

モンゴル国
鉱業省

モンゴル国
銅産業分野情報収集・確認調査
ファイナル・レポート

平成 26 年 10 月
(2014 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

三菱マテリアルテクノ株式会社
株式会社三菱総合研究所
住鉱資源開発株式会社

産公
JR
14-110

目 次

目次

図・表・写真一覧

略語一覧

第1章 序論	1-1
1.1 調査の背景	1-1
1.1.1 モンゴル国における鉱業の概況	1-1
1.1.2 モンゴル国の鉱業政策	1-2
1.1.3 モンゴル国の銅資源	1-3
1.2 調査の目的	1-4
1.3 調査実施の基本方針	1-4
1.4 調査のフロー	1-5
1.5 調査体制	1-6
1.5.1 カウンターパート機関	1-6
1.5.2 調査関係者	1-6
1.6 調査スケジュール	1-7
第2章 モンゴル国の銅産業と銅資源ポテンシャル	2-1
2.1 モンゴル国の銅産業概要	2-1
2.2 既存銅鉱山の概況	2-1
2.2.1 Erdenet 鉱山	2-1
2.2.2 Oyu Tolgoi 鉱山	2-7
2.3 新規開発計画	2-18
2.3.1 Tsagaan Suvarga 鉱床開発概況	2-18
2.4 銅資源ポテンシャル	2-22
2.5 銅鉱石の処理および加工の現状	2-25
2.5.1 銅鉱石の処理	2-25
2.5.2 金属銅の二次加工	2-29
第3章 世界の銅需給予測	3-1
3.1 世界の銅需給現状分析	3-1
3.1.1 供給サイド	3-1
3.1.2 需要サイド	3-10
3.1.3 銅価格の推移	3-14
3.2 世界の銅需給および価格の将来動向分析	3-14
3.2.1 世界経済見通し	3-14
3.2.2 銅需要見通し	3-15
3.2.3 銅鉱石生産見通し	3-17
3.2.4 銅価格予測	3-19

3.3 中国の銅原料確保.....	3-20
3.3.1 国内鉱石供給.....	3-21
3.3.2 海外鉱山開発投資と海外精鉱輸入.....	3-23
3.3.3 銅地金生産と原料構成.....	3-24
3.3.4 中国銅原料確保の将来見通し.....	3-24
第4章 モンゴル国の銅需給・輸出入予測.....	4-1
4.1 モンゴル国の銅供給と輸出.....	4-1
4.1.1 精製銅生産実績.....	4-1
4.1.2 精製銅生産予測.....	4-2
4.1.3 銅精鉱生産実績.....	4-2
4.1.4 銅精鉱生産予測.....	4-8
4.2 モンゴル国銅製品の需要と輸入.....	4-11
4.2.1 輸入.....	4-11
4.2.2 需要.....	4-11
第5章 世界の主要銅鉱床と銅産業事業者の動向.....	5-1
5.1 世界の主要鉱山.....	5-1
5.1.1 銅の生産量.....	5-1
5.1.2 主要銅鉱山の分布と鉱床タイプ.....	5-4
5.1.3 世界地域別の銅発見資源量および未発見量.....	5-5
5.1.4 世界経済の状況（2012年）.....	5-6
5.2 世界の銅産業事業者の動向.....	5-6
5.2.1 資源メジャーの動向.....	5-12
5.2.2 日本企業の海外投資.....	5-18
5.2.3 中国企業の海外投資.....	5-20
5.3 製錬業の抱える課題.....	5-22
5.3.1 収入とコスト.....	5-22
5.3.2 技術的側面.....	5-28
5.3.3 中国の存在.....	5-30
第6章 モンゴル国の鉱物資源政策および関係法令.....	6-1
6.1 鉱物資源開発分野に係る政策.....	6-1
6.1.1 鉱物資源開発分野における国家政策（2014～2025年）.....	6-1
6.2 鉱物資源法.....	6-2
6.2.1 2011年の改定.....	6-4
6.2.2 2014年の改定.....	6-4
6.3 戦略的鉱床指定についての課題.....	6-5
6.3.1 戦略的鉱床指定の意義.....	6-5
6.3.2 資本参加による国家の鉱山監督.....	6-5
6.3.3 リスクの大きな鉱山業への国家の資本参加.....	6-6
6.3.4 資本参加に依らない鉱山管理.....	6-6
6.4 銅プログラムの概要.....	6-6

6.5 投資政策	6-7
6.5.1 外国投資政策	6-7
6.5.2 投資法	6-7
6.5.3 投資基金法	6-8
第7章 モンゴル国の銅産業の育成	7-1
7.1 銅製錬について	7-1
7.1.1 乾式製錬法（マットの製造法）	7-1
7.1.2 乾式製錬法（粗銅の製造）	7-8
7.1.3 乾式製錬法（陽極の製造）	7-10
7.1.4 乾式製錬法（電気銅の製造）	7-11
7.1.5 世界の乾式銅製錬所	7-12
7.1.6 乾式製錬方法比較	7-16
7.1.7 湿式製錬	7-18
7.2 銅製錬所建設のために必要な条件	7-22
7.2.1 製錬所建設・操業に必要な検討項目	7-22
7.2.2 硫酸に関わる基本検討項目	7-29
7.2.3 製錬所の経済性の検討	7-35
7.2.4 将来の事業展開の方向性	7-38
7.3 モンゴル国に適した銅製錬方式	7-42
第8章 輸送インフラ	8-1
8.1 3鉱山の輸送量（現行、今後）	8-1
8.1.1 現行の3鉱山の輸送量	8-1
8.1.2 今後の3鉱山の精鉱量・輸送量	8-1
8.2 輸送手段（鉄道、道路、空路）	8-3
8.2.1 鉄道	8-3
8.2.2 道路	8-6
8.2.3 空路	8-9
8.3 電源確保	8-9
8.4 その他の輸送インフラ関連情報	8-11
8.4.1 ゴビ地域の水資源確保対策	8-11
8.4.2 製錬所建設予定可能地区とロジスティクス	8-13
第9章 産業人材育成	9-1
9.1 鉱業分野における産業人材育成の分析枠組み	9-1
9.2 鉱業分野における産業人材育成の現状	9-1
9.2.1 政策面	9-2
9.2.2 供給面	9-5
9.2.3 需要面	9-13
9.3 鉱業分野における産業人材育成の課題	9-18
9.3.1 政策面	9-18
9.3.2 供給面	9-20

9.3.3 需要面	9-22
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	9-23
9.4.1 政策面	9-23
9.4.2 供給面	9-24
9.4.3 需要面	9-24
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	9-24
第10章 鉱業への投資促進	10-1
10.1 はじめに	10-1
10.2 モンゴル国の鉱工業の現状分析	10-1
10.2.1 ソフトインフラ	10-1
10.2.2 ハードインフラ	10-3
10.3 銅関連産業の特有課題の整理・分析	10-5
10.4 モンゴル国鉱工業への投資促進のための提案	10-7
10.4.1 ソフトインフラ	10-7
10.4.2 ハードインフラ	10-9
第11章 経済分析	11-1
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
11.1.1 モンゴル国の経済成長と鉱業セクターの成長	11-1
11.1.2 雇用と賃金の動向	11-4
11.2 経済分析に係る先行研究のレビュー	11-5
11.2.1 先行研究の分析結果	11-5
11.3 製錬所建設によるマクロ経済効果	11-9
11.3.1 分析手法と仮説	11-9
11.3.2 暫定的な推計結果	11-10
11.3.3 製錬業および下流産業の立地の妥当性について	11-15
11.3.4 課題と今後の作業	11-15
11.4 モンゴル銅産業の展開シナリオと経済波及効果	11-16
第12章 環境社会配慮	12-1
12.1 環境関連法規	12-1
12.1.1 環境基本法としての「環境保護法」	12-1
12.1.2 環境影響評価法	12-1
12.1.3 その他環境関連法	12-3
12.1.4 環境基準	12-5
12.2 環境関連行政機関	12-9
12.3 鉱山における環境保全の取り組み	12-10
12.3.1 水資源	12-10
12.3.2 大気	12-13
12.3.3 土壌	12-13
12.3.4 野生動植物	12-14
12.3.5 採掘跡地復旧	12-15

第 13 章 銅産業育成のための課題と提言	13-1
13.1 銅産業の育成について	13-1
13.2 銅産業育成による経済効果	13-5
13.2.1 製錬所建設によるマクロ経済効果	13-5
13.2.2 銅産業の展開シナリオと経済波及効果	13-5
13.3 製錬所建設について	13-7
13.3.1 湿式製錬	13-7
13.3.2 乾式製錬	13-7
13.4 銅産業育成のためのアクションプログラム	13-9
13.5 今後の外国からの支援の方向性についての提言	13-11
13.5.1 人材育成支援	13-12
13.5.2 資源データベース整備支援	13-12
13.5.3 シンクタンク機能の創設支援	13-13
13.5.4 鉱山環境保全対策支援	13-13

付属資料

図・表・写真一覧

図 1.1.1	全輸出に占める鉱製品の割合	1-1
図 1.1.2	モンゴル国の鉱山・主要鉱床位置図	1-4
図 1.4.1	作業工程の概要	1-5
図 1.5.1	鉱業省の組織図	1-6
図 1.6.1	調査の全体スケジュール	1-7
図 2.2.1	Erdenet 鉱床の地質図	2-3
図 2.2.2	生産実績の推移グラフ	2-7
図 2.2.3	Oyu Tolgoi 位置	2-8
図 2.2.4	Oyu Tolgoi 鉱床の分布	2-10
図 2.2.5	Oyu Tolgoi 鉱床の断面図	2-11
図 2.2.6	Oyu Tolgoi 鉱床の平面図	2-12
図 2.2.7	Oyu Tolgoi 鉱床断面と開発概念	2-14
図 2.2.8	Oyu Tolgoi 鉱山選鉱場の磨鉱処理フロー	2-15
図 2.2.9	Oyu Tolgoi 鉱山選鉱場の浮遊選鉱工程フロー	2-15
図 2.3.1	Tsagaan Suvarga 鉱床の地質図	2-19
図 2.4.1	モンゴル国の銅鉱床の概略分布	2-23
図 3.1.1	銅鉱床タイプ別生産量および埋蔵量（2010年）	3-1
図 3.1.2	国別銅埋蔵量	3-2
図 3.1.3	銅鉱石生産推移（1990-2013）	3-2
図 3.1.4	SX-EW カソード生産推移（1990-2013）	3-4
図 3.1.5	SX-EW カソード国別生産推移（1990-2013）	3-5
図 3.1.6	地金生産推移（1990-2013）	3-5
図 3.1.7	銅鉱石輸出入	3-7
図 3.1.8	銅地金輸出入	3-8
図 3.1.9	国別中間製品生産	3-9
図 3.1.10	チリ国銅生産予測	3-10
図 3.1.11	銅の主な用途とその世界需要推移	3-11
図 3.1.12	銅地金消費推移（1990-2013年）	3-12
図 3.1.13	中国、米国、日本、ヨーロッパにおける銅中間製品消費推移（2001-2012）	3-13
図 3.1.14	中国の銅中間製品費目別消費推移（2001-2012）	3-13
図 3.1.15	銅価格および LME 在庫推移	3-14
図 3.2.1	IMF による世界経済見通し	3-15
図 3.2.2	主要国の（GDP/人）－（銅消費量/人） 相関図（1980年～2013年）	3-16
図 3.2.3	中国の（GDP/人）－（銅消費量/人） 相関図	3-17
図 3.2.4	銅需給見通し	3-18
図 3.2.5	長期銅需給予測	3-19

図 3.2.6	銅価格短期予測.....	3-19
図 3.2.7	銅価格長期予測（2018年～2022年）.....	3-20
図 3.3.1	中国の銅マテリアルフロー（2013年）.....	3-21
図 3.3.2	中国の銅鉱山・製錬所および周辺国で中国と関係のある鉱山・プロジェクト 分布.....	3-22
図 3.3.3	中国の海外投資案件.....	3-23
図 3.3.4	中国の地金生産量推移と原料構成.....	3-24
図 3.3.5	中国の銅需給 2013年・2018年比較.....	3-25
図 4.1.1	純銅価格、精鉱輸出単価とその比率.....	4-7
図 4.1.2	Oyu Tolgoi 鉱山の生産計画（精鉱）.....	4-8
図 4.1.3	Oyu Tolgoi 鉱山の生産計画（銅金属量）.....	4-9
図 4.1.4	モンゴル国の銅生産予測（精鉱）.....	4-10
図 4.1.5	モンゴル国の銅生産予測（銅金属量）.....	4-10
図 4.1.6	中国輸入銅精鉱に占めるモンゴル国産銅精鉱.....	4-11
図 4.2.1	銅製品の輸入量の変化.....	4-13
図 5.1.1	世界の銅生産量（1990～2011年）.....	5-1
図 5.1.2	世界の地域別生産量（2012年）.....	5-2
図 5.1.3	世界トップ20ヶ国の銅生産量（2012年）.....	5-2
図 5.1.4	銅生産能力のトレンド（1996～2016年）.....	5-3
図 5.1.5	世界における主要銅鉱山の分布.....	5-4
図 5.1.6	世界トップ20銅鉱山の分布と鉱床タイプ.....	5-4
図 5.1.7	銅鉱床の新規発見が期待される地域とその鉱床タイプ.....	5-6
図 5.2.1	資源メジャー10社の保有する銅資源量+埋蔵量.....	5-10
図 5.2.2	資源メジャー10社の銅生産量（2011年）.....	5-11
図 5.2.3	資源メジャー10社の銅生産量推移.....	5-11
図 5.2.4	資源メジャー6社のセグメント別売上げ（2012年）.....	5-12
図 5.2.5	CODELCO および Vale の銅鉱山・プロジェクト.....	5-13
図 5.2.6	CODELCO の新規開発および拡張計画.....	5-13
図 5.2.7	FCX の銅鉱山・プロジェクト.....	5-14
図 5.2.8	Xstrata の銅鉱山・プロジェクト.....	5-15
図 5.2.9	Rio Tinto および BHP Billiton の銅鉱山・プロジェクト.....	5-16
図 5.2.10	Anglo American および Norilsk の銅鉱山・プロジェクト.....	5-17
図 5.2.11	Grupo Mexico および Antofagasta の銅鉱山・プロジェクト.....	5-18
図 5.2.12	日本の銅原料の現状.....	5-19
図 5.2.13	中国の銅原料の現状.....	5-21
図 5.3.1	リーマンショック前後の TC/RC と銅価格の推移.....	5-24
図 5.3.2	スポットと長期契約の TC/RC の推移.....	5-24
図 5.3.3	主要市場別のプレミアムの推移.....	5-25
図 5.3.4	国別の銅生産量の推移.....	5-31
図 7.1.1	熔錬方法の変遷.....	7-2

図 7.1.2	Outokumpu 方式の自溶炉	7-3
図 7.1.3	INCO 方式の自溶炉	7-3
図 7.1.4	MI 方式の概念図	7-5
図 7.1.5	Noranda 炉の概念図	7-6
図 7.1.6	Teniente 方式の概念図	7-6
図 7.1.7	Isasmelt 炉	7-7
図 7.1.8	反射炉の概念図	7-8
図 7.1.9	PS 転炉 (Peirce-Smith Converter)	7-9
図 7.1.10	PS 転炉の操業	7-10
図 7.1.11	精製炉の概念図	7-11
図 7.1.12	日本韓国の銅製錬所	7-12
図 7.1.13	中国の銅製錬所	7-13
図 7.1.14	CIS の銅製錬所	7-15
図 7.1.15	SX-EW 法の概念図	7-20
図 7.1.16	リーチング、SX (溶媒抽出)、EW (電解採取) の概念図	7-21
図 7.2.1	地域別の銅地金消費動向	7-25
図 7.2.2	鉱山から最終ユーザに至る銅製品のフロー	7-27
図 7.2.3	硫酸製造のソース	7-30
図 7.2.4	硫酸の用途	7-31
図 7.2.5	銅地金生産に占める SX-EW 法による生産量	7-31
図 7.2.6	硫酸価格(平均値) の変動	7-32
図 7.2.7	硫酸の国別輸入価格	7-33
図 7.2.8	硫酸輸入に関わる国別の輸送費+保険料	7-34
図 7.2.9	中国の硫酸の輸入量	7-35
図 7.2.10	鉱山・製錬所の収益構造の試算例	7-37
図 8.2.1	モンゴル国既存鉄道路線と事業計画	8-3
図 8.2.2	2010 年の鉄道輸送実績	8-4
図 8.2.3	道路図 (上段: 2011 年、下段: 2021~2030 年)	8-7
図 8.2.4	モンゴル国の輸送実績 (旅客)	8-9
図 8.3.1	建設予定発電所位置	8-11
図 8.4.1	Orhon-Gobi Pipeline (OGP) と Herlen-Gobi Pipeline (HGP) プロジェクト	8-12
図 8.4.2	製錬所建設が可能な予定地区の概略位置	8-13
図 9.1.1	鉱業分野における産業人材育成分析の枠組み	9-1
図 9.2.1	分野別高度人材育成実績 (2013 年)	9-4
図 9.2.2	分野別高度人材育成計画 (2014 年)	9-5
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	9-6
図 9.2.4	各大学が提供している鉱物資源関連コース	9-6
図 9.2.5	Orhon SEPC 研修生の修了後の就業先	9-11
図 9.2.6	モンゴル国鉱業分野の就業人口推移	9-14
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	9-21

図 9.3.2	モンゴル国鉱業分野における職場分類	9-22
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	9-25
図 10.1.1	鉱工業の簡易なフロー	10-1
図 10.2.1	各種ロイヤリティーや税制の特徴の比較	10-3
図 10.2.2	モンゴル国における電力需給の予測	10-5
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	10-5
図 10.3.2	インドネシア国における生産台数の推移	10-6
図 10.3.3	世界上位銅生産国の生産量	10-7
図 10.3.4	銅地金生産量世界ランキング上位 20 ヶ国 (2012 年)	10-7
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	10-8
図 10.4.2	モンゴル国の鉄道ネットワーク整備計画	10-9
図 10.4.3	計画中の工業団地および主要な活動	10-10
図 11.1.1	名目 GDP の推移	11-1
図 11.1.2	名目 GDP の産業別比率の推移	11-2
図 11.1.3	消費者物価指数の推移	11-2
図 11.1.4	インフレ率の推移	11-3
図 11.1.5	実質 GDP の推移 (2005 年基準)	11-3
図 11.1.6	実質 GDP の比率の推移 (2005 年基準)	11-4
図 11.1.7	産業別の就業者比率	11-4
図 11.1.8	産業別の平均賃金の推移	11-5
図 11.2.1	シナリオ別の経済効果	11-8
図 11.2.2	Oyu Tolgoi や Tavan Tolgoi の投資の効果 (対 GDP)	11-8
図 11.2.3	Oyu Tolgoi や Tavan Tolgoi の投資の効果 (対輸出)	11-9
図 11.3.1	CAPEX に関する仮説	11-10
図 11.3.2	投資の効果 (生産額)	11-11
図 11.3.3	投資の効果 (付加価値)	11-12
図 11.3.4	輸出入の増減の効果 (付加価値)	11-13
図 11.3.5	硫酸の販売による効果 (付加価値)	11-13
図 11.3.6	製錬所の新設による効果 (20 年累計)	11-14
図 11.3.7	モンゴル国における銅関連製品のフロー	11-15
図 11.4.1	鉱山および製錬所の収入とロイヤリティー	11-18
図 12.2.1	自然環境・グリーン開発省組織図	12-10
図 12.3.1	Gunii khooloi 帯水層および送水パイプライン	12-11
図 13.1.1	中国の銅精鉱および銅地金の輸入状況	13-3
図 13.3.1	乾式製錬所建設候補地の位置図	13-9
表 1.1.1	モンゴル国の主要銅鉱床	1-3
表 1.5.1	調査関係者 (日本側調査団)	1-6
表 1.5.2	調査関係者 (モンゴル国側関係者)	1-7

表 2.2.1	Erdenet 鉱山地域の岩石年代	2-4
表 2.2.2	Erdenet 鉱床タイプ	2-5
表 2.2.3	各鉱床と鉱体の関係	2-11
表 2.2.4	年度生産計画（上段 1-13 年、中段 14-29 年、下段 30-43 年）	2-16
表 2.3.1	Tsagaan Suvarga 鉱床の JORC による賦存量	2-20
表 2.3.2	Tsagaan Suvarga 鉱床のモンゴル国鉱量基準による賦存量	2-21
表 2.3.3	建設計画	2-21
表 2.4.1	モンゴル国の銅鉱床一覧概要	2-24
表 2.4.2	鉱量委員会で承認された埋蔵鉱量	2-25
表 2.4.3	3 鉱山・鉱床の埋蔵鉱量の内訳	2-25
表 2.5.1	Erdmin 社製カソードの化学組成の一例	2-26
表 2.5.2	Erdmin 社の銅関連製品	2-29
表 3.1.1	銅鉱石生産能力トップ 20 鉱山（2011 年）	3-3
表 3.1.2	銅地金生産能力トップ 20 精錬所	3-6
表 3.2.1	主要アドバンスステージ案件（2011 年時点）	3-18
表 3.3.1	中国主要銅鉱山一覧	3-23
表 4.1.1	モンゴル国の銅生産量の推移	4-1
表 4.1.2	モンゴル国の精製銅輸出	4-1
表 4.1.3	精製銅の輸出価格と LME 銅価格	4-2
表 4.1.4	刊行物に示されたモンゴル国の銅生産または輸出力（年別）	4-4
表 4.1.5	モンゴル国からの銅鉱石銅精鉱輸出力（国、年別）	4-5
表 4.1.6	モンゴル国からの銅鉱石銅精鉱輸出力金額（国、年別）	4-5
表 4.1.7	モンゴル国の銅鉱石および銅精鉱輸出力単価（年別）	4-6
表 4.1.8	製錬差益と TC/RC の差額	4-7
表 4.1.9	3 鉱山の生産見込み	4-10
表 4.2.1	モンゴル国の銅製品の輸入量	4-12
表 4.2.2	モンゴル国の銅製品の輸入量と輸出力の差	4-13
表 5.1.1	世界トップ 20 鉱山の生産能力（1996～2016 年）	5-3
表 5.1.2	世界地域別の銅発見資源量および未発見量	5-5
表 5.2.1	資源メジャーの銅アセット（その 1）	5-8
表 5.2.1	資源メジャーの銅アセット（その 2）	5-9
表 5.2.2	資源メジャー 10 社の財務状況	5-10
表 5.2.3	日本の海外投資案件	5-20
表 5.2.4	中国の海外投資案件	5-22
表 5.3.1	非鉄メジャーと中国製錬所の TC/RC の変遷	5-23
表 5.3.2	製錬プロセス別の溶錬に必要な電力・燃料エネルギー	5-26
表 5.3.3	生産規模 200 千トン/年の銅製錬所における国別の電力費用	5-28
表 5.3.4	日本の国内製錬所のエネルギー使用量と炭酸ガス排出量の推移	5-30
表 5.3.5	日本の製錬所のリサイクル原料比（2010 年）	5-30
表 5.3.6	電子機器基盤類の品位	5-30

表 6.2.1	鉱区税と最低探査費用.....	6-3
表 7.1.1	日本、韓国の銅製錬所.....	7-12
表 7.1.2	中国の銅製錬所.....	7-13
表 7.1.3	アジア、豪州、北米、中南米の銅製錬所.....	7-14
表 7.1.4	ヨーロッパ、アフリカの銅製錬所.....	7-15
表 7.1.5	CIS の銅製錬所.....	7-16
表 7.1.6	世界の硫黄の需給.....	7-19
表 7.2.1	生産能力上位 20 の銅溶錬所.....	7-24
表 7.2.2	生産能力上位 20 の銅精錬所.....	7-24
表 7.2.3	韓国からチリ国への硫酸輸出货量.....	7-35
表 7.2.4	Oyu Tolgoi 鉱山操業 2 年目の生産量.....	7-37
表 7.2.5	現在操業中の米国の銅製錬所(SX-EW 法を除く).....	7-39
表 7.2.6	日本の主要銅鉱山の閉山と付属製錬所の動向.....	7-39
表 7.2.7	日本の海外銅製錬所への投資とその後の動向.....	7-40
表 7.2.8	ブルガリア国とオマーン国の銅製錬所の概要.....	7-41
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.....	7-42
表 7.3.1	湿式製錬と乾式製錬の特徴まとめ.....	7-42
表 8.1.1	3 鉱山の輸送量 (銅精鉱ベース、2012 年).....	8-1
表 8.1.2	3 鉱山における今後の輸送量.....	8-2
表 8.1.3	Tavan Tolgoi – Sainshand 間の鉄道建設事業.....	8-2
表 8.2.1	鉄道距離と年間輸送能力.....	8-3
表 8.2.2	各国の軌道比較.....	8-5
表 8.2.3	モンゴル国鉄道建設計画 2010.....	8-5
表 8.2.4	2012 年に建設開始の 3 路線.....	8-6
表 8.2.5	今後の鉄道建設計画および増強計画.....	8-6
表 8.2.6	Asian Highway 進捗状況.....	8-8
表 8.3.1	新規石炭発電所.....	8-10
表 8.3.2	Tavan Tolgoi 発電所の主な需要構成.....	8-10
表 8.3.3	南ゴビにおける電力需要予測.....	8-10
表 8.4.1	パイプラインプロジェクト概要.....	8-11
表 8.4.2	2020 年の水供給計画.....	8-12
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.....	8-14
表 9.2.1	労働省が実施している職業訓練プログラム.....	9-4
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.....	9-8
表 9.2.3	SEPC などの教員数.....	9-9
表 9.2.4	Orkhon SEPC の概要および教育活動.....	9-10
表 9.2.5	MKPC の概要および教育活動.....	9-12
表 9.2.6	鉱業における企業規模と労働者数.....	9-14
表 9.2.7	EMC 社の概要および職業訓練プログラム.....	9-15
表 9.2.8	EMC 社の海外および国内大学研修実績 (2013-2014 年度).....	9-16

表 9.2.9	Oyu Tolgoi LLC 社の概要および職業訓練プログラム	9-17
表 10.2.1	モンゴル国鉱工業に関する基本的な情報	10-2
表 10.2.2	モンゴル国における輸送に関する統計データ	10-4
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	11-7
表 11.3.1	生産物・副産物に関する出口条件仮説	11-10
表 11.3.2	原材料の輸入率	11-11
表 11.4.1	モンゴル国における銅事業展開シナリオ	11-18
表 12.1.1	モンゴル国環境関連法	12-4
表 12.1.2	モンゴル国環境関連基準	12-6
表 12.1.3	大気的一般汚染物質に関する環境基準	12-7
表 12.1.4	排水中の汚染物質に関する環境基準（１）	12-8
表 12.1.5	排水中の汚染物質に関する環境基準（２）	12-9
表 12.3.1	Oyu Tolgoi 鉱山の水使用量および消費量（2013 年）	12-12
表 12.3.2	土壌中の重金属濃度	12-14
表 13.1.1	銅産業育成のための必要課題	13-1
表 13.1.2	LME 銅 Grade-A における不純物含有量の上限	13-4
表 13.1.3	COMEX の銅 Grade-1A における不純物含有量の上限	13-4
表 13.2.1	モンゴルにおける銅事業展開シナリオ	13-6
表 13.3.1	乾式製錬所建設候補地の検討結果	13-8
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	13-11
写真 2.2.1	ピット風景（2014 年 5 月 26 日撮影）	2-2
写真 2.2.2	Erdenet 鉱山の選鉱場概観	2-6
写真 2.2.3	Erdenet 鉱山選鉱場の浮遊選鉱システム	2-7
写真 2.2.4	Oyu Tolgoi 鉱山ピット風景	2-8
写真 2.2.5	Oyu Tolgoi 鉱山選鉱場の磨鉱システム	2-16
写真 2.3.1	Serven Sukhait 鉱床の 3D モデル	2-20
写真 2.3.2	Tsagaan Suvarga 鉱山の建設状況	2-22
写真 2.5.1	Erdmin 社のダンブリーチング場	2-27
写真 2.5.2	Erdmin 社の湿式精錬プラント	2-27
写真 2.5.3	Erdmin 社で生産したカソード	2-28
写真 2.5.4	Achit Ikht 社が建設中の湿式製錬所	2-28
写真 2.5.5	Erdmin 社の加工工場で生産された銅線	2-29
写真 2.5.6	Erdmin 社の加工工場で生産された電線	2-30
写真 8.1.1	Sainshand 市西方の鉄道敷設状況	8-2
写真 8.2.1	Trans-Mongolian 鉄道の状況（Sainshand 付近）	8-4
写真 8.2.2	Oyu Tolgoi 鉱山の精鉱輸送用道路	8-8
写真 9.2.1	モンゴル科学技術大学工学部の施設	9-7
写真 9.2.2	Orkhon SEPC の施設	9-10

写真 9.2.3	MKPC の施設	9-12
写真 10.2.1	Ulaanbaator～Erdenet 間の道路一部.....	10-4
写真 12.3.1	Oyu Tolgoi 鉱山近傍に位置する貯水池.....	12-11

略語一覧

略語	標記（英語他）	標記（日本語他）
BOT	Build Operate Transfer	民間企業活用インフラ建設方式
CAPEX	Capital Expenditure	資本的支出
CGE	Computable General Equilibrium	CGEモデル分析
DEIA	Detail Environmental Impact Assessment	詳細環境影響評価
DOR	Department of Road	モンゴル道路庁
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EMC	Erdenet Mining Corporation	エルデネット鉱山会社
FS	Flash Smelting	自溶炉
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GEIA	General Environmental Impact Assessment	概略的環境影響評価
HGP	Herlen Gobi Pipeline Project	エルレン川-ゴビ砂漠パイプラインプロジェクト
ICSG	International Copper Study Group	国際銅研究会
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
JICA	Japan International Cooperation Agency	(独) 国際協力機構
JOGMEC	Japan Oil, Gas and Metals National Corporation	(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
JORC	Joint Ore Reserves Committee	
LME	London Metal Exchange	ロンドン金属取引所
MAK	Mongolian Alt Corporation	MAK社
MI	The Mitsubishi Process	三菱方式（炉）
MKPC	Mongolian-Korean Polytechnic College	
MMAJ	Metal Mining Agency of Japan	金属鉱業事業団（JOGMECの前身）
MNMA	Mongolian National Mining Association	モンゴル鉱業協会
MRAM	Mineral Resources Authority of Mongolia	モンゴル鉱物資源庁
MTZ	Mongolian Railway State Owned Shareholding	モンゴル鉄道
MUST	Mongolian University of Science and Technology	モンゴル科学技術大学
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構
NSR	Net Smelter Return	
NUM	National University of Mongolia	モンゴル国立大学
OGP	Orhon-Gobi Pipeline Project	オルホン-ゴビ砂漠パイプラインプロジェクト
OJT	On the Job Training	職場内訓練
PP	Price Participation	
RAM	Railway Authority of Mongolia	モンゴル鉄道庁
RF	Reverberatory Furnace	反射炉
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的環境影響評価
SEPC	Specialist Education and Production Center	専門教育・研修センター
SX-EW	Solvent Extraction and Electrowinning	溶媒抽出電解採取法
TC/RC	Treatment Charge / Refining Charge	溶錬費 / 精錬費
UB	Ulaanbaatar	ウランバートル市
WB	World Bank	世界銀行

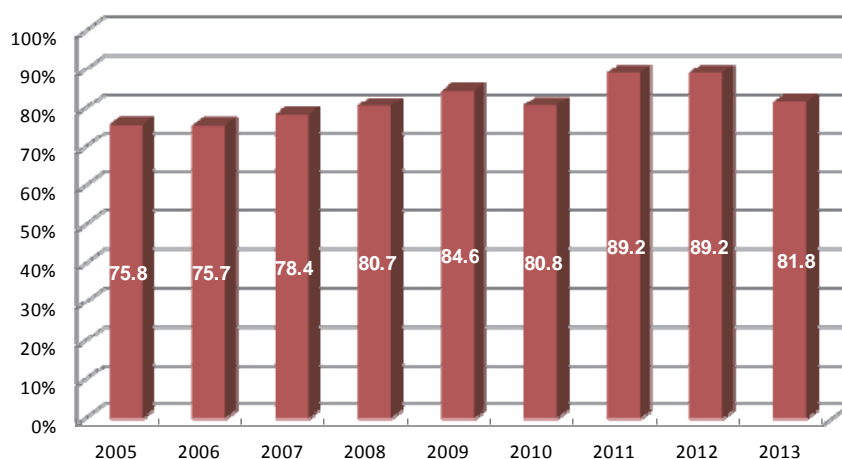
注)この略語表は以降の説明に使用される代表的な略語をリストアップしたものである(アルファベット順)。

第1章 序論

1.1 調査の背景

1.1.1 モンゴル国における鉱業の概況

モンゴル国において鉱業は、Gross Domestic Product（以降、GDP と称す）の 18.5%、輸出額の 81.8%（いずれも 2013 年）を占める極めて重要な産業であり、中でも 1970 年代から開発が行われてきた Erdenet 鉱山を中心とする銅鉱石の採掘・精鉱生産は大きな役割を果たしてきた（図 1.1.1）。近年では石炭鉱山開発も急速に進んでいるが、Oyu Tolgoi 鉱山など新たな大規模銅鉱山の開発も進められており、引き続き銅鉱業がモンゴル国経済において重要な位置を占めていくことは確実である。



（出典：統計局）

図 1.1.1 全輸出に占める鉱産品の割合

一方、モンゴル国は中国、ロシア国に挟まれた内陸国であることから、鉱石輸出・輸送の方法・仕向地は限定されており、鉱物資源価格の変動による影響を受けやすい状況にある。また、現在の銅関連産業は大半が鉱石の採掘・精鉱の生産であり、製錬業は国内消費向けの小規模な低品位酸化鉱による湿式製錬が一部で行われているのみで、大規模な乾式製錬は行われていない。このような状況から、モンゴル国政府は鉱業分野における販路の拡大・適正化、生産物の高付加価値化、関連産業の多様化を安定的な成長に向けた課題と考えており、最適な関連産業の振興・立地に向けた施策の策定を検討している。

これらの課題の対応においては鉱業分野における採掘・選鉱・製錬までの産業構造や国際需給・外資企業の動向・将来予測、地政学的な環境なども把握した上で検討すべきであるが、モンゴル国では人材、知見ともに不足していることから、日本からの協力を期待している状況である。

モンゴル国は 1990 年代、カシミヤや羊毛など農牧業が主要産業であったが、銅や金などの鉱物資源を有する資源国でもあり、2005 年以降は鉱業が経済成長をけん引し、重要な外貨獲得源となっている。特に、埋蔵量ベースで世界最大級とされる Oyu Tolgoi 鉱山（銅、

金)と Tavan Tolgoi 炭鉱(原料炭、一般炭)の開発は同国の経済成長および外貨獲得に大きく貢献すると期待されている。Oyu Tolgoi 鉱山は 2013 年に操業を開始し、2016 年にフル稼働の計画であるが、Oyu Tolgoi 鉱山の開発およびほかの産業への波及効果により 2013 年の実質 GDP 成長率は 11.7%を記録した。

1.1.2 モンゴル国の鉱業政策

モンゴル国政府は、2008 年1月、民主主義社会における自国民の発展、自国の経済、社会、科学、技術および文化の大いなる発展を目的とし、今後14 年間の政策を世界および地域の発展と密接に関連付けて、包括的に示した「ミレニアム開発目標に基づくモンゴル国家開発総合政策(The MDG-based Comprehensive National Development Strategy, 2008-2021: NDS)」を策定した。この政策に基づいた鉱物資源に関する政府方針は以下のとおりである。

- 新規鉱床の発見
- 設備の更新
- 最終製品の生産拡大
- 2015 年までに銅製錬所、カソード方式抽出銅の生産増加
- モリブデン精鉱加工工場の設立
- リン肥料の生産
- ウラン鉱床の開発およびウラン鉱石の精製
- 原子力利用条件および環境の調査
- レアアース鉱床の開発および最終製品の生産
- 貴金属の加工工場の設立
- 各金属の純度を上げ、国内および国際事情で販売できるような税制・金融上の支援措置の検討
- 国産建設原材料(セメント、鉄、ガラスなど)の供給
- 原油精製による国産石油製品の供給および石炭の加工
- コールベッドメタンガスおよび天然ガスの地質調査開始とガス利用の促進
- 原材料形態での輸出の低減と付加価値製品輸出の促進
- 進歩的技術の利用による金埋蔵量の増加と国内金製錬所の支援

上述の政府方針についてはさらに、2014 年 1 月に新たに鉱物資源分野における国家政策(2014~2025 年)がモンゴル国国家大会議で決議された。その総則には、「鉱物資源分野における国家政策は、投資の安定的な環境を形成し、自然環境に影響の少ない最新技術・機械の導入およびイノベーションを図ることによって鉱物資源の探査や採掘、加工などの質を高め、付加価値のある製品を生産し、国際市場での競争力を強化することを目的とする。」と述べられている。この決議に基づいて 2014 年 5 月~6 月の国会において鉱物資源法の改正が審議されているところである。

1.1.3 モンゴル国の銅資源

モンゴル国はアジアでは中国やインドネシア国に次ぐ主要銅生産国であり、2007 年では 13 万トンの銅が生産されている。同国での年間銅生産量は過去数年間にわたって横ばいで推移しているが、大規模鉱床の開発により将来的に銅生産量の大幅増加が期待されている。

モンゴル国議会は、鉱物資源法第 8 条 14 項の規定に基づき 15 鉱床を戦略的重要鉱床として指定している。その中に含まれている銅鉱床を表 1.1.1 に、その位置を図 1.1.2 に示す。

表 1.1.1 モンゴル国の主要銅鉱床

鉱山名	Erdenet 銅鉱山	Oyu Tolgoi 銅鉱山	Tsagaan Suvarga 銅鉱床
位置	Orkhon 県, Bayan-undur	Omnogobi 県, Khanbogd	Dornogobi 県, Mandakh
鉱床	ポーフィリーカッパー型	ポーフィリーカッパー型	ポーフィリーカッパー型
鉱種	銅、モリブデン	銅、金	銅、モリブデン
操業開始	1978 年	2013 年	建設中 (2016 年操業開始予定)
鉱量	1,200,000,000 t	2,300,000,000 t	酸化鉱: 10,640,000 t 硫化鉱: 240,100,000 t
品位	0.51%Cu (0.012g/t Au)	1.16%Cu (0.35g/t Au)	酸化鉱: 0.42%Cu (0.011g/t Au) 硫化鉱: 0.53%Cu (0.018g/t Au)
採掘方法	オープンピット	オープンピット(0.3% Cu) 坑内掘り(計画 0.6% Cu)	オープンピット
操業会社	Erdenet Mining 社 (モンゴル国政府とロシア政府 (51:49) の JV)	Oyu Tolgoi 社 (Turquoise Hill Resources 社とモンゴル政府の JV)	MAK (Mongolian ALT) 社

(出典：調査団作成)

モンゴル国ではこれまでモンゴル国政府とロシア国政府の合弁会社である（権益比率は 51：49）Erdenet Mining Corporation（以下、EMC 社と称する）が独占的に銅生産を行ってきた。Erdenet 鉱山は 1978 年より生産を行っており、同社が生産した銅精鉱は隣国であるロシア国や中国をはじめとして米国や欧州など世界各国へ輸出されてきたが、現在は全量を中国に輸出している。現在の年間銅精鉱生産総量は約 53 万トンで、銅含有率は約 25%である。

しかし 2013 年、カナダ国の Ivanhoe Mines 社と資源メジャーである Rio Tinto によって開発が進められてきた世界最大級の銅鉱床である Oyu Tolgoi 鉱山（金属量で銅資源量は 2,540 万トン、金 1,028 トン、銀 5,144 トン）が生産を開始し、2013 年末までに 29 万トンの銅精鉱を生産している。

また 2016 年の操業開始を目指してモンゴル国資本の Mongolian Alt Corporation（以降、MAK 社と称する）によって Tsagaan Suvarga 鉱床の開発が進められている。Tsagaan Suvarga 鉱床は Oyu Tolgoi 鉱山の北東方約 110km のところに位置しており、鉱量は酸化鉱 1,064 万トン（銅含有量 0.42%）、硫化鉱 24,010 万トン（銅含有量 0.53%）と報告されている。



注) 鉱山：Bagajuur（石炭）、Boroo（金）、Erdenet（銅）、Oyu Tolgoi（銅）、Tumurtuin Ovoo（亜鉛）
 Tavan Tolgoi（石炭）、Nariin Sukhait（石炭）、Shivee Ovoo（石炭）、
 鉱床：Tsagaan Suvarga（銅）、Asgat（銀）、Burenkhaan（リン）、
 Gurvan Bulag（ウラン）、Mardai（ウラン）、Dornod（ウラン）、Tumurtei（鉄）

（出典：MRAM, 2011 より調査団作成）

図 1.1.2 モンゴル国の鉱山・主要鉱床位置図

1.2 調査の目的

モンゴル国における銅関連産業に係る現状、ニーズ、課題などの基礎情報を調査・分析し、モンゴル国鉱業省に結果を情報提供するとともに、我が国としての協力の方向性・妥当性を検討する。

1.3 調査実施の基本方針

モンゴル国の経済において鉱物輸出は全体の 8 割を占めており、石炭資源とともに銅鉱山開発がモンゴル国経済の重要な位置付けとなっている。モンゴル国議会は戦略的重要鉱床として3つの銅鉱床を特定しており、鉱業政策の1つに2015年までに国内銅製錬所の開所を方向づけている。その一方で、鉱物資源はその価格変動による影響を受けやすい特性も合わせ持っている。モンゴル国政府は鉱業分野における課題として、①鉱業分野における販路の拡大・適正化、②生産物の高付加価値化、③関連作業の多様化を安定的な成長に向けて掲げている。このため、最適な関連産業の振興・立地に向けた施策を検討しているものの、モンゴル国内ではこれに耐えうる人材・知見が不足しているのが現状である。

このような背景から、本業務は、鉱山開発から銅製錬、最終製品の輸出までを含む銅関連産業全体の将来展開・方向性について検討し、予測を行うことに重点を置いて実施した。また業務の実施においては、具体的な課題の背景から情報収集・分析の各段階においてモンゴル国側との意見交換・検討を十分に行って進めることを基本方針とした。

1.4 調査のフロー

本調査の作業工程の概要を図 1.5.1 に示す。

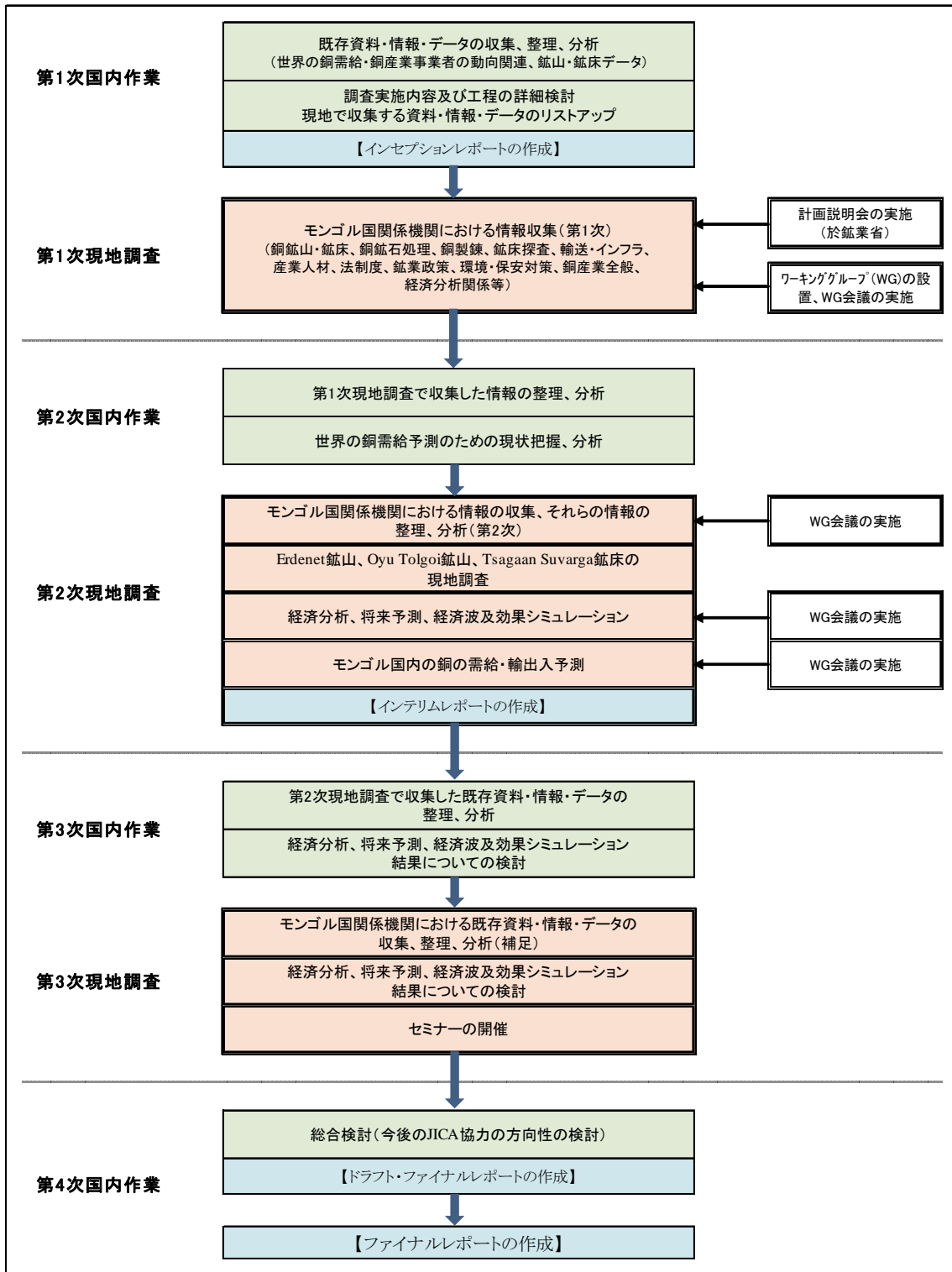


図 1.4.1 作業工程の概要

1.5 調査体制

1.5.1 カウンターパート機関

本調査のカウンターパートは、鉱業省（Ministry of Mining）の戦略政策・計画局（Strategic policy and planning department）である。鉱業省の組織図を図 1.6.1 に示す



注) 鉱業省はエネルギー省と統合されることが、2014年10月の国会で決議された。

(出典：調査団作成)

図 1.5.1 鉱業省の組織図

1.5.2 調査関係者

本調査に参加した日本側およびモンゴル国側の調査員は以下の通りである。

表 1.5.1 調査関係者（日本側調査団）

氏名	担当業務
柴田 芳彰	総括、鉱業政策
山川 正	副総括、鉱業政策、輸送・インフラ
奥村 重史	産業立地政策、経済分析
水落 洋一	鉱山開発
秋山 義夫	鉱山開発
小林 浩久	需給・市場分析
中山 健	需給・市場分析
進藤 秀明	製錬・加工
林 保順	産業人材
ティン・ミン・フン	投資促進
宮池 周作	環境社会配慮

(出典：調査団作成)

