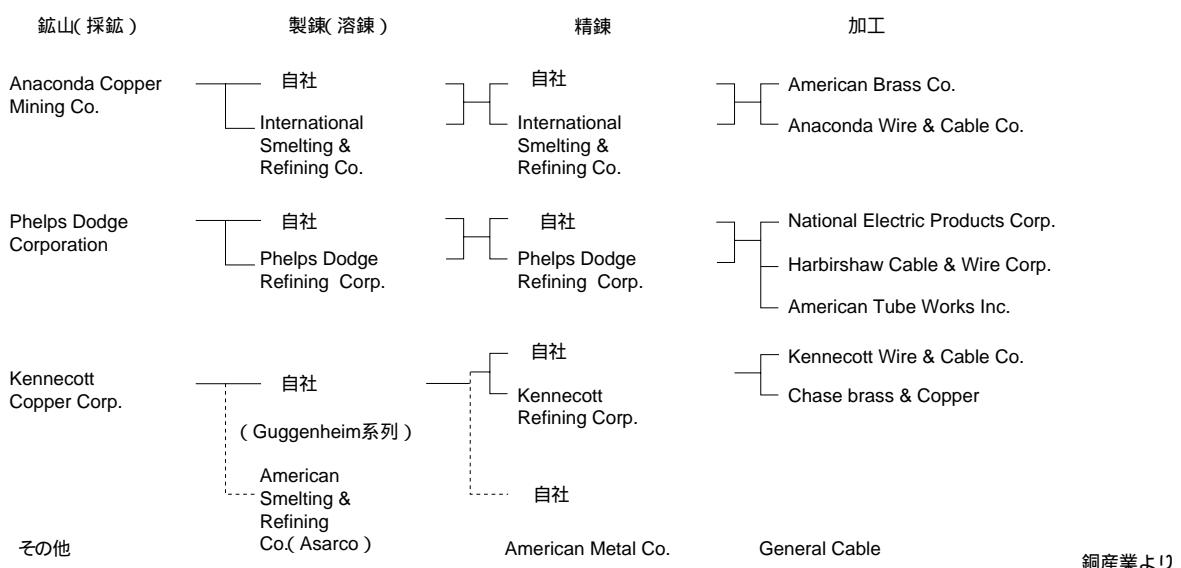
溶鍊部門では、1944年末現在の米国の溶鍊能力、約1,080万tのうち980万tが4会社（溶

鍊以下の下流分野ではアサルコが加わる。）で支配されていた。

精鍊部門でも次表の4大勢力に支配されている。

伸銅、電線工業を主とする加工部門でも、3大鉱山会社と製鍊大手のアサルコ社が加工企業をその傘下に入れていた。アナコンダは1922年初めにアメリカンプラス社の発行株の99%を取得して銅需要家への支配を確立した。また、1929年にケネコットが伸銅会社のチエス社の全株式を取得した。また、フェルプスドッジは1930年にナショナルエレクトリック社の株式を取得し加工部門への垂直統合を完成させた。米国では銅の部門毎の水平統合と部門を超えた垂直統合が著しく進んだ（表12）。日本においても6大資本による銅生産の水平・垂直統合が進み、伸銅、電線の加工分野から他の重化学工業分野へと進出し、財閥を形成していった。

表12 米国銅産業の垂直統合



銅産業より

3) 第1次世界大戦後から第2次世界大戦までの米国を中心とした銅価コントロール

第1次世界大戦中、米国の銅生産は拡大し、価格は開戦当初乱高下したが、1917年に政府によって、23.5セント/ポンドに固定され、1918年には26セント/ポンドに引き上げられた。

戦時体制は、米国の銅産業における集中支配と銅増産体制をもたらしたが、戦後の需要低迷、価格低下に対し、米国銅産業は、カルテルによる世界的な銅価格コントロールを求めた。

第2次世界大戦までに米国を中心とした銅産業におけるカルテルには以下の4つの時期がある。

しかし、後述するように、価格コントロールを主とする需給統制は結果的に失敗した。銅産業の安定化やそのための価格安定のためには長期間にわたって、生産と消費の均衡が必要であり、生産の調整こそが肝要であったといえる。

銅輸出組合（1918～1924年）：戦後いち早く、米国の銅関係者は1918年に銅輸出組合

を組織した。これは、組合員から輸出能力に応じて銅を購入、プールし一定の価格で輸出しようとしたものであった。しかし、戦中の生産能力の拡大と戦後需要の激減による滞貨や政府の膨大な戦時在庫に加え、外国の増産や政府の戦時在庫処分による世界的供給過剰状態の中で、高輸出価格維持に失敗した。結局生産削減のみによって価格は維持され、減産会社は財務的損失を受けた。

銅輸出業者組合（1926～1933年）：今回は外国の組合員を入れたことと、銅地金の価格と輸出割当量を決めるだけで、プールと販売は、組合員に委すことがポイントであった。当初はカルテルの輸出価格は米国国内価格を少し上回るものであった。ロンドン市場も輸出価格に追従していたが、世界の在庫が増加するようになり、カルテル輸出価格以下に低落した。不況の進行により、価格は低い水準へ低下し始め、1931年4月の不況のどん底では、5セント/ポンドを割るという空前の安値に到着して、カルテルも1933年に崩壊した。

産業復興法に基づく銅規約（1934～1935年）：民間カルテルである銅輸出業者組合が銅産業の代表者たる機能を停止した後に国家カルテルを認める産業復興法（NRA）が制定された。1934年、生産制限と所定の価格で過剰ストックを処理することを意図し、NRAのもとに銅規約（Copper Code）が認可された。銅価格は1933年初めに、4.7セント/ポンドに下落し、その後7.7セント/ポンド内外で低迷していた。銅規約では銅価格は8.775セント/ポンドと定めた。その後、銅価格は1935年5月から上昇を始めた。NRAは危機に直面した銅産業に安定的効果を与え、銅情勢をある程度緩和したが、しかし外国銅に対する4セントの関税がなかったならば、まったく効果がなかったであろうといわれている。銅規約は、米国最高裁判所が1935年5月に産業復興法の無効を宣告し、効力が消滅した。

国際銅カルテル（1935～1939年）：不況期の前半ではカナダ、チリ、ベルギー、コンゴ及びローデシアにおいて海外銅生産の新開発が行われ、海外の生産者が世界の供給面において重要性を持ち始め、しかも米国が銅に対し輸入税を課したため世界から孤立したので、海外生産者は指導的地位を築き、1935年に国際銅カルテルが結成された。これには米国に本拠を置く会社は参加しなかった。ただケネコットとアナコンダの海外子会社は参加した。カルテルの主要目的は、米国以外の消費需要に対してメンバーの生産を調整することであった。このメンバーは海外生産の約50%をコントロールし、統計情報、価格情報の交換を行った。協定は、1935年に実施に入ったが、同時にロンドン市場の直物価格が上昇し始めた。生産制限は需要の増進と顕著な在庫減少し役立った。その後、供給が適正量を上回るようになり価格も急落した。かくて、独占に近い今度の国際カルテルも再び失敗に終わった。

（4）欧州資本

1) 欧州資本の南部アフリカ進出

欧州資本は、主に国内開発や自国の植民地開発、経営に投下されていた。

1860年代に英国で黄鉄鉱から硫黄を抽出する技術が開発された。硫黄から造られる硫酸は英国のアルカリ製造業者にとってガラスや石鹼の原料になる重要なものであった。英国鉱業資本は、古代に栄えたがその後疲弊していたスペインの黄鉄鉱鉱床に着目して、その開発に乗り出した。最初1864年にスコットランドのGlasgowの資本家グループによりTharsis鉱山が開発された。続いて、1873年にロンドンの資本家（マーチャント・バンカー：Matheson, Rothschild）により、Rio Tinto鉱山の買収、大規模開発のための鉱山会社が設立された。スペインで成功したRio Tintoは北ローデシアに進出した。

