

# メタ研通信

2022 年 10 月号 (No. 4)

## I. 特別寄稿

JOGMEC の機能強化と金属業界への支援拡充

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

金属資源開発本部 金属企画部 調査課長 原田武

## II. [2022 年 7-9 月四半期の非鉄金属市場動向とトピックス](#)

(当該期のショートアプローチの紹介)

## III. [今期の報告・情報収集活動](#)

1. [Battery Summit 2022 vol. 2](#) (藤田哲雄主任研究員報告)
2. [3 年ぶり対面開催となった国際銅研究会など](#) (名井肇理事長)

## IV. [主任研究員レポート紹介](#)

1. [非鉄金属産業のカーボンニュートラルに向けた取り組み \(銅：鉱山・製錬\)](#)  
(桜井文隆主任研究員)
2. [「亜鉛産業におけるカーボンニュートラル」](#)  
(築城修治主任研究員)

## V. [寄稿](#)

1. [金属と著名人 鉄と文豪ゲーテ](#) 伊藤忠鉱物資源開発株式会社 五味篤
2. [非鉄企業現場の日常 スラバヤ/グレシックでの日常生活について](#)  
PT. Smelting 松本修昌

## VI. [事務局長・主任研究員からのひとこと](#)

1. [日本一周車中泊の旅](#) (神門正雄事務局長)
2. [メタ研の事務所移転のこと](#) (北良行主任研究員)

## VII. [非鉄金属の基礎知識](#)

2.3.1. 開発までの流れ

## VIII. [編集後記](#)

\*おことわり：

web に掲載されるレポート等の内容は、必ずしも日本メタル経済研究所としての見解を示すものではありません。正確な情報をお届けするよう最大限の努力を行っておりますが、レポート等の内容に誤りのある可能性もあります。レポート等に基づきとられた行動の帰結につき、日本メタル経済研究所及びレポート執筆者は何らの責めを負いかねます。なお、本資料の

## I. 特別寄稿

### JOGMEC の機能強化と金属業界への支援拡充

**独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構  
金属資源開発本部 金属企画部 調査課長 原田 武**

JOGMEC は、ご存じのとおり、エネルギー資源や鉱物資源の安定的かつ低廉な供給確保のための政策実施機関であります。この分野において、昨今の取り巻く環境の変化は著しいものがあり、2050 年カーボンニュートラルや温室効果ガス削減目標の実現のために、日本のエネルギー需給構造の転換が迫られています。そうした背景のもと、2022 年5月に、いくつかの法律の改正と併せて独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構法（JOGMEC 法）の改正が行われました。本改正により、以下の5つの機能が JOGMEC に追加されます（法案成立後6か月以内に施行）。

1. 洋上風力発電のための地質構造調査等
2. 海外の大規模地熱発電等の探査事業に対する出資業務等
3. 水素・アンモニア等の製造・貯蔵等に対する出資業務等
4. CCS 事業及びそのための地層探査に対する出資業務等
5. 国内における金属鉱物等の選鉱・製錬に対する出資業務等

水素・アンモニア、洋上風力発電など、これまでの JOGMEC 業務で見られなかった分野が新たに追加されました。これに伴い、組織の名称も「独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構」に変更されることになっています。英文名は Japan Organization for Metals and Energy Security になりますが、略称については、既に業界に浸透している JOGMEC を引き続き使っていくこととします。

丁度、JOGMEC は、本年度で第4期中期目標期間を終えて、来年度から第5期中期目標期間に入るところです。目下、法改正の施行に向けた準備を行うとともに、新生 JOGMEC が第5期を順調にスタートできるように組織業務の見直しに着手しているところです。金属関連の業務に限って言えば、基本となるスキームは既存のツールの拡充であり、これまでの支援とシームレスに活用することができます。今回の法改正の前にあたる2022年4月には「原油価格・物価高騰等総合緊急対策」が閣議決定されています。その中に「ロシア情勢の悪化に伴う世界的な資源獲得競争の激化を見据え、我が国企業によるレアメタル権益獲得事業等への JOGMEC リスクマネーの出資上限引き上げなどにより、調達先の多様化を図る」ことが盛り込まれました。それを受けて、JOGMEC は、レアアース、コバルト、リチウム、ニッケル、白金族といった、電動化・グリーン化のカギとなる金属について、出資比率の上限を従前の50%から原則75%まで支援できることを発表しています。

また、今回のJOGMEC 法改正では、出資の支援対象範囲を拡充したところです。現在、海外金属採掘等出資制度により、海外での選鉱・製錬案件への出資を行っていますが、改正後は、国内における選鉱・製錬事業も対象とすることになりました。具体的な支援スキームや支援対象の詳細については、現時点で検討中であります。国内の製錬所は、高品質な金属地金の供給を担う金属サプライチェーンの要と位置づけられています。また、副産物のレアメタル回収、リサイクルによる資源循環といった多様な機能においても重要な施設となっています。一方で、近年の鉱石品位の低下に加え、国内の電力・人件費コスト等から、国内製錬業は厳しい競争環境にあると言えます。加えて、バッテリーや再エネ関連のレアメタル等の急激な需要増大が予測される一方で、特定国によるサプライチェーンの寡占化が進展しています。レアメタル市場は、規模が小さく、価格のボラティリティも高いために、事業リスクの高さもあります。そのような背景から、我が国の安定供給確保のためには、選鉱・製錬工程を日本国内に構築していくことが喫緊の課題であると政府の委員会においても認識されたところです。

また、現在進行中の話として、経済安全保障推進法の関連があります。2022年8月に一部が施行された法律ですが、この中には、重要物質の安定的供給確保を講じる制度の整備が明記されています。今後、特定重要物資が政令によって指定され、対象物資について、供給確保計画が国の認定を受けた場合、助成等の支援措置が講じられることも記載されています。現時点では、何が特定重要物資に指定されるかは不透明ではありますが、仮に、金属鉱物資源が指定されれば、将来的に金属鉱物資源のサプライチェーンの強靱化に資する大きな施策になることが期待されるところです。

今回は JOGMEC 法改正等に伴う、特に金属分野において進行中の支援拡充の状況を紹介させていただきました。これら拡充する施策を支える上で、サプライチェーンの情報収集分析が欠かせないところです。昨今、資源を取り巻く環境が激変する中、これまで以上に精緻な情報収集分析の必要性が感じられます。常日頃、日本メタル経済研究所からのレポート等の情報を拝読し、大変参考にさせていただいております。当方も情報収集分析を拡充し、激変する環境に備えるための施策を支えていきたいと考えています。

## II. 2022年7-9月第二四半期の非鉄金属市場動向とトピックス

7月より新たに皆様と情報を共有している「メタ研ショートアプローチ」の8～10月前半に発行分は、下表のとおりLME、自動車、中国、メタル、電線、リサイクル関係の14件になりました。

メタ研のWeb会員サイトに閲覧コーナーを設けておりますので、会員の方はぜひご覧ください。今後も引き続きショートアプローチコーナーに掲載した記事の表題はメタ研通信でお伝えしますのでご確認ください。