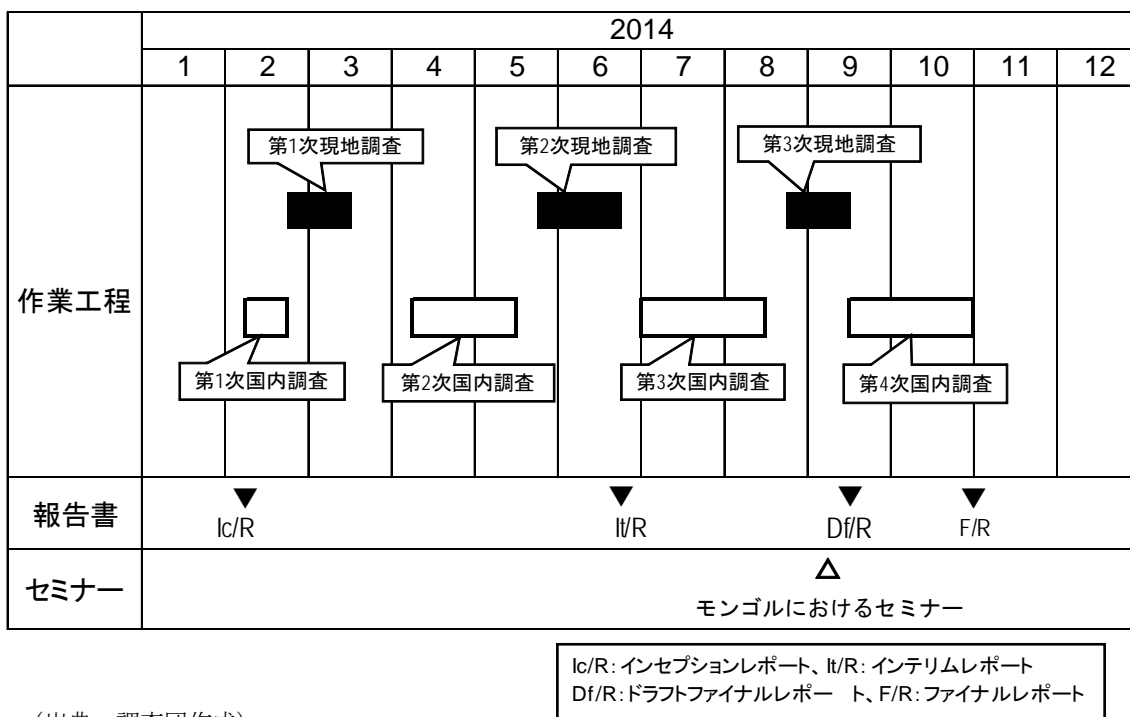
表 1.5.2 調査関係者（モンゴル国側関係者）

氏名	所属機関
Mr. OTGOCHULUU Chuluuntseren	Ministry of Mining, Head of Dept. of Strategic Policy and Planning
Mr. NERGUI Byambadavaa	Ministry of Mining, Head of Division of Mining Policy
Mr. ZUUNNAST Tegshee	Ministry of Mining, Division of Mining Policy
Mr. ALTANZUL Erdenepurev	Ministry of Finance, Fiscal Policy and Planning Dept.
Mr. BOLD Dambiisuren	Mineral Resources Authority of Mongolia
Mr. MENDBAYAR Melschoo	Mineral Resources Authority of Mongolia
Dr. BAT-OCHIR Bayantur	Mining Designer's Association of Mongolia
Dr. DAVAATSEREN Gendeekhuu	Mongolian ALT Corporation, Vice President
Ms. UUR TSAIKH Dagvatseren	Mongolian Association of Chemists and Chemical Engineers, Executive director

(出典：調査団作成)

1.6 調査スケジュール

図 1.7.1 に本調査の全体スケジュールを示す。



(出典：調査団作成)

図 1.6.1 調査の全体スケジュール

第2章 モンゴル国の銅産業と銅資源ポテンシャル

2.1 モンゴル国の銅産業概要

モンゴル国における銅産業は、現在 Erdenet 鉱山および Oyu Tolgoi 鉱山における銅精鉱生産がその大部分を占めている。モンゴル国内で稼行しているこれら 2 つの銅鉱山以外の銅産業としては、Erdenet 鉱山周辺にみられる湿式製錬法によるカソードの生産と、これらを原材料とした銅線、電線の加工産業のみである。

Erdenet 鉱山は、1975 年にソビエト連邦政府とモンゴル国政府の共同出資により開山したモンゴル国初の大型銅鉱山である。近年の粗鉱採掘量は 25,000 千トン/年～29,000 千トン/年であり、Oyu Tolgoi 鉱山が開発されるまで長期に渡りモンゴル国唯一の銅鉱山としてモンゴル国経済の発展に大きく寄与してきた。現在の精鉱生産量は、銅精鉱 530 千トン/年、モリブデン精鉱 4.5 千トン/年であり、全量を中国に輸出している。

Oyu Tolgoi 鉱山は、Rio Tinto 社を中心として開発を進めてきた世界最大規模の銅鉱山である。同鉱山は 2013 年から銅精鉱の生産を開始しており、同年は 290 千トンを生産し中国への輸出を開始した。現在は、Phase1 として露天採掘による開発が進められているが、2014 年 9 月から Phase2 として坑内採掘が開始される計画である。現在の開発計画では、露天採掘と坑内採掘を合わせて平均 100 千トン/年の給鉱が予定されており、生産規模では Erdenet 鉱山を大きく上回るモンゴル国最大の銅鉱山である。

銅産業の処理分野においては、Erdenet 鉱山近傍に位置する Erdmin Co., Ltd (以下 Erdmin) 社は、湿式製錬法による精製銅生産を 1997 年から小規模 (2,000～2,600 トン/年) に行っており、その大部分を輸出している。また湿式製錬法によるカソード生産は、2014 年から Achit Ikht 社が同じく Erdenet 鉱山近傍に 10 千トン/年規模の生産工場を新たに建設し、稼働を開始した。

さらに加工産業としては、Erdmin 社がモンゴル国内で唯一、自社で生産したカソードを原材料として引き出し加工による銅線および被覆を施した電線を生産しているのみであり、その生産量は 150 トン/年程度である。

このようにモンゴル国の銅産業は、精鉱の生産以外には Erdenet 鉱山周辺の小規模な湿式製錬および加工業のみであり、乾式製錬や加工産業は未だ発展していない状況にある。

2.2 既存銅鉱山の概況

既存の銅鉱山には、Erdenet 鉱山および 2013 年に出鉱を開始した Oyu Tolgoi 鉱山がある。以下にそれらの内容を記す。

2.2.1 Erdenet 鉱山

(1) 位置

Erdenet 鉱床はウランバートル市から北東方 365km に位置し、また Trans-Mongolian 鉄道沿いの Darkhan 市から南西方 165km の距離にある。

(2) 鉱山概要

モンゴル国初の大型銅鉱山である Erdenet 鉱山の開発は 1960 年代後半に発見され、1978 年からの Erdenetiin Ovoo 鉱床の開発から始まった。4,000 千トン/年の鉱石処理可能なプラントが建設され、1978 年に最初の精鉱が生産された。現在は 26,000 千トン/年の鉱石が処理され、銅精鉱 530 千トン/年、モリブデン精鉱 4.5 千トン/年が生産されている。Oyu Tolgoi 鉱山が発見されるまでは、モンゴル国内で最大の銅鉱床で、Erdenet 鉱山として唯一の銅精鉱を生産していた。

同鉱山の経営形態は、モンゴル国とロシア国両政府の J/V である EMC 社であり、その比率は以下のものである。

- モンゴル国政府 51% : ERDENES MGL LLC
- ロシア国政府 49% : “Mongolroostsvetmet” LLC

操業開始時は、従業員 2,000 人のうち 28%がモンゴル人、72%がソ連人の構成比率であった。その後モンゴル国化を進め、現在では 95%がモンゴル人となるまでになった。

Erdenet 鉱山の現況のピット風景を図 2.2.1 に示した。



(出典：調査団撮影)

写真 2.2.1 ピット風景 (2014 年 5 月 26 日撮影)

Erdenet 鉱山では今後銅埋蔵鉱量の不足が指摘されていたが、最近の調査でいくつかの新たな衛星鉱床が発見され、オープンピットの拡張とともに約 40 年以上の生産継続の可能性があることがわかった。

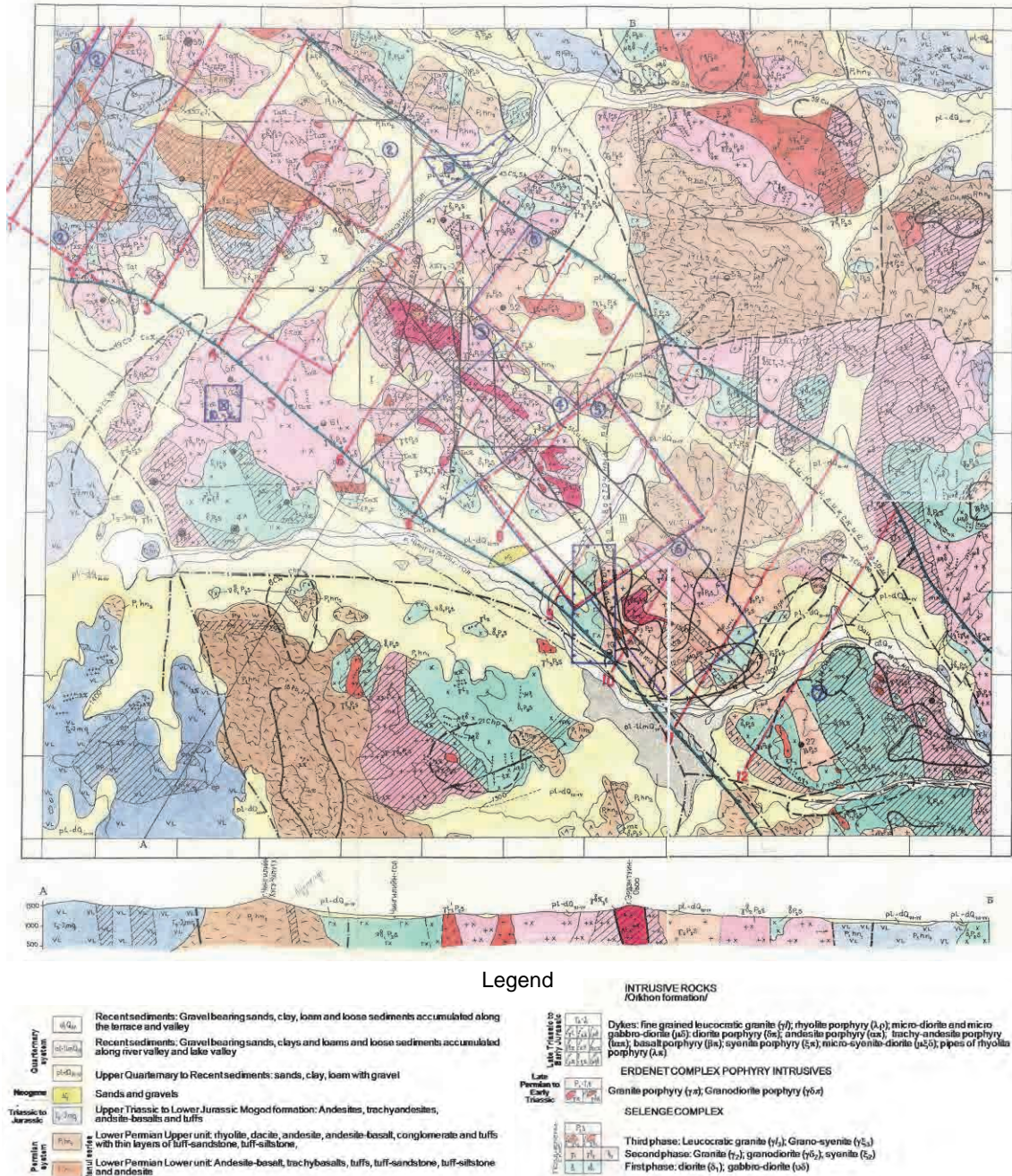
(3) 地質・地質構造

Erdenet 鉱床は斜長石花崗岩体によって貫入された花崗閃緑岩を主体とする Erdenet 複合岩体から成る。鉱体はストックワーク状で、貫入岩の頂部に形成されている Erdenet 鉱山周辺の地質図を図 2.2.1 に示した。

鉱体は SW 方向と NW 方向の断層に支配され、その延長は 2,400 m、幅 300~1,300 m (中央部) にわたり、深さ 700~100 m まで続く。母岩は、灰色トータル岩と斜長石花崗岩であり、これらは中粒淡灰色斜長石花崗岩と黒雲母花崗岩の貫入を受ける。斜長石は変質作用を受け、セリサイト、アルバイト、カオリナイト、緑泥石に変質されている。

鉱化は次の 4 つのステージに区分され、鉱化前、鉱化中、鉱化後、その後の中生代苦鉄質岩脈の貫入である。Erdenet 鉱床では、これまでに鉱床に関連する貫入岩の年代について

多くの報告があり、鉱床生成の解明に重要な役割を果たしている。それらを表 2.2.1 にまとめた。



(出典 : Geological Information Center, 1978)

図 2.2.1 Erdenet 鉱床の地質図

表 2.2.1 Erdenet 鉱山地域の岩石年代

No	Rock type	Age	Detected mineral	Method	Age, Ma	Reference
1	Selenge complex granodiorite	P ₃	Biotite	K-Ar	250-210	Geology., 1973 /Russian/
2	Selenge complex granodiorite	P ₂₋₃	Biotite	K-Ar	290-260	Sotnikov 1985
3	Erdenet complex granodiorite	T ₂	Biotite	K-Ar	245-226	Arakelyants 1983
4	Quartz-sericite ore	T ₂₋₃	Sericite	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	207	Lambe Cox, 1998
5	Molybdenite ore	T ₂₋₃	Molybdenite	Re-Os	240.7	Watanabe and Stein,2000
6	Selenge complex	P ₂₋₃	Bulk rocks, granitoids	Rb-Sr	290-260; 280±10	Sothikov et al 1995
7	Porphyry-I,	P ₂ -T ₁	Plagioclase	Rb-Sr K-Ar	253, 262-242	Sotnikov et al, 1995
8	Porphyry-II, Oyu part	T ₃	Potassium feldspar	K-Ar	224	
9	Porphyry-II, NW part	T ₃	Biotite, plagioclase	K-Ar K-Ar	229-239; 212-214	
10	Porphyry-II, NW part	T ₂	Plagioclase	Rb-Sr	220-230	
11	Porphyry-III, mineralized granodiorite	T ₃	Plagioclase	K-Ar	203±8	
12	Central part,	T ₃	Plagioclase	K-Ar	207±6	
13	Post mineralization andesite porphyry	J ₁	Andesine	K-Ar	178-182 179	

(出典：Sotnikov et al, 1995 ほか)

(4) 鉱化作用

Erdenet 鉱床は、NW 方向のストックワーク状の形態を示し、延長 2,400 m（中央部）、幅 1,300 m（表層）～600 m（深部）にわたる。母岩は様々な変質作用をこうむる。

変質作用

- 花崗閃緑岩中の緑簾石変質：鉱化前のポーフィリー変質として鉱床に広く分布する。緑色緑簾石の細脈あるいは鉱脈。花崗閃緑岩中の角閃石や黒雲母の緑泥石化。
- 粘土化および緑泥石・セリサイト変質：広範囲のわたる斜長石のセリサイト化。
- フィリック変質：黄鉄鉱化を伴うシリカ・セリサイト変質。シリカは珪化帯を形成。石英セリサイト変質は斜長石花崗岩の頂部で一般的で、カリ長石、黄鉄鉱、黄銅鉱、モリブデナイトを少量含む。

鉱石のタイプは次の 3 つに区分される。すなわち、厚さ 1,090 m の溶脱帯、厚さ 60～300 m の二次富化帯、そして初生鉱化帯である。

- ①溶脱帯は褐色および黄褐色を呈し、褐鉄鉱、針鉄鉱、孔雀石に富む炭酸塩や石膏の細脈および鉱脈を含む。銅含有量は低い。

- ②二次富化帯は、深部地下水の循環に支配され、鉱床の中央部は深さ 300 m まで達する。銅とモリブデンの高い含有量を示す。
 - ③初生鉱化帯は黄鉄鉱、黄銅鉱、モリブデナイトのような初生鉱物から成る。銅とモリブデンの含有量は、二次富化帯より低い。
- これらの特徴を表 2.2.2 にまとめた。

本鉱床には多くの鉱脈と石英細脈が認められる特徴があり、石英硫化細脈は 1~2 mm から 1~2 cm の厚さを示し、ストックワークの鉱体を形成する。石英細脈とその周辺では黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、モリブデナイトから成り、まれに閃亜鉛鉱、方鉛鉱を含む。石英硫化細脈の鉱物組み合わせは以下のとおりである。

- 石英・黄鉄鉱
- 石英・モリブデナイト・黄鉄鉱
- 石英・黄銅鉱・モリブデナイト
- 石英・黄鉄鉱・方鉛鉱・閃亜鉛鉱
- 石英・黄銅鉱・斑銅鉱・輝銅鉱・銅藍（二次富化帯）
- 方解石・石膏・黄鉄鉱（鉱化後細脈）

表 2.2.2 Erdenet 鉱床タイプ

No	Ore zone	Thickness	Main mineral	Associated mineral	Metal content, %
1	Oxidation and leaching /gossan/	10-30 m	Limonite, malachite, azurite and goethite	Jarosite, chrysocolla, tenorite, cuprite, native copper and covellite	Cu-0.001-0.01% Sometimes 0.1-1% Mo 0.005%
2	Secondary enrichment zone	60 m in marginal part and 300 m in central part	Chalcopyrite, covellite, bornite, pyrite and molybdenite	Molybdenite, malachite, chalcocite, tennantite and sphalerite.	Cu 0.8-7.6% Mo 0.01-0.76%
3	Primary ore	300-1000 m	Pyrite, chalcopyrite and molybdenite	Sphalerite and tetrahedrite	Marginal part: Cu=0.2-0.3%, Mo=0.01-0.025%, In depth 500-1000 m: Cu=0.2-0.25%

(出典：調査団作成)

(5) 探鉱

Erdenet 鉱床は古くから自然銅やトルコ石などの酸化鉱の露頭が分布することで知られており、200 年ほど前に銅製品を製造していた跡が見ついている。

近代の Erdenet 鉱床探査は 1940 代のロシア国による調査から始まった。1963 年には F. Ushakov と Agomalyan が地表踏査を行い簡単な評価を行っている。1964-1968 年にはモンゴル国とチェコ国の共同地質調査団が組織され、鉱量評価を行った。その後ソ連国の調査団が組織され、詳細な鉱量評価を行った。その結果、1975 年には EMC 社が設立され、採掘・鉱石処理や鉱山建設が始まり、1977 年には鉄道が開通し精鉱の輸出が開始された。EMC 社探鉱部門では、5 年毎に詳細な鉱石埋蔵鉱量を確定する調査を実施している。

(6) 鉱量・鉱石品位

1981-1989年の地質・探鉱結果では、銅埋蔵鉱量 1,885,000 千トン（銅金属量 6,730 千トン、品位 0.357%）、Mo 埋蔵鉱量 200 千トン（品位 0.0106%）と報告されている。政府の鉱量委員会で承認された銅鉱床リストによると、最新の 2012 年の Erdenet 鉱床の銅埋蔵鉱量（モンゴル国の鉱量計算基準による。NI43-101 とは異なり予測埋蔵鉱量(Inferred resources)も可採になり得る）は 714,201 千トン、銅金属量 5,220 千トン（品位 0.731%）である。

EMC 社は、現在の鉱石処理量 26,000 千トン/年を 35,000 千トン/年に拡張後、42 年間の生産が可能と考えている。

(7) 選鉱

選鉱場での鉱石の処理は、一般的なポーフリーカッパー型鉱床を対象とした処理工程と同等の破碎、磨鉱、浮選、フィルタリング、乾燥といった一連の選鉱回路設計となっている。破碎・磨鉱工程には 2 つのラインがあり、それぞれ 20,500 千トン/年、5,000 千トン/年の処理能力を有しており、現在全体として 35,000 千トン/年に処理能力を向上させる建設が行われている。選鉱方式は Cu と Mo を一緒に浮選し、後でそれぞれの精鉱に分ける方式を採用している。尾鉱は尾鉱沈殿池に投入し、清澄水を再利用する。

Erdenet 鉱山の選鉱場概観および浮遊選鉱システムを写真 2.2.2 および写真 2.2.3 にそれぞれ示した。



(出典：調査団撮影、鉱山施設模型より)

写真 2.2.2 Erdenet 鉱山の選鉱場概観

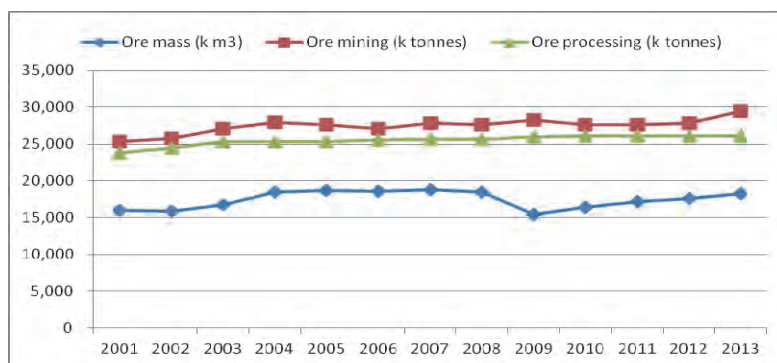


(出典：調査団撮影)

写真 2.2.3 Erdenet 鉱山選鉱場の浮遊選鉱システム

(8) 生産実績

EMC 社の生産実績の推移グラフを図 2.2.2 に示した。これでの銅精鉱の生産量は 530 千トン/年、Mo 精鉱の生産量は 4.5 千トン/年である（鉱石処理量は 26,000 千トン/年）。



(出典：調査団作成)

図 2.2.2 生産実績の推移グラフ

(9) 特記事項

その他特記事項を以下に列挙する。

- ▶ 銅精鉱は、Trans-Mongolian 鉄道を経由して全量が中国へ輸送される。
- ▶ オープンピットは、開山以降 36 年間の採掘によって標高が 706 m 掘り下がったことになる。

2.2.2 Oyu Tolgoi 鉱山

(1) 位置

南ゴビ Omnogovi 県に位置し、ウランバートル市の南方約 500 km（直線距離）にある。

近郊には北西方約 100 km の距離に Tavan Tolgoi 炭鉱がある。Oyu Tolgoi 鉱山の位置を図 2.2.3 に示した。



(出典：Oyu Tolgoi Technical Report, 2013)

図 2.2.3 Oyu Tolgoi 位置

(2) 鉱山概要

2013 年の年初から銅・金精鉱が生産され始めた Oyu Tolgoi 鉱山は、カナダ国の上場会社 Turquoise Hill Resources (Rio Tinto Group が約 51% を所有) が 66% を、モンゴル国政府が 34% を所有する Oyu Tolgoi LLC が経営を行っている。鉱床規模は Erdenet 鉱山より大きく世界有数の規模を示す。現在オープンピットにて鉱石を採掘し精鉱を生産しているが、より高品位部では坑内掘を採用し、採掘準備を進めている。Oyu Tolgoi 鉱山の現況のピット風景を写真 2.2.4 に示した。



(出典：調査団撮影, 2014/06/09)

写真 2.2.4 Oyu Tolgoi 鉱山ピット風景

(3) 地質・地質構造

Oyu Tolgoi 地域は、東西方向に伸長するデボン紀～石炭紀の大陸縁および島弧の火山岩および堆積岩から成る South Mongolia Volcanic Belt 中に位置する。2つの主要な層序は、①デボン紀上部層 Alagbayan 累層の凝灰岩、玄武岩類、島弧の堆積岩類、②その上位に累重する石炭紀 Sainshandhudag 累層の礫岩、含化石海成シルト岩、砂岩、水成凝灰岩、玄武岩・安山岩溶岩および火砕岩から構成される。両者は、広域的に不整合関係にある。デボン紀 Alagbayan 累層は Oyu Tolgoi 鉱床周辺で、4つの主な岩相に区分されている。下位2ユニット (DA1 と DA2) は強い変質ならびに重要な鉱床母岩となるが、上位の2ユニット (DA3 と DA4) は優位な変質や鉱化作用を受けておらず、鉱床生成以前あるいは初期のものと考えられる。

貫入岩は Oyu Tolgoi 地域に広く分布し、大きなバソリスから小規模・不連続な岩脈やシルなど多岐にわたる。少なくとも7種類の貫入岩が、組成や組織の違いによって区分される。鉱化作用は、デボン紀後期の石英モンゾニ閃緑岩から石英モンゾニ閃緑岩の大量の貫入に関連すると考えられている。これらの貫入岩は、組織・組成ともに多様で、鉱床域内でいくつかの異なる相に区別することができる。Oyu Tolgoi 鉱床南西部の非変質・変質石英モンゾニ閃緑岩では 370.6 Ma ないし 378 Ma (U/Pb zircon dating) の年代がそれぞれ得られている。Oyu Tolgoi 鉱床の北西は大規模かつ多相の花崗複合岩体によって境されており、その唯一の年代は 348 Ma (U/Pb zircon dating) のみであり (Wainwright et al., 2005)、Oyu Tolgoi 鉱床鉱化後の年代と考えられる。ペルム紀初期の Hanbogd アルカリ花崗複合岩体は、Oyu Tolgoi 鉱床の東縁に露出する特徴的な大規模環状貫入岩であり、一連の Oyu Tolgoi 鉱床生成後の新規貫入岩となる。

一方、地質構造については、断層ネットワーク、褶曲、剪断帯が複雑に伏在する。これらの構造のほとんどは地表面に露出しないため、詳細な探査データ、高精度な地質マッピング、物理探査データなどを統合することにより明らかにされた。Ivanhoe 社は Oyu Tolgoi 地域で大量のボーリングを実施し、地下の形態や地質構造史をさぐる非常に貴重なデータを収集した。その結果、当該地域の主要な構造は、初生の鉱化帯の分布位置とその後の鉱化帯の変形の双方に影響を及ぼしているとしている。

Solongo 断層は Southwest Oyu および South Oyu 鉱床の南に位置する Oyu Tolgoi 鉱床を横切る E から NE 方向に伸長する高確度断層である。同断層は、少なくとも約 1,600 m の南落ちを示す主要断層であり、上部 Alagbayan 累層と関連して South Oyu 鉱床の玄武岩に鉱化作用をもたらしている。

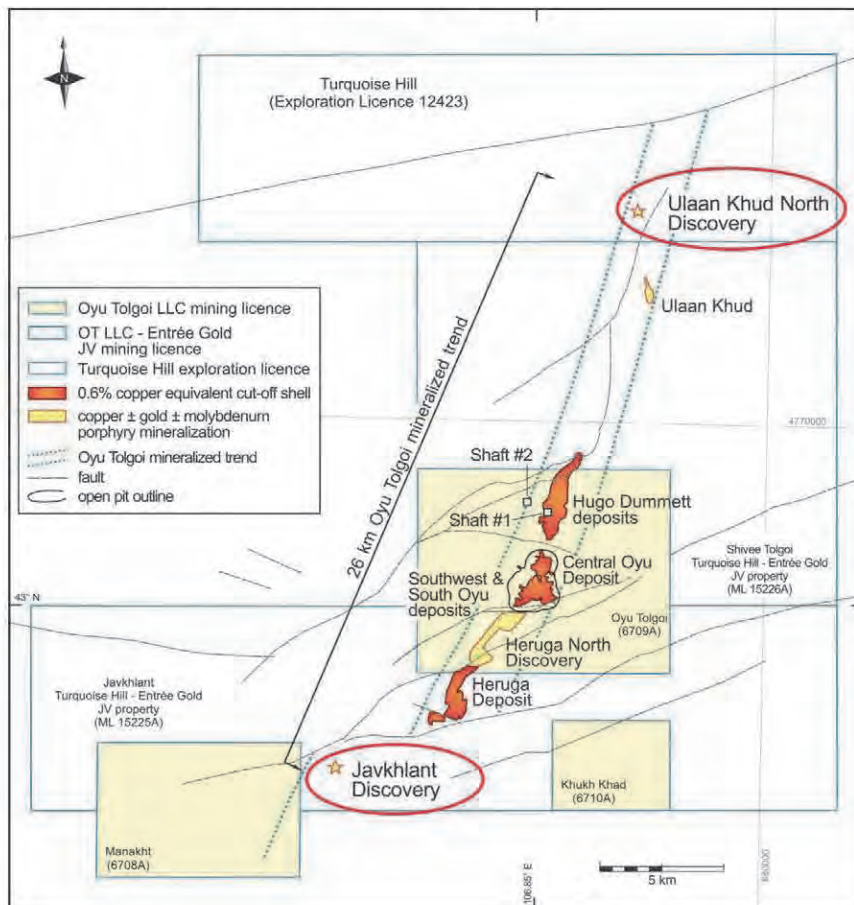
北西部破砕帯は Oyu Tolgoi 鉱床の最北西端に位置する延性破砕帯である。この破砕帯はマイロナイトおよび超マイロナイト質岩を中心に、外側に向かってグレーディングし、約 200 m 間潜晶質岩となる。変位の大きさは明確ではないが、破砕帯中の貫入岩の変形の程度から少なくとも数 km の変位があるものと推定される。

中央断層は Hugo South 鉱床と Central Oyu 鉱床の間で西北西方向に伸長し北側に傾斜する断層である。この断層はスプレー状の形態を示し、複数時期の活動が推定される。最も単純な解釈では、初期の断層変位は北側落ちの形態を示したが、その後小規模ながら明らかに逆断層に転じている。

Southwest Oyu 鉱体、Central Oyu 鉱体、Hugo Dummett 鉱体の配列は北北東方向に発達する断層あるいは断層帯に支配されており、この構造はポーフィリーの貫入や関連する熱水活動の場となっていたと考えられる。Hugo Dummett 鉱床は West Bat 断層および East Bat 断層に高角度で境され NNE 方向に伸長する。これらの断層の最も若い活動は鉱化作用後と考えられるが、活動期間が永く鉱床を規制するようなものである。鉱化後の地層への変位は West Bat 断層では少なくとも km オーダー（東側の上昇）、East Bat 断層ではおよそ 200-300 m（西側の上昇）の変位が測定されている。

(4) 鉱化作用

Oyu Tolgoi ポーフィリー銅型鉱床は、高硫化銅・金タイプを示す。同鉱床は NNE 方向に 6 km にわたる長い鉱化帯であり、6つの鉱体から構成される。すなわち Southwest Oyu Tolgoi、South Oyu Tolgoi、Wedge、Central Oyu Tolgoi、Hugo South そして Hugo North の各鉱体である。Oyu Tolgoi 鉱床の分布を図 2.2.4 に示した。また、各鉱床と鉱体の関係を表 2.2.3 にまとめた。さらに、Oyu Tolgoi 鉱床の断面図および平面図を図 2.2.5、図 2.2.6 にそれぞれ示した。



(出典 : Oyu Tolgoi Technical Report, 2013)

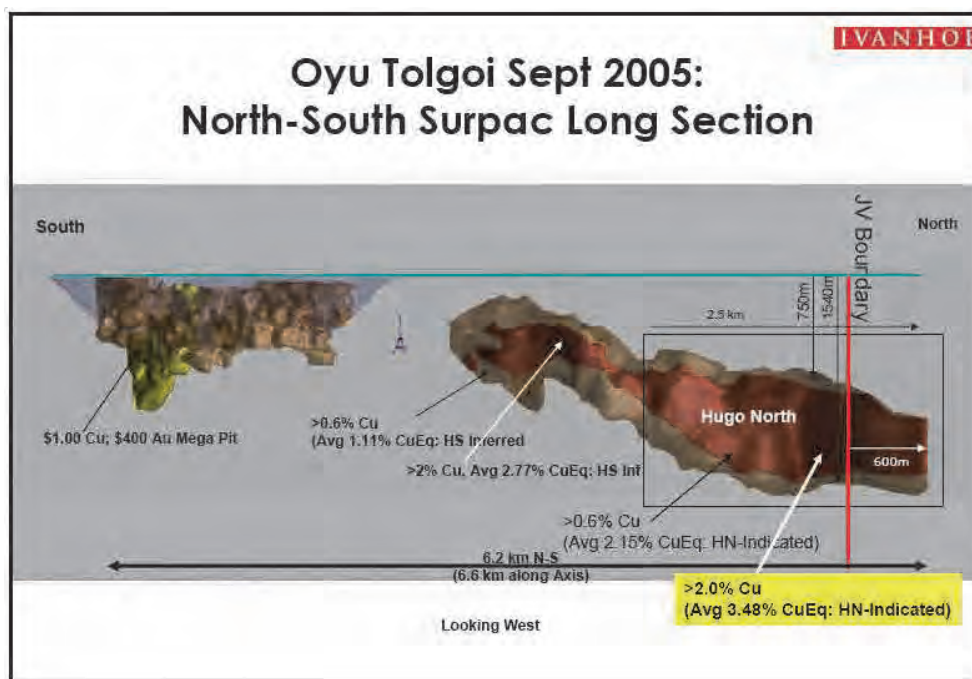
図 2.2.4 Oyu Tolgoi 鉱床の分布

表 2.2.3 各鉱床と鉱体の関係

鉱床名	鉱体名	開発フェーズ	開発方法
Southern Oyu Deposits	Southwest Oyu Tolgoi South Oyu Tolgoi Wedge Central Oyu Tolgoi	Phase I	Open pit Block-caving partially
Hugo Dummett Deposits	Hugo South Hugo North	Phase II	Block-caving
Heruga Deposits		Planned	Block-caving

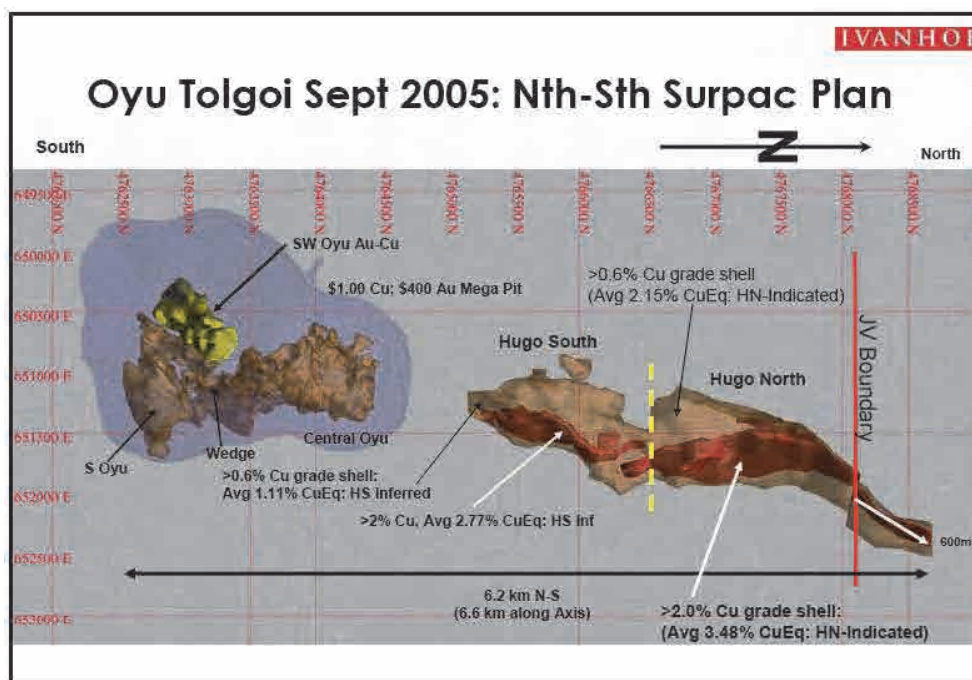
(出典：調査団作成)

Oyu Tolgoi 鉱床は、鉱化作用の様式、変質特性、空間的・時間的鉱化形態など多岐にわたる特徴を有する。これらの特徴は、異なる地質構造規制、母岩の岩相、胚胎層準の深度などに起因する。一般に、高硫化鉱化作用並びにそれに関連する粘土化変質は、石英安山岩質凝灰岩や石英モンゾニ岩の上部で認められる。石英モンゾニ閃緑岩上部では累重する地層に貫入し、狭小な構造帯を形成している。一方、ポーフィリー銅様式の典型的な変質や鉱化作用は、より深部の玄武岩と石英モンゾニ岩に生じている。



(出典：Khashgerel B, Rye R, Hedenquist JW, Kavalieris I, 2006)

図 2.2.5 Oyu Tolgoi 鉱床の断面図



(出典：Khashgerel B, Rye R, Hedenquist JW, Kavalieris I, 2006)

図 2.2.6 Oyu Tolgoi 鉱床の平面図

Southwest Oyu Tolgoi 鉱体は Cu-Au ポーフイリー鉱化作用を示し、直径約 250 m の円筒形高品位鉱化帯とそれを取り巻く低品位鉱化帯によって構成される。高品位鉱化帯は 1-50 cm 幅の不規則な乳白色石英脈によって特徴づけられる。その周りの低品位鉱化帯では石英脈が少なくなり、玄武岩の緑泥石・緑簾石化、石英モンゾニ岩のセリサイト・アルバイト化が認められる。黄銅鉱、斑銅鉱、黄鉄鉱は主に鉱染で、硫化物の細脈を伴う。金は黄銅鉱と密接に関連し、黄鉄鉱と共に包有物や割れ目充填の形態で黄銅鉱中に取り込まれる。金 (ppm): 銅(%)比は高品位鉱化帯で 2:1~3:1 の範囲で、低品位鉱化帯では 1:1 に減少する。本鉱体における上部酸化帯は 50-60 m の厚さを示し、黒色酸化銅 (neotocite または黒銅鉱) は酸化された褐鉄鉱化玄武岩中の割れ目充填あるいは鉱染として出現する。

South Oyu Tolgoi 鉱体は、南西部に分布する石英モンゾニ閃緑岩中に胚胎する。湾曲した石英脈が支配的で、割れ目充填の硫化物脈、黄銅鉱・斑銅鉱・モリブデナイトの鉱染を伴う。銅硫化鉱としては黄銅鉱が一般的であるが、より富銅部では斑銅鉱が卓越する。小規模な富銅部は South 断層近傍の鉱体西部に分布する石英モンゾニ閃緑角礫岩中に存在する。ここでの鉱化作用は石英-セリサイト-カオリン変質帯中の黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、コベリン、初生輝銅鉱で、鉱化後期のディッカイト脈を伴う。酸化帯は当該鉱床の上部約 60 m にわたって分布し、孔雀石、藍銅鉱、赤銅鉱、珪孔雀石、ノートサイトから構成される。

Wedge 鉱体はデイサイト凝灰岩中に胚胎される高硫化鉱化帯で、下方および南方に向かって玄武岩と石英モンゾ閃緑岩中に胚胎される黄銅鉱化帯に移り変わる。高硫化鉱化帯は、粘土化変質母岩中に黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、硫ヒ銅鉱、銅藍および初生の輝銅鉱から成る。富銅部 (> 0.8 % Cu) はデイサイト凝灰岩上部約 100 m 中の東落ち断層付近に生じている。Au は、South 断層付近のボーリング孔に局所的に確認される。鉱化作用は下方および北方

に向かって連続する。

Central Oyu Tolgoi 鉱体は上方に向かって富鉱する高硫化鉱化帯であり、Cu・Au ポーフイリ一型鉱化をも呈する。輝銅鉱に富む二次富化帯は、高硫化の銅藍-黄鉄鉱帯の上部数 10 m に胚胎する。黄銅鉱・金鉱化作用は、玄武岩との接触部付近で Central Oyu Tolgoi 鉱体の玄武岩あるいは石英モンゾニ閃緑岩分布地域の南縁および西縁で卓越する。高品位部は湾曲した石英のストックワーク状の分布と関連し、Au(ppm) : Cu(%)比は 2 : 1 に達し、周辺の低品位部では 1 : 1 未満となる。そして、低品位部では赤鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、磁鉄鉱などが鉱染状および割れ目充填物として出現する。二次富化帯は 20-60 m の厚さで高硫化帯の上部を占め、褐鉄鉱、針鉄鉱で特徴づけられる。二次富化帯の鉱石鉱物は黄鉄鉱、赤鉄鉱、輝銅鉱/ダイジェナイトの組み合わせで、コルサイト、硫ヒ銅鉱、黒銅鉱、銅藍、斑銅鉱、黄銅鉱、赤銅鉱、モリブデナイトを少量伴う。硫化物としては黄鉄鉱が一般的で、鉱染状の結晶が目立つ。

Hugo South 鉱体は大量の石英ストックワーク脈中の高品位部 (>2 % Cu) で、玄武岩とデイサイト凝灰岩中に達する石英モンゾニ閃緑岩小規模貫入を伴う。このストックワークは伸長したテーブル状の形態を示し、その長軸方向は NNW 方向に向かって浅く、短軸方向は E 方向に向かってプランジする。当該地域の硫化鉱物として黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱、黄鉄鉱が一般的で、少量のモリブデナイト、硫ヒ銅鉱、ヒ四面銅鉱、銅藍を伴う。まれに閃亜鉛鉱や方鉛鉱が出現する。硫化物は斑銅鉱+/-黄銅鉱、輝銅鉱、ヒ四面銅鉱 (> 2.5 % Cu) で高品位部を形成し、外側に向かって黄銅鉱 (1~2 % Cu) となる。黄鉄鉱・黄銅鉱+/-硫ヒ銅鉱、ヒ四面銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱とまれに銅藍は強粘土化変質デイサイト凝灰岩中に低品位部 (<1 % Cu) を形成する。

Hugo North 鉱体は大量のストックワークとシート状の石英脈に関連する鉱床である。高品位部は東落ちの薄い石英モンゾニ閃緑岩シートあるいは石英モンゾニ閃緑岩体の上部を中心として、隣接する玄武岩中にも広がる。これに加え、Cu・Au の中~高品位部は、石英モンゾニ閃緑岩下部および大量の石英脈西方に広がる。銅・金の中~高品位部では、Au(ppm) : Cy(%)比は 0.5 : 1 にもなる。黄鉄鉱・黄銅鉱+/-硫ヒ銅鉱、ヒ四面銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱とまれに銅藍は強粘土化変質デイサイト凝灰岩中に低品位部 (<1 % Cu) を形成する。Hugo South 鉱床と同様に、Hugo North 鉱床の銅は大量の Ag、Se、Te と関連する。As は高品位部でわずかに認められ、ヒ四面銅鉱の存在に関連する。Zn (約 300 ppm) は閃亜鉛鉱となる。Se および Te は斑銅鉱中のヘッサイトや Se 鉛鉱包有物として取り込まれる。Pb はデイサイト凝灰岩中の高品位部に数 100 ppm 以下で含まれる。Hg (>0.2 ppm) は鉱体の上部に出現する。

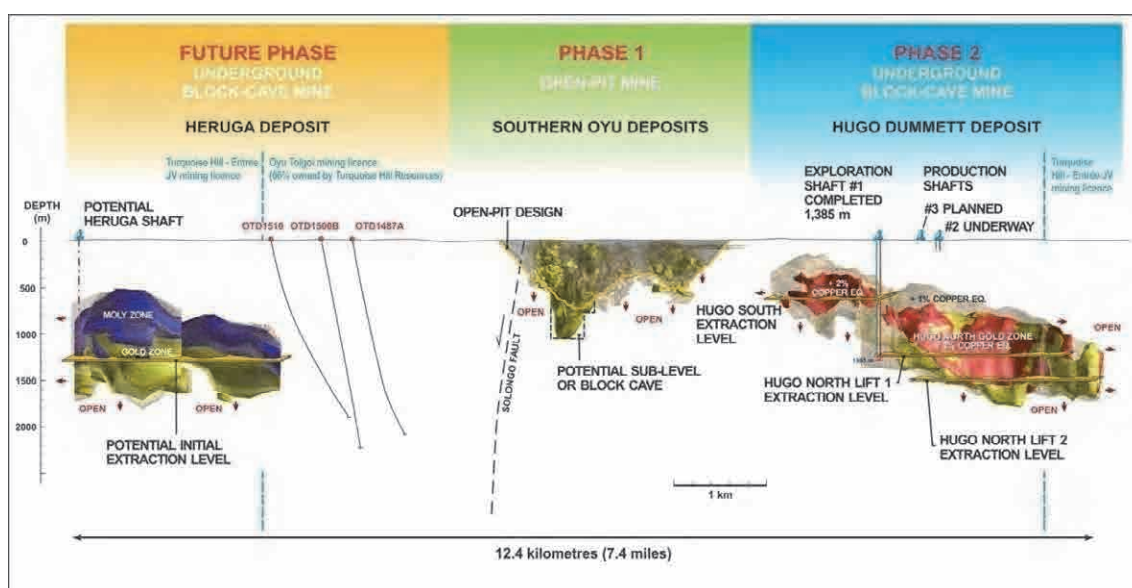
(5) 探鉱

Oyu Tolgoi 鉱床では古代 4000 年ほど前に小規模な採掘を行った跡があった。近代では 1996 年に Magma Copper 社のモンゴル国の多くの鉱徴地に対する予備的調査の一環により Oyu Tolgoi で銅鉱化作用が発見され、1996 年に BHP 社が Magma Copper 社を買収し、BHP に探鉱権が移った。その後 1998 年にかけて BHP 社は試錐探鉱を行ったが 1999 年には事業見直しで探査活動を継続せず、Ivanhoe 社との Earn-in 契約を行い、2000 年からの Ivanhoe

社のボーリング調査の継続により Hugo Dummett 鉱体の発見となった。Ivanhoe 社は 2%の Net Smelter Return (以降、NSR と称する) を BHP 社に支払うことで鉱区を入手した。

(6) 鉱量・鉱石品位

現在発見されている鉱床は、Southern Oyu 鉱床（オープンピット採掘が進んでいる部分と坑道採掘の計画がある部分とがある）とその北東に位置する Hugo Dummett 鉱床（坑道採掘で開発が進められている）、およびオープンピットの南西に発見された Entrée gold 社との J/V 鉱区で、鉱量推定がされている Heruga 鉱体が存在する。このほかにも同じ断層帯に複数の鉱体が発見されている。Oyu Tolgoi 鉱床断面図と開発概念を図 2.2.7 に示した。



(出典：Oyu Tolgoi Technical Report, 2013)

図 2.2.7 Oyu Tolgoi 鉱床断面と開発概念

鉱量・品位は NI43-101 にしたがって推定され以下のように報告されている。

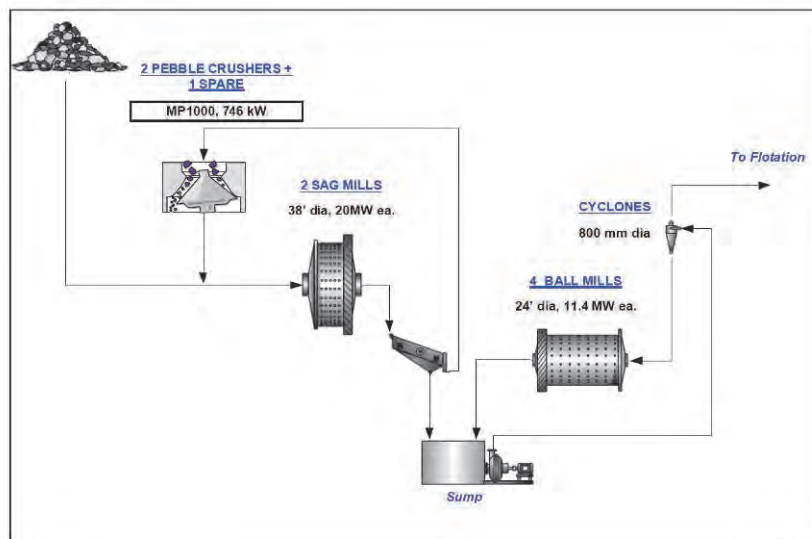
Southern Oyu 鉱床（オープンピット）における鉱量は、Measured+Indicated で 1,096,000 千トン（品位 0.45% Cu、カットオフ 0.22% (0.30 g/t Au, 0.93 g/t Ag)）である。このほかに Inferred に分類された鉱量は 218,000 千トン（品位 0.27% Cu (0.17 g/t Au, 0.77 g/t Ag)）がある。同 Southern Oyu 鉱床（坑道採掘）における鉱量は、Measured+Indicated で 172,000 千トン（品位 0.37% Cu、カットオフ 0.37% (0.52 g/t Au, 0.93 g/t Ag)）である。このほかに Inferred に分類された鉱量は 237,000 千トン（品位 0.38% Cu (0.29 g/t Au, 0.87 g/t Ag)）がある。

Hugo Dummett 鉱床における鉱量は Indicated で 907,000 千トン（品位 1.69% Cu、カットオフ 0.37% (0.39 g/t Au, 3.77 g/t Ag)）、inferred に分類された鉱量は 1,969,000 千トン（品位 0.80% Cu (0.18 g/t Au, 2.12 g/t Ag)）がある。

Heruga 鉱床はすべて Inferred に分類され、鉱量は 1,944,000 千トン（品位 0.38% Cu、カットオフ 0.37% (0.36 g/t Au, 1.37 g/t Ag)）である。