南アフリカでは、英国植民地で発展した鉱業資本が南部アフリカに進出した。

南部アフリカの植民地化は、沿岸部をポルトガルなどの先発海洋国がおさえ、遅れて、内陸

部の獲得競争が激化した。地元民との通商の約束が植民地化の手がかりになるため、Stanley など著名な探検家が内陸奥地探検を競った。

東から内陸に向かったのが Stanley のザイール川探検の成功をベースにしたベルギーであった。ベルギーはザイール川流域の首長たちと貿易独占契約を結び、これをもとに植民地化を開始した。1885 年にベルギー・国王の私有地、コンゴ自由国となり、1908 年ベルギーの植民地となった。

ベルギーの金融機関が中心となって The Union Miniere 社が設立され、コンゴの鉱業開発を独占することになった。

南からダイヤモンドと金の産出が伝えられる内陸に向かったのがセシル・ローズであった。セシル・ローズは、ビクトリア女王から独占的開発権を賦与された南アフリカ会社を設立し、同社の名の下にローデシアへ私兵を派遣した。北ローデシアは 1891 年に英保護領に入れられた。

ザンビア（北ローデシア）では、南アフリカ会社の解散後、英米資本と南アフリカ資本の 2 社により銅鉱山の開発が進展した。

2) 南アフリカの鉱業資本

南アフリカでダイヤモンドが初めて発見されたのは 1866 年であった。その当時、ダイヤモンドはインドとブラジルにしか出ないと信じられていた。すぐにダイヤモンドラッシュが起きた。南アフリカにやってきたセシル・ローズ（Cecil John Rhodes）もこれに加わり、山師相手の食料品販売を始めた。そして、南アフリカに 1 台しかない蒸気ポンプを買ったことが彼の事業の成功を決定づけた。ダイヤモンドの採掘坑が深くなるにつれて地下水の浸入が増え、排水手段が必要となっていた。彼は Kimberley 鉱山の排水で大儲けし、さらに性能のいいポンプを英国から買って、Kimberley 周辺の採掘坑の排水作業を独占してしまった。この儲けで、鉱区を買い集めていき 27 歳で Kimberley 最大の採掘鉱区所有者となり、ダイヤモンド・バイヤー Barney Barnato と協力して、De Beers 鉱山の採掘権を統一した。次に、ロンドンのロスチャイルドの融資を受け Kimberley 鉱山を支配下に置き、De Beers 社を設立した。De Beers 社

は 1893 年からロンドンのダイヤモンドシンジケートに全生産量を売り渡すこととし、これよりユダヤ人が世界のダイヤモンド販売を支配するようになった。また、トランスバールで重要な金鉱床が発見され、ローズなどダイヤモンド資本家が、それぞれ金鉱山会社を設立した。

セシル・ローズは、大英帝国の拡大を唯一の望みとしていた男で、1889 年に、英國での De Beers 社の影響力によってビクトリア女王の勅許（Royal Charter）を得て、英南アフリカ会社（British South Africa Company : BSAC）を設立した。BSAC は領土を所有し、外交交渉を行い、さらに軍隊を徴集する権限を与えられた。ローズの大きな夢は、ケープからニアサランドに至る南部アフリカ地域を英植民地として統一することと、ケープタウンからカイロまでのアフリカ東海岸を大英帝国植民地にして、鉄道及び通信線で連絡することであった。

アーネスト・オッペンハイマーはドイツ、フランクフルト出身で、親戚のダイヤモンド商を手伝い、南アフリカに来た。オッペンハイマーは、ダイヤモンド取引などで蓄財するとともに、第 1 次世界大戦でドイツ系投資家が撤退した後の金鉱山の権利を手に入れていた。Witwatersrand 地域に深部金鉱床が発見され、この開発のために、新たに鉱業金融会社（Mining Finance House）の設立を考案し、1917 年 9 月に American Corporation of South Africa, Limited : AAC が設立された。大戦下のドイツ資本家にとっても親英米的で都合のよい名前だった。金で成功したオッペンハイマーはダイヤモンドビジネスにもどり、De Beers 等の大生産者を統一していった。

南部アフリカではセシル・ローズやオッペンハイマー等の南アフリカ鉱山資本家によりダイヤモンド、金、銅、白金族などレアメタルの鉱山支配が進められた。

（5）国際市場形成を巡る変化

1) 国際金属取引 - ロンドン金属取引所、LME -

19 世紀には、英國は産業革命を経て従来の自給自足型経済から原料を輸入・加工し、製品を輸出する加工貿易型経済への変革を遂げた。従って、原材料輸入国に変貌していった。これに

併い、チリやマレーシアなどの遠距離地域から銅や錫などの鉱石を購入する際に、現物がいつ到着するか知ることは不可能であった。貿易が活発になるにつれ、取引が活発になっていく一方で、大量の現物を不規則な期間に購入するには大きなリスクがあった。しかし、情報伝達方法の発達により、次第に船がいつ到着するかを知ることができるようになり、加工業者の操業計画に合わせ、荷揚げと売却をほぼ同時にすることによって損失を避けようとする取引が可能になった。そこで、海外で船積みした金属原料が英国に到着するまでの間の相場変動リスクや金属実物の相場変動リスクを負担し合える先物取引市場の必要性が高まった。また、1869年のスエズ運河の開通によりマレーシアからの錫の納入期間が縮まり、3か月かかるチリからの銅の納入期間とマッチするようになった。こうして、ユニークな取引形態である3か月先物取引が行われるようになった。

金融取引の増加と貿易の発達によって、金属取引所は海運の中心地よりも金融の中心地へ向かう傾向があった。それは、荷主や輸入業者と違って港の近くでなければならない必然性がなくなってきたからであった。こうしてロンドンには、次第に国際化していく商品銘柄が必然的に集中するようになり、結果としてそれぞれの公認取引所がその本拠地をロンドンに構えるようになった。

以上のような経過の中で、1876年、金属を取り扱う商人や仲介人が、ロンドン金属取引所（London Metal Exchange、略称 LME）の設立のために出資を行い、1877年 LME が設立された。その後1世紀以上にわたり、制度や取引方法の整備など、時代に即応した改正と国際化を進めて行った。2度の世界大戦中は閉鎖されたものの1949年11月に再開した。

当初、英国内にしかなかった LME 公認倉庫も、英国自体の相対的地位の低下と LME の国際化に併い、1963年に国外最初の LME 倉庫としてロッテルダムに開設され、その後世界各地に広がった。

LME は国際的な商品取引市場であり、その価格形成は、公平、公正かつ自由競争原理に基づいて行われる。LME は、現物を即座に売却、買い付けできる市場、現物のリスクをヘ

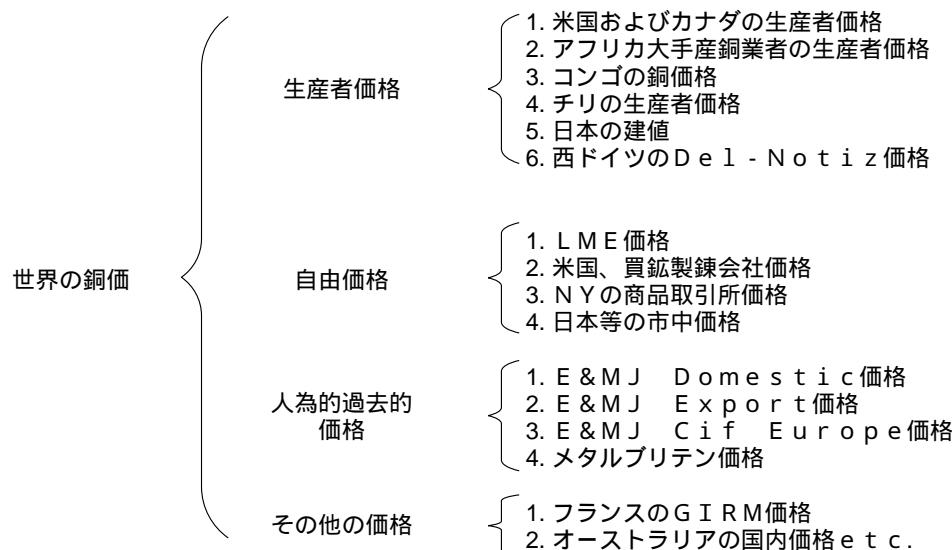
ッジするための市場、世界の非鉄金属取引の値段の基準となる市場、現物を引き当てにした金融機能を持つ市場、投機市場、という役割を持っている。これらの機能のうち、LME では、ヘッジ取引が最も重要なものとされていた。さらに近年では、非鉄金属価格の国際指標形成の場として、他の追随を許さない存在になっている。

