

第7章 モンゴル国の銅産業の育成

7.1 銅製錬について

銅製錬には乾式製錬法と湿式製錬法がある。銅鉱石には硫化鉱と酸化鉱があり（第2章、第5章参照）、硫化鉱は乾式製錬、酸化鉱は湿式製錬により銅を回収している。乾式製錬による銅の生産量は全体の約8割を占める。

乾式製錬法は硫化鉱に適用される。銅鉱石は主に黄銅鉱（ CuFeS_2 ）である。化学式からわかるように、銅鉱石は硫化物であり、鉄分（Fe）が多く含まれる。銅鉱石を酸化して硫黄を SO_2 ガスにして除去し、Fe を酸化物にして SiO_2 を添加してスラグを生成して除去し、残った金属銅および酸化銅を還元すると金属銅が得られる。しかし、酸化銅はスラグ中に移行しやすく、Fe 含有量が多いためスラグ発生量も多く、スラグ中への銅ロスが多くなる。銅の乾式製錬では、銅ロスを少なくするために、直接不純物（Fe、S）を酸化して完全に除去せずに、一旦マット（Cu、Fe の硫化物の混合物）を作り、Cu を濃縮し、Fe の多くをスラグ（Fe と Si の複合酸化物）として除去した後、マットを酸化して金属銅を回収する方法をとる。

乾式製錬法は熔錬工程と電解工程から成っている。熔錬工程は鉱石からマットを製造する工程、マットから粗銅を製造する工程、粗銅中の硫黄、酸素を低減して電気分解に使用する陽極（アノード）を製造する工程から成る。この方法は、銅および貴金属実収率が高いという長所がある。電解工程はアノードを電気分解して銅の純度 99.99% 以上の電気銅（カソード）を製造する。

湿式製錬法は、酸化鉱に適用される。鉱石中の銅を硫酸で浸出した後、溶媒抽出法（Solvent eXtraction）で銅（Cu）を選択的に回収し、電解採取法（ElectroWinning）で金属銅を回収する方法（SX-EW 法）である。貴金属は回収できない。硫化鉱からの回収方法は、加圧法や塩化法等が開発中である。貴金属が回収できる方法も開発中である。湿式製錬法は、粗金属の製造工程が省略できるため製錬所の建設費用が乾式製錬法よりも小さく、燃料等の消費量が少なく済むという長所がある。

乾式製錬では、熔錬工程で製造したアノードを精製する必要がある。湿式製錬では、液中に濃縮した銅を回収する必要がある。双方とも化学操作として電気分解を使用する。アノードの精製には陽極にアノードを、陰極に純銅又はステンレス板を使用して電気分解を行う。銅を濃縮した液からの銅の回収には、陽極に不溶性電極を、陰極にステンレス板を使用して電気分解を行う。陽極に粗金属を使用して純金属を得る電解方法を電解精製、不溶性陽極を使用して電解液中の金属を回収する電解方法を電解採取という。硫酸溶液による電解採取では、陽極で酸素ガスが発生する。酸素ガスを発生させるエネルギーが必要となるため、電解採取では電槽電圧が高く、電力原単位も高くなる。

7.1.1 乾式製錬法（マットの製造法）

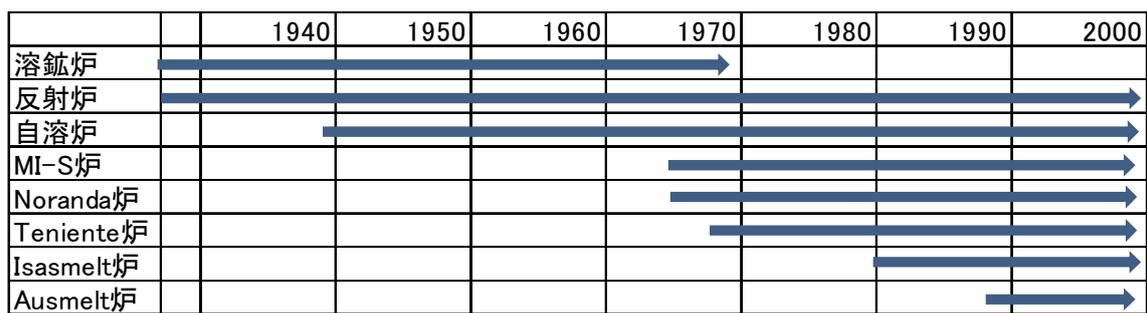
乾式銅製錬法には多くの方式があるが、すべての方式でマットを製造する。鉱石を溶融してマットとスラグを製造して Cu をマット中に、Fe をスラグに濃縮した後、スラグを分離除去してマットを回収する。スラグはマットとの比重差により分離・除去される。貴金属

はほぼ全量マットに移行するため、貴金属の回収率が高いという特徴がある。酸化しやすい重金属は、安定な複合酸化物としてスラグ中に固定される。硫黄は酸化除去され、亜硫酸ガス (SO₂) として排ガス中に移行する。高濃度の SO₂ ガスは、硫酸製造の原料として活用され、低濃度の SO₂ ガスは環境対策として除去され、石膏として回収される。銅ロスの大部分はスラグ中へのマットの巻き込みである。

製錬コストの低減のために製錬所の大型化が進み、鉱山に付属した小規模の山元製錬所のコスト競争力が無くなった。また、浮遊選鉱法の発達および鉱山から製錬所までの距離が遠くなったこともあり、鉱石を選鉱して輸送量を減らし、輸送コストを引き下げる方法が基本となった。

初期のマットを製造する乾式製錬方法は、塊状鉱石などを加熱・熔融してマットとスラグを生成した後、マットを分離回収する溶鉱炉、反射炉、電気炉などが用いられてきた。浮遊選鉱法の発展に伴い、製錬所で処理する鉱石が粉状の精鉱が主となった。精鉱は表面積が大きく、質量が小さいため熱が粒子内部まで伝わりやすい。この特性を活用し、熔融する方法が開発された。加熱した酸素富化空気とともに鉱石と溶剤を溶融炉中に吹き込み、硫化銅鉱石中の硫黄の酸化反応熱をフル活用して鉱石を溶融する自溶炉、MI 炉、INCO 炉、Teniente 炉、Ausmelt 炉、Isasmelt 炉などが開発された。

乾式製錬は、マットを製造する工程、マットを酸化して硫黄と鉄を除去して粗銅を製造する製銅工程、粗銅中の硫黄と酸素を低減して陽極に铸造する精製工程に分けられる。MI 炉は粗銅を製造する炉であり、それ以外はマットを製造する炉である。マットは PS 転炉 (Peirce-Smith converter)、FC 炉 (Flash Converter) を使用し、鉄、硫黄を酸化除去して粗銅を製造する。FC 炉は PS 転炉の環境対策が難しいため、マットの処理を固定炉で実施しようとして自溶炉の技術を応用して開発、実用化された方式である。1995 年にリオティントーケネコット社の米国ユタ州のマグマ製錬所に建設された。熔錬方式 (マット製造) の変遷を図 7.1.1 に示す。



(出典：調査団作成)

図 7.1.1 熔錬方法の変遷

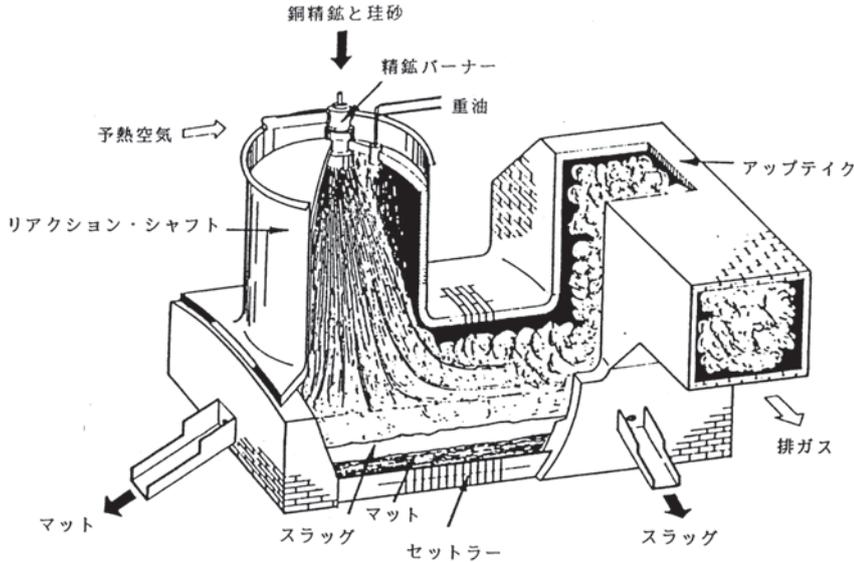
乾式製錬法構造、特徴などについて説明する。

(1) 自溶炉 (Flash Smelting)

粉体の精鉱を処理する炉として最初に実用化されたのが自溶炉である。1949 年に Finland の Outokump Oy 社の Harjavalta 製錬所に建設された。自溶炉には、吹込み方法により

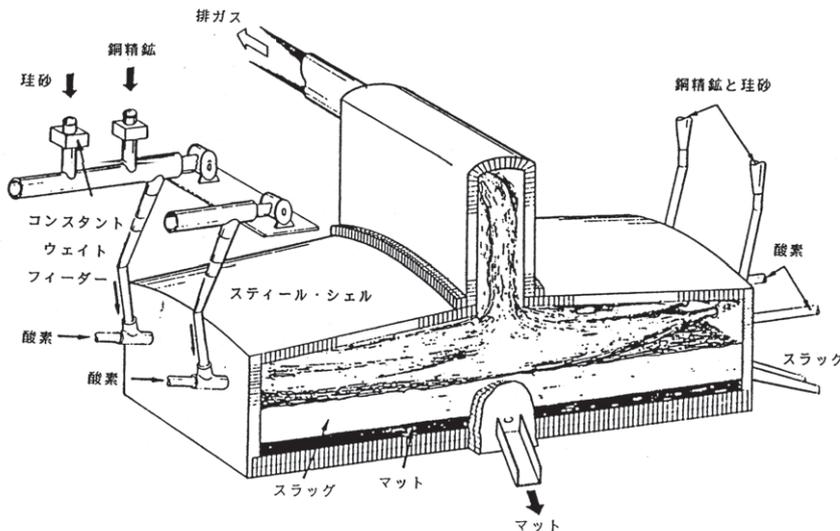
Outokumpu 方式と INCO 方式の 2 つの方式がある。Outokumpu 方式では、乾燥した銅精鉱をリアクション・シャフトの頂部から加熱した酸素富化空気と共に吹き込む構造になっている。一方、INCO 方式では炉の左右両端から水平に鉱石を吹き込む構造になっており、排ガスは炉の中央から排出される。

Outokumpu 方式と INCO 方式の概念図をそれぞれ図 7.1.2、図 7.1.3 に示す。



(出典：JOGMEC)

図 7.1.2 Outokumpu 方式の自溶炉



(出典：JOGMEC)

図 7.1.3 INCO 方式の自溶炉

自溶炉法のうち、その大勢を占めるのが Outokumpu 方式自溶炉である。銅熔錬における銅硫化物の酸化は発熱反応であり、その反応熱は従来の溶鉱炉法などに

においてもある程度は利用されていた。自溶炉はこの反応熱の利用を徹底的に行うものであり、硫化鉍物の酸化によって得られる熱を、マットとスラグの熔融に活用する。これを達成するため、Outokumpu 方式では加熱した酸素富化空気を、INCO 方式では純酸素をそれぞれ酸化剤として吹き込む。その結果、外部から投入する燃料使用量が減少し、燃焼ガスの発生が抑えられ、排ガスが持ち去る熱と粉塵の量が減少する。排ガス発生量が減少するため、排ガス中の二酸化硫黄の濃度が高くなり、排ガスを処理する硫酸工場の規模を小さくすることができ、投資額を抑えることができる。また、排ガス中の SO_2 濃度変動が少ないため、硫酸工場の操業管理が容易であり、硫酸製造の効率が上昇し、硫黄の回収率・固定率が上昇する。

一方、自溶炉の欠点としてはスラグ中の銅品位が下がり難いことが挙げられる。自溶炉にゼーダーベルグ型電極を取り付けた“自電炉”を設置して滞留時間を長く取り、また、炉外に設けた鍊緩炉で滞留時間を取り、比重差でマットとスラグを分離する必要がある。また、粗銅を製造するために PS 転炉を使用しており、可動部が多く、マットの移動が必要のため SO_2 ガスの漏煙防止対策が必要になる。PS 転炉は、排ガス中に含まれる SO_2 濃度変動が非常に大きいため、硫酸工場の操業が難しく、硫黄の回収率・固定率が低下する。

(2) MI 炉 (The Mitsubishi Process)

自溶炉はマット製造までの高効率化を実現したが、製銅工程が別であり、使用する転炉は、回転炉であるため、排ガスの捕集が難しく、また、マットを製銅工程に移すときにレールに移して移動するため、マット表面が酸化して SO_2 ガスが発生し、漏煙の問題がある。また、マットを酸化して銅を回収する転炉排ガス中の SO_2 濃度変動が非常に大きく、硫酸工場の操業が難しいという問題がある。

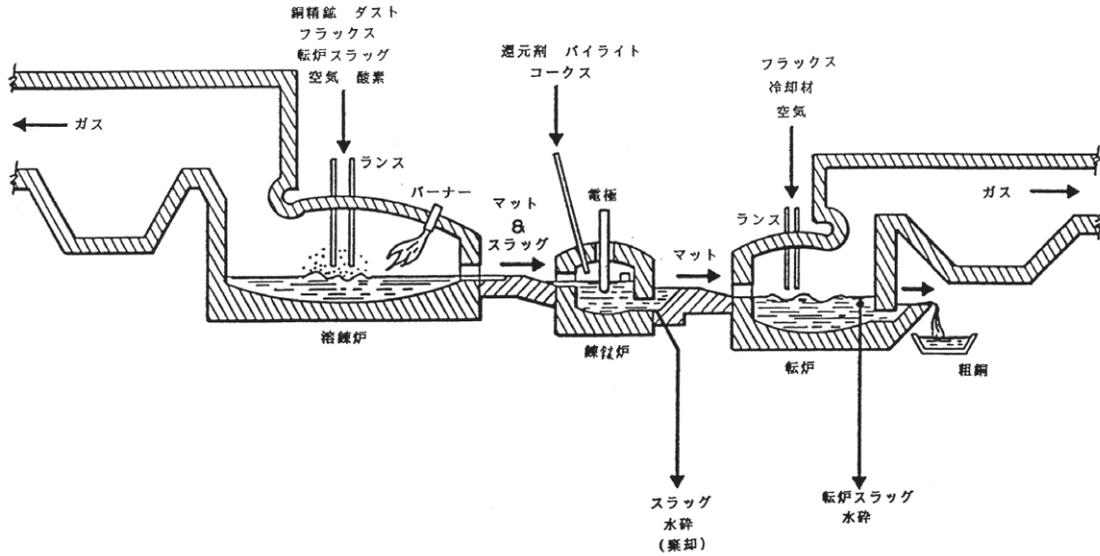
MI 炉は、鉍石の熔融から製銅工程までをマット製造、マットとスラグの分離、製銅工程の3つの工程に分別し、固定炉で実施している。固定炉間を樋で連結して可動部をなくし、排ガスの回収を容易にして漏煙対策を完璧にするとともに、鉍石処理の高効率化を実現したものである。1974年に最初の実証炉が直島製錬所に建設された。

MI 方式では、乾燥した銅精鉍と溶剤を S 炉の頂部から加熱した酸素富化空気と共に吹き込み、マットとスラグを製造する。生成したマットとスラグは樋で電気炉方式の CL 炉に送り、マットとスラグを比重差で分離し、スラグを排出する。分離したマットは樋で C 炉に送り、酸素富化空気を吹き込み、粗銅を製造する。鉍石から粗銅までを連続して製造できる唯一の方式である。

MI 炉は、自溶炉と同様、鉍石の反応熱の利用を徹底的に行うものであり、硫化鉍物の酸化によって得られる熱を、マットとスラグの熔融に活用している。自溶炉と同様、外部から投入する燃料量が減少し、燃焼ガスの発生が抑えられ、排ガスが持ち去る熱と粉塵の量が減少する。排ガス発生量が減少するため、排ガス中の二酸化硫黄の濃度が高くなり、必要となる硫酸工場の規模を小さくでき、投資額を抑えることができる。硫酸製造の効率が上昇し、硫黄の回収率・固定率が上昇する。また、製銅工程が固定炉になっているため漏煙対策が確実にかつ容易に実施できるという長所がある。

短所としては、樋を水冷ジャケットで製造しているため、若干の熱損失がある。

MI方式の概念図を図7.1.4に示す。



(出典：JOGMEC)

図 7.1.4 MI方式の概念図

(3) Noranda 炉、Teniente 炉

転炉の羽口から酸化用ガスと一緒に粉状の鉱石を吹き込み、マットの酸化熱を利用して鉱石処理量を増加させることは古くから実施されていた。Noranda 炉、Teniente 炉はこの原理を発展させたもので、PS 転炉を横長にした構造の炉に、乾燥した鉱石を吹き込む羽口と、マット層に酸化空気を吹き込む羽口、および繰り返し材などを炉内に装入する装置を設置し、マットとスラグを比重差で分離する部分を持った構造をしている。

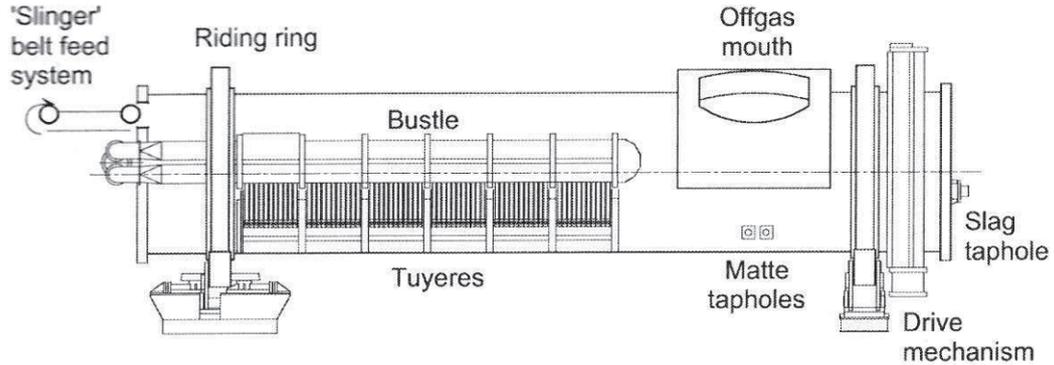
Noranda 炉は、実証炉が 1973 年に Canada の Noranda 製錬所に、Teniente 炉は 1989 年に Chile の CODELCO の Caletones 製錬所に設置された。

Noranda 炉、Teniente 炉共、炉を昇温し、マットを装入、熔融した後、操業を開始する。乾燥鉱石をマット相に吹き込み、繰り返し物および水分 8% 程度の鉱石はスラグ相の上に投入する。酸素富化空気をマット相に吹き込み酸化反応熱を得て、鉱石と繰り返し物を熔融する。銅品位が高く、鉄品位の低いマットが得られる。

自溶炉、MI 炉と同様、鉱石の反応熱の利用を徹底的に行うものであり、硫化鉱物の酸化によって得られる熱を、マットとスラグの熔融に活用している。PS 転炉よりも横方向に長くしてマットとスラグを分離する settling zone を設けている。

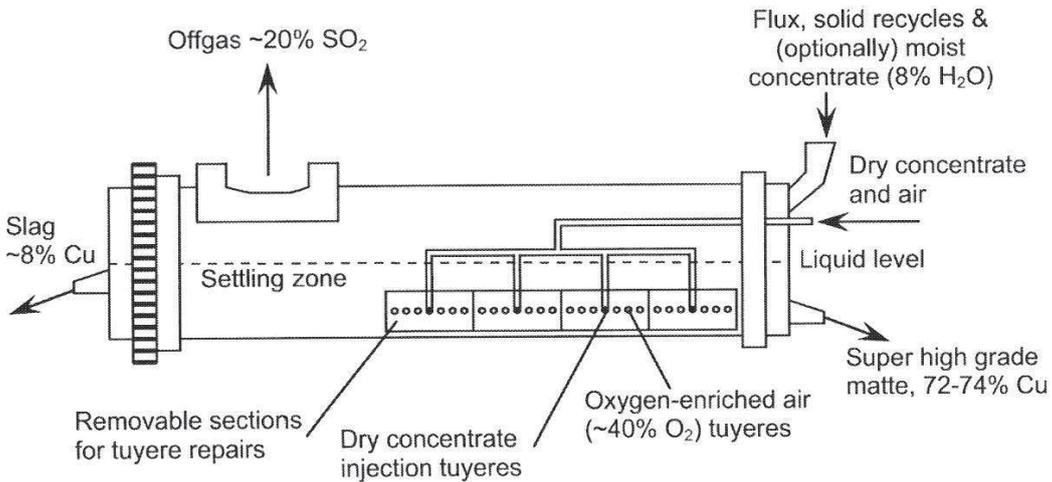
短所としては、MI 炉、自溶炉のように固定炉でないため、亜硫酸ガスの回収率が低くなる点が挙げられる。

Noranda 炉の概念図を図 7.1.5 に、Teniente 炉の概念図を図 7.1.6 に示す。



(出典：Extractive Metallurgy of Copper, Fifth edition)

図 7.1.5 Noranda 炉の概念図



(出典：Extractive Metallurgy of Copper, Fifth edition)

図 7.1.6 Teniente 方式の概念図

(4) Isasmelt 炉、Ausmelt 炉

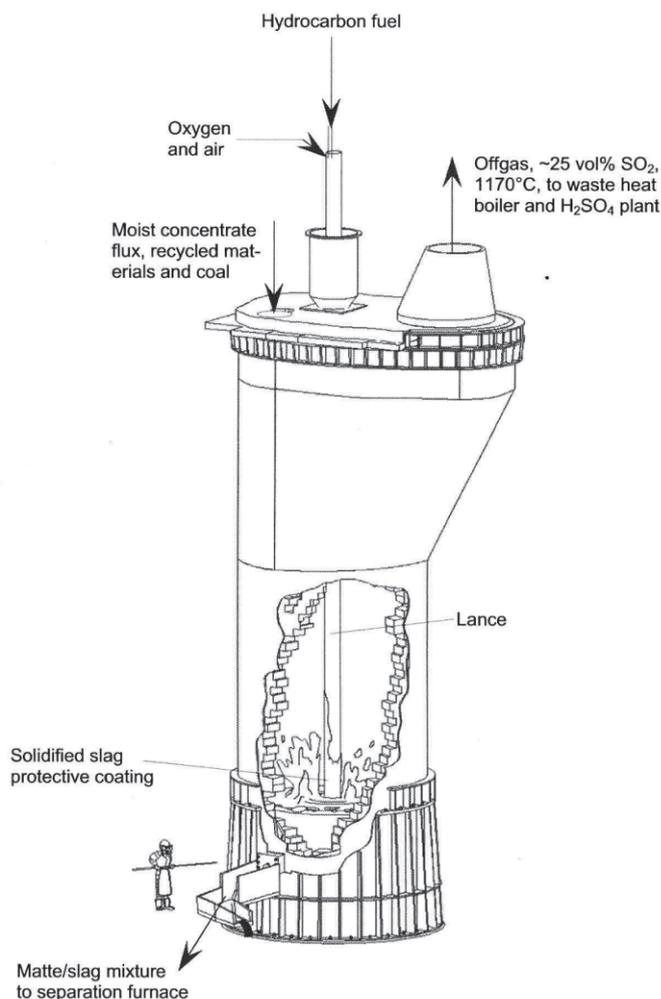
この炉は豪州の CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) で開発された技術を Isasmelt は Mt. Isa Mining 社 (現 Xstrata 社) が、Ausmelt は Ausmelt 社が商業化したものである。

円筒縦型の密閉型炉の炉頂に設置され、先端がスラグ相に浸漬するようにセットされたランスから燃料、酸素富化空気を吹き込む。ランス先端は付着・固化したスラグにより保護される。原料は炉頂から炉内に装入する。溶体中に装入すればよいので、乾燥不要であり、塊状原料も処理可能である。マットとスラグの混合物が生産される。

Isasmelt 炉、Ausmelt 炉とも、固定炉なので排ガスの漏煙防止対策が取りやすいが、生成するマットとスラグを分離する炉が必要となる。塊状原料が処理可能なため、廃棄物処理が可能である。反面、ランスの保護方法にノウハウがあり、操業が難しい。マットから粗

銅を製造するのに PS 転炉を使用するため、漏煙対策が難しい。

Isasmelt 炉、Ausmelt 炉の代表として Isasmelt 炉を図 7.1.7 に示す。



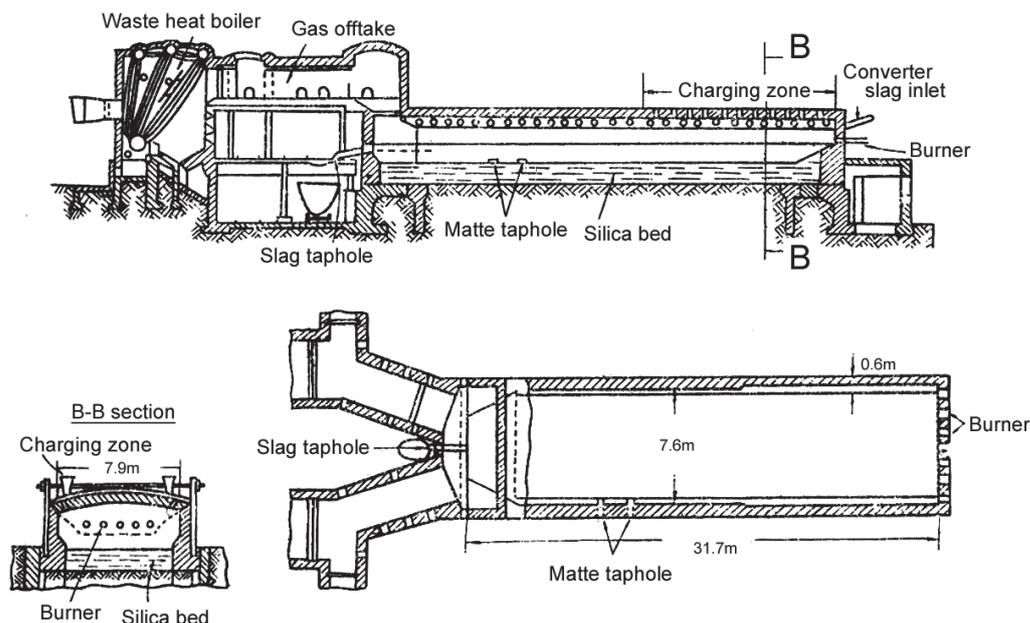
(出典：Extractive Metallurgy of Copper, Fifth edition)

図 7.1.7 Isasmelt 炉

(5) 反射炉

塊状鉱石などを加熱・溶融が可能な銅の乾式製錬炉として溶鉱炉、反射炉、電気炉がある。これらの炉も、鉱石を溶融してマットとスラグを作り、銅をマット中に濃縮して回収する方式である。排ガス中の SO_2 濃度が硫酸を製造するために必要な濃度（約 2%）よりも低く、排ガス量も多いためエネルギー使用量が大きくなり、現在ではほとんど使用されていない。日本国内では、反射炉が小名浜製錬所で使用されている。ここでは、塊状物を処理できる性質を活用して、重金属を含む廃棄物処理を積極的に推進している。銅の製錬炉と重金属を含む廃棄物処理（重金属回収）を兼ねている。

反射炉の概念図を図 7.1.8 に示す。



(出典：日本金属学会)

図 7.1.8 反射炉の概念図

7.1.2 乾式製錬法（粗銅の製造）

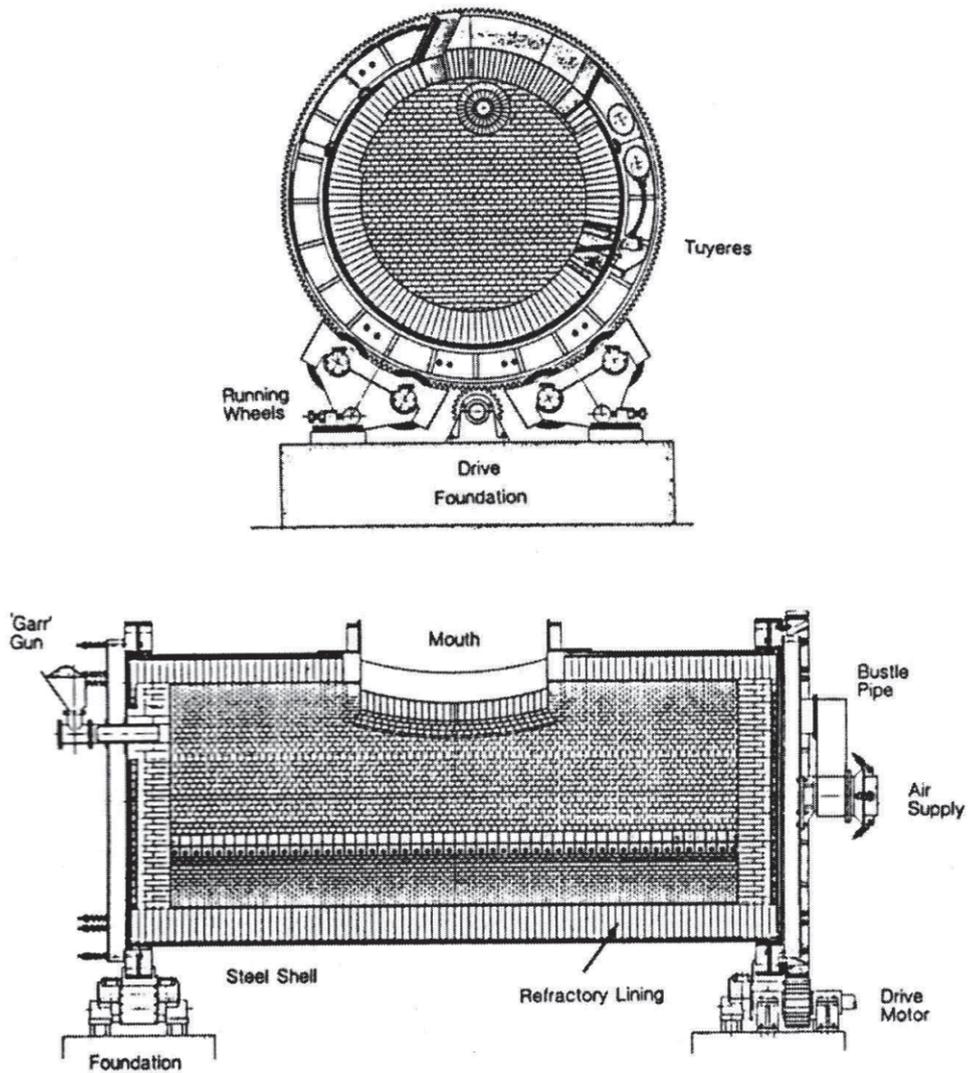
回収したマットは乾式製錬炉に装入された精鉱中の銅を濃縮、回収した銅と鉄の硫化物であり、空気又は酸素富化空気を吹き込み、鉄および硫黄を酸化除去して粗銅を製造する。この工程を製銅工程と呼んでおり、古くから転炉が用いられていた。転炉で発生する SO₂ ガスは硫酸工場に吸引して硫酸を製造する。転炉にフードを設置した後は発生する SO₂ を完全に吸引することができる。しかし、マットや SiO₂ を転炉に受け入れる時および転炉内で生成するスラグや粗銅を排出する時には転炉を回転させるためフードを取り外す必要がある。この時、空気の吹込みを停止しているが、転炉からガスが漏れる。

また、鉄および硫黄の酸化除去工程で排ガス中の SO₂ 濃度の変動が大きく、SO₂ ガスを原料とする硫酸工場の操業が難しく、硫黄回収効率が下がることがある。近年、製銅工程を固定炉で実施する方法が開発されてきた。一つは、三菱法（MI 法）であり、もう一つは Flash Converting 法である。

(1) PS 転炉（Peirce-Smith Converter）

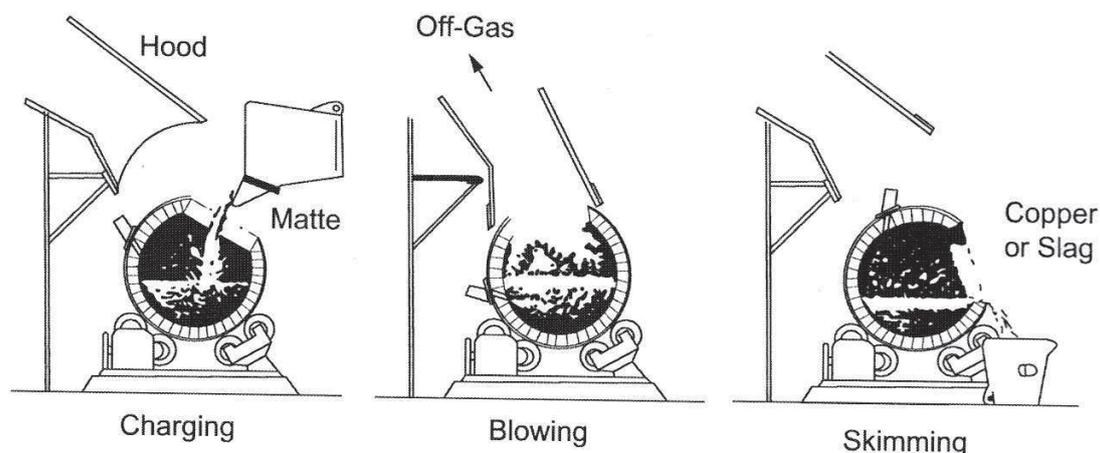
PS 転炉は、マットに溶剤として珪石（SiO₂）を添加して空気を吹き込み、マット中の硫黄および鉄を酸化して硫黄を亜硫酸ガス（SO₂）、鉄を FeO-SiO₂ 系のスラグとして除去し、粗銅を製造する炉である。空気を吹き込む羽口を、マットを炉に装入するときには溶湯面より上方に位置させ、また生成したスラグを炉から抜き出しができるように炉が回転できるような構造になっている。

PS 転炉の概念図を図 7.1.9、図 7.1.10 に示す。



(出典：Extractive Metallurgy of Copper, Fifth edition)

図 7.1.9 PS 転炉 (Peirce-Smith Converter)



(出典：Extractive Metallurgy of Copper, Fifth edition)

図 7.1.10 PS 転炉の操業

マットを酸化し、粗銅を製造するには成分による酸化反応の優先順位が異なり、FeS の酸化が優先する。生成する FeO、Fe₃O₄ の融点が Cu₂S よりも高いため SiO₂ を加えて、融点の低い FeO-Fe₃O₄-SiO₂ 系の複合酸化物のスラグを作る。生成したスラグを除去する必要があるため、酸化空気の送風を一時停止して、転炉を傾転し、スラグを排出する。このため、排ガス中の SO₂ 濃度が大きく変動する。また、スラグ抜き出し時の排ガス補修が難しく、マットを転炉に装入するときの排ガス補修も難しいなどの問題がある。酸化反応により発生する熱を利用するためスクラップ処理を行うが、炉内に投入するときにも酸化空気の送風を停止するため、同様の問題がある。

(2) Flash Converting 炉

マットを自溶炉で製造した後、マットを水砕して粒状化し、別の自溶炉で酸化して粗銅を製造する方式である。2011 年に中国の Tongling Non-Ferrous Metals Group Co.Ltd. で実用化された。まだ操業開始後、2 年強しかたっていない新しい技術である。

マトの製造、マトの酸化（粗銅の製造）を固定炉で実施するため、漏煙対策が完璧にできるという長所がある。反面、熔融したマットを一度水砕して粒状化するため、熱のロスの問題がある。

構造は自溶炉と同じである。

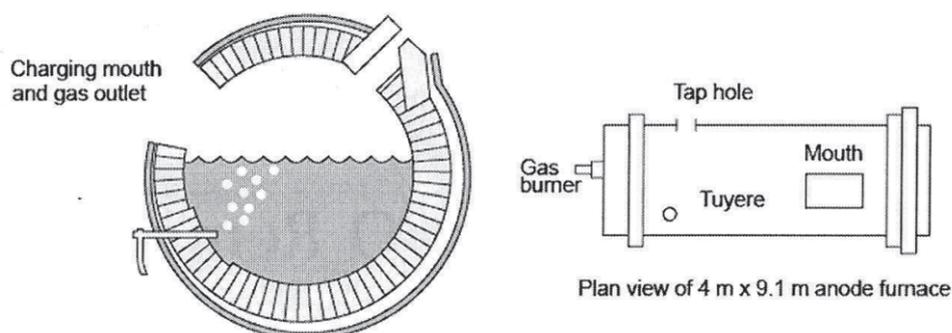
(3) MI 炉 (MI-C 炉)

マットを製造する方法の中で説明しており、省略する。

7.1.3 乾式製錬法（陽極の製造）

製銅工程で製造した粗銅中には、硫黄、酸素が含まれており、陽極に铸造する際に SO₂ ガスを発生し、陽極中に気泡が生成する。また、酸素は電解工程でのトラブルの原因となるため、これらの含有量を低減させた後、電気分解に使用する陽極に铸造する。

硫黄と酸素を除去するために回転式の精製炉（anode furnace）を使用する。図 7.1.11 に精製炉の概念図を示す。



（出典：Extractive Metallurgy of Copper, Fifth edition）

図 7.1.11 精製炉の概念図

精製炉は PS 転炉と似た構造をしているが、羽口が 2 から 3 しかない。最初に空気を吹き込み、硫黄を酸化除去する。次にブタンガスまたは天然ガスを吹き込み、酸素を除去する。粗銅の精製が終了した後、陽極形状に铸造する。

7.1.4 乾式製錬法（電気銅の製造）

精製炉で酸素を 0.2% 以下に還元したアノードは、電解工程に送られ、アノードを陽極、純銅でできた種板を陰極にして硫酸銅溶液中で 12 日前後電気分解して電気銅を製造する。種板は、硫酸銅溶液中で粗銅を陽極、ステンレス板を陰極とし、1 日電気分解してステンレス板上に析出させた純銅を板から剥がして使用する。

種板の代わりにステンレス板、チタン板を陽極としたパーマネントカソード方式も実用化されている。パーマネントカソード方式は、種板を製造する工程が省略できる反面、生成するカソードの両面を別々に剥ぎ取るため重量が種板方式の半分となる。電気銅から銅加工品を製造する工場での搬送工程の能力が落ち、また、カソードを熔融するシャフト炉などの熔融能力が落ちる（燃料原単位が低下する）という問題点が指摘されている。

電解工場の稼働効率を上げるため、電流密度を大きくする方法も検討されている。電流密度を上げるとカソードに析出する銅が針状になり易く、表面が荒れやすくなる。これを防止するため、反転電流（PR 電解）を採用し、針状析出を抑え、電流密度を 5 割程度上げている工場もある。電解工場は、細かいところで異なった部分もあるが、全体として大きな差異はない。

銅の電解精製では、アノード（精製銅）を陽極とし、陰極に純銅またはチタン板などを使用して硫酸酸性の硫酸銅溶液の電解液を用いて電気分解を行う。陽極中の銅や銅より卑な金属は電解液中に溶出する。銅より貴な金、銀などは電解液中に溶出せずに陽極中に残る。電解液中に溶出した金属は、銅より卑な金属は陰極に析出せずに電解液中に残り、陰極には銅のみが析出し、純銅が得られる。

7.1.5 世界の乾式銅製錬所

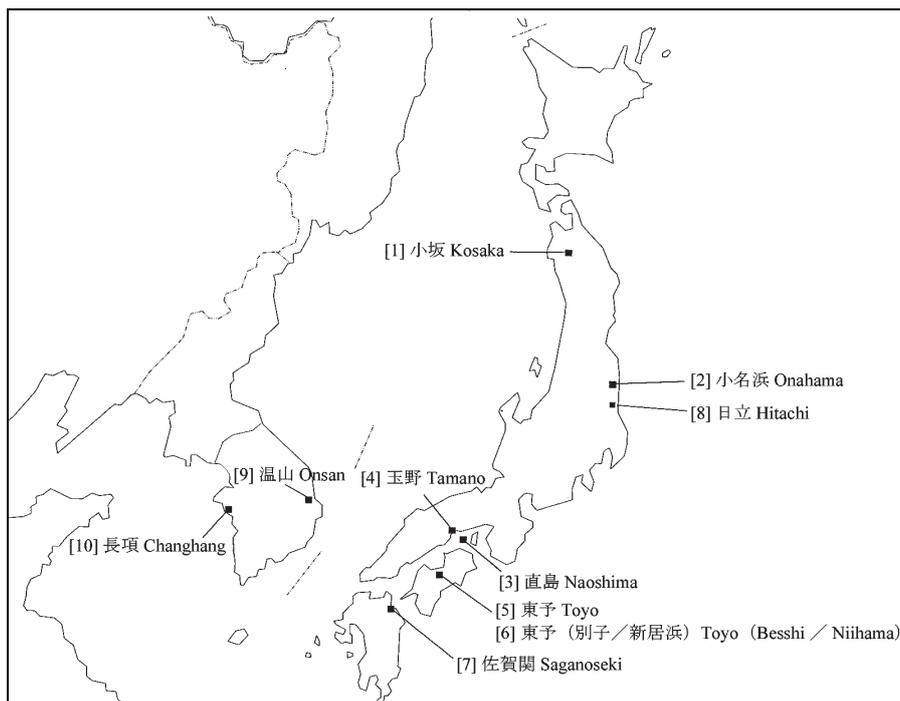
世界の主な銅製錬所の設置場所、製錬方式等を図7.1.12～図7.1.14および表7.1.1～表7.1.5に示す。図表中に示す製錬方式の略語は下記の通りである。

FS：自溶炉、MI：三菱炉、MI-S：三菱S炉、RF：反射炉

AUS：Ausmelt炉、ISA：Isasmelt炉、EF：電気炉、BF：溶鉱炉

NOR：Noranda炉、ET：Teniente炉、Van：Vanyukov炉

生産実績は過去3年間の概算値を示した。



(出典：日本メタル経済研究所, 2014)

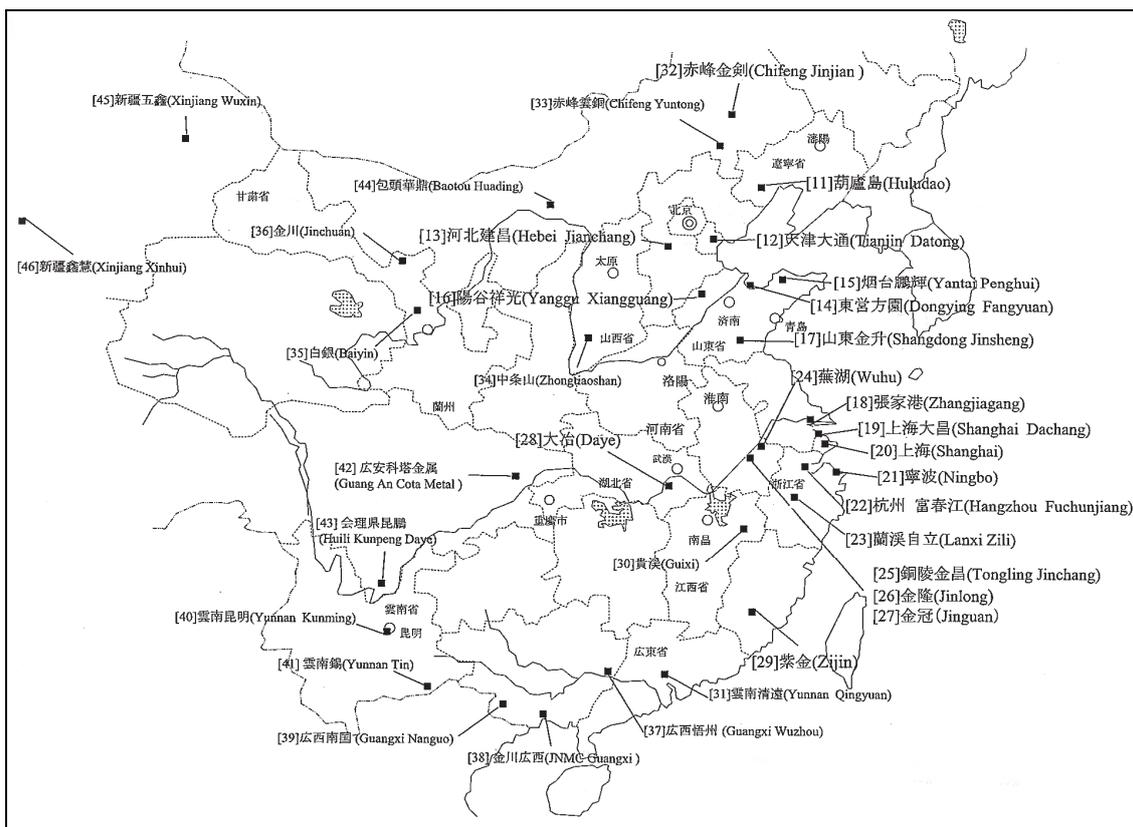
図 7.1.12 日本韓国の銅製錬所

表 7.1.1 日本、韓国の銅製錬所

【単位：千トン/年】

国名・製錬所名	所在地	熔錬方式	生産能力	生産実績 (2013)
日本				
小坂	秋田県小坂町	AUS		12
小名浜	福島県いわき市	RF, MI-S	320	354
直島	香川県直島町	MI	342	342
玉野	岡山県玉野市	FS	260	260
東予	愛媛県西条市	FS	450	450
佐賀関	大分県大分市	FS	450	450
韓国				
温山	温山、蔚山	FS, MI	520	532 (2012)

(出典：日本メタル経済研究所, 2014)



(出典：日本メタル経済研究所, 2014)

図 7.1.13 中国の銅製錬所

表 7.1.2 中国の銅製錬所

【単位：千トン/年】				
国名・製錬所名	所在地	熔錬方式	生産能力	生産実績 (2013)
中国				
貴溪	江西省貴溪市	FS, BF	900	900
金隆	安徽省銅陵市	FS	350	350
大冶	湖北省黄石市	Nor, RF	300	300
金川	甘肅省金川市	EF, FS	800	410
雲南	雲南省昆明市	ISA, EF	350	350
陽谷祥光	山東省陽谷市	FS	400	400
赤峰金劍	内蒙古	AUS	100	100
赤峰雲銅	内蒙古	FS	100	100

(出典：日本メタル経済研究所, 2014)

表 7.1.3 アジア、豪州、北米、中南米の銅製錬所

【単位：千トン/年】

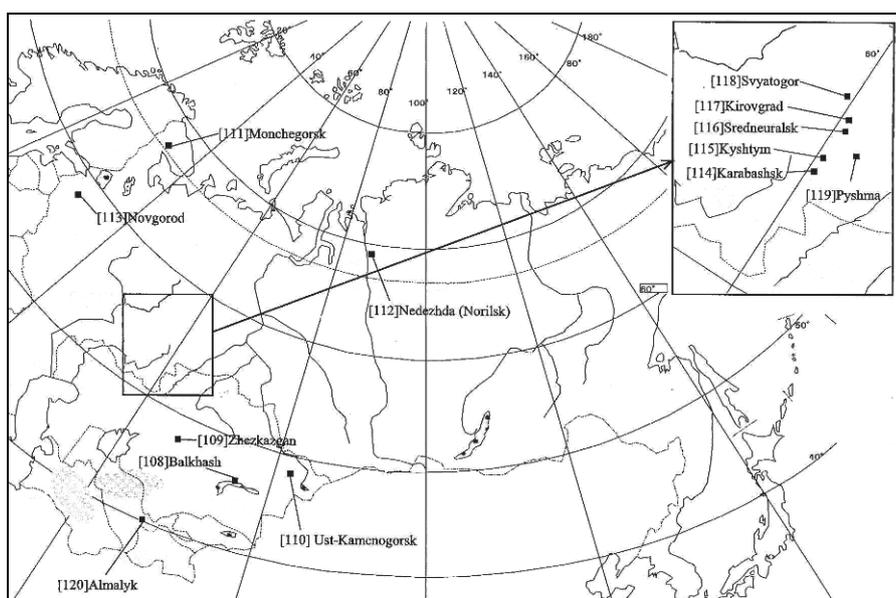
国名・製錬所名	所在地	熔錬方式	生産能力	生産実績（2013）
インドネシア				
Gresik	Gresik, Java	MI	300	300
フィリピン				
Leyte	Isabel, Leyte	FS	250	250
インド				
Dahej	Gujarat	MI, FS, AUS	500	500
Tuticorin	Tamil Nadu	ISA	400	400
イラン				
Sar-Cheshmeh	Sar Cheshmeh, Kerman	RF, FS	225	225
豪州				
Mount Isa	Queensland	ISA	300	208
Olimpic Dam	South Australia	FS	250	250
カナダ				
Sudbury	Ontario	FS	135	135
Horne	Qubec	MOR	205	205
米国				
Grafield	Utah	FS	320	192
Hayden	Arizona	INCO	210	210
Miami	Arizona	ISA, EF	180	180
メキシコ				
La Caridad	Nacozari, Sonora	FS, ET	300	300
ブラジル				
Camacari	Camacari, Bahia	FS	280	280
ペルー				
Ilo	Ilo, Moquegua	ISA	360	360
チリ				
Altonrte	Antofagasta	NOR	350	350
El Teniente	O' Higgins	RF, ET	400	400
Chagres	Catemu	FS	184	145
Chuquicamata	Antofagasta	FS, ET	450	450
Hernan Videla	Atacama	RF, ET	94	94
Ventanas	Valparasio	ET	130	130
Salvador	Atacama	ET	190	190

(出典：日本メタル経済研究所, 2014)

表 7.1.4 ヨーロッパ、アフリカの銅製錬所

【単位：千トン/年】				
国名・製錬所名	所在地	熔錬方式	生産能力	生産実績（2013）
ドイツ				
Hamburg	Hamburg	FS, EF	450	450
Luenen	Luenen	ISA	180	180
スペイン				
Huelva	Huelva	FS	320	320
スウェーデン				
Ronnskar	Ronnskar	TBRC	250	204
フィンランド				
Harjavalta	Harjavalta	FS	210	210
ポーランド				
Glogow	Glogow	BF, FS	540	530
セルビア・モンテネグロ				
Bor	Bor, Serbia	RF	80	170
ブルガリア				
Pirdop	Pirdop, Sofia	FS	330	330
ザンビア				
Nkana	Kitwe, Copperbelt	FS	310	310
Mufulira	Mufulira, Copperbelt	EF	230	230
Chambishi	Copperbelt	ISA	250	250

(出典：日本メタル経済研究所, 2014)



(出典：日本メタル経済研究所, 2014)

図 7.1.14 CIS の銅製錬所

表 7.1.5 CIS の銅製錬所

【単位：千トン/年】

国名・製錬所名	所在地	熔錬方式	生産能力	生産実績（2013）
カザフスタン				
Balkhash	Balkhash	Van, RF	220	220
Zhezkazgan	Zhezkazgan	EF, RF	215	215
ロシア				
Monchegorsk	Monchegorsk, Kola	FS	100	100
Norilsk	Norilsk, Siberia	RF, EF	400	400
Sredneuralsk	Sredneuralsk, Sverdlovsk, Urals	Van, RF	160	160

(出典：日本メタル経済研究所)

7.1.6 乾式製錬方法比較

乾式銅製錬にはいろいろな方法があるが、建設コスト、操業コスト、操業の難易度、環境対策など、各熔錬方法の特徴を比較する。

(1) 建設コスト

詳細な建設コストについては F/S を実施する必要があるが、熔錬炉の規模、構造、付帯設備などから見ると、構造が単純な Noranda 炉、Teniente 炉が一番安価なものと考えられる。

Isasmelt 炉、Ausmelt 炉が安価という情報（Extractive Metallurgy of Copper）もあるが、炉の構造、大きさ、マットとスラグを分離する電気炉などの付帯設備を考えると MI-S+SC 炉、FS 炉などと同程度と推定される。

建設コストについては、Outotec 社の自溶炉、Flash Converter を使用した製錬所の建設コストが開示されている。年産 200,000 トンの製錬所の建設コストは約 1,000 億円となる。

(2) 操業コスト

銅精鉱処理の特化した現在の製錬方法の操業コスト、特にエネルギーコストについては、Noranda 炉、Teniente 炉がほかの炉と比較して高いものと思われるが、ほかの炉に関しては、原理的には製錬方法による大きな差はない。統計資料などで差異が生じているのは、操業方法の優劣によるものと考えられる。

(3) 操業の難易度

(a) 熔錬炉（マットの製造）の操業

熔錬炉の操業は、溶鉱炉、反射炉、電気炉が単純で、原料を炉内に装入すれば熔融可能であり、原料も粉状の銅精鉱から塊状の銅鉱石、スクラップなど、何でも処理が可能である。粉体の銅精鉱の処理を優先させたその他の炉は、粉状の銅精鉱処理には最適であるが、塊状の物質の処理が難しいという欠点がある。

Isasmelt 炉、Ausmelt 炉は、燃料および酸化用加熱空気と鉱石などを同じランスから装入する方法で開発していたが、ランス閉塞の問題が解消せず、原料装入を別にした。原料装入を別にしたため、炉に装入できる原料の形状の制約は少なくなった。この方式では、燃料と酸化用酸素富化空気を吹き込むランスの保護のため、ランスの外側に筒状のパイプを備えており、炉内容融物のスラグをパイプに付着・凝固させてパイプを保護する方式をとっているが、この方法がノウハウの塊であり、操業は難しい。

