

経済産業省委託事業

令和 3 年度重要技術管理体制強化事業
(諸外国における鉱物資源戦略調査)

令和 4 年 3 月 25 日

 **NIPPON STEEL | 日鉄総研株式会社**

目次

1 はじめに	1
2 各国の鉱物資源政策	2
2-1 主要国が指定する重要鉱物	2
2-2 各国の鉱物資源戦略	4
(1) 米国における重要鉱物の選定	4
(2) 欧州における重要鉱物の選定	5
(3) 欧米の重要鉱物資源政策の比較	6
(4) 中国の政策	8
2-3 探鉱費予算からみる各国の投資状況	16
(1) 世界の探鉱費予算の趨勢	16
(2) 日本の探鉱費予算の推移	20
(3) 米国における探鉱費予算の推移	22
(4) 欧州連合における探鉱費予算の推移	24
(5) 中国における探鉱費予算の推移	27
(6) 豪州における探鉱費予算の推移	30
(7) インドにおける探鉱費予算の推移	31
3 銅	33
3-1 サプライチェーン概況	33
(1) 鉱石埋蔵量、銅精鉱・粗銅・銅地金生産量、銅地金消費量	33
(2) 銅精鉱・粗銅・銅地金輸入量	35
3-2 主要な資源調達国が海外に保有する権益	38
(1) 鉱山における主要国の権益	39
(2) 主要な資源調達国企業の出資先（鉱山、製錬・精製企業）	43
3-3 生産コストカーブの分析	45
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	45
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	49
3-4 鉱山の CO2 排出量・水使用量の分析	52
(1) GHG 排出量と水使用量の関係	52
(2) 地域別の比較	57
(3) 鉱石種別の比較	58

(4) 品位と GHG 排出量、水使用量の関係.....	59
3-5 鉱山保有国の資源保護政策と日本の政策.....	62
(1) 鉱山保有国の資源保護政策.....	62
4 ニッケル	64
4-1 サプライチェーン概況.....	64
(1) 鉱石埋蔵量、ニッケル鉱石・一次ニッケル生産量、一次ニッケル消費量.....	64
(2) ニッケル鉱石・一次ニッケル輸入量	65
4-2 主要な資源調達国が海外に保有する権益.....	68
(1) 鉱山における主要国の権益.....	69
(2) 主要な資源調達国企業の出資先（鉱山、製錬・精製企業）	72
4-3 生産コストカーブの分析	75
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	75
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	79
4-4 鉱山の CO2 排出量・水使用量の分析	81
(1) GHG 排出量と水使用量の関係.....	81
(2) 地域別の比較	85
(3) 鉱石種別の比較.....	86
(4) 品位と GHG 排出量、水使用量の関係.....	87
4-5 鉱山保有国の資源保護政策と日本の政策.....	89
(1) 鉱山保有国の資源保護政策.....	89
5 コバルト	91
5-1 サプライチェーン概況.....	91
(1) 鉱石埋蔵量、コバルト鉱石・地金生産量.....	91
(2) コバルト鉱石・地金輸入量.....	92
5-2 主要な資源調達国が海外に保有する権益.....	94
(1) 鉱山における主要国の権益.....	95
(2) 主要国企業の出資先（鉱山、製錬・精製企業）	98
5-3 生産コストカーブの分析	101
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	101
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	105
5-4 鉱山の CO2 排出量・水使用量の分析	107
(1) GHG 排出量と水使用量の関係.....	107
(2) 地域別の比較	109

(3) 鉱石種別の比較.....	109
(4) 品位と GHG 排出量、水使用量の関係.....	111
5-5 鉱山保有国の資源保護政策と日本の政策.....	112
(1) 鉱山保有国の資源保護政策.....	112
(2) 主要鉱種のまとめ（コバルト）	112
6 リチウム.....	114
6-1 サプライチェーン概況.....	114
(1) リチウム埋蔵量、鉱石（かん水・鉱石）生産量.....	114
(2) リシア鉱石（輝石）輸出量、炭酸リチウム・水酸化リチウム輸入量.....	115
6-2 主要な資源調達国が海外に保有する権益.....	118
(1) 鉱山における主要国の権益.....	118
(2) 主要な資源調達国企業の出資先（鉱山、製錬・精製企業）	120
6-3 生産コストカーブの分析	121
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	121
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	126
6-4 鉱山の CO2 排出量・水使用量の分析	129
(1) GHG 排出量と水使用量の関係.....	129
(2) 地域別の比較	133
(3) 品位と GHG 排出量、水使用量の関係.....	133
6-5 鉱山保有国の資源保護政策と日本の政策.....	135
(1) 鉱山保有国の資源保護政策.....	135
(2) 主要鉱種のまとめ（リチウム）	135
7 その他の鉱種.....	137
7-1 グラファイト	137
(1) 資本系列別鉱山保有状況.....	137
(2) 開発段階別鉱山数.....	140
(3) 中国資本による権益保有状況.....	141
7-2 金.....	142
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	142
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	146
(3) GHG 排出量と水使用量の関係.....	147
7-3 鉄鉱石	148
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	148

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	152
(3) GHG 排出量と水使用量の関係	153
7-4 鉛	154
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	154
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	158
(3) GHG 排出量と水使用量の関係	159
7-5 モリブデン	160
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	160
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	164
(3) GHG 排出量と水使用量の関係	165
7-6 パラジウム	166
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	166
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	170
(3) GHG 排出量と水使用量の関係	171
7-7 プラチナ	172
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	172
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	176
(3) GHG 排出量と水使用量の関係	177
7-8 ロジウム	178
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	178
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	182
(3) GHG 排出量と水使用量の関係	182
7-9 銀	183
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	183
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	187
(3) GHG 排出量と水使用量の関係	188
7-10 U ₃ O ₈ （八酸化三ウラン）	189
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	189
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	193
(3) GHG 排出量と水使用量の関係	194
7-11 亜鉛	196
(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷	196
(2) 中国資本の鉱山権益取得状況	200
(3) GHG 排出量と水使用量の関係	201
7-12 マンガン	202
(1) 主要鉱山の生産量	202

(2) 主要鉱山の生産量の推移	204
(3) 中国資本の鉱山権益取得状況	205

8 調査を踏まえての考察 207

Appendix1 209

(1) 鉱山の GHG 排出量と水使用量の LCA.....	209
(2) 鉱山 LCA として CO ₂ 排出量の実測の事例.....	211
(3) 各鉱物の鉱山における LCA	213
① 銅製造の各工程における GHG 排出量と水消費量（IDEA の LCI データからの換算）	214
②ニッケル製造の各工程における GHG 排出量と水消費量（IDEA の LCI データからの換算）	215
③リチウム製造の各工程における GHG 排出量と水消費量（IDEA の LCI データからの換算）	216
④銅・ニッケル・リチウムの鉱山（採掘・選鉱）における GHG 排出量と水消費量の比較	218

Appendix2 219

(1) 銅	219
(2) ニッケル	221
(3) リチウム	225

1 はじめに

2015 年の COP21 におけるパリ協定以降、多くの国が地球規模の課題である気候変動問題の解決に向けて取組を進めており、現在、120 以上の国と地域が「2050 年カーボンニュートラル (CN)」という目標を掲げている。CN 達成のために、各国において次世代自動車や再生可能エネルギー関連設備の導入が急速に進められており、特定の国に資源が集中しているレアアースやレアメタル（以下、「レアメタル等」とする。）が、必要不可欠の鉱物となっている。このため各国とも鉱物資源戦略の策定及び国外鉱山権益の確保、国内資源の探索・防衛、国家備蓄等の取組を強化し、鉱物資源の安定供給確保に向けての方策を模索している。今後の我が国の産業を考えるに、次世代自動車、半導体、医療機器等の先端技術産業に依存していくと考えられ、そのいずれもが、レアメタル等を必要としている。我が国はレアメタル等の大宗を輸入に頼っており、その安定供給確保にあたっては、他国の鉱物資源戦略と主要資源国の保護貿易主義の進捗等を把握した上で、我が国の政策に反映し強固なものにしていく必要がある。

我が国のサプライチェーンを強靱化していく観点から、「経済財政運営と改革の基本方針 2021」（令和 3 年 6 月 18 日閣議決定）においても、半導体、レアアースを含む重要鉱物、電池、医薬品等の重点項目について必要な措置を実施することとされている。我が国の将来の産業を支えるであろう重要鉱物資源の安定的な確保にあたり、有識者とのヒアリング情報及び S&P データベースに基づき、選択した各鉱種の鉱山権益の取得動向、探鉱コスト、環境負荷調査とバッテリーメタル（ニッケル、コバルト、 グラファイト）と銅のサプライチェーン調査・分析を行った。あわせてレアメタル等の主な需要国・主な資源国の鉱物資源戦略を把握し、鉱物資源の安定供給確保のために我が国が採り得る施策方策を検討した。

2 各国の鉱物資源政策

日本では 2012 年 6 月「資源確保戦略」¹で 30 鉱種が重要鉱物に指定されている。その後 2020 年 3 月「新国際資源戦略」²でレアメタルと銅についても特定国からの供給が寡占化しているとし、鉱種ごとにサプライチェーン対策を講じる事が必要であるとしている。経産省では並行して 45 種の鉱物資源について供給リスクと経済重要性（脆弱性）を 2 軸において定量的にクリティカリティを評価する事業³を実施している。

本章では欧米ならびに新興著しい中国・インドと資源国の豪州における重要鉱物の選定ならびに資源政策について比較する。

2-1 主要国が指定する重要鉱物

表 2-1 に本章で扱う主要各国が指定している重要鉱物を一覧表で比較する。

表 2-1 主要国で指定されている重要鉱物

鉱物	Al	Sb	As	Ba	Be	Bi	B	Cs	Cr	Co	Cu	Fe	F	Ga	Ge	Hf	In	Pb	Li	Mg	Mn	Hg	Mo	Ni	Nb	K	P	Pd	Re	Rb	Rh	Sc	S	Sr	Ta	Te	Sn	Ti	W	U	V	Zr	Zn	REEs	PGMs	Bauxite	原料炭	ケラファイト	天然ゴム			
米国	○	○	○	○	○	○		○	○	○			○	○	○	○	○	Pb	○	○	○			○	○			Pd			○		Rh	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
米(中国競合)									○										○		○				○			○	○		○				○			○					○				○					
欧州		○		○	○	○	○			○			○	○	○	○	○		○	○					○		○						○	○	○	○			○				○	○			○	○		○		
OECD		○		○	○		○		○	○			○	○	○		○				○				○		○							○					○				○	○					○			
中国	○	○									○							○		○		○		○														○	○					○								
インド					○				○							○									○					○				○	○	○					○			○					○			
豪州		○						○	○	○				○			○		○		○		○	○	○				○							○	○			○			○	○								
日本	○	○							○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○		○	○	○					○				○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○				○		

出所：
日本：経産省「資源確保戦略」（平成 24 年 6 月）
米国：USGS「Investigation of U.S. Foreign Reliance on Critical Minerals」（2020 年 9 月 30 日）
米中競合元素は White House「Building Resilient Supply Chains, Revitalizing American Manufacturing, And Fostering Broad-Based Growth」（2021.6.8）
欧州：EU 委員会「Study on the EU list of Critical Raw Materials」（2020）
OECD：OECD「Global Resources Outlook to 2060」で 2030 年時点を想定した重要元素（2019）
中国：翟明国,胡波”矿产资源国家安全、国际争夺与国家战略之思考” Journal of Earth Science and Environment, Vol43No01 (2021. 01)
豪州：Australia Government Geoscience Australia ”Critical Minerals”（201Australia Government Geoscience Australia ”Critical Minerals”2018）<https://www.ga.gov.au/about/projects/resources/critical-minerals>
インド： CEEW Analysis

¹ <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/package/dai15/sankou01.pdf>
² <https://www.meti.go.jp/press/2019/03/202003300009/202003300009-1.pdf>
³ 令和元年度鉱物資源開発の推進のための探査等事業・鉱物資源基盤整備調査事業（鉱物資源の供給安定性評価調査）報告書

2-2 各国の鉱物資源戦略

(1) 米国における重要鉱物の選定

2018年5月、トランプの大統領令 13817により内務省が米国初の重要鉱物リストを作成し、35鉱種を選出した。2年後の2020年エネルギー法では、重要鉱物リストを少なくとも3年ごとに見直し、**Federal Register**（連邦官報）を通じて省庁間のフィードバックやパブリックコメントを経たうえで更新していくことが決定された。それを受けた内務省は2021年11月に**Federal Register**において改訂版の重要鉱物リストを公開した。改定されたリストでは同年5月USGS発行「**Methodology and Technical Input for the 2021 Review and Revision of the U.S. Critical Minerals List**⁴」の分析を元に50鉱種を選出している。

従来のリストとの違いは、カリウム、ストロンチウム、レニウム、ヘリウムを除外し亜鉛、ニッケルを新たに加えていることと、希土類を個別に数えていることである。内務省によると、輸入に依存していても生産国が分散している鉱種が除外され、米国での生産がままならないのにも関わらず海外での生産の一極集中が進んでいる鉱種が追加されている（86 FR 62199 Draft List of Critical Minerals⁵）。

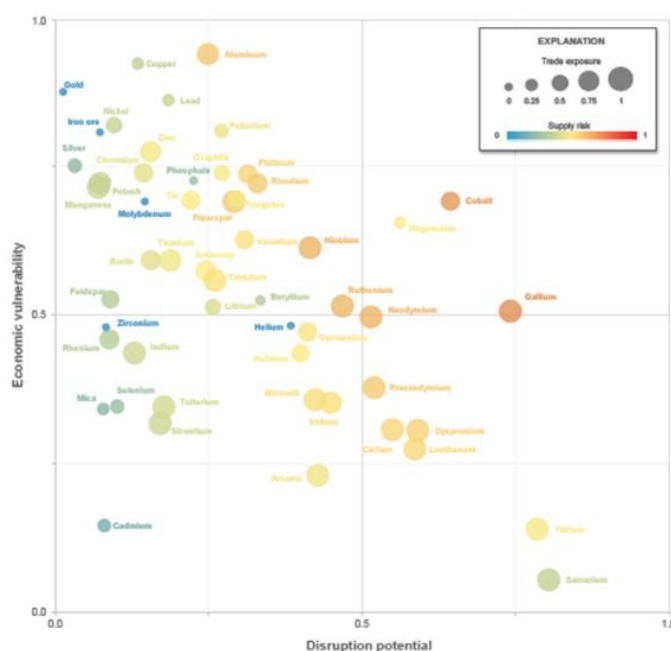


図 2-1 米国における重要鉱物の絞り込み

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

⁴ USGS “Methodology and Technical Input for the 2021 Review and Revision of the U.S. Critical Minerals List” <https://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr20211045>

⁵ <https://www.govinfo.gov/app/details/FR-2021-11-09/2021-24488>

(2) 欧州における重要鉱物の選定

欧州連合では、欧州委員会を中心に 2011 年から 3 年ごとに重要鉱物リストを作成しており、最新版⁶は Ad hoc Working Group (ADWG) on Defining Critical Raw Materials の協力を得て 2020 年 9 月 3 日に発行された。選定にあたっては、経済上の重要性と供給リスクを基準とした 2017 年策定の分析指標⁷が使用されている。2020 年度のリスト改定では、ヘリウムが除外され、ボーキサイト、リチウム、チタニウム、ストロンチウムが追加された結果、30 鉱種が重要鉱物に決定した。選定の背景としては、生産拠点の分散や先端技術の需要の増加（スポンジチタン・リチウムイオン電池など）が挙げられている。欧州委員会では EI（経済重要性：Economic Importance）と SR（供給リスク：Supply Risk）を 2 軸表示して

$EI > 2.8$

$SR > 1.0$

の領域にある鉱物を指定している。図 2-2 は前回 2017 年から今回 2020 年にかけて各鉱物の評価の変化が示されている。

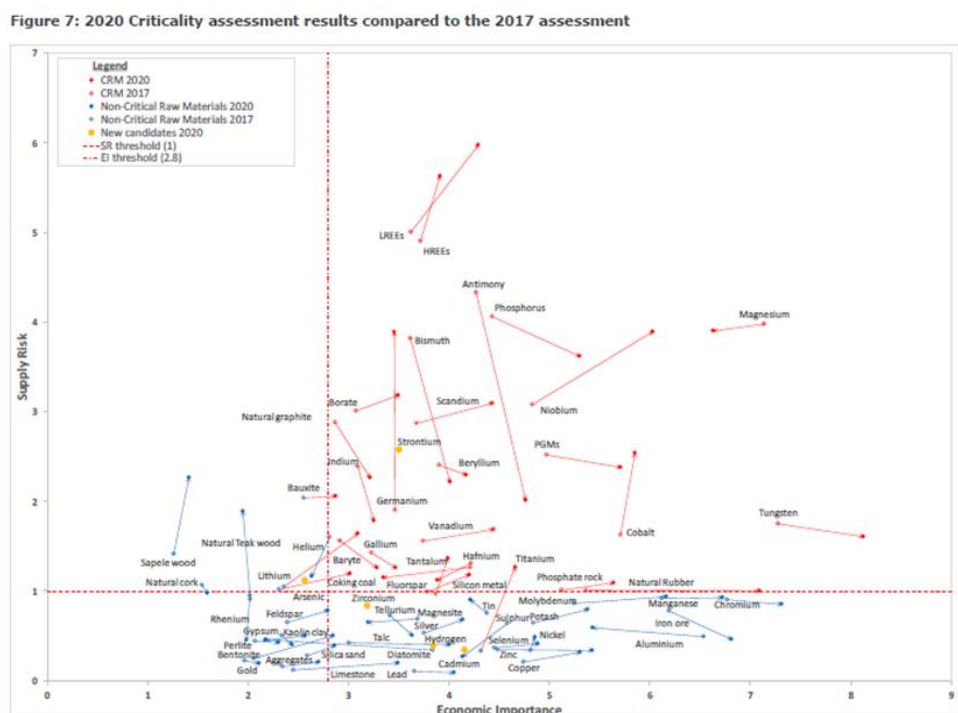


図 2-2 欧州委員会における重要鉱物の絞り込み

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

⁶ Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020)

https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRM_2020_Factsheets_critical_Final.pdf

⁷ Methodology for Establishing The EU List of Critical Raw Materials-Guidelines-

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2d43b7e2-66ac-11e7-b2f2-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-32064602>

(3) 欧米の重要鉱物資源政策の比較

先進国である欧米の重要鉱物資源政策について、主要項目を表 2-2 で比較する。

表 2-2 欧米の重要鉱物資源政策の比較

政策分類	米国	欧州	共通点・相違点
研究開発・投資	生産能力とイノベーション能力の再構築のため、500 億ドル規模の「サプライチェーン強靱化プログラム」の新設や DPA（国防生産法）の適用を行う。	ホライズン・ヨーロッパやヨーロッパ地域開発基金、各国が支援する R&I プログラムを通じ、2021 年に重要鉱物の廃棄物処理・新素材・代替品に関する研究とイノベーションを本格化させる。	両者とも研究開発とイノベーションには意欲的であるが、欧州は廃棄物や代替品などよりサステナブルな領域に力を入れている。米国は国防生産法の適用など経済安全保障としての鉱物資源確保に注力している。
	「中小企業イノベーション研究」や「中小企業技術移転」プログラムを通じ、中小企業の研究開発を支援する。	2025 年までの資源確保のため、採掘・処理プロジェクトと投資ニーズ、ファイナンス手法を明確にする。	
	政府が主体的に重要鉱物・資源に関する国防備蓄へ再投資する。		
	EXIM（輸出入銀行）によるファイナンスの活発化。		
サステナビリティ	サステナブルリーダーとして、Li, Co, Ni, Cu, レアアースなどの重要鉱物の採掘・加工に関する 21 世紀機軸を創設する。	2021 年末までに、タクソノミーに関する委任法により採掘・抽出・処理セクターにおけるサステナブルファイナンスの基準を作る。	両者とも率先してサステナブルな基準を創設することに言及しているが、米国の方が「リーダー」としての役割を前面に出している。しかし、環境先進国である欧州の方がより具体的な政策を出している印象を受ける。
		資源調査や、運用中～閉鎖後の鉱山環境管理のため、地域観測プログラムやリモートセンシングを展開する。	
		重要鉱物の開発と処理に関する環境負荷を低減するため、2021 年開始のホライズン・ヨーロッパ R&I プロジェクトを発展させる。	
国際協力	サプライチェーンの強靱化と米国の競争力を支えるための包括的な通商戦略を策定する。	2020 年第 3 四半期に欧州原材料アライアンスを立ち上げ、レアアースと磁石のバリューチェーンに関するレジリエンスと開かれた戦略的自律性を構築する。	両者とも中国を見据えて責任ある採掘や公正な貿易慣行に言及している。異なる点として、欧州は重要鉱物の中でも優先順位を設けているが、米国は重要鉱物全般を扱っていることが挙げられる。また、一国家か経済同盟かというそれ自体
	グローバル・サプライチェーンの脆弱性を減殺するため QUAD（日米豪印 4 カ国戦略対話）や G7 において協働する。	歪みのない貿易や投資環境を含む多様で持続可能な重要鉱物の供給を確保するため、カナダ・アフリカ・EU 近隣国などと	

		の戦略的な国際パートナーシップや関連資金を発展させる。	の違いにより、欧州の方が地域連携を重視している側面がある。
	「貿易ストライク・フォース」を設立し、外国の不正な貿易慣行に対する単独および多国間での執行策を提案する。	EU 規制の枠組みおよび関連する国際協力を通じ重要鉱物に関する責任ある採掘慣行を促進する。	
	主要な同盟・友好国における官民の利害関係者を招き、強靱なサプライチェーンに関するグローバル・フォーラムを主宰する。		
使用文献	White House「Building Resilient Supply Chains, Revitalizing American Manufacturing, And Fostering Broad-Based Growth」(2021 6 8)	European Commission「Critical Raw Materials Resilience Charting a Path towards a greater Security and Sustainability」(2020 3 9)	

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(4) 中国の政策

中国の鉱物資源関連の政策としては、2020 年まで前 5 ヶ年計画である第 13 次 5 ヶ年計画に基づく非鉄金属鉱業発展計画(2016 年-2020 年)、全国鉱物資源計画(2016 年-2020 年)に沿った探鉱、開発、生産活動を進めていた。

2021 年に新しい第 14 次 5 ヶ年計画が発表され、その後、それに基づいた各関連分野から 5 ヶ年計画が発表されることになっていたが、現時点で鉱物資源関連の中心となる上述 2 計画が確認されておらず⁸、本報告書では第 13 次 5 ヶ年計画の考え方が継続しているものとみなし記述していく。

表 2-3 非鉄金属 10 種の鉱業発展による予測値 (2016-2020 年) ⁹

品種		2015 年の見 か け 消費量(万ト ン)	「第 12 次 5 カ 年 計 画」 年平均成長率 (%)	2020 年予測 生産量(万ト ン)	2020 年の見 か け 消費量(万ト ン)	「第 13 次 5 カ 年 計 画」 年平均成長率 (%)
非鉄金属 10 種 ¹⁰		5,560	10	6,500	6,800	4.1
主 要 品 種	精製銅	1,147	8.9	980	1,350	3.3
	一次アルミニ ウム	3,107	14.4	4,000	4,000	5.2
	鉛	437	0.8	465	450	0.6
	亜鉛	671	3.5	710	730	1.7
	マグネシウム	53	7.2	130	75	7.1
金(トン)		986	11.5	520	1,200	4

注：銅、鉛、亜鉛の生産量や消費データには一部再生金属を含む。

出所：非鉄金属鉱業発展計画

上記の非鉄金属鉱業発展計画からも分かる通り、中国は他の国同様、自国産業用の必要鉱物資源を確保するためには、現在も行われている通り、これまでも海外からの輸出に頼る必要がある鉱種が存在し、1998 年より「走出去」戦略(1998 年-2016 年)に基づいた海外進出を行い、必要鉱物資源への投資・輸入してきている。中国の戦略開発部のレポート(2015 年の中国の戦略的金属鉱物資源の保証能力の状況に関する研究¹¹)によれば、“現在、中国の鉱物資源の消費は、一般的に 41%が外国の資源に依存しています。過去 10 年ほどで、中

⁸ JOGMEC とも確認済

⁹ 日本メタル経済研究所レポート「中国企業における銅権益確保活動」

¹⁰ 非鉄 10 鉱種とは、銅、アルミニウム、鉛、亜鉛、ニッケル、マグネシウム、チタン、錫、アンチモン、水銀のことであり、中国では重要鉱物資源として考えられている。

¹¹ 我国战略金属矿产资源保障能力态势研究 战略发展部吕威 戦略開発部 LuWei

国の鉱物資源の累積消費量は過去の合計の 2 倍を超えると予想され、資源開発は前例のない規模に達しています。資源不足の程度は、個々の鉱種から包括的な不足へと発展する傾向を示しています”としており、引き続き、海外進出に伴う鉱山権益等の確保は必要であるものの、“海外の資源投資は多くの成功と失敗があり、効率的に開発され利用されていない”、との反省から、それまでの権益を得られるならばどの鉱山でも構わないという考え方を改めて¹²、環境対応、開発コスト、投資効率等、民間企業にも魅力のある鉱山取得を目指してきている。5 カ年計画の結果を冷静に分析し、次に繋がる手を打てていると言える。

中国の海外進出は、日本の TICAD (アフリカ開発会議) を模倣して、第一回 African Forum を 2000 年に開催したことを皮切りに、この会議を軸に政府主導のアフリカでの資源確保が始まった。アフリカでは、ザンビアや DR コンゴでの鉱山権益等を取得してきている。

南米では、中国のペルーへの進出は、1992 年の Shougang 社による Macona 鉱山に始まり、Chinalco 社、紫金礦業集団と続いた。

先進国への中国の進出は、鉱山への直接投資もあるが、多国籍企業 (資源メジャー、中規模資源メジャー等: Rio Tinto(豪)、OZ Mineral (豪)、Tech Resources (加))、MMG 社の買収・投資がおこなわれた。特にカナダと豪州の企業がターゲットになった¹³。

先述した通り、海外に資源を求めている鉱種が、中国国内にて需要を満たす生産にまで達してないとも考えることも確かではあるものの、別の見方としては、国の産業が必要とする鉱物資源は、国家備蓄している鉱種であるという見方もできる。

国家備蓄については、国家機密に類するもので中々その全容は明らかになっていないが、2005 年 10 月に JOGMEC (石油天然ガス・金属鉱物資源機構) が「ベールに包まれた中国の国家備蓄制度の概要と今後の政策の行方」で中国国家発展改革委員会国家物資備蓄局の規律組長の面談記事を報じている。それによると、;

- ・ 国家備蓄制度は 1953 年に開始された
- ・ 国家エネルギー安全保障 3 大施策のひとつ。他は「国家資源探査の推進」「海外における資源確保」
- ・ 目的は①国防②マクロ経済コントロールだが、物不足を想定した①から②に重要性が移った。
- ・ 備蓄対象は、物資、食料、綿、砂糖、原油、薬品、茶、肉、化学肥料、救済物資の 10 種類。
- ・ 非鉄金属は“物資”にあたり銅、アルミ、ニッケル、鉛、亜鉛、マンガン、水銀、クロム、水銀、錫、バナジウム、白金、ダイヤモンド、レアアース・エレメント (REE) が対象。
- ・ 備蓄量は国家機密だが日本より多い。

各種報道より、弊社の判断で現在の中国の備蓄量を把握しようと努めているものの、定期的

¹² Chinese foreign mining investment <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/chinese-foreign-mining>

S&P レポート‘Chinese foreign mining investment China’s private sector eyes low-cost regions’

¹³ 日本メタル経済研究所 レポート ‘中国企業における銅権益確保活動’

な備蓄放出をしていたりと、全体感を掴むまでには至っていない。以下に参考として、中国の備蓄イメージを挙げている。

表 2-4 中国国家備蓄局（SRB）による備蓄の予定と実績（2005）

	予定数量	実績数量	達成率
アルミ	1,000,000	690,000	69.0%
銅	1,000,000	240,000	24.0%
亜鉛	300,000	159,000	53.0%
ニッケル	20,000	20,000	100.0%
チタン	5,000	5,000	100.0%
コバルト	1,000	1,000	100.0%
インジウム	30	30	100.0%
ガリウム	不明	不明	-
REE ¹⁴	不明	不明	-
合計	2,326,030	1,115,030	48.3%

出所：JOGMEC ニュース・フラッシュ 2009.4.14 （単位：t）

中国の資源戦略を把握するには、中国の5ヵ年計画に基づいた非鉄金属発展計画、全国鉱物資源計画から情報を得ていく必要があるが、先述の通り、現時点で国家発展改革委員会の「資源をベースにした質の高い地域発展推進『第14次5ヵ年計画』実施計画案」（以下、「計画案」と記す）が発表されているのみで、海外展開計画等については入手できておらず、国内の開発や開発に伴う各種生態保護と汚染防止措置について詳しく述べて、今後の国内鉱物資源の更なる開発についての地ならしを開始していると見える。

以下に、その計画案の概要を記す¹⁵；

本計画案では、2025年までに資源型地域という鉱物資源開発により発展してきた地域の経済発展と環境に配慮した住みやすい環境を基礎を構築するとしている。そして、2035年までには、資源の開発を強化することで経済を活性化させ、美しい生態環境の元で住民が幸福を享受するという質の高い資源型地域の発展目標を実現するとしている。

新しい計画案では、国の資源・エネルギーの安定確保に向けて、具体的に3つの措置を提示している。

（1）資源・エネルギーの開発と安定確保を全国で統一的に計画する。戦略的鉱物資源調査、評価、探査、開発に対する統一的な計画を策定し、安全で信頼できる資源・エネルギー備蓄、供給、保障体系を確立し、国内需要に対応できる体制を整える。

¹⁴ レアメタル等については、備蓄の対象になっているか不明であったが、中国文献調査により2012年より備蓄されていることが判明するも、その規模は不明である（2020 中国稀土产业分析 五矿稀土 张丹琳）。

¹⁵ JOGMEC ニュース・フラッシュ

- (2) 重要鉱物資源の採掘や選鉱における回収率を向上させ、科学的かつ合理的な循環利用モデルを確立する。グリーン鉱山の建設を大いに推進し、既存の鉱山の改造・高度化にも力を入れ、新設、拡張した鉱山はすべて環境基準を満たす。また、戦略的鉱物資源の開発と下流業界との連結発展を推進し、資源型企業の低炭素化、グリーン化、スマート化技術等を利用し、カーボンニュートラルに向けた推進体制を整えていく。
- (3) 戦略的鉱物資源の安定供給の中核を担う鉱区を構築する。鉱産地における備蓄プロジェクトを実施し、製品、生産能力、生産地を結合した戦略的鉱物資源備蓄体系を構築する。

そして、石油、天然ガス、銅、クロム、タングステン、レアアース、グラファイト等の戦略的鉱産資源の探査に力を入れていく。

また、資源型地域のグリーン発展、生態環境の総合的管理、グリーン生産方式の形成加速などを進め、資源採掘によって引き起こされた植生破壊、土壌浸食、採掘後の地盤沈下のほか、土地のアルカリ化、水位の沈下や重金属の汚染等生態環境問題を同時に解決する。

資源製品に関して、価格が市場の需給関係、資源の希少度、環境損害コストを柔軟に反映するように、価格形成メカニズムを健全化する。

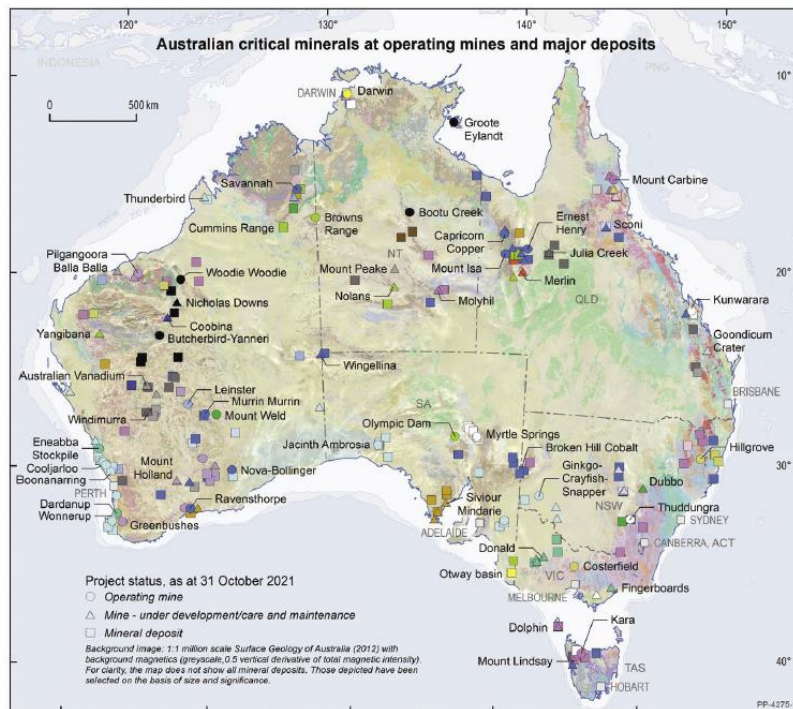
(5) 豪州の政策

豪州は、世界でも有数の鉱物資源に恵まれている国であると考えられており、開発が及んでいない地域も多い。豪州政府は、米国に倣う形で 2019 年に初めて国内産業が必要とする 24 鉱種を重要鉱物資源として指定して、国家戦略を策定すると同時に、各鉱種の国内開発動向等を発表している¹⁶。その際に重視していることは、米国、カナダ、インド等の国と連携を取りながら、重要鉱物資源のサプライチェーンに積極的に関与していることである¹⁷。他の資源国と大きく異なる所は、現時点であっても多くの資源の埋蔵量が確認されており、未だ開発されていない未探鉱地域も多く存することから、保護主義に向かうということではなく、外国からの投資を誘引しつつ、積極的に資源開発していくという考え方である。唯一の懸念は、開発地域が先住民の居住区である場合が多く、その反対運動の和解のために膨大な金銭が必要になってきていることである。

2019 年以降、世界の国々が、低炭素社会の実現とクリーンエネルギーの供給を実現するために、以前にもまして重要鉱物資源に注目が集まるようになってきている。豪州の鉱山開発の現状は、以下の図のように全土に広がっており、その結果、豪州政府は、膨大な資金を要するため、「Australian Critical Minerals Prospectus」という鉱山の開発状況、パートナー等の募集動向等を公開し、世界からの投資を呼び込もうとしている。

¹⁶ 豪州政府 Australia's Critical Minerals Strategy に基づく、'Australian Critical Minerals Prospectus 2021'

¹⁷ JOGMEC '世界の鉱業の趨勢 2020'



- Commodity type**
- Antimony
 - Bismuth, +/- Cobalt, +/- Indium
 - Chromium, +/- Cobalt, +/- PGE
 - Cobalt
 - Platinum Group Elements (PGE), +/- Cobalt
 - Scandium, +/- Cobalt, +/- PGE
 - Graphite
 - Helium
 - Indium
 - Lithium, +/- Tantalum, +/- Niobium
 - Magnesium
 - Manganese ore
 - Heavy Mineral Sands (HMS) - Titanium, Zirconium
 - HMS - Titanium, Zirconium, REE
 - Rare Earth Elements (REE)
 - REE, Zirconium, Niobium, +/- Hafnium, Lithium, Tantalum, Gallium
 - Rhenium
 - Tungsten
 - Titanium
 - Titanium, Vanadium
 - Vanadium

図 2-3 豪州の重要鉱物資源の鉱山と主な鉱脈

出所：Australian Government ATIC

豪州政府としては、自国の有用な資源を世界市場に出すために、鉱石でも加工物でも市場へアクセスしていくことによって豪州の重要鉱物セクターを成長させることに繋がると考え、開発から下流処理までの競争力のある革新的な視点での見直しやインフラへの接続を図ることで、一層の成長に繋げる等の戦略を考えている。

さらに豪州政府は、米国が 2017 年 12 月に重要鉱物資源戦略策定を指示する大統領令を発表して以来、関係の強化を図っている。2018 年 2 月、豪州と米国は探査、抽出、処理、研究開発の協力を合意。両国は豪州の地球科学と米国地質調査所が重要鉱物問題解決への協定に署名した。

そして、2019 年 11 月に豪州と米国の鉱物機関は両国の重要な鉱物埋蔵量について共同開発協定へ署名した。これにより、豪州と米国の科学者と企業が協力し、モデル化するデータの検索に加え、市場が望む鉱物がどこに存在するかを発見できるようになった。

(6) インドの政策

インドはこれまでサービス業を中心に発展してきたが、**Make in India** の政策により、国内で生産・製造し、インドをより自立させるために種々の取組を推進している。

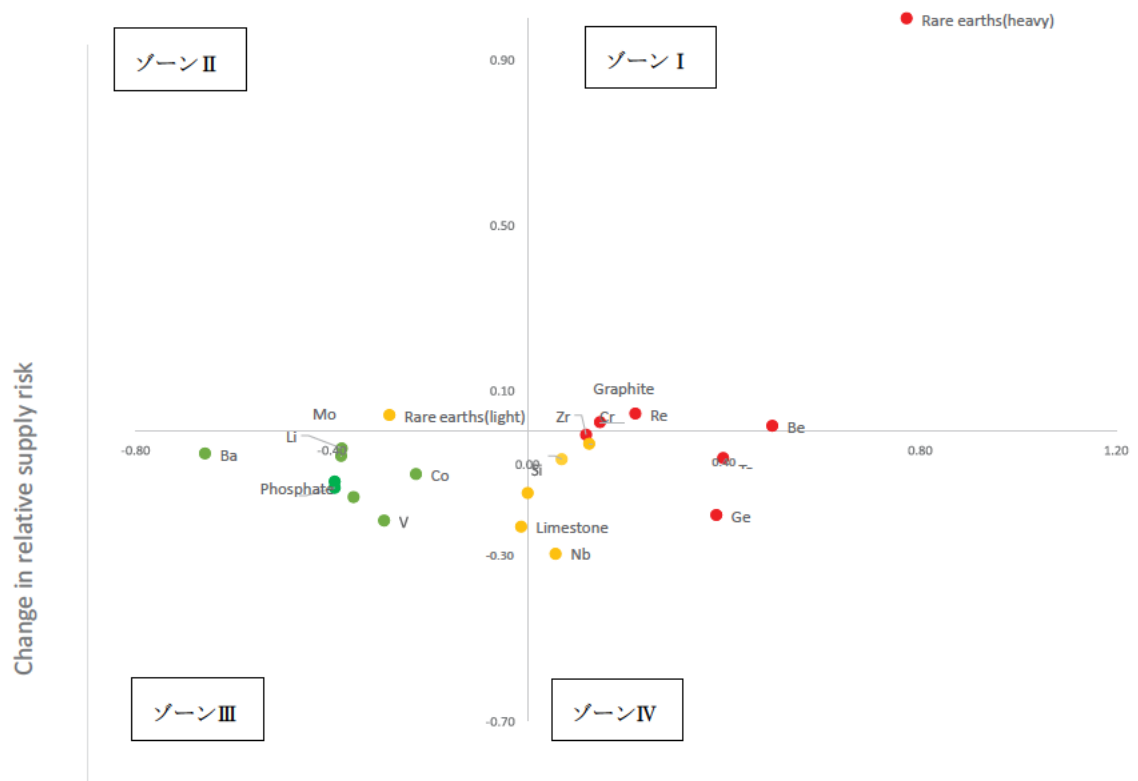
レアメタルは、インドが進めてきている国内の産業振興と、1997 年の京都議定書において提起され、2015 年にパリで採択されたパリ協定を経て注目されてきている環境に優しい発展、所謂、ゼロエミッション化社会の実現に向けて、再生可能エネルギーや自動車の電動化にとっては、必要不可欠なものであることから、2011 年に策定された米国エネルギー省 (DOE) のレポートを参考にインドのクリティカル・マテリアル戦略が策定された。

その後、インドの科学技術省が中心となり、既存の研究・文献の見直しを行い、先進国が鉱物資源安全保障の理解と対策に多くの時間を使っていること、鉱物資源問題が各国で重要度を増しているという結論を得た¹⁸。

その結果、インドにおいても新たなレポート作成時点と 2030 年の時点での国内産業を支える鉱物資源を予測し、各鉱種の経済的重要性と供給リスクの両方を評価することになり、“Critical Non-Fuel Mineral Resources for India’s Manufacturing Sector (A Vision for 2030)” というレポートが科学技術省の CEEW (エネルギー・環境・水評議会) より出されている。

このレポートでは、先に触れた 2011 年で定義された「戦略的鉱物」を含み、非燃料系鉱物の総数は 49 である。分析方法は、他の国の先行研究が使用しているものと同様である。重要度は、経済的重要性と供給リスクの両方を考慮し、その他の消費動向の変化、各製造分野における使用料の変化、新技術の可能性によるリサイクル効率の向上、各鉱物資源の使用原単位の変化等を出来る限り織り込み、現在および 2030 年のインドの製造業での重要性の変化等を評価している。

¹⁸ Council on Energy, Environment and Water(CEEW) and NSTMIS Division (Department of Science & Technology) ‘Critical Non—Fuel Mineral Resources for India’s Manufacturing Sector: A Vision for 2030’



Change in relative economic importance

図 2-4 2011 年から 2030 年までの重要ゾーンへの鉱物の移動

Red: Minerals which will become critical in 2030; **yellow:** minerals which are critical both in reference year and future year; **green:**

minerals which will are only critical in the reference year

出所：CEEW analysis

図 2-4 の 4 つのゾーンの解釈は、次の通りとなる。

ゾーン I: 高い経済的重要性と高い供給リスク（最も重要）

ゾーン II: 低い経済的重要性と高い供給リスク（中程度に重要）

ゾーン III: 低い経済的重要性と低供給リスク（最も重要でない）

ゾーン IV: 高い経済的重要性と低供給リスク（中程度に重要）

現在と 2030 年時点でゾーン I、ないしはゾーン II に入っているものが、インドの産業にとっての重要な鉱物ということになり、政府も含め供給確保する方策を考えていく必要がある、としている。

尚、2030 年の国内需要を予測して重要鉱物に加わった鉱物は、下表の 13 鉱種となり、それらの経済的重要性と供給リスクを整理している。具体的には、レニウム、ベリリウム、レアアース（重）、ゲルマニウム、グラファイト、タンタル、ジルコニウム、クロム、石灰岩、

ニオブ、レアアース（軽）、シリコン、ストロンチウム、白金族の 13 鉱種である。

上記の結果を受けて、本レポートは、政策立案・決定者、研究者、業界リーダー、投資家に対し 3 つの提言をしてレポートを終えている。

- ① より良い分析と資源獲得を支援するための制度改革
- ② 国内介入: 鉱業・鉱物処理技術の探査と研究開発の強化
- ③ 国際介入: 鉱山の戦略的獲得と外交・貿易協定の締結

インドはこれまで重要鉱物資源を獲得する意味からも、国内での埋蔵量が確認できていない鉱物資源の主要輸出国との間で長期に亘る国際協定を締結してきている。

同様に、海外の採掘権の獲得も多く、多くの国で採用されている外交戦略であり、インドは鉱業関連では新参者であり、限られた専門知識であることを考えると、政府はこの選択肢を積極的に活用することは困難であることから、代わりにこれらの国々の既存のグローバルプレーヤー（民間企業または政府）との共同パートナーシップを戦略的に活用していくことが得策である、としている。

表 2-5 海外資産取得に推奨される鉱物

Mineral Category	Name of major reserve/resource bearing Countries	
Lithium	No resources	Chile; China, Argentina, Australia
Niobium		Brazil
Strontium		China
Tantalum		Brazil, Australia, Mozambique
Rare earths(heavy)		China, Brazil, Australia
Barium	Domestic reserve more than 50% of resource	China, Kazakhstan, Turkey, Thailand
Feldspar		Portugal, Poland, Czech Republic
Zirconium		China, South Africa, Mozambique

出所：CEEW compilation using (IBM, 2014a)

2-3 探鉱費予算からみる各国の投資状況

鉱業における探鉱費は製造業における設備投資に例えられるように、先行投資として事業活動の方向性をみることのできる重要な指標となっている。本節では S&P データベースの探鉱費予算のデータを使って、2-2 節で重要鉱物資源政策を比較調査した主要国について直近数年間に投資された探鉱費予算の動向について分析を試みる。探鉱は探鉱ステージ別に初期のグラスルーツ探鉱、鉱量調査や F/S 調査のレイトステージ探鉱、既生産鉱山の周辺を調査するマインサイト探鉱と分かれておりここでの探鉱費予算はある国に投資されるこれらの探鉱費総額になる。

(1) 世界の探鉱費予算の趨勢

世界の探鉱費予算について鉱物別に推移を図 2-5 に示す。

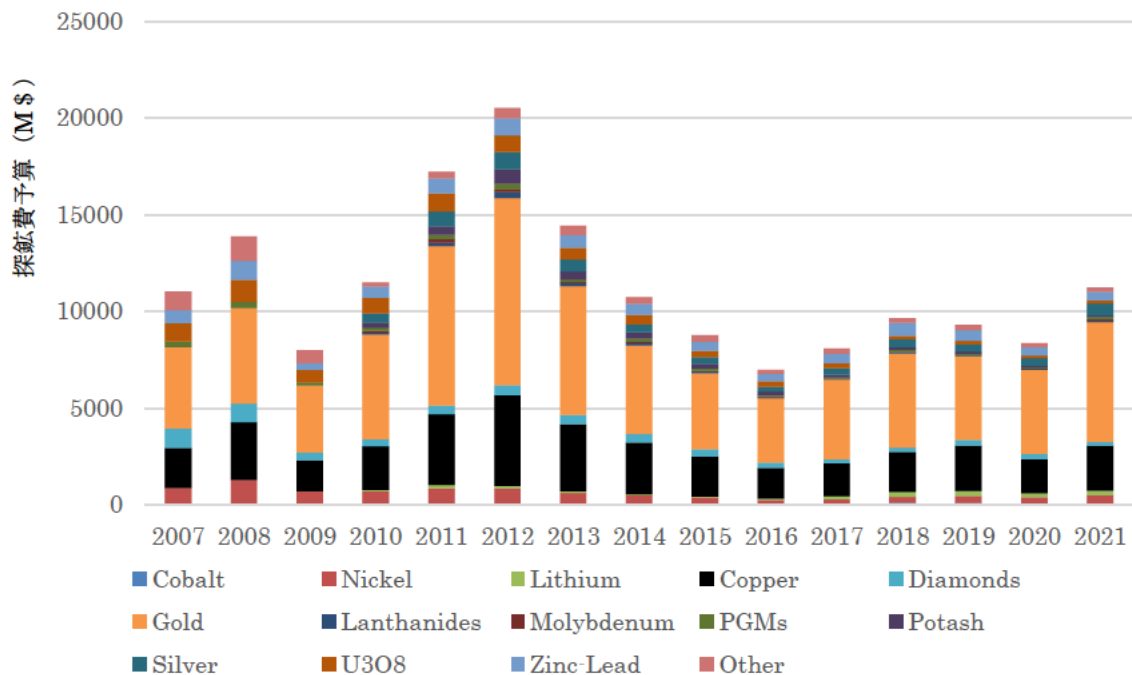


図 2-5 世界の探鉱費予算の推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

世界の探鉱費予算は 2012 年にピークを付け、2016 年にかけて減少したが、その後は反騰し 2021 年にかけて増加傾向にある。鉱種の内訳をみると従来より金と銅の比率が高い。バッテリー材料 3 種鉱物（コバルト、ニッケル、リチウム）の推移を図 2-6 に

示す。従来からニッケルの採鉱費予算は多かったが、2008年にピークを付けた後は2016年にかけて減少傾向にあった。その後はバッテリーマテリアルとして注目されニッケルへの投資は回復を示し、コバルトとリチウムへの投資が2009年頃から始まり急増を見せるなかで、回復してきたニッケルとあわせて3種鉱物で増加傾向を示している。

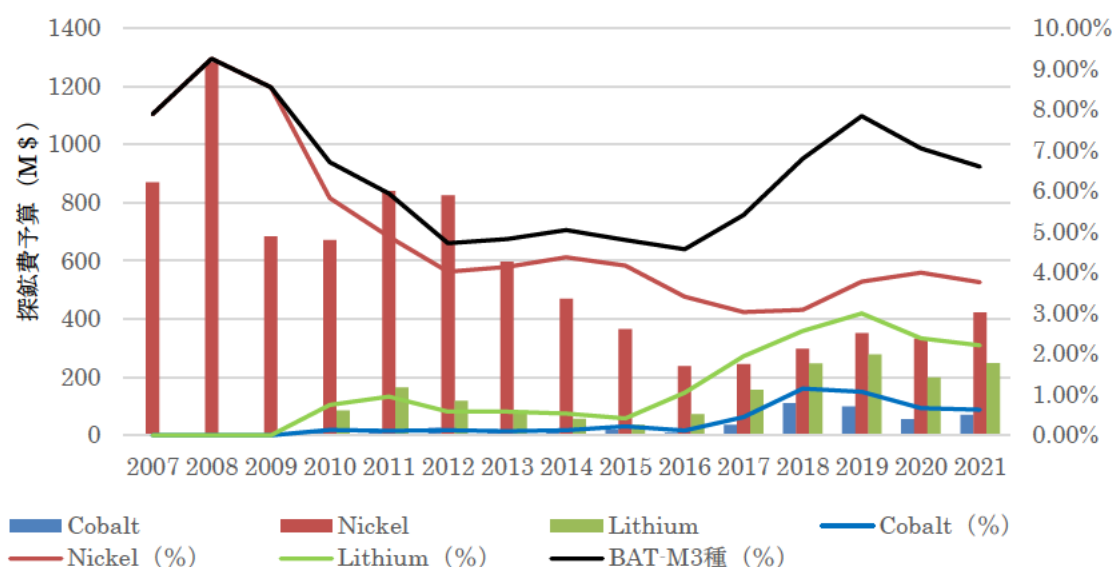


図 2-6 世界の採鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル (Co,Ni,Li) の推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

この間の推移を鉱種別に投資先を分析する。

コバルトの採鉱費予算の投資地域の推移を図 2-7 に示す。

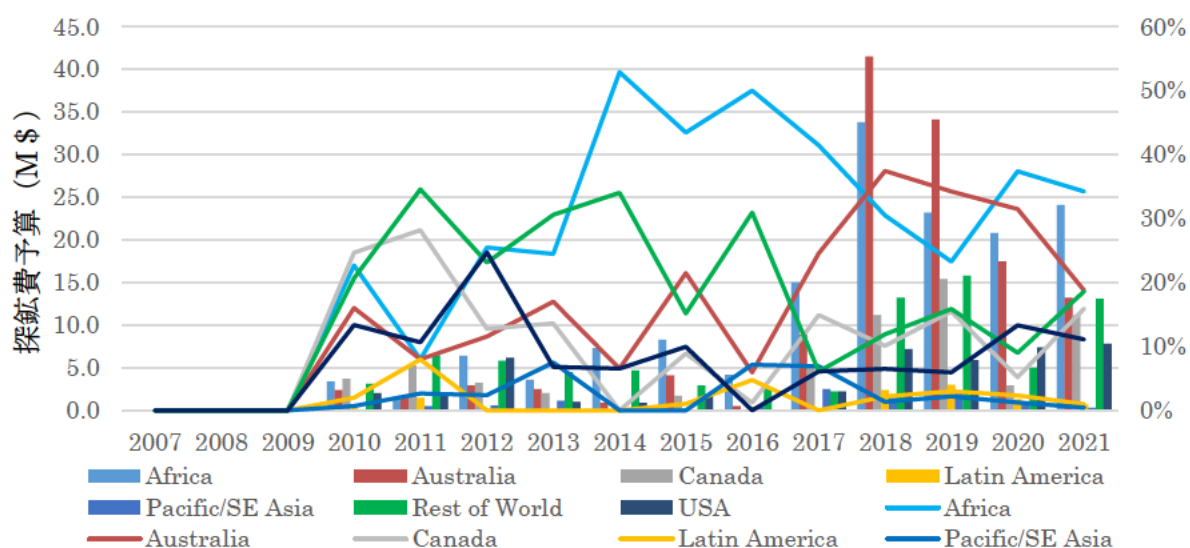


図 2-7 世界のコバルト採鉱費予算の投資地域の推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

コバルトの探鉱費予算は2010年ごろから投資が始まり、アフリカへの投資が集中し2015年前後には世界の40%を占める急増を示した。その後も投資先としては2018年、2019年と豪州とアフリカに対する投資が突出し、両国で70%を占めたこともあった。以降も、豪州は減少を見せているが、アフリカへの投資は続いている。直近は米国やカナダへの投資も増加しており、その他地域への投資も常に一定規模しめるなど世界的に探鉱活動が展開されている状況を示している。

ニッケルの探鉱費予算の投資地域の推移を図2-8に示す。

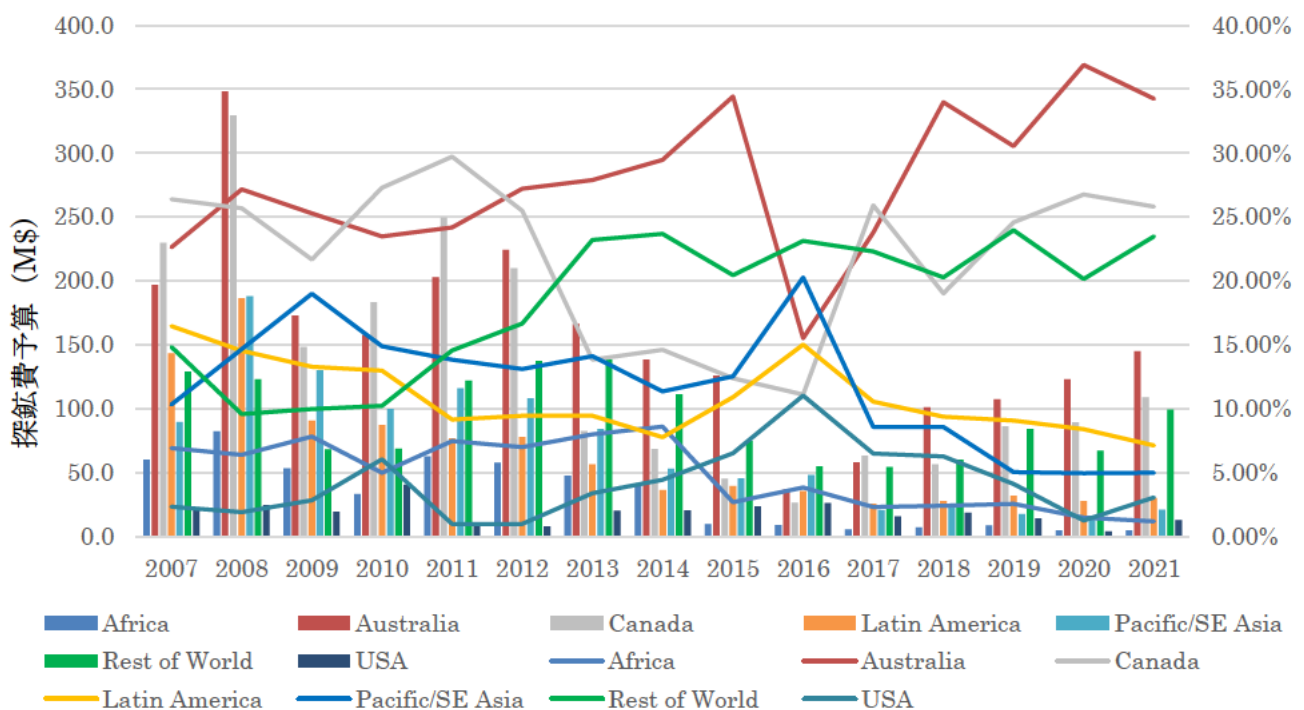


図 2-8 世界のニッケル探鉱費予算の投資地域の推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

ニッケルの探鉱費予算は、豪州とカナダが従来から多い。2016年から投資が回復するなかで両国が世界の60%を占めている。一方で、その他のアフリカ・ラテンアメリカ・太平洋などは漸減傾向を示しているが、その他地域が常時20%を超える一定規模を保っており、コバルト同様に世界的に探鉱活動が展開されている状況を示している。

リチウムの探鉱費予算の投資地域の推移を図2-9に示す。

リチウムの探鉱費予算はコバルトと同じく2010年ごろから投資が始まり急増を示している。投資先は当初はラテンアメリカに集中し、2016年ごろまで世界の60%から80%を集めていた。その後は探鉱地域の拡大を背景に比率は下がったものの、90百万ドル規模の探

鉦費予算が投入されている。

一方で、探鉦地域の拡大を背景に、豪州・米国にも 2015 年前後から増加しており、それぞれ 50 百万ドル規模、比率でも 20 から 30%を占めるようになってきている。

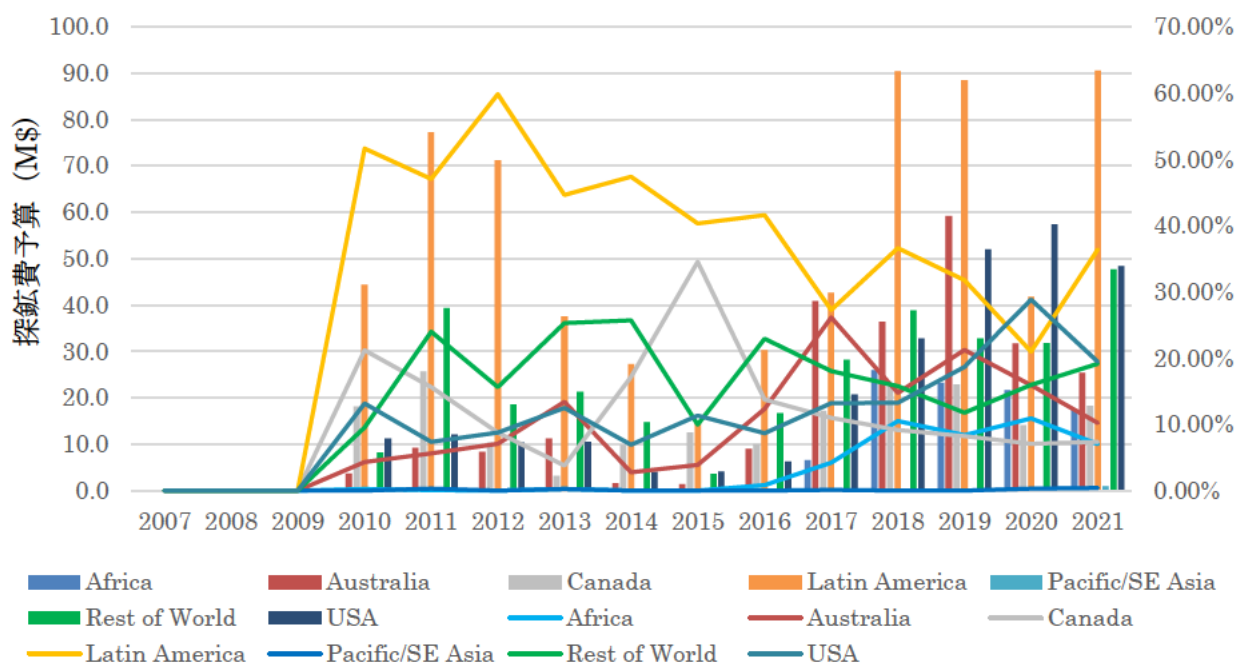


図 2-9 世界のリチウム探鉦費予算の投資地域の推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

銅の探鉦費予算の投資地域の推移を図 2-10 に示す。

銅は図 2-5 で示されるように常に多くの探鉦費予算が投入されてきた鉦物である。投資地域としてはラテンアメリカが常時 40%前後をしめている。他の豪州・アフリカ・太平洋や北米の米国・カナダなどにも多少の増減はあるが、常に探鉦が行われているなかで、アフリカは 2013 年前後にラテンアメリカに次いで 15%程度の探鉦費を集めていたが、その後は太平洋地位とともに漸減傾向にあり、かわって米国と豪州が伸びてきている。

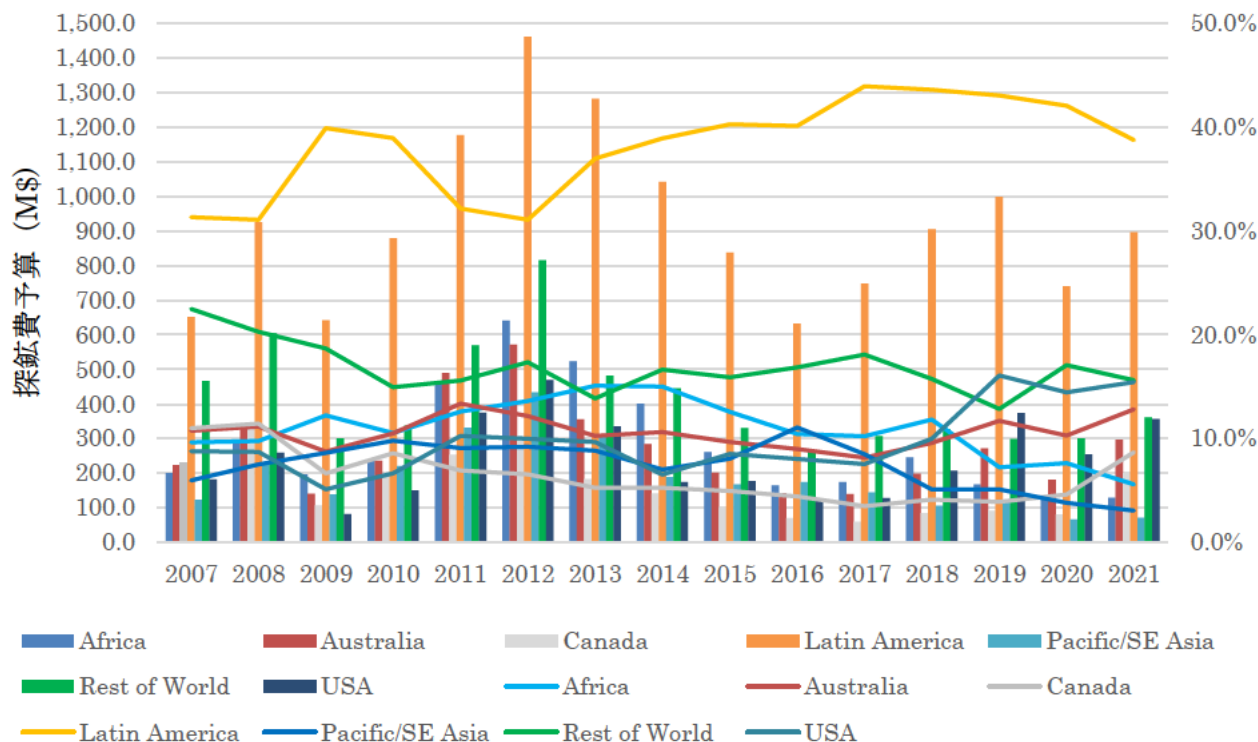


図 2-10 世界の銅探鉱費予算の投資地域の推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(2) 日本の探鉱費予算の推移

日本の探鉱費予算について鉱物別に推移をみると

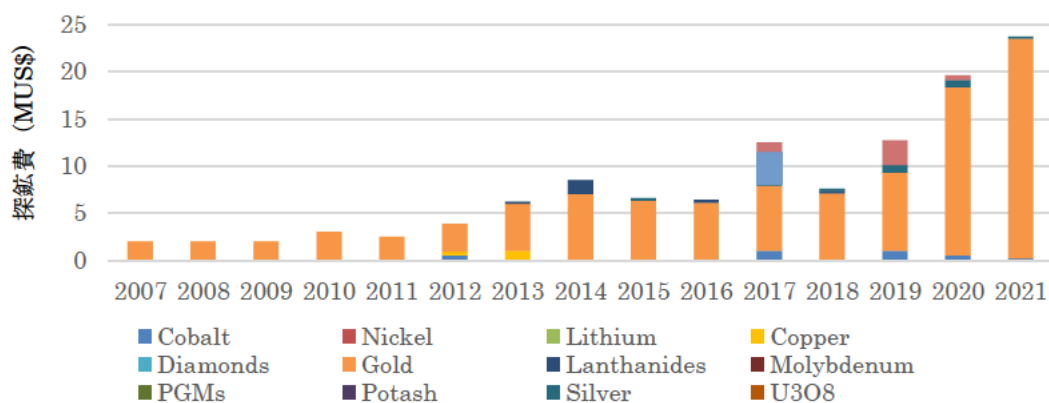


図 2-11 日本の探鉱費予算の推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

日本の探鉱費予算は 2010 年ごろから増加しており、2021 年にかけて 12 年間で 12 倍に

なっている。その鉱物資源種類の内訳をみると、ほとんどが金に投資されている。これは国内で金を唯一採掘している菱刈鉱山における探鉱活動を表しているものと考えられる。

一方で国内企業の海外における探鉱活動は、S&P データベースの探鉱費予算にある、鉱種別の企業や政府機関などの探鉱費予算情報の中の日本企業を集約することで把握できる。

ここでは、海外勢との競合が激しくなっているバッテリーマテリアル3種（コバルト、ニッケル、リチウム）と銅の探鉱費予算について日本がどのように海外投資しているかを S&P データベースで整理すると図 2-12 となる。

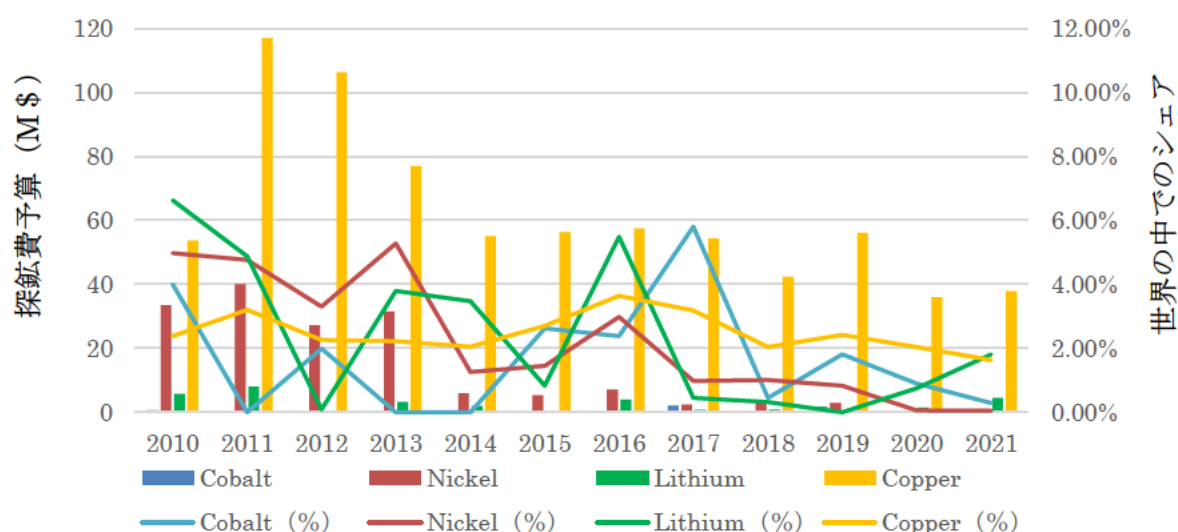


図 2-12 日本のバッテリーマテリアルと銅の海外探鉱費予算の推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

日本の海外での探鉱費予算は右肩下がり、予算額・世界におけるシェアともに低下し続けていることが読み取れる。ベースメタルの銅では世界におけるシェアを 2～4%で維持してきているが、現在は下限の 2%レベルにとどまっており、予算額も 2010 年代初頭には 1 億ドルを超えて投入した年もあったものの、現在は 4000 万ドル以下まで低下している。各国で投資が盛んになっているバッテリーマテリアル 3 鉱種でも予算額・シェアともに低下しているのが実情である。直近の 5 年間にバッテリーマテリアルの探鉱費予算のリストにあがった日系の企業はコバルト（JOGMEC と 1 社）ニッケル（JOGMEC と 1 社）リチウム（JOGMEC と 2 社）だけと、民間企業がリスクを取って探鉱する活力が低下している恐れがある。バッテリーマテリアルを含む重要鉱物資源のサプライチェーンの安全保障体制を構築していくには JOGMEC の機能を強化して活用することが求められる。

(3) 米国における探鉱費予算の推移

米国における探鉱費予算を鉱種別に推移を図 2-13 に示す。

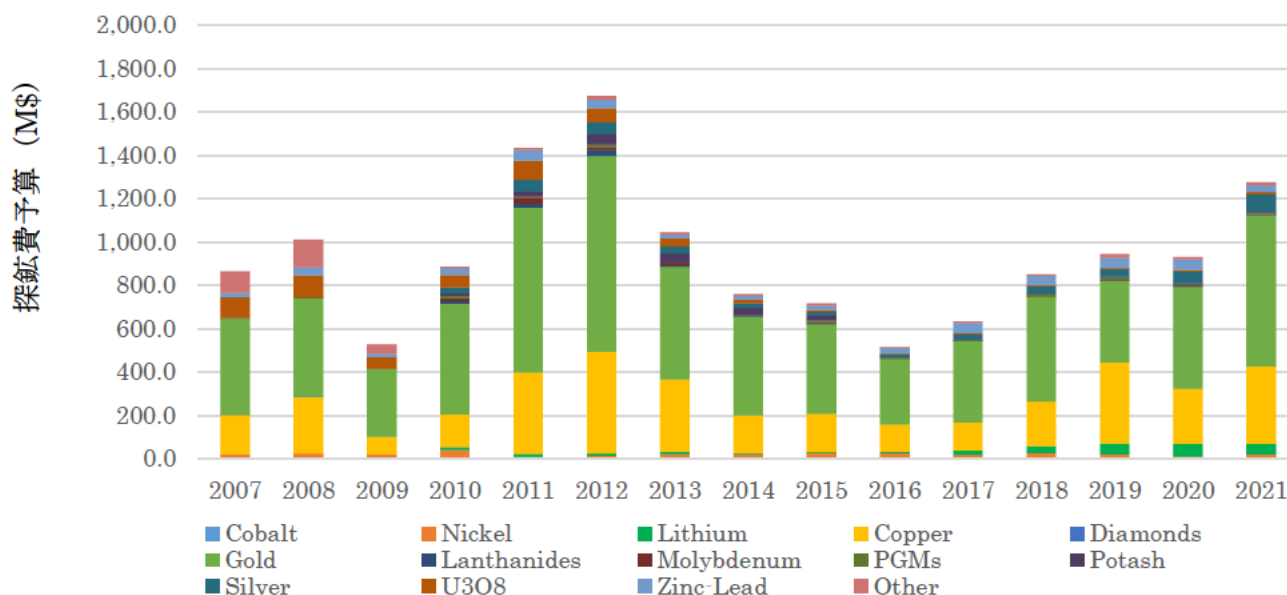


図 2-13 米国の探鉱費予算の鉱種別推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

米国における探鉱費総額は 2012 年にピークを付けたあと減少し、2016 年に底を打って再び増加傾向を示している。2017 年にトランプ大統領令で重要鉱物リストの作成が指示されたのと増加を始めたのと時期が重なっている。米国が再び戦略的に鉱物資源の獲得政策に取り組んでいく契機になったものとみられる。

図 2-14 のバッテリーマテリアル 3 種でみると、2010 年前後にリチウムとコバルトの探鉱が始まり、特にリチウムが急激に伸びていることがわかる。米国は、南米のかんすいリチウムで大きな権益を取得しているが、国内でも探鉱活動を活発にしていることが伺える。一方で、ニッケルの探鉱費は 2016 年ごろから低下傾向をみせている。米政府はコバルト・リチウム・ニッケルの 3 種を重要鉱物としているが、特にリチウムについては中国との競合鉱物にも指定しており、内外で獲得に乗り出しているものと考えられる。

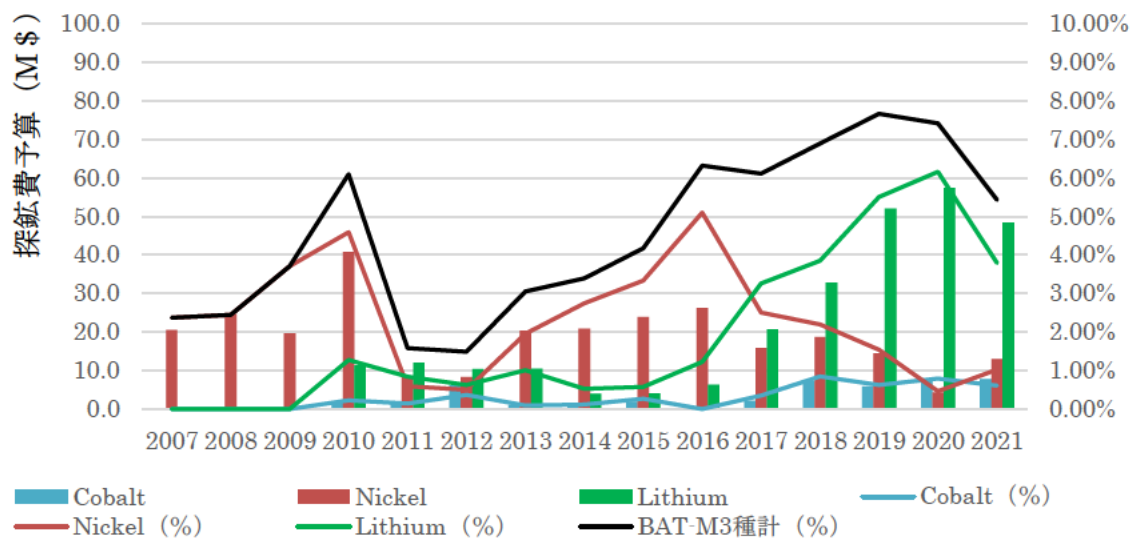


図 2-14 米国の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル (Co、Ni、Li) の推移,
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(4) 欧州連合における探鉱費予算の推移

重要鉱物資源政策を世界に先駆けて 2011 年に始めた欧州連合の動向について、S&P データベースの探鉱費予算から見ていく。図 2-15 は 2020 年に策定された重要鉱物資源リストのファイナルレポートで紹介されている地図で、EU 域内のどの国がどのような重要資源（CRMs）を産出しているかを世界のシェアで示されている。

現在の EU 加盟国は 27 ケ国に及び、中央部には G7 メンバーの先進鉱業国である仏独伊、欧州委員会の本部が設置されているベルギーなどベネルクス 3 国等、西域にはイベリア半島のスペイン・ポルトガル、北欧のフィンランド・スウェーデン・デンマーク、東欧諸国と多様な国々で構成されている。EU はこのように多様な域内の埋蔵資源を重視しており探鉱して鉱山を開発し資源を融通することをひとつの政策にしている。

Figure D: EU producers of CRMs, in brackets shares of global supply, 2012-2016⁹



図 2-15 EU 各国で産出される欧州 CRMs リスト中の重要鉱物資源の世界シェア

出所：欧州委員会 “Study on the EU's list of Critical Raw Materials(2020) Final Report”

欧州連合参画国の探鉱費予算を積算した合計額の推移を

図 2-16 に示す。

この間、欧州委員会は 2011 年に重要鉱物資源を選定し、その後も 2014 年、2017 年、2020 年と 3 年に一度見直している。最初に重要鉱物を選定した 2011 年前後に急騰を示し、その後 2016 年にかけて漸減し、2017 年の重要鉱物の見直し頃から増加傾向を示している。

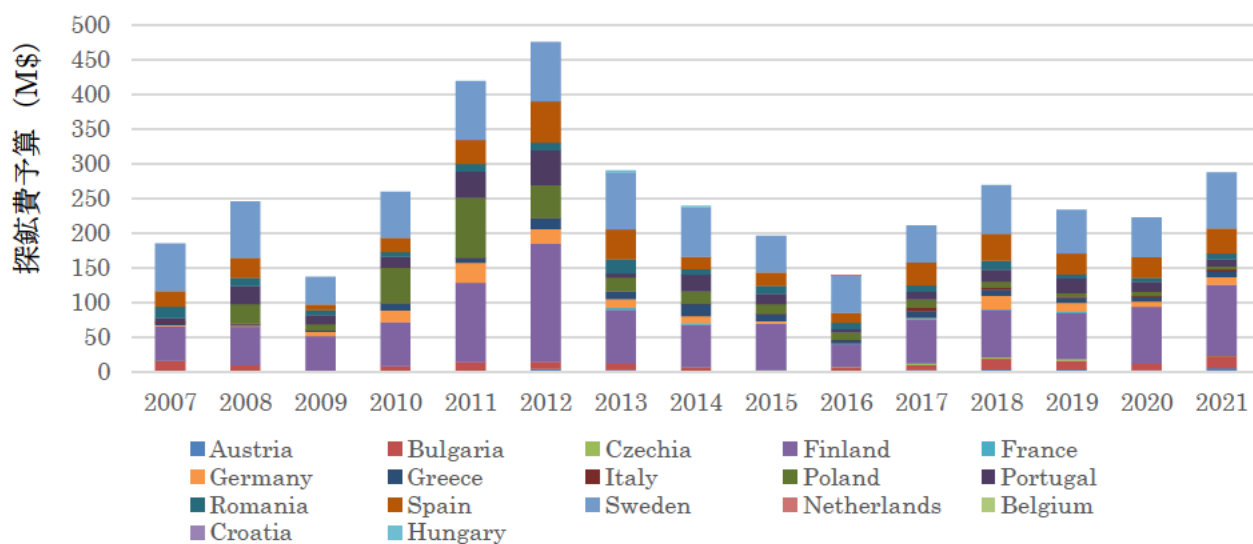


図 2-16 EU 加盟各国の探鉱費予算の推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

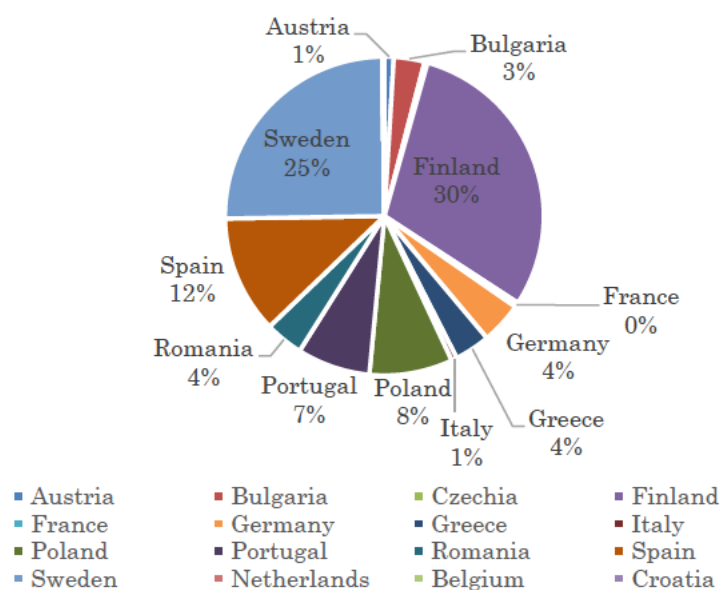


図 2-17 EU 加盟国の探鉱費予算の国別シェア（2011-2021 平均）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

図 2-17 で探鉱費予算の国別シェアをみると、北欧のフィンランドとスウェーデンが多く、次いでイベリア半島のスペイン・ポルトガル、東欧のポーランド・ルーマニア・ブルガリアとなっている。鉱業先進国で G7 メンバーのドイツ・フランス・イタリアは少ない。

鉱種別の推移は図 2-18 になる。欧州委員会が重要鉱物資源を指定した 2011 年からの鉱種別シェアの平均値を図 2-19 に示す。鉱物別では銅と金が多く、それぞれ 30% 近くを占める。次いで亜鉛・鉛とニッケルが続き、この 4 鉱物で 8 割を占めている。

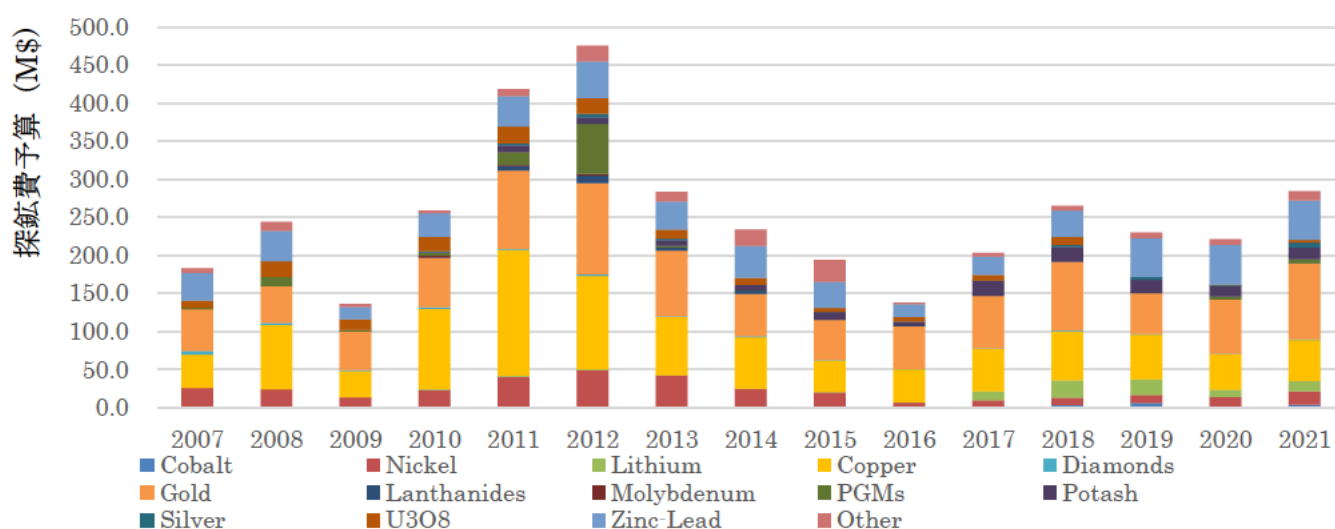


図 2-18 EU の探鉱費予算の鉱種別推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

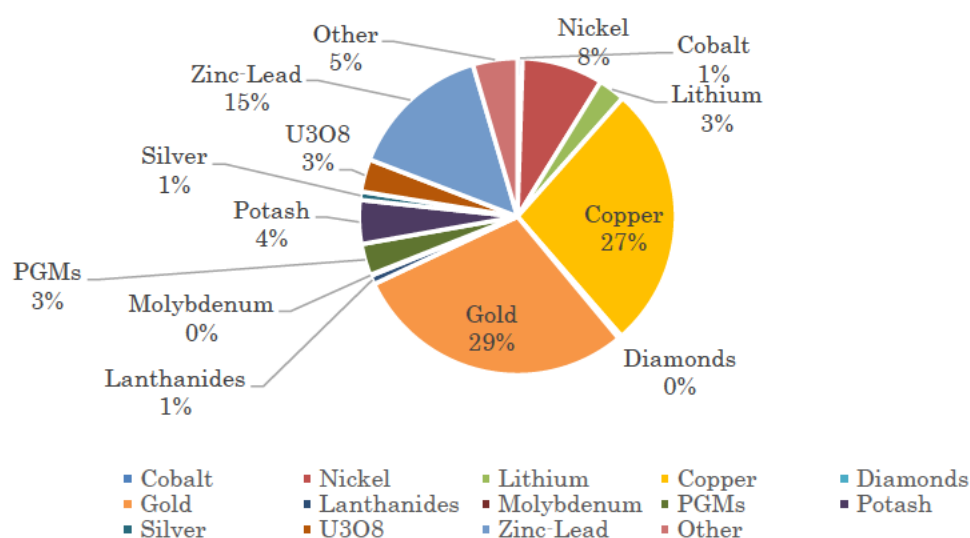


図 2-19 EU における探鉱費予算の鉱種別シェア (2011-2021 平均)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