LME が批判の対象にされるのは、その価格変動が極めて激しい点であり、これに対抗して、価格の安定を求めて、生産者価格を設ける試みが何回もなされた。しかし、鉱山の生産コストは、世界的にばらつきが大きく、価格基準をコストに置くと高コストのものと、低コストのものとの関係がうまくいかず、結局自由市場価格に頼らざるを得ないことになった。また、上昇する LME 価格より低めに生産者価格を設定しても、LME 価格が上昇するにつれ、生産者価格もこれに引きずられて引き上げられていった。これは国家収入の多くを資源に依存している発展途上国にとっては好ましいことでもあり、次第に LME に傾斜するようになり、生産者価格を放棄することになった。こうして、生産者価格を設ける何度かの試みはその都度失敗した。

ただ、1950年代以前、米国が生産と消費の大部分を占めている時代は、米国の生産者価格が最も重要な指標価格であった。

2) 銅価格

表 13 世界の銅価格（1967年頃）



非鉄金属の実際知識より

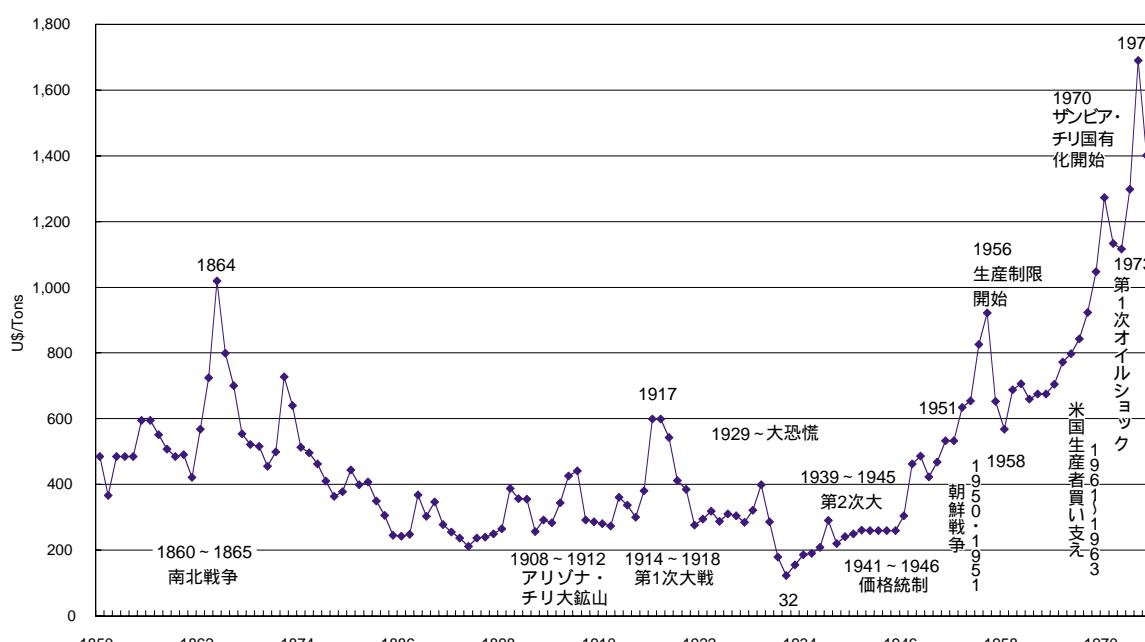


図3 米国国内銅価格（1850～1976年）

銅価を過去の国家的・国際的主要事件と関連してみると、影響力の強い2つの要因は、銅価の急上昇をもたらす戦争と、当然の結果として価格の下落をもたらす経済的不況であることが分かる。

価格は需給のバランスを反映して変動するといわれている。銅における需給変動は次の基本

的要因による。

景気変動：銅の主要製品である電線・伸銅品は設備投資に対する依存度が高く、銅消費量は景気変動の影響を特に大きく受ける。
供給の非弾力性：銅鉱山の生産を需要の増減に応じて調整することは極めて難しい。
鉱山の生産コストの差：鉱床の賦存状況や

立地条件等によって大きな差異を生じる。不測の供給障害：資源が世界的に偏在し、特定生産国における政治的、経済的あるいは社会的な問題や自然災害の発生が銅供給に多大の影響を与える。

スクラップの問題：銅はリサイクルが盛んな金属で、スクラップなどからの銅の消費量が多い。これらリサイクル銅の需給を調整することは難しい。

投機の影響：銅価は商品取引所に特有な要因である投機の影響を受ける。

近年は、世界的に大規模なファンド筋などが投機目的で、市場に介入することが多くなっている。

また、価格は、生産者の希望と需要家の希望とのせめぎ合いの中にあるといえる。従って、常に生産者価格と市場取引価格と市中取引実績表示とが対峙する。

米国が銅生産と消費の大部を占め、マーケットをコントロールしていた時代は、米国の生産者価格（PP）、米国の市中価格（E&MJ価格）及びLMEの先物価格が主要な指標となっていた。

日本では、日鉱金属（株）が建値を公表している。かつては、国内鉱山からの生産コストを基礎に算出していたが、現在は国際相場を反映させ、諸経費を勘案して算出されている。

3) 世界大戦時の銅統制と備蓄

第1次世界大戦中、1917年の米国参戦とともに、連合国は、その銅資源をプールし、戦時産業委員会（War Industries Board）がその配給に当たった。

第2次世界大戦勃発と同時に英国の銅は、非鉄金属統制局（Non-Ferrous Metals Control）を通じ、政府の支配下に置かれ、その後、連合国の供給品はすべて統合原料委員会（Combined Raw Materials Board）により統制された。

大戦時には銅価格は政府により統制された。米国では、1917年から1918年まで23.5～26セント/ポンドに統制された。しかし、英国では、政府が統制を課したにもかかわらず、50ポンドから150ポンド/t以上となった。第2次大

戦では、米国では1941年に自主的統制を開始し、1946年まで12セント/ポンドに固定された。また、英国でもLMEの完全閉鎖（1939～）を含む厳しい制限を行った。

ドイツでは、30年代中ごろから、ヒットラーが世界制覇に備え、戦略物質の蓄積を企画した。ヒットラーにとって、銅が最大の問題で、10万tに達しない備蓄で、戦争に突入したといわれている。しかし、欧州の大部分を占領することにより、終戦時には、概算50万tの備蓄量を持っていた。

第1次大戦終戦時の米・英・仏の精銅保有高は、約28.4万tであった。そのうち、1919年1月1日の米国精銅保有量は17.2万tであった。これは第1次大戦前の消費率では、約2.5か月分の供給分に相当するにすぎなかつたが、この余剰在庫処分に関して、生産者は少なからず動搖した。