日本の同和鉱業株式会社小坂製錬所では、銅製錬とともに廃棄物処理も行っているが、2010年に自溶炉から廃棄物を処理しやすい Ausmelt 炉に更新した。更新後、順調に操業できるまでに3年近くかかっている。溶鉱炉、反射炉、自溶炉と乾式製錬方法の経験が豊富で技術の蓄積のある同和鉱業株式会社でも難儀した方式であり、乾式製錬の経験のないモンゴル国で採用するのは無謀と考えられる。

(b) 熔錬炉(粗銅の製造)の操業

銅と鉄の硫化物であるマットから硫黄および鉄を酸化して除去する製銅工程は PS 転炉が用いられてきた。PS 転炉は可動部があるため、有害な亜硫酸ガス (SO_2 ガス) を高濃度に含む排気ガスを完全に吸引し、漏煙の発生を抑えこむのが難しかった。

Fe と Cu の硫黄との親和力の違いから、製銅工程の反応は三工程に分けられている。

① 造鍍期 (Slag Blow)

マット中の FeS を酸化して FeO 、 Fe_3O_4 と SO_2 ガスを生成し、生成した SO_2 ガスを硫酸工場に送り、硫酸原料とし、珪石 (SiO_2) と FeO 、 Fe_3O_4 とを反応させ、スラグを製造する。

② スラグの排出

転炉を傾転させ、生成したスラグを転炉から抜き出す。

③ 製銅期 (Copper Blow)

濃縮した Cu_2S を酸化して粗銅 (Cu) を製造する。

造鍍期と製銅期との間にマットを酸化する空気の吹込みを一時停止して生成した鍍を抜き出す必要がある。この時、排ガス中の SO_2 ガス濃度がほぼゼロとなる。

また、マットの酸化反応は大きな発熱反応であり、発熱量を有効に活用するために、銅や金、銀など有価物を含んだスクラップや合金などの原料を転炉内に装入して溶解する。この時もマットを酸化する空気の吹込みを一時停止するため、排ガス中の SO_2 濃度がほぼゼロとなる。

PS 転炉ではマットの酸化用の空気吹込みが中断する回数が多く、このため、排ガス中の SO_2 濃度の変動が大きくなり、硫酸工場の操業は非常に難しくなる。

MI 炉、FC 炉 (Flash Converting 炉) では、造鍍期、製銅期の反応が一つの炉内で行われ、スラグの排出も比重差を利用して連続的に行われるため、排ガス中の SO_2 濃度の変動はほとんどなく、硫酸工場の操業が非常にやさしくなる。

(c) 環境対策

銅製錬から発生する有害物質は、亜硫酸ガスと重金属である。環境負荷を下げるため、両方とも除去する必要がある。亜硫酸ガスと重金属の補修対策は、対象が気体、固体と異

なるが、ガス対策を実施すると重金属も捕集される。

(i) 亜硫酸ガス (SO₂ ガス)

乾式製錬方法では発生する SO₂ を捕集し、硫酸工場に導くことができれば SO₂ および重金属の環境への拡散はほぼ防止することが可能である。重金属は硫酸工場の排ガス洗浄工程までに除去できる。

排ガスを吸引するには、固定炉の方が回転炉よりも容易である。日本の例では、乾式製錬炉からの漏洩ガスは、最初に炉からの漏煙防止対策をとり、次に装置全体を建屋で囲い、建屋内を負圧に維持して環境中への漏煙を防止している。製錬炉からの漏煙が多ければ、建屋からの吸引量も増大し、建屋内の従業員の作業環境も悪化する。製錬炉全体を建屋で覆ったとしても、できるだけ漏煙を防止することが望ましい。

製銅炉から発生する亜硫酸ガスは、PS 転炉は漏煙を完全に防止するのは難しい。モンゴル国で乾式製錬所を建設する場合には、PS 転炉を使用しない方式を推薦する。

硫酸工場の排ガス中には 2,000 ppm 前後の SO₂ ガスが含まれており、一般的には消石灰を使用した排煙脱硫装置で吸収し、石膏を回収する。PS 転炉排ガスは、SO₂ 濃度の変動が大きく、硫酸工場の操業管理が難しく、排ガス中の SO₂ ガス濃度も変動するため、排煙脱硫装置の操業管理が難しく、また、石膏生産量も増加する。

(ii) 重金属

重金属は、乾式製錬炉の排気ガス中に含まれ、硫酸工場に運ばれる。硫酸工場では、電気集塵機でダストを除去した後、洗浄装置により完全に重金属を除去する。これらの重金属は SO₂ 酸化させる転化器内の触媒の能力を低下させる。ダスト中に移行した重金属は、一部は鉛・亜鉛製錬所の原料として使用され、一部は銅熔錬炉に繰り返される。

洗浄工程で洗浄液中に溶解した重金属は、廃水処理装置で重金属を除去する。年間 200 千トン規模の製錬所であれば、廃水は一日当たり約 50m³ 発生する。この廃水を処理する排水処理工場の設置が必要となる。廃水の発生量は、硫酸工場で吸引する排ガス量によって決まり、重金属含有量には関係しない。排水処理装置の設計には、鉱石中の重金属含有量が必要となる。

7.1.7 湿式製錬

銅の乾式製錬法は、マットを製造して銅を濃縮し、不純物をスラグ中に除去する製錬法であり、酸化鉱石は処理鉱石の一定比率だけ処理可能であり、酸化鉱石主体の製錬はできなかった。酸化鉱石は、硫酸で浸出した後、鉄で置換して沈殿銅を回収する直接電解採取が行われたが、低品位の銅しか得られなかった。1960 年代に入り、銅に適した抽出溶媒 (LIX) が開発、実用化された。これにより、不純物の少ない硫酸銅溶液を得ることができ、電解採取により高品位の金属銅が生産できるようになった。現在、銅の湿式製錬法は、酸化鉱石を主体に行われており、世界の銅生産量の約 20% を占めるようになっている。

湿式製錬が可能な鉱石は酸化鉱石、輝銅鉱 (Cu₂S)、コベライト (CuS) であり、黄銅鉱 (CuFeS₂) など、硫酸溶液で浸出されない鉱石についても湿式製錬法の研究が行われており、実証試験段階まで実施しているものもある。

硫化鉱の湿式製錬は、すぐに採用できる方式の製錬方法はないので、今回の検討事項か

らは省略する。湿式製錬は、初期投資額が少なくて済み、建屋、搬送装置などの問題があるが、比較的増設しやすい。また、硫黄を生成し、硫酸が発生しない方法や金、銀の回収可能な方式も実験中である。ただし、硫黄に関しても世界規模では余る傾向にあり、硫酸と比較しての利点は保管が可能という点だけと考えられる。

硫酸は保管する容器が必要であり、保管量に制限があるため事故が起きたときも被害は一定の制限内に収まるが、硫黄は積み置きが可能であり、カナダ国のバンクーバーのように数万トン規模で山積みも可能である。モンゴル国のように水が少ない地域では、火災事故が起きた場合、被害の拡大は非常に大きくなるのが懸念される。

硫黄の生産と消費量および滞留量を図 7.1.15 に示す。

表 7.1.6 世界の硫黄の需給

(単位：10,000 トン)

	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
需要	86,925	89,381	91,598	93,514	95,655
供給	87,735	92,659	96,970	100,591	103,421
余剰	810	3,278	5,372	7,077	7,766
余剰累積					

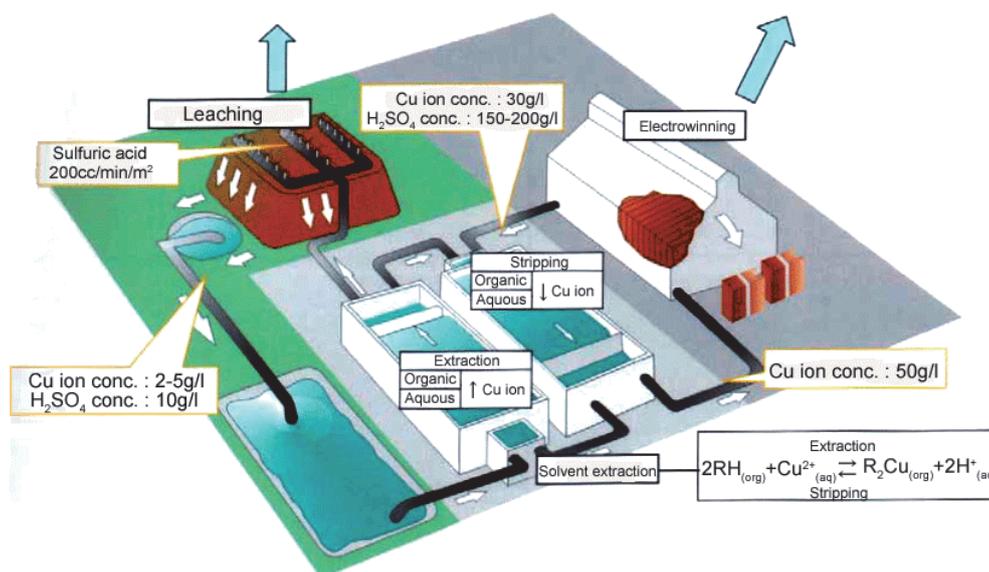
(出典：非鉄精錬技術の課題と展望)

世界的に見ると、硫黄の需要供給とも年間 1 億トンであり、供給は需要を約 500 万トン上回っている。硫黄の需要の大部分は硫酸用途であり、硫黄を製造してもいつかは硫酸を製造することになる。

(1) 酸化亜鉛の湿式製錬法

銅鉛石は大きく硫化鉛と酸化鉛に分かれるが、硫化鉛はマットを作る乾式製錬に、酸化鉛は硫酸で溶出させた後、溶媒抽出により銅を濃縮し、銅を濃縮した液から電解採取により高純度の銅を回収している。

図 7.1.16 に酸化鉛の SX-EW 法の概念図を示す。



(出典：JOGMEC, 2013 を一部改変)

図 7.1.15 SX-EW 法の概念図

現状では、SX-EW 法を採用するには、次の条件が必要とされている。

- 1) 鉱石のタイプ：酸化銅鉱（輝銅鉱、コベリンなど）
- 2) 脈石の種類：酸消費量が少ない
- 3) 地形：峡谷や低地。帯水層がない。
- 4) 気象条件：乾燥、温和。蒸発量 > 降水量
- 5) 堆積場への運搬距離：短い
- 6) 天然水の排水パターン：液損失小
- 7) 十分な土地を持つ

このような条件に見合う南米やチリ国、ペルー国で酸化銅の SX-EW 法は酸化銅の処理方法として確立されている。

酸化銅の SX-EW 法は、次の工程から成る。

- 1) リーチング
- 2) 溶媒抽出・分離
- 3) 電解採取

(a) リーチング

リーチング方法には以下の方法がある。

- 1) タンクリーチング
高品位銅を粉砕してスラリーにしてタンク内で浸出液を加え、攪拌浸出する。
- 2) バットリーチング
銅石を破砕し、大型の容器の中に堆積して硫酸に漬けて浸出する。
- 3) ヒープリーチング

鉱石を破碎し、不透水基盤（含むシート）上に堆積し、浸出液をかけて浸出する。

4) ダンプリーチング

低品位粗鉱、ずりを堆積し、浸出液をかけて進出する。

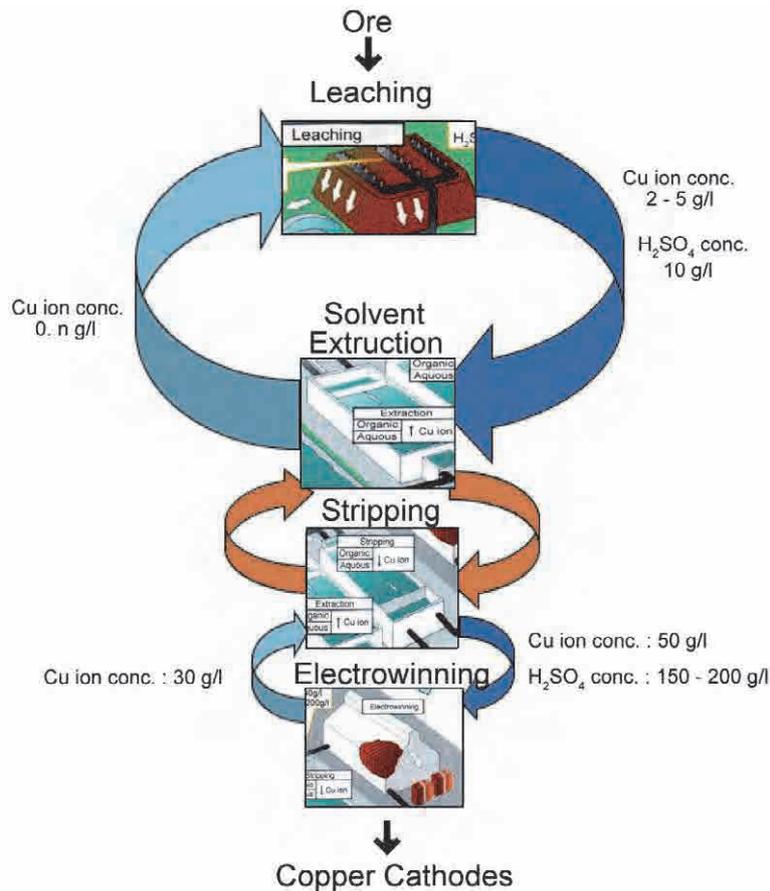
5) インプレスリーチング

鉱石を採掘せず、元の場所で割れ目を作り、浸出液をかけて進出する。

インプレスリーチングは最もコストが低い方法であるが、銅鉱山では酸化鉱は硫化鉱の採掘に伴い生産されるものであり、硫化鉱には硫酸浸出ができないことから実施例は少ない。現在実施されている酸化鉱のリーチングは、ほとんどがヒープリーチングかダンプリーチングである。

(b) SX-EW 法

リーチング、SX（溶媒抽出）、EW（電解採取）の概念は、2つの水系（リーチングおよび電解）のサークルを1つの有機系のサークルが結び付け、銅イオンの受け渡しをする形になっている。リーチング、SX（溶媒抽出）、EW（電解採取）の概念図を図 7.1.24 に示す。



(出典：JOGMEC, 2013 を一部改変)

図 7.1.16 リーチング、SX（溶媒抽出）、EW（電解採取）の概念図

リーチングにより鉱石から銅が銅イオンとして溶出し、銅濃度が 2~5g/L と高くなった液 PLS (Pregnant Leach Solution) を溶媒抽出工程に送液する。溶媒抽出工程では、PLS をクロシンベースの有機溶媒とミキサーで混合攪拌し、セトラーで比重差分離し、銅分を有機層に残す。銅を含まない液 (Raffinate) をリーチングプロセスに繰返し使用する。

溶媒抽出工程で銅濃度が高くなった溶媒は、ストリッピング工程に送り、電解工程からの電解廃液とミキサーセトラーで混合攪拌して比重分離すると、銅は電解廃液中に移行し、電解液となる。銅を分離した有機層は、溶媒抽出工程に送り再利用する。

電解液は電解採取工程へ送り、不溶性陽極と陰極には種板またはステンレス板を用い、電解採取により銅を析出させる。電解廃液は、ストリッピング工程に繰返して使用する。

7.2 銅製錬所建設のために必要な条件

製錬所で生産された銅地金の値段は、LME あるいは COMEX で示される取引価格をベースとして売買当事者間で決められるが、すべての取引で同じ売買価格が適用されるわけではない。銅地金製品の需給関係や品質によってプレミアムが付加される。また銅地金から生産される最終製品が、住宅・ビルの建設関連、電子・電気機器、鉄道・自動車などの輸送関連と幅広い分野で消費されることもあり、銅は世界経済の動向に大きな影響を受けて需給が決まる国際商品である。そのため、下流側の一次・二次銅加工ビジネスに直結する製錬業は地金の品質確保だけでなく、同業製錬業者との原料の買鉱競争や製品地金の販売価格交渉とも無縁ではない。製錬所の経営には原料精鉱の供給を受ける鉱山業に加えて、銅地金・加工製品の市場に対する知識および関与も求められる。以下にビジネスとしての製錬業の視点を中心に、モンゴル国において銅製錬所を建設する場合に求められる要件および考慮すべき点を記載する。

7.2.1 製錬所建設・操業に必要な検討項目

製錬所の建設・操業に関わる技術面に関する基本事項から銅製錬所（含む精錬所）の最終製品であるカソード(電気銅)の市場について述べる。カソードの一次加工品としての事業展開を除いて、ここではカソードを最終製品とする前提で以下に考慮・検討すべき基本的な項目を述べる。最終製品のの一つである硫酸に関しては別項目で述べる。

(1) 建設・操業に関わる技術要員の育成

世界的に見ると既存設備の増強を除いて、最近新たに製錬所が建設されたのは中国やベトナムなど経済成長著しいアジアが中心である。特に過去 10 年間程度で銅消費量が 3~4 倍と驚異的に増加した中国では新規製錬所が建てられており、この数年だけを見るとほぼ毎年のように建設されている。またベトナム国営鉱山会社が中国製錬企業の技術協力を得て 2005 年に同国で初の精錬設備を建設して 2008 年から 10 千トン/年の規模で操業を開始し、最終的には 20 千トン/年までの増産計画を公表している。同じ国営のベトナム企業がロシア国企業との合弁で 50 千トン/年の製錬所建設に合意したことが 2010 年 12 月経済ニュースで報じられているが、建設・操業状況に関する情報はその後公表されていない。製錬所建設にあたっては、鉱山の建設同様に経験を有する製錬および設計・エンジニアリングの

技術者の関与が必要であるが、上記経緯からも分かるように経験を有する企業は鉱山に比べて限られている。

製錬所建設で重要なのは製錬法を選択した後の設計・エンジニアリング業務と建設であるが、既存の製錬所が存在しないモンゴル国の場合には、国外のエンジニアリング企業に依頼することになる。建設ステージでも経験者がいないために、主要な技術者・熟練技能要員は実際の建設経験者を国外から呼び寄せる必要があるが、同時に国内の技術者・技能要員も建設に関与することが極めて重要である。建設に関与することで、操業ステージでの定期修繕を含むメンテナンス要員の育成にも役立つ。また将来増産起業工事を行う場合にも、その経験が役立つであろう。

操業開始以降の技術者・技能者の一部はそのまま活用できるが、建設とは異なる分野であるプロセス技術を含む日常の生産管理技術者は、操業時に役立つよう別途育成する必要がある。建設時ほど多くは必要ないが、操業経験を有する技術者・技能者は国外から招聘して、操業年数の経過とともに少しずつモンゴル人に置き換えて行くことになろう。重要なのは、初めて銅製錬所を建設した経験のあるベトナムなどほか国の事例を参考に、モンゴル人の技術者による現地化の基本プランを立案して計画的に実践していくことである。エルデネット鉱山の操業開始時のプラント部門である選鉱の実例も参考となろう。モンゴル科学技術大学には選鉱部門の学科はあるが、製錬プロセスを教える学科がないので国外の大学への留学制度を拡充するか、あるいは既存の化学部門を拡充するなどして大学レベルからの教育も強化することが重要である。

建設・操業に当たって協力を得る国外企業としては、最近の銅製錬所の建設事例から見て、中国企業の協力を得るのがコスト面および技術面から最も効率的であろう。日本の製錬会社は1980~1990年代に一時期、資本参加も含めて海外での銅製錬所の建設に進出した。中国、韓国、インド国、豪州、カナダ国などにおいて銅製錬所の建設を行うとともに、操業指導も実施してきたが、常時技術者を確保して受注できるだけのプロジェクト数がないため既に撤退しており、建設に関わった技術者は少なくなりつつある。

参考までに生産量の上位20の銅製錬所を溶錬と電解精製に分けて表7.2.1および7.2.2に示す。溶錬は320千トン/年以上、精錬は350千トン/年以上と大規模であり、中国の製錬所の存在が際立っている。溶錬プロセスとしてはOutokumpu社の自溶炉が多いのが目立つ。精錬には酸化鉱石のSX-EW法によるカソード生産を含めている。

表 7.2.1 生産能力上位 20 の銅溶錬所

Rank	Smelter	Country	Operator/Owner	Process	Capacity
1	Guixi	China	Jiangxi Copper Corp.	Outokumpu Flash	900
2	Birla	India	Birla Group	Outokumpu Flash, Ausmelt, Mitsubishi	500
3	Codelco Norte	Chile	Codelco	Outokumpu/Teniente Converter	450
3	Hamburg	Germany	Aurubis	Outokumpu Flash, Contimelt, Electirc	450
3	Besshi/Toyo	Japan	Sumitomo Metal Mining	Outokumpu Flash	450
3	Saganoseki	Japan	Pan Pacific Copper	Outokumpu Flash	450
7	El Teniente	Chile	Codelco	Reverberatory/Tenient Conv.	400
7	Jinchuan	China	Jinchuan Nonferrous Metal	Reverberatory/Kaldo Conv.	400
7	Xiangguang Copper	China	Xiangguang Copper Co. Ltd	Outokumpu Flash	400
7	Norisk	Russia	Norisk G-M	Reverb, Electirc, Vanyukov	400
7	Sterlite	India	Vedanta	Isasmelt	400
12	Ilo	Peru	Southern Copper Corp.	Isasmelt	360
13	Onahama	Japan	Mitsubishi, Dowa, Furukawa	Reverberatory	354
14	Altonorte	Chile	GlencoreXtrata plc	Noranda Continuous	350
14	Jinlon	China	Tongling Nonferrous Metal, Sumitomo	Flash Smelter	350
14	Yunnan	China	Yunnan Copper Industry	Isasmelt	350
17	Naoshima	Japan	Mitsubishi Materials Corp	Mitsubishi Continuous	342
18	Pirdop	Bulgaria	Aurubis	Outokumpu Flash	330
19	Onsan II	South Korea	LS-Nikko Co	Mitsubishi Continuous	320
20	Huelva	Spain	Atlantia Copper	Outokumpu Flash	320

(出典：ICSG Directory Copper Mines and Plants, 2013)

表 7.2.2 生産能力上位 20 の銅精錬所

Rank	Refinery	Country	Owner(s)	Process	Capacity
1	Guixi	China	Jiangxi Copper Corp	Electrolytic	900
2	Jinchuan	China	Jiunchuan Non Ferrous Co.	Electrolytic	650
3	Chuquicamata	Chile	Codelco	Electrolytic	600
4	Yunan Copper	China	Yunnan Copper Industry	Electrolytic	500
4	Birda	India	Birda Group Hialco	Electrolytic	500
6	Toyo/Niihama	Japan	Sumitomo Metal Mining	Electrolytic	450
6	Amarillo	USA	Group Mexico	Electrolytic	450
8	Codelco Norte(SX-EW)	Chile	Codelco	SX-EW	440
9	Pyshma	Russia	Uralelectromed	Electrolytic	420
10	El Paso	USA	Freeport-McMoRan	Electrolytic	415
11	Las Ventanas	Chile	Codelco	Electrolytic	400
11	Jinlong	China	Tonglin NonFerrous, Sumitomo etc	Electrolytic	400
11	Sterlite	India	Vedanta	Electrolytic	400
11	Daye/Hubei	China	Daye Non-Ferrous Metal	Electrolytic	400
11	Xiangguang Copper	China	Yanggu Xiangguang Copper Corp	Electrolytic	400
16	Hamburg	Germany	Aurubis	Electrolytic	395
17	CCR refinery	Canada	GlencoreXstrata	Electrolytic	370
18	Ilo Copper	Peru	Southern Copper Corp	Electrolytic	360
18	Onsan I	South Korea	LS-Nikko Co	Electrolytic	360
20	Morenci(SX-EW)	USA	Freeport-McMoRan/ Simitomo	SX-EW	350

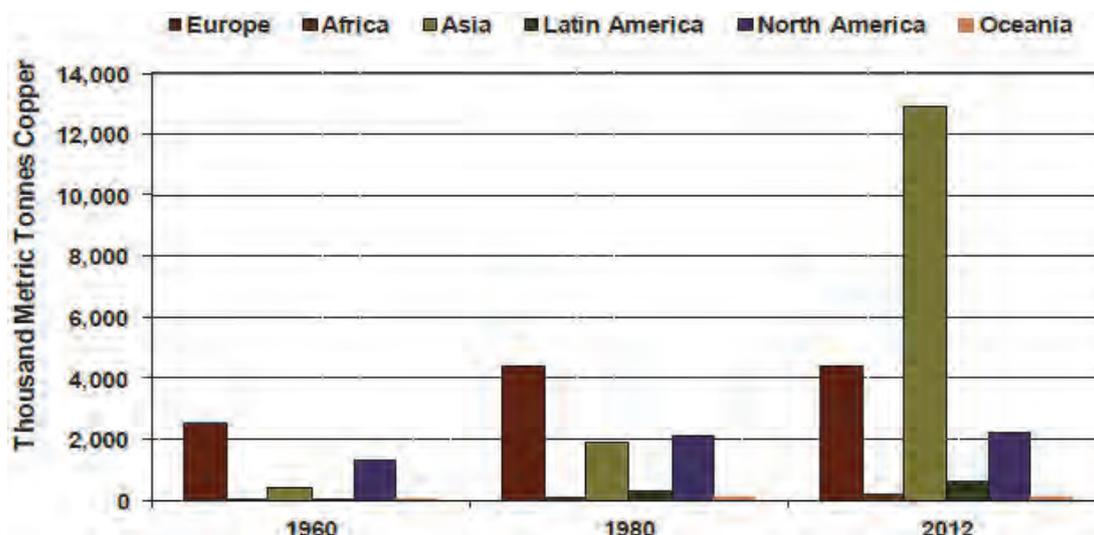
(出典：ICSG Directory Copper Mines and Plants, 2013)

(2) 製品販売対象地域・国

1960年、1980年、2012年の地域別の世界の銅消費量を見ると、1960年から1980年まで

の成長率はヨーロッパとアジアで顕著である（図 7.2.1）。アジアでの成長はこの期間で高度成長を遂げた日本の貢献が大きな比率を占めている。1980 年から 2012 年の 30 年間で銅消費量が伸びたのはアジアだけであり、この期間の成長率に大きく貢献したのは中国である。最近 10 年間で国別の銅消費動向からも中国は、圧倒的な成長率および消費量を達成している。

世界における銅消費量から見て、モンゴル国に製錬所を建設する場合には中国を中心とするアジア地域が販売先の市場として最もポテンシャルが高い。しかも製品輸送に関わる鉄道・道路などのインフラおよび輸送コストの観点からも、モンゴル国側にとっては最も有利な条件である。但し、市場経済の中で国際商品である銅地金の販売を考えた場合に、中国 1 か国だけを対象としたビジネスはリスクが大きい。近隣で消費量の多い韓国・日本を中心として、今後の経済性成長が見込め、かつ人口の多いインド国、ベトナム国、タイ国などのアジア主要諸国も視野に入れたマーケット戦略を構築して販売先の多様化を図ることが重要である。



（出典：International Copper Study Group “The World Copper Factbook 2013”）

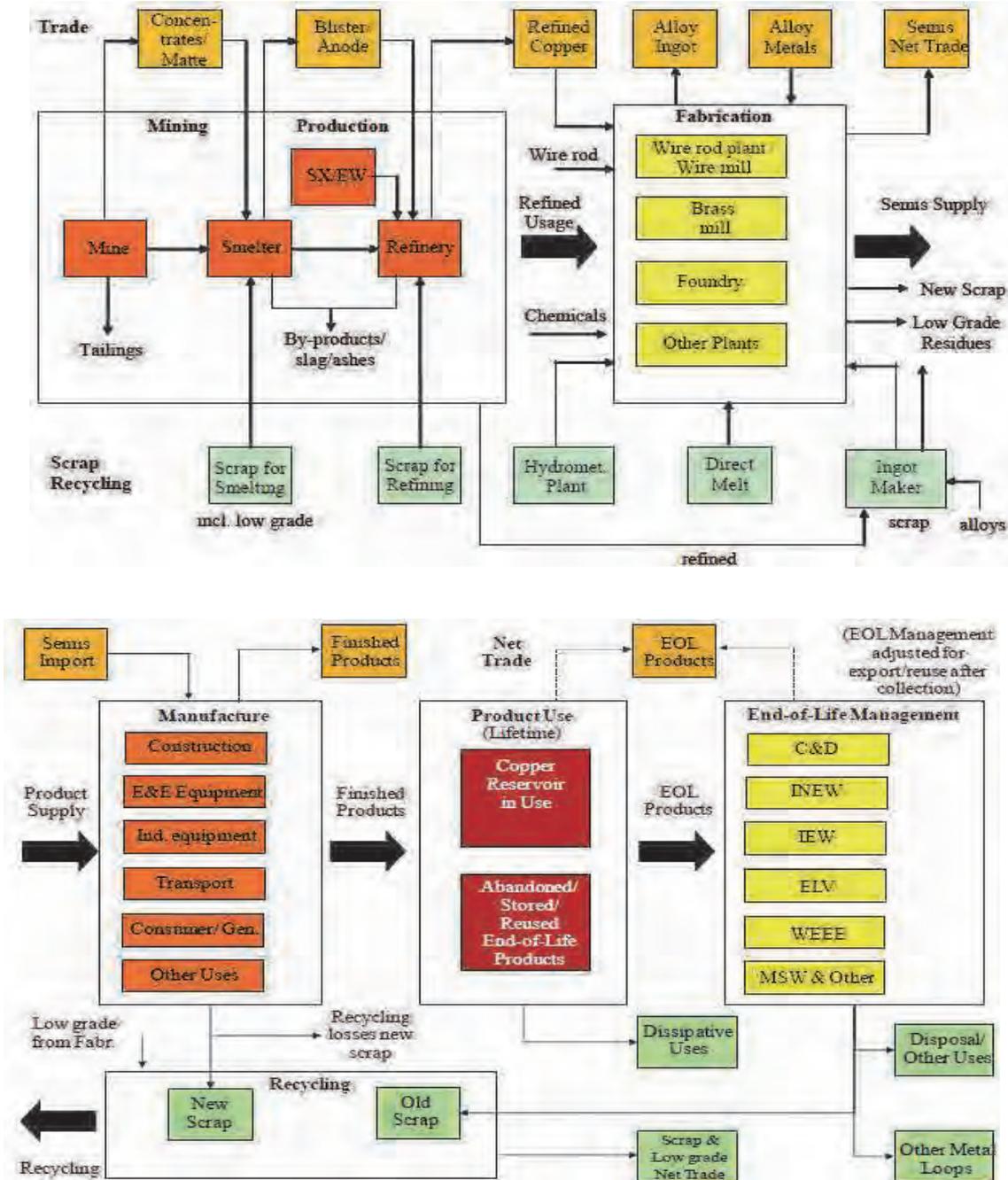
図 7.2.1 地域別の銅地金消費動向

(3) 銅ビジネスの理解と販売ルートの確保

製錬所で生産された銅地金は二次あるいは三次加工を経て最終ユーザとなる住宅・ビルの建設、電子・電気機器、産業用機械設備、鉄道・自動車の輸送関連分野などで使用される。したがって、生産される銅地金の品質は製錬所の品質管理面からも重視されるため、銅地金から最終ユーザに至るサプライチェーンに対する理解が重要である（図 7.2.2）。製錬所だけでなく、下流側の一次・二次加工へ進出する場合には特に重要となる。

銅地金は、世界の景気動向次第で需要が減少して販売量の減少あるいは販売条件の悪化に繋がることもあるが、これらの外的要因の影響を最小限度に抑えて安定した販売量と販売先を確保することが製錬所の経営には重要である。そのためには主要製錬メーカーと協定

を結んで既存の安定的な販売ルートに入ることも選択肢の一つであろう。また日本では、主要製錬メーカーや日本の商社が最終ユーザーに販売する商品をつくる電線・伸銅企業への出資などを通じて銅産業のサプライチェーンのすべてに関与して、長年の経験とノウハウの蓄積を持っているため、第三者の新規参入のハードルは高い。日本や中国を含む既存の主要製錬メーカーのサプライチェーンに対抗して、新たなルートを開拓するののも一つの方法であるが、それには多大な労力と時間が必要なだけでなく、既存の製品に太刀打ちできるだけの地金の品質と値段が重要である。このようにただ生産すれば売れる金や白金などの貴金属とは異なり、販売先および販売ルートに関しても事前の調査を行い銅ビジネスの世界の知識・慣習を知っておくことが望ましい。



(出典：International Copper Study Group “The World Copper Factbook 2013”)

図 7.2.2 鉱山から最終ユーザに至る銅製品のフロー

(4) インフラの整備

(a) 輸送ルートの整備・確保

生産された地金を販売するには、一般的には販売先まで鉄道輸送あるいはトラック輸送し、海上輸送が必要な販売先には積み込み設備を持つ港湾を利用することが前提となる。前記したように中国以外への市場へ出荷するには、中国又はロシア国経由で港湾設備のあ

る港までの鉄道輸送ルート確保が必要となる。

(b) 電力・燃料

電力エネルギーおよび化石燃料は 5.3.1 項で記述したように、年産 200 千トン規模の製錬所では、溶錬と電解精製を合わせて下記に示す発電機の設備容量と所用電力量が必要となる。溶錬での電力消費量が電解精製より大きく、手法によって消費電力量が異なるために幅が大きくなっている。

▶ 発電設備の容量：72～100 MW

▶ 年間使用電力量：442,000～610,000 MWh

同規模の溶錬で必要とする燃料として使用する熱量は、日本の輸入一般炭の発熱量の標準値(25MJ/kg)で換算すると、石炭換算で12～34千トン/年となる。発電設備を建設する場合を含めて燃料として使用する石炭はモンゴル国内には豊富にあるので供給面の問題は無い。

(c) 用水

製錬所では、主として溶錬工程で排出される溶融スラグの冷却・水砕処理に大量の用水が使用される。日本国内の年産 200 千トンクラスの電解を伴う臨海製錬所での飲料水を除く用水使用量は下記の通り。

▶ 海水 300,000 トン/日

▶ 工業用水 28,000 トン/日

大量に使用する海水は取水して後段に述べる溶融スラグの冷却・水砕用に使用した後、全量を海に戻している。海水を取水して大量に使用できない内陸製錬所では沈殿地を造成して水をリサイクルすれば、新たに取水する量のある程度減少させることは可能である。モンゴル国の場合その気候から冬季を除いて相当量の蒸発が予想されるため、精度の高い用水使用量の見積りを行うには、過去の気象データに基づく降水量・蒸発量を使用した精緻な検討が必要となる。

(5) 環境対応

(a) 排水処理

製錬所における処理対象となる主要排水源は主として、溶錬で発生する燃焼ガスを硫酸製造工程のガス洗浄設備で除塵した後の排水、スラグの水砕工程で発生する水砕用水、電解廃液などである。溶錬のガス洗浄で発生する排水中には精鉱中に含まれる微量のヒ素や水銀などが溶出する場合があります、河川などへの放流前に廃水処理設備で水質基準以下へ低減することが求められる。スラグの水砕に使用した用水は循環して使用すると pH の低下が生じるため、そのまま河川へ放流できないため洗浄水同様に排水処理設備に送水して適切な処理が必要である。

(b) スラグ

溶錬工程で銅を多く含む溶融マットと分離した溶融スラグは水砕工程の水流中で急冷・破砕され、砂礫状の水砕スラグとして回収される。銅製錬のスラグ中には、鉄分のほかに少量の銅や元鉱中の微量金属成分が含まれるが、水砕スラグ生成時の急冷で精鉱中に含まれる岩石起源のシリカ成分がガラス質となるため、スラグ中に微量に含まれる有害金属成分が溶出することはないが、大量に発生するため、コンクリート用骨材、道路の路盤材、サンドブラスト材として使用するなどして適切な管理が必要である。

(c) 煙灰

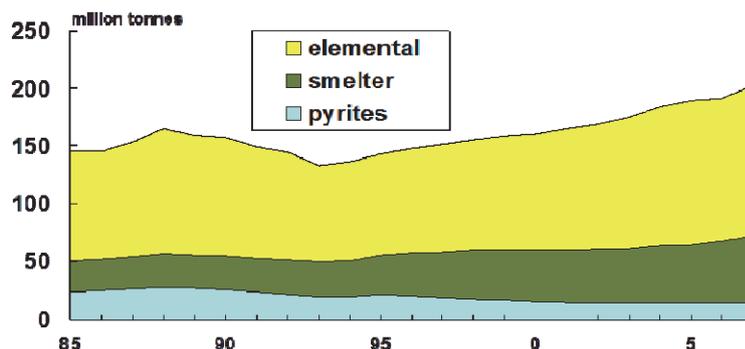
自溶炉では銅マットの品位を更に高めるための転炉工程で大量に発生する煙灰は通常バグフィルターなどの集塵機で回収して大気中への拡散を防止する。この煙灰中には比較的高品位の銅のほか、鉛、ビスマス、亜鉛など有価金属を始め様々な金属成分が含まれるため銅製錬の系内で繰返し処理するケースが多いが、その場合に鉛、亜鉛などが不純物として系内に濃縮蓄積して製品に影響を及ぼすリスクがある。そのため最近では系外で湿式処理して有価金属を回収する処理方法を取る製錬所もある。

7.2.2 硫酸に関わる基本検討項目

銅製錬所で生産される硫酸はほかのコモディティーと市場や取扱いが異なるため、硫酸に関しては市場の需給を含め事前検討が必須である。

(1) 銅製錬における硫酸

足尾銅山の公害問題で注目を集めたように、銅製錬で発生する亜硫酸ガス(SO₂)は元々大気中に放出されていた。近年、製錬所などに対して環境規制が強化されたことに伴い、新たにプラントを建設して溶錬工程で発生する亜硫酸ガスから硫酸を製造するようになったのは1960年代後半である。この時期と前後して、主として肥料用の原料として採掘されていた日本国内の硫黄鉱山の操業は休止され、代わって銅製錬所を含む化学プラントから発生する硫酸が代替原料としての存在感を増した。しかしながら世界全体では現在でも約2/3の硫酸は硫黄の燃焼により製造されている(図7.2.3)。この単体硫黄の大部分は、油ガスの脱硫の過程で生じる。



(出典：Sulfuric Acid Market by PentaSul, 2008)

図 7.2.3 硫酸製造のソース

(2) 硫酸の特徴

銅製錬の副産物として生産される硫酸は、下記の特徴を持つ。

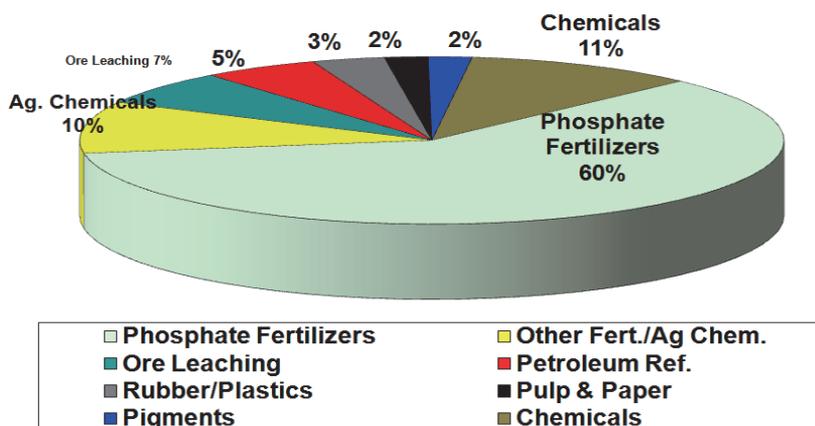
- 現在の硫酸製造は、溶錬工程で発生する亜硫酸ガス(SO₂)を固定して煙灰による拡散を防ぐ環境目的であり、高い亜硫酸ガスの回収率 (99.3~99.4%) が求められる。
- 黄銅鉱が原料の場合、銅地金生産量の約 3 倍の生産量がある。たとえば、黄銅鉱の精鉱を原料とする銅地金生産量 200 千トン/年の場合、約 580 千トンの硫酸が製造される。但し、銅精鉱中の Cu 品位 26%、S 品位 26%、溶錬工程の SO₂ 回収率 99% とする。

$$(200,000 \div 26\%) \times 25\% \times (98/32) \times 99\% = 583,000$$

- 劇薬の液体であるため製錬所で生産された硫酸は専用タンクでの保管が必要となる。
- 現在の主要な用途は、肥料用が圧倒的に多いが、近年酸化銅鉱石のリーチング用に米国やチリ国・ペルー国などでの消費の伸びが著しい。
- 過去 10 年程度の期間の市場価格が 100US\$/トン前後と安価である。
- 硫酸市況の変化が著しく、銅製錬の副産物として売上・収益に貢献する場合がある一方で、需要の落ち込みで専用タンクによる短~中期の保管能力を超える分は赤字覚悟で処理せざるを得ない場合もある。

(3) 硫酸の用途と需給

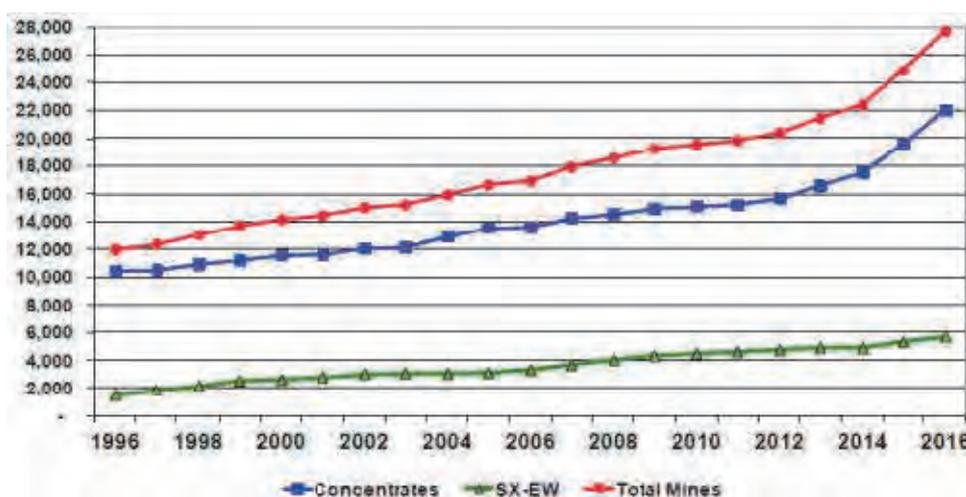
硫酸は非鉄製錬および石油・ガス精製の副産物などの単体硫黄の燃焼あるいは黄鉄鉱から生産されている。硫酸の用途は肥料製造が全体の 60% と圧倒的に多い (図 7.2.4)。その他酸化銅鉱石のリーチング媒体、合成繊維・製紙・建材の原料として幅広い用途を対象として世界全体での硫酸需要は年間 2 億トンである。これら硫酸の用途の内、世界的な人口増という背景のもとで食糧不足が深刻化しつつある現状では、肥料としての需要増加が見込まれているため、年率 5~10% の伸びが期待される将来性の高い市場として注目されている (住友商事 HP-資源・化学品事業部門)。



(出典：Sulfuric Acid Market by PentaSul, 2008)

図 7.2.4 硫酸の用途

肥料用に次いで近年の消費の伸びが顕著な用途は、酸化鉱石のリーチング用で硫酸消費量は約 14 百万トン/年である。酸化銅鉱石のリーチングが最大の用途で、約 20 百万トン/年のカソード生産量の内、約 4 百万トンが SX-EW 法で生産されている。リーチング用の硫酸は世界最大の産銅国であるチリ国での消費が最大で、2010 年の消費量は 7.9 百万トンである。チリ国内の銅製錬の副産物などとして生産される硫酸は 5.3 百万トンで、残り 2.6 百万トンは輸入である。SX-EW カソード 1 トン当たり、1~12 トンの硫酸が必要とされている。チリ国内では SX-EW カソード 1 トン当たりの平均の硫酸消費量は 2004 年に 2.86 トンであったが、酸化銅鉱石の品位低下のため 2010 年には 3.65 トンへ増加した。2016 年の SX-EW 法での世界全体の銅カソード生産量は 6 百万トン (図 7.2.5) と予想されており、リーチング用の硫酸は 20 百万トン近い消費が予想される。



(出典：The World Copper Factbook, 2013)

図 7.2.5 銅地金生産に占める SX-EW 法による生産量

(4) 硫酸の市場価格の動向

既述した硫酸の特徴の中から取引に関係する下記3点について少し詳しく述べる。

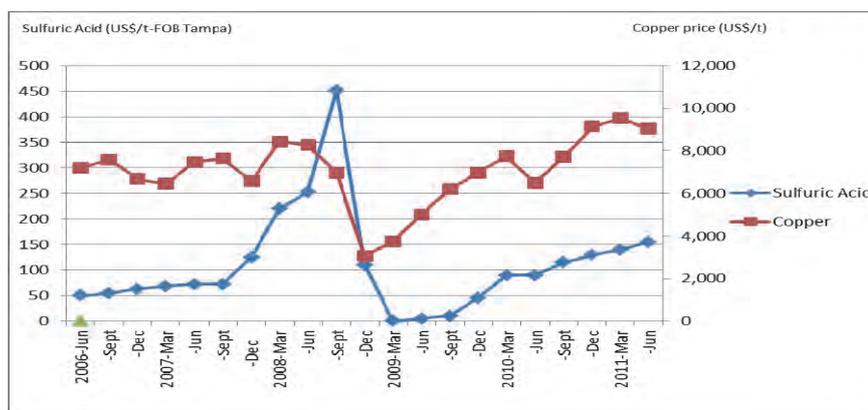
(a) ハンドリング・保管の特殊性

液体の劇薬であるため、輸送のハンドリングに余分な手間とコストがかかる上に、石炭や鉄鉱石と違い保管には専用タンクが必要なために、一部の硫酸専門取扱い企業を除いて、緩衝在庫として一定期間保管して需給調整されるのを待つことが困難である。モンゴル国の硫酸を中国およびロシア国を除く国外へ輸出する場合には、港湾設備までの内陸輸送に海上輸送が加わるため、硫酸価格に対する相対的な輸送コストの負担が大きくなる。

(b) 顕著な価格変動

世界で取引される量が2億トンと多く肥料・合成繊維・製紙・建材などの原料として比較的安定した需要があるが、上記と同じ理由から製造された硫酸は時間をおかずに取引されることもあり、価格変動が顕著である。価格レベルが硫酸に近い石炭・鉄鉱石は、世界規模の需給バランスが崩れた場合には、短期間に海上輸送することで急激な価格変動がある程度抑制されるが、硫酸の場合には上述の特質から需給バランスの崩れを補うコントロール機能が働きにくい。この状況はリーマンショック前後の価格を銅と比較してみるとより鮮明となる。

硫酸輸入国であるチリ国を例として2006年6月以降の四半期毎の輸入価格の平均値の動向を同時期の銅価格と対比して図7.2.6に示す。2006年6月~2007年9月頃に50~70 US\$/トンで推移していた硫酸価格は、リーマンショック直前の2008年9月に450 US\$/トンの過去最高値をつけ、その半年後には価格がゼロとなっている。製錬所の一時貯蔵タンクのゆとりがなくなった製錬所では、銅製錬を停止することができないため安値でも市場で硫酸を引取って貰わざるを得なかった。この間のチリ国における酸化鉱石のリーチング用の硫酸需要の落ち込みは少なく、年間ベースで2008年の7,132千トンから6,921千トンへ3%程度減少しただけであり、銅のように緩衝在庫によるバッファ機能が働けば、価格の落込み度合いは緩和された可能性もある。



(出典：硫酸価格データは Chilean Copper Commission, 2011)

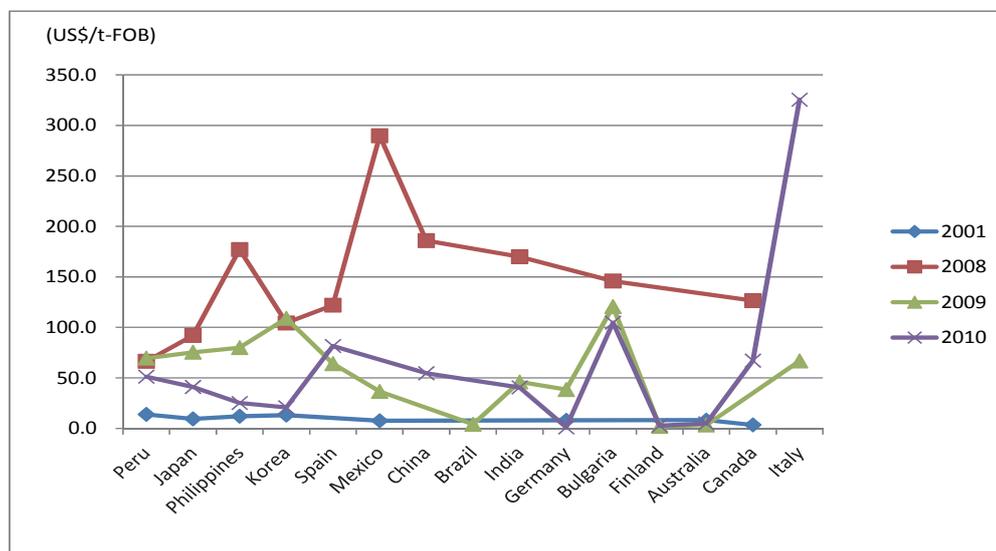
図 7.2.6 硫酸価格(平均値)の変動

(c) 産地による価格差

同時期でも産地による価格の上限と下限の幅が極端に大きい。この産地毎の価格差は2008年のリーマンショック直前の2007年頃から目立ち始めている。前記した年度毎の価格変動は平均値で示したものであり、産地毎の価格内訳を見ると、最近の硫酸価格に関する傾向が読み取れる。

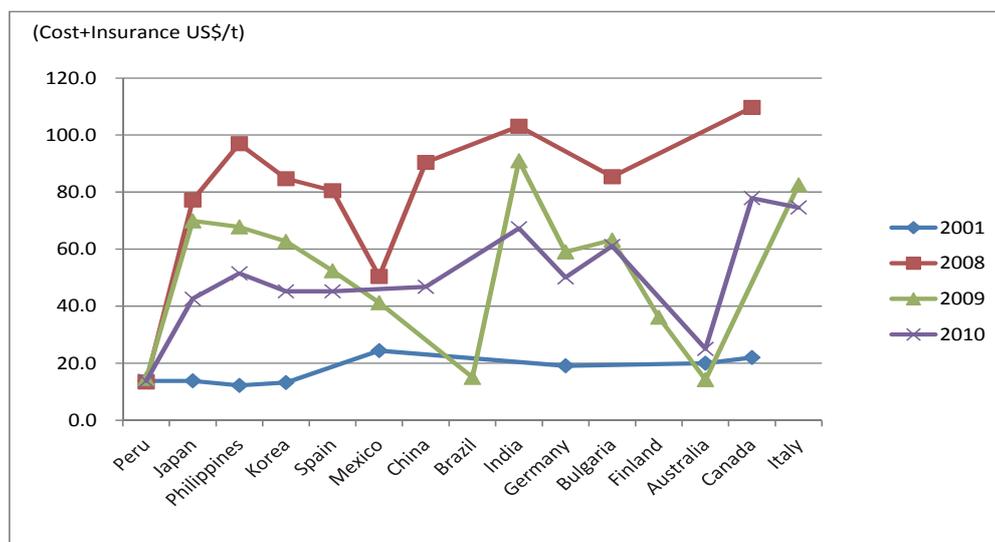
チリ国が硫酸を輸入している国別の輸入価格を例として、統計データが揃っている2001年とリーマンショックを挟む2008~2010年までの3カ年のFOB価格の推移を図7.2.7に示す。2001年の上位9カ国の平均FOB価格で見ると、最高のペルー国13.9 US\$/トンから最低のカナダ国3.5 US\$/トンまで10 US\$/トン前後で大きな差はない。それ以降は価格の上昇とともに価格差も拡大傾向となり、2008年には最高価格がメキシコ国の289.8 US\$/トンから最低はスウェーデン国の49.1 US\$/トンまで差が拡大する。リーマンショック後の2010年には全体的に価格は下落して落ち着きを取り戻すが、最高値はイタリア国の325.4 US\$/トンから最低のドイツ国の1 US\$/トンまで価格差は大きいままである。価格差の理由として考えられるのは買手と売手の切迫度であり、品質であると推定される。毎年安定的にかつ大量に輸入するペルー国、日本、韓国、フィリピン国のFOB価格の価格差は比較的少ない。

同様に各国別にC(輸送費)+I(保険)を図7.2.8に示す。必ずしも海上輸送距離に比例する金額ではないが、モンゴル国から陸上輸送と海上輸送する場合の参考となる。これらの金額に図7.2.7のFOB価格を加えるとCIF価格となる。モンゴル国のような内陸製錬所から硫酸を海外に輸出するためには、内陸輸送費分がプラスされる。



(出典：Chilean Copper Commission, 2011)

図 7.2.7 硫酸の国別輸入価格



(出典：Chilean Copper Commission, 2011)