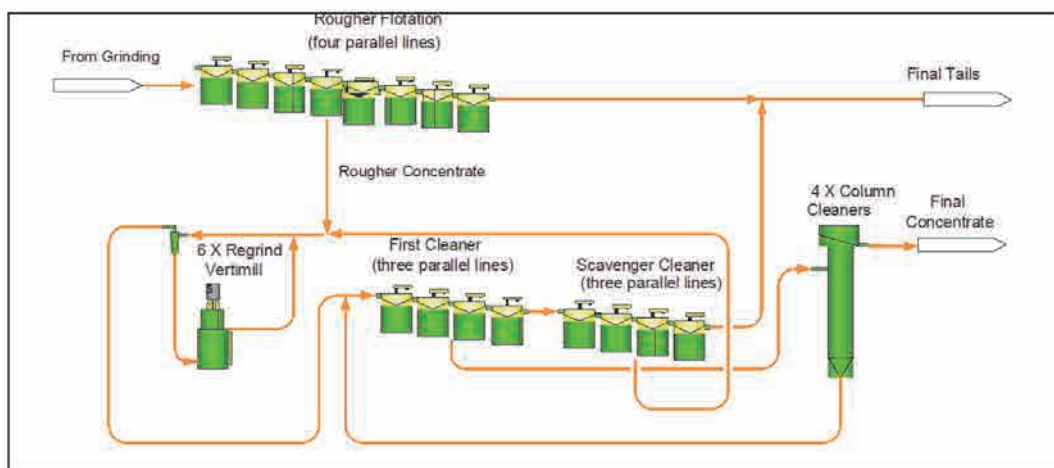
(7) 選鉱

選鉱場での鉱石の処理は、一般的なポーフィリーカッパー型鉱床を対象とした処理工程と同等の選鉱回路設計となっている。Oyu Tolgoi 鉱山選鉱場の磨鉱工程フローおよび浮遊選鉱工程フローを図 2.2.8 および図 2.2.9 にそれぞれ示した。



(出典 : Oyu Tolgoi Technical Report, 2013)

図 2.2.8 Oyu Tolgoi 鉱山選鉱場の磨鉱処理フロー



(出典 : Oyu Tolgoi Technical Report, 2013)

図 2.2.9 Oyu Tolgoi 鉱山選鉱場の浮遊選鉱工程フロー

選鉱場は将来の拡張を計画し 2 ラインが建設できるように配置設計され、オープンピットからの鉱石が処理できる 1 ラインが 2013 年に完成した。設計能力は 100 千トン/日で、2013 年末にはこの設計能力を上回る鉱石が処理されている。

オープンピット採掘は現行ほぼ計画通り実行され、2013 年における選鉱場への給鉱は

72,032 千トン (Cu 品位 0.47%、Au 品位 0.36 g/t、Ag 品位 1.39 g/t) であった。また、同年の選鉱場における精鉱生産量は 290 千トン/年 (Cu 品位 26.4%) で、実収率は Cu 81.6%、Au 66.1%、Ag 54.2% であった。

Oyu Tolgoi 鉱山選鉱場の磨鉱システムを写真 2.2.5 に示した。



(出典：調査団撮影)

写真 2.2.5 Oyu Tolgoi 鉱山選鉱場の磨鉱システム

(8) 生産実績 (計画)

Oyu Tolgoi LLC(2013)によると 43 年間の長期生産計画は、表 2.2.4 のように報告されている。

表 2.2.4 年度生産計画 (上段 1-13 年、中段 14-29 年、下段 30-43 年)

Description	Unit	Total	Year													
			-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Open Pit Ore	Mt	1,048	2	52	51	46	42	47	37	30	20	14	16	24	5	32
Open Pit Waste	Mt	1,905	55	58	59	64	64	63	72	41	21	26	24	16	35	8
Total Open Pit	Mt	2,953	57	110	110	110	106	110	110	71	41	40	40	40	40	40
U/G Ore	Mt	491	-	-	0.1	1	2	3	6	13	21	27	30	32	33	3
Total Ore Mined	Mt	1,539	2	52	51	47	44	50	44	42	41	40	46	56	38	66
Re-handle	Mt	189	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Material including Stockpiles	Mt	3,142	57	110	110	110	110	110	110	71	41	40	40	40	40	40
Total Process Feed	Mt	1,539	1	30	35	36	35	33	33	36	37	37	36	37	38	38
Parameter Values	NSR \$/t	47.17	33.15	48.33	37.46	44.18	20.49	41.62	40.41	56.05	98.23	112.81	95.25	92.37	91.17	96.60
	Cu %	0.89	0.54	0.60	0.55	0.67	0.42	0.62	0.69	1.07	1.83	2.09	1.78	1.78	1.77	1.82
	Au g/t	0.34	0.43	0.66	0.59	0.65	0.18	0.73	0.54	0.35	0.57	0.61	0.47	0.41	0.36	0.45
	Ag g/t	2.03	1.10	1.45	1.43	1.76	1.24	1.57	1.85	2.55	3.95	4.29	3.61	3.60	3.67	3.77
	Conc kt	40,655	9	615	669	842	492	694	713	1,020	1,567	1,809	1,694	1,783	1,878	1,879
	Con Cu %	29.6	26.8	25.5	25.5	25.7	24.9	25.8	27.8	33.8	39.6	39.5	35.2	33.6	32.9	33.3
	Con Au g/t	9.4	18.4	35.8	23.9	22.0	9.3	27.1	17.3	9.6	10.8	10.0	7.9	6.7	5.8	7.1
	Con Ag g/t	65.0	51.3	57.6	61.6	63.3	69.3	62.0	72.7	77.2	81.5	77.1	67.7	64.5	64.7	65.6
	Con As ppm	1,712	272	243	478	1,016	678	392	658	1,068	1,153	854	728	828	1,405	1,277
	Con F ppm	301	251	317	301	298	217	261	215	235	266	283	298	324	345	344
	Copper m lb	26,486	5	346	376	476	271	395	437	761	1,369	1,575	1,314	1,320	1,360	1,380
	Gold koz	12,889	5	708	515	596	148	605	445	322	563	602	448	403	361	443
	Silver koz	83,001	15	1,140	1,324	1,714	1,066	1,383	1,626	2,480	4,053	4,436	3,652	3,658	3,861	3,924

年度生産計画（続き）

Description	Unit	Year															
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Open Pit Ore	Mt	8	7	6	10	8	10	24	18	27	10	7	24	12	4	6	18
Open Pit Waste	Mt	35	33	37	31	32	31	14	19	31	70	76	74	74	77	79	
Total Open Pit	Mt	43	40	43	41	40	41	38	37	58	80	83	98	86	79	83	97
U/G Ore	Mt	33	33	33	32	32	32	33	28	20	14	-	-	-	-	-	
Total Ore Mined	Mt	41	40	39	42	40	42	57	46	47	24	7	24	12	4	6	18
Re-handle	Mt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	27	12	24	29	25	13
Total Material including Stockpiles	Mt	43	40	43	41	40	41	38	37	58	90	110	110	110	108	109	110
Total Process Feed	Mt	38	39	39	41	40	42	42	43	42	33	34	36	36	33	32	31
Parameter Values	NSR \$/t	94.67	89.81	83.28	63.27	54.60	55.38	63.46	61.87	47.69	44.54	23.46	22.55	23.88	21.65	20.01	20.08
	Cu %	1.71	1.55	1.42	1.22	1.09	1.12	1.29	1.27	1.00	0.99	0.50	0.51	0.50	0.43	0.35	0.36
	Au g/t	0.51	0.45	0.46	0.26	0.24	0.18	0.17	0.15	0.13	0.15	0.19	0.15	0.19	0.22	0.26	0.27
	Ag g/t	3.62	3.31	3.14	2.69	2.54	2.44	2.56	2.42	1.93	1.98	1.30	1.20	1.29	1.28	1.25	1.16
	Conc kt	1,849	1,770	1,704	1,540	1,378	1,444	1,676	1,659	1,330	1,086	603	617	603	492	377	372
	Con Cu %	32.3	31.4	29.8	29.1	28.3	29.0	29.1	29.2	27.7	26.8	23.8	24.2	24.3	24.0	24.1	24.3
	Con Au g/t	8.3	8.0	8.3	5.4	5.3	4.1	3.4	3.0	3.1	3.5	8.0	6.4	8.3	10.9	15.6	16.4
	Con Ag g/t	64.9	64.1	62.8	61.2	63.2	60.0	55.3	53.2	51.7	51.8	60.9	57.3	60.6	69.7	82.7	80.0
	Con As ppm	1,357	1,425	1,305	1,747	1,500	2,012	2,339	2,582	2,366	2,362	4,306	4,630	3,791	2,880	662	930
	Con F ppm	349	356	374	367	332	298	321	352	361	407	268	269	260	240	196	185
	Copper m lb	1,316	1,226	1,121	987	859	922	1,075	1,067	811	641	317	329	323	260	201	199
	Gold koz	509	470	470	275	245	195	188	166	139	120	154	122	160	175	193	196
	Silver koz	3,819	3,602	3,393	2,995	2,762	2,754	2,949	2,794	2,158	1,760	1,136	1,078	1,155	1,083	987	904

Description	Unit	Year													
		30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Open Pit Ore	Mt	18	35	31	35	16	36	36	36	34	35	34	33	31	20
Open Pit Waste	Mt	75	75	49	53	27	30	34	32	26	26	29	26	20	7
Total Open Pit	Mt	94	110	80	88	42	66	70	68	60	63	63	59	51	27
U/G Ore	Mt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Ore Mined	Mt	18	35	31	35	16	36	36	36	34	35	34	33	31	20
Re-handle	Mt	16	-	3	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	9
Total Material including Stockpiles	Mt	110	110	83	88	61	66	70	68	60	63	63	59	51	36
Total Process Feed	Mt	35	35	34	35	34	36	36	36	34	35	34	33	31	29
Parameter Values	NSR \$/t	16.95	22.03	20.83	22.86	14.65	23.70	23.75	23.33	21.37	20.56	19.27	20.95	32.92	42.73
	Cu %	0.34	0.44	0.41	0.47	0.31	0.49	0.49	0.48	0.43	0.41	0.37	0.35	0.42	0.28
	Au g/t	0.17	0.19	0.20	0.19	0.11	0.18	0.18	0.18	0.20	0.20	0.23	0.34	0.70	0.69
	Ag g/t	1.15	1.28	1.20	1.18	1.01	1.17	1.14	1.11	1.05	1.02	0.99	1.13	1.46	1.30
	Conc kt	389	509	461	542	363	586	592	592	500	494	440	389	445	189
	Con Cu %	24.1	24.5	24.4	24.3	23.4	24.2	24.1	23.9	23.7	23.3	23.1	23.6	24.8	27.8
	Con Au g/t	10.1	9.4	11.0	8.6	8.2	7.8	7.8	7.8	10.8	10.2	12.6	19.9	34.4	43.8
	Con Ag g/t	81.3	72.7	72.1	62.5	75.2	59.1	58.6	58.2	62.8	62.4	64.4	77.9	88.8	98.8
	Con As ppm	2,180	3,337	2,852	3,242	1,568	3,421	3,368	3,167	2,569	2,685	2,363	1,234	351	329
	Con F ppm	183	213	207	231	170	239	242	250	237	241	230	198	222	125
	Copper m lb	207	274	248	291	187	313	315	312	261	254	224	202	244	116
	Gold koz	131	159	161	154	83	150	151	150	159	161	178	259	519	480
	Silver koz	965	1,114	1,017	1,033	822	1,033	1,014	994	891	876	836	913	1,157	646

（出典：Oyu Tolgoi Technical Report, 2013）

(9) 特記事項

その他特記事項を以下に列挙する。

- ▶ 銅精鉱は、2013 年末に中国へ初出荷された。
- ▶ 操業状況として、現在のオープンピットは Phase 1 から Phase 10 まで段階的に拡大される予定であり、最終的には約 2 km × 1.5 km の規模となる。
- ▶ Hugo Dummett 鉱床を対象とする坑内採掘（Underground Block Caving 法）は、2014 年から始まる計画であり、Hugo South Extraction（Shaft #1）および Entrée との J/V 鉱区（Shaft #2 と Shaft #3）から 2019 年頃までに出鉱が開始される予定である。
- ▶ 輸送については、中国国境（Gashuunsuhayt ゲート）まで 106 km の舗装道路が完成している。

- ▶ 電力供給については、中国内モンゴル自治区 Bayainhangai から 220KV、310MW を 2 系統で全量買電している。送電網は 170km に及ぶ。
- ▶ 用水（操業用、生活用）については、全量地下水（化石水）を利用して高い再利用率を示している。

2.3 新規開発計画

2.3.1 Tsagaan Suvarga 鉱床開発概況

(1) 位置

南ゴビ Dornado aimag 県に位置し、Oyu Tolgoi 鉱山の東方 110km の距離にある。また、東方の Sainshand 市までは直線で 250km の距離にある。

(2) 鉱山概要

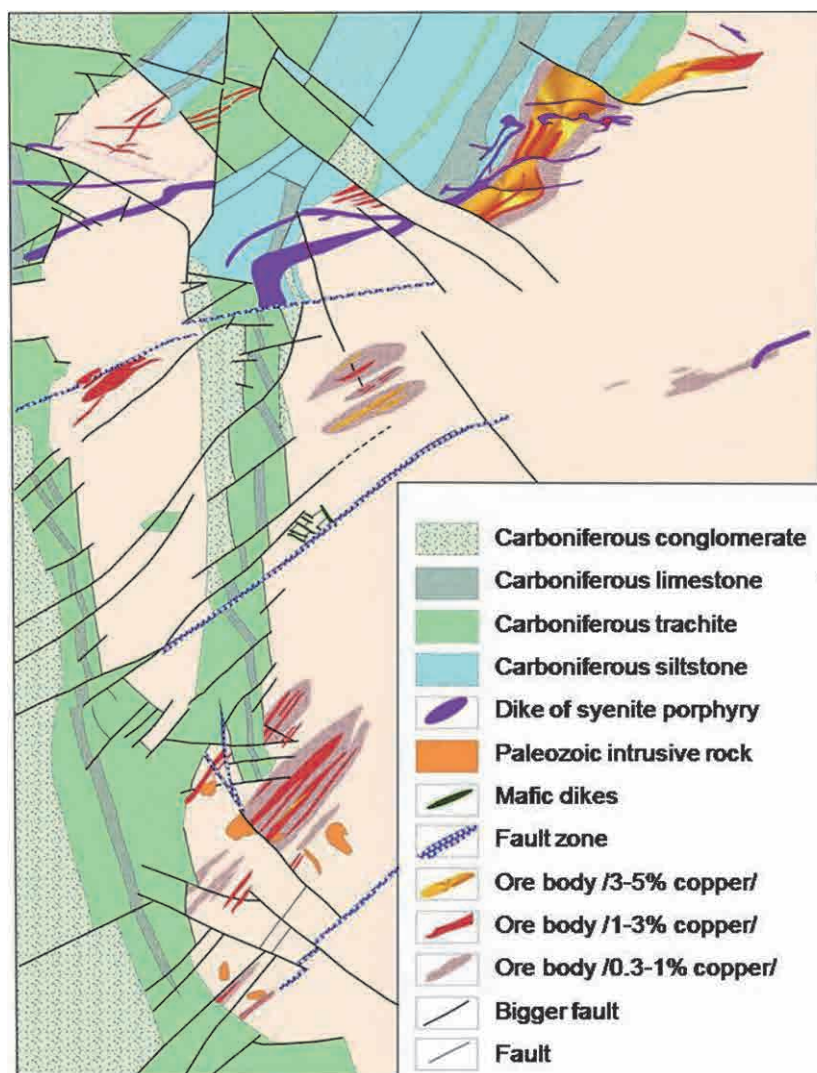
モンゴル国鉱山会社である MAK 社が鉱区を所有し、開発を進めている。MAK 社はモンゴル国純資本であり、モンゴル国で最大の鉱山会社となる。同鉱床は 2017 年の開山に向けて、現在開発が進行中である。

2014 年 5 月 30 日付け報道によると、モンゴル国政府は当該プロジェクトへ 34% の株式を所有する（2014 年第四四半期）ことを国会決議した。その資金は政府国債による。しかしながら、同年 6 月 10 日に開催された経済常任委員会では、この鉱床への政府関与の必要を認めないことが決議され混迷の様相である。

(3) 地質・地質構造

鉱床はガブロ玢岩および安山岩質玢岩の岩脈を伴う古生代中期の閃長岩質閃緑岩、花崗閃緑岩、閃長岩で構成されている。

Serven Sukhait 鉱床は、Tsagaan Suvarga 銅鉱化帯の北西部および北部を占め、閃長岩質閃緑岩と三疊紀火山性堆積岩の境界に沿って分布する。鉱床の中央部は激しく断裂化され、0.4～4.56% の銅含有量を示す塊状の銅鉱化帯を形成する。母岩は変質および珪化作用をこうむり、0.4% 以上の銅鉱石を含む石英、石英硫化物、石英・セリサイト・硫化物の細脈を伴う。また、鉱化後にも炭酸塩・緑泥石変質が認められる。Tsagaan Suvarga 地域の地質図を図 2.3.1 に示した。



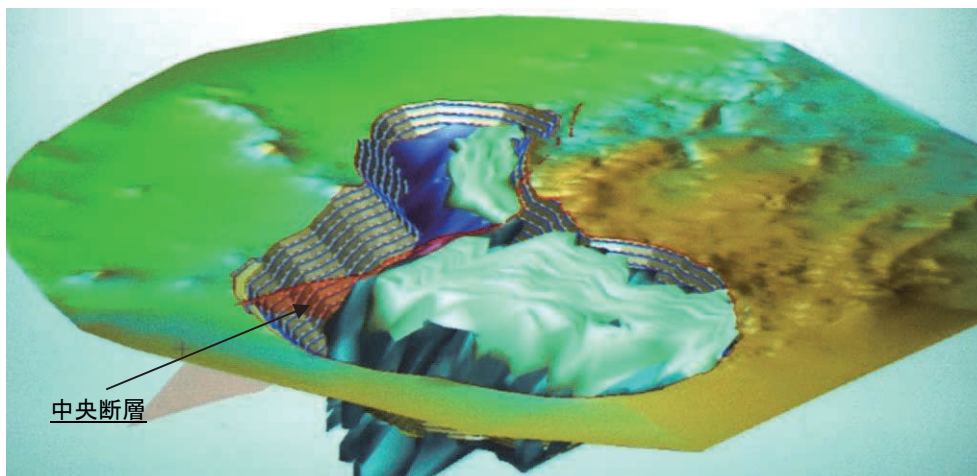
(出典 : Geological Information Center, 1985)

図 2.3.1 Tsagaan Suvarga 鉱床の地質図

(4) 鉱化作用

主な鉱石鉱物は黄銅鉱で、石英・白雲母鉱脈や岩石中に胚胎する。鉱脈のスケールは 1 mm から数 cm の範囲である。黄銅鉱は斑銅鉱、黄鉄鉱、モリブデナイト、輝銅鉱を伴い、まれに閃亜鉛鉱や方鉛鉱が認められる。モリブデナイトは 4 mm 大のフレイク状の形態を示し、黄銅鉱や黄鉄鉱を伴う。これらはしばしば石英脈中にも認められる。

微量元素の含有量はモンゴル科学アカデミーの化学研究所で分析され、次のような値を示した (Au = 0.083 ppm、Ag = 2.64 ppm、レアアース = 0.39 ppm で、Se = 8.30 ppm、Tb = 12.8 ppm)。鉱体の規模は延長 1,980 m、幅 180~500 m で北東方向に向かう。鉱体は中央断層によって南北の鉱化帯に分断される。鉱体の推定銅品位は 0.3%であった。酸化帯は非常に小規模で、厚さ 20~30 m である。酸化帯の主要鉱物は孔雀石、藍銅鉱、Fe と Mn の酸化物である。Serven Sukhait 鉱床の 3D モデルを写真 2.3.1 に示した。



(出典：調査団撮影)

写真 2.3.1 Serven Sukhait 鉱床の 3D モデル

(5) 探鉱

国家予算で 1965-1967 年にかけて概査が行われ、その後 1974-1977 年には事前調査が、1980-1982 年には詳細調査が実施された。試錐調査は総延長 22,742 m にのぼり、さらに 2001-2008 年にかけて MAK 社がグリッドボーリング 280 本、総延長 41,272 m (間隔 45-50 m × 深度 70-100 m) の追加調査を行った。2006 年には MAK 社はモンゴル国政府に国家支出の探鉱費用を払い戻した。

(6) 鉱量・鉱石品位

MAK 社は 2006-2007 年に JORC に基づく鉱量計算を行った。2009 年 9 月に、この結果を国家鉱量委員会に提出し承認された。Tsagaan Suvarga 鉱床の可採鉱量を表 2.3.1 に記載した。

表 2.3.1 Tsagaan Suvarga 鉱床の JORC による賦存量

Cutoff(Cu%)	Ore type	Mineral Resources					
		Class	Tonnage Mt	Cu%	Mo%	Au g/t	Ag g/t
0.18	Oxide(Cap)	Measured	16.3	0.402	0.011	0.05	1.06
		Indicated	4.6	0.388	0.011	0.03	0.72
		Inferred	0.2	0.326	0.018	0.04	0.57
		Total	21.2	0.398	0.011	0.04	0.98
0.2	Primary	Measured	199.8	0.598	0.022	0.05	1.31
		Indicated	91.6	0.457	0.015	0.04	1.17
		Inferred	15.2	0.333	0.01	0.02	0.95
		Total	306.6	0.543	0.019	0.05	1.25

(出典：Micromine, 2009)

なお、モンゴル国鉱量基準による Tsagaan Suvarga 鉱床の賦存量は表 2.3.2 のとおりである。

表 2.3.2 Tsagaan Suvarga 鉱床のモンゴル国鉱量基準による賦存量

Category Grid size (m)	Ore WEIGHTS tonnes	CONTENTS		
		Cu, % Tonnes	Mo, % Tonnes	Au, g/t, tonnes
SURE(A) 45 x 60m	141,499,963	0.688	0.029	0.046
		973,059	41722	6.503
realistic (B) 70 x 100m	94,753,644	0.6	0.023	0.044
		568,556	21617	4.2
POTENTIAL (C) 80 x 129m	14,142,633	0.492	0.02	0.03
		69,582	2829	0.424
Total	250,396,240	0.643	0.026	0.044
		1,611,197	66,167	11.127

注) Proven Primary =A+B+C: 250,000 千トン

(7) 選鉱

選鉱工程のフローは一次クラッシャー、1 ラインの磨鉱システム (サグミル直径 17 m)、2 ラインの磨鉱システム (ボールミル)、サイクロン、浮遊選鉱 (300 m³×8 機)、沈殿濃縮装置 (シックナー) という通常の処理工程である。生産能力は 14,600 千トン/年 (=40 千トン/日) で、銅精鉱 316 千トン/年 (品位 25.69%)、モリブデン精鉱 4,400 トン/年 (品位 51.89 %) である。鉱山寿命は 18 年と計画されている。回収率は Cu 92 %、Mo 65 % である。

Tsagaan Suvarga 鉱山の建設計画を表 2.3.3 に示した。

表 2.3.3 建設計画

Schedule	From	To
Detailed engineering, design	2011.11	2014.07
Equipment supply	2011.11	2015.07
Earth work/ore loading/unloading, tails dam	2012.08	2015.06
Construction	2013.04	2016.09
Completion (Latest info Mid 2015)	2016.09	2016.12

(出典：調査団作成)

また、現状の建設状況を写真 2.3.2 に示した。



(出典：調査団撮影)

写真 2.3.2 Tsagaan Suvarga 鉱山の建設状況

(8) 生産計画

Tsagaan Suvarga 鉱山の開山は 2017 年を予定し、18 年間の生産する予定である。生産計画については公表されていない。

(9) 特記事項

その他特記事項を以下に列挙する。

- ▶ 銅精鉱の出荷は、2017 年を計画する。
- ▶ 電力については、Oyu Tolgoi 鉱山から全量供給を受ける計画で、現在送電線網 (220KV で 150 km に及ぶ) の整備が進行中である。
- ▶ 銅精鉱の輸送は近隣の鉄道駅まではトラック輸送とし、以降新規鉄道によって Sainshand 市まで運搬の予定である。Tavan Tolgoi-Sainshand 間の鉄道は 2015 年中に建設が完成する予定であるが、現状鉄道敷設に大幅な遅延がある。鉄道建設が間に合わない場合には、Sainshand 市まで 220km の砂利舗装道路を建設して代替する計画である。
- ▶ 用水 (操業用、生活用) については、全量地下水 (化石水) を利用して高い再利用率を計画する。

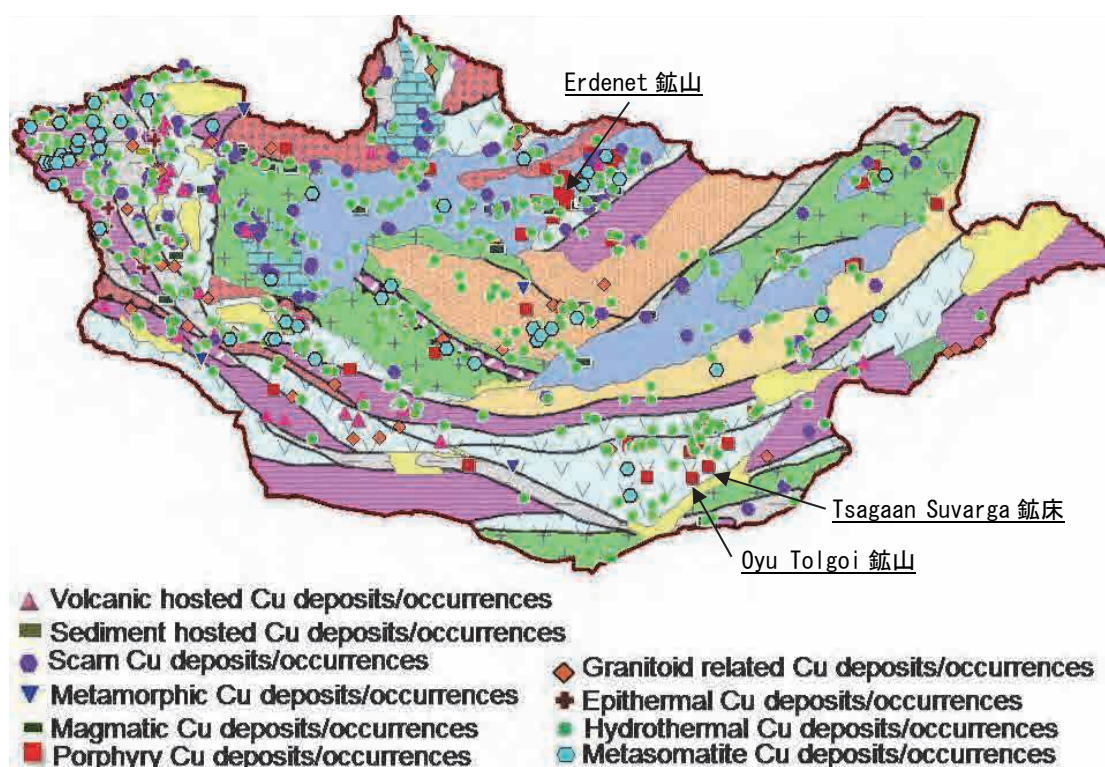
2.4 銅資源ポテンシャル

モンゴル国内には Northern Mongolian、Central Mongolian、Southern Mongolian の 3 の銅鉱床ベルトが存在し、それらは同名の火山帯と空間的に一致している。銅鉱化作用は、火山岩～深成岩に関連する地域に認められ、以下の銅鉱化作用が認められる。

- 海洋性火山岩類と関連する銅鉱化作用 (VHMS)
- 堆積岩に関連する銅鉱化作用 (砂岩関連)
- スカルンに関連する銅鉱化作用

- 広域の変性作用に関連する銅鉱化作用
- 苦鉄質および超苦鉄岩と関連する銅鉱化作用（マグマ性）
- ポーフリー貫入に関連する銅鉱化作用
- 花崗岩類に関連する銅鉱化作用
- 浅熱水性銅鉱化作用
- 熱水性銅鉱化作用
- 交代変性作用に関連する銅鉱化作用

モンゴル国の銅鉱床概略分布を図 2.4.1 に示した。



(出典：Mineral Resources map of Mongolia, 2002 を一部改変)

図 2.4.1 モンゴル国の銅鉱床の概略分布

一方、モンゴル国の銅鉱床一覧概要を表 2.4.1 に示した。同表によると、銅を主要鉱物とする鉱床・鉱化帯のうち Oyu Tolgoi 鉱山、Erdenet 鉱山、Tsagaan Suvarga 鉱床の3つの鉱床・鉱化帯の埋蔵鉱量が極めて大きく、特に Oyu Tolgoi 鉱山の埋蔵鉱量が突出していることがわかる。これらに次ぐ鉱化帯として Shand 鉱化帯があり、そのたの鉱化帯は1桁小さい埋蔵鉱量となる。金属銅量で見ると、銅鉱物は副次的鉱物となるが Tavt-2 鉱化帯は Erdenet 鉱山や Tsagaan Suvarga 鉱床よりも大きく、Tavt-1 鉱化帯は Erdenet 鉱山には及ばないものの、Tsagaan Suvarga 鉱床より大規模な鉱化帯となる。

Cu を主要な鉱石とする鉱床・鉱化帯の埋蔵鉱量(Ore A+B+C)の総量は7,965,534千トン、銅金属量(Metal A+B+C)の総量は54,545千トンとなる(Ore A: 確定埋蔵鉱量 Proven reserve、

Ore B: 推定埋蔵鉱量 Probable reserve、Ore C: 予測埋蔵鉱量 Possible reserve、ただしモンゴル国埋蔵鉱量基準)。

表 2.4.1 モンゴル国の銅鉱床一覧概要

№	Name of deposit	Type	Province	Location						Ore A+B+C thous.tn	Metal A+B+C thous.tn
				X			Y				
1	Oyu Tolgoi	Main	OmnoGobi	106	51	30	43	0	10	6,451,511	45,031
2	Erdenet	Main	Orkhon	104	7	0	49	1	0	714,201	5,219
3	Tsagaan Suvarga	Main	DornoGobi	108	19	0	43	52	0	250,396	1,611
4	Shand	Main	Bulgan	104	16	10	48	46	35	194,584	625
5	Saran Uul	Main	Bayankhongor	100	36	0	45	45	30	36,196	337
7	Bayan Airag	Main	Zavkhan	94	58	30	47	48	30	15,443	250
8	Khadat Gun	Main	Gobi-Altai	97	50	15	44	9	15	84,690	164
9	Ulaan Khud	Main	OmnoGobi	106	50	30	43	10	3	45,999	162
10	Tsakhir Tolgoi	Main	Bayankhongor	100	9	0	44	45	30	15,501	162
11	Nomint	Main	Dornot	114	50	25	49	40	45	13,640	158
12	Budag Tolgoi	Main	DundGobi	104	16	0	45	56	0	45,35	150
13	Nariin Khudag	Main	DornoGobi	108	0	0	44	14	15	41,035	135
14	Nogtsot Tolgoi	Main	DornoGobi	109	59	53	43	7	17	12,934	133
15	Oyut Ulaan	Main	DornoGobi	109	23	30	44	35	30	19,071	56
16	Ulaan Tolgoi	Main	Bayankhongor	98	23	7	43	59	1	20,764	46
17	Khokh Adar	Main	Bayan-Olgii	90	22	28	48	17	37	4,817	45
18	Mankhan Uul	Main	Gobi-Altai	95	47	30	46	26	55	8,442	43
19	Tamgat	Main	OmnoGobi	100	37	15	43	39	10	896	38
20	Khadat Uul	Main	Tov	105	36	45	48	3	10	8,350	34
21	Zuun Ikh salaa	Main	Selenge	105	22	2	46	32	35	1,111	28
22	Khul Morit	Main	Bayankhongor	98	21	3	44	0	2	7,393	25
23	Khul Morit-1	Main	Bayankhongor	98	20	15	43	59	20	4,761	21
24	Khalzan Uul	Main	OmnoGobi	107	42	15	43	24	45	1,987	15
25	Bayantsagaan	Main	Bayankhongor	98	58	30	44	56	25	1,908	14
26	Kharaat	Main	Увс	92	28	20	49	12	0	1,906	14
27	Sangiin dalai	Main	Bayankhongor	98	25	0	44	25	1	1,433	8
28	Avdar Tolgoi	Main	Dornot	114	50	20	49	40	45	1,617	7
29	Artsat Tsunkheg	Main	Bayan-Olgii	90	4	35	48	18	45	403	1
30	Tavt-2	By-prod	Bulgan	102	26	10	50	7	30		6,309
31	Tavt-1	By-prod	Bulgan	102	26	0	50	7	0		2,366
32	Kharmagtai	By-prod	OmnoGobi	106	7	30	44	2	30		347
33	Zuun Mod	By-prod	Bayankhongor	99	9	30	44	4	0		241
34	Lam chuluut	By-prod	Dornot	115	34	32	49	6	2		100
35	Ulaan Khajuu	By-prod	Bayan-Olgii	90	7	30	48	17	0		97
36	Asgat	By-prod	Bayan-Olgii	89	38	30	49	52	20		72

(出典：調査団まとめ)

一方、モンゴル国鉱量委員会で承認された Oyu Tolgoi 鉱山、Erdenet 鉱山、Tsagaan Suvarga 鉱床の埋蔵鉱量は表 2.4.2 に示すとおりで、その合計は銅鉱石量で 7,416,108 千トン、銅金属量で 51,862 千トンとなり、これら 3 鉱山・鉱床でモンゴル国全体の埋蔵鉱量の 93 % を占め

ている。その埋蔵鉱量の内訳を表 2.4.3 に示した。

表 2.4.2 鉱量委員会で承認された埋蔵鉱量

鉱山・鉱床名	県名	承認を受けた組織と日付		鉱石量 (千トン)	金属量 (千トン)	品位
Oyu Tolgoi 鉱山	Omnogobi	MRAM ebmz	2009/09	6,451,511	45,031	0.698
Erdenet 鉱山	Orkhon	uamnk	1972/12	714,201	5,220	0.731
Tsagaan Suvarga 鉱床	Domogobi	MRAM ebmz	2009/09	250,396	1,611	0.643

(出典：モンゴル国鉱量委員会報告)

表 2.4.3 3 鉱山・鉱床の埋蔵鉱量の内訳

Cut off (%)	Ore type	Class	Ton 千トン	Cu %	Mo %	Au g/t	Ag g/t
Oyu Tolgoi 鉱山							
0.22	オープンピット	Measured	1,096,000	0.45	-	0.30	0.93
		Indicated					
		Inferred					
0.37	坑道採掘	Measured	172,000	0.37	-	0.52	0.93
		Indicated					
		Inferred					
0.37	Hugo Dumett 鉱床	Measured	-	-	-	-	-
		Indicated	907,000	1.69	-	0.39	3.77
		Inferred	1,969,000	0.80	-	0.18	2.12
0.37	Heruga 鉱床	Measured	-	-	-	-	-
		Indicated	-	-	-	-	-
		Inferred	1,944,000	0.38	-	0.36	1.37
Erdenet 鉱山							
-	オープンピット	Measured	714,201	0.731	-	-	-
		Indicated					
		Inferred					
Tsagaan Suvarga 鉱床							
0.18	酸化鉱	Measured	16,300	0.402	0.011	0.05	1.06
		Indicated	4,600	0.388	0.011	0.03	0.72
		Inferred	200	0.326	0.018	0.04	0.57
0.20	初生鉱	Measured	199,800	0.598	0.022	0.05	1.31
		Indicated	91,600	0.457	0.015	0.04	1.17
		Inferred	15,200	0.333	0.010	0.02	0.95

注) Erdenet 鉱山の埋蔵鉱量の内訳は公表されていない。

(出典：調査団まとめ)

2.5 銅鉱石の処理および加工の現状

モンゴル国内では Erdenet 鉱山と Oyu Tolgoi 鉱山での精鉱生産以外の銅鉱石の処理は Erdenet 鉱山近傍で稼行している湿式製錬によるカソード生産と、これらを原材料とした銅線・電線加工がある。以下にこれらについて述べる。

2.5.1 銅鉱石の処理

モンゴル国では、Erdenet 鉱山近傍において Erdmin 社と Achit Ikht 社の 2 社が溶媒抽出電

共同企業体 (三菱マテリアルテクノ株式会社/株式会社三菱総合研究所/住鉱資源開発株式会社)

解採取法 Solvent Extraction and ElectroWinning（以降、SX-EW 法と称する）により、銅鉱石の処理およびカソードの生産を行っている。

(1) Erdmin 社

Erdmin 社は、1994 年に設立されたモンゴル国初の湿式製錬所を有する企業である。Erdenet 鉱山のほか、米国の RMC 社および個人の共同出資小会社であり、従業員は約 110 名である。同社は、Erdenet 鉱山のズリ堆積場の低品位酸化鉱から、SX-EW 法によりカソードを生産しており 1997 年からの操業以来、累計 33 千トンを生産している。

この湿式製錬プラントは、米国 BKS Engineering 社の設計により試験プラントとして建設され、カソード生産能力は 2,880 トン/年である。しかしその後、設備の増設などは行われておらず、試験的プラントがそのまま生産を続けている。近年は鉱石品位の低下により、年間生産量は 2,000～2,600 トン/年で推移している。

リーチング工程においては、低品位酸化鉱から銅を溶出するのに用いる硫酸は、全量をロシア国から輸入しており、年間使用量は約 2,500 トン/年である。一般にダンプリーチングは寒冷地における実施事例は少ないが、同社はモンゴル国の厳し気候条件における散布液の凍結防止などの独自のノウハウにより、年間を通じて生産を行っている。電解採取工程で生産されるカソードの化学組成は、LME Specification “A”相当に分類され、銅含有量 99.99%である。表 2.5.1 に Erdmin 社で生産されたカソードの化学分析結果を示す。

表 2.5.1 Erdmin 社製カソードの化学組成の一例

Element	Content	Unit	Element	Content	Unit
Cu	99.9877	%	O	0.0656	%
Ag	0.0002	%	P	0.0002	%
As	<0.0001	%	Pb	<0.0001	%
Bi	<0.0001	%	S	0.0117	%
Cd	<0.0001	%	Sb	<0.0001	%
Co	0.0001	%	Se	<0.0001	%
Cr	<0.0001	%	Si	<0.0001	%
Fe	<0.0001	%	Sn	<0.0001	%
Mn	<0.0001	%	Te	<0.0001	%
Ni	0.0001	%	Zn	<0.0002	%

(出典：Erdmin 社の資料をもとに調査団作成)

同社で生産されたカソードは、その殆どは中国天津港を経由して台湾に向けて輸出している。また一部は、同社の加工工場において銅棒・銅線などに加工され、モンゴル国内市場向けに出荷されている。



(出典：調査団撮影)

写真 2.5.1 Erdmin 社のダンブリーチング場



(出典：調査団撮影)

写真 2.5.2 Erdmin 社の湿式精錬プラント



(出典：調査団撮影)

写真 2.5.3 Erdmin 社で生産したカソード

(2) Achit Ikht 社

Achit Ikht 社は、Erdmin 社と同様に Erdnent 鉱山近傍に位置する湿式製錬企業である。同社の 2014 年 7 月時点で資本構成は、株式の 51% を大統領府長の親族が、34% を EMC 社がそれぞれ所有している。

生産方式は、Erdmin 社と同様に Erdnent 鉱山のズリ捨て場の低品位酸化鉱を原料とした SX-EW 法であり、2014 年 7 月からによるカソード生産プラントの稼働を開始している。

同社のカソード生産能力は、10 千トン/年であり、Erdmin 社の約 3.5 倍の設備能力を有する。今後生産プラントが順調に稼働すれば、モンゴル国内で Erdmin 社と合わせて約 13 千トン/年のカソード生産が可能となる。



(出典：調査団撮影)

写真 2.5.4 Achit Ikht 社が建設中の湿式製錬所

2.5.2 金属銅の二次加工

モンゴル国の銅産業分野の加工産業は、非常に限られており Erdmin 社のみに限られる。同社は 2005 年から SX-EW 法で生産したカソードから、銅棒、銅線 (IEC60558) を、また 2007 年からは、塩化ビニール絶縁ケーブル (IEC60227-3, -5) を生産している (表 2.5.2)。塩化ビニール絶縁ケーブルはサイズ、被覆などが異なる全 47 種を製造しており、これらを合計した生産量は約 150 トン/年である。製造された製品は、全量モンゴル国内市場向けに出荷されており、中国などへは価格競争力が低いことから輸出できていない。また、最近ではモンゴル国内の需要低下から、生産調整を行っている状況にある。

表 2.5.2 Erdmin 社の銅関連製品

Pproducts	Capacity	Standard
Cathode copper	2,880 ton/year	MNS 4501:97
Rolled copper	2,000 ton/year	MNS 4738:2005
Copper wire	3,800 m/year	MNS 5932:2009
Electric copper wires	3,800 m/year	MNS 5933:2009

(出典：調査団作成)



(出典：調査団撮影)

写真 2.5.5 Erdmin 社の加工工場で生産された銅線



(出典：調査団撮影)

写真 2.5.6 Erdmin 社の加工工場で生産された電線

第3章 世界の銅需給予測

3.1 世界の銅需給現状分析

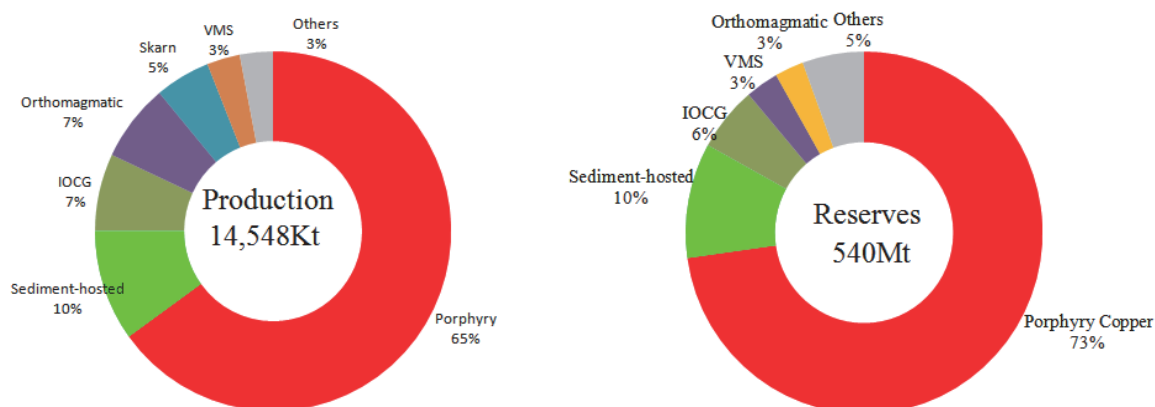
3.1.1 供給サイド

(1) 銅供給源

銅のソースは、銅鉱石（一次原料）とリサイクル銅（二次原料）からなる。このうち鉱石は、主にポーフリーカッパー型鉱床、堆積岩母岩型銅鉱床、酸化鉄銅・金鉱床、火山性塊状硫化物鉱床およびスカルン鉱床から供給される。

なかでもポーフリーカッパー型鉱床は、2010年資源量で約73%、生産量で約63%を占める極めて重要な供給ソースである（図3.1.1）。一般にポーフリーカッパー型鉱床はほかの鉱床に比べ鉱石品位（鉱石1トン当たりの銅含有量）は低いが、大規模鉱床を形成することから初期投資は大型になるが規模のメリットを生かし、長期の低コストの操業が可能で鉱山会社の主要な探査対象鉱床タイプとなっている。

2013年国別埋蔵量¹を見ると、図3.1.2に示すように、チリ国(28%)、豪州(13%)およびペルー国(10%)で世界の半分を占める。埋蔵量を2013年の消費量で除すれば耐用年数は、38.5年となる。

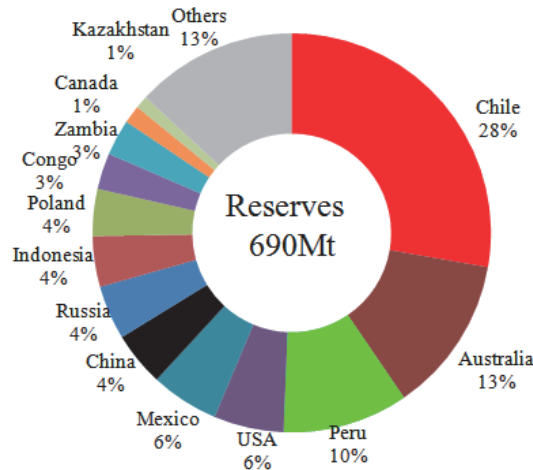


(出典：各種データから調査団作成)

図 3.1.1 銅鉱床タイプ別生産量および埋蔵量 (2010年)

リサイクル銅は、中古スクラップ（生活廃棄物）および工業スクラップ（銅機器製造スクラップ）の回収銅からなり、2012年には6,616千トンが回収されている(World Bureau of Metal Statistics, 1994~2014)。なお、回収銅は二次精錬と直接溶融により、精製銅とされる。

¹ 鉱床タイプ別埋蔵量と国別埋蔵量が異なるのはデータソースが異なるため。

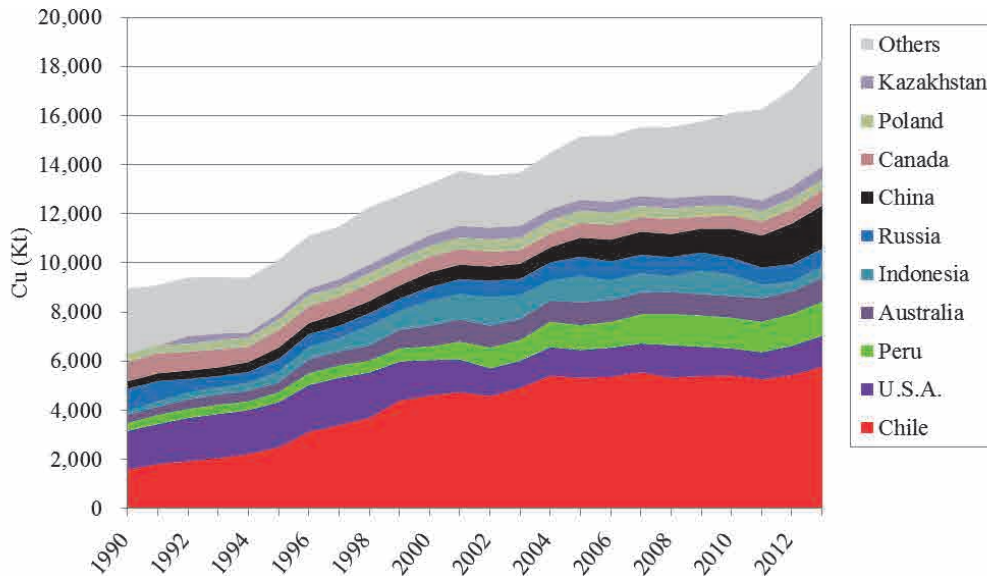


(出典：U.S. Geological Suvvey (2014)から調査団作成)

図 3.1.2 国別銅埋蔵量

(2) 銅鉱石生産状況

1990年から2013年までの世界の銅鉱山生産は、図3.1.3に示すように年率3.2%のペースで増加し、2013年に18,322千トンに達した。なかでもチリ国は、鉱床賦存のポテンシャルが高いことに加え、良好な鉱業投資環境で海外企業の投資が推進され、1990年に米国の生産を上回って以降世界の生産量を誇っている。一方米国は、大型鉱山の開発がなく、1997年に190万トンを記録したが、最近では120万トン/年前後で推移している。これに対して、中国およびペルー国の生産量が増加傾向にある。中国は国内の旺盛な銅需要により、増産が続いていること、ペルー国は、投資環境の改善で外資の投資が進み大型鉱山の生産が軌道に乗ってきたことによる。



(出典：World Bureau Metal Statistics から調査団作成)

図 3.1.3 銅鉱石生産推移 (1990-2013)

銅生産量トップ20鉱山を表3.1.1に示す。この20鉱山で世界の生産量の約40%を占める。この中にはチリ国の鉱山が、9鉱山、ポーフィリーカッパー型鉱床が、14鉱山ある。International Copper Study Group（以下、ICSGと称する）（2013）によると、実正産量は、生産能力の82～85%で推移している。