第2次大戦終了時では、米国と英国の精銅備蓄量は、80万t以上にのぼり、1946年1月の米国政府は、戦略用備蓄在庫として、569,871tであった。

これら戦略備蓄の戦後放出は、価格統制撤廃後の騰貴を抑制する役割を期待できる反面、戦時増産体制とともに、生産者へ供給過剰に対する動搖を与え、大戦後の生産が混乱した。日本においても終戦後の戦略備蓄の放出により国内鉱山の立ち上がりが遅れたといわれている。

4) 国際変動の直前状況（第2次世界大戦後の状況）

・政府による価格統制

終戦後、米国は4セントの輸入税を停止し、銅の入超国となつた。朝鮮戦争勃発後、政府は国産銅・輸入銅双方に上限価格を設け、戦略備蓄を開始した。英国では政府が1953年まで、戦時中の統制と一括購入制度を維持した。しかし、英国供給省の公示価格は、ポンド切り下げの影響もあり、1946年の60ポンド/tから、1953年の250ポンド/tまで上昇した。北ローデシアの植民地政府は、新鉱山開発奨励の目的で新税制を導入した。これらの要素から、カッパーベルトは拡張/拡大の対象として脚光を浴びることになった。

・ 1953 ~ 1955 年

1953 年には、当時は生産者の数ほど価格があるといわれるほど価格情勢が混沌としている中で、LME が銅取引を再開した。LME の再スタートは 253 ポンド/t から 215 ポンドへの価格の反落であったが、その後、戦後復興・開発と朝鮮戦争、産銅国のストライキなどに支えられ、価格は着実に上昇した。この中で、カッパーべルトの大手業者の一つである R.S.T. グループが、価格の激変は代替品の脅威を招くとの認識のもとに、自己の生産品をその価格で売るという「公示」価格制を導入した。また、コンゴのユニオン・ミニエール社も独自の建値を発表するようになった。

・ 1956 ~ 1959 年

1956 年の中ほどにかけ、世界の消費が下降し出し、価格も下落し始めた。アフリカの生産者は建値（生産者価格）を翌年撤回し、それぞれ生産を 10 % 削減することを決定した。その他の世界の生産者も生産削減を行うものもあり、市況は徐々に回復した。供給過剰時には整然とした生産削減が効果があることを示した。

・ 1960 ~ 1963 年

1960 年に、再度生産削減の必要が生じた。このときも世界で自発的に削減が行われた。アフリカでは、当初 10 % であったものが、1962 年中ごろから 15 % となった。北ローデシアでは、RST グループは地金生産の削減を決定し、AAC グループは、平常の生産を維持し、販売を 85 % に制限した。生産削減と米国の生産者も含めた買い支えによる人為的操縦により、1961 年から 1963 年まで価格は LME で 280 ポンド/t 前後に維持され、市場は悲惨な状態に陥らずにすんだ。

・ 1964 年~

1964 年の初頭には、自由世界の経済は上昇し、あらゆる金属に対する需要が喚起され、その潮流の変化が始まった。銅の場合、その需要は対前年度比約 15 % 増加した。生産制限は解除され、LME における買付けにより、在庫は一掃され、AAC の在庫銅も処分されたにもかかわらず、自由世界の銅価格は上昇を始めた。

これから、景気の急激な上昇・下降と銅価格の乱高下の時代に入った。

6. 資源ナショナリズムの時代

（1）資源ナショナリズム

1) 資源保有開発途上国の独立

1960 年代に入り、旧植民地の崩壊と途上国の独立・ナショナリズムの台頭の時代となった。1962 年の国連総会における「天然資源の恒久主権の確立宣言」に見られるように、資源保有開発途上国の権利主張は年を追う毎に強くなつた。

主要銅産国、チリ、ペルー、ザンビア、ザイールの 4 か国は、1960 年代後半より、これまで先進国資本に長年にわたり掌握されてきた資源を自国民の手に取り返すため、共通の課題と政策に取り組むことが多くなってきた。

2) 銅鉱山国有化

1962 年の国連決議を受け、さらに資源ナショナリズムが高揚した発展途上国は、欧米大資本に所有されていた鉱山の国有化を進めることとした。これは、欧米大資本の手から資源の支配権を取り戻し、永久的主権を確保しようとする動きである。

ザイール：最初に大規模な国有化を行った。1960 年にベルギーから独立した後も、ザイールの鉱物資源はベルギー資本の Union Miniere 社に支配されてきた。1966 年モブツ大統領は、子会社である Union Miniere du Haut Katanga (UMHK) の本社をブリュッセルからザイールに移転することを要求し、これが拒否された結果、同社の持ち分 85 % を接収した。1967 年 1 月 1 日、国営の Generale Congolaise des Minerais (GECOMIN) を設立し、カタンガ内の銅山の 100 % を管理することとした。

一方、鉱山国有化の見返りとして UMHK の販売会社 SGM 社が GECOMIN の全生産物の販売権を得ることになった。1974 年に協定が改定され、SGM 社は、国営販売会社ソザコムに販売権を 40 億ベルギーフランで譲渡した。この結果、ザイールは生産から販売まで、すべて政府の管轄の下に行われることとなった。

チリ：1967 年、フレイ大統領は「チリ化計画」を掲げ、米国系大銅山の支配権獲得に着手した。チリ化計画は、銅生産量・製錬量の倍

増、大手産銅企業への政府参加、銅マーケッティングへの政府介入、銅公団の設立、等を柱とする。産銅企業への政府参加について、当初、アナコンダは拒絶したが、ケネコット社は、好意的に対応し、エルテニエンテ鉱山の51%売却が成立した。1969年アナコンダも同社の鉱山の売り渡しを決定せざるを得なくなった。フレイ政府は株式の51%を即座に買い取り、残余の49%は、1972年末から10年間の間に買い取るオプションを得るという契約を結んだ。

1971年にアジェンデ政権は、産銅企業国有化のための憲法改正案を議会に提出し、可決した。これによって、フレイ政権時の契約は無効となり、外国産銅企業との計5つの合弁会社が完全国有化されることになった。また、アジェンデ政権は国有化に際し、各鉱山会社の資産の簿価に基づく補償を行うこととし、チュキカマタ、エルサルバドル、エルテニエンテについては、過去に稼いだ額が膨大であったとして、アジェンデ政権は無保証完全国有化を断行することになった。

アジェンデ大統領の完全国有化の後に、次のような問題が生じ、鉱山運営上の混乱と能率低下を招いた。これらをチリ獨力で克服するのに時間を要した。

米国人はもとよりチリ人を含む多数の有能な技術者、監督者たちが国外へ流出した。

鉱山に残った者も政府が任命した鉱山関係者と折り合いが悪く、ストやサボタージュが頻発した。これには米国が関与しているといわれる。

鉱山機械設備のほとんどが米国製であるため、メインテナンスのための部品調達が困難になった。

5大鉱山（Chuquicamata、El Teniente、El Salvador、Exotica、Rio Blanco）を管理運営する力量が備わっていなかった。

ザンビア：1964年に英國から独立した。カウンダ大統領は、1968年に外国企業の本国送金を制限し、また、外国人への商業許可証の発給を制限して、商業面でのザンビア化を進めた。1969年には国有化法を制定し、国内で操業中のローン・セレクション・トラスト（RST）及び

アングロ・アメリカン（AAC）2社に対し経営参加を要求、協定成立によりRoan Consolidated Mines Ltd.（RCM）及びNchanga Consolidated Copper Mines Ltd.（NCCM）を設立し、それぞれの51%の経営参加権を得た。

その後、1979年に2社の所有株式を61.6%、60%に引き上げた。1982年にはこの2社を合併して、Zambia Consolidated Copper Mines Ltd.（ZCCM）を設立した（表14）。