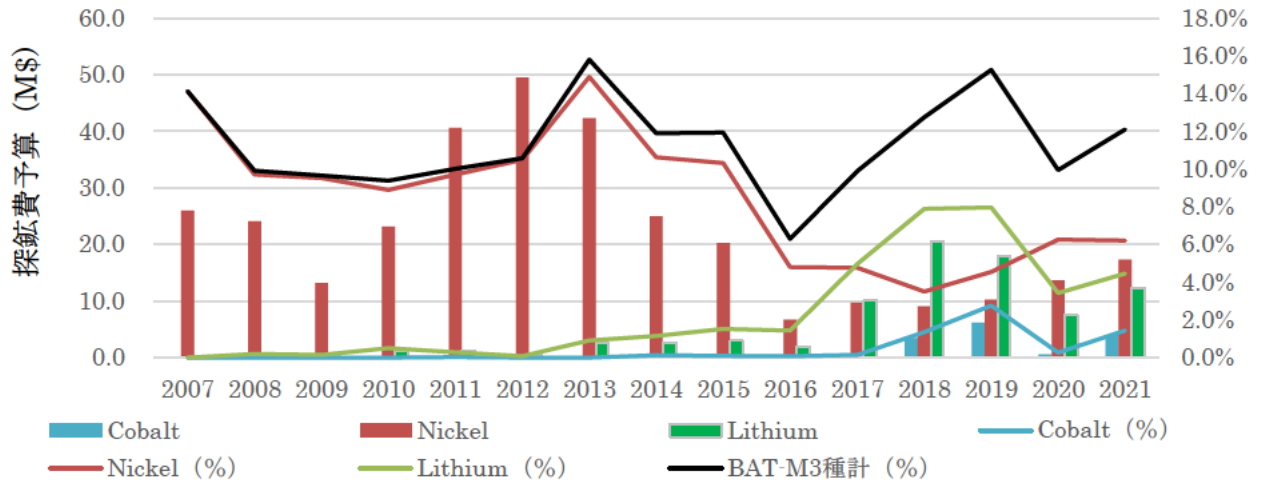


図 2-20 EU の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル (Co,Ni,Li) の推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

バッテリーマテリアルのコバルト、リチウム、ニッケルの3鉱物でみると、2012年までは殆どがニッケルだったため、その探鉱費の増減に影響を受けていたが、2016年を境にニッケルの低下が止まり、2010年ごろから投資が始まったコバルトと特にリチウムの急増を受け、増加傾向を呈している。欧州委員会が重要資源に指定したところと時期が重なっている。その後も2014年、2017年、2020年に見直しがあり、これら3鉱種への投資に影響がでている。

(5) 中国における探鉱費予算の推移

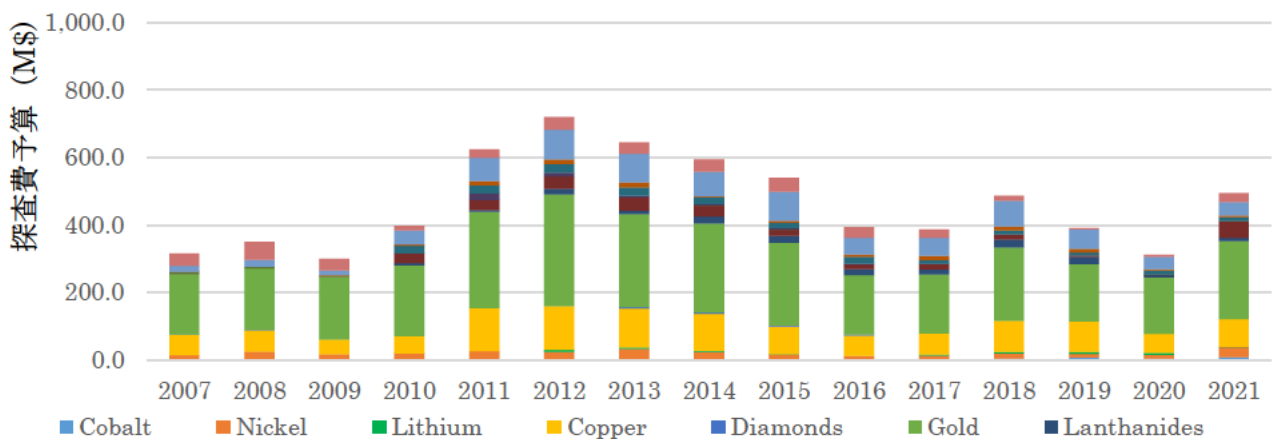


図 2-21 中国の探鉱費予算の鉱種別推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

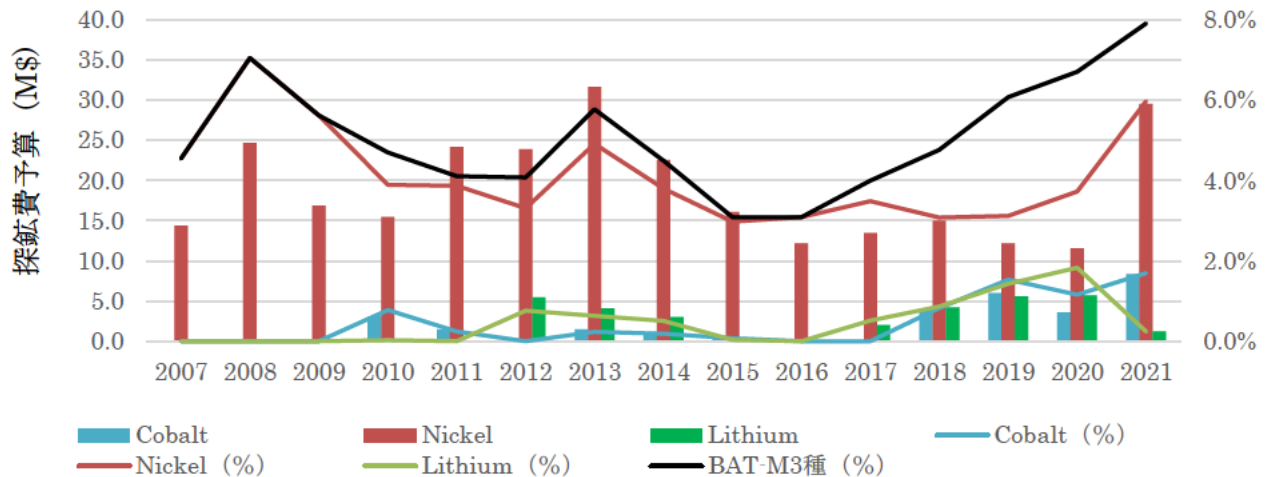


図 2-22 中国の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル (Co、Ni、Li) の推移,

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国への探鉱費予算は米国の半分以下、豪州の四分の一である。鉱種では金が半分近くを占め、次いで銅だが、モリブデンや亜鉛・鉛も多い。特にモリブデンは 50 百万ドルとせいぜい数百万ドル程度の米国・豪州・カナダなどを圧倒している。

バッテリーマテリアル 3 鉱種の探鉱費予算の推移を図 2-22 に示した。中国はステンレス用途などで従来からニッケル探鉱に力を入れていたが 2015 年以降に急速に伸びている。同時期にインドネシアに青山鋼鉄がニッケル合金鉄の製造で進出したが、国内でも探鉱を進めており、同国のニッケル需要の高まりを表している。リチウムとコバルトについても 2015 年頃から継続的に増加傾向を示しており、バッテリー需要の拡大を見越した活動になっているものと考えられる。

＜バッテリーマテリアルと銅の探鉱費予算における中国の内外投資の状況＞

S&P データベースの探鉱費予算には、鉱物別に探鉱費予算を計上している企業や政府機関などの情報がある。中国企業と政府機関の探鉱費予算額を合計すると、中国への投資よりも大きい。中国政府は国内の鉱山を囲い込んでおり、外国の投資を受け付けていないとすると、中国企業の探鉱費予算の総額と中国への探鉱費予算との差は、中国の外国での探鉱活動とみなされる。そこで、中国がバッテリーマテリアル 3 鉱種と銅の探鉱費予算を内外でどのように投資しているかを S&P データベースで把握してみる。(国内鉱山に他国の探鉱が活発な国ではこのような仕分けは不可能である。)

中国のバッテリーマテリアル3鉱種の探鉱費予算は、2000年代まではニッケルの国内向けのみであったが、2010年代前半にコバルトとリチウムの国内への投資が始まり、2015年以降は国外への投資を中心に大幅に予算額を増やしている。特にリチウムは殆どが国外への投資になっている。一方で、ニッケルについては近年になっても国外への投資は見られず、従来同様に国内への投資になっており、国外は殆どない状況である。

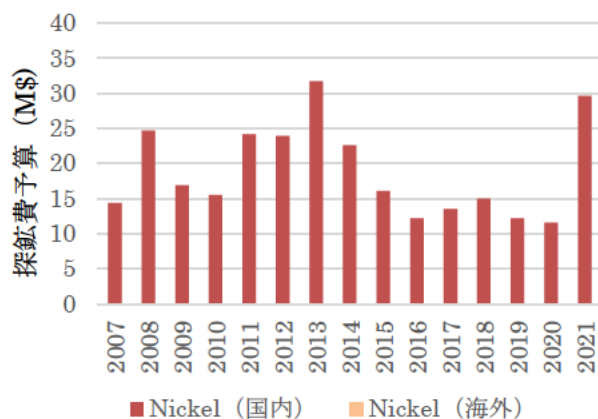


図 2-25 中国のニッケル探鉱費予算の内外投資

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国の銅に対する探鉱費予算は、バッテリーマテリアル3鉱種よりひと桁多い1億ドル規模になっている。

内外の投資先別ではまだ国内に多くを割いている状況である。

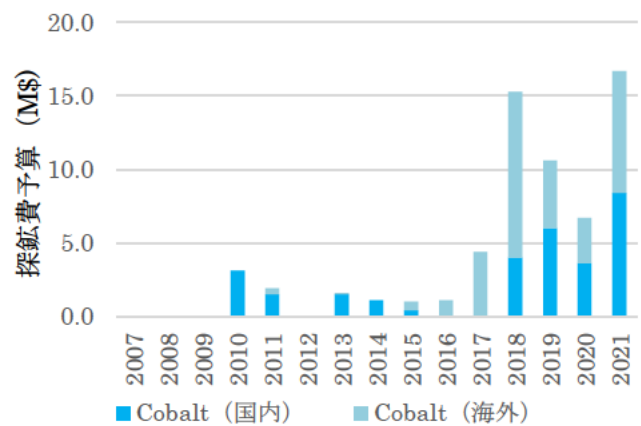


図 2-23 中国のコバルト探鉱費予算の内外投資

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

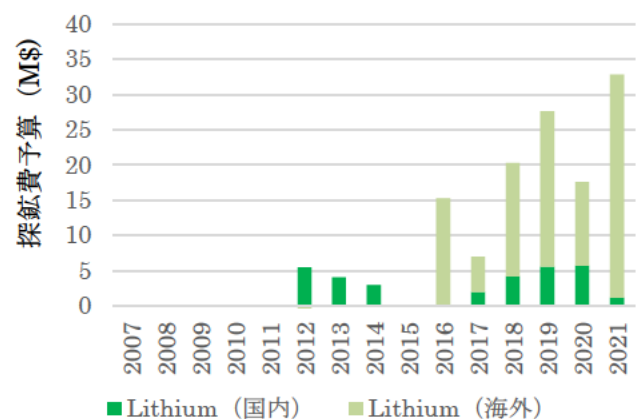


図 2-24 中国のリチウム探鉱費予算の内外投資

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

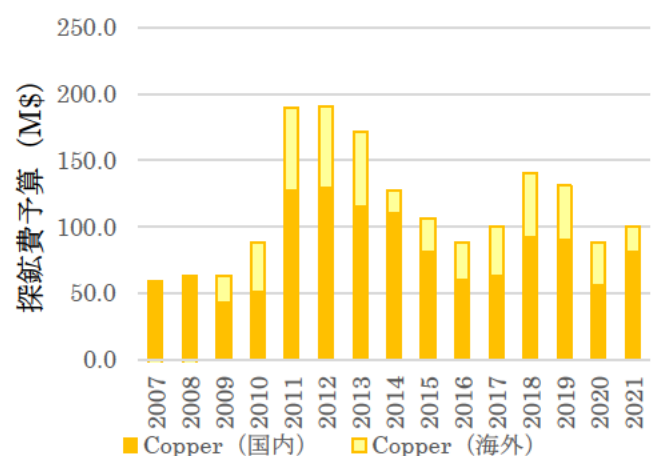


図 2-26 中国の銅の探鉱費予算の内外投資

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(6) 豪州における探鉱費予算の推移

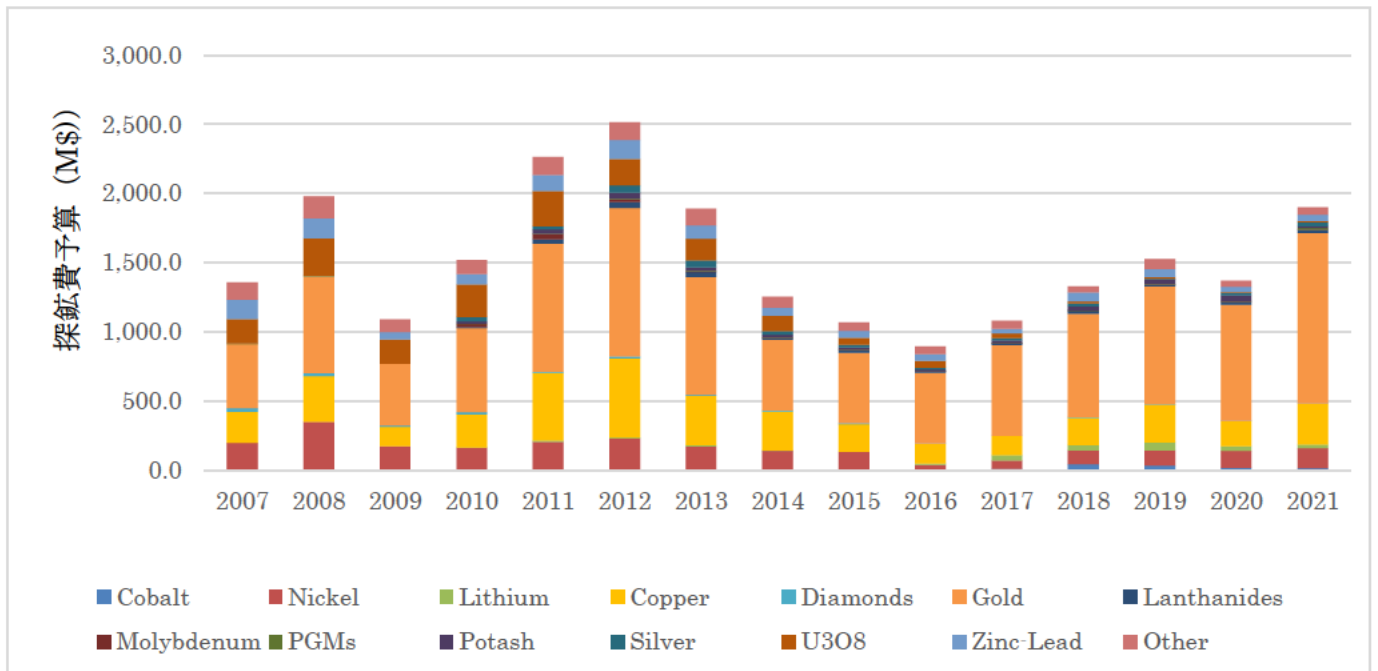


図 2-27 豪州の探鉱費予算の鉱種別推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

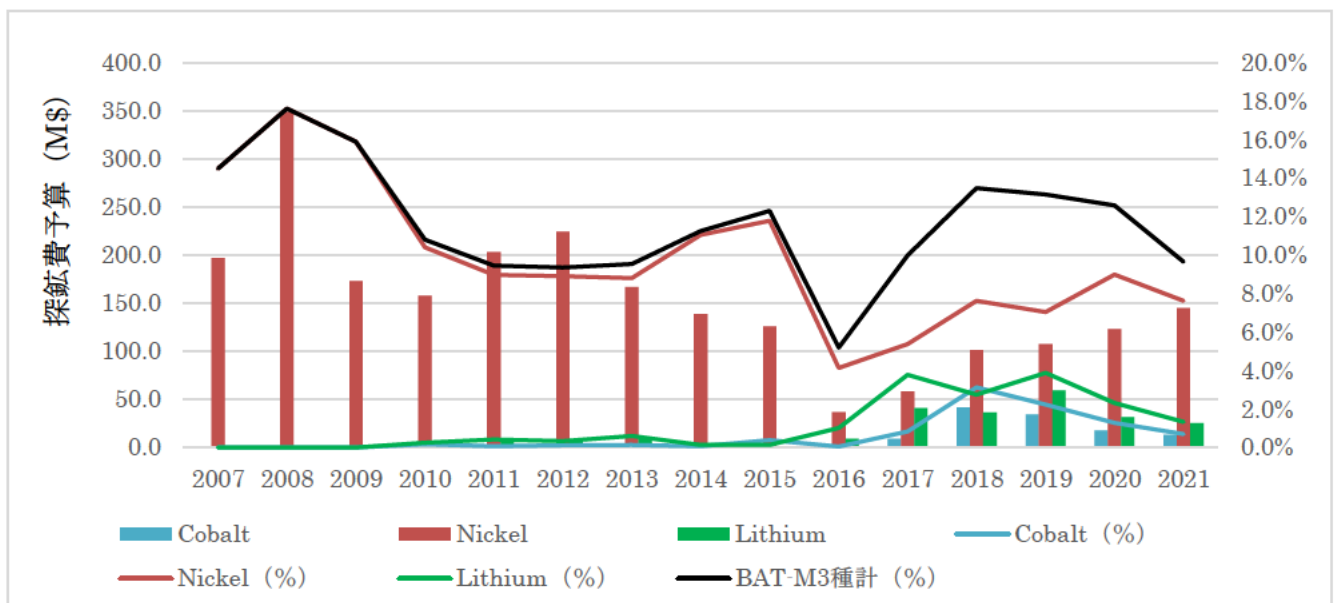


図 2-28 豪州の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル (Co、Ni、Li) の推移,

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

豪州の重要鉱物資源の指定は 2019 年と比較的遅い。探鉱費の推移を図 2-27 に示した。米国同様に 2016 年に底を打って回復し、増加傾向にある。鉱種では金が圧倒的に多く、次いで銅で、この 2 鉱種で 7 割を占めている。

バッテリーマテリアルの構成の推移を図 2-28 に示した。豪州は従来からニッケル探鉱に力を入れていたが、2016 年に底を打つまで減少していた。以降は回復基調にあり、リチウムとコバルトの探鉱も活発になっている。バッテリーマテリアル 3 鉱種の比率は米国や中国と比較しても高い。特に 2015 年～2019 年にかけてリチウムの比率が高止まった状況になっているのは、中国向けのリチウム鉱石の開発が背景にあるものと思われる。

(7) インドにおける探鉱費予算の推移

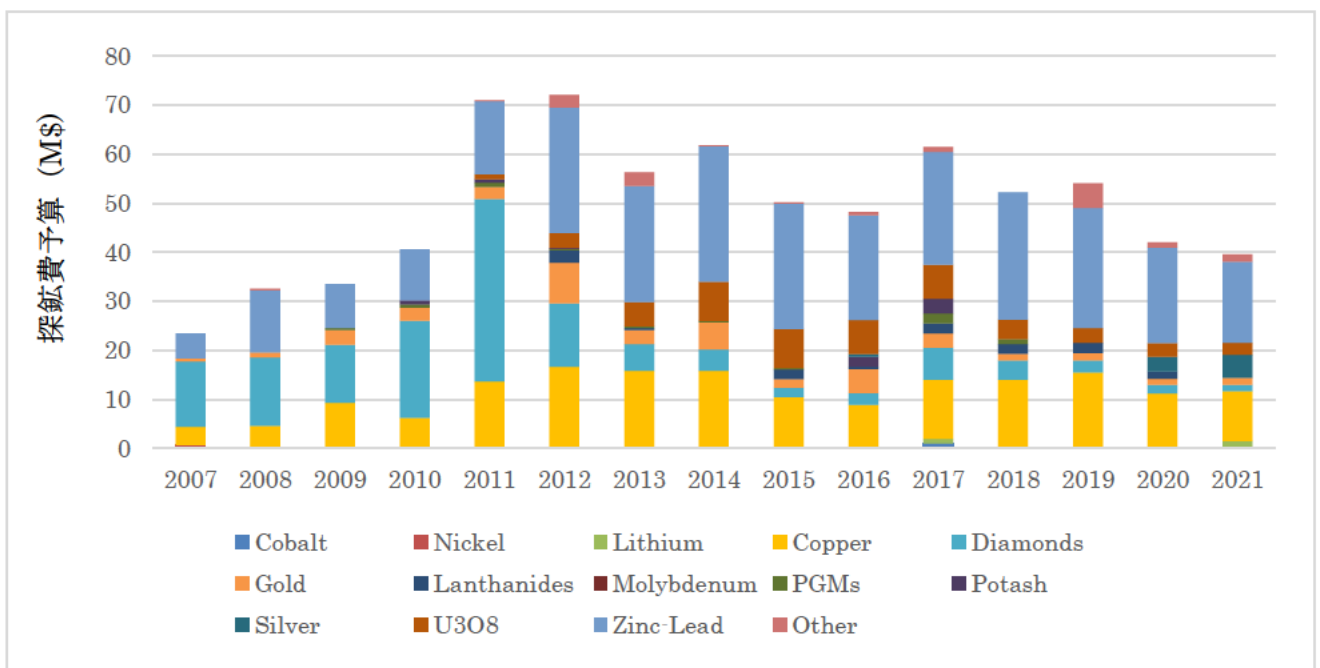


図 2-29 インドの探鉱費予算の鉱種別推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

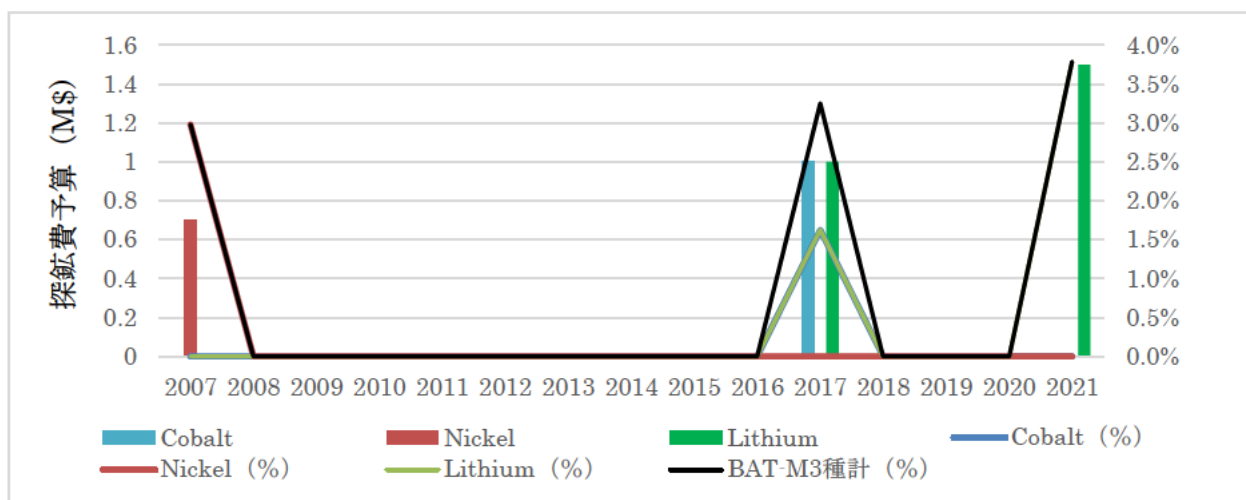


図 2-30 インドの探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル（Co、Ni、Li）の推移、

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

インドの探鉱費予算の鉱種別推移を図 2-29 に、バッテリーマテリアル 3 鉱種の推移を図 2-30 に示した。インドでは亜鉛-鉛の探鉱が従来より盛んで 4 割近くを占めていることが特徴である。次いで銅・銀・ウラニウムとなっている。一方で、比較的早い 2011 年に鉱物資源のクリティカル・マテリアル戦略を始めたインドだが、バッテリーマテリアルの探鉱は殆どなく、図 2-30 にみるように散発的に探鉱が行われている状況である。

3 銅

3-1 サプライチェーン概況

(1) 鉱石埋蔵量、銅精鉱・粗銅・銅地金生産量、銅地金消費量

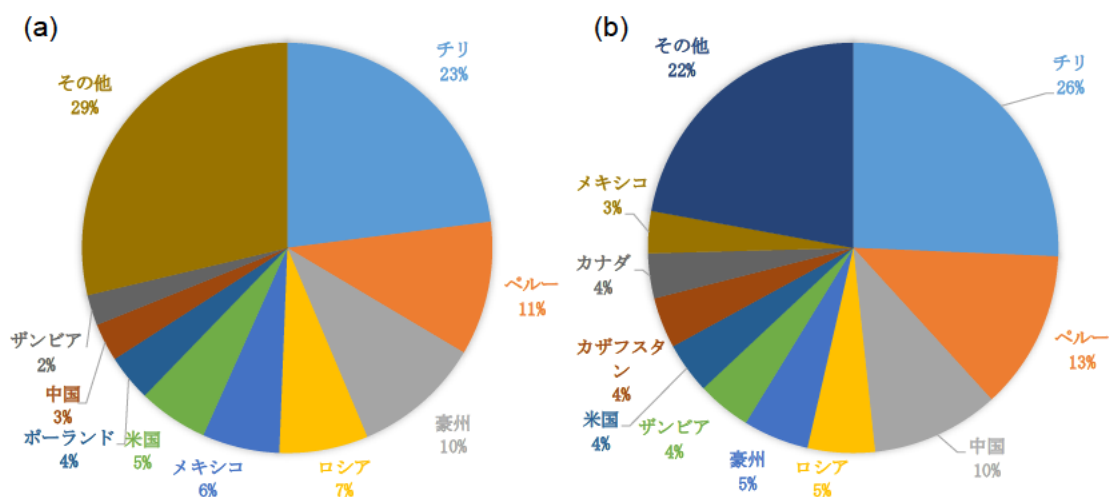
銅は世界中の多くの国で埋蔵が確認されているが、世界の銅鉱石埋蔵量 870 百万トンに対し、上位 4 カ国の合計が世界全体の過半（51%）となっている。特に南米（チリ、ペルー）の埋蔵量が多く、2 カ国の合計は世界の 34%を占めている。

銅精鉱の生産は多くの国で行われているが、2020 年の世界の銅精鉱生産量 16.6 百万トンに対し、南米 2 カ国（チリ・ペルー）の合計が世界全体の 39%を占めており、中国がチリ・ペルーに次ぐ世界第 3 位（10%）となっている。

2020 年の粗銅生産量（銅精鉱など一次原料に由来するもの。すなわち銅精鉱の消費量に相当）17.6 百万トンに対し、中国が世界の 45%を占めており、続いて日本が 7%となっている。

2020 年の世界の銅地金生産量 24.5 百万トンに対し、中国が世界の 41%を占めている。

2020 年の世界の銅地金消費量 25.0 百万トンに対し、中国が世界の 58%を占めている。



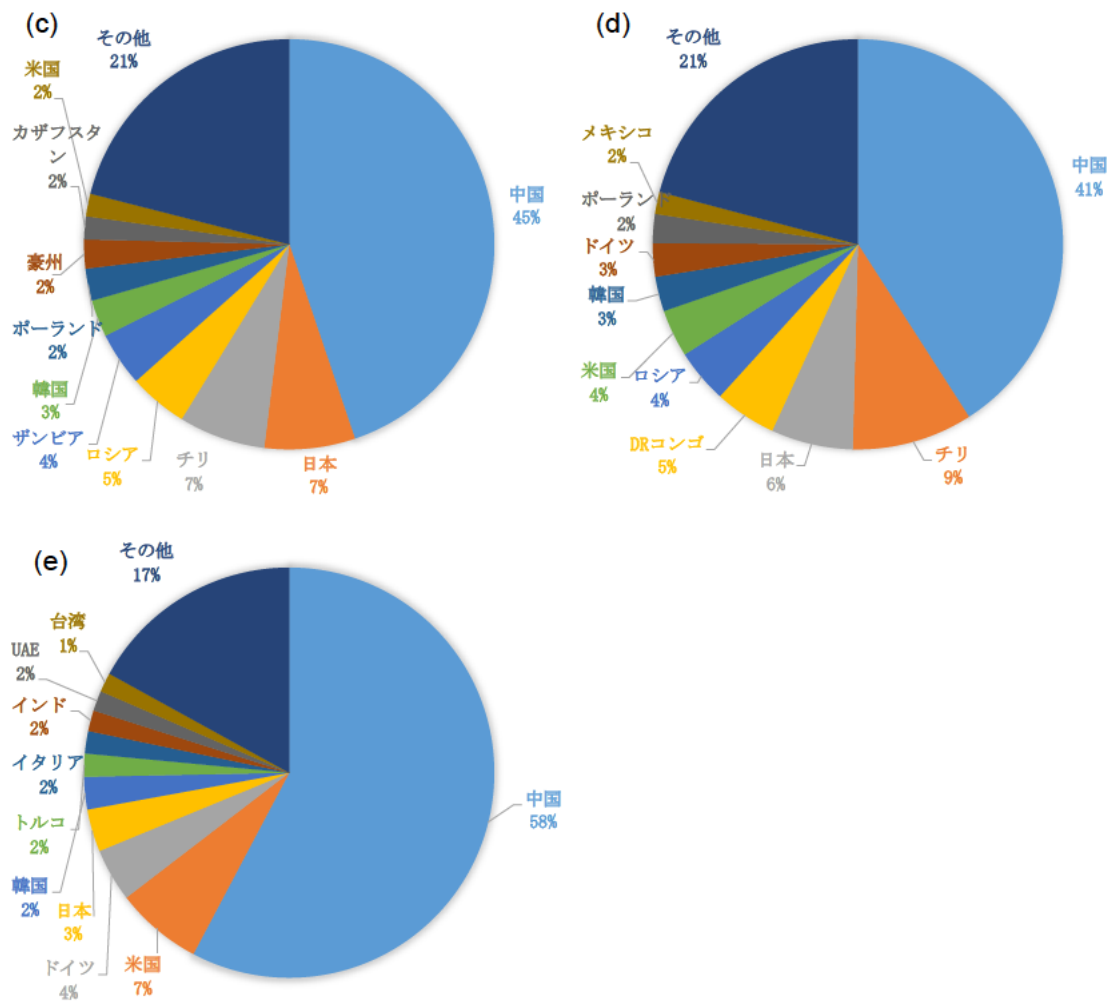


図 3-1 (a) 銅鉱石埋蔵量、(b)銅精鉱生産量、(c)粗銅生産量、(d) 銅地金生産量、(e)銅地金消費量 の国別構成 (2020 年)

出所：USGS "Mineral Commodity Summaries 2021"、 S&P、ICSG 2021 Statistical Yearbook より日鉄総研作成

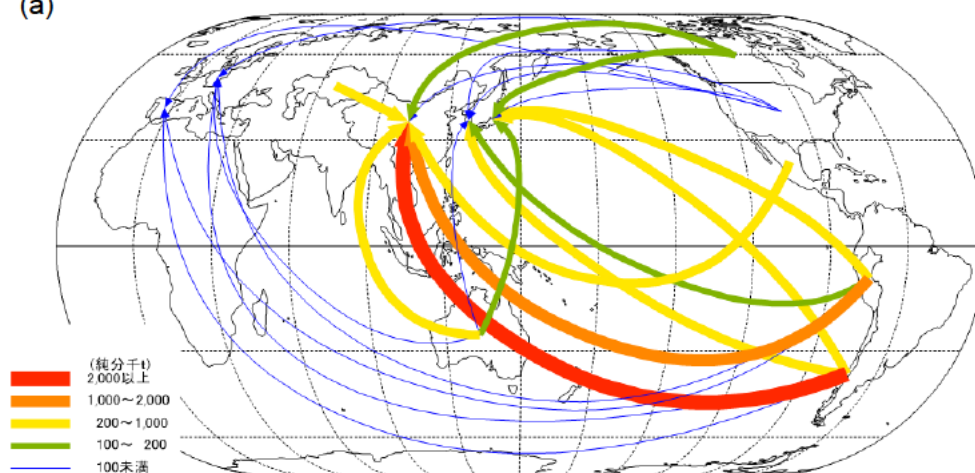
(2) 銅精鉱・粗銅・銅地金輸入量

2020 年の世界の銅精鉱貿易量合計 10,382 千トンの内、中国は 58%にあたる 6,042 千トンを入力している。中国の主な銅精鉱輸入元は、チリ（2,114 千トン）、ペルー（1,443 千トン）、メキシコ（514 千トン）となっている。

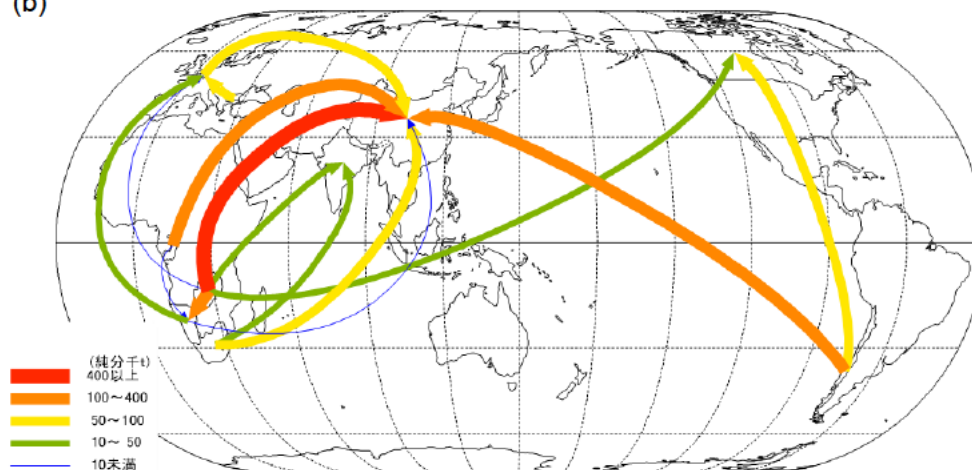
2020 年の世界の粗銅貿易量合計 1,852 千トンの内、中国は 56%にあたる 1,030 千トンを入力している。中国の主な粗銅輸入元は、ザンビア（423 千トン）、チリ（168 千トン）、DR コンゴ（101 千トン）となっている。

2020 年の世界の銅地金貿易量合計 10,261 千トンの内、中国は 46%にあたる 4,671 千トンを入力している。中国の主な銅地金輸入元は、チリ（1,269 千トン）、ロシア（420 千トン）、日本（318 千トン）となっている。

(a) 主要国における銅精鉱の輸入量(2020年)



(b) 主要国における粗銅の輸入量(2020年)



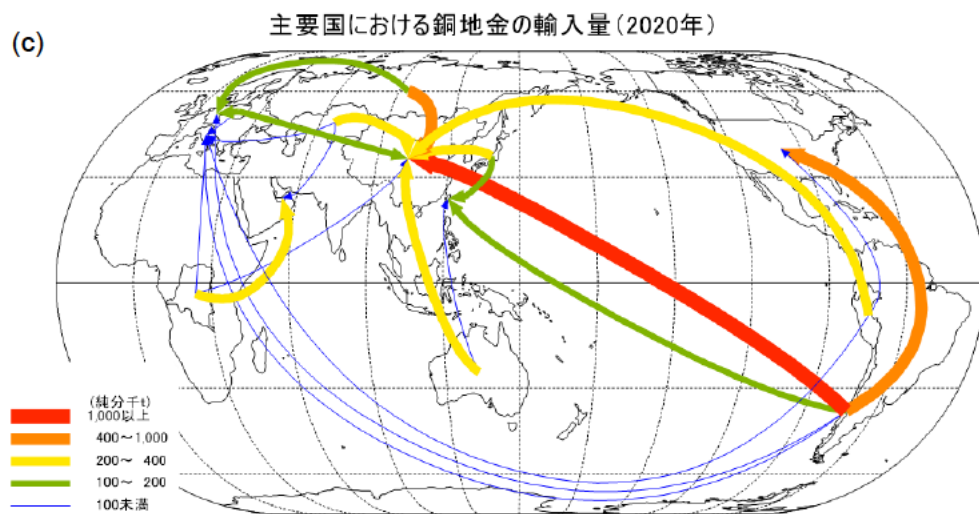


図 3-2 (a) 銅精鉱、(b) 粗銅、(c) 銅地金の輸入量 (2020 年)

出所：ICSG2021 Statistical Yearbook より日鉄総研作成

表 3-1 (a) 銅精鉱、(b) 粗銅 (c) 銅地金の輸入量 (2020 年)

(a)

主要国における銅精鉱の輸入量 (2020年)

(単位:純分千t)

		輸出国											
		世界計	チリ	ペルー	メキシコ	アメリカ合衆国	オーストラリア	カナダ	カザフスタン	インドネシア	ブラジル	モンゴル	その他
輸入国	中国	6,042	2,114	1,443	514	84	235	111	239	117	56	269	861
	日本	1,489	658	224	6	78	149	149	0	95	0	0	130
	韓国	572	210	140	6	16	58	53	0	34	4	0	51
	ドイツ	360	75	99	0	0	12	25	0	28	92	0	29
	スペイン	339	74	31	0	61	0	6	0	14	49	0	102
	ブルガリア	261	26	56	0	12	4	14	0	15	11	0	123
	メキシコ	221	3	16	0	198	0	2	0	0	3	0	0
	インド	156	99	8	0	0	5	6	0	30	0	0	6
	フィンランド	145	23	33	3	0	3	22	0	0	23	0	38
	台湾	109	17	22	5	3	21	3	0	10	19	0	10
その他	686	109	74	8	48	5	17	120	8	68	0	229	
	世界計	10,382	3,409	2,147	541	501	492	408	359	352	326	269	1,580

(b)

主要国における粗銅の輸入量 (2020年)

(単位:純分千t)

		輸出国											
		世界計	ザンビア	チリ	ブルガリア	コンゴ共和国	南アフリカ	ベルギー	ナミビア	タンザニア	スロバキア	スペイン	その他
輸入国	中国	1,030	423	168		101	51	59	1	12		3	213
	ベルギー	173	9		82				27			40	15
	インド	160	47				49			41			23
	ナミビア	158	151			6							0
	カナダ	90	12	76									2
	ドイツ	57		3	36			3	15				1
	オーストラリア	57					2				55		0
	韓国	52		31					2	4		1	13
	オランダ	19						2	17				0
	ポーランド	6		2				3				1	0
	その他	50	0	4	0	0	1	1	0	0	0	0	43
世界計		1,852	643	283	118	108	103	67	61	57	55	46	311

(c)

主要国における銅地金の輸入量 (2020年)

(単位:純分千t)

		輸出国											
		合計	チリ	日本	ロシア	コンゴ民主 共和国	カザフスタ ン	オーストラ リア	ポーランド	ペルー	中国	韓国	その他
輸 入 国	中国	4,671	1,269	318	420	13	301	209	101	202	66	154	1,618
	アメリカ合衆国	676	409	2		0				17	0		248
	ドイツ	587	38	1	100	4	0		110		1		334
	イタリア	489	20	0	10	39	16		44	43			317
	台湾	446	140	128		0	0	35	9		91	14	28
	アラブ首長国連邦	401	5		6	354	17						19
	トルコ	348	15		69		96		5	0			163
	タイ	340	33	85		2	0	31	6	1	15	9	159
	韓国	234	118	10		0		9		2	0		95
	ブラジル	189	156							29			4
その他	1,880	208	192	126	290	16	81	45	9	82	62	769	
世界計		10,261	2,411	736	731	702	447	366	321	302	255	238	3,752

出所 : ICSG2021 Statistical Yearbook より日鉄総研作成

3-2 主要な資源調達国が海外に保有する権益

世界全体の銅地金消費量を見ると、中国は 58%を占める大消費国となっている。中国の銅鉱石埋蔵量は世界の 3%、銅精鉱生産量は 10%程度だが、銅精鉱や粗銅貿易量の過半を調達している。

表 3-2 中国の銅取扱量（2020 年）

単位：千トン（純分）

	中国	世界合計	中国比率
鉱石埋蔵量	26,000	870,000	3%
銅精鉱生産量	1,673	16,617	10%
銅精鉱輸入量	6,042	10,382	58%
粗銅生産量	7,907	17,644	45%
粗銅貿易量 （輸入－輸出）	1,030	1,852	56%
銅地金生産量	10,025	24,510	41%
銅地金貿易量 （輸入－輸出）	4,416	10,261	43%
銅地金消費量	14,428	24,989	58%

出所：USGS Mineral Commodity Summaries 2021、S&P、ICSG2021 より日鉄総研作成

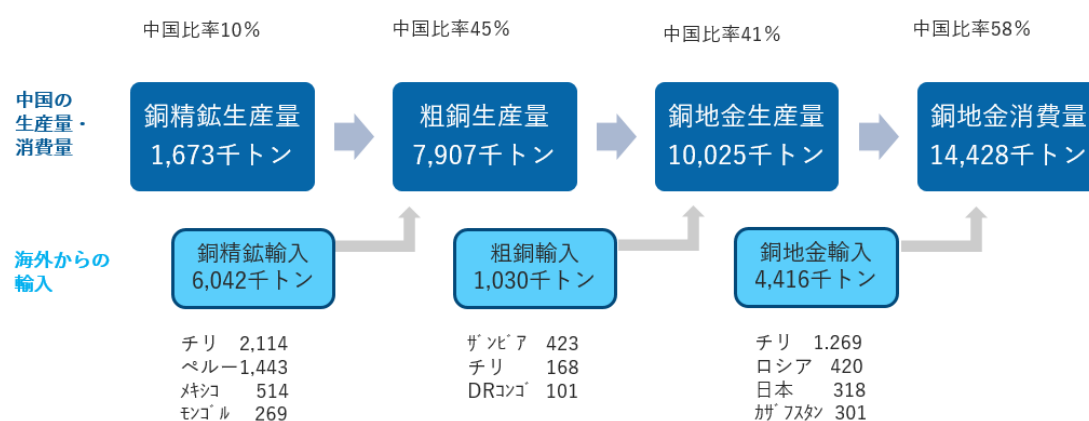


図 3-3 中国の銅生産量と消費量（2020 年）

（上図には、在庫増減や二次原料等の数量は記載していない）

出所：USGS Mineral Commodity Summaries 2021、S&P、ICSG2021 より日鉄総研作成

(1) 鉱山における主要国の権益

「権益」とは、「鉱山資源を産出する鉱山会社との交渉の結果、引き取ることが可能となった数量」である。鉱山に出資する場合、出資者は通常は出資見合いの数量の引取り権は最低でも確保するが、更に出資見合い以上の数量の長期買鉱契約を締結する場合もある。つまり、鉱山プロジェクト毎に交渉によって「権益」が締結されているため、出資者が海外に保有する「権益」を正しく把握することは難しい。

このため、本稿では

「鉱山プロジェクトに対する自己出資の割合＝自己権益量とみなす」(A 案)

を基本的な考え方とするが、交渉条件次第で出資割合以上の資源を長期契約で確保する場合もあることから、

「少しでも(某国企業が)関係すると思われるプロジェクトの生産量を 100%権益確保していると見做す」(B 案)についても勘案し、幅を持たせて記載することとする。

<事例>

某国の某鉱山に対する出資者の出資比率を 50%としたとき、

A 案では出資者の権益は 50%だが、B 案では某国から出資者の国以外の第三国に輸出することはないものとして出資者の国の権益を 100%と見做す

また、上記の通り、「権益」とは「その年の鉱物産出量の内、交渉の結果、引き取ることが可能となった数量」を指すが、本稿では、現在の出資が将来の生産可能量累計(≒埋蔵量)に与える影響度合いを把握するため、その鉱山が保有する埋蔵量に対しても上記 A・B 案の考え方に従い、便宜的に「埋蔵量における出資者の国の権益」の試算を行った。

①埋蔵量における主要国の権益

世界の銅鉱山が保有する埋蔵量に対し、それぞれの鉱山に対して出資比率の多い中国企業の出資比率を乗じて合計したところ、中国の権益分は 79,309～99,445 千トンとなった。さらに、S&P の鉱山別銅埋蔵量に関するデータカバー率が約 87%であることを勘案すれば、世界の銅埋蔵量 871 百万トンに対して中国が保有する権益は 91 百万トン (11%)～114 百万トン (13%) と約 1 割強にあたると算出された。

表 3-3 銅埋蔵量における中国の権益

単位：千トン（純分）

国名	世界の埋蔵量（千トン）	中国権益分（A案）	中国権益分（B案）
チリ	200,000		
ペルー	92,000	10,389	12,205
豪州	88,000	697	885
ロシア	61,000	12,402	15,678
メキシコ	53,000		
米国	48,000		
ポーランド	32,000		
中国	26,000	31,159	32,904
ザンビア	21,000	2,037	2,384
その他	250,000	22,625	35,390
世界 合計	871,000	79,309	99,445

出所：世界の埋蔵量は USGS ” Mineral Commodity Summaries 2021”、
中国権益分は S&P より日鉄総研作成
（出所の違いにより、中国の埋蔵量と権益分の数量に齟齬がある）

②銅精鉱＋SXEW¹⁹生産量における主要国の権益

世界の銅鉱山の 2020 年の銅精鉱＋SXEW（Solvent extraction and electrowinning）生産量に対し、それぞれの鉱山に対する中国企業の出資比率を乗じて合計したところ、中国の権益分は 2,579～2,915 千トンとなった。

さらに、S&P の鉱山別銅精鉱＋SXEW 生産量に関するデータカバー率が約 93%であることを勘案すれば、世界の銅精鉱＋SXEW 生産量 20.6 百万トンに対して中国が保有する権益は 2.8 百万トン（13%）～3.1 百万トン（15%）と、約 1～2 割にあたると算出された。

¹⁹ SXEW 法は、銅鉱石から銅精鉱として抽出せず、溶媒抽出と電解採取の 2 段階プロセスにより製錬まで行う。1 段階目のプロセスは、濃度の低い銅の浸出液から、銅と選択的に反応する化学物質を含んだ有機溶媒へ銅を抽出して濃縮し、有機溶媒中に銅を保持する。続いて銅は有機溶媒から強酸の水溶液へ逆抽出される。2 段階目のプロセスで逆抽出された銅を電気分解法で陰極に析出させる。

表 3-4 銅精鉱+SXEW の生産量における中国の権益

単位：千トン（純分）

国名	世界の生産量（千トン）	中国権益分（A案）	中国権益分（B案）
チリ	5733.1		
ペルー	2150.1	517	553
中国	1723.1	1,169	1,188
DRコンゴ	1478.7	387	523
米国	1228.1		
豪州	884.9	23	29
ロシア	881.2	182	245
ザンビア	852.7	89	106
メキシコ	732.9	0	1
その他	296	213	271
世界 合計	20,634	2,579	2,915

出所：ICSG、S&P より日鉄総研作成

中国が権益を持つ海外の銅鉱山の生産量と中国の輸入量を比較するため、表 3-4 の中国権益分（A 案）から銅精鉱生産量を取り出し、銅精鉱の輸入量と比較したものが表 3-5 である。これを見ると、中国は権益分を大きく上回る量の銅精鉱を輸入していることがわかる。特に、世界最大の銅鉱石算出国であるチリにおいては、権益を保有していないが一定の輸入を確保している。

なお、中国は DR コンゴの銅鉱山に積極的な資本参加を行い、一定の権益を確保しているが、DR コンゴでは銅鉱山から銅精鉱として産出せず SXEW 法により製錬まで行っているため、銅精鉱の輸出量としてはカウントされていない。

表 3-5 中国の銅精鉱輸入量と中国が保有する海外の権益

単位：千トン（純分）

国名	中国の輸入量	中国権益分（A案）
チリ	2,114	
ペルー	1,443	516
メキシコ	514	0
米国	84	
豪州	235	29
カナダ	111	
カザフスタン	239	
インドネシア	117	
ブラジル	56	
モンゴル	269	
その他	861	46
世界 合計	6,042	855

出所：ICSG、S&P より日鉄総研作成

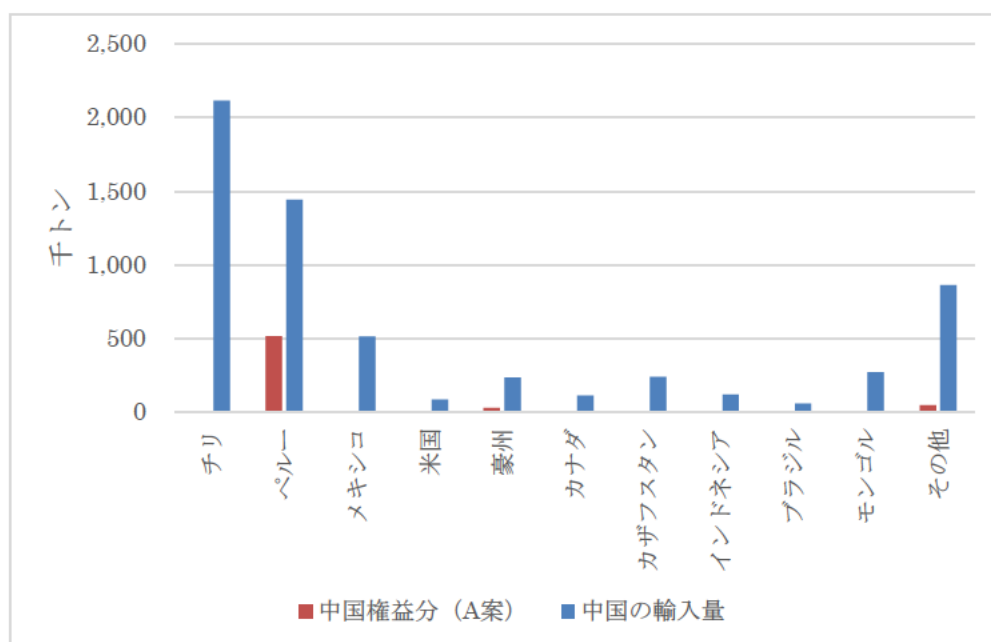


図 3-4 中国の銅精鉱輸入量と中国が保有する海外の権益

出所：ICSG、S&P より日鉄総研作成

(2) 主要な資源調達国企業の出資先（鉱山、製錬・精製企業）

① 主要国企業が出資している銅鉱山

中国企業が出資している主要な銅鉱山は表 3-6 の通りとなっている。

表 3-6 中国企業が出資している主要な銅鉱山

単位：千トン（純分）

国名	鉱山名	埋蔵量	生産量 銅精鉱 +SXEW	主な出資企業	中国比率
Dem. Rep. Congo	Tenke Fungurume	3,713	183	China Molybdenum Co., Ltd. (Venturer) 80%; Gécamines SA (Carried) 20%	80%
Dem. Rep. Congo	Kolwezi	275	114	Zijin Mining Group Company Limited (Venturer) 72%; Gécamines SA (Venturer) 28%	72%
Dem. Rep. Congo	Kinsevere	277	72	MMG Limited (Owner) 100%	100%
Dem. Rep. Congo	Mabende	0	37	China Nonferrous Mining Corporation Limited (Venturer) 42%; Huachin SARL (Venturer) 35%; Unnamed Owner (Venturer) 23%	42%
Ecuador	Mirador	3,498	50	Tongling Nonferrous Metals Group Co.,Ltd. (Venturer) 70%; China Railway Construction Corporation Limited (Venturer) 26.2%	96.2%
Laos	Sepon Copper	242	40	Chifeng Jilong Gold Mining Co.,Ltd. (Venturer) 90%; Laos (Venturer) 10%	90%
Peru	Las Bambas	5,642	311	MMG Limited (Venturer) 62.5%; CNIC Corporation Limited (Venturer) 22.5%; CITIC Limited (Venturer) 15%	100%
Peru	Toromocho	0	203	Aluminum Corporation of China Limited (Owner) 100%	100%
Russia	Gaisky Complex	4,340	89	Ural Mining and Metallurgical Company (Owner) 100%	100%
Russia	Bystrinskoye	2,085	63	Public Joint Stock Company Mining and Metallurgical Company Norilsk Nickel 50.01%; CIS Natural Resources Fund (Venturer) 39.32%; Highland Fund (Venturer) 10.67%	10.67%
Russia	Uchaly	1,709	46	Ural Mining and Metallurgical Company (Owner) 100%	100%
Serbia	Bor Basin	4,568	52	Zijin Mining Group Company Limited (Venturer) 86.31%	86.31%
South Africa	Palabora	1,209	39	Hebei Iron & Steel Group Co. Ltd (Venturer) 35%; General Nice Development Limited (Venturer) 20%; Tewoo Group Co., Ltd. (Venturer) 20%; The Industrial Development Corporation of South Africa Limited 20%;	80%
Zambia	Muliashi North	289	43	China Nonferrous Mining Corporation Limited (Venturer) 80%; Zambia (Venturer) 20%; CNMC Luanshya Copper Mines Plc (Venture)	80%
Zambia	Chambishi	1,441	40	China Nonferrous Mining Corporation Limited (Venturer) 85%; ZCCM Investments Holdings Plc (Venturer) 15%	85%

出所：S&P より日鉄総研作成

②主要国企業が出資している製錬・精製企業

中国企業が出資している主要な銅製錬・精製企業は表 3-7 の通りとなっている。
中国企業は鉱山だけでなく、製錬・精製企業にも多数の出資を行っている。

表 3-7 中国企業が出資している主要な銅製錬・精製企業

銅精錬企業

名称	所在国	生産能力 (千トン)	権益構成 (赤字：中国資本)
Antay Pacha Smelter	ボリビア	NA	Shanghai Kangzheng Investment Management Co., Ltd. 100%
Bontang Smelter	インドネシア	200	Private Interest (Owner) 100%
Bor Smelter	セルビア	80	Zijin Mining Group Company Limited 63% Republic of Serbia Development Fund 37%
Chambishi Smelter	ザンビア	250	NFC Africa Mining Plc 100% China Nonferrous Mining Corporation Limited 80% Yunnan Copper Co., Ltd. 20%
Danformation Smelter	タンザニア	18	Private Interest 100%
KAZ Smelter	カザフスタン	300	Baiyin Nonferrous Group Co., Ltd. Nova Resources B.V.
Lualaba Smelter	DRコンゴ	120	China Nonferrous Mining Corporation Limited 62% Yunnan Copper Industry (Group) Co., Ltd. 38%
Palabora Smelter	南アフリカ	80	Hebei Iron & Steel Group Co. Ltd 35% General Nice Development Limited 20% Tewoo Group Co., Ltd. 20% The Industrial Development Corporation of South Africa Limited 20% China-Africa Development Fund 5%
Pancomm Smelter	ウクライナ	18	Private Interest 100%
Ras Al-Khair Smelter	サウジアラビア	200	Private Interest Trafigura Group Pte. Ltd.

銅精製企業

名称	所在国	生産能力 (千トン)	権益構成 (赤字：中国資本)
Artemov Refinery	ウクライナ	35	Private Interest 100%
Bontang Refinery	インドネシア	200	Private Interest 100%
Bor Refinery	セルビア	120	Zijin Mining Group Company Limited 63% Republic of Serbia Development Fund 37%
Palabora Refinery	南アフリカ	100	Hebei Iron & Steel Group Co. Ltd 35% General Nice Development Limited 20% Tewoo Group Co., Ltd. 20% The Industrial Development Corporation of South Africa Limited 20% China-Africa Development Fund 5%
Pancomm Refinery	ウクライナ	30	Private Interest 100%
Ras Al-Khair Refinery	サウジアラビア	200	Private Interest 不明% Trafigura Group Pte. Ltd. 不明%
SML Chambishi Refinery	ザンビア	5	China Nonferrous Mining Corporation Limited 60% Yunnan Copper Industry (Group) Co., Ltd. 40%

出所：S&P より日鉄総研作成

3-3 生産コストカーブの分析

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

S&P データベースをもとに主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが次頁の図 3-6 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

3-3、3-4 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Copper の重量を生産量として採用した。Paid Copper とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来る銅の量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid Copper の重量は、全世界の銅生産量の 84.57%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

3-3、3-4 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Total Cash Cost を生産コストとして採用した。鉱山会社の労働、エネルギー、試薬、その他経費、溶錬費(TC)・精錬費(RC)、ロイヤリティの合計であり、資本や減価償却などの費用は含まない。

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

3-3、3-4 では鉱山の権益の国籍別資本比率は、当該鉱山の権益を有する企業の国籍をもとに計算した。例えば、A 鉱山の権益を、英国に本社を置く企業が 50%、中国に本社を置く企業が 50%保有している場合、A 鉱山の権益は英国資本が 50%、中国資本が 50%保有しているものとみなした。また、香港に本社を置く企業は中国企業とみなした。

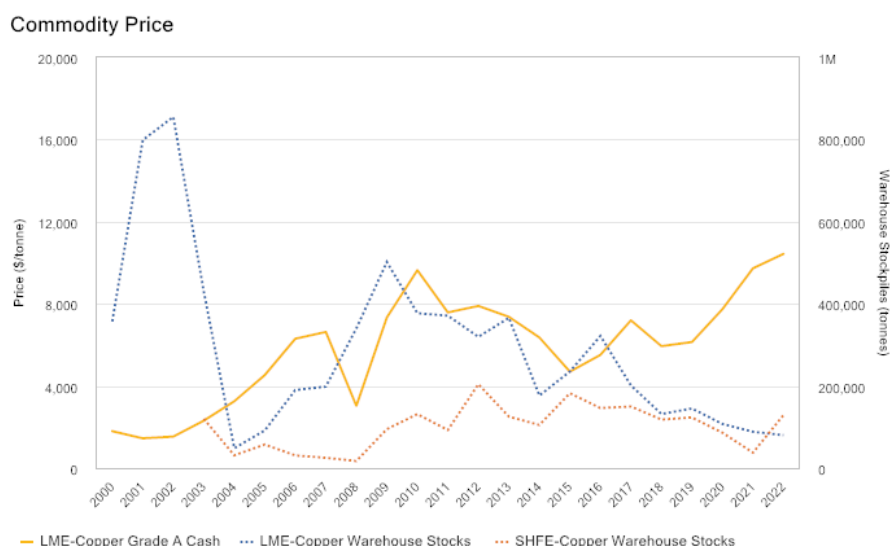


図 3-5 （参考）銅の価格の推移（2000 年～2022 年）

出所：S&P データベース

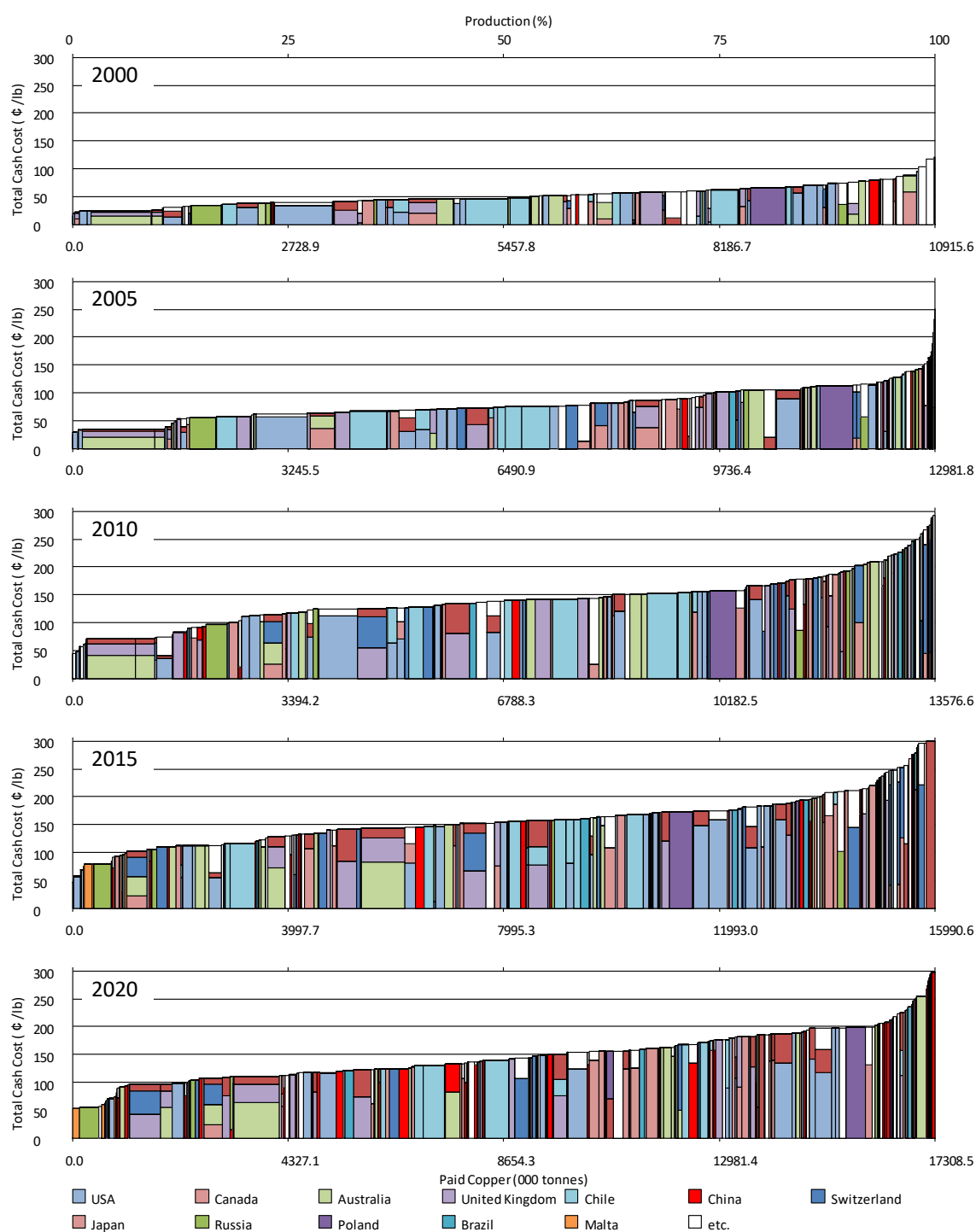


図 3-6 主要鉱山の生産コストカーブ（銅）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

この生産コストカーブのデータをもとに、主要鉱山（生産コストカーブは全ての鉱山を網羅しているわけではないため、以下では「主要鉱山」という表現を用いる）の生産量の合計の推移を、権益を有する資本の国籍別に試算したものが表 3-8 と図 3-7 である。中国

資本の権益の下で生産される銅は増加傾向にあり、2000 年は 210 千トンであったのが 2020 年には 1,716 千トンと 8 倍以上に、全世界の銅生産に占めるシェアも 2000 年は 1.9%であったのが 2020 年には 9.9%に達する結果となった。

表 3-8 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（銅）

	Paid Copper (000 tonnes)				
	2000	2005	2010	2015	2020
USA	2,375	2,454	2,177	2,524	2,298
Canada	778	1,498	1,310	1,858	1,980
Australia	1,476	1,483	1,707	1,815	1,921
United Kingdom	1,141	1,921	1,955	1,541	1,761
Chile	1,615	1,852	1,674	1,903	1,762
China	210	239	508	847	1,716
Switzerland	73	540	1,019	1,277	1,123
Japan	512	573	585	900	1,055
Russia	528	566	567	566	595
Poland	435	490	405	504	520
Brazil	31	128	220	425	342
Malta				228	225
etc.	1,741	1,239	1,451	1,605	2,009
Total	10,916	12,983	13,577	15,992	17,308
China Ratio(%)	1.9	1.8	3.7	5.3	9.9

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

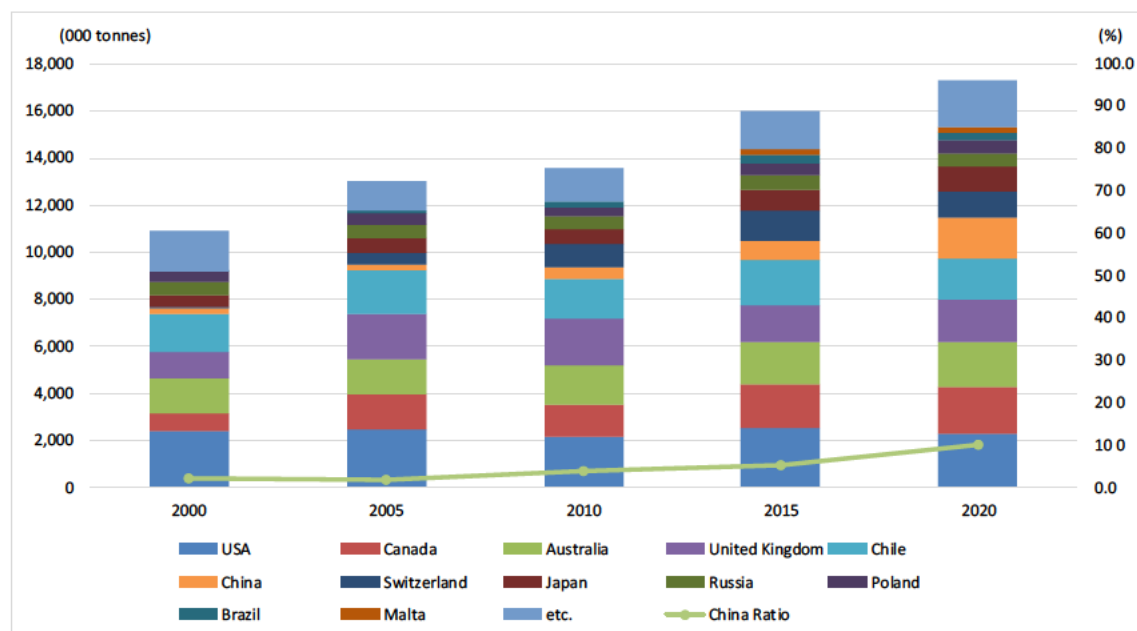


図 3-7 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（銅）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また、生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の推移を試算したものが表 3-9 と図 3-8 である。生産コストは上昇傾向にあり、2000 年に 60.2 セント/ポンド（¢/lb）だったのが 2020 年には 187.6 ¢/lb と 3 倍以上という結果となった。中国資本が権益を有する鉱山（注 4）について注目すると、中国国内の鉱山の生産コストは世界平均を上回って推移しているのに対し、中国国外の鉱山の生産コストについては、2005 年時点では 149.4 ¢/lb と当時の世界平均の 100.3 ¢/lb を大きく上回っていたが、その後その差は縮小傾向を見せ、2020 年には 142.7 ¢/lb と世界平均の 187.6 ¢/lb を大きく下回る結果となった。

表 3-9 生産コストの平均値の変遷（銅）

	Total Cash Cost (¢/lb)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	60.2	100.3	174.4	182.3	187.6
②中国資本が権益を有する鉱山	65.5	103.7	163.4	193.5	213.5
②のうち中国国内の鉱山	65.5	98.3	163.6	190.3	226.8
②のうち中国国外の鉱山		149.4	162.6	201.7	142.7

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

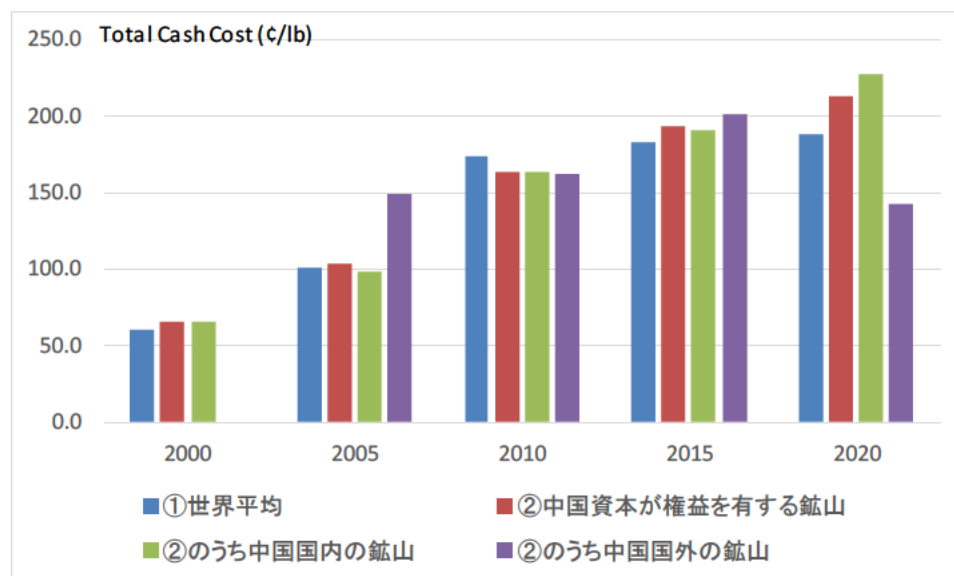


図 3-8 生産コストの平均値の変遷（銅）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 4）中国資本が権益を有する鉱山

3-3、3-4 では中国企業が出資している鉱山は出資比率の大小にかかわらず、「中国資本が権益を有する鉱山」とした。

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コストカーブのデータが把握可能な、中国資本が権益を有する銅鉱山の数は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で表 3-10 の通りである。

中国国内、海外ともに鉱山の数は年を経るごとに増加するが、特に 2015 年から 2020 年にかけて中国国内の鉱山の数は 37 件から 124 件に急増する。

表 3-10 中国資本が権益を有する鉱山数（銅）

	中国国内	海外	合計
2000	5	0	5
2005	17	2	19
2010	31	7	38
2015	37	14	51
2020	124	20	144

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

S&P データベースの生産コストカーブから把握できる、中国国内における主要な銅鉱山の権益取得状況は表 3-11 の通りである。中でも Dexion Complex は生産規模が大きく、海外において中国資本が有する大規模鉱山に匹敵する。一方、海外での主要な銅鉱山の権益取得状況は表 3-12 の通りである。表中における Property は鉱山を意味する（以下同じ）。

2000 年時点では中国資本が権益を有する海外の銅鉱山の存在は確認できない。

2005 年のデータでは中国資本が権益を 85% 有するザンビアの Chambishi を確認することができる。以後、中国資本が権益を有する海外の同鉱山は着実に増加している。

2020 年時点での中国資本が有する代表的な海外の銅鉱山としては、前出のザンビアの Chambishi（中国資本 85%）、ペルーの Las Bambas（37.5%）、Toromocho（同 100%）、DR コンゴの Tenke Fungurume（同 80%）、ロシアの Bystrinskoye（同 35.3%）、エクアドルの Mirador（同 96.2%）、ザンビアの Muliashi North（同 80%）、ラオスの Sepon Copper（同 90%）が挙げられる。

表 3-11 中国資本の権益取得状況（銅）

①中国国内の鉱山（2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年）

※2020 年時点での生産規模上位 6 鉱山のみ名称を表示

Property	Dexing Complex	Duobao shan	Wunugetu shan	Yulong	Jinchuan	Zijinshan	others	Paid Copper (000 tonnes)
Country/Region	China	China	China	China	China	China	China	
Actual Start Up Year	1965	2012	2009	2008	1963	1993	-	
2000	Paid Copper (000 tonnes)	127.1					83.0	210.1
	Owner	China100						
2005	Paid Copper (000 tonnes)	84.1					142.9	227.0
	Owner	China100						
2010	Paid Copper (000 tonnes)	127.1					317.2	444.3
	Owner	China100						
2015	Paid Copper (000 tonnes)	155.2	64.1				471.0	690.3
	Owner	China100	China100					
2020	Paid Copper (000 tonnes)	149.7	97.5	64.1	53.3	51.4	50.1	533.1
	Owner	China100	China100	China100	China100	China100	China100	

※Property は鉱山のことを指す（以下同じ）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

表 3-12 中国資本の権益取得状況（銅）

②中国国外の鉱山（2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年）

※2020 年時点での生産規模上位 8 鉱山のみ名称を表示

Property	Las Bambas	Toro mocho	Tenke Fungu rume	Bystrins koye	Mirador	Muliashi North	Sepon Copper	Chambishi	others	Paid Copper (000 tonnes)
Country/Region	Peru	Peru	Dem. Rep. Congo	Russia	Ecuador	Zambia	Laos	Zambia		
Actual Start Up Year	2015	2015	2009	2018	2019	2012	2005	1974	-	
2000	Paid Copper (000 tonnes)									0.0
	Owner									
2005	Paid Copper (000 tonnes)							14.4	0.4	14.8
	Owner							China85 etc.15		
2010	Paid Copper (000 tonnes)							21.3	145.7	167.0
	Owner							China85 etc.15		
2015	Paid Copper (000 tonnes)		94.3			33.1		25.3	85.8	238.5
	Owner		China100			China80 etc.20		China85 etc.15		
2020	Paid Copper (000 tonnes)	301.7	194.3	182.6	60.8	48.5	43.0	39.7	39.0	204.7
	Owner	China37.5 etc.62.5	China100	China80 etc.20	China35.34 Russia64.66	China96.2 etc.3.8	China80 etc.20	China90 etc.10	China85 etc.15	

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国資本による海外鉱山の権益取得年と生産コスト等についてみたのが表 3-13 である。1998 年に中国資本が権益を取得したザンビアの Chambishi 鉱山の生産コスト（2020 年時点、以下同じ）は 154.6 ¢ /lb であったが、その後に権益を取得した案件については同鉱山に比べて生産コストが低いところが多い（赤字箇所参照）。中国資本は、海外に進出し始めていた頃はある程度コストがかかる案件でも権益確保を優先していたものの、その後は投資対コストを重視するようになったことが考えられる。

表 3-13 中国資本による海外鉱山の権益取得年と生産量・生産コスト・出資比率

Property	Country/Region	Paid Copper (000 tonnes)	Total Cash Cost(2020) (¢/lb)	China Ownership Ratio(2020) (%)	China Owned from (Year)
Chambishi	Zambia	39.0	154.6	85.0	1998
Buribayevsky	Russia	7.1	95.2	35.3	2004
Palabora	South Africa	38.1	90.5	80.0	2007
Toromocho	Peru	194.3	125.2	100.0	2007
Muliashi North	Zambia	43.0	112.8	80.0	2009
Mirador	Ecuador	48.5	137.1	96.2	2010
Chibuluma South	Zambia	7.8	157.2	85.0	2011
Miniere Musoshi Kinsenda	Dem. Rep. Congo	29.3	98.5	77.0	2011
Northparkes	Australia	32.7	124.8	80.0	2013
Las Bambas	Peru	301.7	132.5	37.5	2014
Bystrinskoye	Russia	60.8	110.6	13.3	2016
Tenke Fungurume	Dem. Rep. Congo	182.6	168.5	80.0	2016
Sepon Copper	Laos	39.7	175.7	90.0	2018

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

3-4 鉱山の CO2 排出量・水使用量の分析

以下では、S&P データベースより生産コストカーブのデータが得られる鉱山を対象に、中国資本が権益を有する鉱山とその他の資本が権益を有する鉱山、それぞれ GHG 排出量と水使用量について特徴が見いだせないか、分析を試みた。鉱山の GHG 排出量と水使用量のデータは、データベースとは別途に S&P から提供された資料”Mine Climate Competitiveness Metrics”に基づいており、生産コストカーブのデータが得られる鉱山すべてを網羅したものではない。

(1) GHG 排出量と水使用量の関係

銅生産量 1 トンあたりの GHG 排出量、水使用量の関係を、中国資本が権益を有する鉱山とその他資本が権益を有する鉱山別に散布図で示したのが図 3-9 である。なお鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種類の別を示した（注 1）。

中国資本が権益を有する銅鉱山については、GHG 排出量が相対的に小さい銅鉱山についてもその他の資本が権益を有する銅鉱山に比べて水の使用量が総じて多い。また Disclosed の鉱山に注目すると、GHG 排出量に比して水使用量が少ない鉱山のグループと、水使用量が多いグループに分けられることがうかがえる。

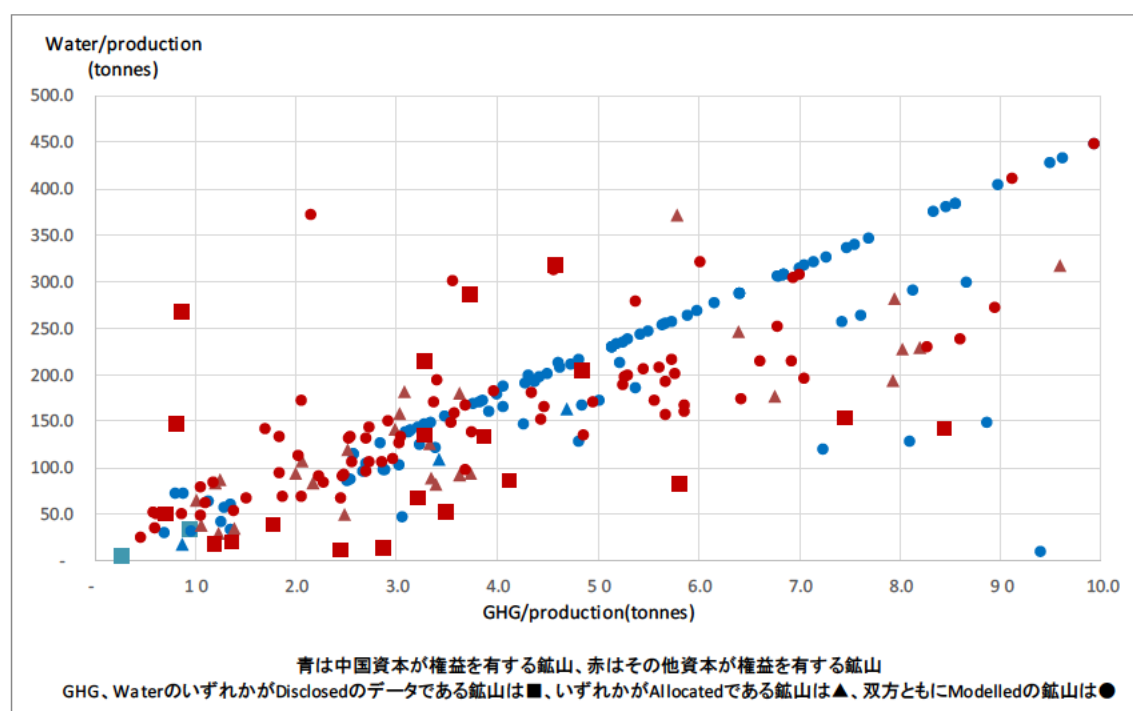


図 3-9 銅生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）（銅）
 （※生産量 1 トンあたりの GHG 排出量が 10 トン以内の鉱山）
 出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(注1) 鉱山のデータの種類

Disclosed	鉱山から開示されたデータ
Allocated	企業から開示されたデータに基づき、鉱山ごとに GHG 排出量、水消費量の数値を割り当てたもの
Modelled	生産データと、ライフサイクル分析データベースおよび公的に入手可能な学術研究から得た炭素/水の原単位に基づいて S&P が推定したもの

この散布図で示した鉱山の中でも、生産量 1 トンあたりの GHG 排出量、水使用量の双方が少ない鉱山を次頁に示した。

なお中国資本が権益を有する海外の銅鉱山には、単位生産量当たりの GHG 排出量が少なく、水使用量も少ない鉱山が多くみられる。これらの鉱山の中には、ペルーの Las Bambas、Toromocho、DR コンゴの Tenke Fungurume のように世界でも有数の大規模な生産量を誇る鉱山もみられる。

表 3-14 中国資本が権益を有する海外鉱山の銅生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量 (2020 年) (銅)

Property	Country/Region	Paid Copper (000 tonnes)	GHG/Production (tonnes)	Water/production (tonnes)
Buribayevsky	Russia	7.1	1.1	65.3
Bystrinskoye	Russia	60.8	2.7	106.0
Chambishi	Zambia	39	0.9	74.3
Chibuluma South	Zambia	7.8	1.0	33.6
Las Bambas	Peru	301.7	3.4	109.2
Miniere Musoshi Kinsenda	Dem. Rep. Congo	29.3	0.3	4.4
Mirador	Ecuador	48.5	4.0	166.1
Muliashi North	Zambia	43	1.2	42.7
Northparkes	Australia	32.7	4.7	164.2
Palabora	South Africa	38.1	8.1	292.0
Sepon Copper	Laos	39.7	1.3	33.9
Tenke Fungurume	Dem. Rep. Congo	182.6	0.9	18.4
Toromocho	Peru	194.3	3.9	161.8