図 7.2.8 硫酸輸入に関わる国別の輸送費+保険料

(5) モンゴル国外への硫酸の販売

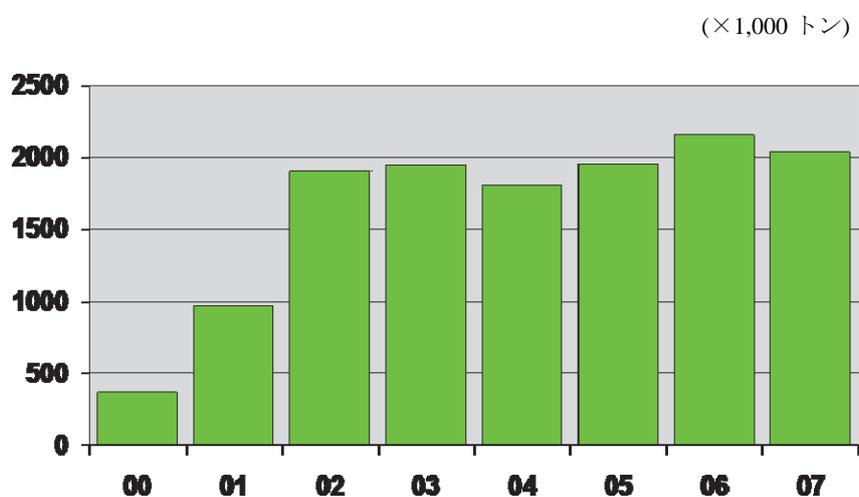
価格が安価であることもあって世界全体の硫酸生産量 2 億トンの内、海上輸送で取引されている量はその 5%程度の約 1,000 万トンと極めて少ない。この内、記述のように酸化銅鉱石のリーチング用としてチリ国が輸入している硫酸は 2.6 百万トンと大きな比率を占めている。モンゴル国で製造された硫酸を国外へ輸出する場合に、海上輸送を必要としない中国およびロシア国が優先候補となるが、ロシア国は硫酸の輸出国である。北朝鮮経由の韓国への内陸輸送も可能性は否定できないが、韓国はチリ国へで年間 60 万トン以上を輸出しているため(表 7.2.3)、モンゴル国からの輸出の可能性はないであろう。中国からは、チリ国への輸出量が 2008 年、2010 年にそれぞれ 210 千トン、111 千トンの実績があるが、基本的には輸入国(図 7.2.9)であり中国への売却の可能性は高いであろう。

海上輸送が可能であれば、東南アジアなど輸出国の選択肢は増える。チリ国は既述のように 7.9 百万トンの需要の内、2.6 百万トンを経外から輸入に依存しているが、現状がピークと考えており海上輸送を考えると可能性は大きくない。米国は 36 百万トンの国内消費量の内、2.5 百万トンを経外から輸入に依存しているが、実情を知るための市場調査が必要であろう。

表 7.2.3 韓国からチリ国への硫酸輸出量

	Amount(t)	CIF price (1,000 US\$)	Average Price (US\$/t-CIF)	F+I (US\$/t)
2004	21,988	1,583.1	72.0	43.5
2005	68,504	5,181.7	75.6	45.4
2006	96,389	6,290.9	65.3	44.6
2007	223,178	23,025.6	103.2	70.0
2008	391,376	73,994.2	189.1	84.7
2009	189,645	32,568.8	171.7	62.7
2010	669,413	44,184.1	66.0	45.2

(出典：Chilean Copper Commission, 2011 から抜粋)



(出典：Sulfuric Acid Market by PentaSul, 2008)

図 7.2.9 中国の硫酸の輸入量

7.2.3 製錬所の経済性の検討

これまで立地条件・製品販売などを含む基本要件、硫酸の取扱いを議論したが、最後に製錬所建設にあたり最も重要な経済性について以下に述べる。製錬所を経営する上で、製錬所の操業コストの源泉となる製錬費(TC/RC)に対する理解が必須である。同時に鉱山と製錬の収益構造の違いに関する理解も必要である。

(1) 製錬所の収益構造

鉱山の最終産物である銅精鉱の価格は精鉱中の量に含まれる Cu および Au、Ag などの副産物も対象として、取り決めにしたがって売買対象となる量に売買時の金属価格を乗じて計算する。更に、この金額から各金属の製錬費(TC/RC)および Off-site コストと呼ばれる製錬所までの輸送費を差し引いた金額 (NSR)で製錬所は精鉱を買う。したがって鉱山側の収入はこの NSR 相当額となり、製錬側は銅価格から NSR を差し引いた TC/RC 相当の金額が収入となる。

精鉱中に As、Hg などがあるレベル以上の不純物が含まれる場合には、鉱山側は製錬側にペナルティを支払う義務が生じる。TC/RC やペナルティを含むこれらの売買条件を称して買鉱条件と言う。

TC/RC は LME などが決めた金属価格、鉱山側の精鉱生産および製錬側の生産能力など市場における両者の精鉱需給バランスから毎年交渉により決める。精鉱量が製錬能力に比して相対的に余剰であれば、製錬費は上昇して製錬側に有利に働くが、逆の場合には製錬費は低下する。硫酸の需要が増大すると製錬所側にとっては副産物収入として製錬所の収益に貢献するが、逆に供給過剰となると経営の負担となる場合もある。TC/RC をベースとする製錬所の売上から、操業費、人件費、ロイヤリティーなどの主要コストおよび初期建設費の償却費や金融費用を差し引いた金額が税引き前利益である。

モンゴル国内に銅製錬所を建設して操業する場合の経済性を正確に評価するには、これまで述べたモンゴル国の諸条件を勘案した上で F/S を実施することが必要である。製錬所の F/S には通常 1~2 年程度の期間とそれなりの費用が発生するため、まず所要期間が短く費用の安価なプレ F/S を行い、その結果経済性が成立するとの見通しが立てば、更に最終 F/S を実施することを推奨する。

(2) 鉱山・製錬所の収益性の試算例

モンゴル国で 2013 年より生産開始した Oyu Tolgoi 鉱山を例として製錬費を試算した。同鉱山の 66% の権益を所有する Turquoise Hill 社の技術報告書から露天掘り採掘がフル生産となる操業開始 2 年目の生産計画の数値(表 7.2.4) をベースとした。その他製錬費など前提条件としては下記を用いた。

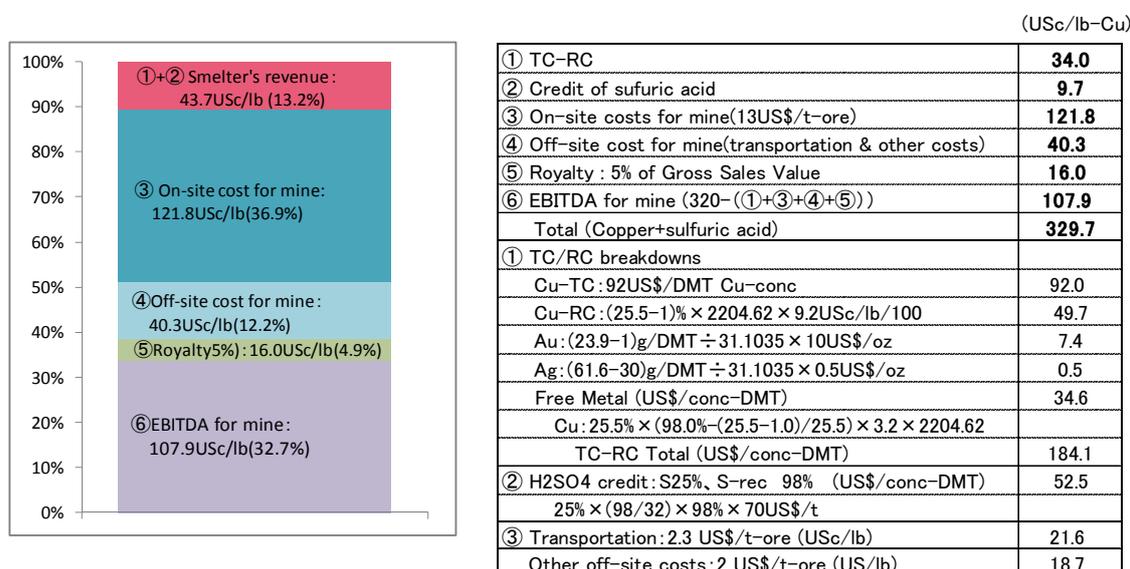
- TC/RC : TC 92 US\$/conc-t、RC 9.2 US\$/lb。この金額は 2014 年の Freeport-McMoran と中国の Jiangxi Copper の合意金額(Reuter 社情報)。
- 銅ユニット引き : 銅精鉱品位 1%
- Au/Ag 製錬費 : 金は精鉱トン当たり 1g、銀 30g
- 硫酸 : 硫酸トン当たり 70 US\$(但し CFR 価格)
- 銅価格 : 3.2 US\$/lb
- On-site コスト : Oyu Tolgoi 社報告書の数値を適用すると赤字となるため、数値を減らして 13US\$/トン-ore とした。
- Off-site コスト : Oyu Tolgoi 社報告書にしたがって、輸送費 2.3 US\$/トン-ore、その他 2 US\$/トン-ore とした。
- ロイヤリティー : 5% (TC/RC 控除前の精鉱価格の 5%)

計算結果は図 7.2.10 に示す通り。銅価格に占める鉱山側の金利・税・償却前の利益である EBITDA(Earning Before Interest, Tax, Depreciation and Amortization)の 30.7% に対して、製錬側の売上(収入)がわずかに 13.6% である。即ち、製錬所は生産量×銅価格に占める 13.6% の収入から、操業費、償却費、金融費用などすべてのコストを負担した上で利益を出すことになる。正確に評価するには最終的に F/S を行ってみないと不明であるが、この試算結果から製錬事業の収益性が良くないことは想像できる。

表 7.2.4 Oyu Tolgoi 鉱山操業 2 年目の生産量

Production Plan Y2	Grade	Weight
Waste tonnage		59,000,000 t
Ore tonnage		51,000,000 t
Cu(%)	0.55%	
Au (g/t)	0.59 g/t	
Ag (g/t)	1.43 g/t	
Cu conc tonnage		669,000 t
Cu in conc	25.5%	376 Mlb
Au in conc	23.9 g/t	515,000 oz
Ag in conc	61.6 g/t	1,324,000 oz

(出典：Oyu Tolgoi Technical Report, 2013)



(出典：Oyu Tolgoi Technical Report, 2013 に調査団加筆)

図 7.2.10 鉱山・製錬所の収益構造の試算例

エネルギー・人件費などコストの高い日本国内で製錬業が成立している理由として下記を挙げることができる。

- 省力化・自動化による効率化およびコスト低減
- スクラップメタルの処理
- 電解工程で発生する金銀スライムの湿式処理による貴金属類の回収
- 逆有償による廃棄物の受入れ処理

(3) プレ F/S の検討手順

製錬所の経済性評価には F/S レベルの検討が必要となるが、最初から F/S を行うのではなく最初にプレ F/S レベルでの概略検討を行い、その結果更に進める価値があると判断された

場合に、更に細部の詰めを行って最終的な F/S の完成に結び付けるのが現実的であろう。以下にプレ F/S レベルの概略検討の手順を示す。

- 製錬所の場所の選定
- 電力、用水などユーティリティの検討
- 国外への輸出ルートを含む基本インフラの検討
- 銅地金の販売先の想定と生産規模の決定
- 製錬法の検討と決定
- 精鉱投入から副産物の硫酸を含むプロセス全体のマテリアルバランスの計算
- 計装関係や各工程での製錬設備の設計を含めた概略エンジニアリングスタディーとその結果に基づく建設費用の算出
- 建設費用の手当ての検討(ローン借入先と金利など)
- 操業費の推定(人員、消耗品)
- 収入、操業コスト、金融費用、税・ロイヤリティー、TC/RC の設定とキャッシュフロー計算による経済性評価

7.2.4 将来の事業展開の方向性

内陸国でしかも銅地金を使用した下流側の産業もほとんどないモンゴル国で製錬所を建設・操業するには、20~30 年先の将来の事業展開の方向性もある程度視野に入れた長期的視点で検討を行うべきである。ここでは現在製錬所の操業が行われている日本と米国を例として挙げ、これまで歩んで来た過去の歴史的変遷と現状を述べる。また、モンゴル国の人口と経済規模が近いブルガリア国とオマーン国の製錬所を例として記載する。銅は世界の経済の動きとは無縁に存在し得ない国際商品であるため、モンゴル国が製錬所を操業する場合に今後の展望を見る上での参考となろう。

(1) 米国と日本の製錬所の事業展開例

(a) 米国のケース

鉱業先進国であった米国では 1920 年代に Anaconda、Phelps Dodge、Kennecott の上位 3 社は銅鉱山・製錬所中心の事業から銅加工産業にも事業展開して隆盛を誇っていたが、1990 年代に入ると変化を遂げて行く。最上流の銅鉱山から下流の銅加工まで、従来の垂直統合型の事業展開から鉱山・製錬所と銅加工は分離されて、それぞれの事業が合併・統合を行いながら水平統合型へと事業展開の方向性を変えて行った。銅加工は GBC、Mueller、PMX や Wolverine(オランダ国)、Luvata(オーストリア国)、神戸製鋼(日本) などの会社による寡占化が進み、Anaconda、Phelps Dodge、Kennecott は同業に吸収されて行った。その背景には環境に対する意識の高まりや重厚長大産業から金融・IT へと産業構造の変化もあり、かつて隆盛を誇った米国内の鉱山・製錬業の凋落化と軌を一にする。

現在もなお、操業を継続している銅製錬所はあるが、いずれも内陸に位置する銅鉱山の付属製錬所あるいは SX-EW 法操業のカソード生産である。SX-EW 法による銅カソードはアリゾナ州、ニューメキシコ州などを中心に各鉱山に残存している酸化鉱石を硫酸でリーチングして 10~50 千トン/年程度が生産されている。銅精鉱を原料とする製錬所はこの 20 年

ほどで操業停止となったプラントも多く、現在では溶錬設備が3カ所と精製設備が2カ所に集約されている(表 7.2.5)。この2カ所の精錬設備とSX-EW法から年間110~120万トン程度のカソードが生産されている。米国の人口に対する生産量比率は、日本の約1/4と少ない。

表 7.2.5 現在操業中の米国の銅製錬所(SX-EW法を除く)

Smelter/Refinery	Owner	Production	Concentrates/anodes supply
Hayden Smelter (Arizona)	ASARCO	anodes 300,000 t/y	Ray Copper Mine
Miami Smelter (Arizona)	Freeport McMoran	anodes 200,000 t/y	Miam Copper Mine
Utah Copper Smelter (Utah)	Kennecot	anodes 300,000 t/y	Bingham Mine
Amarillo Refinery (Texas)	ASARCO	cathodes 450,000 t/y	Hayden and others
El Paso Refinery (Texas)	Freeport McMoran	cathodes 415,000 t/y	Miami and others

(出典：調査団作成)

(b) 日本のケース

日本では、1890~1900初頭には上位5社(三菱、住友、同和、日鉱金属、古河)が銅鉱山および附属製錬所を操業しており、明治維新から間もない日本の工業化・近代化の一翼を担っていた。1960年代の高度経済成長期を経て1971年のニクソンショックを契機とするブレトンウッズ体制の崩壊により為替が固定から変動相場制へ移行した。これに伴い次第に進んだ円安あるいは鉱量枯渇が原因で、鉱山の経営が困難となって行く。この時期を境として国内鉱山の休止が増加して行き、銅製錬所で生産された銅地金を使って下流側の二次・三次加工事業に活路を見出して行く。国内銅鉱山の休止に伴い内陸の鉱山附属製錬所の多くは操業停止となったが、港からの距離が近い日立製錬所は買鉱型製錬所として別の製錬所で生産されたアノードを原料とする電解精製だけを続けている。また小坂製錬所は従来の精鉱から、銅スクラップおよび廃電子基板など貴金属成分を中心に扱う製錬所として稼働を続けており、現在の先進国型のリサイクル専用製錬所として成熟国家におけるモデルケースである(表 7.2.6)。

表 7.2.6 日本の主要銅鉱山の閉山と附属製錬所の動向

Smelter	Owner	Mine shutdown	Attached smelter
Osarizawa	Mitsubishi	1978	shutdown in 1966
Kosaka	Dowa	1990	in operation for metal recycle and scrap
Hitachi	JX Nikko Metal	1981	shutdown in 1976 Electrolytic refinery continues to operate
Ashio	Furukawa	1973	shutdown in 1989
Besshi	Sumitomo	1973	shutdown in 1976 to be relocated

(出典：調査団作成)

この後1980年代以降は日本の臨海製錬所はほぼ全量を海外鉱山からの買鉱へ依存することになる。そして製錬条件交渉を有利に進めるとともに、精鉱の安定供給を目的に海外銅鉱山への投資を従来以上に積極的に展開して行った。同時に、海外の製錬事業にも進出して行った(表 7.2.7)。現在の中国や韓国の銅製錬は当時の日本の技術移転で成立している。

資本出資以外にも、インド国、カナダ国などへの銅製錬所の建設プロジェクトへの技術供与を行っている。

1980年後半から1990年代にかけて米ドルに対する円の更なる切り上げにより、米ドル建てのTC/RCが目減りして日本国内の製錬所は苦戦を強いられることになる。それでも製錬業を継続したのは、下記の要因が後押しして経営の安定を図ることができたためである。

- 投資した海外銅鉱山から配当収入
- スクラップ・貴金属基盤類・貴金属を含む電解スライムの処理、産業廃棄物の受け入れ
- 銅地金を供給した下流側の二次・三次加工ビジネスの堅実な展開

表 7.2.7 日本の海外銅製錬所への投資とその後の動向

Smelter/Country	Company	Operation started	Current situation
Pasar/Philippines	Mitsui	1983	Sold, cathode 215,000 t/y
Jinlon/Sumitomo	Sumitomo	1995	Holding minor equity, cathode 400,000 t/y
Onsan/South Korea	Pan Pacific Copper	1979	Holding minor equity, cathode 360,000 t/y
Port Kembla/Australia	Furukawa	acquired in 1996	Shutdown in 2003 and demolished in 2010
Gresic/Indonesia	Mitsubishi	1999	Operator and majority share holder cathode 200,000 t/y

(出典：調査団作成)

(2) ブルガリア国とオマーン国の銅製錬所

次にモンゴル国で銅製錬所を建設する場合の参考として、人口や経済規模でモンゴル国に比較的近い国で銅製錬所を有する二つの国を例として挙げる。

一つはブルガリア国のPirdopである(表 7.2.8)。同製錬所は社会主義体制下の時代に国営製錬所として操業をスタートし、資本主義体制に入って民営化の一環として、ドイツ国Aurubisが1997年に買収した。同社は生産規模を少しずつ拡大して行き、買収時の160千トン/年から現在はカソード生産量330千トン/年で操業中である。Aurubis社は製錬所における銅地金の生産と、その下流側の二次・三次加工を中心とした事業展開を行っている。したがって、同社は銅地金の生産だけではなく二次・三次加工用の原料調達を目的としてPirdop製錬所を買収したと推定される。Pirdop製錬所の精鉱供給は買収前にはブルガリア国内の銅鉱山に依存していたが、増産後は国外からの買鉱が大幅に増加した。製錬所はブルガリア国の首都ソフィアの東約50kmにあり、直線でエーゲ海まで約200km、アドリア海まで約300kmの内陸に位置している。

オマーン国のOMCO銅製錬所の規模はカソード生産能力20千トン/年と小規模である(表 7.2.8)。原油埋蔵量が豊富な同国は、原油依存の経済から多角化を図るために国営銅鉱山の開発を手掛け、その一環として製錬所も併せて1983年に建設された。しかし、OMCOの銅鉱山は1994年に閉山しており、現在は同国内で他社が操業する銅鉱山からの買鉱で製錬所の操業を継続している。海岸からの距離も比較的近い場所に建設されているため、生産されたカソードは船で近隣諸国のほか、インド国、東南アジア、中国、台湾などへ輸出している。ブルガリア国に比べて一人当たりのGDPが3倍以上の豊かなオマーン国において、こ

の規模の製錬所の操業で収益性があるのかどうか疑問であるが、情報は入手できず不明である。

表 7.2.8 ブルガリア国とオマーン国の銅製錬所の概要

	Pirdop (Bulgaria)	OMCO (Oman)
Smelter Capacity	cathode 330,000 t/y	cathode 20,000 t/y
Concentrates Supply	Domestic and Toll	Toll
Start of Production	1958	1983
Owner / Operator	German Corp / Bulgarian	National Corp / Omani
Downstream Deploy	To EU market	-
Population (million)	7.5	2.6
GDP/per capita, 2012	53 bUS\$/ 7,049 US\$	76 bUS\$/ 24,700 US\$
Remarks	Originally owned by National Corp. and sold to Aurubis, German at 80 MUS\$ in 1997.	OMCO Cu Mines closed in 1994, and the smelter continues to operate at toll basis.

(出典：調査団作成)

(3) モンゴル国の製錬所が目指すべき方向性

これまで挙げた製錬所を有する主な国は、事業展開の特徴から大まかに下記のような特徴付けからいくつかのタイプ分けが可能である。

- チリ国タイプ：銅鉱山付属の内陸製錬所が中心であるが、港湾設備までの距離が比較的短いため銅地金として輸出し、同時に二次加工分野にも一部展開している。
- 日本タイプ：鉱山付属の内陸製錬所に替わって建設された買鉱中心の臨海製錬所が中心でメタルリサイクルや廃基盤類からの貴金属回収を行い、銅地金は各企業グループを中心とした二次・三次加工業へ販売する垂直統合型の事業展開をしている。ドイツ国もこのタイプの一種。
- 米国型：かつては銅鉱山から付属製錬所までを一貫して経営するチリ国型であったが、その後は鉱山・製錬業と二次・三次加工は分離し、鉱山・製錬分野は人口・経済規模に比して存在感は希薄となり、現在では銅地金の輸入国。
- 中国型：鉱山付属製錬所として操業開始した後に増産・拡張を行い、更に精鉱を国外から買鉱、更に不足分の地金を輸入し、二次・三次加工は未熟ながら発展途上にある。
- ブルガリア国型：製錬業の歴史は比較的長い、外資による買収と技術的テコ入れで東欧地域での地位を確立しており、製品は買収先の企業が下流側の加工市場で販売。
- オマーン国型：銅鉱山付属製錬所として操業開始した比較的歴史の浅い製錬所で、小規模ながら現在も買鉱製錬を継続し、生産されたカソードを周辺国に販売しているが経済性には疑問あり。

モンゴル国における製錬所建設の妥当性を評価し、目指すべき方向性を考える上で、上記に挙げた国々の歴史的背景および現状は参考とすべきであろう。モンゴル国はこれらの国々と同一条件ではないが、これまで述べたモンゴル国の置かれた諸条件も考慮に入れて検討すべきであろう。更に簡便化して理解し易いように、銅の資源量、製錬技術、下流側への展開、国外への銅地金の輸出の4つ視点で上記国々を評価し、同じ基準からモンゴル国についても評価・比較した(表 7.2.9)。内陸国であるモンゴル国に銅の輸出で「○」を付

した理由は隣国の中国を対象とした場合である。これら 4 つの視点で見るとモンゴル国での製錬所建設・操業はあまり良い条件下にないことが読み取れる。しかし例として挙げた 6 か国の中で強いて挙げるとすれば、目指すべきモデルとしてはブルガリアタイプである。即ち、製錬技術を有する国の資本と技術でモンゴル国内に製錬所を建設して、生産された地金は外国資本の傘下にある二次・三次加工向けに販売して、中長期的にはモンゴル国内を製造拠点として輸出用の事業展開を行うモデルである。このモデルでモンゴル国にとっての外資は中国である。

表 7.2.9 銅製錬業を有するモデル国の条件とモンゴル国

Type	Cu Resource	Smelter Technology	Downstream Deployment	Copper Export
Chile	◎	○	×～△	◎
Japan	×	◎	◎	○
US	○	○～◎	◎	×
China	○	○～◎	○	×
Burugaria	△	○～◎	◎	○
Oman	△	△	×	○
Mongolia	○～◎	×	×	○

注) ◎：優、○：良、△：可、×：不可

(出典：調査団作成)

7.3 モンゴル国に適した銅製錬方式

銅製錬所建設のための条件を満たした上で、製錬所建設を検討する場合、最初に検討すべきは、湿式製錬にするか乾式製錬にするかである。それぞれの特徴を表 7.3.1 に示す。

表 7.3.1 湿式製錬と乾式製錬の特徴まとめ

	湿式製錬	乾式製錬
特徴	小規模(1,000T/a)から建設可能 硫化鉍は実用化に達していない	一定規模(100,000T/a)以上が必要
長所	操業コスト小 電解採取の経験者がいる 水使用量小	高純度の銅を回収 貴金属実収率大
短所	多量の鉍石処理はできない 排水処理が必要	操業コスト大 水使用量大 排ガス処理、廃水処理が必要

(出典：調査団作成)

製錬方法を選定する基準を以下に述べる。

- ① 湿式製錬は硫化鉍処理が実用化に達していない。ただし、モンゴル国には、酸化鉍処理での SX-EW 法の実績があり、5～10 年の近未来に硫化鉍処理が実用化する可能性もあるので、酸化鉍で実績を積み、実用化を確認後に銅製錬を再検討するのも一案と思われる。ただし、Erdmin 社の視察結果からは工程改善の余地が多く、改善の推進が必

要である。

- ② 降雨量の少ないモンゴル国の気象条件から、植生は脆弱であると推定される。この条件下では、亜硫酸ガスの漏洩は植生に多大な影響を与えるものと推定される。乾式製錬を選定する際には、排ガス補修効率が悪く漏煙の多いPS転炉を外すべきである。排ガスの漏煙を抑える点から乾式製錬建設方式として次の二つの方式を推薦する。
 - 1) MI方式
 - 2) 自溶炉+FC方式
- ③ 硫酸の最大用途は肥料である。モンゴル国には隣に中国という肥料の世界最大の消費国があることから、中国資本と手を組んでも肥料工場を作る事を提言したい。

第8章 輸送インフラ

当該分野の調査項目は①3 鉱山の精鉱輸送量（現行、今後）、②輸送手段（鉄道、道路、空路）、③電源確保、④その他の輸送インフラ関連情報とする。本業務を効果的かつ効率的に進めるため、銅輸送と密接に関連する石炭輸送について既に実施された調査である「2013JICA モンゴル国石炭開発利用 M/P 調査報告書」をベースに以降の変更点について重点的に調査することとする。

8.1 3 鉱山の輸送量（現行、今後）

Erdenet 鉱山、Oyu Tolgoi 鉱山、Tsagaan Suvarga 鉱床の現行および今後の輸送量に関する情報を以下に取りまとめる。

8.1.1 現行の3 鉱山の輸送量

上記3 鉱山における現行の輸送量を表 8.1.1 にまとめた。この表から3 鉱山の年間の輸送量は約 100 万トン（銅精鉱ベース）となる。

表 8.1.1 3 鉱山の輸送量（銅精鉱ベース、2012 年）

鉱山名	1 日	1 ヶ月	1 年
Erdenet	1,610 トン	48,300 トン	580,000 トン
Oyu Tolgoi	220 トン	6,600 トン	80,000 トン
Tsagaan Suvarga	—	—	—

（出典：調査団「道路・運輸省」調べ）

Erdenet 鉱山では鉄道を利用し、Erdenet →Ulaanbaatal→Sainshand→Zamyn-Uud ゲートのルートで中国へ全量輸送されている。貨車 1 輦の輸送能力を 64 トンと仮定すると 1 日 63 輦分が輸送されていることになる。

Oyu Tolgoi 鉱山では道路を利用し、Oyu Tolgoi →Gashuunsuhayt ゲートのルートで中国へ全量輸送されている。

Tsagaan Suvarga 鉱床では鉄道を利用し、Tsagaan Suvarga→Sainshand のルートで全量輸送される予定であるが、3 年後の出荷までに鉄道敷設が完了されない場合には道路の利用などの計画変更を余儀なくされる。また、この鉄道輸送インフラの遅れは開山の時期にも影響を及ぼす可能性がある。Sainshand からは中国へ全量鉄道によって輸送される計画である。

8.1.2 今後の3 鉱山の精鉱量・輸送量

上記3 鉱山における今後の輸送量を表 8.1.2 にまとめた。これによると、精鉱の輸送量は 2016 年には 1,764 千トン/年、2020 年には 2,314 千トン/年、2030 年には 2,691 千トン/年となる。とくに、2030 年までの累計では、Oyu Tolgoi 鉱山および Tsagaan Suvarga 鉱床の輸送量が全体の約 80 % を占めることから、南部の鉄道敷設が重要な役割を担うこととなる。

表 8.1.2 3 鉱山における今後の輸送量

鉱山名	2016 年	2020 年	2030 年	累 計
Erdenet	580 千トン	580 千トン	580 千トン	9,860 千トン
Oyu Tolgoi	864 千トン	1,414 千トン	1,791 千トン	29,175 千トン
Tsagaan Suvarga	320 千トン	320 千トン	320 千トン	5,120 千トン
合 計	1,764 千トン	2,314 千トン	2,691 千トン	44,155 千トン

注) Tsagaan Suvarga 鉱床では、2015 年中に輸送のための鉄道敷設が完了するとともに、2016 年 4 月からフル操業に入る計画である。

(出典：調査団作成)

銅精鉱の輸送に最も重要と考えられる Tavan Tolgoi-Sainshand 間の鉄道建設事業を表 8.1.3 にまとめた。鉄道建設計画および計画変更の有無については、現段階では変更はなく、計画通りに活動を行っている（3 Phases のうちの Phase I に位置づけられている）としているが、同表の「鉄道輸送分野での国策を加速させる取組措置」が 2012 年末に採択されたことにより、従来のコンセション契約が無効となり、現在はこの方面の鉄道建設は進んでいないのが現状である。Sainshand 市西方約 20 km 地点での鉄道敷設状況を写真 8.1.1 に示した。



(出典：調査団撮影、2014.6.12)

写真 8.1.1 Sainshand 市西方の鉄道敷設状況

表 8.1.3 Tavan Tolgoi – Sainshand 間の鉄道建設事業

採択日	内 容
2012/3/27	「鉄道に関する措置について」(モンゴル国政府発令)
	「鉄道の基盤構造建設コンセション契約」(採択)
2012/11/3	「鉄道輸送分野での国策を加速させる取組措置」(採択)

(出典：調査団「道路・運輸省」調べ)

8.2 輸送手段（鉄道、道路、空路）

8.2.1 鉄道

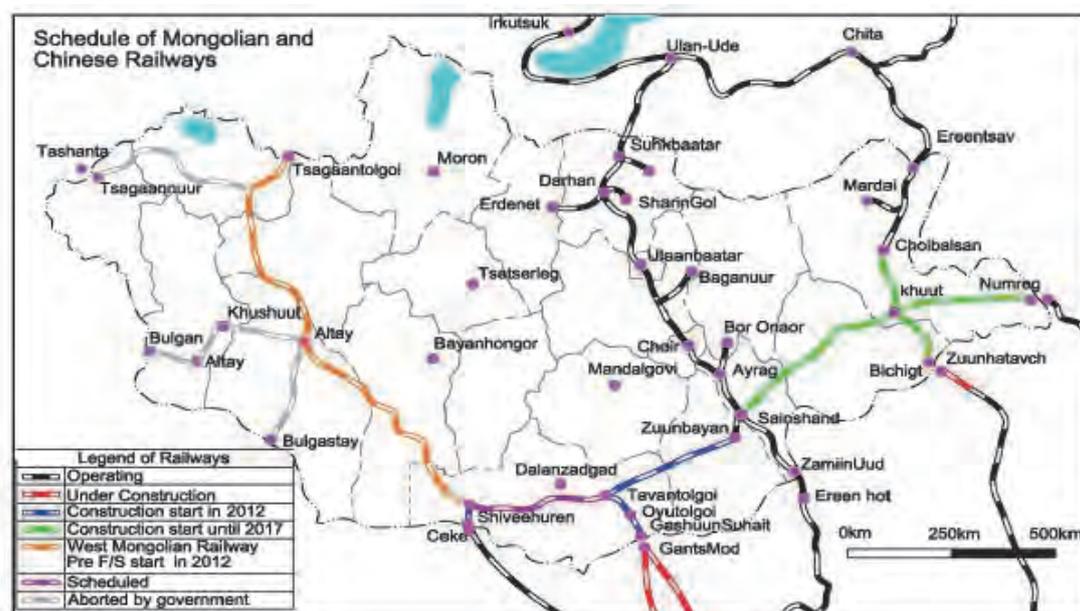
(1) 鉄道の現状

モンゴル国の鉄道は、幹線鉄道である Sukhbaatar-Uraanbaater-Zamyn-Uud の南北路線で、北はシベリア鉄道のロシア国 Ulan-Ude に接続し、南は中国側からモンゴル国境 Ereen までの路線が存在している。さらに、モンゴル国東部の Choibalsan-Ereensav 間を北に向かう路線があり、シベリア鉄道に連結されている。これらの路線は鉱石以外の物資輸送にも利用されてきたもので、鉄道距離と年間輸送能力を表 8.2.1 に示した。その他に Erdenet 鉱山と幹線鉄道を結ぶ支線、炭鉱からの支線などがあり、鉄道の総延長は 1,810 km となる。これらの既存鉄道路線を図 8.2.1 に示した。また、Trans-Mongolian 鉄道の状況を写真 8.2.1 に示した。

表 8.2.1 鉄道距離と年間輸送能力

鉄道区間（モンゴル国内）	鉄道距離（km）	年間輸送能力（100万トン）
Sukhbaatar-Uraanbaater-Zamyn-Uud	1,108	20
Choibalsan-Ereensav	238	6

(出典：JICA, 2013 (RAM))



(出典：JICA, 2013 (RAM))

図 8.2.1 モンゴル国既存鉄道路線と事業計画

2010 年の鉄道輸送実績を図 8.2.2 に示した。これによると、以下の特徴がある。

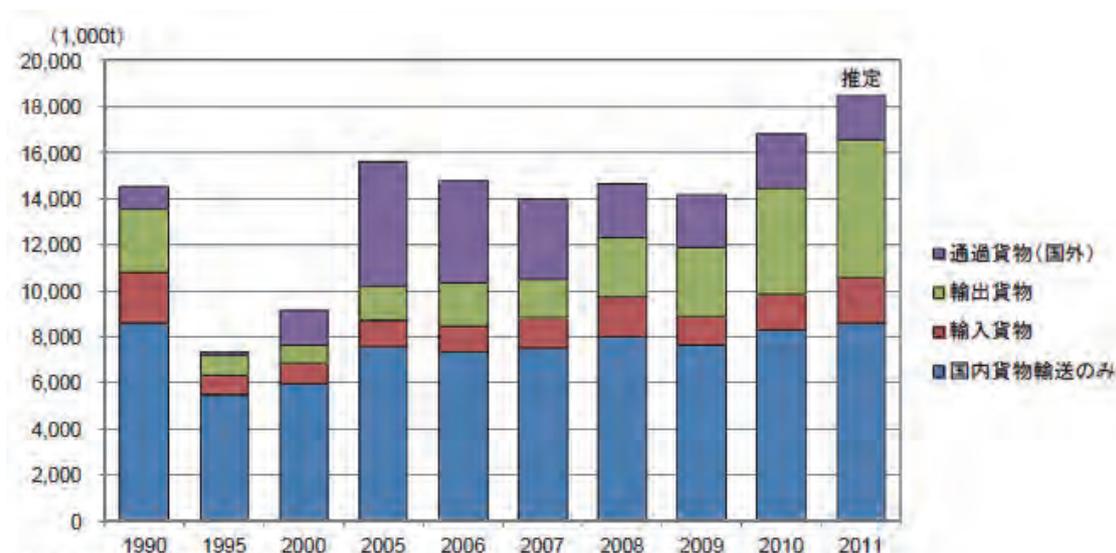
- ・ 2005 年には国内貨物につき通過貨物（ロシア国－中国向け）が多くを占めていた。
- ・ 2010 年では国内貨物輸送量は 800 万トン前後で推移し、輸出貨物量が 2.1 倍と大幅な増加を示し、全体では約 9% の上昇となった。

- ・ 南北の幹線鉄道の Zamyn-Uud からの鉄道による輸送では、鉄鉱石の輸出は行われているものの鉄道を利用した石炭の中国側への輸送は、中国側からの申し入れにより、2007 年から停止された状態が続いている。
- ・ Erdenet 鉱山からの銅精鉱は、Zamyn-Uud 経由でその全量が中国へ輸出されている。



(出典：調査団撮影)

写真 8.2.1 Trans-Mongolian 鉄道の状況 (Sainshand 付近)



(出典：JICA, 2013 (Mongolian Statistical Yearbook, 2011))

図 8.2.2 2010 年の鉄道輸送実績

一方、軌道については、その規格が中国とロシア国では異なる点に注意する必要がある。モンゴル国はロシア国軌道(Gauge)を採用している。それぞれの軌間および軸重を表 8.2.2 に示した。この軌間により、モンゴル国から中国へ輸出する場合は、貨車-貨車間の積み

替えが必要になる。

表 8.2.2 各国の軌道比較

国名	ゲージ(mm)	軸重(トン)
ロシア国、モンゴル国	1,520	23.5
中国	1,435	23.0

(出典：JICA, 2013 (NEDO, 2012))

(2) 鉄道計画

モンゴル国会で 2010 年 6 月に決議された鉄道輸送計画に基づき、国有会社 Mongolian Railway State Owned Shareholding Company (以降、MTZ と称する) は、約 1,800 km におよぶ国内鉄道網を重要度順に Phase I~III の各段階に分割し、このうち重要度の高い Phase I および Phase II に関して 2015 年までに建設することとした。Phase II までの新規鉄道建設計画を表 8.2.3 に示した(前出図 8.2.1 参照)。Phase I および Phase II の建設により、2020 年までに年間 51.8 百万トンの銅精鉱を新規および既存鉄道に輸送できるとしている。

表 8.2.3 モンゴル国鉄道建設計画 2010

ルート		距離(km)	年間輸送量(百万トン)	備考
Phase I	Tavan Tolgoi-Sainshand	468	24.7	(1)
	Sainshand-Khuut	450	15.7	
	Khuut-Choibalsan	155	0.5	
Phase II	Khuut-Numrag	380	15.2	
	Sainshand-Zamyn-Uud		1.0	(2)
	Sainshand-Sukhbaatar		8.0	(3)
	Tavan Tolgoi-Gashuun Sukhait	267	18.1	(4)
	Nariinsukhait-Shiveekhuren	46	23.2	
合計		1,766	66.0	輸送量(1-4)

(出典：JICA, 2013 (RAM))

必要な資金調達に関しては、MTZ に対してモンゴル開発銀行からの融資、SPC (Special Purpose Company)からの資金や土地権者による出資、モンゴル国採掘業者や投資家からの直接出資などを広く募る方向で考え、その立案を第三者企業に委託することを計画した。一連の鉄道建設に係る設備投資額は 40-50 億 US\$ と試算された。

2011 年の新線建設計画に係る F/S の結果を受け、2010 年の鉄道建設計画は変更され、その内容は以下の 5 点であった。

- ・ 鉄道建設計画の優先順位のうち、Phase I と Phase II を同時に実施する。
- ・ 資金調達方式を Build Operate Transfer (以降、BOT と称する) 方式とする。
- ・ 各路線のうち 2012 年に建設を開始する対象ルートは表 8.2.4 の 3 路線とする。
- ・ Phase III としていた路線のうち、モンゴル国西部をロシア国と中国国境を結ぶ路線の F/S を開始した。
- ・ Phase III において、中国へ通じる西および南西路線は国家安全保障上建設せず、道路で結ぶ方針に転換。

表 8.2.4 2012 年に建設開始の 3 路線

ルート	距離 (km)	建設主幹	資金調 達方式	建設 期間
Tavan Tolgoi-Sainshand	468	Bold tumor eruu Gol (50%) Russian Railways (50%)	B.O.T	2.5 年
Tavan Tolgoi-Gashuun Sukhait	267	ER (100 %)	B.O.T	
Nariinsukhait-Shiveekhuren	46	MAK (100 %)	B.O.T	
合 計	781			

(出典：JICA, 2013 (RAM))

上記 3 路線建設期間中に、表 8.2.5 に示す各路線の建設または増強が行われる見込みである。

表 8.2.5 今後の鉄道建設計画および増強計画

区間 / 路線	概 要
Sainshand-Choibalsan	2012 年中に建設業者を決める。5 年間の工事。
Zamyn-Uud-EreenHot	既存鉄道はあるが、石炭輸出のための荷役設備をモンゴル国側、中国側ともに増強してゆく予定。
Khuut-Bichigt	世界銀行から F/S 費用として 350 万 US\$ を付与された。今後順次調査は予算化される見込みである。2012 年 8 月 31 日にこの F/S を入札。計画は World Bank HP に掲載されている。
西部の鉄道 (Tsagaantolgoi-Altay-Shiveekhuren)	世界銀行から F/S 費用として 320 万 US\$ を付与された。2013 年から Pre-F/S を実施予定。建設開始は 5 年後の予定。

(出典：JICA, 2013 (RAM & World Bank HP))

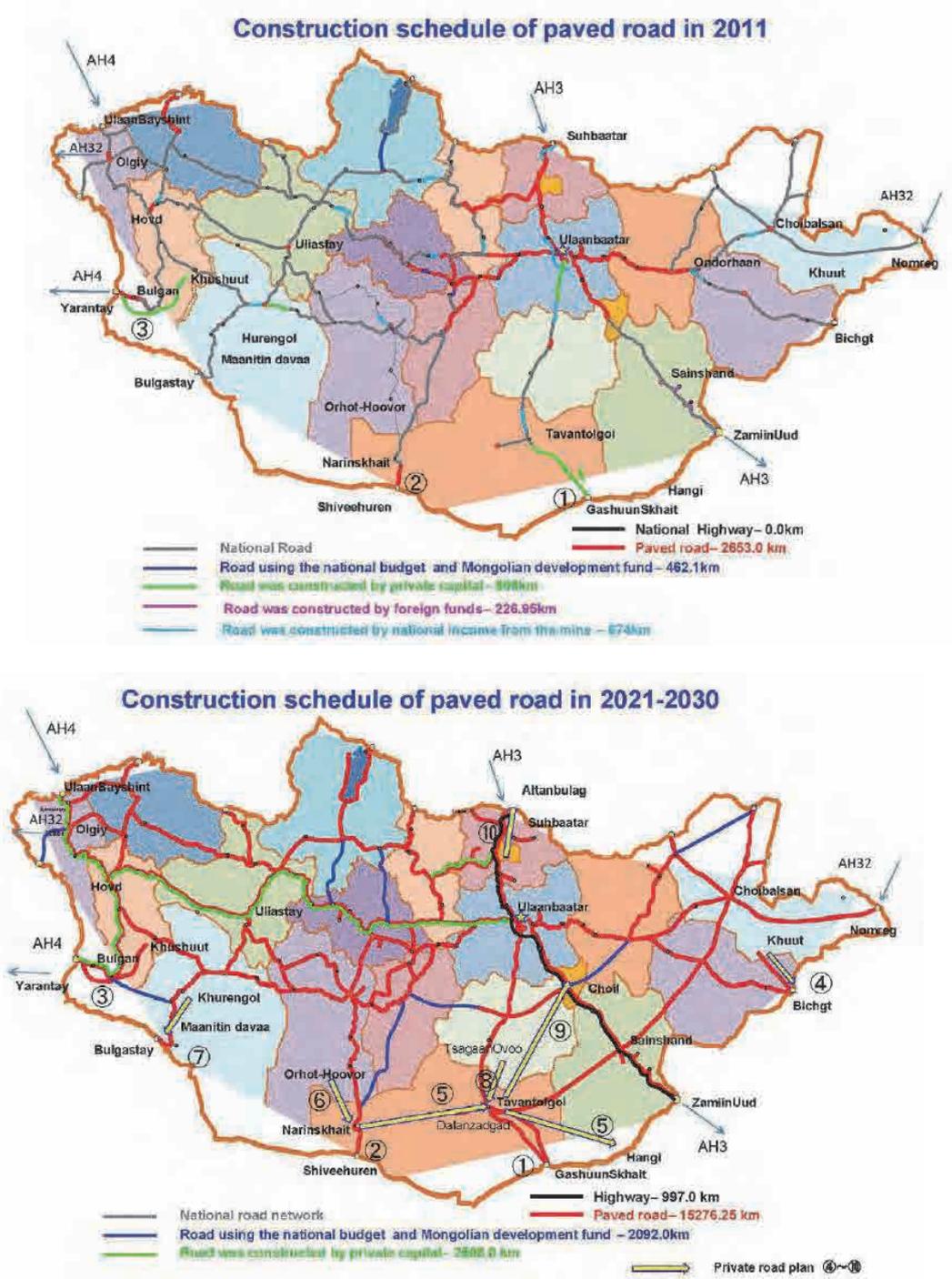
8.2.2 道路

(1) 道路の現状

Department of Road, Ministry of Road, Transport and Tourism of Mongolia (以下、DOR と称する) による 2011 年の作成の道路図および 2021~2030 年の道路図を図 8.2.3 に示した。全国の道路舗装距離 (2011 年) は図中に赤で示すとおり、約 2,600 km で全体の 10% にも満たない。舗装されている区間は主にウランバートル市を中心とした放射線状の区間であり、地方での舗装はほとんど実施されていないのが現状である。

一方、道路規格の変更も行われた。2011 年にこれまでの輸送道路規格である MNS4598 (仕様：最大重量 44 トン以下) に加えて新しい規格 MN6872 (仕様：最大重量 129 トン以下) が追加された。今後は、大量輸送を可能にする新しい規格の道路が増加する見込みである。

鉱山関連では Oyu Tolgoi 鉱山は、南方の中国国境の Gashuunsuhayt まで精鉱輸送用の専用舗装道路を独自に整備している。また、Tsagaan Suvarga 鉱床では鉄道建設が開山まで間に合わない場合を想定して、Sainshand 市までの輸送道路を計画している。Oyu Tolgoi 鉱山の精鉱輸送用道路を写真 8.2.2 に示した。



(出典：JICA, 2013 (DOR))

図 8.2.3 道路図（上段：2011年、下段：2021～2030年）



(出典：調査団撮影)

写真 8.2.2 Oyu Tolgoi 鉱山の精鉱輸送用道路

(2) 道路計画

管轄上の道路区分は、国際道路(Asian Highway)、国道、地方道、私道がある。このうち DOR の管理するものは国際道路と国道である。

国際道路は図 8.2.3 (上段) に記載の AH3、AH4、AH32 の 3 本の国際道路である。これらの道路の進捗状況を表 8.2.6 に示した。

表 8.2.6 Asian Highway 進捗状況

道路名	長さ (km)	完了距離 (km)	2013 年 までに完了する区間	2017 年 までに完了する区間	完了時期が未定 の区間
AH3	1,000	700	Sainshand 周辺の 300 km	Sainshand-Zamyn-Uud	
AH4	741	140		全区間	
AH32	2,500	1,200	(1) Ulaanbaatar-Choibalsan (2) Ulaanbaatar-Uliastay		(1) Choibalsan 以東 (2) Uliastay 以西

(出典：JICA, 2013 (DOR))

DOR によれば、このうち最も早く完成する道路が AH3 (Sainshand-Zamyn-Uud 間) で 2013 年の予定である。これにより Sukhbaatar-ウランバートル市-Zamyn-Uud 間の鉄道路線に沿ったモンゴル国の期間道路が全ルート舗装道路となり、幹線道路としての機能が大幅に改善される。

国道の建設計画については、2011 年時点 (図 8.2.3、上段) では数多くの未舗装道路が存在するが、DOR によると国道は 2020 年までに全区間での舗装が完了する。モンゴル国は近年 BOT 方式の道路が増加している。図 8.2.3 の上段 (2011 年) と下段 (2021-2030 年) を比較すると、2011 年の段階で私道として建設した道路である図中①と③は、2021 年以降は国道となっている。これらは石炭輸送路として BOT 方式で建設されたものであり、建設後 10 年で国道となることによる結果である。今後、建設される道路は BOT 方式での建設が前提

となっている。

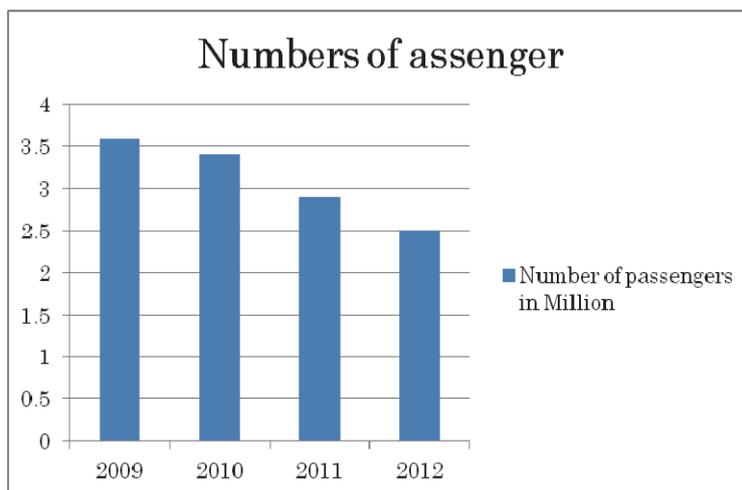
DOR は、42 本の鉱石運搬専用道路を BOT 方式で建設する予定である。このうち石炭専用道路は 23 本で、そのほとんどは Tavan Tolgoi、Nariinsuhait を中心として放射状に延びる道路などである。

8.2.3 空路

ここではモンゴル国－日本間の航空便について述べる。

モンゴル国－日本間の航空協定は 1993 年 11 月 25 日に署名され、1994 年 11 月 17 日に発効した。運航状況については、モンゴル国企業によるウランバートル－成田便が週 2 便就航されている。しかしながら、日本企業の参入は未だない。また、2013 年 10 月 27 日時点で貨物の輸送はない（直行便）。

輸送実績は旅客のみで図 8.2.4 に示す約 30,000 人/年の実績（2009-2012 年）である。



（出典：調査団作成）

図 8.2.4 モンゴル国の輸送実績（旅客）

2014 年初頭にモンゴル国初の民間貨物輸送の航空会社モンゴル・キャド（モンゴル国中央銀行のコントラクター）が設立され、新たな航空貨物輸送を可能にした。モンゴル国－日本間（直行便）を 4-5 時間で結び、エアークラフトとして A300 を就航させる予定である。本機種を利用することにより、輸送能力は大幅に改善されることが期待される。金地金のような貴金属であれば航空貨物輸送が可能であるが、現行金は政府の統制下にあり、国外への輸出規制が行われている。

8.3 電源確保

MMRE2011 レポートでは 2030 年までの電力需給について論じている。ここでは、今後の鉱山開発による電力需要増に対応する必要があるゴビ地域の需要予想と供給計画について、その概要を述べる。南ゴビ地域は新規石炭火力発電所などを建設し、電力の需要増加に対

応する予定である。モンゴル国全体の石炭火力発電所建設計画を表 8.3.1 に示す。そのうち Tavan Tolgoi の発電所からの主な電力供給先と南ゴビ地域の 2025 年までの電力需給を表 8.3.2 と表 8.3.3 にそれぞれ示した。また、これらの位置を図 8.3.1 に示した。発電所建設はウランバートル市の需要増加への対応、Sainshand 工業団地への電力供給、南ゴビ地域の鉱山への供給を主眼としている。これらの表から、Tavan Tolgoi 発電所は 2025 年の需要約 600MW に即した供給体制を考えていることが想定できる。つまり、南ゴビ地区の炭鉱、鉱山建設による需要増加に対する供給体制は整備されつつあると判断される。

表 8.3.1 新規石炭発電所

発電所名	規模 (MW)
Mogoin Gol CHP	60
Ulaanbaatar CHP	830
Shuren HPP	300
Ukhaa Khudag CHP	18
Oyu Tolgoi CHP	420
Tavan Tolgoi CHP	360
Shivee-Ovoo CHP	500
合 計	2,488

(出典：JICA, 2013 (MMRE, 2011))

表 8.3.2 Tavan Tolgoi 発電所の主な需要構成

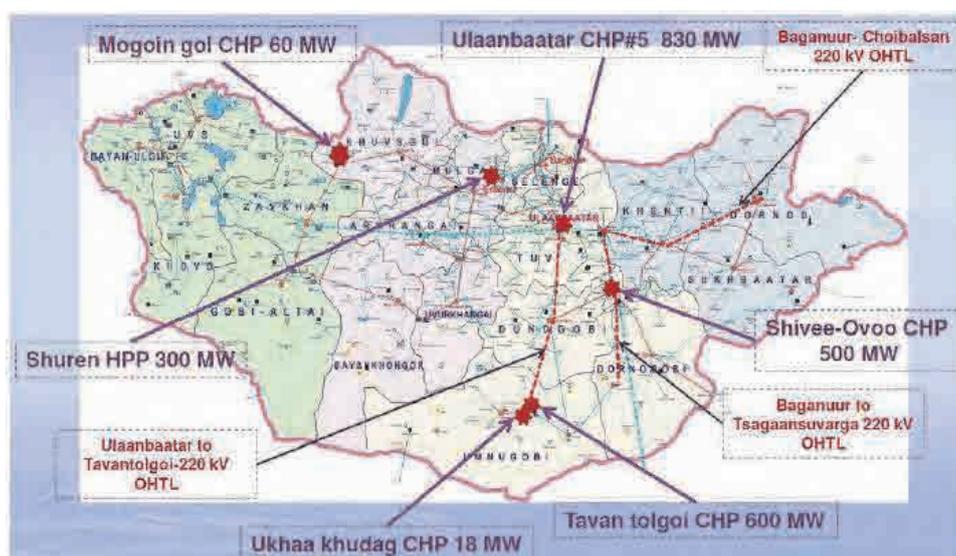
Tavan Tolgoi 発電所		
鉱山名	鉱 床	規模 (MW)
Oyu Tolgoi	Copper	200-310
Tavan Tolgoi	Coal	100-250
Tsagaan Suvarga	Copper	50
合 計		350-610

(出典：JICA, 2013 (MMRE, 2011))

表 8.3.3 南ゴビにおける電力需要予測

年	2012	2015	2020	2025
発電量(MW)	48.5	260	498	607

(出典：JICA, 2013 (MRAM, 2012))



(出典：JICA, 2013 (MMRE, 2012))