表 14 ザンビア鉱業資産の権益（2000 年現在）

旧社名	Location	Assert	Name	Stage	OWNER	系列
NCCM	Solwezi	Deposit	Kansanshi	Exploration	Cyprus Amax Kansanshi plc 1997	P.D.
			Kansanshi	SXEW	Cyprus Amax Kansanshi plc 1997?	
	Konkola	Deposit	Konkola	Developed	KCM	
			Konkola Deep	Developing	KCM	
			Konkola North	Exploration	AVMIN	
	Ncahnga	Deposit	Konkola		KCM	FQM
			Ncahnga	Developed	KCM	
			Chingola	Developed	KCM	
			Chingola C	Developed	KCM	
		Concentrator	Chingola Dump		KCM	
			Ncahnga		KCM	
RCM	Nkana	Deposit	Nchanga TLP		KCM	Grecore
			Nkana Mindoia	Developed	MOPANI	
			Nkana Central	Developed	MOPANI	
			Nkana South	Developed	MOPANI	
			Chibuluma West	Developed	Metrex	南ア系
			Chibuluma South	Developing	Metrex	
			Chambishi	Developed	CHINA	中国
NCCM	Nkana	Concentrator	Nkana Dump	Co	Chambishi Metals(Avmin)	Grecore
			Nkana		MOPANI	
			Smelter	Nkana	SmelterCo	
			Refiney	Nkana	SmelterCo	
			Nkana Acid Plant		SmelterCo	
RCM			Nkana RLP		MOPANI ?	Grecore
			Chambishi RLP		MOPANI ?	
NCCM			Nkana Co Plant		MOPANI	南ア系
			Chambishi Plant		Chambishi Metals(Avmin)	
RCM	Mufulira	Deposit	Chambishi Acid		Chambishi Metals(Avmin)	Grecore
			Mufulira	Developed	MOPANI	
			Concentrator	Mufulira	MOPANI	
			Smelter	Mufulira	MOPANI	
	Luanshya	Concentrator	Refinery	Mufulira	MOPANI	インド系
			Baluba	Developed	RACOM	
			Luanshya	Developed	RACOM	
			Muliashi	SXEW	RACOM	
			Concentrator	Baluba	RACOM	
			Concentrator	Luanshya	RACOM	
Ndola	Smelter		Smelter	Luanshya	RACOM	
			Bwana Mkubwa	SXEW	MOPANI	
			Bwana Mkubwa	?	MOPANI	
	Deposit		Ndola precious plant		MOPANI	Grecore
			Deposit	Nampundwe	Pyite	
Lusaka		Concentrator			KCM	FQM
					KCM	

日本メタル経済研究所（2001）より

ペルー：1974 年 1 月 1 日にセロ社（米国）の子会社セロ・デ・パスコを国有化した。また、アナコンダが探鉱していたセロ・ペルデ鉱山は、1977 年ミネロペル（鉱山公社）により生産を開始した。

これら国有化鉱山の概要を別表に示す。

（2）CIPEC の設立と活動

1) CIPEC の設立

1967 年 6 月、ザンビアなどの 4 か国は、ザンビアのルサカで政府間会議を開き、銅市況対策

を中心とする銅政策確立について討議を行い、生産者及び消費者にとって、適正な価格を維持するには、主要銅産国が協力し、統一行動をとることが必要との合意に達し、銅輸出国政府間協議会（CIPEC）の設立を決定した。CIPECは、翌1968年5月正式に発足した。

設立の趣旨には、「銅価の過度の変動を防止すること、及び戦時、平時を問わず、生産者及び消費者双方のために、公正な銅価を維持すること」が述べられ、活動目的は次のように規定した（表15）（図4）。

銅産業の拡大を通じて銅輸出による実質収入の大軒かつ継続的な増加を図る。

銅の生産及び販売に関する加盟諸国の決定及び調整を図る。

銅の生産と販売について、より完全な情報を入手し、適切な助言を与える。

一般的に生産国の経済、社会発展を図る。

表15 CIPEC 加盟国一覧

1968年5月発足：チリ、ペルー、ザンビア、ザイール

加盟国	加盟期間
チリ	1968～1992
ザンビア	1968～1992
ザイール	1968～1992
ペルー	1968～1992
インドネシア	1975（正加盟）～1988（脱退）
パプア・ニューギニア	1975（準加盟）～1988（脱退）
オーストラリア	1975（準加盟）～1987（脱退）
モーリタニア	1976（準加盟）～1979（脱退）
ユーゴスラビア	1977（準加盟）～1992
ポルトガル	1991.9（加盟）～1992

1992年：組織縮小、事務局パリからサンチャゴへ移転、事実上活動停止、国際銅研究会創設

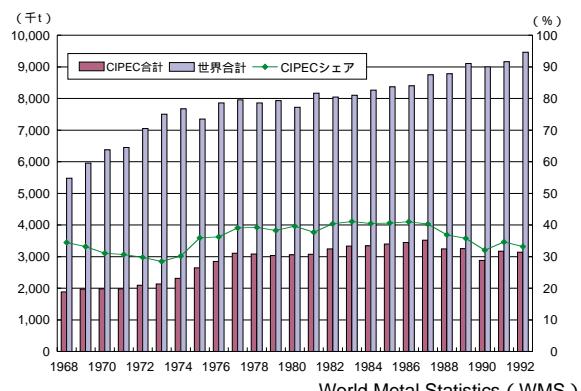


図4 CIPEC 諸国の銅鉱石生産推移

2) CIPEC の活動

1967年から71年までの活動の大部分は、統計収集と政治的宣伝だけであった。

最初の共同活動として、1972年にチリ政府と

ケネコットとのEl Teniente鉱山の国有化手続きの紛争に対し、CIPEC閣僚会議で、ケネコット側の「チリに対する侵略的行動が続く限り、ケネコットとの取引を中止する旨の決議を行った。これに対し、米国政府は、アジェンデ政権転覆の工作を行い、1973年にはストライキが続発し、チリ経済に多大な損害を与えた。

1973年9月11日、アジェンデ政権がクーデターにより倒されてから、ピノchet军事政権は、ケネコット及びアナコンダとの交渉を再開し、1974年に一応の合意を見た。

生産・輸出制限の実施：1974年後半より起こった世界不況に伴い、銅価が大暴落したのを機に、銅価の下支えを行うため、輸出の10%削減を決定した。その後も、1975年4月には、生産・輸出の15%削減、同年11月には生産削減の7か月延長、輸出削減の3か月延長を打ち出した。しかし、CIPEC4か国による10～15%の輸出削減（年間20～30万t）では、当時の世界の銅地金在庫量が110～170万t存在する状況下においては、有効な供給余力吸収策とはなり得ず、1976年6月の閣僚会議では、継続を主張するザンビアと撤廃を主張するチリと合意ができず、各国の自由意志に任せることになり、生産・輸出制限は自然解消となった。

加盟国は、1975年にインドネシア、オーストラリア、パプア・ニューギニアが、承認され、76年にはモーリタニアが加わった。

（3）産銅開発途上国諸問題

1) 資源ナショナリズム・CIPECの限界

開発途上国台頭も、銅価安定と生産調整という点で期待した成果を上げることはできなかった。

チリ、ザンビアの試みた生産者価格は、結局はベトナム戦争の影響や投機筋の思惑取引により暴騰したLME価格に追随してしまい崩壊することになった。

増産計画は、資本、技術両面で欧米資本になお大きく依存せざるを得ない状況にあったため、計画は大幅に狂い、かえって減産となる有様だった。

CIPECによる減産、輸出規制なども国家収入を維持するための輸出量は確保しなければなら

ず、さしたる成果を上げ得なかった。

CIPEC に代表される開発途上国は、需要動向にかかわらず生産水準を維持する姿勢をとったため、銅の供給は下方硬直性を持つようになつた。つまり、需要低迷期には供給過剰となり市況は低迷するが、開発途上国が低銅価による収入減を補おうとして、さらに増産する動きを見せたため、いっそう市況低迷が深まる状況となつた。この悪循環の最大の要因は国営化した国々の累積債務問題にある。