### 8月1日から10月14日までのショートアプローチ

カテゴリー	タイトル	No.	発刊日
LME	何でも上場のLME	3	2022年8月12日
	何でも上場のLME・その2	5	2022年8月22日
レアメタル	レアアース市場～2010年以後の変遷	12	2022年9月22日
貴金属	金はなぜ錆びない？	9	2022年9月8日
自動車	自動車と材料(1)-自動車会社における材料の研究開発-	2	2022年8月8日
	自動車と材料(2)-技術シナリオに基づく研究開発-	4	2022年8月18日
	自動車と材料(3)-自動車の製品企画と材料-	8	2022年9月5日
中国	コロナ禍における中国の非鉄金属産業	7	2022年9月1日
	中国、アルミニウム、その周辺(1)	10	2022年9月12日
電線	アルミニウム巻線の需要は今後伸びるのか？	1	2022年8月1日
	高圧海底ケーブル市場に新規参入者(1)	14	2022年10月14日
リサイクル	循環型産業の高度化(1) ～東京湾岸に立地する鉄・非鉄・産廃系の都市型総合リサイクラーが挑む新事業～	6	2022年8月29日
	循環型産業の高度化(2) ～中国から国内重視へ供給シフトした首都圏の非鉄スクラップ問屋～	11	2022年9月15日
	「循環型産業の高度化」(3) ～環境省の助成事業で独製選別機導入、ミックスメタルからアルミなど抽出へ～	13	2022年9月29日

さて、7月から9月にかけて海外で取り上げられている金属関連のニュースは、やはりリチウム資源に関するものが多かったようです。チリのSQM社が第2四半期の純利益が10倍近くに急増したというニュースはリチウム高騰を象徴した記事としてあげられるでしょう。

一方で欧米が積極的に進めている中国による寡占化に対抗する域内供給には障害となる動きとして、カリフォルニア州のリチウム課税の承認、欧州でのリチウムを有害物質に分類する議論、ポルトガルのコミュニティがBarrosoリチウムプロジェクトに対して法的措置の申請が報道されました。

このような環境下、自動車メーカーによるEVメタルへの投資が顕在化してきています。特に全てのリチウムイオンバッテリー(LIB)にも不可欠で、ニッケル、コバルトに比べて市場が小規模なりチウムの件数が増えました。また、EVメタルの確保競争が激化、自動車メーカーは次々に原料取引合意を発表、End To Endの取引が注目されるようになりました。EV本体についてはLIBの材料価格の高騰で航続距離の短いコンパクトEV中国の「宏光ミニEV」が注目を集め、日本でも輸入できないかと話題になりました。

リチウム以外ではコバルトに関して気になる報道がアフリカでありました。世界の7割のコバルトを生産する DR コンゴで、前政権と Tenke Fungurume 鉱山 (DR コンゴ内で3位のコバルト生産) に関する契約を結んだ中国企業と現政権の確執が表面化したことです。今後の成り行きでは、中国への銅供給やコバルト市場への影響が懸念されます。

ロシアのウクライナ侵攻は依然として続いています。特に欧州でのエネルギー価格高騰はアルミと亜鉛の製造へ影響をあたえているようです。情報によると、欧州ではアルミと亜鉛の生産コストのうちエネルギーは現在約 80%を占めており、過去の平均であったアルミの 40%、亜鉛の 50%からかなりの上昇ということです。中国ではこれに干ばつによる水力発電の供給不足が加わり、南部ではリチウム加工にも影響が出ているようです。

電池関係以外では、チリで労働者の権利の強化、環境保護の強化、水の所有権の見直し、投資プロジェクトにおける先住民族の発言権の拡大などがうたわれた憲法改正案が提出されましたが、世論調査で改正は行き過ぎであると評されていた通り、9月に圧倒的多数で否決されました。また、編集後記で触れていますが、Lundin 銅鉱山付近の謎の巨大陥没穴が出現したり、Codelco など鉱山等事故が多発しています。その Codelco は 2023 年の銅生産量が減少する見込みで、老朽化した鉱山などで AI を導入する方針も発表しています。

海外メディア情報で日本を扱った情報としては、三菱マテリアルが3月中旬に小名浜製錬所の全株式を DOWA メタルマインと古河メタルリソースの株式を買い取る予定であることが明らかになりました。

以上編集部

### III. 今期の報告・情報収集活動

#### 1. Battery Summit 2022 vol.2

藤田 哲雄 主任研究員報告

主催者：IRuniverse/MIRU

開催日時：2022年8月31日（水）10時～18時30分会

場：Hilton TOKYO 4F「菊」

参加者数：230名

IRuniverse/MIRU が主催するバッテリーサミット 2022 に参加してきた。

参加者は総勢 230 名、発表講演は METI の循環経済政策についてのプレゼンから始まり、企業で取り組むリサイクルについてのプレゼンが続き、海外勢のプレゼンも含めて 16 件と大盛況であった。

プレゼンを聞いた所感としては、EV の普及前にバッテリーリサイクルを確立しておかないと取り残されるという危機感で躍起になっており、製品の上市とリサイクルが同時並行で進むまれなビジネス展開であり、各企業はリサイクルプロセスの技術的な優位性を PR し、まるで事業総取りを企むような意気込みだが、原料を集めなければ事業が成り立たないので、色々とアライアンスを模索し、高度なフレームワーク作りを期待している様子であった。

## 2. 3年ぶり対面開催となった国際銅研究会など

名井 肇 理事長報告

主催者：International Copper Study Group

開催日：2022年10月18日～19日

会場：THE ALTIS GRAND HOTEL, LISBON

10月17日の週、ポルトガルの首都リスボンで国際銅研究会、国際鉛亜鉛研究会、国際ニッケル研究会の三つの金属研究会の定例総会が開催されました。コロナの影響で対面での開催は3年ぶりとなり、会場では久々の再会を喜ぶ各国の参加者の姿が見られました。ただ、中国からの参加はなく、ロシアからの参加も少なく、銅研究会に関しては参加者ゼロでした。

19日には「グリーンエネルギーへの転換と非鉄金属」のテーマで三研究会合同のセミナーが開催され、私もプレゼンを行いました。私からは2050年カーボンニュートラルにむけての日本の取り組み状況を紹介しました。また昨年11月にメタ研が開催した「カーボンニュートラルセミナー」においてプレゼンターの一だった渡博士（国立環境研究所）の研究成果を紹介しました。

今後のグリーンエネルギーへの転換においては、リチウムイオンバッテリー向けや風力発電向けなどの各種非鉄金属需要の増大が見込まれるなか、米国、EUからはその供給源の多くが中国に依存していることの危機意識が強く表明されました。また、増大する利用に対し、十分な供給が可能なのかといった問題意識についても熱を帯びた議論が行われました。

私自身にとって2008年以来、14年ぶりの金属研究会への参加となりましたが、会議の方向性は14年前と大きく変わりました。一つは今回のセミナーのテーマでもあるカーボンニュートラルの問題です。14年前にもこの問題は意識されてはいましたが、当時の金属研究会の場では、まだ夏休みが始まったばかりの宿題といった位置づけでした。しかし今回は学校はすぐ始まるのに宿題やってない、といった雰囲気になっていました。

もう一つの大きな変化は中国の存在感の急激な拡大です。需給に関する統計も、中国とそれ以外の世界と分けた上での分析が必要となるなど、少なくとも量的規模における中国の姿は、過去どんな国も持ったことのないレベルになっており、一部の参加者からは今後の動向について神経質になっているとのコメントがありました。

三研究会のうち、国際銅研究会はメタ研が創設された1989年に設立された「同い年生まれ」の組織です。金属需給や地球環境問題との関係が注目されるなか、お互いに切磋琢磨しながら貢献を続けていきたいと感じました

## IV. 主任研究員レポート紹介

このコーナーでは日本メタル経済研究所の主任研究員が執筆した最近のレポートの概要を紹介いたします。ご興味がある方は担当者までご連絡ください。また、報告書本文は販売しております。