表 3.1.1 銅鉱石生産能力トップ20鉱山（2011年）

TABLE H: Ranking of the Biggest 20 World Copper Mines Currently in Operation (basis 2011 capacity)
Thousand metric tonnes copper

Country	Mine	Owner(s)	Process	2011
Chile	Escondida	BHP Billiton (57.5%), Rio Tinto Corp. (30%), Japan Escondida (12.5%)	Concs & SX-EW	1,250
Chile	Codelco Norte	Codelco (includes Chuquicamata, Radomiro Tomic, Mina Ministro Hales project)	Concs & SX-EW	920
Indonesia	Grasberg	P.T. Freeport Indonesia Co. (PT-FI), Rio Tinto	Concentrates	750
Chile	Collahuasi	Anglo American (44%), Xstrata plc (44%), Mitsui + Nippon (12%)	Concs & SX-EW	540
Chile	Los Pelambres	Antofagasta Plc (60%), Nippon Mining (25%), Mitsubishi Materials (15%)	Concs & SX-EW	470
Chile	El Teniente	Codelco Chile	Concs & SX-EW	454
Russia	Taimyr Peninsula (Norilsk/ Talnakh Mills)	Norilsk Nickel	Concentrates	430
United States	Morenci	Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc./Sumitomo	Concs & SX-EW	420
Peru	Antamina	BHP Billiton (33.75%), Teck (22.5%), Xstrata plc (33.75%), Mitsubishi (10%)	Concentrates	370
Chile	Andina	Codelco Chile	Concentrates	300
United States	Bingham Canyon	Kennecott	Concentrates	280
Zambia	Kansanshi	First Quantum Minerals Ltd (80%), ZCCM (20%)	Concs & SX-EW	250
Indonesia	Batu Hijau	PT Pukuafu 20%, Newmont 41.5%, Sumitomo Corp., Sumitomo Metal Mining & Mitsubishi Materials 31.5%, PT Multi Daerah Bersaing 7%	Concentrates	250
Chile	Los Bronces	Anglo American (100%)	Concs & SX-EW	246
Kazakhstan	Zhezkazgan Complex	Kazakhmys (Samsung)	Concentrates	230
Australia	Olympic Dam	BHP Billiton	Concs & SX-EW	225
Poland	Rudna	KGHM Polska Miedz S.A.	Concentrates	220
Iran	Sarcheshmeh	National Iranian Copper Industry Co.	Concs & SX-EW	204
Chile	Spence	BHP Billiton	SX-EW	200
Mexico	La Caridad	Mexicana de Cobre S. A. (Grupo Mexico)	Concs & SX-EW	195
Peru	Cerro Verde II (Sulphide)	Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc. 53.5%, Compañia de Minas Buenaventura 18.5%, Sumitomo 21%	Concentrates	194
Total Mine Production Capacity of the 20 biggest world copper mines				8,398
Share in world total copper mine production capacity				41%

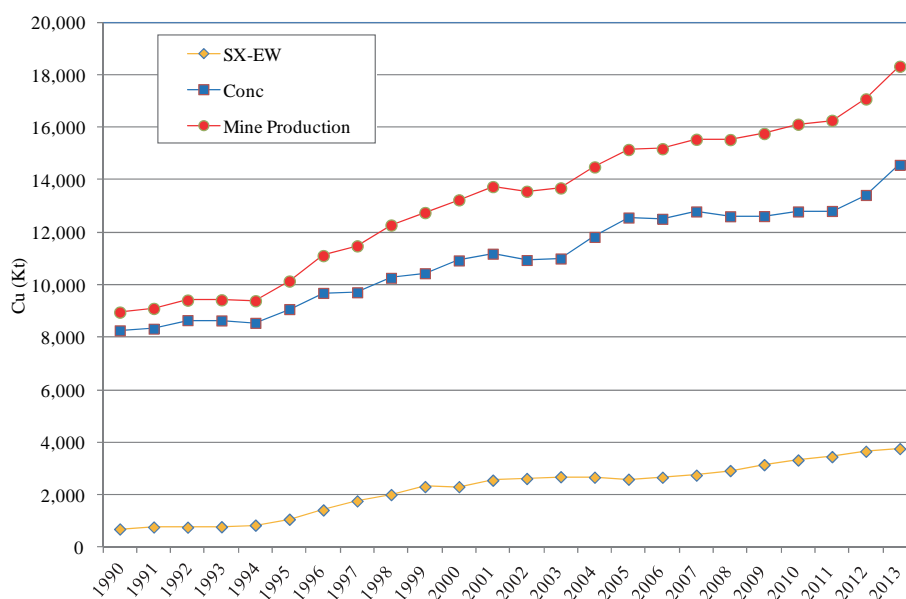
（出典：ICSG, 2011）

(3) SX-EW カソード生産状況

上記銅石生産量のうち、精銅と SX-EW カソードの割合の推移を図 3.1.4 に示す。SX-EW カソードは、1次硫化物（黄銅鉱）が酸化を受けて形成された酸化銅鉱石（孔雀石など）および2次硫化銅鉱（輝銅鉱、斑銅鉱など）から精製されるが、酸化銅鉱および2次硫化銅

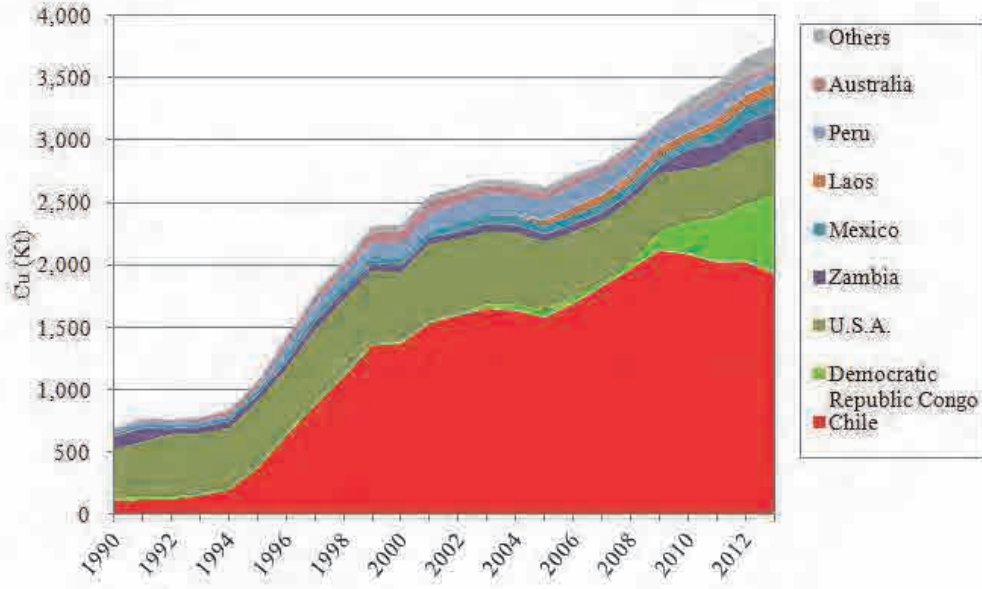
鉱の形成には、気候的制約（乾燥地帯）があるため、主に北米、南米、アフリカの低緯度地帯に限定される。また酸化銅鉱および2次硫化銅鉱は鉱床の表層付近に形成されるため、採掘が深部に進むと消滅することになる。またSX-EWカソード製造には多量の硫酸を必要とするため、硫酸の流通に制限されることになる。

図3.1.4に示すように、1990年以降、生産量は漸増傾向にあるが、鉱山生産量の20%前後で推移している。国別に見ると、図3.1.5に示すように、最大の生産国はチリ国では、1990年代初期に大型鉱山の開発が始まり、生産量が増大した。2009年には2,111千トンを生産したが、以降減少している。米国では、400千トンから600千トンで推移している。これに対して、コンゴ国およびザンビア国では、堆積岩母岩型鉱床の開発が進展し、SX-EWカソード生産が急増している。



(出典：World Bureau Metal Statistics から調査団作成)

図 3.1.4 SX-EW カソード生産推移 (1990-2013)

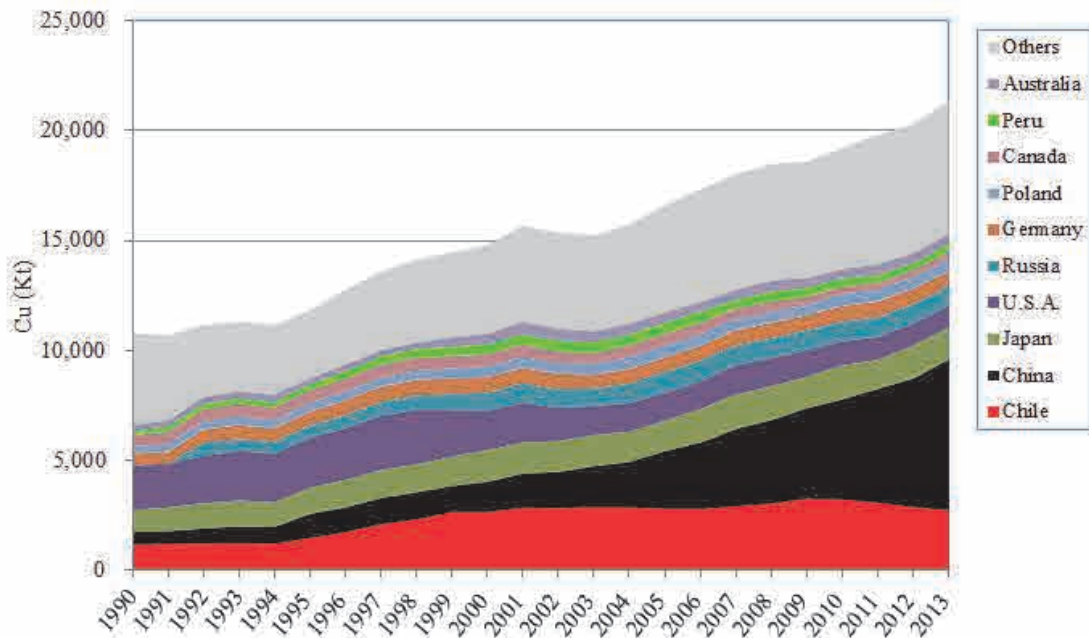


(出典：World Bureau Metal Statistics から調査団作成)

図 3.1.5 SX-EW カソード国別生産推移 (1990-2013)

(4) 銅地金生産状況

銅地金は、1次地金（鉱山出：Primary）および2次地金（スクラップ出：Secondary）およびSX-EW からなる。SX-EW カソード(Electrowinning) は前者に含まれる。



(出典：World Bureau Metal Statistics から調査団作成)

図 3.1.6 地金生産推移 (1990-2013)

図 3.1.6 に示すように、1990 年から 2013 年までの世界の銅地金生産は、年率 3% でのペースで増加している。米国は、国内鉱山の鉱石生産量の減少とともに 1990 年 2,017 千トンであったものが、2013 年には 1,001 千トンまで減少した。日本は、1,500 千トンで推移している。これに対して、中国では、1990 年から 2013 年の 23 年間で年率 11.5% のペースで増加している。2013 年チリ国の生産量 2,755 千トンのうち 1,933 千トンが SX-EW カソードであるのに対して、中国では SX-EW カソードの生産は無く、殆どが精鉱起源の 1 次および 2 次地金である。中国では、銅需要急増に対応するため、大型製錬所を相次いで建設した。表 3.1.2 に世界の製錬所トップ 20 を示す。この中の 5 つの製錬所が中国のもので合わせて 200 万トンの生産能力となる。ICSG(2013) によると、世界の実生産量は生産能力の 80% 前後で推移している。

表 3.1.2 銅地金生産能力トップ 20 精錬所

Country	Refinery	Owner(s)	Process	2011
China	Guixi	Jiangxi Copper Corporation	Electrolytic	900
Chile	Chuquicamata Refinery	Codelco	Electrolytic	600
China	Yunnan Copper	Yunnan Copper Industry Group (64.8%)	Electrolytic	500
China	Jinchuan	Jinchuan Non Ferrous Co.	Electrolytic	500
India	Sterlite Refinery	Vedanta	Electrolytic	500
India	Birla	Birla Group Hidarco	Electrolytic	500
Chile	Codelco Norte (SX-EW)	Codelco	Electrowinning	470
Japan	Toyo/Niihama (Besshi)	Sumitomo Metal Mining Co. Ltd.	Electrolytic	450
United States	Amarillo	Grupo Mexico	Electrolytic	450
United States	El Paso (refinery)	Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc.	Electrolytic	415
Chile	Las Ventanas	Codelco	Electrolytic	400
Germany	Hamburg (refinery)	Aurubis	Electrolytic	395
Russia	Pyshma Refinery	Uralelectromed (Urals Mining & Metallurgical Co.)	Electrolytic	380
Canada	CCR Refinery (Montreal)	Xstrata plc	Electrolytic	370
Peru	Ilo Copper Refinery	Southern Copper Corp.	Electrolytic	360
Chile	Escondida (SX-EW)	BHP Billiton (57.5%), Rio Tinto Corp. (30%), Japan Escondida (12.5%)	Electrowinning	350
China	Zhangjiagang	Tongling Non Ferrous Co.	Electrolytic	350
China	Jinlong (Tongdu) (refinery)	Tongling NonFerrous Metal Corp. 52 %, Sharpline International 13%, Sumitomo Corp. 7.5%, Itochu Corp. 7.5%	Electrolytic	350
United States	Morenci (SX-EW)	Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc./Sumitomo	Electrowinning	350
Belgium	Olen	Aurubis	Electrolytic	345
Korean Republic	Onsan Refinery I	LS-Nikko Co. (LS, Nippon Mining)	Electrolytic	330
Total Refinery Production Capacity of the 20 biggest world copper refineries				9,265
Share in world total copper refinery production capacity				38%

(出典 : ICSG, 2011)

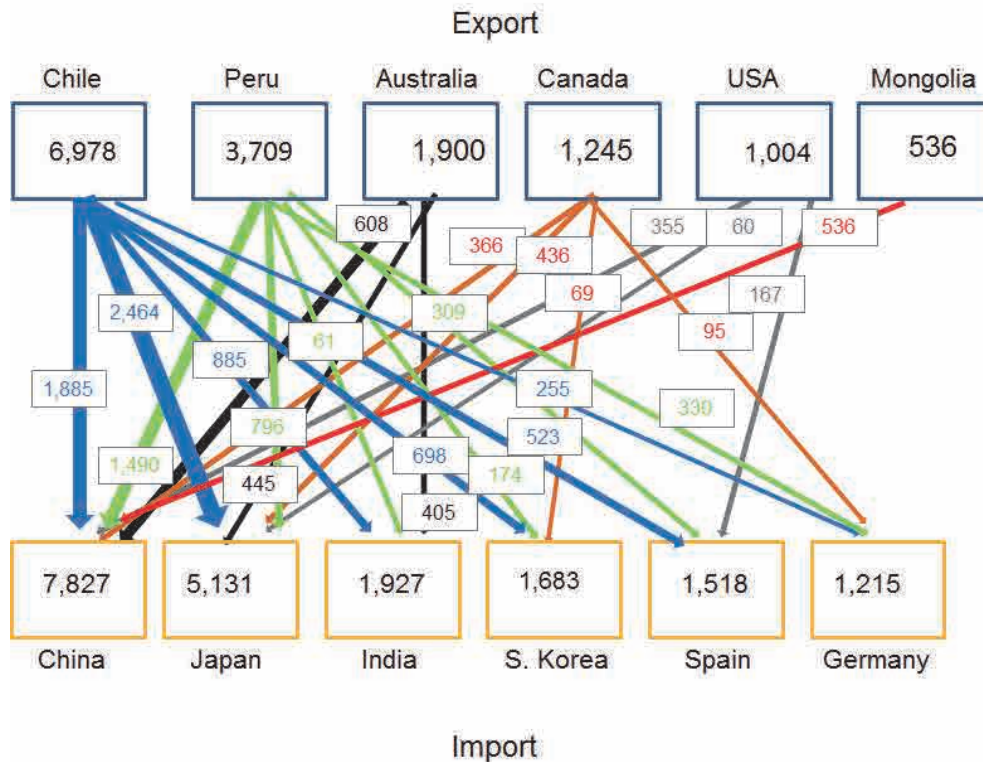
(5) 銅鉱石および銅地金流通状況

銅鉱石の最大の輸出国は、チリ国で、2012 年 6,978 千トン（鉱石はいずれもグロストン）を輸出、主な輸出先は中国と日本で、それぞれ、1,885 千トン、2,464 千トンを輸出した。

ペルー国は、3,709千トンを出産、主な輸出先は、中国1,490千トン、日本796千トンであった（図3.1.7）。

銅鉱石の最大の輸入国は、中国で2012年チリ国からの1,885千トンを筆頭に、ペルー国、モンゴル国、メキシコ国、カナダ国、米国、トルコ国、インドネシア国などから7,827千トンを輸入した。中国に次ぐ輸入国は日本で、チリ国から2,464千トン、ペルー国から796千トンなど、5,131千トンを輸入した。地域別にみると、アジアの輸入が16,904千トンであったのに対し、欧州の輸入は3,058千トンでアジアの旺盛な銅需要を表している。

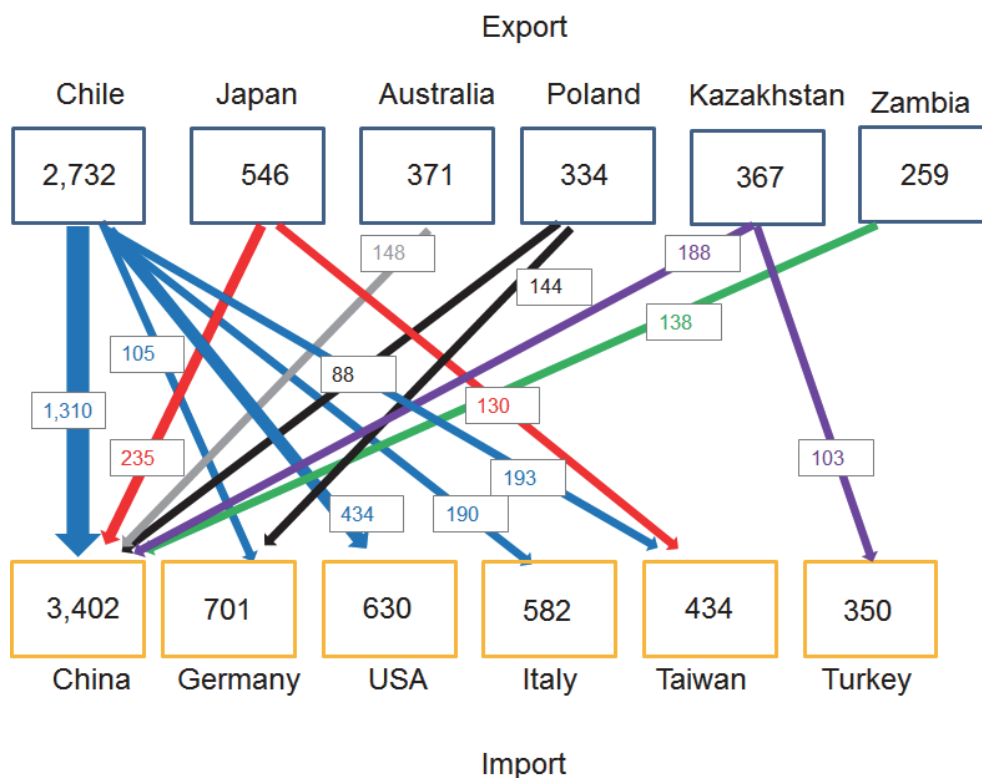
銅地金の最大の輸出国は、チリ国で2,732千トンを輸出、日本は第2位で546千トンを輸出、以下豪州、カザフスタン国、ポーランド国、ザンビア国と続く（図3.1.8）。日本および韓国以外は、国内鉱石を製錬したものであるのに対し、日本および韓国は、カスタムスメルターとして輸入鉱石を製錬して輸出したものである。地金の輸入は、中国が最大で3,402千トンを輸入、ドイツ国の701千トンおよび米国の630千トンを大きく引離している。地域別でみると、欧州の輸入が1,901千トンであったのに対して、アジアが5,264千トンであった。中国の輸入を差引くとアジアの輸入は、2,058千トンで欧州と拮抗する。



単位：精鉱グロストン（精鉱そのものの重量、銅含有量は30%前後）

（出典：ICSG, 2013 から調査団作成）

図 3.1.7 銅鉱石輸出入



単位：トン

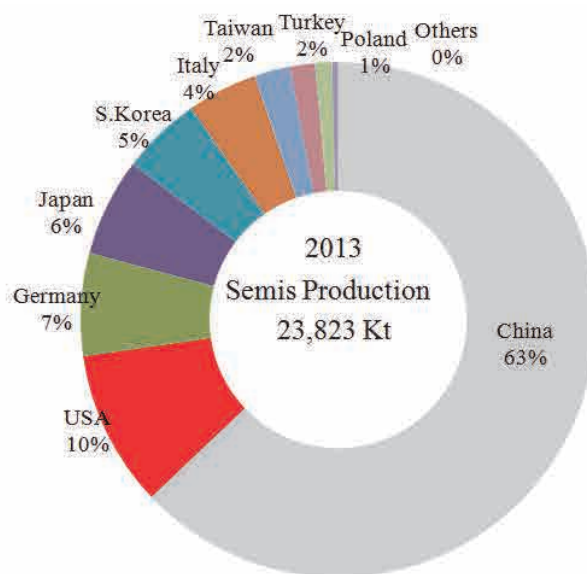
(出典：ICSG, 2013 から調査団作成)

図 3.1.8 銅地金輸出入

地域別で見ると、欧州の輸入が 1,901 千トンであったのに対して、アジアが 5,264 千トンであった。中国の輸入を差引くとアジアの輸入は、2,058 千トンで欧州と拮抗する。

(6) 銅中間製品生産状況

中間製品である銅 (copper) および合金 (copper alloy) の棒 (bars & profiles)、ワイヤ (wire)、板 (plate)・シート (sheet)、フォイル (foils)、チューブ (tubes)の生産は、図 3.1.9 に示すように、中国の生産量が世界の 63%を占める。2010 年中国の輸出入は、それぞれ、輸出 256.2 千トン、輸入 708.91 千トンで生産量 9,483 トンから見れば僅少である。



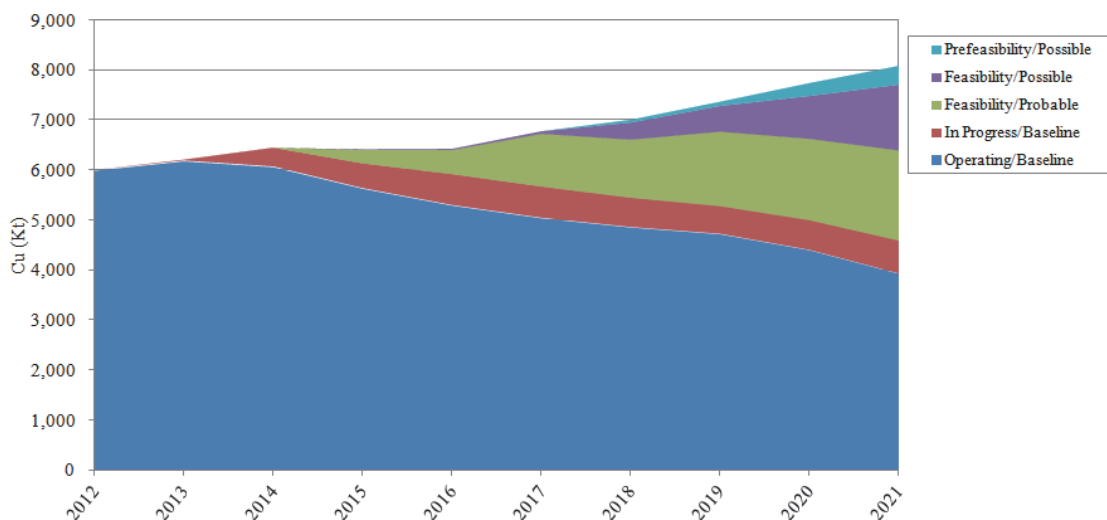
(出典：World Bureau Meal Statistics から調査団作成)

図 3.1.9 国別中間製品生産

(7) 主要生産国動向

(a) チリ国

チリ国は、良好な鉱業投資環境のみならず、ポーフィリーカップパー型鉱床と IOCG 鉱床の高い銅鉱床賦存ポテンシャルで世界有数の鉱業国となり、世界有数の魅力ある鉱業投資対象国となっている(Metals Economics Group, 2011)。2013 年、チリ国は世界の銅生産量の 31%を占める。銅生産量は、2004 年から 2012 年頃まではほぼ横ばいであったが、Escondida 鉱山と Los Pelambres 鉱山の拡張、Esperanza 鉱山の操業開始で、2013 年は前年比 6.3 増の 5,776 千トンとなり、前期の 3.3%を大幅に上回った。2014 年からは Ministro Hales、Antucoya、Caserones、Sierra Gorda といった大型鉱山が本格操業を開始し、生産量は更に増加すると見込まれている(チリ鉱業協会情報)。Cochilco(2013)は、銅価格の高位安定が継続すれば、図 3.1.10 に示すように、2020 年には、7,734 千トンになると予測している。



(出典：Cochilc, 2013 データから調査団作成)

図 3.1.10 チリ国銅生産予測

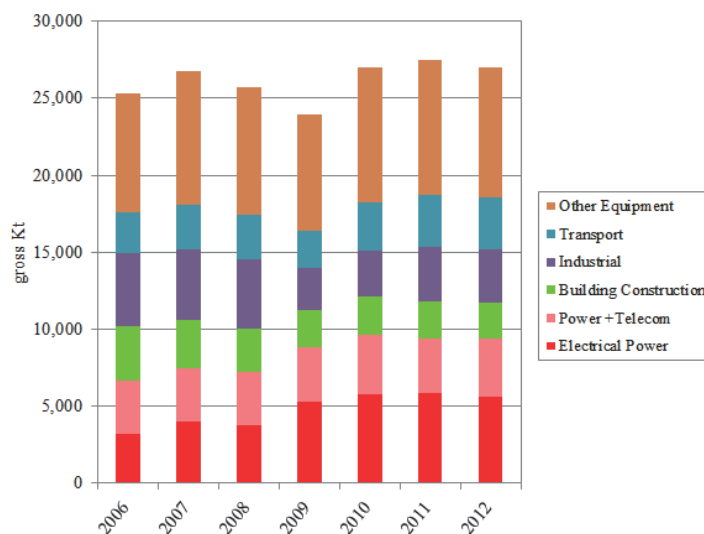
(b) ペルー国

ペルー国では、1990 年代の Fujimori 政権による鉱山民営化・外資導入促進政策により鉱業は大きく成長した。主要鉱種である銅生産量は、この 10 年間で 1.5 倍（2003 年 843 千トン、2012 年 1,299 千トン）に伸び、2008 年以降の銅生産量は 1,200 千トン台で頭打ちの感があるものの、2012 年は過去最高の生産量を記録した。これは、2012 年第 1 四半期に拡張工事が完了した Antamina 鉱山の生産量が 2011 年の 347 千トンから 2012 年は 463 千トンに増加したことによる影響が大きい。Toromocho 鉱山が 2014 年に本格操業を開始した。また、Las Bambas、La Granjas、Antapaccay、Quellaveco など多数の大型ブラウンフィールド案件があり、開発に移行すれば大幅な生産増が期待される。

3.1.2 需要サイド

(1) 主な用途

銅の主な用途は図 3.1.11 に示すように建設、インフラ、製造機器など多岐に亘る。なかでも電力関係（送電線、建物配線）の用途が多い。

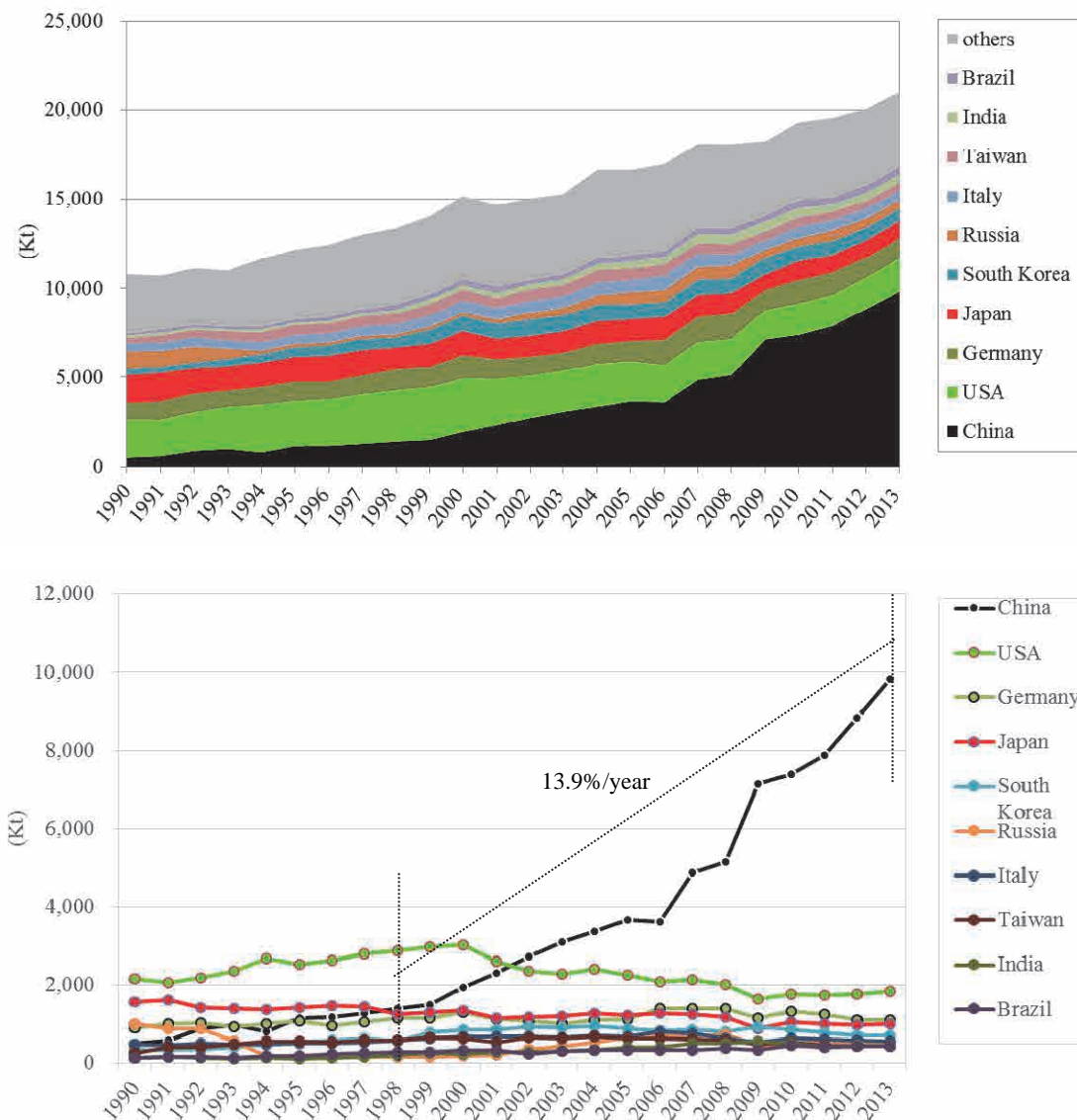


(出典：IWCC HPから調査団作成)

図 3.1.11 銅の主な用途とその世界需要推移

(2) 銅地金消費

1990年から2013年までの世界の銅地金消費の推移を図3.1.12に示す。1990年から2013年の23年間で、年率2.9%で増加した。1990年2,150千トンと最大の消費国であった米国は、IT産業や通信産業などへの構造変化により銅使用量が減少し、2013年には1,842千トンとなった。G7のドイツ国、日本およびイタリア国は、大きな変化はない。これに対して中国は、この23年間に年率13.7%、2013年/1990年比は実に19倍と急増した。特に2006年以降は、経済発展の加速化により年率15.4%で増加した。



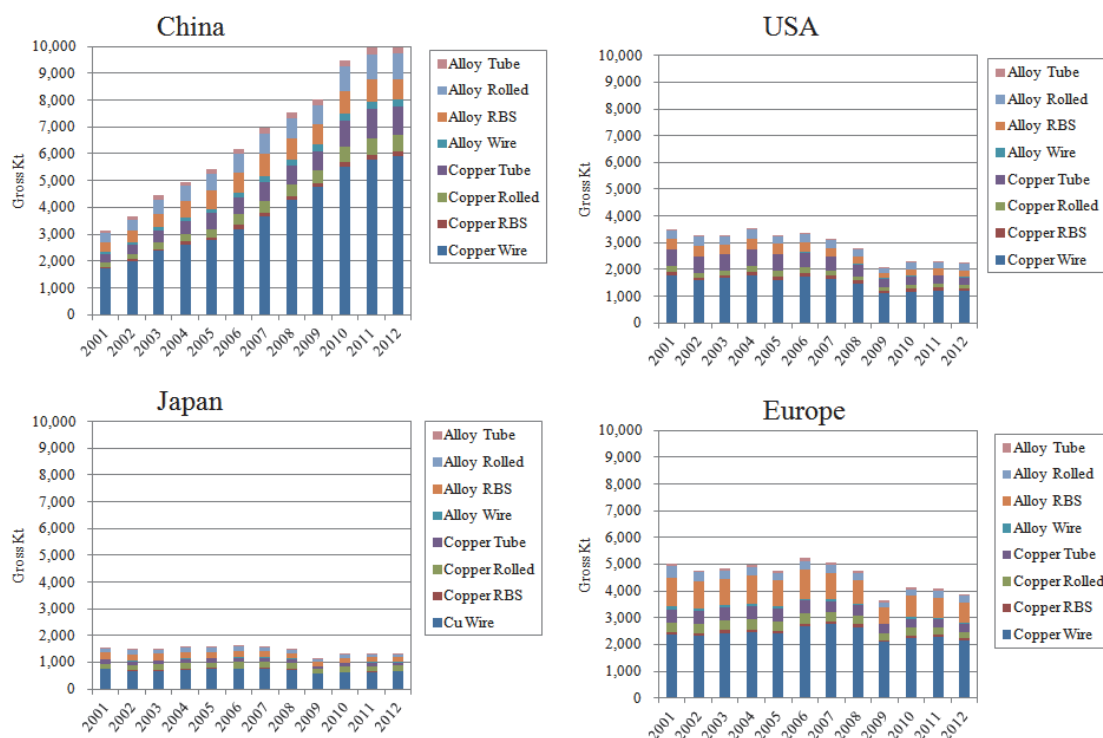
(出典：World Bureau Metal Statistics から調査団作成)

図 3.1.12 銅地金消費推移 (1990-2013 年)
(上：累積面グラフ、下：折れ線グラフ)

(3) 中間製品消費

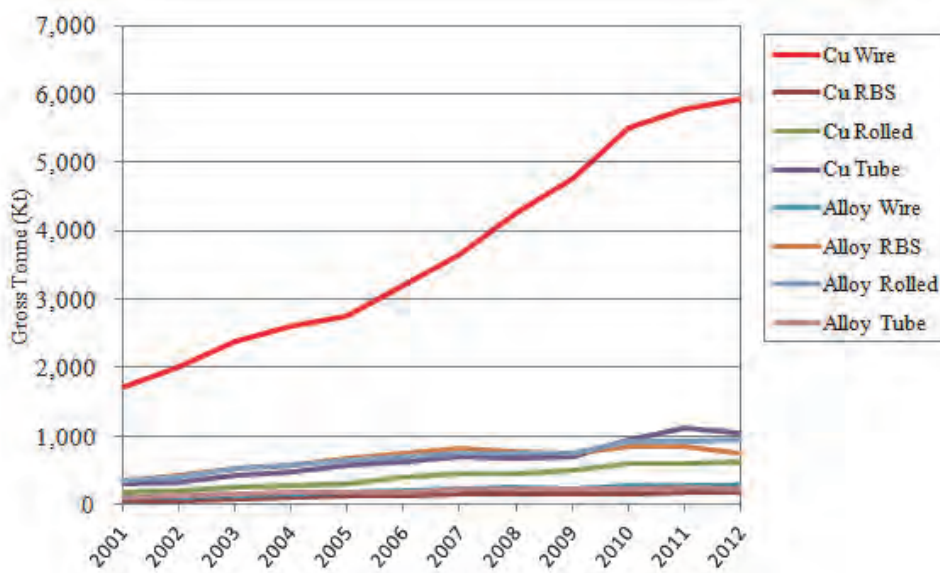
2001 年から 2012 年の銅中間製品消費は、図 3.1.13 示すように中国が年率 11.0% のペースで増加し、2012 年には、9,970 千トンに達した。これに対して、日本、米国およびヨーロッパは減少している。中国では、内需急増とともに先進国の中間製品製造拠点が中国国内に移動していることを示している。中国の銅中間製品消費内訳をみると、12 年間の銅電線の割合が 55.1% と他国（地域）よりも高い。図 3.1.14 に示すように、銅電線消費の増加率は、他製品を大きく上回り、2008 年以降 60% 近くを占めるに至っている。地方都市のインフラ

整備に消費されていることを示している。



(出典：IWCC HP.から調査団作成)

図 3.1.13 中国、米国、日本、ヨーロッパにおける銅中間製品消費推移（2001-2012）



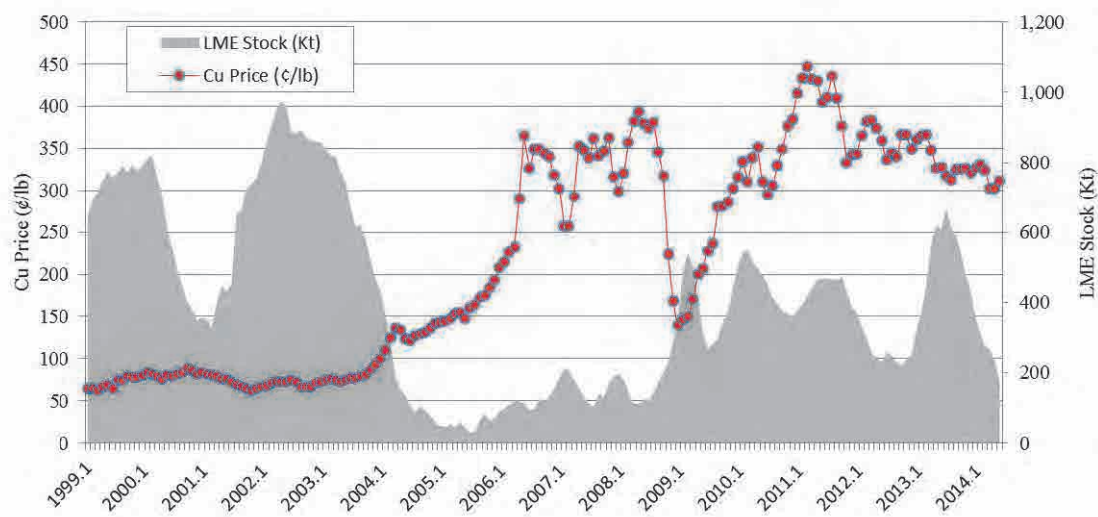
(出典：IWCC HP.データから JICA 調査団が作成)

図 3.1.14 中国の銅中間製品費目別消費推移（2001-2012）

3.1.3 銅価格の推移

銅価格（LME 現物価格）は、1980 年代以降 2004 年までは 3,000 US\$/トンを超えることはなく、1998 年から 2003 年の間は 1,500 US\$/トンから 1,800 US\$/トン台で安定していた。2003 年第 3 四半期から上昇に転じ 2006 年から 2008 年は 6,000 US\$/トン後半から 7,000 US\$/トンで推移した。

2008 年 9 月のリーマンショック（世界同時経済不況）で 2009 年には 5,000 US\$/トン台に低下したが、経済回復とともに銅価格も回復し、2011 年 2 月には 9,000 US\$/トンに達した。LME 在庫は、2003 年から急減し、リーマンショックまでは 200 千トンを超える状態が続いた。リーマンショック後銅価格は上昇したが在庫量は 200 千トン台から 600 千トン台で変動している（図 3.1.15）。



（出典：LME データから調査団作成）

図 3.1.15 銅価格および LME 在庫推移

3.2 世界の銅需給および価格の将来動向分析

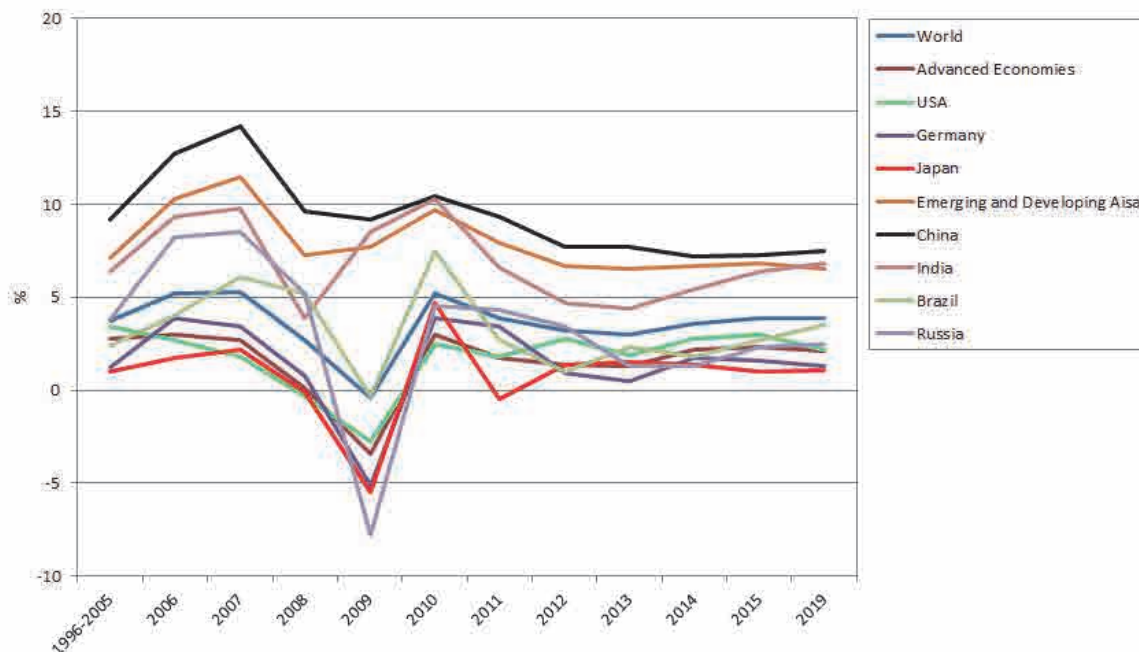
3.2.1 世界経済見通し

図 3.2.1 に示すように、2009 年の世界同時経済不況からの脱却後、成長率はやや低下傾向にあるもののほぼ安定した経済成長を維持している。IMF(2014)によると、2013 年の 3% から 2014 年には 3.7%、2015 年には 3.9%と予測されている。米国の 2014 年の成長率は、2013 年の 1.9%から加速し 2.8%に、更に 2015 年には 3%となる見込みである。

日本は、アベノミクスによる経済刺激策が、2014 年の消費税率引き上げの負の影響により一部相殺されるが、概ね変わらず 1.7%となり、その後 2015 年には 1%まで減速すると予測されている。

新興市場および途上国・地域の成長率は全体で、2014 年は 5.1%、2015 年は 5.4%に達すると見込まれている。中国は他国に比べて依然として高い成長率を維持し、2015 年は 7.3%、2019 年は 7.5%と見込まれている。インド国は、2011 年および 2012 年には前年比 36%、29%

と大幅に低下したが、モディ政権誕生によって向こう数年間経済がより速いペースで拡大すると予測。モルガン・スタンレーは2015年4月-2016年3月の同国のGDP伸び率を従来の見通し（6.2%）から6.5%に上方修正した。



(出典：IMF, 2014 から調査団作成)

図 3.2.1 IMFによる世界経済見通し

3.2.2 銅需要見通し

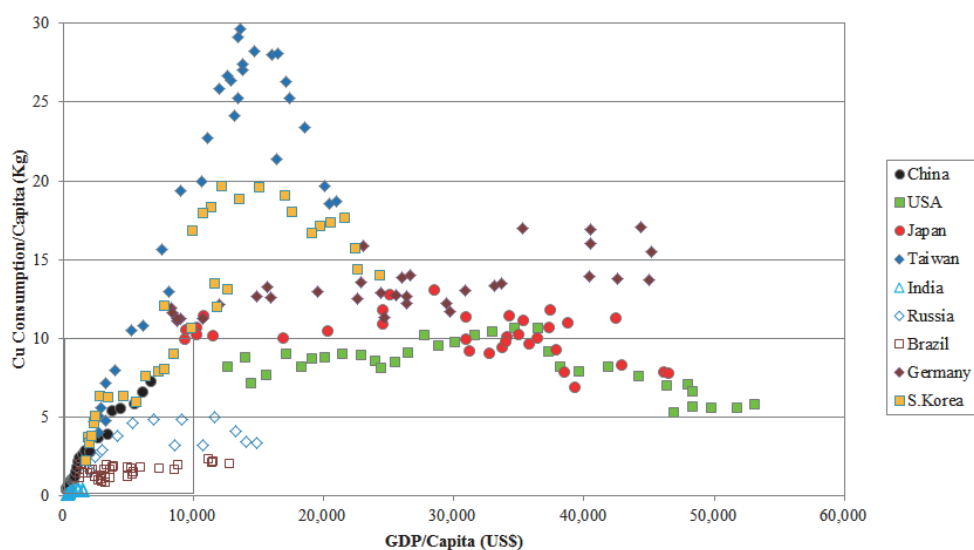
2013年までの世界の銅消費は、3.1.2(2)で述べたように、1990年から2013年の間、年率2.9%で増加した。中国は年率13%で増加したのに対して、先進工業国ではマイナスかほぼ横這いで、増加は中国によるものである。ブラジル国およびインド国で5%近い増加率を示しているが、消費量が少ないため全体には大きく影響しない。このため中国の消費動向が世界の銅消費に大きな影響を及ぼすことになる。

銅需要は経済活動と強い相関があり、図 3.2.2 に (GDP/人) - (銅消費量/人) の相関を示す。日本、ドイツ国および米国の先進工業国では GDP/人が増加しても銅消費量/人が横這いとなるが、台湾や韓国のような中進工業国では GDP/人の増加に伴って銅消費量/人が急上昇する。一方 BRICs では、インド国は GDP/人が低く傾向が明確でないが、ブラジル国およびロシア国は、GDP/人は中国を凌駕しているが、銅消費量/人は低いレベルにあり、国全体の銅消費も僅かながら伸びてはいるが絶対量は少ない。これに対して、中国は、台湾や韓国のような中進工業国のパターンを辿っており、2013年には銅消費量/人は米国を越している。IMF(2014)によると、中国の GDP/人が US\$10,000 になるのは 2018 年で、図 3.2.3 に示すようにその年の銅消費量/人を 8kg/人と仮定し、2018年の予測人口(IMF, 2014)を乗じると、国内消費量は 11,144 千トンとなる。この値を 2018年の消費量とすると、2012年以降の増加