※生産量 1 トンあたりの GHG 排出量が 10 トン以内の鉱山のみを表示

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

表 3-15 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量・水使用量が小さい主な鉱山（銅）

Property	Country/Region	Equity Owner(s) (Ownership %)	Paid Copper (000 tonnes)	Total Cash Cost (¢/lb)	MINE_TYPE	GHG_Output_ 2020 /production	Water_Output _2020 /production
Aljustrel	Portugal	I'M SGPS SA (100.00)	31.4	96.1	Underground	0.6	36.9
Antas	Brazil	OZ Minerals Ltd. (100.00)	8.4	146.9	Open Pit	1.1	38.4
Chibuluma South	Zambia	Jinchuan Group International Resources Co. Ltd. (85.00) ZCCM Investments Holdings PLC (15.00)	7.8	157.2	Underground	1.0	33.6
Cobar	Australia	Glencore PLC (100.00)	44.3	170.9	Underground	0.4	25.8
Collahuasi	Chile	Glencore PLC (44.00) Anglo American PLC (44.00) Mitsui & Co. Ltd. (11.03) Mitsui Mining & Smelting Co. Ltd. (0.97)	610.2	96.8	Open Pit	1.4	34.0
Cozamin	Mexico	Capstone Mining Corp. (100.00)	16.5	134.8	Underground	1.8	38.5
DeGrussa	Australia	Sandfire Resources Ltd. (100.00)	69.6	125.9	Underground	1.2	18.3
Kidd Creek	Canada	Glencore PLC (100.00)	32.6	157.6	Underground	1.2	30.2
Kinsevere	Dem. Rep. Congo	MMG Ltd. (100.00)	72.0	188.0	Open Pit	0.7	49.7
Miniere Musoshi Kinsenda	Dem. Rep. Congo	Jinchuan Group International Resources Co. Ltd. (77.00) Sodimico (23.00)	29.3	98.5	Underground	0.3	4.4
Muliashi North	Zambia	China Nonferrous Mining Corp. Ltd. (80.00) Republic of Zambia (20.00)	43.0	112.8	Open Pit	1.2	42.7
Sepon Copper	Laos	Chifeng Jilong Gold Mining Co.Ltd. (90.00) Government of Laos (10.00)	39.7	175.7	Open Pit	1.3	33.9
Sunan Dongshanding	China	Private Interest (100.00)	5.1	106.3	Open Pit	0.9	32.9
Tenke Fungurume	Dem. Rep. Congo	China Molybdenum Co. Ltd. (80.00) Gécamines SA (20.00)	182.6	168.5	Open Pit	0.9	18.4
Yinshanling	China	Yinxianling Mining Co. Ltd. (100.00)	0.3	268.8	Underground	0.7	30.9

※生産量 1 トンあたりの GHG 排出量が 2 トン以下かつ水使用量が 50 トン以下の鉱山を抽出した
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

生産量と GHG 排出量、水使用量の関係を、中国資本が権益を有する鉱山とその他資本が権益を有する鉱山別に散布図で示したのが図 3-10、図 3-11 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種類別に示した。

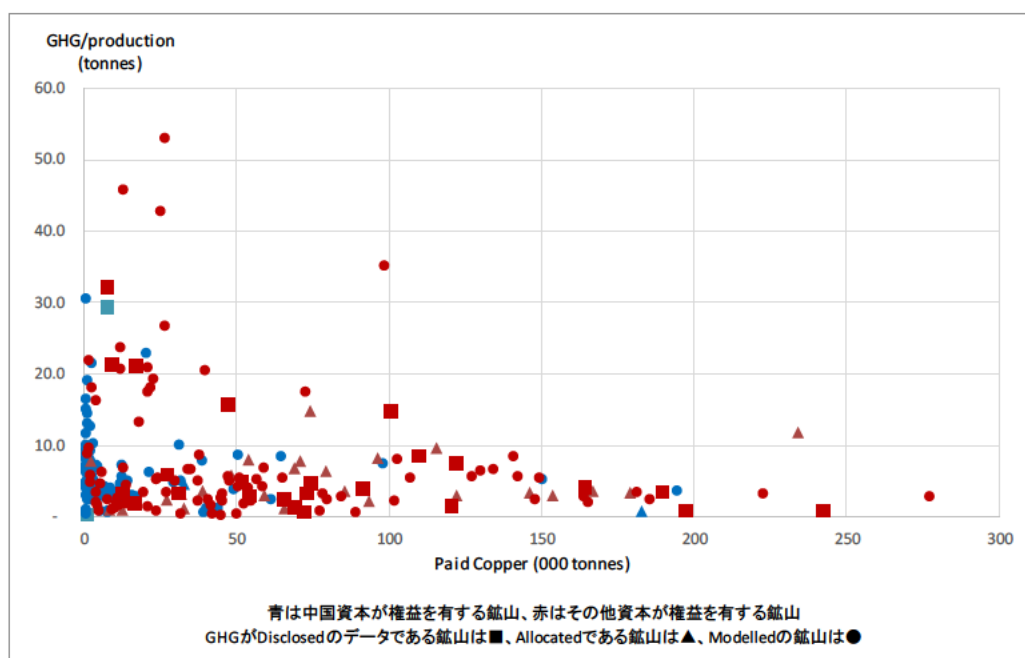


図 3-10 生産量と GHG 排出量の関係 (2020 年) (銅)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

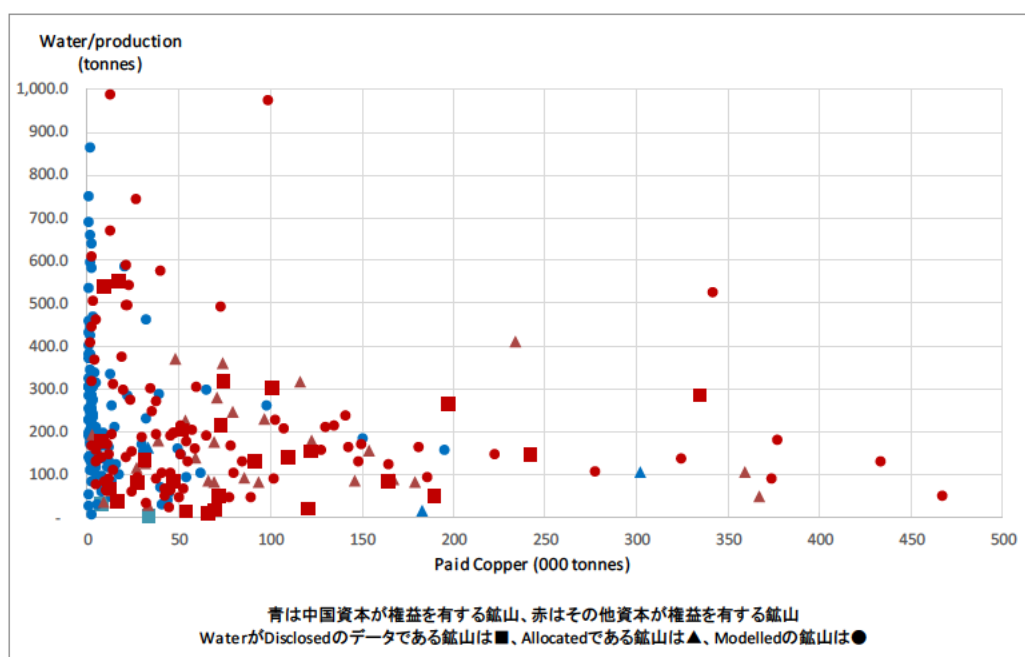


図 3-11 生産量と水使用量の関係 (2020 年) (銅)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

生産規模が小さい鉱山には中国資本が権益を有する鉱山が多く、それらの鉱山は GHG 排出量、水使用量の大小の幅が大きく、環境面から見た質については玉石混交といえる。一方、生産規模が大きい鉱山には中国以外の資本が権益を有する鉱山が中心であり、総じて GHG 排出量、水使用量が小さく、環境面で優れたパフォーマンスを示す鉱山を多く見出すことが出来る。

(2) 地域別の比較

銅生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）を地域別に見ると図 3-12 の通りである。なお中国国内の鉱山は省いた。

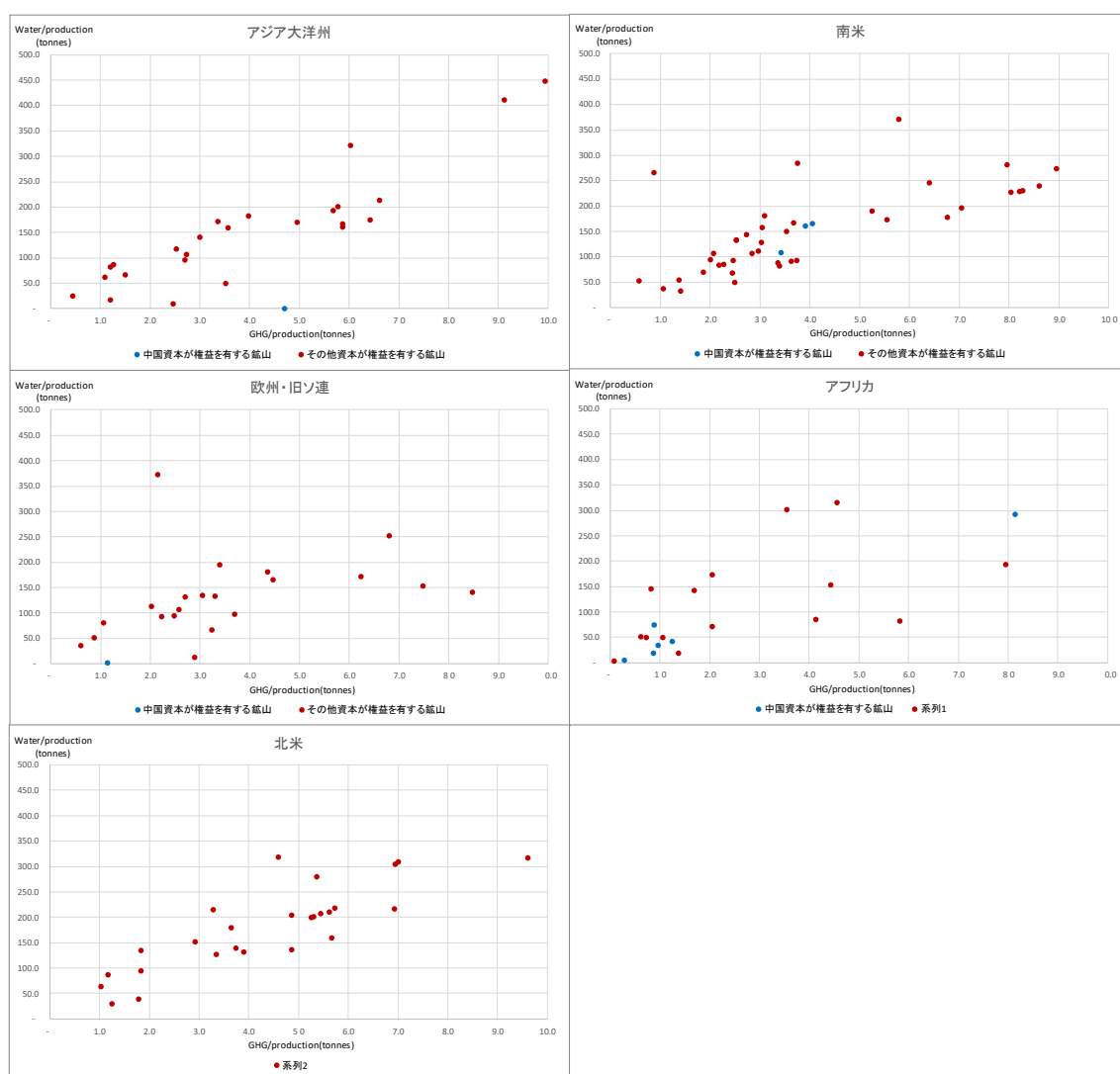


図 3-12 銅生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）
（銅、地域別）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

いずれの地域でも GHG 排出量と水使用量は正比例に近い傾向を見ることが出来る。地域間での違いについては明確なものは見出しにくい。

(3) 鉱石種別の比較

S&P データベースより生産コストカーブのデータが得られる主要銅鉱山について、2020 年における鉱石の種類別、鉱山の形態別に中国資本の権益の取得状況を見たものが表 3-16 である。

最も多い鉱石種は Porphyry Deposit (斑岩銅鉱床) であり、S&P データベースよりデータが得られる 225 鉱山のうち 86 鉱山を占める。うち 73 鉱山が露天掘りで、13 鉱山が坑内掘りで採掘されており、中国資本が権益を保有している鉱山は前者が 14 鉱山、後者が 6 鉱山である。なお、中国資本が権益を有する鉱山には Skarn (スカルン鉱床) も多く、S&P データベースよりデータが得られる 15 鉱山のうち 7 鉱山を占めている。

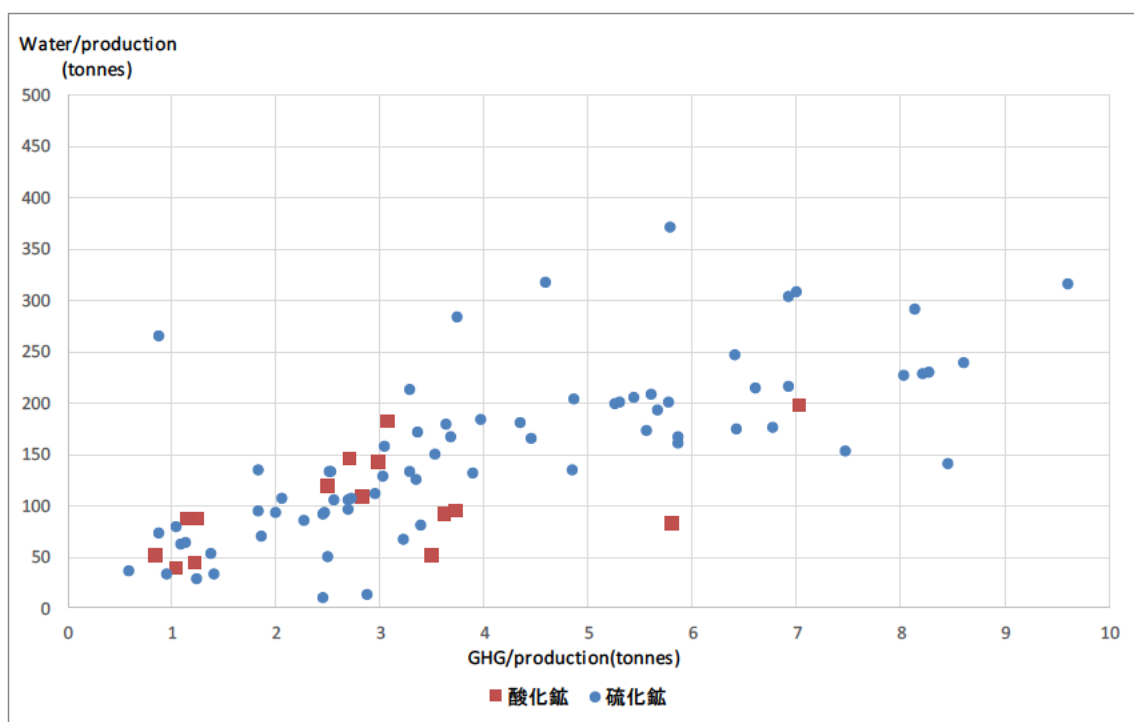
表 3-16 中国資本の権益取得状況 (2020 年) (鉱石の種類、鉱山の形態別) (銅)

Geologic Ore Body Type	鉱山数	鉱山の類型			
		露天掘り		坑内掘り	
			中国資本が 権益を有する 鉱山		中国資本が 権益を有する 鉱山
Astrobleme	2			2	
Breccia Pipes	3			3	1
Carbonate Replacement	9	4		5	
Carlin Style Carbonate Replacement	1	1			
Epithermal	11	5	1	6	1
Flood Basalt	2			2	1
IOCG Breccia Complex	5	1		4	2
Iron Oxide Copper Gold (IOCG)	9	6	1	3	
Komatiitic Magmatic	3			3	
Laterite	1	1			
Layered Mafic-Ultramafic Intrusion	17	5		12	1
Porphyry Deposit	86	73	14	13	6
Replacement, Vein Hosted	1			1	
Sediment Hosted (Reduced Facies)	14	6	2	8	3
Sedimentary Exhalative (SEDEX)	2			2	
Skarn (Metasomatic)	18	3	2	15	7
Unconformity Related, Volcanogenic Massive Sulfide (VMS)	1			1	
Vein Hosted	6	1		5	2
Volcanogenic Massive Sulfide (VMS)	34	9	4	25	5
計	225	115	24	110	29

(注) 鉱石の種類、鉱山の形態の情報が得られる鉱山の情報のみを記載

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

この鉱石種のうち、酸化鉱と硫化鉱別に、GHG 排出量と水使用量の関係を見たのが図 3-13 である。S&P データベースから得られるデータによれば、酸化鉱、硫化鉱ともに GHG 排出量、水使用量は鉱山によって様々であるが、酸化鉱の鉱山については比較的 GHG 排出量、水使用量が少ない傾向が見られる。



(注) Iron Oxide Copper Gold (IOCG)を酸化鉱、Porphyry Deposit、Volcanogenic Massive Sulfide (VMS)を硫化鉱とした

図 3-13 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (2020 年)

(銅、主要鉱石種別)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(4) 品位と GHG 排出量、水使用量の関係

露天掘り (Open Pit) と坑内掘り (Underground) 別に鉱山で産出される鉱石の品位 (Head Grade) と GHG 排出量との関係を見たのが図 3-14、水使用量との関係を見たのが図 3-15 である。これによると、露天掘りの方が坑内掘りに比して GHG 発生量のばらつきは大きく、水使用量の割に品位が低い鉱山が多い傾向が読み取れる。中国国内の鉱山を除いて同様の図を描いたのが図 3-16、図 3-17 である。中国資本が海外に権益を有する鉱山は品位が高く、かつ GHG 排出量、水使用量が小さい案件が中心となっていることがうかがえる。

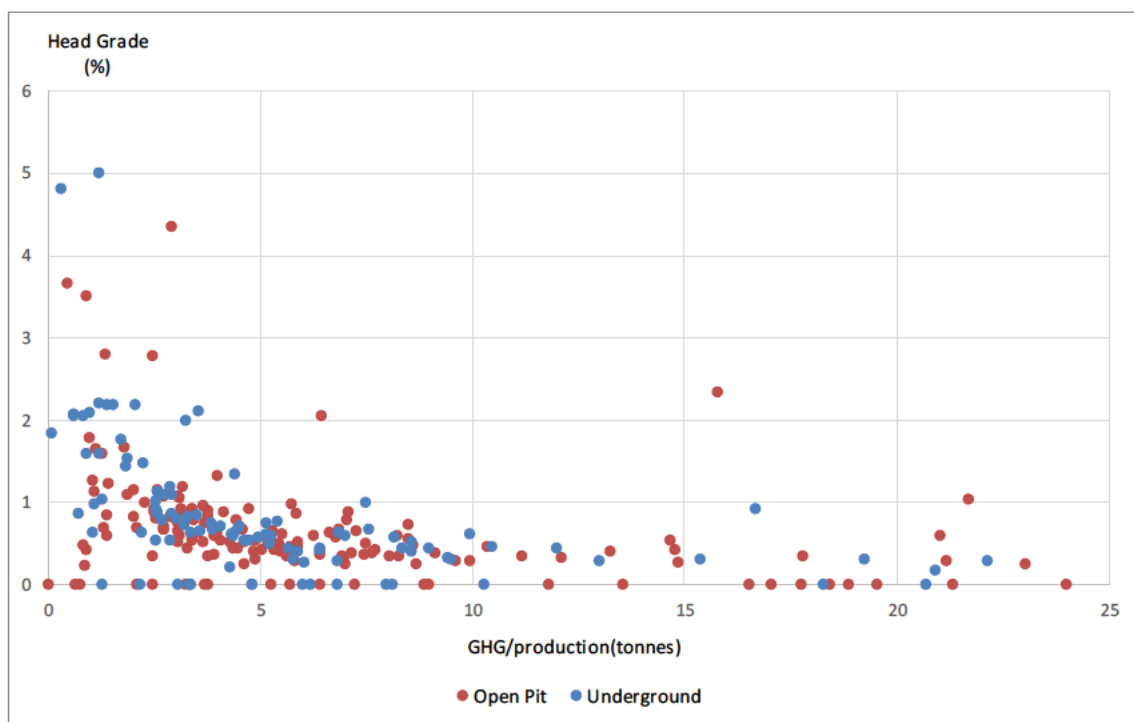


図 3-14 鉱石の品位と GHG 排出量の関係 (銅)
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

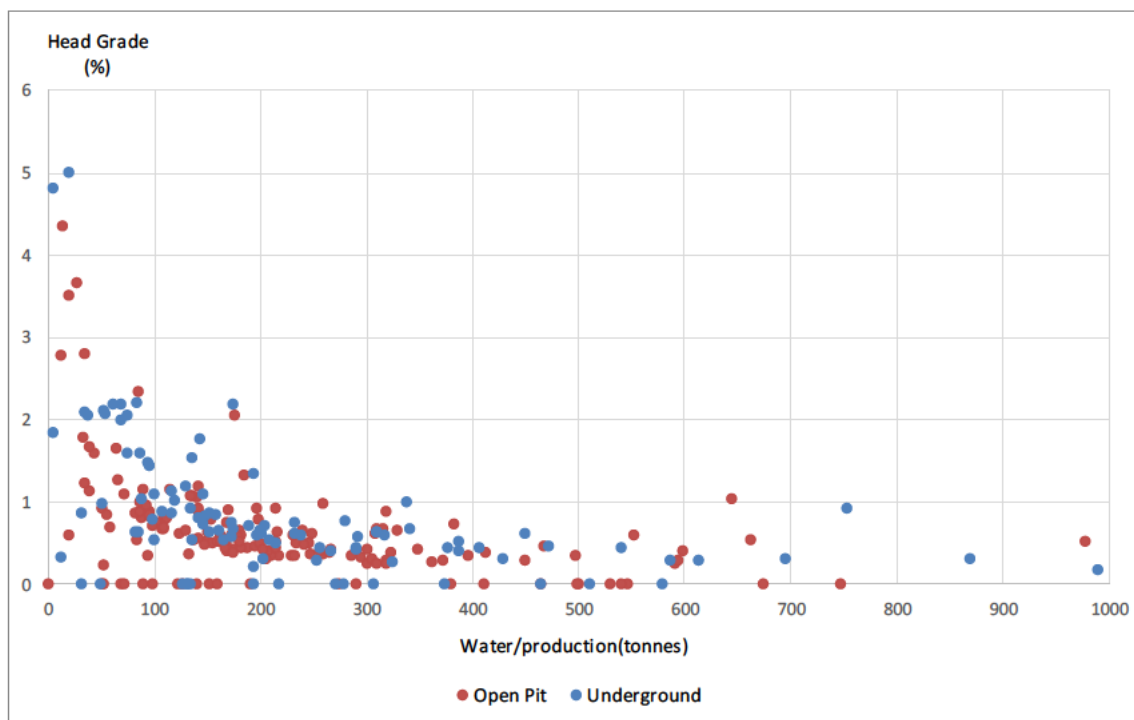


図 3-15 鉱石の品位と水使用量の関係 (銅)
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

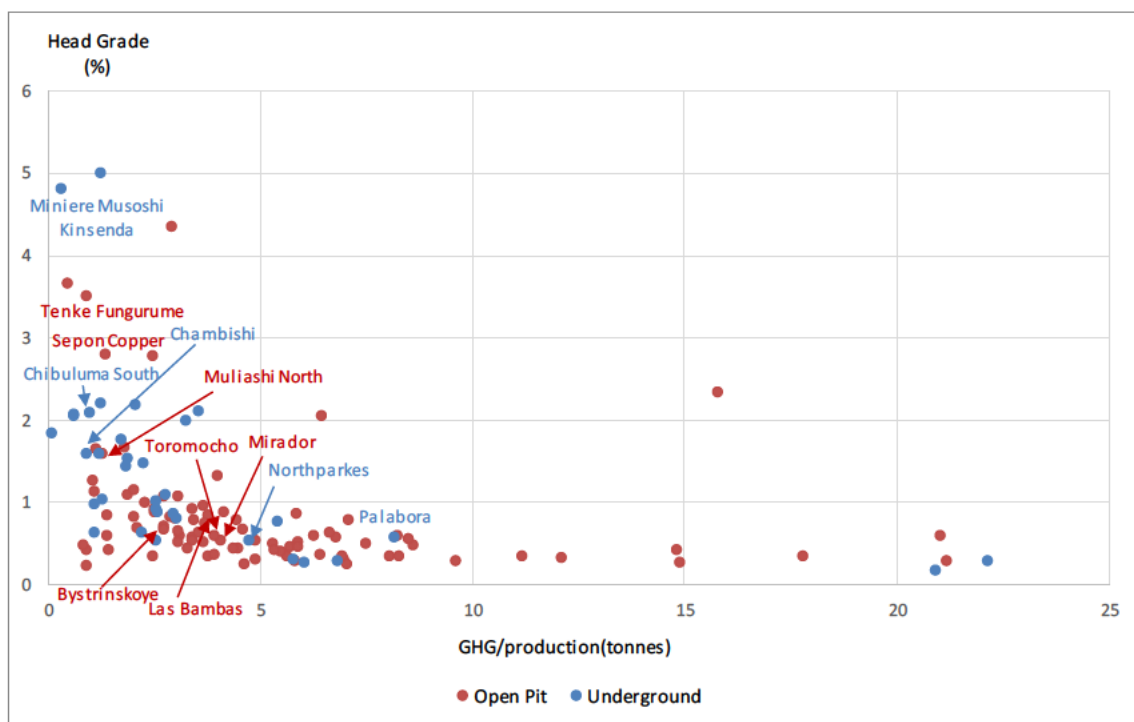


図 3-16 鉱石の品位と GHG 排出量の関係（中国国内の鉱山を除く）（銅）

※中国資本が権益を有する鉱山には鉱山名を付した

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

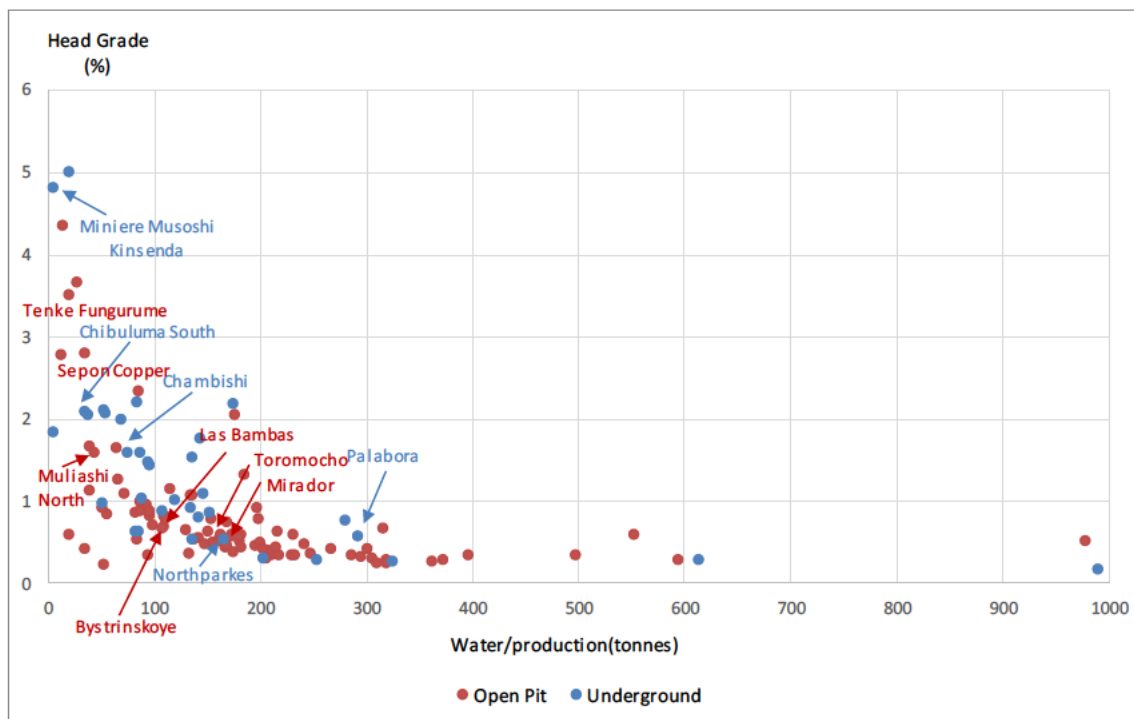


図 3-17 鉱石の品位と水使用量の関係（中国国内の鉱山を除く）（銅）

※中国資本が権益を有する鉱山には鉱山名を付した

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

3-5 鉱山保有国の資源保護政策と日本の政策

(1) 鉱山保有国の資源保護政策

銅鉱石の埋蔵量が世界 1 位 2 位を南米のチリ、ペルーが占めている。

過去には、当時の政権が保護貿易主義を取った時期もあったが、1990 年以降、自由化され、現在では安定した成長を遂げており、南米諸国の中でもこの 2 国は指導的な立場にある。

両国と日本との関係を考えた場合、同じ TPP 参加国として経済的なつながりが強化されている。特に現在のペルーは、自由貿易協定を南米中最も多く之国と締結している国、JETRO-Ide も安定して自由主義が敷かれている、との評価をしている²⁰。

(2) 主要鉱種のまとめ（銅）

銅についても、中国の存在感は非常に大きく、今回の調査の内、サプライチェーン調査でも見てきたが、輸入量では銅精鉱で 58%、粗銅で 56%、銅地金でも 46%となっている。東大の村上進亮准教授とのヒアリング時に、この銅の需要については、「中国は国土が広い

ため、全国に電線を繋げるだけでも、需要は相当量に達すると容易に理解できる。」「
「今後はアフリカ等の電線需要もある。」とのコメントを頂いたが、そのように考えると、今後発展していく国々の国民の文化レベルが国の発展と共に向上していく中で、電気の需要は増えていき、自ずと銅の需要増に一層繋がっていくと考えられる。

そういった意味では、中国が反米国の国²¹から始まり鉱山権益を増やしていき、資源国にナショナリズムの動きの兆候が見えるや、メジャーとの提携・買収をしていく等して、着実に重要な銅資源の確保に動いている²²。結果、今回の調査で判明した中国の権益は、今後、エクアドル、ラオス、ペルー、ロシア、セルビア、南ア、ザンビアと多岐にわたる。その中でも、1998 年に買収されたザンビアの Chambishi 鉱山は、アフリカでも最もコストの高い銅鉱山と言われているが、2009 年に買収された同国の Mullashi North 鉱山は、低コストであり、権益取得活動を進める中で、中国は着実に多くの経験を積んで行動している²³。

鉱物資源獲得競争に中国が参入した当初は、Chambishi 鉱山も然りであり、ペルーの場合も日本メタル経済研究所とのヒアリングで、「中国は、ヒ素含有量が多い鉱山等、メジャーが食指を伸ばさないところを狙っていた。」等、新参者には参入が困難な世界と見受け

²⁰ <http://www.ide.go.jp>

²¹ スーダン、ジンバブエ、ベネズエラ等

²² 日本メタル経済研究所 レポート「中国による銅権益確保活動」

²³ S&P レポート「Chinese foreign mining investment China's private sector eyes low-cost regions」

られ、その中国の権益獲得の動きをそのまま日本に当てはめていくのは、先進国である限り採用できる施策ではない²⁴。

我が国の政策に立ち返ってみると、当面の需要に対しては、これまで通り世界中の関係の深い国や、チリのように高い値段を付けた国に売る場合もあることから²⁵、現状を継続する中で、親密な関係を維持しつつ、鉱山も含めて製錬所でも環境面等で問題の少ないところとの資本関係も考えていく。

現地の政治情勢を考えれば、カナダ、豪州、チリなどの日本と民主主義等の価値観を共有する体制を有する国に対する働きかけを基本としつつ、ペルーのように世界最大規模の銅埋蔵量・生産量を有する国に対しても、働き掛けが可能な鉱山に関しては、権益の取得を検討する価値はある。それらの国々の鉱山を検討するにあたっては、今回の調査を通して、環境面では、坑内掘りで酸化鉱を産出する鉱山の場合が GHG と水使用量に関しては優位性がある可能性が高い傾向が確認できている。今回のデータを元に調査すると、先述の3ヶ国に **Glencore** が権益を有している鉱山が、GHG 排出量と水の使用量共に環境を配慮した開発に繋がる可能性が高いことが確認できている。

ただし、ペルーやチリ等の中南米諸国においては、鉱山から得られる利益は国の財政にとって重要な財源であることから、今後、保護貿易政策等の動向を注視していくことは重要である。

加えて、日本の技術力を持ってリサイクルや新技術開発等を行い、需要も減らしつつ、購入先も確保していくという考え方が正解に近いと思われる²⁶。

²⁴ 秋田大学 安達教授とのヒアリング

²⁵ アルム出版とのヒアリング

²⁶ 秋田大学 安達准教授、アルム出版とのヒアリング

4 ニッケル

4-1 サプライチェーン概況

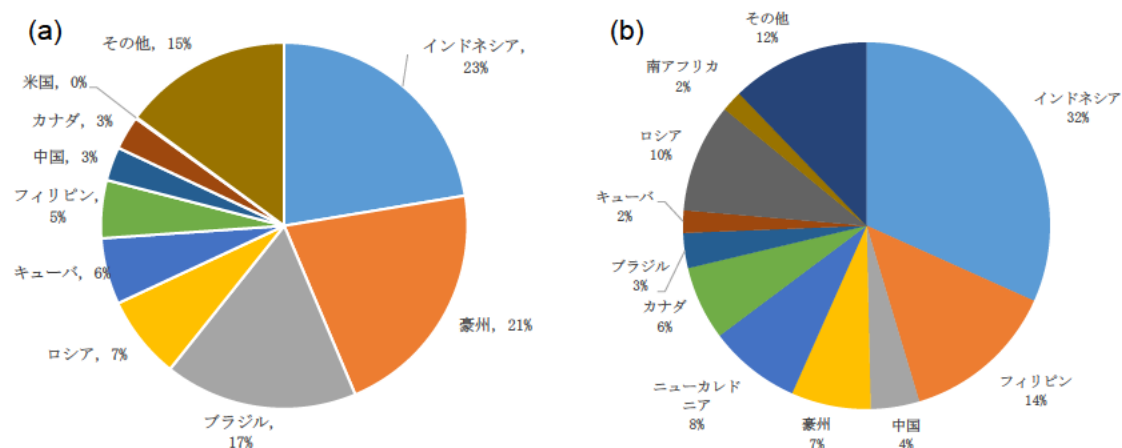
(1) 鉱石埋蔵量、ニッケル鉱石・一次ニッケル生産量、一次ニッケル消費量

世界のニッケル鉱石埋蔵量 94 百万トンに対し、上位 3 カ国（インドネシア、豪州、ブラジル）の合計が世界の 61%を占めている。鉱石生産量第 2 位のフィリピンの埋蔵量は 5%（世界第 6 位）に過ぎない。

2020 年のニッケル鉱石生産量 2,427 千トンに対し、上位 3 カ国（インドネシア、フィリピン、ロシア）の合計が世界の 55%を占めている。インドネシアは鉱石輸出禁止政策により 2014 年以降、輸出量の増減が大きい。

2020 年の一次ニッケル生産量 2,497 千トンに対し、上位 2 カ国（中国、インドネシア）の合計が過半（55%）となっている。インドネシアの一次ニッケル加工企業には多くの中国資本が投入されているため、世界の一次ニッケル市場における中国の影響力は非常に大きく、ニッケル資源を寡占する状態となっている。日本は、ニューカレドニアやフィリピンからニッケル鉱石を輸入して一次ニッケルを生産しており、世界の第 3 位（7%）となっている。なお、ニッケル鉱石の生産量が世界第 2 位のフィリピンは、その多くを鉱石で輸出しており一次ニッケルの生産は少ない。

2020 年の世界の一次ニッケル消費量合計 2,395 千トンに対し、中国の消費量は 1,409 千トンと世界の 59%を占めている。



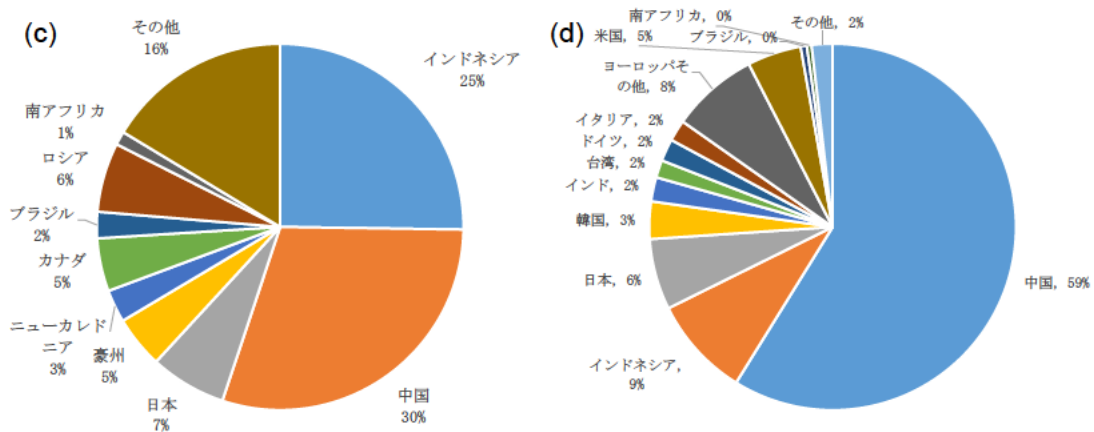


図 4-1 (a) ニッケル鉱石埋蔵量、(b) ニッケル鉱石生産量、(c) 一次ニッケル生産量、(d) 一次ニッケル消費量 の国別構成 (2020 年)

出所：USGS ” Mineral Commodity Summaries 2021”、World Bureau of metal statistics, nickel、S&P より日鉄総研作成

(2) ニッケル鉱石・一次ニッケル輸入量

2020 年の世界のニッケル鉱石貿易量合計 886 千トンの内、中国は 81%にあたる 718 千トンを輸入している。中国の主なニッケル鉱石輸入元は、フィリピン (576 千トン)、インドネシア (68 千トン)、ニューカレドニア (54 千トン) となっている。

2020年の世界の一次ニッケル貿易量合計 2,450 千トンに対し、中国は 46%にあたる 1,136 千トンを輸入している。中国の主な一次ニッケル輸入元は、インドネシア (546 千トン)、パプアニューギニア (125 千トン)、ニューカレドニア (104 千トン)、豪州 (69 千トン) となっている。

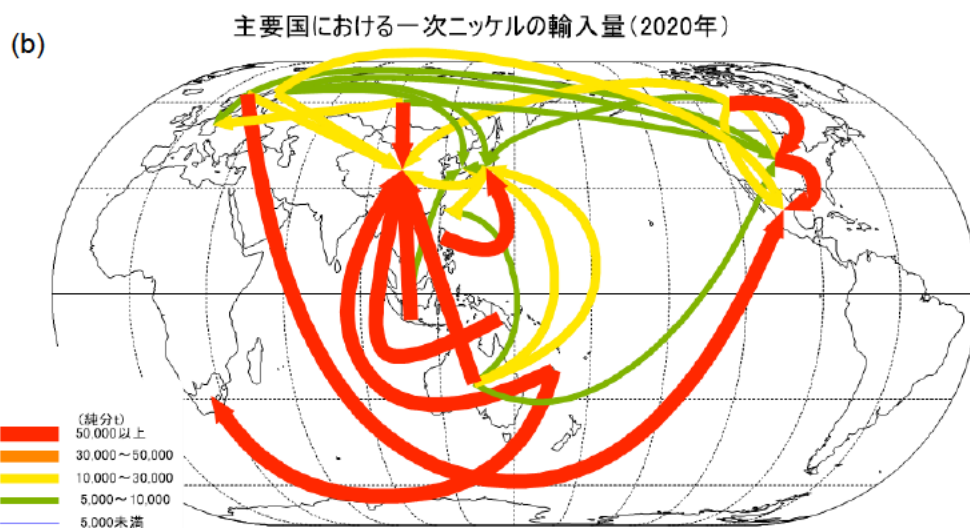
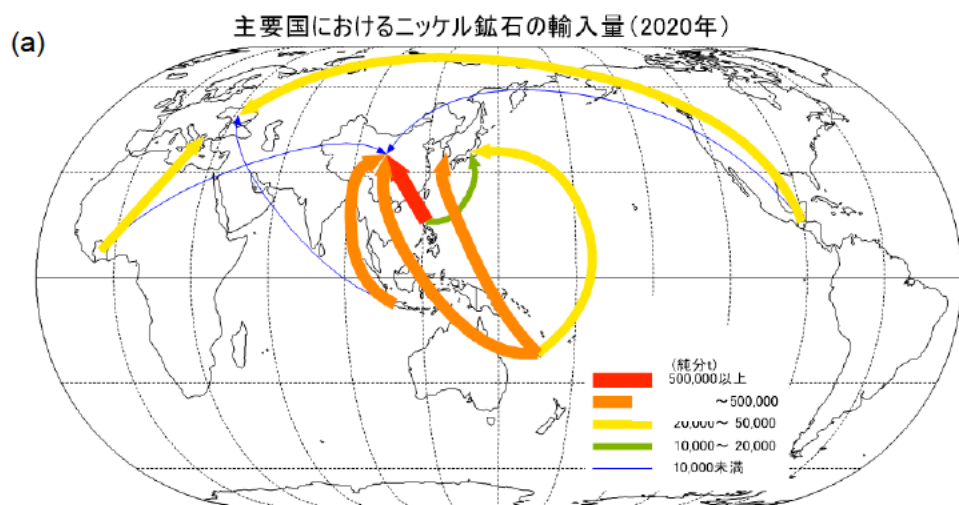


図 4-2 (a) ニッケル鉱石、(b) 一次ニッケルの輸入量 (2020 年)

出所：UN Comtrade より日鉄総研作成

(a)

表 4-1 (a) ニッケル鉱石、(b)一次ニッケルの輸入量 (2020 年)

主要国におけるニッケル鉱石の輸入量 (2020年)		輸出国												(単位:純分t)	
	合計	フィリピン	ニューカレドニア	インドネシア	グアテマラ	コートジボワール	アルバニア	オーストラリア	トルコ	ロシア	南アフリカ	ブラジル	その他		
中国	718,466	576,714	53,602	68,018	3,662	1,463		4,736	4,410	2,543	2,285	963	1,181		
韓国	58,643		58,642												
日本	49,113	11,668	37,444												1
ウクライナ	31,114			8,879	22,235										
マケドニア	27,507					20,272	7,235								
カナダ	346														347
フィンランド	343									8	87				249
ドイツ	96			6											90
南アフリカ	9											1			9
マレーシア	8														8
台湾	6										2				4
その他	9														9
合計	885,748	587,382	149,688	76,902	26,787	21,736	7,235	4,736	4,410	2,551	2,374	964	1,895		

出所：UN Comtrade より日鉄総研作成

(b)

主要国における1次ニッケルの輸入量 (2020年)

(単位: 純分)

	輸出国														
	合計	インドネシア	ニューカレドニア	ノルウェー	アメリカ合衆国	オーストラリア	カナダ	バブアニューギニア	ロシア	フィンランド	日本	フィリピン	オランダ	イギリス	その他
輸入国															
中国	1,135,913	545,734	103,854	11,161	325	68,633	13,976	125,304	52,668	26,645	26,057	30	0	6,759	154,767
メキシコ	290,624	0	0	114,726	125,547	1,592	13,737	0	0	16,861	4,165	0	0	6,554	7,442
日本	139,913	100	3,952	3,676	3,427	13,461	5,949	0	707	5,144	0	67,120	286	2,615	33,477
アメリカ合衆国	126,453	7	506	9,202	0	5,960	66,018	0	9,991	8,238	3,809	107	391	7,178	15,044
南アフリカ	103,215	0	101,266	0	4	0	1	0	0	0	4	0	1	99	1,840
ドイツ	69,194	0	0	6,251	2,345	2,348	4,138	0	23,463	2,373	393	16	6,234	6,485	15,144
韓国	66,597	7,293	2,621	3,743	1,193	16,876	4,085	0	55	7,600	7,762	151	0	274	13,935
カナダ	55,075	0	0	328	27,120	818	0	0	65	197	286	0	194	1,420	24,647
台湾	49,287	1,434	4,818	1,081	504	6,212	2,353	0	3,462	4,234	15,077	19	147	987	8,960
オランダ	45,446	0	161	2,505	292	9,852	3,120	0	14,162	282	423	0	0	664	13,983
イタリア	43,831	0	31	1	388	203	2,334	0	0	312	1,001	0	15,109	1,863	22,589
その他	325,752	29,020	5,342	21,891	7,586	27,573	12,329	0	18,173	15,723	17,120	263	31,603	16,278	122,836
合計	2,450,300	583,588	222,551	174,565	168,740	153,528	128,050	125,304	122,746	87,609	76,097	67,706	53,965	51,176	434,664

出所：UN Comtrade より日鉄総研作成

4-2 主要な資源調達国が海外に保有する権益

2020 年の世界全体の一次ニッケル消費量を見ると、中国が 59%を占めている。
中国はニッケル鉱石埋蔵量・鉱石生産量は世界の 3～4%程度に過ぎないが、ニッケル鉱石貿易量の約 8 割、一次ニッケル貿易量の 5 割弱を調達する主要資源調達国となっている。

表 4-2 中国のニッケル取扱量（2020 年）

単位：千トン（純分）

	中国	世界合計	中国比率
鉱石埋蔵量	2,800	94,000	3%
鉱石生産量	104	2,427	4%
鉱石輸入量	718	886	81%
一次Ni生産量	746	2,497	30%
一次Ni貿易量 （輸入－輸出）	1,136	2,450	46%
一次Ni消費量	1,409	2,395	59%

出所：S&P、UN Comtrade より日鉄総研作成

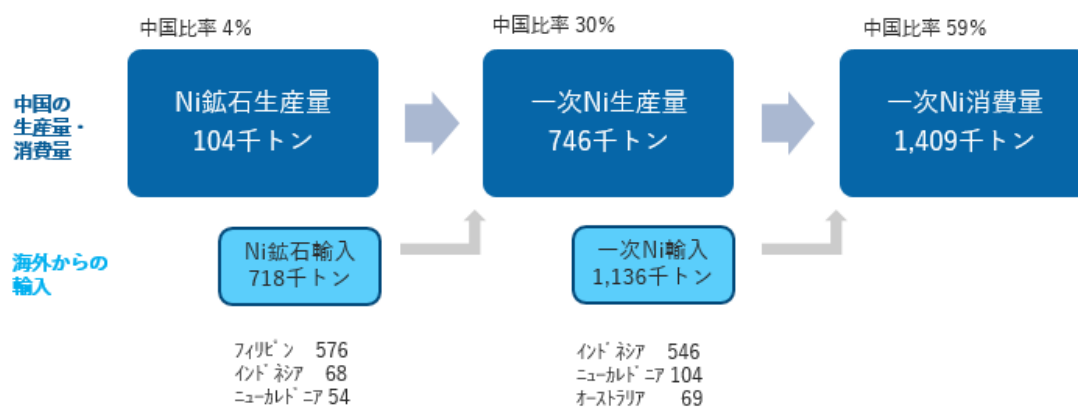


図 4-3 中国のニッケル生産量と消費量（2020 年）

（上図には、在庫増減や二次原料等の数量は記載していない）

出所：S&P、UN Comtrade より日鉄総研作成

中国の一次ニッケル調達量 1,882 千トンの内、自国の鉱石生産 104 トンを除いた 1,778 千トンは輸入によって賄われている。その内訳としては、フィリピンからのニッケル鉱石輸入と、インドネシア等からの一次ニッケル輸入が主要な調達ソースとなっている。

表 4-3 中国のニッケル調達先

単位：千トン（純分）

	2015年	（比率）	2020年	（比率）
Ni鉱石調達量	732		822	
自国生産	93		104	
輸入	639	100%	718	100%
フィリピン	620	97%	576	80%
インドネシア	3		68	9%
ニューカレドニア	0		54	8%
一次Ni調達量	1,227		1,882	
自国生産	611		746	
輸入	616	100%	1,136	100%
インドネシア	57	9%	546	48%
パプアニューギニア	71	12%	125	11%
ニューカレドニア	44	7%	104	9%
豪州	51	8%	69	6%
ロシア	194	31%	53	5%
一次Ni消費量	972		1,409	

出所：S&P より日鉄総研作成

（1）鉱山における主要国の権益

銅鉱石同様、

「鉱山プロジェクトに対する自己出資の割合＝自己権益量とみなす」（A 案）を基本とし、
「少しでも（某国企業が）関係すると思われるプロジェクトの生産量を 100%権益確保している」と見做す」（B 案）

についても勘案し、幅を持たせて試算を行う。

①埋蔵量における主要国の権益

世界のニッケル鉱山が保有する埋蔵量に対し、それぞれの鉱山に対する中国企業の出資比率を乗じて合計したところ、中国の権益分は 9,010～11,478 千トンとなった。さらに、S&P の鉱山別ニッケル埋蔵量に関するデータカバー率が約 84%であることを勘案すれば、世界のニッケル埋蔵量 94 百万トンに対して中国が保有する権益は 10.8 百万トン（11%）～13.7 百万トン（15%）と約 1～2 割にあたると算出された。

表 4-4 ニッケル埋蔵量における中国の権益

単位：千トン（純分）

国名	世界の埋蔵量	中国権益分（A案）	中国権益分（B案）
インドネシア	21,000		
豪州	20,000		
ブラジル	16,000		
ロシア	6,900		
キューバ	5,500		
フィリピン	4,800	1,530	3,000
中国	2,800	6,749	6,750
カナダ	2,800	114	114
米国	100		
その他	14,000	616	1,614
世界 合計	94,000	9,010	11,478

出所：世界の埋蔵量は USGS ” Mineral Commodity Summaries 2021”、
中国権益分は S&P より日鉄総研作成

② 鉱石生産量における主要国の権益

世界のニッケル鉱山の 2020 年の鉱石生産量に対し、それぞれの鉱山に対する中国企業の出資比率を乗じて合計したところ、中国の権益分は 162～203 千トンとなった。さらに、S&P の鉱山別コバルト鉱石生産量に関するデータカバー率が約 60%であることを勘案すれば、世界のニッケル生産量 240 万トンに対して中国が保有する権益は 27 万トン（11%）～34 万トン（14%）と、約 1～2 割にあたると算出された。

表 4-5 ニッケル鉱石生産量における中国の権益

単位：千トン（純分）

国名	世界のニッケル鉱石生産量	中国権益分（A案）	中国権益分（B案）
インドネシア	770	12	24
フィリピン	331		
中国	104	104	104
豪州	170		
ニューカレドニア	197		
カナダ	158		
ブラジル	75		
キューバ	48		
ロシア	233		
南アフリカ	45	0	0
その他	296	46	75
世界 合計	2,427	162	203

出所：S&P より日鉄総研作成

中国がニッケル鉱石を輸入している量と、中国が権益を持つ海外のニッケル鉱山の生産量を比較したものが表 4-6 である。

フィリピンは国策により鉱山会社に対する海外企業の資本参加を制限しているため、中国は権益を有していないが、鉱石の契約交渉はフィリピンのニッケル鉱山がステンレス鋼の材料として鉱石を中国の製鉄会社に売り込む構図となっている²⁷。

また、インドネシアは国策により鉱石としての輸出を制限し、国内で加工したものを輸出する方針としているため、中国は鉱山会社ではなく、製錬・精製企業に対する資本参加を行っている。

表 4-6 中国のニッケル鉱石輸入量と中国が保有する海外の権益

単位：千トン（純分）

国名	中国の輸入量	中国権益分（A案）
フィリピン	576	
ニューカレドニア	54	
パプアニューギニア		29
インドネシア	68	12
グアテマラ	4	
コートジボワール	1	
豪州	5	0
トルコ	4	
ロシア	3	
南アフリカ	2	0
ブラジル	1	
その他	1	18
世界 合計	718	58

出所：S&P、UN Comtrade より日鉄総研作成

²⁷ アルム出版社からのヒアリングによる情報

(2) 主要な資源調達国企業の出資先（鉱山、製錬・精製企業）

①主要国企業が出資しているニッケル鉱山

中国企業が出資している主要なニッケル鉱山は表 4-7 の通りとなっている。

表 4-7 中国企業が出資している主要なニッケル鉱山

国名	鉱山名	埋蔵量	生産量	主な出資企業	中国比率
China	Alex	NA	0.297	Xinjiang Xinxin Mining Industry Co., Ltd. (Owner) 100%	100%
China	East Yellow Mountain	143.158	3.000	Xinjiang Xinxin Mining Industry Co., Ltd. (Owner) 100%	100%
China	Jilin	240.000	7.000	Jilin Jien Nickel Industry Co., Ltd. (Owner) 100%	100%
China	Jinchuan	5,502.000	77.168	Jinchuan Group Co., Ltd. (Owner) 100%	100%
China	Kalatongke	117.577	3.915	Xinjiang Xinxin Mining Industry Co., Ltd. (Owner) 100%	100%
China	Tonghua	NA	7.000	Jilin Jien Nickel Industry Co., Ltd. (Owner) 100%	100%
China	Tulaergen	NA	1.633	China State-Owned Mining Enterprise (Owner) 100%	100%
China	Yuanjiang	147.000	4.000	Yuanjiang Nickel (Owner) 100%	100%
Dominican Republic	Falconado	933.000	17.002	Global Special Opportunities Ltd. (Venturer) 85.26%; Dominican Republic (Venturer) 10%; Franco-Nevada Corporation (Venturer) 4.1%; Private Interest (Venturer) 0.64%	0.64%
Indonesia	Weda Bay	NA	23.500	Tsingshan Holding Group Co., Ltd. (Venturer) 51.3%; ERAMET S.A. (Venturer) 38.7%; PT Aneka Tambang Tbk (Venturer) 10%	51.3%
Myanmar	Tagaung Taung	NA	22.200	China Nonferrous Metal Mining (Group) Co., Ltd. (Optionee) 75%; Number Three Mining Enterprise of the Myanmar (Optionor) 25%; Taiyuan Iron Steel Corp (Optionee)	75%
Papua New Guinea	Ramu	471.000	33.659	Metallurgical Corporation of China Ltd. (Venturer) 56.97%; Jilin Jien Nickel Industry Co., Ltd. (Venturer) 11.05%; Jiuquan Iron and Steel (Group) Co., Ltd. (Venturer) 11.05%; Jinchuan Group International Resources Co. Ltd (Venturer) 5.93%; Mineral Resources Development Corp (Venturer) 3.94%; Local Interest Subsidiary Trust Fund, Rhode Island (Venturer) 2.5%; Nickel 28 Capital Corp. (Carried) 8.56%	85%
South Africa	Modikwa	NA	0.396	Anglo American Platinum Limited (Venturer) 50%; African Rainbow Minerals Limited (Venturer) 41.5%; Private Interest (Carried) 8.5%	8.5%
South Africa	Palabora	NA	0.050	Hebei Iron & Steel Group Co. Ltd (Venturer) 35%; General Nice Development Limited (Venturer) 20%; Tewoo Group Co., Ltd. (Venturer) 20%; The Industrial Development Corporation of South Africa Limited 20%; China-Africa Development Fund (Venturer) 5%	80%
Zambia	Munali	NA	2.500	Consolidated Mining and Investments Ltd (Optionee) 68%; Jinchuan Group International Resources Co. Ltd (Optionor) 32%	32%

単位：千トン

出所：S&P より日鉄総研作成

また、インドネシアの鉱山に対する中国企業の資本参加は少ない。中国企業のインドネシアニッケル関連企業への資本参加は、製錬・精製企業に対する取組が主体となっている。

表 4-8 インドネシアのニッケル鉱山における中国の権益

赤字部分が中国企業

インドネシアのNi鉱山	埋蔵量	OWNER_LIST	
Bahodopi	451,000	PT Vale Indonesia Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Bahubulu	NA	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Buli	NA	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Cyclops	485,000	Bolt Metals Corp. (Owner) 100%	カナダ
Gag Island	3,832,800	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Gee Island	NA	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Hanking Group	4,801,890	Tuochuan Capital Limited (Venturer) 70%; Evergreen Mining Limited (Venturer) 30%	英領バージン諸島 "
Hengjaya	2,405,000	Nickel Mines Limited (Venturer) 80%; Private Interest (Venturer) 20%	豪州 中国
La Sampala	2,624,400	Unnamed Owner (Venturer) 80%; Local Interest Subsidi Trust Fund, Rhode Island 20%	米国 "
Lalindu		PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Maba	1,938,000	Solway Investment Group Limited (Owner) 100%	スイス
Mandiodo	NA	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Mornopo	NA	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Oracle	NA	Nickel Mines Limited (Optionee) 70%; Shanghai Decent Investment (Group) Co., Ltd. (Optionor) 30%	豪州 中国
Pakal Island	NA	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Pomalaa	10,025,770	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Pomalaa East	2,690,000	PT Vale Indonesia Tbk (Owner) 100%	インドネシア
PT Central Omega Mines	NA	PT Central Omega Resources Tbk (Owner) 99%; Unnamed Owner (Owner) 1%	インドネシア 米国
Sangaji	NA	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Siduarsi	679,000	Nickel Mines Limited (Optionee) 100%; Polaris Infrastructure Inc. (Optionor)	豪州 カナダ
Sorowako	1,807,700	PT Vale Indonesia Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Tablasufa	NA	Bolt Metals Corp. (Owner) 100%	カナダ
Tapunopaka	2,940,200	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Timah Nickel	NA	PT TIMAH Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Waylukum	NA	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%	インドネシア
Weda Bay	9,334,000	Tsingshan Holding Group Co., Ltd. (Venturer) 51.3%; ERAMET S.A. (Venturer) 38.7%; PT Aneka Tambang Tbk (Venturer) 10%	中国 フランス インドネシア

単位：千トン（純分）

出所：S&P より日鉄総研作成

②主要国企業が出資している製錬・精製企業

中国企業が出資している主要なニッケル製錬・精製企業は表 4-9 の通りとなっている。
中国企業はインドネシアの多くの製錬・精製企業に資本参加しており、大きな影響力を持っている。

表 4-9 中国企業が出資している主要なニッケル製錬・精製企業

単位：千トン（純分）

国名	企業名	能力	主な出資企業	中国比率
Indonesia	Bukit Sulawesi Smelter	20,000	Tsingshan Holding Group Co., Ltd. (Owner) 100%	100%
Indonesia	Cahaya Sulawesi Smelter	20,000	Tsingshan Holding Group Co., Ltd. (Owner) 100%	100%
Indonesia	COR Industri Smelter	20,000	Macrolink Holding Co., Ltd. (Venturer) 60%; PT Central Omega Resources Tbk (Venturer) 40%	60%
Indonesia	Guang Ching Smelter	60,000	Guangdong Jeray Technology Group Co.,Ltd. (Venturer) 35%; Guangdong Guangxin Holdings Group Ltd. (Venturer) 25%; Pt. Indonesia Morowali Industrial Park (Venturer) 20%;	60%
Indonesia	HNC HPAL Smelter	NA	Zhejiang Huayou Cobalt Co., Ltd (Venturer) 57%; China Molybdenum Co., Ltd. (Venturer) 30%; Tsingshan Holding Group Co., Ltd. (Venturer) 10%; Unnamed Owner (Venturer) 3%	97%
Indonesia	Huake Smelter	45,000	Zhejiang Huayou Cobalt Co., Ltd (Venturer) 70%; Tsingshan Holding Group Co., Ltd. (Venturer) 30%	100%
Indonesia	Sulawesi Mining Investment Smelter	30,000	Private Interest (Venturer) 54%; Tsingshan Holding Group Co., Ltd. (Venturer) 46%	46%
Indonesia	Transon Bumindo Smelter	18,000	Qingdao Zhongzi Zhongcheng Group Co.,Ltd.	100%
Indonesia	Tsingshan Stainless Smelter	60,000	Tsingshan Holding Group Co., Ltd. (Venturer) 51%; Guangdong Ruipu Technology Co.Ltd. (Venturer) 19%;Hanwa Co., Ltd. (Venturer) 10%;Private Interest (Venturer) 10%; Pt. Indonesia Morowali Industrial Park (Venturer) 10%	70%
Indonesia	Tsingshan Steel Smelter	10,000	Tsingshan Holding Group Co., Ltd. (Venturer) 80%; Private Interest (Venturer) 20%	80%
Indonesia	Virtue Dragon Smelter	120,000	Jiangsu Delong Nickel Industry Co., Ltd. (Owner)	100%
Indonesia	Wanatiara Persada Smelter	30,000	Jinchuan Group International Resources Co. Ltd (Venturer) 60%; Private Interest (Venturer) 40%	60%
Indonesia	Weidabe Industrial Park Smelter	NA	Huawei Nickel Co., Ltd (Venturer) 65%; Yongqing Technology Co. Ltd. (Venturer) 35%	100%
Indonesia	Yashi Smelter	30,000	Zhenshi Holding Group Co., Ltd. (Owner) 100%	100%

出所：S&P より日鉄総研作成

4-3 生産コストカーブの分析

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

S&P データベースをもとに主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 4-5 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

4-3、4-4 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Nickel の重量を生産量として採用した。Paid Nickel とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来るニッケルの量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid Nickel の重量は、全世界のニッケル生産量の 49.52%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

4-3、4-4 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Total Cash Cost を生産コストとして採用した。鉱山会社の労働、エネルギー、試薬、その他経費、溶錬費(TC)・精錬費(RC)、ロイヤリティの合計であり、資本や減価償却などの費用は含まない。

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

4-3、4-4 では鉱山の権益の国籍別資本比率は、当該鉱山の権益を有する企業の国籍をもとに計算した。例えば、A 鉱山の権益を、英国に本社を置く企業が 50%、中国に本社を置く企業が 50%保有している場合、A 鉱山の権益は英国資本が 50%、中国資本が 50%保有しているものとみなした。また、香港に本社を置く企業は中国企業とみなした。

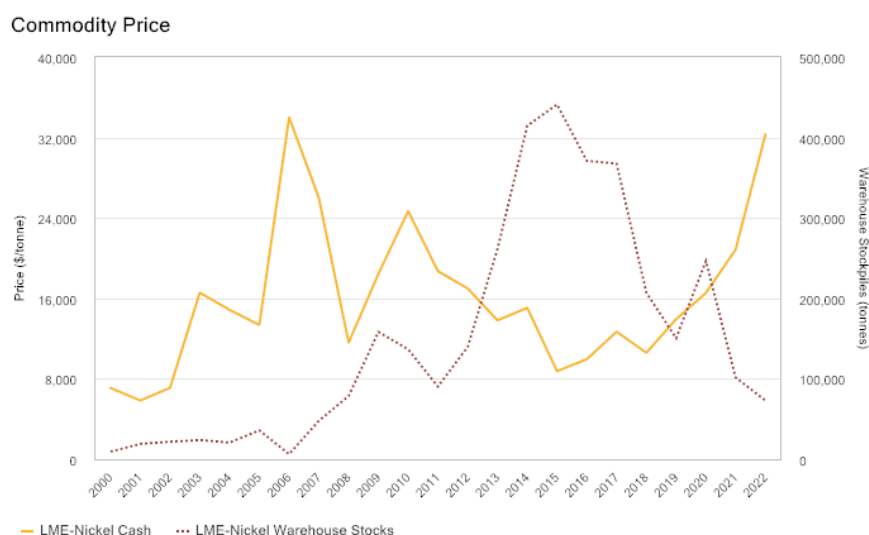


図 4-4 （参考）ニッケルの価格の推移（2000～2022）

出所：S&P データベース

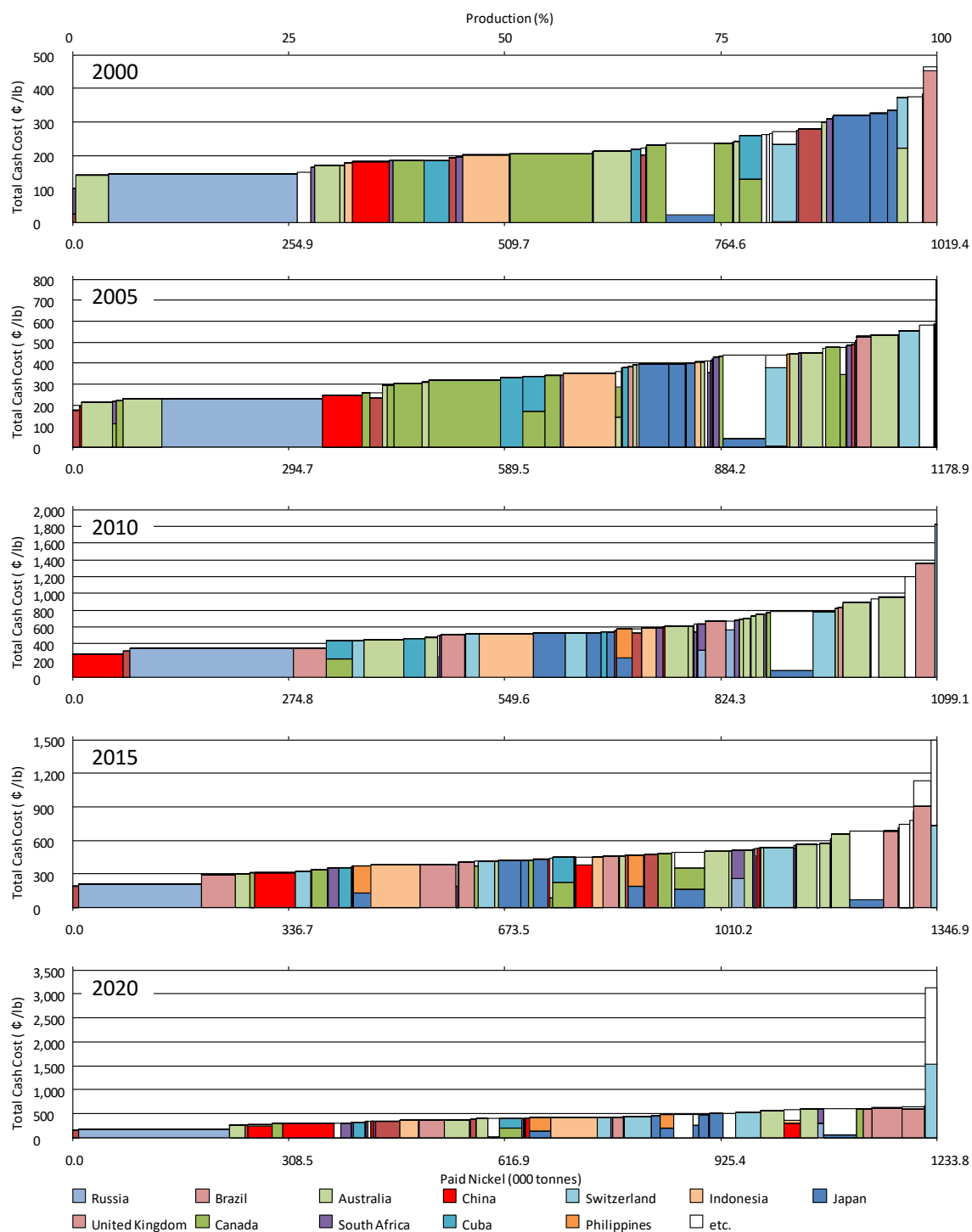


図 4-5 主要鉱山の生産コストカーブ（ニッケル）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータをもとに、主要鉱山の生産量の合計の推移を權益を有する資本の国籍別に試算したものが表 4-10 と図 4-6 である。中国資本の權益の下で生産

されるニッケルは増加傾向にあり、2000年には43千トンであったのが2020年には126千トンと3倍近くに増加し、全世界のニッケル生産量に占めるシェアも2000年は4.2%であったのが2020年には10.2%に達する結果となった。

表 4-10 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（ニッケル）

	Paid Nickel (000 tonnes)				
	2000	2005	2010	2015	2020
Russia	223.0	219.0	222.5	202.4	219.1
Brazil	15.6	25.7	126.3	204.3	136.8
Australia	138.0	203.6	202.5	172.6	132.5
China	43.3	57.5	68.2	95.6	125.8
Switzerland	28.9	52.7	89.5	101.2	100.8
Indonesia	65.0	78.1	88.7	93.4	94.7
Japan	80.4	82.6	81.5	109.3	73.2
United Kingdom	41.6	30.1	22.6	34.6	56.3
Canada	192.0	236.8	22.9	102.2	45.1
South Africa	34.6	37.5	34.4	48.9	41.3
Cuba	53.2	54.7	50.9	37.0	32.3
Philippines		4.3	11.7	32.4	31.4
etc.	103.5	94.9	77.5	113.1	144.6
Total	1,019.1	1,177.6	1,099.3	1,347.0	1,233.8
China Ratio(%)	4.2	4.9	6.2	7.1	10.2

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

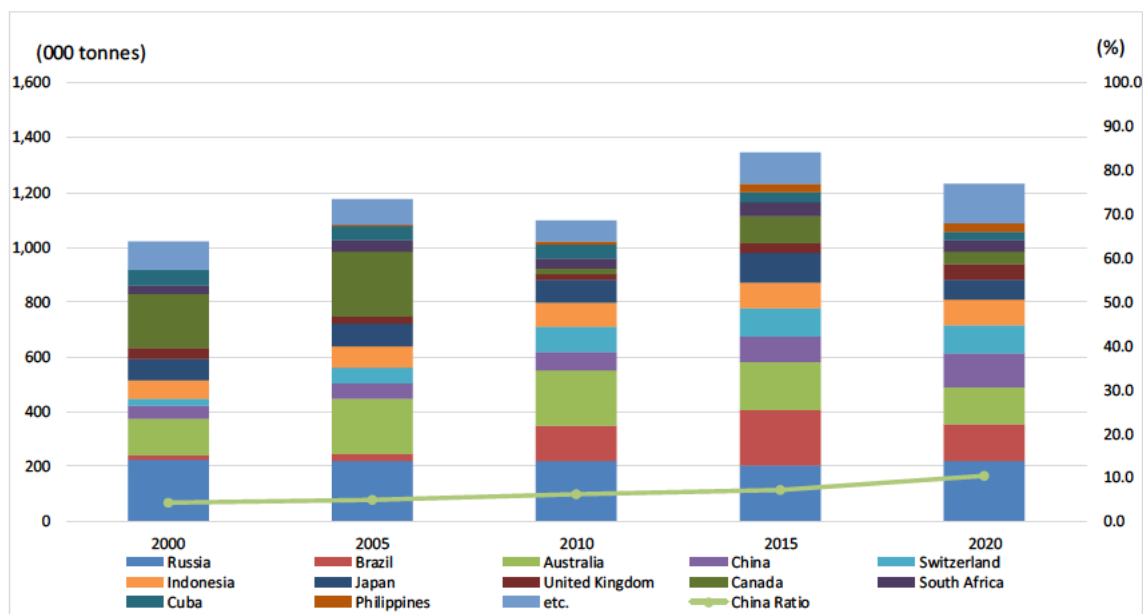


図 4-6 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（ニッケル）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の推移を試算したものが表 4-11 と図 4-7 である。生産コストの世界平均は2000年から2010年まで上昇し、そ

の後は下降傾向を見せる結果となった。中国資本が権益を有する鉱山（注4）の生産コストは世界平均に比してやや低く、推移は世界平均と同様の傾向がみられる。中国資本が権益を有する鉱山について中国国内と中国国外別にみると、中国資本が権益を有する中国国外の鉱山の生産コストは2005年、2010年は世界平均を上回ったが、2015年、2020年は下回る結果となった。

表 4-11 生産コストの平均値の変遷（ニッケル）

	Total Cash Cost (¢/lb)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	243.6	411.4	677.4	558.9	457.2
②中国資本が権益を有する鉱山	276.5	366.7	524.1	443.1	426.5
②のうち中国国内の鉱山	279.3	286.5	465.2	431.2	433.3
②のうち中国国外の鉱山	271.0	487.1	700.7	467.1	418.1

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

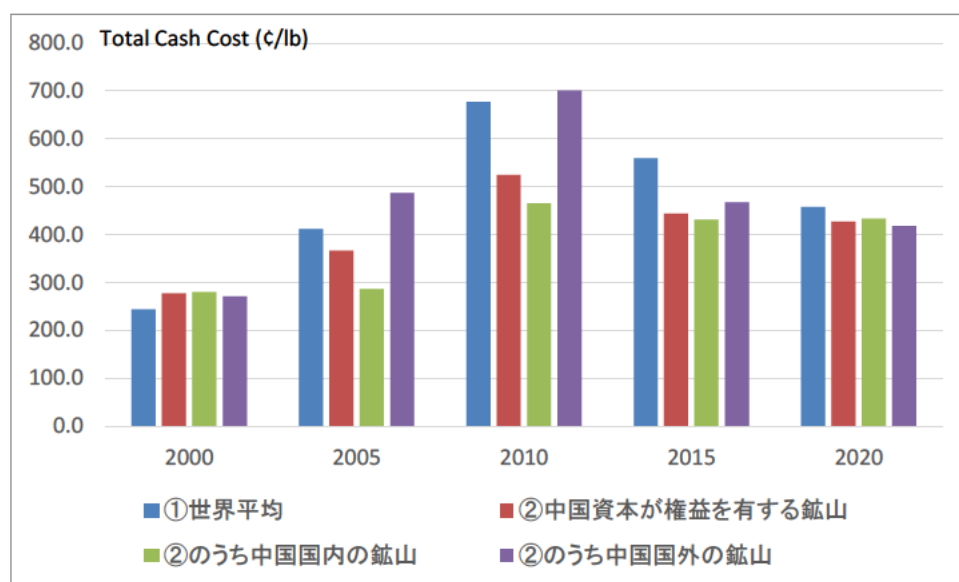


図 4-7 生産コストの平均値の変遷（ニッケル）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注4）中国資本が権益を有する鉱山

4-3、4-4 では中国企業が出資している鉱山は出資比率の大小にかかわらず、「中国資本が権益を有する鉱山」とした。

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コストカーブのデータが把握可能な、中国資本が権益を有するニッケル鉱山の数は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で表 4-12 の通り。

表 4-12 中国資本が権益を有する鉱山数（ニッケル）

	中国国内	海外	合計
2000	2	1	3
2005	3	2	5
2010	3	1	4
2015	4	2	6
2020	5	4	9

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国資本による主要なニッケル鉱山の権益取得状況は次頁の表 4-13 の通りである。

2000 年では、中国資本が権益を有する主要ニッケル鉱山は、中国国内にある中国資本 100%の Jinchuan、East Yellow Mountain、中国資本が 0.64%の権益を有するドミニカの Falcondo の 3 鉱山であった。

2005 年では中国国内にある中国資本 100%の Kalatongke、中国資本が 8.5%を有する（南アフリカ 91.5%）南アフリカの Modikwa の 2 鉱山が加わっている。

2015 年では中国国内にある中国資本 100%の Tulaergen、中国資本が 79.07%の権益を有する（その他 20.93%）パプアニューギニアの Ramu の 2 鉱山が加わっている。

2020 年では中国国内にある中国資本 100%の Alex の 1 鉱山が加わっている。

2000 年から 2020 年にかけて、中国資本が権益を有する最大のニッケル鉱山は中国にある中国資本 100%の Jinchuan である。

表 4-13 中国資本の権益取得状況（ニッケル）
（2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年）

Property		Jinchuan	Falcondo	East Yellow Mountain	Kalatongke	Modikwa	Tulaergen	Ramu	Alex	Paid Nickel (000 tonnes)
Country/Region		China	Dominican Republic	China	China	South Africa	China	Papua New Guinea	China	
Actual Start Up Year		1963	1971	1999	1989	2002	2015	2012	2015	
2000	Paid Nickel (000 tonnes)	42.8	27.8	0.3						70.9
	Owner	China100	China0.64 Switzerland 85.26 etc.14.1	China100						
2005	Paid Nickel (000 tonnes)	53.5	28.7	2.4	1.4	0.7				86.7
	Owner	China100	China0.64 Switzerland 85.26 etc.14.1	China100	China100	China8.5 South Africa91.5				
2010	Paid Nickel (000 tonnes)	64.5		1.8	1.9	0.5				68.7
	Owner	China100		China100	China100	China8.5 South Africa91.5				
2015	Paid Nickel (000 tonnes)	64.5		4	3.5	0.6	1.8	25.6		100.0
	Owner	China100		China100	China100	China8.5 South Africa91.5	China100	China79.07 etc.20.93		
2020	Paid Nickel (000 tonnes)	73.3	17	6.1	3.7	0.4	1.6	33.7	0.3	136.1
	Owner	China100	China0.64 Canada4.1 etc.95.26	China100	China100	China8.5 South Africa91.5	China100	China79.07 Canada8.56 etc.12.37	China100	

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

4-4 鉱山の CO2 排出量・水使用量の分析

(1) GHG 排出量と水使用量の関係

鉱山の生産量 1 トンあたりの GHG 排出量、水使用量の関係を、中国資本が権益を有する鉱山とその他資本が権益を有する鉱山別に散布図で示したのが図 4-8 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種類別に示した（注 1）。中国資本が権益を有する鉱山の中には中国国内の Alex と Tulaergen のように他の鉱山に比して大幅に水使用量が多い鉱山もみられる。

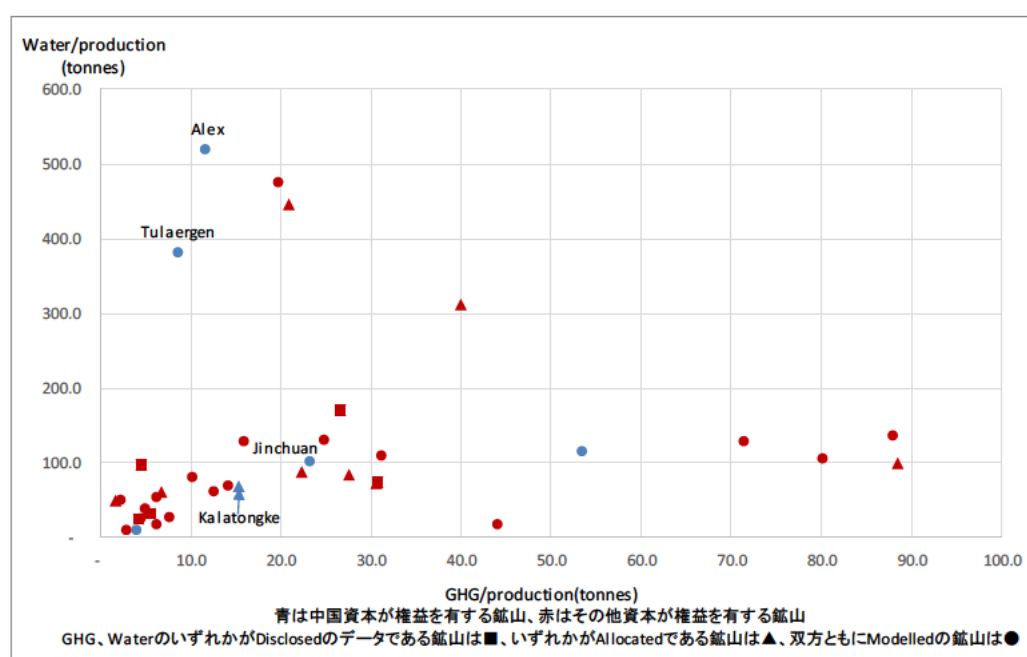


図 4-8 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）（ニッケル）

※中国国内の鉱山には鉱山名を記した

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 1）鉱山のデータの種類

Disclosed	鉱山から開示されたデータ
Allocated	企業から開示されたデータに基づき、鉱山ごとに GHG 排出量、水消費量の数値を割り当てたもの
Modelled	生産データと、ライフサイクル分析データベースおよび公的に入手可能な学術研究から得た炭素/水の原単位に基づいて S&P が推定したもの

この散布図で示した鉱山の中でも、生産量 1 トンあたりの GHG 排出量、水使用量の双方が少ない鉱山を次頁に示した。

表 4-14 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量・水使用量が小さい主な鉱山（ニッケル）

Property	Country/Region	Equity Owner(s) (Ownership %)	Paid Nickel (000 tonnes)	Total Cash Cost (¢/lb)	MINE_TYPE	GHG_Output_ 2020 /production	Water_Output _2020 /product on
Forrestania	Australia	Western Areas Ltd. (100.00)	15.8	396.0	Underground	7.5	29.3
Goro	New Caledonia	Vale SA (95.00) Societe de Participation Miniere du Sud Caledonia SAS (5.00)	31.0	641.0	Open Pit	6.0	19.3
Leinster	Australia	BHP Group Ltd. (100.00)	24.6	596.8	Open Pit	4.9	40.6
Mt Keith	Australia	BHP Group Ltd. (100.00)	33.3	574.1	Open Pit	6.8	60.4
Nova-Bollinger	Australia	IGO Ltd. (100.00)	21.8	259.4	Underground	1.8	49.3
Punta Gorda	Cuba	Cubaniquel (100.00)	16.5	324.0	Open Pit	5.5	31.6
Raglan	Canada	Glencore PLC (100.00)	38.4	446.0	Underground	2.1	50.6
Ramu	Papua New Guinea	Metallurgical Corp. of China Ltd. (56.97) Jilin Jien Nickel Industry Co. Ltd. (11.05) Jiuquan Iron and Steel (Group) Co. Ltd. (11.05) Nickel 28 Capital Corp. (8.56) Jinchuan Group International Resources Co. Ltd. (5.93) Mineral Resources Development Corp. (3.94)	33.7	286.5	Open Pit	3.8	11.4
Rio Tuba	Philippines	Nickel Asia Corporation (60.00) Pacific Metals Co. Ltd. (36.00) Sojitz Corp. (4.00)	19.1	484.9	Open Pit	4.2	23.3
Sudbury Operations	Canada	Glencore PLC (100.00)	18.5	422.7	Underground	6.2	54.7
Taganito	Philippines	Nickel Asia Corporation (65.00) Pacific Metals Co. Ltd. (33.50) Sojitz Corp. (1.50)	30.6	416.2	Open Pit	4.3	26.8
Voisey s Bay	Canada	Vale SA (100.00)	35.7	361.2	Open Pit	2.7	11.3

※生産量 1 トンあたりの GHG 排出量が 8 トン以下かつ水使用量が 70 トン以下の鉱山を抽出した
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

生産量と GHG 排出量、水使用量の関係を、中国資本が権益を有する鉱山とその他資本が権益を有する鉱山別に散布図で示したのが図 4-9 と図 4-10 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種類別に示した。