今回から数回にわたって 2021 年度成果報告会（2022 年 7 月 7 日開催）の発表概要を順次掲載・紹介します。

### 1. 非鉄金属産業のカーボンニュートラルに向けた取り組み（銅：鉱山・製錬） （桜井 文隆 主任研究員）

現在、人類が直面している最大の問題が地球温暖化である。その影響は水不足、食糧生産の減少、生態系の変化、海面上昇、そして異常気象の頻発等である。この対策としてパリ協定では「産業革命前より気候上昇を 2℃以下に抑制、1.5℃に抑える努力をする」、「21 世紀後半にはカーボンニュートラル(温室効果ガスの排出量と吸収量のバランス)を達成する」を世界共通の長期目標としている。温暖化の主要因は CO<sub>2</sub> であり、各国はクリーンエネルギーへの転換を中心とした経済・社会・産業構造の変革を推進している。

2030 年の非鉄金属の需要予想をクリーンエネルギー向け(青)と既存用途向け(赤)に分け、

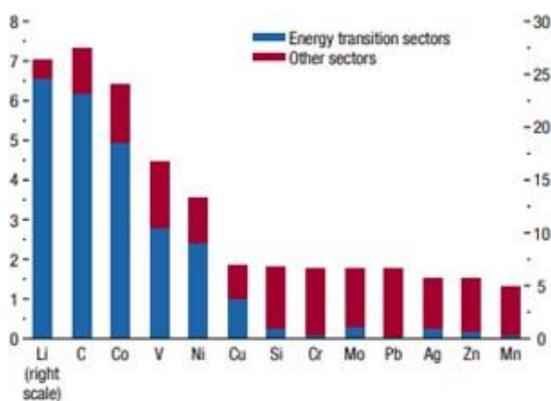


図-1、2030 年の非鉄金属需要の予想  
出典)「World Economic Outlook 2021 Oct.」、IMF 2030 年の消費予想/2010 年代の実績

2010 年代実績の倍数で図-1に示す。クリーンエネルギーの開発には多量の非鉄金属を必要としている。2030 年の銅需要は 2010 年代実績の約 2 倍になる見込みである。その用途は小規模分散型で出力が不安定な再生可能エネルギーの増加に対応する送電網の整備が殆どである。この急激な非鉄需要の増加には下記の対策が考えられるが、夫々問題を孕んでいる。非鉄金属の供給不足がカーボンニュートラルの達成を遅延する可能性がある。

- ・資源開発の促進：開発期間は約 17 年と長期で巨額な投資が必要、開発が間に合うか？
  - ・使用量削減：新規技術の開発、代替品への転換
- 但し、製品機能・性能の低下や信頼性の担保に懸念がある
- ・リサイクル強化：リサイクル原料の獲得競争が激化

銅リサイクルに関して、各社は増処理・増集荷・原料の安定確保に注力している。特にドイ

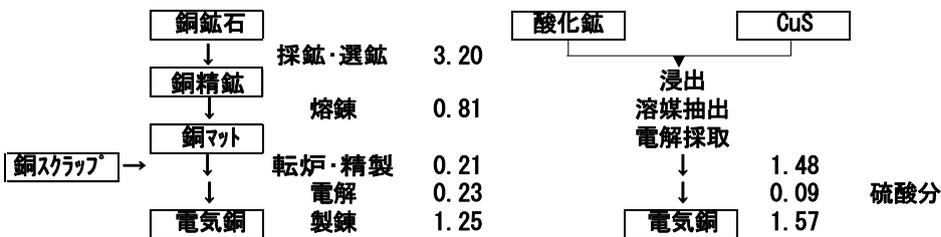
ツの Aurubis 社が、下記のように矢継ぎ早にリサイクル事業の拡大を推進している。

- ・ E-Scrap の 300[kT/Y]増処理
- 米国への銅製錬の進出と欧州での銅電解の約 10%増産
- ・ スクラップを 300[kT/Y]処理する Metallo 社の買収

電気銅のカーボンフットプリントの代表例を図-2に示す。電気銅のカーボンフットプリント削減には以下の対策がある。

- ・ 鉱山：電動化、内燃機関駆動を電気モーター駆動へ転換  
低カーボンフットプリント電力への切替
- ・ 製錬：リサイクルの強化  
(高品位銅スクラップなら約 90%のカーボンフットプリントを削減可能)  
低カーボンフットプリント電力への切替  
研究段階だが水素の利用

低カーボンフットプリント電力への切替により、電力単価の上昇が予想されている。EC では域内産業の競争力維持、域外への事業流出を防止するため、炭素関税(炭素国境調整プログラム、高カーボンフットプリントの輸入品への炭素課金)の導入を検討している。これに対し国連等は発展途上国の経済発展阻害・地位の固定化、自由貿易への挑戦と厳しい意見がある。日本では低カーボンフットプリント電力の単価が EC 等と比較して高価との問題がある。



(出典)「Report on the Environmental Benefits of Recycling」、BIR、2008/10

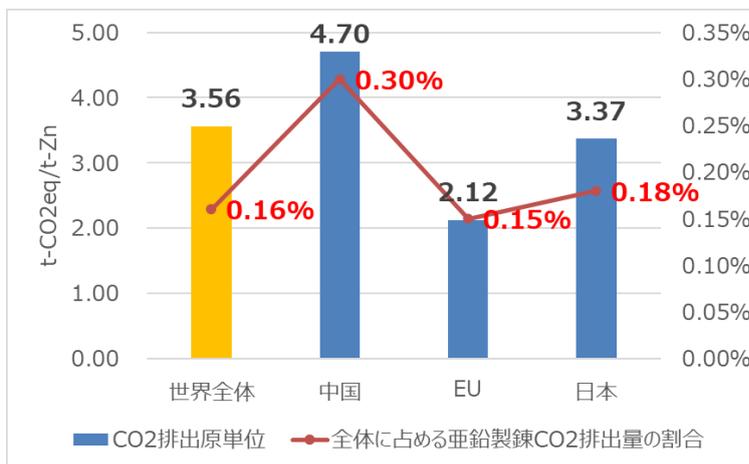
図-2、電気銅のカーボンフットプリント [CO<sub>2</sub>-T/Cu-T]

## 2. 「亜鉛産業におけるカーボンニュートラル」

(築城 修治 主任研究員)

地球温暖化に世界全体で取り組んでいくため、1992年に、国連の下、大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極の目標とする「気候変動に関する国際連合枠組条約」が採択され、この条約に基づき1995年から毎年、気候変動枠組条約締約国会議(COP)が開催されている。2021年に開催されたCOP26に向けて、各国が温室効果ガス削減目標を上方修正し、日本を含めた主要国では、「2050年までに温室効果ガス排出を実質ゼロ(ネットゼロ)にする」ことを宣言している。世界的にカーボンニュートラルへの関心が高まってきたことに伴い、最終製品生産者であるエンドユーザーから材料サプライヤーへのCO<sub>2</sub>排出量削減の要請が強まっている。アルミニウム業界や銅業界での動きを考えると、2050年を待たず近いうちに、亜鉛業界に対しても、CO<sub>2</sub>排出量が少ない低炭素亜鉛、究極的にはネットゼロであるグリーン亜鉛の供給に対する要請は強まってくるであろう。

2019年の世界の亜鉛鉱山、製錬業に係るCO<sub>2</sub>排出量は49,016千t-CO<sub>2</sub>eqと試算される。また、精製亜鉛のCradle-to-GateのCO<sub>2</sub>排出原単位は3.56t-CO<sub>2</sub>/t-Znとなった。亜鉛鉱山、製錬業からのCO<sub>2</sub>排出量が世界のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量(31,706百万t-CO<sub>2</sub>eq)に占める割合は0.16%であり、7~9%を占めると言われている鉄鋼部門に比べると小さい値であるが、49百万tの排出量を2050年までにネットゼロにすることは容易ではないと言える。亜鉛製錬においては、電炉ダストからのリサイクル原料を使用することは天然鉱石を使用するよりもCO<sub>2</sub>の排出量が高くなり、リサイクルとカーボンニュートラルが共存しえな