図 8.3.1 建設予定発電所位置

8.4 その他の輸送インフラ関連情報

その他の輸送インフラ関連情報として、「ゴビ地域の水資源確保対策」および「製錬所建設予定可能地区とロジスティクス」について以下に述べる。

8.4.1 ゴビ地域の水資源確保対策

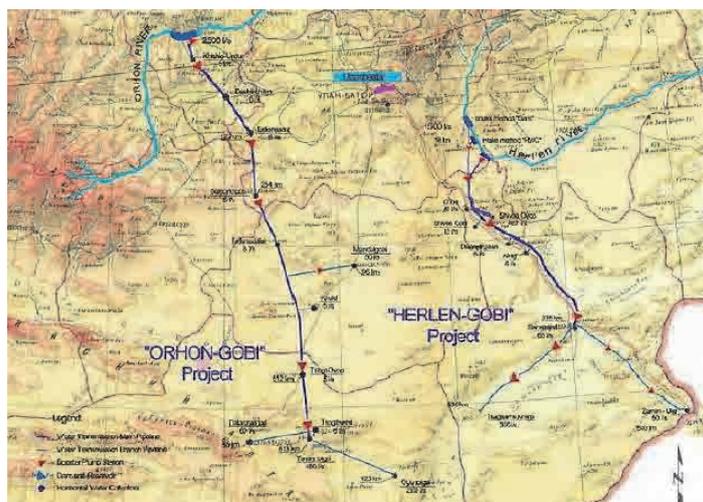
モンゴル国における水資源としては地下水、河川水、湖水、氷河水があるが、降水量の少ないゴビ地域において調達可能な水資源は、現在地下水だけである。一方、モンゴル国における主な水の利用は飲料用、家畜飲料用、灌漑用、鉱山用、工業用、発電所用である。WB2009 レポートではゴビ地域 3 県（Dundgobi、Dornogobi、Umnogobi）の地下水供給可能量と鉱山開発により増加する供給量を比較して試算している。その結果では、ゴビ地域の地下水資源は厳しく見積もれば、2020 年頃には確認している水資源量を使い切る計算となっている。

モンゴル国としては、ゴビ地域の水資源を枯渇させないために、現在北部の 2 河川からパイプラインでゴビ地域に水を供給することが検討されている。それぞれ Orhon-Gobi Pipeline Project（以降、OGP と称す）と Herlen-Gobi Pipeline Project（以降、HGP と称す）と呼ばれている。それらの概要を表 8.4.1 および図 8.4.1 にそれぞれ示した。

表 8.4.1 パイプラインプロジェクト概要

プロジェクト名	引水量 (l/sec)	輸送距離 (km)	通過都市	現 状
OGP	2,500	740	Tavan Tolgoi	F/S 実施中
			Oyu Tolgoi	
			Mandarugobi	
			Dalanzadgad	
HGP	1,500	540		調査未着手

(出典 WB, 2009 ほか)



(出典：WB, 2009)

図 8.4.1 Orhon-Gobi Pipeline (OGP)と Herlen-Gobi Pipeline (HGP)プロジェクト

2020年の南ゴビ地域での水の需要を518,000 m³/日 (6,000 l/sec)と考え、その66%に当たる4,000 l/secをこれらのパイプラインで供給することを想定している。これらのパイプラインによる供給体制が整った2020年の水供給計画を表8.4.2に示した。

表 8.4.2 2020年の水供給計画

番号	水資源利用者	予想需要量 (l/sec)	供給量 (l/sec)	
			Surface	Underground
電力および鉱山産業				
1	Shivee-Ovoo	616	467	149
2	Tsagaan Suvarga	604	300	304
3	Oyu Tolgoi	1,060	360	700
4	Tavan Tolgoi	951	486	465
	合計	3,231	1,613	1,618
都市供給				
5	Mandalgobi	50	50	0
6	Dalanzadgad	70	60	10
7	Choir	40	40	0
8	Sainshand	85	65	20
9	Zamyn-Uud	50	50	0
10	Soum center and rural	104	52	52
	合計	399	317	82
農業および環境				
11	Livestock	200	100	100
12	Agriculture	1,750	1,750	0
13	Environment	300	100	200
	合計	2,250	1,950	300
その他				
14	Others	120	120	0
	総計	6,000	4,000	2,000

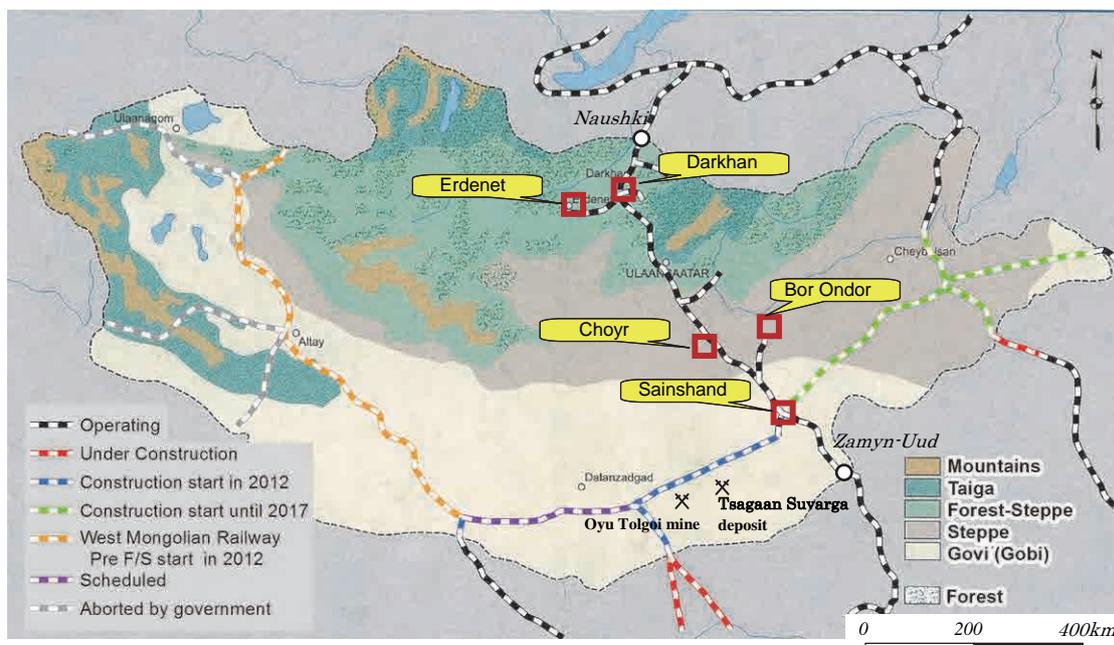
(出典：WB, 2009)

この実現により、地下水の枯渇を防止しながらの鉱山操業が実施できると考えられる。課題は計画の実現性およびコストである。近年、OGP 計画については、日本の協力により調査は進んできているが、HGP に関しては河川周辺の住民の反対などもあり、調査を実施できる段階ではない模様である。また、パイプラインのコストの概要は現在判明していないが、地下水をくみ上げて浄化する方法よりも高価であることが予想される。

各鉱山会社は操業開始時に鉱山で使用する水を地下水源から確保しているため、コスト差が大きければパイプラインにすぐに移行できない可能性がある。とくに、南ゴビにおける将来的な地下水源保全を目的とする政策的な地下水使用量の制限の可能性も考えられることから、円滑な移行について関係者全体で検討すべきである。

8.4.2 製錬所建設予定可能地区とロジスティクス

現段階までに製錬所建設が可能な予定地区の概略位置を図 8.4.2 示した。また、製錬所建設が可能な予定地区のロジスティクスを表 8.4.3 にまとめた。



(出典：ベースマップ、International Travel Map 'MONGOLIA'植生（気候）区分図、調査団追記)

図 8.4.2 製錬所建設が可能な予定地区の概略位置

表 8.4.3 製錬所建設が可能な予定地区のロジスティクス

地区名	特徴
1. Sainshand	現行の Trans-Mongolian 鉄道を利用して、Erdenet 鉱山からの精鉱輸送が可能である。Oyu Tolgoi 鉱山・Tsagaan Suvarga 鉱床にも比較的近い。また、中国への国際ゲート Zamyn-Uudd へのアクセスも良好である。しかしながら、当該地域は砂漠気候 (Gobi 砂漠) に区分され、水資源確保に大きな課題を有する。
2. Choyr	Erdenet 鉱山と Oyu Tolgoi 鉱山・Tsagaan Suvarga 鉱床のほぼ中間地点に位置し、現行の Trans-Mongolian 鉄道が利用可能である。水資源については、Kherlen Gol 川からの余剰水をパイプラインなどで引き込む計画がある。ただし、Choyr には現行大きな産業はない。
3. Bor Ondor	現行の Trans-Mongolian 鉄道沿いの Ayrag からの支線があり、Kherlen Gol 川へも比較的近い。
4. Darkhan	工業都市であるとともに、交通の要所となり Trans-Mongolian 鉄道・AH3 国際道路が整備されている。ロシア国への国際ゲート Naushki へのアクセスも良好である。電力・水資源など現行施設の利用あるいは拡張により対応可能と考えられる。さらに Erdenet 鉱山へのアクセスも良好である。
5. Erdenet	Erdenet 鉱山所在地であり、鉄道・道路・電源・水資源のすべてにおいて好立地条件である。ただし、Oyu Tolgoi 鉱山・Tsagaan Suvarga 鉱床からは遠隔地となる。また、大気汚染などの環境問題が議論されている。

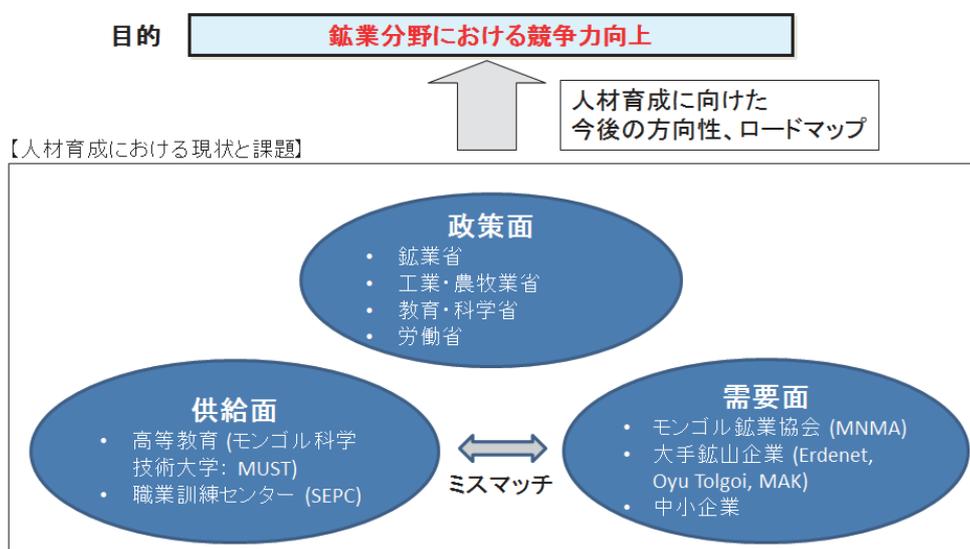
(出典：調査団作成)

第9章 産業人材育成

本章では、文献調査および現地でのヒアリングに基づき、モンゴル国鉱業分野における産業人材育成の現状と課題を把握したうえ、今後のモンゴル国鉱業分野における国際競争力向上に向け、産業人材育成の方向性およびその達成のためのロードマップを提言する。

9.1 鉱業分野における産業人材育成の分析枠組み

モンゴル国鉱業分野における産業人材育成の現状と課題を把握するために、政策面、供給面および需要面の視点により分析する（図 9.1.1）。



(出典：調査団作成)

図 9.1.1 鉱業分野における産業人材育成分析の枠組み

9.2 鉱業分野における産業人材育成の現状

モンゴル国の鉱業は、同国 GDP の約 2 割、輸出総額の約 9 割を占める極めて重要な産業である。2013 年時点で鉱業事業者は 620 社あり、6.8 万人が雇用されている。

鉱業分野での雇用は今後も拡大し、2020 年には総労働力人口の約 6.8% (8.4 万人) に達し⁴、鉱業分野が GDP に占める割合は 20.5%になると予測されている。

⁴ 同国労働省が労働関連研究所および韓国労働省の協力を得て行った調査による。

9.2.1 政策面

(1) 背景

モンゴル国の主要鉱山（鉱床）は、Erdenet 鉱山、Oyu Tolgoi 鉱山および Tsagaan Suvarga 鉱山の 3 鉱山である。

Erdenet 鉱山は、かつてロシア国で学んだ技術者が運営にあたっているが、最近では国内大学を卒業した若い技術者も雇用されている。Oyu Tolgoi 鉱山では、海外からの外部人材と現地人とを採用し、現場での教育訓練（On the Job Training（以降、OJT と称する））で育成された技師が鉱山を運営する。Tsagaan Suvarga 鉱山では、ヘッドハンティングで獲得した専門人材や外国の専門家のほか、国内の教育機関を卒業した技術者が運営している。

(2) 重要政策

モンゴル国における工業分野の人材育成に関しては、鉱業省が鉱山開発計画を、教育・科学省が初中高等教育を、労働省が職業訓練を所掌している。

鉱業分野における重要政策は、「鉱物資源分野における国家政策（2014-2025 年）」および「銅プログラム」（ドラフト）である。モンゴル国政府は、これらの政策によって鉱物資源分野の強化を目指しているが、人材育成もこの国家政策に沿って進められることになる。

また、労働省は、国内労働力の供給を積極的に推進し、鉱業分野の高度化に伴って必要となる高度人材の育成に注力するとしている。国内で対応しきれない部分は、海外の高等教育機関や研修機関あるいは企業に留学させまたは派遣し、専門知識を吸収させることで対応する方針である。現在、韓国および日本への派遣研修制度がある。

(a) 鉱物資源分野における国家政策（2014-2025 年）

鉱業省は 2014 年 1 月、「鉱物資源分野における国家政策（2014-2025 年）」を打ち出した。

モンゴル国には現在、15 の鉱床開発プロジェクトがあり、政府は政策面で鉱山開発を支援したいと考えている。しかし、自己資金による資金調達を求める政府側と、プロジェクトファイナンスで資金調達しようとする民間企業の間で見解が異なるため、開発計画がなかなか進まないケースが少なくない。また、政府が過剰に関与して場合に国益を最優先する場合には、外国投資を躊躇させる結果となり、民間セクターの足かせとなることも多い。

本国家政策のもと、モンゴル国銅産業に係る具体的なプログラムとして策定作業が進められているのが、次項で紹介する「銅プログラム（案）」である。人材育成政策は、特に本プログラム内で取りまとめられている。

(b) 銅プログラム

本プログラム（案）の目的は、「銅鉱石資源を長期に利用し、非鉄金属産業を開発すること」にある。そして、「モンゴル銅プログラムによって 2010 年に採択された 57 号国会議決実施を確保し、銅精鉱の精錬、金と銀を精製する工場に参画する国の関与方法その形態を定める」としている。

本プログラム（案）は、銅の精錬に力点を置いている点に特徴がある。すなわち、現在

は銅資源を銅精鉱の形で輸出しているが、今後は加工度を上げて、付加価値を増やした製品を輸出しようとするものであり、ひいてはモンゴル国の国際収支を改善し、より多くの国民が働く場を提供しようとするものである。

本プログラム（案）掲げられている具体的な内容は以下のとおりである。

- 銅プログラムを実施する実務組織を創設する。
- 戦略銅鉱床は国有資産とする。
- 税政策で精鉱輸出を制限し、加工産業を優遇する。
- 銅精鉱に係る税環境を改善する。
- Erdenet 鉱床および Tsagaan Suvarga 鉱床の銅精鉱を原料とする初の工場（製錬所）を建設する。
- Oyu Tolgoi 鉱床の銅金鉱山開発起業の一環として、第2の銅製錬所を Sainshand 工業団地に建設する。
- 2016年までに Erdenet 鉱床と Tsagaan Suvarga 精鉱を TSL 法によって精錬する年産20万トンの第1の製錬所を Erdenet 鉱床近郊に、2020年までに Oyu Tolgoi の精鉱を処理する第2の製錬所を Sainshand 工業団地に、陽極泥からの貴金属回収は2025年までと記載されている。
- 副産物の硫酸活用（コークス、氷晶石、ウラン、石膏、弗酸、リン酸肥料、単体硫黄の製造などの用途）を支援するほか、輸出への支援を行う。
- 熟練した人材の養成を推進する。
- 人材育成費用の国家支援、分析所の設立、大学など調査・研究へ国費を国費で負担、援助する。
- 学問、研究、調査、実証などの事業を振興推進する。
- 硫酸リーチングによる銅の酸化鉱と廃石からの純銅抽出技術開発を支援する。
- 陽極泥から金、銀を精製する事業を段階的に実施する。
- 硫酸溶媒技術を確保し、化学産業開発の基盤を作る。

(c) 職業訓練プログラム

労働省では職業訓練開発方針の下、国営や民間の訓練機関と連携しつつ、4つの職業訓練プログラム（「OJT」、「専攻および再訓練」、「熟練労働者育成プログラム」および「職業訓練センター」）を実施し、職業訓練に力を入れ始めている（表 9.2.1）。

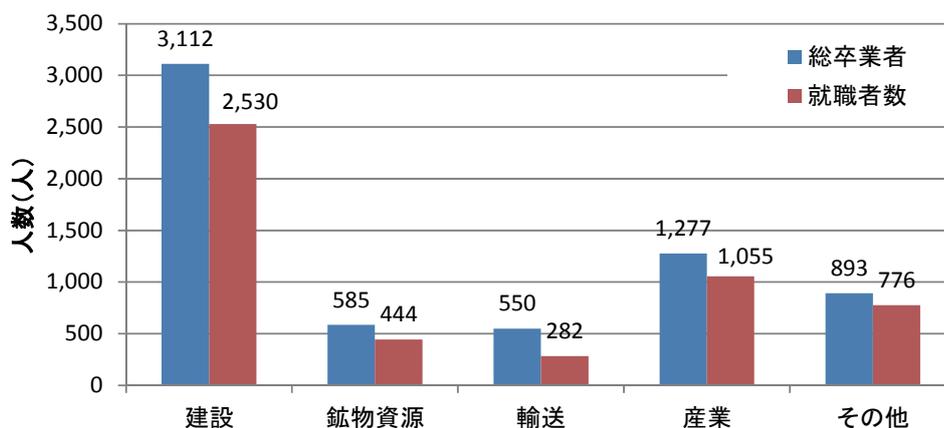
表 9.2.1 労働省が実施している職業訓練プログラム

	期間	実施機関	支援機関
OJT	2ヶ月以下 (企業の要請に基づく)	職業訓練センターの資格を持っている職業訓練機関	雇用支援基金 (AMDUN)
専攻および再訓練	15-45日間	ウランバートル市にて; 認定書で	雇用支援基金 (AMDUN)
熟練労働者育成プログラム	5ヶ月間	職業訓練センターの資格を持っている職業訓練機関	雇用支援基金 (AMDUN)
職業訓練センター	1-3年間	職業訓練センターの資格を持っている職業訓練機関	国営: 53校 民間: 26校

(出典：労働省資料より調査団作成)

近年の実績を見ると、2013年には、鉱業分野の585人を含む6,417人のモンゴル人高度人材を育成した(図9.2.1)。

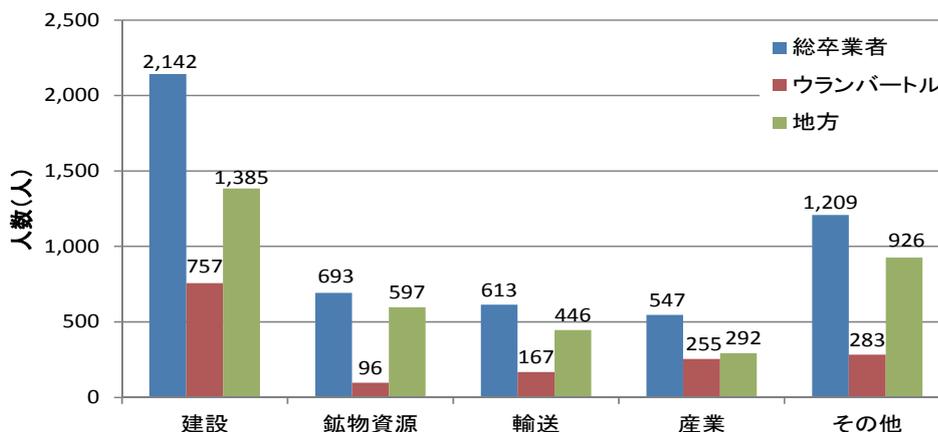
労働省は今後7,000人の高度人材を二段階に分けて育成することを目指しており、2014年には第1段階として、鉱業分野693人(ウランバートル市96人、ほかの地方都市597人)を含む5,204人高度人材として登録する予定である(図9.2.2)。



項目	建設	鉱物資源	輸送	産業	その他	合計
総卒業者 (人)	3,112	585	550	1,277	893	6,417
就職実績 (人)	2,530	444	282	1,055	776	5,087
就職率	81%	76%	51%	83%	87%	79%

(出典：労働省)

図 9.2.1 分野別高度人材育成実績 (2013年)



(出典：労働省)

図 9.2.2 分野別高度人材育成計画（2014 年）

(3) 省庁横断的施策の必要性

前述のように、モンゴル国における鉱業分野の人材育成に関しては、鉱業省が鉱山開発計画を、教育・科学省が初中高等教育を、労働省が職業訓練を所掌している。

このため、後述するように縦割り行政の弊害も生じていると指摘されている。たとえば、鉱業省によれば、今後期待される銅産業の高度化（精錬産業の導入など）にともなう能力開発は、鉱業省ではなく、工業・農牧業省の所管になると予想される。

今後のモンゴル国銅産業の発展のために、関係省庁が一体となって人材開発にあたる Project Implementation Unit (PIU) を設立する必要がある。

9.2.2 供給面

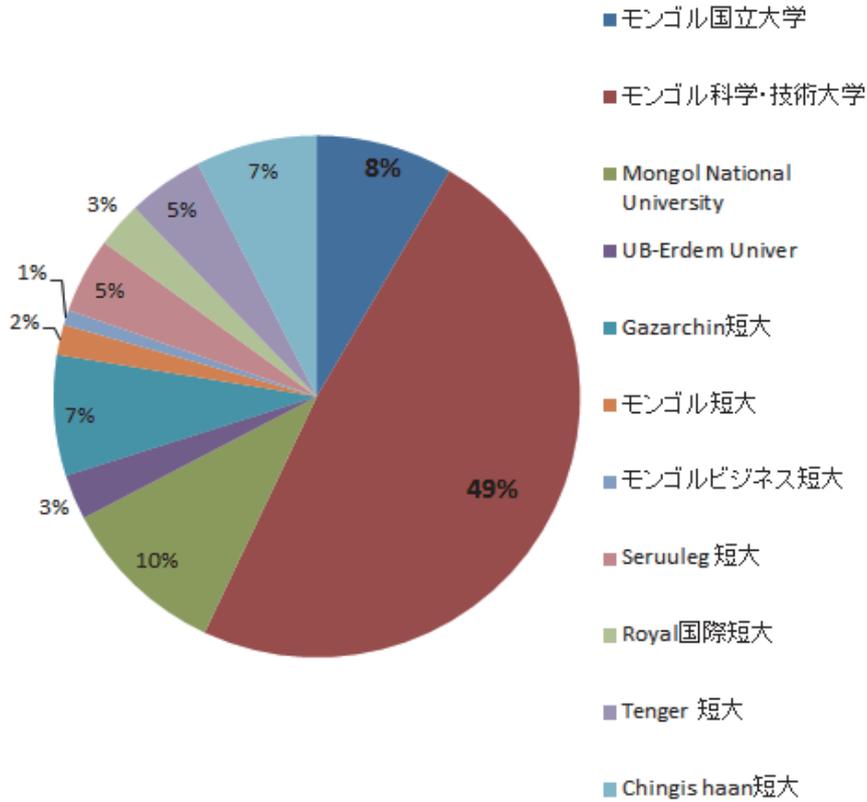
(1) 大学教育

2000 年以降、鉱業分野の専門家の約 6 割をモンゴル科学技術大学 Mongolian University of Science and Technology (以降、MUST と称する) およびモンゴル国立大学 National University of Mongolia (以降、NUM と称する) が養成している (図 9.2.3)。

これらの大学のほかに約 15 の民間私立大学が、鉱業関連の学士課程を有しており、その多くが鉱山マネジメント・プログラムにおいて、鉱山採掘技術、鉱山電気機器関連のコースを提供している (図 9.2.4)。また、ウランバートル市内の建築工業専門学校においては建設機械のコースが提供されている。

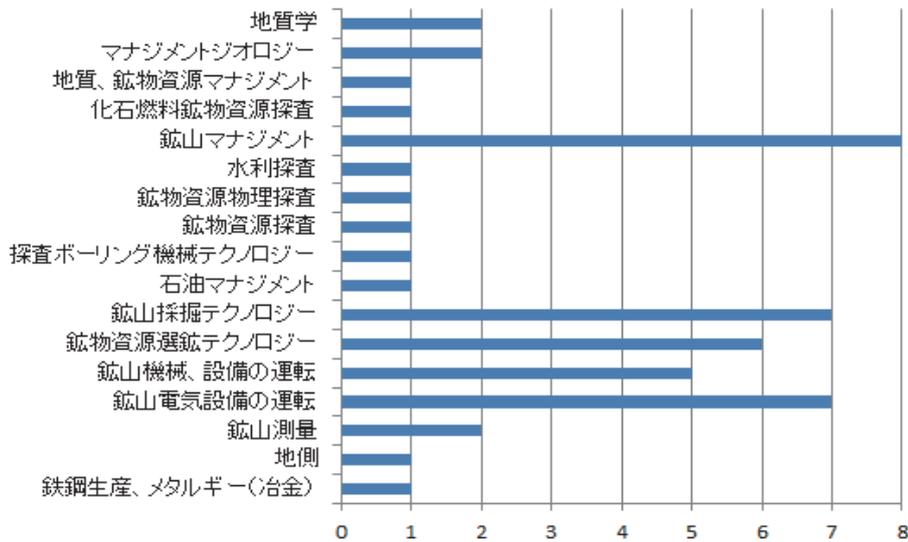
MUST を含む大手 6 大学の 2011 年 - 2012 年度の学期では、4,877 人の学生が在籍しており、そのうち約 50% が MUST の鉱業学科に在籍している。

現在、教育・科学省は MUST および NUM のカリキュラムの見直しを行っている。たとえば、電気科のカリキュラムに鉱業概論が追加された。



(出典：教育・科学省)

図 9.2.3 地質・鉱山および石油部門の専門家を養成している大学



(出典：教育・科学省)

図 9.2.4 各大学が提供している鉱物資源関連コース

(a) MUST

MUST は、モンゴル国鉱業分野における人材育成を始めた最初の大学であり、専門家を育成する主要な高等教育機関である。本部キャンパス（写真 9.2.1）はウランバートル市に立地し、Darkhan 市に分校がある。1976 年に最初の卒業生 16 人を送り出して以来、40 年以上にわたり同分野の関連人材を輩出している。

MUST は、鉱山技師学部、建機学部、機械学部など、鉱物資源関連分野のコースを提供している（表 9.2.2）。鉱業学科には、年間 450～500 人が入学し、200～250 人（学士）が卒業している。2013 年現在、MUST 鉱業学科では、10 の学科に 2,666 人の学生が在籍（うち学士課程に 2,323 人、修士課程に 373 人、博士課程に 6 人が在籍）しており、卒業後はそのほとんどがモンゴル国の鉱山会社に就職していく。

また、同大学の工学部（MUST, School of Technology）では「訓練+科学+産業」の複合プログラムとして、鉱物関連技術者の養成、専攻・能力の向上、EMC 社で活用される技術の向上に基づく教育活動を行っている。



School of Technology Main Building



School of Technology Entrance



Computer Lab



Laboratory

（出典：調査団作成）

写真 9.2.1 モンゴル科学技術大学工学部の施設

表 9.2.2 モンゴル科学技術大学工学部の概要および教育活動

工学部	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 工学部は職業訓練センターとして、また、モンゴルとロシアの合併企業Erdenet Corporationの部門として設立された。1996年よりMUSTのブランチとして、選鉱の訓練コース実施し、学位を供与している。 職員114名のうち、教員は42名(30名が博士号を有している) 約1,100名の生徒が6学科に在籍しており、卒業生の40%がErdenetで働いている。
教育活動	<ul style="list-style-type: none"> 6学科(情報技術、探鉱・選鉱、機械工学、自然科学、電力工学、人文科学)において、10コースが提供されている。 教員・生徒の交換留学や共同研究プログラム等の活動強化のため、国際関係および国際連携を促進している。工学部は主にロシア、アメリカ、ドイツの大学・研究機関と提携している。
課題	<ul style="list-style-type: none"> 教員人材が不足している、教員の学歴が不十分である、実験室・機材が不足している、教材が十分でない(図書館の参考教科書が不足している等)

(出典：調査団作成)

(b) Mongolia-Germany Institute of Technology

Mongolia-Germany Institute of Technology は、2014年に Oyu Tolgoi 社の支援で Nalaikh に設立された。現在、モンゴル人の社会人を含む学生約 40 人が通学している

Oyu Tolgoi 社は、同様の大学を Dalanzahgd にも建設している(名称は未定)。さらに、電気科のカリキュラムに鉱業概論を追加するなど、カリキュラムの拡充を進めている。

最近は鉱山企業の支援により大学や職業訓練センターが新設・強化されており、同校はその代表例である。

(2) 職業訓練教育

モンゴル国における職業訓練教育は、専門教育・研修センター Specialist Education and Production Center (以降、SEPC と称する) やポリテク・カレッジなどが担っている。SEPC などの教員数を表 9.2.3 に示した。

最近は鉱山企業の支援により大学や職業訓練センターが新設・強化されており、EMC 社や Oyu Tolgoi 社が職業訓練校を設立し、自社で訓練を行っている。

自社で対応しきれない分野の教育訓練については、ほかの企業や機関と相互補完する形で外部専門家とタイアップしたプログラムを実施している。また、一部の職業訓練センターは外国政府や鉱山企業の支援を受けて運営している。

表 9.2.3 SEPCなどの教員数

地域 (学校数)	担当範囲	№	対象学校名	資本体系	教員数		
					義務教育	専門教育	計
中部地方 (10)	セレンゲ県	1	セレンゲ県 SEPC	国営	9	11	20
		2	セレンゲ県 "ズーンハラー" SEPC	国営	13	14	27
		3	セレンゲ県 "シャーマル" SEPC	国営	8	14	22
		4	セレンゲ県 "SANT" SEPC	国営	8	17	25
	ダルハン・ウール県	5	ダルハン・ウール県 SEPC	国営	27	32	59
		6	ダルハン・ウール県 ポリテクニクカレッジ	国営	16	13	29
		7	ダルハン・ウール県 鉱山・電力ポリテクニクカレッジ	国営	11	11	22
	トブ県	8	トブ県 SEPC	国営	10	15	25
		9	トブ県 "ザーマル" SEPC	国営	7	11	18
		10	トブ県 "エルテネ" SEPC	国営	1	12	13
ハンガイ地域 (11)	ブルガン県	1	ブルガン県 SEPC	国営	11	28	39
		2	ブルガン県 農業SEPC	国営	8	4	12
	オルホン県	3	オルホン県 SEPC	国営	17	27	44
		4	オルホン県 農業SEPC	国営	11	12	23
		5	オルホン県 MUSTの機械学校	国営	-	11	11
	フブスグル県	6	フブスグル県 SEPC	国営	12	26	38
		7	ウブスグル県 SEPC	国営	18	33	51
	アラハンガイ県	8	アラハンガイ県 SEPC	国営	15	31	46
		9	アラハンガイ県 "ブルガン" SEPC	民間	4	9	13
		10	アラハンガイ県 "グルバンタミル" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		11	アラハンガイ県 "テデブテツ" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
ゴビ地域 (6)	ドンゴビ県	1	ドンゴビ県 SEPC	国営	13	28	41
		2	ゴビスベル県 ポリテクニクカレッジ	国営	16	16	32
	ドルノゴビ県	3	ドルノゴビ県 SEPC	国営	14	26	40
		4	ドルノゴビ県 鉄道SEPC	民間	-	10	10
	ウムヌゴビ県	5	ウムヌゴビ県 SEPC	国営	8	32	40
		6	ナライハ区 SEPC	国営	17	32	49
西部地域 (9)	ザブハン県	1	ザブハン県 SEPC	国営	18	29	47
		2	ザブハン県 文化・芸術大学傘下の音楽・舞踊カレッジ	国営	9	18	27
		3	ザブハン県 トソツツェンゲルソムのSEPC	国営	n/a	n/a	n/a
	ウブス県	4	ウブス県 "ウランゴム" ポリテクニクカレッジ	国営	27	45	72
		5	ホブド県 開発ポリテクニクカレッジ	国営	27	41	68
	ゴビ・アルタイ県	6	ゴビ・アルタイ県 SEPC	国営	17	37	54
		7	バヤン・ウルギー県 SEPC	国営	20	36	56
	バヤンホンゴル県	8	バヤンホンゴル県 SEPC	国営	21	35	56
		9	バヤンホンゴル県 "ウルジート" SEPC	民間	4	5	9
東部地域 (5)	ドルノド県	1	ドルノド県 SEPC	国営	13	21	34
		2	ドルノド県 ポリテクニクカレッジ	国営	16	29	45
	スフバートル県	3	スフバートル県 SEPC	国営	7	12	19
		4	ヘンテイ県 SEPC	国営	7	30	37
	5	ヘンテイ県 "ボロ・ウインドル" SEPC	国営	5	7	12	
ウランバートル 地方 (35)	-	1	生産・芸能のポリテクニクカレッジ	国営	20	61	81
		2	モンゴル韓国ポリテクニクカレッジ	国営	25	52	77
		3	バヤンチャングダマニ SEPC	国営	14	22	36
		4	鉄道SEPC	国営	1	15	16
		5	運輸短大	国営	n/a	n/a	n/a
		6	建築 ポリテクニクカレッジ	国営	30	41	71
		7	MUST商業・生産学部のSEPC	国営	-	8	8
		8	MUSTの機械技術師大学	国営	8	9	17
		9	保健・科学大学の保健技術大学	国営	n/a	n/a	n/a
		10	音楽・舞踊カレッジ	国営	-	84	84
		11	裁判判決実施局の "Amgalan" SEPC	国営	n/a	n/a	n/a
		12	Sergeant's School under the University Law Enforcement	国営	n/a	n/a	n/a
		13	社会保障労働省直轄の国家整形センター	国営	n/a	n/a	n/a
		14	建築・技術カレッジ	民間	n/a	n/a	n/a
		15	"Amidrah uhaan(生きる知恵)" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		16	"Anima" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		17	"Baz school" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		18	"Don-Bosko" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		19	"Ih zasag" 大学のSEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		20	モンゴルビジネス短大のSEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		21	"モンゴルファーマー" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		22	機械・技術短大	民間	30	24	54
		23	"USI" SEPC	民間	-	6	6
		24	Hangai短大のSEPC	民間	-	11	11
		25	"Hamag Mongol" SEPC	民間	7	10	17
		26	技術短大 (XTK)	民間	41	49	90
		27	"新文明" 短大のSEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		28	"Transwest" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		29	"新時代" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		30	"LEMUR" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		31	"エコモンゴル" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		32	"インターナショナルテクニカルスクール" SEPC	民間	n/a	n/a	n/a
		33	"Майнтех" MCYT	民間	n/a	n/a	n/a
		34	ウランウデ市の教員・エンジニアカレッジ校のモンゴル支部校	民間	n/a	n/a	n/a
		35	"ノムンダライ" 短大のSEPC	民間	n/a	n/a	n/a

■ 計76校に28,317人が在籍 (Oyu Tolgoi社分を含む)
 ■ 国営 49校 (UB市に13, 地方に36)
 ■ 民間 27校 (UB市に22, 地方に5)
 ■ 計21校 (=水色)は教員数が40名以上

※SEPC = Specialist Education and Production Center: 専門教育・研修センター
(出典: 労働省)

(a) Orkhon SEPC

Orkhon SEPC (写真 9.2.2) は、EMC 社の鉱山関連職業訓練センターとして、2009 年に設立された (表 9.2.4)。設立以来、EMC 社だけでなく Oyu Tolgoi 社や MAK 社といった鉱山企業にも技術者を提供している (図 9.2.5)。また、地域の職業訓練ハブとして、Khangai 地域の訓練生を対象に職業訓練を実施している。



Orkhon SEPC Entrance



Welding Simulation



Heavy Vehicle simulation



Machine Laboratory

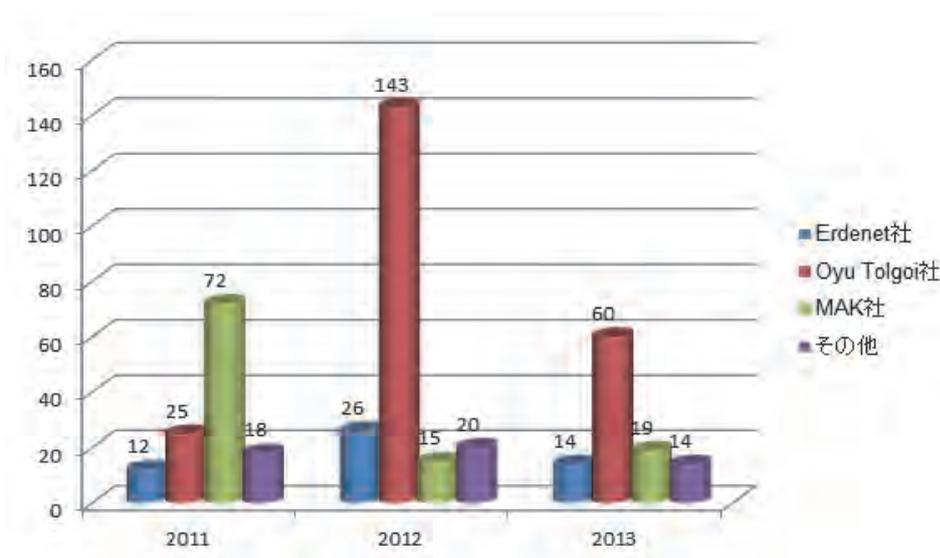
(出典：調査団作成)

写真 9.2.2 Orkhon SEPC の施設

表 9.2.4 Orkhon SEPC の概要および教育活動

Orkhon SEPC	
概要	<ul style="list-style-type: none"> Orkhon SEPCは、MUSTのOrkhon工学部キャンパス内にあり、一部の研究室は工学部と一緒に使われている。 職員は8名(次長1名、教員2名、マネージャー4名、研究室スタッフ1名)。 約210名の生徒が3つのコースに在籍している。
訓練プログラム	<ul style="list-style-type: none"> 3ヵ月コース：高校卒業者を対象に提供している。現在、71名の生徒が5つの技術訓練コースに在籍している。 5ヵ月コース：民間企業および労働省からの要請に基づき実施している再訓練プログラム。訓練生には訓練のために必要な費用として月195,000Tgが支払われる。 10ヵ月プログラム：労働省が認定しているプログラム。現在、37名の生徒が掘削機整備、重機整備、選鉱、電子技術、旋盤コースに在籍している。 EMC向け訓練プログラム：EMC専用の訓練コースとして、年間約1,000名の技術者を対象に短期訓練コース(1.5ヵ月、2ヵ月、3ヵ月)を実施している。
課題	<ul style="list-style-type: none"> 教員人材が不足している、実験室・機材が不足している、実習が十分でない、自身の建物がない

(出典：調査団作成)



(出典：Erdenet Mining 社)

図 9.2.5 Orhon SEPC 研修生の修了後の就業先

(b) Mongolian-Korean Polytechnic College

Mongolian-Korean Polytechnic College (以降、MKPC と称する) は、1966 年にウランバートル市内に設立された代表的な国営職業訓練機関である (写真 9.2.3)。民主化後の財政難などにより、2001 年に韓国国際協力機構 (KOICA = Korea International Cooperation Agency) の支援 (韓国政府の無償援助) で再建された。専門教育課程、機械教育課程、社会人向け訓練コースを提供している (表 9.2.5)。

MKPC は、Oyu Tolgoi などの鉱山企業による資機材供与のみならず、韓国政府など外国ドナーによる支援も受けている。また、Social Partnership プログラムを通じて企業と提携し、機材などの寄付を受けたり、当該企業へ教員を派遣して能力開発を行ったりしている。

卒業生は、韓国企業に優先的に就職できるなどの優遇はないものの、奨学金による韓国での留学や教員の短期派遣教育の制度がある。

専門教育課程では、中卒の学生を対象としている。学生のほとんどが地方出身者であり、卒業後の就職先を尋ねたところ、社会保障制度の完備や給与の良さなどを理由に、全員が鉱山関係会社を希望していると回答した。

(i) 訓練教育の内容

機械教育課程では 5 つのコースを提供しており、3 年間の教育修了により Diploma の資格を取得することができる。自動車整備士コースは最も人気が高い。同校は、服飾デザインコースの入学希望者が少ないこと、教室が狭いことを課題に挙げている。

鉱山機械コースでは、3 年間の勤務経験がある教員がメインコースの学生 (25~30 人) と、社会人向け研修コースの研修生 (6 人) を教えている。メインコースの学生は高卒で専門知識は不足している (ただし、うち 2 人は炭鉱会社が雇用契約した新入社員である)。メインコースの学生は、5 ヶ月間の研修を受けることになっており、始めの 1~2 ヶ月間は同

校で講義や実習を受け、残りの3ヶ月間は企業でのOJTで行われる。使用している設備は、米国の基金からの寄付により調達されたものである。



(出典：調査団作成)

写真 9.2.3 MKPC の施設

表 9.2.5 MKPC の概要および教育活動

Mongolian-Korean Polytechnic College (MKPC)	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 1966年にモンゴル政府によって設立された軽工業産業部門向けの職業訓練機関である。 教職員が150名、在籍の訓練生が1,800名以上。 教職員の内訳: 教員100名(うち60%が修士、40%が学士、約10名が博士課程在学中)、職員50名
提供プログラム	<ul style="list-style-type: none"> 専門教育課程: 中学卒業者を対象に2年半のコースで一般授業とともに職業訓練を行っている。現在では約1,200名が在籍している。修了生にはCertificateが発行される。 機械教育課程: 高校卒業者を対象に3年間のコースで5つの専門分野(①自動車整備士コース、②グラフィックデザインコース、③服飾デザインコース、④韓国語通訳コース、⑤コンピュータ技術コース)に関する教育を行う。約340名が在籍している。修了生はDiplomaの資格が得られる。①自動車整備士コース、②グラフィックデザインコース、③服飾デザインコース、④韓国語通訳コース、⑤コンピュータ技術コース 社会人向け訓練コース: 企業からの要請に基づき企業の従業員を対象に行う職業訓練。約200名が在籍している。①鉱山機械修理・運転コース、②溶接技能士コース、③建築電気技能士コース、④繊維技能士コース、⑤軽工業機械修理士コース、⑥自動車整備・修理士コースの6コースがある。 モンゴル人向け専門労働者養成プログラム: 労働省の職業訓練プログラムの委託事業として、8つの専門分野(鉱山機械修理・運転コース、溶接技能士コース、建築電気技能士コース、繊維技能士コース、軽工業機械修理士コース、自動車整備・修理士コース、木材加工コース、縫製コース)を開設し、110名に対する5ヶ月間の職業訓練を実施している。
課題	<ul style="list-style-type: none"> 教材や設備の老朽化、ラボなど実習室や教室が不足、教職員の能力・知見向上

(出典：調査団作成)

社会人向け訓練コースは、労働市場のニーズや企業からのニーズに対応した形で6つのコースを提供しており、1年間の教育修了により修了証(Certificate)を取得できるが、卒業証明書(Diploma)の資格を取得することはできない。

労働市場のニーズや企業の発注状況、労働省との協議により、同コースのカリキュラムを2~3年間隔で改定している。

労働省のモンゴル人向け専門労働者養成プログラムの委託事業として、労働省から失業

者に対して求人ニーズがある 8 つの専門分野に関する 5 ヶ月間の社会人向け研修コースを提供している。

(ii) 現状における問題

MKPC によると、たとえば、モンゴル国は鉱山ブームであるため、鉱山機械の整備士などの教育を行うなど、労働市場のニーズの高いコースを提供しているため、ミスマッチは生まれないとのことである。

現在のところ冶金製錬分野の教育ニーズは顕在化しておらず、冶金製錬分野の人材育成は進めていないが、労働省との協議の結果ニーズが明らかになれば対応したいとのことであった。

また、鉱業分野については鉱山機械のオペレータと整備士の養成を行っているが、特に重工業産業分野を教育するための設備や教材がなく、支援が欲しいとのことである。

学生数に対してシミュレーション設備が少ないのが課題となっている。カリキュラムでは学生一人当たり 8 時間の実習を行うこととされているが、シミュレーション機械が 2 台しかないため十分に訓練を行うことができず、規定時間に達していない。

なお、アーク溶接シミュレータの機械は Oyu Tolgoi 社の資金支援により調達されたフランス製のものである。

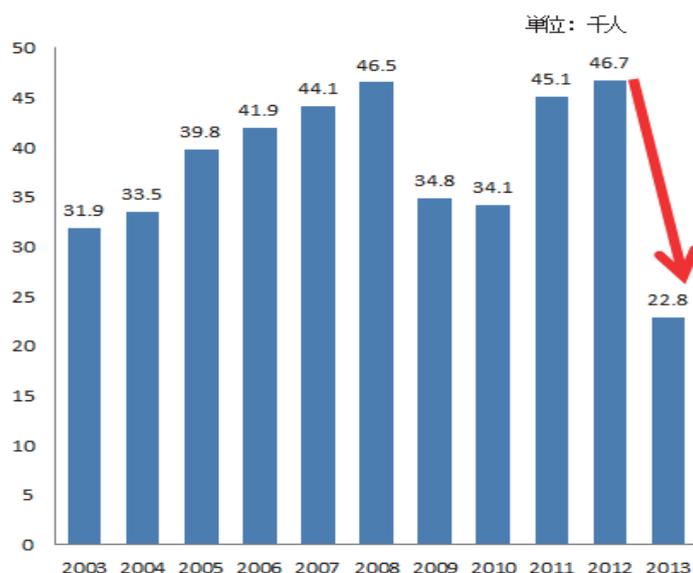
教材や設備の老朽化の課題があり、今後、新しいコースの開設に向け、教室の増設や設備の改善を検討している。

9.2.3 需要面

(1) 鉱業分野の就業人口

モンゴル国における鉱業分野の就業人口は、2013 年 6 月現在 22.8 千人で、全労働人口の約 4% を占めているが、2012 年より半分以下に減少した (図 9.2.7)。

鉱山分野の企業は、その約 88% が中小企業であるが、労働者数で見ると、約 84% が大手企業に就業している (表 9.2.6)。



(出典：鉱業省)

図 9.2.6 モンゴル国鉱業分野の就業人口推移

表 9.2.6 鉱業における企業規模と労働者数

鉱業工場(労働人数)	調査に参加した会社数	労働者数
大手(300人以上)	12(11.3%)	15,933人(84.0%)
中(50-299人)	20(18.8%)	1,851人(9.7%)
小(50人以下)	74(69.8%)	1,179人(6.2%)
合計	106社	18,963人
* 調査に回答した124社の106社が人材について報告した。残りの18社が一時的に営業が停止で報告できないという回答でした。		
調査に参加された会社の人数は鉱物分野の労働力の83.1%を占めている。この意味でこの調査の結果は鉱物分野の人は現在の実態に近いと判断。		

(出典：鉱業省)

(2) 鉱業団体の対応

モンゴル国における鉱業団体としてモンゴル鉱業協会 Mongolian National Mining Association (以降、MNMA と称する) が組織されている。

MNMA は、鉱業分野の民間セクター支援を目的として設立された団体である。出資形態などを問わず会員になることができるため、外資系企業(3~4割)やNGOも参加している。現在の会員数は170社である。

同協会は、業界団体として、民間の要請を政府に伝達するだけでなく、政策の立案にも参加し、助言などを行っている。たとえば、一昨年(2012年)から具体的な検討が始められている Tsagaan Suvarga 鉱床の開発をめぐる、外国投資家の積極的な招致に向けて、鉱

物資源法改正ワーキンググループに協会メンバーを送り、政府への働きかけを行っている。

MNMA 自身も鉱業人材の育成を行っているが、具体的には短期の人事管理研修の実施にとどまっている。

(3) 個別企業の対応

(a) EMC 社

EMC 社は、モンゴル国政府とソビエト社会主義共和国連邦（旧ソ連）政府の合弁事業として 1978 年に設立された。

EMC 社は、経営の重点テーマの一つとして、モンゴル国内および海外の従業員を対象に、さまざまな訓練プログラムを実施している（表 9.2.7）。

また、Phelps Dodge（米国）、Outokumpu Oyj（フィンランド国）、Bateman Engineering（豪州）、Pacific Ore Technology（豪州）、Brook Hunt & Associates（英国）、KD Engineering（米国）、Samsung（韓国）など、世界の鉱業分野における企業や専門家との協力関係を確立している。

同社の技術研究所は、エルデネットにある MUST 工学部（MUST, School of Technology）のキャンパスと同じ施設である。「訓練+科学+産業」の複合プログラムとして、鉱物関連技術者の養成に基づく教育活動を行っている。EMC 社のほか、Oyu Tolgoi 社や MAK 社の要請に応じた職業訓練コースを提供している（表 9.2.8）。

表 9.2.7 EMC 社の概要および職業訓練プログラム

Erdenet Mining Corporation (EMC)	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 従業員数は合計5,993名で、そのうちの7%(451名)はロシア人従業員である。 年間約30億Tgを産業人材育成に費やしている。
主要な職業訓練プログラム	<ul style="list-style-type: none"> 海外高等教育訓練プログラム：約150名の従業員を海外大学へ留学させている(2013年度は、学部課程に108名、修士課程に45名、博士課程に3名)。うち48.7%、76名がロシア人。 国内高等教育訓練プログラム：約90名の従業員を国内大学へ留学させている。うち約59.3%、51名がMUSTに在籍している。 経営訓練コース：Mongolian Productivity Organizationが実施する、人材育成、効率改善、特色ある学科を焦点とした2~3日間の短期訓練コースを約100名の管理職に受けさせている。 職業訓練プログラム：技術力強化のため、年間約1,100名の従業員を対象に、Orkhon SEPC等の職業訓練センターで訓練している。Orkhon SEPCはEMCにより設立・運営されている。 特別訓練プログラム：海外企業との連携により、新設備/機械の導入に関する短期訓練プログラムを海外で実施している。
課題	<ul style="list-style-type: none"> 今後数年以内に引退するシニア従業員から若手技術者への技術移転の問題をどのように乗り越えるか。
今後の予定	<ul style="list-style-type: none"> 人材育成イニシアチブの強化に向け、DGD of Developmentをリーダーとする人材育成ワーキンググループを発足。

(出典：調査団作成)

表 9.2.8 EMC 社の海外および国内大学研修実績（2013—2014 年度）

■海外の学校と契約

No.	国名・学校名	教育強化	課程			総人数
			学士	修士	博士	
1	ロシア		41	32	3	76
2	アメリカ		28	9		37
3	中国		15			15
4	トルコ		9			9
5	韓国		4	1		5
6	イギリス		2	1		3
7	シンガポール		3			3
8	日本		2			2
9	ドイツ			1		1
10	カナダ			1		1
11	豪州		1			1
12	ポルトガル		1			1
13	ウクライナ		1			1
14	マレーシア		1			1
小計			108	45	3	156

■国内の学校と契約

1	モンゴル科学技術大学	3	6	33	9	51
2	モンゴル国立大学(NUM)	1	4	10	3	18
3	財政経済大学		3	1		4
4	-		3			3
5	-				2	2
6	Shiki khutag 法律大学	2				2
7	モンゴル国立教員大学				1	1
8	農業大学		1			1
9	オルホン大学	1				1
10	-	1				1
11	モンゴル短大					1
12	TSETSEE Gun マネジメント短大					1
小計		8	19	44	15	86

合計		8	127	89	18	242
----	--	---	-----	----	----	-----

(出典：Erdenet Mining 社)

(b) Oyu Tolgoi 社

Oyu Tolgoi 社 (Oyu Tolgoi LLC) は、世界最大といわれるモンゴル国南部 Oyu Tolgoi 鉱山の開発事業に伴い設立されたモンゴル国最大の鉱山企業である (表 9.2.9)。モンゴル国政府は 2009 年に Rio Tinto Group と事業契約を結んで設立された。出資比率は、モンゴル国政府 (Erdenes Oyu Tolgoi 社) 34%、Rio Tinto Group (Turquoise Hill Resources 社 (カナダ国)) 66% である。