率は 3.9%となる。

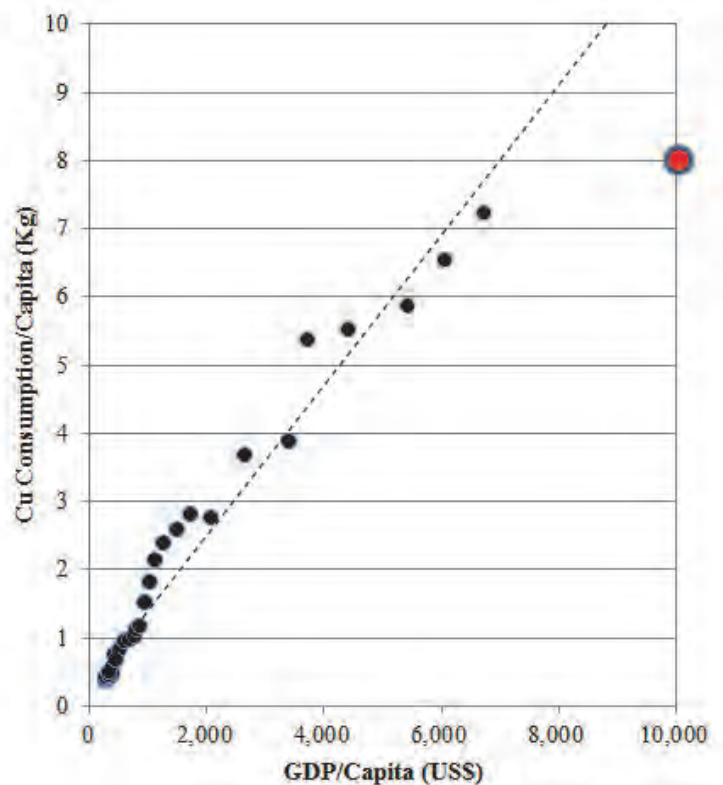
Cochilco(2013)は、2013 年から 2025 年までの世界の平均増加率を 3.3%と予測、なかでもインド国の増加率を 9.0%とし、2025 年には 1,700 千トンになると予測。中国は 2025 年に 16,000 千トンで世界の 51%を消費することにあると予測している。これに対して、EU:0.9%、米国：-0.8%、日本および韓国：-0.5%と予測しており、妥当な値ではないかと思われる。

一方 CRU は 2013 年から 2018 年の世界の年平均増加率を 3.6%、中国を 4.5%、中国以外を 3.0%、米国 3.4%、日本 1.9%と予測している。



(出典：IMF, 2014 and World Bureau Metal Statistics から調査団作成)

図 3.2.2 主要国の（GDP/人）－（銅消費量/人） 相関図（1980 年～2013 年）



(出典：IMF (2014) および World Bureau of Metal Statistics から調査団作成)

(図 3.2.2 の左下角枠線内の拡大)

図 3.2.3 中国の (GDP/人) - (銅消費量/人) 相関図

3.2.3 銅鉱石生産見通し

2014 年以降の銅鉱山生産は、既存鉱山からの生産（拡張を含む）、新規鉱山からの生産の合計よりなる。新規鉱山からの生産は、現在鉱山開発中の案件、F/S 段階の案件、Pre-F/S 段階の案件、探査中の案件から始まることになる。

銅価格を無視すれば、現在生産中の鉱山、開発中の案件および探鉱案件（表 3.2.1）合計の将来の生産可能ポテンシャルは 30,000 千トン/年を超える。銅価格と IRR (Internal Rate of Return) を考慮すれば、図 3.2.4 に示す 4,900 千トン/年の供給可能案件が経済性を有するための PIP (Project Incentive Price) は 6,600 US\$/トンが最低値と考えられている。従って、この値が継続すれば需要を満たす鉱山からの供給が可能と思われる。また Cochilco (2012) は、図 3.2.5 に示すように 2013 年から 2016 年にかけて、新規開発案件からの生産が開始され、供給過剰になり銅価格が下がり、新規開発が停滞し 2017 年以降供給不足になると予想している。

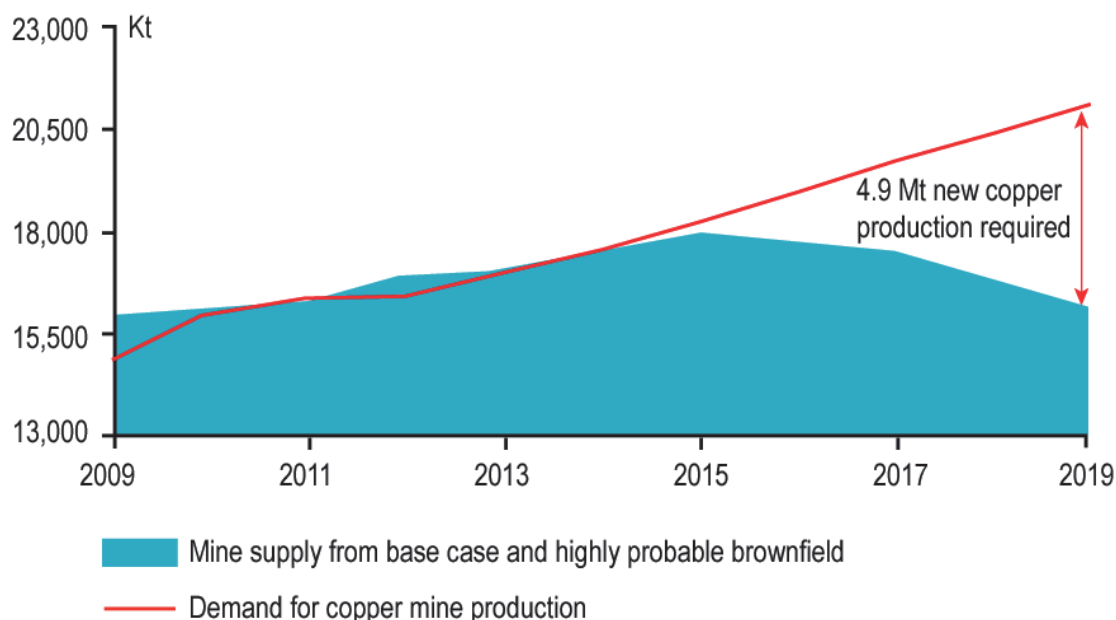
ICSG (2014) は、2014 年の供給は前年比 3.9% 増の 20.9 百万トン、2015 年には 5.5% 増の 22.1 百万トンに、在庫はそれぞれ 387 千トンおよび 632 千トンになると予測している。なお、表 3.2.1 に主要な未生産案件（現在鉱山開発中の案件、F/S 段階の案件、Pre-F/S 段階の案件）を示す。

表 3.2.1 主要アドバンスステージ案件（2011年時点）

Rank	Mine	Country	Reserves+ Resources (Mt)	Cu%	Contained Cu (Kt)	Type	Source	Start	Production (Kt/a)	Owner
1	Oyu Tolgoi	Mongolia	1,511	1.04	15,714	PO	Conc.	2013.7	450	Turquoise Hill(66), Mongolian Gov.(34)
2	Ministro Mina Hales	Chile	1,339	0.94	12,587	PO	Conc., SX-EW	2013.Q3	170	Codelco(100)
3	Cobre Panama	Panama	1,457	0.77	11,219	PO	Conc.	2017	320	Inmet(100)
4	Pebble	USA	3,029	0.28	8,481	PO	Conc.	2019	350	Northern Dynasty(100)
5	Sierra Gorda	Chile	2,079	0.40	8,316	PO	Conc.	2014.Q1	220	KGHM(55), Sumitomo(45)
6	Toromocho	Peru	1,706	0.47	8,018	PO	Conc.	2014.7	275	Chinalco*(100)
7	La Granja	Peru	1,200	0.65	7,800	PO	SX-EW	2018	150	Rio Tinto(100)
8	Konkola North	Zambia	297	2.57	7,645	SED	Conc., SX-EW	2013	170	Vale(50), African Rainbow(50)
9	Rio Blanco	Peru	1,257	0.57	7,165	PO	Conc.	2015	190	Monterrico Metals*(100)
10	Salobo	Brazil	929	0.77	7,153	IOCG	Conc.	2012	200	Vale(100)
11	Quellaveco	Peru	938	0.64	6,003	PO	Conc.	2019	215	Anglo American (80), IFC(20)
12	Caserones	Chile	1,350	0.43	5,805	PO	Conc., SX-EW	2013.Q1	170	PPC(75), Mitsui Corp.(25)
13	Aktogay	Kazakhstan	1,614	0.35	5,649	PO	Conc., SX-EW	2015	80	Kazakhmys(100)
14	El Arco	Mexico	1,016	0.52	5,283	PO	Conc.	2019	190	Grupo Mexico(100)
15	Antapaccay	Peru	1,000	0.49	4,900	PO	Conc.	2012	160	Southern Copper(100)
16	Esperanza	Chile	988	0.46	4,565	PO	Conc.	2011	200	Antofagasta(70), Marubeni(30)
17	Panantza	Ecuador	678	0.62	4,204	PO	Conc.		190	Corriente(100)
18	Michiquillay	Peru	544	0.69	3,754	PO	Conc.	2018	300	Anglo American(100)
19	Agua Rica	Argentina	731	0.50	3,655	PO	Conc.	2016	150	Yamana Gold(100)
20	El Galeno	Peru	661	0.5	3,305	PO	Conc.	2014	200	Northern Peru Copper*(100)

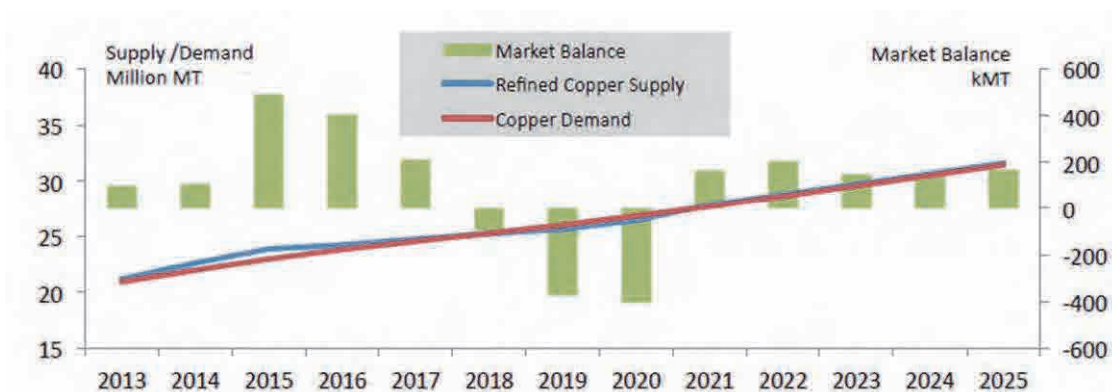
*Chinese Company

(出典：各種データから調査団作成)



(出典：Berry, 2013)

図 3.2.4 銅需給見通し

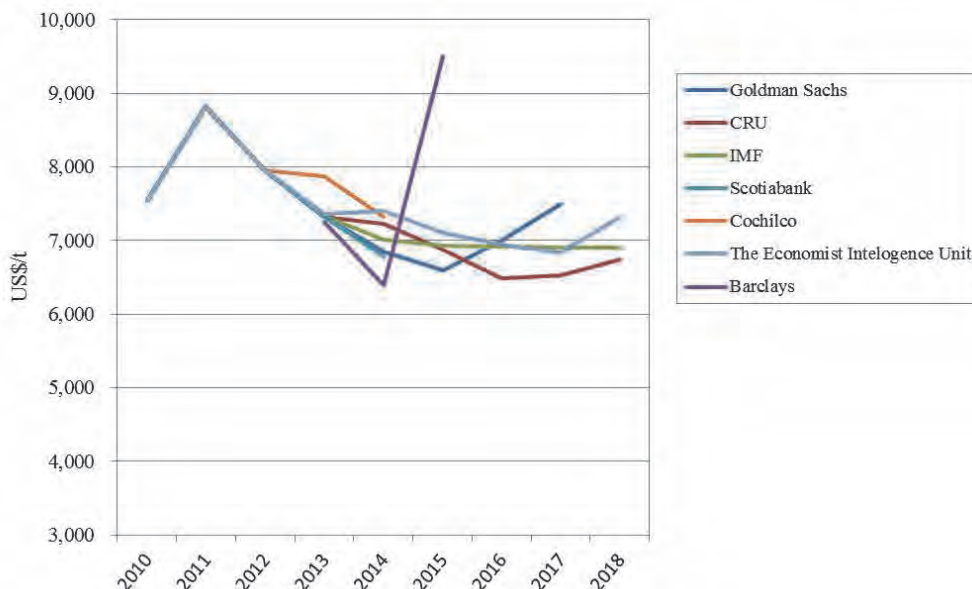


(出典：Cochilco,2012)

図 3.2.5 長期銅需給予測

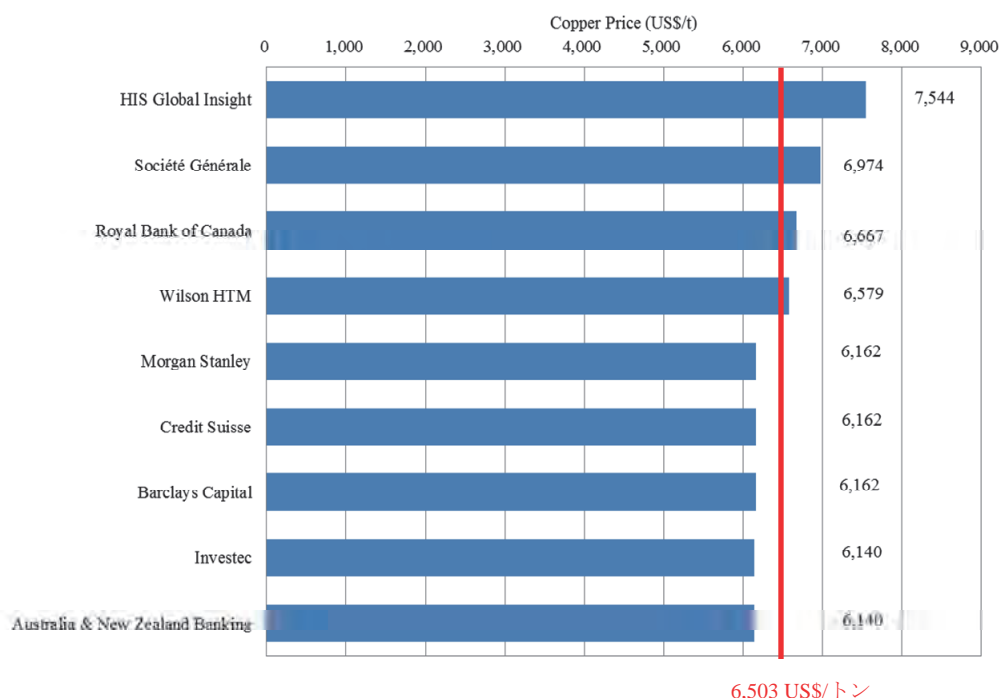
3.2.4 銅価格予測

銅価格は、2011年2月に9,868 US\$/トン記録して以降、2012年には7,950 US\$/トン、2013年には7,326 US\$/トンと低下している。Barclaysを除く5調査機関は、2014年から2017年にかけて新規鉱山から供給で在庫が増大し、一旦6,000 US\$/トン後半まで低下した後、底値の時期は調査機関によって異なるが、上昇に転ずると予測している(図3.2.6)。CRUは2014年7,228 US\$/トン、2018年6,749 US\$/トンと予測している。短期的には概ね6,000 US\$/トン台後半で推移するものとの予測が妥当なところではないかと思われる。Cochilco(2013)は、各調査機関の予測から2018年から2022年の長期の銅価格予測を6,500 US\$/トンとしている(図3.2.7)。



(出典：各機関データから調査団作成)

図 3.2.6 銅価格短期予測



(出典：Cochilco, 2013 データに加筆)

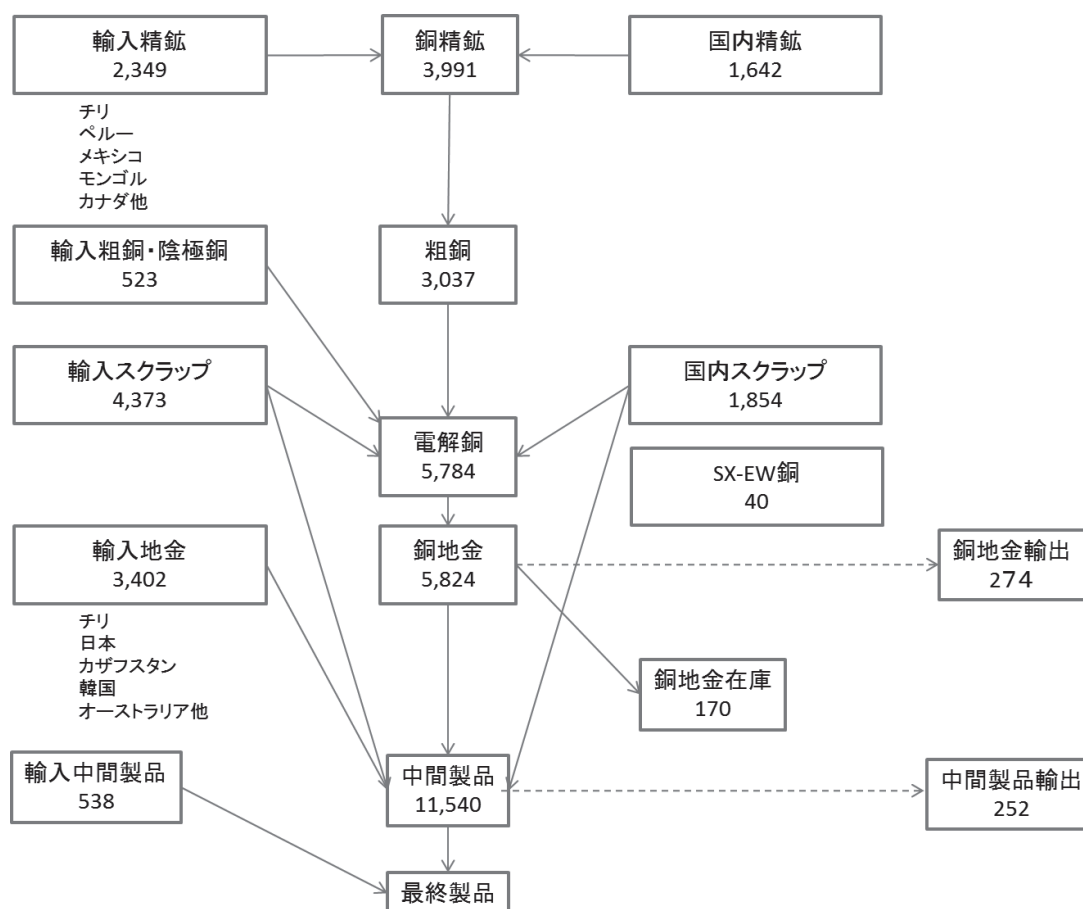
図 3.2.7 銅価格長期予測 (2018 年～2022 年)

3.3 中国の銅原料確保

2000 年代初めから、中国は世界最大の鉱物資源消費国となっている。図 3.2.2 に示したように、G7 各国では金属消費が成熟しており、経済成長に従って急激な金属需要が起こることはない。一方新興工業国では、経済成長に伴って、台湾や韓国のように右肩上がりの金属需要が起こる場合とブラジル国やロシア国のように大きな需要が起こらない場合がある。中国の傾向を見ると、台湾や韓国のパターンをとっており、今後も経済成長が継続すれば、既述のように、2018 年の銅需要は 11,144 千トンになると予測される。

図 3.1.12 に示すように、中国では 1998 年から、年率 13.9% のペースで銅地金消費が増加し、2013 年には 9,830 千トンに達した。これに対して、国内鉱山からの精鉱供給は、この 13 年間で 8.7% の増加率で、2013 年の自給率は 17.8% に留まっている。不足分を海外からの精鉱、地金およびスクラップ輸入に依存しなければならない状況にある。中国政府は、第 12 次 5 ヶ年計画(2011 年～2015 年)において、銅精鉱生産能力を 130 万トン/年で上げること、2015 年の銅地金生産量を 650 万トンにすることを掲げている(2013 年実績で 5,824 千トン)。本項では今後、更に増加が予想される銅需要に見合う原料供給について検討する。

2012 年時点の中国の銅マテリアルフローを図 3.3.1 に示す。2013 年国内製錬所で処理された銅精鉱は、海外からの輸入精鉱が 3,024 千トン、国内精鉱が 1,702 千トンと輸入精鉱が国内精鉱を上回る。これらを原料とした粗銅生産量は 3,307 千トンであるが、2 次製錬・精製されたスクラップ起源の銅地金 3,301 千トンが加わり、更に SX-EW カソードが加わり、銅地金は合計 6,338 千トンとなっている。



単位千トン、スクラップおよび中間製品はグロストン。輸入精鉱は精鉱中の銅品位を 30%と仮定し銅含有量に換算。

(出典：World Bureau of Metal Statistics から JICA 調査団作成)

図 3.3.1 中国の銅マテリアルフロー (2013 年)

スクラップ銅の占める割合が大きい特徴を持つ。これは前処理費用が安いことから外国に比べ銅含有量の少ないスクラップが大量に輸入され 2 次製錬に回されていることを示唆している。銅地金として電解銅、SX-EW カソードおよび輸入地金の合計 10,044 千トンが国内に供給されたことになる。銅地金消費は 9,830 千トンで、その差分が在庫に回ったものと推測される。

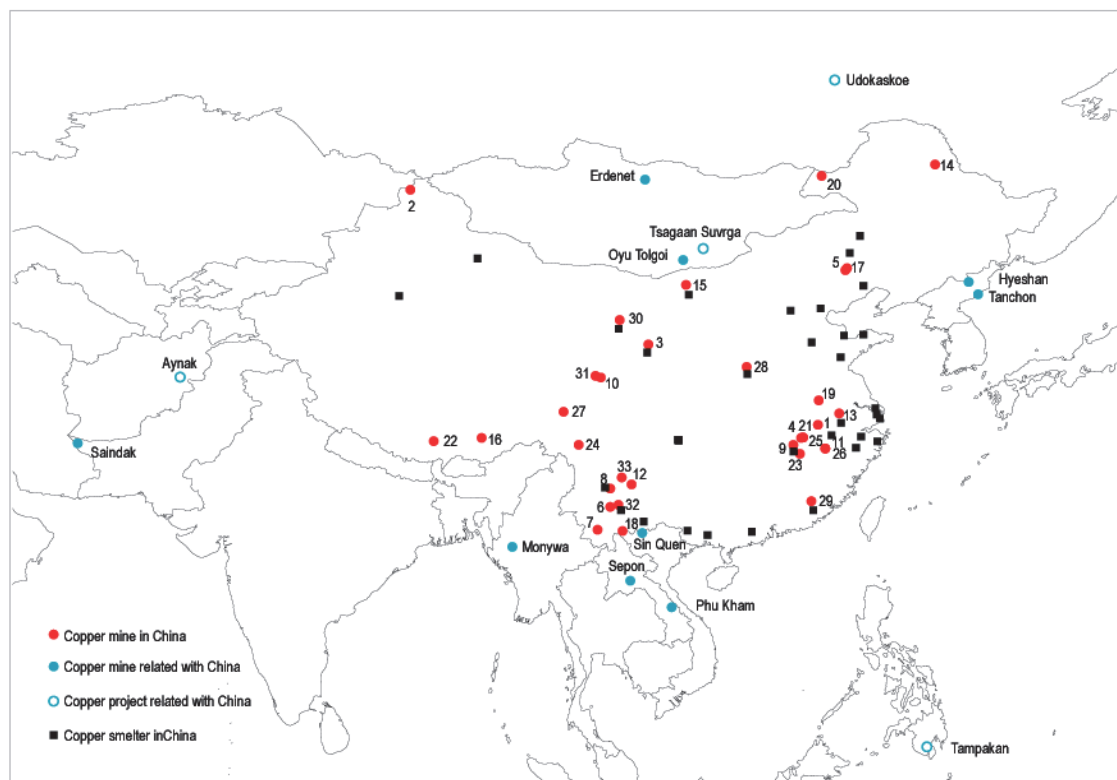
3.3.1 国内鉱石供給

中国の銅鉱床は、ポーフイリー銅鉱床、スカルン型鉱床、火山性塊状硫化物鉱床、正マグマ性鉱床、堆積岩母岩型鉱床と多岐に亘る。ポーフイリー銅鉱床およびスカルン型鉱床は、揚子江中・下流域（江西省、安徽省）および雲南省、四川省からチベット自治区にかけての西部地域に鉱床区を形成する。特に後者は、遠隔地にありこれまで十分な探査が行われておらず、政府が探査に力を入れている。主要鉱山の分布を図 3.3.2 に示す。中国の銅鉱山の生産規模は、最大の徳興鉱山（Dexing）でも 16 万トン/年で、30 万トン/年を超える

南米の大型ポーフィリー銅鉱山と比較すると小規模である。日本メタル経済研究所(2010)が引用した中国国土資源部(2008)のデータによると、国内の銅埋蔵量(銅金属量)は、7,157万トンとされている。このうち、江西省：18%、雲南省：15%、チベット自治区：16%と、上述の揚子江中・下流域と西部地域に多くが存在することを示している。ちなみに U.S. Geological Survey (2014)は 2,760 万トンと見積もっており(図 3.1.2)、中国国土資源部の見積りと大きな乖離がある。

既述のように中国の銅鉱山は小規模鉱山が多く、近代化が遅れていると言われている。政府も集約化を指導しており、そのなかで、雲南、江西、銅陵、金川、白銀、大冶および中条山の7社が国内大企業に成長している。この7社の2008年国内鉱山生産量は、453千トンで、国内生産量の49%を占めた(JOGMEC, 2009)。

2013年の国内鉱石生産量は、対2000年比で2.96倍の1,751.8千トンで、2010年に米国を、2011年にペルー国を抜き世界第2位の生産国となった。しかしながら自給率(国内鉱山生産量/地金消費量)は、需要の増加に追いつかず、2004年の18.1%から2013年の17.8%と殆ど変化していない。つまり、国内鉱山からの精鉱供給は増加する地金消費に追いついていない。今後西部地域の開発が進めば、新たな鉱床の発見と鉱山開発が進むと思われるが、増加する需要に追従できる自給率の改善に寄与するだけの供給は難しいと思われる。



(出典：調査団作成)

図 3.3.2 中国の銅鉱山・製錬所および周辺国で中国と関係のある鉱山・プロジェクト分布

表 3.3.1 中国主要銅鉱山一覧

No	Project Name	Type	Province	No	Project Name	Type	Province
1	Anqing	Skarn	Anhui	18	Luchun Da Ma Jian Mountain	PO	Yunnan
2	Ashele	VMS	Xinjiang	19	Qianchang	Other	Anhui
3	Baiyin Changtong	VMS	Gansu	20	Wunugetushan	PO	Inner Mongolia
4	Chengmenshan	PO	Jiangxi	21	Wushan	Skarn	Jiangxi
5	Chifeng Copper	Other	Inner Mongolia	22	Xietongmen	PO	Tibet
6	Dahongshan	VMS	Yunnan	23	Xinzhuang	Other	Jiangxi
7	Dapingzhang	Other	Yunnan	24	Yangla	VMS	Yunnan
8	Dayao	SED	Yunnan	25	Yinshan	Other	Jiangxi
9	Daye Nonferrous Metals Complex	Skarn	Hubei	26	Yongping	Skarn	Jiangxi
10	Deryn	VMS	Qinghai	27	Yulong	PO	Tibet
11	Dexing Complex	PO	Jiangxi	28	Zhongtiaoshan	PO	Shaanxi
12	Dongchuan	Vein	Yunnan	29	Zijinshan Copper	PO	Fujian
13	Dongguashan	VMS	Anhui	30	Jinchuan	OM	Anhui
14	Duobaoshan	PO	Heilongjiang	31	Deerni	OM	Qinghai
15	Huogeqi	SED	Inner Mongolia	32	Yimen	SED	Yunnan
16	Jiama	Skarn	Tibet	33	Lala Copper	VMS	Sichuan
17	Jiguanshan	PO	Inner Mongolia				

PO:ポーフィリー銅鉱床、Skarn:スカルン型銅鉱床、PO:正マグマ性銅鉱床、SED:堆積岩母岩銅鉱床、VMS:火山性塊状硫化物銅鉱床
 (出典：調査団作成)

3.3.2 海外銅山開発投資と海外精銅輸入

2013 年時点での、海外精銅輸入はスポット買銅が主体で、海外権益銅山からの輸入は、パキスタン国の Saindak、ザンビア国の Chambishi など限られた銅山からで、数万トン程度と推定される。日本と比較すると僅少である。「走出去」政策のもと、銅物資源獲得に向けて海外投資を積極的に行っており、図 3.3.3 および表 5.2.4 に示すようにペルー国の Toromocho、Las Bambas、El Galeno などの大型銅山の本格操業が始まれば、100 万トン近くが確保されることになる。なお、チリ国 Codelco の Gabriela Ministral (Gaby) 銅山への投資は、US\$550 万の融資と引換に、15 年間に亘り地金 57,000 トン/年を引取るいわゆる融資買銅方式である。

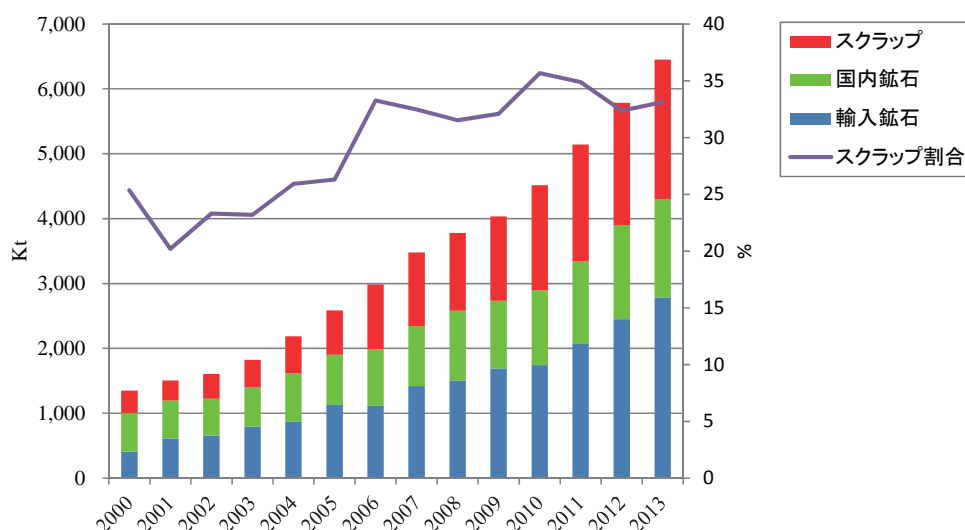


(出典：調査団作成)

図 3.3.3 中国の海外投資案件

3.3.3 銅地金生産と原料構成

2013 年国内銅地金生産は、6,839 千トンで、2006 年にチリ国を抜いて以来世界第一位の生産量を誇っている（図 3.1.6）。銅地金は国内精鉱、輸入精鉱およびスクラップから生産される電解銅および SX-EW カソードからなる。しかしながら、2013 年の国内精鉱は、1,752 千トンで地金生産の 25.6%に過ぎず、それ以外を輸入精鉱とスクラップに依存している。輸入精鉱は、3,024 千トン（10,080 千グロストンの 30%として計算）で 44.2%を占める。スクラップ銅の 2 次製錬銅は、2,153 千トンで、日本と韓国は、それぞれ 20%、21%であったのに対し、33%と高い比率を持つ（図 3.3.4）²。スクラップの輸入先は、G7 国、スペイン、オランダをはじめ近隣の新興工業国のマレーシア、香港、韓国からの輸入が多い。この背景にはスクラップ選別が低コストで行えるという国内事情によるものと思われる。SX-EW カソード生産は、中国の銅鉱床そのものが、酸化鉱の発達が貧弱で、SX-EW カソードは、最大でも 50 千トン/年程度で、中国においては将来的にも重要なソースとはならない。



(出典：ICSG データから調査団作成)

図 3.3.4 中国の地金生産量推移と原料構成

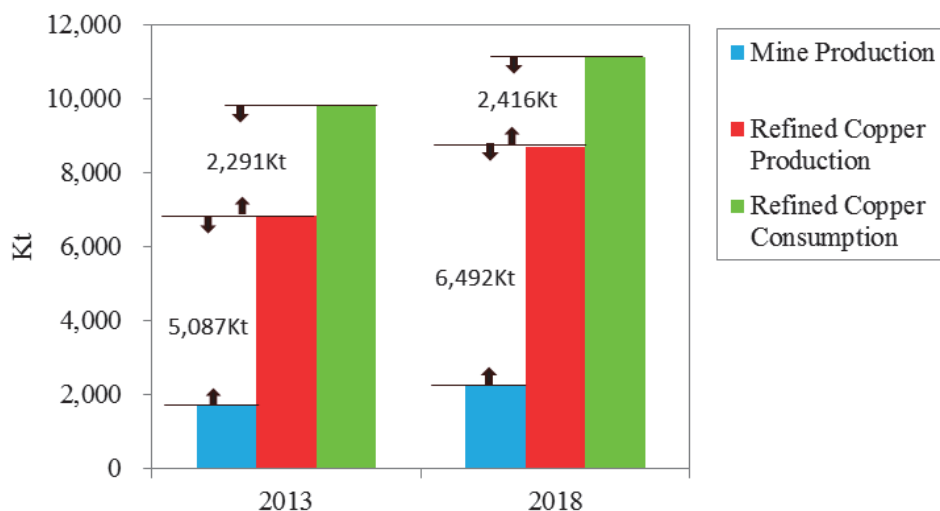
3.3.4 中国銅原料確保の将来見通し

図 3.3.5 に示すように、2013 年には、国内精鉱生産量（銅含有量）は 1,752 千トン、国内地金生産量は 6,839 千トン、国内地金消費は 9,830 千トンで、銅地金生産のために国内精鉱に加え、5,087 千トンの精鉱およびスクラップを輸入した。また国内地金消費を賄うために 2,991 千トンの銅地金を輸入した。

2018 年には、銅地金需要をやや控えめに 11,144 千トン、地金生産および国内精鉱生産を 2013 年からそれぞれ年率 5%のペースで増加すると仮定すると、図 3.3.5 に示すように、国内需要を満たすために少なくとも 2,416 千トンの地金を海外から輸入する必要があり、国内製錬所で地金を生産するため 6,492 千トンに相当する銅精鉱およびスクラップを輸入する

² 図 3.3.4 の出典は ICSG (2014)で、WBMS のデータとやや異なる。

必要がある。2018 年には、2013 年を上回る量を海外に求めなければならないことになる。図 3.3.3 および表 5.2.4 に示したペルー国の Toromochu をはじめとする海外投資案件からの精鉱輸入は、安定的なソースになる。また図 3.3.2 に示すように陸路で輸入可能なモンゴル国の Erdenet、Oyu Tolgoi および Tsagaan Suvraga の精鉱、将来製錬所が建設され銅地金が生産されれば銅地金いずれも、中国にとって重要な銅供給源となることは言うまでもない。



(出典：World Burea of Metal Statistics から JICA 調査団作成)

図 3.3.5 中国の銅需給 2013 年・2018 年比較

第4章 モンゴル国の銅需給・輸出入予測

4.1 モンゴル国の銅供給と輸出

4.1.1 精製銅生産実績

モンゴル国内の精製銅は唯一 Erdmin 社により生産されている。Erdmin 社は Erdenet 鉱山に隣接し、同鉱山のズリ堆積場の低品位酸化銅鉱石 18,000 千トン(Cu 0.5%)を購入して、SX-EW 法により 1997 年から現在も操業を行っている。詳細は 2.5 に記述した。

関税庁のデータベースでは精製銅の輸出量は 2,100~2,800 トン/年で安定して推移している。

関税庁データベース（表 4.1.2）に掲載された精製銅の輸出価格を量で除算し、輸出単価を年ごとに算定し、LME の銅価格（年平均）と比較した（表 4.1.3）。両者は概ね連動しており、Erdmi 社で生産された精製銅の多くは国際市場価格にて輸出されていることが伺える。

表 4.1.1 モンゴル国の銅生産量の推移

DataSource	Indicators	Mesuring Unit	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ICSG2013YearBook Mongolia MineProduction	Concentrates	1000t	130.3	130.0	126.5	129.7	130.2	126.8	126.5	123.5	121.6	118.1
	SX-EW	1000t	1.6	2.3	2.4	2.4	2.4	2.6	2.5	2.6	2.4	2.2
	Total	1000t	131.9	132.3	128.9	132.1	132.6	129.4	129.0	126.1	124.0	120.3
ISGS Copper Bulletin 2014 Mongolia Production	Concentrates	1000t						126.8	126.5	123.5	121.6	118.4
	SX-EW	1000t						2.6	2.5	2.6	2.4	2.2
	Total	1000t						129.4	129.0	126.1	124.0	120.6

(出典：ICSG, 20013, 2014 より調査団作成)

表 4.1.2 モンゴル国の精製銅輸出

HS Code HSコード	Commodity 商品	Year 年	Amount 数量 kg	Price 価格 1000USD
7403	Refined copper 精製銅又は銅合金の塊	2008	2,603,651.2	18,526.2
		2009	2,320,908.0	11,850.0
		2010	2,800,439.0	20,357.2
		2011	2,360,819.0	21,027.9
		2012	2,120,256.0	16,647.2
		2013	2,201,432.0	16,136.1

(出典：関税庁データベース, <http://www.customs.gov.mn/statistics/>)

表 4.1.3 精製銅の輸出価格と LME 銅価格

Year 年	Export 輸出			LME Copper Price
	Amount 数量 kg	Price 価格 1000USD	Unit Price 単価 USD/t	LME 銅価格 USD/t
2008	2,603,651.2	18,526.2	7,115	6,963
2009	2,320,908.0	11,850.0	5,106	5,165
2010	2,800,439.0	20,357.2	7,269	7,538
2011	2,360,819.0	21,027.9	8,907	8,823
2012	2,120,256.0	16,647.2	7,852	7,959
2013	2,201,432.0	16,136.1	7,330	7,331

注) LME 銅価格は IMF の Web ページ参照。

(出典 : <http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.aspx> から年平均を算出)

4.1.2 精製銅生産予測

モンゴル国内の精製銅の生産は Erdmin 社により約 15 年間行われており、同社の精製銅生産能力は 2,880 トン/年である。Erdmin 社に隣接する位置に新たにモンゴル国の民間会社 Achit Ikht 社が設立され、同社は湿式製錬により電気銅を 10 千トン/年生産できるプラントを建設し、2014 年 7 月より操業を開始した。このような状況から、Achit Ikht 社が順調に操業を開始すると、モンゴル国の精製銅の供給量は最大 12,880 トン/年となる。

4.1.3 銅精鉱生産実績

2013 年時点、モンゴル国内の稼行銅鉱山は Erdenet 鉱山と Oyu Tolgoi 鉱山の 2 鉱山である。このうち Oyu Tolgoi 鉱山は 2013 年から生産を開始したため、2012 年までは Erdenet 鉱山(操業開始 1978 年)がモンゴル国内唯一の銅鉱山であった。

Erdenet 鉱山からの銅精鉱生産量は約 570 千トン/年、銅金属量として 120~130 千トン/年でほぼ全量が輸出されている。

Oyu Tolgoi 鉱山は 2013 年から鉱石出荷を開始した。Oyu Tolgoi 鉱山の四半期報告書から 2013 年の生産は銅精鉱で 290 千トン/年、銅金属量では約 70 千トン/年としている。これを反映してモンゴル国の銅精鉱輸出は 2012 年までの約 570 千トン/年から 2013 年では 650 千トン/年に、銅金属量は 2012 年までの約 120 千トン/年から 2013 年では約 190 千トン/年に増大している(表 4.1.4)。

関税庁のデータベースを利用して、モンゴル国から輸出された銅鉱石および銅精鉱の量を年別、輸出先別にとりまとめた(表 4.1.5)。1998 年までモンゴル国からの輸出先は日本を含め、ロシア国、中国、ウズベキスタン国、カザフスタン国などと広範であった。ロシ

ア国経済危機のあった1998年以降、ロシア国への輸出量も減少したほか、日本、ウズベキスタン国、カザフスタン国への輸出は無くなる。2003年に入るとロシア国向けの輸出はほぼ無くなり、輸出先は中国に限られた。2012年には輸出された全量が中国向けとなった。

銅鉱石および銅精鉱の輸出量と同様に輸出金額をとりまとめた(表4.1.6)。輸出量と同様に1998年以降ロシア国への輸出金額も減少したほか、日本、ウズベキスタン国、カザフスタン国への輸出金額は無くなる。2012年には銅精鉱輸出の全額が中国向けとなった。

輸出金額を輸出量で単純に除算し、輸出単価を算出し、LMEの銅価格(年平均)と併せてまとめた(表4.1.7)。輸出量が100トン/年以下の少量である場合(表中灰色部)、算出した単価がばらつく傾向がある。これを除けば、各年の輸出先(国)による銅精鉱輸出単価に大きな違いは認められなかった。また、銅精鉱輸出単価は概ね銅の価格(LME)の変動に連動している。

経年データが連続している輸出先、中国について、LMEの純銅価格、精鉱輸出単価とその比率について推移をグラフにまとめた(図4.1.1)。2004年から純銅価格が上昇し、これに伴い銅精鉱の輸出単価が上昇している。単純に輸出単価を純銅価格で除算した比率は概ね15~20%の範囲で安定している。

輸出されている銅精鉱に含まれる銅の量、銅品位は概ね24%である。この24%と先の比率15~20%の差が、製錬費用、製錬による利益、輸送費など見積もることができる。モンゴル国から輸出される銅精鉱の銅品位を24%と仮定すると、銅精鉱に含まれる銅の価値を算出できる。

この銅価値と輸出単価の差額が製錬費用、利益および輸送費と見られ、製錬による差益と見ることができる。製錬費用を算定する目的で溶錬費 Treatment Charge(以降、TC称する)、精錬費 Refining Charge(以降、RC称する)、Price Participation(以降、PP称する)を推定した。推定に利用した基礎データはJOGMECの金属資源関連成果発表会配布資料に示されるTC/RC(US\$/lb)であり、これについて銅精鉱の銅品位30%としてTCとRCを推定した。なお、2012~2013年についてはWebに掲載される報道資料の推定値を利用した。TC, RC, PPの合計を製錬費用と考え、製錬差益と製錬費用の差が利益と輸送費の合計と推定され、表中ではこの表で差額として表示した(表4.1.8)。

この差額は銅価格が上昇する2005年頃から増大し、2009年以降は概ね200US\$/トン以上となっている。モンゴル国から中国への輸送費と日本への輸送費の差額がこの値(差額)以下であれば、モンゴル国から銅精鉱を日本に輸出できる可能性があるといえる。

表 4.1.4 刊行物に示されたモンゴル国の銅生産または輸出量（年別）

Data Source	Indicators	Mesuring Unit	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Erdenet Brochure パンフレット	Ore mass	1000m ³	18,430	15,400	16,370	17,150	17,600	
	Ore mining	1000t	27,570	28,200	27,575	27,550	27,780	
	Ore processing	1000t	25,640	25,920	26,060	26,100	26,030	
ICSG2013YearBook Mongolia Export	Gross Wt	1000t	523.4	530.3	517.6	519.4	535.0	
	Cu Cont	1000t	126.3	125.8	122.4	122.4	126.0	
ICSG2013YearBook Mongolia Mine Production	Concentrates	1000t	126.8	126.5	123.5	121.6	118.1	
	SX-EW	1000t	2.6	2.5	2.6	2.4	2.2	
	Total	1000t	129.4	129.0	126.1	124.0	120.3	
ISGS Copper Bulletin 2014 Mongolia Production	Concentrates	1000t	126.8	126.5	123.5	121.6	118.4	
	SX-EW	1000t	2.6	2.5	2.6	2.4	2.2	
	Total	1000t	129.4	129.0	126.1	124.0	120.6	
World Bureau Metal Production	Ore, Conc.	CuContent t				123,978	123,942	189,001
	Refined Cu	t				2,383	2,282	2,346
World Bureau Metal Export	Ore, Conc.	GrossWt Total				572,800	574,500	649,800
	to China	GrossWt Total				572,800	574,500	649,765
	to Other Countries	GrossWt Total						35
世界の銅産業 2012 Copper Production in the World, JOGMEC	Erdenet Production	1000t	126.8	129.8	125.0			
Quaternary Report OyuTolgoi	Concentrates produced	1000t						290
	Copper in concentrates	1000t						76.7
	Ave. concentrate grade	Cu%						26.4

(出典：調査団作成)

表 4.1.5 モンゴル国からの銅鉱石銅精鉱輸出量（国、年別）

年 Year	モンゴル国からの銅鉱石および濃縮物輸出量(t) Copper ores and concentrates from Mongolia (t)							
	中国 China	ロシア Russia	ウズベキスタン Uzbekistan	韓国 SouthKorea	日本 Japan	カザフスタン Kazakhstan	その他 Others	合計 Total
1995	92,900	106,779	57,063	65	39,825	168,367	15,561	480,560
1996	160,346	211,474	25,930	129	37,623	25,955	10,185	471,641
1997	289,530	99,213	65,465		25,284		255	479,747
1998	371,079	55,250	5,036	30,147	8,079	16,007	65	485,662
1999	439,828	52,743		125				492,697
2000	467,564	28,388		38				495,990
2001	514,764	26,122						540,886
2002	501,517	47,074			0		1	548,591
2003	562,890	5,934		0	62		26	568,912
2004	556,256	1	6,120				259	562,636
2005	559,002	62	27,993				1	587,057
2006	599,469	66					4	599,539
2007	607,776	0			0		14	607,790
2008	582,882	0		0			7	582,889
2009	586,787	195					1	586,983
2010	568,664	0					1	568,665
2011	575,901	2					1	575,904
2012	574,343							574,343
2013	649,781			35				649,816

(出典：関税庁データベース, <http://www.customs.gov.mn/statistics/>)

表 4.1.6 モンゴル国からの銅鉱石銅精鉱輸出金額（国、年別）

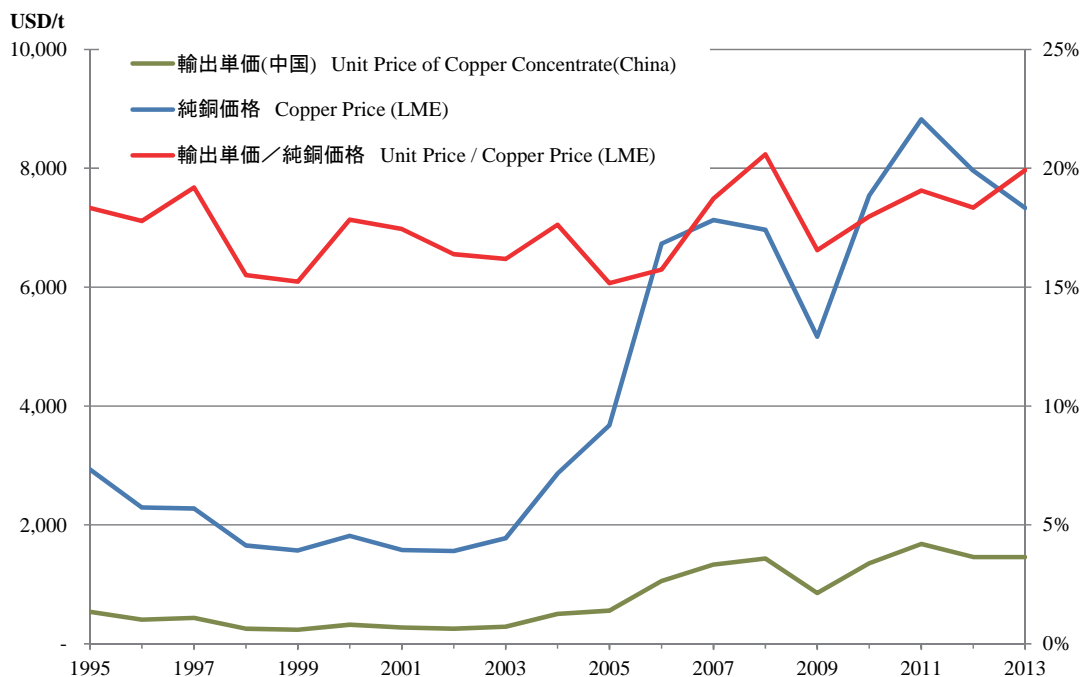
年 Year	モンゴル国からの銅鉱石および濃縮物輸出金額(1000USD) Copper ores and concentrates from Mongolia (1000USD)							
	中国 China	ロシア Russia	ウズベキスタン Uzbekistan	韓国 SouthKorea	日本 Japan	カザフスタン Kazakhstan	その他 Others	合計 Total
1995	49,944	54,011	32,973	43	24,935	88,604	9,486	259,997
1996	65,405	93,020	12,495	42	17,034	14,529	4,154	206,680
1997	126,404	43,566	29,957		11,347		116	211,389
1998	95,197	14,306	1,413	7,592	2,122	4,125	15	124,770
1999	105,349	13,841		25				119,215
2000	151,335	8,925		15			0	160,276
2001	141,853	6,049						147,902
2002	128,230	12,006			0		1	140,238
2003	162,064	1,612		0	18		12	163,707
2004	280,628	0	3,553				142	284,323
2005	311,698	38	14,480				1	326,217
2006	635,345	75					6	635,426
2007	811,502	0			0		11	811,513
2008	835,657	0		0			10	835,667
2009	501,748	174					2	501,924
2010	770,593	0					2	770,595
2011	968,551	0					1	968,552
2012	838,579							838,579
2013	948,901			50				948,951