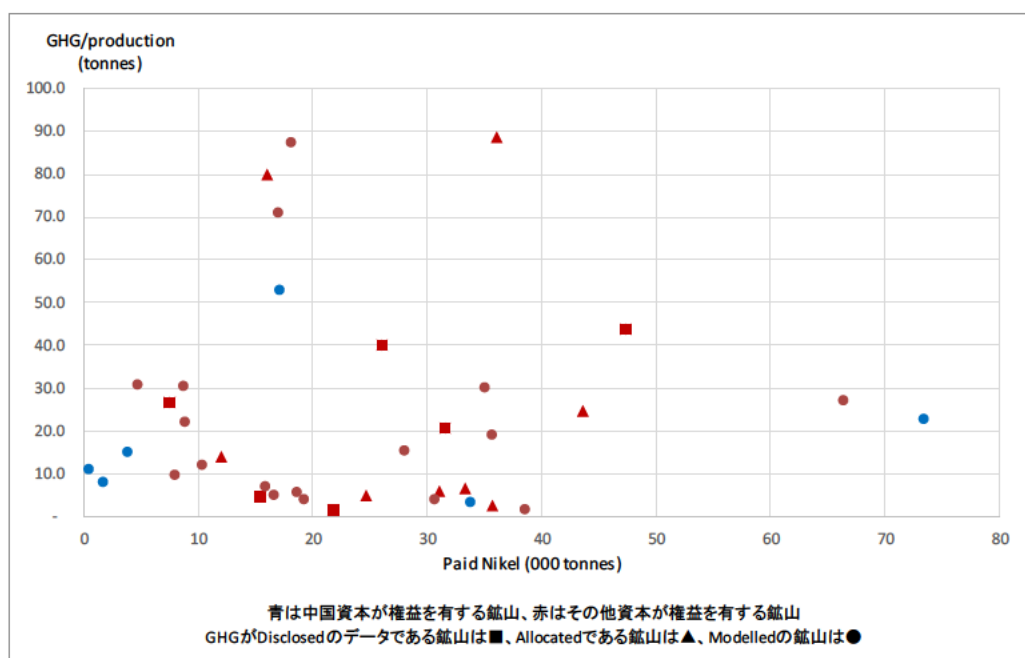


図 4-9 生産量と GHG 排出量の関係（2020 年）（ニッケル）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

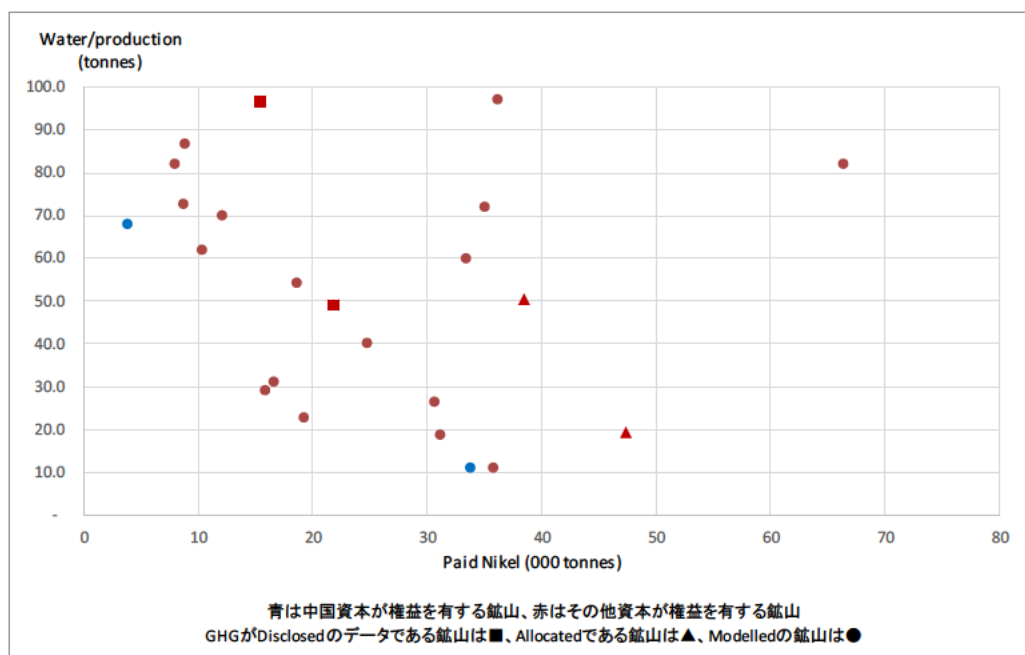


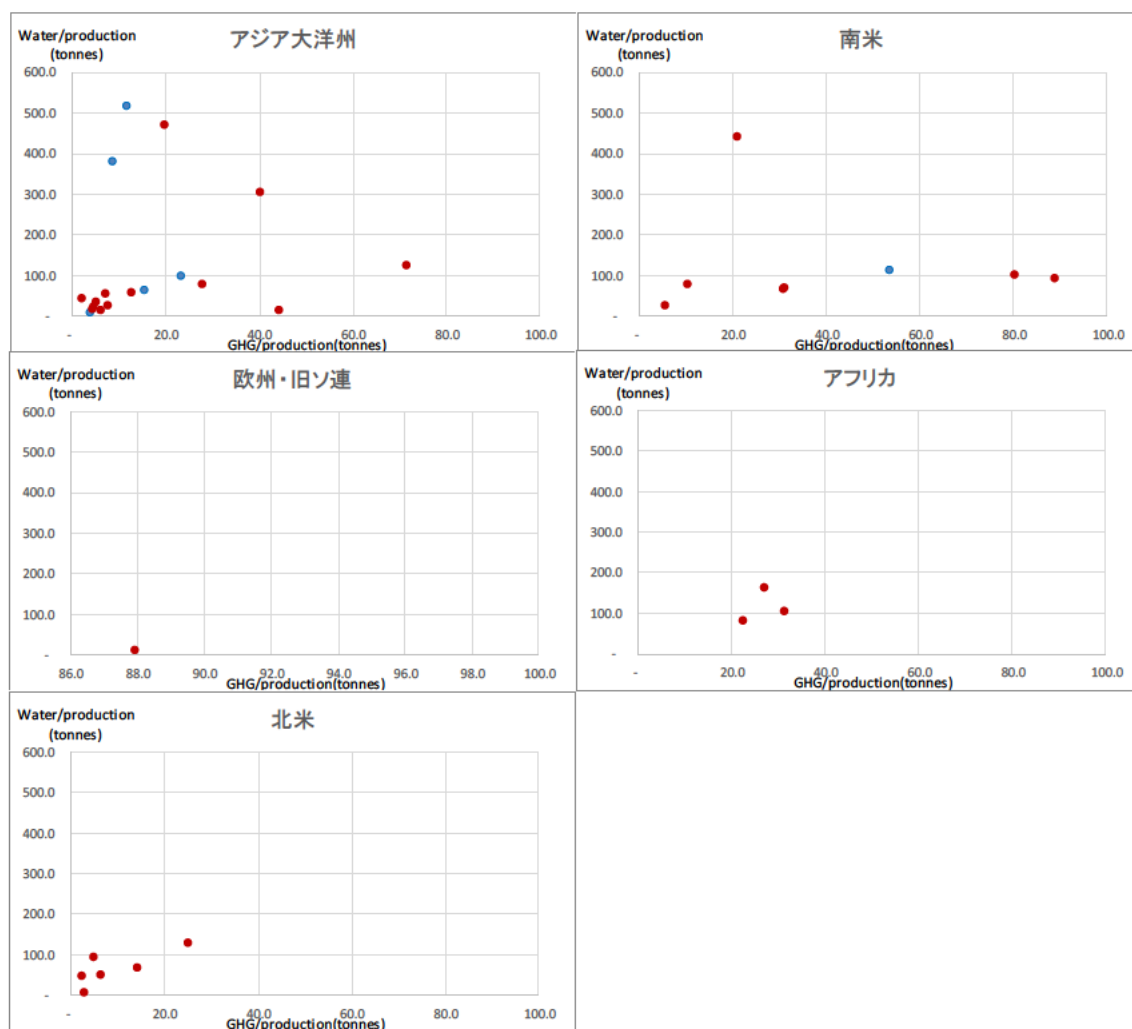
図 4-10 生産量と水使用量の関係（2020 年）（ニッケル）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

生産規模が大きければ生産量あたりの GHG 排出量が多いという比例関係は見られない。生産規模が大きい鉱山の中には小さい GHG 排出量を示す鉱山も少なからず見出すことが出来る。また、水使用量については、例外的な鉱山もあるものの、生産規模が大きくなると生産量あたりの水使用量が小さくなる傾向がみられる。

(2) 地域別の比較

図 4-8 を地域別にみたものが図 4-11 である。S&P データベースからデータが得られる鉱山については、アジア大洋州と南米は GHG 排出量、水使用量のばらつきが大きいのに対し、欧州・旧ソ連、北米、アフリカは比較的 GHG 排出量、水使用量が小さいことがうかがえる。



※青は中国資本が権益を有する鉱山、赤はその他の資本が権益を有する鉱山

図 4-11 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (2020 年)
(ニッケル、地域別)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) 鉱石種別の比較

S&P データベースより生産コストカーブのデータが得られる主要ニッケル鉱山について、2020 年における鉱石の種類別、鉱山の形態別に中国資本の権益の取得状況を見たものが表 4-15 である。

最も多い鉱石種はラテライトであり、S&P データベースよりデータが得られる 47 鉱山のうち 20 鉱山を占める。これらはすべて露天掘りであり、中国資本が権益を保有している鉱山は 3 鉱山である。次いで多いのが Layered Mafic-Ultramafic Intrusion であり、17 鉱山を占めており、うち 13 鉱山が坑内掘りで、中国資本が権益を保有している鉱山は 1 鉱山である。

表 4-15 中国資本の権益取得状況（2020 年）（鉱石の種類、鉱山の形態別）（ニッケル）

Geologic Ore Body Type	鉱山数	鉱山の類型			
		露天掘り		坑内掘り	
			中国資本が 権益を有する 鉱山		中国資本が 権益を有する 鉱山
Astrobleme	2			2	
Black Shale	1	1			
Flood Basalt	2			2	1
Komatiitic Magmatic	5	1		4	
Laterite	20	20	3		
Layered Mafic-Ultramafic Intrusion	17	4		13	1
計	47	26	3	21	2

（注）鉱石の種類、鉱山の形態の情報が得られる鉱山の情報のみを記載

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

上の表で見たラテライトとその他の鋼種別に鉱山の GHG 排出量と水使用量の関係を見ると、ラテライトの鉱山には水使用量が際立って多いところもみられるものの、GHG 排出量が少ない鉱山のグループについてはその他の鉱石種に比べて水使用量が相対的に少ないことがうかがえる。

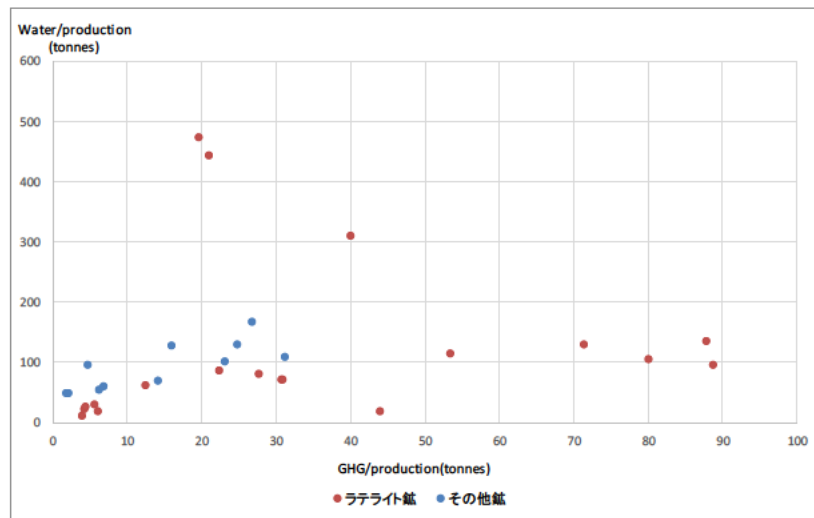


図 4-12 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (2020 年)
(ニッケル、主要鉱石種別)
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(4) 品位と GHG 排出量、水使用量の関係

露天掘り (Open Pit) と坑内掘り (Underground) 別に鉱山で産出される鉱石の品位(Head Grade)と GHG 排出量との関係を見たのが図 4-13、水使用量との関係を見たのが図 4-14 である。これによると、露天掘りの方が坑内掘りに比して品位が高いことがわかる。

また、露天掘りのうち品位が低い鉱山については GHG 発生量、水使用量のばらつきが大きい。これらのうち中国資本が権益を有する鉱山についてみると、鉱石の品位は高くはないものの、総じて GHG 排出量、水の使用量は少ない部類に入っているものと判断される。

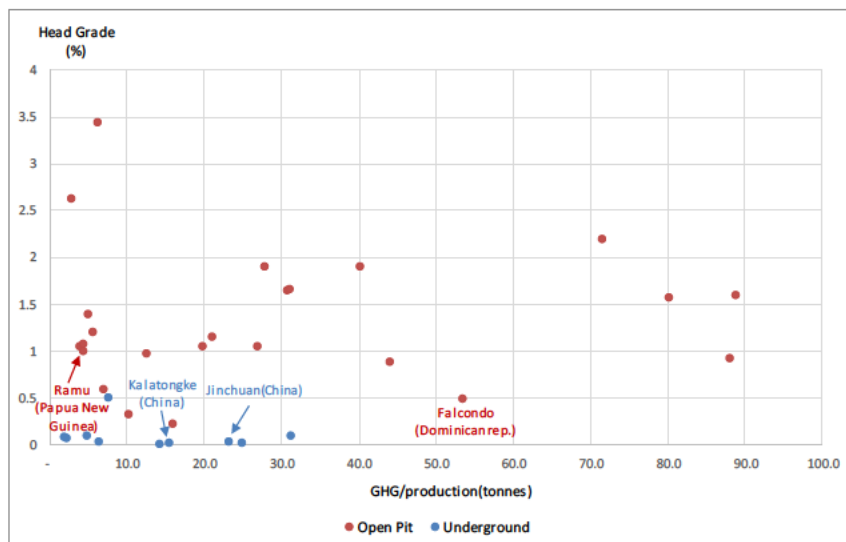


図 4-13 鉱石の品位と GHG 排出量の関係 (ニッケル)
※中国資本が権益を有する鉱山には鉱山名を付した
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

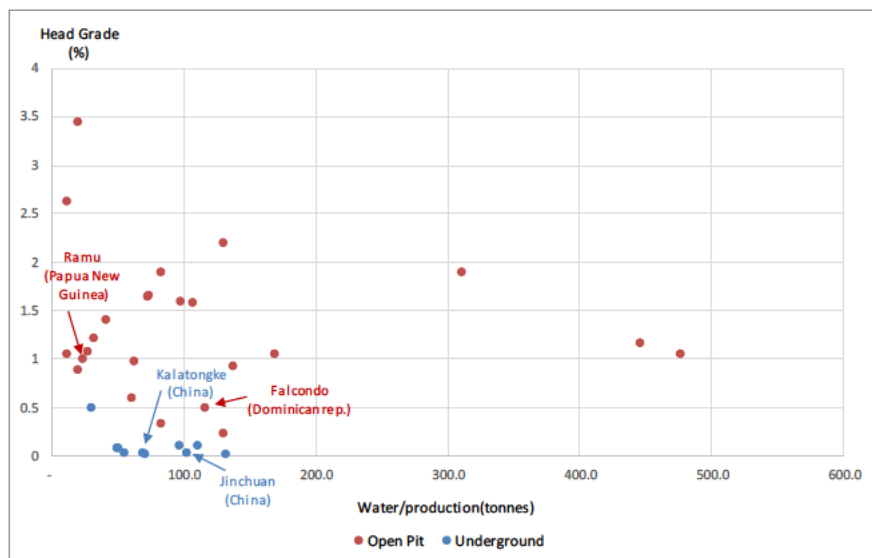


図 4-14 鉱石の品位と水使用量の関係（ニッケル）
 ※中国資本が権益を有する鉱山には鉱山名を付した
 出所：S&P データベースより日鉄総研作成

4-5 鉱山保有国の資源保護政策と日本の政策

(1) 鉱山保有国の資源保護政策

日本のニッケルの供給元としては、世界有数のニッケル埋蔵量・生産量を誇るインドネシアとニューカレドニアの2か国である。この中で、インドネシアについては、2014年から資源ナショナリズムの動きが出てきており、ニッケル鉱石の禁輸を唱えた（新鉱物資源法）。当時は、中国も日本もニッケルの生産におけるインドネシアのポテンシャルを十分認識して、鉱石の多くをインドネシアからの輸入に頼っていただけに、輸入元の変更等で供給元の切り替え等で大きな議論となった。

インドネシアの鉱石輸出禁止については、元々2022年からの実施となる予定であったが、更にその実施を2020年に前倒しさせることが発表されるなど、インドネシアのJokoWidodo大統領が求める鉱石生産～製錬～リチウムイオンバッテリー・EVの製造という一貫工程を作り上げ、東南アジア地域のEVハブになるという目標は、確実に進んでいると見える。

一方の中国も、当初は日本と同じくニッケルの輸入元をフィリピンとニューカレドニアに切り替えることで乗り切ってきたが、鉱石輸出の禁止政策の時期に、ステンレス鋼に使用するニッケル合金鉄の現地生産に青山鋼鉄が進出し、更に華友コバルトがニッケル由縁のコバルトを狙って進出するなど、インドネシアにおけるニッケル関連のプロジェクトに積極的に投資を実施してきている²⁸。

日本とインドネシアとの関係は深く、中国に次いで多くのODAを供与してきており、在留邦人も18,000名以上、日系企業数も1,489社となるなど、関係は非常に深い。同国に対し、日本国内の方針として精錬工程の稼働の観点で我が国非鉄業界は厳しい選択を迫られることになるが、将来ニッケルのバッテリー用途の需要が伸びていくことやインドネシアの自動車需要の約9割のシェアを日本車メーカーが占めている状況を踏まえると、ニッケルやコバルトの使用先の産業が日本の産業に恩恵を齎すものであるから、官民一体となってインドネシアのニッケルに関わる新プロジェクトへの参画についても積極的に関与していくことが求められる。

ニューカレドニアからは輸入ニッケル鉱石の7割強を調達しているが、同国は現在、フランスからの独立で国民が割れており、成立する政権によってはどのような鉱物資源政策を採るのかは不明のため、慎重に情勢分析は継続していくことが肝要である。

また、ニッケルの埋蔵量では、大きな可能性を持ちながら採掘条件が厳しいせいか、進出していたAngloamericanやValeも撤退したり、事業縮小に陥っているブラジルにおいては、190万人の日系人を要していることから、その力と関係を活用できる。ブラジルの

²⁸ JOGMEC「世界のニッケル需給と今後の動向 2021」<https://mric.jogmec.go.jp/reports/mr/20220207/165645/>

ニッケル生産が進まない理由（例えば資金、環境問題）をしっかりと調査して、政府間でも日本の進出を話し合う余地はある²⁹。

(2) 主要鉱種のまとめ（ニッケル）

日本の2020年のニッケル輸入は鉱石49.1千トン、一次ニッケル139.9千トンとなっている。鉱石は76%にあたる37.4千トンをニューカレドニアから、一次ニッケルは48%をフィリピンからと寡占度が高い。特にフィリピンの一次ニッケルは、住友金属鉱山がHPAL技術の商業化に成功して低品位の酸化鉱を原料に、ニッケルとコバルトの製錬事業に現地進出し、調達先をインドネシアから切り替えた成果と言える。

同国からは中国が575.7千トンと大量の鉱石を輸入しており競合になっているが、精錬メーカーへのヒアリングでは、中国が比較的品位の高い鉱石を輸入しており現時点では取り合いにはなっていないとの事であった。現地に工場進出までして供給を守ろうとする企業価値は高く、今後も資源調達で競合が生じ事業継続に支障が出るような事態になるとときには、事業活動を守る努力が必要になる。

ニッケル協会へのヒアリングによると、鉱山の浅部にあるLimonite層は低含有率で1%程度だが湿式処理のHPAL法が向いており、主にニッケル金属が生産され、深部のSaprolite層は比較的ニッケルが高含有率1.8~3%で、乾式製錬でフェロニッケルやニッケル銑（NPI）が生産されている。HPAL法は酸化ニッケルを湿式で扱うのでコバルトも回収できると、比較的低位で安価な鉱石を扱えるという利点があるが、鉱石の品位が低いので精錬工場の現地進出が必須になるとのことであった。

²⁹ JOGMEC「ブラジルのレアメタル資源（第一回）」
https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_10379941_po_MRv39n5-05.pdf?contentNo=1&alternativeNo=

5 コバルト

5-1 サプライチェーン概況

(1) 鉱石埋蔵量、コバルト鉱石・地金生産量

コバルト鉱石の埋蔵は DR コンゴに集中しており、世界のコバルト鉱石埋蔵量 7.1 百万トンに対して 50%を有している。DR コンゴに続き、豪州が第 2 位 (20%)、キューバが第 3 位 (7%) となっている。2020 年のコバルト鉱石生産量 139 千トンに対し、DR コンゴが世界全体の 69%を占めており、続いて豪州 (4%)、フィリピン (4%) となっている。

2020 年のコバルト地金生産量 126 千トンに対し、中国が世界の 63%を占めており、続いてフィンランド (12%)、ベルギー (5%)、カナダ (5%)、日本 (3%) となっている。

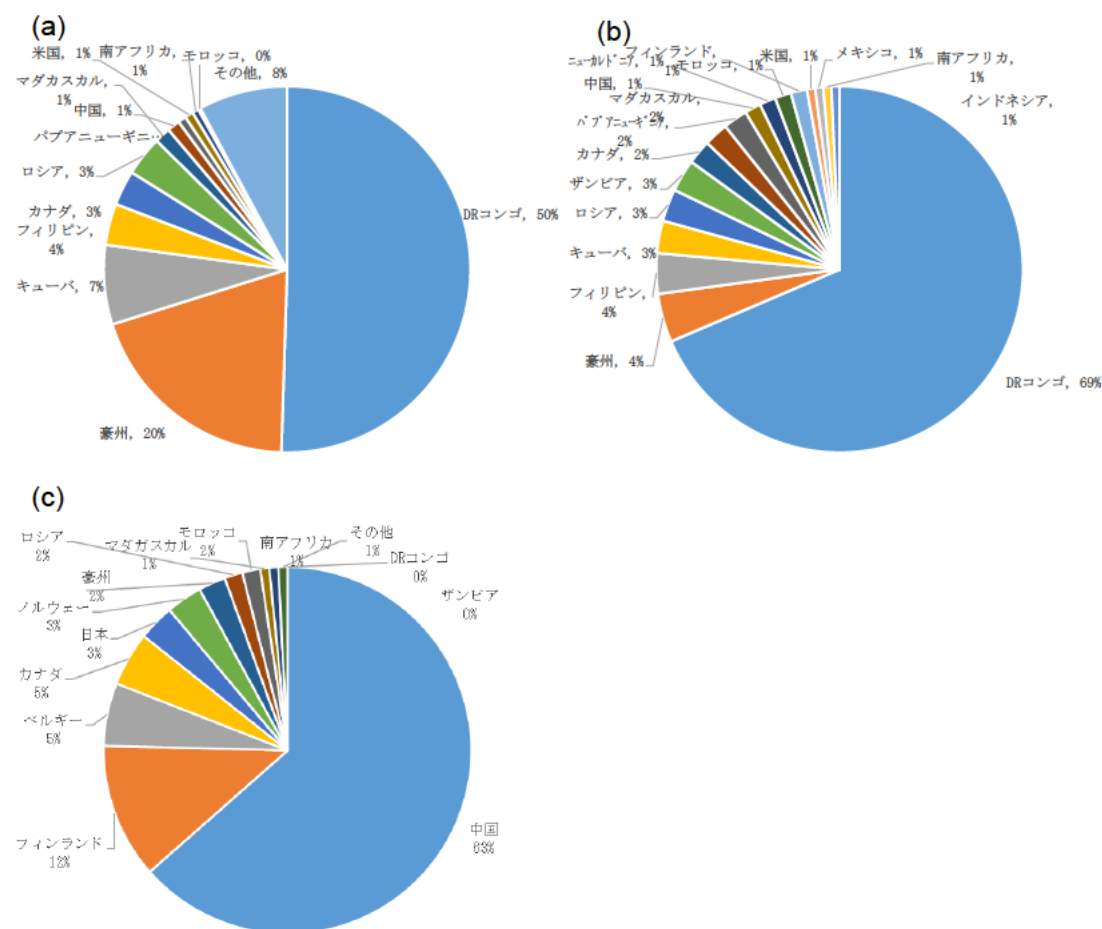


図 5-1 (a) コバルト鉱石埋蔵量、(b) コバルト鉱石生産量、(c) コバルト地金生産量の国別構成 (2020 年)

出所：USGS Mineral Commodity Summaries 2021、S&P、JOGMEC マテリアルフォーより日鉄総研作成

(2) コバルト鉱石・地金輸入量

2020 年の世界のコバルト鉱石貿易量合計 23 千トンの内、中国は 87%にあたる 20 千トンを輸入している。中国のコバルト鉱石輸入元は、DR コンゴに集中している。

2020 年の世界のコバルト地金貿易量合計 411 千トンに対し、中国の輸入量は 309 千トンと 1 国だけで 75%を占めている。中国は、DR コンゴ³⁰の全輸出量の 96%に加えて、ロシアや豪州等からも輸入しており、世界中のコバルト資源が中国に集中している。

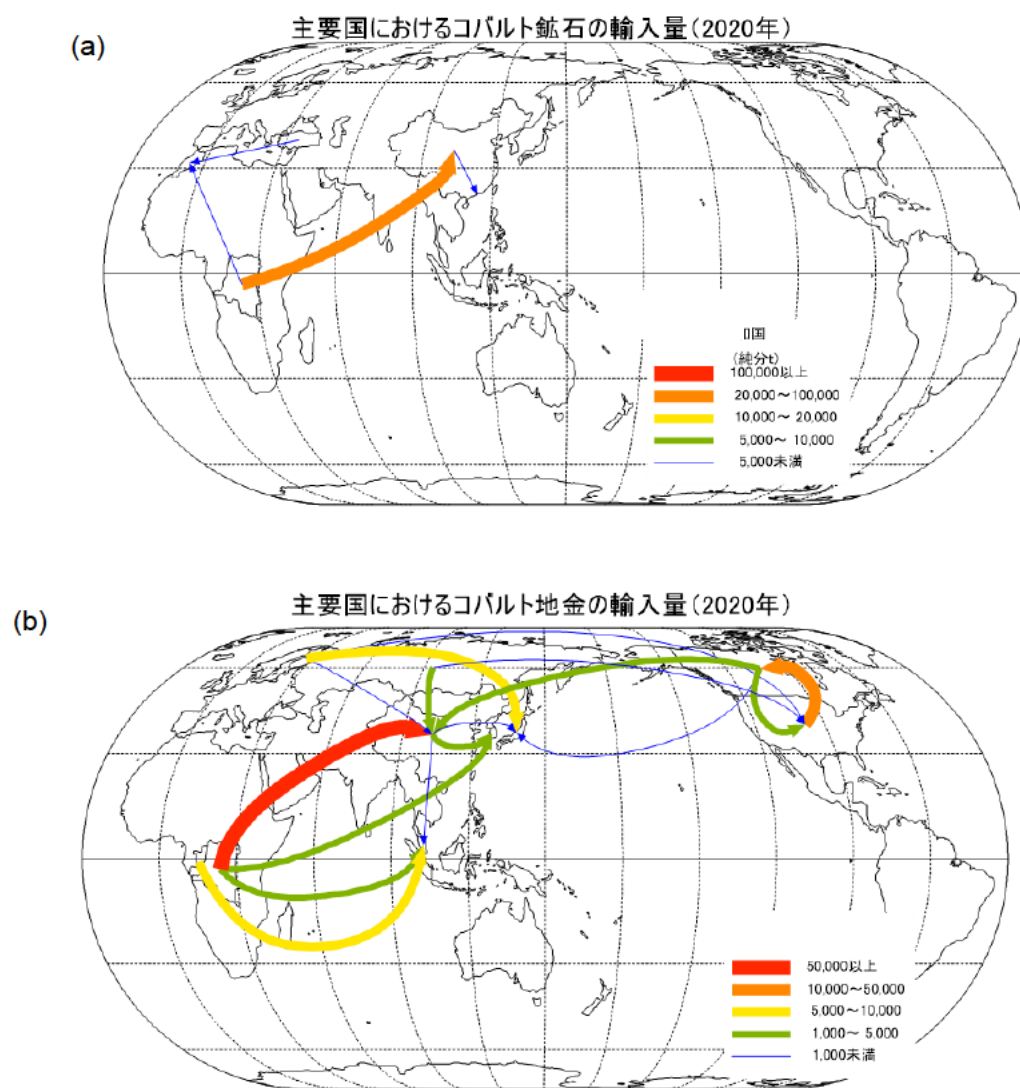


図 5-2 (a) コバルト鉱石、(b)コバルト地金の輸入量 (2020 年)

出所：UN Comtrade より日鉄総研作成

³⁰ JOGMEC によれば、「DR コンゴからは地金や鉱石は輸出されておらず、水酸化コバルトや塩化コバルト等の化合物の形態で輸出され、中国にてパウダーや地金に加工されている」とのことだが、ここでは UN Comtrade の中国輸入実績をそのまま計上した

表 5-1 (a)コバルト鉱石、(b) 地金の輸入量 (2020 年)

(a)

単位：トン（純分）

		輸出国				
		合計	DRコンゴ	中国	トルコ	その他
輸入国	中国	20,117	20113			4
	モロッコ	2,720	2615		105	
	香港	160		160		
	台湾	39	39			
	ベルギー	27				27
	南アフリカ	17				16
	カタール	4				
	イギリス	4				4
	スペイン	3				3
	ドイツ	3				3
	アメリカ合衆国	1				1
	その他	4				4
合計		23,099	22,767	160	105	62

(b)

単位：トン（純分）

		輸出国											
		合計	コンゴ民主共	アメリカ合衆	フィンランド	コンゴ共和国	カナダ	中国	ロシア	日本	オーストラリア	オランダ	その他
輸入 国	中国	309,079	293,613	32	816	0	1,634	1,033	4,192	1,000	1,831	0	4,927
	カナダ	18,298	0	13,986	0	0	0	37	3	1,111	0	20	3,141
	マレーシア	14,242	1,978	0	0	6,771	3	508	0	492	0	0	4,489
	アメリカ合衆国	10,643	0	0	572	0	2,074	98	713	1,463	735	31	4,958
	韓国	10,056	2,539	65	146	5	94	2,966	0	932	138	0	3,170
	日本	8,747	0	126	5,102	1	737	541	49	0	249	0	1,942
	ベルギー	8,368	2,531	3,140	353	0	233	29	18	2	0	314	1,750
	イギリス	5,587	0	499	14	0	15	100	818	52	1	2,821	1,267
	ナミビア	5,555	5,555	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	オランダ	3,265	0	41	106	0	538	355	186	0	176	0	1,863
	ドイツ	3,203	0	360	797	0	315	236	117	30	0	63	1,285
	その他	14,451	713	1,351	799	767	1,641	1,221	425	162	1,177	801	5,393
	合計	411,495	306,929	19,600	8,704	7,543	7,284	7,126	6,521	5,244	4,307	4,052	34,185

出所：US Comtradeより日鉄総研作成

出所：UN Comtrade より日鉄総研作成

5-2 主要な資源調達国が海外に保有する権益

中国は全世界のコバルト鉱石の約 9 割、地金の約 6 割を調達しており、コバルトの大消費国となっている。中国のコバルト調達は鉱石、地金とも DR コンゴからの輸入によって賄われている。

表 5-2 中国のコバルト取扱量 (2020 年)

単位：千トン（純分）

	中国	世界合計	中国比率
鉱石埋蔵量	80	7,100	1%
鉱石生産量	2	139	1%
鉱石輸入量	20	23	87%
地金生産量	80	126	63%
地金貿易量 (輸入－輸出)	302	411	73%

出所：USGS Mineral Commodity Summaries 2021、S&P、UN Comtrade より日鉄総研作成

表 5-3 中国のコバルト数量バランス (2020 年)

単位：千トン（純分）

	2015年	(比率)	2020年	(比率)
Co鉱石調達量	94		22	
自国生産	8		2	
輸入	86	100%	20	100%
DRコンゴ	85	99%	20	100%
ザンビア	1	1%		
Co地金調達量	201		389	
自国生産 (DRコンゴの鉱石)	36		80	
輸入	165	100%	309	100%
DRコンゴ	151	92%	294	95%
ロシア	2	1%	4	1%
豪州	2	1%	2	1%
カナダ	0	0%	2	1%
日本	1	0%	1	0%
その他	9	5%	7	2%

出所：USGS Mineral Commodity Summaries 2021、S&P、UN Comtrade より日鉄総研作成

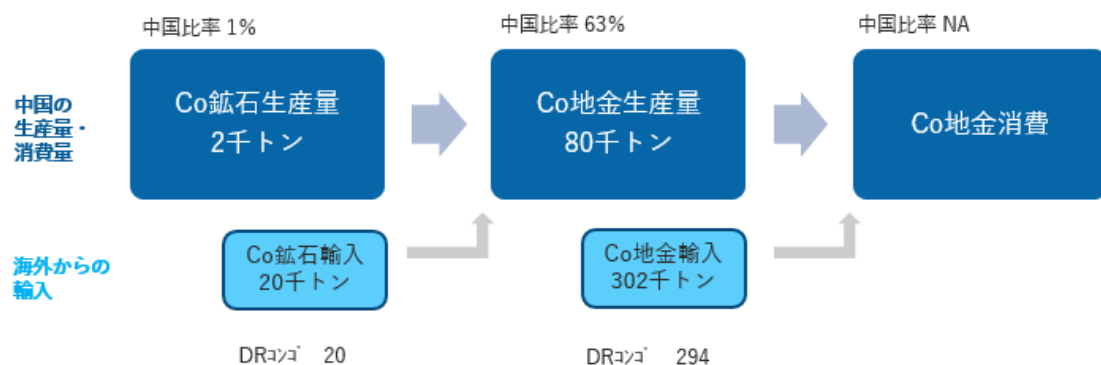


図 5-3 中国のコバルト生産量（2020 年）

（上図には、在庫増減や二次原料等の数量は記載していない）

出所：USGS Mineral Commodity Summaries 2021、S&P、UN Comtrade より日鉄総研作成

（1）鉱山における主要国の権益

銅鉱石同様、

「鉱山プロジェクトに対する自己出資の割合＝自己権益量とみなす」（A 案）を基本とし、
「少しでも（某国企業が）関係すると思われるプロジェクトの生産量を 100%権益確保している」と見做す」（B 案）

についても勘案し、幅を持たせて試算を行う。

① 埋蔵量における主要国の権益

世界のコバルト鉱山が保有する埋蔵量に対し、それぞれの鉱山に対する中国企業の出資比率を乗じて合計したところ、中国の権益分は 1,006～1,207 千トンとなった。

さらに、S&P の鉱山別コバルト埋蔵量に関するデータカバー率が約 77%であることを勘案すれば、世界のコバルト埋蔵量 7.1 百万トンに対して中国が保有する権益は 1.3 百万トン（18%）～1.6 百万トン（22%）と約 2 割にあたると算出された。

表 5-4 コバルト埋蔵量における中国の権益

単位：千トン（純分）

国名	世界の埋蔵量	中国権益分（A案）	中国権益分（B案）
DRコンゴ	3,600	717	901
豪州	1,400		
キューバ	500		
フィリピン	260		
カナダ	220	5	5
ロシア	250		
マダカスカル	100		
中国	80	195	196
パプアニューギニア	51	43	51
米国	53		
南アフリカ	40		
モロッコ	14		
その他	560	46	54
世界 合計	7,100	1,006	1,207

出所：S&P より日鉄総研作成

② 鉱石生産量における主要国の権益

世界のコバルト鉱山の 2020 年の鉱石生産量に対し、それぞれの鉱山に対する中国企業の出資比率を乗じて合計したところ、中国の権益分は 30～35 千トンとなった。

さらに、S&P の鉱山別コバルト鉱石生産量に関するデータカバー率が約 90%であることを勘案すれば、世界のコバルト生産量 139 千トンに対して中国が保有する権益は 33 千トン（24%）～39 千トン（28%）と、約 2～3 割にあたると算出された。

表 5-5 コバルト鉱石生産量における中国の権益

単位：千トン（純分）

国名	世界の生産量（千トン）	中国権益分（A案）	中国権益分（B案）
DRコンゴ	96	23	28
豪州	6		
フィリピン	5		
キューバ	4		
ロシア	4		
ザンビア	4	2	3
カナダ	3		
マダカスカル	3		
パプアニューギニア	3	3	3
中国	2	2	2
ニューカレドニア	2		
モロッコ	2		
フィンランド	2		
米国	1		
メキシコ	1		
南アフリカ	1		
インドネシア	1		
その他			
世界 合計	139	30	35

出所：S&P より日鉄総研作成

中国は DR コンゴの 2020 年の生産量に対して 23 千トンの権益を有しているが、2020 年の DR コンゴからのコバルト鉱石輸入量は 20 千トンと、ほぼ権益量見合いとなっている。

表 5-6 中国が権益を持つ海外のコバルト鉱石生産量と中国の輸入量

単位：千トン（純分）

国名	中国権益分（A案）	中国の輸入量
DRコンゴ	23	20
蒙古		
フィリピン		
キューバ		
ロシア		
ザンビア	2	
カナダ		
マダカスカル		
パプアニューギニア	3	
ニューカレドニア		
モロッコ		
フィンランド		
米国		
メキシコ		
南アフリカ		
インドネシア		
その他	0	0
世界 合計	28	20

出所：S&P、UN Comtrade より日鉄総研作成

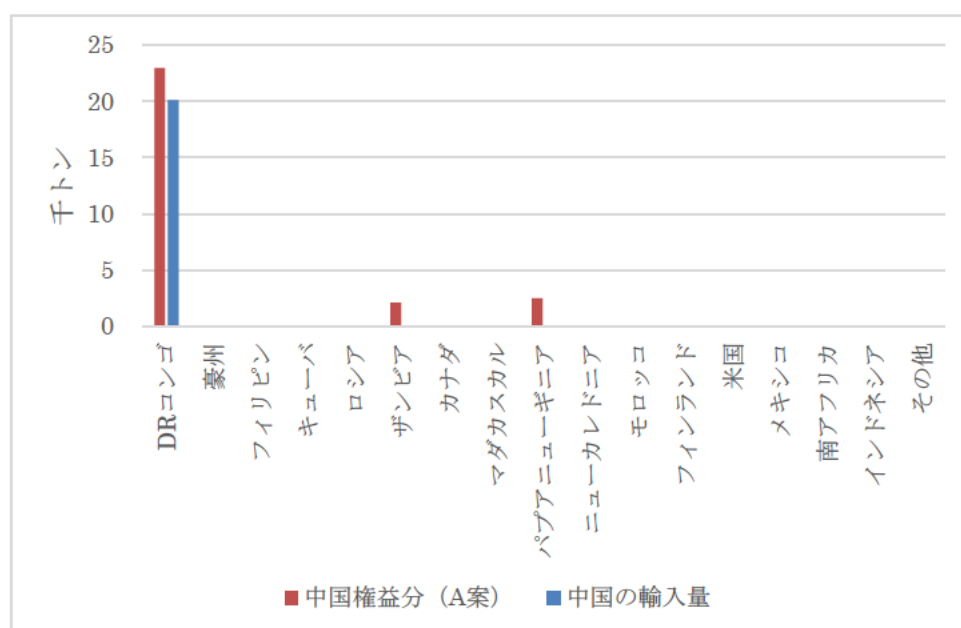


図 5-4 中国が権益を持つ海外のコバルト鉱石生産量と中国の輸入量

出所：S&P、UN Comtrade より日鉄総研作成

(2) 主要国企業の出資先（鉱山、製錬・精製企業）

①主要国企業が出資しているコバルト鉱山

中国企業が出資している主要なコバルト鉱山は表 5-7 の通りとなっている。

表 5-7 中国企業が出資している主要なコバルト鉱山

単位：千トン（純分）

国名	鉱山名	埋蔵量	生産量	主な出資企業	中国比率
China	Jinchuan	161	1.911	Jinchuan Group Co., Ltd. (Owner) 100%	100%
China	Kalatongke	NA	0.091	Xinjiang Xinxin Mining Industry Co., Ltd. (Owner) 100%	100%
China	Yuanjiang	4.1	0.082	Yuanjiang Nickel (Owner) 100%	100%
Dem. Rep. Congo	Tenke Fungurume	530	15.436	China Molybdenum Co., Ltd. (Venturer) 80%; Gécamines SA (Carried) 20%	80%
Dem. Rep. Congo	Luiswishi	38.2	5.39	Zhejiang Huayou Cobalt Co., Ltd (Owner) 100%	100%
Dem. Rep. Congo	Ruashi	27	4.158	Jinchuan Group International Resources Co. Ltd (Owner) 75%;	75%
Dem. Rep. Congo	Kalongwe	27.102	1.36	Chengtun Mining Group Co., Ltd. (Venturer) 85%; La Generale Industrielle et Commerciale au Congo SPRL 10%; Ivanhoe Mines Ltd. (Fractional); Congo (the Democratic Republic of the) (Carried) 5%	85%
Dem. Rep. Congo	Kolwezi	NA	1.291	Zijin Mining Group Company Limited (Venturer) 72%; Gécamines SA (Venturer) 28%	72%
Papua New Guinea	Ramu	51	2.941	Metallurgical Corporation of China Ltd. (Venturer) 56.97%; Jilin Jien Nickel Industry Co., Ltd. (Venturer) 11.05%; Jiuquan Iron and Steel (Group) Co., Ltd. (Venturer) 11.05%; Jinchuan Group International Resources Co. Ltd 5.93%; Mineral Resources Development Corp (Venturer) 3.94%; Local Interest Subsidy Trust Fund, Rhode Island 2.5%; Nickel 28 Capital Corp. (Carried) 8.56%	85%
Zambia	Chambishi	51.4	1.408	China Nonferrous Mining Corporation Limited (Venturer) 85%; ZCCM Investments Holdings Plc (Venturer) 15%	85%
Zambia	Baluba	0.65	1.125	China Nonferrous Mining Corporation Limited (Venturer) 80%; ZCCM Investments Holdings Plc (Venturer) 20%; CNMC Luanshya Copper Mines Plc (Venture)	80%

出所：S&P より日鉄総研作成

③ 主要国企業が出資している製錬・精製企業

中国企業が出資している主要なコバルト製錬・精製企業は表 5-8,表 5-9 の通りとなっている。中国企業は鉱山だけでなく、製錬・精製企業にも多数の出資を行っている。

表 5-8 中国企業が出資している主要なコバルト製錬・精製企業（アフリカ）

	精錬・精製企業	国	能力	OWNER_LIST
ア フ リ カ	Kolwesi Smelter	Dem. Rep. Congo	NA	AuKing Mining Limited (Owner) 100%
	Luilu Refinery	Dem. Rep. Congo	NA	Glencore plc (Owner) 100%
	Lubumbashi Slag Treatment Smelter	Dem. Rep. Congo	5,000	Groupe Forrest International S.A. (Venturer) 70%; Gécamines SA (Venturer) 30%
	Lualaba Smelter	Dem. Rep. Congo	NA	China Nonferrous Mining Corporation Limited (Venturer) 62%; Yunnan Copper Industry (Group) Co., Ltd. (Venturer) 38%
	Nkana Smelter	Zambia	NA	Glencore plc (Venturer) 73.1%; First Quantum Minerals Ltd. (Venturer) 16.9%; ZCCM Investments Holdings Plc (Venturer) 10%
	Nkana Refinery	Zambia	NA	Glencore plc (Venturer) 73.1%; First Quantum Minerals Ltd. (Venturer) 16.9%; ZCCM Investments Holdings Plc (Venturer) 10%
	Sable Refinery	Zambia	NA	Jubilee Metals Group PLC (Owner) 100%
	Chambishi Smelter	Zambia	NA	NFC Africa Mining Plc (Owner) 100%; China Nonferrous Mining Corporation Limited (Venturer) 80%; Yunnan Copper Co., Ltd. (Venturer) 20%
	Chambishi Refinery	Zambia	NA	Eurasian Resources Group S.à r.l. (Venturer) 90%; ZCCM Investments Holdings Plc (Venture) 10%
	Ambatovy Refinery	Madagascar	5,600	Sumitomo Corporation (Venturer) 47.67%; Korea Resources Corporation (Venturer) 22.5%; Private Interest (Venturer) 12.83%; Sherritt International Corporation (Venturer) 12%; POSCO (Venturer) 2.73%; STX Corporation (Venturer) 1%
	Marrakesh Refinery	Morocco	NA	Managem S.A. (Owner) 99.77%; Unnamed Owner (Owner) 0.23%
	Impala Refinery	South Africa	NA	Impala Platinum Holdings Limited (Owner) 100%

出所：S&P より日鉄総研作成

表 5-9 中国企業が出資している主要なコバルト製錬・精製企業（アジア）

	精錬・精製企業	国	能力	OWNER_LIST
アジア	Zhejiang Refinery	China	NA	Zhejiang Huayou Cobalt Co., Ltd (Owner) 100%
	Jinchuan Smelter	China	NA	Jinchuan Group Co., Ltd. (Owner) 100%
	Jinchuan Refinery	China	NA	Jinchuan Group Co., Ltd. (Owner) 100%
	Fukang Refinery	China	NA	Xinjiang Xinxin Mining Industry Co., Ltd. (Owner) 100%
	Danxia Smelter	China	NA	Shenzhen Zhongjin Lingnan Nonfermet Co. Ltd. (Owner) 100%
	Niihama Refinery	Japan	NA	Sumitomo Metal Mining Co., Ltd. (Owner) 100%
	Taganito HPAL Refinery	Philippines	NA	Sumitomo Metal Mining Co., Ltd. (Venturer) 75%; Mitsui & Co., Ltd. (Venturer) 15%; Nickel Asia Corporation (Venturer) 10%
	Coral Bay HPAL Refinery	Philippines	NA	Sumitomo Metal Mining Co., Ltd. (Venturer) 54%; Mitsui & Co., Ltd. (Venturer) 18%; Sojitz Corporation (Venturer) 18%; Nickel Asia Corporation (Venturer) 10%
	Pomalaa Smelter	Indonesia	NA	PT Aneka Tambang Tbk (Owner) 100%
	HNC HPAL Smelter	Indonesia	NA	Zhejiang Huayou Cobalt Co., Ltd (Venturer) 57%; China Molybdenum Co., Ltd. (Venturer) 30%; Tsingshan Holding Group Co., Ltd. (Venturer) 10%; Unnamed Owner (Venturer) 3%
	Murrin Murrin Refinery	Australia	5,000	Glencore plc (Owner) 100%
	Townsville Refinery	Australia	NA	Queensland Pacific Metals Limited (Optionee) 100%; Private Interest (Optionor)
	Yarwun HPAL Refinery	Australia	NA	Gladstone Pacific Nickel Ltd. (Owner) 100%
	Koniambo Smelter	New Caledonia	NA	Societe Miniere du Sud Pacifique SA (Venturer) 51%; Glencore plc (Venturer) 49%
	Goro HPAL Refinery	New Caledonia	NA	Prony Resources New Caledonia consortium (Owner) 95%; Societe de Participation Miniere du Sud Caledonia SAS (Venturer) 5%

出所：S&P より日鉄総研作成

5-3 生産コストカーブの分析

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

S&P データベースをもとに主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 5-6 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

5-3、5-4 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Cobalt の重量を生産量として採用した。Paid Cobalt とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来るコバルトの量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid Cobalt の重量は、全世界のコバルト生産量の 67.14%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

5-3、5-4 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Total Cash Cost を生産コストとして採用した。鉱山会社の労働、エネルギー、試薬、その他経費、溶錬費(TC)・精錬費(RC)、ロイヤリティの合計であり、資本や減価償却などの費用は含まない。

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

5-3、5-4 では鉱山の権益の国籍別資本比率は、当該鉱山の権益を有する企業の国籍をもとに計算した。例えば、A 鉱山の権益を、英国に本社を置く企業が 50%、中国に本社を置く企業が 50%保有している場合、A 鉱山の権益は英国資本が 50%、中国資本が 50%保有しているものとみなした。また、香港に本社を置く企業は中国企業とみなした。

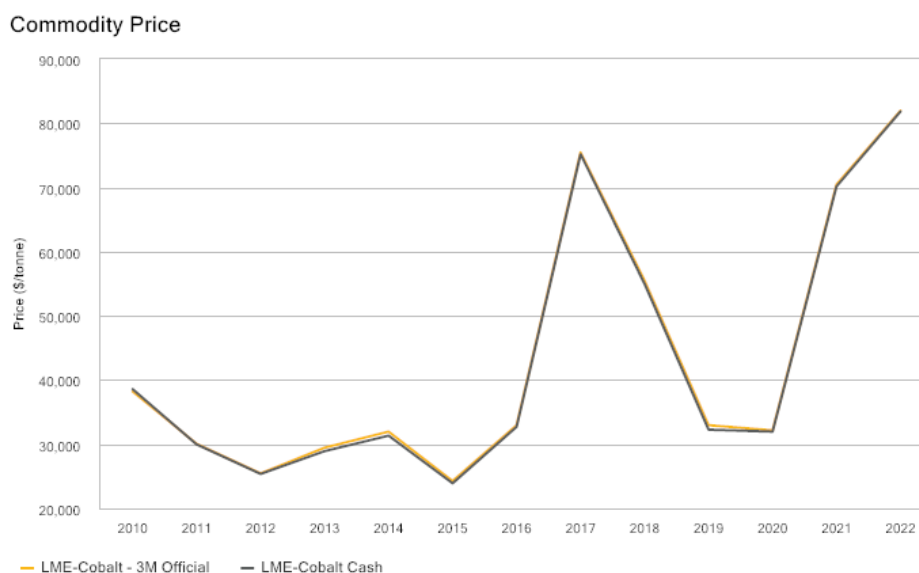


図 5-5 （参考）コバルトの価格の推移（2010～2022）

出所：S&P データベース

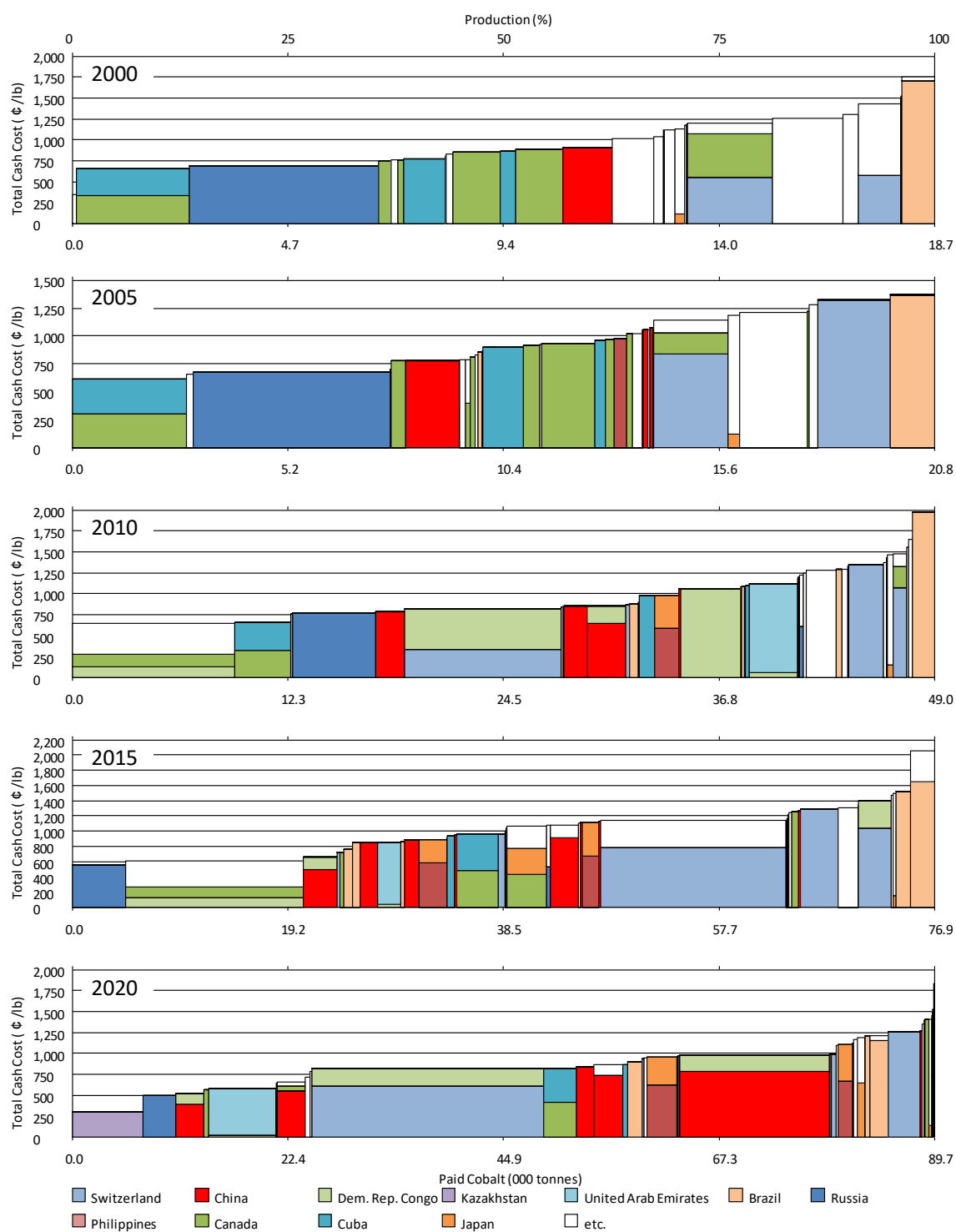


図 5-6 主要鉱山の生産コストカーブ（コバルト）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータと一部追加のデータ（注4）をもとに、主要鉱山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に試算したものが表 5-10 と図 5-7 である。中国資本の権益の下で生産されるコバルトの生産量は増加傾向にあり、2000 年は 1 千トンであったのが 2020 年には 27 千トンに、全世界の生産量に占めるシェアも 2000 年には 4.7%であったのが 2020 年には 21.6%にまで達する結果となった。

表 5-10 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（コバルト）

Paid Cobalt (000 tonnes)					
	2000	2005	2010	2015	2020
Switzerland	1.2	3.1	9.1	19.8	39.9
China	1.1	1.5	4.9	7.8	27.3
Dem. Rep. Congo	5.0	2.0	14.1	7.0	21.3
Kazakhstan					7.3
UAE			2.6	1.9	6.7
Brazil	0.7	1.2	2.4	4.9	3.9
Russia	4.1	4.7	4.9	4.9	3.5
Philippines		0.3	0.8	2.5	2.9
Canada	4.4	4.3	3.9	8.1	2.8
Cuba	2.5	2.7	2.6	2.6	2.2
Japan	0.0	0.0	0.6	2.6	2.1
etc.	4.4	8.3	13.8	22.6	6.4
Total	23.4	28.1	59.7	84.6	126.3
China Ratio(%)	4.7	5.3	8.1	9.2	21.6

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

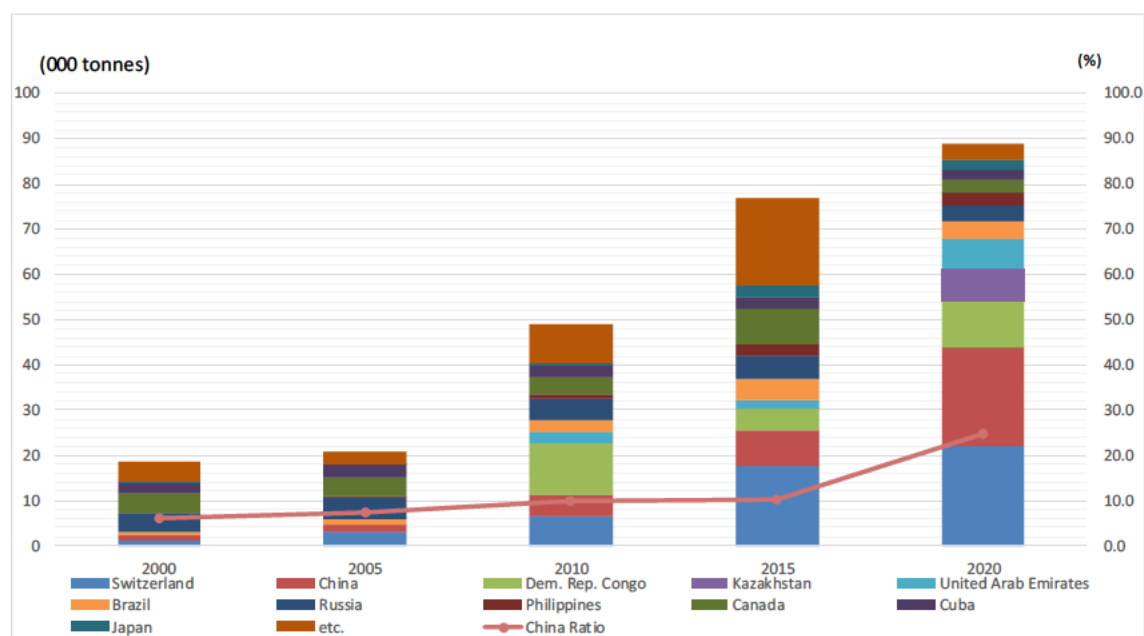


図 5-7 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（コバルト）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(注4) 一部追加のデータ

生産コストカーブではカバーされていない、生産量が上位にランクインする以下の主要鉱山について別途 S&P データベースより生産量(commodity production)の数値を収集し、これを生産コストカーブから得られる生産量のデータに追加して作表・作図を行った。

生産コストカーブに記載がなかった主要鉱山

生産量の世界順位 (2020 年)	鉱山名称	所在国
1	Kamoto	Dem. Rep. Congo
5	Luiswishi	Dem. Rep. Congo
8	Lubumbashi Slag Hill	Dem. Rep. Congo
8	Mutoshi	Dem. Rep. Congo

生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の推移を試算したものが表 5-11 と図 5-8 である。生産コストの世界平均は、2000 年から 2005 年にかけて下降し、2005 年から 2010 年にかけて上昇、その後は下降傾向を見せる結果となった。中国資本が権益を有する鉱山の生産コストの推移も世界平均と同様の傾向がみられる(注5)。中国資本が権益を有する鉱山について、中国国内と中国国外別にみると、中国資本が権益を有する中国国内の鉱山の生産コストは 2010 年、2015 年、2020 年と上昇傾向を見せたのに対し、中国国外の鉱山は逆に下降傾向を見せる結果となった。

表 5-11 生産コストの平均値の変遷 (コバルト)

	Total Cash Cost (¢/lb)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	1,024.6	964.8	1,123.0	1,050.5	983.4
②中国資本が権益を有する鉱山	1,201.6	902.3	974.7	991.4	972.4
②のうち中国国内の鉱山	1,201.6	902.3	998.4	1,032.8	1,096.4
②のうち中国国外の鉱山			856.3	867.5	755.3

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

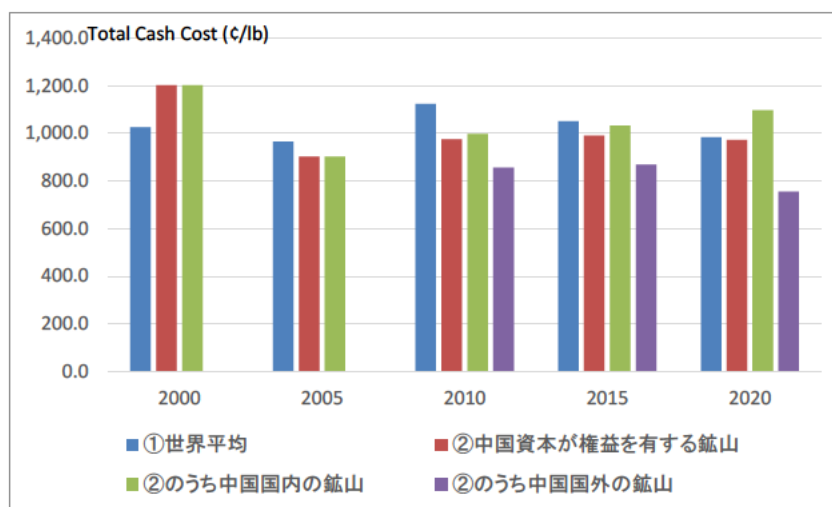


図 5-8 生産コストの平均値の変遷 (コバルト)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(注5) 中国資本が権益を有する鉱山

5-3、5-4 では中国企業が出資している鉱山は出資比率の大小にかかわらず、「中国資本が権益を有する鉱山」とした。

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コスト一部のデータが把握可能な、中国資本が有するコバルト鉱山の数 は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で以下の通り。

表 5-12 中国資本が権益を有する鉱山数（コバルト）

	中国国内	海外	合計
2000	2	0	2
2005	4	0	4
2010	5	0	5
2015	6	2	8
2020	7	4	11

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

S&P データベースで生産コストカーブのデータが把握可能な、中国資本による主要なコバルト鉱山の権益取得状況は表 5-13 の通りである。

2000 年では、中国資本が権益を有する主要鉱山は、中国国内にある中国資本 100%の Jinchuan と East Yellow Mountain の 2 鉱山であった。

2005 年では中国国内の Sichuan LaLa と Kalatongke の 2 鉱山が、2010 年では Deerni 鉱山が加わっている。これらはいずれも中国資本 100%保有の鉱山である。

2015 年では、中国資本が権益の 85%を有するパプアニューギニアの Ramu が加わっている。この鉱山は Paid Cobalt が 2.5 千トンと、これまで中国資本が権益を有する中国国内の鉱山の規模を大きく上回る（最大でも Jinchuan の 1.6 千トン（2015 年））。

2020 年では中国資本が権益の 85%を有するザンビアの Chambishi、80%を有する DR コンゴの Tenke Fungurume が加わっている。特に Tenke Fungurume の Paid Cobalt は 15.4 千トンと、過去に中国資本が取得した権益の中でも際立って Paid Cobalt の規模が大きい。

以上のように、当初は中国国内の鉱山を中心に開発を進めてきた中国資本は、2010 年代に入ってから海外の大型鉱山の権益取得に乗り出しており、中国資本の下で供給されるコバルトは大幅に増加していることがうかがえる。

なおコバルト鉱石は銅、ニッケルに随伴して産出されるが、中国資本が権益を取得してい

るコバルト鉱山の銅、ニッケルの生産状況は表 5-14 の通りである。

表 5-13 中国資本の権益取得状況（コバルト）
（2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年）

Property		Jinchuan	East Yellow Mountain	Sichuan La-La	Kalatongke	Deerni	Ruashi	Ramu	Tulaergen	Chambishi	Tenke Fungurume	Alex	Paid Cobalt Total (000 tonnes)	
Country/Region		China	China	China	China	China	Dem. Rep. Congo	Papua New Guinea	China	Zambia	Dem. Rep. Congo	China		
Actual Start Up Year		1963	1999	NA	1989	2006	2007	2012	NA	1974	2009	NA		
2000	Paid Cobalt (000 tonnes)	1.1	0										1.1	
	Owner	China100	China100											
2005	Paid Cobalt (000 tonnes)	1.3	0	0.1	0.1								1.5	
	Owner	China100	China100	China100	China100									
2010	Paid Cobalt (000 tonnes)	1.6	0.1	0.1	0.1	1.3								3.2
	Owner	China100	China100	China100	China100	China100								
2015	Paid Cobalt (000 tonnes)	1.6	0.2	0.1	0.1	1.3	3	2.5	0.1				8.9	
	Owner	China100	China100	China100	China100	China100	China75 Dem. Rep. Congo25	China85 etc.15	China100					
2020	Paid Cobalt (000 tonnes)	1.8	0.2	0.1	0.1	0.1	2.9	2.9	0.1	3.0	15.4	0	26.6	
	Owner	China100	China100	China100	China100	China100	China75 Dem. Rep. Congo25	China85 Canada 8.56 etc.6.44	China100	China85 etc.15	China80 Dem. Rep. Congo20	China100		

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

表 5-14 中国資本が権益を取得する主要コバルト鉱山における銅、ニッケルの生産状況

Property	Country/Region	Equity Owner(s) (Ownership %)	Paid Cobalt (000 tonnes)	Paid Copper (000 tonnes)	Paid Nickel (000 tonnes)
Alex	China	China 100%	0.0	0.3	0.3
Jinchuan	China	China 100%	1.8	51.4	73.3
East Yellow Mountain	China	China 100%	0.2	3.7	6.1
Sichuan La-La	China	China 100%	0.1	12.6	
Kalatongke	China	China 100%	0.1	1.6	3.7
Deerni	China	China 100%	0.1	1.9	
Ramu	Papua New Guinea	China 85% etc. 15%	2.9		33.7
Tulaergen	China	China 100%	0.1		1.6
Chambishi	Zambia	China 100%	3.0	39.0	
Ruashi	Dem. Rep. Congo	China 75% Dem. Rep. Congo 25%	2.9	33.9	
Tenke Fungurume	Dem. Rep. Congo	China 100%	15.4	182.6	

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

5-4 鉱山の CO2 排出量・水使用量の分析

(1) GHG 排出量と水使用量の関係

コバルト生産量 1 トンあたりの GHG 排出量、水使用量の関係を、銅を主産物とする鉱山とニッケルを主産物とする鉱山別に散布図で示したのが図 5-9 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種類の別に示した（注 1）。

中国資本が権益を有するコバルト鉱山でデータが確認できるのは、Deerni（中国）、Ruashi（DR コンゴ）、Ramu（パプアニューギニア）の 3 鉱山のみであり、うち Deerni（中国）は GHG 排出量、水使用量ともに際立って大きい。Ruashi（DR コンゴ）は GHG 排出量が、Ramu（パプアニューギニア）は GHG 排出量、水使用量ともに小さい部類の鉱山である。

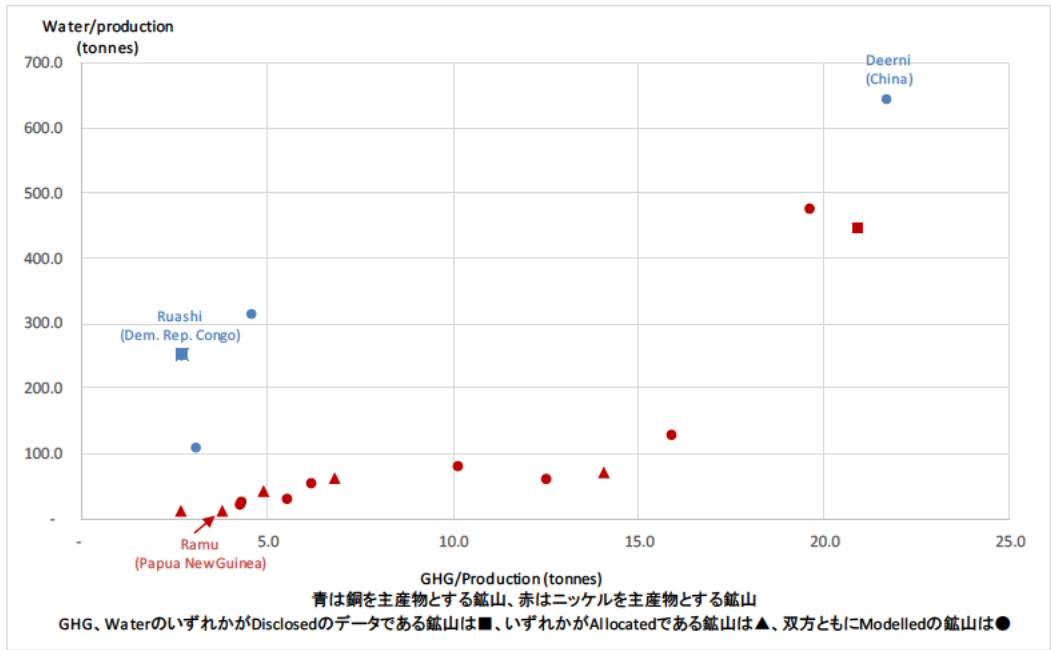


図 5-9 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）（コバルト）
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 1）鉱山のデータの種類

Disclosed	鉱山から開示されたデータ
Allocated	企業から開示されたデータに基づき、鉱山ごとに GHG 排出量、水消費量の数値を割り当てたもの
Modelled	生産データと、ライフサイクル分析データベースおよび公的に入手可能な学術研究から得た炭素/水の原単位に基づいて S&P が推定したもの

生産量と GHG 排出量、水使用量の関係を、中国資本が権益を有する鉱山とその他資本が権益を有する鉱山別に散布図で示したのが図 5-10 と図 5-11 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種類別に示した。

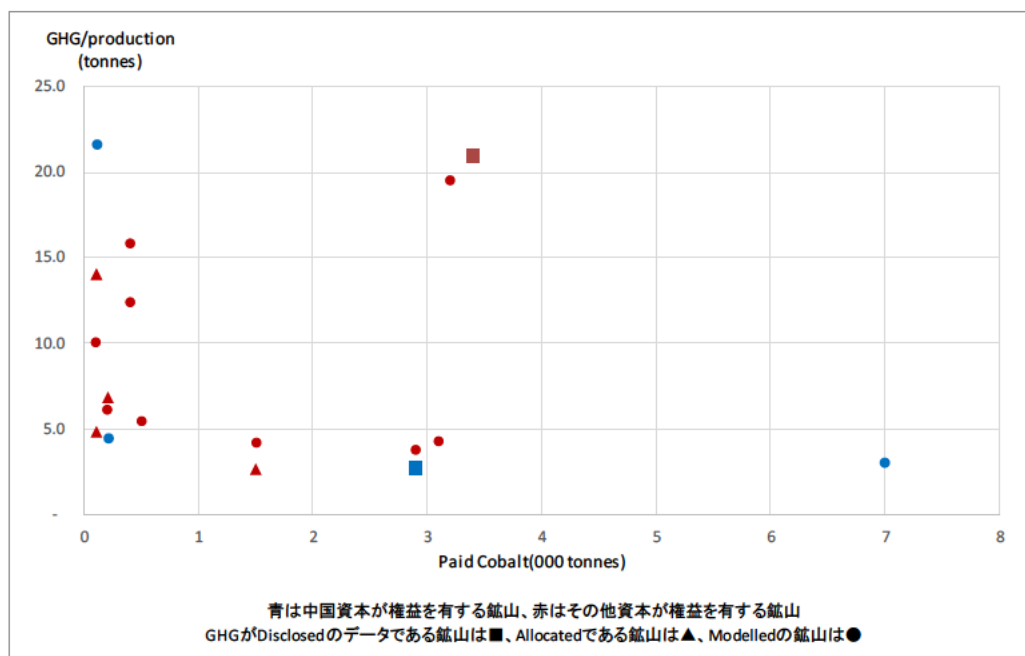


図 5-10 生産量と GHG 排出量の関係 (2020 年) (コバルト)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

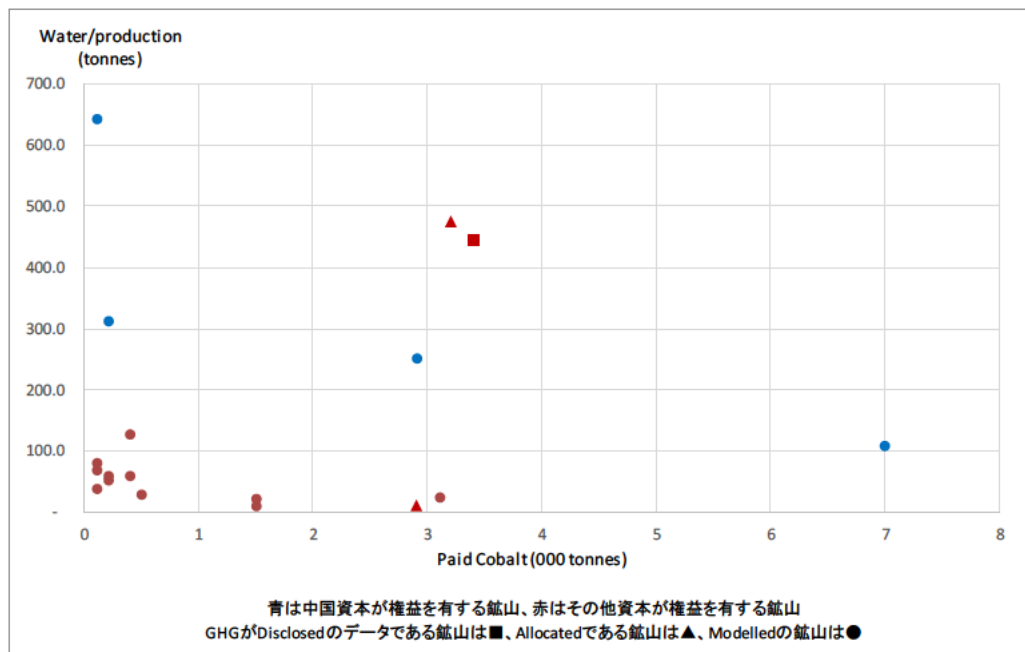
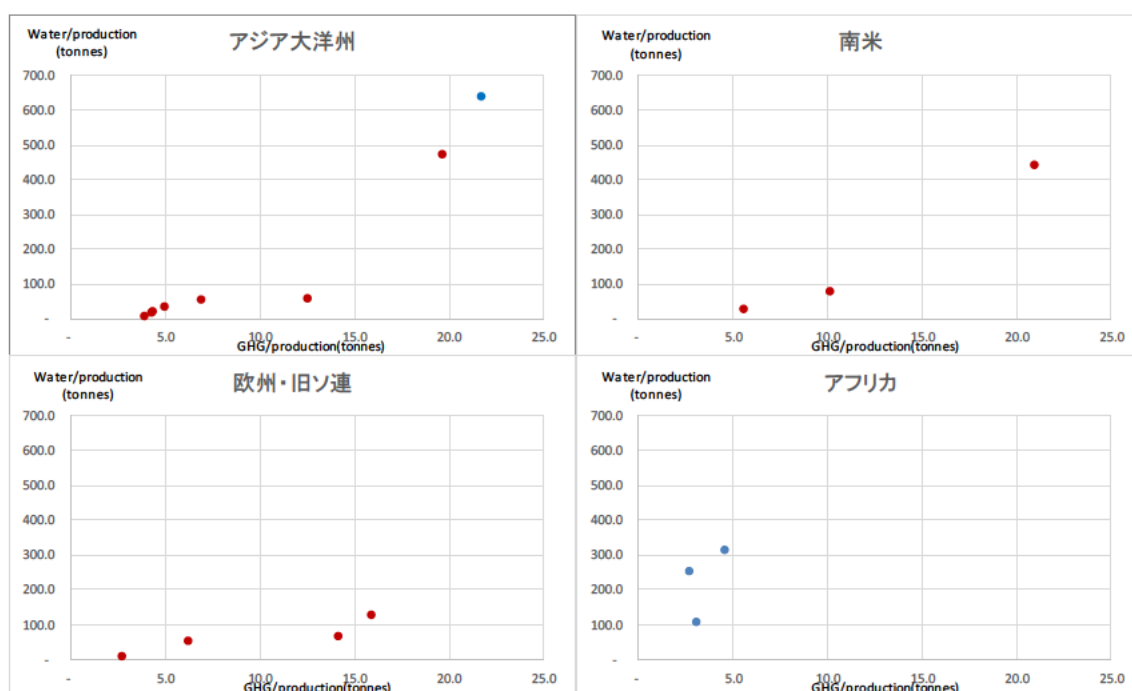


図 5-11 生産量と水使用量の関係 (2020 年) (コバルト)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(2) 地域別の比較

前の図を、中国資本が権益を有する鉱山とその他資本が権益を有する鉱山別に、さらに地域別にみたものが図 5-12 である。S&P データベースからデータが得られる鉱山については、アジア大洋州と南米は GHG 排出量、水使用量のばらつきが大きいのに対し、欧州・旧ソ連、アフリカは比較的 GHG 排出量、水使用量が小さいことがうかがえる。



(注) 青は中国資本が権益を有する鉱山、赤はその他の資本が権益を有する鉱山を示す

図 5-12 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (2020 年)

(コバルト、地域別)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) 鉱石種別の比較

S&P データベースより生産コストカーブのデータが得られる主要コバルト鉱山について、2020 年における鉱石の種類別、鉱山の形態別に中国資本の権益の取得状況を見たものが次頁の表である。

表 5-15 中国資本の権益取得状況（2020 年）（鉱石の種類、鉱山の形態別）（コバルト）

Geologic Ore Body Type	鉱山数	鉱山の類型			
		露天掘り		坑内掘り	
			中国資本が 権益を有する 鉱山		中国資本が 権益を有する 鉱山
Astrobleme	2			2	
Black Shale	1	1			
Flood Basalt	2			2	1
Iron Oxide Copper Gold (IOCG)	1	1	1		
Komatiitic Magmatic	4	1		3	
Laterite	10	10	1		
Layered Mafic-Ultramafic Intrusion	6	2		4	
Sediment Hosted (Reduced Facies)	2	1	1	1	1
Volcanogenic Massive Sulfide (VMS)	1	1	1		
計	29	17	4	12	2

（注）鉱石の種類、鉱山の形態の情報が得られる鉱山の情報のみを記載

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

表 5-15 に見た鉱石種別に、鉱山の GHG 排出量と水使用量の関係を見たものが図 5-13 である。データが入手できる鉱山の数に限られているため断定的なことは述べられないが、この図で見る限り、VMS の鉱山は GHG 排出量、水使用量がともに多く、ラテライトは鉱山によってばらつきが大きいことがうかがえる。

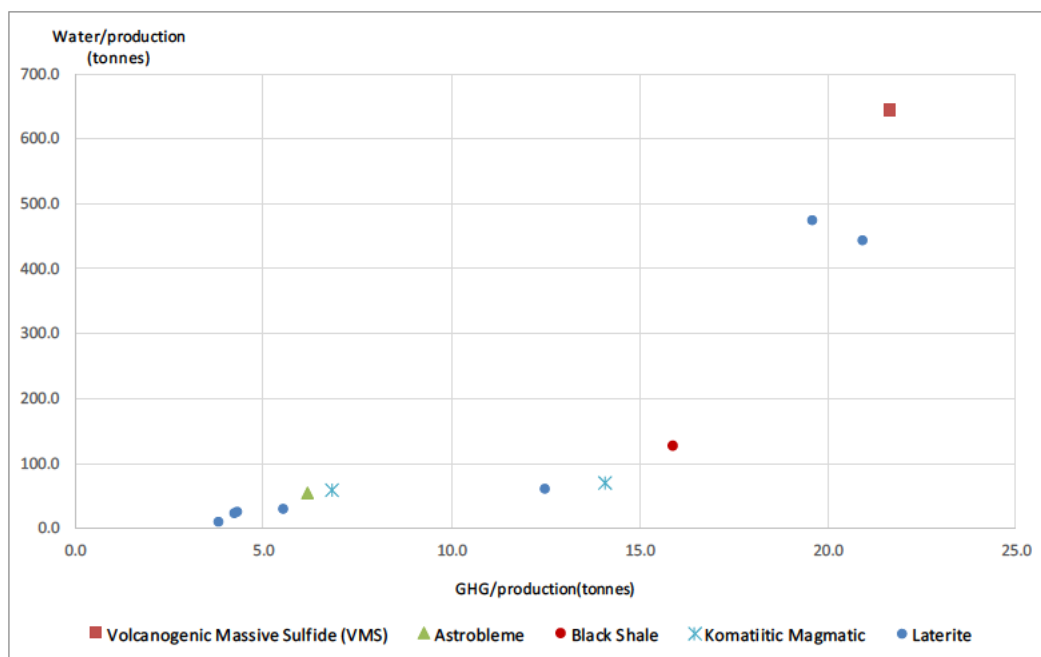


図 5-13 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）

（コバルト、主要鉱石種別）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(4) 品位と GHG 排出量、水使用量の関係

鉱山で産出される鉱石の品位(Head Grade)と GHG 排出量との関係を見たのが図 5-14、水使用量との関係を見たのが図 5-15 である。うち中国資本が権益を有する鉱山について見ると、Ruashi (DR コンゴ) は GHG 排出量が低く、かつ品位が高い鉱山であること、Ramu (パプアニューギニア) は GHG 排出量、水使用量ともに小さく、品位はやや高い鉱山であることがうかがえる。

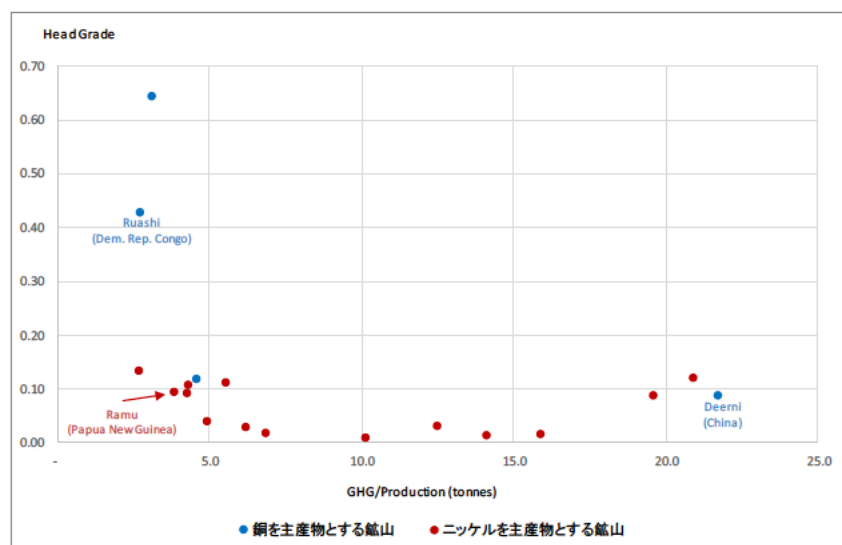


図 5-14 鉱石の品位と GHG 排出量の関係 (コバルト)