ただし、資金調達の承認の遅延から、開発計画は遅れがちである。

表 9.2.9 Oyu Tolgoi LLC 社の概要および職業訓練プログラム

	Oyu Tolgoi LLC社
概要	<ul style="list-style-type: none"> モンゴル南部Oyu Tolgoi鉱山の開発事業に伴い設立されたモンゴル最大の鉱山企業。 2013年12月現在、同鉱山の開発事業に携わる従業員(関連企業を含む)総勢7,079名(モンゴル人が95%)のうち、Oyu Tolgoi LLC社の従業員は計2,619名(モンゴル人が91%)で、その多くは新卒採用のため、工場で働く前に必要な(特に大学等で教えられていない最新技術や同社が使用する最新機械の扱い方等)訓練を行い、従業員の能力向上を図っている。 2011年より、衛生・環境活動の強化、生産性の向上、新入社員に対する基本的な鉱山関連情報の提供、および熟練スタッフの養成・能力向上を目的とした研修活動を開始。
主要な職業訓練プログラム	<ul style="list-style-type: none"> 集光器オペレータ、電気技師、機械技師、民間貿易、溶接、重機オペレータ、重機整備士の7つの専門分野について、国内訓練機関(ドログイ県の工業短大等)との連携に加え、豪州の企業とも協力して技術研修プログラムを提供している。 労働・安全・衛生の3つのカリキュラムがあり、対象者の技能に合わせ、実際の機材やシミュレーション設備を用いて、実習に基づいた形での研修やOJT、技能試験を行っている。 今後5年間で、教育・訓練に約1,100億MNT(8,500万USD)を投資する。これには、モンゴルの職業訓練・教育制度強化に向け、2010年6月に同社が教育科学省とMoU調印した、780億MNT(5,800万USD)の5年間の投資契約も含まれる。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ Oyu Tolgoi鉱山に訓練施設を、Khanbogd soum県に訓練センターを建設(3,000万USD) ➢ NalaikhおよびDalanzadgadに、国際的に通用する大学を新たに2つ建設 ➢ Ulaanbaatar, Erdenet, Dalanzadgad, Darkhan, Choirにある既存の5つの教育訓練センターおよび大学を整備(800万USD) ➢ 鉱業分野を専門とする2つの職業訓練センターをDalanzadgadおよびNalaikh周辺に建設(最大1,150万USD) ➢ 鉱業関連分野を学ぶ、国内の学生200名および海外の学生30名を対象とした奨学金プログラム(1,000万USD) ➢ 42の技術・職業訓練教育学校で、18の産業分野の訓練を受けているモンゴル人3,300名に対する全面的な資金援助 ➢ 国内の学校に対し、技術教育・訓練に必要な機材や設備(35億MNT相当)を提供、その一環として、既に25の技術教育・職業訓練学校に、溶接シミュレータ30基(10億MNT相当)を提供済み ➢ さらに、25校に教育・訓練用の機材や設備、最新機器、電子図書館、教科書等を提供
今後の予定	<ul style="list-style-type: none"> HME技術者、重機オペレーション、人材教育・訓練、固定施設整備士、安全衛生、鉱業、環境調査、メタルギー(冶金)、会計・経済、地質、倉庫管理、IT、資産管理といった分野における高スキル専門家や技術者を育成し、モンゴルの労働力レベルアップを実現させる。

(出典：調査団作成)

(c) MAK 社

MAK 社は、1993年に設立されたモンゴル国最大の民間鉱山企業の一つである。同社が開発を行っている Tsagaan Suvarga 鉱床は、首都ウランバートル市から南に約 530km、ゴビ砂漠地域の東部に位置する。同鉱床は 1964年に地域の住民により発見されたもので、旧ソ連が 1965年から 1973年にかけて地質調査を実施した。

Tsagaan Suvarga 鉱床開発事業では、モンゴル国政府と MAK 社がそれぞれ権益の 50%を保有しているが、政府の関与が大きいことから、計画の遅れが懸念されている。

MAK 社は、将来に向かって積極的に専門人材を開発し、これを採用したいと考えており、国内外の教育機関における専門人材教育への投資に注力している。同社は 2008年時点で、国内教育機関で学ぶ学生 10人、およびロシア国、中国、米国、日本で学ぶ学生 10人に奨学金プログラムを提供している。また、運営する銅山周辺の高校から卒業生 7人を選抜してロシア国のサンクトペテルブルク国立鉱山大学で学ばせた後、学士課程修了後に帰国させて同社で採用している。

9.3 鉱業分野における産業人材育成の課題

本節では、モンゴル国の鉱業分野における産業人材育成の現状分析を通じて、政策面、供給面および需要面における課題を抽出し、方策検討に向けた分析を行う。

各論に入る前に、主な課題項目を整理すると以下のとおりである。

まず、政策面における課題は、主に次の4項目である。(1) 民主化後に人材育成が民間セクター任せとなり、育成制度が十分に機能しなくなった、(2) 複数の所管省庁があり省庁間の政策連携が不十分である、(3) 政府による産業人材の定員割り当てが現場ニーズにマッチしていない、および(4) 産学連携促進に対する支援政策が不十分である。

次に、供給面における課題は、主に次の4項目である。すなわち、(1) 人材需給のミスマッチの発生（新しいニーズとしての製錬関連コースなどが無い）している、(2) 財政難による教員人材や実験室の不足している、(3) カリキュラムが陳腐化する傾向がある、および(4) 鉱山専攻学生が鉱山関連の現場実習の機会が少ない。

最後に、需要面における課題は、主に次の3項目である。(1) 高スキルのモンゴル人技師や管理者が不足している、(2) 中小鉱山関連企業では資金不足による社内研修がなかなか実施できない、および(3) 鉱山関連企業が社内で R&D を実施するノウハウや設備が不足している。

9.3.1 政策面

(1) 民間セクター任せによる育成制度の機能不全

モンゴル国では 1990 年に複数政党制が導入され社会主義は事実上放棄されが、Erdenet 鉱山のオペレーションが軌道に乗った 1978 年頃は計画経済の下で国家開発計画は5か年計画に沿って策定されていた。このため、工場建設計画やこれに伴う人材および人材育成ニーズ、関連する制度などについては明確であり、予見可能であった。

このような状況の下、必要な人材を当時の協力先であったソビエト社会主義共和国連邦（旧ソ連）に派遣し、旧ソ連で育成を行っていた。

しかし、民主化とともに政府は鉱物資源政策を変更し、国内生産よりもより低コストとなる輸入を促進した。これに伴い、技師（技術者やエンジニア）などの育成も政策的に縮小したため、特に鉱業分野の加工工程が衰退してしまった。

また、組織制度上の問題も指摘しうる。すなわち、産業人材育成は教育・科学省の所管であり、鉱業分野の人材育成も同省が所管している。このため、鉱業省は産業界の産業人材育成ニーズを掴むことが出来ず、大学などの人材育成機関が独自の予測に基づいて計画を策定し、人材育成を行っているのが現状である。

このような状況のもと、近年の鉱業隆盛を反映し、2～3 年前からこれに対応した職業訓練センターが設置されるようになっており、状況改善の兆しが見られる。

(2) 複数の所管省庁間での政策連携の不十分さ

モンゴル国の人材育成システムでは、初等、中等および高等教育は教育・科学省が、高等専門学校は鉱業省労働省が、それぞれ所管している。また、専門職免許については、鉱山省や建築・都市計画省などの各省庁が所掌に応じて免許を与えている。

また、雇用関係の施策については、高度技術者および経営者の育成は教育・科学省が、一般労働者の雇用は労働省が、それぞれ所管している。

しかし、省庁間の連絡が不十分であり、いわゆる縦割り行政の問題が存在する。

たとえば、鉱山技師の育成、保安、環境対応などの問題は省庁横断的に取り組むべき課題であるが、省庁横断的な仕組みが存在しないため、関連政策の調整がほとんど行われていない。

また、製錬所は重工業に属し、かつ鉱業施設であることから、鉱業省と工業・農牧業省が所管しているが調和的な共管は行われてないため、いわゆる二重行政となっている。このため、精錬所の建設計画は、それぞれの省が独立にワーキング・グループを立ち上げて検討を行っているのに加え、政府系企業である鉱山会社も独自に計画を策定しており、省庁間の連携が行われていない。

同様の例はほかにも見られるため、これを解決するためには新たな法的枠組みを構築して横断的に取り組む必要がある。

(3) 現場ニーズにマッチしていない定員割り当て制

モンゴル国政府は、15万人の新規雇用に2012年～2016年の期間に15万人の新規雇用を創出する計画を打ち出している。2013年の実績を見ると、約5.2万人の新規雇用創出を実現しており、その内訳は、建設セクターが23%（約1.2万人）で最大であるが、鉱業分野においても4.3%（2,256人）の新規雇用を生んだ。

人材の育成は、年毎に必要な人材の種類と数を政府が割り当てたリストに基づいて行われる（クオータ制）。しかし、2014年度のクオータは、39職種において専門家育成が必要であるとして、人材を割り当てているが、銅製錬の専門家が含まれておらず、現場ニーズにマッチしていない。

(4) 産学連携促進に対する支援政策不足

モンゴル国の鉱業分野の高度化を実現するためには、精錬や加工分野の人材育成が不可欠である。しかし、高等教育機関ではこのような産業ニーズに応じた教育が行われていないため、選鉱・製錬技師といった現場の技能者が不足するという事態を招いている。

産学連携がこのような状況にある背景として、縦割り行政の問題を指摘することができる。たとえば、国立大学のカリキュラムは教育・科学省が監修しており、産業界の人材ニーズを迅速に反映させる上で若干の問題がある。

別の例としては、国立大学の経済的な独立性が認められていないため、産学共同プロジェクトを行う上で円滑を欠く場合がある。たとえば民間企業からの委託研究費は、当該大学ではなく国が徴収する。

このような状況を改善するためには、産業育成のための教育カリキュラムの抜本的な改善および鉱業教育法の改正といった法的環境の整備が必要である。なお、地方政府が行っている産学連携の例としては、地方政府が鉱山の近くで職業訓練専門学校を運営して技術者を育成する一方で、企業がOJTで内部人材を育成している事例がある。

9.3.2 供給面

(1) 人材需給のミスマッチ

モンゴル国の鉱業分野においては、大学で育成した人材と鉱山会社が求めている人材のニーズとの間にミスマッチが生じている。このような現状にあって、産業界で必要となるスキルは産業界が自ら追加の教育研修を行うことで補っている。

産業界による追加的な教育研修としては、①企業現場における実地教育訓練（OJT）、②企業内での研修訓練、③大学の教員が企業に出向いて社員に対して必要となるスキルの教育研修の実施が挙げられる。

たとえば、MUST の教員が鉱山に赴き講義を行う研修（①、③の例）や、鉱山技師（エンジニア、テクニシャン）向けの再教育コースとしてプロフェッショナル技師、コンサルタント技師の資格を3週間で教える研修（②の例）がある。

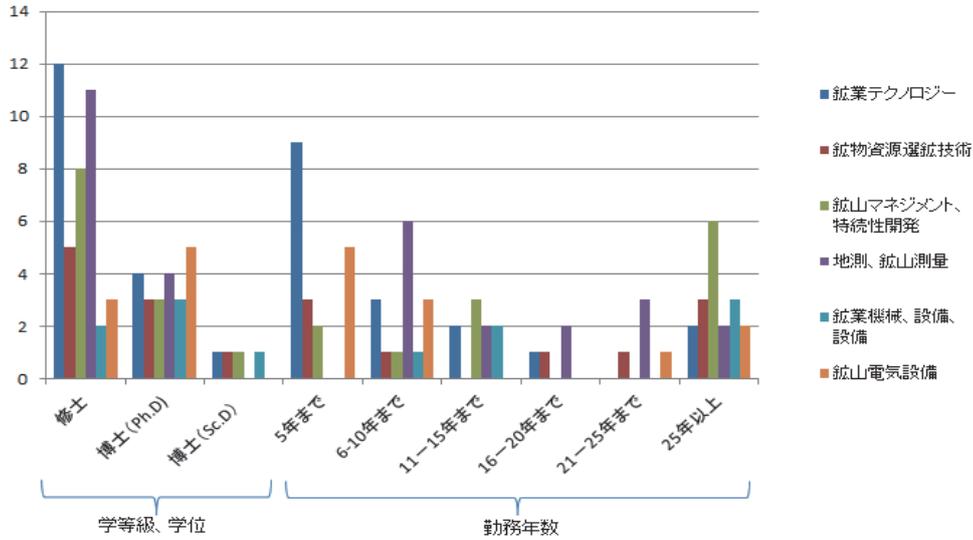
しかし、選炭や銅精錬などはモンゴル国内では行われていないため、これらの技術の専門家人材のニーズが高まっているにもかかわらず、人材育成に必要な教員、教材、実習現場が国内に存在しない。

そのため、レベルの高い人材育成を行うには、優秀な学生を外国の製錬所や大学などに派遣して育成し、その卒業生の一部を国内大学の教員として採用することで、初めて国内における人材育成が可能になる。

(2) 財政難による教員人材や実験室の不足

MUST はモンゴル国で初めて鉱物資源分野を開講した大学であり、ほかの大学も MUST のカリキュラムを参考に作られている。したがって、MUST の教員人材が強化されなければ、モンゴル国における鉱物資源分野全体のレベルが低下してしまう恐れがある。

そこで、MUST の状況を見ると、教員の 42.5%は修士号以上の学位を有しており、この点ではさほど問題はない。しかし、同大学の運営費用（教職員の給与を含む）の 80%は学生からの学費で賄われており、しかもその学費は国が管理しているため、大学が独自に教材の強化ための資金を調達しにくい。このため、教材が強化されずにいる。



(出典：モンゴル科学技術大学)

図 9.3.1 モンゴル科学技術大学の鉱山技師学部 (MES) の教員人材

(a) 大学などの設備不足

MUST の建物は国有財産であり、維持費や光熱費は大学ではなく政府が負担している。しかし、同大学の建物は社会主義時代に作られたもので、元々校舎として建設されたものではないため、講義や実験などを行うために適した構造となっていない。また、近年の学生数増加にともなう設備の増設も行っていない。1990年代の学生数は4,000~5,000人であったが、現在は36,000人と8倍にも増加している。このため講義を行うための教室が著しく不足している。

このような状況への対応として、モンゴル国政府はウランバートルから120 kmの立地に新キャンパスを建設することを決定した。予定地周辺には産業パークも建設される計画である。

新キャンパスが建設されれば、近代的な教育プログラムを提供できるとして、必要な教室、教材などの案を同校の鉱業学科が作成している。

(b) 職業訓練センターの設備が不足している

職業訓練センターについても、1960~70年代に建設された教室や建物が老朽化していること、教材が不足または内容が古く適切でないものがある。また、教員の能力・知見が不足しているなど、能力のある専門家や技術者を育成する環境が十分ではない。

(3) カリキュラムが陳腐化する傾向がある

カリキュラムは大学が5年毎に作成している。しかし、一旦作成されたカリキュラムは、次の更新までの5年間は見直しや改定が行われにくいいため、産業界が求める人材ニーズに即時に対応したカリキュラムを提供するのは難しいのが実情である。

(4) 鉱山専攻学生が鉱山関連の現場実習の機会が少ない

モンゴル国ではほとんどの鉱山運営は民間企業が行っており、大学からの実習生の受け入れに積極的ではない。このため学生の実習の場が少ない。

民間企業が実習生（インターン生）の受け入れに消極的な理由としては、①インターン生の受け入れにあたり、社員がインターン生の面倒を見なければならず、結果として生産性に影響が出てしまうこと、②インターン生は実務に必要な資格を持っていないため、けがや故障などが発生した場合に、企業に損害を与えてしまうことが挙げられる。

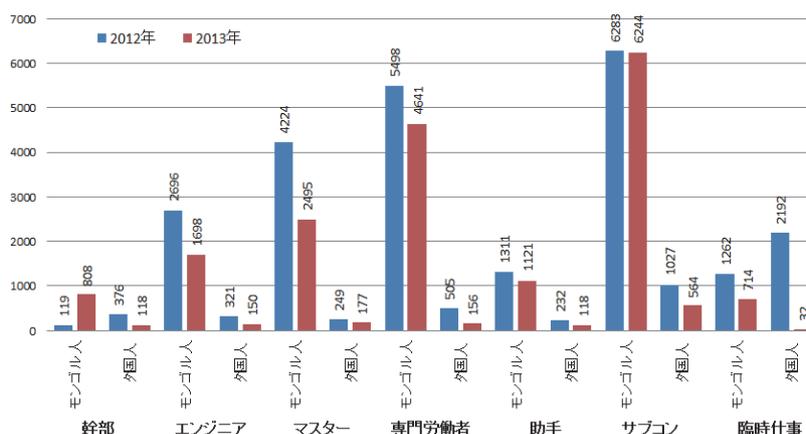
また、大学の授業は9月から翌年6月までのため、授業の無い6月～8月の期間中にインターンに行く学生が集中し、受け入れ企業の負担が大きくなることも、企業側が実習生の受け入れに消極的な一因となっている。

かつての社会主義体制下では、学生の現場実習は鉱業大臣の命令により全ての鉱山会社において行わせることが可能であった。しかし現在では、民間鉱山会社の上述のように民間企業は現場実習には消極的であり、CSR 活動の一環としてわずかに実施されているにすぎない。現状では、MUST の学生が自らインターン先の企業を見つけ、大学からも相手先企業に依頼を行って現場実習を実施しているが、その数は多くない。

9.3.3 需要面

高スキルのモンゴル人技師や管理者が不足している。モンゴル国の鉱山企業の職場におけるモンゴル人と外国人の内訳をみると、近年は外国人の割合が低下しているが、幹部、エンジニアなど重要なポストは依然として外国人が占める割合が高い（図 9.3.2）。

産業人材不足の問題に対しては、需要側である企業自身においても対応が行われているが、中小鉱山関連企業では資金不足による社内研修がなかなか実施できない、鉱山関連企業が社内で R&D を実施するノウハウや設備が不足している、などの問題に直面しており、その解決が課題となっている。



(出典：鉱業省)

図 9.3.2 モンゴル国鉱業分野における職場分類

9.4 鉱業分野における産業人材育成の方向性およびロードマップ

本節では、モンゴル国の鉱業分野における産業人材育成の課題分析の結果を基礎として、政策面、供給面および需要面における対策の方向性を検討し、これをロードマップとして具体的に提示する。

9.4.1 政策面

政策面における基本的な方向性として、以下の4項目を提言する。

- (1) 関連省庁に構成されるタスクフォースによる政策間の連携強化
- (2) 関連省庁担当者へのキャパシティ・ビルディング実施による政策立案能力の強化
- (3) 鉱山分野における産学連携促進に対する支援政策の導入
- (4) 海外の大学や研究所との共同研究などへの助成制度の導入

以上4項目のうち(3)に関しては、モンゴル国政府は既に優先分野を対象として、学費や奨学金の補助などを通じて鉱業分野の支援を行っている。本調査においては、このような支援の重要性が確認されたため、より一層の支援を提言するものである。

また、(4)に関しては、MUSTと海外の大学との協力事例および(独)国際協力機構によるプログラムの事例が重要である。

前者の事例において、MUSTは、米国(アリゾナ大学、アラスカ大学)、ドイツ国(バルバラ大学)、中国(山東科学技術大学)と共同カリキュラムを実施している。短期間で専門家育成するには海外の大学と協力するのが最も有効な手段といえる。

後者の事例において、独立行政法人国際協力機構(JICA)の「工業系高等教育プログラム⁵⁾」の一環として、日本の大学でのツイニングプログラム⁶⁾、日本の高等専門学校への留学プログラム、教員のPh.D.取得コースの実施が行われている。たとえば、ツイニングプログラムでは、学科生の場合は2年間をモンゴル国の大学で基礎学問を学び、残りの2年間は日本の大学で専門分野を履修することができる。

また、ODAによる途上国の持続的鉱業開発への支援を目的とした、JICAの資源分野人材育成プログラム(通称、「資源の絆プログラム」)はもう一つの代表的な事例である。本プログラムにおいては、重要鉱物の算出ポテンシャルの高い途上国の鉱業行政の実務家(行政官、技官、調査分析官、公社職員等)および大学教員・研究者を対象として、学術能力向上や実践的能力向上、我が国鉱業分野の産学官関係者との交流・人脈形成、海外フィールド調査などの活動が行われている。2015年以降、毎年20~30名の新規受け入れが予定されており、10年間で200名以上を目標としている。

なお、MUSTは、製錬に関するカリキュラムを秋田大学工学資源学部と、坑内採掘に関するカリキュラムを九州大学と、それぞれ共同で実施する案を現在JICAに提案している。

⁵⁾ 総額7,500万US\$、平成26年3月11日調印、実施期間:2014年~2023年、延べ1,000人の派遣を計画

⁶⁾ 複数国(日蒙)の大学に跨って必要な履修単位が履修できるプログラム。

9.4.2 供給面

供給面における基本的な方向性として、以下の3項目を提言する。

- (1) 日本の高等教育機関との連携による教員レベルの向上
- (2) 鉱山関連業界との定期的な対話によるカリキュラムの改編
- (3) 日本の鉱山企業 OB の活用による職業訓練機関のレベルアップ

これら3項目のうち、(1)に関しては、鉱業分野で取り組むべき高等人材育成のスキームとして、モンゴル国教育・科学省と JICA が ODA 借款契約 (L/A) を締結 (2014年3月11日付) した「工学系高等教育支援事業」の活用が望まれる。

同プログラムの対象校は、MUST および NUM の2校に限定されているが、鉱業分野の学生を日本の大学へ派遣することで、専門人材の育成および専門人材育成のための指導者・教員人材の育成や能力向上が期待される。

なお、モンゴル国労働省としては、これまで取り組んできている職業訓練プログラムの参加者 23,000 人のうち、高等知識専門職人材である 7,000 人の中から鉱業分野の人材を選び、日本で訓練を受けさせたいと考えており、相手国ニーズと我が国の援助とが非常に良好に合致していることに注目すべきである。

9.4.3 需要面

需要面における基本的な方向性として、以下の3項目を提言する。

- (1) モンゴル国政府への人材育成インセンティブ制度導入の働きかけ
- (2) 鉱山関連企業における社内外研修制度の整備
- (3) 業界団体へのキャパシティ・ビルディング実施による業界取りまとめ能力の向上

以上3項目のうち、項目(1)は、民間セクターから政府に対して、人材育成基金 (Human Resources Development Fund、以降 HRDF と称する) の創設に向けた働きかけを行うものである。

項目(2)は、現在、現場人材育成のほとんどの部分を SEPC などの教育訓練機関を活用したアウトソーシングで行っているところ、社内外の研修制度を拡充することにより、現場ニーズをより迅速かつ的確に反映した教育を可能とするものである。

項目(3)は、当該監督省庁と実際の企業の現場との連携を強化するため、MNMA などの業界団体による会員企業の要望の取りまとめ、意見調整、素案作成、政府への提案と調整などの能力の強化を目的とするものである。

9.4.4 鉱業分野における産業人材育成高度化のロードマップ

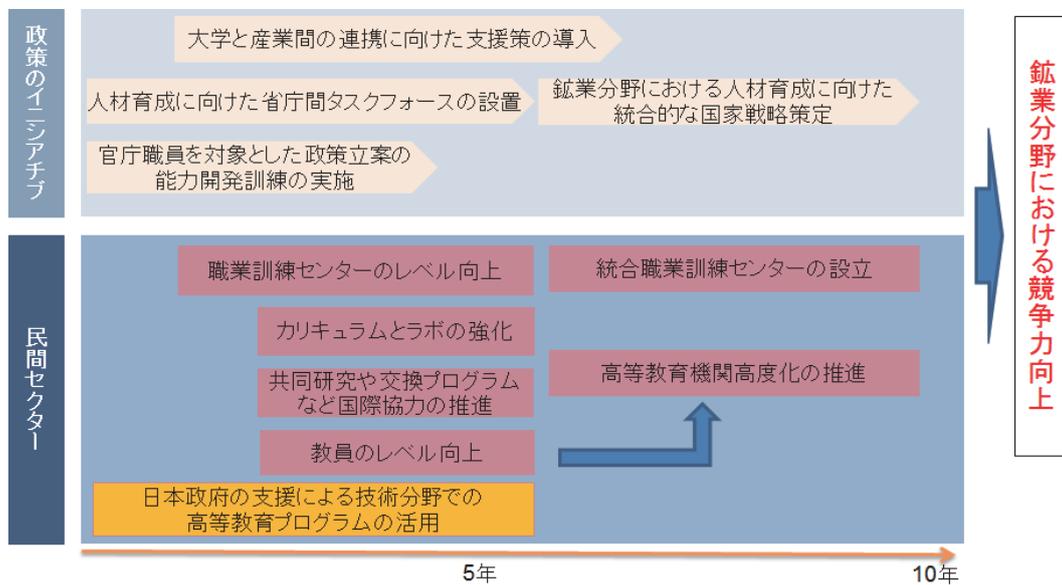
産業人材育成は、官民間の積極的な連携の下、統合的かつ段階的な方法で実施されるべきである。

たとえば、カリキュラムの策定は、関係省庁 (鉱業省、工業・農牧業省、教育・科学省

および労働省など)、教育機関 (MUST、NUM、SEPC など) および企業など (EMC 社、Oyu Tolgoi 社、MAK 社および中小企業ならびに MNMA) が個別に行うのではなく、相互に連携して行うことで高い効果を得ることができる。

このことは、その他の場面においても妥当する。たとえば、教室や設備などのハードインフラや教員などのソフトインフラの整備においても、各プレイヤーが分離してプロジェクトを進めるのではなく、鉱業のバリューチェーン全体を視野に、組織横断的な対応を進めることが求められる。

以上の趣旨から、銅産業を含むモンゴル国鉱業人材の育成の道筋をロードマップとして図 9.4.1 に示す。



(出典：調査団作成)

図 9.4.1 鉱業分野における産業人材育成高度化のロードマップ

このロードマップの最初の 5 年程度は、民間セクターと当該監督省庁が歩調を合わせながら、民間セクターにおいては職業訓練センターのレベル向上を実現し、当該監督省庁において産学連携に向けた支援策の導入を開始する。

民間セクターにおいては、日本政府の支援による技術分野での高等教育プログラムを活用して、カリキュラムとラボの強化、共同研究や交換プログラムなどの国際協力推進、カリキュラムとラボの強化を行い、職業訓練センターのレベル向上を実現する。

一方、当該監督省庁においては、人材育成に向けた省庁間タスクフォースを立ち上げ、省庁横断的なアプローチの基礎を築くとともに、官庁職員を対象とした政策立案の能力開発訓練 (キャパシティ・ビルディング) を行い、効果的かつ効率的な人材育成行政を実現する。

このような環境整備のもと、大学と産業間の連携に向けた支援策の導入を進める。

さらに、これに続く 5 年間は、民間セクターにおいて、高等教育機関の高度化を推進す

るとともに、新たに統合的な職業訓練センターを設立して、鉱業のバリューチェーン全体を見通した人材育成を行う。

また、当該監督省庁において、鉱業分野における人材育成に向けた統合的な国家戦略を策定し、モンゴル国における鉱業の持続的発展を実現する。

第10章 鉱業への投資促進

10.1 はじめに

鉱工業の簡易なフローは下図のとおりである。基本的な流れとしては、鉱物を採掘・精鉱し、そして精錬・加工して、得られた製品を下流の産業に供給するという流れになっている。

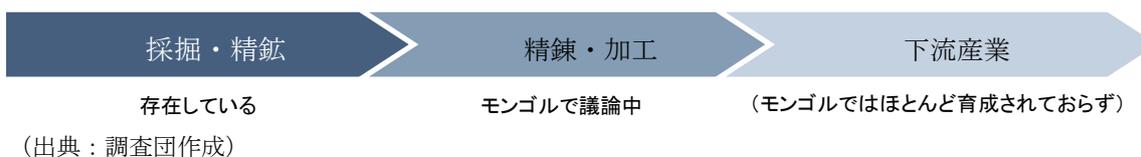


図 10.1.1 鉱工業の簡易なフロー

ただし、現在のモンゴル国銅関連産業では、大半が鉱石の採掘・精鉱の生産であり、精錬業は一部で行われているが、本格的な製錬は実施されていない。また、下流の製造業もほとんど育成されていないと言える。

ここから、採掘・精鉱および輸送に関する現状を、鉱業資源法や投資法、税制といったソフトインフラおよび、ハードインフラの2つの観点から整理・分析する。

次に、銅製錬場の建設を前提とした銅関連産業の特有な課題を整理・分析する。

最後に、モンゴル国鉱業分野への投資環境を促進するための提案を行う。特に、下流産業を考慮した銅関連産業への投資を促進するための提案も行う。

10.2 モンゴル国の鉱工業の現状分析

10.2.1 ソフトインフラ

表 10.2.1 は、所管機関、鉱業に関連する法律、外国投資関連法といった基本的な情報をまとめたものである。

表 10.2.1 モンゴル国鉱工業に関する基本的な情報

管轄機関	鉱業省、工業農牧省、経済開発省
鉱業関連法	鉱物資源法
ロイヤリティー	<p><国内販売> 燃料炭および一般鉱物については販売価額の 2.5%、その他の鉱物は 5%。</p> <p><海外輸出> 輸出額の 5% + 国際市場価格および製品加工度に応じた率。</p>
外資法	外国投資法 戦略的分野において事業活動を行う企業に対する外国投資を調整する法律（外資規制法）（2012 年 5 月 17 日制定、2013 年 4 月 19 日に改正）
鉱業公社	Erdenes MGL、Erdenes Oyu Tolgoi、Erdenes Tavan Tolgoi、Erdenet（モンゴル国が 51%、ロシア国が 49%）、MongolRosstsevtment（モンゴル国が 51%、ロシア国が 49%）、Mon-atom（放射性鉱物資源を管轄）
鉱業活動中の民間企業	加 Ivanhoe、英 Rio Tinto、仏 Areva
近年の鉱業関連問題など	<ul style="list-style-type: none"> ・モンゴル国大統領室が鉱物資源法改定案を作成・公表（2012 年 12 月） ・鉄道・電力などのインフラ未整備 ・ここ数年、民主党連立政権では、国内で資源ナショナリズムの機運が高まり、外資参入には厳しい制度となっている。（注 1） ・Oyu Tolgoi 銅鉱山開発を巡る問題（モンゴル国政府の権益の拡大、累進ロイヤリティーの導入など） ・Tavan Tolgoi 石炭鉱山開発の入札の不調（2012 年 6 月の総選挙で成立した民主党政権が前政権時の入札結果を見直し）

（出典：JOGMEC 世界の鉱業の趨勢, 2013）

(1) 鉱物資源法に関する課題

鉱業資源法に関しては、改定案が 2012 年 12 月に提示され、2014 年 7 月 1 日に国会に承認された。ただし、この改定版の中に投資家にとって不利な変更点がいくつかあり、今後の拡張・新規投の資判断に影響を及ぼしている。

問題となっている変更点は下記のとおりである。

- モンゴル国籍者の所有比率の引き上げなど、採掘権の条件は海外企業にとって厳しくなっている。
- 戦略的鉱床について、投資家にとって、安心して長期的な投資を行える「安定契約」は締結しないことになっている。
- いかなる鉱区についても、所有者は採掘に先立ち、政府と「協力契約」を締結しなければならない。協力契約終了後、モンゴル国政府は自国側に有利な条件で再交渉を行

う可能性がある。また、協力契約を結んでいてもモンゴル国の法律が変われば、契約内容も改定される可能性がある。

- 採掘にあたっては（外資企業ではなく）地場企業の物品、サービスの購入を優先しなければならないこと、鉱物資源取引所を設立し、採掘された資源は市場価格で販売しなければならないことなど、投資家にとってよりコミットメントが求められる条項が追加されている。

(2) 投資法、税制に関する課題

現在の銅の輸出口ロイヤリティーは高く、また輸送費や保険などの非生産関連費用を差し引いていないものになっている。また、このロイヤリティーは変化の激しい国際価格に基づいて設定されており、投資家にとっては不利な条件になっていると言える。

図 10.2.1 に示すように、現在の世界的な流れとしては、モンゴル国が採用しているような価値ベースロイヤリティーではなく、利益ベースロイヤリティーを採用する国が増えてきている。その違いは、利益ベースロイヤリティーでは、事業者と国がより均等なリスクを負って、経済配分の効率化を図ることができるという点にある。そのため、利益ベースロイヤリティーは現在投資家に好まれるロイヤリティー形態のひとつとなっている。



(出典：International Mining for Development Center, Australia)

図 10.2.1 各種ロイヤリティーや税制の特徴の比較

10.2.2 ハードインフラ

(1) 輸送網に関する課題

モンゴル国は内陸国であるため、自国の鉱物を輸送する際には、陸送に依存せざるを得ない。ただし、現状としては、近隣諸国への輸送を効率的に運ぶ輸送網は十分に整備されていない。そのため、初期投資額・生産コストが上昇しており、生産性を追求するためにはより大型の事業への投資が必要である。

たとえば、2012年の統計結果によると、モンゴル国の輸送費は輸出額の15%と大きな割

合を示しており、近隣諸国よりはるかに多く払っていることがわかる。国内に、ロシア国から中国に接続する鉄道線ができてはいるが、最近の中国への輸出増に伴い、この鉄道線の輸送量では不十分となっている。

モンゴル国統計局の結果を表 10.2.3 に示す。鉄道による輸送量は 2007 年から 2011 年までの 4 年間で 30% しか増加しなかったのに対して、道路による輸送量は 180% 増加している。

表 10.2.2 モンゴル国における輸送に関する統計データ

	2007	2008	2009	2010	2011
Freight (Thousand tones)	23,281.6	23,904.4	24,729.7	29,415.9	43,956.6
By Rail	14,072.6	14,646.9	14,164.5	16,753.2	18,327.4
By Road	9,207.1	9,255.7	10,563.8	12,610.2	25,635.3
By Air	1,887.2	1,847.0	1,369.3	1,641.6	2,930.9

Source: National Statistical Yearbook 2011, Mongolia

While rail transport only increased less than 30% in 4 years (2007-2011), road transport increase 180%, mostly due to the increased transport of minerals.

(出典：National Statistical Yearbook, 2011)

ただし、その道路の増加に道路の整備・維持が間に合わず、写真 10.2.1 に示すように道路舗装が損傷している。その結果、道路による輸送の効率性が下がっている。



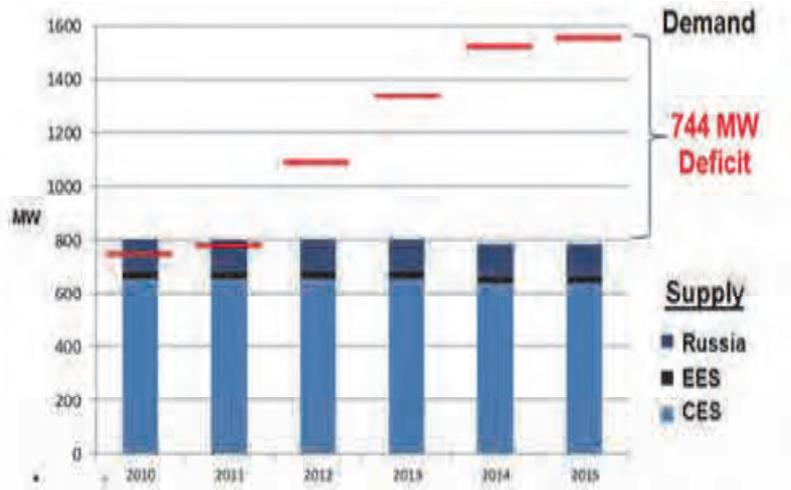
(出典：調査団撮影)

写真 10.2.1 Ulaanbaator～Erdenet 間の道路一部

(2) 電力と水の供給に関する課題

モンゴル国の既存鉱山周辺では、電力の供給が十分ではない。たとえば、Energy International Corporation が 2012 年に発表した予測データによると、電力生産の増加が実施されない場合、2015 年までに 744MW の電力不足が発生する。生産に必要な電力を確保するためには巨額の投資を行う必要があり、鉱山会社の利益を圧迫することになる。

また、水の供給も不十分である。仮に製錬所を建設するとなると、電力も水も確保する必要がある。



注) CES-Central Energy System、EES-Eastern Energy System

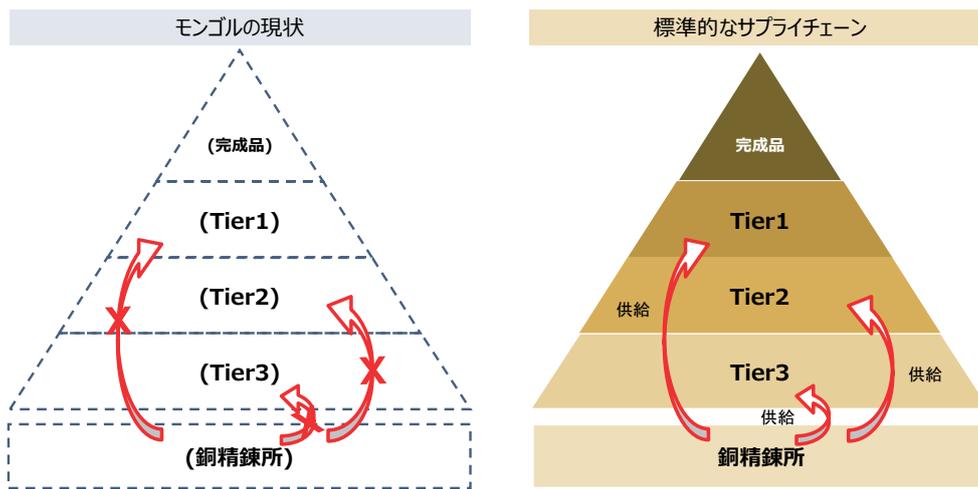
(出典：Energy International Corporation, Prophecy Coal Corp (TSX: PCY))

図 10.2.2 モンゴル国における電力需給の予測

10.3 銅関連産業の特有課題の整理・分析

(1) モンゴル国における銅関連産業の特有課題

一般的に銅製錬所への投資は、メタルカッパーを標準的なサプライチェーンの下流にあるサプライヤに供給することによって、ビジネスとして成り立っている。ただし、そのような完全なサプライチェーンは、モンゴル国には存在せず、製錬所で生産されたメタルカッパーのための一定規模の国内市場はない。そのため、製錬所の出口は、非常に競争的な国際市場に依存する形になってしまっている。



(出典：調査団作成)

図 10.3.1 標準的なサプライチェーンとモンゴル国の現状との比較

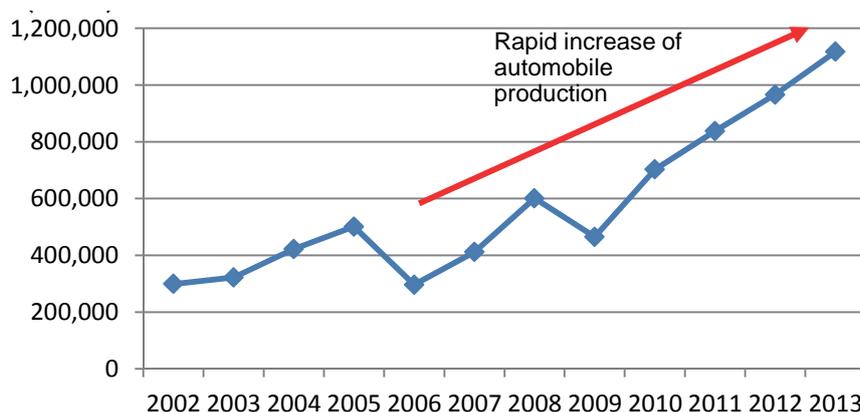
(2) 他国の参考事例とモンゴル国への示唆

(a) インドネシア国

インドネシア国は東南アジアで最大規模の銅製錬所を運営している。この製錬所は 1999 年に操業を開始し、図に示すように、特に自動車やオートバイの分野の急成長に伴う銅製品へのニーズにより、成功を収めた。

インドネシア国内市場を狙うために、日本企業を含む多くの外国アセンブラおよびサプライヤ企業がインドネシア国で工場を建設し、サプライチェーンを形成した。このサプライチェーンは、銅製錬所のための安定した国内市場を形成しており、銅製錬所の採算を支える大きな役割を持っている。

ただし、インドネシア国の人口は 2.4 億人で、モンゴル国の約 100 倍である。この巨大な国内市場は、インドネシア国で生産を行う外国人投資家にとって大きな魅力となっている。一方、モンゴル国は国内市場が比較的小規模であるため、同様な企業を誘致することは困難であると考えられる。



(出典 : Marklines)

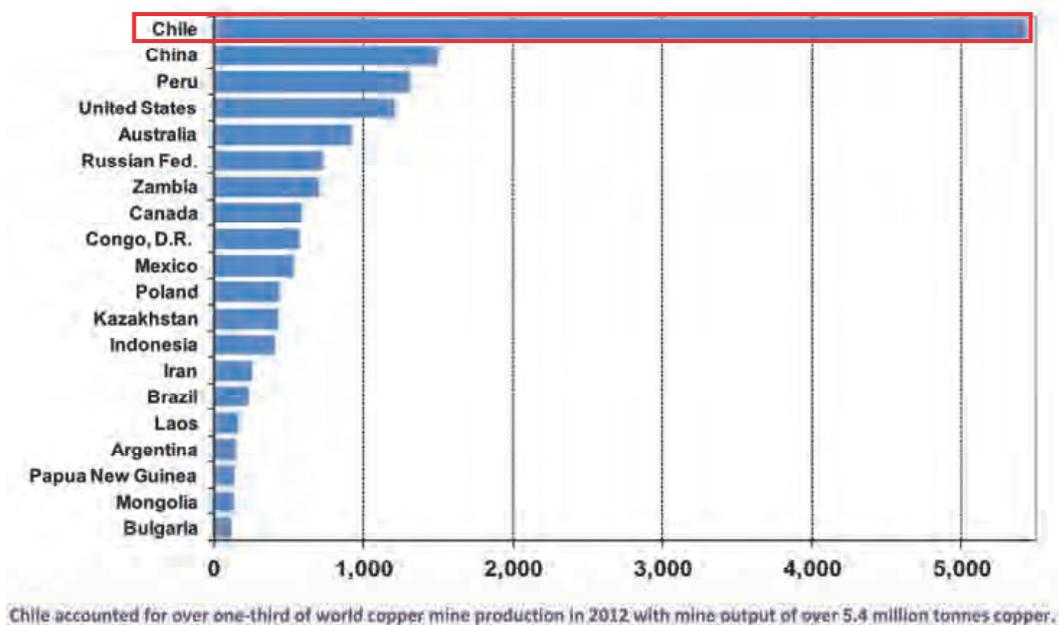
図 10.3.2 インドネシア国における生産台数の推移

(b) チリ国

チリ国は世界の銅埋蔵量の約 24%を保有しており、世界最大の銅生産国である。また、チリ国は国で銅製錬所も所有しており、世界の銅金属の 11%を生産している。ただし、インドネシア国とは異なり、生産された銅地金は内需向けではなく、大部分が中国、日本などの国に輸出されている。

一方、モンゴル国は内陸国であるため、チリ国のように銅地金を他国へ輸送することは簡単ではない。

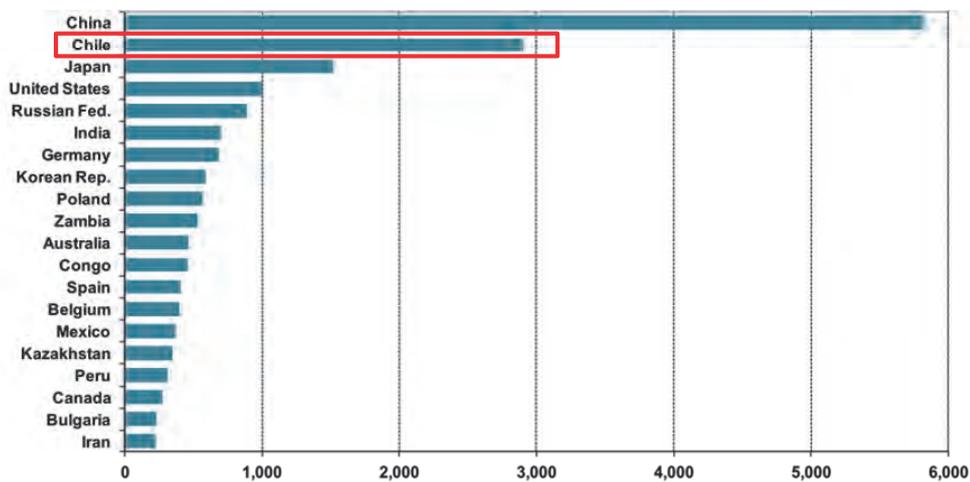
(単位：千トン)



(出典：The World Copper Factbook, 2013)

図 10.3.3 世界上位銅生産国の生産量

(単位：千トン)



(出典：The World Copper Factbook, 2013)

図 10.3.4 銅地金生産量世界ランキング上位 20 ヶ国 (2012 年)

10.4 モンゴル国鉱工業への投資促進のための提案

10.4.1 ソフトインフラ

(1) 鉱業資源法に関する提案

本章の前半に示した鉱業資源法の改定案の問題点について、以下に提案を示す。

- 厳しい採掘権の条件については、モンゴル国籍者の所有比率を引き下げ、外国企業の市場参入障壁を下げる必要がある。
- 「安定契約」の制度については、特に重要な戦略的鉱床について安定契約の制度を復活させ、投資家をより安心させる必要がある。また、モンゴル国の法律が変わっても契約内容が改定されないようにする必要がある。
- 地場企業への裨益条件については、地場産業への裨益と事業者の事業性のバランスを考慮し、条件を設定する必要があると考えられる。

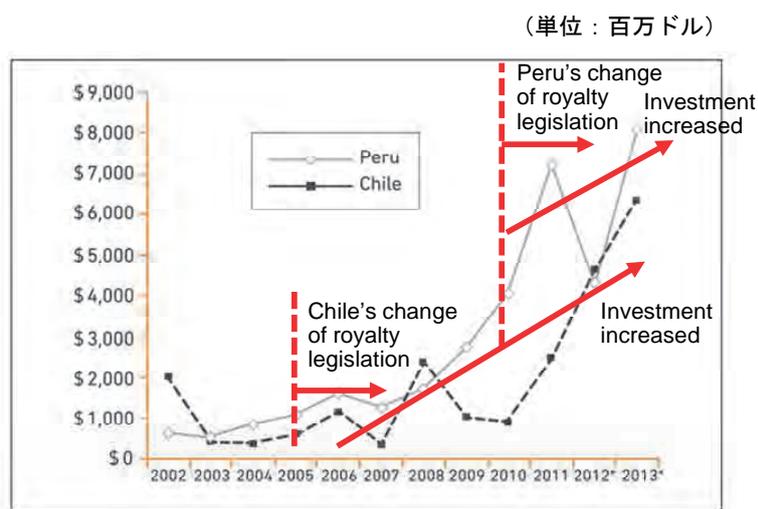
(2) 投資法、税制に関する提案

輸出ロイヤリティーについての投資家の不満を解決し、鉱業部門へ、より多くの投資家を誘致するためには、以下のアプローチを検討することができる。

- みなし価格ではなく、実際のボリュームと実現値に基づくロイヤリティーの採用
- 非生産関連費用の金額ベースを考慮したロイヤリティー、いわゆる NSR 方式の採用
- 利益や収入に基づくロイヤリティーの採用
- ロイヤリティーをなくし、所得税で調整すること

ここで、銅生産国のチリ国とペルー国の事例を紹介する。

チリ国は利益ベースのロイヤリティーを 2005 年に引き上げた。ペルー国は、これに次いで 2010 年に自国の利益ベースのロイヤリティーも引き上げた。下記図に示すように、増税導入後でも、民間企業の投資額は継続して増加してきたことが伺える。このことから、利益ベースロイヤリティーは鉱業投資を促進する効果もあったと考えられる。



(出典：Profit-based versus production-based tax regimes, Latin America's experience)

図 10.4.1 チリ国とペルー国における民間鉱山事業への投資額の推移

10.4.2 ハードインフラ

(1) 輸送網に関する提案

内陸国として、モンゴル国から効率的に鉱物製品を輸出するためには、下図に示すような計画に沿って貨物鉄道網および道路網を拡大することが必要である。



(出典：Enhancing Northeast Asia and Mongolia Economic Cooperation through Transport Network Development, 2013)

図 10.4.2 モンゴル国の鉄道ネットワーク整備計画

モンゴル国と同様に広大な土地を持っている南アフリカの状況を紹介します。南アフリカは、国内の港湾だけでなく、近隣諸国へ接続する広大な貨物ネットワークを構築することにより、自国の鉱物を効率的に輸送し、世界有数の主要鉱物輸出国まで発展することができた。

(2) 電力と水の供給に関する提案

鉱工業を促進することを目的とした場合、モンゴル国はその電力供給能力の強化のため、更に投資すべきだと思われる。

水不足の課題も基本的に電力と同様であるが、長距離にわたり水を運搬するのは非効率的であることから、計画中の銅精錬場の立地選定についても慎重に行う必要がある。

(3) その他の提案

モンゴル国の銅産業を発展させるためには、計画中の銅製錬所のために安定した国内市場を形成する役割を担う下流の製造業を育成することが、選択肢のひとつだと考えられる。

モンゴル国では、力のある地場製造企業は残念ながらまだ育成されていないので、モン

ゴル国内で製造する外資アセンブラおよびサプライヤを誘致することは、最初の段階では重要なことだと考えられる。

また、モンゴル国にこれらの企業を誘致するためには、次のような取り組みが考えられる。

- 税制上の優遇措置
- 工業団地の開発（注：下図の計画されたプロジェクトを参照）
- 道路、電気、水供給などの必要なインフラのサポート
- 鉱業部門の人材の開発



(出典：モンゴルの鉱物資源開発・利用と国際関係，モンゴル外国貿易投資庁，2012)

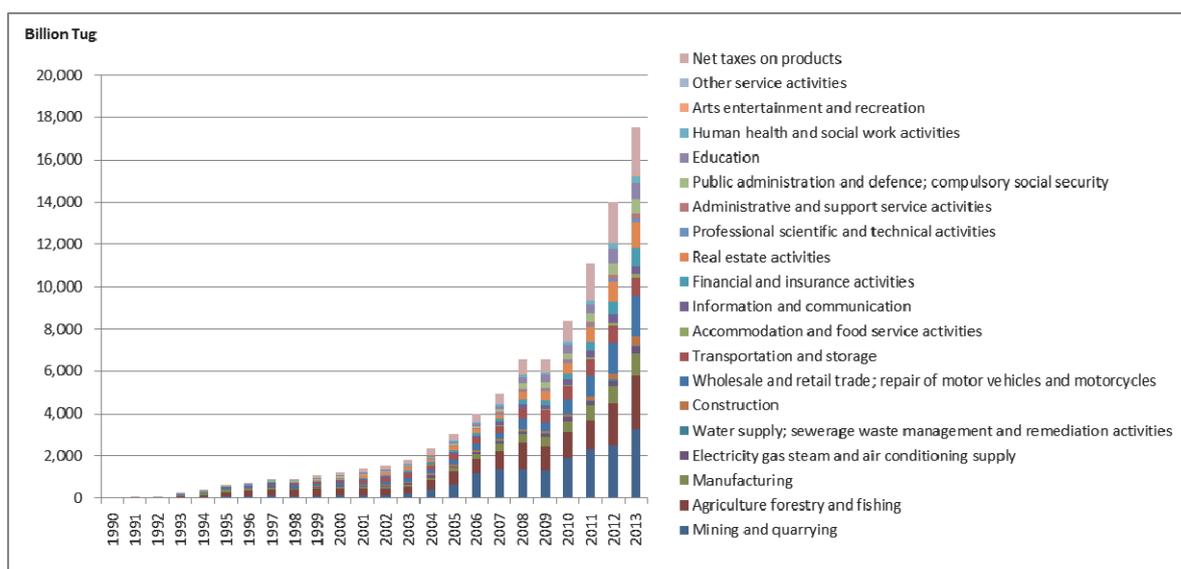
図 10.4.3 計画中の工業団地および主要な活動

第11章 経済分析

11.1 モンゴル国における鉱業セクターの経済的重要性

11.1.1 モンゴル国の経済成長と鉱業セクターの成長

モンゴル国にとって、鉱業セクターは経済的に重要な産業である。鉱業セクターはモンゴル国の経済成長を過去牽引してきた。鉱山開発が進んだこと、ならびに金属価格の上昇によって、その鉱業セクターの付加価値は近年急速に増加している。

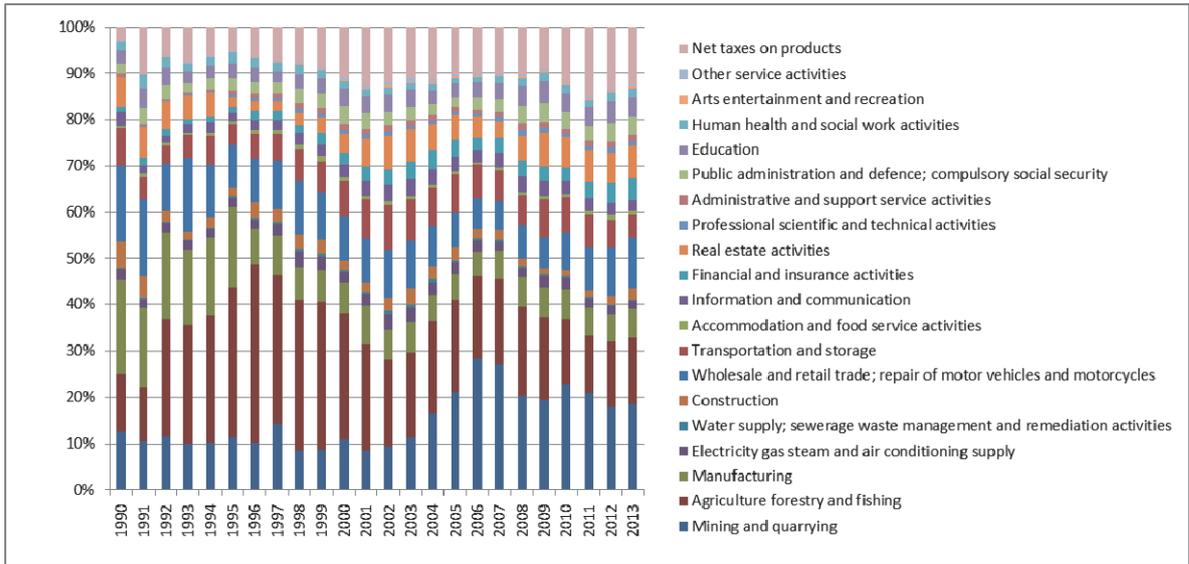


(出典：統計局ウェブサイトより調査団作成)