(出典：関税庁データベース, <http://www.customs.gov.mn/statistics/>)

表 4.1.7 モンゴル国の銅鉱石および銅精鉱輸出単価（年別）

年 Year	モンゴル銅鉱石および濃縮物輸出単価 (USD/t) Unit Price of Copper ores and concentrates from Mongolia (USD/t)							Copper Price LME (USD/t) (B)
	中国 China (A)	ロシア Russia	ウズベキスタン Uzbekistan	韓国 SouthKorea	日本 Japan	カザフスタン Kazakhstan	その他 Others	
1995	538	506	578	660	626	526	610	2,932
1996	408	440	482	329	453	560	408	2,293
1997	437	439	458	-	449	-	454	2,275
1998	257	259	281	252	263	258	226	1,654
1999	240	262	-	201	-	-	-	1,573
2000	324	314	-	400	-	-	-	1,815
2001	276	232	-	-	-	-	-	1,580
2002	256	255	-	-	360	-	1,919	1,560
2003	288	272	-	10,000	288	-	473	1,779
2004	504	719	580	-	-	-	549	2,863
2005	558	604	517	-	-	-	1,655	3,676
2006	1,060	1,139	-	-	-	-	1,709	6,731
2007	1,335	1,277	-	-	146	-	778	7,132
2008	1,434	1,047	-	1,321	-	-	1,460	6,963
2009	855	893	-	-	-	-	1,908	5,165
2010	1,355	1,480	-	-	-	-	2,354	7,538
2011	1,682	167	-	-	-	-	806	8,823
2012	1,460	-	-	-	-	-	-	7,959
2013	1,460	-	-	1,434	-	-	-	7,331

(出典：LME 銅価格は IMF (<http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.aspx>) から年平均を算出)



(出典：LME 銅価格は IMF (<http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.aspx>) から年平均を算出)

図 4.1.1 純銅価格、精銅輸出単価とその比率

表 4.1.8 製錬差益と TC/RC の差額

年 Year	精銅中銅価値(USD/t) (銅品位24%時) Copper Value(USD/t) in 1t Concentrate (24%) (C)=(B)x0.24	製錬差益 Marginal profits at Smelters USD/t (D)=(C)-(A)	TC USD/t	RC cent/lb	PP cent/lb	TC+RC+PP (Cu=24%) USD/t (E)	差額 Difference USD/t (D)-(E)
1995	704	166	70.5	7.05	4.30	131	36
1996	550	143	91.0	9.10	1.40	147	-4
1997	546	109	106.0	10.60	1.30	169	-60
1998	397	140	99.0	9.90	-1.50	143	-3
1999	377	138	67.5	6.75	-1.90	93	45
2000	435	112	65.5	6.55	-0.80	96	16
2001	379	104	76.0	7.60	-1.80	107	-3
2002	374	119	68.5	6.85	-1.90	95	24
2003	427	139	58.5	5.85	-0.90	85	54
2004	687	183	43.0	4.30	2.00	76	106
2005	882	325	86.0	8.60	7.70	172	153
2006	1,616	556	96.0	9.60	21.50	261	295
2007	1,712	376	60.5	6.05	0.00	93	284
2008	1,671	238	45.5	4.55	0.00	70	168
2009	1,240	385	76.0	7.60	0.00	116	268
2010	1,809	454	46.0	4.60	0.00	70	384
2011	2,118	436	79.0	7.90	0.00	121	315
2012	1,910	450	63.5	6.35	0.00	97	353
2013	1,760	299	70.0	7.00	0.00	107	192

(出典：TC, RC, PP は JOGMEC 金属資源関連成果発表会配布資料を元に推定、(A)(B)は表 4.1.7 の数値)

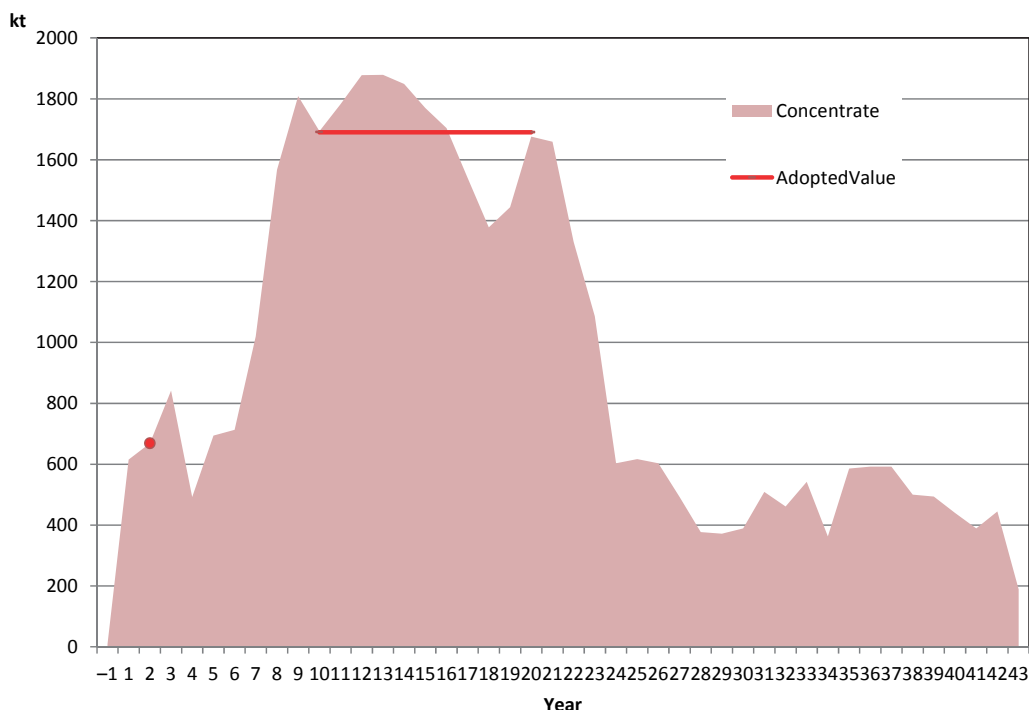
4.1.4 銅精鉱生産予測

Erdnet 鉱山の鉱石中の銅品位は鉱山開発当初 1%程度であったが、現在は 0.5%程度に低下し、さらに今後は 0.4%に低下する見込みである。今後も従来と同様に銅精鉱 500 千トン/年、純銅 114 千トン/年の出荷を維持させるため、鉱石採掘量を増やし、鉱石処理能力は現在の 25,000 千～2,6,000 千トン/年処理できるよう向上させる計画である（Erdnet 鉱山の生産担当副社長談）。このような状況から Erdnet 鉱山の銅精鉱の生産量は 500 千トン/年であり、金属量は 114 千トン/年と予測される。

Oyu Tolgoi 鉱山は 2013 年から生産を開始したため、今後は 2013 年の生産量、銅精鉱で 290 千トン/年、銅金属量では約 70 千トン/年より多量の製品を生産できると予測される。Oyu Tolgoi 鉱山の長期生産計画は Oyu Tolgoi Technical Report, 2013 に表として－1 年目から第 43 年までの期間の採掘量、精鉱量、銅、金、銀の含有量などが記載されている（第 2 章参照）。この中で計画第 3 年目から 23 年まで坑道掘削が計画されている。このデータに基づいて Oyu Tolgoi 鉱山の今後の生産量の予測値を設定した（図 4.1.2、図 4.1.3）。

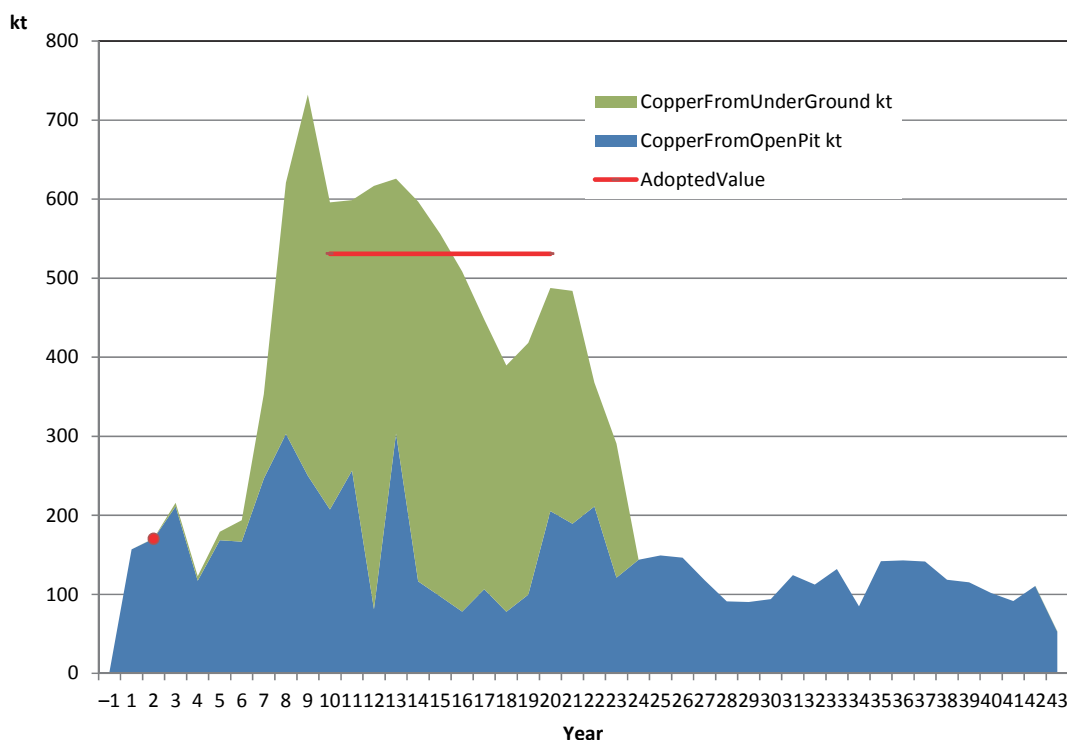
Oyu Tolgoi 鉱山の今後の生産量の代表値を以下のように設定した。

- ・オープンピット掘削時の予測値：計画第 2 年目の値。
 精鉱：669 千トン/年、金属量 171 千トン/年
- ・坑内採掘時の予測値：計画第 10～20 年の平均値。
 精鉱：1,690 千トン/年、金属量 531 千トン/年



(出典：Oyu Tolgoi Technical Report, 2013 データを加工)

図 4.1.2 Oyu Tolgoi 鉱山の生産計画（精鉱）



(出典：Oyu Tolgoi Technical Report, 2013 データを加工)

図 4.1.3 Oyu Tolgoi 鉱山の生産計画（銅金属量）

Tsagaan Suvarga 鉱山は現在建設中で 2016 年から操業開始を目指している。また、生産計画について、開始当初 1～2 年は目標とする値に達しないものの、3 年目以降は銅精鉱 320 千トン/年、精鉱の銅品位 25.6% の生産目標を達成する計画である（Tsagaan Suvarga 鉱山の視察時の担当者説明）。このことから、Tsagaan Suvarga 鉱山の生産予測は銅精鉱 320 千トン/年、金属量で 81,920 トン/年と見込まれる。

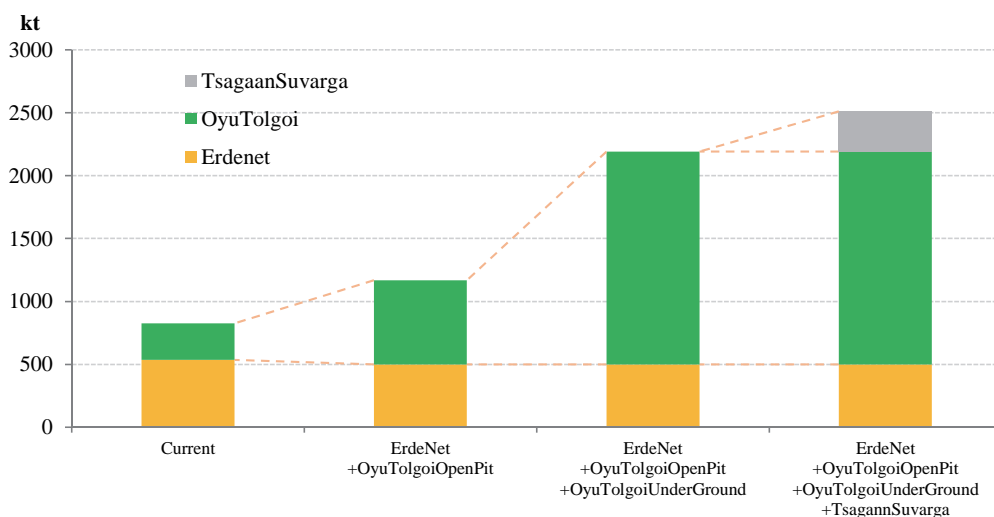
これら 3 鉱山の生産計画について、今後 Oyu Tolgoi 鉱山のオープンピット採掘が順調に推移した時点、これに加え Oyu Tolgoi 鉱山の坑内採掘が行われる状態、さらにこの状態に Tsagaan Suvarga 鉱山が生産を開始した状態の 3 段階を想定して、モンゴル国の銅精鉱生産量を予測した。Erdenet 鉱山の生産に加え Oyu Tolgoi 鉱山のオープンピット採掘が順調に行われた状態で、現状の生産量の約 1.4 倍に達し、Oyu Tolgoi 鉱山の坑内採掘が行われると、現状の 2.6 倍以上に達し、3 鉱山が生産を行った場合には、現状の約 3 倍になり、銅精鉱で 2,510 千トン/年、銅の金属量で 727 千トン/年に達すると予測される（表 4.1.9、図 4.1.4、図 4.1.5）。

これまでモンゴル国で生産され銅精鉱のほぼ全量が中国向けに輸出されてきた。一方中国の銅精鉱輸入はチリ国、ペルー国が 1 位 2 位を占め、豪州とモンゴル国が 3 位 4 位を占めている。今後も同様に中国向けのみ輸出となるか不明確であるが、仮に予測される銅精鉱の生産量 2,510 千トン/年が中国向けに輸出された場合、モンゴル国産の銅精鉱は中国の輸入銅精鉱の大きな市場占有率を獲得すると考えられる（図 4.1.6）。なお、図を引用した Wan Ling 氏のプレゼンテーションでは、Oyu Tolgoi 鉱山の採掘が始まると、モンゴル国はチリ国に次ぐ第 2 位になると予測している。

表 4.1.9 3 鉱山の生産見込み

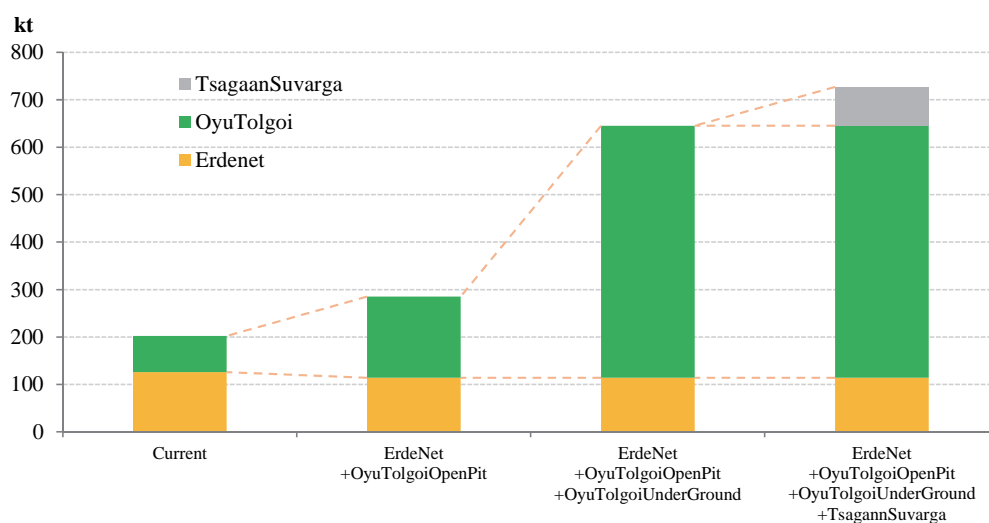
		Current	ErdeNet +OyuTolgoiOpenPit	ErdeNet +OyuTolgoiOpenPit +OyuTolgoiUnderGround	ErdeNet +OyuTolgoiOpenPit +OyuTolgoiUnderGround +TsagannSuvarga
Copper Concentrates (kt)	Erdenet	535	500	500	500
	OyuTolgoi	290	669	1690	1690
	TsagaanSuvarga			0	320
	Total	825	1169	2190	2510
Copper in concentrates (kt)	Erdenet	126	114	114	114
	OyuTolgoi	76	171	531	531
	TsagaanSuvarga			0	82
	Total	202	285	645	727

(出典：調査団作成)



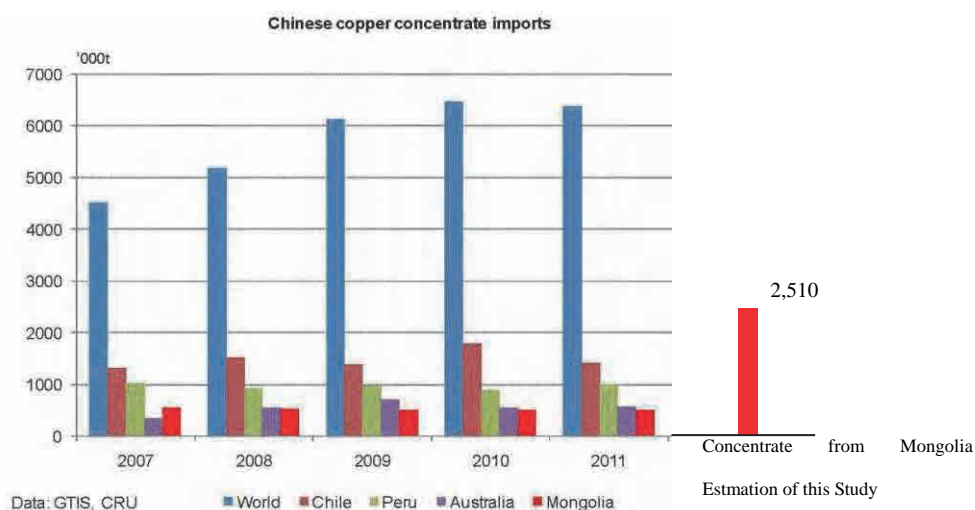
(出典：調査団作成)

図 4.1.4 モンゴル国の銅生産予測（精鉱）



(出典：調査団作成)

図 4.1.5 モンゴル国の銅生産予測（銅金属量）



(出典： Chinese Copper Market and Mongolia, 2012 に加筆)

図 4.1.6 中国輸入銅精鉱に占めるモンゴル国産銅精鉱

4.2 モンゴル国銅製品の需要と輸入

4.2.1 輸入

モンゴル国の銅および銅製品の輸入量について、関税庁データベースから集計した（表 4.2.1）。集計にあたり関税庁データベースに単位が記述されていない「銅製の食卓用品、台所用品、家庭用品、銅製の瓶洗い、ポリッシングパッド、ポリッシンググラブ、衛生用品」（HS コード 7418）は除外した。

輸入量の合計は 2011 年が最大で約 400 トンとなり、その後は減少し 2013 年には約 250 トンとなった。精製銅の輸出量 2 千トン、輸出銅精鉱に含まれる金属量 120 千トンと比較すると極めて少量である。

輸入量の変動が大きい項目として「銅の線」（HS コード 7408）と「銅ワイヤ、繊維、リボン」（HS コード 7413）がある。これらは合計で 2010 年 2011 年に 160～210 トン輸入されたが、2013 年は 15 トンと著しく減少した。このことは「Erdmin 社がモンゴル国内の需要から各種電線を約 150 トン/年を国内に販売している」（4.1.1 精製銅実績参照）ことと調和的である。

輸入量が減少傾向にあるものは「精製銅又は銅合金の塊」（HS コード 7403）である。一方、変動があるものの増大傾向にあるものは「銅の棒および型材」（HS コード 7407）、「銅の板、シート厚 0.15mm 超」（HS コード 7409）、「銅のはく、厚 0.15mm 以下」（HS コード 7410）、「銅製のくぎ、びょう」（HS コード 7415）および「その他の銅製品」（HS コード 7419）である。

4.2.2 需要

モンゴル国内には銅の加工産業は Erdmin 社を除き存在しないため、Erdmin 社の電線の国内販売量と輸入量もしくは輸入超過量の合計がモンゴル国内の銅製品の需要と考えると良い。

関税庁データベースを利用して銅製品の輸入量から輸出量を差し引いた（表 4.2.2）。銅精

鉛と精製銅を除くモンゴル国からの輸出量は、「銅製の管用継手」(HS コード 7412) が 2010 年に約 5.4 トンの記録があるほかはいずれも 1 トン未満である。このため、輸入超過量は概ね輸入量と等しい。

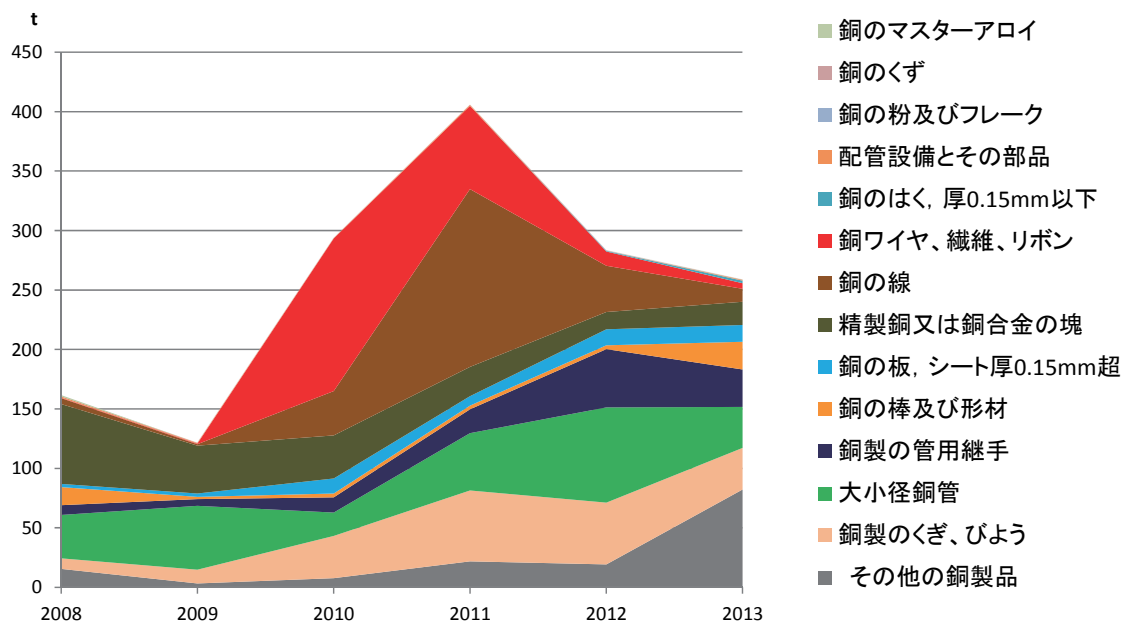
輸入量の項で記述したとおり、「銅の線」(HS コード 7408) と「銅ワイヤ、繊維、リボン」(HS コード 7413) は合計で 2010 年 2011 年に 160~210 トン輸入され、2013 年は 15 トンと著しく減少した。また、Erdmin 社の電線国内販売量が約 150 トン/年であることから、年間 160~210 トンの国内需要に対し、輸入により供給されていたものが、Erdmin 社の電線に置き換わったとみることができる。

「銅の線」(HS コード 7408) と「銅ワイヤ、繊維、リボン」(HS コード 7413) を除く輸入量は概ね 150~250 トンで増加傾向にある。これに 160~210 トンの「銅の線」と「銅ワイヤ、繊維、リボン」を加えた 400 トン程度がモンゴル国内の銅製品の需要と想定される。

表 4.2.1 モンゴル国の銅製品の輸入量

コード Code	Code Description	品名		2008	2009	2010	2011	2012	2013
26030020	Copper concentrates	銅精鉱	kg	0	0	7	60	36	1
7403	Refined copper & copper alloys	精製銅又は銅合金の塊	kg	67,116	40,250	36,194	24,639	14,500	19,458
7404	Copper waste and scrap	銅のくず	kg					0	5
7405	Master alloys of copper	銅のマスターアロイ	kg	1,013	0				
7406	Copper powders and flakes	銅の粉及びフレーク	kg			0	21	250	42
7407	Copper bars, rods and profiles	銅の棒及び形材	kg	15,154	1,870	3,236	3,144	3,302	23,305
7408	Copper wire	銅の線	kg	4,975	1,233	37,322	149,592	38,964	10,889
7409	Copper plates, sheets & strip, over 0.15mm thick	銅の板, シート厚0.15mm超	kg	2,791	2,787	12,615	7,881	13,411	14,154
7410	Copper foil, 0.15mm or less thick	銅のはく, 厚0.15mm以下	kg			0	4	447	2,273
7411	Copper tubes and pipes	大小径銅管	kg	36,543	53,680	19,648	48,209	80,114	34,512
7412	Copper tube or pipe fittings couplings, sleeves, elbows	銅製の管用継手	kg	8,216	5,688	12,835	20,020	48,925	31,508
7413	Stranded wire cables, plaited bands, slings and similar articles of copper	銅ワイヤ、繊維、リボン	kg	364	557	128,384	69,947	12,006	4,659
7415	Nails & similar articles, of copper or of iron or steel with heads of copper; screws & similar articles, of copper	銅製のくぎ、びょう	kg	8,893	11,584	35,500	59,592	52,009	34,941
74182000	Sanitary ware & parts thereof, of copper	配管設備とその部品	kg	1,119	588	243	823	58	578
7419	Other articles of copper chain, containers, brass plumbing goods	その他の銅製品	kg	15,410	3,224	7,702	21,843	19,189	82,241
	Total	合計	kg	161,592	121,460	293,686	405,774	283,213	258,566

(出典：関税庁データベース, <http://www.customs.gov.mn/statistics/>)



(出典：関税庁データベース, <http://www.customs.gov.mn/statistics/>)

図 4.2.1 銅製品の輸入量の変化

表 4.2.2 モンゴル国の銅製品の輸入量と輸出量の差

コード Code	Code Description	品名		2008	2009	2010	2011	2012	2013	平均 Average
26030020	Copper concentrates	銅精鉱	t	-582,888	-586,982	-568,664	-575,900	-574,343	-649,816	-589,766
7403	Refined copper & copper alloys	精製銅又は銅合金の塊	kg	-2,536,535	-2,280,658	-2,764,245	-2,336,180	-2,105,756	-2,181,974	-2,367,558
7404	Copper waste and scrap	銅のくず	kg	0	0	0	0	0	5	1
7405	Master alloys of copper	銅のマスターアロイ	kg	1,013	0	0	0	0	0	169
7406	Copper powders and flakes	銅の粉及びフレーク	kg	0	0	0	21	250	42	52
7407	Copper bars, rods and profiles	銅の棒及び型材	kg	15,154	1,870	3,236	3,144	3,302	23,305	8,335
7408	Copper wire	銅の線	kg	4,975	1,233	37,322	149,592	38,964	10,889	40,496
7409	Copper plates, sheets & strip, over 0.15mm thick	銅の板, シート厚0.15mm超	kg	2,791	2,787	12,615	7,881	13,411	14,154	8,940
7410	Copper foil, 0.15mm or less thick	銅のはく, 厚0.15mm以下	kg	0	0	0	4	447	2,272	454
7411	Copper tubes and pipes	大小径銅管	kg	36,543	53,680	19,648	48,209	80,114	34,512	45,451
7412	Copper tube or pipe fittings couplings, sleeves, elbows	銅製の管用継手	kg	8,216	5,688	7,435	20,018	48,925	31,503	20,298
7413	Stranded wire cables, plaited bands, slings and similar articles of copper	銅ワイヤ、繊維、リボン	kg	364	557	128,384	69,947	12,006	4,659	35,986
7415	Nails & similar articles, of copper or of iron or steel with heads of copper; screws & similar articles, of copper	銅製のくぎ、びよう	kg	8,893	11,584	35,500	59,592	52,009	34,935	33,752
74182000	Sanitary ware & parts thereof, of copper	配管設備とその部品	kg	1,119	588	243	823	58	578	568
7419	Other articles of copper chain, containers, brass plumbing goods	その他の銅製品	kg	15,391	2,604	7,637	21,725	19,166	82,241	24,794

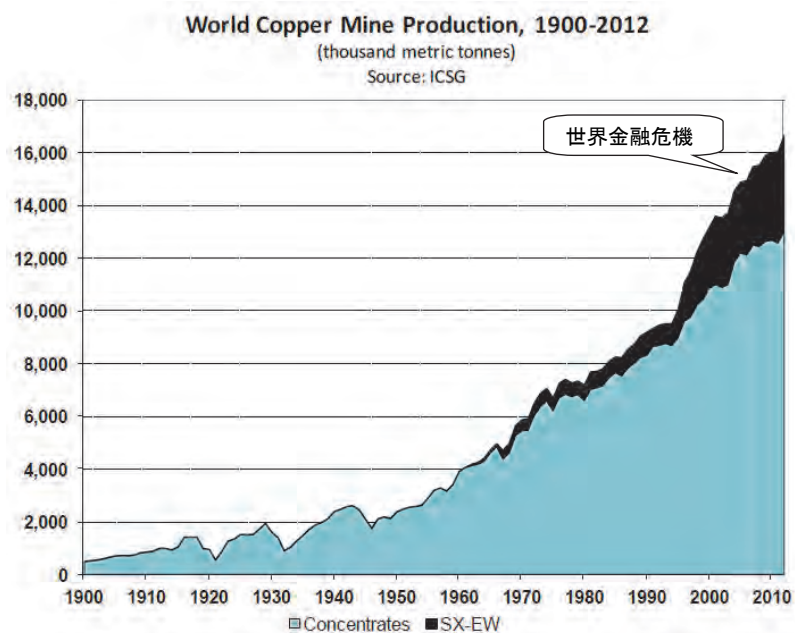
(出典：関税庁データベース, <http://www.customs.gov.mn/statistics/>)

第5章 世界の主要銅鉱床と銅産業事業者の動向

5.1 世界の主要鉱山

5.1.1 銅の生産量

世界の銅生産量について、1990～2011年までの推移を図 5.1.1 に示した。これによると、全体として右方上がりの増加傾向が認められ、とくに 1990 年以降に SX-EW 法を含め、高い伸び率が顕著である。最近では 2011 年生産量が 2002 年比 20% 増、前年比 0.7% 増の 16,240 千金属トン（精鉱約 12,240 千金属トン、SX-EW 約 40,000 千金属トン）であった。



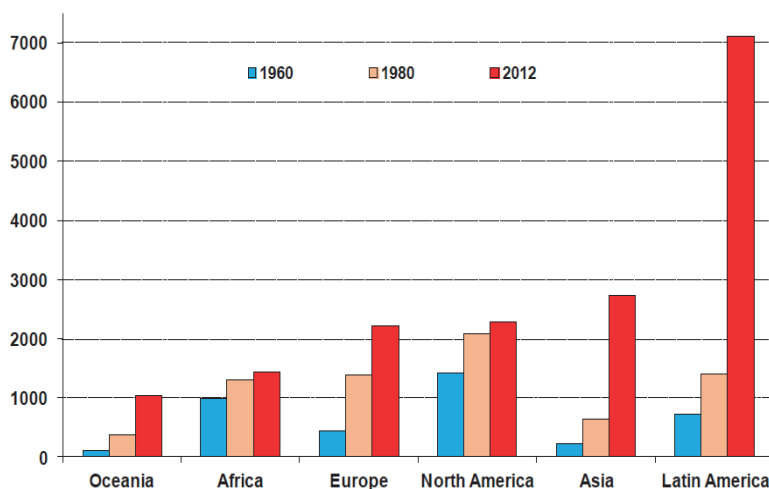
(出典：ICSG, 2013)

図 5.1.1 世界の銅生産量（1990～2011 年）

世界の地域別生産量（2012 年）を図 5.1.2 に示した。年代ごとに比較すると、生産量変化の特徴は以下のようにまとめられる。

- ・ 1960 年では第 1 位：北米地域、第 2 位：アフリカ地域、第 3 位南米地域であった。
- ・ 1980 年では第 1 位：北米地域、第 2 位：欧州地域、第 3 位南米地域であった。
- ・ 2012 年では第 1 位：南米地域、第 2 位：アジア地域、第 3 位北米地域であった。
- ・ 2012 年における南米の生産量の伸び率が極めて高く、チリ国が世界の 32% を占めるに至った。
- ・ 2012 年におけるアジア地域の生産量の伸び率は南米のそれに次ぎ、その他地域は堅調な伸びとなった。

Copper Mine Production by Region, 1960, 1980 & 2012
(Thousand metric tonnes)
Source: ICSG



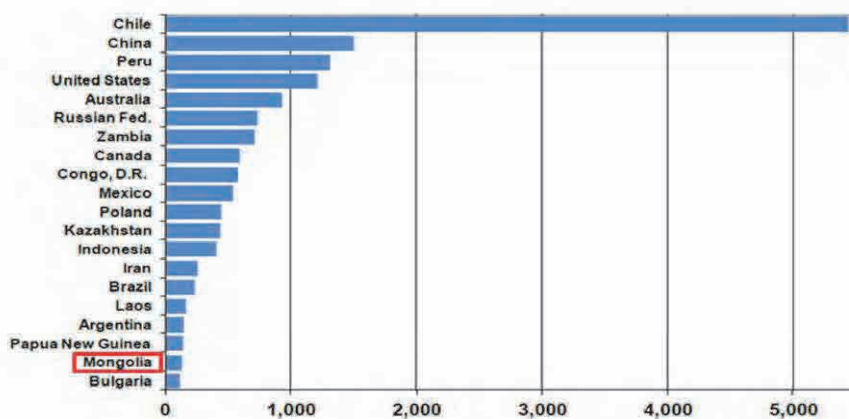
(出典：ICSG, 2013)

図 5.1.2 世界の地域別生産量（2012 年）

世界トップ 20 ヶ国の銅生産量（2012 年）を図 5.1.3 に示した。各国の生産量の特徴は以下のようまとめられる。

- ・ 銅生産量はチリ国が突出しており、第 2 位が中国となるがチリ国とは大きな生産量の差異がある。
- ・ 南米地域では、チリ国およびペルー国の生産量が多く地域性がある。
- ・ トップ 20 ヶ国についても、世界に散在する傾向がある。
- ・ モンゴル国は第 19 位にランクインし、今後更なる伸びが予想される。

Copper Mine Production by Country: Top 20 Countries in 2012
(Thousand metric tonnes)
Source: ICSG



(出典：ICSG, 2013)

図 5.1.3 世界トップ 20 ヶ国の銅生産量（2012 年）

また、世界トップ 20 鉱山の生産能力（1996～2016 年）を表 5.1.1 に示した。

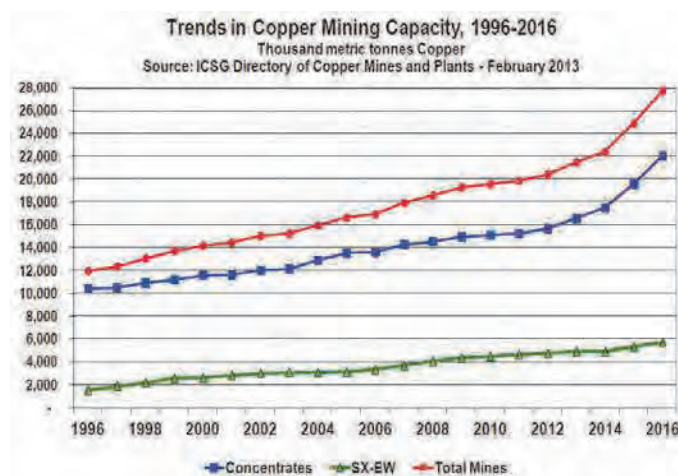
表 5.1.1 世界トップ 20 鉱山の生産能力（1996～2016 年）

No.	Mine	Deposit type	Country	Owner(s)	Source	Capacity (TMT)	Production, 2010 (TMT)	Production, 2011 (TMT)	Increase/Decrease ratio	First production year
1	Escondida	porphyry	Chile	BHP Billiton(57.5%)、Rio Tinto(30%)、Japan Escondida(12%)	Concs & SX-EW	1,120	1,087	818	-25	1990
2	Grasberg	porphyry	Indonesia	Freeport McMoRan(90.64%)、Indonesia Government(9.36%)	Concentrates	600	603	400	-34	1972
3	Collahuasi	porphyry	Chile	Anglo American(44%)、Xstrata(44%)、Mitsui+Nippon(12%)	Concs & SX-EW	520	504	453	-10	1999
4	Chuquibambilla	porphyry	Chile	CODELCO(100%)	Concs & SX-EW	450	528	443	-16	1910
5	Rudna	sediment-hosted	Poland	KGHM(100%)	Concentrates	450	425	427	0	1966
6	El Teniente	porphyry	Chile	CODELCO(100%)	Concs & SX-EW	434	404	400	-1	1904
7	Taimyr Peninsula	orthomagmatic	Russia	Norilsk Nickel(100%)	Concentrates	430	382	304	-20	1939
8	Los Pelambres	porphyry	Chile	Antofagasta(60%)、five Japanese companies(40%)	Concentrates	420	398	426	7	1999
9	Morenci	porphyry	USA	Freeport McMoRan(85%)、Sumitomo(15%)	Concs & SX-EW	420	233	279	19	1987
10	Radomiro Tomic	porphyry	Chile	CODELCO(100%)	Concs & SX-EW	375	375	470	25	1998
11	Antamina	porphyry+skarn	Peru	BHP Billiton(33.75%)、Xstrata(33.75%)、Teck(22.5%)、Mitsubishi Corp.(10%)	Concentrates	370	325	347	7	2001
12	Cerro Verde	porphyry	Peru	FreeportMcMoRan(53.6%)、Buenaventura(18.2%)、Sumitomo(15%)	Concs & SX-EW	300	229	303	32	1977
13	Andina	porphyry	Chile	CODELCO(100%)	Concentrates	300	189	234	24	1970
14	Bingham Canyon	porphyry	USA	Rio Tinto(100%)	Concentrates	280	250	195	-22	1904
15	Kansanshi	vein-hosted	Zambia	First Quantam(80%)、ZCCM(20%)	Concs & SX-EW	250	235	230	-2	2005
16	Batu Hijau	porphyry	Indonesia	Newmont Mining(31.5%)、Indonesia company(44%)、four	Concentrates	250	246	128	-48	1999
17	Los Bronces	porphyry	Chile	Anglo American(50.1%)、CODELCO(24.5%)	Concs & SX-EW	246	221	222	0	1925
18	Zhezhazgam Complex	sediment-hosted	Kazakhstan	Kazgeology	Concentrates	230	170	170	0	-
19	Olympic Dam	oxide copper gold (IC)	Australia	BHP Billiton(100%)	Concs & SX-EW	225	133	197	49	1988
20	Sarcheshmeh	porphyry	Iran	National Iranian Copper Industries(100%)	Concs & SX-EW	204	190	250	32	1974

(出典：JOGMEC, 2013)

一方、銅生産能力のトレンド（1996～2016 年）を図 5.1.4 に示した。銅生産能力の特徴は以下のようにまとめられる。

- ・ 銅生産能力は緩やかな右方上がりの傾向を示す。
- ・ 2014 年より更なる能力向上が見込まれており、2016 年には 28,000 千金属トンに到達する。
- ・ 2014 年以降は SX-EW 法にも能力向上が認められるが、精鉱処理能力の向上が著しいことが予想される。

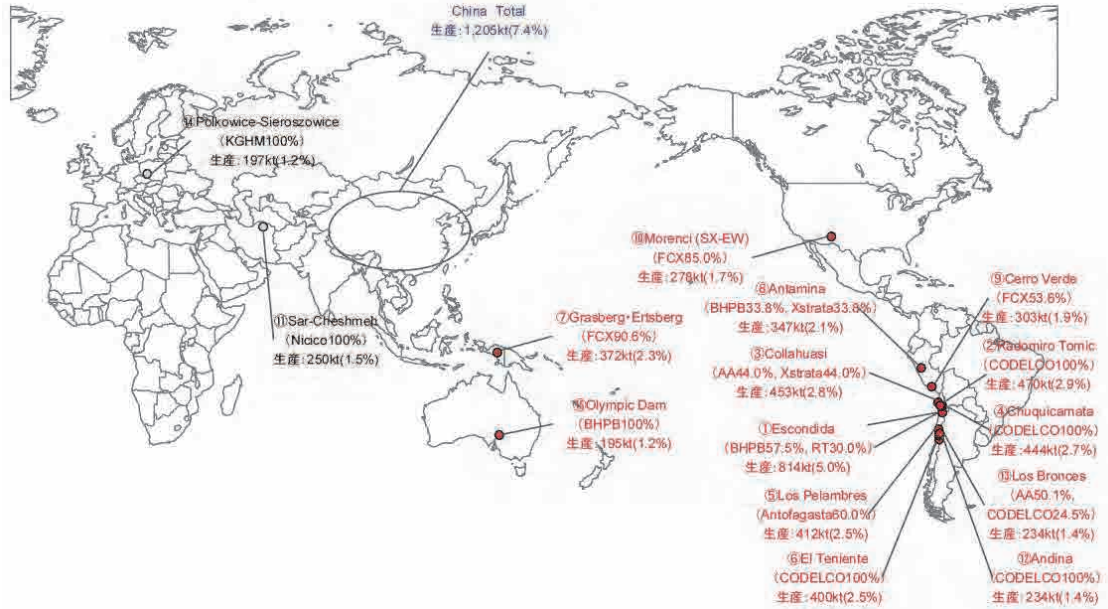


(出典：ICSG, 2013)

図 5.1.4 銅生産能力のトレンド（1996～2016 年）

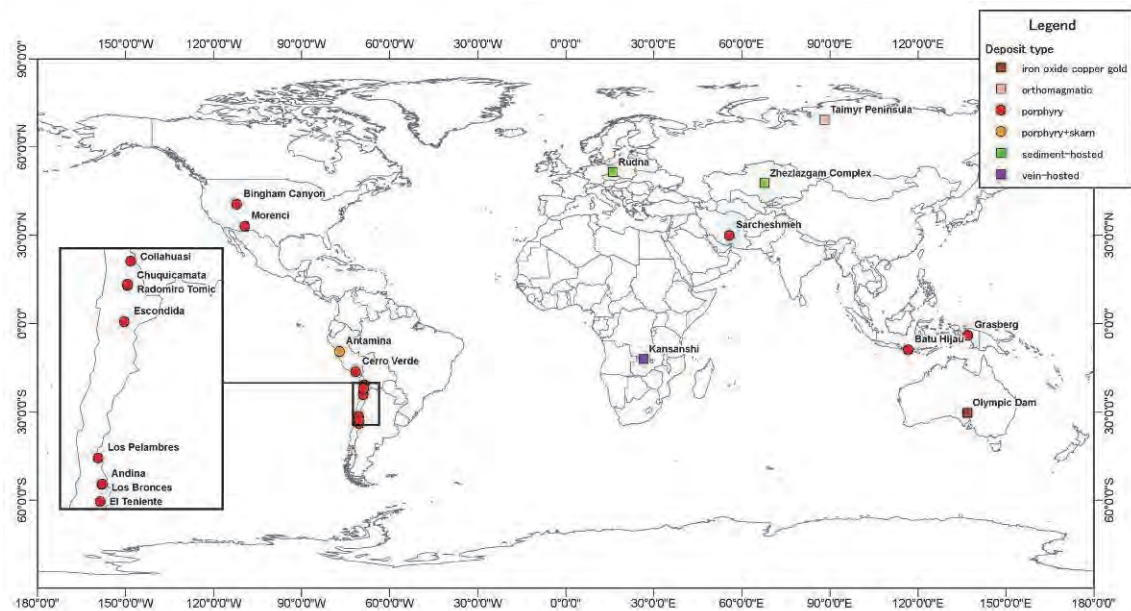
5.1.2 主要銅鉱山の分布と鉱床タイプ

世界における主要銅鉱山の分布を図 5.1.5 に示した。また、世界トップ 20 銅鉱山の分布と鉱床タイプを図 5.1.6 に示した。



(出典 : JOGMEC, 2012)

図 5.1.5 世界における主要銅鉱山の分布



(出典 : JOGMEC, 2013)

図 5.1.6 世界トップ 20 銅鉱山の分布と鉱床タイプ

これらによると、主要な銅鉱山は南米地域のチリ国およびペルー国に集中し、その他の主要鉱山は世界に散在する傾向にある。鉱床タイプはポーフイリーカップー型の鉱床が主流で、その他に酸化鉄-銅-金 (Iron oxide copper gold)タイプ、正マグマ (Orthmagmatic)タイプ、スカルン (Skarn)タイプ、堆積性 (Sediment-hosted)タイプ、鉱脈 (Vein)タイプなどの各鉱床がある。

5.1.3 世界地域別の銅発見資源量および未発見量

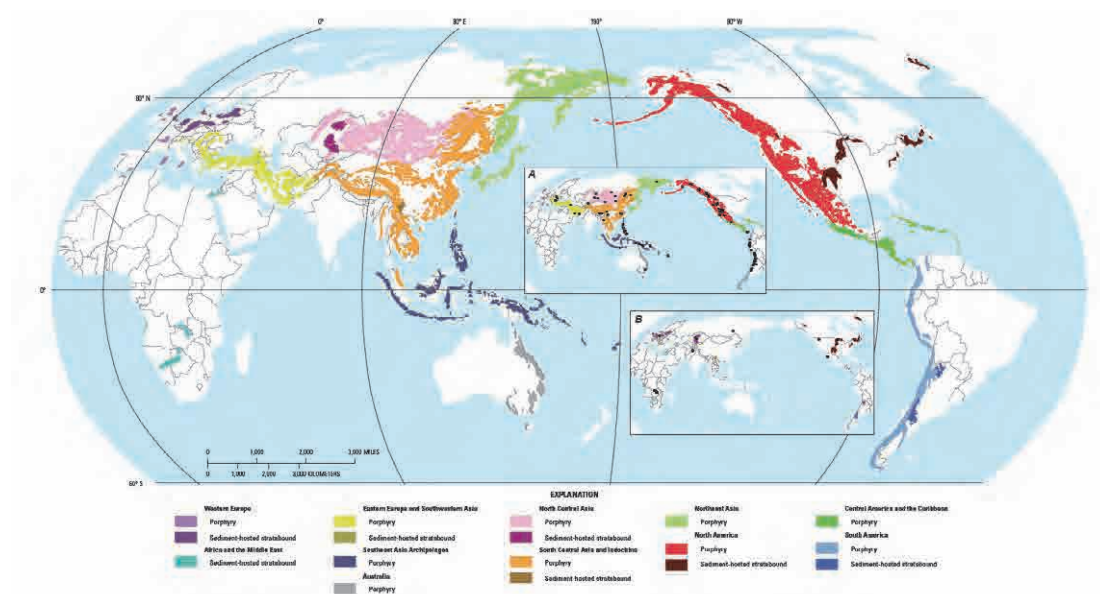
世界地域別の銅発見資源量および未発見量を表 5.1.2 に示した。これによると、最大のポテンシャルは南米地域の 810 百万トンである。第 2 位が北米地位の 470 百万トン、第 3 位がアフリカ・中東地域の 160 百万トン、そしてこれらについて東南アジアとともに、モンゴル国を含む北部中央アジア地域の 130 百万トン (Porphyry タイプ) が期待されている。これらの地域を図 5.1.7 に示した。