亜鉛製錬業のCO<sub>2</sub>排出原単位と  
各国全体に占める比率

いというジレンマが生じることになる。しかし、電炉ダストをリサイクル処理することは電炉鋼の増産を支えることにつながり、ひいては鉄鋼業でのCO<sub>2</sub>排出量削減に貢献すると言える。従って、電炉ダストのリサイクル処理のCO<sub>2</sub>排出量が高いからという理由でこれを否定するのではなく、他の分野でのCO<sub>2</sub>削減の貢献、資源循環、SDGsといった観

点を考慮して、亜鉛製錬における電炉ダストのリサイクルの在り方を検討していくことが必要である。

亜鉛の最も使用量の多い用途は、鉄鋼製品の腐食防止に使用する亜鉛めっき向けである。

ますます厳しくなる気象環境では、この腐食防止の重要性がさらに高まってくる。鉄鋼製品は亜鉛めっきされることで、製品寿命が大幅に伸びるため、鉄鋼製品の生産、消費量を低減することができ、製鉄産業から発生する CO2 の抑制につながっている。再生可能エネルギー関係については、太陽光発電設備では、架台の寿命や強度を保つためには亜鉛めっきが重要である。風力発電でも発電設備の防食の面で亜鉛は貢献している。蓄電池分野において、亜鉛はその電気化学的性質から、リチウムイオン電池に比較しても、体積エネルギー密度、重量エネルギー密度共に高い値を示している。しかし、最近まで商業的に実行可能にすることに成功した企業はほとんどない。亜鉛はベースメタルであり、リサイクルが確立されているために費用対効果が高く、さらに安全で信頼性の高い電池を提供できることから、今後 10～20 年間の定置用蓄電池の需要が急増していくなか、ニッケル亜鉛、亜鉛マンガン、亜鉛空気などの亜鉛電池が市場に浸透していくと期待される。

亜鉛鉱山、製錬業に携わる主要な企業が 2050 年カーボンニュートラルを目標に掲げ、達成に向けた取り組みを進めている。海外企業は太陽光、風力、水力などの再生可能エネルギー発電利用に積極的に取り組むと共に、再生可能エネルギー由来の系統電力契約を結ぶことで、使用電力の排出係数低減を進めている。機械、車両の電化は、特に鉱山事業において ICMM が中心になって進めており、鉱山車両の完全電動化も計画化されている。亜鉛の CO2 排出原単位で競争力を有する海外企業は、低炭素亜鉛の販売を開始し差別化を図っている。日本企業も、省エネルギー、電化などの取り組みを進め、日本鉱業協会が中心となり、業界全体での目標達成に向けた計画を推進している。太陽光、水力などの再生可能エネルギー発電にも取り組んでいるが、現在発電した電力は FIT 制度を利用して電力会社に販売しており、亜鉛産業の CO2 排出量低減に直接的には寄与しておらず、低炭素化については海外企業に先行を許している。

天然資源である鉱石は有限であり、金属のリサイクルは持続可能な社会の実現に向けた重要な解決策である。気候変動に影響を与える CO2 排出量のみにとらわれるのではなく、責任ある調達を含めた企業の社会的責任、リサイクルを軸とした循環経済も合わせて鑑み、今後の亜鉛のバリューチェーンの在り方を考えていく必要がある。日本の亜鉛産業（製錬業）が 2050 年カーボンニュートラルを達成するため、短中期的には、工程の改善、電炉ダストからのリサイクル推進のロジック策定と教宣活動、低炭素亜鉛への準備、低炭素プロセスの検討など、長期的には、電力単価アップへの対応、カーボンオフセットへの準備、乾式製錬の在り方の検討などに取り組んで行くことが必要である。また、日本社会全体で、カーボンニュートラル達成にはコストがかかるとの認識を共有化して、このコストアップの相当分を分担するという共通認識を醸成し、そのための仕組みを作ることが不可欠である。

## V. 寄稿

### 1. 金属と著名人 — 第1話 鉄と文豪ゲーテ —

伊藤忠鉱物資源開発株式会社 五味 篤

地球が誕生した約 46 億年前は、まだ大気には酸素は存在せず、地球表面は熱く熔融した岩石が覆うマグマオーシャン状態だった。約 40 億年前に水蒸気が冷却されて降雨が発生、マグマオーシャンが固まって陸地が形成され始めた。40~43 億年前には低地に水が溜って海洋が形成され、岩石中の鉄分が溶けて流入し、さらに海底火山の活動で鉄分が海水中に放出された。大気中の二酸化炭素が海水中に溶けたために、温室効果が弱まり、高温だった海水温度が徐々に冷え始めた。

約 36 億年前に海洋に原始微生物が誕生し、さらに 20~24 億年前には光合成によって大気中の二酸化炭素と水を吸入し酸素を排出する細菌や藍藻類が誕生した。その結果、16~20 億年前には海水や大気中の酸素濃度が急激に上昇し、海洋の鉄分と結びついて一気に大量の酸化鉄が縞状鉄鉱層(BIF: Banded Iron Formation: 写真1)として沈殿するに至った。

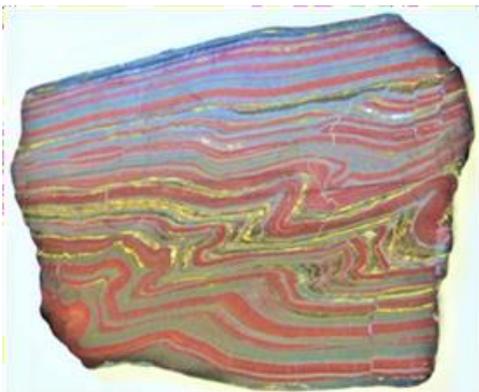


写真1 縞状鉄鉱層 Bedded Iron-Formation (BIF)  
(左右長 35cm)  
産地 西豪州ビルバラ地方、デ・グレイ、オード・レインジ  
(ニミンガラ鉄鉱層)  
暗灰色=赤鉄鉱・磁鉄鉱、赤褐色=赤色チャート、  
黄色=リーベック閃石)



写真2 針鉄鉱 Goethite  $\alpha$ -FeO(OH)  
(左右長 7cm)  
産地 南豪州、ノース・フリンダーズレンジ、アーカルーラ

人類が製鉄原料にしてきた鉄鉱物は、赤鉄鉱、磁鉄鉱、菱鉄鉱、褐鉄鉱である。赤鉄鉱はBIFに伴いカナダ、ブラジル、豪州、南アフリカ、インドなどで大量に採掘され、磁鉄鉱は岩手県釜石やスウェーデンのキルナなどに産し、島根県では磁鉄鉱が砂鉄として採集され、伝統的な「たたら製鉄」で和鉄が生産されてきた。鉄分が付近の古い河川敷に再堆積してできたチャンネル鉄鉱床や、火山付近の冷泉から鉄分が沼地に沈殿した褐鉄鉱も利用されてきた。独仏国境のアルザス・ローヌ地方に産する褐鉄鉱は石炭とともに領土紛争の火種となってきたため、1951年に共同管理を目的に欧州石炭鉄鋼共同体が誕生、やがてEU欧州連合設立の嚆矢となった。

この褐鉄鉱は単独の鉱物ではなく、主として針鉄鉱(Goethite：写真2)と鱗鉄鉱といった鉄水酸化物の集合体からなる。針鉄鉱の英名 Goethite、独名 Goethit はドイツの詩人・小説家・劇作家で自然科学者でもあったゲーテ<sup>(注-1)</sup> (図版1)に因んでいる。