図 11.1.1 名目 GDP の推移

GDP に占める産業別の付加価値額の比率で見ると、鉱業セクターの比率は 2003 年以降増加し、2006 年には 30% 近くにまで増加したが、その後減少傾向にあり、現在では 20% 程度になっている。他の主要銅産出国における鉱業セクターの付加価値の GDP 比率を見ると、チリ国は 11.1% (2013 年：チリ中央銀行統計)、ペルー国は 7.8% (2013 年：ペルー中央準備銀行)、米国 2.7% (2013 年：米国経済分析局)、中国 5.8% (2011 年：中国統計年鑑 2013 年版)、インドネシア国 5.3% (2013 年：インドネシア統計局) である。モンゴル国の鉱業セクターの 20% という数値はこれらの国と比較しても高く、他の産業があまり育っていないということが考えられる。

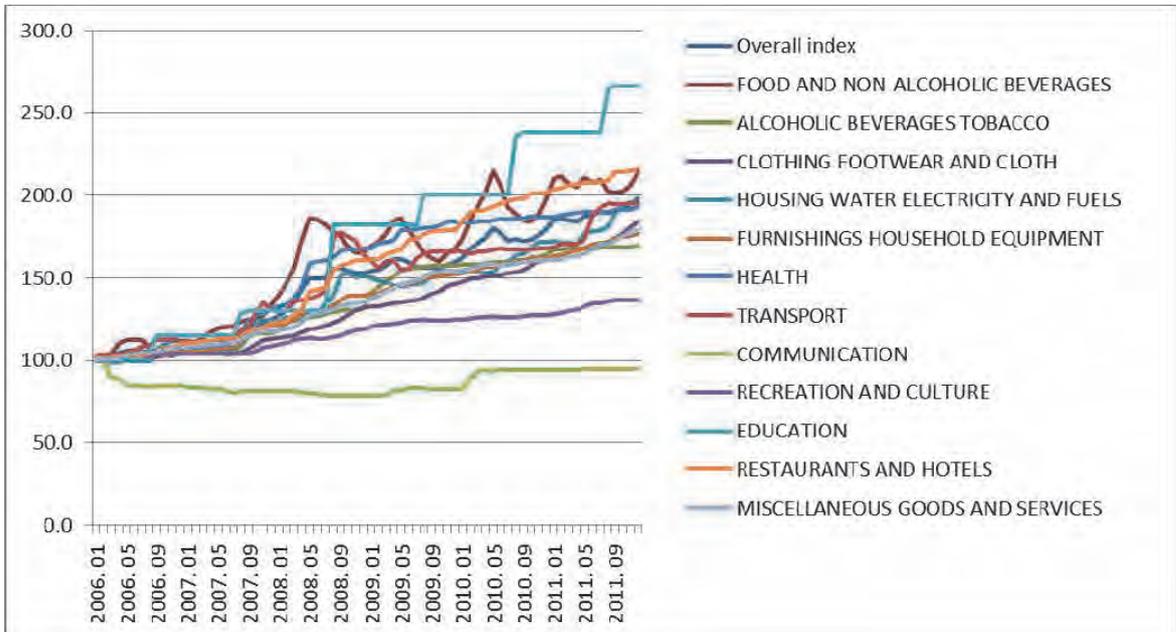
ただし、農村部では自給自足が行われている農畜産物もあると考えられ、これらが全て GDP に計上されていない場合は、農業や放牧のセクターの統計上の GDP が実態としての農業や放牧のセクターの経済活動よりも過小評価されている場合もある (本来、農業セクターの自給自足分については、価格を仮に設定して評価することになっているが、モンゴル国の多様な農畜産物すべてに同様の推計を行うのは困難である)。



(出典：統計局ウェブサイトより調査団作成)

図 11.1.2 名目 GDP の産業別比率の推移

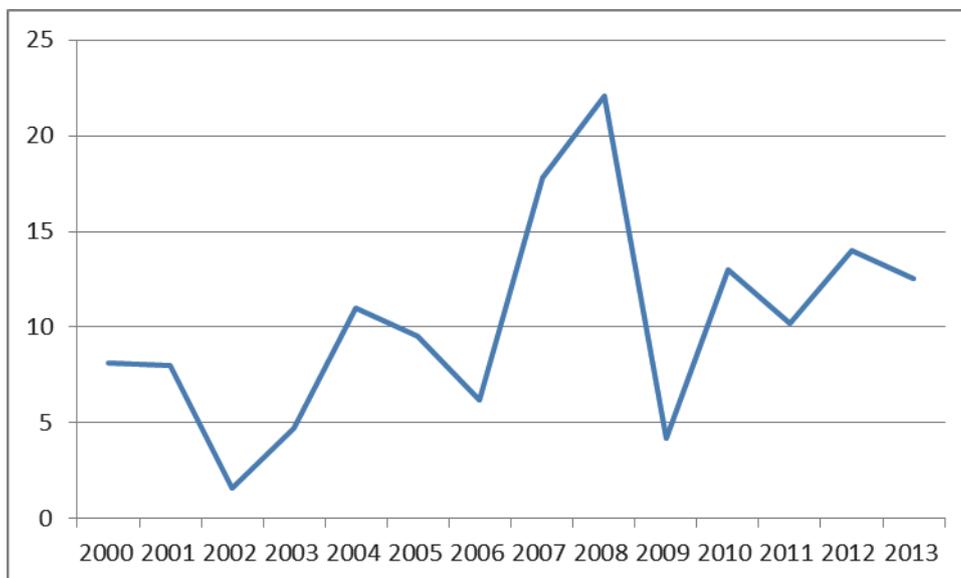
モンゴル国では、物価が急速に上昇している。2005年12月を100とした場合の比率で、食品・非アルコール飲料で214.1、アルコール・タバコが169.5、衣料品が183.8、水・電機・燃料が196、家具が176.7、健康が193.5、交通が195.2、通信が94.6、レクリエーション・文化が136.8、教育が266.5、レストラン・ホテルが215.8、その他が178.6となっている。全体として、198.1となっており6年間で2倍近くになっていることがわかる。



(出典：統計局ウェブサイトより調査団作成)

図 11.1.3 消費者物価指数の推移

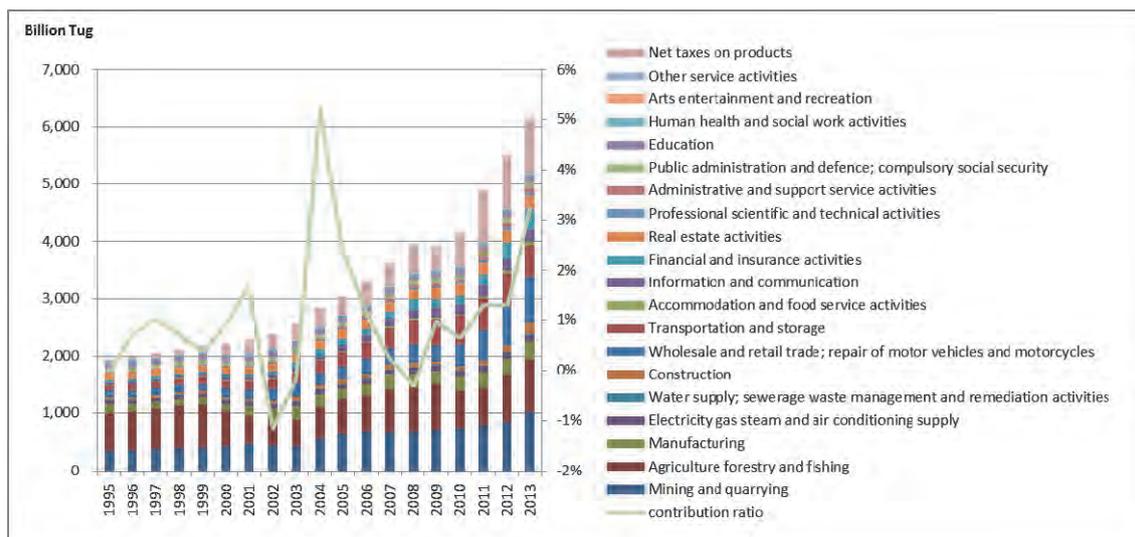
また、インフレ率も 10%前後と高い水準となっている。



(出典：統計局ウェブサイトより調査団作成)

図 11.1.4 インフレ率の推移

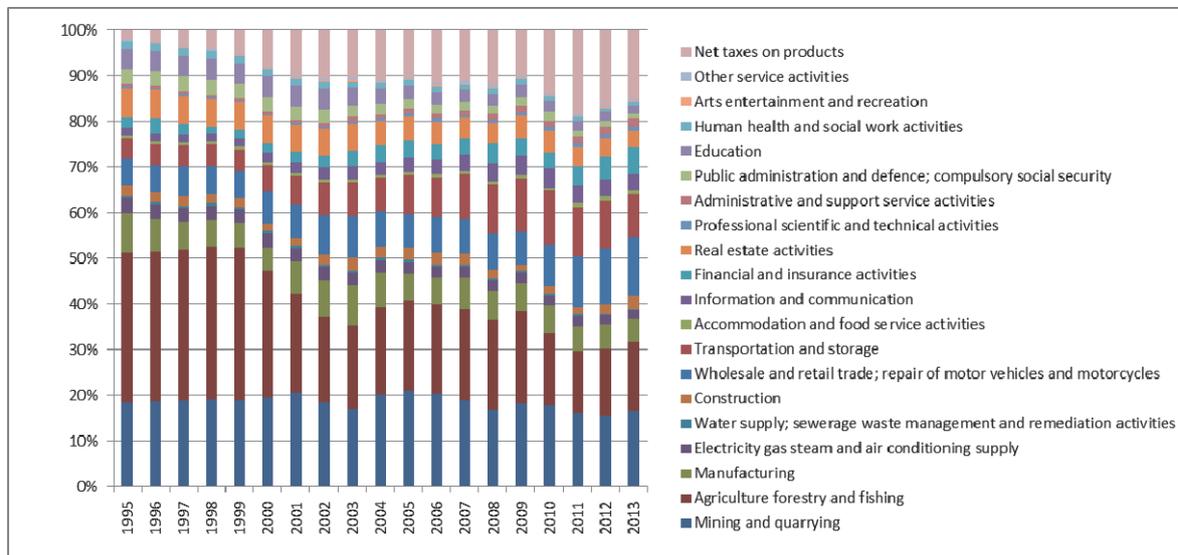
物価の上昇を考慮し、2005 年の価格で評価した GDP の動きをみると、GDP 全体の伸びに対して、鉱業セクターの付加価値はそれほど大きく伸びていない。鉱業セクター付加価値の増加の GDP 成長に対する寄与率は、1996 年以降、-1.2～5.2 の範囲で大きく変動している。1996 年以降、基本的には正の寄与率となっている時期が多く、GDP 全体の伸びに対して着実に貢献していることがわかる。



(出典：統計局ウェブサイトより調査団作成)

図 11.1.5 実質 GDP の推移 (2005 年基準)

2005年基準で鉱業セクターの付加価値のGDPに占める比率を見ると、20%程度で推移している。物価が上がった分が、鉱業セクターの名目としての付加価値の増加に影響している。

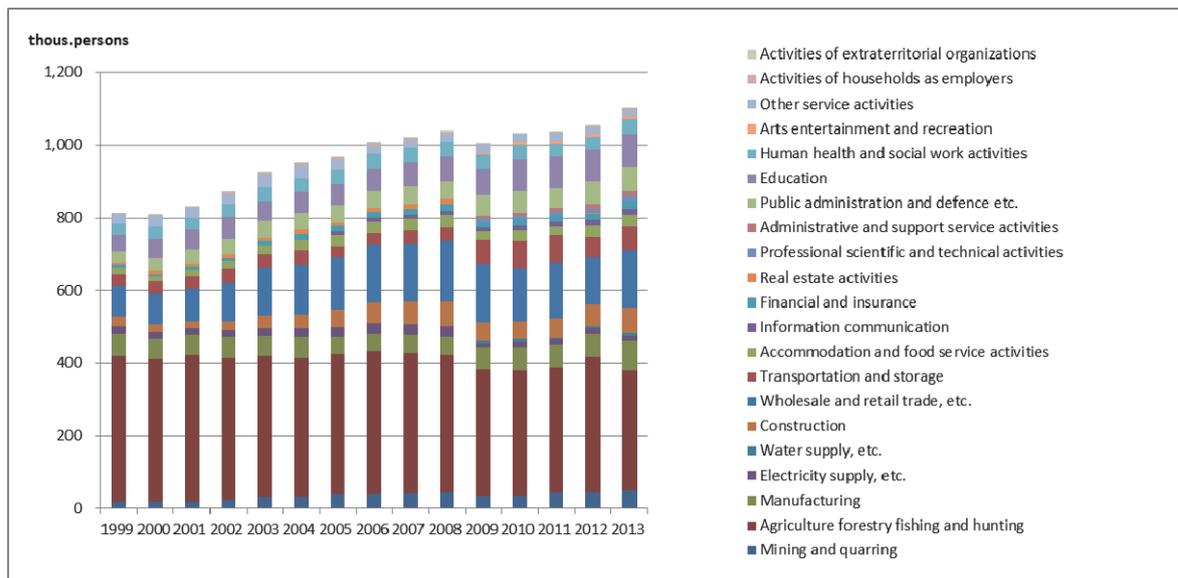


(出典：統計局ウェブサイトより調査団作成)

図 11.1.6 実質 GDP の比率の推移 (2005 年基準)

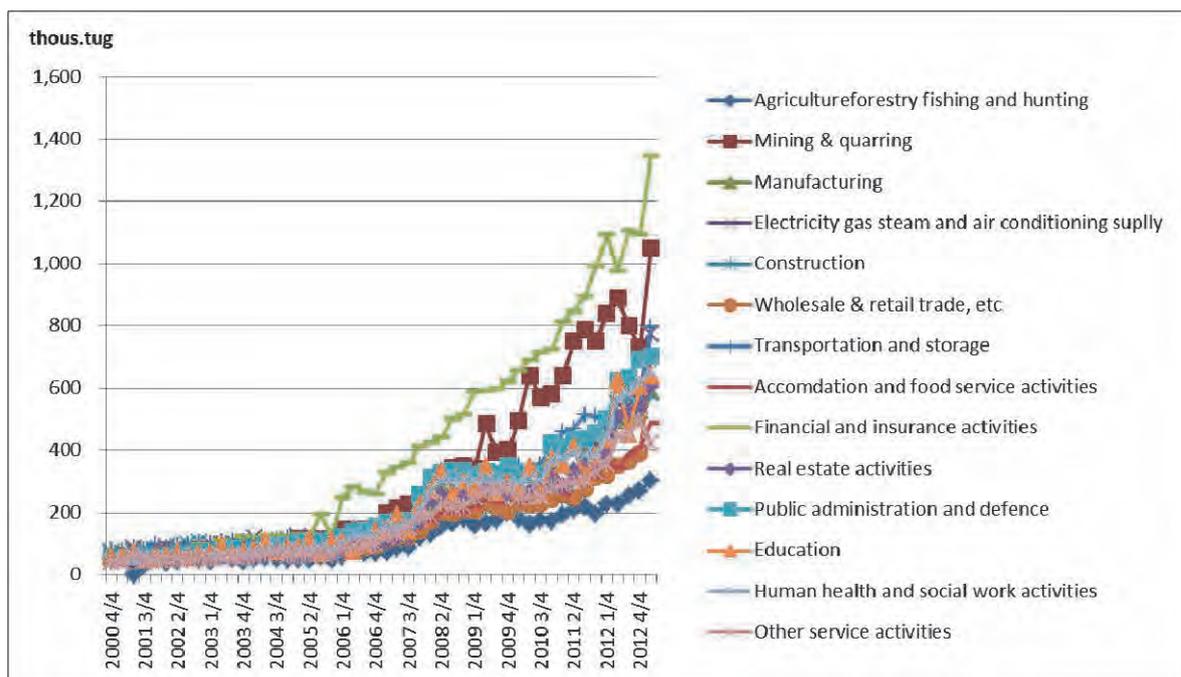
11.1.2 雇用と賃金の動向

鉱業セクターの付加価値のGDPに占める比率が20%程度であるのに対して、労働人口比率で見ると、鉱業セクターの就業者数は5%未満に留まっている。



(出典：統計局ウェブサイトより調査団作成)

図 11.1.7 産業別の就業者比率



(出典：統計局ウェブサイトより調査団作成)

図 11.1.8 産業別の平均賃金の推移

鉱業セクターの賃金が他のセクターよりも高くなってきている。JETRO によると、鉱山分野における人材逼迫によって、賃金上昇率が他の分野に比べて高くなっているとのことである。賃金が高いことが、前出の就業比率が低いことのひとつの要因となっている。鉱業セクターと他のセクターとの賃金格差が今後拡大した場合、貧富の差の拡大として問題になる可能性があり、後述する N. Batnasan が "Mongolia's Mining-Based Development and Trade Policy" で主張しているように、鉱業で得た利益をどのように鉱業以外の分野に再分配するかが、将来的には問題になると思われる。

11.2 経済分析に係る先行研究のレビュー

11.2.1 先行研究の分析結果

次に、モンゴル国の鉱業に関して、経済学的手法で分析した先行研究について調べてみた結果を表 11.2.1 に示す。

Amrita Batchuluun などは、GDP などのマクロデータと鉱業のデータを整理し、モンゴル国経済における鉱業セクターの重要性について示した。また、同時に、鉱業以外のセクターの発展を進めないと、経済が不安定になると主張している。

Shagdar Enkhbayar などは、2008 年の Social Accounting Matrix を作成し、Computable General Equilibrium (以降、CGE と称する) 分析によりモンゴル国で検討されている主要な 26 のプロジェクトの経済効果を分析した。具体的には、26 のプロジェクトを鉱業 (Mining)、エネルギー (Energy)、農業・食料 (AgFood)、インフラストラクチャー (Infra)、技術・教育 (Ted) の 5 分野に分類し、それぞれの分野の投資が実施されるという 5 つのシナリオを設定し、

その効果を分析した。

その結果、次表のような結果を得ている。鉱業分野の投資シナリオの場合、GDP が 28%、エネルギー分野の投資の場合、GDP が 11%、農業・食料の場合 GDP が 28%、インフラの場合、GDP が 48%、技術・教育の場合、GDP が 85%増加するといった結論を得ている。

Ch.Altannar 等は、ADF (Augmented Dickey-Fuller) 検定等の時系列分析を行い、資源の呪いやオランダ病と言われる傾向について分析した。時系列分析の結果、結論としては、短期的に鉱業への投資により GDP や輸出額の増加に繋がるものの、それらの効果は限定的であり、また、長期的には為替レートに影響を及ぼして、オランダ病が発生する可能性があることを示した。

N. Batnasan は、Computable General Equilibrium (CGE) モデル 分析を使って、Oyu Tolgoi や Tavan Tolgoi の投資の効果を分析した。CGE モデル分析とは、企業（生産者）、家計（消費者）、政府の行動について関数を設定して最適化行動をすると仮定し、パラメーターを変化させたときの効果（均衡解）をコンピューターシミュレーションによって分析する手法である。N. Batnasan の分析結果は、2020 年までに Oyu Tolgoi や Tavan Tolgoi の投資によって、GDP が 2011 年と比較して 7 倍以上になるという可能性を示した（図 11.2.2）。

また、Oyu Tolgoi や Tavan Tolgoi の投資は図 11.2.3 に示す通り、モンゴル国の輸出の増加にも貢献するが、オランダ病という問題を引き起こす可能性があることについても言及した。さらに、それを回避するために、貿易自由化を進めつつも、非鉱業セクターへの適切な投資政策を導入することなど、適切な政策が必要であることについても述べている。

なお、参考文献で示した文献は、鉱業セクターに関するマクロ経済分析に関する文献であり、N. Batnasan は特定の鉱山の効果を示しているが、その他は、鉱山を特定せずに分析を行っている。

表 11.2.1 モンゴル国における鉱業セクターの経済分析に関する先行研究の例

	論文	ポイント
1	Amrita Batchuluun, et. al. “An analysis of mining sector economics in Mongolia”, global journal of business research, volume 4, number 4, 2010	<ul style="list-style-type: none"> モンゴルにおける経済成長について概観するとともに、鉱業セクターによる経済成長への貢献について説明している。 本論文は、先行文献のレビューを行うことにより、モンゴルの鉱業セクターにおける主要な課題と戦略的取り組みについて分析し、鉱業部門における戦略的取り組みを分析し、国際的な経験と実践に基づいて、適切な解決策を探るというものである。しかし、分析は銅鉱山の概況とその産出規模等を示すことにとどまっている。
2	SHAGDAR ENKHBAYAR, et. Al. “MONGOLIA'S INVESTMENT PRIORITIES. FROM A NATIONAL DEVELOPMENT. PERSPECTIVE.” SEPTEMBER 2010	<ul style="list-style-type: none"> 新たに作成したモンゴルの 2008 年版の社会会計マトリックス (Social Accounting Matrix) を活用して、モンゴルにおける 26 の優先度の高いプロジェクトの効果を分析した。 26 のプロジェクトに対する投資を分類し、鉱業優先、エネルギー優先、食料優先、インフラ優先、技術開発・教育優先という 5 つのシナリオに分類し、その効果を分析した。 その結果、どのシナリオも、国の開発アジェンダに重要な貢献をすることが示された。ただし、その効果の大きさや効果が生じるタイミングに差があることが分かった。具体的には、鉱業優先、エネルギー優先、食料優先は GDP の増加に早期 (2020 年まで) につながるが、インフラ優先、技術開発・教育は短期的には GDP 増加に早期につながらないが、2030 年くらいまでの長期を考えると、大きな GDP 増加につながるという結果が得られた。 なお、鉱業優先シナリオでは、Oyu Tolgoi, Tavan Tolgoi, 銅製錬、鉄鋼・冶金コンプレックスのプロジェクトの推進を前提としているが、これらのプロジェクトによって、鉱業関連セクターの全要素生産性の向上に年間 5% ずつ貢献するという形で仮説が設定されている。従って、個別のプロジェクトがどのように全要素生産性の向上に貢献しているかといった点までは分析が行われていない。
3	Ch.Altannar, Sh.Bolormaa, R.Enkhbat, T.Ouyngerel, D.Bayanjargal, E.Tsolmon, "Impact of mining industry on other sectors", Mission report of consulting service Ulaanbaatar city, December 21, 2011	<ul style="list-style-type: none"> 計量経済分析により、弱い傾向ではあるが、長期的にも短期的にも、鉱物の輸出が為替レート影響を与えており、オランダ病が発生している可能性があることを示した。 なお、鉱物輸出については、特定の鉱山を想定しておらず、モンゴル全体の輸出量を用いている。
4	N. Batnasan, "Mongolia's Mining-Based Development and Trade Policy", ERIA REPORT No. 109 2013 JANUARY	<ul style="list-style-type: none"> Oyu Tolgoi と Tavan Tolgoi に投資を行った場合の効果を Computable general equilibrium (CGE) モデルによって分析している。 投資の効果は、小規模の開放経済モデルにおける Oyu Tolgoi の生産増 (年 1.8 百万トンの精鉱生産、2013 年から)。Tavan Tolgoi の投資の効果 (年 20 トンの石炭生産もしくは年 40 トンの石炭生産の 2 つのシナリオを設定) と、さらに価格上昇の可能性を加えて 6 つのシナリオを設定し、分析を行っている。 シミュレーションの結果、これらの 2 つの巨大な投資プロジェクトによって、2020 年までに、モンゴルの GDP は 2011 年と比較して 7.56 倍まで急増するという結果が得られた。 シミュレーションの結果、鉱業を基本とした成長は、モンゴルの輸出拡大につながり、貿易収支を改善させるという結果も得られた。 他方で、オランダ病による経済への負の効果についても述べており、それを回避するために、貿易自由化を進めつつも、非鉱業セクターへの適切な投資政策を導入することなど、適切な政策が必要であることについても述べている。

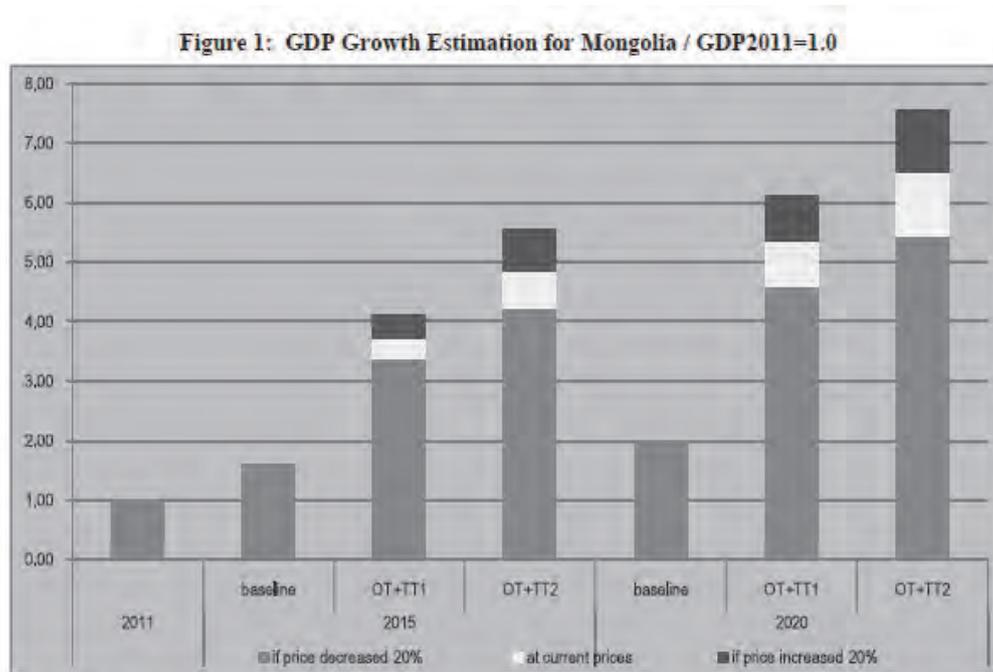
(出典：調査団作成)

Table 7: Macroeconomic Results
(Cumulative percent change in real 2010 PPP values, 2010-2030)

	Mining	Energy	AgFood	Infra	Ted
Output	38%	11%	33%	43%	80%
GDP	38%	11%	28%	48%	85%
HH Income	14%	8%	21%	33%	43%
Consumption	18%	12%	19%	36%	59%
Exports	41%	8%	43%	51%	96%
Imports	22%	6%	23%	35%	54%
CPI	-1%	-3%	4%	-4%	-10%
Wage	8%	0%	13%	11%	5%
Rental	-10%	4%	4%	6%	8%

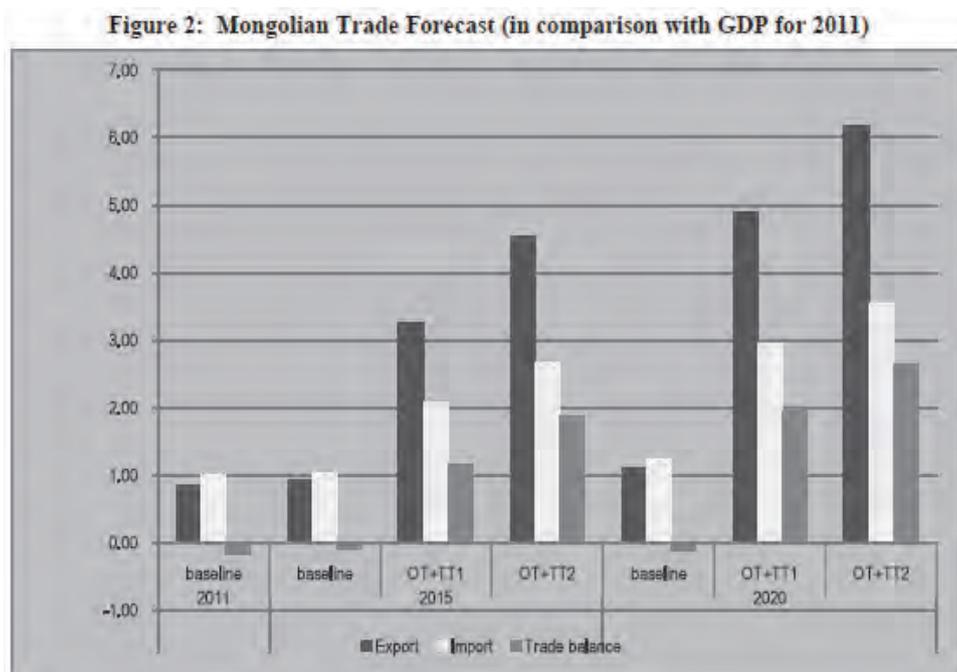
(出典：N. Batnasan, "Mongolia's Mining-Based Development and Trade Policy", ERIA REPORT, 2013)

図 11.2.1 シナリオ別の経済効果



(出典：N. Batnasan, "Mongolia's Mining-Based Development and Trade Policy", ERIA REPORT, 2013)

図 11.2.2 Oyu Tolgoi や Tavan Tolgoi の投資の効果 (対 GDP)



(出典：N. Batnasan, "Mongolia's Mining-Based Development and Trade Policy", ERIA REPORT, 2013)

図 11.2.3 Oyu Tolgoi や Tavan Tolgoi の投資の効果（対輸出）

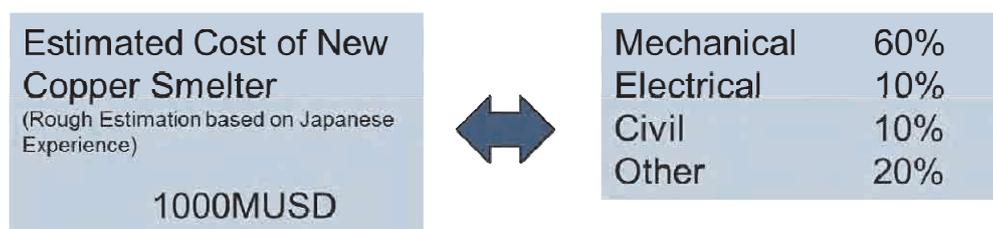
11.3 製錬所建設によるマクロ経済効果

11.3.1 分析手法と仮説

11.2 で示した先行研究は、鉱業分野に関する研究で、採掘・選鉱に対する投資の経済影響について分析したものである。現在のモンゴルの関心は製錬所の新設であるが、製錬所の新設による経済効果等についてとりまとめた先行研究は見つけることができなかった。したがって、本調査では、製錬所の新設による経済効果を産業連関分析により推計した。なお、今回の分析では、乾式製錬を前提に経済効果を分析することとした。

モンゴルの最新の産業連関表は2010年のデータに基づき作成されたものである。今回は、統計局が一般に公開している縦32セクター、横32セクターの産業連関表を活用した。なお、調査に当たっては、統計局から縦55セクター、横55セクターの産業連関表を提供頂いたが、欠損値となっている箇所が多数見られた。関連データが不足しており、欠損値を埋めることは極めて困難であるため、本調査では、縦32セクター、横32セクターを活用することとした。

推計にあたり、前提条件として、CAPEXや輸出入によって得られる収入等の仮説を設定した。製錬所は乾式製錬とし、CAPEXは生産能力を200,000 t/年として、約10億ドルと想定される。また、今回は、計算上、金属銅は100%輸出され、副産物として生じる硫酸は100%国内において有価で消費されるという仮定をして、経済効果を試算した。なお、金属銅は100%輸出されるという前提を置いているため、金属銅を原料として銅線は生産されないとしており、また、スラグ等も国内利用されないと想定している。



(出典：調査団作成)

図 11.3.1 CAPEXに関する仮説

表 11.3.1 生産物・副産物に関する出口条件仮説

生産物・副産物	用途	想定される顧客
銅 (200 千トン/年)	製品の原材料	<ul style="list-style-type: none"> ● 中国への輸出もしくは自国内消費が想定される。 ● 現状は 100%中国に輸出されると想定。(7,000 US\$/t)
硫酸 (588,480 トン/年)	肥料ないしは溶媒	<ul style="list-style-type: none"> ● 中国への輸出もしくは自国内消費が想定される ● 現状は 100%国内消費されると想定 (70 US\$/t)
銅加工品 (銅線)	建材として利用もしくは自動車部品	<ul style="list-style-type: none"> ● 中国への輸出もしくは自国内消費が想定される ● 現状は、関連産業が育っておらず、銅加工品は生産もされず、輸出も国内利用もされないと想定
スラグ	セメント、もしくは利用不可能	<ul style="list-style-type: none"> ● 中国への輸出もしくは自国内消費が想定される ● 現状は、国内需要がないため、国内利用されないと想定。

(出典：調査団作成)

11.3.2 暫定的な推計結果

まず、製錬所の建設については、1.8 兆トゥグルグ (Tg) の投資によって、国内において生産額が 1.3 兆 Tg 増加するとの結果が得られた (産業連関分析の性質上、何年後に発生するかは不明。ただし、当該年及び直近の年に発生すると予想される)。これは、直接効果と 1 次波及効果を合算したものである。

セクター	投資額 (白カトグルグ)	生産額 (白カトグルグ)	生産額 (白カドル)
1Crop production, related service activities	0	289	0
2Animal production, hunting	0	1,626	1
3I orestry and fishing	0	722	0
4Mining of coal and crude petroleum	0	45,610	26
5Mining of metal ores	0	16,455	9
6Other mining and quarrying	0	-924	-1
7Mining support service activities	0	7,207	4
8Manufacture of food products	0	943	1
9Manufacture of beverages and tobacco	0	96	0
10Manufacture of textiles; wearing apparel; leather and related products	0	3,057	2
11Manufacture of wood, paper and related products, printing and reproduction of recorded media	0	13,470	8
12Manufacture of coke and refined petroleum products; chemicals and chemical products	0	2,442	1
13Manufacture of other non-metallic mineral products and metal products	0	??,702	13
14Manufacture of machinery and equipment	1,251,250	650,554	364
15Other manufacturing	357,500	258,118	144
16Electricity, gas, steam and air conditioning supply	0	27,580	15
17Water supply, sewerage, waste management and remediation activities	0	4,090	2
18Construction	178,750	134,516	75
19Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	0	72,897	41
20Transportation and storage	0	18,859	11
21Accommodation and food service activities	0	2,247	1
22Information and communication	0	18,079	10
23Financial and insurance activities	0	11,817	7
24Real estate activities	0	18,638	10
25Professional, scientific and technical activities	0	16,220	9
26Administrative and support service activities	0	5,014	3
27Public administration and defence; compulsory social security	0	5,861	3
28Education	0	2,299	1
29Human health and social work activities	0	723	0
30Arts, entertainment and recreation	0	214	0
31Other service activities	0	1,538	1
32Other activities	0	0	0
	1,787,500	1,330,031	744

(出典：調査団作成)

図 11.3.2 投資の効果（生産額）

製錬所の建設そのものによる国内波及効果（前出の国内生産額の増加量 1.3 兆 Tg）が、投資額（1.8 兆 Tg）よりも低くなってしまふ理由は、機械製造業や建設業の輸入率の高さにある。製錬業の建設に必要なものを国内で調達できず、輸入に頼らざるを得ないために投資の効果が海外に流れてしまうことになる。

表 11.3.2 原材料の輸入率

産業セクター	原材料の輸入率
機械・装置製造 (Manufacture of machinery and equipment)	47%
その他産業 (Other manufacturing)	28%
建設 (Construction)	31%

(出典：統計局ウェブサイトより調査団作成)

セクター	投資額 (白カトグルグ)	付加価値額(白カ トグルグ)	付加価値額(白カド ル)
1Crop production, related service activities	0	112	0
2Animal production, hunting	0	1,173	1
3Forestry and fishing	0	335	0
4Mining of coal and crude petroleum	0	25,105	14
5Mining of metal ores	0	-10,073	-6
6Other mining and quarrying	0	-377	-0
7Mining support service activities	0	2,465	1
8Manufacture of food products	0	230	0
9Manufacture of beverages and tobacco	0	46	0
10Manufacture of textiles; wearing apparel; leather and related products	0	558	0
11Manufacture of wood, paper and related products; printing and reproduction of recorded media	0	4,714	3
12Manufacture of coke and refined petroleum products; chemicals and chemical products	0	643	0
13Manufacture of other non metallic mineral products and metal products	0	8,676	5
14Manufacture of machinery and equipment	1,251,250	156,054	87
15Other manufacturing	357,500	95,475	53
16Electricity, gas, steam and air conditioning supply	0	8,239	5
17Water supply; sewerage, waste management and remediation activities	0	1,190	1
18Construction	178,750	25,519	14
19Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	0	43,580	24
20Transportation and storage	0	8,714	5
21Accommodation and food service activities	0	502	0
22Information and communication	0	9,532	5
23Financial and insurance activities	0	7,647	4
24Real estate activities	0	14,157	8
25Professional, scientific and technical activities	0	6,467	4
26Administrative and support service activities	0	2,298	1
27Public administration and defence; compulsory social security	0	3,486	2
28Education	0	1,547	1
29Human health and social work activities	0	394	0
30Arts, entertainment and recreation	0	117	0
31Other service activities	0	787	0
32Other activities	0	0	0
	1,787,500	419,310	235

(出典：調査団作成)

図 11.3.3 投資の効果（付加価値）

さらに、金属銅の輸出が増え、精鉱の輸出が減るという仮定を置いて計算してみたところ、付加価値が年間 2,312 億 Tg 増加するという結果が得られた。

ただし、ここで問題があるのは、本来、精鉱の輸出が減る分は、金属銅の輸出が増える分によって、付加価値の減少を回避できるはずである。しかし、現在の産業連関表が、製錬業が存在しない現在のモンゴル国の生産構造に基づくものであるため、金属製品に関係するセクターがほとんど鉱業からのアウトプットを利用しないことになり、鉱業セクターの付加価値が減少してしまう。そして、当該セクターの輸入比率も高いため、下流側の金属製造セクターの生産増加が輸入増加に繋がってしまい、鉱業セクターの付加価値増加につながりにくいということになる。したがって、ここで算出した結果は実際に製錬所が建設された際の経済効果を低く見積もっていることになる。

また、硫酸が全量国内で消費されるとし、硫酸がトンあたり 70 US\$で販売されると仮定して計算を行ったところ、約 280 億 Tg の効果があると試算された。

さらに、労働者の収入増加によって生じる二次波及効果について試算してみた。労働者の収入をそれぞれ計算すると、投資に関する収入増が約 1,424 億 Tg、輸出の変化に関する収入増が 1,745 億 Tg、硫酸の消費増による収入増が約 81 億 Tg という結果が得られた。収入のうちどれくらい消費に回すかという消費性向については、データを入手することができなかったため、暫定的に 0.60 という値を使うことにした。

これにより、製錬所の建設により、投資の効果が 4,783 億 Tg、輸出増による効果が 3,036 億 Tg、硫酸の生産による効果が 313 億 Tg という結果が得られた。

	Change of Export (Million USD)	Change of Value Added (Million USD)
1Crop production, related service activities	0	135.6
2Animal production, hunting	0	3 033.5
3Forestry and fishing	0	5 338.8
4Mining of coal and crude petroleum	0	24 162.8
5Mining of metal ores	-1 487 557.5	- 970 100.5
6Other mining and quarrying	0	- 3 555.3
7Mining support service activities	0	- 1 367.5
8Manufacture of food products	0	1 587.0
9Manufacture of beverages and tobacco	0	70.9
10Manufacture of textiles, wearing apparel, leather and related products	0	706.6
11Manufacture of wood, paper and related products; printing and reproduction of recorded media	0	2 618.4
12Manufacture of coke and refined petroleum products; chemicals and chemical products	0	3 010.8
13Manufacture of other non-metallic mineral products and metal products	2 502 500.0	1 032 218.3
14Manufacture of machinery and equipment	0	202.7
15Other manufacturing	0	1 816.0
16Electricity, gas, steam and air conditioning supply	0	7 414.8
17Water supply; sewerage, waste management and remediation activities	0	1 695.1
18Construction	0	4 135.8
19Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	0	71 875.4
20Transportation and storage	0	- 1 590.1
21Accommodation and food service activities	0	- 45.4
22Information and communication	0	6 287.6
23Financial and insurance activities	0	12 932.4
24Real estate activities	0	19 703.1
25Professional, scientific and technical activities	0	1 742.5
26Administrative and support service activities	0	2 681.6
27Public administration and defence; compulsory social security	0	5 532.9
28Education	0	- 990.9
29Human health and social work activities	0	- 632.6
30Arts, entertainment and recreation	0	- 814.0
31Other service activities	0	1 448.8
32Other activities	0	0.0
		231 263.3

(出典：調査団作成)

図 11.3.4 輸出入の増減の効果（付加価値）

	Change of Exports (million USD)	Change of Value added (million USD)
1Crop production, related service activities	0	10,993
2Animal production, hunting	0	73.4
3Forestry and fishing	0	2.9
4Mining of coal and crude petroleum	0	1 282.8
5Mining of metal ores	0	- 282.9
6Other mining and quarrying	0	- 6.8
7Mining support service activities	0	363.2
8Manufacture of food products	0	- 42.7
9Manufacture of beverages and tobacco	0	23.3
10Manufacture of textiles, wearing apparel, leather and related products	0	13.2
11Manufacture of wood, paper and related products; printing and reproduction of recorded media	0	59.7
12Manufacture of coke and refined petroleum products; chemicals and chemical products	0	19 308.1
13Manufacture of other non-metallic mineral products and metal products	2 502 500.0	108.5
14Manufacture of machinery and equipment	0	5.8
15Other manufacturing	0	21.0
16Electricity, gas, steam and air conditioning supply	0	346.4
17Water supply; sewerage, waste management and remediation activities	0	39.9
18Construction	0	58.2
19Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	0	2 994.8
20Transportation and storage	0	1 192.9
21Accommodation and food service activities	0	31.5
22Information and communication	0	294.0
23Financial and insurance activities	0	323.8
24Real estate activities	0	397.2
25Professional, scientific and technical activities	0	196.7
26Administrative and support service activities	0	160.2
27Public administration and defence; compulsory social security	0	779.5
28Education	0	57.8
29Human health and social work activities	0	17.2
30Arts, entertainment and recreation	0	26.5
31Other service activities	0	17.0
32Other activities	0	0.0
		27 957.3

(出典：調査団作成)

図 11.3.5 硫酸の販売による効果（付加価値）

これを投資額 3.6 兆 Tg と比較するために、プロジェクト期間 20 年、割引率 (9.63%)として 20 年間の累積効果を試算してみた。この結果、投資額 1.8 兆 Tg に対する効果は、3.7 兆 Tg との結果が得られた。投資の効果は投資額を上回ると予想され、製錬所の建設は経済的に効果が有ることが分かる。

	投資による効果 (百万トゥグルグ)	銅輸出の変化による効果 (百万トゥグルグ/年)	硫酸(H ₂ SO ₄)の国内消費増による効果 (百万トゥグルグ/年)	合計
直接効果				
間接効果	419,310	231,263	27,957	678,530
誘発効果	59,005	72,303	3,336	118,009
合計	478,315	303,566	31,293	813,174

20年間の合計



*現在のGDPは1,413 billionトゥグルグ(2012年)
割引率(Discount rate)は9.63%

投資による効果 (百万トゥグルグ)	銅輸出の変化による効果 (百万トゥグルグ)	硫酸(H ₂ SO ₄)の国内消費増による効果 (百万トゥグルグ)	合計 (百万トゥグルグ)
478,315	2,906,361	299,601	3,684,277

(出典：調査団作成)

図 11.3.6 製錬所の新設による効果 (20年累計)

現在の産業連関表が、製錬業が存在しない現在のモンゴル国の生産構造に基づくものであるため付加価値の減少が発生することを回避するために、精鉱を輸出しても国内消費しても鉱山の付加価値には変化がないと仮定し、単純に銅を加工した分の付加価値増加分だけを考慮して計算してみた。銅の輸出額は2.5兆Tgであり、製錬業の含まれる産業である「Manufacture of other non-metallic mineral products and metal products」の付加価値率は0.382である。したがって、付加価値の増加分は9,560億Tgなる。また、労働者の収入増に伴う増加分は446百万Tgと小さい。合わせて9,564億Tgになる。なお、モンゴルの「Manufacture of other non-metallic mineral products and metal products」の付加価値率0.382は、主要な銅鉱石生産国のベースメタル製造業の付加価値率と比べて高い数値である。2000年代半ばにおけるベースメタル製造業の付加価値率は、チリでは0.267、アメリカ0.278、中国0.207、インドネシア0.224である。今後モンゴルにおいて本格的な精錬業を行った場合に、付加価値率がこれらの国々の平均になると仮定し、平均0.244をモンゴルにおける銅精錬の付加価値率と仮定すると、付加価値の増加分は6,106億Tgなる。また、労働者の収入増に伴う増加分と合わせて6,111億Tgになる。

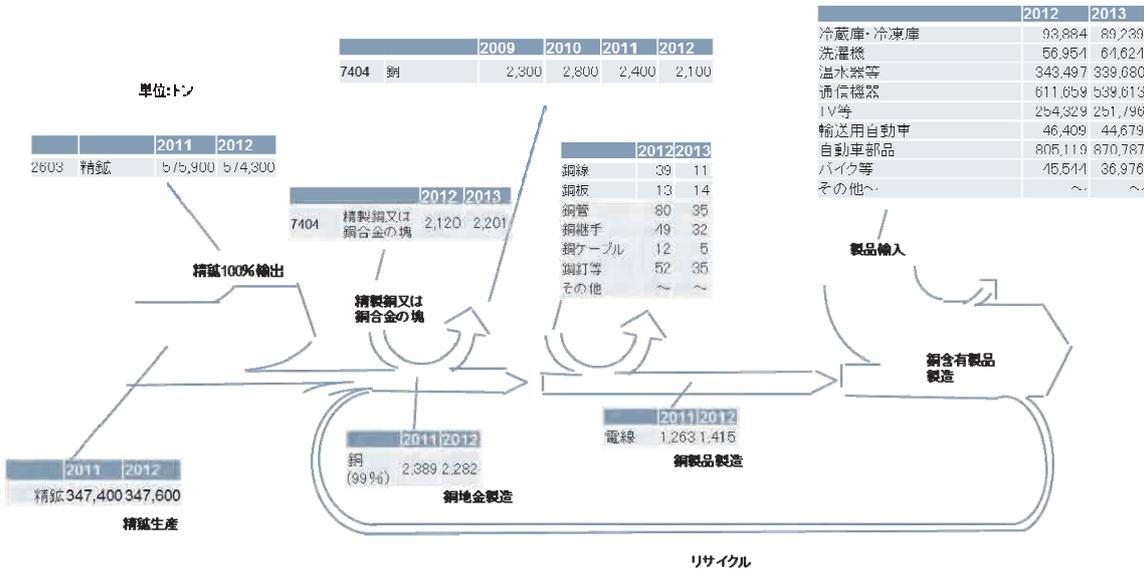
付加価値率は0.382とした場合の付加価値の増分9,564億Tgを20年間で評価すると、9.2兆Tgになり、投資効果と硫酸の効果も合わせると9.9兆Tgになる。なお、付加価値率を0.244とした場合は20年間で5.9兆Tgになり、投資効果と硫酸の効果も合わせると6.6兆Tgになる。

すべてが上手く行けば、製錬所の建設の経済効果が大きいということがわかる。ただし、これは銅の価格に大きく依存する。もし、銅の価格が半分になったら、経済効果は付加価値率を0.382とした場合に5.3兆Tg、付加価値率を0.244とした場合に3.7兆Tgとなり、経済効果も大きく低下することになる。

11.3.3 製錬業および下流産業の立地の妥当性について

副産物販売による経済波及効果は極めて小さいため、結局は銅の販売先を確保できるかどうかというのが鍵になる。今は、中国に全量輸出するという想定にしているが、国としてリスクが高くなるだけでなく、経済波及効果も小さくなってしまう。また、銅価格が下がると経済効果にも大きな影響がでると予想される。

さらに、精鉱が銅に変わっただけで、オランダ病の問題が根本的に解決できるわけではない。現在のモンゴルにおける銅関連製品をめぐるフローは以下の通り。製錬～最終製品までの生産がほとんど行われておらず、最終製品を輸入に頼るという経済構造になっている。これでは、製錬施設を建設したとしても、経済波及効果は低くなる。さらに、実際の事業自体としても、販売先を安定的に確保できなくなるため、製錬事業のリスクが高まることになる。モンゴルにおいて製錬事業が上手く行くかどうかは、下流産業をどれだけ育成できるかにもかかっていると考えられる。



(出典：統計局ウェブサイトより調査団作成)

図 11.3.7 モンゴル国における銅関連製品のフロー

11.3.4 課題と今後の作業

以上の推計結果は、まだまだ改善しなければならない点が多く残っている。

例えば、精鉱の輸出が減る分は、金属銅の輸出が増える分によって、付加価値の減少がカバーできるはずなので、産業連関表の値を外生的に修正する必要がある。単純に銅を加工した分の付加価値増加分だけを考慮して計算してみたが、波及効果を適切に考慮できていないと考えられる。一部、データの整合性が取れていないところもある。消費性向も、モンゴルの実情に合っていない可能性があるため、見直しが必要である。

また、産業連関表で、鉱業セクターの投資がマイナスになっているが、これは恐らく在庫を取り崩して販売しているものと思われる。この点についても確認する必要がある。

投資額、銅の価格、銅の輸出可能性、硫酸の国内需要や輸出可能性について確認する必要があるが、これは、詳細なフィージビリティスタディを必要とする。

より正確な経済波及効果を分析するには、CGE モデルによる分析も必要である。モンゴルにとって重要な事業であることを考えると、将来的にはモンゴル国立大学と連携し、長期的な分析プロジェクトを進めることも必要だと考えられる。

11.4 モンゴル銅産業の展開シナリオと経済波及効果

11.3 項で述べたマクロ経済効果の議論とは別に、むしろミクロ的視点からモンゴル国における今後の銅産業に関して以下の 3 通りのケースでの事業展開を想定した。それぞれのケースでモンゴル国政府へのロイヤルティー・税収、国外への輸出額、国内産業の売上等の金額から、製錬業や銅加工業を持たない現状と比較して国内への経済波及効果がどの程度まで拡大するか考察した。

- シナリオ 1：鉱山業だけの展開
- シナリオ 2：鉱山業に加えて銅製錬業を展開
- シナリオ 3：鉱山業、銅製錬業および銅加工業・硫酸化学工業まで展開

但し、各シナリオに関しては下記の条件で市場規模の計算を行った。

- 銅量換算で生産量 200 千トン/年の銅鉱山と製錬所のケースで売上高を計算した。
- 硫酸を含む製錬所の生産量の内 20%（銅 40 千トン/年、硫酸 117 千トン/年）をモンゴル国内の銅加工・硫酸化学工業で消費し、残り 80%の銅地金・硫酸は国外輸出とした。銅加工品・硫酸化学品の輸出比率は 100%とした。
- 鉱山業、製錬業、銅加工業・硫酸化学工業はいずれも収益性に関しては一切考慮せず、売上高だけを試算した。売上の計算に使用した前提条件は銅価格 (3.2US\$/lb)、硫酸価格 (CFR：70 US\$/t)を始めとして、製錬所の経済性の検討 (7.2.3 節) で使用したものと同一である。
- 銅加工業・硫酸化学工業の売上高は、総原価に占める直接材料費の比率を 32%、利益率は 5%、直接材料費は使用する銅地金或いは硫酸の価格として、売上高=(材料費÷32%)×1.05 で計算した。製造業では総原価に占める直接材料費の他、購入部品費、外注加工費を含む原材料費の比率が 50%以上、或いは 80%を占めるとも言われているが、ここでは統計の信頼性から中小企業庁の調査結果から日本の中小企業(従業員 300 人以下、資本金 3 億円以下)の製造業の数値を採用した(中小企業庁「平成 20 年調査の概況」)。

(1) シナリオ 1：鉱山業

鉱山業だけの展開で現状と同じシナリオである。このシナリオではモンゴル国内の売上及び輸出額ともに 1,261 百万 US\$/年となる。一方、精鉱を輸出した国外の製錬所には 192 百万 US\$/年の収入がある(図 11.4.1)。モンゴル政府には、鉱山からのロイヤルティー 71 百万 US\$/年と税収が入り、鉱山側の正味の収入はロイヤルティーを除く 1,191 百万 US\$/年となる。