表 5.1.2 世界地域別の銅発見資源量および未発見量

Region	Deposit type	Tract extent (km ²)	Undiscovered resources (Mt)				Identified resources (Mt)
			90	50	10	Mean	
South America	Porphyry	1,200,000	500	730	1,000	750	810
	Sediment-hosted	99,000					0.51
Central America and the Caribbean	Porphyry	540,000	78	150	280	170	42
North America	Porphyry	3,200,000	250	370	540	400	470
	Sediment-hosted	450,000	15	48	110	57	18
Northeast Asia	Porphyry	2,300,000	76	220	500	260	8.8
North Central Asia	Porphyry	3,200,000	210	360	590	440	130
	Sediment-hosted	180,000	22	49	90	53	48
South Central Asia and Indochina	Porphyry	3,800,000	280	490	770	510	63
	Sediment-hosted	29,000					4.5
Southeast Asia Archipelagos	Porphyry	850,000	180	290	430	300	130
Australia	Porphyry	580,000	1.9	14	54	21	15
Eastern Europe and Southwestern Asia	Porphyry	1,200,000	130	220	370	240	110
	Sediment-hosted	4,800	0.052	4.8	36	13	6.4
Western Europe	Porphyry	73,000					1.6
	Sediment-hosted	190,000	38	110	230	120	77
Africa and the Middle East	Sediment-hosted	200,000	81	150	260	160	160
Total copper						3,500	2,100

注) Undiscovered resources (百万トン) における数値は発見の可能性を% (たとえば 90% など) で示したもので、Mean はそれらの平均の量 (百万トン)を示す。赤枠はモンゴル国を含む北部中央アジア地域 (Porphyry タイプ) を示す。

(出典 : USGS, 2013)



(出典：USGS, 2013)

図 5.1.7 銅鉱床の新規発見が期待される地域とその鉱床タイプ

5.1.4 世界経済の状況（2012年）

2012年における世界経済の状況を以下のようにまとめられる（2012年度 Anglo American 年次報告書より）。

- ・ 世界の景気は明らかにスローダウンしている。
- ・ 世界的な景気後退局面にあって、米国の経済成長は若干の回復傾向にある。
- ・ 米国とは対照的に、欧州の景気は2012年も低調である。
- ・ 中国経済は2012年に入って大きくスローダウンした。
- ・ その他の大型新興国も著しい景気減退を経験した。
- ・ マクロ経済環境の不確実性が増したことで、2012年は商品価格が弱含みで、予想変動率も高い年であった。
- ・ プラチナの価格は2012年に8%値上がりした。
- ・ バルク商品特に製鉄に関連する原料価格低迷が顕著である。
- ・ 2013年は、世界的なマクロ経済政策の緩和および中国のインフラ投資の再開と工業品の生産増加により、資源需要は増加するであろう。

5.2 世界の銅産業事業者の動向

銅のサプライチェーンは、上流の鉱山・製錬から中・下流の中間製品製造（Fabrication）・最終製品製造（Manufacture）へと広がる（図 7.2.2 参照）。本項では、上流部門の事業者に限って、その動向について述べる。

銅はベースメタルの一つで、電線など生活インフラに不可欠なコモディティであることから、2010年の市場規模は、1,230億US\$で鉄鉱石に次ぐ規模を誇る。また銅鉱床は大型鉱床になることが多く、その開発は、鉱山企業にとって長期に亘って安定操業が可能な魅

力ある投資対象の一つで、世界の資源メジャー³のコア・コモディティの一つとなっている。資源メジャーの銅資源アセット一覧を表 5.2.1 に示す。近年、中国を中心とする銅需要の大幅な増加に伴い、資源メジャーによる寡占化が進んでいる。資源メジャー10社は、世界の約65%銅資源を保有する(図 5.2.1)とともに、2010年の鉱山生産量も、300を超す世界の操業鉱山のうち、資源メジャー10社が所有する約30鉱山で約50%を占める(図 5.2.2)。図 5.2.3 に10社の2000年から2011年間の銅生産量の推移を示す。CODELCO (Corporación Nacional del Cobre de Chile: チリ国銅公社)がトップを占めている。またメジャー10社の2011年財務状況を見ると、売上高ではBHP Billitonが、利益(利益率)では、Valeがそれぞれ、72,226百万US\$, 22,885百万US\$ (37.9%)と最大であった(表 5.2.2)。銅事業部門の売上げは、図 5.2.4 に示すように資源メジャー6社の中で、M&Aにより銅案件を有する企業を買収して成長したXstrataが飛びぬけて大きかった。以下、資源メジャーの動向および海外原料依存度の高い日本および中国企業の海外銅鉱山開発進出状況についても併せて紹介する。

³ 資源メジャーの厳密な定義はないが、JOGMEC(2013)は、グローバル・多国籍に事業を展開。鉱山開発をコアビジネスとし下流分野よりも上流分野を志向。複数鉱種の上位生産者。大規模鉱山開発・操業。強力な経営資源所有等に該当する法人に対して使用している。本項では、次の10社を取上げる。Anglo American、Antofagasta、BHP Billiton、Codelco、Freeport -McMoRan Copper and Gold (FCX)、Grupo Mexico、Norilsk、Rio Tinto、Vale、Xstrata

表 5.2.1 資源メジャーの銅アセット（その1）

Company		Mine/Project	Country	Source	Type	Equity (%)	Production (Kt)	Mineable Cu (Mt)	Status
Anglo American	Mine	Collahuasi	Chile	Conc. SXEW	PO	44	199.5	24.3	Operating
		El Soldado	Chile	Conc. SXEW	IOCG	50.1	46.9	1.8	Operating
		Los Bronces	Chile	Conc. SXEW	PO	50.1	221.8	28.0	Operating
		Mantoverde	Chile	SXEW	IOCG	100	58.7	1.0	Operating
		Mantos Blancos	Chile	Conc. SXEW	IOCG	100	72.1	1.5	Operating
		Michiquillay	Peru	SXEW	PO	100		3.8	Project
	Quellaveco	Peru		PO	80		6.6	Project	
	Smelter	Chagres	Chile	Anode		50.1		-	Operating
Antofagasta	Mine	El Tesoro	Chile		PO	70		1.5	Operating
		Esperanza	Chile		PO	70		7.3	Operating
		Los Pelambres	Chile	Conc.	PO	60		30.6	Operating
		Michilla	Chile	SXEW	IOCG	74		1.0	Operating
		Telegrafo	Chile	Conc. SXEW	PO			10.1	Project
		Antucoya	Chile	SXEW	IOCG	80		3.4	Project
BHP Billiton	Mine	Antamina	Peru	Conc.	SK	33.75		14.0	Operating
		Cerro Colorad	Chile	SXEW	PO	100		2.3	Operating
		Escondida	Chile	Conc. SXEW	PO	57.5		57.8	Operating
		Olympic Dam	Australia		IOCG	100		14.7	Operating
		Spenc	Chile	SXEW	PO	100		3.3	Operating
Codelco	Mine	Andina	Chile		PO	100		106.3	Operating
		Chuquicamata	Chile		PO	100		73.9	Operating
		El Abra	Chile		PO	49		6.2	Operating
		El Teniente	Chile		PO	100		92.6	Operating
		Gaby	Chile		PO	100		2.7	Operating
		Ministro Mina Hales	Chile		PO	100	170		Project
		Radomiro Tomic	Chile		PO	100		4.0	Operating
		Salvador	Chile		PO	100		2.8	Operating
	Smelter	Chuquicamata	Chile	SM, RF		100			Operating
		Pterorillos	Chile	SM		100			Operating
		Ventana	Chile	SM, RF		100			Operating
		El Teniente	Chile	SM, RF		100			Operating
FCX	Mine	Bagdad	USA	Conc. SXEW	PO	100	88	4.9	Operating
		Candelaria/Ojos del Salados	Chile	Conc.	IOCG	80	139.7	2.0	Operating
		Cerro Verde	Peru	Conc.	PO	53.56	157.2	15.5	Operating
		Chino	USA	Conc. SXEW	PO	100	31.3	1.8	Operating
		Miami	USA	SXEW	PO	100	34.5	0.3	Operating
		El Abra	Chile	SXEW	PO	51	63.4	3.7	Operating
		Morenci	USA	Conc. SXEW	PO	85	236.8	11.5	Operating
		Grasberg/Erzberg	Indonesia	Conc.	PO	90.64	383.7	24.5	Operating
		Safford	USA	SXEW	PO	100	68.5	0.9	Operating
		Sierrita	USA	Conc. SXEW	PO	100	80.3	6.4	Operating
		Tenke-Fungurume	Congo D.R.		SED	57.75	73.6	4.2	Operating
	Tyrone	USA	SXEW	PO	100	34.5	0.4	Operating	
	Smelter	El Paso	USA			100	230		Operating
		Miami	USA			100			Operating
Huelva		Spain			100	255		Operating	
		Gresik	Indonesia			25	55	Operating	

(出典：調査団作成)

表 5.2.1 資源メジャーの銅アセット（その2）

Company		Mine/Project	Country	Source	Type	Equity (%)	Production (Kt)	Mineable Cu (Mt)	Status
Grupo Mexico	Mine	Cananea	Mexico		PO	99		18.9	Operating
		Charcas	Mexico		PO	99		0.03	Operating
		Cuajone	Peru		PO	99		12.6	Operating
		La Caridad	Mexico		PO	99		7.2	Operating
		San Martin	Mexico		PO	99		0.1	Operating
		Santa Barbara	Mexico		PO	99		0.1	Operating
		Tia Maria	Peru	SXEW	PO	100		2.5	Operating
		Toquepala	Peru		PO	100		17.4	Operating
		Mission	USA		PO	100		3.9	Operating
		Ray	USA		PO	100		3.4	Operating
	Silver Bell	USA	SXEW	PO	75		0.6	Operating	
	Smelter	Hayden	USA						Operating
		Amarillo	USA						Operating
		La Caridad	Mexico						Operating
Ilo		Peru						Operating	
Norilsk	Mine	Norilsk	Russian		OM	100		34.4	Operating
		Selebi-Phikwe	Botswana		OM	28.75		0.3	Operating
		Tati Nickel	Botswana		OM	85		0.4	Operating
	Smelter	Nadezhda	Russian					Operating	
Rio Tinto	Mine	Bingham Canyon	USA		PO	100		6.0	Operating
		Eagle	USA		PO	100		0.1	Operating
		Escondida	Chile		PO	30		57.8	Operating
		Oyu Tolgoi	Mongolia		PO	32	450	80.4	Operating
		Palabora	South Africa		Other	57.7		0.6	Operating
		Resolution	USA		PO	50		23.8	Project
		La Granja	Peru		PO	100	250		Project
	Grasberg/Erzberg	Indonesia		PO	0.43			Operating	
Smelter	Kennecott Utha Copper	USA	SM, RF				Operating		
Vale	Mine	Konkola North	Zambia		SED	40		7.9	Project
		Salobo	Brazil		IOCG	100		7.1	Project
		Sossego	Brazil		IOCG	100		1.6	Operating
		Sudbury	Canada		OM	100			Operating
		Voisey's Bay	Canada		OM	100		0.4	Operating
Xstrata	Mine	Alumbreira	Argentina	Conc.	PO	50	58.3	1.4	Operating
		Antamina	Peru	Conc.	SK	33.75	112.6	14.0	Operating
		Bracemac McLeod	Canada		VMS	50			Project
		Brunswick	Canada	Conc.	VMS	100	8.8	0.01	
		Collahuasi	Chile	Conc. SXEW	PO	44	199.4	24.3	Operating
		El Pachon	Argentina		PO	100		7.6	Project
		Ernest Henry	Australia	Conc.	IOCG	100	100.3	0.8	Operating
		Falconbridge Nickel Ops	Canada	Conc.	OM	100	49.9	1.1	Operating
		Frieda River	PNG		PO	72.8		7.5	Project
		Kidd Creek	Canada	Conc.	VMS	100	42.3	0.6	Operating
		Lomas Bayas	Chile	SXEW		100	73.6	2.2	
		Mount Isa	Australia	Conc.	IOCG	100	148.8	1.5	Operating
		Perseverance	Canada	Conc.		100	9.8	0.01	Operating
		Raglan	Canada	Conc.		100	7.2	0.2	Operating
	Tampakan	Philippines	Conc.		62.5		13.2	Project	
	Antapaccay	Peru		PO	100	160		Project	
	Tintaya	Peru	Conc. SXEW	PO	99.4	95.2	6.7	Operating	
	Smelter	Townsville	Australia			100	276.5		Operating
		Altonorte	Chile			100	311		Operating
		Horne	Canada			100	187.4		Operating
Sudbury		Canada			100	20		Operating	
CCR		Canada			100	264		Operating	
Nikkelverk		Norway			100	36.3		Operating	

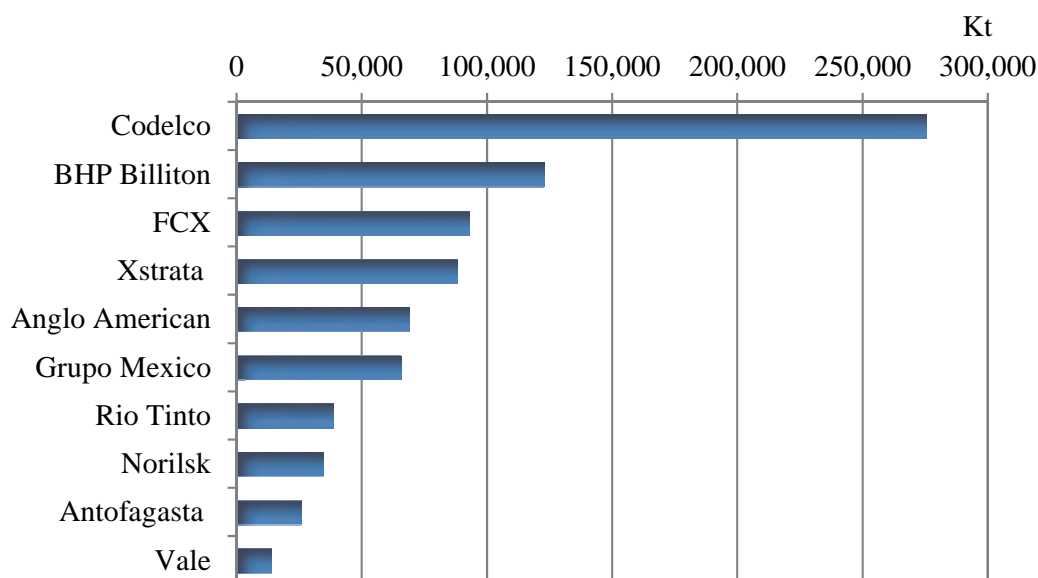
(出典：調査団作成)

表 5.2.2 資源メジャー10社の財務状況

単位：million US\$

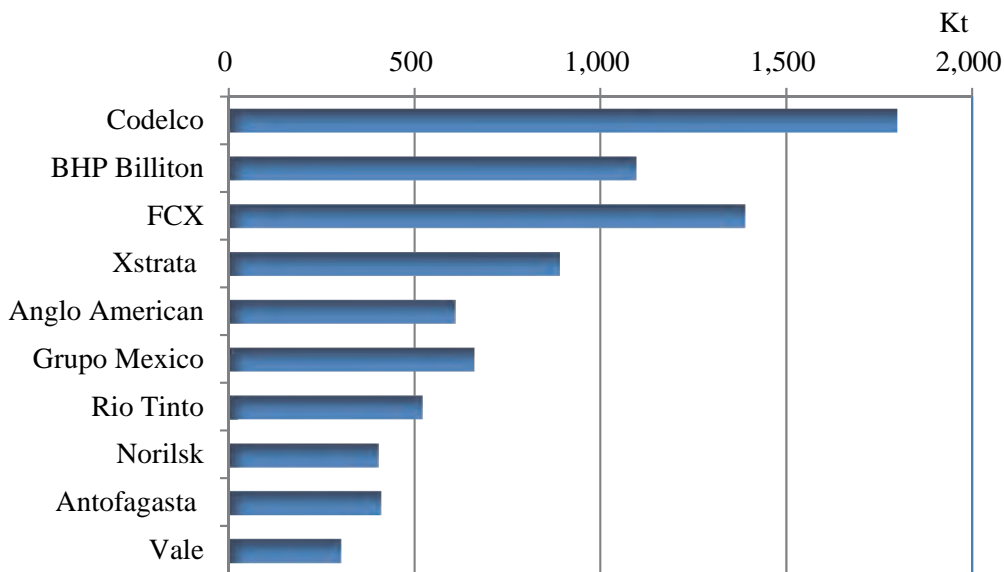
Company	Sales (a)	Current Income (b)	Profit Rate (b/a)	Gross Asset	Net Asset
BHP Billiton	72,226	15,417	21.3%	129,273	67,085
Rio Tinto	60,537	5,826	9.6%	119,545	59,208
Anglo American	30,580	6,169	20.2%	72,442	43,189
Vale	60,389	22,885	37.9%	128,728	79,609
Xstrata	33,877	5,713	16.9%	74,832	45,701
FCX	20,880	4,560	21.8%	32,070	18,553
Codelco	17,515	2,056	11.7%	20,835	6,065
Norilsk Nickel	14,122	3,604	25.5%	18,912	11,222
Grupo Mexico	10,443	2,472	23.7%	15,201	8,737
Antofagasta	6,076	1,237	20.4%	11,705	7,807

(出典：JOGMEC, 2013)



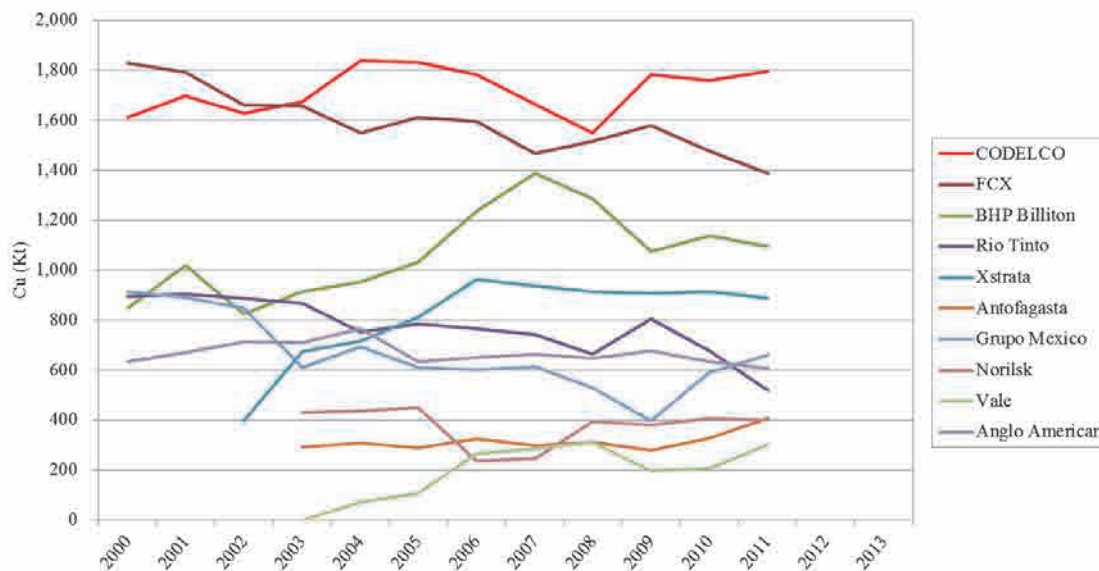
(出典：各社年報などから調査団作成)

図 5.2.1 資源メジャー10社の保有する銅資源量+埋蔵量



(出典：JOGMEC, 2013 から調査団作成)

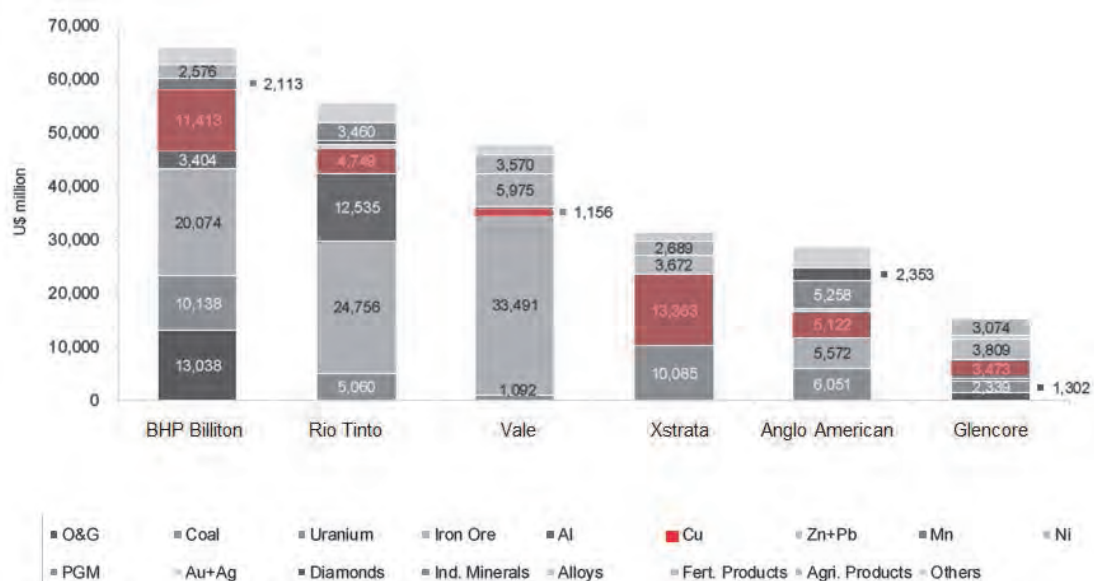
図 5.2.2 資源メジャー10社の銅生産量 (2011年)



FCXの2000年～2007年までの値はPhelps Dodgeとの合計値、Xstrataの2002年～2005年の値はXstrataとFalcon Bridgeの合計値

(出典：JOGMEC, 2013 から調査団作成)

図 5.2.3 資源メジャー10社の銅生産量推移



(出典：JOGMEC, 2013)

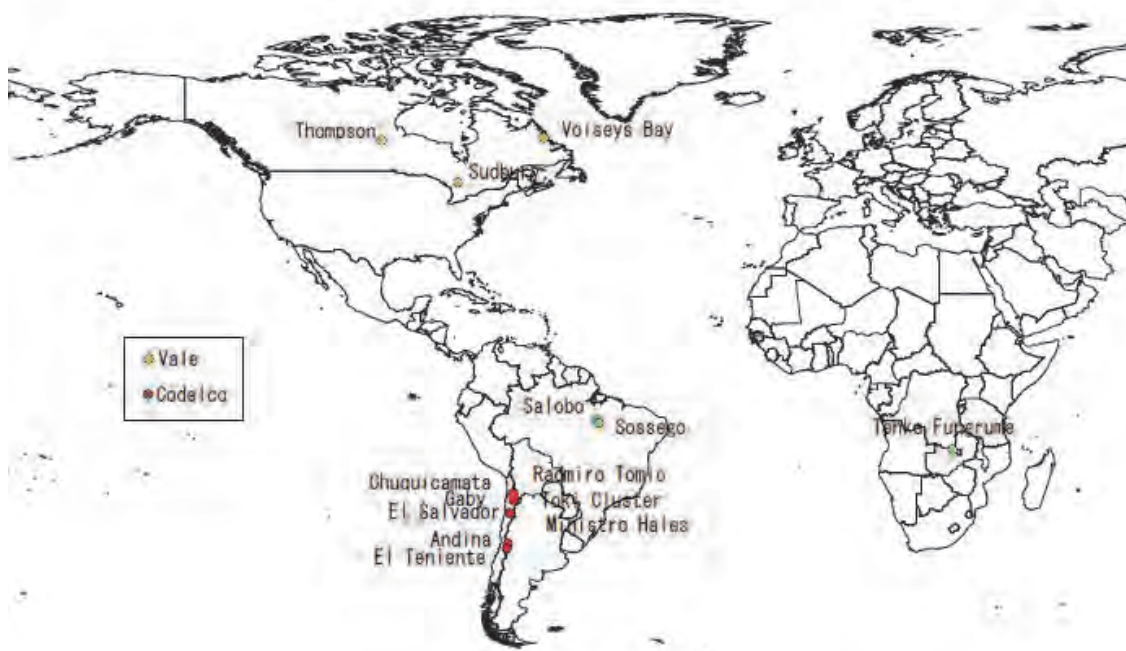
図 5.2.4 資源メジャー6社のセグメント別売上げ (2012年)

5.2.1 資源メジャーの動向

(1) CODELCO

世界最大の産銅会社で、チリ国営鉱山会社である。ブラジル国など周辺国でも探鉱を行っているが、事業主体はチリ国内で、Chuquicamata、Radomiro Tomic、Spence、Gaby、El Salvador、Adina、Los Bronces、El Teniente 鉱山を操業するほか El Abra、Los Bronce、El Soldad 鉱山の権益を有する。銅製錬所は山元製錬所の Chuquicamata、Petrorillos、El Tenienet 製錬所および CODELCO 各鉱山から鉱石の供給を受ける Ventanas 製錬所を操業する (表 5.2.1 および図 5.2.5)。開山以来 1 世紀を過ぎた世界最大級の露天採掘鉱山の Chuquicamata 鉱山および世界最大級の坑内採掘の El Teniente 鉱山、El Salvador、Andina 鉱山は 1972 の国有化以来、CODELCO が操業を続けている。一方 Radomiro Tomic、Gaby、Minisro Hales は国有化以降に発見されたものである。2013 年 CODELCO は、Anglo American Sur に有していたオプション権を行使し、24.5%の権益を取得した。

2013 年には、これら 8 鉱山で世界の鉱山生産量の 11%に当たる 1,792 千トンの銅を生産した。また保有資源量+鉱石埋蔵量は、27.5 億トンと世界最大を誇る。Chuquicamata 鉱山では深部鉱床の開発のため、露天採掘から坑内採掘への切替え工事が進められており、2018 年から生産開始予定。Radomiro Tomic 鉱床では、硫化銅生産を 2107 年に、El Teniente 鉱山でも、坑内採掘レベルの深部移行工事が進められており、2017 年から生産開始が予定されている。Chuquicamata 鉱床周辺には Toki 鉱床をはじめとする大規模鉱床賦存のポテンシャルが高く探鉱が行われている。



凡例のうち塗りつぶしは操業中、○中抜きはアドバンスステージ探鉱案件を示す。

(出典：調査団作成)

図 5.2.5 CODELCO および Vale の銅鉱山・プロジェクト



(出典：CODELCO, 2014)

図 5.2.6 CODELCO の新規開発および拡張計画

(2) Vale

ブラジル国に本社を置く世界最大の鉄鉱石およびマンガン鉱の生産企業。鉄鋼原料部門とベースメタル・貴金属部門（銅・金、ニッケル、貴金属、アルミ）からなる。2006年にカナダ国、インドネシア国およびニューカレドニア国に Sudbury、Thompson、Voisey’s Bay、Sorowako、VNC などのニッケル資源アセットを持つ世界有数のニッケル生産企業である Inco を買収、更にお膝元の Carajas 地域で Onca Puma ニッケル鉱山の操業を開始し、ニッケル事業に本格的に参入した。また Carajas 地域の Sossego や Salobo（図 5.2.5）といった銅鉱床の開発を手掛け総合資源メジャーとなった。Carajas 地域では、Sossego や Salobo のほか

に Crystalino、Alvo 118、Igarape Bahia や Alemao といった銅鉱床を発見している。ブラジル国以外の海外展開として 2010 年にチリ国の Tres Valles 鉱山 (SX-EW カソード生産) を買収したが、2013 年 12 月ワールド・クラス資源アセットに集中するという方針からこれを売却した。アフリカではザンビア国の Konkola North (南アフリカ国の African Rainbow Minerals およびザンビア銅公社 ; ZCCM との J/V) が 2013 年末に生産を開始した。

(3) FCX (Freeport McMoran Copper & Gold Inc.)

FCX の銅鉱山アセットはインドネシア国の Grasberg/Erzberg のみであったが、2007 年に Phelps Dodge を吸収合併し、南北アメリカおよびアフリカに多くの銅鉱山アセットを獲得した (表 5.2.1 および図 5.2.7)。2011 年に 1,388 千トンの鉱石 (銅含有量) を生産し、CODELCO に次ぐ銅生産量を誇る。El Paso (米国)、Gresik (インドネシア国)、Huelva (スペイン国) で製錬所を操業、2011 年 540.4 千トンの銅地金を生産した。Phelps Dodge が所有していた Tenke Fungrume 鉱山は 2009 年から SX-EW カソードの生産を開始した。第二期工事が完了し 181 千トンの銅を生産。Morenci (米国)、Cerro Verde (ペルー国) の選鉱プラント増強により、それぞれ 102 千トン、272 千トンの増産が可能となった。また Grasberg オープンピット周辺下部 Deep Mill Zone の開発を進めており、2017 年には 24 万トン/日の鉱石生産予定 (2013 年年報)。



(出典：調査団作成)

図 5.2.7 FCX の銅鉱山・プロジェクト

(4) Glencore Xstrata

Xstrata は 2002 年に MIM をおよび 2006 年に Falconbridge を買収して資源メジャーとして成長した。2013 年 5 月に Glencore と合併し、Glencore Xstrata が誕生。銅関連ではフィリピン国の Psar 製錬所が傘下となった。2013 年上期時点での総資産は約 15 兆円 (1,559 億 US\$) で、BHP Billiton (1,381 億 US\$)、Vale (1,265 億 US\$)、Rio Tinto (1,115 億 US\$) のいわゆる大手 3 社を抜いて業界最大手に躍り出た。生産量では、銅 120 万トン (世界 4 位)、亜鉛 160 万トン (世界 1 位)、鉛 32 万トン (世界 1 位)、ニッケル 11 万トン (世界 4 位) となっ

た。北米の鉱山はカナダ東岸に限定されており、正マグマ性ニッケル銅鉱床の Raglan や Sudbury 鉱山、火山性塊状硫化物鉱床の Kidd Creek や Brunswick 鉱山、南米では、ペルー国、チリ国およびアルゼンチン国に図 5.2.8 に示すような鉱山を有する。オセアニアには Ernest Henry や Mt. Isa と呼ぶ銅鉱山を操業する。アフリカではコンゴ国で Katanga および Mutanda、ザンビア国で Mopani および Sable 鉱山を操業している。Mt. Isa (豪州)、Altonorte (チリ国)、Home (カナダ国) および Sudbury (カナダ国) で製錬所を操業する。



(出典：調査団作成)

図 5.2.8 Xstrata の銅鉱山・プロジェクト

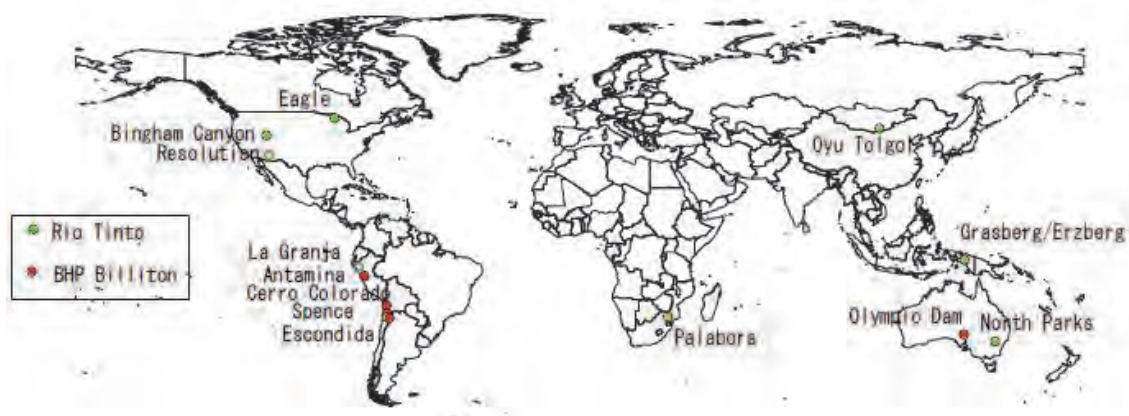
(5) Rio Tinto

鉄鉱石、銅・金、アルミニウム、燃料資源、ダイヤモンド・工業用鉱物の 6 セグメントからなる。2011 年の売上高 68,495 百万 US\$のうち鉄鉱石が 29,909 百万 US\$で 44%、銅・金は 7,634 百万 US\$で 11%。また利益でも 16,433 百万 US\$のうち鉄鉱石が 12,853 百万 US\$で 78%を占めるのに対して銅・金は、1,932 百万 US\$で 12%と鉄鉱石ビジネス依存度が高い。Bingham Canyon (米国)、Escondida (チリ国)、Grasberg (インドネシア国)、Palabora (南アフリカ国) および Oyu Tolgoi (モンゴル国) といった銅鉱山を操業する (図 5.2.9)。La Granja (ペルー国)、Resolution (米国) などのアドバンスステージ探査案件を持つ。2013 年に Palabora (南アフリカ国) および Northparks (豪州) を売却、2014 年には現地住民と環境問題で対立する Pebble 銅・金プロジェクト (米国アラスカ州) から撤退した。

(6) BHP Billiton

アルミニウム、ベースメタル、炭素鋼原料 (鉄鉱石、原料炭、マンガン)、ステンレス鋼原料、一般炭、石油、ダイヤモンド・特殊品の 7 セグメントからなる。このうち 2012 年期の鉄鉱石の売上および利益率は業界トップで、それぞれ 22,601 百万 US\$、14,201 百万 US\$を記録した。ベースメタル部門は 11,596 百万 US\$、3,965 百万 US\$で石油部門に次ぎ第三位であった。Escondida、Cerro Colorado、Spence (いずれもチリ国)、Antamina (ペルー国)、Olympic Dam (豪州)、Pinto Valley (米国) などの銅鉱山を操業する (図 5.2.9)。2011 年の銅鉱床探鉱投資費は 256 百万 US\$で世界最大 (JOGME, 2013)。Escondida 鉱山の鉱量が 85 億ト

ン、銅 0.61%から 119 億トン、0.59%に増加、また Escondida 鉱床周辺で、Pampa Escondida（資源量 74 億トン、銅 0.47%）および Pinta Verde（資源量 1.8 億トン、銅 0.56%）といった大規模鉱床を発見している。



（出典：調査団作成）

図 5.2.9 Rio Tinto および BHP Billiton の銅鉱山・プロジェクト

(7) Anglo American

事業は鉄鉱石・鉄鋼添加元素、原料炭、一般炭、ベースメタル（銅・ニッケル）、白金族、ダイヤモンドおよびその他工業用鉱物からなる。チリ国に、Los Bronces、Collahuasi、Mantos Blancos、El SoldadoおよびMantoverde鉱山を操業している（図5.2.10）。2011年Los Bronces鉱山（チリ国）拡張工事完成し20万トン/年の増産が可能となった。同鉱山南部でLos Sulfatos 鉱床（資源量12億トン、銅1.46%）およびSan Enrique Monolito（資源量9億トン、銅0.81%）の大規模銅鉱床を発見した。2013年上記Rio Tintoと同じ理由で、Pebble銅・金プロジェクト（米国アラスカ州）から撤退した。CODELCOのオプション権行使により、2011年Anglo Americanのチリ国法人Anglo American Sur（Los BroncesおよびEl Soldado鉱山）の権益を分割し、Anglo American(50.1%)、CODELCO(24.5%)、三菱商事(20.4%)、三井物産(5%)とした。Michiquillai およびQullaveco(いずれもペルー国)の探鉱案件を持つ。後者は鉱山用水問題で地元住民と争議中であったが新たに貯水池を建設することなどで合意しプロジェクトが進展したため、2019年頃からの生産開始が見込まれる。



(出典：調査団作成)

図 5.2.10 Anglo American および Norilsk の銅鉱山・プロジェクト

(8) Norilsk

シベリアの Taimyr 半島の Polar Division (Taimarsky 銅・ニッケル・白金族鉱山など)、Kola 半島の Kola Division (Severny 銅・ニッケル鉱山など) を操業 (図 5.2.10)。2003 年に米国の Stillwater Mining の権益を取得したのを皮切りに、2006 年には、OM Group (米) のニッケル部門を買収、2007 年には、豪州、ボツワナ国 (Tati Nickel)、南アフリカ国(Nkomati)に銅・ニッケル・アセットを有する Lion Ore Mining International を、またフィンランド国の Harjavalta ニッケル製錬所を買収するなど、ロシア国以外の正マグマ性銅・ニッケル・白金族鉱山および製錬所に特化した海外展開を図っている。

(9) Grupo Mexico

1999 年親会社である米国 ASARCO 社を買収、2005 年 Grupo Mexico 傘下の Minera Mexico と SCC が合併。鉱山部門、鉄道運輸部門およびインフラ部門からなる。鉱山部門は、100% 子会社の American Mining Corporation が管轄、更にメキシコ国およびペルー国は Southern Copper 社が、米国は ASARCO が管轄。銅が主体で、La Caridad、Buenavista del Cobre (いずれもメキシコ国)、Cajone、Toquepala (いずれもペルー国)、Mission、Ray、Silver Bell (いずれも米国) 鉱山を操業 (図 5.2.11)。2011 年の銅の売上高は 6,888 百万 US\$ で全売上高の 66% を占めた。



(出典：調査団作成)

図 5.2.11 Grupo Mexico および Antofagasta の銅鉱山・プロジェクト

(10) Antofagasta

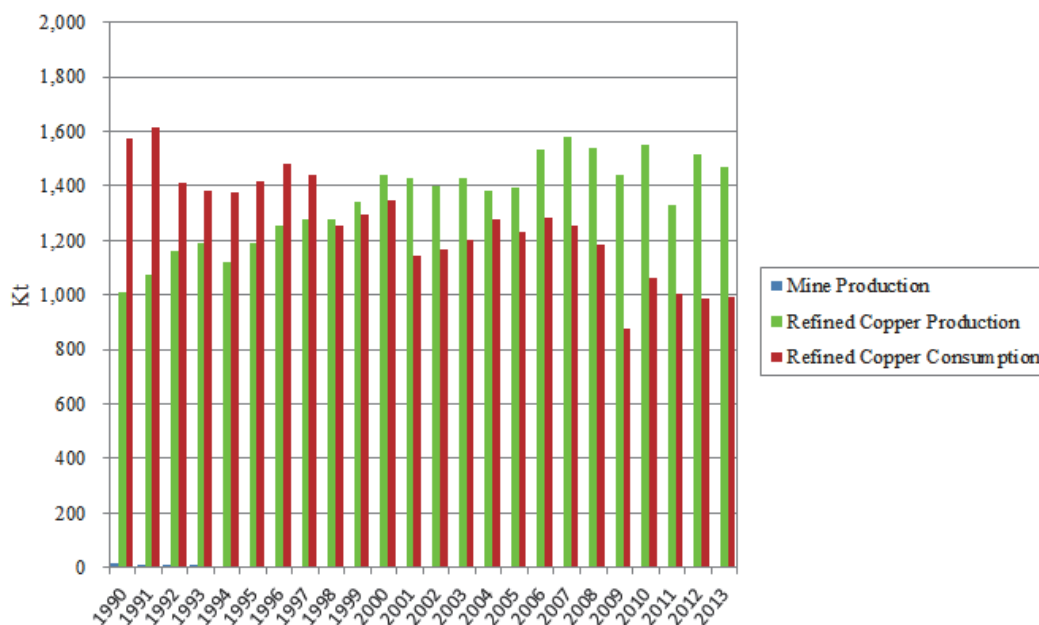
Antofagasta は、英国資本なるもチリ国の子会社 Antofagasta Minerals を通して Los Pelambres、El Tesoro、Esperanza および Michilla 鉱山(いずれもチリ国) 鉱山を操業、Antucoya、Telegrafo (いずれもチリ国) といった探査案件を持つ (図 5.2.11)。2011 年に Esperanza 鉱山の操業を開始し、また Los Pelambres 鉱山の増産により 2011 年 40 万トン (権益分) を生産した。パキスタン国の Reko Diq 銅・金プロジェクト (Barrick Gold:37.5%、Antofagasta:37.5%、Balochistan 州政府:30%) は 2011 年探鉱権付与が凍結された。

5.2.2 日本企業の海外投資

日本は国内に採掘可能な銅資源を有しないことから、国内需要の全量を海外に依存しなければならない宿命にある。需要を賄う地金の調達には、日本は国内に近代的な大型銅製錬所を有することから、鉱石 (精鉱) を輸入して製錬し地金として供給するシステムが確立している。国内製錬所の地金生産能力は、およそ 1,600 千トン/年で国内需要約 1,000 千トン/年を大きく上回る。海外鉱山の日本企業権益分は約 500 千トン/年で国内需要の約 50%、残りをスクラップおよび長期契約もしくはスポットで購入している。このため地金の輸入は、100 千トン/年程度と僅少である。

長期にわたる安定的な鉱石確保が最大の課題で、本邦企業 (鉱山会社および商社) が表 5.2.3 に示すような海外鉱山開発に投資を行い、権益分の鉱石を確保している。海外の投資

先は、南北アメリカ（チリ国、ペルー国、カナダ国、米国）、豪州、インドネシア国、フィジー国の環太平洋地域である。特に投資環境の良好なチリ国には、日本の4鉱山会社、4商社が12鉱山に投資している。図 5.2.12 に示すように 1998 年以降、国内の地金供給量は、需要量を大きく上回っており、中国、台湾、シンガポール国などアジア近隣諸国に輸出されている。



(出典：World Bureau Metal Statistics から調査団作成)

図 5.2.12 日本の銅原料の現状

表 5.2.3 日本の海外投資案件

Country	Mine	Equity of Japanese company	Partner	Production (Kt/year)	Status
Canada	Gibraltar	Sojitsu:12.5, Furukawa:6.25, Dowa:6.25	Taseko Mines:75		Mine
	Huckleberry	Mitsubishi Material:31.25, Furukawa:6.25, Dowa:6.25, Marubeni:6.25	Imperas:50		Mine
	Similco	Mitsubishi Material:25	Copper Mountain:75		Mine
USA	Morenci	Sumitomo Metal Mining:15	FCX:85		Mine
	Silver Bell	Sojitsu:25	ASARCO:75		Mine
Peru	Antamina	Mitsubishi Corp:10	BHP Billiton:33.75, Xstrata: 33.75, Tec:22.5,		Mine
	Cerro Verde	Sumitomo Metal Mining:16.8, Sumitomo Corp:4	FCX:53.6, Other:25.4		Mine
	Quechua	Pan Pacific Copper:100	-		Project
	Quellaveco	Mitsubishi Corp:18.1	Anglo American:81.9		Project
	Zafranal	Mitsubishi Material:40	AQM Copper:60		Project
Chile	Escondida	Mitsubishi Corp.:8.75, JX Nippon Mining & Metals:2.5, Mitsubishi Material:1.25	BHP Billiton:57.5, Rio Tinto 30		Mine
	La Candelaria/Ojos del Salados	Sumitomo Metal Mining:16, Sumitomo Corp:4	FCX:80		Mine
	Collahuasi	JXNippon Mining & Metals: 3.6, Mitsui & Co.:7.43, Mitsui Metal Mining:0.97	Anglo American:44, Xstrata:44		Mine
	Los Pelambres	JXNippon Mining & Metals:15, Mitsubishi Material:10, Marubeni:8.75, Mitsubishi Corp.: 5.0, Mitsui & Co.:1.25	Antofagasta:60		Mine
	El Tesoro	Marubeni:30	Antofagasta:70		Mine
	Esperanza	Marubeni:30	Antofagasta:70		Mine
	Antocoya	Marubeni:30	Antofagasta:70		Project
	Telegrafo	Marubeni:70	Antofagasta:30		Project
	Atakamakoan	Nittetsu Mining:60	Imperas:40		Mine
	Los Bronces	Mitsubishi Corp.:24.5, Mitsui & Co.5.0	Anglo American:50.1, Codelco: 24.5		Mine
	El Soldad	Mitsubishi Corp.:24.5, Mitsui & Co.5.0	Anglo American:50.1, Codelco: 24.5		Mine
	Sierra Gorda	Sumitomo Metal Mining:31.5, Sumitomo Corp.:13.5	KGHM: 55		Project
	Caserones	Pan Pacific Copper: 70, Mitsui Corp.: 30	-		Mine
Indonesia	Batu Hijau	Sumitomo Corp.:18.2, Sumitomo Metal Mining: 3.5, Mitsubishi Material:1.75, Furukawa: 1.05	Newmont: 31.5, Othes:46.8		Mine
Fiji	Namosi	Mitsubishi Material:28.06, Nittetsu Mining:1	Newcrest: 69.94		Project
Australia	North Parks	Sumitomo Metal Mining:13.3, Sumitomo Corp.:6.7	China Moly.:80		Mine

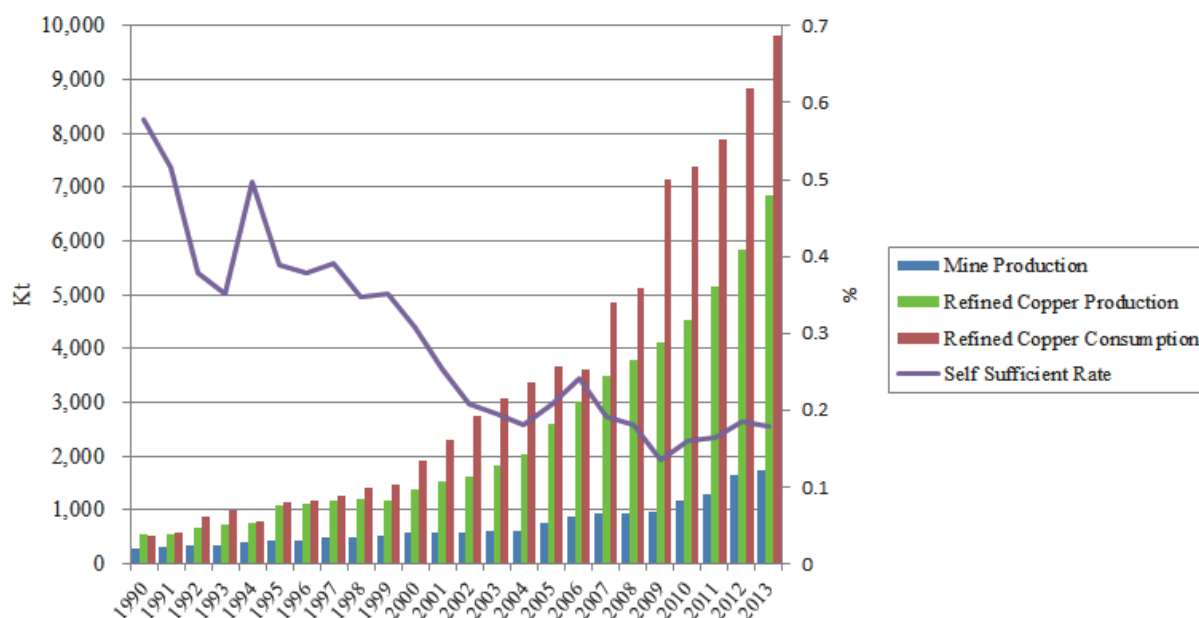
(出典：調査団作成)

5.2.3 中国企業の海外投資

中国では急増する国内の銅地金需要は、地金の輸入と、輸入鉱石、国内産鉱石およびスクラップの製錬により確保している。自国内の銅鉱石供給は増加し、世界第2位の生産量を誇るが、未だ十分な調査が進んでおらず、既存鉱山は小規模で古く、設備の老朽化、鉱量枯渇の問題があり、コストも高く、鉱山開発は遅れている。自給率は18%程度で、急増する国内の銅地金需要を賄うことは不可能である(図5.2.13)。このため海外の資源確保が急務で走出去(海外進出)政策により、アフリカ、アジア、中南米での資源外交を早くから活

発化させ、資金・情報面の中国政府の支援を受けて、ジュニアのみならずペルー国のLas Bambas (Xstrata)や豪州のNorthparks (Rio Tinto)といったメジャー案件の買収も行って来ている(表5.2.4)。

中国企業の中でもMinmetals は中国の非鉄金属工業の中でリーダー的地位を占め、国内で不足がちな資源の銅、ニッケル、アルミナなどについて長期的需要を踏まえて海外開発を進めている。CODELCOとのGaby鉱山から生産される銅の合資協議、江西銅業股份との連合によるNorthern Peru Copper 社の買収なども行っている(JOGMEC, 2013)。一方Chinalcoは、世界第2位のアルミナ生産会社であるが、銅精錬業にも参入、更にペルー国のTromochoco案件をPeru Copperから買収し、2013年末から操業を開始した。また資金力を生かしギニアの大型鉄鉱石開発案件であるSimandou鉄鉱床開発にも参画している。