図版1 ヨハン・ヴォルフガング・フォン・ゲーテ  
1820年70歳肖像  
ウィキペディア：フリー百科事典[ヨハン・ヴォルフガング・フォン・ゲーテ] 2022年9月18日 07:13 引用



写真3 坑内に露出する含銅頁岩層  
下盤からロートリーゲント砂岩層、鉱石鉱物を含むヴァイスリーゲント砂岩層、含銅頁岩層、上盤のツェヒシュタイン苦灰石層が壘重する。ドイツ、マンスフェルト地区、ザンガーハウゼン鉱山坑内。Keith et al. (2017)より転載

ゲーテは1773年24歳で戯曲「ファウスト」初稿を書き始め、翌年には小説「若きヴェルターへの悩み」を刊行するなど、若くして著名であった。1775年26歳のとき、ドイツ、テューリンゲン州の領邦ザクセン大公国<sup>(注-2)</sup>のアウグスト大公<sup>(注-3)</sup>との親交が始まり、翌年には大公に請われて枢密院(内閣)の外務顧問官に就任した。そして1776年に大公国のイルメナウ市にあるイルメナウ鉱山の再開案件を担当することになった。イルメナウ鉱山は二畳紀に堆積した含銅頁岩(写真3、図版2)からなる鉱床で、1444年以来、銅鉱と銀鉱を産した他に酸化マンガン鉱や螢石を産したが、1739年に貯水池が決壊し、坑内が水没して休山中であった。アウグスト大公は国の財政を改善する目的で鉱山再開を熱望、ゲーテもそれに応え、地質学、冶金学、鉱山規定などを猛勉強し、1777年には鉱山再開の参考とするためにハルツ山地の近代的な操業鉱山を巡った。

そして遂に1784年再開のために新たに新ヨハネス立坑<sup>(注-4)</sup>(図版3)を掘削することになり、式典でゲーテはイルメナウ市民を前に、「私たちが今日開削する立坑はドアとなり、私たちはそれを通して地球の隠れた財宝のところへ下って行き、自然の地下深くに眠る賜物を地上にもたらすのであり

ます。」と祝辞を述べた。儀式として立坑の掘削予定位置に、装飾された鶴嘴で最初の一打を入れたゲーテは、群衆から三度の「ご無事で!(Glück auf!)」の歓声を聞いた。この言葉はもともと坑夫たちが富鉱帯に逢着する幸運を祈ったものだが、やがて無事に坑外に戻れるようにとの意味に変化したものだが、日本の生産現場で交わされている「ご安全に!」に等しい。鉱山は再開されたが、残念ながら1796年に坑道が崩落、1804年まで小規模に採掘が続けられ1812年に閉山した。



図版 2 含銅頁岩層を含むツェヒシュタイン(Zechstein)堆積盆の範囲と鉱山分布。  
Keith et al. (2017)に加筆。



図版 3 イルメナウ近くのカンマーベルク (Kammerberg) 坑口。

1776年7月22日のゲーテのスケッチ画。ゲーテは最初1776年にここを訪れ、その後アウグスト大公と数回訪れた。1931年イルメナウで開催されたゲーテ100周年記念祭 p. 49.

18世紀後半は鉱物蒐集熱が盛んで、各地に地質学の文化団体が設立され、ゲーテ自身も生涯に18,000個もの岩石鉱物標本を集め、哲学者や文学者が岩石生成論を論じた。ゲーテも1786年から1788年まで憧れの地イタリアを旅行し、多くの地質学的な記述を含めた「イタリア紀行」を刊行した。1806年、ドイツのアイザーフェルト近郊のホラーツグ鉄鉱山<sup>(注-5)</sup>(写真4)で「美しいルビー状赤色を呈する鉄鉱石」が発見された。ゲーテの地質学上の知人らが、ドイツ、テューリンゲン州のイエーナ大学<sup>(注-6)</sup>のヨーハン・ゲオルク・レンツ<sup>(注-7)</sup>教授兼総合鉱物研究所長に、「この素晴らしい鉱石と、優れて偉大なゲーテの精神の所産との類似性から」Goethenit または Goethenit と命名することを提案した。結局 Goethit としてレンツの小冊子に「我々の最も尊敬する大臣、ゲーテ閣下の栄誉のために命名された」として記載された。

「光を、もっと光を！(Licht, mehr Licht!)」1832年83歳で臨終の間際にゲーテが述べたとされる有名な言葉だが、伝承では「二番目の窓のよろい戸を開けてくれないか、もっと光が入るように！(Macht doch den zweiten Fensterladen auf, damit mehr Licht



写真4 アイザーフェルト付近のホラーツグ鉄鉱山 1907 年。  
針鉄鉱の原産地。ウィキペディア：フリー百科事典[Hollertszug]2022 年 8 月 8 日  
20:17 引用

hereinkomme!)」と述べたとされる。ニュートンの「光学」に対抗して光と闇を重視して書かれたという「色彩学」の所以か、若い頃のイルメナウ鉱山坑内での印象が蘇ったものか、今となっては謎のままである。

注-1) : Johann Wolfgang von Goethe (1749- 1832)

注-2) : Saxe-Weimar-Eisenach

注-3) : Carl August, Herzog von Sachsen-Weimar (1757-1828)

注-4) : Neuer Johannes Schacht

注-5) : Hollertszug, Eisenerzgrube, Herdorf, Landkreis Altenkirchen, Rheinland-Pfalz

注-6) : Friedrich-Schiller-Universität Jena

注-7) : Johann Georg Lenz (1748-1832)

#### 参考文献

国分義司, 2011, 地質ニュース 677 号, p. 67-74.

国分義司, 2011, 地質ニュース 678 号, p. 58-65.

ゲーテ (著), 木村直司 (編・訳), 2010, ゲーテ地質学論集・鉱物篇, 筑摩書房.

ゲーテ (著), 鈴木芳子 (訳), 2022, イタリア紀行 (上) (下), 光文社古典新訳文庫. 光文社.

Keith, S. B., Spieth, V. and Rasmussen, J. C. (2018): Zechstein-Kupferschiefer Mineralization Reconsidered as a Product of Ultra-Deep Hydrothermal, Mud-Brine Volcanism.

## 2. 非鉄金属企業の日常 — スラバヤ/グレシクでの日常生活について —

PT. Smelting 松本 修昌

### 1. PT. Smelting の紹介（設立～現状）

PT. Smelting（以下、PTS 社）は、1991 年にフリーポート・マクモラン社がインドネシア政府と 30 年間の採掘権の契約を締結した際、銅製錬所の建設を要請された同社の現地法人である PT. Freeport Indonesia 社（以下、PTFI 社）が 1994 年に三菱マテリアル社を招聘、1996 年に設立された会社で、ジャカルタ首都特別州に本社、東ジャワ州グレシク県に製錬所を有する、現在に至るまでインドネシアで唯一の銅製錬所である。



PTS 社グレシク製錬所の全景

製錬所設置にあたり、グレシク県が選ばれた理由としては、隣接する国営肥料会社の Petrokimia Gresik 社で稼働中であった硫酸プラント 1 基が老朽化しており、製錬所の建設と産出される硫酸の購入を同社が強く望んだことが挙げられる。このため、同社からは事業用地の貸与や工業用水の供給など様々な便宜が供与されている。また、製錬所建設予定地はグレシク県の臨海地区に所在しており、銅精鉱や海外からの資材の荷揚げ、製品の出荷等



ジャカルタとスラバヤ市の位置関係 (Google Map)



グレスック製錬所とスラバヤ市街 (Google Map)