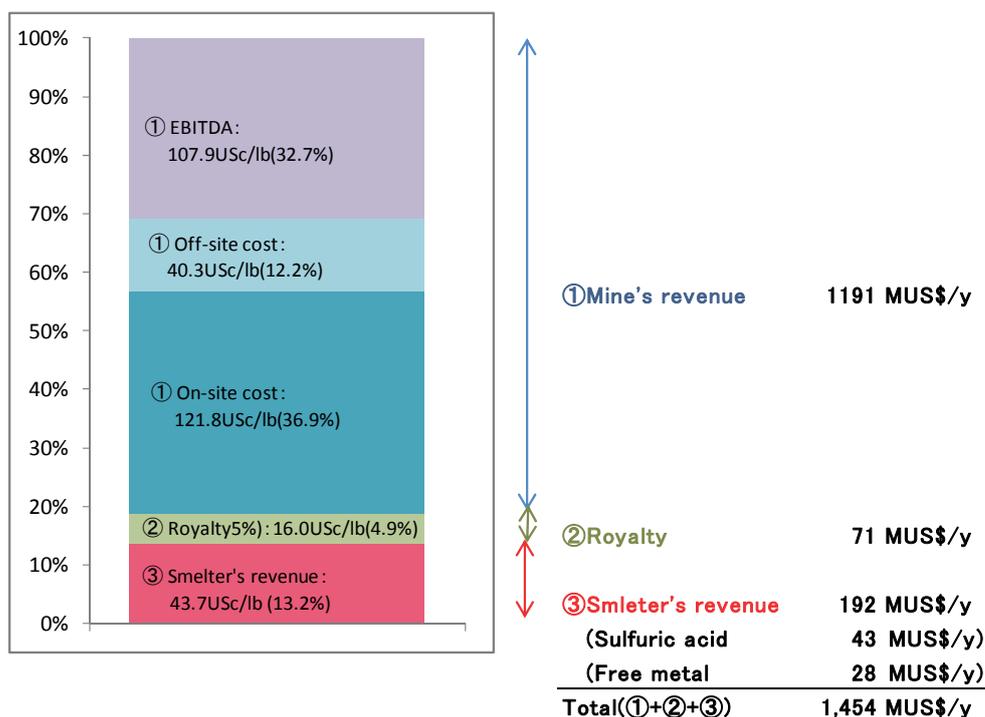
現状と同一条件である。

(2) シナリオ2：鉱山業＋製錬業

このシナリオでは製錬所を新たに建設して、国内銅鉱山の精鉱を処理して生産された銅地金と硫酸は全量を輸出する。シナリオ1に比べて192百万US\$/年増加して、1,454百万US\$/年の国内生産額および輸出収入を得ることができる。いずれもシナリオ1の1.15倍である。200千トン/年の生産規模で1,000百万US\$程度或いはそれ以上と推定される多額の製錬所建設費用をかけても、年間で192百万US\$程度の輸出増加に留まる。従って、192million US\$から操業コストを負担した上で利益を捻出して1,000百万US\$前後の投資金を回収するには、長期間を要することが容易に想定される。或いは投資金が回収できない可能性も否定できない。一方、モンゴル政府にとっては鉱山からのロイヤルティー・税収に加えて、製錬所からの税収があるため収入は増加し、雇用も増大する(表11.4.1)。

(3) シナリオ3：鉱山業＋製錬業＋銅加工・硫酸化学工業

銅地金・硫酸生産量の20%相当を国内で加工し、残り80%の未加工分と合わせて全量を国外輸出するケースである。前記した条件に基づいて20%相当の銅地金・硫酸を原料とする銅加工・硫酸化学工業の売上額は954百万US\$/年となる。その結果、国内生産額は2,408百万US\$/年となる。輸出額は、生産された銅地金・硫酸の80%及び残り20%を銅加工・硫酸化学工業で付加価値をつけた生産額の合計で2,117百万US\$/年となる(表11.4.1)。シナリオ1と比較して国内生産額で1.9倍、輸出額で約1.7倍となる。シナリオ1、2と比較して鉱山からのロイヤルティー・税収の他に製錬所・銅加工・硫酸化学工業からの税収が入るため政府収入は増加し、雇用も更に増大する(表11.4.1)。



(出典：調査団作成)

図 11.4.1 鉱山および製錬所の収入とロイヤリティー

表 11.4.1 モンゴル国における銅事業展開シナリオ

(million US\$)

Business Models	Total Revenue	Exports Value	Royalty+ tax	Industries' Profitability	Employment
(1) Only Copper Mines					
Copper mine industry	1,191	1,261	$\alpha 1(*1)$	AAA	AA
Royalty	71	-	71	-	-
Entire Mongolia	1,261	1,261	$71 + \alpha 1$	AAA	AA
(2) Copper mines + Smelter					
Copper mine industry	1,191	0	$\alpha 1$	+AAA(*2)	AA
Smelter	192	1,454	$\alpha 2(*1)$	-A~0(*3)	A
Royalty	71	-	71	-	-
Entire Mongolia	1,454	1,454	$71 + \alpha 1 + \alpha 2$	AAA~-AAA	AAA
(3) Copper mines + Smelter + Fabrication					
Copper mine industry	1,191	0	$\alpha 1$	+AAA	AA
Smelter(*1)	192	1,163	$\alpha 2$	-A~0	A
Fabrication+Chemical(*1,*5)	954	954	$\alpha 3(*1)$	A	A
Royalty	71	-	71	-	-
Entire Mongolia	2,408	2,117	$71 + \alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3(*4)$	+AAA	AAAA

(出典：調査団作成)

*1： $\alpha 1 \sim \alpha 3$ は企業(鉱山、製錬、加工) に対する法人税および所得税。

*2：+AAA としたのは、輸送コスト分だけ鉱山側にプラスとなるため。

*3：製錬収益性はマイナスの可能性もあるが、最低限0とした。

*4： $\alpha 1 < \alpha 1 + \alpha 2$ あるいは $\alpha 1 < \alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3$ になるとは限らない。

(4) まとめ

以上、単純化した 3 通りの銅事業の展開シナリオにより、一定の条件を設定した上で経済波及効果の定量的評価と、政府税収及び雇用に関して定性的評価を試みた。3 通りのシナリオに関する経済波及効果と言っても銅鉱山、製錬所及び銅加工・硫酸化学工業の個別の事業採算は考慮せず、単に売上額だけに基づく定量的評価である。またモンゴル国内の諸事情及び世界の政治経済的要因の影響を受けて更に複雑化するために、実際の展開がどうか正確に予測する事は極めて困難である。一方である程度の確度をもって予測可能な事項あるので、以下に列挙する。

- ▶ 製錬所を建設しても、当面の直接的な経済波及効果は鉱山事業だけの展開のケースの 1.15 倍と初期投資額に比して小さい。しかし、製錬所建設の場所次第では、従来負担していた精鉱輸送費が安くなり国内銅鉱山の経営にはプラス要因となる。
- ▶ 銅製錬所だけではなく、銅加工・硫酸化学工業を合わせて展開するシナリオ 3 で、経済波及効果は更に底上げされ、製錬所の製品の 20%を原料とするだけで国内生産額は 2 倍近くになる。更に今回の検討には含めていないが、銅加工・硫酸化学工業の初期投資額は、銅製錬所に比べて事業の売上高で比較すると少額で済むため経済規模だけで見ると効率が良い。
- ▶ またシナリオ 3 では、時間はかかるが下流を支える周辺の関連ビジネス・事業の発展が長期的には期待できる。これら下流産業には機械・電気関連の修理或いは部品・機器製造、住宅・建設、流通・貿易など産業基盤となる事業が含まれているため、モンゴル全体の経済を底上げする効果が期待できる。
- ▶ 従って、もし製錬所を建設するのであれば、国全体の産業基盤を作り、国民全体の技術レベルの向上を図り、更に雇用を創出するためにも、製錬所の製品の一部を材料として銅加工・硫酸化学工業を展開する事が望ましい。また短兵急に事を急がずかつ最初から大規模なスケールで事業展開をするのではなく、長期的視点から外資の資本・技術を活用しながら計画を進める事が重要である。

銅事業に関する大筋での方向性を策定し、更に個別の事業に対しては外資が参入し易いように手続きの簡素化・税制等の透明化の推進に政府は注力し、個々の事業に対する介入は最小限にする事が望ましい。ただ、鉱山業と違い利益率の低い製錬業に外資は参入を望まない可能性が高いので、税制面での優遇措置等の適用は必要であろう。また外資企業に対しては、一定期間経過後に操業が安定化した後には外国人技術者の比率を抑制し、技術移転を進める事が重要である。

第12章 環境社会配慮

12.1 環境関連法規

12.1.1 環境基本法としての「環境保護法」

モンゴル国の環境保護法（Environmental Protection Law of Mongolia, 1995）は、健康で安全な環境のもとで、生活する人々の人権、自然と調和した社会経済の発展、現在および将来の世代の保護、自然資源の適切な利用、利用可能資源の回復を保障するために、国家、市民、企業と機関の関係を規定することを目的としている。この目的を実現するために、自然環境を保護する基本方針の実現にあたり、国は以下の原則に従うものとしている。

- ① 人の生活、労働、余暇における快適な自然環境条件を整備する。
- ② 生態系の持続ある経済発展と自然環境の均衡を確保する。
- ③ 科学的根拠に基づく自然資源の適切な利用条件を充足する。
- ④ 自然環境を保護し、自然資源を利用する事業内容の決定の透明化を図る。

本法は、自然環境に悪影響を与える可能性のある活動から、次の資源の保護を対象としている。

- ① 土地および土壌
- ② 地下資源および鉱物
- ③ 水
- ④ 植物
- ⑤ 動物
- ⑥ 大気

国民はこれらの資源に悪影響が与えられた場合には、その損害の責任を有する者に対し、損害賠償、復旧のための費用負担の訴えを提起する権利を有する。

一方で、環境保護法に違反した場合は、刑罰および行政罰の対象となり、刑法罰の対象とならない場合は、以下の賠償金が課される。なお、賠償金額は汚染の対象および地域により異なる。

- 企業および機関：50,000～100,000 Tg
- 政府職員による環境保護予算の流用：10,000～20,000 Tg
- 企業および機関による環境保護予算の流用：75,000～150,000 Tg
- 市民が法に定める要求に応じない場合：10,000～20,000 Tg
- 企業および機関が法に定める要求に応じない場合：150,000～200,000 Tg

12.1.2 環境影響評価法

モンゴル国の環境影響評価法（Law on Environmental Impact Assessment, 1998）は、環境保護、生態系保護、天然資源の利用、環境影響評価およびプロジェクト開始に関する意思決

定、について規定することを目的としており、要求事項、スクリーニング、環境影響評価の実施およびレビューの手順について定められている。

本法により規定された環境影響評価 Environmental Impact Assessment（以降、EIA と称する）は、鉱業を始めとする自然環境に影響を与える新規および拡張プロジェクトにおいて、その実施者が申請することが義務付けられている。EIA は大きく分けて概略的環境影響評価；General Environmental Impact Assessment（以降、GEIA と称する）と詳細環境影響評価；Detail Environmental Impact Assessment（以降、DEIA と称する）の2段階で構成されており、その申請、承認手続きは以下の通りである。

- ① 概略的環境影響評価（以下 GEIA）のスクリーニング
- ② 詳細環境影響評価（以下 DEIA）の実施（必要な場合のみ）
- ③ 環境保護計画（EPP; Environmental Protection Plan）、環境モニタリングプログラム（EPM; Environmental Monitoring Plan）の承認

なお、鉱業分野においては、探査権を取得する際に GEIA を、また採掘権を取得する前に DEIA の承認を得る必要がある。また、探査権および採掘権を取得しようとする鉱区の周辺に既存鉱区が存在する場合、取得しようとする鉱区の範囲だけでなく、これらの周辺鉱区の範囲を含めた累積環境影響評価（CEIA; Cumulative Environmental Impact Assessment）が必要となる場合がある。

① スクリーニング

スクリーニングは、プロジェクト実施者が採掘権などの各種ライセンスを取得する前に自然環境・グリーン開発省および地方自治体担当局に、GEIA 報告書を提出することから開始される。自然環境・グリーン開発省および地方自治体は、プロジェクト実施者から GEIA 報告書を受領した日から 12 日営業日以内にその内容について、以下の 4 種類の判断を決定する。

- ・ DEIA を実施せずに、プロジェクトの開始を承認する
- ・ 一定条件において DEIA を実施せずに、プロジェクトの開始を承認
- ・ DEIA の実施を要求
- ・ 却下もしくは、再提出

② DEIA

スクリーニングにおいて DEIA が必要と判断された場合、プロジェクト実施者は以下の事項を調査し、自然環境・グリーン開発省および地方自治体に提出する。

- ・ 対象地域の環境に関するベースライン、指標
- ・ 計画の技術的な代替案
- ・ 環境に対するインパクトの緩和、解決策
- ・ 環境に対するインパクトの影響規模、範囲に関するシミュレーション
- ・ リスクアセスメント
- ・ 環境保護計画（EPP; Environmental Protection Plan）

- ・ 環境モニタリングプログラム (EPM; Environmental Monitoring Plan)
- ・ 対象地域の住民、地方自治体議会の代表者の意見
- ・ 対象地域に位置する文化財保護
- ・ プロジェクトの環境復旧計画

提出された DEIA 報告書は、自然環境・グリーン開発省内に設置される評価委員会において審議され、コメントおよび改善指示、または必要に応じて追加調査を指示される。これらの改善指示などが、プロジェクト実施者において実施された後に自然環境・グリーン開発省によって承認される。

③ 環境保護計画 (EPP; Environmental Protection Plan)、環境モニタリングプログラム (EPM; Environmental Monitoring Plan) の承認

GEIA および DEIA により調査・立案された内容を実施し、継続的にモニタリングを実行していく目的に、プロジェクト実施者は環境保護計画と環境モニタリングプログラムを自然環境・グリーン開発省および地方自治体に毎年提出し、実施することが求められている。

環境保護計画は、プロジェクトが与える環境へのインパクトとその低減方法および費用、実行期間を示し、一方環境モニタリングプログラムは、プロジェクト実施中の環境モニタリングの手順、手法、分析方法および費用、実行期間を報告書に記載する。

プロジェクト実施者は、環境保護計画および環境モニタリングプログラムを提出した後に、当該プロジェクトの環境保護実施内容および環境モニタリング結果を、毎年 2 月に自然環境・グリーン開発省および地方自治体に報告する。この報告を受けて、自然環境・グリーン開発省は検査を実施し、検査結果および指導内容を、次年度の環境保護計画および環境モニタリングプログラムに反映させることで、継続的な環境対策およびモニタリングの実施が図られている。

なお、鉱業分野以外のプロジェクト実施者は、環境保護に係る担保金として、毎年環境保護計画に係る費用のうち、5 割以上の金額を地方自治体に納めることが規定されている。一方当該事項において鉱業分野は対象外となっているが、鉱物資源法によって環境保全に必要となる費用の 50% を特別口座に積み立てる措置が規定されている。

④ 戦略的環境影響評価 Strategic Environmental Assessment (以降、SEA と称する)

SEA は、省庁が立案する政策、プログラム、計画に対して、自ら実施する EIA である。2012 年の法改正により新たに規定された項目である。提出された SEA 報告書は、評価委員会において審議され自然環境・グリーン開発省が承認し政府に提出される。

12.1.3 その他環境関連法

モンゴル国における、環境関連法は先に述べた環境保護法を基本法として、幾つかの関連法により動植物などが保護されているほか、貴重な動植物が生息する区域は特別保護区法により保護区が設定されている。また、大気、水質、土地に関連する法律があり、それらの各規則が整備されている。モンゴル国の環境関連法を表 11.1.1 に示す。

表 12.1.1 モンゴル国環境関連法

	Documents	Year
General	Law on Environmental Protection	1995
	Decree on Environmental Audit	2013
	Law on Environmental Impact Assessment	2012
	Regulation of EIA	2012
Protected Area	Law on Special Protected Areas	1994
	Law Buffer Zone	1997
Ecology	Law on Forests	2012
	Law on Hunting.	2012
	Law on regulation of export and import of endangered species of flora and fauna	2002
	Law on Natural Plants	2012
	Law on Natural Plant Use Fees	2012
	Law on Plant Protection	2006
	Law on Subsoil	1998
Others	Law on Water	2012
	Law on Water and Mineral Water Use Fees	2001
	Law of land	2002
	Law on Air	2012
	Law on Air Pollution Fee	2010
	Law on Sanitation	2012
	Law on Solid Waste	2010

(出典：調査団作成)

① 閉山に伴う関係法令

また、鉱業分野において閉山後の管理と環境保護は非常に重要な事項である。2012年以前は閉山について“鉱山の一時のおよび完全閉山規則（2003）”によって規定されており、閉山に関する手続きおよび文書管理を国家専門総庁が所管していた。

しかし、2012年5月17日付での鉱業法および環境に関連する総合法令の改定により、これらの業務が国家専門総庁から自然環境・グリーン開発省に移管されている。また、2012年の環境影響評価法の改定により、閉山についても規定されることとなった。これによると採掘権保有者は、閉山の2年前に閉山計画を鉱業省に提出しなければならない義務が規定されている。提出された閉山計画書は、鉱業省から自然環境・グリーン開発省に回覧され、同省から閉山計画に対する指示、意見などを採掘権保有者に出されることになる。但

し、閉山に関する詳細な規定は、改定された環境影響評価法に基づき、今後規則が整備される予定である。

② 水資源法および水利用料金の修正規定

モンゴル国の水資源に関する法規制は、水資源の保護と持続可能な管理を目的に、水資源法（1995）により河川の流域管理、水資源の保護や適正利用が行われている。また、鉱山開発などにおいて利用する工業用水は、水資源もしくはミネラル水使用料法（1995）および水利用料金の修正規定により定められており、各鉱山は使用量および料金について、毎年契約を更新する必要がある。

12.1.4 環境基準

鉱業分野における環境基準は、大気汚染原因である SO_x、NO_x、PM の排出許容量や、鉱山における採掘活動に伴う破壊地の復旧や、地下水汚染物質許容値などがモンゴル国家標準規格（MNS）などにより定められている。鉱業分野に関連する環境基準を表 11.1.2 に示す。

①大気的一般汚染物質に関する環境基準

大気汚染物質については、鉱山開発においては、採掘を行う重機およびその他の車両から SO_x、NO_x、PM などの大気汚染物質が発生するほか、発電設備を備える場合は燃料の燃焼に伴い、同様に上記の汚染物質が大気中に排出される。モンゴル国においては、モンゴル国家標準規格（MNS4585:2007）により、大気中の一般汚染物質濃度が規定されている（表 11.1.3）。これらの許容基準値を WHO ガイドラインと比較すると、SO_x、NO_x、O₃ はほぼ同等であるが、PM₁₀ および PM_{2.5} は約 2 倍の基準値となっている。

②排水中の汚染物質に関する環境基準

鉱山から排出される排水は、精鉱工程に用いられる工業用水、事務所・宿泊設備などからの生活排水および鉱山敷地内に流入する雨水および地表水がある。一般的に、硫化鉱物と雨水などが化学反応することにより、酸性排水が発生する。銅鉱山においては、重金属および酸性排水が、周辺環境に悪影響を及ぼす可能性があり、適切な処理が必要となる。モンゴル国においてはモンゴル国家標準規格（MNS4943:2011）により、排水中の各項目の許容基準値が定められている（表 11.1.4、表 11.1.5）。これらは IFC のガイドライン値と比較すると、概ね同水準である。また IFC では、排水中の許容基準値を 20 項目にいて設定しているが、モンゴル国家標準規格（MNS4943:2011）においては、より詳細に 43 項目について、規定している。

表 12.1.2 モンゴル国環境関連基準

MNS No.	Documents	Year
MNS 0900	Environment, health protection, safety, drinking water. Hygienically requirements, assessment of the quality and safety	2005
MNS 2570	To determine freshness of water	1979
MNS 2573	Surface water - To determine concentration of phenol compound	1978
MNS 3342	Surface water - To protect groundwater from pollution	1983
MNS 3532	Surface water - To determine the concentration of lead	1986
MNS 3597	Surface water - To protect ground and surface water	1983
MNS 0017-1-1-14	Surface water - Types of water use	1979
MNS 3934	Drinking and industrial water - To conduct chemical analysis, store, transport and take samples	1988
MNS 3936	Drinking and industrial water- To analyse	1986
MNS 4047	Surface water - Water quality analysis	1992
MNS 4236	Water supply - Requirements on Central Waste Water Plant and Water Supply	2003
MNS 4288	General requirements for selecting a site for wastewater treatment plants and treatment technologies and effectiveness	1995
MNS 4341	Industrial water - To determine concentration of manganese	1996
MNS 4345	Industrial water - The approach for preparing water for chemical analysis	1996
MNS 4348	Industrial water - To determine concentration of copper	1996
MNS 4431	Industrial water - To determine concentration of nitrate compound	1996
MNS 4585	Environmental standards on air quality	2007
MNS 4586	Water - environmental quality	1999
MNS (ISO) 4867	Water quality - Taking a sample. The approach of storing and transporting the sample.	2000
MNS (ISO) 4889	Drinking water - To determine the electroconductive characteristics of water	1999
MNS 4943	Water quality - Waste water standard	2001
MNS 4943	Effluent treated wastewater. General requirements	2011
MNS 494300	Standard on water quality, wastewater and general technical requirements	1982
MNS 5032	Water quality - To determine the concentration of heavy metal by X-ray and fluorescence analysis	2001
MNS (ISO) 566-1300	Standard on Water Quality: Guidelines for Taking Water Samples and Samples from Sludge in Wastewater Treatment Plants	1980
MNS (ISO) 5667-1	Water quality - To install the program of taking sample	2002
MNS (ISO) 5667-10	Water quality - Taking samples of waste water	2001
MNS (ISO) 5667-2	Water quality - Taking samples from natural and artificial lake	2001
MNS 5885	Tolerance range of concentration of air pollutants - Technical Requirements	2008
MNS 5915	Classification of land disturbed by mining activities	2008
MNS 5916	Requirements for determining fertile soil removal and its temporary storage during earth excavation	2008
MNS 5917	Reclamation of land disturbed by mining activities - General technical requirements	2008
MNS 5918	Re-vegetation of disturbed Land - Technical requirements	2008
MNS 6063	Air quality - Tolerable concentration of air pollutants in public areas	2010
MNS 6148	Water quality, maximum limits of substance contaminating the groundwater	2010
MNS0017-1-1-10	Water use and protection – methods	1980
MNS (ISO) 11083	Water quality - To determine chromium concentration by spectrometry with 1.5 diphenylcarbazide	2001
MNS (ISO) 11923	Water quality - To determine the amount of solid substances in water by filtering	2001

(出典：調査団作成)

表 12.1.3 大気的一般汚染物質に関する環境基準

	Measurement average duration / time	Mongolin standard MNS4585:2007	WHO ambient air quality guidelines	Unit
		Allowable contents and allowable levels	Guideline value	
Sulfur dioxide (SO ₂)	10 minutes	500	500	µg/m ³
	20 minutes	450	-	
	24 hours	-	20	
	1 year	10	-	
Carbon monoxide (CO)	30 minutes	60,000	-	µg/m ³
	1 hour	30,000	-	
	8 hours	10,000	-	
Nitrogen dioxide (NO ₂)	20 minutes	85	-	µg/m ³
	24 hours	40	-	
	1 hour	-	200	
	1 year	30	40	
Ozone (O ₃)	8 hours	100	100	µg/m ³
Soot and dust (total substance weight)	30 minutes	50	-	µg/m ³
	24 hours	150	-	
	1 year	100	-	
PM ₁₀	24 hours	100	50	µg/m ³
	1 year	50	20	
PM _{2.5}	24 hours	50	25	µg/m ³
	1 year	25	10	
Lead (Pb)	24 hours	1	-	µg/m ³
	1 year	0.5	-	
Benzopyrene (C ₂₀ H ₁₂)	24 hours	0.001	-	µg/m ³

(出典：WHO MNS4585, 2000 & WHO Air Quality Guidelines Global Update, 2005)

表 12.1.4 排水中の汚染物質に関する環境基準（1）

	Mongolin standard MNS4943:2011	IFC guidelines	Unit
	Range / Mazimum allowance	Guideline value	
Water temperature	20	<3 degree differential	°C
Odour	no odour	-	Sense
pH index	6-9	6-9	mg/l
Biochemical Oxygen Demand	20	30, 50	mg/l
Chemical Oxygen Demand	50	125, 150	mg/l
Permanganate oxidation	20	-	mg/l
Suspended Solids	50	50	mg/l
Dissolved salt	1,000	-	mg/l
Cyanide	0.2	1 (free cyanide 0.1)	mg/l
Mineral oil	1	-	mg/l
Fat oil	5	10 (Oil & Grease)	mg/l
Sulphide	0.5	-	mg/l
Cu	0.3	0.3	mg/l
Cd	0.03	0.05	mg/l
Mg	0.5	-	mg/l
Hg	0.001	0.002	mg/l
As	0.01	0.1	mg/l
Ni	0.2	0.5	mg/l
Se	0.02	-	mg/l
Be	0.001	-	mg/l
Co	0.02	-	mg/l
Ba	1.5	-	mg/l
Sr	2	-	mg/l
V	0.1	-	mg/l
U	0.05	-	mg/l
Fe	1	2	mg/l
Pb	0.2	0.2	mg/l
Total Cr	0.3	-	mg/l
Cr (VI)	0.1	0.1	mg/l
Zn	0.5	0.5	mg/l

(出典：MNS4943:2011, IFC)

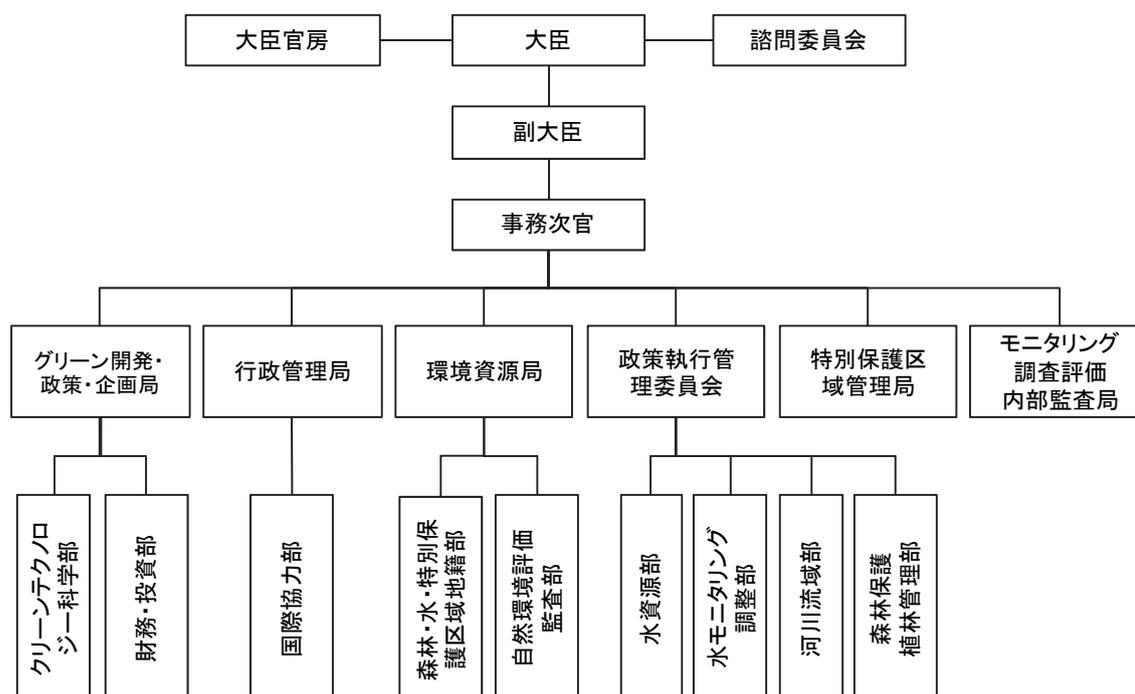
表 12.1.5 排水中の汚染物質に関する環境基準（2）

	Mongolin standard MNS4943:2011	IFC guidelines	Unit
	Range / Mazimum allowance	Guideline value	
NH4+	6	-	mg N/l
Al	0.5	-	mg/l
Sb	0.05	-	mg/l
Mo	0.5	-	mg/l
B	0.3	-	mg/l
Total N	30	10	mg/l
Total P	1.5	2	mg/l
Organic P	0.2	-	mg/l
Phenols	0.05	0.5	mg/l
Trichloroethylene	0.1	-	mg/l
Tetrachlorethylene	1	-	mg/l
Remaining chlorine	0.1	-	mg/l
Pathogens and other irregular bacteria	not detectable in 1 mg/l	400	

(出典：MNS4943:2011, IFC)

12.2 環境関連行政機関

モンゴル国における、環境関連行政は自然環境・グリーン開発省が所管している。同省は、モンゴル国内の自然環境の保全、政策立案と執行、特別保護区の管理、EIA に関する評価・承認を行っている。図 11.2.1 に自然環境・グリーン開発省の組織図を示す。



(出典：自然環境・グリーン開発省)

図 12.2.1 自然環境・グリーン開発省組織図

12.3 鉱山における環境保全の取り組み

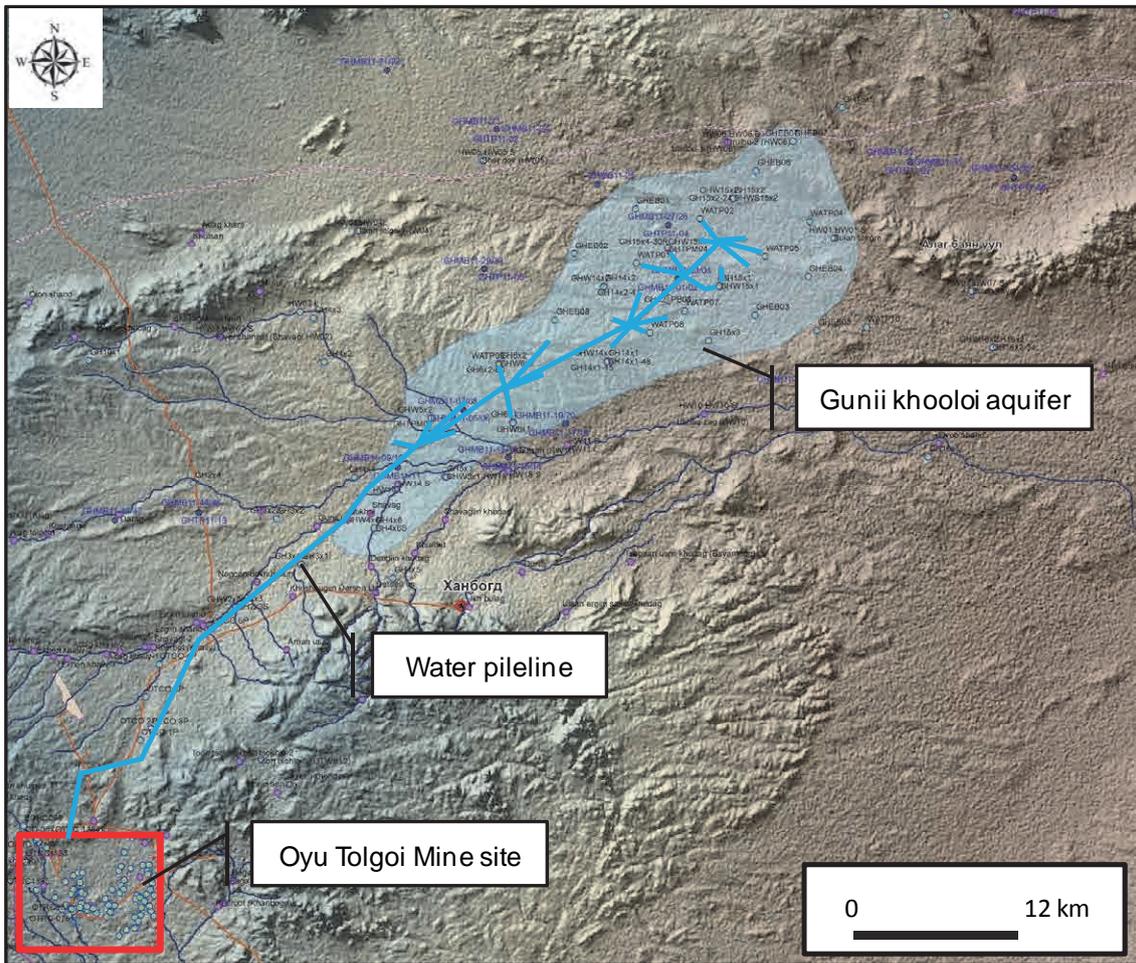
モンゴル国では各鉱山開発プロジェクトの実施に際し、環境保護計画（EPP）、環境モニタリングプログラム（EPM）を立案、計画、実施することが義務付けられており、このうち Oyu Tolgoi 鉱山では EPP および EMP 年次報告書を Web サイトで公開している。Oyu Tolgoi 鉱山で実施されているこれらの環境保全活動の内容を以下に記す。

12.3.1 水資源

Oyu Tolgoi 鉱山で使用される工業用水および生活用水は、主に鉱山から北東約 82km に位置する Gunii khooloi 帯水層の地下水を利用している（図 12.3.1）。この Gunii khooloi 帯水層は、2003 年から 2007 年の探査において 68 億 m³ の地下水の賦存が確認されており、Oyu Tolgoi 鉱山ではこの内の約 20% の利用許可を自然環境・グリーン開発省などから得て、現在利用している。

鉱山内で使用される用水は、この帯水層から 28 箇所の井戸により揚水され、5 機の送水ポンプを経由してパイプライン（最大送水量；900 リットル/秒）により貯水池（最大貯水量；200,000 m³）まで送られている（写真 12.3.1）。

Oyu Tolgoi 鉱山では、この帯水層からの揚水量を最小限に留めるために利用量の 80% のリサイクルを計画しており、2013 年は 83% を達成している。また、Oyu Tolgoi 鉱山内や Gunii khooloi 帯水層には、500 箇所以上のモニタリング箇所が設置されており、定期的に水位・水質の計測が行われている。



(出典 : Oyu Tolgoi Technical Report, 2013)

図 12.3.1 Gunii khooloi 帯水層および送水パイプライン



(注) 黒色の蒸発防止シート下に貯水されている)

(出典 : 調査団撮影)

写真 12.3.1 Oyu Tolgoi 鉱山近傍に位置する貯水池

(1) 水使用量

2013 年における Oyu Tolgoi 鉱山の水使用量は 64,622 千 m³/年である。この内 53,925 千 m³/年を再利用しており（リサイクル率 83.45%）、帯水層からの揚水量およびリサイクル量から使用量を除いた正味の消費量は 11,392 千 m³/年である（表 12.3.1）。使用目的別では、選鉱工程が使用量、消費量共に最も多く、消費量では全体の 92%を占める。また、生活用水については、鉱山内に設置されている 4 箇所の廃水処理設備（処理能力；600 m³/日）にて、約 80%をリサイクルし、鉱山道路の発塵防止用散水などに再利用されている。

表 12.3.1 Oyu Tolgoi 鉱山の水使用量および消費量（2013 年）

Pruduction	Water production (m ³)	(As of 2013)
Amount of water pumped from Gunii khooloi aquifer	11,192,210	
Recycle	Recycle (m ³)	Recycle (%)
Cocentration	53,452,530	83.58%
Household (Waste water treatment facility)	473,069	80.50%
Sub total	53,925,599	83.45%
Production and Recycle Ttotal	65,117,809	
Water use and consumption	Water use (m ³)	Consumption (m ³)
Concentrator plant	63,955,443	10,502,913
Undergroud mine	11,714	452,676
Concrete batch	6973	(prodction w ithout concentrator)
Oyu Tolgoi-Gashuun Sukhait roads	43,017	43,017
Household	587,670	375,597
Tree nursery irrigation	13,004	13,004
Water pumped from the open pit	5,003	5,003
Total	64,622,824	11,392,210

（出典：Oyu Tolgoi Technical Report, 2013）

(2) モニタリング

Oyu Tolgoi 鉱山の開発による帯水層からの揚水などの環境へのインパクトを把握するために、鉱山周辺に全 513 箇所のモニタリング箇所を設置し、地下水位および水質を定期的に計測・監視している。この内、主要な用水の供給源である Gunii khooloi 帯水層には、観測孔 287 箇所、湧水地 4 箇所にて測定・監視を行っている。

モニタリング結果によると、選鉱場の本格稼働に伴う Gunii khooloi 帯水層からの揚水量の増加により、2013 年 4 月以降の 6 ヶ月間で多くの観測井において地下水位が数 m 低下し

ていることが観測されている。今後も適切な揚水量と地下水位の管理が行われることが望まれる。

12.3.2 大気

大気に関するモニタリングは、気象観測、大気汚染物質、騒音、振動の4項目について測定・監視が実施されている。

気象観測は、鉱山北部に設置された自動観測装置により年間を通じて連続して計測されている。観測項目は、気温、気圧、湿度、風向、風速、降雨量であり、1時間毎に自動的に計測されている。

また、大気汚染物質のモニタリングは、PM2.5などの粒子状物質、NO₂などの排気ガス濃度、騒音の3種類について観測されている。

粒子状物質は、鉱山内のほか空港などに設置された全20箇所の観測点で、PM_{2.5}、PM₁₀、TSPの3項目を毎月計測しているが、多くの観測点でモンゴル国の環境基準(MNS4585:2007)を超える結果となっている。これによりOyu Tolgoi鉱山では、観測点の設置箇所の再検討を行っている。

大気汚染物濃度については、鉱山内の36箇所でNO₂、SO₂のほか、CO、CO₂、CH₄、O₂、NH₃について測定を行っている。概ね環境基準を下回っているが、NO₂については殆どの測定箇所で環境基準を上回る観測月もあり、測定方法を含めて検討する必要がある。

騒音は11箇所において携帯型騒音計で日中と夜間に測定を実施している。日中の騒音レベルは概ね35-45dBであり、環境基準である60dBを下回っている。一方、夜間においては、数か所で環境基準である45dBを上回っており、これらは強風による影響が含まれている。

振動については、発破に起因する振動を監視するために、オープンピットを中心として約5km~20kmの距離に位置する8箇所において振動計により測定を行っているが、基準値内で管理されている。

12.3.3 土壌

土壌については、化学組成、化学的特性および物理的特性と細菌・微生物検査の2種類の分析・監視を実施している。以下にその内容を記す。

(1) 化学組成、化学的特性および物理的特性

Oyu Tolgoi鉱山周辺およびGunii khooloi帯水層の16箇所にて化学組成、化学的特性および物理的特性をの分析・測定を実施している。採取深度は、0-5cm区間と5-20cm区間とし、測定項目はpH、EC、主成分、重金属、土壌の粒度である。

Oyu Tolgoi社のEIA実施報告書によると、Oyu Tolgoi鉱山周辺の土壌は全ての測定試料において、土壌中のAs濃度がモンゴル国の環境基準の上限である6mg/kgを超えおり、これらについては、Oyu Tolgoi鉱山周辺の土壌の初生的な値であるとしている。

表 12.3.2 土壌中の重金属濃度

Location	F	As	Se	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn	Sn	Sr	Hg	Cd
	mg/kg												%	
QrBP	<0.05	11	<5	5	23	64	<5	19	17	51	<20	357	<0.05	<3
EP01	<0.05	14	<5	7	45	26	<5	21	21	68	<20	255	<0.05	<3
EP02	<0.05	14	<5	7	32	17	<5	21	18	64	<20	255	<0.05	<3
LaFi01	<0.05	17	<5	14	40	34	<5	20	14	56	<20	284	<0.05	<3
LaFi02	<0.05	17	<5	10	42	85	<5	24	105	65	<20	245	<0.05	<3
Main	<0.05	18	<5	13	48	41	<5	19	110	186	<20	303	<0.05	<3
WaHo	0.05	15	<5	16	43	93	5	28	19	85	<20	311	<0.05	<3
CHP	<0.05	13	<5	5	40	27	<5	20	15	53	<20	280	<0.05	<3
VVWTP	<0.05	19	<5	6	40	141	5	23	16	67	<20	374	<0.05	<3
PDS01	<0.05	15	<5	14	37	63	<5	19	18	67	<20	408	<0.05	<3
PDS02	0.08	14	<5	6	39	50	<5	20	17	54	<20	320	<0.05	<3
PDS03	<0.05	20	<5	10	34	108	<5	23	7	60	<20	421	<0.05	<3
PDS04	<0.05	18	<5	12	42	273	<5	24	18	68	<20	336	<0.05	<3
DS01	<0.05	17	<5	7	31	59	<5	20	31	63	<20	317	<0.05	<3
DS02	<0.05	17	<5	6	23	100	<5	14	19	68	<20	326	<0.05	<3
DS09	<0.05	54	<5	33	44	804	30	24	<5	77	<20	411	<0.05	<3
PAP02	<0.05	11	15	49	27	<5	27	14	55	<20	244	95	<5	
SH01	<0.05	17	<5	9	28	42	<5	18	17	72	<20	251	<0.05	<3
TSF01	<0.05	14	<5	11	53	27	<5	24	13	51	<20	258	<0.05	<3
TSF02	<0.05	11	<5	<5	38	22	<5	23	22	80	<20	227	<0.05	<3
TSF03	<0.05	9	<5	6	23	25	<5	15	12	43	<20	261	<0.05	<3
UnRi01	<0.05	13		<5	31	18	<5	22	17	46	<20	287	68	<3
UnRi02	<0.05	14		11	66	36	<5	30	18	66	<20	305	90	<3
UnRi03	<0.05	17		14	51	37	<5	24	13	56	<20	305	100	<3
MNS5850:2008 Maximum permissible level	200	6	10	50	150	100	5	150	100	300	50	800	2	3

(出典 : Oyu Tolgoi Technical Report, 2013)

(2) 細菌・微生物検査

Oyu Tolgoi 鉱山では、鉱山敷地内、Gunii khooloi 帯水層からのパイプライン周辺および Oyu Tolgoi-Gashn Sukhait 道路に設置された合計 22 箇所の観測点において、土壌中の細菌、微生物検査を実施している。検査項目は、大腸菌、腸内細菌、耐熱性細菌、ウェルシュ菌である。2013 年のモニタリングは、夏季である 6 月、7 月、9 月に 3 回実施されており、いずれの観測点においても顕著な変化は認められていない。

12.3.4 野生動植物

鉱山周辺に生息・自生する動植物の種類と生息量を定期的にモニタリングし、鉱山開発に伴う影響を調査している。

2013 年では植物については、鉱山周辺の 32 箇所における自生植物のモニタリングと 4 箇所における跡地復旧後のモニタリングが実施され植物の種類、優勢種、密度、樹高、土

壤の温度、湿度の観察・測定が行われている。これらのモニタリングは、5年程度の期間について年1回のペースで実施され、その後5年～8年毎の長期間のモニタリングに移行し鉱山開発に伴う長期の植生変化の監視に利用される。

一方、野生動物においては鉱山周辺に生息する個体数を地上と飛行機から観測している。対象とする野生動物は全11種であり、2013年では鉱山内の6箇所とGunii Khooloi帯水層周辺の2箇所において年2回個体数の計測している。また、鉱山周辺に生息する野生ロバにGPS受信機を装着させ行動範囲を把握することで、これら野生動物へのインパクトを最小限に留めた道路建設などに反映させる活動も行っている。

12.3.5 採掘跡地復旧

鉱山開発に伴う土地の生物種および植物の復元を目的に、露天採掘場の採掘や選鉱場などのプラント建設に伴い発生する表土が保管されており、一部の工事完了箇所では復土、植栽が行われている。

Oyu Tolgoi 鉱山では2013年末までに、各種建設工事に伴い約6,491,000 m³の剥土を行い、この内約5,462,000 m³を跡地復旧用に保管されている。これら表土は、鉱山内の露天採掘場や尾鉱ダムなどの周辺に合計10箇所にたい積され、化学組成などの分析が行われ管理されている。

また2013年では、鉱山内および周辺の35箇所において、土地の改変箇所の復土、植栽が行われている。主な実施箇所は、探査ボーリングの敷地7箇所、地下水調査ボーリングの敷地11箇所、舗装道路建設用の骨材など採取地6箇所であり、合計約83haについて復土および植栽が行われている。植栽においては、事前に鉱山周辺に自生する植物から種子を採取し吹き付け緑化を行うほか、一部の樹木においては、採取されたこれらの種子から苗木を育て植栽を行っている。

第13章 銅産業育成のための課題と提言

前章までに記述したように、モンゴル国は銅資源賦存のポテンシャルは極めて高いが、インフラの未整備、下流（加工）産業の未発達、内需の乏しさなどから、それを有効利用できる段階に至っていないのが現状である。モンゴル国の経済発展のためにはこの豊富な銅資源の活用が欠かせない。そこで、今後の銅産業の育成のために必要な課題とそれを解決するための方策について以下に述べる。

13.1 銅産業の育成について

今後の銅産業の育成のために必要な課題として、表 13.1.1 に示す 9 項目が挙げられる。これらの項目について以下に述べる。

表 13.1.1 銅産業育成のための必要課題

① 輸送インフラの整備 (鉄道、道路)	② 国外諸国への陸上輸 送ルートの確保	③ 下流(加工)産業の育 成
④ 水資源の確保と有効 利用	⑤ 技術者の育成	⑥ マーケットリサーチ及 び国際競争力の向上
⑦ 政府主導による鉱工 業に係る技術開発の推進	⑧ 政府主導による資源 開発基礎調査の実施	⑨ 環境保全のための法 令及び組織の整備

(出典：調査団作成)

①輸送インフラの整備

銅精鉱の輸送には鉄道および道路の整備が必要であり、特に長距離輸送には鉄道の整備が不可欠である。現在モンゴル国で鉄道が敷設されているのは、幹線鉄道である Sukhbaatar-Ulaanbaatar-Zamyn-Uud 間の南北路線と Choibalsan-Ereensav 間の路線、それらと Erdenet 鉱山や炭鉱を結ぶいくつかの支線のみである。したがって、鉄道が敷設されていない南ゴビ地域の鉱山からの輸送手段は道路しかなく、そのために輸出先についても輸送距離が短く、インフラが整っている中国に限定されている。

このため現状では、銅精鉱を中国以外の国に輸出可能で、また銅精鉱を利用した銅産業育成の対象となるのは Erdenet 鉱山から生産される銅精鉱のみである。南ゴビ地域の鉱山を活用した銅産業育成には、中国国境で中国側鉄道と連結する鉄道か、Sainshand に結ぶ東西路線の建設が絶対条件である。

②国外諸国への陸上輸送ルートの確保

現在、モンゴルからの生産物を中国、ロシア以外の国際マーケットにのせるための陸上ルートは、北の Sukhbaatar、南の Zamyn-Uud、および北東部の Ereentsav の 3ヶ所の国際ゲートを使う以外になく、①Sukhbaatar および Ereentsav から搬出しロシアの鉄道を使って日本海側の港に運ぶか、あるいは西側の中央ロシアや旧ソ連圏に運ぶか、②Zamyn-Uud から搬出し中国の鉄道を使って天津に運ぶ以外に選択肢はない。モンゴル国の面積の広さ、国内インフラの未整備を考慮すると、国際マーケットへの進出のためには国際ゲートを増やすことが求められる。また、南ゴビ地域の銅産業育成を図るためには、まず Gashuun Sukhait を通るルートの鉄道敷設と国際ゲート化が優先課題である。

国境通過輸送（クロスボーダー輸送）に関しては、モンゴル国と貨物が通過する中国およびロシアとの間で協議するだけでなく、モンゴル国から資源等の供給を必要としている日本等の周辺国も加わって関係諸国が協力して流通システムの改善や規制緩和を図っていく必要がある。

③下流（加工）産業の育成

鉱石供給側の優位な状況に起因する TC/RC の低下により、製錬業のみでの利益確保は厳しくなっているのが現状である。そのため企業としても国としても銅産業の振興を図るためには製錬した銅を加工する下流産業の育成が求められる。現在モンゴル国には Erdenet に銅線の製造・加工工場があるのみであり、銅産業の育成のためには国内および近隣諸国のマーケットに適した商品を製造・販売する下流産業の育成が急務である。

また、外資導入を積極的に進め、技術や資金を海外から動員して、国内マーケットは当然ながら、国際競争力のある下流産業を育成すべく、投資環境整備に主眼においた産業政策を推進することが望ましい。

④水資源の確保と有効利用

産業の育成において水資源の確保は極めて重要な課題である。特に、モンゴル国は降水量が少ないことから、大量の水を必要とするような産業の育成は困難である。また、個々の工場の水の使用量は少なくても、工業団地全体では非常に多くの水を使うことになる。このことから、水を多く使用する工場の立地は慎重に検討する必要がある。また、地下水の利用においては、各地域での賦存量と涵養量を十分に把握したうえで揚水量を見極めること、リサイクル率を高めて貴重な水資源を有効利用することが重要である。

⑤技術者の育成

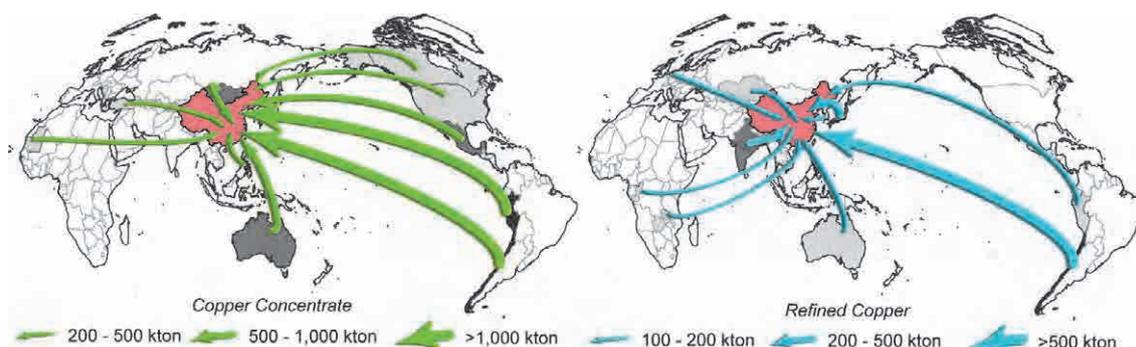
モンゴル国の鉱業関係の従事者は全体で 50,000 人程度（統計局のウェブサイトによる）であり、熟練技術者の数は非常に限られている。今後の鉱山の拡張や新規鉱山の開発に対応するためには鉱山技術者の育成が急務である。また、製造業従事者もわずか 81,000 人程度であり、機械や電気の熟練技術者も極めて少ないことから、

銅鉱石の処理・加工の産業育成にはこれらの技術者の育成が大きな課題である。

モンゴル国における産業人材の育成においては、政策面、供給面および需要面の其々に多くの課題があるが、それらを解決していくためには官民間の積極的な連携のもとでの統合的かつ段階的な計画実施が求められる。

⑥マーケットリサーチおよび国際競争力の向上

銅鉱石および銅製品の国際マーケットへの進出を図るには、徹底した市場調査を実施し、何が売れるのか、何が求められているのかを見極めることが必要である。必ずしも加工度を高めた製品が売れるとは限らない。たとえば、日本は銅地金の輸出国であり、銅精鉱は求めているが銅地金は求めている。図 13.1.1 に示すように中国は銅精鉱、銅地金、硫酸のいずれもを輸入している多消費国であり、モンゴル国にとっての第一の市場ターゲットにすべき国であることは明らかである。しかしながら、特定の国に偏ったビジネスはリスクが大きいことから、販路を広げる努力は必要であり、そのためには前述した①と②の整備が必要である。



(出典：調査団作成)

図 13.1.1 中国の銅精鉱および銅地金の輸入状況

国際市場に進出するためには、用途に見合った品質の確保、安定供給、価格競争力の確保が必要である。品質を例にとれば、地金については LME の Grade-A (表 13.1.2) や COMEX の Grade-1A (表 13.1.3) を満足する品質が要求される。さらに、輸送コストを含めた価格競争力においても他国に勝る必要がある。

また、国際競争力を高めるためには、海外市場の情報収集や分析を行い、政府に資源政策の提言を行い得るシンクタンクのような機関を創設することも必要であると考えられる。

表 13.1.2 LME 銅 Grade-A における不純物含有量の上限

Se	≦0.00020%	Te	≦0.00020%
Bi	≦0.00020%	Sb	≦0.0004%
As	≦0.0005%	Pb	≦0.0005%
Fe	≦0.0010%	S	≦0.0015%
Ag	≦0.0025%		
上記の元素を含む不純物の合計量			≦0.0065%
Se+Te+Bi			≦0.0003%
As+Sb+Cr+Mn+Cd+P			≦0.0015%
Fe+Si+Sn+Ni+Zn+Co			≦0.0020%

(出典：調査団作成)

表 13.1.3 COMEX の銅 Grade-1A における不純物含有量の上限

Se	≦0.0002%	Te	≦0.0002%
Bi	≦0.00010%	Sb	≦0.0004%
As	≦0.0005%	Pb	≦0.0005%
Fe	≦0.0010%	Ni	≦0.0010%
Sn	≦0.0005%	S	≦0.0015%
Ag	≦0.0025%		
上記の元素を含む不純物の合計量			≦0.0065%
Se+Te+Bi			≦0.0003%

(出典：調査団作成)

⑦政府主導による鉱工業に係る技術開発の推進

鉱山開発および鉱石の処理・加工業を持続的に発展させていくためには、探査技術、処理技術、加工技術について技術開発を常に行い、より効率的な手法を開発していく必要がある。特にモンゴル国は水資源に乏しいことから、鉱石の処理における省水技術の開発は極めて重要である。さらに乾式製錬では多くの硫酸が生産され、その処理が課題であることから、硫酸が生成されない硫化鉱についての湿式製錬法の開発もモンゴル国にとっては重要である。これらの技術開発は政府が主導して民間支援の一環として実施すべきであり、鉱業省のイニシアティブのもとで研究組織と研究機関を設立することを提言する。日本にはかつて工業技術院が通商産業省（現経済産業省）のもとに組織され、ここでの研究開発が日本の鉱工業の発展に大きく寄与してきた。

政府の機関として組織することにより、海外機関との共同研究というような形で海外からの協力や支援も受けやすくなり、効率的に技術開発を行うことができる。

⑧政府主導による資源開発基礎調査の実施

鉱業の持続的発展を図るためには、継続的に基礎調査を実施し、既知鉱床の詳細な把握と新規鉱床の発見を行うことが肝要である。これらの基礎調査の結果とこれまでの鉱床探査で蓄積されたデータをデータベースとして整備し、公開することに

より、企業の鉱山開発への参入が促進され、企業にとっては効率的に探査を行うことが可能となる。

なお、基礎情報である 1 : 200,000 の地質図は全国の約 80% をカバーしているが、1 : 50,000 の地質図はいまだ全国の 30% 程度しかカバーしていない。これらについてはほぼ全部がデジタルデータとして整備され、鉱物資源庁（MRAM）の地質情報センターで入手可能であるが、過去の鉱床探査等の詳細な報告書や図面は電子ファイル化されていない。