(出典：World Bureau Metal Statistics から調査団作成)

図 5.2.13 中国の銅原料の現状

表 5.2.4 中国の海外投資案件

Country	Mine	Equity of Chinese company	Partner	Acquired from	Start of Production	Capacity (Kt/year)	Status
Zambia	Chambishi	CNMC:85	ZCCM:15		2003	24	Mine
	Cahmbishi West	CNMC:85	ZCCM:15				Mine
	Munal	Jinchuan Group: 50.42					Mine
	Luanshya	CNMC:80	Zambian Gov.:20				Mine
	Hebei Jidong	Hebei Jindong Construction					Project
	Mfulira Tailing	CNMC:85	ZCCM:15				F/S
	Ichimpe	Zhonghui Mining: 100	-				F/S
	Muliashi North	CNMC:85	Zambian Gov.:15				Project
Peru	Mushiba	CNMC:85	Zambian Gov.:15				Project
	Toromocho	Chinalco:100	-	Peru Copper	2013	375	Mine
	EL Galeno	Minmetals:60, Jiangxi:40		Northern Peru Copper		200	Project
	Rio Blanco	Zijin Mining Group (including Tongling Non-ferrous Metal Group):79.9	LS-Nikko:10	Monterrico Metals		200	Project
Chile	Marcona	China Sci-Tec Holding: 70	LS-Nikko: 30			110	Project
	Las Bambas	Minmetals:100,	-	Xstrata	2015	400	Project
	Gaby	Minmetals	Codeco	Codeco	2008	150	Mine
	Cadelabro	Chinalco Yunnan Copper Resources (option)	Rio Tinto	Rio Tinto	2011		Project
	Caramasa	Chinalco Yunnan Copper Resources (option)	Rio Tinto	Rio Tinto	2011		Project
	Palmani	Chinalco Yunnan Copper Resources (option)	Rio Tinto	Rio Tinto	2011		Project
Equador	Humitos	Chinalco Yunnan Copper Resources (option)	Xstrata				Project
	Mirador	Tongling Non-ferrous Metal Group: 100	-			60	Project
Mexico	Bahuerachi	Jinchuan Group: 100	-			83	Project
Canada	Wolverine	Xise International Investment, Jinduicheng Molybdenum Group		Yukon Zinc		5	Project
	Izok Lake	Minmetals:100				20	Project
	High Lake	Minmetals: 100				38	Project
Russia	Kyzil Tashitygskoe	Zijin Mining Group:70					Project
Afganistan	Aynak	Jiangxi Copper Industry Group: 100					Project
Pakistan	Saindak	MCC			2003	45	Mine
Laos	Sepon	Minmetals			2005	65	Mine
	Sanmu	Chinalco Yunnan Copper Resources (option)					Project
Philippines	Tampakan	Zijin Mining Group:					Project
Australia	Northparks	China Molybdenum:80	Sumitomo Metal Mining:13.3, Sumitomo Corp.:6.7	Rio Tinto		34	Mine
	Mount Frosty		Rio Tinto				Project
	Elaine	Chinalco Yunnan Copper Resources					Project
	Mary Kathleen	Chinalco Yunnan Copper Resources	Goldsearch Limited				Project

(出典：調査団作成)

5.3 製錬業の抱える課題

一般的に製錬業は製錬技術のほか、生産性、経済性、環境問題、銅鉱山からの精鉱供給を含む立地条件、下流側への事業展開などの諸課題を抱えているが、それぞれの国によって影響度や重要性は異なる。現在、銅製錬所で生産されるカソード量で見た場合、上位3か国は中国、日本、チリ国と続くが、ここでは特に先進国型の銅製錬所として日本の製錬業が抱える課題を中心として述べ、その他急成長を遂げつつある中国、SX-EW法を含めると世界第二位のカソード生産量を誇るチリ国、ヨーロッパの製錬所などを念頭に共通の課題を述べる。更にモンゴル国で製錬所を操業する場合の課題についても記載する。

5.3.1 収入とコスト

製錬所の経済性を語る上で技術面も経済性に大きなインパクトを与えるが、ここでは収入面と操業コスト面から以下の特徴・課題について述べる。

(1) 精鉱マーケットと TC/RC の不安定性

製錬所を経営する上での主な収入源である TC/RC をベースとする製錬所の売上から、操

業費、人件費などの主要コスト、償却費および金融費用を差し引いた金額が税引き前利益である。スポットの売買契約を除いて TC/RC は精鉱の売り手である鉱山側と買い手の製錬所側の交渉で半年毎に決めて行く慣例となっている。金額の落ち着きどころは通常の商取引同様に需給関係で決まるが、精鉱中に含まれるヒ素、水銀など製錬側に好ましくない元素の含有量はペナルティ対象となり、TC/RC に影響を与える。

中国の銅需要がまだ日本や米国より低かった 1990 年代末までは、最大の買い手であった日本の製錬会社が世界の銅精鉱市場でイニシアティブを握っていたが、旺盛な需要に支えられた中国は銅精鉱市場において急激に存在感を増して行った。その後、鉱山側も最大のマーケットである中国に対しては、2000 年代中盤以降日本と同等の製錬条件を提示するようになった(表 5.3.1)。

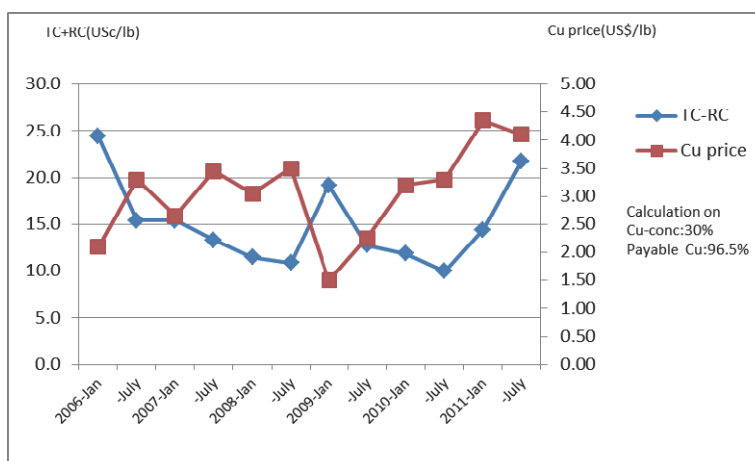
表 5.3.1 非鉄メジャーと中国製錬所の TC/RC の変遷

Period	Copper Price Range (US\$/lb)	TC-RC (US\$/conc-t-Usc/lb)	Remarks
2007	3.2-3.6	60-6	BHP vs Tongling/Jinlong
		45-4.5	Highland Valley vs Sumitomo
2008	3.1-3.7	47.2-4.72	BHP vs Tongling/Jinlong
2009	1.3-3.2	75-7.5	Freeport-McMoran vs Mitsubishi
2010	2.8-4.4	46.5-4.65	BHP/Freeport vs Chinese smelters
2011(Q1-2)	3.9-4.5	72/7.2	BHP vs Chinese smelters
2011(Q3-4)	3.2-3.9	90-9	BHP vs Chinese smelters
2012	3.3-3.9	60-6	BHP vs Chinese smelters
		63.5-6.35	Freeport-McMoran vs Jiangxi/Pan Pacific
2013	3.1-3.7	70-7	Freeport-McMoran vs Jiangxi Copper
2014	3.0-3.3	92-9.2	Freeport-McMoran vs Jiangxi Copper

(出典：Reuters, USGS Mineral Yearbook, 2010 ほか)

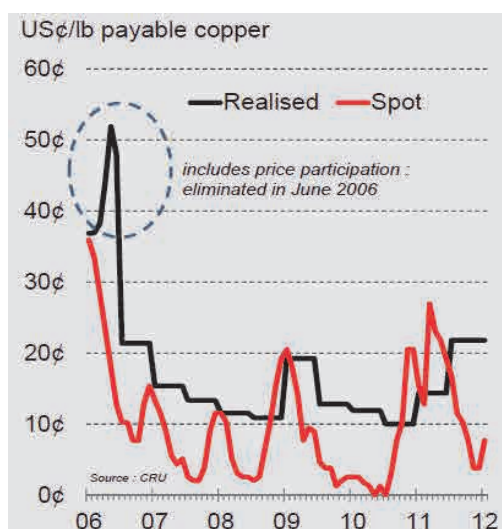
PP (Price Participation)が廃止された 2006 年 6 月以降の製錬条件を、銅 1lb 当りの TC+RC の合計で見ると変化が明瞭に分かる (図 5.3.1)。このグラフで見ると銅価格と製錬費は連動していない。PP の主旨は銅価格が低い時に製錬側も負担を分かち合う代わりに、銅価格が高い場合には見返りがあるという緩和条項であり、製錬側にとっては銅価格変動に伴う収入の変化を多少コントロールできるメリットがあった。PP がなくなったことにより足枷が取り除かれたように益々市場任せの変化の著しい TC/RC となり、製錬所の操業にとっては収入が毎年目まぐるしく変動して安定性がなくなり経営的にも落ち着けない状況となっている。

スポットの精鉱マーケットにおいては長期契約に比べて更に乱高下が激しい上に、製錬所側にとっては長期契約より一般的には不利な条件である (図 5.3.2)。したがって、製錬所操業にとっては、極力安定した長期契約が望ましい。



(出典：Teck Modelling Workshop, 2012, LME-HP (ほか))

図 5.3.1 リーマンショック前後の TC/RC と銅価格の推移

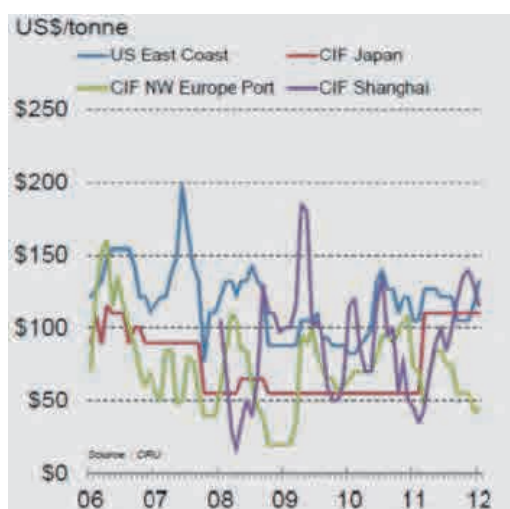


(出典：Teck Modelling Workshop, 2012)

図 5.3.2 スポットと長期契約の TC/RC の推移

(2) プレミアム

銅地金は LME 価格にプレミアムが加算された値段で取引される。プレミアムを決める要因は、需給関係、製品の質、デリバリーに関する付加価値としてのサービスである。慣習として世界最大の銅地金輸出国であるチリ国の CODELCO が毎年、指標を各国の電線、伸銅関連バイヤーに通知する。銅地金を販売するチリ国以外の製錬会社はこの金額を指標としてプレミアムの金額を決める。



(出典：Teck Modelling Workshop, 2012)

図 5.3.3 主要市場別のプレミアムの推移

最近のプレミアムの金額は地金トン当り 100US\$前後で推移しており、この金額は精鉱ベースの RC に換算すると 4.5US\$/lb なので製錬所にとって重要な収入源と言える。図 5.3.3 は米国東海岸、ヨーロッパ北西部、日本、上海の地区別のプレミアム金額の推移を示しているが、地域差は国毎の需給条件を反映している。LME 価格のほかにもコントロールの効かない要因で収益性が左右されている。

(3) 為替レート

日本の製錬業が近年苦戦を強いられてきた大きな理由の一つは、為替レートである。TC/RC が米ドルで取り決められるため、日本円での収入は円の切り上げで目減りするからである。1971 年のニクソンショック前の固定相場制のもとでの 1US\$=360 円から次第に円高が進み、1985 年のプラザ合意を契機に 1US\$ が 240 円前後から 120 円台となり、更に 100 円を割るレベルの円高が長期間継続した。単純に為替だけの面で見れば、ここ数年の日本の国内製錬所は 40 年前の 1/3、30 年前の 1/2 の収入で操業していることになる。その点、米国は全く為替レートとは無縁であり、中国は元高を政府方針として極力抑えているため影響は少ない。チリ国の通貨ペソは発展途上国の中では比較的対米ドルの為替レートの変動は少ないが、基本的にはペソ安傾向にあるため影響は少ない。現状、銅製錬の足元の直接キャッシュコストは、世界平均でポンド 21~22 セント程度と言われている (2013 年 9/11 付 日刊産業新聞)。これは TC/RC で 80/8 をやや上回る水準に相当する。日本の製錬所のキャッシュコストは人件費および電力・エネルギーコスト面では明らかに世界平均より高いため、これまでの TC/RC レベル (表 5.3.1) では収支均衡あるいは採算割れしている可能性が高い。それでも製錬業を継続できたのは、米国と違い事業の売買あるいは合併を米国ほど大胆に行う企業風土がなかったことや、永年に亘り築き上げた同じグループ内での垂直型サプライチェーンを維持したことを背景に、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着実な展開

(4) ユーティリティコスト

電力、燃料、工業用水などユーティリティコストの内、製錬所の操業コストに占める比率では電力コストが大きい。特に電気代の高い日本では電力費用が米国、中国などより高くなる。チリ国では水がないため用水コストが日本よりも高くなる。モンゴル国で製錬所を建設する場合に用水確保はコストを含め最大の課題である。

(a) 電力

溶錬に必要なエネルギーは製錬手法により若干の違いがあるが、電力エネルギーおよび化石燃料の合計でアノード1トン当たり11,000MJ（メガジュール）前後が必要となる（表5.3.2）。電力量は製錬手法で異なり、7,000～10,000MJ/トン-anodeとなる。1MJ=0.28kWhで換算すると、年産200千トンの銅溶錬に必要な電力量は約392,000～560,000MWh/年となる。これを約70%の力率で計算すると発電機の設備容量としては、63～91MWとなる。次にアノードからカソードを生産する電解精製の消費電力量を250KWh/トン-cathodeとして同じ力率で計算すると8.2MWとなる。したがって、200千トンの生産規模の製錬所では溶錬と電解精製を合わせて容量72～100MWの発電設備が必要となり、年間所要電力量は442,000～610,000MWhとなる。

表 5.3.2 製錬プロセス別の溶錬に必要な電力・燃料エネルギー

Processing Route	Electric Energy (MJ/t-anode)	Fossil Fuel (MJ/t-anode)	Total (MJ/t-anode)
Flash-Flash	9,266	1,518	10,784
Isasmelt	6,903	4,175	11,078
Mitsubishi	8,508	2,498	11,006
Noranda-Teniente	10,088	2,657	12,746

（出典：Pascal Coursol et al, 2010）

(b) 燃料

電力のほかに溶錬で燃料として使用する熱量は1,500～4,200 MJ/t-anode(表5.3.2)であることから、一般炭の発熱量の標準値から25MJ/kgで換算すると、200千トンの製錬所の石炭消費量は12～34千トン/年となる。発電設備および溶錬で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ために供給に関しては問題ない。

(c) 工業用水

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である。

- ▶ 海水 300,000 トン/日
- ▶ 工業用水 28,000 トン/日

日本の銅製錬所は小坂、日立を除いて臨海にあるため海水は使い放題と言えるが、もし全量を工業用水に頼れば相当のコスト負担が生じる。工業用水単価は自治体により差があり、最高 65 円/ m³ から 20 円未満までであるが、平均に近い 25 円/ m³ として年産 200 千トンの銅製錬所で稼働率 93% の場合、28 億円/年ほどのコスト負担となる。

チリ国においては銅鉱山の開発のネックとなっているのは、選鉱で大量に使用する用水であり、チリ国政府がサラールとよばれる干潟の地下からポンプアップする量を割り当てている。冬季にアンデス山脈に降る積雪が地下水となって水の供給があるチリ国と違い、モンゴル国の Oyu Tolgoi、Tsagaan Suvarga などの銅鉱山が操業・開発されている南ゴビ地域に製錬所を建設する場合にはチリ国より更に厳しい条件となろう。

(d) ユーティリティ費用の占める比率

以上に述べたユーティリティ費用の中で最大の電力コストについて、年産 200 千トンの銅製錬所を操業する場合に必要な電力コストを各国の推定単価から算出して纏めた（表 5.3.3）。これらの電力単価は、米国および日本は最新データに基づいているが、そのほかの国はインターネット情報から推定した。

- ▶ 日本 11.1 US\$/KWh (2014 年 6 月以降四国電力の業務用 20,000V 特高単価に基本料金を加算、1 US\$=100 円)
- ▶ 米国 7.00 US\$/KWh (2014 年 3 月産業用全米平均値)
- ▶ 中国 10 US\$/KWh (2013 年 5 月産業用)
- ▶ チリ国 15 US\$/KWh (2006 年の 10.7 US\$/KWh と現状スポット 25 US\$/KWh からの推定)
- ▶ モンゴル国 7.4 US\$/KWh (2013 年 8 月実績値 130 MNT/KWh、1US\$ = 1,750MNT)

下記条件で計算した製錬所の硫酸を除く収入は下記の通り。

- ▶ 製錬実収率：98%
 - ▶ TC: 92 US\$/conc-DMT、RC: 9.2 US\$/lb (2014 年の Freeport-McMoran と中国の Jiangxi Copper の合意金額(Reuter 社情報))
 - ▶ 銅精鉱品位：25% (金、銀などの副産物を含まない)
 - ▶ 支払対象銅量：96% (= (25-1)/25)
 - ▶ 銅価格：3.2 US\$/lb
 - ▶ 年間収入： $92 \times (200,000 \div 98\%) \div 25\% + 0.092 \times 200,000 \times 96\% \times 2,204.62 = 114$ 百万 US\$
- この製錬所収入に占める電力コストの国別の比率も合わせて表 5.3.3 に示した。

表 5.3.3 生産規模 200 千トン/年の銅製錬所における国別の電力費用

		Japan	USA	Chile	China	Mongolia
Electricity consumption (MWh/y)	442,000-610,000					
Electricity unit price(US\$/KWh)		0.111	0.07	0.15	0.10	0.074
Electricity cost (MUS\$/y)		49-68	31-43	66-92	44-61	33-45
Ratio of electricity cost(%)		56-78	36-50	76-106	51-70	38-52

(出典：調査団作成)

年産 200 千トン製錬所の収入 114 百万 US\$には、硫酸の売上を含まず、金、銀など副産物の製錬費収入もない極端なケースであるが、電力単価が最も低い米国でも電力コストは最大で収入の 50%を占めている。日本の場合には原子力発電所の停止で電力代が上昇傾向にあるとは言え最大で収入の 78%を占めている。計算上チリ国では最大で収入より電力費用が大きい結果となっている。データソースの信頼性に問題がある可能性はあるが、いずれの国でも操業費の中で電力コストの負担比率が大きいことは確かであろう。

5.3.2 技術的側面

製錬業は膨大な電力量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が発生する。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策にも力点を置く必要がある。特に内陸国の場合には河川は国境を越え、大気は隣国に直接的に影響を与える。鉱山の場合と同様にモンゴル国など発展途上国で製錬所を新規に建設・操業する場合にも、現状の世界標準の基準を適用せざるを得ないであろう。

更に、日本やヨーロッパでは貴金属を含むメタルリサイクルや産業廃棄物処理など資源循環型社会における「都市鉱山」としての機能にも注目が集まっている。特にスクラップ・貴金属基盤類の処理は、製錬所の収益力の源泉としても重要性を増している。

(1) 環境

(a) 廃水処理

製錬所における処理対象となる主要廃水源は下記の通り。

- ▶ 溶錬で発生する燃焼ガスから硫酸製造工程のガス洗浄設備で除塵した廃水
- ▶ スラグの水砕工程で発生する水砕用水
- ▶ 電解廃液
- ▶ 装置設備の冷却水
- ▶ 溶錬設備周辺の敷地内・道路を流れた雨水

溶錬で発生する燃焼ガスの洗浄により硫酸を製造する。1960 年代後半までは製錬所で発生する SO₂ ガスが米国、ヨーロッパ、日本などで環境上大きな問題として顕在化したことから、その対策として導入され、硫酸が製造されるようになった。洗浄後の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水質基準以下へ低減する処理が必須である。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、適宜用水の補給とともに使用済み用水を処理設備に送水する必

要がある。

これら製錬の各工程からの主要廃水は発生源毎に性質が同じでないため、発生源別にそれぞれ予備的な水処理を行った後、廃水処理設備に導水させて最終処理を行った後に放流するのが一般的である。

(b) スラグ

溶錬工程では、銅を多く含む熔融マットと精鉱中の銅成分以外のシリカ・鉄分に富む熔融スラグに分離される。熔融スラグは水砕工程で急冷・破碎され、砂礫状の水砕スラグとして回収される。一般的に銅製錬で生成されたスラグ中には、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により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微量に含まれる有害金属成分が溶出することはない。そのため、スラグは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できる。銅品位 25% 程度の精鉱から、ほぼ銅量の 3 倍のスラグが発生する。

(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など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設備で回収する。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が多い。その結果、鉛や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。

(2) 省エネルギー・炭酸ガス排出量の抑制

操業費に占める電力コストの比率が大きい銅製錬所にとって大きな課題は省エネルギーで、現場での地道な積み上げが必要である。また省エネルギーと直接リンクする課題として、炭酸ガスの排出も製錬所にとっては無視できない大きな課題である。

日本の国内製錬会社は、京都議定書に定めた 1990 年の炭酸ガス排出量を基準として 2008~2012 年の 5 年間平均値での 6% 削減に向けて、業界の自主規制で取り組んできた。2008~2011 年間の 4 年間で銅、亜鉛、鉛、ニッケル、フェロニッケルの 5 つを対象とした国内製錬所の地金生産量の合計は 1990 年比で 10.6% 増加したにも関わらず、エネルギー使用量は平均 3.9% 減少した(表 5.3.4)。その結果、同じ期間の炭酸ガス排出量の実績平均値は 1990 年比で平均 4.7% 減と約束の 6% には達していないが、地金 1 トン当りの排出原単位では 13.7% を達成している。

表 5.3.4 日本の国内製錬所のエネルギー使用量と炭酸ガス排出量の推移

	1990	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total production(1,000t)	2,325	2,699	2,667	2,707	2,660	2,671	2,766	2,773	2,589	2,577	2,658	2,459
Copper production ratio (%)	44.0	52.8	52.5	52.8	51.9	51.7	55.3	56.8	59.5	56.1	58.3	53.9
Energy consumption (1,000 Kl)	2,053	2,167	2,150	2,155	2,157	2,076	2,062	2,045	1,961	1,975	2,049	1,912
Reduction rate to 1990		5.6%	4.7%	5.0%	5.1%	1.1%	0.4%	-0.4%	-4.5%	-3.8%	-0.2%	-6.9%
CO2 Emission (1,000t)	4,865	5,024	5,020	5,159	5,096	4,968	4,825	4,915	4,632	4,517	4,657	4,741
Reduction rate to 1990		3.3%	3.2%	6.0%	4.7%	2.1%	-0.8%	1.0%	-4.8%	-7.2%	-4.3%	-2.5%
Energy consumption rate (Kl/t)	0.883	0.803	0.806	0.796	0.811	0.777	0.745	0.738	0.757	0.767	0.771	0.778
Reduction rate to 1990		-9.1%	-8.7%	-9.9%	-8.2%	-12.0%	-15.6%	-16.4%	-14.3%	-13.1%	-12.7%	-11.9%
CO2 emission rate (t-CO2/t)	2,092	1,861	1,882	1,906	1,916	1,860	1,745	1,772	1,789	1,753	1,752	1,929
Reduction rate to 1990		-11.0%	-10.0%	-8.9%	-8.4%	-11.1%	-16.6%	-15.3%	-14.5%	-16.2%	-16.3%	-7.8%

(出典：日本鉱業協会, 2012 に加筆)

(3) メタルリサイクルおよび産業廃棄物処理

日本の製錬所が対米ドルに対して円高となり TC/RC 収入の目減りにより陥った苦境を切り抜けてきた要因の一つが、スクラップを原料とするメタルリサイクルである。資源多消費型の社会においてリサイクルは今後避けて通れない側面があり、循環型社会構築に向けて日本やヨーロッパで進んでいる。日本を例にすると、各種の非鉄金属のリサイクル率が高くなり、銅地金の 14% はリサイクル原料から生産されている (表 5.3.5)。

表 5.3.5 日本の製錬所のリサイクル原料比 (2010 年)

	Production (1,000t)	Recycle metal(1,000t)	Recycle ratio
Cu	1,499	215	14.3%
Zn	561	114	20.3%
Pb	216	106	49.1%
Ni	42	0.16	0.4%
Total	2,318	435.16	18.8%

(出典：日本鉱業協会, 2012)

また、銅スクラップ以外にこの 10 年で銅製錬所において少しずつ処理量が増えているのが廃家電製品、廃パソコン、携帯電話を始めとする機器類の基盤である。銅スクラップに比べて量的には少ないが、銅以外に金、銀を含むため製錬所にとってもメリットがある(表 5.3.6)。

表 5.3.6 電子機器基盤類の品位

	Cu (%)	Au(g/t)	Ag(g/t)
Waste electronic substrate	20-30	200	1,000
Waste electronic parts	30-50	400	5,000
Waste cellular phone	25-30	400	3,000
Coated copper wire waste	40-75	-	-

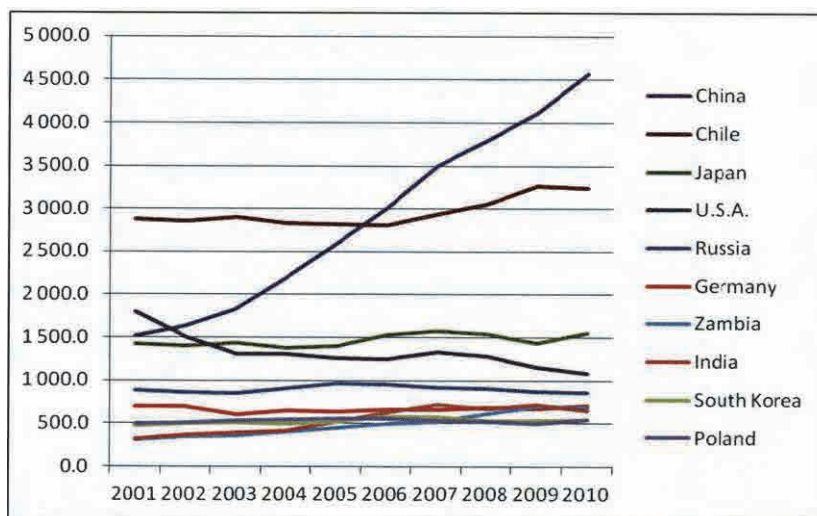
(出典：資源と素材, 1997)

5.3.3 中国の存在

中国の銅生産量が米国を抜いてチリ国、日本に次いで世界三位となった 2000 年代初頭頃から中国は安価な TC/RC で銅精鉱市場での存在感を増して行った。急激な国内需要増を背

景に安い製錬費による攻勢で中国の銅生産量は増加の一途をたどり 2002 年には日本、2005~2006 年にかけてチリ国を追い抜いて世界一位の座を獲得した (図 5.3.4)。

2000 年中頃以降は、大手メジャーと呼ばれる鉱山会社と中国の製錬会社の間における TC/RC の値決めを含む買鉱交渉では、次第に中国側に有利な流れとなって来ていると思われる。銅価格が現在(2014 年前半)よりやや高い 2007~2008 年および 2013 年前半の TC/RC を比較すると理解できる。2007 年頃は 50/5~60/6 程度であったが、2013~2014 年はそれより銅価格がやや低めであるにも関わらず、TC/RC は 70/7~90/9 のレベルまで上昇している(表 5.3.1)。



(出典：World Metal Statistic Yearbook, 2011)

図 5.3.4 国別の銅生産量の推移

1877 年設立以来、英国独特の古い慣習にしたがって運営されてきた LME は 1987 年に新たに設立された London Metal Exchange Limited に引き継がれた後、2012 年に香港取引所 (HKEx) に買収されている。世界の銅ビジネスにおける中国の支配力が強くなった証である。

このように世界の銅消費量の 50% を占める中国は、価格を決める LME も中国資本の傘下に収めたことにより、銅精鉱および銅地金の市場で強大な支配力を手に入れた。市場経済の中でのプレイヤーとは言いながら、レアアースの輸出コントロールの件もあり、巨大になり過ぎた中国はほかの国の製錬業にとって、先行きの不安要因となる可能性もある。

第6章 モンゴル国の鉱物資源政策および関係法令

6.1 鉱物資源開発分野に係る政策

モンゴル国における鉱物資源開発分野に関する政策には、鉱物分野開発の目標と基本方針に係る国家総合開発政策(Comprehensive National Development Policy, 2008)、国家安全保障に係る政策(Mongolia's Policy for National Security(2010))がある。これらに基づいて2014年1月には新たな鉱物資源分野における国家政策(2014~2025年)がモンゴル国国家大会議で決議された。

6.1.1 鉱物資源開発分野における国家政策(2014~2025年)

この新しい鉱物資源分野国家政策の骨子は以下の通りである。

【政策の基本理念】

- (1) 鉱物資源分野に於ける国家政策は民間企業に頼った、透明性と責任性のある鉱業を開発し、短期および中期において複数の安定した柱を持つ経済構造を構築し、国民の基本的な権益を確保することを方針とする。
- (2) 鉱物資源分野における国家政策は、投資の安定的な環境を形成し、自然環境に影響の少ない最新技術・機械の導入およびイノベーションを図ることによって鉱物資源の探査や採掘、加工などの質を高め、付加価値のある製品を生産し、国際市場での競争力を強化することを目的とする。
- (3) 鉱物資源分野に於ける国家政策の改善にあたり、ほかの分野の政策との関連性を重視する。

【政策の基本原則】

長期的な鉱物資源分野開発の見込み、およびモンゴル国のミレニアム開発目標をベースにした国民開発総合政策文書に基づき、経済、社会にもたらす効果を国民に付与するため、鉱物資源分野に於ける基本原則を次のように定義する。

- (1) 鉱物資源分野に於ける政策の長期的安定を確保するため法令・税環境においてあらゆる決断を下す際、調査と分析に基づき、関係者の法的権利を損なわないこと。
- (2) 採掘、加工生産において人間の健康、自然環境に悪影響の少ない最新技術・機械、イノベーションを支援すること。
- (3) 鉱物資源分野の開発にあたり、国家機関と民間企業がオープンで透明性と責任性のある姿勢を保持すること。
- (4) 鉱物資源分野において投資家は法令を順守し、互恵的な協力と優れた企業統治を支援すること。
- (5) 鉱物資源分野に於ける政策実施にあたり、国家は投資家らに同等な条件を与え、財産の形態による差別を行わないこと。

- (6) 国有、または私有資金で実施されている段階の地質調査・採掘・加工作業に関する情報を法律で制限されていない限り公開する
- (7) 鉱物資源分野の労働安全・衛生法や基準を国際レベルに見合うよう改善し、実施を確保する。
- (8) 登録・許可・管理段階に於ける国家調整を最適化し、鉱物資源探索・採掘作業への関与を適切な水準に抑える。

【政策実施により期待される成果】

- (1) 地質調査、探査作業を国家政策にしたがって実施し、国の開発可能な鉱物資源埋蔵量を高め、鉱業分野の安定した長期的開発の基盤を形成する。
- (2) 鉱物資源の埋蔵を完全に適切な水準まで採掘し、自然環境に悪影響の少ない技術を活用し、加工レベルを上げることによって付加価値の付いた製品の生産量と種類が増加する。
- (3) 採掘、加工作業において総合基準を導入し、生産の全ての過程・段階に労働安全・衛生条件を整備することによって労働災害が減少する。
- (4) 鉱業案件に次いでインフラ開発（道路網、発電所、都市・中心地）のあり方が明確になり、長期計画が可能になる。
- (5) 大規模の生産地が数多く作られることによって過度な人口集中が収まる。
- (6) 鉱物資源およびインフラ分野に専門的な人材が育成され、国民に於ける専門職員の人数と職場が増加し、失業率は減少する。
- (7) 自然環境保護、鉱床活動停止、リカバリー、長期モニタリングなどの活動が責任と計画性を持って、法令および国際基準に従い実施される。
- (8) エコロジーのバランスを保ち、健康でエコ食料品を生産するため河川、源流・流域、森林地帯、農地、肥沃な牧草地、砂漠のオアシス、湖や池の周辺の採掘・加工作業を制限し、国民が健康な食料品を使用し、安全な環境に生活する条件が整う。
- (9) 鉱物資源分野に於ける全ての活動は法律や規制にしたがって行われ、公衆に透明・公開的で、新しい法令・規制の作成と大規模な案件の実施にあたり公共の意見を取り入れ、決定に反映させる法的環境が形成される。
- (10) 現在の鉱物資源分野に快適なビジネス環境が整い、鉱物資源市場において鉱物製品の売買が公開的で国際基準にしたがって行われる条件が満たされる。

6.2 鉱物資源法

1997年に制定されたモンゴル国の鉱物資源法では、国内のみならず国外の申請者に対しても鉱区が解放されており、税の優遇措置を受けることも可能であった。このため、貴重な資源の国外持ち出しにより自国の利益が損なわれるなどの意見が国内で出ていた。このような背景から、2006年7月に鉱物資源法の一部の改定が行われた。この時の改定では環境保護に繋がることも期待された。

2006年の鉱物資源法改定の概要は以下の通りである。

(1) 国による鉱業権保有比率（第5条）（新たに導入された規定）

「戦略的鉱床（Strategically important deposits）」について、国の予算により調査したものについては上限 50%、それ以外については上限 34%まで国が参入できるようになった。

(2) ライセンス（探査権、採掘権）保有資格（第7条）

従来は個人でも保有できた「探査権」について、改定後は法人格でなければ探査権の保有ができなくなった。ただし、地面を掘らない調査はライセンス不要で誰でも実施可能である。

(3) ライセンスの有効期間（第21条・第22条：探査権、第27条・第28条：採掘権）

ライセンスの有効期間が以下のように変更になった。

探査権：最長 9 年（当初 3 年+3 年延長×2 回）

改定前は最長 7 年（当初 3 年+2 年延長×2 回）

採掘権：最長 70 年（当初 30 年+20 年延長×2 回）

改定前は最長 100 年（当初 60 年+40 年延長）

(4) 投資協定（第29条）

政府と企業が締結する協定である。資源開発には膨大な投資が必要なため、開発の最初の 5 年間に一定規模以上の投資を行う場合にはその後税率の変更などがあっても適用しない旨協定を締結し、投資環境を安定させることにより外国投資誘致を促進するという目的がある。投資額に応じて、5 年、15 年、30 年間の法人税などの直接税や輸入税の固定化が保証される。

(5) 鉱区税（第34条）

1997 年に制定された鉱物資源法には規定されていない、毎年一定額以上の探査費用を採鉱会社が国に支払う義務が新たに規定された。鉱区税と最低探査費用の概要を表 6.2.1 に示す。改定前は鉱区税だけを払うことで鉱区の所有権を維持できていたが、改定後は年度毎の探査報告が義務付けられ、鉱区に応じた最低費用以上を費やす探査を実施しない場合は権利を喪失する規定が追加された。これにより転売を目的とした鉱区取得を抑えることが可能となった。

表 6.2.1 鉱区税と最低探査費用

鉱区税	最低探査費用
探査権：1ha 当たり、 1 年目 → 0.1US\$ 2 年目 → 0.2US\$ 3 年目 → 0.3US\$ 4～6 年目 → 1.0US\$ 7～9 年目 → 1.5US\$ (9 年間探査を行うと 1ha 当たり 8.1US\$)	1ha 当たり、 1～3 年目 → 0.5US\$ 4～6 年目 → 1.0US\$ 7～9 年目 → 1.5US\$ (9 年間探査を行うと 1ha 当たり 9.0US\$)
採掘権：1ha 当たり、15.0US\$/年 (石炭の場合は 1ha 当たり 5.0US\$/年)	

(出典：JICA, 2013)

(6) 外国人雇用の上限（第 43 条）（新たに導入された規定）

旧法では「ライセンス所有者は探査・採掘に当たりモンゴル人を雇うこと」という規定のみだったが、新たに「外国人労働者は 10%を超えてはならない」ことが規定された。

(7) 環境保全義務（第 35 条～第 40 条、第 66 条（罰則））

新たに導入された義務で、ライセンス保有者は環境保全計画を作成し、政府に提出し、それを守らなければならない。法令遵守違反者に対しては 2 ヶ月間の鉱業活動停止、また、環境に深刻な損害を与えた場合には今後 20 年間のライセンス発行禁止の罰則がある。

(8) 情報提供（第 48 条）（新たに導入された規定）

ライセンス保有者は一般市民向けに、鉱物資源の総販売額、納税額を含む生産・販売関係の情報を公開しなければならない（罰則：第 66 条により最高 100 万 Tg の罰金）。

(9) ロイヤリティー（第 47 条）

ロイヤリティーは、鉱物資源の販売価格（Sales value）の 5%に改定された（改定前は 2.5%で、金のみ 7.5%）。ただし、国内向け燃料用石炭と広範囲に存在する鉱物資源については 2.5%に据え置かれた。

6.2.1 2011 年の改定

2011 年に新たに改定されたロイヤリティーに関する法規の概要は以下の通りである。

- ・ライセンスの所有者は、鉱区から採鉱・販売した、あるいは販売の目的で輸送、または利用したすべての種類の製品の販売価格を基に計算された鉱物資源利用ロイヤリティーを国家予算および地方予算に収める。
- ・国内で販売している石炭および鉱物資源の利用ロイヤリティーは、該当する鉱物資源の鉱区から採鉱・販売した、あるいは販売の目的で輸送、または利用した製品の販売価格の 2.5%に相当するものとする。
- ・2011 年 12 月 23 日の法改定で、鉱物資源ロイヤリティー額の規定における「広範囲に存在する鉱物資源」を「石炭」と修正し、2013 年 1 月 1 日から遵守する。
- ・本法の第 47 条 3.1 項（国内で販売している石炭および鉱物資源のロイヤリティー額の規定）に定めた鉱物資源を除いたその他の鉱物資源の利用ロイヤリティーの最低額は、該当する鉱物資源の鉱区から採鉱・販売した、あるいは販売の目的で輸送あるいは、利用した製品の販売価格の 5.0%に相当する。
- ・前記に加え、該当する製品の市場価格水準に対応した比率（本法の第 47 条 2 項）を反映したものを鉱物資源利用ロイヤリティーとして課する。

6.2.2 2014 年の改定

2014年1月にモンゴル国国家大会議で決議された鉱物資源分野における国家政策（2014～2025年）に基づく鉱物資源法の改定案が、2014年7月8日にモンゴル議会で承認された。今回の改定では、投資家の権利を保護することと2006年に改定された鉱物資源法の基本政策

を維持することを基本方針としている。改定の目的は以下の通りである。

- ① 2014年1月に決議された鉱物資源分野における国家政策と鉱物資源法の規定を一致させること。
- ② 国際マーケットでの競争力を持つために企業を支援すること。
- ③ 資源探査分野への投資を呼び込むために魅力的な条件を提供し、国土の15～20%に相当する範囲（鉱区）を民間に開放すること。

主な改定等は以下の通りである。

- ・モンゴル鉱物資源庁（MRAM）がライセンスを発行する責任を持ち、ライセンス保有者をモニターする主たる監督当局である体制を維持する。
- ・以下のような機能を持つ地質調査局（National Geological Bureau）を設立する。
 - 地質調査、地質マッピング、その他の地質関係調査を実行する。
 - 資源探査のために、鉱床地域および鉱区の評価を行う。
 - 地質および鉱物に関するデータベースについての情報サービスを提供する。
 - 全国の鉱物データベースを維持し、更新する。
- ・安定した監督体制を保証し、競争力を増大させ、鉱業の振興を図るために鉱業省による特別諮問委員会を設立する。
- ・探査権の期間を3年延ばして12年に延長する。
- ・2006年の鉱物資源法改定で規定された戦略的鉱床の概念を維持する。

6.3 戦略的鉱床指定についての課題

モンゴル国政府は Erdenet 鉱山や Oyu Tolgoi 鉱山等の大規模鉱山を戦略的鉱床に指定し、国として資本参加している。その意義と効果、また課題について以下のように若干の検討を行った。

6.3.1 戦略的鉱床指定の意義

戦略的鉱床は、鉱物資源法(Minerals Law of Mongolia)の第4条で、国家安全保障上、経済・社会開発上インパクトを与えるポテンシャルのあるもの、またはモンゴル国内総生産の5%以上に相当する生産高、あるいは生産能力を有する鉱床として定義されている。また第5条では国家による資本参加について、国家予算により調査を行った鉱床については上限50%、それ以外については上限34%まで国が参入できると規定されている。なお、戦略的鉱床として15箇所、戦略的鉱床候補として39箇所の鉱床が登録されている。

6.3.2 資本参加による国家の鉱山監督

国家は戦略的鉱山に資本参加することで、会社の経営や鉱山の操業について深く関与することが可能となる。これにより、鉱山会社の会計、労働衛生安全、鉱床資源管理、環境保護などの実態を把握し、適切な判断、処置を行うことができる。

一方で、国家が大きな権益を持っても、鉱山を監督する立場と監督される立場が同じ政

府であるという矛盾は避けがたい。この矛盾をできるだけ避けるには、例えば政府と独立した経営組織を作ることが考えられる。これにより監督する立場と、操業部門との区分が明瞭となり、責任が明らかになる。この例として、チリの CODELCO やインドネシアの ANTAM などをあげることができる。

6.3.3 リスクの大きな鉱山業への国家の資本参加

鉱山業は成功した場合には収益も大きい、リスクも大きい産業である。主なリスク要因として以下のようなことが挙げられる。

- 限られた地下の地質情報を基に地質を推定し、鉱量を計算しなければならない。
- 莫大な建設資本と長い建設期間が必要である。
- マーケットの変動が大きい。

このような大きなリスクを抱えた鉱山業に、財政的に余裕のない国家が大きな割合で資本参加することは国家の財務に大きなリスクを課すことになる。このようなリスクを軽減するために、資本参加の割合については慎重に検討すべきである。

6.3.4 資本参加に依らない鉱山管理

資本参加割合を減らしても、以下のような方法により安全保障や国家経済への影響を管理することが可能であると考ええる。

- 政府の許認可権、調査権、企業の報告の義務などを十分に活用して鉱山管理を強化する。
- モンゴル国への大きな投資はモンゴル国の市場に上場した法人に限るものとする。
- SEDAR (カナダ) や EDGAR (米国) のような上場会社の経営情報公開システムを作る。
- 上場会社の義務として、会社の資産である探鉱結果や鉱量を国際的な基準で公開させる。
- EITI (Extractive Industry Transparency Initiative : 採掘産業透明性イニシアティブ) を活用する。これは国際的鉱山会社等には経理内容に透明性を、資源保有国にはその税金やロイヤルティなどに透明性を要求するものである。なお、モンゴル国もこの EITI の参加国である。

6.4 銅プログラムの概要

本プログラムは、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、および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実なものとし、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決めることを目的としている。このプログラムは鉱山開発よりもむしろ銅精鉱の加工に力点を置いている。

モンゴル国政府の主導のもと、銅資源を有効に利用し、産業を育成し、銅精鉱で輸出している現状を、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としての収入を増やし、より多くの国民に働く場を提供しようとする

ものである。

本プログラムの作業案では以下の項目を具体策として指定している。

- 銅精鉱の売上収入から経済効果を向上させる税環境の改善。
- 熟練した人材の養成。
- 学問、研究、調査、実証などの活動の拡張。
- 銅の酸化鉱と廃石を硫酸リーチングにより処理し、純銅を抽出する技術活動の支援。
- 銅プログラムを実施する実務組織を設立し、業務を遂行させる。
- Erdenet 鉱山および Tsagaan Suvarga 鉱床の銅精鉱を原料にする製錬所の建設。
- 硫酸と混合する溶媒技術を確保し、化学産業開発の基盤を作る。
- Oyu Tolgoi 銅金鉱山の開発起業の一環として、二つめの銅製錬所を Sainshand 工業団地に建設する。
- アノードのスラグから金、銀を精製する事業を段階的に実施する。

上記について3期に分けて実施することが検討されている。

第1期（2014 - 2016年）：法的環境の整備を行い、Erdenet と Tsagaan Suvarga 精鉱を使用して年20万トンの銅地金を生産する第1製錬所をErdenet近郊に建設する。

第2期（2016 - 2020年）：Oyu Tolgoi の精鉱を処理する第2製錬所をSainshand工業団地に建設し、稼働させる。

第3期（2020 - 2025年）：スラグから貴金属の回収を行う工場を建設する。

6.5 投資政策

6.5.1 外国投資政策

モンゴル国政府は1990年代の政治・経済体制の改革以来、経済の対外開放を進め、雇用創出、技術移転などを進めるため、外国直接投資を促進する政策を進めている。外国投資の窓口となる機関は、経済開発省の外国投資調整・登録局（Foreign Investment Regulation and Resistration Department : FIRRD）である。

モンゴル国政府は、外資系企業の対内投資減少による外貨準備高の減少や通貨トグルグ安などへの対策として、2013年10月の秋期国会で「投資法」と「投資基金法」を成立させるとともに関連する規則も修正し、11月1日から施行することとした。これに伴い、「外国投資法」や投資減少の要因の1つとなっていた「戦略的業種への外国投資管理法」は廃止された。

6.5.2 投資法

政府は中国国有企業による鉱山の間接的買収を阻止するため、2012年5月に戦略的業種への外国投資管理法を急ぎょ施行した。これにより買収は回避できたものの、法律を十分周知しなかったことや、関連する規則の発効が遅れたことなどから、外国の投資家に不信感を抱かせることとなった。それ以前にも政府は、2009年7月に「河川の水源保護区および森林保護区での資源探査・採掘を禁止する法律」、2010年6月に「資源探査ライセンスの新規発行を停止する法律」を施行した。これにより、資源探査ライセンスは有効期限

の3年を過ぎた場合に、新規発行されなくなったため、外資系企業による鉱山権益への投資や砂金鉱山の操業が停止し、金採掘による税収入や外貨準備高への繰り入れも減少した。

こうした要因が重なり、2012年第3四半期以降、外国からの投資は減少した。さらに、Oyu Tolgoi 鉱山投資の第1フェーズが終了したこともあり、2013年上半期の対内投資は前年同期比42.0%減となった。投資の落ち込みに加え、貿易赤字により外貨準備高が減少しており、トグルグ安による輸入品の物価上昇もあって経済に大きな影響が生じている。

政府は対内投資の増加によって苦境を脱するため、投資環境改善を目的とした法改正を行い、従来の「外国投資法」、「戦略的業種への外国投資管理法」を廃止し、新たに「投資法」を成立させた。

6.5.3 投資基金法

これまでモンゴル国では、投資ファンドについての法律が制定されておらず、関連する問題の一部は証券市場法で規定されていた。しかし個人年金基金や個人の会員制投資ファンドが増加し、法整備の必要が生じていた。そこで、適切な市場を形成し、資本市場の発展を促進・支援する条件を整えるため、共同出資機関の法的ステータス、要求事項、事業原則を明確にし、外国投資機関がモンゴル国で事業を行う際の問題に対処できるよう、投資基金法を制定した。これにより、中小企業にとっては銀行融資以外にも資金調達源ができ、国民にとっては新しい資産運用方法として投資信託会社の活用や専門的投資マネジメントサービスを受けることが可能になる。

投資基金法は全11章で構成され、投資ファンドの事業についての総合的規定、形態・種類、基金の運営、設立および清算のプロセス・手順、投資ファンドの活動、政府の調整、投資マネジメント会社、基金の資本登録・保管などの基本的問題が盛り込まれた。投資基金法の主な内容は以下のとおり。

- 投資ファンドは共同投資と個人投資の2種類に分類される。
- 投資ファンドや関連サービス提供者に対し政府が与えた事業認可は、収益の保証とは見なさず、これらの活動によりもたらされた損害を政府は保証しない。
- 投資ファンドの活動期間は、投資ファンドの形態にかかわらず10年以下とする。
- 投資ファンドの運用益については、投資ファンドにではなく、投資家に対して所得税として課税する。