大きな港湾施設を有するスラバヤ港の利用が容易であるといったメリットがあったことも大きな要因であった。

このような環境下で建設された製錬所は、設立当初は電気銅の年間生産能力が 20 万 t であったが、以降 3 次にわたる拡張工事の実施により、現時点では電気銅の年間生産能力が 30 万 t になるなど、インドネシア経済の成長と共に大きく発展してきた。しかしながら、これまで順風満帆に発展してきた訳ではなく、海水配管の破損による長期間の操業停止や、労働組合によるストライキといった労働問題、PTS 社に起因しない

環境問題に端を発した地元問題、税務問題、法制度改正に伴う混乱に起因する許認可問題等々、数多くの困難を乗り越えて現在に至っている。これも偏に諸問題発生時に真摯に対応した PTS 社関係者の努力と三菱マテリアル社のサポートがあってのものである。

なお、2022 年 8 月末時点での PTS 社の概要は以下のとおりである。

株主構成：三菱マテリアル 60.5%、PTFI 社 39.5%

電気銅生産能力：30 万 t / 年

従業員数：386 人（駐在員 15 人、インドネシア人 371 人 ※ジャカルタ本社駐在員 1 名、インドネシア人 8 名含む）

## 2. スラバヤ/グレスックでの食事/日常生活について

ここで PTS 社グレスック製錬所が所在するグレスック県及び駐在員が居住するスラバヤ市について紹介したい。



製錬所近くの屋台（ワルン）での日本人駐在員（右から 2 人目が筆者）の昼食風景。

この日は全員が Rawon（東ジャワ州発祥の牛肉のスープで真っ黒な色が特徴）を注文。

インドネシアは、国民の約 90% がイスラム教を信仰するなど、世界で最もムスリムの多い国家であり、その中でも最も人口が多いジャワ島に初めてイスラム教が伝わった地域が、ジャワ島東部に位置し、インドネシア第 2 の都市であるスラバヤ市から北西約 20Km にあるグレスック県である。このような背景からか、グレスック県では店舗でアルコールが販売さ



駐在員が昼食で注文した Rujak Cingur  
(特にスラバヤ市の伝統的食べ物。各種野菜や餅、テンペ等に濃厚且つ辛いソースを和えて食べるサラダ)



グレスリック県のレストランでのローカルスタッフの食事風景。Buntut Goreng (牛テールの揚げ物) や Sop Buntut (牛テールスープ) は多くのインドネシア人の好物。

れておらず、ホテルでもアルコールを注文することは極めて困難である。我々駐在員は、スラバヤ市内に在住しているので、日常生活で飲酒を全く出来ない訳ではない。スラバヤ市には幾つもの巨大なショッピングモールがオープン、中心部のトゥンジュンガンエリア等は、日本の新宿・渋谷といった大都市と変わらぬ賑やかさを見せており、酒類を提供するレストランも数多くある。ただし、イン

ドネシアではウイスキー・日本酒・焼酎の入手は極めて困難なので(※購入出来たとしても極めて高額)、日本から当地への出張の際、このような酒類を土産とすると現地駐在員から大変喜ばれる(酒を嗜まない方には全く関係の無い話で恐縮だが)。

食べ物については、宗教的な理由により豚肉が使われる料理を目にする機会は限られているが、スラバヤ市には何軒かの日本料理屋があり、日本の食材が売られているスーパーもあるので、生活面でそれ程の不便は感じない。ここで折角なので、少し

インドネシア料理について紹介したい。当地では、日本でも有名なナシゴレン(焼き飯)、ミーゴレン(焼きそば)、テンペ(インドネシア納豆)といった料理以外にもソトアヤム(鶏肉のスープ)、ラウオン(牛肉のスープ、東ジャワ州起源)といった旨味の強いスープや、サンバル(チリソースの一種)やココナッツソースといった味の強い調味料が多用された料理が多く食べられている。どの料理も美味ではあるが、インドネシア料理はすべからず油の使用が多く、また量そのものも多い為、意識的に食事量を調整しないと、成人病まっしぐらの道をたどりかねないので注意が必要である(インドネシア人は年配の方ほど恰幅の良い人が多いように思われるが、長年インドネシア料理を食べ続けた影響があるものと思われる)。

続いて駐在員やインドネシア人の生活スタイルについて紹介したい。

スラバヤの日本人会には、約400人弱(実際にはもう少し多い)が登録されているが、300万人都市であるスラバヤの規模や日系企業の進出状況から見れば、在住者の数はかなり少ない(ジャカルタは1万人強の日本人が在住)。ただ、ソフトボールやサッカー、テニス、コーラス等、クラブ活動は中々に盛んであり、各人が交流できる環境は整っている。我々駐在員の日常としては、基本的には社有車で移動ということもあり、日本のように赤提灯に誘

われて一杯、ということは余り無く、平日は自宅～会社の往復となり、偶に職場やサークルの仲間と飲みに行く、という生活をしている人が多い。週末は多くの駐在員が職場・サークル仲間とゴルフやソフトボール、サッカー等の活動を通じて交流を深めている。また、インドネシアは観光大国であり、我々駐在員が住んでいるスラバヤからも近隣に有名な観光地（バリ島や世界遺産であるボロブドゥール遺跡等）が多数存在していることもあり、これら観光地に旅行をする人も多い。

次にインドネシア人の生活スタイルであるが、地域各所に設置されているモスクの拡声器から1日5回大音量で流れるアザーン（礼拝への呼掛け）が生活に根付いている。最初のアザーンは夜明け前に流れることもあり、駐在員の中にはこの音量で目を覚ます人もいる。ムスリムにとって、祈祷は極めて重要な行為であり、従業員の90%以上がムスリムであるPTS社でもモスクの設置や祈祷時間の確保等、従業員の宗教的活動に配慮している。また、ムスリムにとって最も重要なイベントがラマダン（断食月）とレバラン（断食明け大祭）である。ラマダン期間中、ムスリムは日の出から日没まで一切の食事を断つこととしているため、PTS社でも、この期間中は日没後直ぐに栄養補給を出来る様に軽食を用意するなど、従業員の健康管理に特に配慮する期間である。約1か月のラマダンを経て迎えるレバランは、日本での正月のようなものであるが、ムスリムにとってはラマダン期間中に徳を積むことで全ての罪が許されると考えられている日なので、重要度は日本人の正月に対するそれとは比較にならない。なお、レバラン前後は公式に祝日となり長期間の休日となるため、多くのムスリムが故郷に帰省して親族と過ごしている。このレバラン前後の期間は、官公庁も殆ど機能しなくなるため、各種許認可やVISA手続き等はこの時期を外す必要がある。

何れにせよ、宗教や価値観、歴史的背景等、日本とは大きく異なる当地で事業活動や生活をしていく上で、インドネシア人の価値観や生活スタイルを尊重していくことが極めて重要である。

### 3. PT. Smelting の今後について

最後にPTS社の今後について言及したい。PTS社は1996年の設立以来、三菱マテリアルグループの東南アジアの重要拠点、且つインドネシア唯一の銅製錬所として、インドネシアや東南アジア諸国に高品質の電気銅を安定的に供給してきた。このような中、インドネシアにおいて2009年に施行された新鉱業法により鉱山会社に鉱物の高付加価値化が義務付けられており、PTS社についてもPTFI社が運営するグラスベルグ鉱山の付属製錬所としての側面が強くなってきている。こうした状況を踏まえ、三菱マテリアル社がPTFI社と協議を重ねた結果、次の項目等について合意し2021年11月25日に正式に決定された。

- ・ 鉱物の高付加価値化の一環として、PTS社の拡張工事を行う。
- ・ 拡張工事に係る費用については、PTS社は全額をPTFI社から融資を受けて調達する。
- ・ 拡張工事の完工を条件として、PTFI社からPTS社への融資額全額を簿価純資産方式でPTS社の新株に転換（増資）する。