⑨環境保全のための法令および組織の整備

製錬業は膨大な電力と工業用水を必要とする一方で溶錬工程では廃水や煙灰を発生する。したがって省エネあるいは水のリサイクルだけでなく、廃水・煙灰処理設備の充実など環境保全対策にも注力する必要がある。

水資源に乏しく、草原での牧畜を生業とする遊牧民が多いモンゴル国では、環境保全は極めて重要な命題であり、鉱山開発や製錬所の操業では細心の注意を払う必要がある。したがって、政府として環境保全のための法令と監視のための組織を整備することは喫緊の課題である。

13.2 銅産業育成による経済効果

13.2.1 製錬所建設によるマクロ経済効果

精鉱を輸出しても国内消費しても鉱山の付加価値には変化がないと仮定し、単純に銅を加工した分の付加価値増加分だけを考慮して計算してみたところ、銅の輸出額は 2.5 兆 Tg となった。製錬業の含まれる産業である「Manufacture of other non-metallic mineral products and metal products」の付加価値率は 0.382 であり、付加価値の増加分は 9,560 億 Tg となる。また、労働者の収入増に伴う増加分と合わせて 9,564 億 Tg になる。これを 20 年間で評価すると、9.2 兆 Tg になり、投資効果と硫酸の効果も合わせると 10.4 兆 Tg になる。すべてが上手く行けば、製錬所の建設の経済効果が大きいということが示された。ただし、これは銅の価格に大きく依存しており、銅の価格が半分になったら、経済効果も 5.8 兆 Tg になり、経済効果も大きく低下することになる。

また、副産物販売による経済波及効果は極めて小さいため、結局は銅の販売先を確保できるかどうかというのが鍵になる。現状では、中国に全量輸出するという想定にしているが、国としてリスクが高くなるだけでなく、経済波及効果も小さくなる。また、銅価格が下がると経済効果にも大きな影響がでると予想される。また、現在、モンゴル国では、銅の下流産業が育っておらず、製錬業を製造したとしても、経済波及効果は低くなる。モンゴル国において製錬事業が上手く行くかどうかは、下流産業をどれだけ育成できるかにもかかっていると考えられる。

13.2.2 銅産業の展開シナリオと経済波及効果

モンゴル国における今後の銅産業に関して以下に示すように 3 通りのケースでの事業展開を想定した。それぞれのケースでモンゴル政府へのロイヤリティー・税収、国外への輸

出額、国内産業の売上などの金額から、製錬業や銅加工業を持たない現状と比較して国内への経済波及効果がどの程度まで拡大するか考察した。

- シナリオ 1：鉱山業だけの展開
- シナリオ 2：鉱山業に加えて銅製錬業を展開
- シナリオ 3：鉱山業、銅製錬業および銅加工業・硫酸化学工業まで展開

その結果をまとめたものが表 13.2.1 である。

表 13.2.1 モンゴル国における銅事業展開シナリオ

(MUS\$)

Business Models	Total Revenue	Exports Value	Royalty+ tax	Industrys' Profitability	Employment
(1) Only Copper Mines					
Copper mine industry	1,191	1,261	$\alpha 1(*1)$	AAA	AA
Royalty	71	—	—	—	—
Entire Mongolia	1,261	1,261	$71+\alpha 1$	AAA	AA
(2) Copper mines + Smelter					
Copper mine industry	1,191	0	$\alpha 1$	+AAA(*2)	AA
Smelter	192	1,454	$\alpha 2(*1)$	-A~0(*3)	A
Royalty	71	—	—	—	—
Entire Mongolia	1,454	1,454	$71+\alpha 1+\alpha 2$	AAA~-AAA	AAA
(3) Copper mines+Smelter+Fabrication					
Copper mine industry	1,191	0	$\alpha 1$	+AAA	AA
Smelter(*1)	192	1,163	$\alpha 2$	-A~0	A
Fabrication+Chemical(*1,*5)	954	954	$\alpha 3(*1)$	A	A
Royalty	71	—	71	—	—
Entire Mongolia	2,408	2,117	$71+\alpha 1+\alpha 2+\alpha 3(*4)$	+AAA	AAAA

*1： $\alpha 1 \sim \alpha 3$ は企業(鉱山、製錬、加工)に対する法人税および所得税。

*2：+AAAとしたのは、輸送コスト分だけ鉱山側にプラスとなるため。

*3：製錬収益性はマイナスの可能性もあるが、最低限0とした。

*4： $\alpha 1 < \alpha 1 + \alpha 2$ あるいは $\alpha 1 < \alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3$ になるとは限らない。

(出典：調査団作成)

- シナリオ 1 は、鉱山業だけの展開で現状と同じシナリオである。政府には鉱山のロイヤリティーと税収が入る。
- シナリオ 2 では、製錬所を新たに建設し、国内銅鉱山の精鉱を処理して生産された銅地金と硫酸は全量を輸出するものとした。
 - ⇒シナリオ 1 と比較して、国内生産額および輸出収入の伸びはともにわずか 1.15 倍であった。
 - ⇒政府にとっては、鉱山からのロイヤリティーおよび税収に加えて製錬所からの税収があるため収入は増加し、雇用も増大する。
- シナリオ 3 では、銅地金・硫酸生産量の 20%相当を国内で加工し、未加工分の残

り 80%と合わせて全量を国外輸出するケースである。

⇒シナリオ 1 と比較すると、国内生産額で 2.3 倍、輸出額で約 2.1 倍の増額となる。

⇒政府にとっては、シナリオ 1、2 に比較して鉱山からのロイヤリティーおよび税金のほかに製錬所・銅加工・硫酸化学工業からの税金が入るため、政府収入は増加し、雇用もさらに増大する。

製錬所を建設する場合は、国全体の産業基盤を作り、国民全体の技術レベルの向上を図り、更に雇用を創出するためにも製錬所の製品の一部を材料として銅加工・硫酸化学工業を展開することが望ましい。また短兵急に事を急がずかつ最初から大規模なスケールで事業展開をするのではなく、長期的視点から外資の資本・技術を活用しながら計画を進めることが重要である。

13.3 製錬所建設について

銅の製錬方法には酸化鉱に用いる湿式製錬と硫化鉱に用いる乾式製錬の 2 つの手法がある。モンゴル国における製錬所建設について手法ごとに以下に提言する。

13.3.1 湿式製錬

Erdenet には 1997 年から約 2,500 トン/年のカソードを生産する Erdmin 社の SX-EW（溶媒抽出電解採取）製錬所と 2014 年 7 月に生産を開始した Achit Ikht 社の 10,000 トン/年のカソード生産能力を有する製錬所が存在する。これらはいずれも Erdenet 鉱山の低品位酸化鉱を硫酸で浸出して銅を回収している。Erdenet 鉱山のピットの延長周辺部への拡張に伴って今後もある程度の酸化鉱が採掘されることから、鉱石の供給については問題ないと思われる。なお、現在は硫酸を自国内では生産していないため、すべて国外からの輸入に頼っている。

酸化鉱を対象とする SX-EW は生産量が 10,000 トン/年程度の小規模なものであっても経済性があることから、モンゴル国としてはまず湿式製錬を行って技術の蓄積、下流産業の育成を図ることを優先すべきと考える。Erdenet 鉱山のほかに、現在剥土中の Tsagaan Suvarga 銅鉱山でも表層部には酸化銅鉱が豊富に観察されることから、鉱量次第では SX-EW 操業が十分に可能となると思われる。各鉱山の酸化鉱の鉱量計算を行い、SX-EW 操業がどの程度の期間可能かを把握することが重要である。

13.3.2 乾式製錬

現在モンゴル国内には乾式の製錬所は存在しない。乾式の製錬所建設については、これまでモンゴル国内においても多くの議論が交わされてきた。ここでは重要な課題である建設場所、製錬方式および硫酸の処理について以下に検討結果を述べる。

なお、乾式製錬の場合、経済性が期待できる規模として一般的に 100,000 トン/年以上が求められる。このことから乾式製錬は湿式製錬に比べて設備規模が大きくなり、建設・操業コストもはるかに大きくなる。

(1) 製錬所建設候補地

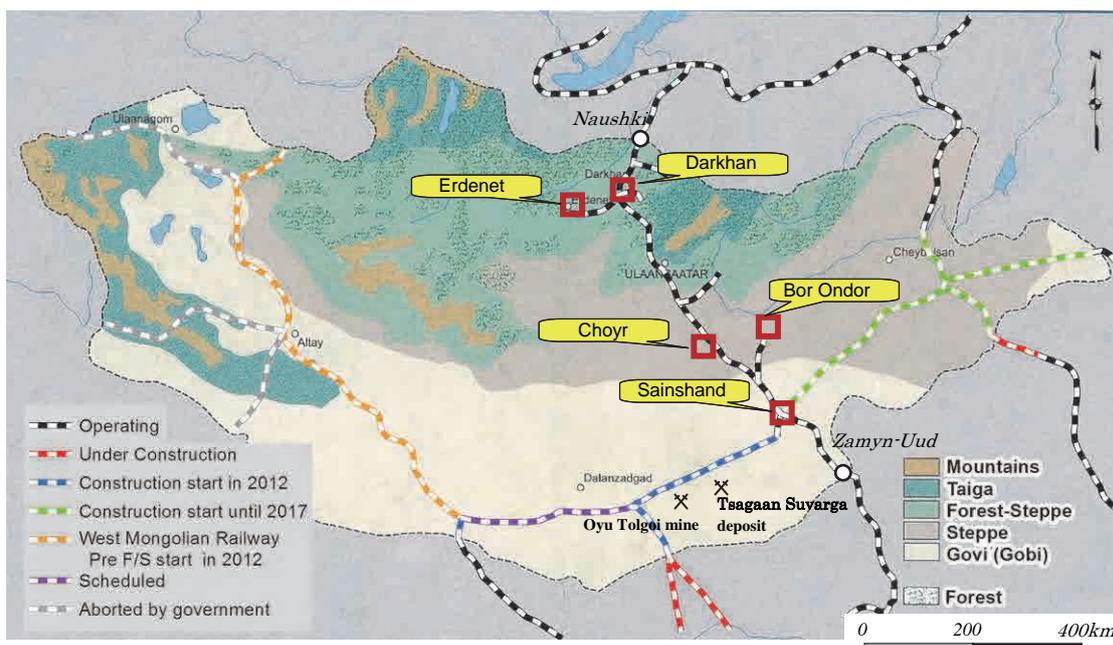
製錬所の立地条件として、輸送インフラが整備されていること、利用できる十分な電力源および水資源があること、熟練技術者の確保ができること、労働者が確保しやすいこと、製錬所のメンテナンスに必要なエンジニアリング会社や部品調達のための資材会社が周辺に存在することが重要なポイントとして挙げられる。これらのうち、モンゴル国内には製錬の熟練技術者はいないため主要工程については国外から招聘する必要がある。これを除いて立地条件について検討した結果、現状における製錬所建設の候補地として優先順位の高い順に Erdenet、Darkhan、Bor Ondor、Choyr および Sainshand が選択された。表 13.3.1 に候補地間の相対比較を行った結果を示す。

表 13.3.1 乾式製錬所建設候補地の検討結果

順位	地名	輸送インフラの整備状況	利用可能な水資源の存在	電力源の整備供給	労働者確保の可能性	メンテ関連会社などの存在
1	Erdenet	良好 (鉄道敷設済)	高い(河川水および地下水の利用可)	銅鉱山用の既設発電所あり、増設必要	高い(人口83,000人)	高い (Erdenet 銅鉱山の存在)
2	Darkhan	良好 (鉄道敷設済)	高い(河川水および地下水の利用可)	製鉄所用の既設発電所あり、増設必要	高い(人口74,000人)	やや高い (製鉄所の存在)
3	Bor Ondor	良好 (鉄道敷設済)	やや高い(河川まで100 km 以上の距離)	螢石鉱山用の既設発電所あり、増設必要	低い(人口9,000人)	やや高い (Bor Ondor 螢石鉱山の存在)
4	Choyr	良好 (鉄道敷設済)	やや高い(河川まで100km 以上の距離)	発電所の新設が必要	低い(人口9,000人)	低い (近隣に鉱工業のベースなし)
5	Sainshand	良好 (鉄道敷設済)	低い(地下水利用のみ)	発電所の新設が必要	やや高い(人口20,000人)	低い (近隣に鉱工業のベースなし)

(出典：調査団作成)

ただし上述の検討は、いずれの地域においても十分な環境保全対策が講じられ、製錬所建設に対して周辺住民の理解が得られることを前提としている。



(出典：ベースマップ、International Travel Map ‘MONGOLIA’植生（気候）区分図、調査団追記)

図 13.3.1 乾式製錬所建設候補地の位置図

(2) 精錬方式

以前は塊状鉱石を処理していたが、浮遊選鉱法の発展に伴って製錬所で使用する鉱石が粉状の精鉱が主となり、それに適した製錬方式が開発されてきた。建設コスト、操業コスト、操業難易度を考慮し、環境対策のうち特に排ガス（SO₂ガス）の漏煙を抑えることを最重要課題とした場合、次の2つの製錬方式を推奨する。

- 1) MI 方式 (Mitsubishi process)
- 2) 自溶炉+FC 方式 (Flash Converting)

(3) 硫酸の処理について

硫化鉱を処理する過程で亜硫酸ガスが生成し、環境保全を主目的としてこのガスを固定することにより硫酸が作られる。1トンの銅地金を生産するのにその約3倍近い硫酸が作りだされる。この硫酸の利用法としては肥料製造が全体の60%と圧倒的に多く、そのほかに酸化鉱のリーチング用、合成繊維・製紙・建材の原料として使われている。世界的な人口増という背景のもとで食糧不足が深刻化しつつある現状では、肥料製造用としてのさらなる硫酸の需要増加が見込まれている。モンゴル国にはリン資源があることから肥料製造の将来性はあるものの、現状は輸送インフラの未整備などの理由によりそれを利用できる状況にない。したがって、若干の国内需要を満たした余剰分については、当面は硫酸の輸入国である中国に輸出すること以外にその処理方法はないものと思われる。

13.4 銅産業育成のためのアクションプログラム

資源を豊富に保有する国がそれを活用して自国経済の振興を図る場合、2つのケースがあ

る。1つは原料として供給を行う「資源国」のケース、もう1つは保有する資源を利用して工業化を図り、最終製品まで自国で製造する「工業国」のケースである。前者はアフリカ諸国やペルー国に代表され、後者は中国やブラジル国に代表される。この両者の中間的位置にあるのが、豪州、チリ国、インドネシア国などである。

モンゴル国は、既述したように、銅産業の育成には多くの課題を抱えており、これらの課題の解消には時間を要す。したがって、まずは『第1ステージ』として「資源国」の地位を確立し、資源供給による利益を使って国内のインフラ等の整備を行い、同時に技術者の養成や産業の醸成を図り、条件が整ったところで『第2ステージ』としてチリ国やインドネシア国のような部分的な工業化を進めて行くことを提言する。

銅製錬については、既述したように、まず酸化鉄を対象とする湿式製錬を行うことを優先し、それによって技術の蓄積と下流産業の育成を図ることが望ましい。

銅産業育成のためのアクション項目と実施スケジュールを表 13.4.1 に示す。

表 13.4.1 銅産業育成のための主要アクション項目と実施スケジュール

アクション項目	第1ステージ (2015-2025)		第2ステージ (2025-)	
1. 輸送インフラの整備				
1) Gashuun Sukhait ルートの鉄道敷設	■			
2) 南ゴビ地域-Sainshand を結ぶ鉄道敷設		■		
2. 国外諸国への陸上輸送ルートの確保				
1) 国際ゲートの増設	■	■		
2) 国境通過輸送システムの改善	■	■		
3. 下流（加工）産業の育成	■	■	■	■
4. 水資源の確保と有効利用				
1) 水資源調査の実施	■	■		
2) 水資源図の作成（持続的利用可能量の把握）		■	■	
5. 技術者の育成				
1) 鉱山および製造技術者の育成	■	■	■	■
2) 人材育成の産学連携に向けた支援策の導入	■			
3) 統合的な人材育成国家戦略の策定		■		
6. マーケットリサーチと国際競争力の向上				
1) マーケットリサーチの実施	■			
2) 品質、供給、価格における競争力の向上	■	■	■	■
7. 鉱工業技術の開発研究				
1) 研究開発組織および機の設立	■	■		
2) 研究開発の実施		■	■	
8. 資源開発基礎調査の実施				
1) 詳細地質図・資源図の作成	■	■	■	■
2) 資源データベースの整備	■	■	■	■
9. 環境保全のための法整備および組織の整備				
1) 法整備および監視組織の確立	■	■		
2) 環境監視技術者の育成	■	■	■	■
10. 製錬所の建設・操業	■	■	■	■
1) SX-EW 製錬所の操業と増設	■	■	■	■
2) 乾式製錬所の建設と操業	■	■	■	■

注) ■ は「実施」を表す。

(出典：調査団作成)

13.5 今後の外国からの支援の方向性についての提言

銅産業の育成に対する今後の協力支援について、本調査は人材育成、資源データベース整備、シンクタンク機能の創設および鉱山環境保全対策を支援要請の対象とすることを提

言する。

13.5.1 人材育成支援

産業人材育成は、官民間の積極的な連携の下、統合的かつ段階的な方法で実施されるべきである。教室や設備などのハードインフラ、カリキュラムの策定や教員などのソフトインフラの整備は、関係省庁（鉱業省、工業・農牧業省、教育・科学省および労働省など）、教育機関（MUST、NUM、SEPC など）および企業など（Erdenet Mining 社、Oyu Tolgoi 社、MAK 社および中小企業ならびに MNMA）が各プレイヤーで分離してプロジェクトを進めるのではなく、工業のバリューチェーン全体を視野に、組織横断的な対応を進めることが求められる。

本調査では人材育成のためのロードマップとして、次のような提言を行った。

- ① 最初の 5 年間： 職業訓練センターのレベル向上の実現、当該監督省庁では産学連携に向けた支援策の導入、人材育成に向けた統合的な国家戦略の策定
- ② ①に続く 5 年間： 高等教育機関の高度化の推進とともに新たな統合的な職業訓練センターの設立、当該監督省庁では人材育成に向けた統合的な国家戦略の策定

これらを実現するために、主に人材供給面の課題解決を目的として JICA は“モンゴル国鉱物資源セクター人材育成プロジェクト”、“資源分野の人材育成プログラム（資源の絆プログラム）”および“工学系高等教育支援事業”を実施中である。“モンゴル国鉱物資源セクター人材育成プロジェクト”において、鉱業省に対する本邦研修や現地ワークショップを通じ、政策立案の能力向上についての支援も実施中である。以上のような協力を通じて、人材育成を継続して図っていくことは今後も重要である。

13.5.2 資源データベース整備支援

2014 年 7 月の鉱物資源法の改定により、地質調査局の新設が決定された。この地質調査局は、地質調査や鉱床評価を行い、地質および鉱床に関する情報を整備し投資家等に提供することが重要な任務となっている。これにより国内外の企業による鉱業分野への投資促進を図ることが政府の狙いである。

地質調査局がどのような組織になるのか不明であるが、すでに衛星データの地質・資源解析を行っている機関として地質調査センター、地質および資源関係の基本図のデータベース化と情報提供を行っている機関として鉱物資源庁（MRAM）の地質情報センターが存在する。これらが地質調査局の組織のベースになるものと考えられることから、これらの機関の技術を向上させ、高精度の情報を蓄積することがひいては地質調査局のレベルアップに繋がる。

モンゴル国の資源データベース整備のために、以下のような技術の指導と移転からなる支援を鉱業先進国に対して要請することを提言する。

- ① ASTER データから地質および資源情報抽出のための処理・解析技術

- ② ASTER 処理画像からの地質・資源情報抽出のための画像判読技術
- ③ ASTER/DEM（デジタル標高データ）による地形解析技術
- ④ 地質・資源情報の GIS データベース化技術
- ⑤ 情報公開のためのウェブサイト構築技術

13.5.3 シンクタンク機能の創設支援

政府や民間企業から受託されて、海外市場の情報収集や分析を行い、資源政策の提言や企業戦略への助言を行い得るシンクタンクを創設し、その機能を強化していくことが今後のモンゴル国鉱業セクターの発展のためには重要である。

13.5.4 鉱山環境保全対策支援

鉱山開発を含めた銅産業の今後の統合的発展のためには、環境保全が重要であることは既述の通りである。以下にモンゴル国における鉱山開発における環境側面の課題を示す。

- ① 操業中および休廃止鉱山の鉱山環境の実態把握
- ② 環境管理体制の整備
- ③ 環境モニタリング
- ④ 環境影響評価（EIA）の事後調査の実施
- ⑤ 閉山後対策を含めた環境保全対策の検討

これらの課題解決のために、まず法整備と実行組織の整備が必要である。これらの分野で、鉱業先進国に技術的支援を要請することを提言する。

付属資料

付属資料 1: 産業連関表 (32 × 32)

付属資料 2: 現地セミナー

付属資料 3: ワーキンググループ会議

付属資料 4: 参考文献

付属資料 1: 産業連関表 (32 × 32)

САЛБАР ХООРОНДЫН ТЭНЦЭЛ, 2010, сая төг
INPUT-OUTPUT TABLE, 2010, mln.tog

Industries	Industries																																INTERMEDIATE CONSUMPTION	Final use			FINAL USE	TOTAL USE	
	Crop production, related service activities	Animal production, hunting	Forestry and fishing	Mining of coal and crude petroleum	Mining of metal ores	Other mining and quarrying	Mining support service activities	Manufacture of food products	Manufacture of beverages and tobacco	Manufacture of textiles; wearing apparel; leather and related products	Manufacture of wood, paper and related products; printing and reproduction of recorded media	Manufacture of coke and refined petroleum products; chemicals and chemical products	Manufacture of other non-metallic mineral products and metal products	Manufacture of machinery and equipment	Other manufacturing	Electricity, gas, steam and air conditioning supply	Water supply; sewerage, waste management and remediation activities	Construction	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	Transportation and storage	Accommodation and food service activities	Information and communication	Financial and insurance activities	Real estate activities	Professional, scientific and technical activities	Administrative and support service activities	Public administration and defence; compulsory social security	Education	Human health and social work activities	Arts, entertainment and recreation	Other service activities	Other activities		Final consumption expenditure	Gross capital formation	Exports			
A	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	Crop production, related service activities	36 922.8	109 558.6	1 811.9	83.8	742.7	31.7	4.6	43 826.9	9 359.1	4.6	0.8	6.8	6.7	0.0	1.4	350.1	212.1	18.5	0.0	120.1	7 633.9	0.7	0.0	26.6	6.5	17.2	1 914.1	3 730.2	1 747.1	51.0	149.8	0.0	218 340.5	87 713.7	24 857.1	4 511.9	117 082.7	335 423.2
2	Animal production, hunting	436.8	35 026.4	21.4	4.4	9.8	5.8	0.1	449 228.0	186.8	170 805.3	0.0	0.1	0.5	0.0	2.1	69.9	5.7	0.3	0.0	3.4	773.3	1.2	0.0	0.3	0.1	2.6	2 171.9	24.4	2.7	31.0	0.0	658 836.8	262 817.4	294 506.4	141 714.0	699 037.8	1 357 874.5	
3	Forestry and fishing	285.1	845.9	17 224.6	78.7	825.1	5.4	0.0	470.1	72.7	280.3	1 388.5	0.5	1 090.0	0.3	34.0	121.4	12.0	211.2	28.3	69.8	71.5	102.1	0.0	0.2	2.4	14.8	14.8	51.2	13.9	1.4	21.5	0.0	23 337.6	19 208.9	10 497.6	51.5	29 758.0	53 095.7
4	Mining of coal and crude petroleum	21.1	30.6	2.7	79.9	200.2	13.4	42.4	85.8	44.5	34.0	16.0	32.4	53.2	2.3	3.6	56 731.5	458.6	102.5	291.7	160.7	36.0	30.6	9.5	28.7	25.6	32.4	55.0	171.2	53.3	19.2	11.8	0.0	58 880.3	12 358.8	- 87 016.2	1 111 678.9	1 037 021.4	1 095 901.7
5	Mining of metal ores	124.3	181.9	5.3	764.4	6 592.9	3 238.7	261.9	248.3	253.2	124.8	35.0	112.2	3 686.9	6.3	511.8	4 309.3	1 715.9	713.8	1 255.2	498.3	289.7	188.6	114.7	219.3	180.6	232.3	429.4	659.2	397.2	144.6	82.5	0.0	27 578.5	2 550.5	40 372.3	1 624 457.1	1 667 379.9	1 694 958.4
6	Other mining and quarrying	24.2	42.2	0.8	48.5	1 835.7	4 866.5	44.7	797.3	523.3	16.2	268.6	53.9	3 607.0	33.8	36.6	34.8	111.5	11 179.5	372.9	168.3	17.6	31.1	23.4	57.8	24.1	44.5	32.6	26.8	8.2	5.5	37.9	0.0	24 366.1	653.3	- 2 152.1	78 151.6	76 652.8	101 018.9
7	Mining support service activities	3 173.2	7 880.2	149.9	2 914.4	8 773.0	284.0	139 235.6	4 034.4	1 473.1	269.0	126.0	1 229.5	214.4	31.0	298.9	588.4	320.4	34 876.1	6 909.0	1 261.1	2 295.4	3 774.9	2 160.4	10 372.9	2 504.4	554.4	1 590.9	1 556.8	655.0	57.9	184.1	0.0	239 748.9	33 647.3	944 162.7	10 674.4	988 484.4	1 228 233.3
8	Manufacture of food products	32.3	6 685.3	3.4	732.8	1 654.4	223.1	258.5	66 935.2	4 193.2	71.7	24.8	147.0	919.2	2.8	21.8	118.5	34.6	366.8	2 540.2	287.6	28 164.2	130.4	38.4	198.9	153.3	1 710.3	6 213.0	12 395.6	5 106.8	44.7	315.2	0.0	139 723.7	704 396.7	93 674.6	75 052.3	873 123.7	1 012 847.4
9	Manufacture of beverages and tobacco	4.2	72.8	0.5	101.6	28.8	9.5	59.5	1 723.7	10 385.3	29.8	2.3	61.4	23.7	0.3	1.1	28.3	1.5	57.6	55.3	239.7	7 508.3	12.1	4.8	51.3	28.2	32.4	70.2	123.8	76.9	43.4	59.0	0.0	20 897.5	233 801.8	54 862.2	5 930.6	294 594.7	315 492.1
10	Manufacture of textiles; wearing apparel; leather and related products	245.5	16.5	0.6	71.7	47.0	38.7	129.1	89.8	289.5	68 205.1	586.2	43.3	345.6	0.9	243.7	28.1	32.5	5 422.9	4 486.1	569.5	558.1	209.7	1 338.6	6 694.7	1 279.3	675.2	72.3	11 364.7	2 407.3	1 437.6	1 106.0	0.0	108 035.9	73 057.4	70 620.0	149 413.1	293 090.6	401 126.5
11	Manufacture of wood, paper and related products; printing and reproduction of recorded media	39.0	115.8	60.2	352.2	818.7	257.1	519.7	453.5	1 790.2	378.5	9 384.3	199.5	1 111.3	209.5	941.3	357.3	119.2	21 390.5	8 724.1	1 737.8	171.1	1 894.2	899.3	471.2	2 630.9	788.9	2 297.0	1 003.7	182.9	101.0	746.7	0.0	60 146.7	24 262.8	6 595.9	7 508.4	38 367.1	98 513.8
12	Manufacture of coke and refined petroleum products; chemicals and chemical products	546.2	795.1	2.7	9 223.1	3 403.0	319.2	3 885.0	483.3	4 366.0	227.6	77.9	4 658.5	3 098.8	84.2	67.2	190.1	77.8	3 241.5	3 490.8	205.5	97.6	148.1	14.0	23.4	583.1	158.7	949.2	121.7	2 309.3	3.8	31.5	0.0	42 883.9	14 152.6	6 750.1	17 945.6	38 848.4	81 732.3
13	Manufacture of other non-metallic mineral products and metal products	45.2	88.6	326.8	24 094.2	4 215.9	2 018.0	10 822.0	501.2	2 544.6	261.5	1 013.9	258.0	34 535.9	205.0	439.9	4 349.7	920.3	171 839.9	6 480.4	2 317.6	434.6	776.8	673.7	4 636.0	7 614.1	1 479.3	507.2	993.7	564.3	174.4	521.5	0.0	285 654.2	9 986.2	- 40 487.5	61 965.4	31 464.1	317 118.4
14	Manufacture of machinery and equipment	40.2	40.7	2.7	9 092.0	1 227.0	108.0	5 020.7	94.1	118.3	85.8	73.6	8.7	241.2	233.5	210.8	628.8	56.7	5 133.2	1 439.5	1 585.9	63.6	3 036.8	30.4	1 730.8	506.4	274.0	117.8	170.6	197.2	60.8	363.1	0.0	31 993.0	434.8	- 17 431.2	568.1	- 16 428.2	15 564.7
15	Other manufacturing	85.9	370.2	8.4	2 849.6	1 176.7	158.3	2 438.3	289.2	179.0	189.4	1 355.7	49.9	867.4	52.3	476.5	723.4	268.4	5 271.0	2 686.8	4 454.4	320.1	1 412.6	19.3	548.2	1 191.6	406.9	493.0	799.6	872.5	111.2	206.4	0.0	30 332.1	3 282.1	3 337.0	1 773.6	8 392.8	38 724.9
16	Electricity, gas, steam and air conditioning supply	35.6	71.9	24.3	8 186.1	60 932.8	718.9	1 664.5	5 315.7	12 951.2	2 661.7	1 421.9	598.0	8 078.7	192.4	823.0	273 572.0	11 257.1	11 337.4	4 673.7	9 380.2	6 265.1	63.5	8 798.7	5 892.7	6 373.8	18 270.1	40 701.1	19 904.4	7 953.2	3 749.8	0.0	588 781.0	43 759.8	2 974.7	1 243.9	47 978.4	636 759.4	
17	Water supply; sewerage, waste management and remediation activities	331.6	43.7	1.6	2 328.5	6 358.0	136.4	313.5	398.0	1 060.4	206.8	99.3	52.9	1 109.7	14.0	114.1	20 106.3	31 881.0	7 139.4	4 625.9	1 145.4	2 300.3	850.0	633.4	673.3	541.5	507.2	2 183.3	2 932.5	3 072.3	609.9	293.2	0.0	92 063.5	15 165.0	- 449.6	504.0	15 219.4	107 282.9
18	Construction	431.4	971.9	67.3	3 757.6	3 961.8	285.0	255 158.5	2 699.2	903.7	1 362.2	489.9	149.7	3 908.1	91.4	473.7	1 976.9	623.2	80 510.6	10 856.9	2 368.1	3 629.8	2 313.7	868.8	18 787.4	3 657.9	689.9	1 976.8	2 535.7	1 262.4	69.7	289.8	0.0	407 028.9	19 722.6	874 167.5	18 119.4	912 009.5	1 319 038.5
19	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	17 104.5	38 881.8	2 923.7	45 093.5	54 506.1	6 505.0	24 354.4	94 800.6	15 557.7	42 744.2	6 635.5	5 992.7	21 359.2	1 267.2	1 868.4	22 737.6	2 173.8	105 132.7	37 966.5	56 026.9	15 760.1	12 302.7	4 869.3	10 627.5	12 644.7	6 075.2	15 260.5	11 841.7	10 458.1	1 476.5	2 682.9	0.0	707 631.4	533 596.2	206 840.3	557 547.9	1 297 944.5	2 005 615.9
20	Transportation and storage	23 758.8	7 748.9	1 083.8	46 559.0	50 338.0	2 002.5	4 366.0	4 381.1	1 887.2	3 718.8	2 000.3	3 253.9	2 782.6	203.9	553.5	6 634.5	745.9	23 134.7	227 713.0	149 841.7	3 858.5	9 190.7	3 062.6	1 628.7	10 681.7	20 340.1	6 837.0	1 432.5	1 214.2	332.9	1 831.2	0.0	623 118.2	572 379.6	12 037.4	259 665.7	844 082.8	1 467 200.9
21	Accommodation and food service activities	143.4	241.4	18.4	5 512.9	8 714.6	136.5	20 941.7	675.6	229.6	424.6	216.9	188.4	723.7	39.8	130.5	331.0	104.2	3 585.6	15 221.9	3 553.6	1 047.1	2 399.7	2 482.6	631.6	2 183.9	2 775.7	5 613.3	421.7	1 572.0	636.1	515.1	0.0	81 413.1	45 631.4	1 176.8	107 228.5	154 036.6	236 449.7
22	Information and communication	826.5	3 804.5	2.9	3 855.1	8 056.7	291.1	6 422.1	2 868.4	1 040.9	957.6	1 299.7	369.1	1 819.2	133.1	1 265.7	481.0	529.3	19 787.9	38 300.0	11 316.2	2 959.0	43 932.6	14 483.6	15 404.2	11 102.4	3 996.4	47 625.5	10 268.6	6 788.5	645.2	2 045.9	0.0	262 678.9	188 788.4	13 990.0	19 507.4	222 285.8	484 964.7
23	Financial and insurance activities	12 069.0	15 234.5	200.4	3 920.4	12 690.0	220.9	64 511.1	2 878.0	4 448.9	3 752.7	3 657.4	263.0	3 364.2	45.3	669.4	441.3	7 032.5	14 322.4	55 267.6	22 916.7	1 235.2	2 518.7	13 982.7	5 697.7	18 307.9	1 359.8	1 121.6	300.6	1 988.4	1 081.9	495.4	0.0	276 011.9	75 183.8	0.0	19 080.8	94 266.8	304 276.5
24	Real estate activities	1 060.8	763.3	89.9	1 713.6	2 404.0	1 087.8	4 814.2	618.2	617.2	1 877.7	1 816.4	383.2	2 783.8	218.4	675.5	136.4	238.9	7 029.0	21 159.5	3 177.7	8 385.0	28 705.8	16 232.6	71 153.5	7 659.8	3 150.9	2 138.4	3 539.5	5 757.0	1 533.9	3 343.8	0.0	204 265.6	699 442.4	652.6	1 012.7	70 107.8	905 373.4
25	Professional, scientific and technical activities	117.0	14 235.6	13.7	6 821.9	6 356.1	223.8	21 798.1	654.6	1 558.0	470.7	193.5	495.7	910.6	109.0	1 892.7	308.0	1 253.5	11 242.4	19 687.7	3 714.9	4 167.4	9 440.5	19 132.0	7 017.8	12 220.9	1 574.0	27 713.3	9 837.9	2 587.1	647.4	1 406.5	0.0	187 801.9	28 457.5	80 012.0	35 640.5	144 110.0	331 911.9
26	Administrative and support service activities	4 840.4	8 136.6	12.6	6 863.8	5 019.1	410.5	2 382.9	1 003.6	1 716.7	839.9	124.1	291.3	1 087.2	37.2	265.0	213.6	209.4	4 175.8	18 284.6	20 910.1	2 417.9	3 198.6	4 502.7	3 395.7	3 325.4	7 747.3	6 624.7	714.1	518.7	1 151.3	1 257.4	0.0	111 678.1					

付属資料 2： 現地セミナー



Монгол Улс
Зэсийн аж үйлдвэрийн салбарын мэдээлэл цуглуулах судалгаа
Data Collection Survey on Copper Industry Sector in Mongolia

**”Монгол улсын зэсийн аж үйлдвэрийн
салбарын хөгжил” сэдэвт семинар**

**SEMINAR ON DEVELOPMENT OF COPPER
INDUSTRY SECTOR IN MONGOLIA**

*Өдөр, цаг : 2014 оны 9 сарын 9
Хаана : Blue sky Hotel & Tower
3-р давхарт TOPAZ танхим*

**Японы Олон Улсын Хамтын Ажиллагааны Байгууллага(ЖСА)
Монгол Улсын Уул Уурхайн Яам(УУЯ)**

Судалгааны баг:

”Мицүбиши Материал Технологи”ХХК
”Мицүбиши Ресорч институт”ХХК
“Сүмико Минерал Ресоурс Эксплорэйшн
энд Девеломент ” ХХК

Agenda

SEMINAR ON DEVELOPMENT OF COPPER INDUSTRY SECTOR IN MONGOLIA

Blue Sky Hotel, 9 September 2014

Time	Title	Speakers
9:00-9:10	Opening remarks	Mr. Hiroo Tanaka, Group director, Industrial development and public policy department, JICA Mr. Rentsendoo Jigjid, State secretary, Ministry of Mining
9:10-9:20	Outline of the study	Mr. Yoshiaki Shibata, JICA Study team
9:20-9:45	① Copper mine and copper resource potential in Mongolia	Mr. Tadashi Yamakawa, JICA Study team
9:45-10:10	② Copper supply, demand and market analysis in Mongolia	Mr. Hirohisa Kobayashi, JICA Study team
10:10-10:35	③ Copper supply and demand in the world	Mr. Ken Nakayama, JICA Study team
10:35-10:50	Questions and Answers	
10:50-11:10	Coffee break	
11:10-11:35	④ Copper smelting plants in Japan and in the world	Mr. Hideaki Shindo, JICA Study team
11:35-12:00	⑤ Applications and demand of sulfuric acid in Mongolia	Ms. Uurtsaikh Dagvatsuren, Working group member
12:00-12:25	⑥ Recommendation on policy for copper industries in Mongolia	Mr. Youichi Mizuochi, JICA Study team
12:25-12:40	Questions and Answers	
12:40-14:00	Lunch	
14:00-14:25	⑦ Copper industry development plan in Mongolia	Mr. Zuunnast Tegshee, Working group member
14:25-14:50	⑧ Investment promotion for copper industry development	Dr. Dinh minh hung
14:50-15:15	⑨ Economic analysis	Mr. Shigefumi Okumura, JICA Study team
15:15-15:40	⑩ Economic effects of constructing smelter	Mr. Yoshio Akiyama, JICA Study team
15:40-16:00	Questions and Answers	
16:00-16:25	⑪ Conclusion and Recommendation	Mr. Yoshiaki Shibata, JICA Study team
16:25-16:45	Closing remarks	Mr. Otgochuluu Chuluuntsuren, Head of Dept. of Strategic Policy and Planning, Ministry of Mining

セミナー参加者一覧(1)

No.	Organization	Title	Name
1	Ministry of Mining	State Secretary	JIGJID. R
2	Ministry of Mining	Director of Strategic policy and planning dept.	OTGOCHULUU. CH
3	Ministry of Mining	Head of Mining Policy division	NERGUL. B
4	Ministry of Mining	Mining Policy division, Officer	ZUUNNAST. T
5	Ministry of Mining	Cooperation Division, Officer	ZOLBOO. G
6	“ERDENET” JVC	Advisor of General Director	Dr. VLADIMIR
7	“ERDENET” JVC	Engineer	BATTSENGEL
8	“ERDENET” JVC	Senior specialist	ERDENEBAATAR
9	Mineral Resource Authority of Mongolia	Officer	MAGVANJAV
10	Mineral Resource Authority of Mongolia	Officer	NARANTUYA
11	Mining Design Association	Director	BAT-OCHIR. B
12	Ministry of Industry & Agriculture of Mongolia	Deputy Minister	TSOGTGEREL. B
13	Ministry of Industry & Agriculture of Mongolia	Senior officer	BOLD. I
14	Mongolian Chemistry, Chemist & Engineer Association	Executive Director	D. UURTSAIKH
15	Mongolian Chemistry, Chemist & Engineer Association		BUDRAGCHAA
16	Mongolian Chemistry, Chemist & Engineer Association	Secretary	KHATANTUUL
17	Mongolian ALT Corporation	Vice President	G.DAVAATSEREN
18	Mongolian ALT Corporation	Engineer	KHATANBAATAR
19	Mongolian University of Science & Technology – Geology & Mining School	Director	B.CHINZORIG
20	Mongolian University of Science & Technology – Geology & Mining School	Professor	B.ALTANTUYA
21	Mongolian University of Science & Technology – Geology & Petroleum Engineering	Professor	S.JARGALAN
22	Mongolian State University, Economic School	Professor	H.TSEVELMAA
23	“ERDENES OYU TOLGOI” Co. Ltd	Vice president	D.DAVAADORJ
24	“ERDENES OYU TOLGOI” Co. Ltd	Head of Mining Technology	L.UNURBAATAR
25	“ERDENES MONGOL” Co.ltd	Infrastructure & department of technology president	DAMJIN
26	“ERDENES MONGOL” Co.ltd	Expert	OYUBAT
27	“ERDENES MONGOL” Co.ltd	Officer	SARANGOO
28	Mineral exploration, promotion & information center	Executive Director	B.MYAGMARJAV
29	Mineral exploration, promotion & information center	Secretary	JAVZAN

セミナー参加者一覧(2)

No.	Organization	Title	Name
30	JICA	Industrial development & Public policy department, Group director	田中 啓生 TANAKA
31	JICA	Guest Expert	細井 義孝 HOSOI
32	JICA	Industrial development & Public policy department, Officer	飯崎 堯 HANSAKI
33	JICA UB Office	Officer	阿部 将典 ABE
34	JICA UB office	Officer	ANKHTSETSEG
35	Study Team	Team leader	柴田 芳彰 SHIBATA
36	Study Team	Deputy team leader	山川 正 YAMAKAWA
37	Study Team	member	奥村 重史 OKUMURA
38	Study Team	member	水落 洋一 MIZUOCHI
39	Study Team	member	秋山 義夫 AKIYAMA
40	Study Team	member	小林 浩久 KOBAYASHI
41	Study Team	member	中山 健 NAKAYAMA
42	Study Team	member	進藤 秀明 SHINDO
43	Study Team	member	デイン・ミン・フン DEIN MIN HUN
44	Study Team	Interpreter	N.TSERENDORJ
45	Study Team	Interpreter	B.AMARJARGAL
46	Study Team	Interpreter	L.MUNGUNTSETSEG
47	Study Team	Interpreter	J.OYUNTSETSEG

写真：現地セミナー



付属資料 3: ワーキンググループ会議

「モンゴル国銅産業分野情報収集・確認調査」
ワーキンググループ会議での検討課題

	月日	時間	主要テーマ	プレゼンのテーマと担当者(20~30分/各)
1	5月28日	AM、PM	<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト概要 ・モ国の銅鉱山開発 ・世界の銅需給 ・銅製錬(その1) 	<ul style="list-style-type: none"> ①プロジェクトの概要、WGの趣旨説明(柴田) ②モンゴルの銅鉱山と銅資源ポテンシャル(Bold) ③モンゴルの今後の鉱山開発計画(Tamir) ④世界の銅鉱山と今後のメジャーの動向(山川) ⑤世界の銅需給(中山) ⑥銅鉱石の選鉱について(水落) ⑦銅製錬法の紹介(進藤) ⑧銅製錬とは(ビデオ) ⑨モンゴルにおける製錬所の建設計画(Davaatseren)
2	5月30日	PM	<ul style="list-style-type: none"> ・銅製錬(その2) ・モ国の鉱業政策 ・モ国内の銅需給等 	<ul style="list-style-type: none"> ①日本国内及び海外の銅製錬所の紹介(進藤) ②製錬所建設のために必要な条件(秋山) ③モンゴルの鉱業政策(Zuunnast) ④モンゴル国内の硫酸の利用(Uurtsaikh) ⑤鉱業(銅)製品の輸出入状況(小林)
3	6月3日	PM	<ul style="list-style-type: none"> ・経済分析 ・環境社会配慮 	<ul style="list-style-type: none"> ①経済分析の概論及び中間報告(奥村) ②鉱業収入状況(Altanzule) ③鉱山環境一般について(宮池)
4	6月6日	PM	<ul style="list-style-type: none"> ・産業人材育成 ・投資促進 	<ul style="list-style-type: none"> ①産業人材育成の現状と提言(リム) ②銅産業に対する投資促進(ディン)
5	6月16日	PM	<ul style="list-style-type: none"> ・鉱山開発 ・銅製錬(その3) 	<ul style="list-style-type: none"> ①Tavan Tolgoi、Oyu Tolgoi視察結果(山川) ②Tsagaan Suvraga視察結果(小林) ③Sainshand地区視察結果(進藤) ④銅製錬技術(進藤)
6	6月19日	PM	<ul style="list-style-type: none"> ・輸送インフラ ・銅産業の育成 	<ul style="list-style-type: none"> ①輸送インフラの現状と将来計画(山川) ②モンゴルの銅産業振興計画(Zuunnast)
7	6月20日	PM	<ul style="list-style-type: none"> ・総合検討 	<ul style="list-style-type: none"> ①総合検討
8	9月5日	PM	<ul style="list-style-type: none"> ・総合検討 	<ul style="list-style-type: none"> ①総合検討
9	9月8日	PM	<ul style="list-style-type: none"> ・総合検討 	<ul style="list-style-type: none"> ①総合検討

付属資料 4: 参考文献

参考文献

1章

- 1) 内藤一樹・須藤定久 (1999) : モンゴル・エルデネット鉱山を訪ねて、地質ニュース 534号、PP. 19-30.
- 2) 武田哲一 (2004) : モンゴル国、オユトルゴイ現地調査報告、金属資源レポート、PP. 593-600.
- 3) JOGMEC (2013) : 世界の鉱業の趨勢 2013、PP. 18-22.
- 4) JOGMEC (2006) : モンゴル・オユトルゴイ(Oyu Tolgoi)銅鉱山の開発状況、カレント・トピックス.
- 5) JOGMEC (2010) : モンゴルの投資環境調査 2009年、PP.1-258.

2章

- 1) Kavalieris I, Wainwright A (2005): Wholerock geochemistry of Late Devonian island arc intrusive suites from Oyu Tolgoi, Mongolia. 8th Biennial SGA meeting, Beijing. August, 2005, field excursion notes.
- 2) Khashgerel B, Rye R, Hedenquist JW, Kavalieris I (2006): Geology and reconnaissance isotope study of the Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au system, South Gobi, Mongolia. Econ Geol 101: 503-522.
- 3) Oyu Tolgoi Technical report (March 2007): Geological Information Center, Open file Report № 5730.
- 4) Turquoise Hill Resources LTD. (2013): 2013 Oyu Tolgoi Technical report
- 5) 内藤一樹・須藤定久(1999) : モンゴル・エルデネット鉱山を訪ねて、地質ニュース 534号、PP. 19-30.
- 6) VIST Group: <http://eng.vistgroup.ru/mof/>
- 7) Independent Mongolian Metals & Mining Research:
<http://uclalum.blogspot.com/2010/03/according-to-leading-mongolian-news.html>

3章

- 1) Berry, G. (2013): Capex cannibalization pushes copper-further towards a mid-decade deficit. ICSG 2013 Meeting.
- 2) Cochilco (2013): Copper market trend report.25p.
- 3) ICSG (2011): Directory of copper mines and plants 2009 to 2014. 118p.
- 4) ICSG (2013): World Copper Fact Book 2013. 57p.
- 5) ICSG (2014): Copper Bulletin. March 2014. 53p.
- 6) IMF (2014): World Economic Outlook—Recovery Strengthens, Remains Uneven.p.216.
- 7) JOGMEC (2009) : 中国の銅産業の現状と課題. 成果報告会資料
- 8) Metals Economics Group (2011): Corporate exploration strategies. 470p.
- 9) 日本メタル経済研究所 (2010) : 中国銅産業の現状. No.164, 93p.
- 10) U.S. Geological Survey (2014): Mineral Commodity Summaries 2014.

- 11) World Bureau of Metal Statistics (1994～2014): World Metal Statistics Yearbook.
- 12) IWCC: <http://www.coppercouncil.org/genstat1.aspx>

4 章

- 1) ICSG (2013): World Copper Fact Book 2013
- 2) ICSG (2014): Copper Bulletin. March 2014.
- 3) Mongolian Customs Data Base: <Http://www.customs.gov.mn/statistics/>
- 4) IMF Web Page : <http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.aspx>
- 5) Erdenet Mining Company: Brochure
- 6) World Bureau of Metal Statistics (2014): World Bureau Metal Statistics
- 7) JOGMEC (2012): Copper Production in the World.
- 8) JOGMEC (2011):「世界の資源を取り巻く変化と資源メジャー」金属資源関連成果発表会資料
- 9) Turquoise Hill (2013): 2013 OyuTolgoi Technical Report.
- 10) Turquoise Hill (2013): Second Quarter Report.
- 11) Turquoise Hill (2013): Third Quarter Report.
- 12) Turquoise Hill (2013): Annual Report to Shareholders.
- 13) Wan Ling (2012): Chinese Copper Market and Mongolia.

5 章

- 1) CODELCO (2014): CODELCO investor presentation
- 2) International Copper Study Group (2013): The World Copper Factbook 2013
- 3) JOGMEC(2013) : 資源メジャー・金属部門の動向調査 2012
- 4) JOGMEC (2013) : 銅の需給動向,
- 5) JOGMEC (2014) : メタルマイニング・データブック 2013, JOGMEC, p569.
- 6) LME ホームページ
- 7) Pascal Coursol et al (June 7th 2010): Energy Consumption in Copper Sulfide Smelting, Copper 2010 Conference in Hamburg, Germany
- 8) Teck Modelling Workshop (March 13, 2012)
- 9) U.S. Geological Survey (2010): USGS Mineral Yearbook
- 10) World Bureau of Metal Statistics(1994～2014) World Metal Statistics Yearbook.
- 11) 経済産業省 資源エネルギー庁 (2013) : 国際エネルギー需給構造の変化を踏まえた中長期的な資源確保戦略について.
- 12) 資源と素材(1997) : リサイクル事例集-日鉱敦賀リサイクル(株), vol 113, 1177-1178
- 13) 四国電力株式会社ホームページ
- 14) 日本鉱業協会 「低炭素社会実行計画」 (2012/8)

6 章

- 1) JICA (2013): Master plan study for coal development and utilization.

7章

- 1) JOGMEC(2013) : 金属資源レポート(2013.05), 45-62
- 2) 日本メタル経済研究所 (2014) : 非鉄金属鉱山・製錬所データ&マップ - 銅 -
- 3) ICSG (2013): Directory of Copper Mines and Plants (Feb/2013)
- 4) ICSG (2013): World Copper Fact Book 2013
- 5) Sulfuric Acid Market by PentaSul (Feb 2008)
- 6) Chilean Copper Commission (05-2011)
- 7) Turquoise Hill Resources LTD. (2013): 2013 Oyu Tolgoi Technical report

8章

- 1) JICA (2013): Master plan study for coal development and utilization.
- 2) World Bank (2011): Southern Mongolian infrastructure Strategy.
- 3) Mongolian Railway (2010): New railway infrastructure project.
- 4) Ministry of mineral resources and energy (2012): Current and future prospects of the electricity sector of Mongolia.
- 5) MMER (2011): Strategies and future development of energy and current status of nuclear energy program in Mongolia, Tudev TSERENPUREV.
- 6) World Bank (2009): Groundwater assessment in the Gobi region, Final draft report.
- 7) 日本ーモンゴル航空関係 (国土交通省) <http://www.mlit.go.jp/common/001019829.pdf>

10章

- 1) JOGMEC(2014) : JOGMEC 世界の鉱業の趨勢, 2013
- 2) The World Bank (2006): Mineral Royalties and other Mining-specific Taxes
- 3) National Statistical Office of Mongolia (2012): National Statistical Yearbook 2011, Mongolia
- 4) Energy International Corporation, Prophecy Coal Corp.の公開データ
- 5) Marklines の有料データ
- 6) ICSG (2013): World Copper Fact Book 2013
- 7) ELLA Area: Economic Development (2012): Profit-Based versus Production-based Tax Regimes: Latin America's Experience
- 8) NEA Economic Cooperation, Dr. Gotov Dugerjav (2013): Enhancing Northeast Asia and Mongolia Economic Cooperation through Transport Network Development
- 9) 松岡・モンゴル外国貿易投資庁 (2012) : モンゴルの鉱物資源開発・利用と国際関係

11章

- 1) 中小企業庁(2009) : 平成 20 年調査の概況
- 2) Amrita Batchuluun, Asia University, Joung Yol Lin, Asia University (2010): An Analysis of Mining Sector Economics In Mongolia
- 3) N.Batnasan School of Economic Studies, National University of Mongolia (2013):Mongolia's Mining-Based Development and Trade Policy

- 4) Owen Barder(2006):A Policymakers' Guide to Dutch Disease
- 5) U.S. Government (2013): Hearing before the Subcommittee on Africa, Global Health, Global Human Rights, and International Organizations of the Committee on Foreign Affairs House of Representatives One Hundred Thirteenth Congress
- 6) 中村 靖：計算可能一般均衡（CGE）モデル作成マニュアルーウズベキスタン CGE モデルを例としてー
- 7) National Development and Innovation Committee (2011): Impact of mining industry on other sectors
- 8) 松原 宏（2008）：立地調整の経済地理学序説
- 9) 宇多 賢治郎：産業連関分析を拡張した応用一般均衡分析モデル ALIBI CGE Model の紹介
- 10) 堤 研二（2011）：地域科学、新経済地理学と日本の経済地理学に関する試論的考察：ERSA50周年と日本の経済地理学
- 11) Shagdar Enkhbayar, David Roland-Holst, Guntur Sugiyarto(2010): Mongolia's Investment Priorities from a National Development Perspective

12 章

- 1) IFC (2007): IFC Environmental, Health and Safety Guidelines for Mining
- 2) IFC (2007): IFC General EHS Guidelines
- 3) Oyu Tolgoi LCC (2003): Implementation of the Environmental Protection Plan and Environmental Monitoring Program by 6709A License holder at Oyu Tolgoi Deposit