※中国資本が権益を有する鉱山には鉱山名を付した
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

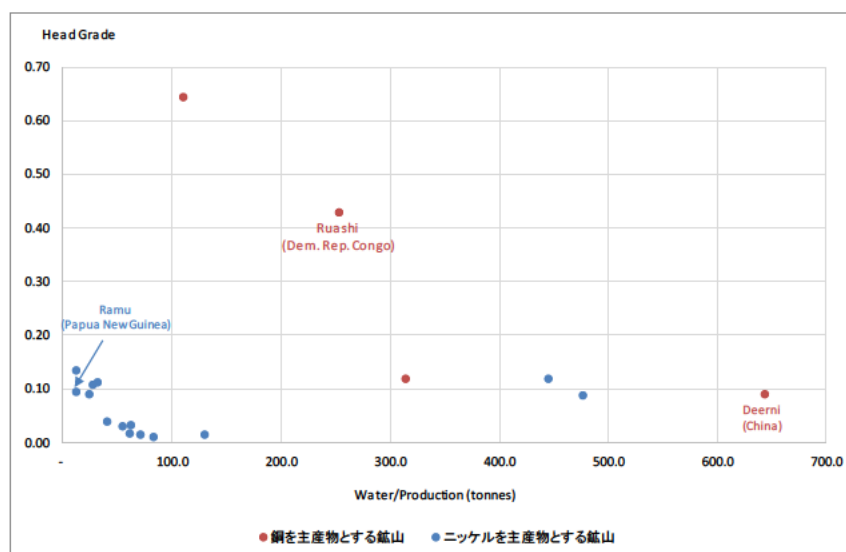


図 5-15 鉱石の品位と水使用量の関係 (コバルト)

※中国資本が権益を有する鉱山には鉱山名を付した
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

5-5 鉱山保有国の資源保護政策と日本の政策

(1) 鉱山保有国の資源保護政策

コバルトはニッケルもしくは銅の副産物として産出されることから、ニッケルと銅の産出国の資源保護主義政策と同一である。

コバルトの最大の産出国は DR コンゴであるがコバルト鉱石の輸出量 22.7 千トンの 88% の 20.1 千トン、地金輸出量 306.9 千トンの 96% の 293.6 千トンが中国に輸出されている。輸入側の中国にとってもこの輸入量は鉱石輸入の 99%、地金輸入の 92% を占めており、まさに他国の介入できないホットラインになっている。現在の DR コンゴは、長く続いた大統領選を巡る内戦がやっと収束し、Tshisekedi 政権が独自色を出そうとしている状況である。特に、前 Kabilla 政権時に結ばれた鉱山開発計画に関しては、全ての契約内容を調査し、再交渉をしていく計画とされている。また、コバルト多産州の鉱物の販売を国営企業により中央集権化していくことになる。これによって、最大の需要国である中国が、どのような影響を受けるのかは不明であるものの、元々、採算管理が重要な鉱山経営にあって、契約の条件が悪い方向に変化することは良いニュースではない。

また、これまでは、小規模鉱山については、中国企業に販売するというルートが確立していたが、これに良い条件を州に対して出し得る企業が出現すれば、今後における勢力図の一部が変わりかねない³¹。

インドネシアは Ni 同様、新鉱山法の適用は受けるものの、日本も地金で輸入しているため、ここでは新鉱山法の影響が及ぶことはないと思われる。一方で中国企業の動向として Ni 鉱石を現地で製錬しフェロ Ni を製造している青山鋼鉄に続いて華友コバルトも進出を発表している。同社は青山鋼鉄が製錬する際の副産物であるスラグからコバルトを回収する技術を開発したとしており注目される。

我が国の輸入は、フィンランドからが、最大である。後述するが、日本としてもフィンランドのコバルト関連事業に投資する等、2 国間で話し合い、現在の関係を確固たるものにしていきたいものである³²。

(2) 主要鉱種のまとめ（コバルト）

コバルトに関しては、埋蔵量・鉱石生産量・地金生産量、DR コンゴに世界有数の保有国になっているが殆どすべてを中国が独占した状況になっている。韓国では製鉄会社のポスコがコバルト事業で中国の華友コバルトと世界中で連携して事業展開しており、

³¹ JOGMEC 「国・地域別情報：DR コンゴ」 <https://mric.jogmec.go.jp/country/?c=cd>

³² JOGMEC 「世界の鉱業の趨勢 2021：フィンランド」 https://mric.jogmec.go.jp/wp-content/uploads/2022/01/trend2021_fi.pdf

調達でも中国と DR コンゴからの地金の輸入量が全体の 55%に達しているように、現在の物流を今回調査を通して見てくると、多くのコバルトが中国に集まるようなサプライチェーンになっているかのようにみえる。

この様な状況の下で、日本はフィンランドから必要量の 6 割を調達しており、中国・DR コンゴのホットラインの影響を受けずに済んでいる。フィンランドは、2011 年 7 月に新鉱業法案が施行しており、国を挙げてレアアースの探鉱から始まって、鉱業関連のデータ収集や研究開発が行われており、鉱業を含む開発案件への国による投資支援も実施されており、フィンランドとの鉱物資源に関する関係の深化は、将来に向けても是非必要な施策である。

ニッケル協会へのヒアリングによると、酸化ニッケルの殆どの鉱山はコバルトを副生している。鉱山の浅部に多く埋蔵する Limonite 層のニッケルは低含有率で 1%程度だが湿式処理の HPAL 法に向いている。一方で深部にある Saprolite 層は比較的高い 1.8~3%程度の含有率で乾式製錬でフェロニッケルやニッケル銑 (NPI) が生産されている。乾式製錬では鉄分を取り除く際にコバルトも同時にスラグに逃げてしまうのでコバルトは回収していない。一方の HPAL 法は酸化ニッケルを湿式で扱うのでコバルトも回収できるということである。

既にフィリピンからはニッケルの副生物としてのコバルトが輸入されている様に、更にコバルト確保に向けて期待出来るような国として同じ酸化鉱物を産出しているインドネシアとニューカレドニアがある。インドネシアには既に日系企業が進出を計画しており、バッテリーマテリアルの需要拡大にあわせてフィリピンに続く企業活動が期待されるなど、中国の銅鉱山由来のコバルトとは競合しない戦略をとっている我が国非鉄産業に対しては官民一体となった取り組みが求められるところである。

コバルトは現時点でも電池用途が最大の需要であり、コバルト必要量を削減したりゼロにする電極開発の研究が進められてはいるものの EV 化の進展に伴って需要が急拡大する可能性もある。コバルトのような副生物として生産される鉱物は主生産鉱物の生産量に制約を受けるので、需要が急拡大したときにフィンランドの供給余力が心配されるため、コバルト含有率の高い銅鉱由来も含めた調達先の拡大を検討する必要性が生ずる可能性もある。

さらに注意が必要なのは、日本のみが上述のような資源国を狙っているのではなく、インドネシアにおける中国、韓国のリチウムイオンバッテリー電池工場の建設、ニューカレドニアにおける韓国のニッケル製錬所の稼働 (POSCO)、フィンランドにおける中国、ドイツのリチウムイオンバッテリー電池工場建設等々、バッテリーメタルの中で最も確保が困難と思われるコバルト周辺については、各国共、あの手この手でアプローチをしており、我が国も、うかうかできない状況にあることを認識しておかななくてはならない。

そのため、今後はコバルトレス電池の開発に加え、リサイクルを進めるべきである。

6 リチウム

6-1 サプライチェーン概況

(1) リチウム埋蔵量、鉱石（かん水・鉱石）生産量

リチウム鉱石（かん水・鉱石）は、世界の埋蔵量 21 百万トンに対し、南米（チリ、アルゼンチン） 53%と豪州 22%に集中しており、上位 3 カ国の合計は世界の 75%を占めている。なお、リチウム鉱石は大きく『塩湖かん水』『鉱石ペグマタイト』の鉱床タイプに大別されるが、チリ、アルゼンチン等の南米諸国を主要産地とする『かん水』が埋蔵量の約 66%、豪州・米国・DR コンゴ・カナダ等に鉱床が見られる『ペグマタイト』が約 26%となっている。

2020年の世界のリチウム鉱石生産量 86 千トンに対し、豪州が 53%と過半を占めており、次いでアルゼンチンが 25%、中国が 10%となっている。2017 年以降の豪州におけるリシア鉱石（輝石）の生産量増加は著しいが、これは、Greenbushes、Wodgina、Mt Marion、Mt Cattlin 等の鉱山の能力拡大によるものである。

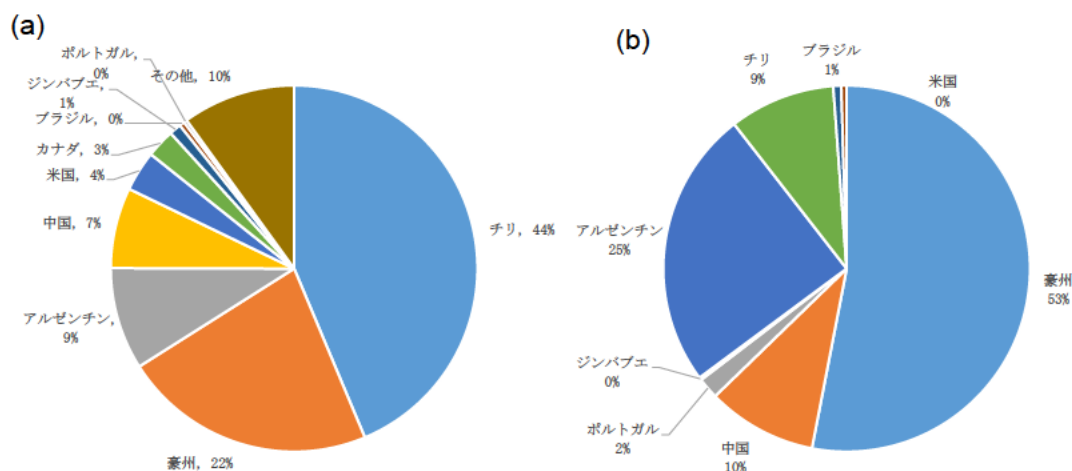


図 6-1 (a) リチウムの埋蔵量、(b) 鉱石生産量 (2020 年) の国別構成

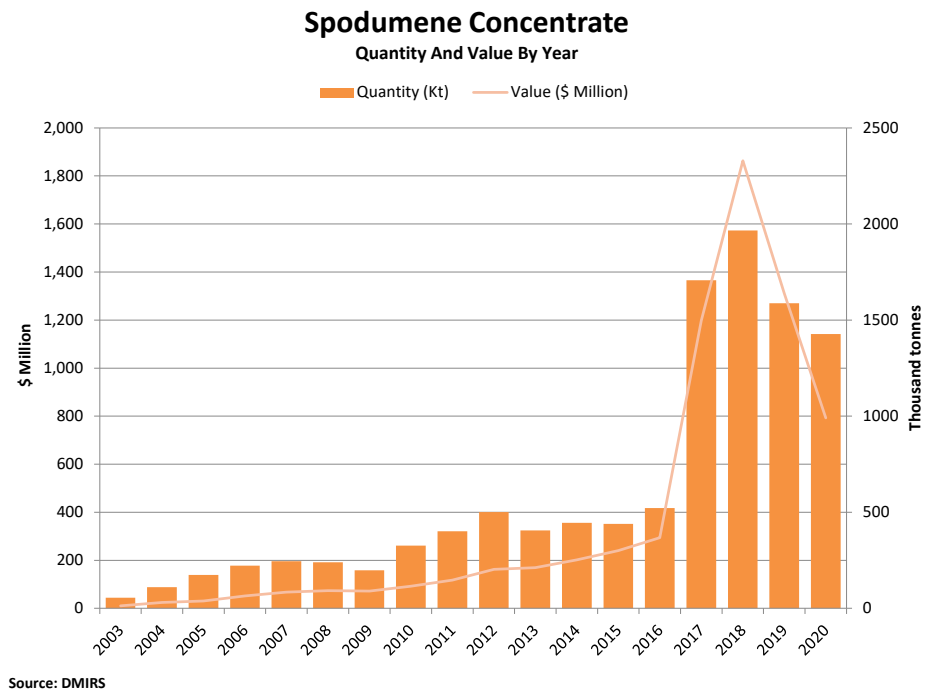


図 6-2 豪州のリシア鉱石（輝石）の生産量

出所：豪州西豪州州 Department of Mines, Industry Regulation and Safety

(2) リシア鉱石（輝石）輸出量、炭酸リチウム・水酸化リチウム輸入量

豪州のリシア鉱石（輝石）は、2017 年から中国に対する輸出量が急増している³³。2018 年には、総輸出額 1,171 百万米ドルの内、約 1,093 百万米ドルが中国に輸出された。これは全輸出額のおよそ 93.4%となっている。

表 6-1 豪州の Li 鉱石輸出と中国向けの割合

単位：100万米ドル

	総輸出額	中国への 輸出額	中国への 輸出割合
2014	248.9	134.2	53.9%
2015	258.9	139.9	54.0%
2016	293.2	188.4	64.3%
2017	987	878.4	89.0%
2018	1170.8	1093.2	93.4%

出所：United States International Trade Commission

³³ リチウム鉱石は HS コードが登録されておらず、UN Comtrade で輸出入量を把握することが出来ない。このため、リチウム鉱石の貿易量を把握することは困難だが、豪州の輸出量については United States International Trade Commission よりデータを採取した。

2020 年の世界の炭酸リチウム貿易量 26.5 千トンの内、中国が 36%にあたる 9.4 千トン、韓国が 22%にあたる 5.9 千トン、日本が 13%にあたる 3.3 千トンを入力している。

2020 年の世界の水酸化リチウム貿易量 14.4 千トンの内、韓国が 41%にあたる 6.0 千トン、日本が 37%にあたる 5.4 千トンを入力している。中国は豪州から大量のリシア鉱石（輝石）を入力して加工することで、世界の水酸化リチウム貿易量の 65%にあたる 9.4 千トンを輸出している。

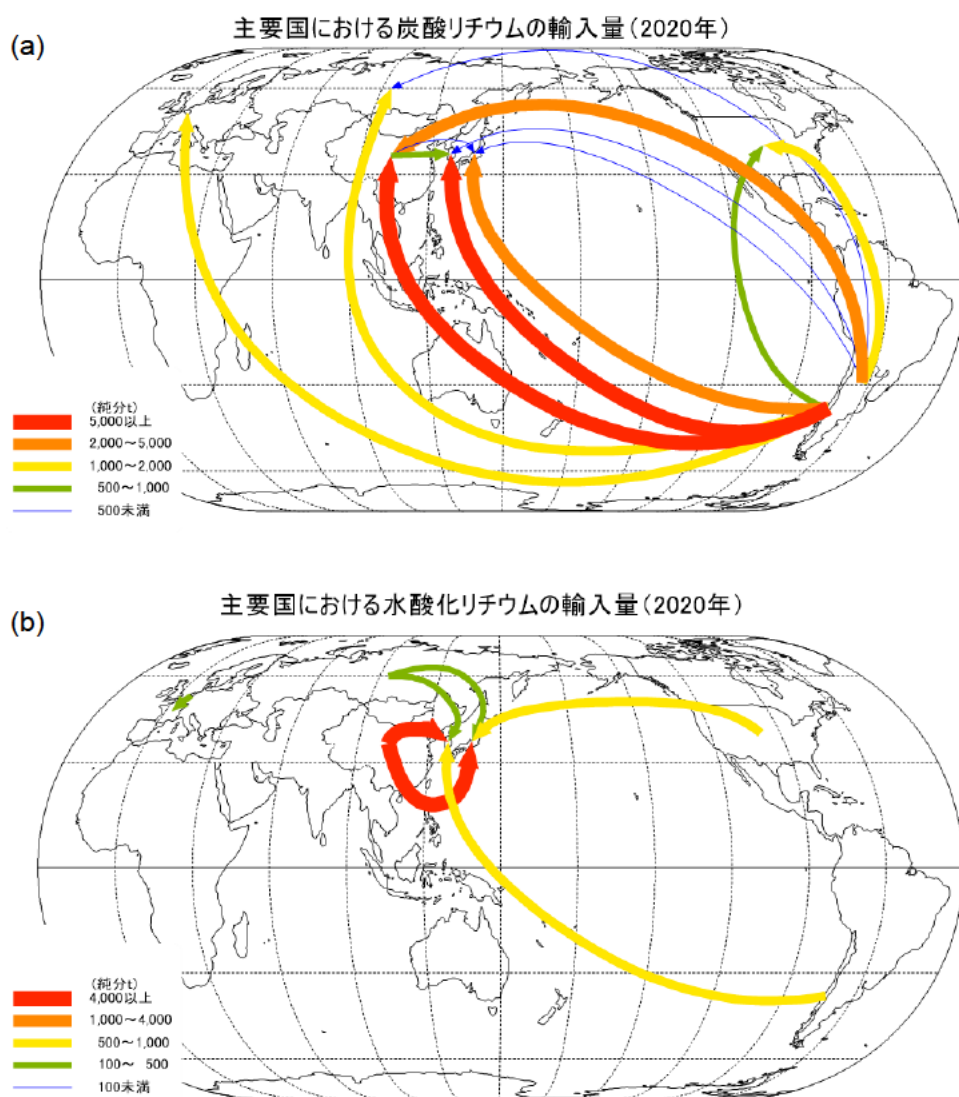


図 6-3 (a) 炭酸リチウム、(b) 水酸化リチウムの輸入量 (2020 年)

出所：UN Comtrade より NSRI 作成

表 6-2 (a) 炭酸リチウム、(b) 水酸化リチウムの輸入量

(a)

単位:トン (純分)

		輸出国								
		合計	チリ	アルゼンチン	中国	ベルギー	ドイツ	オランダ	フランス	その他
輸入国	中国	9,419	6,978	2,414	0		2			26
	韓国	5,870	5,096	101	669					4
	日本	3,329	2,513	366	436		5			9
	アメリカ合衆国	2,193	754	1,399	33			2		5
	ロシア	1,404	1,097	275	24	3			2	4
	ベルギー	1,285	1,155	1	4		43	65	18	0
	オランダ	937	868		6	14	1		16	32
	ドイツ	380	223	20	1	105		4	14	13
	イギリス	293		15	1	136	106	21	13	0
	カナダ	248	139	2	41	0	14	2		51
	フランス	239		118	3	72	32	13		1
	その他	876	191	90	69	108	105	51	55	208
	合計	26,474	19,012	4,801	1,285	439	307	157	118	354

UN Comtrade より日鉄総研作成

(b)

単位:トン (純分)

		輸出国									
		合計	中国	チリ	ロシア	アメリカ合衆国	オランダ	欧州その他	ベルギー	ドイツ	その他
輸入国	韓国	5,971	4,718	921	285	42	3	0	0	0	1
	日本	5,366	4,313	58	130	861	0	0	0	1	2
	フランス	544	21	0	3	0	451	0	41	18	9
	スペイン	350	1	0	6	0	20	293	4	23	3
	インド	306	52	89	78	0	0	0	36	4	47
	アメリカ合衆国	263	5	117	121	0	0	0	0	17	4
	ベルギー	245	0	7	192	0	36	0	0	1	9
	カナダ	226	51	15	123	37	0	0	0	0	0
	オランダ	178	29	0	101	0	0	0	1	8	38
	アラブ首長国連邦	103	7	9	68	12	0	0	0	0	8
	ロシア	100	7	93	0	0	0	0	0	0	0
	その他	762	192	110	112	84	67	0	89	24	84
	合計	14,414	9,395	1,418	1,219	1,038	577	293	172	94	208

出所 : UN Comtrade より NSRI 作成

6-2 主要な資源調達国が海外に保有する権益

炭酸リチウムについては、中国が世界全体の貿易量の 36%を輸入しており、また、水酸化リチウムについては、中国が世界全体の貿易量の 65%を輸出している。

表 6-3 中国のリチウム取扱量 (2020 年)

単位：千トン（純分）

	中国	世界合計	中国比率
鉱石埋蔵量	1,500	21,055	7%
鉱石生産量	8	86	10%
炭酸Li輸入量	9	26	36%
水酸化Li輸出量	9	14	65%

出所：S&P、UN Comtrade より日鉄総研作成

(1) 鉱山における主要国の権益

銅鉱石同様、

「鉱山プロジェクトに対する自己出資の割合＝自己権益量とみなす」(A 案)を基本とし、
「少しでも（某国企業が）関係すると思われるプロジェクトの生産量を 100%権益確保している」と見做す」(B 案)
についても勘案し、幅を持たせて試算を行う。

①埋蔵量における主要国の権益

世界のリチウム鉱山が保有する埋蔵量に対し、それぞれの鉱山に対する中国企業の出資比率を乗じて合計したところ、中国の権益分は 3,244～4,605 千トンとなった。さらに、S&P の鉱山別リチウム埋蔵量に関するデータカバー率が約 76%であることを勘案すれば、世界のリチウム埋蔵量 16 百万トンに対して中国が保有する権益は 4.3 百万トン（20%）～6.1 百万トン（29%）と約 2～3 割にあたると算出された。

表 6-4 リチウム埋蔵量における中国の権益

単位：千トン

国名	世界の埋蔵量	中国権益分（A案）	中国権益分（B案）
チリ	9,200	0	0
中国	1,500	2,576	2,576
豪州	4,700	353	1,352
アルゼンチン	1,900	315	676
米国	750	0	0
ナミビア	0	0	0
ジンバブエ	220	0	0
ポルトガル	60	0	0
ブラジル	95	0	0
その他	2,630	0	0
世界 合計	21,055	3,244	4,605

出所：世界の埋蔵量は USGS ” Mineral Commodity Summaries 2021”、
中国権益分は S&P より日鉄総研作成
(出所の違いにより、中国の埋蔵量と権益分の数量に齟齬がある)

② 鉱石生産量における主要国の権益

世界の鉱山のリチウム鉱石（かん水・鉱石）の生産量 86 千トンに対し、それぞれの鉱山に対する中国企業の出資比率を乗じて合計したところ、中国の権益分は 20 千トン（23%）～39 千トン（45%）と、約 3～4 割にあたると算出された。

表 6-5 リチウム鉱石生産量における中国の権益

単位：千トン（純分）

国名	世界の生産量	生産量中国権益分（A案）	生産量中国権益分（B案）
豪州	45.4	10.0	27.9
チリ	21.1	0.0	0.0
中国	8.3	8.3	8.3
アルゼンチン	8.0	1.2	2.6
ジンバブエ	1.6	0.0	0.0
ブラジル	0.6	0.0	0.0
米国	0.4	0.0	0.0
ポルトガル	0.2	0.0	0.0
ナミビア	0.0	0.0	0.0
世界 合計	85.6	19.5	38.8

出所：S&P より日鉄総研作成

(2) 主要な資源調達国企業の出資先（鉱山、製錬・精製企業）

① 主要国企業が出資している主要なリチウム鉱山

中国企業が出資している主要なリチウム鉱山は下表の通りとなっている。

表 6-6 中国企業が出資している主要なリチウム鉱山

単位：千トン（純分）

国名	鉱山名	埋蔵量	生産量	主な出資企業	中国比率
Australia	Greenbushes	1,352	16.6	Albemarle Corporation (Venturer) 49% Tianqi Lithium Corporation (Venturer) 26.01%	26%
Australia	Mount Marion	0	11.3	Ganfeng Lithium Co., Ltd. (Venturer) 50% Mineral Resources Limited (Venturer)	50%
Argentina	Cauchari-Olaroz	676	2.6	Ganfeng Lithium Co., Ltd. (Venturer) 46.66% Lithium Americas Corp. (Venturer) 44.84% Jujuy Energia y Minería Sociedad del	47%
China	Chaerhan Lake	2,576	2.5	Qinghai Salt Lake Industry Co., Ltd. 100%	100%
China	Yichun	0	1.8	Yichun Tantalum Co Ltd (Owner) 100%	100%
China	East Taijinair	0	1.8	Western Mining Group Co., Ltd. 100%	100%
China	Jiajika	0	0.7	Youngy Investment Holding Group Co., Ltd. 23.59%	100%
China	West Taijinair	0	0.6	NA	100%
China	West Taijinai Lake	0	0.4	NA	100.00%
China	Jintaier Lake	0	0.3	Qinghai Hengxin Rongliye Technology Co., Ltd. 100%	100.0%
China	Qarhan Lake	0	0.2	Zangge Holding Company Limited 100%	100%

出所：S&P より日鉄総研作成

6-3 生産コストカーブの分析

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 6-5 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

(注 1) 生産量

6-3、6-4 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Lithium の重量を生産量として採用した。Paid Lithium とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来るリチウムの量（年間、処理後、LCE：炭酸リチウム換算）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid Lithium の重量は、全世界のリチウム生産量の 100.00% に相当する（2021 年）。

(注 2) 生産コスト

6-3、6-4 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Total Cash Cost を生産コストとして採用した。鉱山会社の労働、エネルギー、試薬、その他経費、溶錬費(TC)・精錬費(RC)、ロイヤリティの合計であり、資本や減価償却などの費用は含まない。

(注 3) 鉱山の権益の国籍別資本比率

6-3、6-4 では鉱山の権益の国籍別資本比率は、当該鉱山の権益を有する企業の国籍をもとに計算した。例えば、A 鉱山の権益を、英国に本社を置く企業が 50%、中国に本社を置く企業が 50%保有している場合、A 鉱山の権益は英国資本が 50%、中国資本が 50%保有しているものとみなした。また、香港に本社を置く企業は中国企業とみなした。

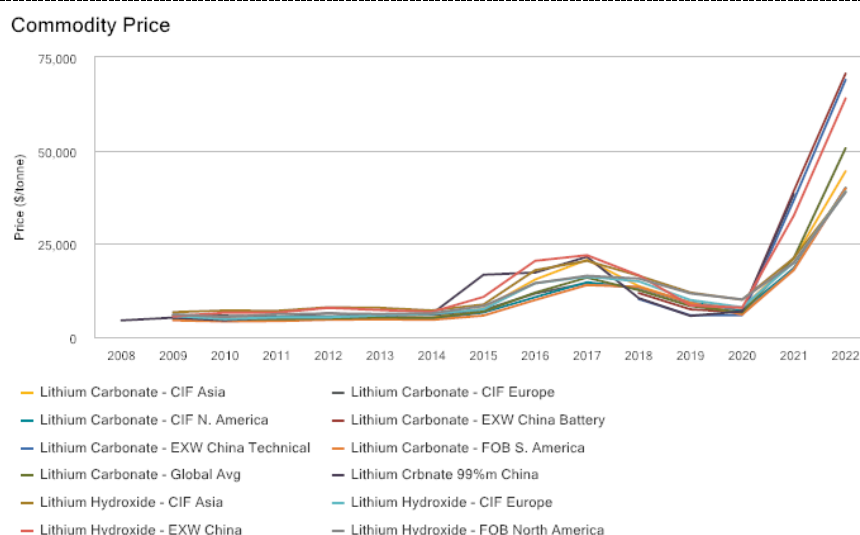


図 6-4 (参考) リチウムの価格の推移 (2008～2022)

出所：S&P データベース

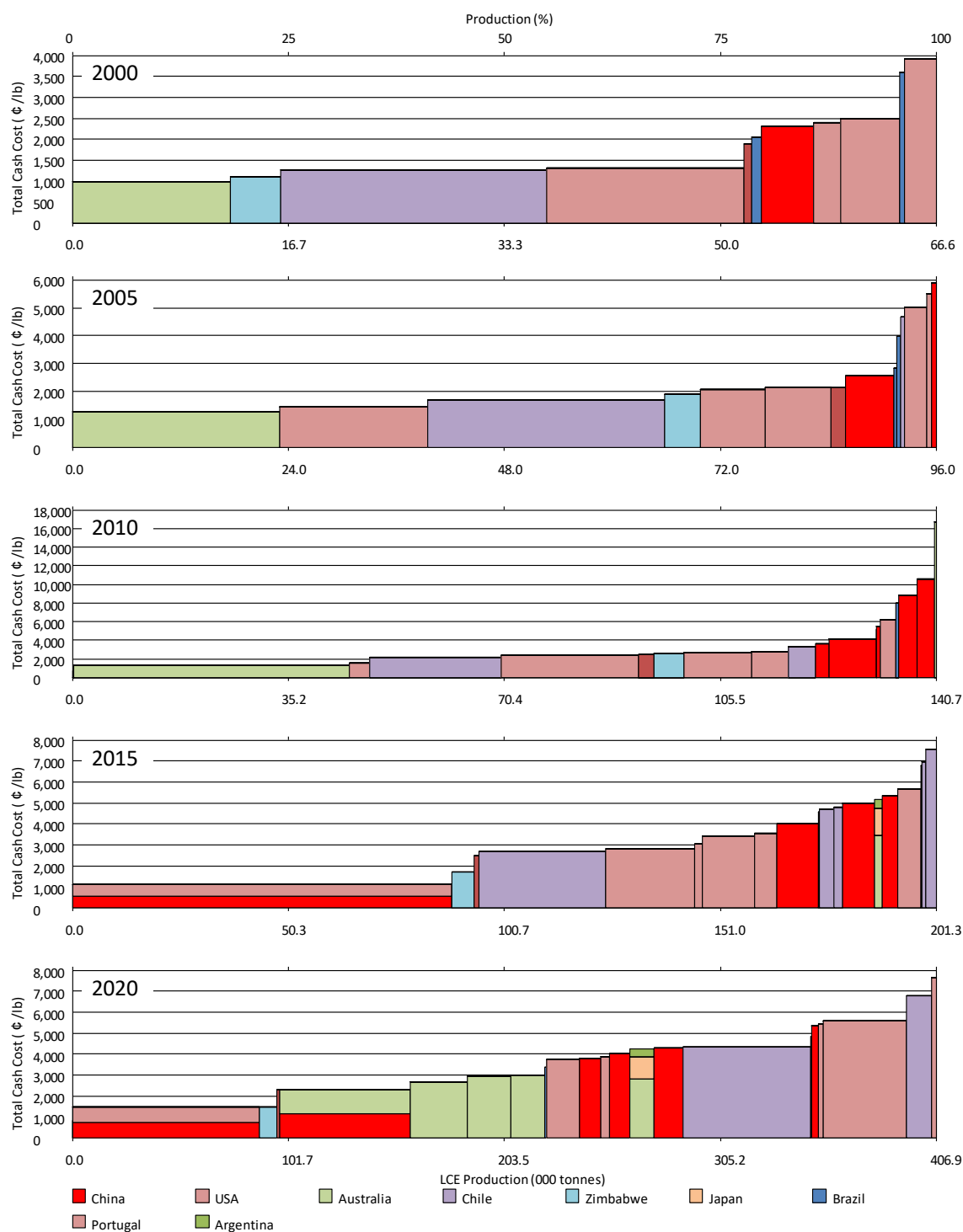


図 6-5 主要鋳山の生産コストカーブ (リチウム)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータと一部追加のデータ（注4）をもとに、主要鋳山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に試算したものが次頁の表と図である。中国資本の権益の下で生産されるリチウムは増加傾向にあり、LCE（炭酸リチウム換算量）で2000年には4千トンであったのが2020年には118千トンと30倍近くにまで増加し、また全世界の生産量に占めるシェアも2000年には6.0%であったのが2020年には26.2%にまで達する結果となった。

ただし、2020年時点で世界第2位の生産量を誇る、Salar de Atacama 鋳山はチリに本社を置く Sociedad Química y Minera de Chile S.A.(SQM)が100%保有しているが、同社の株式の24%を中国の天齊リチウム（Tianqi Lithium）が2018年12月に取得しており（JETRO ビジネス短信 2018年12月10日など）、同社の経営への中国資本の影響力が強まっている。前述のように本調査では、鋳山に出資している企業の所在地が中国または香港の場合、当該企業を中国企業と判断し、鋳山への出資比率を按分して中国資本の権益保有率を算出しているが、チリ企業のSQM社が保有するSalar de Atacama 鋳山は中国資本が24%の権益を有する鋳山として解釈すると、2020年に中国資本の下で生産されるリチウムはLCEで132千トン、世界の生産量に占めるシェアは29.4%となる。

（注4）一部追加のデータ

生産コストカーブではカバーされていない、生産量が上位にランクインする以下の主要鋳山について別途S&Pデータベースより生産量(commodity production)の数値を収集し、これを生産コストカーブから得られる生産量のデータに追加して作表・作図を行った。

生産コストカーブに記載がなかった主要鋳山

生産量の世界順位 (2020年)	鋳山名称	所在国
5	Bald Hill	Australia
10	Cauchari-Olaroz	Argentina

表 6-7 主要鋁山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（リチウム）

LCE Production (000 tonnes)						
	2000	2005	2010	2015	2020(1)	2020(2)
China	4.0	5.9	16.4	65.9	117.9	132.3
USA	24.4	34.2	45.1	88.6	106.8	106.8
Australia	12.2	23.0	45.3	1.1	137.5	137.5
Chile	20.5	26.8	25.8	38.5	71.9	57.5
Zimbabwe	3.9	3.9	4.9	5.2	8.3	8.3
Canada				9.2	6.3	6.3
Japan				0.4	3.0	3.0
Brazil	1.2	0.7	0.7	0.5	1.4	1.4
Portugal	0.6	1.6	2.5	1.1	1.2	1.2
Argentina				1.0	2.2	2.2
Total	66.8	96.1	140.7	202.4	450.1	450.1
China Ratio	6.0	6.1	11.7	32.6	26.2	29.4

注：(1)SQM社をチリ企業と解釈した場合、(2)SQM社を24%中国企業と解釈した場合

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

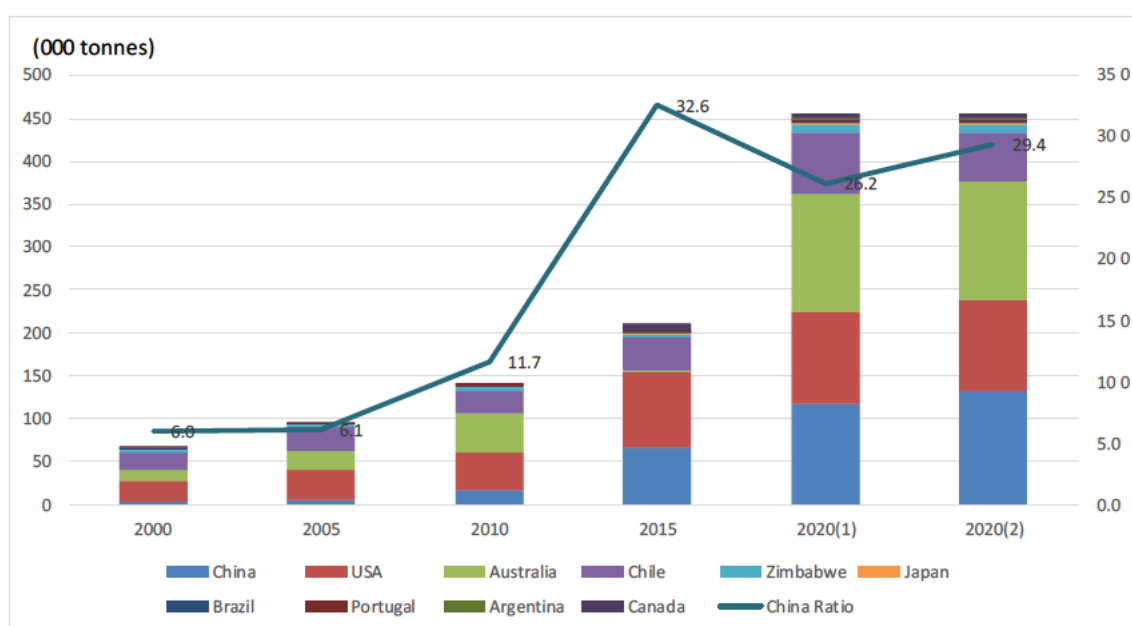


図 6-6 主要鋁山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（リチウム）

注：2020（1）SQM社をチリ企業と解釈した場合、2020（2）SQM社を24%中国企業と解釈した場合

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

生産コストカーブから得られる各鋁山の生産コストの平均値の推移を、かん水と鋁石に鋁山のタイプを分けて試算したものが表 6-8、表 6-9 と図 6-7、図 6-8 である。総じてかん水は、鋁石に比して生産コストが高いことがうかがえる。なお、以後は前出の SQM 社は 100%チリ企業として解釈して試算している。

かん水の鋁山におけるリチウムの生産コストの世界平均は上昇傾向がみられた。これに対し、中国資本が権益を有する鋁山の生産コストは、2005 年、2010 年は世界平均を

大きく上回るものであったが、2015 年は世界平均に近づき、2020 年は世界平均を下回る結果となった。なお、中国資本が権益を有するかん水のリチウム鉱山はすべて中国国内の鉱山である。

表 6-8 生産コストの平均値の変遷（リチウム、かん水）

Total Cash Cost (\$/LCE)					
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	2,275.4	3,551.4	3,936.3	4,432.2	4,996.5
②中国資本が権益を有する鉱山		5,872.4	8,831.6	5,183.2	4,171.0

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

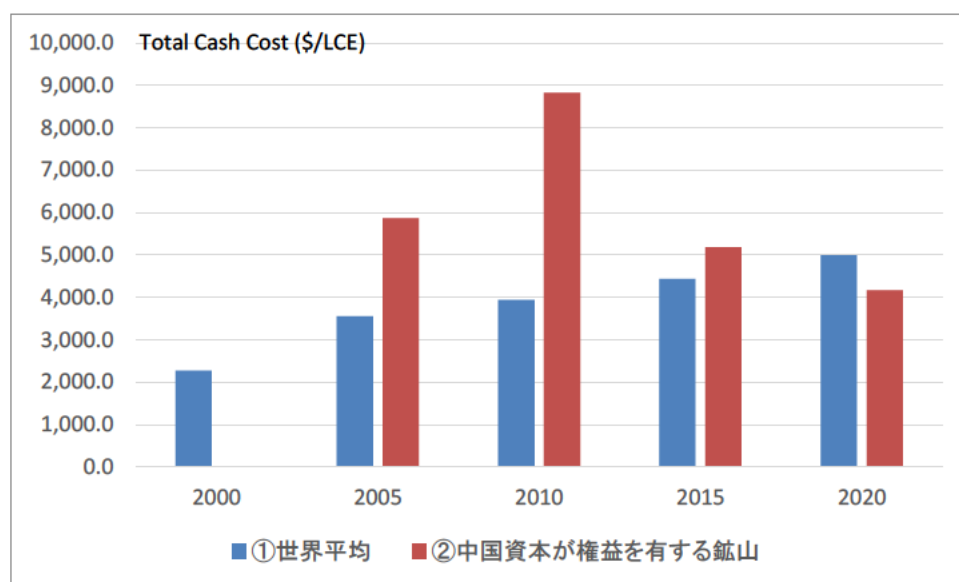


図 6-7 生産コストの平均値の変遷（リチウム、かん水）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

鉱石の鉱山におけるリチウムの生産コストも、かん水の鉱山と同様の推移を見せる結果となった。鉱石のリチウム鉱山については、中国資本は 2015 年以降は中国国内に加えて中国国外にも権益を有している（注 5）。両者の生産コストを比較すると、中国国内の鉱山は世界平均に比して高いのに対し、中国国外の鉱山は世界平均を大きく下回る結果となった。

（注 5）中国資本が権益を有する鉱山

6-3、6-4 では中国企業が出資している鉱山は出資比率の大小にかかわらず、「中国資本が権益を有する鉱山」とした。

表 6-9 生産コストの平均値の変遷（リチウム、鉱石）

	Total Cash Cost (\$/LCE)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	1,992.9	2,452.1	5,744.0	3,676.6	2,857.8
②中国資本が権益を有する鉱山	2,301.0	2,548.7	4,157.9	2,569.5	3,217.7
②のうち中国国内の鉱山	2,301.0	2,548.7	4,157.9	4,020.2	4,550.8
②のうち中国国外の鉱山				1,118.8	1,884.7

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

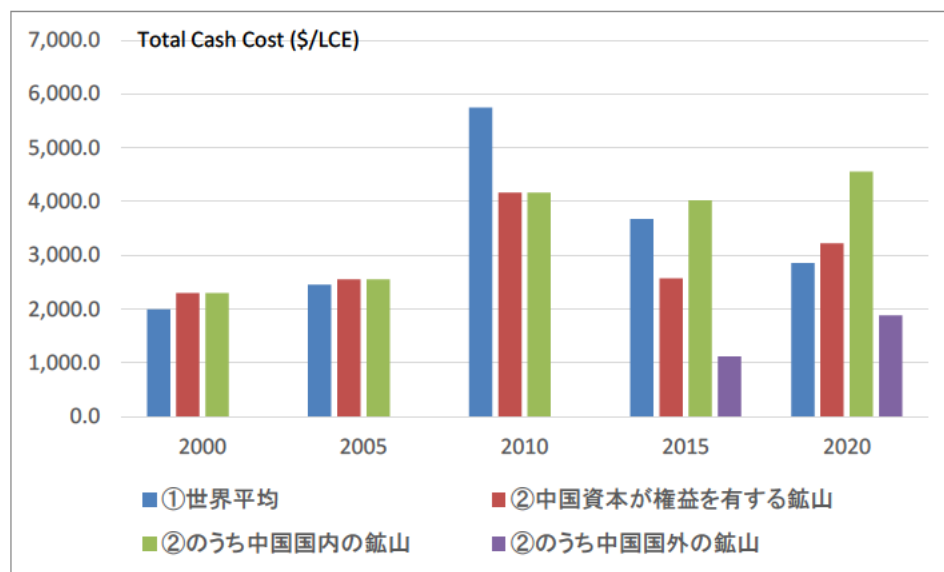


図 6-8 生産コストの平均値の変遷（リチウム、鉱石）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コスト一部のデータが把握可能な、中国資本が有するリチウム鉱山の数 は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で以下の通り。

表 6-10 中国資本が権益を有する鉱山数（リチウム）

	中国国内	海外	合計
2000	1		1
2005	2		2
2010	5		5
2015	3	1	4
2020	4	2	6

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

S&P データベースの生産コストカーブから把握できる中国資本による主要なリチウム鉱山の権益取得状況は表 6-11 の通りである。

2000 年では、中国資本が権益を有する主要リチウム鉱山は、中国国内にある中国資本 100%の Yichun (Concentrate) の 1 鉱山であった。

2005 年では中国国内の Zhabuye (Carbonate) の 1 鉱山、2010 年では Zhabuye (Hydroxide)、East Taijinair (Carbonate)、West Taijinair (Carbonate) の 3 鉱山が加わっている。これらはいずれも中国資本 100%保有の鉱山である。

これらの中国資本の鉱山の生産コストは総じて高い（ただし 2020 年には主要鉱山の中で中位に位置づけられるようになる）。

2015 年では、中国資本 100%の Chaerhan Lake (Carbonate) に加えて、中国資本が権益の 51%を有する（米国 49%）豪州の Greenbushes (Concentrate) が加わっている。Greenbushes (Concentrate) の生産規模は世界最大であり、かつ生産コストも低いリチウム鉱山である。

2020 年では中国資本が権益の 50%を有する（豪州 50%）豪州の Mount Marion (Concentrate) が加わっている。Mount Marion (Concentrate) も生産規模の大きさ、生産コストの低さで世界トップクラスの鉱山である。

以上のように、当初は中国国内の鉱山を中心に開発を進めてきた中国資本は、2015 年代に入ってから豪州の世界最大級かつ生産コストの低い鉱山の権益取得に乗り出しており、中国資本の下で供給されるリチウムは大幅に増加している。

表 6-11 中国資本の権益取得状況（リチウム）
（2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年）

Property	Yichun	Zhabuye	Zhabuye	East Taijinair	West Taijinair	Green bushes	Chaerhan Lake	Mount Marion	LCE Production (000 tonnes)
Product Type	Concentrate	Carbonate	Hydroxide	Carbonate	Carbonate	Concentrate	Carbonate	Concentrate	
Country/Region	China	China	China	China	China	Australia	China	Australia	
Actual Start Up Year	NA	2004	2004	2007	2007	1983	NA	2016	
2000	LCE Production (000 tonnes) 4.0 Owner China100								4.0
2005	LCE Production (000 tonnes) 5.4 Owner China100	0.5 China100							5.9
2010	LCE Production (000 tonnes) 7.6 Owner China100	2.2 China100	0.6 China100	3.0 China100	3.0 China100				16.4
2015	LCE Production (000 tonnes) 9.8 Owner China100			7.4 China100		88.4 China51 USA49	3.6 China100		109.2
2020	LCE Production (000 tonnes) 9.8 Owner China100			9.5 China100	3.0 China100	88.0 China51 USA49	13.5 China100	61.4 China50 Australia 50	185.2

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また、2020 年における鉱石の種類別、鉱山の形態別に中国資本の権益の取得状況を見たものが表 6-12 である。2020 年時点で中国資本が権益を有する鉱山はかん水の鉱山が 2 か所、露天掘りが 3 か所であった。

表 6-12 中国資本の権益取得状況（2020 年）（鉱石の種類、鉱山の形態別）
（リチウム）

Geologic Ore Body Type	鉱山数	鉱山の類型					
		かん水		露天掘り		坑内掘り	
			中国資本が 権益を有する 鉱山		中国資本が 権益を有する 鉱山		中国資本が 権益を有する 鉱山
Brine (Salar)	10	10	2				
Granite Related	1			1	1		
Pegmatite Hosted	9			6	2	4	
計	20	10	2	7	3	4	

（注）鉱山の形態の情報が得られる鉱山の情報のみを記載

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

6-4 鋳山の CO2 排出量・水使用量の分析

(1) GHG 排出量と水使用量の関係

リチウム生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係を、かん水の鋳山と鋳石の鋳山（露天掘り＋坑内掘り）別に散布図で示したのが図 6-9 である。鋳山は、S&P にて分類された Disclosed、Modelled のデータの種類別に示した（注 1）。

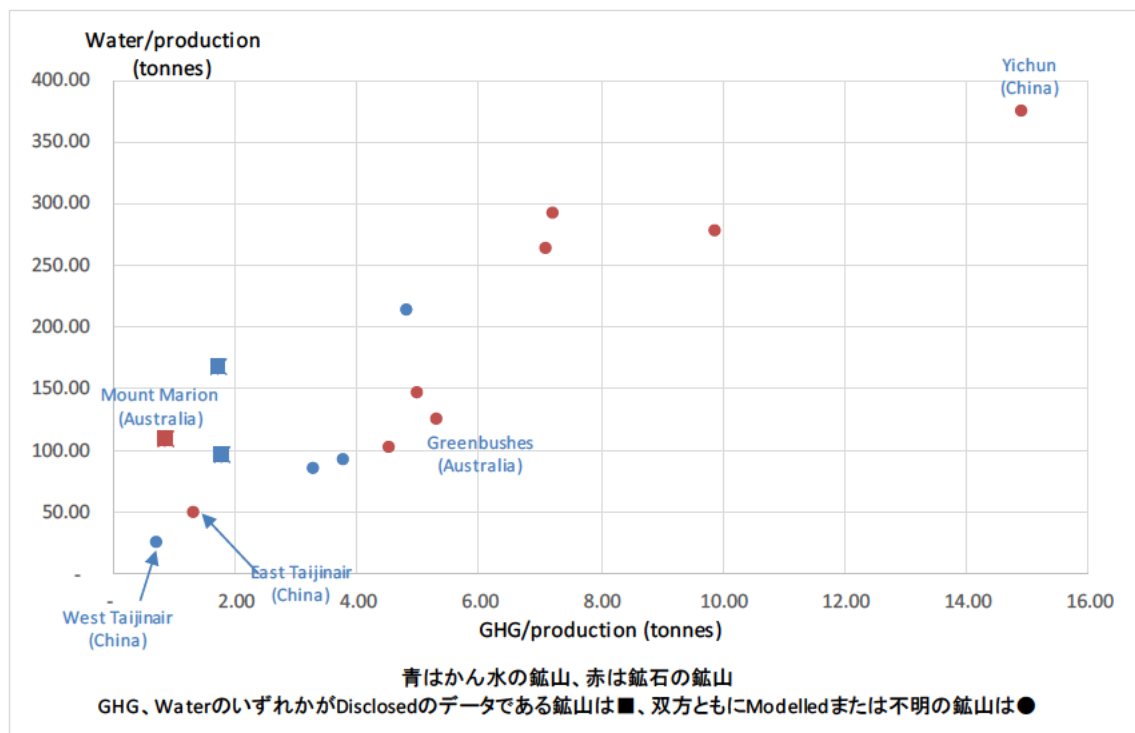


図 6-9 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（リチウム）

※中国資本が権益を有する鋳山には鋳山名を記した

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(注 1) 鋳山のデータの種類

Disclosed	鋳山から開示されたデータ
Allocated	企業から開示されたデータに基づき、鋳山ごとに GHG 排出量、水消費量の数値を割り当てたもの
Modelled	生産データと、ライフサイクル分析データベースおよび公的に入手可能な学術研究から得た炭素/水の原単位に基づいて S&P が推定したもの

この散布図で示した鋳山の中でも、生産量 1 トンあたりの GHG 排出量、水使用量の双方が少ない鋳山を次頁に示した。

表 6-13 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量・水使用量が小さい主な鉱山（リチウム）

Product Type	Property	Country/Region	Equity Owner(s) (Ownership %)	LCE Production (000 tonnes)	Total Cash Cost (\$/LCE)	MINE_TYPE	GHG_Output_ 2020 /product on	Water_Output_ _2020 /product on
Concentrate	Alvarroes	Portugal	Grupo Mota (100.00)	1.2	2,300	Open Pit	5.0	147.6
Concentrate	Bikita	Zimbabwe	Bikita Minerals Ltd (100.00)	8.3	1,478	Open Pit	4.5	102.4
Carbonate	East Taijinair	China	Western Mining Group Co. Ltd. (100.00)	9.5	4,036	Brine	1.3	49.4
Concentrate	Mount Marion	Australia	Mineral Resources Ltd. (50.00) Ganfeng Lithium Co. Ltd. (50.00)	61.4	2,303	Open Pit	0.8	110.6
Carbonate+ Hydroxide	Salar de Atacama (SQM)	Chile	Sociedad Química y Minera de Chile SA (100.00)	71.9	#N/A	Brine	1.8	97.5
Carbonate+ Chloride	Salar de Atacama (Albemarle)	Chile	Albemarle Corp. (100.00)	41.8	#N/A	Brine	1.7	167.7
Carbonate	Salar de Olaroz	Argentina	Allkem Ltd. (66.50) Toyota Tsusho Corp. (25.00) Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (8.50)	11.8	4,229	Brine	3.3	86.2
Carbonate+ Chloride	Salar del Hombre Muerto	Argentina	Livent Corporation (100.00)	19.7	#N/A	Brine	1.7	167.7
Carbonate	West Taijinair	China	NA	3.0	5,332	Brine	0.7	26.1

(注) Salar de Atacama(SQM)はCarbonateとHydroxide、Salar de Atacama(Albemarle)はCarbonateとChloride、Salar del Hombre MuertoはCarbonateとChlorideの、複数の生産品目を生産しており、それぞれ生産量、生産コストが異なる。

一方、GHG排出量と水使用量は品目ごとではなく鉱山単位でのみデータが提供されている。

このため上記のSalar de Atacama(SQM)、Salar de Atacama(Albemarle)、Salar del Hombre MuertoのCarbonateの単位重量当たりのGHG排出量と水使用量は、生産品目を足し合わせた重量と鉱山単位でのGHG排出量と水使用量をもとに算出した。

※生産量 1 トンあたりの GHG 排出量が 5 トン以下かつ水使用量が 200 トン以下の鉱山を抽出した
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

生産量と GHG 排出量、水使用量の関係を、中国資本が権益を有する鉱山とその他資本が権益を有する鉱山別に散布図で示したのが図 6-10 と図 6-11 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種類の別を示した。

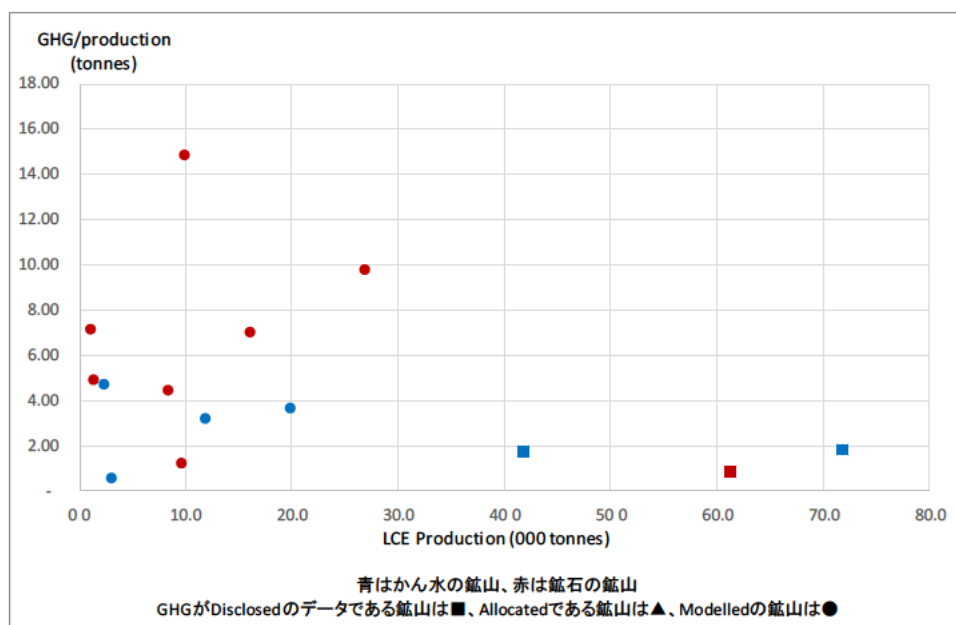


図 6-10 生産量と GHG 排出量の関係 (2020 年) (リチウム)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

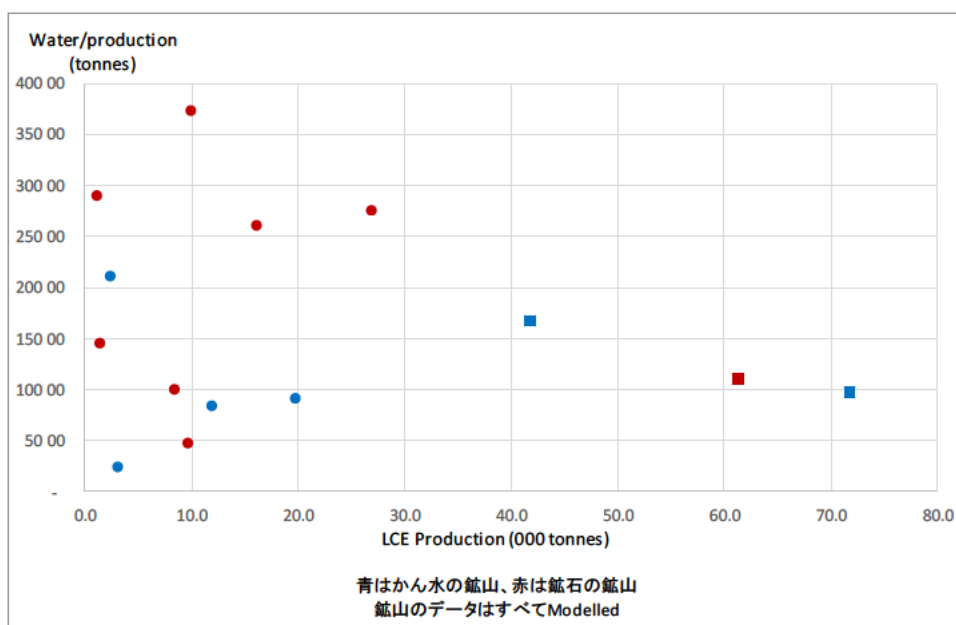
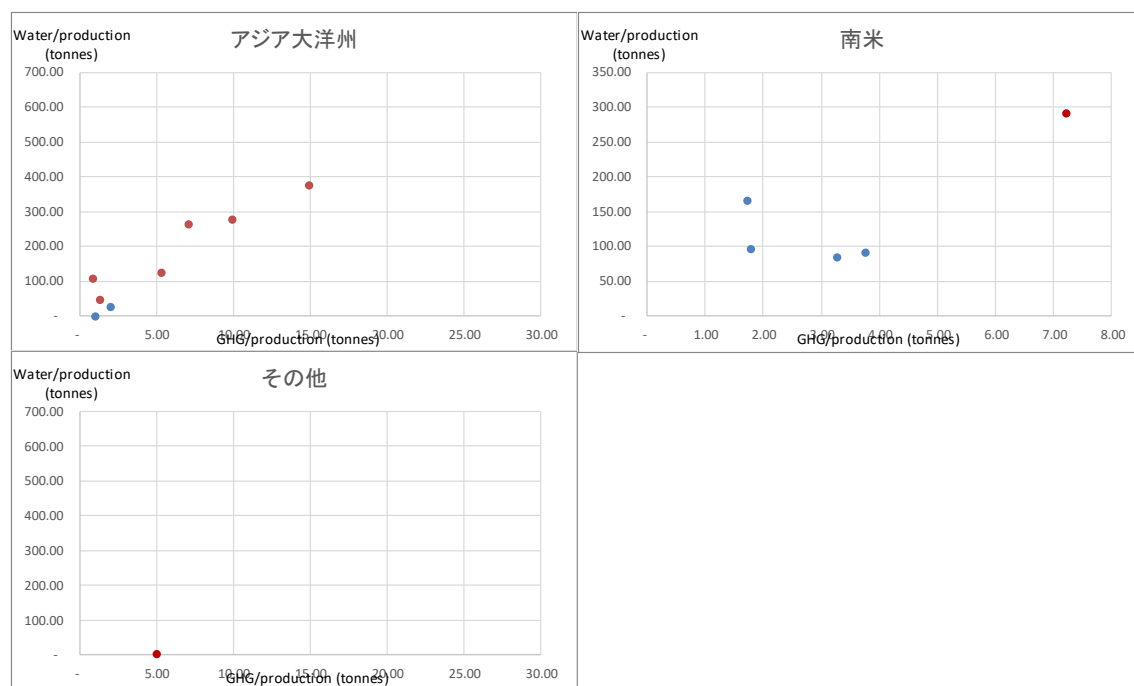


図 6-11 生産量と GHG 排出量の関係 (2020 年) (リチウム)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(2) 地域別の比較

図 6-9 を地域別にみたものが図 6-12 である。S&P データベースからデータが得られる鉱山に限れば、アジア大洋州のかん水の鉱山は GHG 排出量、水使用量が小さく、南米のかん水の鉱山はばらつきが大きいことがうかがえる。



(注) 青はかん水の鉱山、赤は鉱石の鉱山を示す

図 6-12 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (2020 年)

(リチウム、地域別)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) 品位と GHG 排出量、水使用量の関係

鉱山で産出される鉱石の品位(Head Grade)と GHG 排出量との関係を見たのが図 6-13、水使用量との関係を見たのが図 6-14 である。

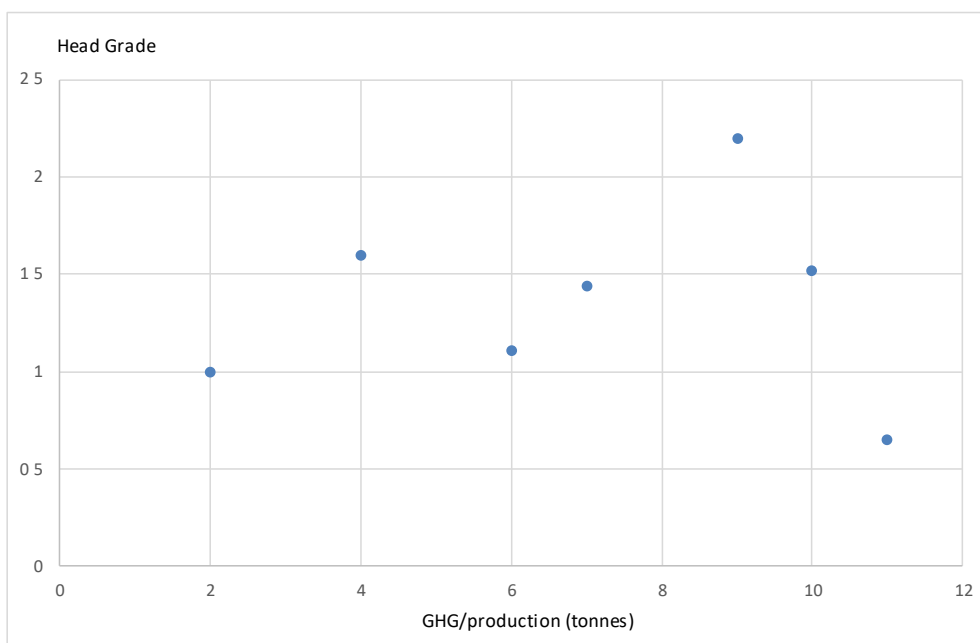


図 6-13 鋳石の品位と GHG 排出量の関係（リチウム）
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

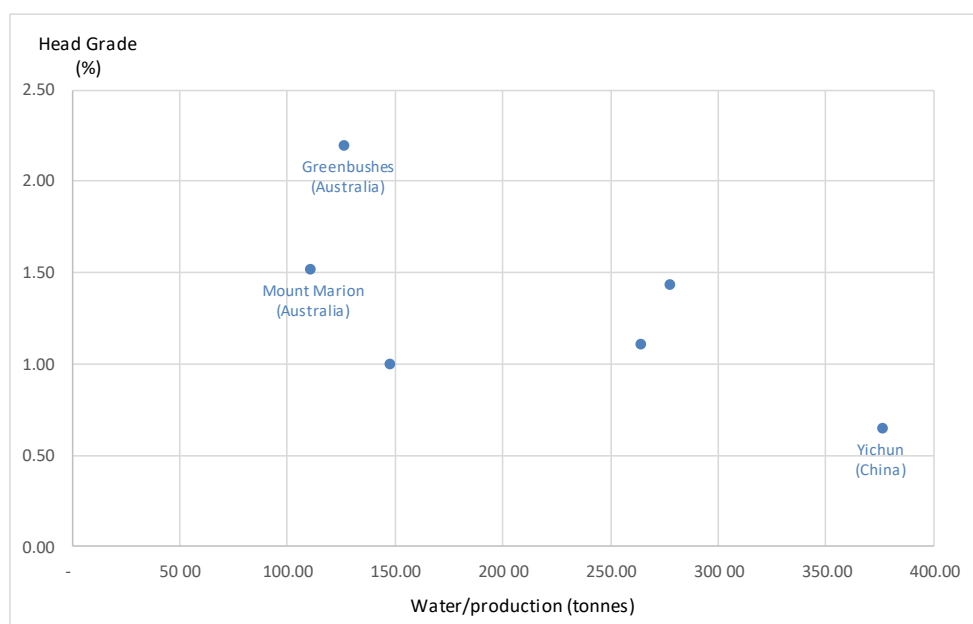


図 6-14 鋳石の品位と水使用量の関係（リチウム）
※中国資本が権益を有する鋳山には鋳山名を付した
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

6-5 鋳山保有国の資源保護政策と日本の政策

(1) 鋳山保有国の資源保護政策

リチウムの資源国はチリ、豪州、アルゼンチンといった所が大きい。資源国の政治経済が安定しており、リチウムについては、将来に向けての有望な絵が描けそうであるということで、様々な需要国との関係を構築しようとしているが、中でも、かん水由来の炭酸リチウムを生産するリチウム・トライアングル（チリ、ボリビア、アルゼンチン）の一角であるアルゼンチンは、比較的自由な政策を採り続けているため、米国、中国、インド、豪州、韓国に加え、日本の商社も鋳山経営に参加している³⁴。

チリは炭酸リチウムの世界輸出量 26.5 千トンのうち 7 割を超える 19.0 千トンを出している。チリでは 2021 年 5 月 6 日に、国会が割れて議論されていた鋳業ロイヤルティ法案（売り上げに対する 3% の新ロイヤルティ課税）が成立し、今後も議会で議論を呼びそうである³⁵。チリ以外でも中南米諸国のメキシコとボリビアでは、保護主義政策に繋がる動きが起きており、メキシコの現政権によるリチウム採掘の国有化のために憲法改正案が提出されていたり、ボリビアでは Uyuni 塩湖のリチウムについては、ボリビアリチウム公社 (YLB) が全生産チェーンを担当するとしている。2018 年に独 ACI Systems 社との間にリチウムイオンバッテリーの生産に向けた合弁会社設立に合意したが、地元住民の強い反対を受け、2019 年 11 月に合弁会社設立の最高政令を無効とする最高政令を発出し、一方的に合意を破棄した³⁶。

一方で鋳石由来のリチウムを生産するために、中国は豪州に鋳山権益を取得しての進出を進めており、2015 年から 3 年間で生産量を 4 倍に伸ばすなど現在では豪州が世界の半分以上を生産するまでになった。しかも生産した鋳石の殆どを中国に輸出し、急増する同国の国内需要を満たすなど国を挙げた取り組みになっている。

(2) 主要鋳種のまとめ（リチウム）

リチウムの調達は寡占度リスクが高く、世界の生産と輸出で生産の中心国であるチリなどに依存した状況にある。また、リサイクルが技術的に進んでおらず、海外で鋳山権益が取得できていないことも安定性という意味では弱く、鋳山権益をアルゼンチンや豪州に持

³⁴ JOGMEC 「世界の鋳業の趨勢：アルゼンチン」 https://mric.jogmec.go.jp/wp-content/uploads/2021/10/trend2021_ar.pdf

³⁵ JOGMEC 「世界の鋳業の趨勢：チリ」 https://mric.jogmec.go.jp/wp-content/uploads/2021/12/trend2021_cl.pdf

³⁶ JOGMEC 「世界の鋳業の趨勢：ボリビア」
<http://www3.keizaireport.com/report.php/RID/438759/>

つ中国に今後も供給を頼るのか、自前で調達する道を開くのかを検討する時期に来ていると考える。

現在のところ、我が国では、EVの需要が急激に伸びている訳ではなく、比較的資源の豊富なリチウムについては、大きく心配している向きはない。現状はチリとアルゼンチンから輸入しているが、今後も世界はカーボンニュートラル化への流れの中を歩いていく際に、本調査で議論されているバッテリーマテリアルの需要がますます高まっていくことは必至である。

ゆえに、ここで論じる全ての鉱種について言えることは、経産省の鉱物資源の供給安定性評価調査を継続的に実施して、供給リスクを常時見直し、必要となる資源の確保について国内の産業の必要量のみならず、海外の邦人企業に対する供給も視野に入れて、伸びていく産業分野で邦人企業が一定の位置を世界の中で占め続けていくことができるように、鉱山権益取得の検討や鉱物資源メジャーとの一部出資等、先手を打って準備することが必要と考える。鉱物資源の確保にあたっては、現状よりも供給元を増やしていくことも重要な施策である。

7 その他の鉱種

7-1 グラファイト

S&P データベースによると、埋蔵量（Primary Reserves and Resources）が把握できる主要なグラファイト鉱山の数 は 2000 年 3 件、2005 年 4 件、2010 年 7 件、2015 年 62 件、2020 年 68 件である。なお生産コストカーブ（生産量、生産コスト）については同データベースでは把握できない。

同データベースで把握できるグラファイト鉱山の埋蔵量は 2000 年で 408 万トン、2005 年で 533 万トン、2010 年で 932 万トンであったのが、2015 年は 41,608 万トン、2020 年には 50,897 万トンと急増する。

(1) 資本系列別鉱山保有状況

国・地域別にどの国の資本系列によって鉱山が保有されているのかを見ると、地域を問わず豪州資本 100%、カナダ資本 100%によって保有されている鉱山が目立つ。2020 年時点でみると、豪州資本 100%の鉱山は 35（うち豪州 11、モザンビーク 5、タンザニア 5、韓国 3、スウェーデン 3 など）、カナダ資本 100%の鉱山は 20（うちカナダ 14、マダガスカル 2 など）。

表 7-1 資本系列別鉱山保有状況（グラファイト）

(2000 年)

国/地域	鉱山数	埋蔵量計 (トン)	資本系列(100%保有)		JV
			Australia	Canada	
Australia	1	766,860	1		
Canada	1	2,144,000		1	
Sweden	1	1,166,000			1 (Sweden+Unknown)
	3	4,076,860	1	1	1

(2005 年)

国/地域	鉱山数	埋蔵量計 (トン)	資本系列(100%保有)		
			Australia	Canada	Sweden
Australia	1	766,860	1		
Brazil	1	1,250,149	1		
Canada	1	2,144,000		1	
Sweden	1	1,166,000			1
	4	5,327,009	2	1	1

(2010 年)

国/地域	鉱山数	埋蔵量計 (トン)	資本系列(100%保有)				JV
			Australia	Canada	Sweden	UK	
Australia	2	1,739,860	1			1	
Brazil	1	1,250,149	1				
Canada	3	5,166,000		2			1 (Canada+USA)
Sweden	1	1,166,000			1		
	7	9,322,009	2	2	1	1	1

(2015 年)

国/地域	鉱山数	埋蔵量計 (トン)	資本系列(100%保有)							JV
			Australia	Brazil	Canada	China	Finland	India	UK	
Australia	8	7,508,057	7						1	
Brazil	3	2,609,537	1	2						
Canada	17	32,339,257			14	1	1			1 (Canada+China)
Ethiopia	1	460,092			1					
Guinea	1	2,039,000								1 (Canada+Unknown)
India	2	359,000						2		
Indonesia	1	1,009,000	1							
Madagascar	4	10,594,974			2					2 (Canada+UK, China+India+UK)
Malawi	1	10,810,000	1							
Mozambique	7	337,079,900	4							3 (Australia+Unknown 2, Luxembourg+USA)
South Korea	3	428,900	3							
Sweden	4	10,839,500	3		1					
	52	416,077,217	20	2	18	1	1	2	1	

(2020 年)

国/地域	鉱山数	埋蔵量計 (トン)	資本系列(100%保有)						JV
			Australia	Brazil	Canada	China	Indonesia	UK	
Australia	11	16,208,057	11						
Brazil	4	3,134,327	1	2	1				
Canada	17	33,776,747	1		14	2			
Ethiopia	1	460,092			1				
Finland	1	1,275,000						1	
Guinea	1	2,039,000			1				
Indonesia	1	1,009,000					1		
Madagascar	5	12,193,974	2		2				1 (China+UK+Unknown)
Malawi	1	10,810,000	1						
Mozambique	7	337,079,900	5			1			1 (Luxembourg+USA)
Namibia	1	577,000							1 (Canada+USA)
Norway	1	434,541	1						
South Korea	3	428,900	3						
Sweden	4	10,839,500	3		1				
Tanzania	8	66,962,311	5					1	2 (Australia+Tanzania)
USA	2	11,740,509	2						
	68	508,968,858	35	2	20	3	1	2	5

出所：S&P DB より日鉄総研作成

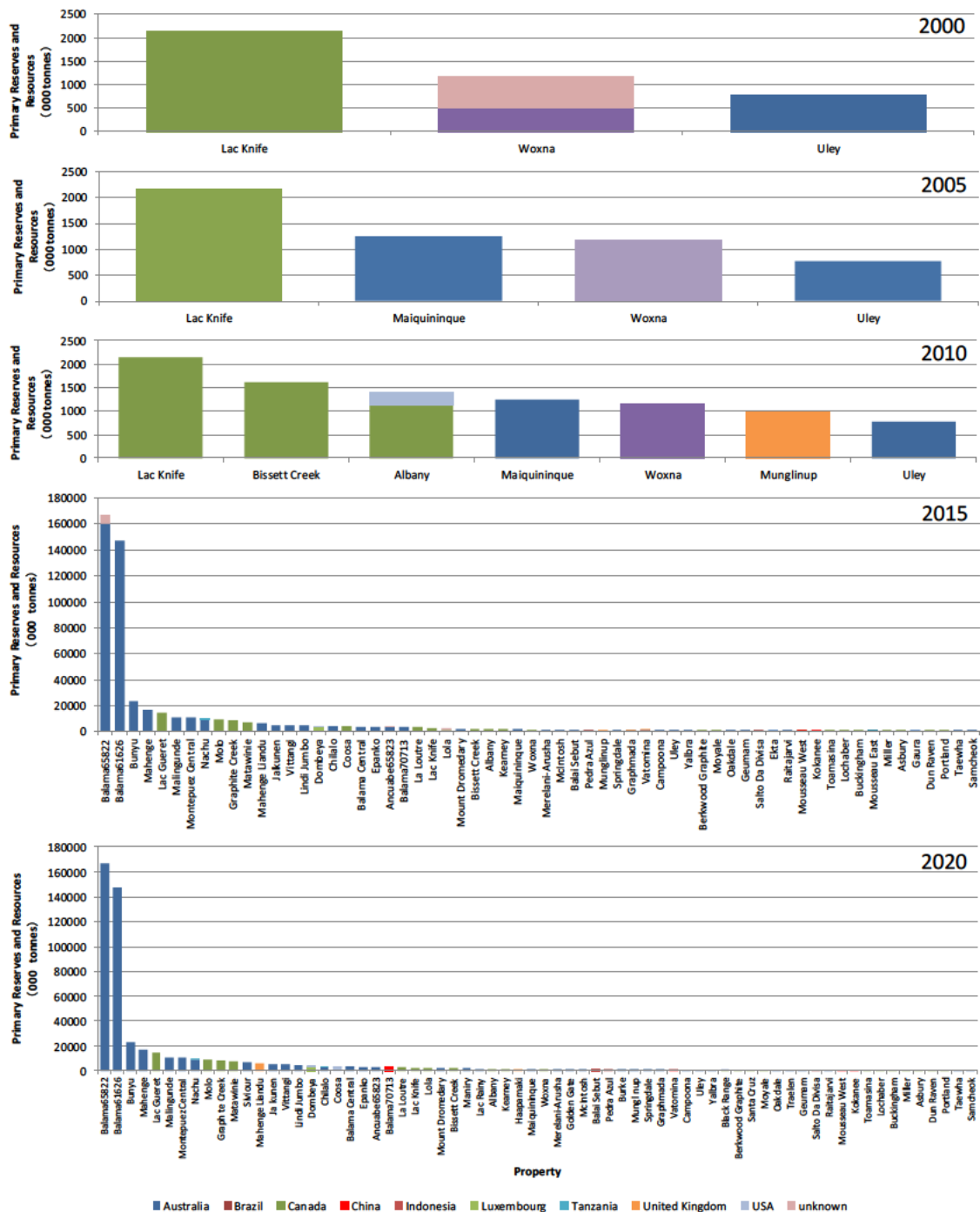


図 7-1 グラファイト鉱山の埋蔵量（資本系列別）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(2)開発段階別鉱山数

S&P データベースがデータを把握しているグラファイト鉱山はすべてが稼働中 (Operating) ではなく、フィージビリティスタディの最中であるなど、稼働していない鉱山が多く含まれている。Operating の鉱山数は、2000 年で 0 件、2005 年で 1 件、2010 年で 1 件、2015 年で 6 件、2020 年で 6 件である。

表 7-2 開発段階別鉱山数

(2000 年)

国/地域	鉱山数	Development Stage										
		Advanced Exploration	Commissioning	Construction Planned	Construction Started	Expansion	Feasibility Complete	Feasibility Started	Grassroots	Operating	Prefeas/ Scoping	Reserves Development
Australia	1							1				
Canada	1						1					
Sweden	1		1									
	3		1				1	1				

(2005 年)

国/地域	鉱山数	Development Stage										
		Advanced Exploration	Commissioning	Construction Planned	Construction Started	Expansion	Feasibility Complete	Feasibility Started	Grassroots	Operating	Prefeas/ Scoping	Reserves Development
Australia	1							1				
Canada	1									1		
Sweden	1						1					
	3						1	1		1		

(2010 年)

国/地域	鉱山数	Development Stage										
		Advanced Exploration	Commissioning	Construction Planned	Construction Started	Expansion	Feasibility Complete	Feasibility Started	Grassroots	Operating	Prefeas/ Scoping	Reserves Development
Australia	2						1	1				
Brazil	1									1		
Canada	3			1			1				1	
Sweden	1		1									
	7		1	1			2	1		1	1	

(2015 年)

国/地域	鉱山数	Development Stage										
		Advanced Exploration	Commissioning	Construction Planned	Construction Started	Expansion	Feasibility Complete	Feasibility Started	Grassroots	Operating	Prefeas/ Scoping	Reserves Development
Australia	8						1	3			2	2
Brazil	3									3		
Canada	17	6		2	2		1				3	3
Ethiopia	1	1										
Guinea	1						1					
India	2	1								1		
Indonesia	1										1	
Madagascar	4				1	1				1		1
Malawi	1							1				
Mozambique	7			1	1		1	1		1	1	1
South Korea	3	2									1	
Sweden	4	1	1				1					1
Tanzania	8	1		1	1		5					
USA	2			1							1	
	62	12	1	5	5	1	10	5		6	9	8

(2020 年)

国/地域	鉱山数	Development Stage										
		Advanced Exploration	Commissioning	Construction Planned	Construction Started	Expansion	Feasibility Complete	Feasibility Started	Grassroots	Operating	Prefeas/ Scoping	Reserves Development
Australia	11			1			1	3			2	4
Brazil	4									3	1	
Canada	17	5		2	2		1				4	3
Ethiopia	1	1										
Finland	1										1	
Guinea	1						1					
Indonesia	1										1	
Madagascar	5				1	1		1		1		1
Malawi	1							1				
Mozambique	7			1	1		1	1		1	1	1
Namibia	1								1			
Norway	1									1		
South Korea	3	2									1	
Sweden	4	1	1				1					1
Tanzania	8	1		1	1		5					
USA	2			1							1	
	68	10	1	6	5	1	10	6	1	6	12	10

出所：S&P DB より日鉄総研作成

(3) 中国資本による権益保有状況

中国資本による権益保有は、2015 年ではマダガスカルの Vatomina をインドの Tirupati Carbons & Chemicals P、イギリスの Stratmin Global Resources PLC と合併で 2%保有（保有者は“Private Interest”で不明）、カナダの Mousseau West をカナダ資本と合併で 25%保有（同）、Kokanee を 100%保有（同）していることが認められる。

2020 年には、マダガスカルの Vatomina を 2%保有（同）、Kokanee を 100%保有（同）していることは 2015 年時点と同じであるが、カナダの Mousseau West の保有率が 100% になっていることに加え、モザンビークの Balama70713（香港資本 100%）が加わっている。

表 7-3 中国資本のグラファイト鉱山の権益保有状況

(2015 年)

Property	Owner(s)	国/地域	Development Stage	Activity Status	Commodity(s)	Primary Reserves and Resources	Unit
Vatomina	Tirupati Carbons & Chemicals P , India 53.9% Stratmin Global Resources PLC , United Kingdom 44.1 Private Interest, China 2.0	Madagascar	Operating	Active	Graphite	850,000	tonnes
Mousseau West	Private Interest, Canada 75% Private Interest, China 25%	Canada	Advanced Exploration	Active	Graphite	254,000	tonnes
Kokanee	Private Interest, China 100%	Canada	Advanced Exploration	Inactive	Graphite, Silver, Zinc, Lead	247,500	tonnes

(2020 年)

Property	Owner(s)	国/地域	Development Stage	Activity Status	Commodity(s)	Primary Reserves and Resources	Unit	Total In-Situ Value (\$百万)	Reserves & Resources As Of Date*
Vatomina	Tirupati Carbons & Chemicals P , India N.A. Tirupati Graphite plc , United Kingdom N.A. Stratmin Global Resources PLC , United Kingdom 44.1 Private Interest, China 2.0	Madagascar	Operating	Active	Graphite	850,000	tonnes	680.0	12/31/2019
Mousseau West	Private Interest, China 100%	Canada	Advanced Exploration	Active	Graphite	254,000	tonnes	203.2	9/24/2013
Kokanee	Private Interest, China 100%	Canada	Advanced Exploration	Inactive	Graphite, Silver, Zinc, Lead	247,500	tonnes	198.0	3/8/2013
Balama70713	Auspicious Virtue Inv't Hldg, UBeZTT Intl Inv't Hldgs BVI Ltd	Mozambique	Prefeas/Scoping	Active	Graphite, Vanadium	2,933,100	tonnes	3,336.3	7/23/2018

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

7-2 金

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 7-3 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

7-2 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Gold の重量を生産量として採用した。Paid Gold とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来る金の量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid Gold の重量は、全世界の金生産量の 66.39%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

7-2 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Total Cash Cost を生産コストとして採用した。鉱山会社の労働、エネルギー、試薬、その他経費、溶錬費(TC)・精錬費(RC)、ロイヤリティの合計であり、資本や減価償却などの費用は含まない。

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

7-2 では鉱山の権益の国籍別資本比率は、当該鉱山の権益を有する企業の国籍をもとに計算した。例えば、A 鉱山の権益を、英国に本社を置く企業が 50%、中国に本社を置く企業が 50%保有している場合、A 鉱山の権益は英国資本が 50%、中国資本が 50%保有しているものとみなした。また、香港に本社を置く企業は中国企業とみなした。