2) 産銅開発途上国の対外累積債務

産銅開発途上国の累積債務状況

1970 年代を通じ、途上国の債務は大幅に増大した。また、1979 年以降の石油価格の高騰、実質金利の上昇、先進国における景気低迷の長期化などにより経済成長は著しく低下した。産銅開発途上国の累積債務状況は、1985 年時点では次のようにあった。

チリ：1985 年末で約 210 億ドルの累積債務を抱えていた。これは 1979 年から 3 年間の固定相場制の採用による国際収支の悪化と、その後の銅価の下落によるものであった。米国の鉱山会社が撤収した後、独自鉱山技術を確立した後のチリにとっては、累積債務の増大は銅の生産を減らす要因にはなつておらず、逆に生産を増加させ、1982 年には米国を抜いて世界第 1 位の銅生産国になった。

ペルー：1985 年 6 月末の対外累積債務は 140 億ドルになった。これは銅価の低迷、鉱山の銅品位低下、拡張投資に係わる資金負担に加え、ストライキや異常気象により各社の収支が悪化したことによる。このような中、ガルシア政権は、対外債務返済を輸出額の 10 % 以内におさえる方針を打ち出したが、IMF は報復処置としてペルーに対し「融資不的確国」宣言を行つた。

メキシコ：1985 年末の対外累積債務は 970 ~ 980 億ドルとなつた。総輸出額の 70 % が石油関連という石油依存型経済で、原油価格の下落によって壊滅的な打撃を受けた。

ザイール：1984 年の対外累積債務は 45 ~ 50

億ドルとなつた。1975 年以来の銅価の低迷によって経済は停滞し、慢性的外貨危機に陥つており、設備・部品の調達難から減産を余儀なくされた。IMF の指導により 1983 年 9 月に大幅な通貨切り下げを実施、11 月には輸入自由化政策をとつた。

ザンビア：1985 年 9 月末の推定累積債務は 34 億ドルとなつた。1975 年以降の銅価低迷は経済を停滞させ、外貨収入減となつた。対外債務は増加しているが、IMF の要請による通貨切り下げの実施により、IMF から 225 億ドルの資金導入を行つた。

収益の減少と生産量への影響

銅価低迷と債務の増大は、国営産銅会社の収益を悪化させ、その資金調達を困難にした。これにより産銅国の進む方向は大きく 2 つに分かれた。

第 1 は、ザンビア、ザイール、フィリピンのグループで、資金不足から中小鉱山が休閉山に追い込まれたり（フィリピン）、また国営企業の多くが、設備や部品調達難から減産を余儀なくされた（ザンビア、ザイール）。これらの国においては、生産の縮小が国際収支をさらに悪化させ、産銅会社の一層の収益減少と資金不足につながるという悪循環をもたらした。

一方、チリ、メキシコ等のグループは、逆に生産量を増大させることにより、収入減を補う方向に進んだ。特にチリは、外資導入を図ることなどにより著しく生産を伸ばし、1988 年には銅鉱石生産が米国を追い抜いた。これに対し、米国の鉱山は、低銅価にチリ等からの輸入銅との競争も加わり、休閉山に追い込まれる鉱山が多く、産銅量は減少した。

7. 石油危機後の産銅産業の構造変化

（1）多国籍企業の衰退

従来の産銅メジャーである多国籍企業は、産銅開発途上国の鉱山国有化などにより海外生産拠点を失い、その衰退が急速に進み、1963 年（ナショナリズム台頭直前）には、多国籍企業大手 10 社の自由世界銅鉱石生産量に占める割合は 65.4 % であったが、1983 年には 16.4 % まで低下した（表 16）。

表 16 世界の多国籍企業のシェア推移（鉱石生産ベース）

	1963年		1967年	1971年	1975年	1979年	1983年	
	千t	%	%	%	%	%	千t	%
Anaconda	515	13.4	11.7	7.3	2.4	2.3	44	0.7
Kennecott	486	12.6	8.7	9.5	4.6	5.7	318	5.1
AAC	344	8.9	8.4	7.9	4.0	0.9	-	-
Amax (RST)	171	4.4	4.8	1.2	1.2	-	38	0.6
Asarco	161	4.2	3.7	3.8	3.6	5.8	101	1.6
Phelps Dodge	256	6.6	4.0	5.4	4.3	2.0	263	4.2
Newmont	140	3.6	3.2	3.5	3.3	3.8	129	2.1
Inco	106	2.8	3.6	3.1	2.8	4.5	63	1.0
Noranda	73	1.9	2.0	2.0	0.9	1.1	74	1.2
Union Miniere	270	7.0				-	-	-
計	2,522	65.4	50.1	43.7	27.1	26.1	1,030	16.5
自由世界	3,875	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	6,275	100.0

世界における銅供給構造の変化より

出典：World Metal Statistics 1985 Financial Times Mining International Year Book 1985
注) 1963年及び1983年の生産数量(千t)が含有銅量

Anacoda や Kennecott などは鉱区を失ったために著しい生産量低下とともに、企業経営そのものにも、深刻な痛手を被った。特にチリにその生産量の 60 % を依存していた Anaconda や 30 % を依存していた Kennecott の損害は致命的であった。この結果、Kennecott は Standard Oil of Ohio に買収される等、多くの産銅企業がオイル・メジャーの支配下に入る要因となった。

(2) オイル・メジャーの進出・撤退

1) オイル・メジャーの銅産業への進出

1970 年代にはオイル・メジャーが銅産業に新たに登場してきた。特に米系メジャーによる米国産銅企業の買収が相次ぎ、ピーク時には米国内の銅鉱石生産能力の 60 % を占めるに至った（世界における銅供給構造の変化）。しかし、その後の銅市況の長期不振に加え石油市況の低迷も相俟って、80 年代に入りオイル・メジャーは逆に相次いで銅産業から撤退を開始した。

オイル・メジャーの銅産業への進出が本格化したのは、1973 年の OPEC によるオイルショックを契機としている。オイル・メジャーは、原油供給権を限定された代わりに、石油価格高騰による膨大な収益を得た。オイル・メジャーはかねてから経営の多角化を目指していたが、オイルショックによりキャッシュ・フローが急激に膨張し、余剰資金投資の必要性が増大した。

銅産業は、石油同様資源採取産業であり、類似点・共通点が多いため、投資先の一つとして選択された。しかも、銅産業の財務内容は、オイルショック以前においては比較的収益性が高

く、金属の市況変動による価格リスクも、投資利益の平準化という観点からたいしたことはないよう見えた。投資先は、市場規模も大きい方がよく、国際政治情勢も考慮して、米国の支配力の弱い南部アフリカの貴金属や希少金属は対象にならなかった。

オイル・メジャーの銅産業への進出戦略は、次の 4 つのタイプに分けられる。

グラスルーツの探査活動

オイル・メジャーのベースメタル分野への進出当初は、ほとんどがグラスルーツの探査活動であったが、鉱床発見まで長い時間を要することもあり、ほとんど成果が見られなかった。

未開発鉱区の全部又は部分的な買収

次に、開発へ短期間で結びつくように、探査中の有望プロジェクトの買収を行った。この成功例が、BP のオーストラリア・Olympic Dam プロジェクト及び Amoco の PNG ・ OK Tedi プロジェクトである。

開発中の鉱床の全部又は部分的な買収

さらに、手っ取り早く成果を得るために、開発中の鉱山の買収を行うようになった。この例として、Billiton (Royal Dutch Shell) のペルー・Cuajone 鉱山への資本参加がある。