これにより拡張工事が完工、PTS 社の増資の完了をもって（2024 年前半）、PTS 社は三菱マテリアル社の連結子会社から持分法適用関連会社に異動予定である。また、拡張工事に関する協議と並行して、今後の PTS 社の運営方針について三菱マテリアル社と PTFI 社が協



2年に1度の大型定期炉修工事の起工式の様子  
（ライスコーンをカットする佐藤社長（右から2人目））。

議した結果、2023 年より PTS 社の運営方法が変更されることとなった。現在、PTS 社は鉱山会社から銅精鉱を購入した上で、電気銅、スライム他副産物を生産し、それらを顧客に販売することで利益を得ているが、運営方法の変更後は PTFI 社のみから銅精鉱の製錬の委託を受ける受託製錬会社に変更となる。なお、PTS 社の受託製錬化後も、

三菱マテリアル社は 20 年以上にわたる PTS 社の操業経験を活かして、インドネシアに新設した子会社を通じて PTS 社の操業や事業遂行に従前同様深く関与していく予定である。我々駐在員（※新社に転籍予定）も PTS 社の事業活動のサポートに全力を尽くすことを通じて、PTS 社や近隣住民といったステークホルダーのみならず、インドネシアの更なる発展に寄与していきたい。

以 上

## IV. 事務局長・主任研究員からのひとこと

### 1. 日本一周車中泊の旅

神門 正雄 事務局長 2017年6月着任（元経済産業省）

事務局長の神門です。メタ研通信第4号となってやっと出番が回ってまいりました。メタ研に着任してから早5年、古いほうから数えて前半組に入りました。これまで皆さん色々な話題を書いていただいておりますが、私は趣味のドライブに関する話を少々。

私が本格的にドライブを趣味にするようになったのは2001年から2004年の北海道経済産業局勤務時代となります。独身ですと土日は時間が十分にあるので道内色々回ってみようと中古のパジェロを10月に購入し、道内道の駅スタンプラリー（各駅でスタンプを押し、集めた数で景品がもらえる）を目的に土曜の日の出から日曜夜まで走り回りました。北海道の夏場は特に朝が早い（日の出が4時前）なのでホテルに泊まると時間ももったいない、ともっぱら車中泊の旅でした。その年は当時78あった道の駅すべてを回り、スタンプラリーも抽選で地場名産品詰め合わせを頂いたのが良い思い出です。

翌年度の駅回り2周目を始めるとともに、折角だから本州方面にも回ってみたいと思うようになったところ、当時の高橋局長（その後北海道知事）から「最近LPガス関連の事故が多いけれど大丈夫？」との話（当時の私のポストは資源環境部長という石油や鉱山を担当）を受けて、「では安全祈願してきます」と答えたのですが、LPガスの神様を局内で聞いても誰も知らない、ということで、では「伊勢神宮なら何でもOKのはず、ついでに鉱山関連で大山祇神社も参拝しよう」と訪問先を決定した上で、四国まで行くなら九州も、となって本土最南端の佐多岬まで回る事となりました。

ゴールデンウィークを利用して9泊10日のうち、まあ走れるだけ走りつつ、何とか帰ってこれるだろうと大雑把な計画で、まずは札幌から函館まで走りなれた国道5号線（301km）を南下、深夜函館発のフェリーで早朝青森上陸、最初に感じたのは「寒い」。北海道はゴールデンウィークでも雪が普通に降りますが、北東北も負けずと寒かったです。さて、そこから国道7号線（585km）を南下、初日の目標の弥彦神社（石油の神様）に午後到着、参拝してから更に進んで国道8号線（593km）に入り、初日は富山の道の駅で車中泊。2日目、日の出に合わせて出発し、国道9号線（770km）に移りながら菜の花畑等道道の自然を堪能しつつ出雲大社近くの玉造温泉目指して向かい、島根県内の道の駅で車中泊。3日目は早朝営業の日帰り温泉で身を清め、出雲大社参拝。なお私のご先祖は島根県出身とのことで、出雲大社近くに「神門町」というところもあります。大社のしめ縄に感動しつつ、次の目的地である九州目指して西進し、福岡に入ったところで車中泊。4日目、本土最南端佐多岬目指して国道10号線を南下、日が出ている間に到着できてこれで折り返し点到達です。5日目、このあたりから高速道路をメインにしつつ国道3号線（519km）も走りながら北上し、山口県の道の駅で車中泊。6日目、国道2号線（672km）と高速道路を併用しつつ、尾道からしまなみ海道に入って大山祇神社に到着、非鉄各社の奉納品をみて「やはり鉱

山の神様だ」と思いを深めつつ、北海道釧山保安の祈禱を行っていただきました。参拝後、四国に渡って道後温泉につかり、足摺岬近くまで移動して車中泊。7 日目、天気が悪くなったため移動に重点を置いて室戸岬を経由しながら明石海峡大橋渡って和歌山まで移動して車中泊。8 日目、最後の目的地の伊勢神宮に到着。神社の広さに驚きつつ、ここでも北海道 LP/釧山保安の神楽殿で祈禱を挙げて頂いたのは良い経験でした。

これで目的を果たした事もあり、残りの日数から高速道路主体で実家の東京で一泊した後青森兼八戸からフェリーに乗って北海道に帰りました。そのときの経験で、ゴールデンウィークでも観光地以外であれば思っていたより道が空いていたこともあり、本州も結構回れると知って、翌年お札を返しに行くとの名目の元、2 回目の日本一周を行い、47 都道県通 46 都道府県を走れたことも良い思い出となりました。また、一桁国道も全線ではありませんが回れました。次の目標は全国道の駅制覇(北海道、東北、関東、中部はほぼ完了)としていますがこちらは年のせいもあり移動距離を減らしつつのんびり回っていこうと思います。

## 2. メタ研の事務所移転のこと

北 良行 主任研究員 2020年6月着任 (JOGMEC)

私が社会人となったのは1982年のことで気が付けば40年も経っている。当時 JOGMEC は金属鉱業事業団、略して金探（金属鉱物探鉱促進事業団）と言われ、現在虎ノ門ヒルズがまさに建つあたりに、常盤ビルという7階建ての、一階にガソリンスタンドを有する小さなビルにあった。ほぼ10年間は事務所の引っ越しもなく、床が傾き、いつ壊れてもおかしくないその危険なビルで過ごしていたが、1993年秋田支所勤務となり秋田県小坂町古館にある秋田県資源技術開発機構の建物（ピンク色）の一角に御世話になることになった。十和田湖や八甲田山という一級の観光地にいつでも行ける田舎暮らしを満喫していたが、突然、県庁施設の北側に金探独自の金属資源技術研究所を建設することとなった。これが出先での事務所引っ越しとのおつきあいの始まりである。新しい建物は気持ちが良いものだが、大きなエントランスホールに飾るものが何も無く、来訪の客人をもてなすため、わたし個人の鉱物サンプルを駆使して、標本陳列棚を作ったことが懐かしまれる。帰京後すぐにヨハネスブルグ事務所へ配置換えとなった。事務所はサントンスクエア（現ネルソンマンデラスクエア）の近くアリスレーン 5th にある大きなビルの片隅であった。正確にはヨハネスブルグという地域は南側にある旧市街を中心に指す。その地域はアングロアメリカン社が多く不動産を抑えていたが、いささか治安が良くなかったこともあり、日本企業の多くはヨハネスブルグより北側にある新興のビジネス街サントン地域に居を構えていた。金探が入るビルにも当時のニチメンさんが入っており、初めての海外赴任の私は安堵した。しかしほどなく家主から立ち退きを要求された。当時普及し始めた携帯電話会社一社がビルを占有することになるという。当時ヨハネスブルグには、覚えているだけで鉱産物を扱う商社として三菱商事、三井物産、住友商事、日商岩井、伊藤忠、豊通、ニチメン、トーメン、兼松が事務所を開設し、たくさんの日本人スタッフを置いていた。今は企業の合併や各社のヨハネスブルグ支店に関する業態変化で、会社数も駐在する日本人数も少なくなり、様変わりしてしまったようである。海外で事務所を引っ越しするとは思っていなかったが、優秀な秘書シルビアさんのおかげで、近くに豊通が入るビルに空きを見つけることができた。しかし、1998年には事務所自体を閉めることになり、まだ使える事務機器や資料をメルボルンとロンドン事務所に振り分けて搬送するという仕事が発生した。ちなみにヨハネスブルグ事務所は2019年に再開された。