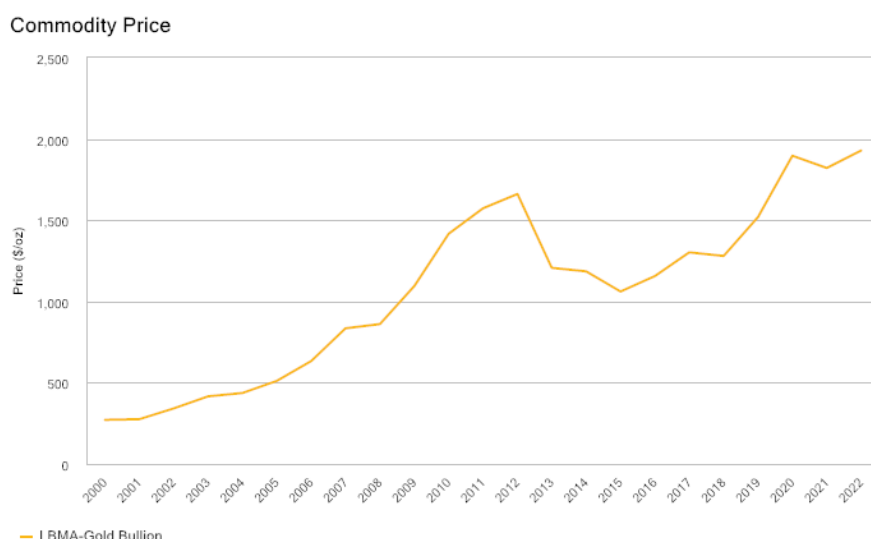


図 7-2 （参考）金の価格の推移（2000～2022）

出所：S&P データベース

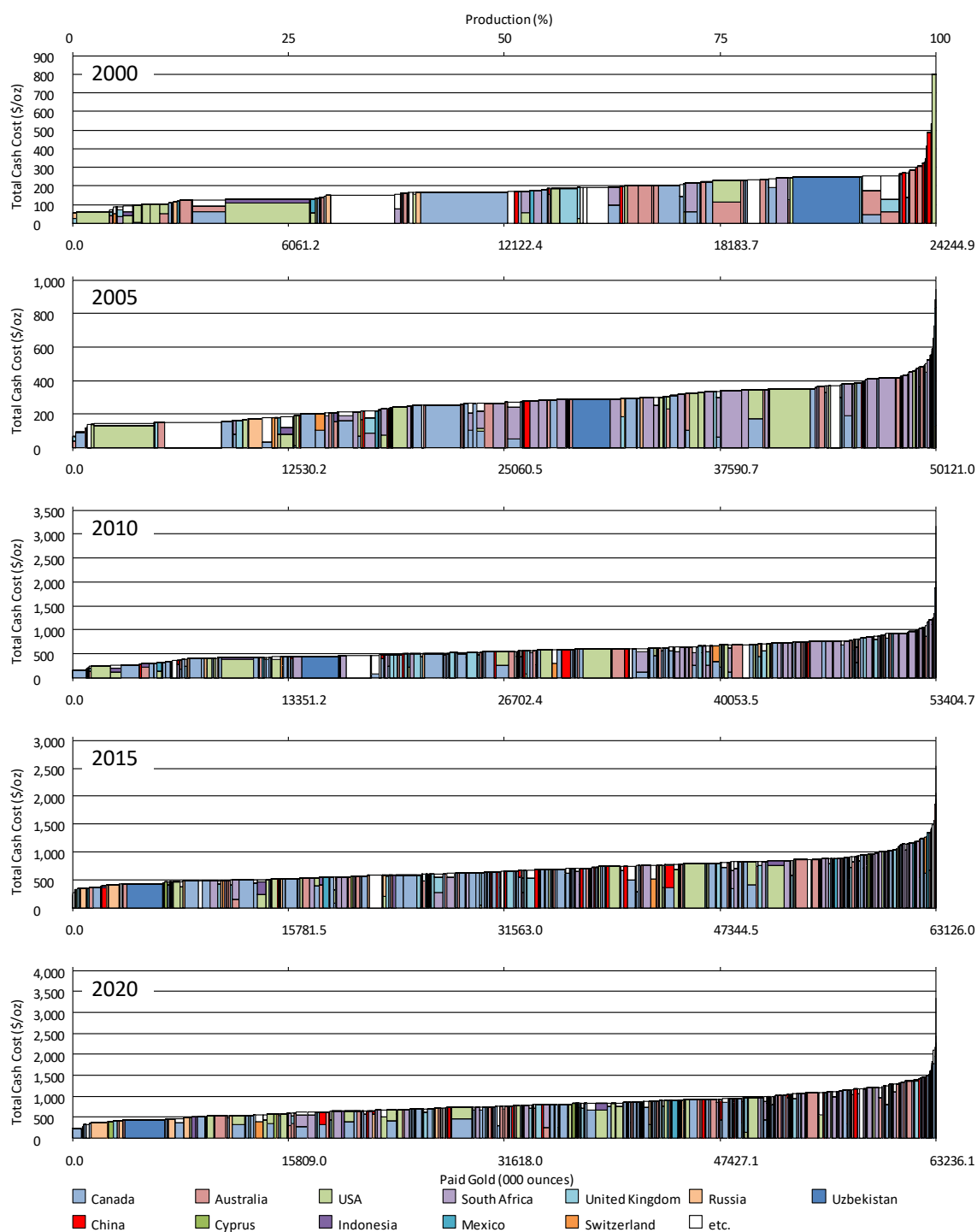


図 7-3 主要鉱山の生産コストカーブ (金)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータをもとに、主要鉱山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に試算したものが表 7-4 と図 7-4 である。中国資本の権益の下で生産される金は増加傾向にあり、2000 年は 682 千オンスであったのが 2020 年には 3,041 千オンスと 4.5 倍に、全世界の生産に占めるシェアも 2000 年は 2.8%であったのが 2020 年には 4.8%に達する結果となった。

表 7-4 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（金）

	Paid Gold (000 ounces)				
	2000	2005	2010	2015	2020
Canada	5,088	11,216	15,209	19,246	17,575
Australia	3,357	3,226	5,076	7,287	8,445
USA	5,122	9,731	8,365	7,374	8,130
South Africa	1,396	12,168	9,326	8,855	7,575
United Kingdom	940	1,578	4,378	5,013	4,299
Russia	507	1,497	914	2,279	3,621
Uzbekistan	1,877	2,182	2,278	2,615	2,888
China	682	1,010	1,926	2,782	3,041
Cyprus				609	1,125
Indonesia	393	188	495	669	1,104
Mexico	315	324	522	1,154	862
Switzerland	57	522	478	623	547
etc.	4,512	6,479	4,437	4,620	4,026
Total	24,245	50,121	53,404	63,126	63,237
China Ratio(%)	2.8	2.0	3.6	4.4	4.8

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

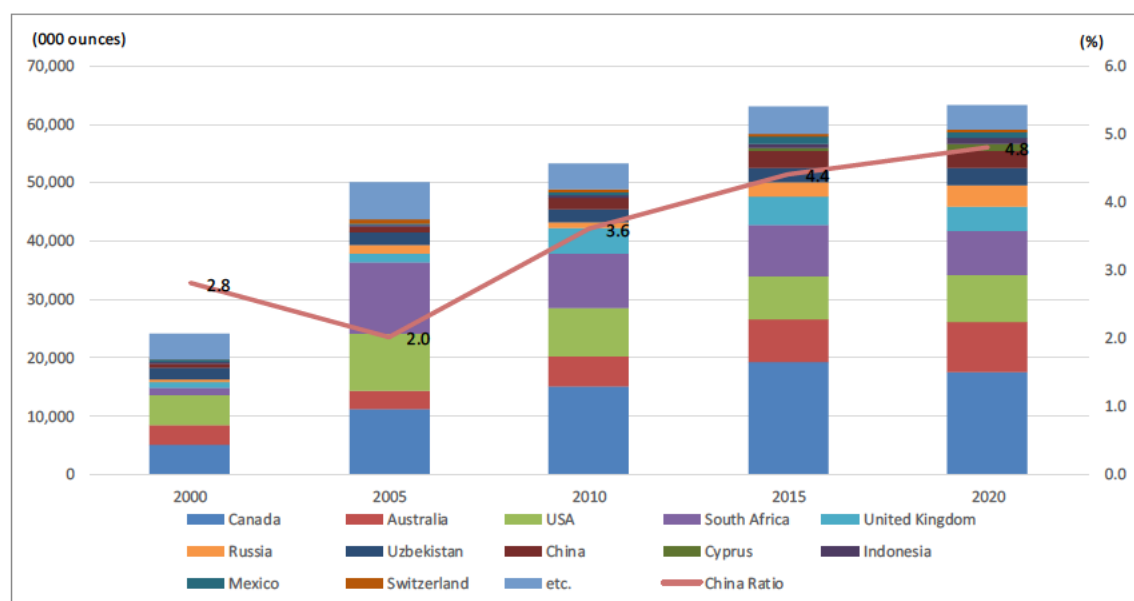


図 7-4 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（金）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また、生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の変遷を試算したものが表 7-5、図 7-5 である。生産コストの世界平均は増加傾向にあり、中国資本が権益を有する鉱山の生産コストも同様である（注 4）。中国資本が権益を有する鉱山について中国国内と中国国外別にみると、中国資本が権益を有する中国国外の鉱山の生産コストは 2010 年以降は世界平均よりもやや低い水準を推移する結果となった。

表 7-5 生産コストの平均値の変遷（金）

	Total Cash Cost (\$/oz)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	198	316	648	776	967
②中国資本が権益を有する鉱山	255	312	562	766	1,114
②のうち中国国内の鉱山	255	311	559	788	1,153
②のうち中国国外の鉱山	0	351	581	681	924

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

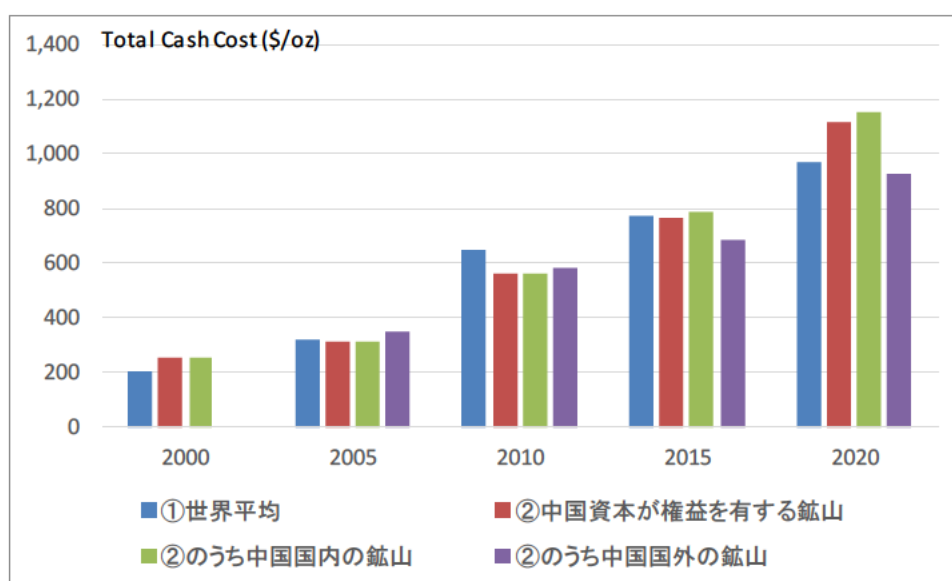


図 7-5 生産コストの平均値の変遷（金）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 4）中国資本が権益を有する鉱山

7-2 では中国企業が出資している鉱山は出資比率の大小にかかわらず、「中国資本が権益を有する鉱山」とした。

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コストカーブのデータが把握可能な、中国資本が有する鉱山の数は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で以下の通り。

表 7-6 中国資本が権益を有する鉱山数（金）

	中国国内	海外	合計
2000	12		12
2005	26	1	27
2010	46	6	52
2015	54	14	68
2020	91	19	110

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国資本による海外における主要な鉱山の権益取得状況は表 7-7 の通りである。

表 7-7 中国資本の権益取得状況（海外）（金）
（2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年）

Property		Veladero	Pioneer	Bystrinskoye	Paddington	Porgera	Malomir	Cerro Corona	Twangiza	other	Paid Gold (000 ounces)
Country/Region		Argentina	Russia	Russia	Australia	Papua New Guinea	Russia	Peru	Dem. Rep. Congo		
Actual Start Up Year		2005	2008	2018	1985	1990	2010	2008	2012		
2005	Paid Gold (000 ounces)									4	4
	Owner										
2010	Paid Gold (000 ounces)						546	36	145	90	818
	Owner						China2.5 Canada95 etc.2.5	China1.39 UK98.61	China19.3 South Africa 80.7		
2015	Paid Gold (000 ounces)		231		189	600	59	154		539	1,772
	Owner		China1.39 UK98.61		China100	China50 Canada47.5 etc.2.5	China1.39 UK98.61	China0.47 South Africa 99.53			
2020	Paid Gold (000 ounces)	452	266	229	185	181	145	115	107	311	1,992
	Owner	China50 Canada50	China1.39 UK98.61	China13.33 Russia86.67	China100	China50 Canada47.5 etc.2.5	China0.62 UK99.38	China0.47 South Africa 99.53	China100		

（注）2020 年で生産量が 100 千オンス以上の鉱山のみを記載

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) GHG 排出量と水使用量の関係

S&P データベースより生産量 1 トンあたりの GHG 排出量、水使用量の関係を散布図で示したのが図 7-6 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種別別に示した（注 5）。多くの鉱山は生産量 1000 オンスあたり GHG 排出量が 1,000 トン以下、水使用量が 40,000 トン以下に集中している。

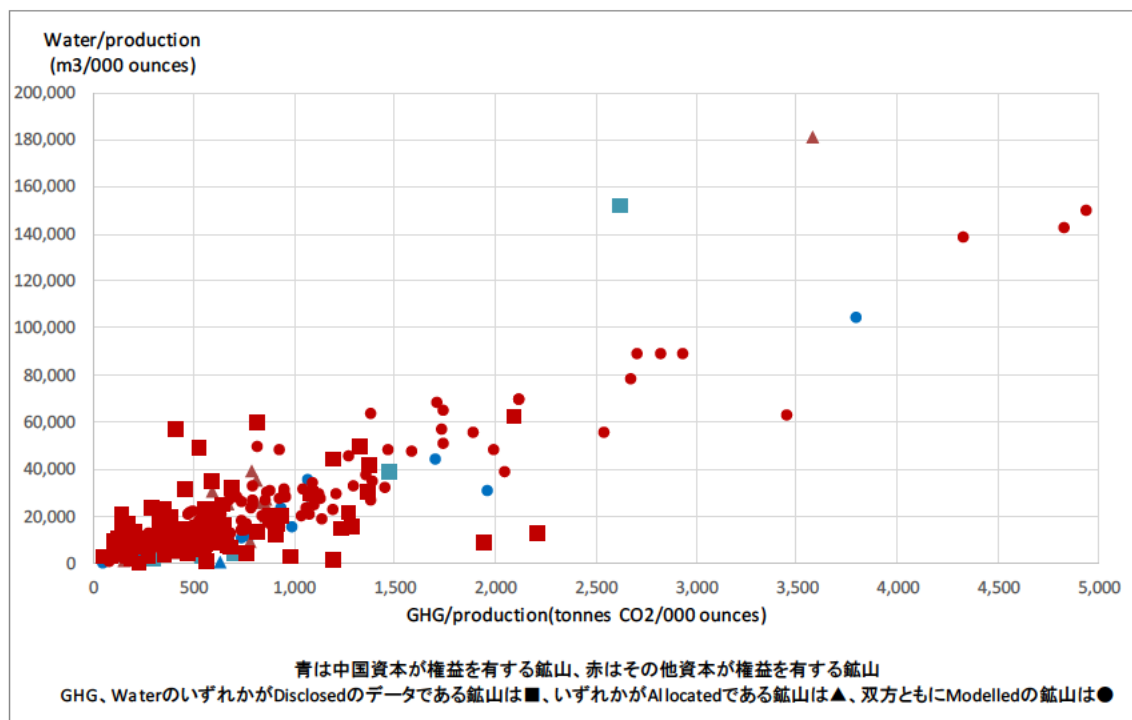


図 7-6 GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）（金）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 5）鉱山のデータの種別

Disclosed	鉱山から開示されたデータ
Allocated	企業から開示されたデータに基づき、鉱山ごとに GHG 排出量、水消費量の数値を割り当てたもの
Modelled	生産データと、ライフサイクル分析データベースおよび公的に入手可能な学術研究から得た炭素/水の原単位に基づいて S&P が推定したもの

7-3 鉄鉱石

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 7-8 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

7-3 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid iron Ore の重量を生産量として採用した。Paid iron Ore とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来る鉄鉱石の量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid iron Ore の重量は、全世界の鉄鉱石生産量の 82.23%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

7-2 に同じ

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

7-2 に同じ

Commodity Price

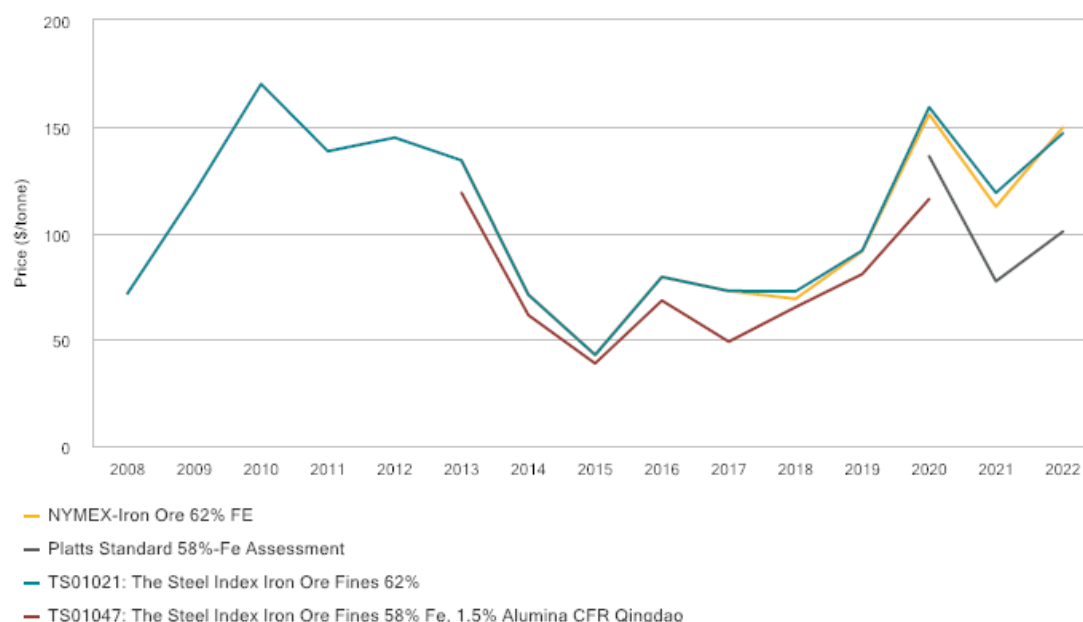


図 7-7 （参考）鉄鉱石の価格の推移（2008～2022）

出所：S&P データベース

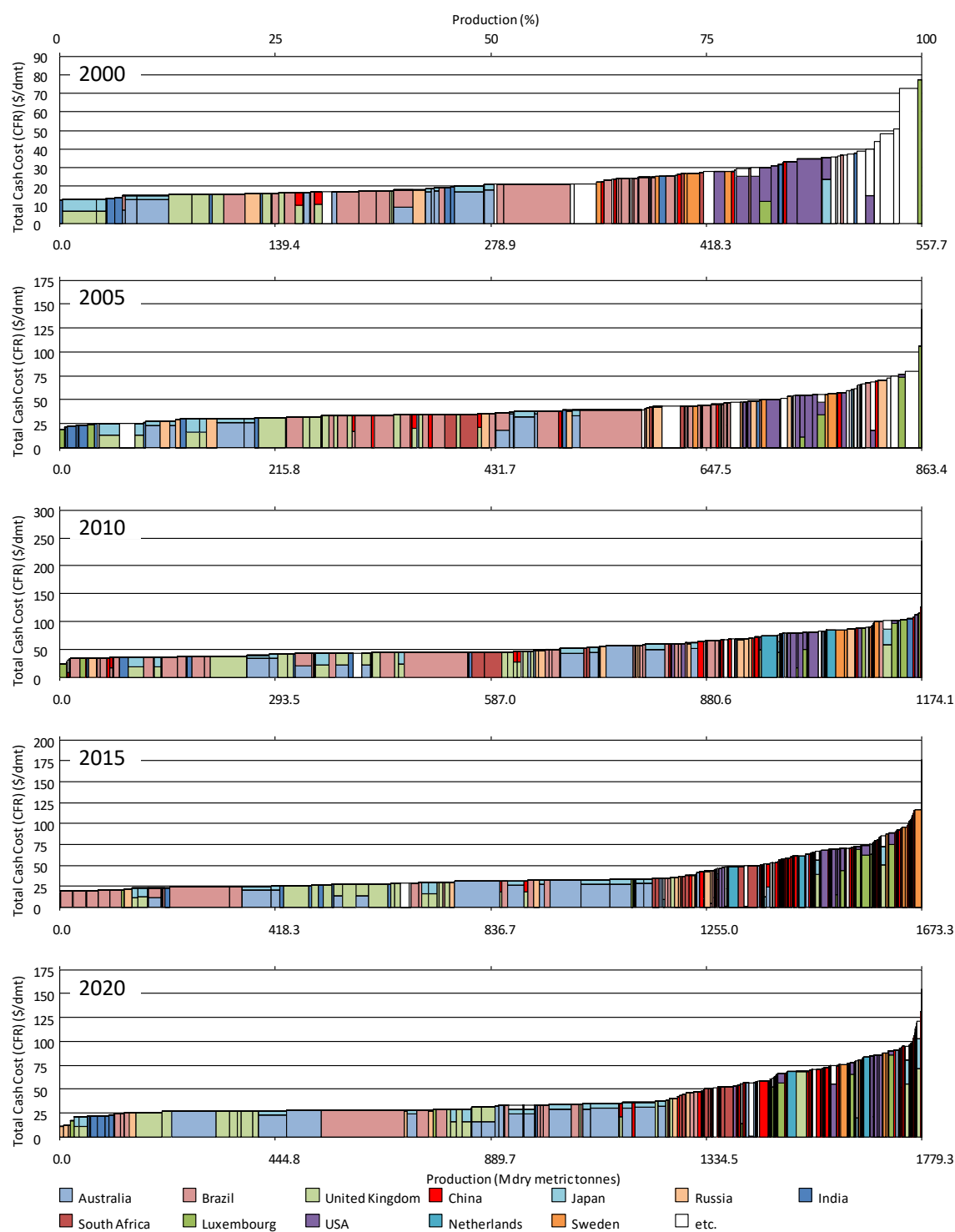


図 7-8 主要鉱山の生産コストカーブ（鉄鉱石）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータをもとに、主要鉱山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に見たものが表 7-8 と図 7-9 である。中国資本の権益の下で生産される鉄鉱石は増加傾向にあり、2000 年は 15 百万トンであったのが 2020 年には 185 百万トンと 12 倍以上に、全世界の生産に占めるシェアも 2000 年は 2.8%であったのが 2020 年には 10.4%に達する結果となった。

表 7-8 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉄鉱石）

Production (M dry metric tonnes)					
	2000	2005	2010	2015	2020
Australia	69	93	188	438	505
Brazil	157	236	326	354	316
United Kingdom	67	110	172	255	292
China	15	28	51	159	185
Japan	25	37	48	73	84
Russia	18	70	73	68	74
India	32	49	53	44	59
South Africa	4	36	52	60	50
Luxembourg	6	29	48	55	49
USA	56	49	55	53	47
Netherlands			34	31	29
Sweden	20	23	25	24	27
etc.	88	105	48	60	63
Total	558	864	1,174	1,675	1,780
China Ratio(%)	2.8	3.2	4.3	9.5	10.4

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

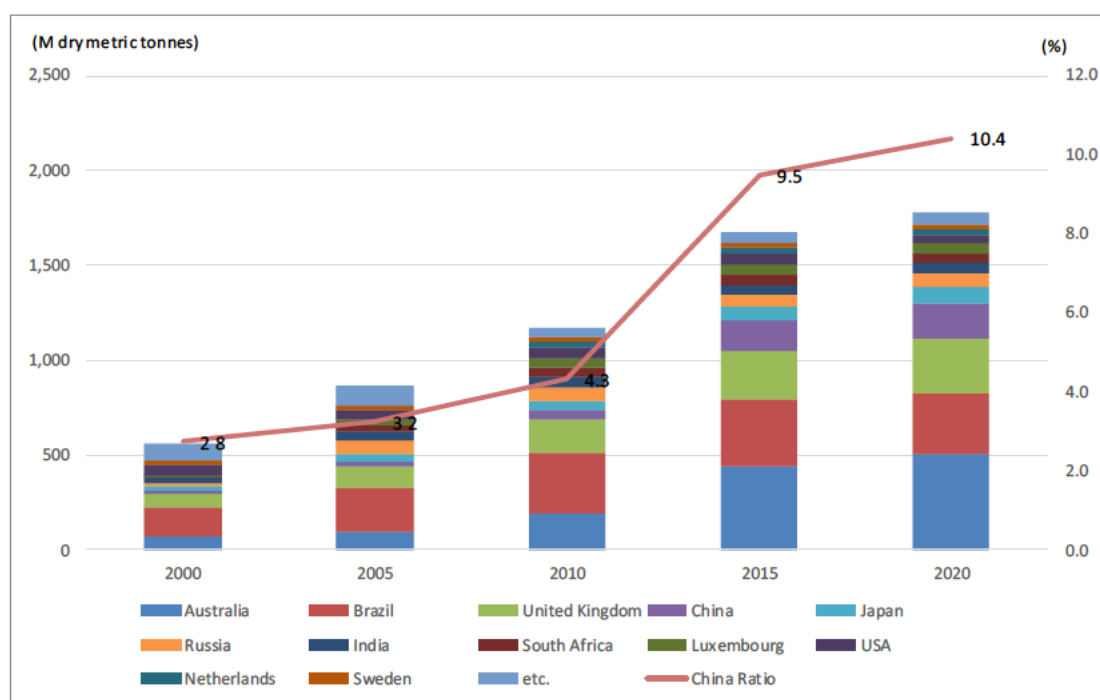


図 7-9 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉄鉱石）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また、生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の変遷を試算したものが表 7-9 と図 7-10 である。生産コストの世界平均は 2000 年から 2010 年まで上昇し、その後は加工傾向を見せる結果となった。中国資本が権益を有する鉱山の生産コストは世界平均に比して高く、推移は世界平均と同様の傾向がみられる（注 4）。中国資本が権益を有する鉱山について中国国内と中国国外別にみると、中国資本が権益を有する中国国外の鉱山の生産コストは世界平均に比して低い水準で推移する結果となった。

表 7-9 生産コストの平均値の変遷（鉄鉱石）

	Total Cash Cost (CFR) (\$/dmt)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	24.8	43.8	65.8	63.9	65.6
②中国資本が権益を有する鉱山	26.8	52.7	82.8	78.8	78.3
②のうち中国国内の鉱山	29.5	57.3	93.4	80.1	79.1
②のうち中国国外の鉱山	23.4	44.2	56.3	48.3	52.4

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

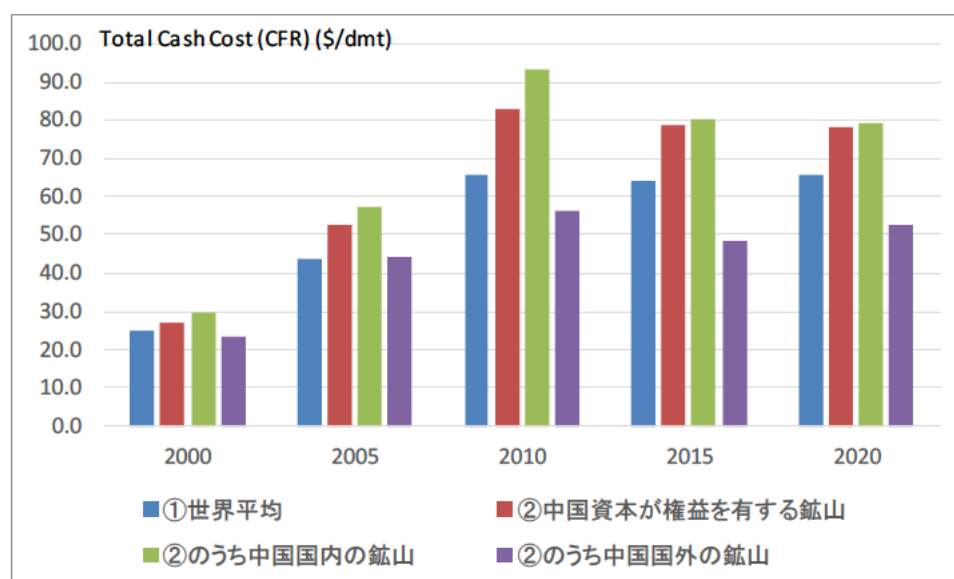


図 7-10 生産コストの平均値の変遷（鉄鉱石）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 4）中国資本が権益を有する鉱山

7-2 に同じ

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コスト一部のデータが把握可能な、中国資本が有する鉱山の数は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で以下の通り。

表 7-10 中国資本が権益を有する鉱山数（鉄鉱石）

	中国国内	海外	合計
2000	5	4	9
2005	13	7	20
2010	30	12	42
2015	207	9	216
2020	203	6	209

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国資本による海外における主要な鉱山の権益取得状況は以下の表の通りである。

表 7-11 中国資本の権益取得状況（海外）（鉄鉱石）
（2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年）

Property		Karara Magnetite Concentrate	Sino Iron Concentrate	Channar Lump	Channar Fines	Marcona Concentrate	Marcona Pellet	Production (M dry metric tonnes)
Country/Region		Australia	Australia	Australia	Australia	Peru	Peru	
Actual Start Up Year		2013	2016	1992	1992	2003	2003	
2000	Production (M dry metric tonnes)			5.1	5.2	2.2	1.8	14
	Owner			China40 UK60	China40 UK60	China100	China100	
2005	Production (M dry metric tonnes)			4.2	4.2	4.2	2.8	15.4
	Owner			China40 UK60	China40 UK60	China100	China100	
2010	Production (M dry metric tonnes)			5.2	5.2	7.6	1.1	19.1
	Owner			China40 UK60	China40 UK60	China100	China100	
2015	Production (M dry metric tonnes)	6.8	5.1	4.1	5.7	6.6	0.5	28.8
	Owner	China52.2 Australia47.8	China100	China40 UK60	China40 UK60	China100	China100	
2020	Production (M dry metric tonnes)	7.5	18.2	3.4	5.2	7.9	0.5	42.7
	Owner	China100	China100	China40 UK60	China40 UK60	China100	China100	

（注）2020 年で中国資本が権益を有する海外鉱山（Product）のみを記載

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) GHG 排出量と水使用量の関係

S&P データベースより生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係を散布図で示したのが図 7-11 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種別別に示した（注 5）。その他の資本が権益を有する鉱山の多くは、生産量 1 トン当たり GHG 排出量が 0.02 トン、水使用量が 1 トン以下であるのに対し、中国資本が権益を有する鉱山には GHG 排出量、水使用量共に多いところが多い。

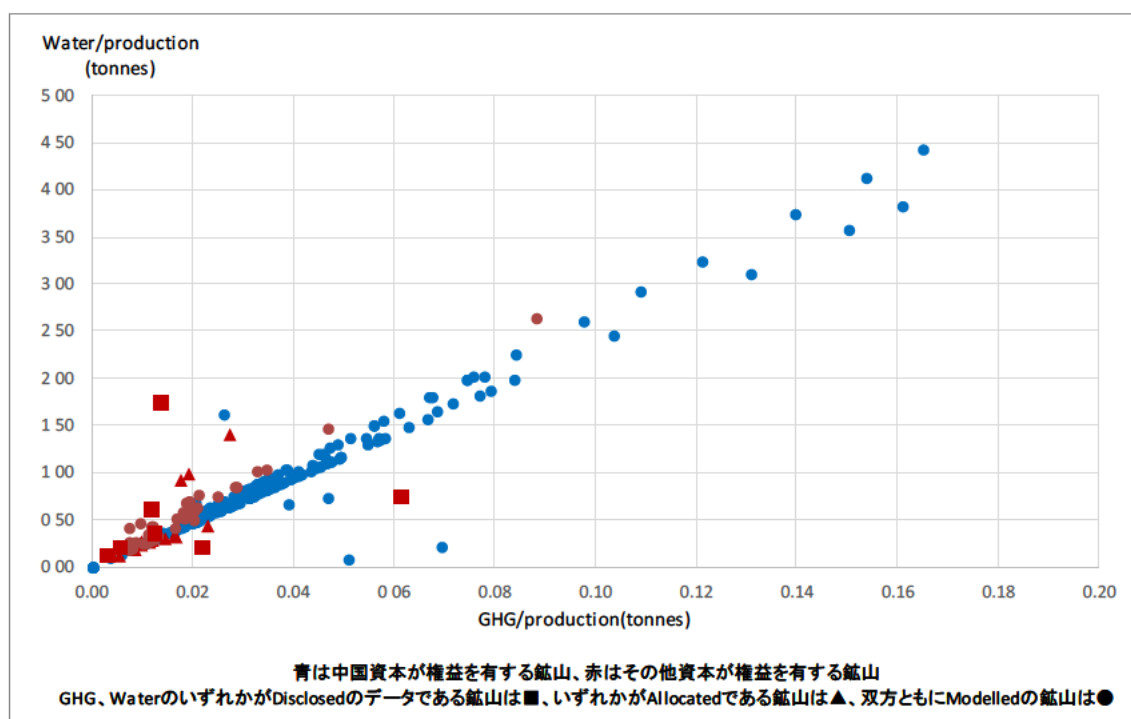


図 7-11 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（鉄鉱石）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 5）鉱山のデータの種別

7-2 に同じ

7-4 鉛

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 7-13 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

7-4 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Lead の重量を生産量として採用した。Paid Lead とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来る鉛の量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Lead の重量は、全世界の鉄鉱石生産量の 51.51% に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

7-2 に同じ

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

7-2 に同じ

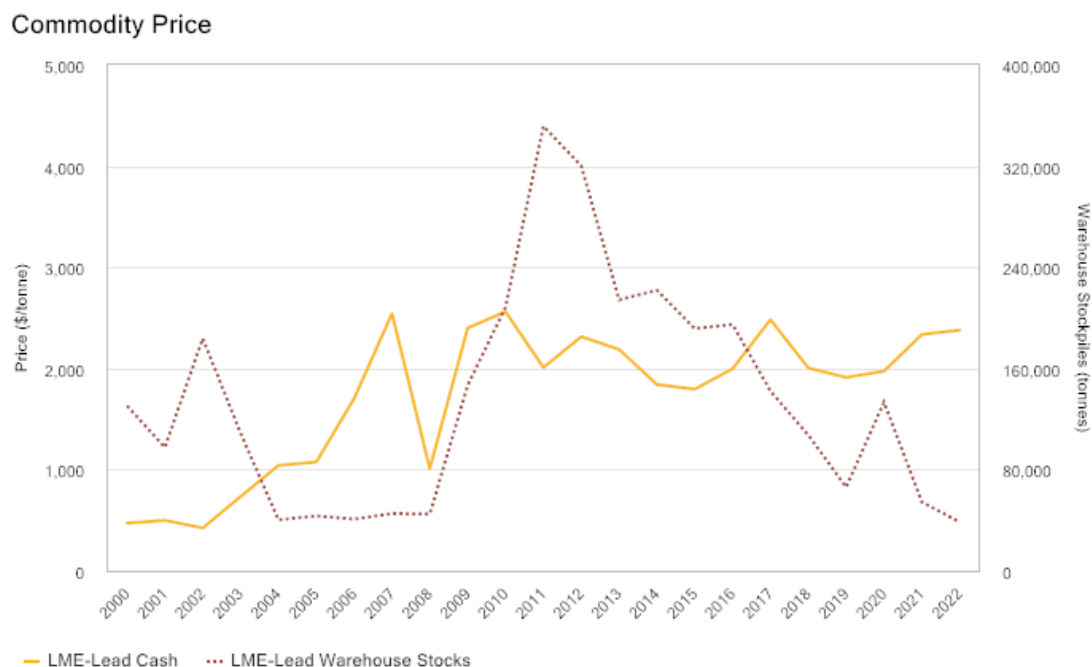


図 7-12 （参考）鉛の価格の推移（2000～2022）

出所：S&P データベース

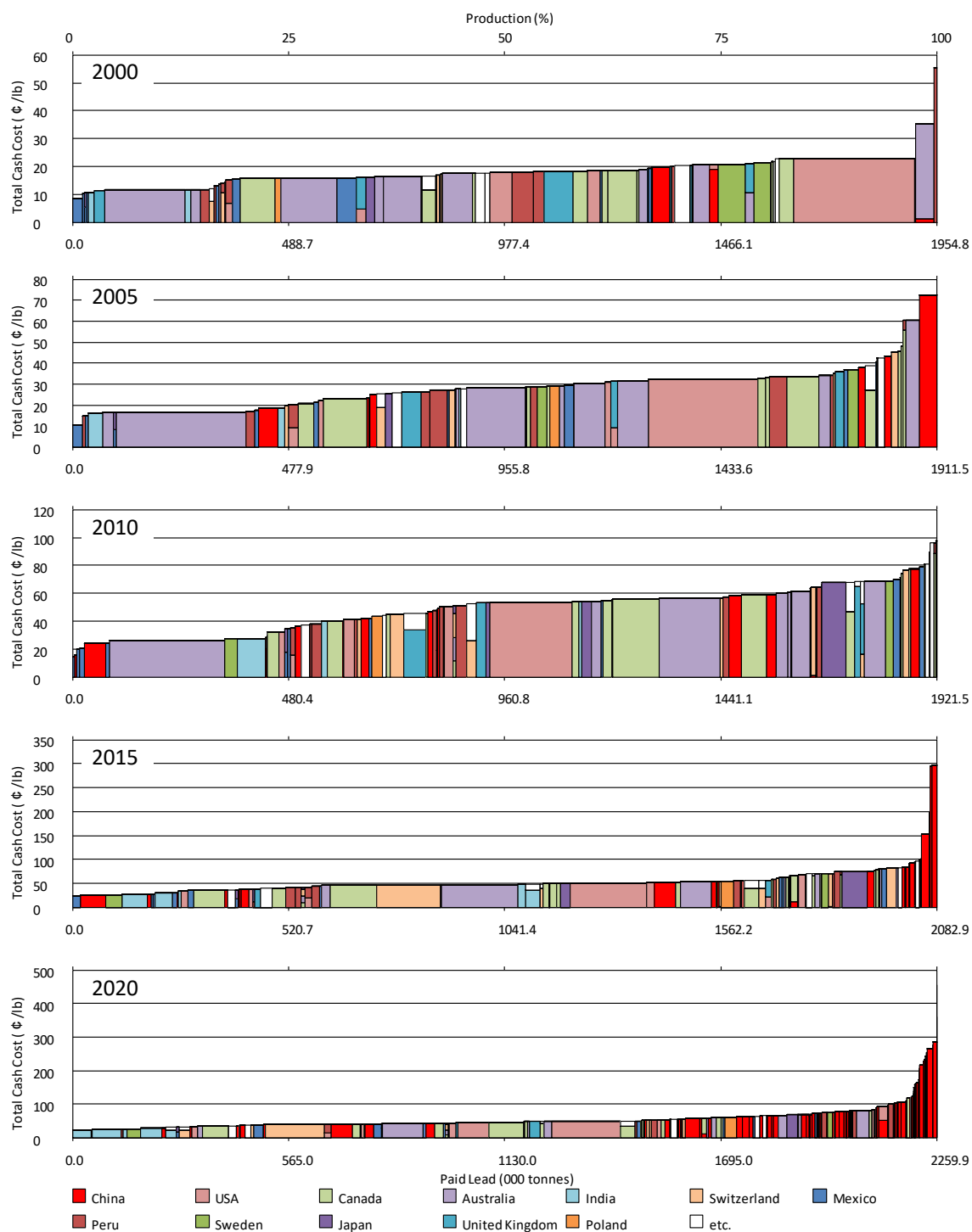


図 7-13 主要鉱山の生産コストカーブ (鉛)
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータをもとに、主要鉱山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に試算したものが表 7-12 と図 7-14 である。中国資本の権益の下で生産される鉛は増加傾向にあり、2000 年に 59 千トンだった生産量は 2020 年には 530 千トンと 9 倍に増加し、全世界の鉛生産に占めるシェアも 2000 年には 1.2%であったのが 2020 年には 8.9%に達する結果となった。

表 7-12 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉛）

	Paid Lead (000 tonnes)				
	2000	2005	2010	2015	2020
China	59	130	176	266	530
USA	369	286	247	261	332
Canada	262	278	306	362	322
Australia	616	648	538	306	230
India	28	52	81	153	212
Switzerland	23	53	83	218	200
Mexico	118	84	73	86	91
Peru	125	158	106	117	75
Sweden	98	47	47	59	52
Japan	23	17	89	93	38
United Kingdom	126	73	72	23	35
Poland	13	21	22	29	30
etc.	96	64	81	111	114
Total	1,955	1,911	1,921	2,083	2,261
China Ratio(%)	1.2	2.8	4.3	10.5	8.9

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

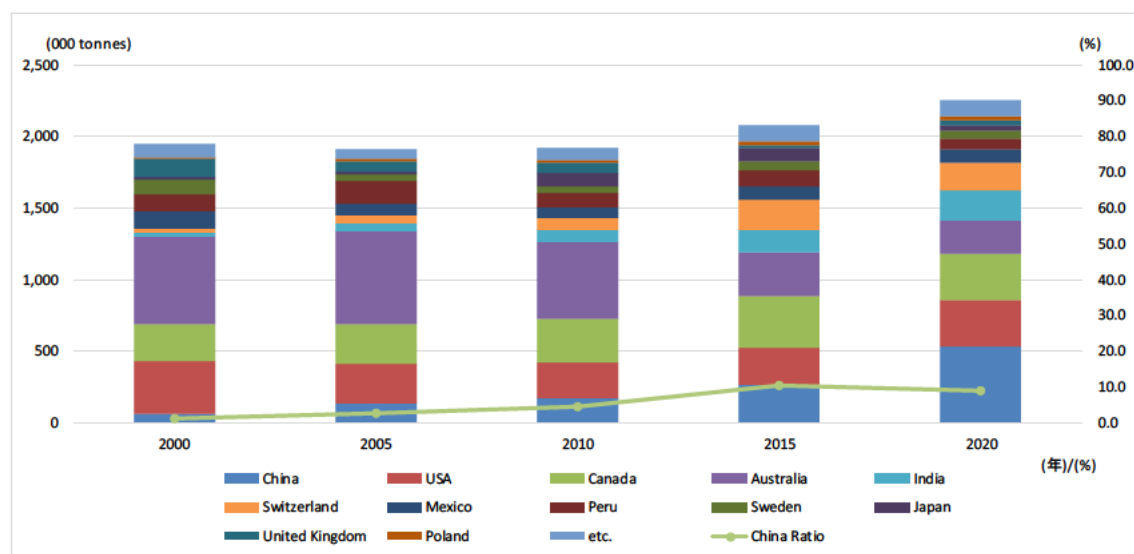


図 7-14 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉛）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また、生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の変遷を試算したものが表 7-13 と図 7-15 である。生産コストの世界平均は上昇傾向を見せる結果となった。中国資本が権益を有する鉱山の生産コストも世界平均と同様の傾向を示した（注 4）。中国資本が権益を有する鉱山について中国国内と中国国外別にみると、中国資本が権益を有する中国国外の鉱山の生産コストは 2010 年は世界平均に比して高かったが、2015 年、2020 年は世界平均を下回る結果となった。

表 7-13 生産コストの平均値の変遷（鉛）

	Total Cash Cost (¢/lb)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	18.1	30.3	52.8	63.3	83.6
②中国資本が権益を有する鉱山	25.4	36.7	48.9	86.4	108.6
②のうち中国国内の鉱山	25.4	36.7	47.9	93.1	110.4
②のうち中国国外の鉱山			64.1	56.6	52.3

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

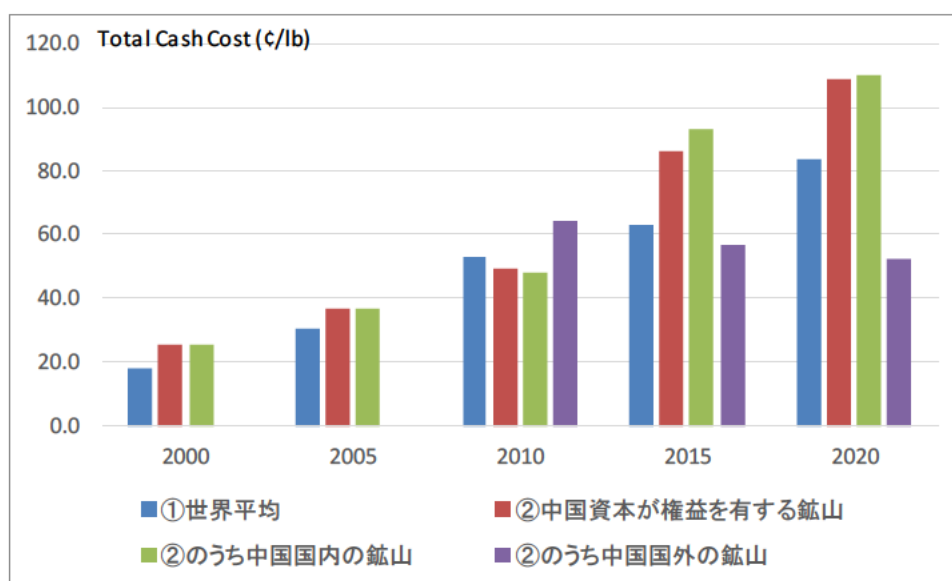


図 7-15 生産コストの平均値の変遷（鉛）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 4）中国資本が権益を有する鉱山

7-2 に同じ

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コスト一部のデータが把握可能な、中国資本が有する鉱山の数は2000年、2005年、2010年、2015年、2020年、それぞれの時点で表 7-14 の通り。S&P データベースで生産コストカーブのデータが得られる中国国内の鉱山は、2015年から2020年にかけて22件から95件へと大幅に増加しているが、海外の鉱山は2010年は1件、2015年は5件、2020年は3件である。

表 7-14 中国資本が権益を有する鉱山数（鉛）

	中国国内	海外	合計
2000	3	0	3
2005	6	0	6
2010	15	1	16
2015	22	5	27
2020	95	3	98

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国資本による海外における主要な鉛鉱山の権益取得状況は表 7-15 の通りである。S&P データベースで生産コストカーブのデータが得られる海外鉱山で最も歴史があるのはペルーの Yauliyacu であり、中国資本は2020年で18.16%の権益を有している。中国資本が権益を有する最大の鉛鉱山は豪州の Broken Hill であり、2020年で生産量は37.9千トン、中国資本の出資比率は100%である。

表 7-15 中国資本の権益取得状況（海外）（鉛）
(2010年、2015年、2020年)

Property		Yauliyacu	Broken Hill	Kyzyl-Tash Turk	Isayacruz	Yauliyacu	Paid Lead(000 tonnes)
Country/Region		Peru	Australia	Russia	Peru	Peru	
Actual Start Up Year		1989	1978	2015	1996	1989	
2010	Paid Lead (000 tonnes)	9.7					9.7
	Owner	China2.5 Switzerland 97.5					
2015	Paid Lead (000 tonnes)	16.8	49.4	1.8	5.4	8.9	82.3
	Owner	China18.16 Canada81.84	China100	China100	China2.4 Switzerland 97.6	China2.4 Switzerland 97.6	
2020	Paid Lead (000 tonnes)	13.16	37.9	3.0			54.1
	Owner	China18.16 Canada81.84	China100	China70 etc.30			

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) GHG 排出量と水使用量の関係

S&P データベースより生産量 1 トンあたりの GHG 排出量、水使用量の関係を散布図で示したのが図 7-16 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種類別に示した（注 5）。その他資本が権益を有する鉱山は生産量 1 トン当たりの GHG 排出量が 3 トン以下、水使用量が 40 トン以下に収まるのに対し、中国資本が権益を有する鉱山については GHG 排出量、水使用量ともに大きい鉱山が目立つ。

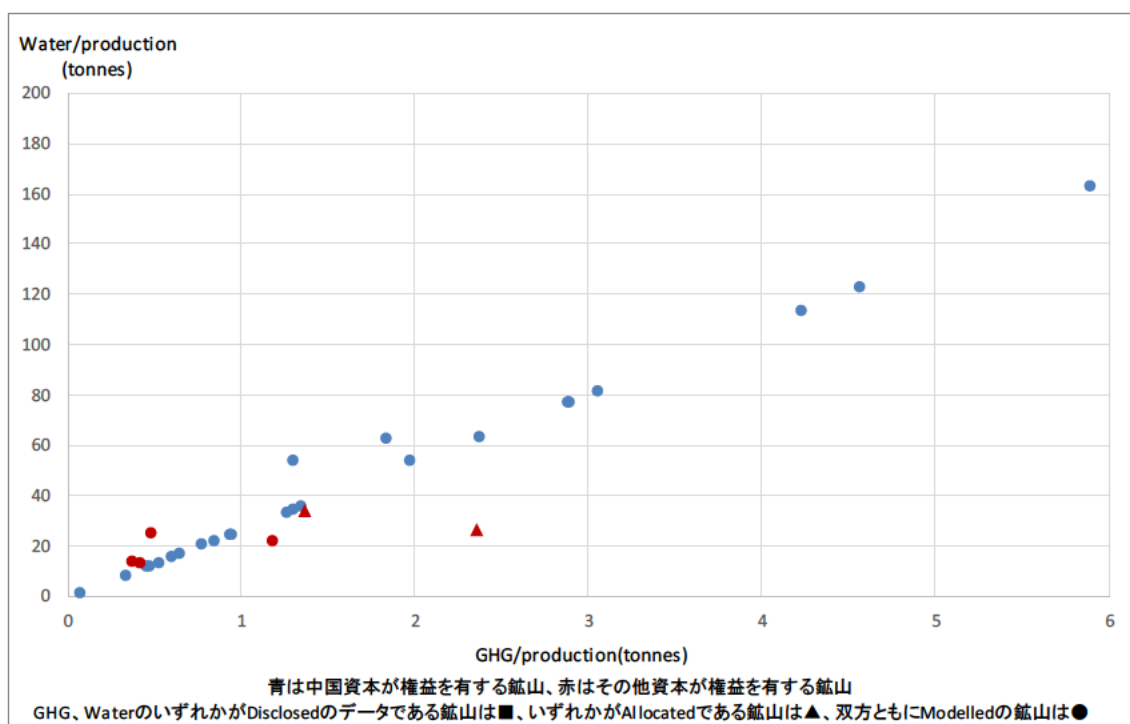


図 7-16 鉱石生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）（鉛）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 5）鉱山のデータの種類

7-2 に同じ

7-5 モリブデン

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 7-18 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

7-5 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Molybdenum の重量を生産量として採用した。Paid Molybdenum とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来るモリブデンの量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid Molybdenum の重量は、全世界のモリブデン生産量の 62.44%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

7-2 に同じ

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

7-2 に同じ

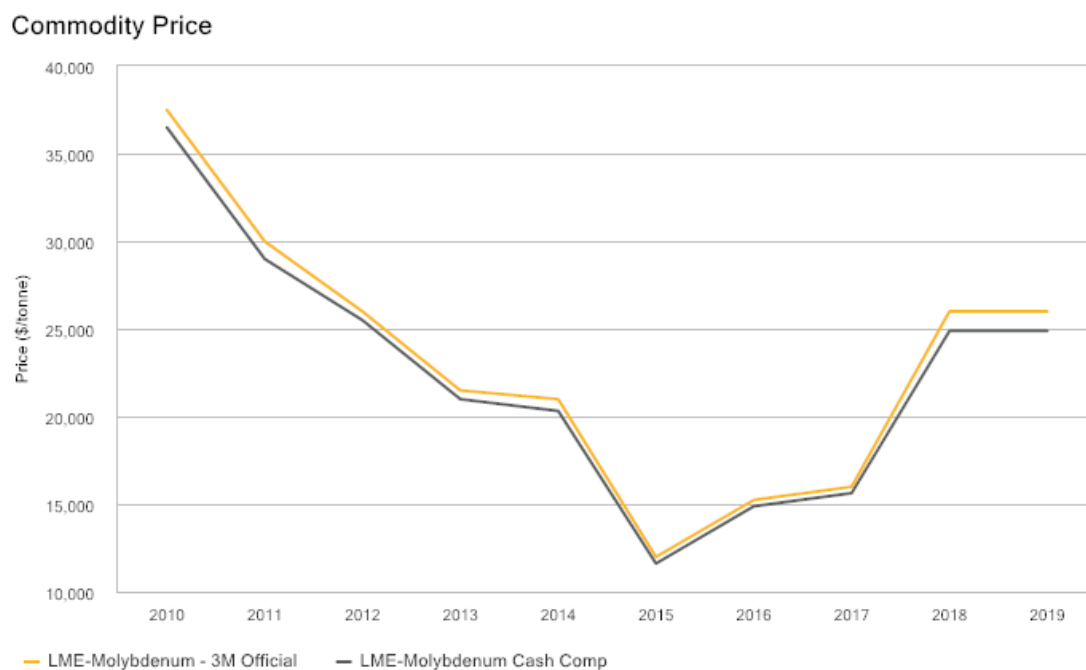


図 7-17 （参考）モリブデンの価格の推移（2010～2022）

出所：S&P データベース

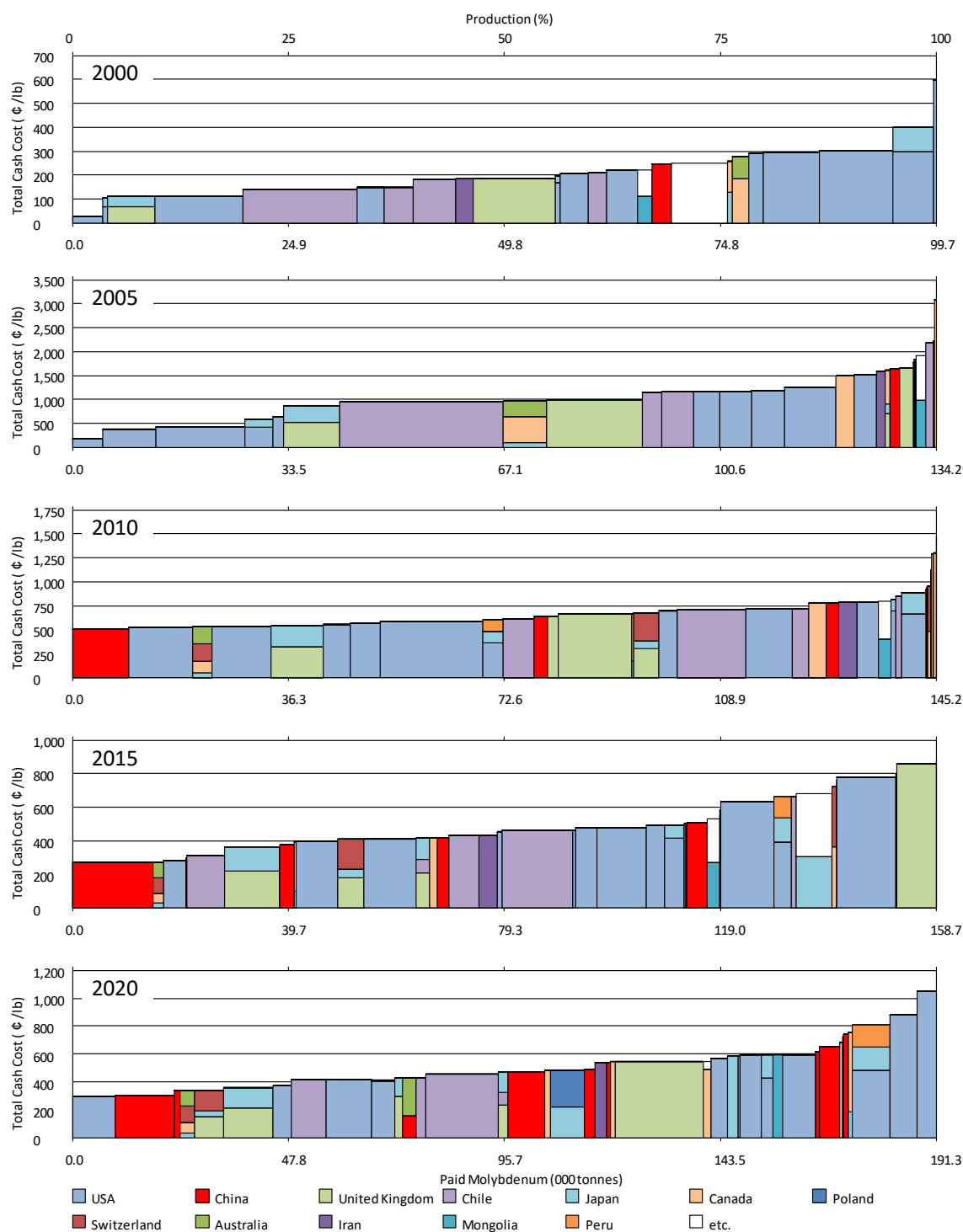


図 7-18 主要鉬山の生産コストカーブ (モリブデン)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータと一部追加のデータ（注）をもとに、主要鉬山の生産量の合計の推移を試算したものが表 7-16 と図 7-19 である。中国資本の権益の下で生産されるモリブデンは増加傾向にあり、2000 年に 14.3 千トンであった生産量は 2020 年には 55.8 千トンに増加し、全世界の生産量に占めるシェアも 2000 年は 12.8%であったのが 2020 年には 26.1%に達する結果となった。

（注 4）一部追加のデータ

生産コストカーブではカバーされていない、生産量が上位にランクインする以下の主要鉬山について別途 S&P データベースより生産量(commodity production)の数値を収集し、これを生産コストカーブから得られる生産量のデータに追加して作表・作図を行った。

生産コストカーブに記載がなかった主要鉬山

生産量の世界順位 (2020 年)	鉬山名称	所在国
3	Jinduicheng	China
11	Luming	China

表 7-16 主要鉬山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（モリブデン）

Paid Molybdenum (000 tonnes)					
	2000	2005	2010	2015	2020
USA	44.8	57.3	67.8	64.4	61.2
China	14.3	13.9	27.9	49.1	55.8
United Kingdom	12.9	22.4	21.3	16.7	31.0
Chile	23.6	34.8	20.6	26.8	26.9
Japan	3.9	5.4	6.3	10.1	15.0
Canada	1.6	7.6	5.0	3.0	6.4
Poland	0.0	0.0	0.0	0.5	4.3
Switzerland	0.0	0.0	3.2	3.3	4.0
Australia	0.6	2.3	1.1	0.6	3.0
Iran	1.9	1.4	3.1	3.4	2.6
Mongolia	0.9	0.7	1.1	1.1	2.0
Peru	0.0	0.0	0.6	0.6	1.6
etc.	7.3	0.7	1.1	4.8	0.3
Total	111.8	146.5	159.1	184.4	214.1
China Ratio(%)	12.8	9.5	17.5	26.6	26.1

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

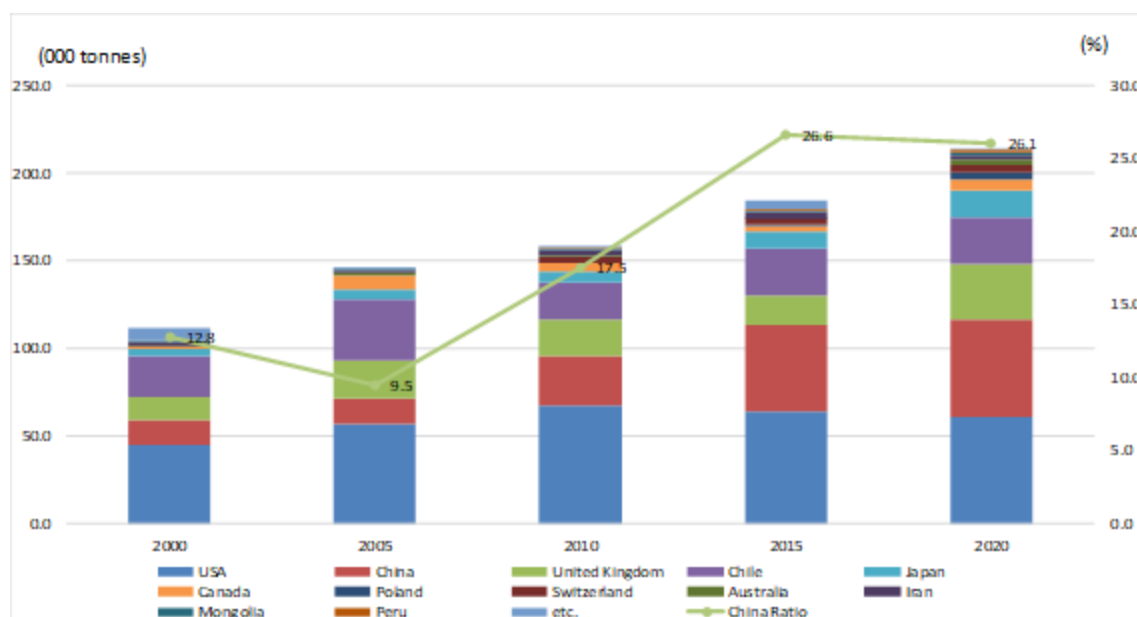


図 7-19 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（モリブデン）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また、生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の変遷を試算したものが表 7-17 と図 7-20 である。生産コストの世界平均は 2000 年から 2005 年まで急上昇し、その後は下降傾向を見せる結果となった。中国資本が権益を有する鉱山の生産コストは世界平均と同様の傾向がみられる（注 4）。中国資本が権益を有する鉱山のうち中国国外の鉱山の生産コストは 2020 年で世界平均を下回る結果となった。

表 7-17 生産コストの平均値の変遷（モリブデン）

	Total Cash Cost (£/lb)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	222	1,338	774	499	540
②中国資本が権益を有する鉱山	245	1,737	813	437	520
②のうち中国国内の鉱山	245	1,737	813	437	545
②のうち中国国外の鉱山					383

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

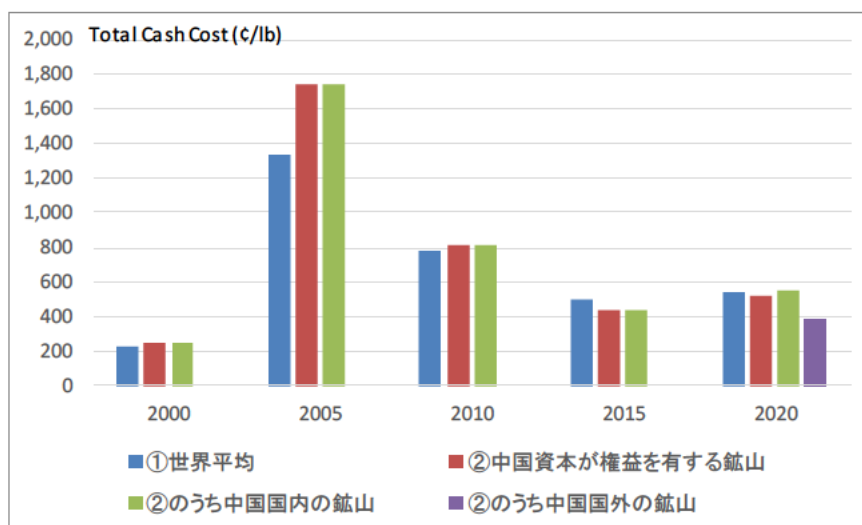


図 7-20 生産コストの平均値の変遷 (モリブデン)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(注 5) 中国資本が権益を有する鉱山

7-2 に同じ

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コストカーブのデータが把握可能な、中国資本が有する鉱山の数は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で表 7-18 の通り。2000 年から 2015 年にかけて、中国資本が海外で権益を有するモリブデン鉱山は同データベースでは確認できなかったが、2020 年には 2 件の海外鉱山の権益保有を確認することができる。

表 7-18 中国資本が権益を有する鉱山数 (モリブデン)

	中国国内	海外	合計
2000	1		1
2005	2		2
2010	6		6
2015	8		8
2020	11	2	13

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国資本による海外における主要な鉱山の権益取得状況は表 7-19 の通りである。
中国資本が海外で権益を有するモリブデン鉱山はペルーの Toromocho と Las Bambas であるが、いずれも大型の銅鉱山であり（5-3 参照）、モリブデンは銅の副産物として生産されている。

表 7-19 中国資本の権益取得状況（海外）（モリブデン）

Property		Toromocho	Las Bambas	Paid Lead(000 tonnes)
Country/Region		Peru	Peru	
Actual Start Up Year		2015	2015	
2020	Paid Molybdenum (000 tonnes)	1.1	3.0	4.1
	Owner	China100	China37.5 Australia62.5	

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) GHG 排出量と水使用量の関係

S&P データベースより GHG 排出量、水使用量のデータが得られるモリブデン鉱山は、以下の米国資本が権益を保有する米国の 2 鉱山のみである。

表 7-20 モリブデン鉱山の GHG 排出量、水使用量（2 鉱山）（モリブデン）

No.	Property	Country/Region	Equity Owner(s) (Ownership %)	Paid Molybdenum (000 tonnes)	Total Cash Cost (¢/lb)	Owner	GHG_Output_2020 (tonnesCO ₂ e)	Water_Output_2020 (m ³)	GHG_Flag_2020	Water_Flag_2020
44	Climax	USA	Freeport-McMoRan Inc. (100.00)	6	878.77	USA100	762,242	33,063,131	Modelled	Modelled
45	Henderson	USA	Freeport-McMoRan Inc. (100.00)	4.3	1049.72	USA100	697,660	31,063,565	Modelled	Modelled

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

7-6 パラジウム

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 7-22 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

7-6 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Palladium の重量を生産量として採用した。Paid Palladium とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来るパラジウムの量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid Palladium の重量は、全世界のパラジウム生産量の 93.72%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

7-2 に同じ

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

7-2 に同じ

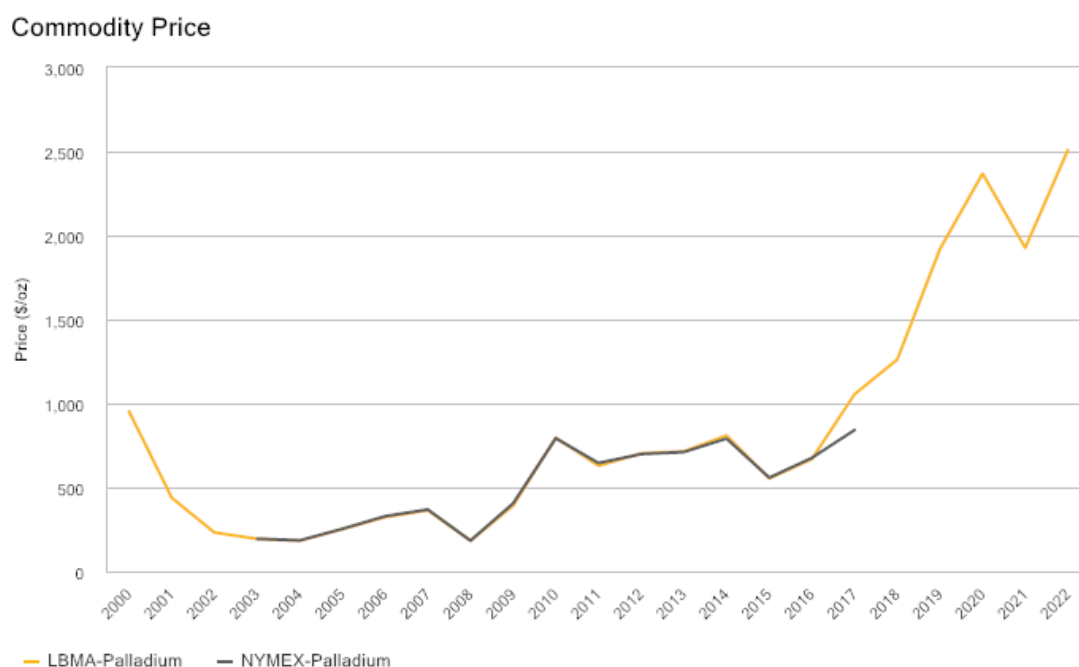


図 7-21 （参考）パラジウムの価格の推移（2000～2022）

出所：S&P データベース

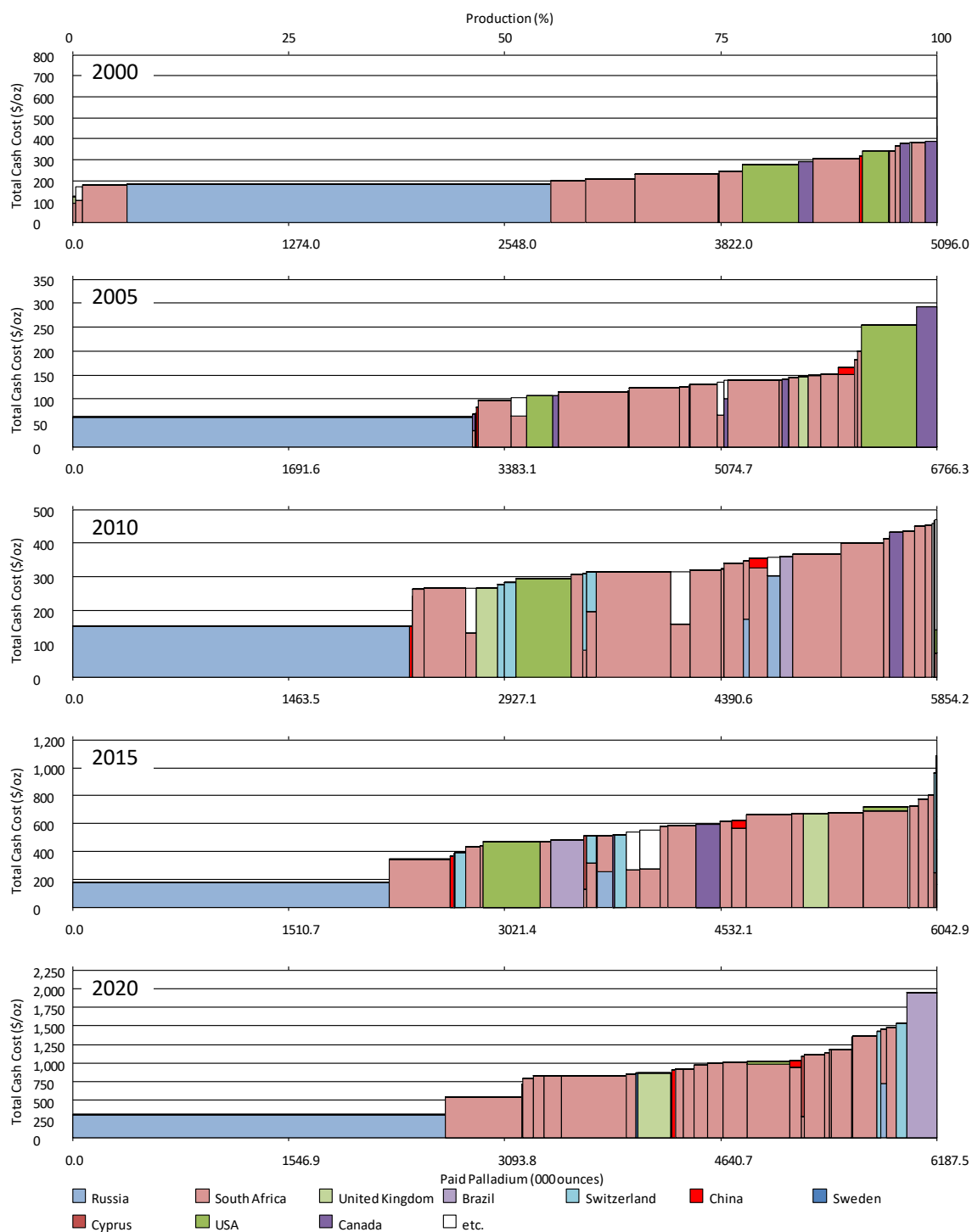


図 7-22 主要鉱山の生産コストカーブ（パラジウム）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータをもとに、主要鉱山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に試算したものが表 7-21 と図 7-23 である。

パラジウムは全世界の約 9 割がロシアと南アフリカの 2 か国の資本の権益の下で生産されており、中国資本の権益の下で生産されるパラジウムは 1%にも満たない結果となった。

表 7-21 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（パラジウム）

	Paid Palladium (000 ounces)				
	2000	2005	2010	2015	2020
Russia	2,500	3,133	2,368	2,266	2,691
South Africa	1,850	2,514	2,437	2,383	2,857
United Kingdom	10	73	145	177	236
Brazil		2	88	233	217
Switzerland			165	193	101
China	15	31	35	34	35
Sweden					18
Cyprus				14	16
USA	484	628	376	416	12
Canada	205	296	96	193	4
etc.	33	89	146	135	
Total	5,096	6,766	5,854	6,043	6,188
China Ratio(%)	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

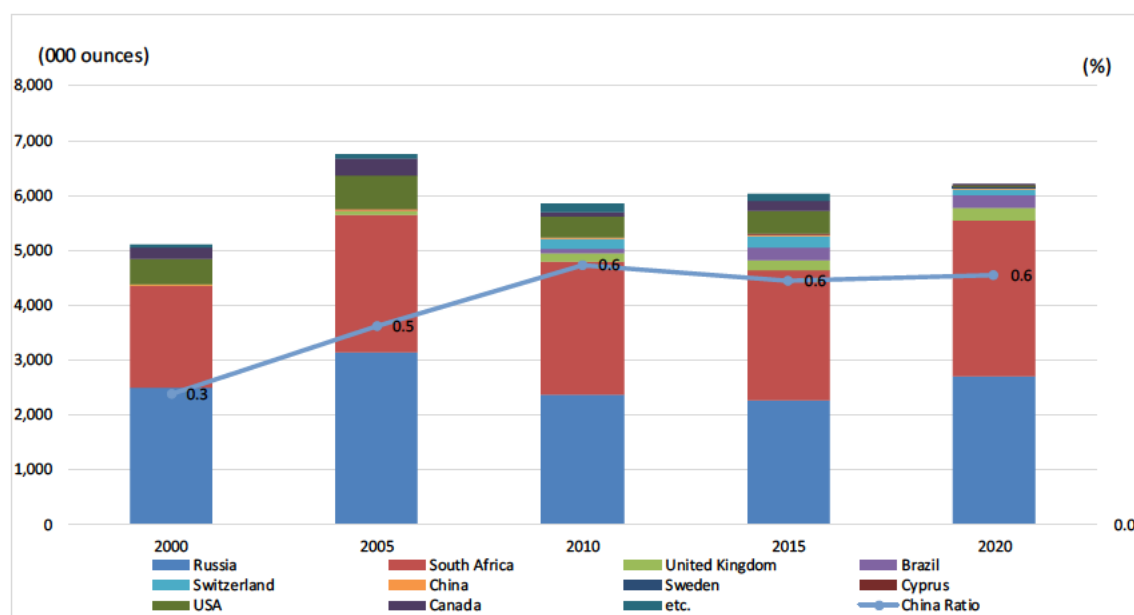


図 7-23 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また、生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の変遷を試算したものが表 7-22 と図 7-24 である。生産コストの世界平均は 2000 年から 2005 年まで下降し、その後は上昇傾向を見せる結果となった。中国資本が権益を有する鉱山の生産コストは世界平均と同様の傾向がみられる（注 4）。中国資本が権益を有する鉱山について中国国内と中国国外別にみると、中国資本が権益を有する中国国外の鉱山の生産コストは 2015 年までは世界平均に比して高かったが、2020 年は世界平均を下回る結果となった。

表 7-22 生産コストの平均値の変遷（パラジウム）

	Total Cash Cost (\$/oz)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	320.7	132.8	340.1	574.1	1041.1
②中国資本が権益を有する鉱山	493.6	106.3	268.8	544.5	1058.3
②のうち中国国内の鉱山	493.6	86.5	239.8	519.1	1064.9
②のうち中国国外の鉱山		165.8	355.8	620.9	1038.5

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

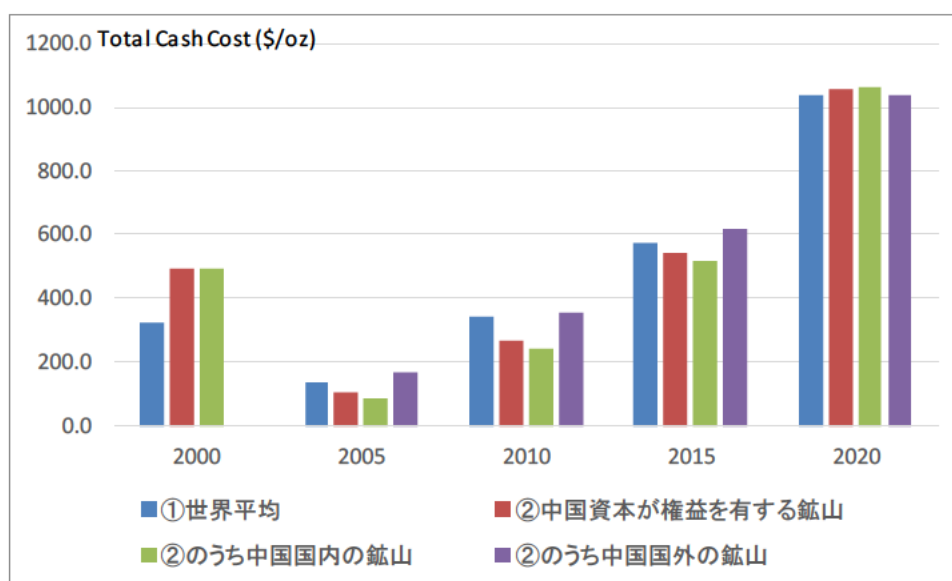


図 7-24 生産コストの平均値の変遷（パラジウム）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 4）中国資本が権益を有する鉱山

7-2 に同じ

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コスト一部のデータが把握可能な、中国資本が権益を有する鉱山の数 は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で以下の通り。

表 7-23 中国資本が権益を有する鉱山数（パラジウム）

	中国国内	海外	合計
2000	2		2
2005	3	1	4
2010	3	1	4
2015	3	1	4
2020	3	1	4

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国資本が海外で権益を有するパラジウム鉱山は南アフリカにある Modikwa のみである。中国 8.5%、南アフリカ 91.5%の資本構成で、2020 年の生産量は 80.8 千オンスとなっている。

表 7-24 中国資本の権益取得状況（海外）（パラジウム）

Property		Modikwa
Country/Region		South Africa
Actual Start Up Year		2002
2005	Paid Palladium (000 ounces)	127.7
	Owner	China8.5, South Africa91.5
2010	Paid Palladium (000 ounces)	127.1
	Owner	China8.5, South Africa91.5
2015	Paid Palladium (000 ounces)	103.0
	Owner	China8.5, South Africa91.5
2020	Paid Palladium (000 ounces)	80.8
	Owner	China8.5, South Africa91.5

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) GHG 排出量と水使用量の関係

S&P データベースより GHG 排出量、水使用量のデータが取得できる鉱山は以下の鉱山のみである。

表 7-25 パラジウム鉱山の GHG 排出量、水使用量（6 鉱山）（パラジウム）

Property	Country/Region	Equity Owner(s) (Ownership %)	Paid Palladium (000 ounces)	Total Cash Cost (\$/oz)	Owner	GHG_Output_2020 (tonnesCO2e)	Water_Output_2020 (m3)	GHG_Flag_2020	Water_Flag_2020
Stillwater	USA	Sibanye Stillwater Ltd. (100.00)	468	837.18	South Africa100	14,867	473,790	Modelled	Modelled
Lac des Iles	Canada	Impala Platinum Holdings Ltd. (100.00)	172.5	1006.82	South Africa100	26,412	1,145,011	Modelled	Modelled
Mogalakwena	South Africa	Anglo American Platinum Ltd. (100.00)	545.3	547.52	South Africa100	949,122	10,440,000	Disclosed	Disclosed
Marula	South Africa	Impala Platinum Holdings Ltd. (73.00) Marula Community Trust (9.00) Mmakau Mining (Pty.) Ltd. (9.00) Tubatse Platinum (Pty) Ltd. (9.00)	79.6	918.51	South Africa100	182,613	1,412,000	Disclosed	Disclosed
Modikwa	South Africa	Anglo American Platinum Ltd. (50.00) African Rainbow Minerals Ltd. (41.50) Private Interest (8.50)	80.8	1038.45	South Africa91.5 China8.5	112,072	1,256,660	Disclosed	Disclosed
Norilsk	Russia	Public Joint Stock Company Mining and Metallurgical Company Norilsk Nickel (100.00)	2670.5	313.53	Russia100	2,431,995	20,984,987	Modelled	Modelled

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

7-7 プラチナ

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 7-26 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

7-7 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Platinum の重量を生産量として採用した。Paid Platinum とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来るプラチナの量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid Platinum の重量は、全世界のプラチナ生産量の 91.06%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