操業中の鉱山又は企業買収

最も手っ取り早くかつ最も効果的な参加形態が操業中の鉱山やその企業を買収することであった。第 1 次オイルショックを契機に、産銅企業は銅価の低迷、供給過剰が続き、株価も低落していった。一方新規鉱床の探査・開発コストは、急速に上昇した。その結果、産銅企業の市場株価の急落とともに、企業体質は極度に脆弱化し、探査・開発を行う体力を急激に失っていた。産銅企業が長期的展望からは依然として優れた投資対象であると考えていたオイル・メジャーにとって、産銅企業そのものの買収こそは、最も手っ取り早くかつ合理的な戦略であった。その象徴的な例が、1977 年に完了した Arco の Anaconda の買収であった。その後、この方法による買収が、LL&E による Copper Range (1977 年) Amoco による Cyprus (1979

年）BPによるSelection Trust（1980年）さらに、史上空前規模のSohio（Standard Oil of Ohio）によるKennecottの買収等へと続いた。

オイル・メジャーによる産銅支配と撤退の状況を別表に示す。

2) オイル・メジャーの銅産業からの撤退

オイル・メジャーが銅産業へ進出した1980年代後半の国際銅市況は、世界的な景気後退を背景として、未曾有の長期低迷を余儀なくされた。赤字が累積の一途を辿っていく産銅部門は、ついに資産整理の対象とされるに至り、産銅業に見切りをつけ、撤退するオイル・メジャーもでてきた。撤退の際の素早さは、石油業界の特徴とするところであり、それは、石油採掘にとって油田の探査・開発のコストとリスクは、銅産業に比べるかに高い。それゆえに実質的な損失を被る以前に、撤退するか否かの経営判断が不可欠であり、また、減産や事業部門の閉鎖は、石油の方が金属鉱業に比べ物理的に容易であり、雇用問題も大きくないことに起因するといわれている。

石油、銅の両産業を巡る厳しい経営環境下にあって、オイル・メジャーは最終的に非採算部門である銅産業からの撤退を決断した。その戦陣を切ったのがCities Service（Miami East鉱山）であり、その後、Atlantic Richfield（Los Pelambresプロジェクト）Pennzoil（Duval社）LL&E（Copper Range社）Standard Oil of Indiana（Cyprus Mines社）が続いた。

その後、1980年代中葉にほとんどのオイル・メジャーが、鉱山・部門毎に切り売りして、撤退した。

8. 新たな課題への対応

（1）米国産銅ストライキの影響

自由世界の産銅量の4分の1を占める米国では、3年毎に産銅労働協約更改变交渉があり、その都度、産銅ストライキが繰り返され、世界の銅市況に影響を与えてきた。

ストライキ等労使問題は、鉱山の労働環境の特異性により、南部アフリカ、チリなどあらゆる国で生じており、現在に至るまで、供給環境の不安定要因になっている。

しかしながら、米国では、第1次オイルショッ

ク以降の長期市況低迷・米産銅業界の構造変化の中で、第2次オイルショックを契機としたインフレ景気を背景に、ストが長期化・市況高騰を支えた1980年を最後に、1983年、1986年はともにストは事実上不発で、加えてフェルプス・ドッジの労組が解体し、1986年は各社とも大幅な賃金カットで合意するなど、米国産銅労働協約更改变交渉を巡る環境は大きく変化した（表17）。

表17 米国の主な産銅ストライキと生産損失

年	期間	損失量（t）
1955年	7/1～1か月	80
1959年	7/1～60年3月末	356
1964年	7/1～9月上旬	120
1967年	7/1～68年3月末	825～875
1971年	7/1～9/24	250
1974年	7/1～8月末	100～150
1977年	7/1～8月末	100～150
1980年	7/1～11/22	300～350
1983年	一部のみ	
1986年	スト不発	

鉱山より

（2）環境規制（二酸化硫黄放出規制）による製錬所閉鎖・リストラ

銅鉱業（鉱山、製錬）の稼行対象として大部分を占める硫化鉱物の鉱害問題は、鉱廃水の悪化（酸性化、けん濁物）と鉱煙の発生（Soxガス、煤塵）とに大別される。小規模操業時代には、鉱害の影響も小さかったが、鉱業が他産業に先駆けて近代化し、操業規模が急速に拡大するとともに、鉱害問題も重大化した。しかし、業界の努力により、20世紀初頭までに、坑廃水の中和及びけん濁物の捕捉、硫酸回収及び煤塵の回収などの技術が進歩し、これらの技術は他産業の公害防止にも役立つところとなった。

しかし、産業の大規模化や生産重視並びに環境対策意識の遅れなどにより鉱害問題が再燃した。このため、先進諸国のほとんどにおいて、公害規制処置が導入されることになった。公害対策の中でも、特に大気汚染対策が重要な問題となり、鉱煙による大気中への二酸化硫黄排出の規制が最も重要な課題となった。

米国の製錬所が、二酸化硫黄排出規制により最も深刻な影響を被った。1977年に修正された大気汚染防止法（Clean Air Acts of 1970）は、製錬所からの大気中への排出総量及び汚染濃度双方に、制限を設けている。これに基づき環境保護庁（EPA）は、この規制に適応するためには、ほとんどの製錬所が90%以上の二酸化硫黄

を回収しなければならない基準を設けた。排出限度は煙突からの1時間当たりの二酸化硫黄の排出量の年間平均で表される。製錬所が適合すべき基準は2つあり、公共の健康保護のための基準は、大気中への二酸化硫黄の年間平均排出限度は0.03PPMで、公共の財産の保護のための基準は、排出限度量が0.02PPMである。この改正に対応するため、各製錬所はEPAに実行計画提出を義務づけられ、計画が承認された場合、1988年1月1日までは、経過処置として生

産削減、高い煙突による拡散等の補完的管理システムを採用することが許容された。すなわち、最終的には、1988年1月1日までに放出基準に適応できない製錬所は、閉鎖することとされた。

米国の製錬所は、すでに老朽化しており、また、銅市況の長期にわたる低迷から、公害防止のための投資が行い得ず、1980年の時点で17か所稼働していた製錬所が、1988年には9か所へと半減した。

おわりに

今回、銅の国際的な歴史と変遷についてまとめた。次回以降、「我が国の銅の需給状況の歴史と変遷」、「我が国鉱業政策の歴史と変遷」、「我が国の海外銅資源開発の歴史」、「大銅山開発の時代・1990年代以降」等国内外の産銅業の歴史と政策につき振り返ることとする。

最後に、この企画をまとめ、端緒を開かれた時逝去された大迫次郎氏に本稿を捧げます。

参考文献

・ アングロ・アメリカン社の実態と発展経緯 (1983) (社)日本メタルセンター
 ・ 英系非鉄メジャー誕生の背景 (大英帝国の成立と英國産銅鉱業史) (2002) 日本メタル経済研究所
 ・ 英国コングロマリット企業リオ・チント・ジンク社の発展、経緯とその背景 (1980) (社)日本メタルセンター
 ・ LME入門 (1999) 江守哲
 ・ EL COBRE CHILENO 1975 (1975) CODELCO
 COPPER (1965) Bureau of Mines, USA
 COPPER - Technology & Competitiveness - (1988) Congress of The United States
 Copper costs and prices: 1870-1957 (1959) O.C.Herfindahl
 カッパー データブック (社)日本メタル経済研究所 (1990.10) ~ (2004.3)
 鉱業便覧 昭和48年版~平成14年版
 鉱山・30周年記念号 (1978) 鉱山 Vol.31、No.8
 鉱山・40周年記念号 (1989) 鉱山 Vol.42、No.2
 鉱山・50周年記念号 (1998) 鉱山 Vol.51、No.8
 鉱物資源論 (2003) 志賀美英
 国際資源企業の国有化 (1992) 梅野巨利
 古代の技術史上 (2003) - 金属 - R.J.Forbes (訳本)
 古代の技術史中 (2004) - 土木・鉱業 - R.J.Forbes (訳本)
 The Porphyry Coppers in 1956 (1957) A.B.Parsons
 世界産銅業界の組織分析 (1974) ロナルド・ブ