7-2 に同じ

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

7-2 に同じ

Commodity Price

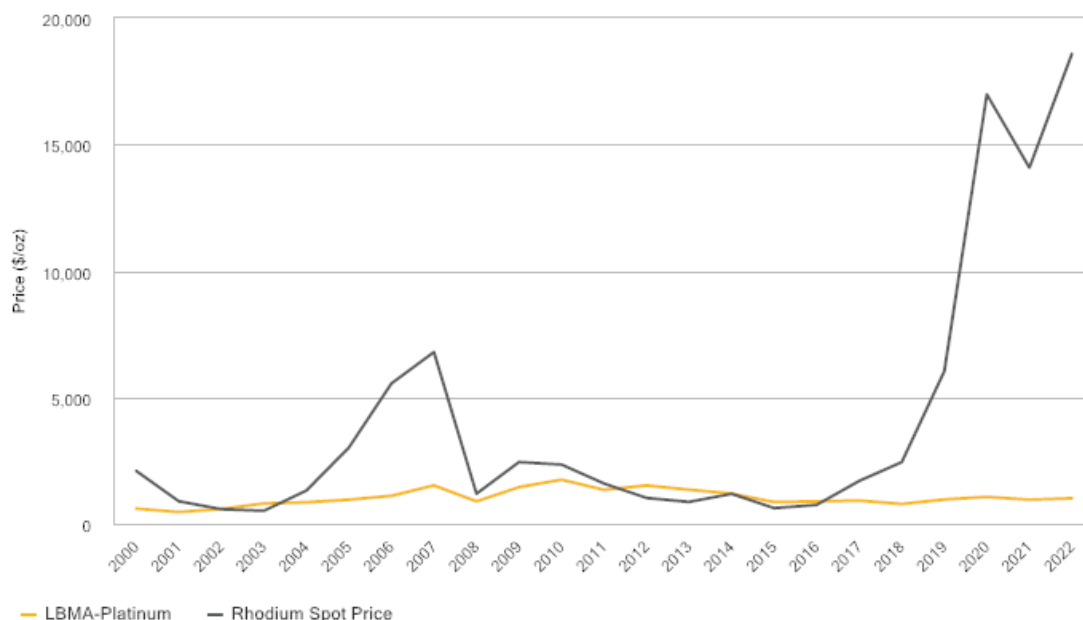


図 7-25 （参考）プラチナの価格の推移（2000～2022）

出所：S&P データベース

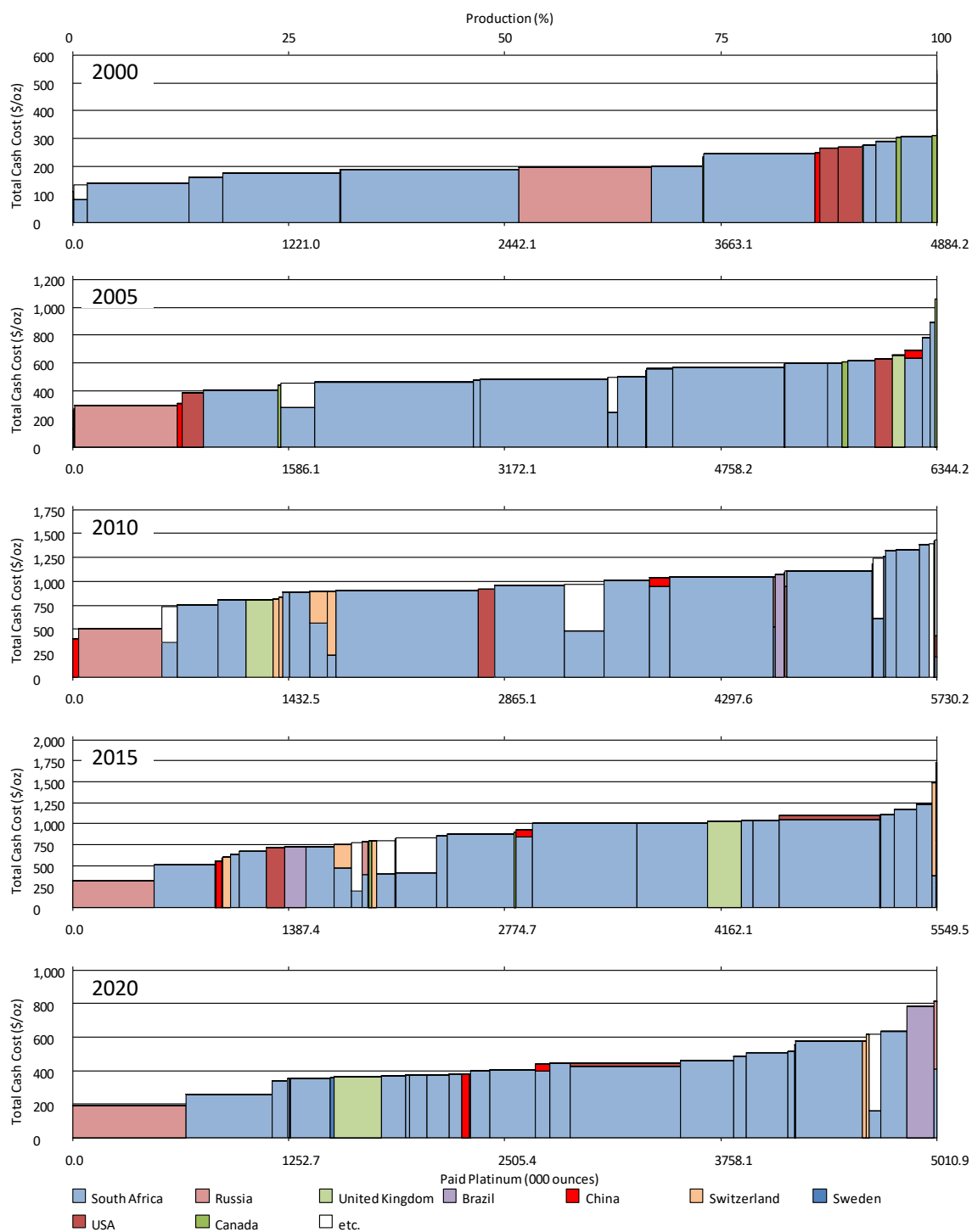


図 7-26 主要鉱山の生産コストカーブ（プラチナ）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータをもとに、主要鉱山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に試算したものが表 7-26 と図 7-27 である。プラチナは全世界の約 7 割が南アフリカ資本の権益の下で生産されており、中国資本の権益の下で生産されるプラチナは 1%程度である。それでも中国資本の権益下での生産量とシェアは着実に伸びており、2000 年から 2020 年にかけて生産量は 30 千オンスから 57 千オンスに、シェアは 0.6%から 1.1%に増加する結果となった。

表 7-26 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（プラチナ）

Paid Platinum (000 ounces)					
	2000	2005	2010	2015	2020
South Africa	3,762	4,934	4,328	4,016	3,707
Russia	750	752	575	545	665
United Kingdom	8	88	181	218	276
Brazil	0	4	55	140	157
China	30	50	53	52	57
Switzerland	0	0	151	137	40
Sweden	0	0	0	0	27
USA	238	283	113	145	25
Canada	56	91	10	46	6
etc.	41	143	264	250	50
Total	4,884	6,344	5,730	5,549	5,011
China Ratio(%)	0.6	0.8	0.9	0.9	1.1

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

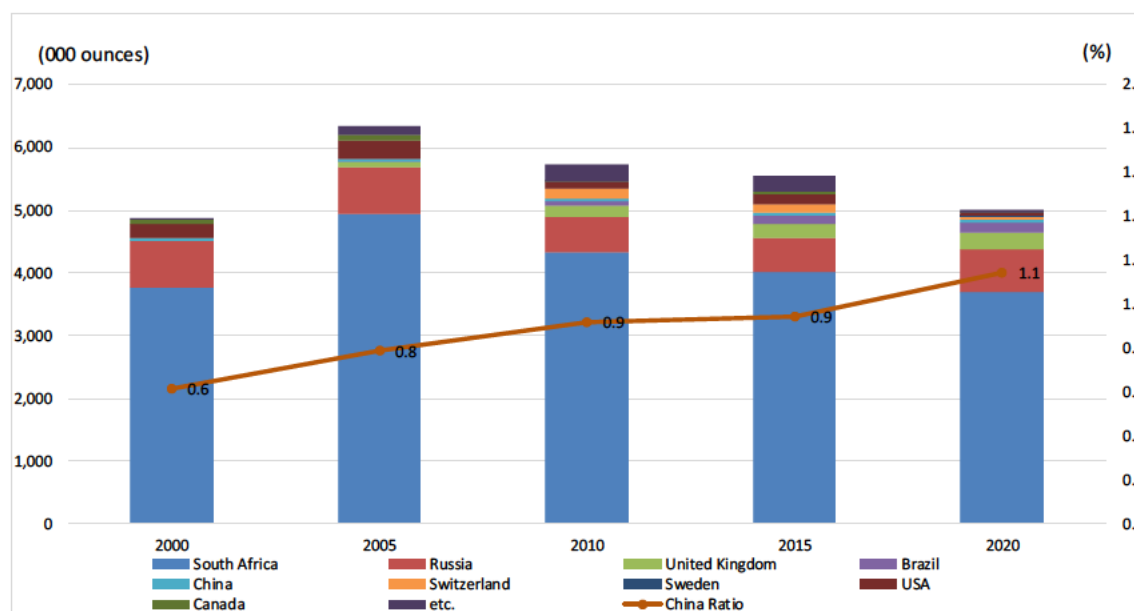


図 7-27 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（プラチナ）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また、生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の変遷を試算したものが表 7-27 と図 7-28 である。生産コストの世界平均は 2000 年から 2005 年まで下降し、その後は上昇傾向を見せる結果となった。中国資本が権益を有する鉱山の生産コストは世界平均と同様の傾向がみられる（注 4）。中国資本が権益を有する鉱山について中国国内と中国国外別にみると、中国資本が権益を有する中国国外の鉱山の生産コストは 2015 年までは世界平均に比して高かったが、2020 年は世界平均を下回る結果となった。

表 7-27 生産コストの平均値の変遷（プラチナ）

	Total Cash Cost (\$/oz)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	263.6	531.9	1006.5	874.3	452.4
②中国資本が権益を有する鉱山	391.8	429.3	789.5	824.0	438.5
②のうち中国国内の鉱山	391.8	340.8	705.4	790.4	439.2
②のうち中国国外の鉱山		695.0	1041.7	924.9	436.5

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

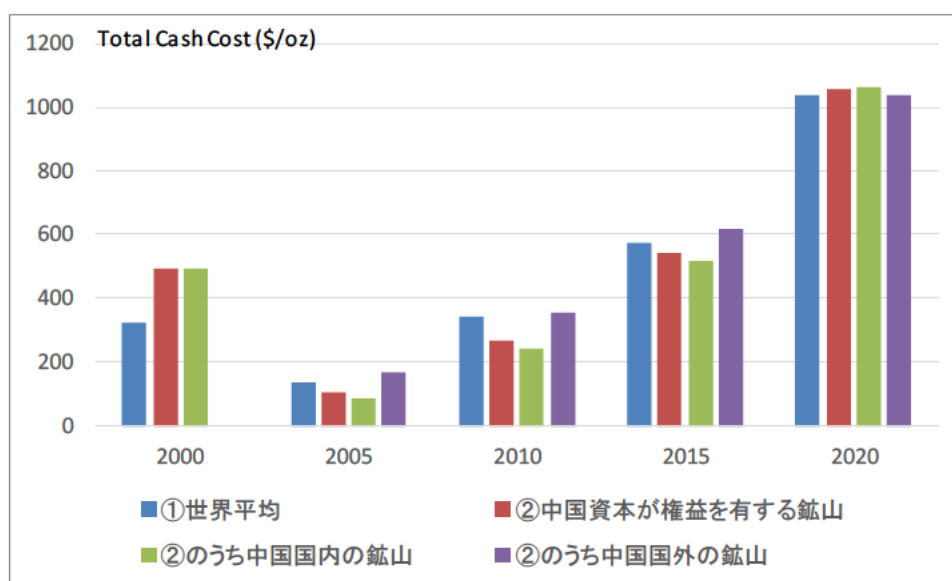


図 7-28 生産コストの平均値の変遷（プラチナ）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 4）中国資本が権益を有する鉱山

7-2 に同じ

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コストカーブのデータが把握可能な、中国資本が有する鉱山の数は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で以下の通り。

表 7-28 中国資本が権益を有する鉱山数（プラチナ）

	中国国内	海外	合計
2000	2		2
2005	3	1	4
2010	3	1	4
2015	3	1	4
2020	3	1	4

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国資本が海外で権益を有するプラチナ鉱山は、南アフリカにあるパラジウムも産出する Modikwa のみである。中国 8.5%、南アフリカ 91.5%の資本構成で、2020 年の生産量は 84.4 千オンスとなっている。

表 7-29 中国資本の権益取得状況（海外）（プラチナ）

Property		Modikwa
Country/Region		South Africa
Actual Start Up Year		2002
2005	Paid Platinum (000 ounces)	128.2
	Owner	China8.5, South Africa91.5
2010	Paid Platinum (000 ounces)	134.9
	Owner	China8.5, South Africa91.5
2015	Paid Platinum (000 ounces)	104.8
	Owner	China8.5, South Africa91.5
2020	Paid Platinum (000 ounces)	84.4
	Owner	China8.5, South Africa91.5

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) GHG 排出量と水使用量の関係

S&P データベースより生産量 1,000 オンス (28.3495kg) あたりの GHG 排出量、水使用量の関係を散布図で示したのが図 7-29 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種別別に示した（注 5）。なお、中国資本が権益を有する鉱山については GHG 排出量と水使用量のデータは得られなかった。

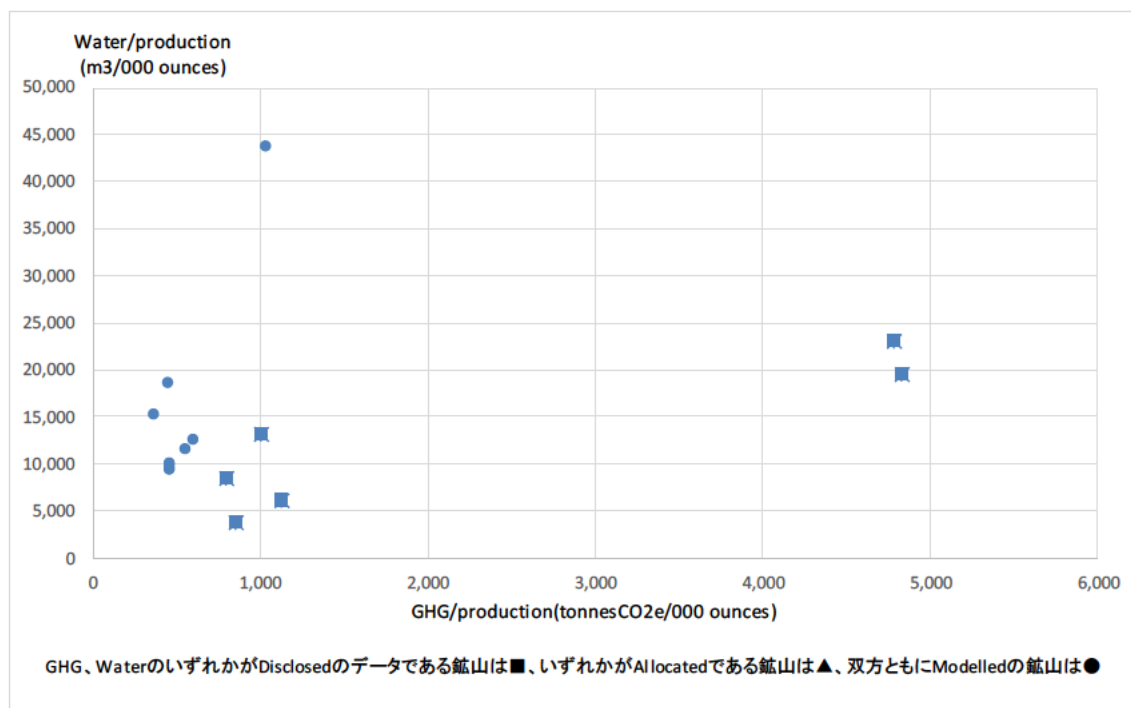


図 7-29 GHG 排出量と水使用量の関係（プラチナ）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 5）鉱山のデータの種別

7-2 に同じ

7-8 ロジウム

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 7-30 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

7-8 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Rhodium の重量を生産量として採用した。Paid Rhodium とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来るロジウムの量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid Rhodium の重量は、全世界のロジウム生産量の 90.94%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

7-2 に同じ

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

7-2 に同じ

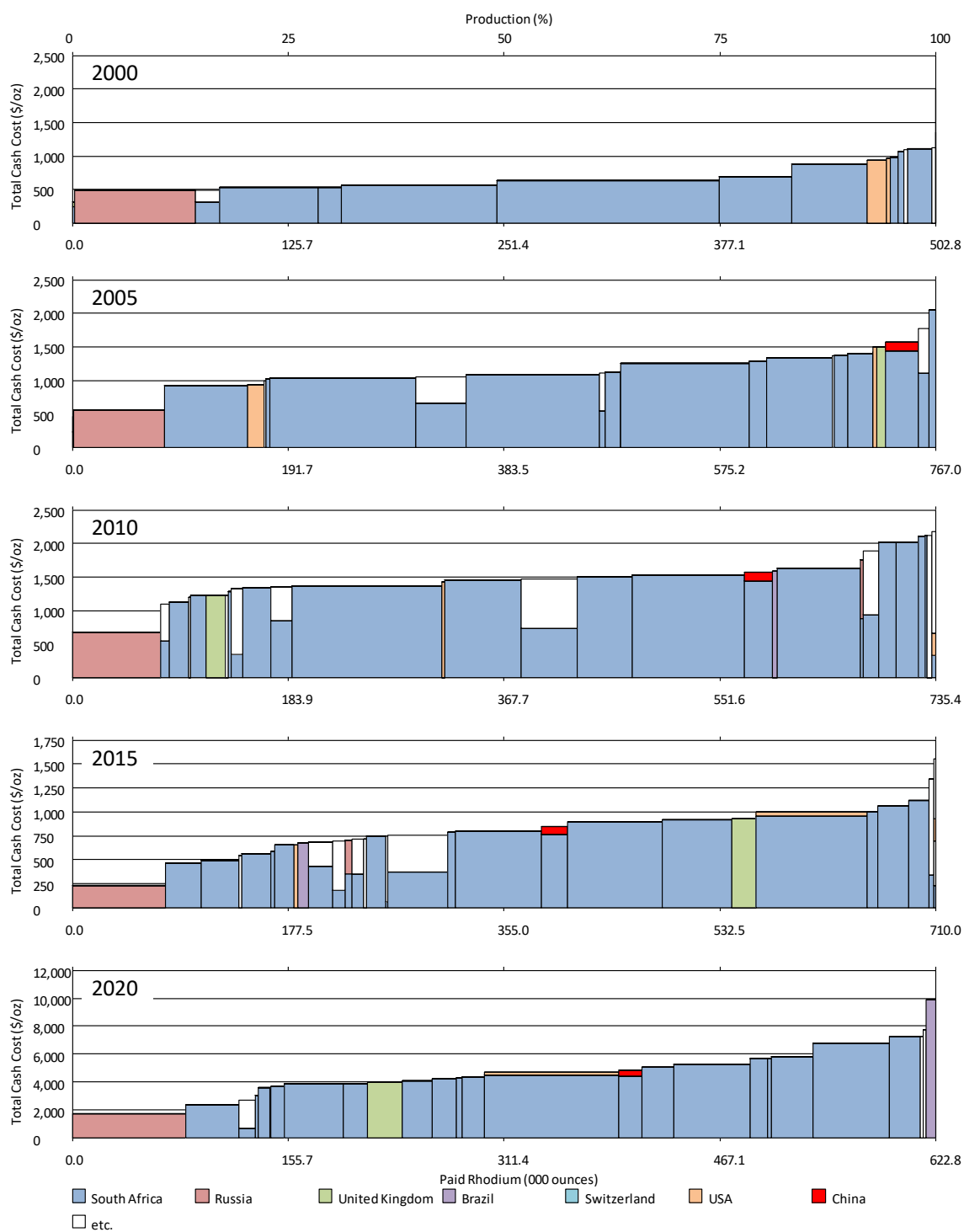


図 7-30 主要鉱山の生産コストカーブ（ロジウム）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータをもとに、主要鉱山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に見たものが表 7-30 と図 7-31 である。プラチナと同様にロジウムも南アフリカ資本の権益の下で生産される量が多く、約 8 割を占めている。中国資本の権益下での生産量とシェアは小さく、2005 年から 2020 年にかけてシェアは 0.2%から 0.3%の間を推移している。

表 7-30 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（ロジウム）

Paid Rhodium (000 ounces)					
	2000	2005	2010	2015	2020
South Africa	409	631	575	539	491
Russia	70	80	76	79	82
United Kingdom	0	8	16	20	25
Brazil			4	9	7
Switzerland			19	15	4
USA	14	17	2	7	4
China		3	2	2	1
etc.	9	28	41	39	9
Total	503	767	736	710	623
China Ratio(%)		0.3	0.3	0.3	0.2

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

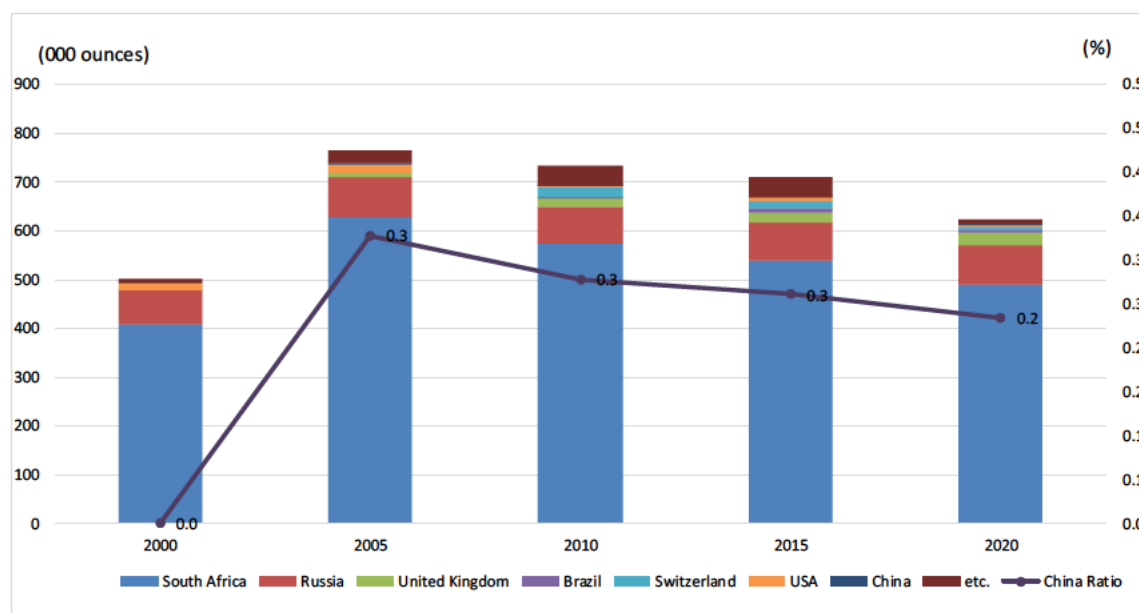


図 7-31 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（ロジウム）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の変遷を試算したものが表 7-31 と図 7-32 である。生産コストの世界平均は 2000 年から 2015 年まで 1 オンス

あたり約 800 ドルから約 1,500 ドルの水準を推移していたが、2020 年には一気に 4,800 ドル近くにまで高騰する結果となった。中国資本が権益を有する鉱山の生産コストも世界平均と同様の傾向を見せる結果となった（注 4）。

表 7-31 生産コストの平均値の変遷（ロジウム）

	Total Cash Cost (\$/oz)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	877	1,220	1,530	789	4,828
②中国資本が権益を有する鉱山		1,577	1,576	844	4,835

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

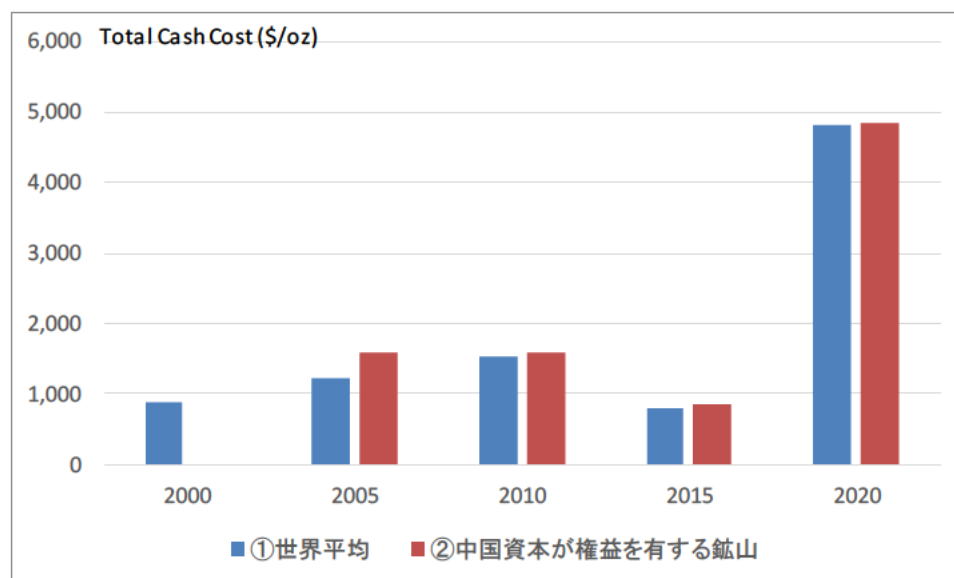


図 7-32 生産コストの平均値の変遷（ロジウム）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 4）中国資本が権益を有する鉱山

7-2 に同じ

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コスト一部のデータが把握可能な、中国資本が権益を有する鉱山は 2000 年は無し、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年は海外の 1 鉱山のみである。

表 7-32 中国資本が権益を有する鉱山数（ロジウム）

	中国国内	海外	合計
2000			0
2005		1	1
2010		1	1
2015		1	1
2020		1	1

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国資本が権益を有するロジウム鉱山は、南アフリカにあるパラジウム、プラチナも産出する Modikwa のみである。中国 8.5%、南アフリカ 91.5%の資本構成で、2020 年の生産量は 17.2 千オンスとなっている。

表 7-33 中国資本の権益取得状況（海外）（ロジウム）

Property		Modikwa
Country/Region		South Africa
Actual Start Up Year		2002
2005	Paid Rhodium (000 ounces)	29.6
	Owner	China8.5, South Africa91.5
2010	Paid Rhodium (000 ounces)	24.1
	Owner	China8.5, South Africa91.5
2015	Paid Rhodium (000 ounces)	21.8
	Owner	China8.5, South Africa91.5
2020	Paid Rhodium (000 ounces)	17.2
	Owner	China8.5, South Africa91.5

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) GHG 排出量と水使用量の関係

S&P データベースではロジウム鉱山の GHG 排出量、水使用量のデータは得られなかった。

7-9 銀

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 7-34 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

7-9 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Silver の重量を生産量として採用した。Paid Silver とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来る銀の量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid Silver の重量は、全世界の銀生産量の 72.84%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

7-2 に同じ

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

7-2 に同じ

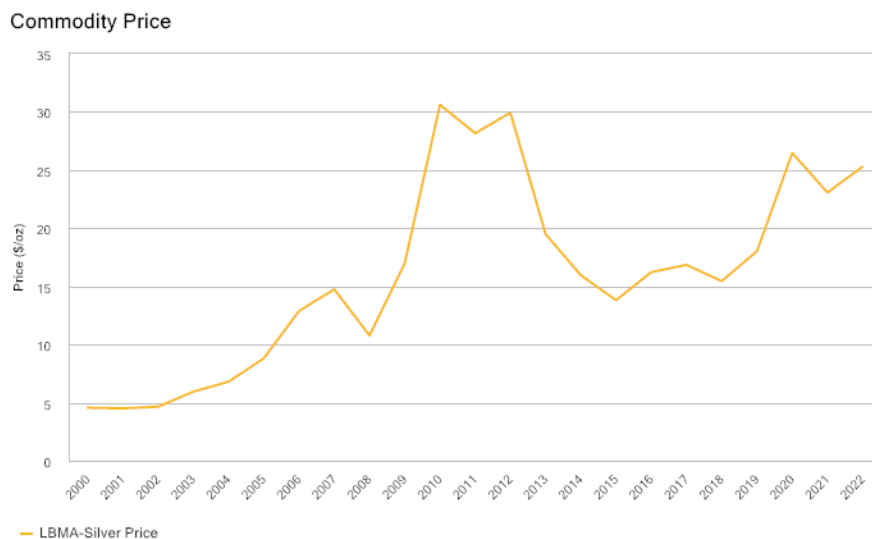


図 7-33 （参考）銀の価格の推移（2000～2022）

出所：S&P データベース

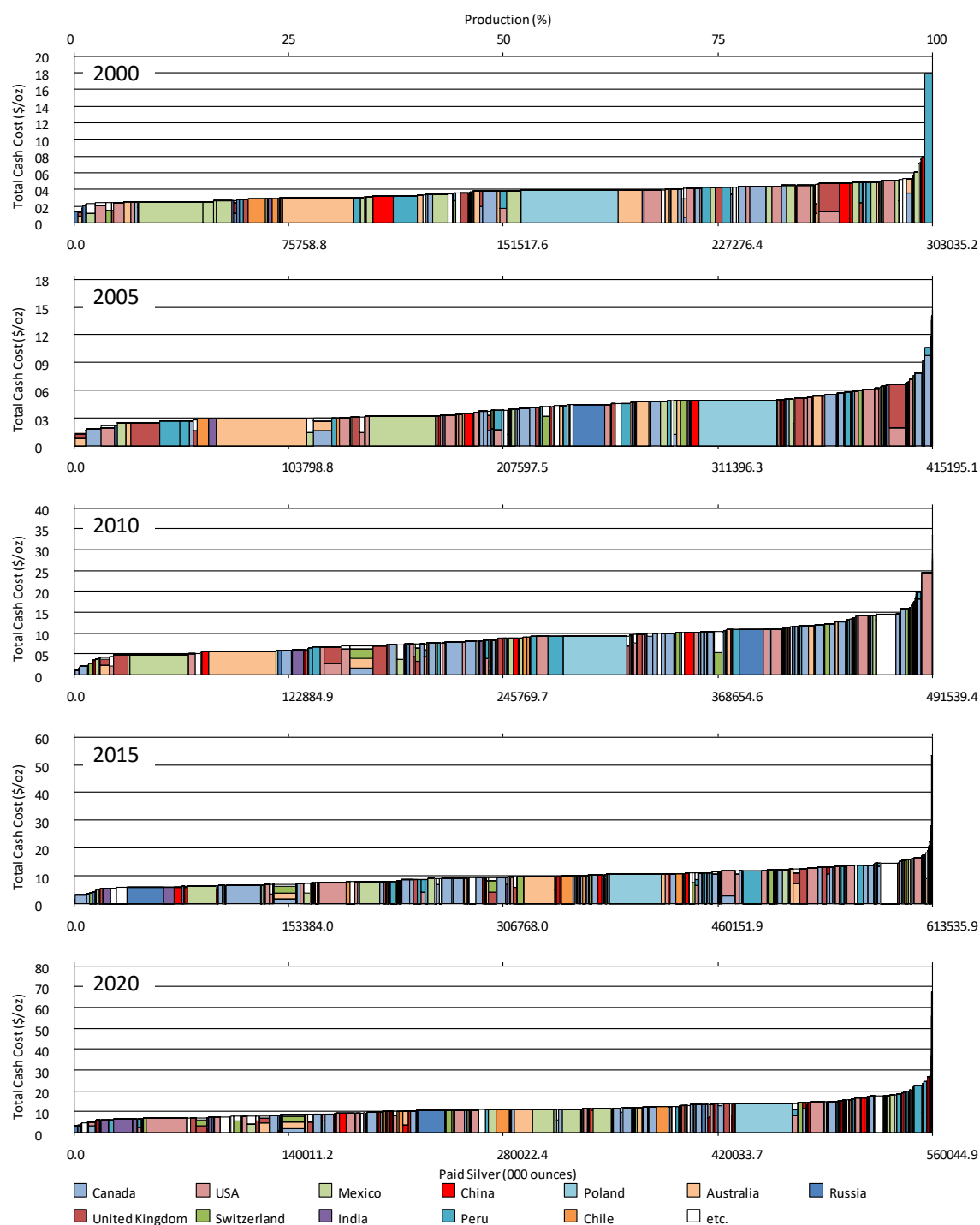


図 7-34 主要鉱山の生産コストカーブ (銀)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータをもとに、主要鉱山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に試算したものが表 7-34 と図 7-35 である。中国資本の権益の下で生産される銀は増加傾向にあり、2000 年は約 14 百万オンスであったのが 2020 年には約 45 百万オンスと 3 倍以上に、全世界の生産に占めるシェアも 2000 年は 4.6%であったのが 2020 年には 8.0%に達する結果となった。

表 7-34 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（銀）

	Paid Silver (000 ounces)				
	2000	2005	2010	2015	2020
Canada	28,544	56,067	101,166	148,593	97,937
USA	37,186	52,475	59,867	76,636	85,188
Mexico	64,843	49,821	51,727	56,533	57,406
China	13,852	12,611	21,793	30,206	44,971
Poland	34,178	37,996	36,072	36,927	38,012
Australia	50,011	70,701	59,629	45,117	36,123
Russia	3,501	20,061	20,170	33,338	26,240
United Kingdom	16,046	37,425	39,290	24,961	24,040
Switzerland	1,876	10,033	19,598	27,019	23,728
India	2,822	5,101	8,646	16,056	22,322
Peru	24,826	31,404	30,427	37,401	21,728
Chile	8,646	8,289	4,427	19,482	22,719
etc.	16,705	23,211	38,727	61,268	59,632
Total	303,035	415,195	491,540	613,537	560,045
China Ratio(%)	4.6	3.0	4.4	4.9	8.0

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

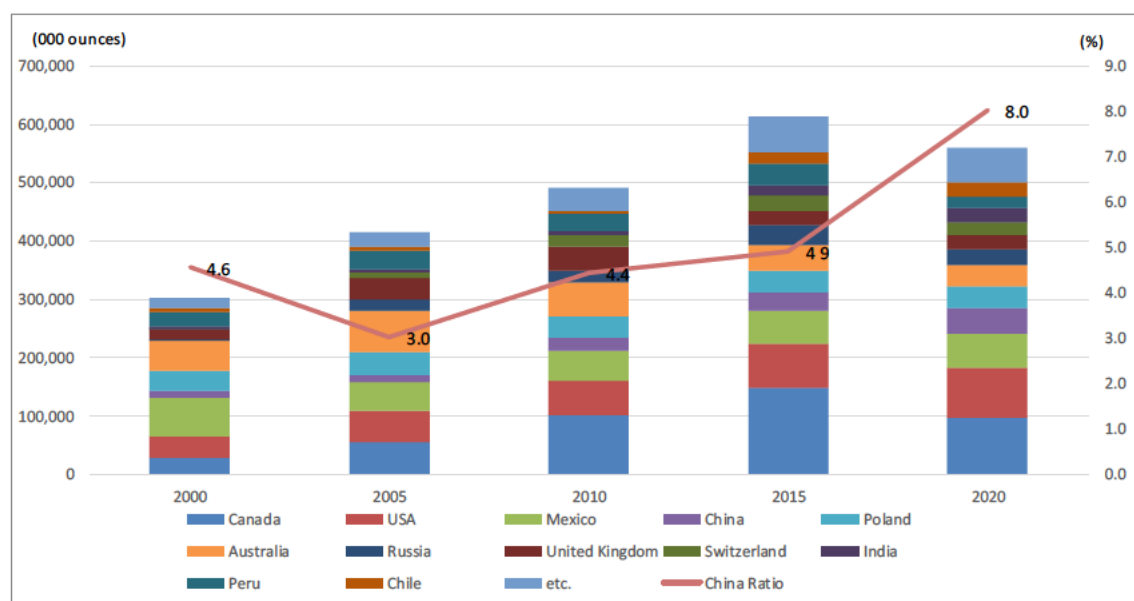


図 7-35 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（銀）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また、生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の変遷を試算したものが表 7-35 と図 7-36 である。生産コストの世界平均は上昇しており、中国資本が権益を有する鉱山の生産コストも同様の傾向がみられる（注 4）。中国資本が権益を有する鉱山について中国国内と中国国外別にみると、中国資本が権益を有する中国国外の鉱山の生産コストは 2010 年から 2020 年にかけて世界平均比して低い水準で推移する結果となった。

表 7-35 生産コストの平均値の変遷（銀）

	Total Cash Cost (\$/oz)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	4.0	5.2	10.8	10.7	12.8
②中国資本が権益を有する鉱山	5.0	5.6	10.2	11.7	15.8
②のうち中国国内の鉱山	5.0	5.6	10.3	12.4	16.4
②のうち中国国外の鉱山			9.2	9.2	11.1

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

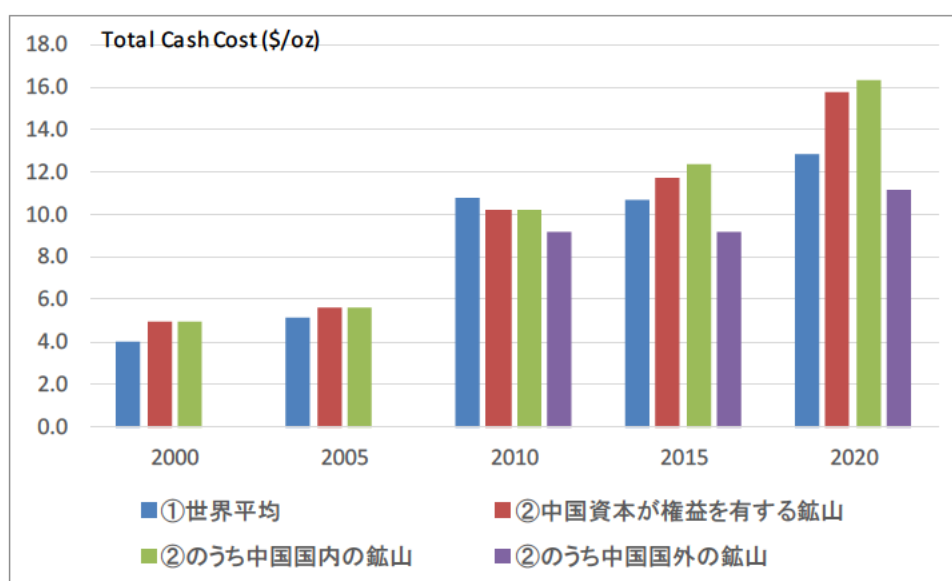


図 7-36 生産コストの平均値の変遷（銀）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 4）中国資本が権益を有する鉱山

7-2 に同じ

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コスト一部のデータが把握可能な、中国資本が有する鉱山の数は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で以下の通り。

表 7-36 中国資本が権益を有する鉱山数（銀）

	中国国内	海外	合計
2000	13		13
2005	28		28
2010	50	2	52
2015	58	15	73
2020	134	16	150

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注）生産コストカーブのデータが把握可能な鉱山のみ（以下同じ）

中国資本による海外における主要な鉱山の権益取得状況は表 7-37 の通りである。

表 7-37 中国資本の権益取得状況（海外）（銀）
（2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年）

Property	Toromocho	Las Bambas	Yauricocha	Bisha	Broken Hill	Bystrinskoye	Veladero	other	Paid Silver (000 ounces)
Country/Region	Peru	Peru	Peru	Eritrea	Australia	Russia	Argentina		
Actual Start Up Year	2015	2015	1986	2011	1978	2018	2005		
2010	Paid Silver (000 ounces)							2,180	2,180
	Owner								
2015	Paid Silver (000 ounces)	2,085		1,687		1,295		7,086	12,153
	Owner	China100		China18.16 Canada81.84		China100			
2020	Paid Silver (000 ounces)	4,710	3,189	1,682	1,266	1,234	1,177	501	15,178
	Owner	China100	China37.5 Australia62.5	China18.16 Canada81.84	China55 etc.45	China100	China13.33 Russia86.67	China50 China50	

（注）2020 年で生産量が 500 千オンス以上の鉱山のみを記載

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) GHG 排出量と水使用量の関係

S&P データベースより生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係を散布図で示したのが図 7-37 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種類の別を示した（注 5）。

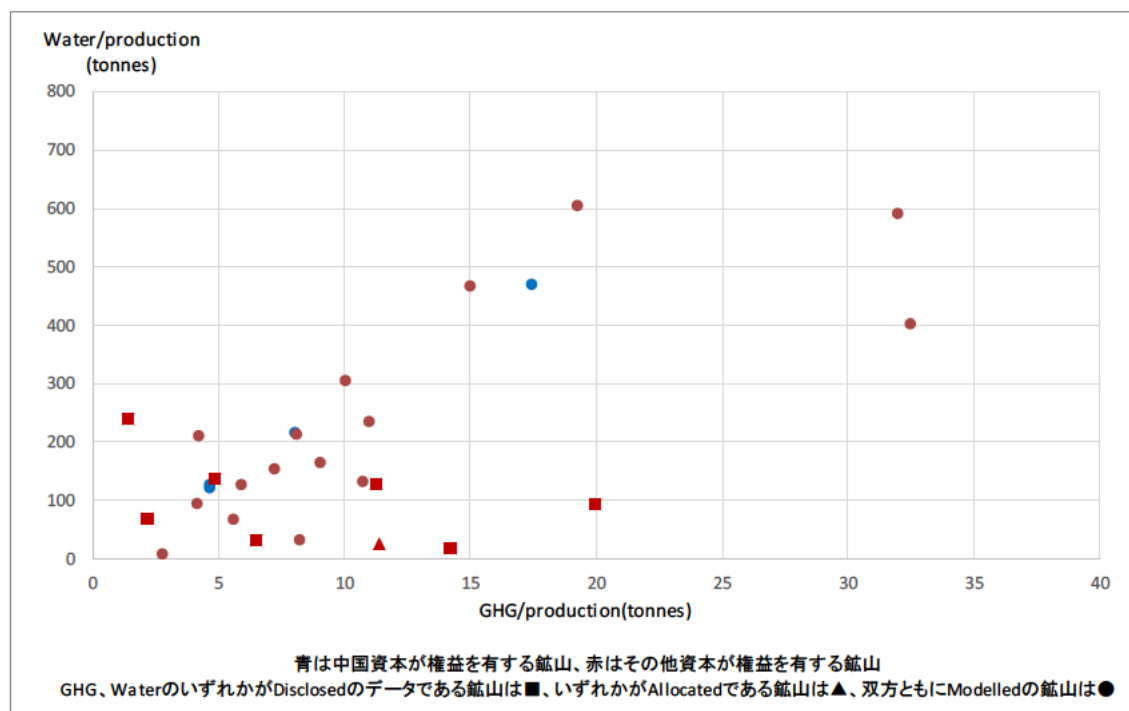


図 7-37 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（銀）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 5）鉱山のデータの種類の

7-2 に同じ

7-10 U3O8（八酸化三ウラン）

（1）主要鉱山の生産コストカーブの変遷

主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 7-38 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

7-10 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid U3O8 の重量を生産量として採用した。Paid U3O8 とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来る U3O8 の量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid U3O8 の重量は、全世界の U3O8 生産量の 67.42%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

7-2 に同じ

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

7-2 に同じ

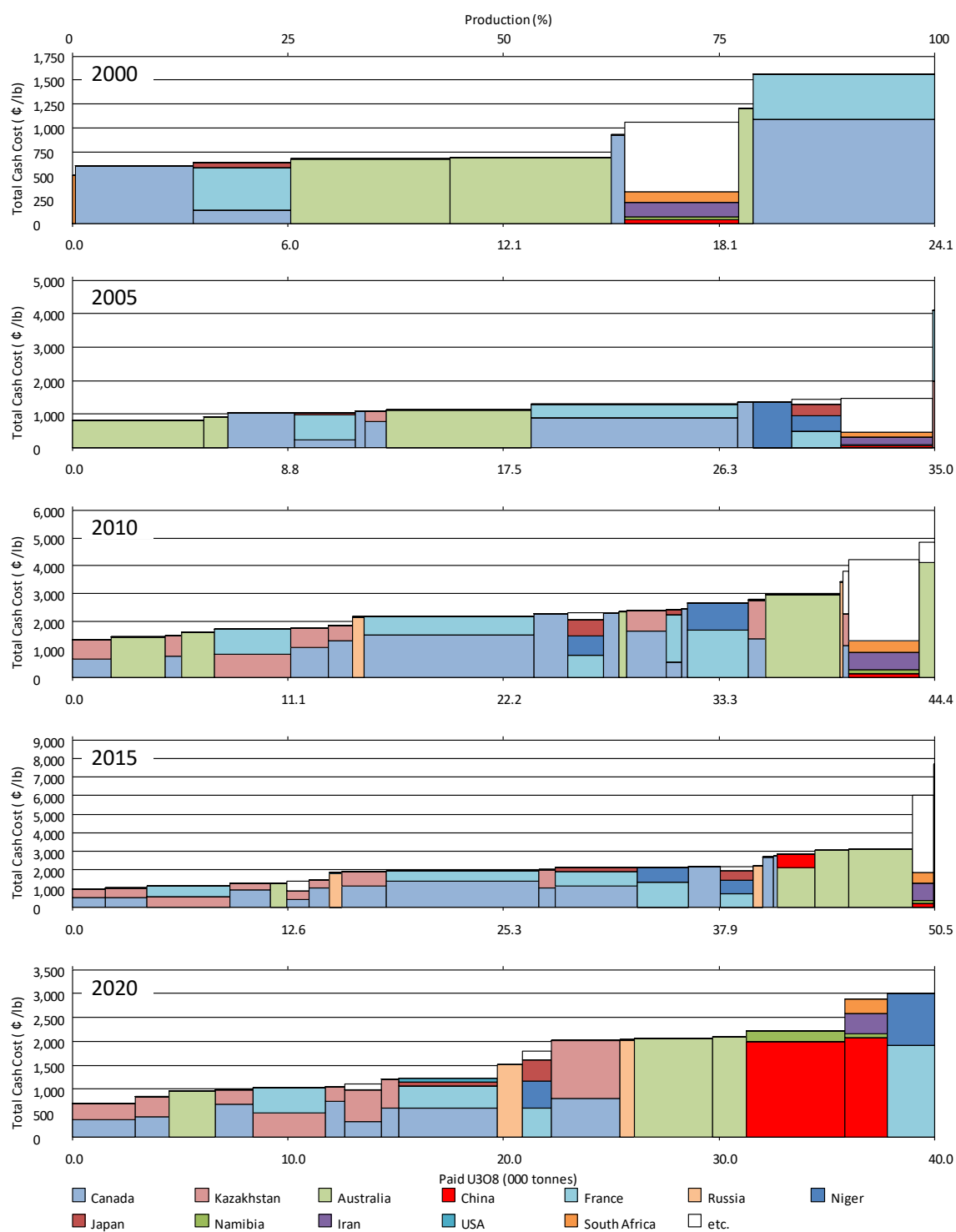


図 7-38 主要鉱山の生産コストカーブ (U3O8)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータと一部追加のデータをもとに（注４）、主要鉱山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に試算したものが表 7-38 と図 7-39 である。中国資本の権益の下で生産される量とシェアは 2010 年まではほぼゼロに近かったが、2015 年以降は急増し、2020 年には生産量は 5.6 千トンで世界 4 位に、生産シェアは 12.6%に達する結果となった。

（注４）一部追加のデータ

生産コストカーブではカバーされていない、生産量が上位にランクインする以下の主要鉱山について別途 S&P データベースより生産量(commodity production)の数値を収集し、これを生産コストカーブから得られる生産量のデータに追加して作表・作図を行った。

生産コストカーブに記載がなかった主要鉱山

生産量の世界順位 (2020 年)	鉱山名称	所在国
3	Central Mining District	Uzbekistan

表 7-38 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（U3O8）

Paid U3O8 (000 tonnes)					
	2000	2005	2010	2015	2020
Canada	7.9	10.8	14.5	18.8	8.6
Kazakhstan		0.3	5.6	7.6	8.0
Australia	9.3	12.2	9.4	8.3	7.3
China	0.1	0.1	0.1	0.6	5.6
France	3.4	5.0	7.8	9.5	5.2
Russia			0.8	1.3	1.9
Niger		2.2	1.7	1.7	1.2
Japan	0.2	0.7	0.5	0.9	0.7
Namibia	0.1	0.1	0.1	0.0	0.5
Iran	0.5	0.6	0.5	0.2	0.3
USA			0.0	0.0	0.2
South Africa	0.4	0.4	0.4	0.1	0.2
etc.	6.7	5.3	6.3	4.3	4.4
Total	28.6	37.7	47.7	53.1	44.2
China Ratio(%)	0.4	0.3	0.3	1.1	12.6

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

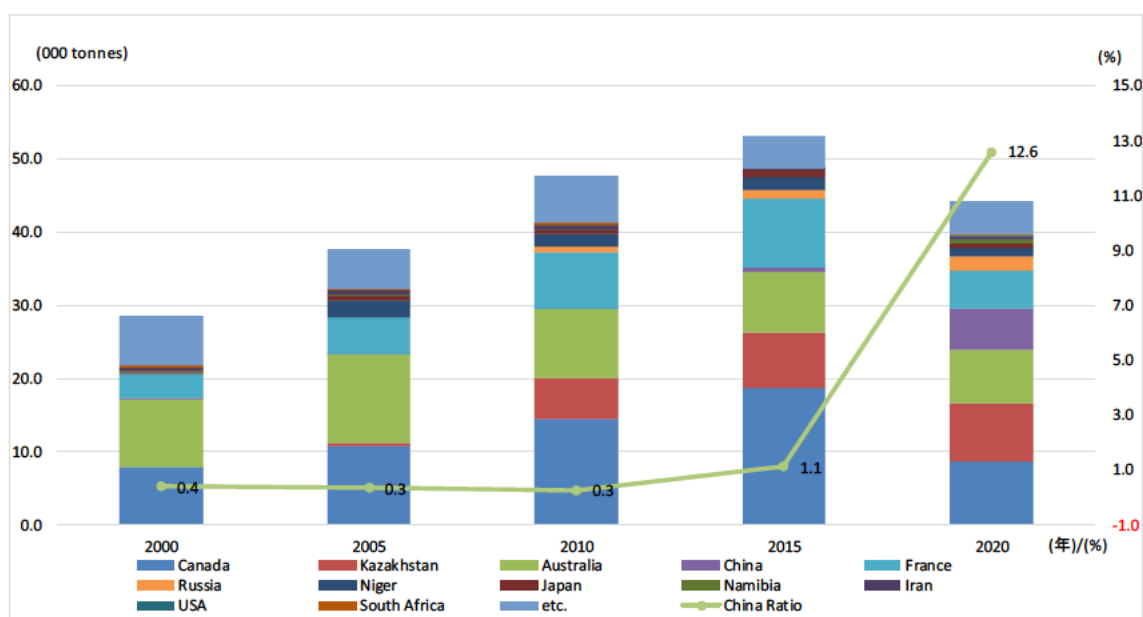


図 7-39 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（U3O8）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また、生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の変遷を試算したものが表 7-39 と図 7-40 である。生産コストの世界平均は 2000 年から 2010 年まで上昇し、2015 年までは横ばいに、そして 2020 年は大幅な下降傾向を見せる結果となった。中国資本が権益を有する鉱山の生産コストは 2010 年以降は世界平均を大きく上回って推移する結果となった（注 5）。

表 7-39 生産コストの平均値の変遷（U3O8）

	Total Cash Cost (¢/lb)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	874	1,394	2,475	2,412	1,600
②中国資本が権益を有する鉱山	1,059	1,470	4,226	4,437	2,553
②のうち中国国外の鉱山	1,059	1,470	4,226	4,437	2,553

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

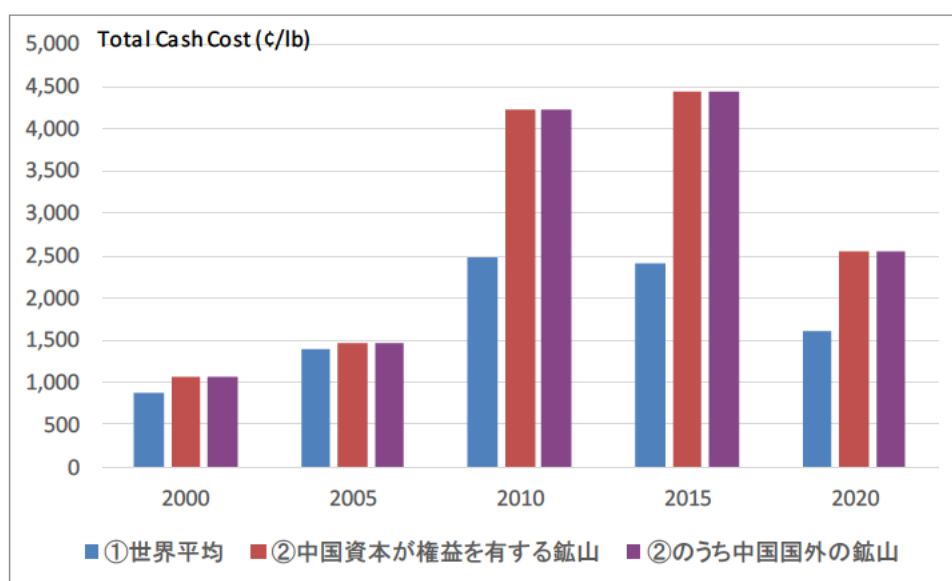


図 7-40 生産コストの平均値の変遷 (U3O8)

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(注 5) 中国資本が権益を有する鉱山

7-2 に同じ

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コスト一部のデータが把握可能な、中国資本が有する鉱山の数は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で以下の通り。

表 7-40 中国資本が権益を有する鉱山数 (U3O8)

	中国国内	海外	合計
2000		1	1
2005		1	1
2010		1	1
2015		2	2
2020		2	2

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国資本による海外における主要な鉱山の権益取得状況は表 7-41 の通りである。

表 7-41 中国資本の権益取得状況（海外）（U3O8）
（2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年）

Property		Rossing	Langer Heinrich	Husab	Paid U3O8 (000)
Country/Region		Namibia	Namibia	Namibia	
Actual Start Up Year		1976	-	-	
2000	Paid U3O8 (000 tonnes)	3.2			3.2
	Owner	China3.38, Namibia3, Iran15, South Africa10, etc.68.62			
2005	Paid U3O8 (000 tonnes)	3.7			3.7
	Owner	China3.38, Namibia3, Iran15, South Africa10, etc.68.62			
2010	Paid U3O8 (000 tonnes)	3.6			3.6
	Owner	China3.38, Namibia3, Iran15, South Africa10, etc.68.62			
2015	Paid U3O8 (000 tonnes)	1.2	2.2		3.4
	Owner	China3.38, Namibia3, Iran15, South Africa10, etc.68.62	China25, Australia75		
2020	Paid U3O8 (000 tonnes)	2		4.6	6.6
	Owner	China72, Namibia3, Iran15, South Africa10		China90, Namibia10	

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（3）GHG 排出量と水使用量の関係

S&P データベースより生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係を散布図で示したのが図 7-41 である。鉱山のデータはすべて S&P で試算された Modelled である。GHG 発生量と水使用量はほぼ正比例の関係にあり、また水使用量がほぼゼロの鉱山もみられる。

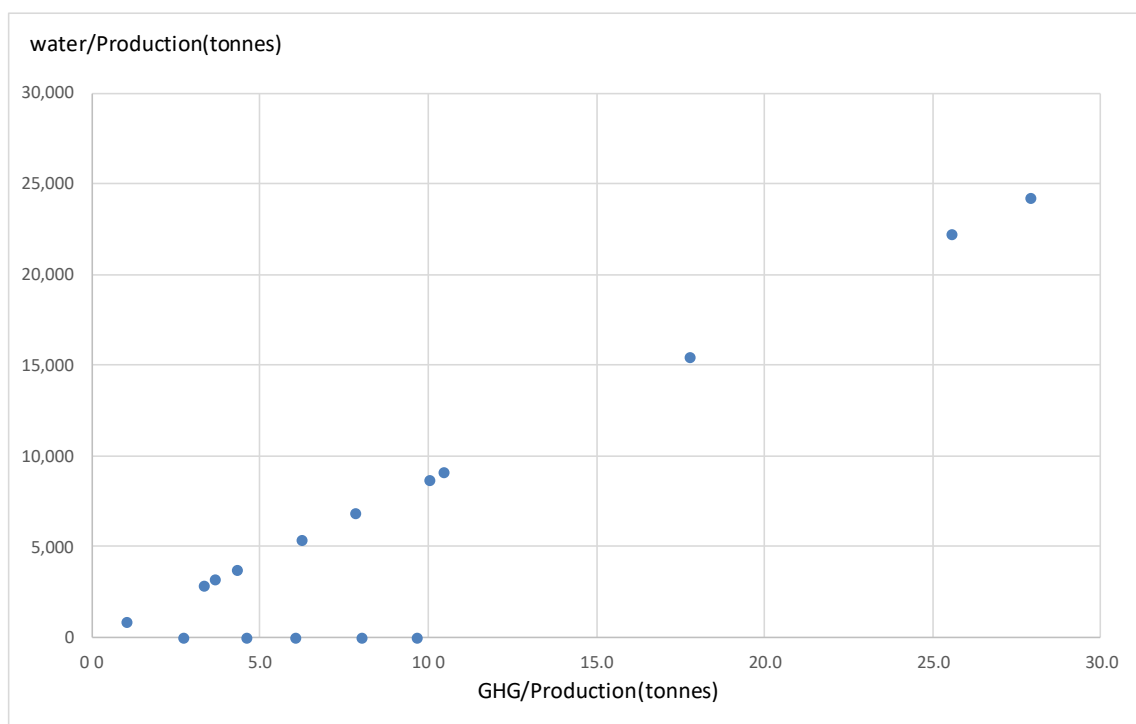


図 7-41 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (U3O8)

※鉾山のデータはすべて Modelled である

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

7-11 亜鉛

(1) 主要鉱山の生産コストカーブの変遷

主要鉱山の生産コストカーブの変遷を 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 7-43 である。

X 軸は生産量（注 1）、Y 軸は生産コスト（注 2）であり、縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した（注 3）。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

（注 1）生産量

7-11 では S&P データベースの生産コストカーブで表示される Paid Zinc の重量を生産量として採用した。Paid Zinc とは、鉱山の運営により収益を受け取ることが出来る亜鉛の量（年間、処理後）を意味する。S&P によると生産コストカーブがカバーする Paid Zinc の重量は、全世界の亜鉛生産量の 68.33%に相当する（2021 年）。

（注 2）生産コスト

7-2 に同じ

（注 3）鉱山の権益の国籍別資本比率

7-2 に同じ

Commodity Price

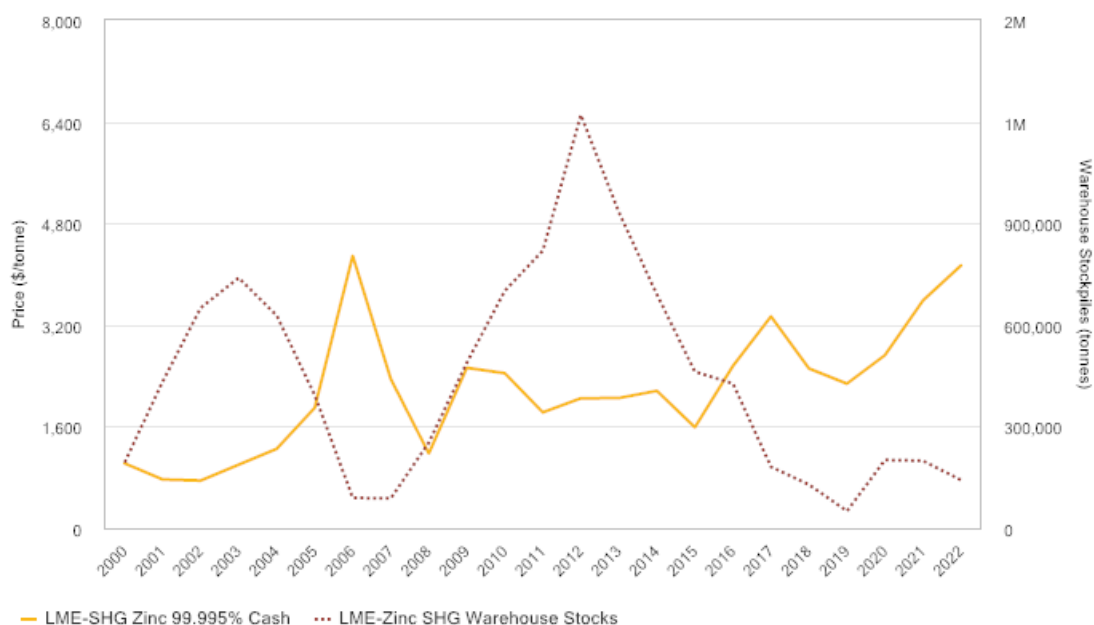


図 7-42 （参考）亜鉛の価格の推移（2000～2022）

出所：S&P データベース

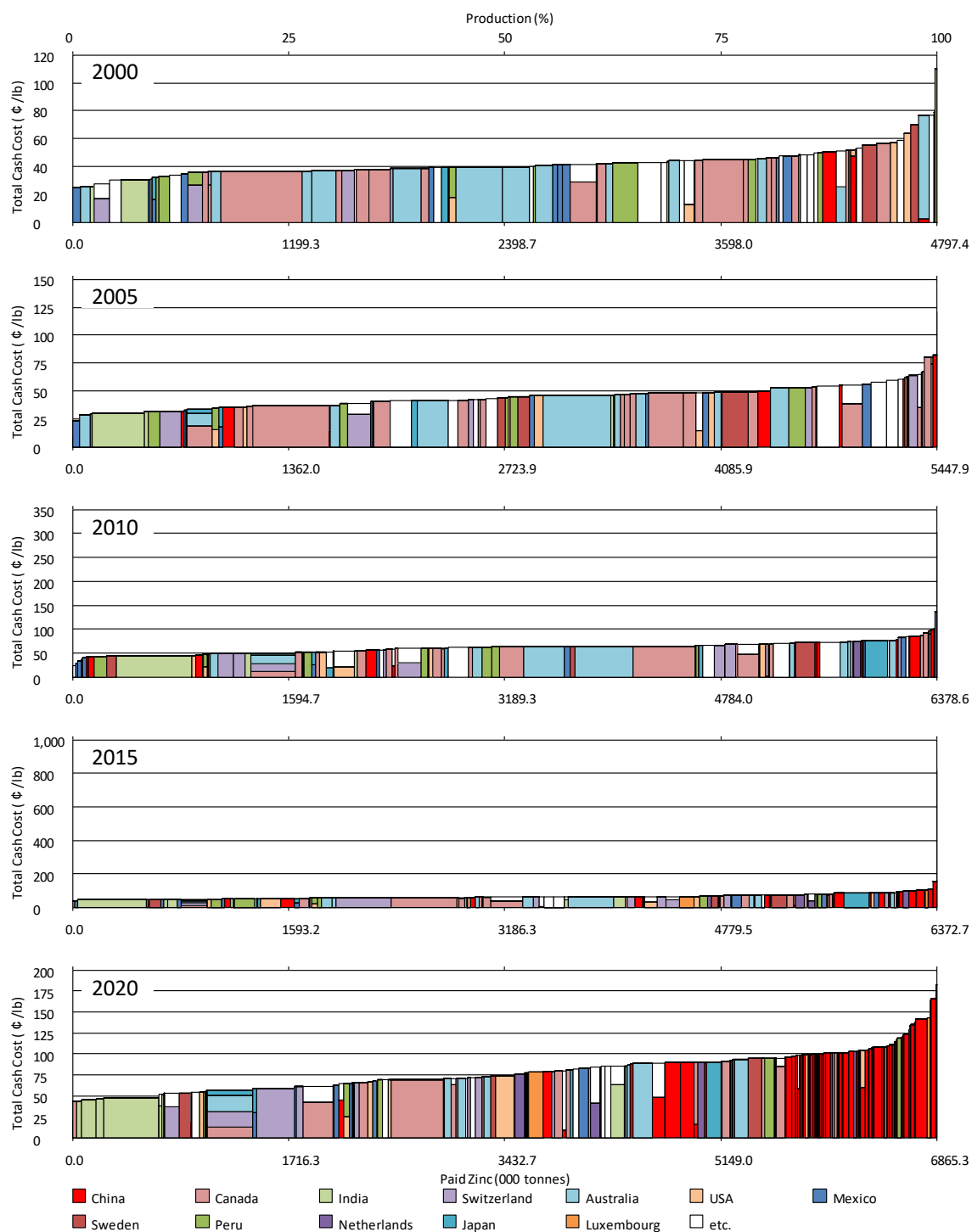


図 7-43 主要鉱山の生産コストカーブ（亜鉛）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

以上の生産コストカーブのデータをもとに、主要鉱山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に試算したものが表 7-42 と図 7-44 である。年を経るごとに中国資本の権益の下で生産される量とシェアは増加している。2000 年に 100 千トンであった生産量は 2020 年には 1,426 トンと 14 倍以上となり、全世界の亜鉛生産量に占めるシェアは 2000 年に 2.1%であったのが 2020 年には 20.8%に達する結果となった。

表 7-42 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（亜鉛）

	Paid Zinc (000 tonnes)				
	2000	2005	2010	2015	2020
China	100	237	351	663	1,426
Canada	1,407	1,569	1,313	1,216	1,209
India	187	372	621	742	773
Switzerland	206	366	619	792	699
Australia	1,191	1,063	1,137	726	603
USA	122	177	243	340	319
Mexico	305	218	208	268	268
Sweden	131	290	250	254	245
Peru	341	330	382	380	211
Netherlands			58	174	189
Japan	52	61	289	245	188
Luxembourg				126	138
etc.	757	766	907	448	599
Total	4,798	5,448	6,379	6,373	6,866
China Ratio(%)	2.1	4.3	5.5	10.4	20.8

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

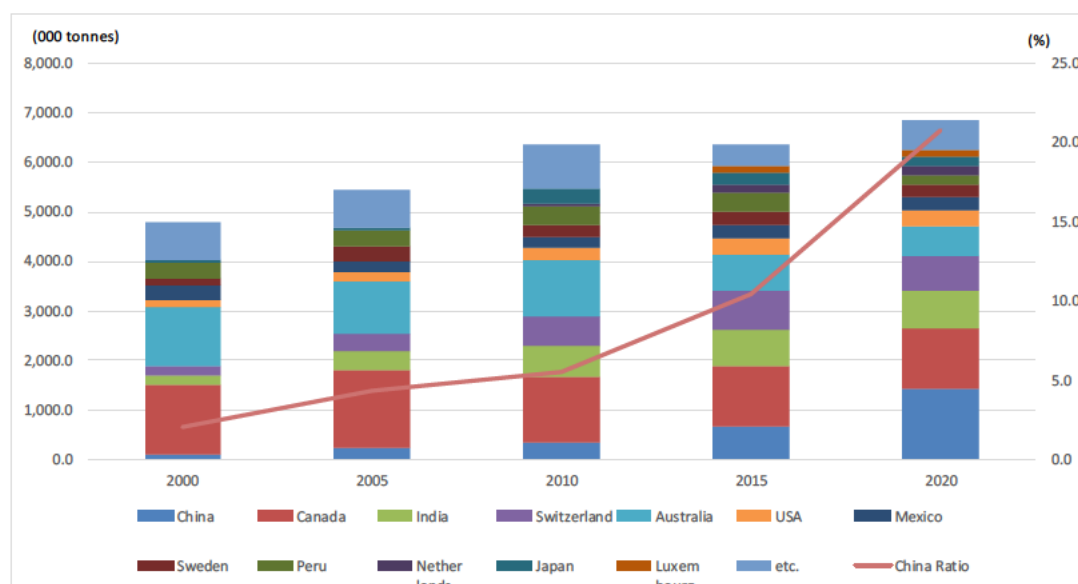


図 7-44 主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（亜鉛）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

また、生産コストカーブから得られる各鉱山の生産コストの平均値の変遷を試算したものが表 7-43 と図 7-45 である。生産コストの世界平均は上昇傾向を見せる結果となった。中国資本が権益を有する鉱山の生産コストは世界平均に比して高い水準を推移している（注 4）。中国資本が権益を有する鉱山について中国国内と中国国外別にみると、中国資本が権益を有する中国国外の鉱山の生産コストは 2010 年は世界平均よりも高い水準であったが、2015 年以降は下回る結果となった。

表 7-43 生産コストの平均値の変遷（亜鉛）

	Total Cash Cost (¢/lb)				
	2000	2005	2010	2015	2020
①世界平均	44.3	46.8	65.7	75.0	91.6
②中国資本が権益を有する鉱山	60.0	51.8	80.8	82.1	106.7
②のうち中国国内の鉱山	60.0	51.8	81.5	87.0	108.2
②のうち中国国外の鉱山			69.0	63.5	75.1

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

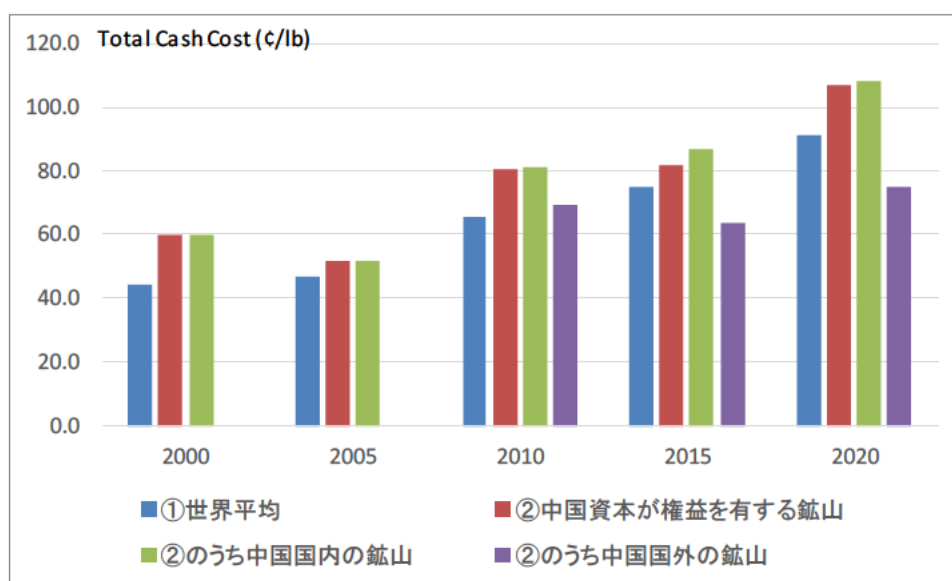


図 7-45 生産コストの平均値の変遷（亜鉛）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 4）中国資本が権益を有する鉱山

7-2 に同じ

(2) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コストカーブのデータが把握可能な、中国資本が有する鉱山の数は 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で以下の通り。

表 7-44 中国資本が権益を有する鉱山数（亜鉛）

	中国国内	海外	合計
2000	2		2
2005	10		10
2010	17	1	18
2015	23	6	29
2020	102	5	107

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

中国資本による海外における主要な鉱山の権益取得状況は表 7-45 の通りである。

表 7-45 中国資本の権益取得状況（海外）（亜鉛）
（2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年）

Property		Yauliyacu	Iscaycruz	Broken Hill	Kyzyl-Tash Turk	Yauricocha	Buribayevsky	Bisha	Paid Zinc(000 tonnes)
Country/Region		Peru	Peru	Australia	Russia	Peru	Russia	Eritrea	
Actual Start Up Year		1989	1996	1978	2015	1986	2010	2011	
2010	Paid Zinc (000 tonnes)	23.3							23.3
	Owner	China2.5 Switzerland 97.5							
2015	Paid Zinc (000 tonnes)	21.2	65.8	63.0	43.1	16.1	0.2		193.1
	Owner	China2.4 Switzerland 97.6	China2.4 Switzerland 97.6	China100	China100	China18.2 Canada 81.8	China35.3 etc.64.7		
2020	Paid Zinc (000 tonnes)			67.7	40.9	31.3	2.3	101.1	108.6
	Owner			China100	China70 etc.30	China18.2 Canada 81.8	China35.3 etc.64.7	China55 etc.45	

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) GHG 排出量と水使用量の関係

S&P データベースより生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係を散布図で示したのが図 7-46 である。鉱山は、S&P にて分類された Disclosed、Allocated、Modelled のデータの種別別に示した（注 5）。中国資本が権益を有する鉱山（その多くは中国国内の鉱山）については GHG 排出量と水の使用量がほぼ正比例の関係となっている。

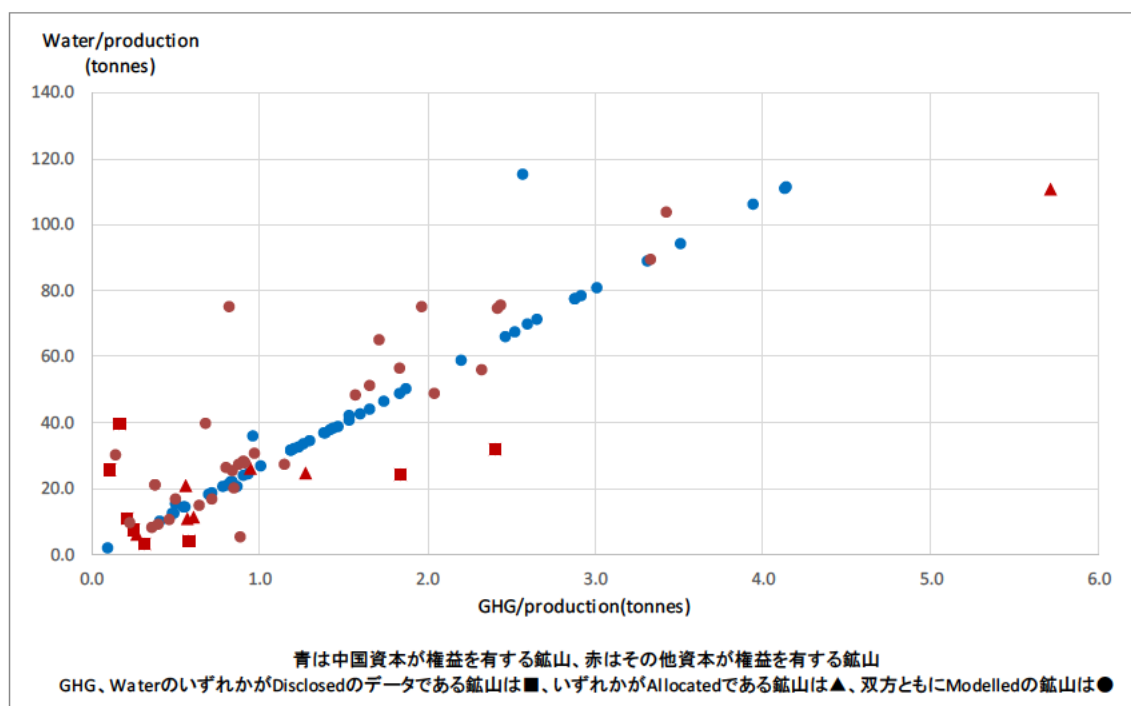


図 7-46 生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（亜鉛）

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 5）鉱山のデータの種類

7-2 に同じ

7-12 マンガン

(1) 主要鉱山の生産量

S&P データベースより主要鉱山の生産量の変遷を 2010 年、2015 年、2020 年についてみたものが図 7-48 である。なお、同データベースで得られる生産量のデータは 2010 年以降のものであり、生産コスト等のデータは得られない。縦棒グラフは権益を有する資本の国籍の比率で按分して着色した。うち中国資本が有する権益分は赤色で強調している。

Commodity Price

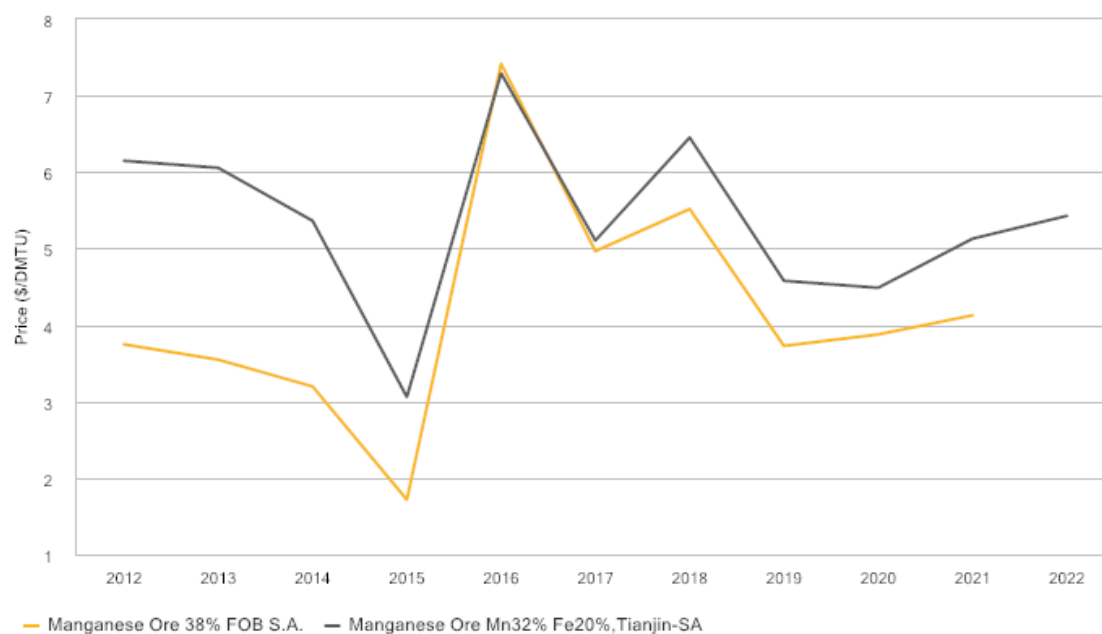


図 7-47 (参考) マンガンの価格の推移 (2012～2022)

出所：S&P データベース

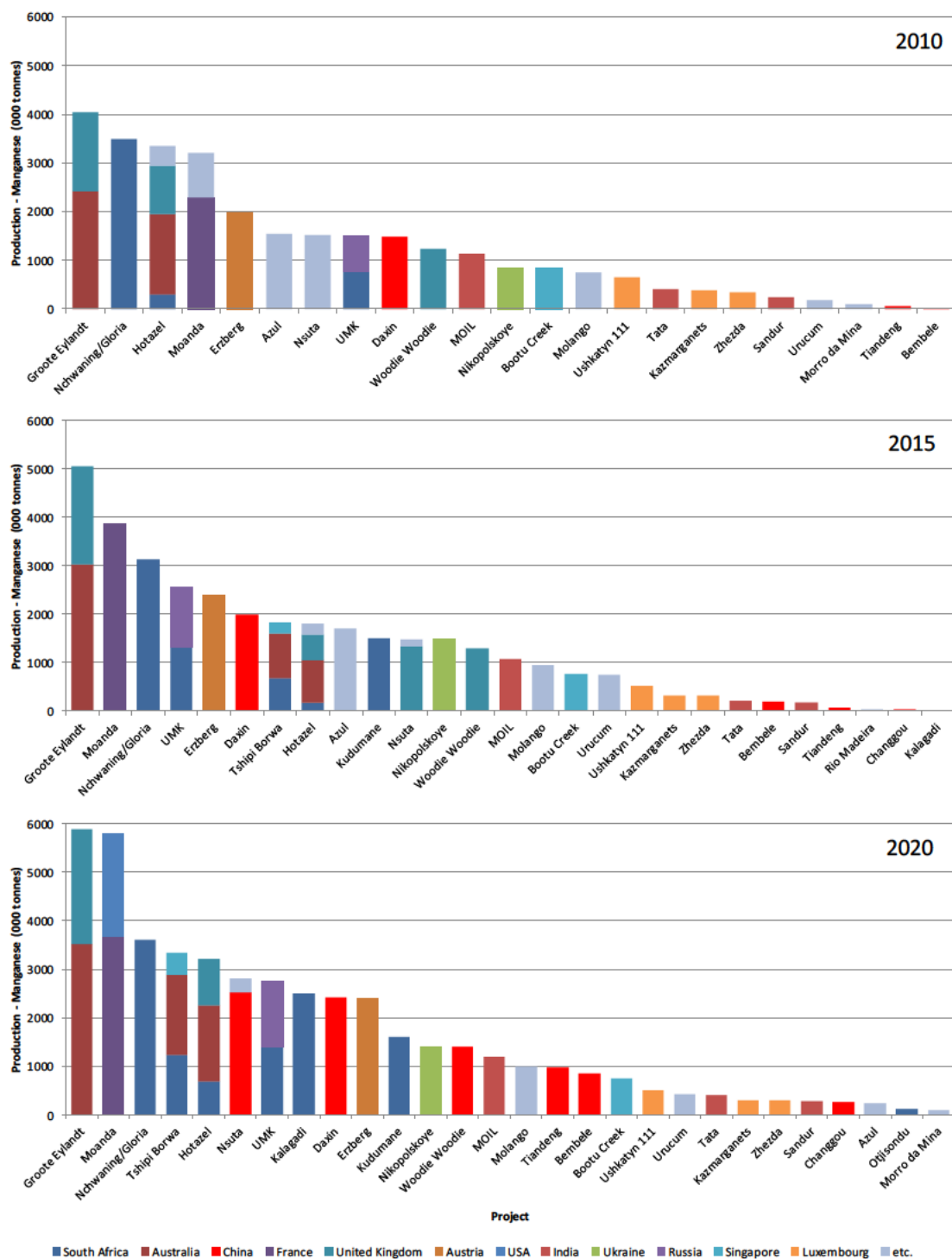


図 7-48 主要鉱山の生産量（鉱山別）
出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(2) 主要鉱山の生産量の推移

以上の生産量のデータをもとに、主要鉱山の生産量の合計の推移を権益を有する資本の国籍別に見たものが表 7-46 と図 7-49 である。年を経るごとに中国資本の権益の下で生産される量とシェアは増加している。2010 年に 1,561 千トンであった生産量は 2020 年には 8,402 千トンと 5 倍以上となり、全世界のマンガン生産量に占めるシェアは 2010 年に 5.3%であったのが 2020 年には 18.0%に達している。

表 7-46 主要鉱山の生産量の推移

Production - Manganese (000 tonnes)			
	2010	2015	2020
South Africa	4,552	6,770	11,133
Australia	4,075	4,832	6,782
China	1,561	2,224	8,402
France	2,290	3,868	3,697
United Kingdom	3,845	5,168	3,305
Austria	1,986	2,400	2,400
USA	0	0	2,106
India	1,781	1,416	1,885
Ukraine	853	1,476	1,400
Russia	735	1,250	1,348
Singapore	831	999	1,173
Luxembourg	1,391	1,134	1,100
etc.	5,426	3,755	2,012
Total	29,327	35,293	46,742
China Ratio(%)	5.3	6.3	18.0

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

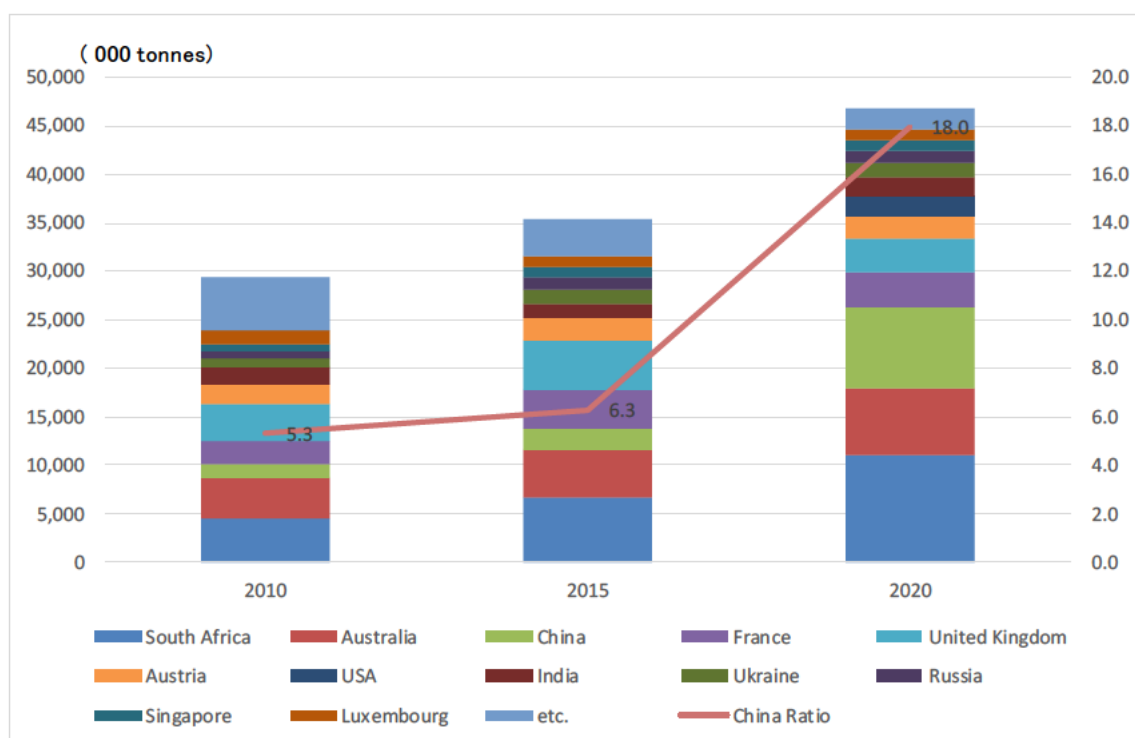


図 7-49 主要鉱山の生産量の推移

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

(3) 中国資本の鉱山権益取得状況

S&P データベースで生産コスト一部のデータが把握可能な、中国資本が有する鉱山の数は 2010 年、2015 年、2020 年、それぞれの時点で以下の通り（注 4）。