レイン 翻訳: 日本鉱業協会

世界的産銅資本の実態 - RSTの調査報告 - (1972) 日本貿易振興会

世界における銅の供給構造 (1983) 金属鉱業事業団

世界における銅供給構造の変化 (1987) 金属鉱業事業団

銅産業 (1947) 米連邦取引委員会調査報告、翻訳: 日本伸銅協会

銅の6000年 (1965) B.W.スミス 翻訳出版: 日本銅センター

銅溶鍊プロセスの変遷と今後の動向 (2004) (社)日本メタル経済研究所

デ・レ・メタリカ (近世技術の集大成) アグリコラ著 翻訳・解説出版 (1968)

日本の金属鉱業技術 (8) - 自溶炉銅製鍊法 - (1992) 金属鉱業事業団

非鉄金属 (1989) 黒子孟夫

非鉄金属の実際知識 (1967) 渡部亮、高橋正夫

ポーフィリーカッパー鉱床入門 (1970) 石原舜三

酔っぱらいのための鉱床学 (1979 ~ 1983)

佐藤壮郎 ぼなんざ

Rio Tinto社の歴史 1873 ~ 1975年 (世界企業としての原典を探る) (2003) 日本メタル経済研究所

World-Ferrous Metal Production and Prices (1700-1976) (1979) C.J.Schmitz

別表 銅を巡る産業構造の推移

参考文献に基づき作成

別表 国有鉱山一覧

国名	旧企業名	鉱山名	国有企业会社名	国有企业化経緯	1980年生産実績		2003年現況	
					千t	千t	千t	千t
ザイール	Union Miniere		Gecamines	1967年100%国有化		505		
ザンビア	Roan Selection Trust	Mutulira	ZCCM(1982年～)	1969年51%、1979年60%国有化	106.1	Glencore 73.1% FQM(加) 16.9%		
	RCM(1969年)	Luanshya, Baluba			77.7			
		Chibuluma			11.3			
		Chambishi				30.3	CNFCC(中国) 85%所有	計画中
		Kalengwa						
Zambia	Anglo American	Nchanga, Chingola			211			
NCCM(1969年)		Nkara			80.9	Glencore		
		Konkola, Kansanshi			45.1	ZC(AA50.9% 58% Sterlite(インド)) FQM	188	
チリ	Kennecott	El Teniente	Codelco	1967年51%、1971年100%国有化		小計 562.4		
Anaconda		Chuquicamata		1970年51%、1971年100%国有化	266	Codelco 100%	339.44	
		El Salvador			510.9			
		Exotica			74.8			
Cerro Corp.	Rio Blanco(Andina)			1971年100%国有化		52.8		235.834
Le Nickel	Disputada	Enami		1972年44%国有化、1977年Exxon86.5%買収		28.4	Anglo American 100%所有	
ペルー	Cerro Corp.	Cerro de Pasco	Centromin	1974年100%国有化		小計 932.9	El Soldado 70.5	
Anaconda	Cerro Verde	Minero Peru		1977年100%国有で生産開始		27	Valcan Compania Minera 100%所有	Los Bronces 207.8
メキシコ	La Caridad	Mexicana de Cobre		1980年44%シェアで生産開始		小計 168.7	Phelps Dodge 82.5%所有	96.271
						175.4	Grupo Mexico 100%所有	128.7
合計 2,087.2(27.1%)								参考文献に基づき作成
世界 7,713.9								

別表 オイルメジャーによる産銅支配と撤退

石油会社	子会社	鉱山(支配率)	鉱山プロジェクト	進出	撤退	現状
Atlantic Richfield(ARCO)	Anaconda(100%)	Carr Fork Butte	鉱山プロジェクト	1977 買収	1984 資産譲り受け 1985 Kennebottに売却 (Anacondaの権益)	(RTZ)休山 (RTZ)
	Anamax(50%)	Twin Buttes			1985 Cyprustに売却 1985 地質資本に売却	閉山 アトフガズタ社(60%)入日本㈱(40%)、2000生産開始
	Cananea(メキシコ、48%)	Los Pelambres(チリ)		1977 買収	1982 勘査	Grupo Mexico 操業中
Cities Service	Tennessee Corp(100%)	Miami Pinto Valley		1963 買収	1983 Occidental Petroleumと合併 1985 Magma生産開始SX/EW	Phelps Dodge SX/EW操業中 BHP Billiton SX/EW休止
Louisiana Land & Exploration	Copper Range(100%)	White Pine		1977 買収	1984 Echo Bay Miningに売却	INMET Mining C.R.社の80%所有 休止
Pennzoil	Duval 産銅部門(100%)	Esperanza(2軒山)		1968 買収	1986 Cyprus Mineralsに売却	Phelps Dodge Sherritt鉱山 操業中 68,584t(2003)
Standard Oil of Indiana(AMOCO)	Amoco Minerals(1979設立)	OK Tedi		1979 買収	1985 Cyprus Minerals Corpとして独立 1993 BHP及びPNG政府に売却	Phelps Dodgeが買収 2002 BHP撤退、現地資本により操業中
British Petroleum(BP)	Standard Oil of Ohio SOHO)買収 BP Minerals(1988SOHO権益統合)	Kennebott(100%)		1970(20%)、1987(100%) 1980 Selection Trust買収 1981 SOHOが買収	1989 RTZに売却 1/3三菱商事に売却。1986 P.D.に売却 1984 騒乱。1986 Asarcionに売却 1985 開墾。1986 再開計画発表	RTZ100%所有 Phelps Dodge休山中 Grupo Mexico、操業中2003:123.4千t (RTZ)操業中
	Olympic Damプロジェクト(49%)	Chino Ray Utah(Bingham Canyon)		1979 JV開始	1993 Western Mining Corpに売却	WMC100%所有、操業中
	Tsumeb(ナミビア、14.25%) Teutonic Bor(豪、60%)	Olympic Dam (Selection Trustの権益)				
Exxon	Exxon U.S.A Imperial Oil	Ciandon(ウイスコンシン)				閉山
	Disputada(チリ、86.6%)	El Soldado, Los Bronces		1978 出資 100%	2002 Anglo Americanに売却	Anglo American100%、操業中
Gulf Oil	Gulf Mineral Resources			1975 ~探査		
Standard Oil of California(SOCAL)	AMAX(20%)			1975 発行株式取得	(1993 AmaxとCyprusと合併)	1999 Phelps DodgeがCyprus-amaxを買収
Continental Oil(CONOCO)		Florence(アリゾナ)		1969 発見	1992 Magmaに売却	BHP Billiton 閉山
Getty oil		Casa Grande(アリゾナ) Escondida(50%)		1981 発見, Una InternationalとJV		BHP Billiton57.5%、RTZ30%、日本側10%、操業中
Occidental Petroleum	Occidental Minerals(oxymin)			1983 Cities Serviceと合併	1983 Newmanに売却 『拡大発展』	(Phelps Dodge)
Royal Dutch Shell		Billiton(オランダ、100%) SPCC		1970 買収		2001 BHPと合併、BHP Billitonとなる Grupo Mexico、操業中
Superior Oil	McIntyre Mine(49.7% 100%)	Falconbridge(カナダ、42%)	Quebrada Blanca	1972 買収(ENAMIにより)	1982 勘査(ENAMIに譲却)	Noranda 54.9% Air Resources 76.5% ENAM(10%)、操業中80,085t(2003)
Union Oil		Cyprus Pima(24.9%)	Pima		1987 ASARCOが買収	Grupo Mexico 操業中、23,400t(2003)

参考文献に基づき作成