表 7-47 中国資本が権益を有する鉱山数（マンガン）

	中国国内	海外	合計
2010	2	1	3
2015	3	1	4
2020	3	3	6

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

（注 4）中国資本が権益を有する鉱山

7-2 に同じ

中国資本による海外における主要な鉱山の権益取得状況は表 7-48 の通りである。

表 7-48 中国資本の権益取得状況（海外）（マンガン）
（2010 年、2015 年、2020 年）

Property		Woodie Woodie	Bembele	Nsuta	Production - Manganese (tonnes)
Country/Region		Australia	Gabon	Ghana	
Actual Start Up Year		-	-	1923	
2010	Production - Manganese (tonnes)		13,700		13,700
	Owner		China100		
2015	Production - Manganese (tonnes)		174,000		174,000
	Owner		China100		
2020	Production - Manganese (tonnes)	1,400,000	844,000	2,800,000	5,044,000
	Owner	China100	China100	China90 etc.10	

出所：S&P データベースより日鉄総研作成

8 調査を踏まえての考察

今回の調査は、S&P データベースを基本的に活用しながら、日本の産業にとって特に重要と思われるバッテリーマテリアルと銅を中心に、重要鉱物資源の中から 14 鉱種を選択してコストカーブ調査、主な鉱山の権益取得動向調査、GHG や水といった採鉱に伴う環境関連情報調査、各主要需要国・資源国の鉱物資源戦略調査を進めてきた。

その中でも、銅、ニッケル、コバルト、リチウムについては、サプライチェーンも整理しつつ、偏在する資源と製錬以降の流れを見つつ、各鉱種の置かれた状況を把握して、現在、我が国の資源確保の動きについて把握するように努めてきた。

当初より、情報を得ていた鉱物資源分野における特定の国による資源獲得については、徒に数量を掻き集めている訳ではなく、基本的に各国の需要量に応じて、各国の戦略を持って、資源国やメジャーを始めとして鉱物資源関連企業への外交努力や投融資交渉を通して、現在の姿になっていることも、今回の調査に伴うヒアリング調査を通して見えてきている。勿論、中国のように国家が先頭に立ったり、資源確保の動きにおける失敗リスクを軽減するような補填措置等、我が国を始め西側諸国には馴染まない動きであることから、奇異に見える部分があるものの、そこは各国の政治経済体制の中での選択であり、鉱物資源という非常に不確実性の高いものに対する投資判断等を、多くの失敗を重ねつつ、これまで鉱物メジャーに独占されてきた領域で伍して戦ってきた³⁷中国は、大変な努力をしてきたことが窺える。

日本も日本なりの方策を用いて今後益々需要が増えていく重要鉱物資源を確保していくことが必要である。中国は、最初こそ反米国の国を中心に政府が前面に出た資源交渉を行ってきたものの、新興国向けについては、FDI を巧みに使い、その各資源国が徐々に資源ナショナリズムの動きが見えてくると、鉱物メジャーに対してのアプローチを開始する等の戦略的な動きを実施してきている。そして、鉱山権益の獲得のみならず、各資源国や自国（中国）に精錬能力を完備していき、結果的に重要鉱物資源のサプライチェーンの中に中国の存在が高まっていくような動きをしてきている。

日本においては資源が殆どないことから、ほぼ全量の鉱物資源を輸入に頼っており、今後の産業界の需給の予測を下に、必要とされる鉱物資源の確保について今一度、体制作りから始めて、必要鉱物資源の確保に向けての方策を練り直すチームのようなものを構築し、スピード感を持って決定していくことが必要性である。

その際には、資源のない国としては、他の国々と肩を並べて資源交渉をしていくのではなく、将来の需給を踏まえたリサイクル量の確保、リサイクルの方法確立、新技術の開発等を通じて、必要調達量を算出し、それを元にした供給元の多様化を基本とした政策を構築していくことが重要である。

³⁷ 今回調査に伴うヒアリング調査で、複数人から、「日本人が、鉱物メジャーの旧宗主国と争う姿は想像できない」とのコメントをいただいている。

中国の製錬業界が設立した共同買鉱協会（China Smelters Purchase Team (CSPT)）を作
って、中国の需要の8割超を占めているような³⁸、一貫して必要な鉱物資源の量の確保に向
けた戦略の中心になるような組織も必要になる。

今回の調査を通していくつかの視点が見えてきている。

バッテリーマテリアルの中で最も供給量を確保していくことが、困難であると見えるのは
コバルトである。銅やニッケルは殆どの場合、コバルトを副産物として産出しており³⁹、そ
のコバルトを銅やニッケルと同じ国から購入できるような交渉を進めることは重要である。
可能性としては、主産物である鉱物の含有量が少なく、採掘現場で山積みになって捨てられ
ている可能性もあり、現在は廃棄物としてしか見られないこの小さな鉱石を現地で製錬し、
地金化して日本に持ち込めるような仕組みを作り上げることも有効である⁴⁰。

ニッケルについては、インドネシアからの鉱石輸入が途絶えたことから、現在は、フィリ
ピンとニューカレドニアから鉱石を購入しているが、ニッケルマット等は引続きインドネ
シアから購入しており⁴¹、当該国との良好な関係は維持しているように、資源国との関係を
有効に継続していけば、資源ナショナリズムが広まりそうな鉱物資源国の中で、我が国の必
要量の確保も可能である。

リチウムについては、今回、重点的に調査した4鉱種の中でも比較的供給量が確保しやす
い鉱種であるため、先述した通り、現在、良好な関係が構築できている資源国との関係を維
持していくことは重要な資源確保の視点である。

また、我が国の鉱物資源の確保にあたっては、資源国のみならず、製錬以降の工程を持つ
国への出資等も有効な手立てであろう。

日本も今後の鉱物資源獲得にあたっては、同盟国や友好国を含めて、活用できる各国との繋
がりや十二分に活用して、自国産業の必要量は確保するような戦略策定が必要である。
その際には、資源リサイクル、技術開発や備蓄など資源国でない我が国としての得意分野を
生かした独自の動きも行っていく。

また、環境技術に強みを持つ日本の産業に資源国の何処もが環境汚染で苦しんでいる実
態を踏まえ、環境面での協力が出来ないかについて、資源国に対して提案できるような準備
もしていく必要がある。

³⁸ 日本メタル経済研究所「中国企業による銅権益確保活動」

³⁹ ニッケル協会ヒアリング

⁴⁰ 秋田大学の安達教授との面談からヒントを得ている。

⁴¹ ヒアリングによる

Appendix1

(1) 鉱山の GHG 排出量と水使用量の LCA

S&P データベースによる鉱山の分析をするにあたって、鉱山における GHG 排出量と水の使用量の考え方について整理し、標準的な目安な値をおさえておく。

鉱山の LCA 算定については ICMM（国際鉱業協会：International Council Mining & Metal）が GHG プロトコルに沿って計算することを共通のルールとして定めている。しかし鉱山・非鉄金属各社の年間報告書には社としての GHG 総排出量と水総使用量が公開されているだけで、鉱種別・鉱山別で公表している会社はない。

ICAA（豪州国際銅協会：International Copper Association Australia）が Zero Emission Copper Mine of the Future で豪 Monash 大学 Northey et al.のデータを紹介しているが、

鉱山の LCA（炭酸ガス排出量と水の消費量）の数値は鉱山別にバラツキが大きい。Northey et al⁴².は世界の主要な銅鉱山について、採掘方法、副生物、工程プロセス、銅鉱品位、電力構成などの鉱山情報とそれぞれの鉱山の直接・間接エネルギー消費量、GHG 排出量、水消費量についてリストを公表している。このリストを使って、横軸にエネルギー消費、縦軸に GHG 排出量を取って、各鉱山情報を色分けしてプロットしたのが図 9-1 となる。

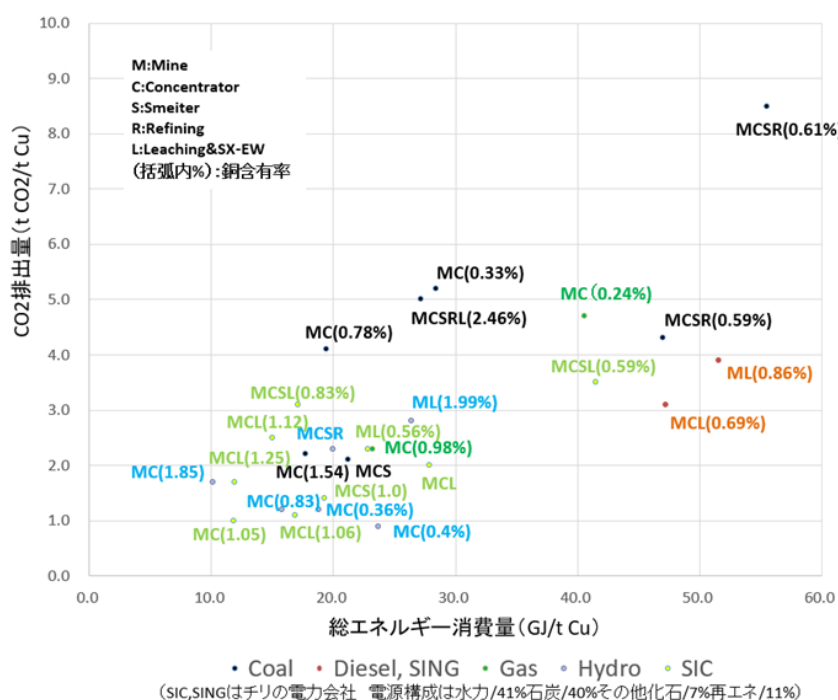


図 9-1 銅鉱山のエネルギー消費量と GHG (CO2) 発生量の関係

図 9-1 において横軸方向の総エネルギー消

出所：Northey et al. より発電構成・プロセス構成・銅品位別に層分し日鉄総研作成

⁴² S. Northey et al. Using sustainability reporting to assess the environmental footprint of copper mining, Journal of Cleaner Production 40 (2013) 118e128

費量の差は、採鉱+選鉱までの鉱山、乾式/湿式製錬で電気銅まで製造している鉱山と工程の足の長さが反映されている。一方の縦軸の差は、石炭火力だと同じエネルギー消費量でも CO2 排出量は高くなり、水力だと低くなっていることが伺えるなど電源構成差の影響がみられる。

このような GHG 排出量に影響する要因として下記が考えられる。

① 鉱石の種類（硫化物、酸化物など）

例えば銅の場合、硫化鉱は乾式製錬で酸化鉱は湿式製錬で電気銅が製造されるように、鉱石の種類によって製錬方法が異なってくるため、エネルギー消費、GHG 排出量、水消費量などが異なる要因になる。

② 採掘方法（露天掘/坑内掘）

銅鉱山の GHG 排出量における採掘方法による差を ICAA でも整理している。

③ 対象工程の足の長さ

採鉱・選鉱で精鉱を出荷している鉱山、以降もリーチング、乾式製錬+電気分解や SX-EW などの湿式製錬により電気銅までを製造する鉱山とプロセスの長さが様々であるが、S&P では鉱山から出荷される、例えば精鉱や電気銅の銅 1 トンあたりの GHG 排出量としている。

④ LCA 算定の SCOPE2 における、使用する電力の発電構成差

鉱山で使用される電力は SCOPE2 として計上されるが、電力を供給する電力構成が水力・原子力だと GHG 排出量は小さくなる。再生可能エネルギーの採用を始めている鉱山もありカーボンニュートラルへの取り組みも一部で始まっている。

⑤ 副産物(例えば銅では脱硫された硫黄からの硫酸を製造するほかにも金・銀・モリブデン・コバルトなど様々な鉱物が副生される)の生産に伴う副生物の鉱種・それらの品位や構成比、副生物との配分ルール(価格・重量などでの比例配分)が鉱山毎に異なり GHG 排出量や水の消費量に影響を与える。

従って S&P の LCA データを整理する際には上記のような鉱山の情報も念頭に置いて分類し、比較などの分析をする必要がある。

(2) 鉱山 LCA として CO₂ 排出量の実測の事例

鉱山での CO₂ 排出に関しては、新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下 NEDO とする）が 1999 年にチリ Chuquicamata 銅鉱山の電力・軽油などの消費エネルギーや火薬・自動車用タイヤ・潤滑油などの消耗品の使用量を現地で調査して乾式製錬・湿式製錬それぞれのプロセスにおける CO₂ 排出量を評価している。

チリ Chuquicamata 銅鉱山の現地調査については、NEDO 調査報告書⁴³ならびに安達らの資源・素材’99（京都）講演集⁴⁴に詳しい。Chuquicamata 銅鉱山は世界有数の大規模露天掘の鉱山で硫化銅と酸化銅の鉱床があり、それぞれを乾式製錬と湿式製錬で電気銅を製造していて、その生産構成比は 3 : 1 とのことである。電源構成は石炭火力である。

電気銅 1kg あたりの CO₂ 排出量は採掘では 0.702kg、破碎・選鉱で 0.757kg となっており、乾式製錬プロセスで 0.91kg、湿式製錬（SX-EW）プロセスで 0.845kg となっている。乾式製錬と湿式製錬それぞれで電気銅 1kg 製造する際に発生する CO₂ は図 9-3 となる。

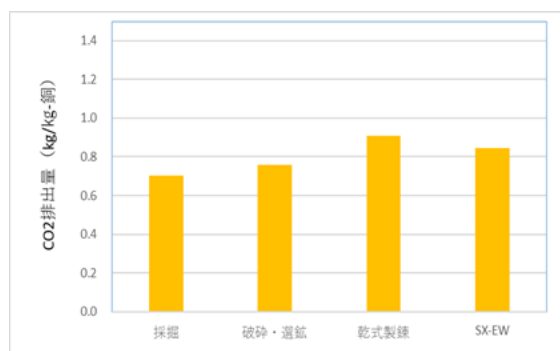


図 9-2 チリ Chuquicamata 鉱山の工程別 CO₂ 排出量

出所：NEDO 調査報告書より日鉄総研作成

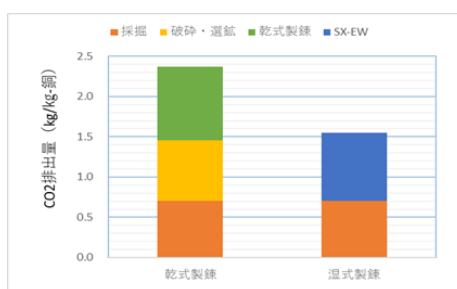


図 9-3 製錬法による電気銅 1kg 製造のための CO₂ 排出量の比較

出所：NEDO 調査報告書より日鉄総研作成

⁴³ 新エネルギー・産業技術総合開発機構「金属鉱業における国際協力による省エネルギー対策実施の可能性調査」報告書

⁴⁴ 安達 毅、匂坂正幸（1999）海外露天掘銅鉱山の LCA —チリ・チュキカマタ鉱山でのインベントリ調査—，資源・素材’99（京都）講演集

NEDO の調査によると銅鉾山における採掘・選鉾・乾式製錬・湿式製錬(SX-EW) 各工程の CO₂ 排出量は 0.7~0.9 である。電気銅製造のための CO₂ 排出量は湿式の方が少ない。

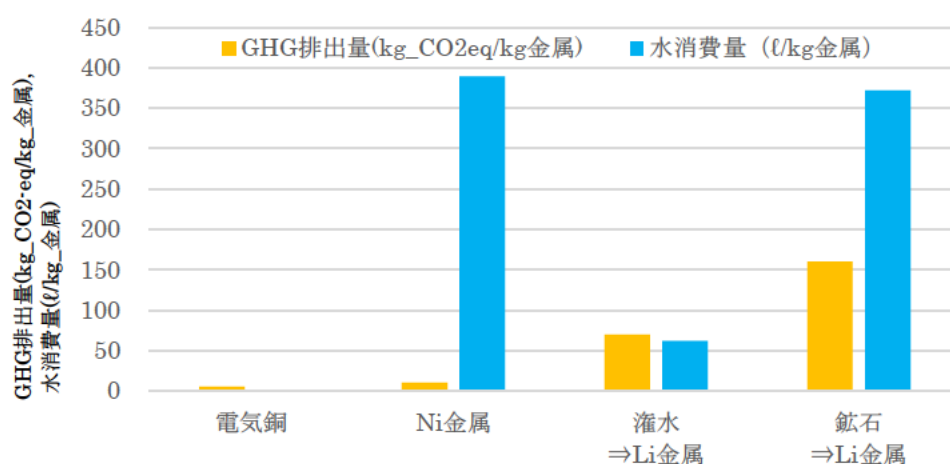
(3) 各鉱物の鉱山における LCA

産業技術総合研究所はライフサイクル／バリューチェーンを考慮した GHG 排出量の「見える化」を進めるために LCA 活用推進コンソーシアムを設立し、事業者がサプライチェーンでの温室効果ガス排出量である Scope3 のデータを管理するための算定ツールとしてインベントリデータベース IDEA を提供している。

本事業の調査対象の鉱物では銅・ニッケル・リチウムについて図 9-4 に示す LCI が公表されており、単位あたりの環境負荷量の数値だけでなく、各製品の製造プロセスの各段階における原料投入量や燃料・電力などの入出データも提供されている。コバルトは銅またはニッケルの副生物として抽出されるが、IDEA のデータベースには銅・ニッケルとも鉱山におけるコバルト副生のデータがなく鉱山の GHG 排出量と水消費量については算定できない。

IDEA では電気銅、ニッケル金属、かん水からのリチウム金属、鉱石からのリチウム金属を製造するために発生する GHG 排出量と水消費量のデータが提供されている。

鉱山では採掘から選鉱だけでなく中間製品や金属製品（地金）まで製造しているところもありプロセスが多様である。IDEA でデータベースが公開されている 3 鉱種の各工程における標準的な GHG 排出量と水の消費量を把握するために、各工程における製品 1kg 当りの IDEA のデータを一貫製造フローとしてマスバランスを取って最終的に製造される金属単位あたりの値に換算する。



各金属のGHG排出量・水消費量の LCI	電気銅	Ni金属	渇水 ⇒Li金属	鉱石 ⇒Li金属
GHG排出量(kg_CO2eq/kg金属)	5.31E+00	1.05E+01	7.01E+01	1.60E+02
水消費量 (ℓ /kg金属)	1.99E+00	3.90E+02	6.19E+01	3.72E+02

図 9-4 電気銅・ニッケル金属・リチウム金属（かん水由来・鉱石由来）の LCI 値

出所：IDEA データベース

① 銅製造の各工程における GHG 排出量と水消費量（IDEA の LCI データからの換算）

IDEA での銅の LCI は採掘・選鉱をモデル鉱山（チリの露天掘鉱山 Escondida）のデータで「銅鉱」「銅精鉱」それぞれの原単位を算定している。以降の工程では「銅精鉱輸入」のための主要国からトラック輸送と鉱石船の燃料消費を平均化。「粗銅」「電気銅」の製造は日本を代表する製錬所の原単位でそれぞれのプロセスにおける LCI 値が示されている。GHG 排出量・水消費量ともに副生ガス（SO₂）や副生物との配分はされていない。また湿式製錬法の SX-EW のデータはない。

IDEA では各工程断面における製品 1kg あたりの製造に必要な原料投入量、燃料・電力のエネルギー消費量、水の取水から排水処理までの収支、使用される各種薬品、排出される副生物や廃棄物などの収支バランスがとられている。ここでは鉱山での採掘から選鉱、輸出のための輸送、乾式製錬、電気分解による電気銅製造までの一連のマスバランスをとって、工程別に電気銅 1kg 製造当たりの燃料・電力消費量と GHG 排出量・水消費量を換算した結果、次図となった。

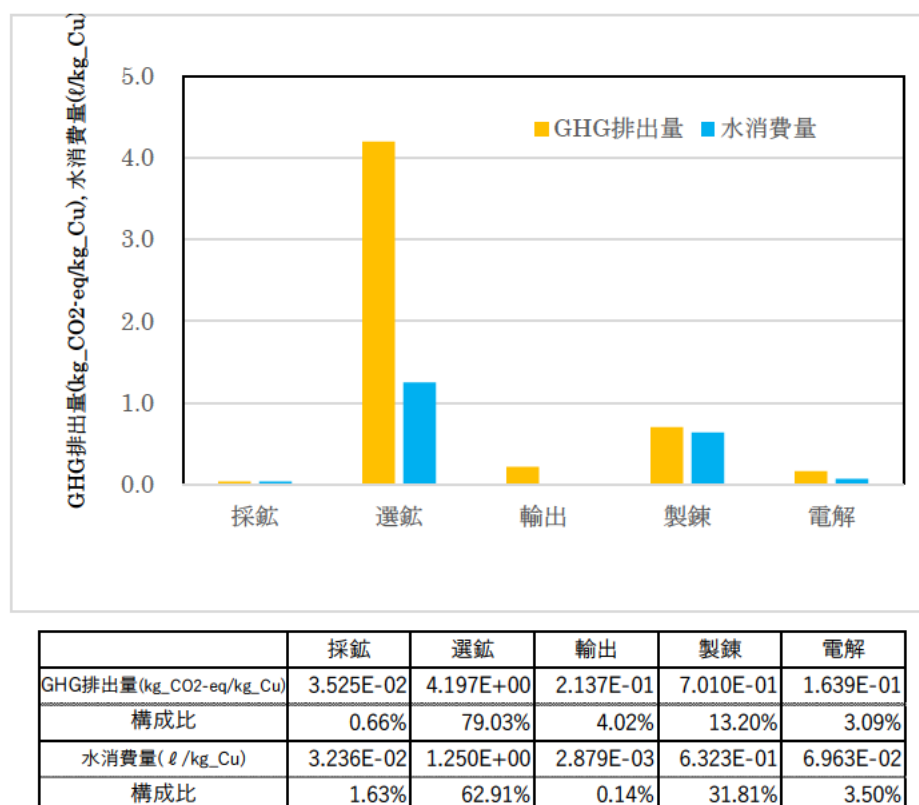


図 9-5 乾式プロセスによる電気銅製造における各工程の GHG 排出量と水消費量

出所：IDEA データベースより日鉄総研作成

銅製造における GHG 排出量と水消費量は選鉱プロセスで極めて高い値をとっており、前述の NEDO の調査結果よりも高い。乾式製錬・電解プロセスの GHG 排出量の合計が 0.86kg/kg_Cu と NEDO 調査の 0.91 に近いので、選鉱プロセスにおいて高い値をとっているのは、IDEA データベースがモデル鉱山としているチリの Escondida 鉱山と NEDO が調査したチリの Chuquicamata 鉱山との個体差が表れているものと思われる。

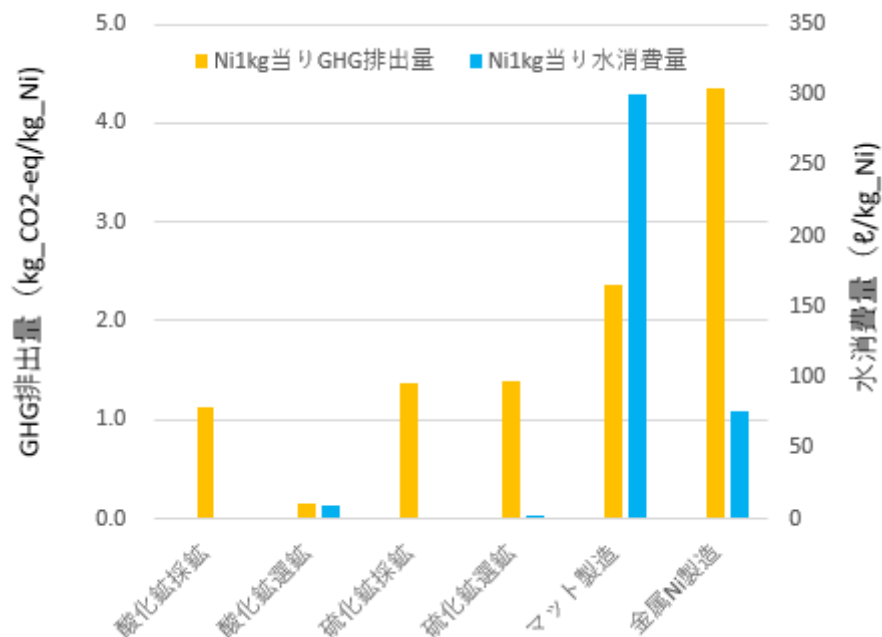
②ニッケル製造の各工程における GHG 排出量と水消費量(IDEA の LCI データからの換算)

IDEA ではニッケルの LCI をニッケル協会の”Life Cycle Assessment of Nickel Products”, Final Report, 23 April 2015⁴⁵のデータを基に単位プロセスデータが作成されている。

IDEA のデータベースでは金属ニッケルの製造フローとして、酸化鉱と硫化鉱それぞれの採掘・選鉱プロセスと、硫化精鉱 0.225 kgと酸化精鉱 2.62 kgからマット 1.0 kgを製造し、マット 15.2 kgから金属ニッケル 1.0 kgを製造するプロセスで GHG 排出量と水の消費量などの LCI データが整理されており、プロセスフローに従ってマスバランスをとって各工程におけるニッケル 1kg 製造に必要な GHG 排出量と水の消費量を図 9-5 に整理した。

45

https://www.researchgate.net/publication/299529264_Life_cycle_assessment_of_nickel_products



	酸化鉍採掘	酸化鉍選鉱	硫化鉍採掘	硫化鉍選鉱	マット製造	金属Ni製造
GHG排出量(kg/Kg_Ni)	1.122E+00	1.631E-01	1.364E+00	1.382E+00	2.359E+00	4.354E+00
構成比	10.45%	1.52%	12.69%	12.87%	21.95%	40.52%
水消費量(ℓ /kg_Ni)	3.560E-01	9.969E+00	8.281E-01	2.094E+00	3.010E+02	7.557E+01
構成比	0.09%	2.56%	0.21%	0.54%	77.22%	19.39%

図 9-6 金属ニッケル 1kg 製造における各工程の GHG 排出量と水消費量

出所：IDEA データベースより日鉄総研作成

金属ニッケル 1 kg 製造において、GHG 排出量はマットから金属ニッケル製造時、水の消費量は酸化鉍と硫化鉍からマットを製造する時が最も大きな値になっている。鉍山における採掘・選鉱での酸化鉍と硫化鉍を比較すると、GHG 排出量は硫化鉍が多く計 2.75(kgCO₂-eq/kgNi)、水消費量は酸化鉍が多く 10.3(ℓ/kgNi)となっている。

③リチウム製造の各工程における GHG 排出量と水消費量(IDEA の LCI データからの換算)

IDEA データベースでは金属リチウムの製造について、かん水から炭酸リチウムを抽出し、塩化リチウムを経由して金属リチウムを生産するルートと、豪州でリチウム鉍石を採掘・選鉱し、中国に輸出して硫酸を使う溶媒抽出法で金属リチウムを製造するルートそれぞれで GHG 排出量と水の消費量などの LCI データが納められている。

IDEA にある金属リチウムの製造方法としてのかん水と鉍石の 2 ルートのデータを比較してみると GHG 排出量と水の消費量は図 9-7 となる。GHG・水ともにかん水由来の製法の方が少ない。鉍石から金属リチウム溶媒抽出法で金属リチウムを抽出する各工程にお

る水消費量を図 9-8 でみると最後の金属リチウム製造工程で多くの水を消費している。
図 9-9 のかん水から炭酸リチウム製造段階と図 9-10 の鉱石の採鉱・選鉱段階をそれぞれの原料の鉱山部分として比較すると鉱石の選鉱における GHG 排出量が多いことが分かる。
水消費量はかん水から炭酸リチウムを製造する方が多くなっている。

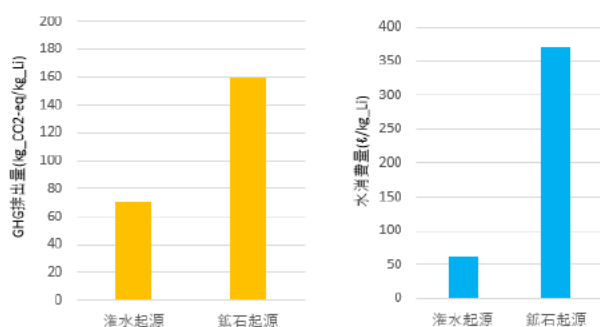


図 9-7 Li 金属 1kg 製造における原料別 (かん水・鉱物) の GHG・水消費量比較

出所：IDEA データベースより日鉄総研作成

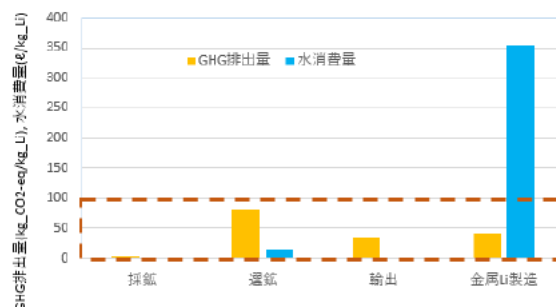


図 9-8 鉱石から金属 Li 製造における 工程別 GHG・水消費量比較

出所：IDEA データベースより日鉄総研作成

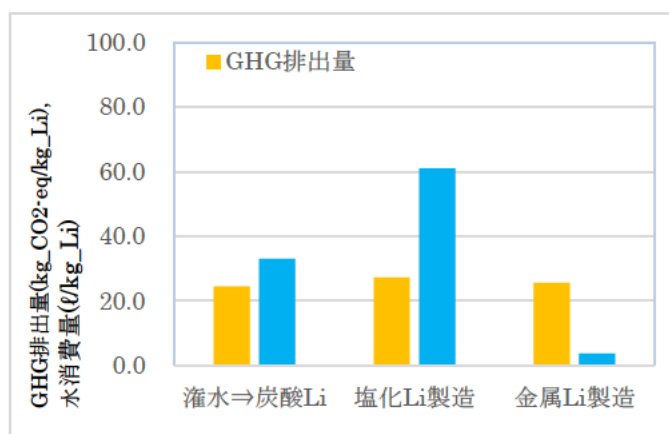


図 9-9 かん水から金属 Li 製造における 工程別 GHG 排出量と水消費量比較

出所：IDEA データベースより日鉄総研作成

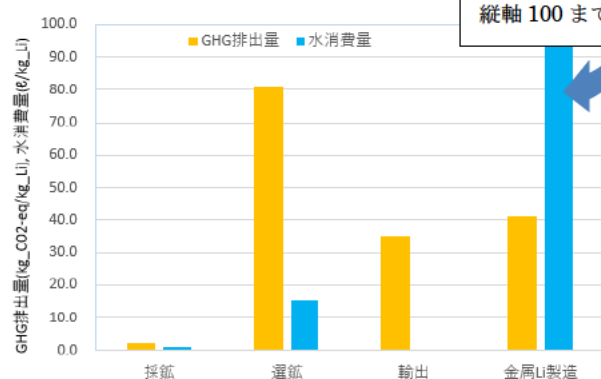


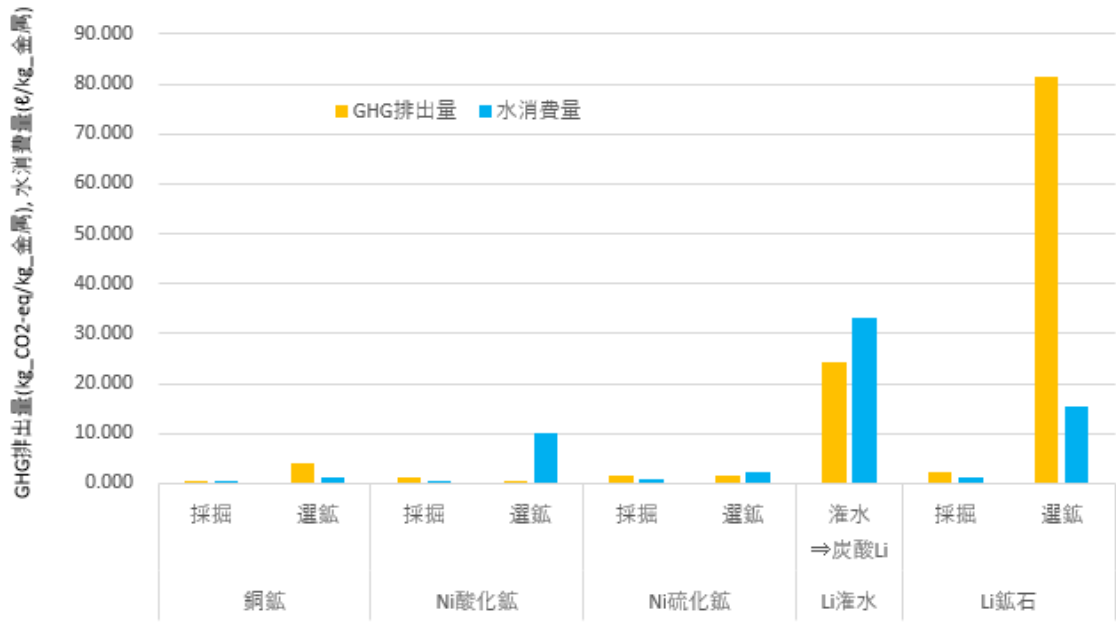
図 9-10 鉱石から金属 Li 製造における 工程別 GHG 排出量と水消費量の比較

出所：IDEA データベースより日鉄総研作成

リチウムの原料別に金属リチウムの製造の GHG 排出量と水消費量を比較するとかん水由来の方がトータルで少ない。リチウムは原子量が 7 と小さく鉱物中の含有率が低い（金属 1kg 製造に必要なリチウム精鉱は 370 kg）ため、図 9-9 で示されるように GHG 排出量は輸出する時の輸送用燃料から排出される GHG も多くなっている。参考まで炭酸リチウム (Li₂CO₃:分子量 74) だとリチウム 1kg あたり 5.29kg ですむ。

④銅・ニッケル・リチウムの鉱山（採掘・選鉱）における GHG 排出量と水消費量の比較

本節で算定した銅・ニッケル・リチウムの 3 鉱種について、採掘工程と選鉱工程においてそれぞれの金属 1kg 製造のために排出される GHG 量と水の消費量を比較する。



	銅鉱		Ni 酸化鉱		Ni 硫化鉱		Li 鉱水	Li 鉱石	
	採掘	選鉱	採掘	選鉱	採掘	選鉱	鉱水 ⇒炭酸Li	採掘	選鉱
GHG 排出量	3.525E-02	4.197E+00	1.122E+00	1.631E-01	1.364E+00	1.382E+00	2.443E+01	2.406E+00	8.130E+01
水消費量	3.236E-02	1.250E+00	3.560E-01	9.969E+00	8.281E-01	2.094E+00	3.301E+01	1.139E+00	1.547E+01

図 9-11 各種鉱物の採掘・選鉱時の GHG 排出量と水消費量の比較

出所：IDEA データベースより日鉄総研作成

本節では、今回の調査対象である銅・ニッケル・リチウムについて、IDEA データベースにある鉱石から金属製品となるまでの各工程における LCI を使って、マスフローバランスを取って、それぞれの鉱石の鉱山（リチウムはかん水プラントと鉱山）における採掘と選鉱のプロセス単位の GHG 排出量と水消費量を整理した。

鉱山の GHG 排出量と水消費量はそれぞれの背景があり極めて多様になっている。
図 9-11 の数値を標準的な目安として押さえ、S&P データベースの GHG 排出量と水消費量について鉱山を比較していく上での参考値とする。

Appendix2

(1) 銅

表 9-1 銅鉱石の埋蔵量

単位：千トン（純分）

国名	埋蔵量	比率(%)
チリ	200,000	23.0%
ペルー	92,000	10.6%
豪州	88,000	10.1%
ロシア	61,000	7.0%
メキシコ	53,000	6.1%
米国	48,000	5.5%
ポーランド	32,000	3.7%
中国	26,000	3.0%
ザンビア	21,000	2.4%
その他	250,000	28.7%
世界計	870,000	100.0%

出所：USGS “Mineral Commodity Summaries 2021”

表 9-2 銅精鉱の生産量

単位：千トン（純分）

	2010年	2015年	2020年
チリ	3,330.0	3,993.7	4,265.6
ペルー	1,094.0	1,627.5	2,086.7
中国	1,156.0	1,667.0	1,673.0
ロシア	700.0	697.8	879.7
豪州	856.0	924.7	860.2
ザンビア	633.0	558.6	706.7
米国	701.0	860.0	669.0
カザフスタン	380.0	428.1	664.0
カナダ	522.0	696.9	587.9
メキシコ	181.0	392.2	551.0
その他	3,265.0	3,392.0	3,673.3
世界計	12,818.0	15,238.5	16,617.1

出所：S&P（2010年）、ICSG 2021 Statistical Yearbook（2015年、2020年）

表 9-3 粗銅の生産量

単位：千トン（純分）

	2015年	2020年
中国	5,504.8	7,907.0
日本	1,175.1	1,259.4
チリ	1,382.0	1,206.3
ロシア	661.0	815.2
ザンビア	648.8	750.6
韓国	511.2	513.9
ポーランド	468.3	446.2
豪州	432.8	402.4
カザフスタン	295.0	319.1
米国	526.5	315.0
その他	3,988.0	3,709.1
世界計	15,593.5	17,644.2

出所：ICSG2021 Statistical Yearbook

表 9-4 銅地金の生産量

出所：ICSG2021 Statistical Yearbook

銅地金生産量

単位：千トン（純分）

国名	2015年	2020年
中国	7,969.0	10,025.3
チリ	2,688.4	2,329.3
日本	1,483.1	1,583.1
DRコンゴ	792.5	1,193.9
ロシア	876.2	1,041.7
米国	1,111.8	917.3
韓国	649.7	671.3
ドイツ	678.1	643.0
ポーランド	574.6	560.3
メキシコ	434.1	427.3
その他	5,580.0	5,117.5
世界計	22,837.5	24,510.0

出所：ICSG2021 Statistical Yearbook

表 9-5 銅地金の消費量

銅地金消費量		単位：千トン（純分）	
国名	2015年	2020年	
中国	11,355.3	14,428.1	
米国	1,798.2	1,710.0	
ドイツ	1,221.2	1,046.0	
日本	997.5	838.2	
韓国	724.6	639.5	
トルコ	467.0	455.0	
イタリア	580.0	440.0	
インド	458.0	410.2	
UAE	390.0	398.0	
台湾	470.9	378.5	
その他	4,583.5	4,245.0	
合計	23,046.2	24,988.5	

出所：ICSG2021 Statistical Yearbook

(2) ニッケル

表 9-6 ニッケル鉱石の埋蔵量

単位：千トン（純分）		
国名	埋蔵量（千 t）	比率（％）
インドネシア	21,000	22%
豪州	20,000	21%
ブラジル	16,000	17%
ロシア	6,900	7%
キューバ	5,500	6%
フィリピン	4,800	5%
中国	2,800	3%
カナダ	2,800	3%
米国	100	0%
その他	14,000	15%
世界 合計	94,000	100%

出所：USGS ” Mineral Commodity Summaries 2021”

表 9-7 ニッケル鉱石の生産量

単位：千トン（純分）

	2010年	2015年	2020年
インドネシア	216	123	770
フィリピン	184	497	331
中国	80	93	104
豪州	168	222	170
ニューカレドニア	132	186	197
カナダ	160	202	158
ブラジル	54	102	75
キューバ	65	66	48
ロシア	274	264	233
南アフリカ	40	58	45
その他	147	327	296
合計	1,520	2,140	2,427

出所：World Bureau of metal statistics, nickel（2010年）、S&P（2015年、2020年）

表 9-8 一次ニッケルの生産量

単位：千トン（純分）

国名	2015年	2020年
インドネシア	0	630
中国	611	746
日本	175	168
豪州	143	115
ニューカレドニア	52	72
カナダ	160	117
ブラジル	73	58
ロシア	235	153
南アフリカ	38	30
その他	452	408
合計	1,939	2,497

出所：S&P より日鉄総研作成

表 9-9 一次ニッケルの消費量

単位：千トン（純分）

国名	2015年	2020年
中国	972	1,409
インドネシア	1	212
日本	150	150
韓国	83	79
インド	45	51
台湾	71	37
ドイツ	58	47
イタリア	58	45
ヨーロッパその他	207	184
米国	151	114
ブラジル	25	13
南アフリカ	28	10
その他	60	44
合計	1,909	2,395

出所：S&P より日鉄総研作成

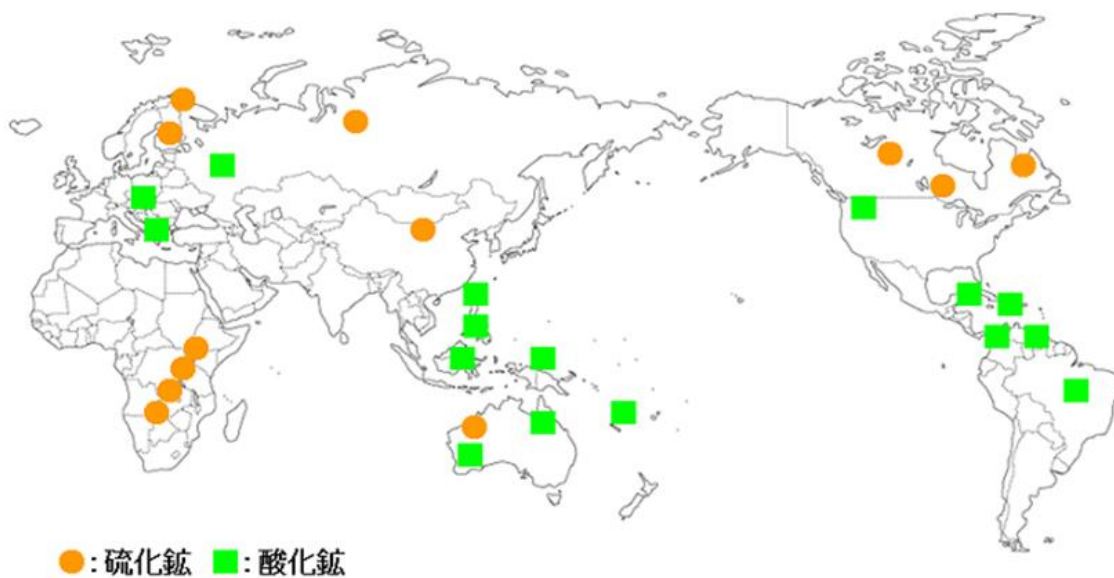


図 9-12 ニッケル鉱石の分布

出所：JOGMEC「ニッケル市場の構造と動向」（2018.6.28）

表 9-10 コバルト鉱石の埋蔵量

単位：千トン（純分）

国名	埋蔵量
DRコンゴ	3,600
豪州	1,400
キューバ	500
フィリピン	260
カナダ	220
ロシア	250
マダカスカル	100
中国	80
パプアニューギニア	51
米国	53
南アフリカ	40
モロッコ	14
その他	560
世界 合計	7,100

出所：USGS Mineral Commodity Summaries 2021

表 9-11 コバルト鉱石の生産量

単位：千トン（純分）

国名	2010年	2015年	2020年
DRコンゴ	47	63	96
豪州	4	6	6
フィリピン		4	5
キューバ	4	4	4
ロシア	6	6	4
ザンビア			4
カナダ	5	7	3
マダカスカル		4	3
パプアニューギニア			3
中国	7	8	2
ニューカレドニア			2
モロッコ			2
フィンランド			2
米国			1
メキシコ			1
南アフリカ			1
インドネシア			1
その他	17	24	
世界 合計	90	126	139

出所：S&P（2020年）、JOGMEC マテリアルフロー（2010, 2015年）

表 9-12 コバルト地金の生産量

単位：千トン（純分）

国名	2015年	2020年
中国	36	80
フィンランド	10	15
ベルギー	6	7
カナダ	5	6
日本	3	4
ノルウェー	3	4
豪州	5	3
ロシア	2	2
モロッコ	1	2
マダガスカル	2	1
南アフリカ	1	1
その他	4	1
DRコンゴ	3	0
ザンビア	5	0
世界 合計	86	126

出所：World Breau of Metal Statistics、2020 年は WBMS 推定値

(3) リチウム

表 9-13 リチウム鉱石の埋蔵量

単位：千トン（純分）

国名	埋蔵量
チリ	9,200
豪州	4,700
アルゼンチン	1,900
中国	1,500
米国	750
カナダ	530
ジンバブエ	220
ブラジル	95
ボルトガル	60
その他	2,100
合計	21,055

出所：USGS Mineral Commodity Summaries 2021

表 9-14 リチウム鉱石（かん水・鉱石）の生産量

単位：千トン（純分）

	2010年	2015年	2020年
豪州	9	14	45
中国	4	2	8
ポルトガル	1	0	2
ジンバブエ	1	1	0
アルゼンチン	3	4	21
チリ	11	11	8
ブラジル	0	0	1
米国	0	0	0
合計	28	32	86

出所：S&P より日鉄総研作成

図 2-1	米国における重要鉱物の絞り込み.....	4
図 2-2	欧州委員会における重要鉱物の絞り込み.....	5
図 2-3	豪州の重要鉱物資源の鉱山と主な鉱脈.....	12
図 2-4	2011 年から 2030 年までの重要ゾーンへの鉱物の移動.....	14
図 2-5	世界の探鉱費予算の推移.....	16
図 2-6	世界の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル (Co,Ni,Li) の推移.....	17
図 2-7	世界のコバルト探鉱費予算の投資地域の推移.....	17
図 2-8	世界のニッケル探鉱費予算の投資地域の推移.....	18
図 2-9	世界のリチウム探鉱費予算の投資地域の推移.....	19
図 2-10	世界の銅探鉱費予算の投資地域の推移.....	20
図 2-11	日本の探鉱費予算の推移.....	20
図 2-12	日本のバッテリーマテリアルと銅の海外探鉱費予算の推移.....	21
図 2-13	米国の探鉱費予算の鉱種別推移.....	22
図 2-14	米国の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル (Co、Ni、Li) の推移.....	23
図 2-15	EU 各国で産出される欧州 CRMs リスト中の重要鉱物資源の世界シェア.....	24
図 2-16	EU 加盟各国の探鉱費予算の推移.....	25
図 2-17	EU 加盟国の探鉱費予算の国別シェア (2011-2021 平均).....	25
図 2-18	EU の探鉱費予算の鉱種別推移.....	26
図 2-19	EU における探鉱費予算の鉱種別シェア.....	26
図 2-20	EU の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル (Co,Ni,Li) の推移.....	27
図 2-21	中国の探鉱費予算の鉱種別推移.....	27
図 2-22	中国の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル (Co、Ni、Li) の推移.....	28
図 2-23	中国のコバルト探鉱費予算の内外投資.....	29
図 2-24	中国のリチウム探鉱費予算の内外投資.....	29
図 2-25	中国のニッケル探鉱費予算の内外投資.....	29
図 2-26	中国の銅の探鉱費予算の内外投資.....	30
図 2-27	豪州の探鉱費予算の鉱種別推移.....	30
図 2-28	豪州の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル (Co、Ni、Li) の推移.....	30
図 2-29	インドの探鉱費予算の鉱種別推移.....	31
図 2-30	インドの探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル (Co、Ni、Li) の推移,	32
図 3-1	(a) 銅鉱石埋蔵量、(b)銅精鉱生産量、(c)粗銅生産量、(d) 銅地金生産量、(e)銅 地金消費量 の国別構成 (2020 年).....	34
図 3-2	(a) 銅精鉱、(b) 粗銅、(c) 銅地金の輸入量 (2020 年).....	36
図 3-3	中国の銅生産量と消費量 (2020 年).....	38
図 3-4	中国の銅精鉱輸入量と中国が保有する海外の権益.....	42

図 3-5	(参考) 銅の価格の推移 (2000 年～2022 年)	45
図 3-6	主要鉱山の生産コストカーブ (銅)	46
図 3-7	主要鉱山の生産量合計の推移 (権益を有する資本の国籍別) (銅)	47
図 3-8	生産コストの平均値の変遷 (銅)	48
図 3-9	銅生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (2020 年) (銅)	52
図 3-10	生産量と GHG 排出量の関係 (2020 年) (銅)	56
図 3-11	生産量と水使用量の関係 (2020 年) (銅)	56
図 3-12	銅生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (2020 年)	57
図 3-13	生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (2020 年)	59
図 3-14	鉱石の品位と GHG 排出量の関係 (銅)	60
図 3-15	鉱石の品位と水使用量の関係 (銅)	60
図 3-16	鉱石の品位と GHG 排出量の関係 (中国国内の鉱山を除く) (銅)	61
図 3-17	鉱石の品位と水使用量の関係 (中国国内の鉱山を除く) (銅)	61
図 4-1	(a) ニッケル鉱石埋蔵量、(b) ニッケル鉱石生産量、(c) 一次ニッケル生産量、 (d) 一次ニッケル消費量の国別構成 (2020 年)	65
図 4-2	(a) ニッケル鉱石、(b) 一次ニッケルの輸入量 (2020 年)	66
図 4-3	中国のニッケル生産量と消費量 (2020 年)	68
図 4-4	(参考) ニッケルの価格の推移 (2000～2022)	75
図 4-5	主要鉱山の生産コストカーブ (ニッケル)	76
図 4-6	主要鉱山の生産量合計の推移 (権益を有する資本の国籍別) (ニッケル)	77
図 4-7	生産コストの平均値の変遷 (ニッケル)	78
図 4-8	生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (2020 年) (ニッケル)	81
図 4-9	生産量と GHG 排出量の関係 (2020 年) (ニッケル)	84
図 4-10	生産量と水使用量の関係 (2020 年) (ニッケル)	84
図 4-11	生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (2020 年)	85
図 4-12	生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係 (2020 年)	87
図 4-13	鉱石の品位と GHG 排出量の関係 (ニッケル)	87
図 4-14	鉱石の品位と水使用量の関係 (ニッケル)	88
図 5-1	(a) コバルト鉱石埋蔵量、(b) コバルト鉱石生産量、(c) コバルト地金生産量 の国別構成 (2020 年)	91
図 5-2	(a) コバルト鉱石、(b) コバルト地金の輸入量 (2020 年)	92
図 5-3	中国のコバルト生産量 (2020 年)	95
図 5-4	中国が権益を持つ海外のコバルト鉱石生産量と中国の輸入量	97
図 5-5	(参考) コバルトの価格の推移 (2010～2022)	101
図 5-6	主要鉱山の生産コストカーブ (コバルト)	102

図 5-7	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（コバルト）	103
図 5-8	生産コストの平均値の変遷（コバルト）	104
図 5-9	生産量1トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）（コバルト）	107
図 5-10	生産量と GHG 排出量の関係（2020 年）（コバルト）	108
図 5-11	生産量と水使用量の関係（2020 年）（コバルト）	108
図 5-12	生産量1トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）	109
図 5-13	生産量1トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）	110
図 5-14	鉱石の品位と GHG 排出量の関係（コバルト）	111
図 5-15	鉱石の品位と水使用量の関係（コバルト）	111
図 6-1	(a) リチウムの埋蔵量、(b) 鉱石生産量（2020 年）の国別構成	114
図 6-2	豪州のリシア鉱石（輝石）の生産量	115
図 6-3	(a) 炭酸リチウム、(b) 水酸化リチウムの輸入量（2020 年）	116
図 6-4	（参考）リチウムの価格の推移（2008～2022）	121
図 6-5	主要鉱山の生産コストカーブ（リチウム）	122
図 6-6	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（リチウム）	124
図 6-7	生産コストの平均値の変遷（リチウム、かん水）	125
図 6-8	生産コストの平均値の変遷（リチウム、鉱石）	126
図 6-9	生産量1トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（リチウム）	129
図 6-10	生産量と GHG 排出量の関係（2020 年）（リチウム）	132
図 6-11	生産量と GHG 排出量の関係（2020 年）（リチウム）	132
図 6-12	生産量1トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）	133
図 6-13	鉱石の品位と GHG 排出量の関係（リチウム）	134
図 6-14	鉱石の品位と水使用量の関係（リチウム）	134
図 7-1	グラファイト鉱山の埋蔵量（資本系列別）	139
図 7-2	（参考）金の価格の推移（2000～2022）	142
図 7-3	主要鉱山の生産コストカーブ（金）	143
図 7-4	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（金）	144
図 7-5	生産コストの平均値の変遷（金）	145
図 7-6	GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）（金）	147
図 7-7	（参考）鉄鉱石の価格の推移（2008～2022）	148
図 7-8	主要鉱山の生産コストカーブ（鉄鉱石）	149
図 7-9	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉄鉱石）	150
図 7-10	生産コストの平均値の変遷（鉄鉱石）	151
図 7-11	生産量1トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（鉄鉱石）	153
図 7-12	（参考）鉛の価格の推移（2000～2022）	154

図 7-13	主要鉱山の生産コストカーブ（鉛）	155
図 7-14	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉛）	156
図 7-15	生産コストの平均値の変遷（鉛）	157
図 7-16	鉱石生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（2020 年）（鉛）	159
図 7-17	（参考）モリブデンの価格の推移（2010～2022）	160
図 7-18	主要鉱山の生産コストカーブ（モリブデン）	161
図 7-19	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（モリブデン）	163
図 7-20	生産コストの平均値の変遷（モリブデン）	164
図 7-21	（参考）パラジウムの価格の推移（2000～2022）	166
図 7-22	主要鉱山の生産コストカーブ（パラジウム）	167
図 7-23	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）	168
図 7-24	生産コストの平均値の変遷（パラジウム）	169
図 7-25	（参考）プラチナの価格の推移（2000～2022）	172
図 7-26	主要鉱山の生産コストカーブ（プラチナ）	173
図 7-27	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（プラチナ）	174
図 7-28	生産コストの平均値の変遷（プラチナ）	175
図 7-29	GHG 排出量と水使用量の関係（プラチナ）	177
図 7-30	主要鉱山の生産コストカーブ（ロジウム）	179
図 7-31	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（ロジウム）	180
図 7-32	生産コストの平均値の変遷（ロジウム）	181
図 7-33	（参考）銀の価格の推移（2000～2022）	183
図 7-34	主要鉱山の生産コストカーブ（銀）	184
図 7-35	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（銀）	185
図 7-36	生産コストの平均値の変遷（銀）	186
図 7-37	生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（銀）	188
図 7-38	主要鉱山の生産コストカーブ（U3O8）	190
図 7-39	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（U3O8） ...	192
図 7-40	生産コストの平均値の変遷（U3O8）	193
図 7-41	生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（U3O8）	195
図 7-42	（参考）亜鉛の価格の推移（2000～2022）	196
図 7-43	主要鉱山の生産コストカーブ（亜鉛）	197
図 7-44	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（亜鉛）	198

図 7-45	生産コストの平均値の変遷（亜鉛）	199
図 7-46	生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と水使用量の関係（亜鉛）	201
図 7-47	（参考）マンガンの価格の推移（2012～2022）	202
図 7-48	主要鉱山の生産量（鉱山別）	203
図 7-49	主要鉱山の生産量の推移	205
表 2-1	主要国で指定されている重要鉱物	2
表 2-2	欧米の重要鉱物資源政策の比較	6
表 2-3	非鉄金属 10 種の鉱業発展による予測値（2016-2020 年）	8
表 2-4	中国国家備蓄局（SRB）による備蓄の予定と実績（2005）	10
表 2-5	海外資産取得に推奨される鉱物	15
表 3-1	（a）銅精鉱、（b）粗銅（c）銅地金の輸入量（2020 年）	37
表 3-2	中国の銅取扱量（2020 年）	38
表 3-3	銅埋蔵量における中国の権益	40
表 3-4	銅精鉱+SXEW の生産量における中国の権益	41
表 3-5	中国の銅精鉱輸入量と中国が保有する海外の権益	42
表 3-6	中国企業が出資している主要な銅鉱山	43
表 3-7	中国企業が出資している主要な銅製錬・精製企業	44
表 3-8	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（銅）	47
表 3-9	生産コストの平均値の変遷（銅）	48
表 3-10	中国資本が権益を有する鉱山数（銅）	49
表 3-11	中国資本の権益取得状況（銅）	50
表 3-12	中国資本の権益取得状況（銅）	50
表 3-13	中国資本による海外鉱山の権益取得年と生産量・生産コスト・出資比率 ..	51
表 3-14	中国資本が権益を有する海外鉱山の銅生産量 1 トンあたりの GHG 排出量と 水使用量（2020 年）（銅）	53
表 3-15	生産量 1 トンあたりの GHG 排出量・水使用量が小さい主な鉱山（銅） ..	54
表 3-16	中国資本の権益取得状況（2020 年）（鉱石の種類、鉱山の形態別）（銅）	58
表 4-1	（a）ニッケル鉱石、（b）一次ニッケルの輸入量（2020 年）	66
表 4-2	中国のニッケル取扱量（2020 年）	68
表 4-3	中国のニッケル調達先	69
表 4-4	ニッケル埋蔵量における中国の権益	70
表 4-5	ニッケル鉱石生産量における中国の権益	70
表 4-6	中国のニッケル鉱石輸入量と中国が保有する海外の権益	71
表 4-7	中国企業が出資している主要なニッケル鉱山	72
表 4-8	インドネシアのニッケル鉱山における中国の権益	73

表 4-9	中国企業が出資している主要なニッケル製錬・精製企業	74
表 4-10	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（ニッケル）	77
表 4-11	生産コストの平均値の変遷（ニッケル）	78
表 4-12	中国資本が権益を有する鉱山数（ニッケル）	79
表 4-13	中国資本の権益取得状況（ニッケル）	80
表 4-14	生産量 1 トンあたりの GHG 排出量・水使用量が小さい主な鉱山（ニッケル）	82
表 4-15	中国資本の権益取得状況（2020 年）（鉱石の種類、鉱山の形態別）（ニッケル）	86
表 5-1	(a)コバルト鉱石、(b) 地金の輸入量（2020 年）	93
表 5-2	中国のコバルト取扱量（2020 年）	94
表 5-3	中国のコバルト数量バランス（2020 年）	94
表 5-4	コバルト埋蔵量における中国の権益	96
表 5-5	コバルト鉱石生産量における中国の権益	96
表 5-6	中国が権益を持つ海外のコバルト鉱石生産量と中国の輸入量	97
表 5-7	中国企業が出資している主要なコバルト鉱山	98
表 5-8	中国企業が出資している主要なコバルト製錬・精製企業（アフリカ）	99
表 5-9	中国企業が出資している主要なコバルト製錬・精製企業（アジア）	100
表 5-10	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（コバルト）	103
表 5-11	生産コストの平均値の変遷（コバルト）	104
表 5-12	中国資本が権益を有する鉱山数（コバルト）	105
表 5-13	中国資本の権益取得状況（コバルト）	106
表 5-14	中国資本が権益を取得する主要コバルト鉱山における銅、ニッケルの生産状況	106
表 5-15	中国資本の権益取得状況（2020 年）（鉱石の種類、鉱山の形態別）（コバルト）	110
表 6-1	豪州の Li 鉱石輸出と中国向けの割合	115
表 6-2	(a) 炭酸リチウム、(b) 水酸化リチウムの輸入量	117
表 6-3	中国のリチウム取扱量（2020 年）	118
表 6-4	リチウム埋蔵量における中国の権益	119
表 6-5	リチウム鉱石生産量における中国の権益	119
表 6-6	中国企業が出資している主要なリチウム鉱山	120
表 6-7	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（リチウム）	124
表 6-8	生産コストの平均値の変遷（リチウム、かん水）	125
表 6-9	生産コストの平均値の変遷（リチウム、鉱石）	126

表 6-10	中国資本が権益を有する鉱山数（リチウム）	126
表 6-11	中国資本の権益取得状況（リチウム）	127
表 6-12	中国資本の権益取得状況（2020 年）（鉱石の種類、鉱山の形態別）	128
表 6-13	生産量 1 トンあたりの GHG 排出量・水使用量が小さい主な鉱山（リチウム）	130
表 7-1	資本系列別鉱山保有状況（グラファイト）	137
表 7-2	開発段階別鉱山数	140
表 7-3	中国資本のグラファイト鉱山の権益保有状況	141
表 7-4	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（金）	144
表 7-5	生産コストの平均値の変遷（金）	145
表 7-6	中国資本が権益を有する鉱山数（金）	146
表 7-7	中国資本の権益取得状況（海外）（金）	146
表 7-8	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉄鉱石） ...	150
表 7-9	生産コストの平均値の変遷（鉄鉱石）	151
表 7-10	中国資本が権益を有する鉱山数（鉄鉱石）	152
表 7-11	中国資本の権益取得状況（海外）（鉄鉱石）	152
表 7-12	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉛）	156
表 7-13	生産コストの平均値の変遷（鉛）	157
表 7-14	中国資本が権益を有する鉱山数（鉛）	158
表 7-15	中国資本の権益取得状況（海外）（鉛）	158
表 7-16	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（モリブデン）	162
表 7-17	生産コストの平均値の変遷（モリブデン）	163
表 7-18	中国資本が権益を有する鉱山数（モリブデン）	164
表 7-19	中国資本の権益取得状況（海外）（モリブデン）	165
表 7-20	モリブデン鉱山の GHG 排出量、水使用量（2 鉱山）（モリブデン）	165
表 7-21	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（パラジウム）	168
表 7-22	生産コストの平均値の変遷（パラジウム）	169
表 7-23	中国資本が権益を有する鉱山数（パラジウム）	170
表 7-24	中国資本の権益取得状況（海外）（パラジウム）	170
表 7-25	パラジウム鉱山の GHG 排出量、水使用量（6 鉱山）（パラジウム）	171
表 7-26	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（プラチナ）	174
表 7-27	生産コストの平均値の変遷（プラチナ）	175
表 7-28	中国資本が権益を有する鉱山数（プラチナ）	176

表 7-29	中国資本の権益取得状況（海外）（プラチナ）	176
表 7-30	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（ロジウム）	180
表 7-31	生産コストの平均値の変遷（ロジウム）	181
表 7-32	中国資本が権益を有する鉱山数（ロジウム）	182
表 7-33	中国資本の権益取得状況（海外）（ロジウム）	182
表 7-34	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（銀）	185
表 7-35	生産コストの平均値の変遷（銀）	186
表 7-36	中国資本が権益を有する鉱山数（銀）	187
表 7-37	中国資本の権益取得状況（海外）（銀）	187
表 7-38	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（U3O8） ...	191
表 7-39	生産コストの平均値の変遷（U3O8）	192
表 7-40	中国資本が権益を有する鉱山数（U3O8）	193
表 7-41	中国資本の権益取得状況（海外）（U3O8）	194
表 7-42	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（亜鉛）	198
表 7-43	生産コストの平均値の変遷（亜鉛）	199
表 7-44	中国資本が権益を有する鉱山数（亜鉛）	200
表 7-45	中国資本の権益取得状況（海外）（亜鉛）	200
表 7-46	主要鉱山の生産量の推移	204
表 7-47	中国資本が権益を有する鉱山数（マンガン）	205
表 7-48	中国資本の権益取得状況（海外）（マンガン）	206

二次利用未承諾リスト

報告書の題名:「令和3年度重要技術管理体制強化事業(諸外国における鉱物資源戦略調査)」

委託事業名:「令和3年度重要技術管理体制強化事業(諸外国における鉱物資源戦略調査)」

受注事業者名 日鉄総研㈱

頁	図表番号	タイトル
2	表2-1	主要国で指定されている重要鉱物
4	図2-1	米国における重要鉱物の絞り込み
5	図2-2	欧州委員会における重要鉱物の絞り込み
6	表2-2	欧米の重要鉱物資源政策の比較
8	表2-3	非鉄金属10種の鉱業発展による予測値(2016-2020年)
10	表2-4	中国国家備蓄局(SRB)による備蓄の予定と実績(2005)
12	図2-3	豪州の重要鉱物資源の鉱山と主な鉱脈
14	図2-4	2011年から2030年までの重要ゾーンへの鉱物の移動
15	表2-5	海外資産取得に推奨される鉱物
16	図2-5	世界の探鉱費予算の推移
17	図2-6	世界の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル(Co, Ni, Li)の推移
17	図2-7	世界のコバルト探鉱費予算の投資地域の推移
18	図2-8	世界のニッケル探鉱費予算の投資地域の推移
19	図2-9	世界のリチウム探鉱費予算の投資地域の推移
20	図2-10	世界の銅探鉱費予算の投資地域の推移
20	図2-11	日本の探鉱費予算の推移
21	図2-12	日本のバッテリーマテリアルと銅の海外探鉱費予算の推移
22	図2-13	米国の探鉱費予算の鉱種別推移
23	図2-14	米国の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル(Co, Ni, Li)の推移
24	図2-15	EU各国で産出される欧州CRMsリスト中の重要鉱物資源の世界シェア
25	図2-16	EU加盟各国の探鉱費予算の推移
25	図2-17	EU加盟国の探鉱費予算の国別シェア(2011-2021平均)
26	図2-18	EUの探鉱費予算の鉱種別推移
26	図2-19	EUにおける探鉱費予算の鉱種別シェア(2011-2021平均)
27	図2-20	EUの探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル(Co, Ni, Li)の推移
27	図2-21	中国の探鉱費予算の鉱種別推移
28	図2-22	中国の探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル(Co, Ni, Li)の推移,
29	図2-23	中国のコバルト探鉱費予算の内外投資
29	図2-24	中国のリチウム探鉱費予算の内外投資
29	図2-25	中国のニッケル探鉱費予算の内外投資
29	図2-26	中国の銅の探鉱費予算の内外投資
30	図2-27	オーストラリアの探鉱費予算の鉱種別推移
30	図2-28	オーストラリアの探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル(Co, Ni, Li)の推移,
31	図2-29	インドの探鉱費予算の鉱種別推移
32	図2-30	インドの探鉱費予算に占めるバッテリーマテリアル(Co, Ni, Li)の推移,
34	図3-1	(a)銅鉱石埋蔵量、(b)銅精鉱生産量、(c)粗銅生産量、(d)銅地金生産量、(e)銅地金消費量の国別構成(2020年)
36	図3-2	(a)銅精鉱、(b)粗銅、(c)銅地金の輸入量(2020年)
37	表3-1	(a)銅精鉱、(b)粗銅、(c)銅地金の輸入量(2020年)
38	図3-3	中国の銅生産量と消費量(2020年)
38	表3-2	中国の銅取扱量(2020年)
40	表3-3	銅埋蔵量における中国の権益
41	表3-4	銅精鉱+SXEWの生産量における中国の権益
42	図3-4	中国の銅精鉱輸入量と中国が保有する海外の権益
42	表3-5	中国の銅精鉱輸入量と中国が保有する海外の権益
43	表3-6	中国企業が出資している主要な銅鉱山
44	表3-7	中国企業が出資している主要な銅製錬・精製企業
45	図3-5	(参考)銅の価格の推移(2000年~2022年)
46	図3-6	主要鉱山の生産コストカーブ(銅)
47	図3-7	主要鉱山の生産量合計の推移(権益を有する資本の国籍別)(銅)
47	表3-8	主要鉱山の生産量合計の推移(権益を有する資本の国籍別)(銅)
48	図3-8	生産コストの平均値の変遷(銅)
48	表3-9	生産コストの平均値の変遷(銅)
49	表3-10	中国資本が権益を有する鉱山数(銅)
50	表3-11	中国資本の権益取得状況(銅)
50	表3-12	中国資本の権益取得状況(銅)
51	表3-13	中国資本による海外鉱山の権益取得年と生産量・生産コスト・出資比率

52	図3-9	銅生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係(2020年)(銅)
53	表3-14	中国資本が権益を有する海外鉱山の銅生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量(2020年)(銅)
54	表3-15	生産量1トンあたりのGHG排出量・水使用量が小さい主な鉱山(銅)
56	図3-10	生産量とGHG排出量の関係(2020年)(銅)
56	図3-11	生産量と水使用量の関係(2020年)(銅)
57	図3-12	銅生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係(2020年)
58	表3-16	中国資本の権益取得状況(2020年)(鉱石の種類、鉱山の形態別)(銅)
59	図3-13	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係(2020年)
60	図3-14	鉱石の品位とGHG排出量の関係(銅)
60	図3-15	鉱石の品位と水使用量の関係(銅)
61	図3-16	鉱石の品位とGHG排出量の関係(中国国内の鉱山を除く)(銅)
61	図3-17	鉱石の品位と水使用量の関係(中国国内の鉱山を除く)(銅)
65	図4-1	(a) ニッケル鉱石埋蔵量、(b) ニッケル鉱石生産量、(c) 一次ニッケル生産量、(d) 一次ニッケル消費量の国別構成(2020年)
66	図4-2	(a) ニッケル鉱石、(b) 一次ニッケルの輸入量(2020年)
66	表4-1	(a) ニッケル鉱石、(b) 一次ニッケルの輸入量(2020年)
68	図4-3	中国のニッケル生産量と消費量(2020年)
68	表4-2	中国のニッケル取扱量(2020年)
69	表4-3	中国のニッケル調達先
70	表4-4	ニッケル埋蔵量における中国の権益
70	表4-5	ニッケル鉱石生産量における中国の権益
71	表4-6	中国のニッケル鉱石輸入量と中国が保有する海外の権益
72	表4-7	中国企業が出資している主要なニッケル鉱山
73	表4-8	インドネシアのニッケル鉱山における中国の権益
74	表4-9	中国企業が出資している主要なニッケル製錬・精製企業
75	図4-4	(参考) ニッケルの価格の推移(2000~2022)
76	図4-5	主要鉱山の生産コストカーブ(ニッケル)
77	図4-6	主要鉱山の生産量合計の推移(権益を有する資本の国籍別)(ニッケル)
77	表4-10	主要鉱山の生産量合計の推移(権益を有する資本の国籍別)(ニッケル)
78	図4-7	生産コストの平均値の変遷(ニッケル)
78	表4-11	生産コストの平均値の変遷(ニッケル)
79	表4-12	中国資本が権益を有する鉱山数(ニッケル)
80	表4-13	中国資本の権益取得状況(ニッケル)
81	図4-8	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係(2020年)(ニッケル)
82	表4-14	生産量1トンあたりのGHG排出量・水使用量が小さい主な鉱山(ニッケル)
84	図4-9	生産量とGHG排出量の関係(2020年)(ニッケル)
84	図4-10	生産量と水使用量の関係(2020年)(ニッケル)
85	図4-11	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係(2020年)
86	表4-15	中国資本の権益取得状況(2020年)(鉱石の種類、鉱山の形態別)(ニッケル)
87	図4-12	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係(2020年)
87	図4-13	鉱石の品位とGHG排出量の関係(ニッケル)
88	図4-14	鉱石の品位と水使用量の関係(ニッケル)
91	図5-1	(a) コバルト鉱石埋蔵量、(b) コバルト鉱石生産量、(c) コバルト地金生産量の国別構成(2020年)
92	図5-2	(a) コバルト鉱石、(b) コバルト地金の輸入量(2020年)
93	表5-1	(a) コバルト鉱石、(b) 地金の輸入量(2020年)
94	表5-2	中国のコバルト取扱量(2020年)
94	表5-3	中国のコバルト数量バランス(2020年)
95	図5-3	中国のコバルト生産量(2020年)
96	表5-4	コバルト埋蔵量における中国の権益
96	表5-5	コバルト鉱石生産量における中国の権益
97	図5-4	中国が権益を持つ海外のコバルト鉱石生産量と中国の輸入量
97	表5-6	中国が権益を持つ海外のコバルト鉱石生産量と中国の輸入量
98	表5-7	中国企業が出資している主要なコバルト鉱山
99	表5-8	中国企業が出資している主要なコバルト製錬・精製企業(アフリカ)
100	表5-9	中国企業が出資している主要なコバルト製錬・精製企業(アジア)
101	図5-5	(参考) コバルトの価格の推移(2010~2022)
102	図5-6	主要鉱山の生産コストカーブ(コバルト)
103	図5-7	主要鉱山の生産量合計の推移(権益を有する資本の国籍別)(コバルト)
103	表5-10	主要鉱山の生産量合計の推移(権益を有する資本の国籍別)(コバルト)
104	図5-8	生産コストの平均値の変遷(コバルト)
104	表5-11	生産コストの平均値の変遷(コバルト)
105	表5-12	中国資本が権益を有する鉱山数(コバルト)
106	表5-13	中国資本の権益取得状況(コバルト)
106	表5-14	中国資本が権益を取得する主要コバルト鉱山における銅、ニッケルの生産状況
107	図5-9	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係(2020年)(コバルト)
108	図5-10	生産量とGHG排出量の関係(2020年)(コバルト)
108	図5-11	生産量と水使用量の関係(2020年)(コバルト)
109	図5-12	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係(2020年)
110	図5-13	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係(2020年)
110	表5-15	中国資本の権益取得状況(2020年)(鉱石の種類、鉱山の形態別)(コバルト)
111	図5-14	鉱石の品位とGHG排出量の関係(コバルト)

111	図5-15	鉱石の品位と水使用量の関係（コバルト）
114	図6-1	(a) リチウムの埋蔵量、(b) 鉱石生産量（2020年）の国別構成
115	図6-2	豪州のリシア鉱石（輝石）の生産量
115	表6-1	豪州のLi鉱石輸出と中国向けの割合
116	図6-3	(a) 炭酸リチウム、(b) 水酸化リチウムの輸入量（2020年）
117	表6-2	(a) 炭酸リチウム、(b) 水酸化リチウムの輸入量
118	表6-3	中国のリチウム取扱量（2020年）
119	表6-4	リチウム埋蔵量における中国の権益
119	表6-5	リチウム鉱石生産量における中国の権益
120	表6-6	中国企業が出資している主要なリチウム鉱山
121	図6-4	（参考）リチウムの価格の推移（2008～2022）
122	図6-5	主要鉱山の生産コストカーブ（リチウム）
124	図6-6	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（リチウム）
124	表6-7	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（リチウム）
125	図6-7	生産コストの平均値の変遷（リチウム、かん水）
125	表6-8	生産コストの平均値の変遷（リチウム、かん水）
126	図6-8	生産コストの平均値の変遷（リチウム、鉱石）
126	表6-9	生産コストの平均値の変遷（リチウム、鉱石）
126	表6-10	中国資本が権益を有する鉱山数（リチウム）
127	表6-11	中国資本の権益取得状況（リチウム）
128	表6-12	中国資本の権益取得状況（2020年）（鉱石の種類、鉱山の形態別）
129	図6-9	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係（リチウム）
130	表6-13	生産量1トンあたりのGHG排出量・水使用量が小さい主な鉱山（リチウム）
132	図6-10	生産量とGHG排出量の関係（2020年）（リチウム）
132	図6-11	生産量とGHG排出量の関係（2020年）（リチウム）
133	図6-12	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係（2020年）
134	図6-13	鉱石の品位とGHG排出量の関係（リチウム）
134	図6-14	鉱石の品位と水使用量の関係（リチウム）
137	表7-1	資本系列別鉱山保有状況（グラファイト）
139	図7-1	グラファイト鉱山の埋蔵量（資本系列別）
140	表7-2	開発段階別鉱山数
141	表7-3	中国資本のグラファイト鉱山の権益保有状況
142	図7-2	（参考）金の価格の推移（2000～2022）
143	図7-3	主要鉱山の生産コストカーブ（金）
144	図7-4	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（金）
144	表7-4	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（金）
145	図7-5	生産コストの平均値の変遷（金）
145	表7-5	生産コストの平均値の変遷（金）
146	表7-6	中国資本が権益を有する鉱山数（金）
146	表7-7	中国資本の権益取得状況（海外）（金）
147	図7-6	GHG排出量と水使用量の関係（2020年）（金）
148	図7-7	（参考）鉄鉱石の価格の推移（2008～2022）
149	図7-8	主要鉱山の生産コストカーブ（鉄鉱石）
150	図7-9	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉄鉱石）
150	表7-8	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉄鉱石）
151	図7-10	生産コストの平均値の変遷（鉄鉱石）
151	表7-9	生産コストの平均値の変遷（鉄鉱石）
152	表7-10	中国資本が権益を有する鉱山数（鉄鉱石）
152	表7-11	中国資本の権益取得状況（海外）（鉄鉱石）
153	図7-11	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係（鉄鉱石）
154	図7-12	（参考）鉛の価格の推移（2000～2022）
155	図7-13	主要鉱山の生産コストカーブ（鉛）
156	図7-14	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉛）
156	表7-12	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（鉛）
157	図7-15	生産コストの平均値の変遷（鉛）
157	表7-13	生産コストの平均値の変遷（鉛）
158	表7-14	中国資本が権益を有する鉱山数（鉛）
158	表7-15	中国資本の権益取得状況（海外）（鉛）
159	図7-16	鉱石生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係（2020年）（鉛）
160	図7-17	（参考）モリブデンの価格の推移（2010～2022）
161	図7-18	主要鉱山の生産コストカーブ（モリブデン）
162	表7-16	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（モリブデン）
163	図7-19	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（モリブデン）
163	表7-17	生産コストの平均値の変遷（モリブデン）
164	図7-20	生産コストの平均値の変遷（モリブデン）
164	表7-18	中国資本が権益を有する鉱山数（モリブデン）
165	表7-19	中国資本の権益取得状況（海外）（モリブデン）
165	表7-20	モリブデン鉱山のGHG排出量、水使用量（2鉱山）（モリブデン）
166	図7-21	（参考）パラジウムの価格の推移（2000～2022）
167	図7-22	主要鉱山の生産コストカーブ（パラジウム）
168	図7-23	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）
168	表7-21	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（パラジウム）
169	図7-24	生産コストの平均値の変遷（パラジウム）

169	表7-22	生産コストの平均値の変遷（パラジウム）
170	表7-23	中国資本が権益を有する鉱山数（パラジウム）
170	表7-24	中国資本の権益取得状況（海外）（パラジウム）
171	表7-25	パラジウム鉱山のGHG排出量、水使用量（6鉱山）（パラジウム）
172	図7-25	（参考）プラチナの価格の推移（2000～2022）
173	図7-26	主要鉱山の生産コストカーブ（プラチナ）
174	図7-27	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（プラチナ）
174	表7-26	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（プラチナ）
175	図7-28	生産コストの平均値の変遷（プラチナ）
175	表7-27	生産コストの平均値の変遷（プラチナ）
176	表7-28	中国資本が権益を有する鉱山数（プラチナ）
176	表7-29	中国資本の権益取得状況（海外）（プラチナ）
177	図7-29	GHG排出量と水使用量の関係（プラチナ）
179	図7-30	主要鉱山の生産コストカーブ（ロジウム）
180	図7-31	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（ロジウム）
180	表7-30	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（ロジウム）
181	図7-32	生産コストの平均値の変遷（ロジウム）
181	表7-31	生産コストの平均値の変遷（ロジウム）
182	表7-32	中国資本が権益を有する鉱山数（ロジウム）
182	表7-33	中国資本の権益取得状況（海外）（ロジウム）
183	図7-33	（参考）銀の価格の推移（2000～2022）
184	図7-34	主要鉱山の生産コストカーブ（銀）
185	図7-35	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（銀）
185	表7-34	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（銀）
186	図7-36	生産コストの平均値の変遷（銀）
186	表7-35	生産コストの平均値の変遷（銀）
187	表7-36	中国資本が権益を有する鉱山数（銀）
187	表7-37	中国資本の権益取得状況（海外）（銀）
188	図7-37	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係（銀）
190	図7-38	主要鉱山の生産コストカーブ（U308）
191	表7-38	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（U308）
192	図7-39	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（U308）
192	表7-39	生産コストの平均値の変遷（U308）
193	図7-40	生産コストの平均値の変遷（U308）
193	表7-40	中国資本が権益を有する鉱山数（U308）
194	表7-41	中国資本の権益取得状況（海外）（U308）
195	図7-41	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係（U308）
196	図7-42	（参考）亜鉛の価格の推移（2000～2022）
197	図7-43	主要鉱山の生産コストカーブ（亜鉛）
198	図7-44	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（亜鉛）
198	表7-42	主要鉱山の生産量合計の推移（権益を有する資本の国籍別）（亜鉛）
199	図7-45	生産コストの平均値の変遷（亜鉛）
199	表7-43	生産コストの平均値の変遷（亜鉛）
200	表7-44	中国資本が権益を有する鉱山数（亜鉛）
200	表7-45	中国資本の権益取得状況（海外）（亜鉛）
201	図7-46	生産量1トンあたりのGHG排出量と水使用量の関係（亜鉛）
202	図7-47	（参考）マンガンの価格の推移（2012～2022）
203	図7-48	主要鉱山の生産量（鉱山別）
204	表7-46	主要鉱山の生産量の推移
205	図7-49	主要鉱山の生産量の推移
205	表7-47	中国資本が権益を有する鉱山数（マンガン）
206	表7-48	中国資本の権益取得状況（海外）（マンガン）
209	図9-1	銅鉱山のエネルギー消費量とGHG（CO2）発生量の関係
211	図9-2	チリChuquibambilla鉱山の工程別CO2排出量
211	図9-3	製錬法による電気銅1kg製造のためのCO2排出量の比較
213	図9-4	電気銅・ニッケル金属・リチウム金属（かん水由来・鉱石由来）のLCI値
214	図9-5	乾式プロセスによる電気銅製造における各工程のGHG排出量と水消費量
216	図9-6	金属ニッケル1kg製造における各工程のGHG排出量と水消費量
217	図9-7	Li金属1kg製造における原料別（かん水・鉱物）のGHG・水消費量比較
217	図9-8	鉱石から金属Li製造における工程別GHG・水消費量比較
217	図9-9	かん水から金属Li製造における工程別GHG排出量と水消費量比較
217	図9-10	鉱石から金属Li製造における工程別GHG排出量と水消費量の比較
218	図9-11	各種鉱物の採掘・選鉱時のGHG排出量と水消費量の比較
222	表9-7	ニッケル鉱石の生産量
222	表9-8	一次ニッケルの生産量
223	表9-9	一次ニッケルの消費量
224	表9-11	コバルト鉱石の生産量
226	表9-14	リチウム鉱石（かん水・鉱石）の生産量