帰国後しばらくして、日本メタル経済研究所への出向となった。メタ研は1989年に設立されたが、最初の事務所は日本ビルに構え、その後1992年に虎ノ門45森ビル、虎ノ門4丁目森ビル2号館と移転した。私が最初にメタ研で働くことになったのは、2000年に神谷町駅近くの虎ノ門4丁目森ビル2号館にあったところだが、着任後すぐ11月には虎ノ門11森ビルに移転することになった。当時、現在も一緒に業務に携わっている城井さん池田さん達と一緒に引っ越ししたことが懐かしい。無事ご奉公をおえて金探に戻ったが、石油公団との

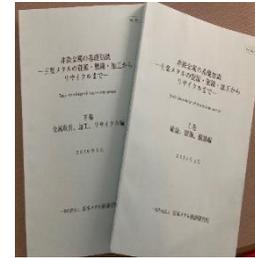
合併話が進み、常盤ビルあたりが再開発されることもあり、JOGMEC となる金探は川崎駅の間近に都落ちとなった。石油公団側は、都落ちにしばらく応じず、このため JOGMEC 川崎は金属部門のみで始まることとなった。しばらくたって石油公団も越してきたが、そのような訳でフロアはばらばらとなってしまった。都落ちといっても引っ越し先は新築のミュージア川崎という立派なオフィスビルで、ちんけな常盤ビルからは大出世である。その後、JMECに出向することになった。JMEC は当時メタ研と同じ虎ノ門 11 森ビルに事務所を構えていた。出戻った気分であったが、2007 年、またほどなく引っ越すこととなった。今度は乃木坂にある赤坂日本ビルという小さなビルである。正面には乃木会館があり、近くには資源素材学会も母校秋田大学の北光会も事務所を構えている。JMEC のご奉公も明けて川崎に戻ったが、ここで 2011 年の東日本大震災にあい、併設するコンサートフォールの天井は崩落した。その後もまたもや引っ越しが待っていた。国際資源状況が逼迫する中、JOGMEC が地方にあっては業務に支障をきたすというのである。そして、現在 JOGMEC は旧日本鉱業が建てた新日鉱ビル、現虎ノ門ツインタワーに移った。虎の門病院の真ん前である。これで事務所の引っ越しは6回目となった。現在、この辺りは再開発が盛んにおこなわれており、食堂の多くが閉店し、昼は食事で苦勞することになった。

秋田大学に教員として赴任した 2016 年~19 年の間にも、プロジェクト専用棟ができ学内で引っ越しをすることになった。その後、アメリカ大使館前にある赤坂三会堂ビルに移っていたメタ研への2回目の勤務となった。こちらもほどなく神田川一橋近辺、住所では神田錦町にある精興竹橋共同ビルへの移動となった。近くには日本鉱業協会もあり、毎日新聞社や学士会館もある。これで合計8回の引っ越しとなった。

いろいろなオフィス街を見ることができたが、最近はコロナで飲み歩くことができず、せつかくの神田錦町という地理的優位性を、いまだ活用できていないような気がする。

## VII. 非鉄金属の基礎知識

このコーナーは令和元年に日本メタル経済研究所が総力を挙げて作成した非鉄金属の基礎知識のレポートを、少しでも皆様に活用していただけるよう、今後順次その一部を連載で紹介するコーナーです。最後まで付き合いいただけますと、上下2部にわたる報告書を章・節ごとに概要を掲載してゆく予定です。報告書本文は販売しております。ご興味のある方はお問い合わせください。



今回は第2章資源編のうち非鉄金属資源概要を紹介しましたが、今回は同じ第2章のうち開発までの流れ、非鉄金属資源の採掘、非鉄金属資源の選鉱について記載されている非鉄金属資源の開発の中から、「2.3.1. 開発までの流れ」について一部紹介する。ここでは(1) フィージビリティ・スタディ、(2) 許認可、(3) 設計・建設・ についての記述を行っている。

### 2.3.1. 開発までの流れ

#### (1) フィージビリティ・スタディー (Feasibility Study : FS)

鉱山ライフ全体はProspecting (探査)、Exploration (探鉱)、Development (開発)、Exploitation (採掘)、Reclamation (再生) の5段階で表現される。

表 2-3-1-1 鉱山ライフの5段階

段階	手順	期間	費用/単位費用
Prospect (探査)	地質調査 地化学探査 物理探査	1-3年	0.2-10百万\$
Exploration (探鉱)	ボーリング調 査サンプリ ング 鉱量計算 フィージビリティ・スタディー	2-5年	1-15百万\$
Development (開発)	鉱区取得 環境影響調査提出 アクセス道路建設 鉱山施設建設	2-5年	10-500百万\$
Exploitation (採掘)	採掘・選 鉱コスト 管理	10-30年	5-75百万\$/年

探鉱の段階に応じてフィージビリティ・スタディーも段階的に実施される。フィージビリティ・スタディーは、その段階と精度により以下の通り区分される。

#### 1) Scoping Study

Scoping Study は、探鉱活動によって得られた鉱石の兆候に対する最初の経済評価であり、探鉱計画を進めるか否かを判断する。探鉱会社の

場合は、市場からあるいは鉱山会社から資金調達するために成果を報告する際にも使用されうる。

## 2) Preliminary Feasibility Study (以下、プレ FS)

プレ FS は、より詳細な Feasibility Study に進むかどうかを決定するために実施され、埋蔵鉱量計算、選鉱の予備試験の実施と機器の選定、採鉱法の検討など Scoping Study の内容を検証するなどの手順が必要となる。この段階では Scoping Study 作成のコンサルタント会社が実施する場合と、次の Feasibility Study で設計を担当するエンジニアリング会社が担当する場合がある。

## 3) Feasibility Study

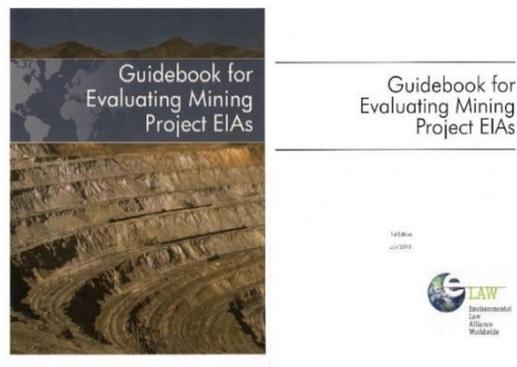
プロジェクトを開発に進めるかを意思決定するための検討であり、外部から融資を受けられる場合には Bankable Feasibility Study として提出・評価される。最終 Feasibility Study に関しては、通常外部エンジニアリングを起用するが、その場合も鉱山会社内のエンジニア他の関係部門も深く関与する必要がある。

各段階の Feasibility Study に一般に求められるデータ例を表 2-3-1-2 に示されている(表は省略)。

## (2) 許認可

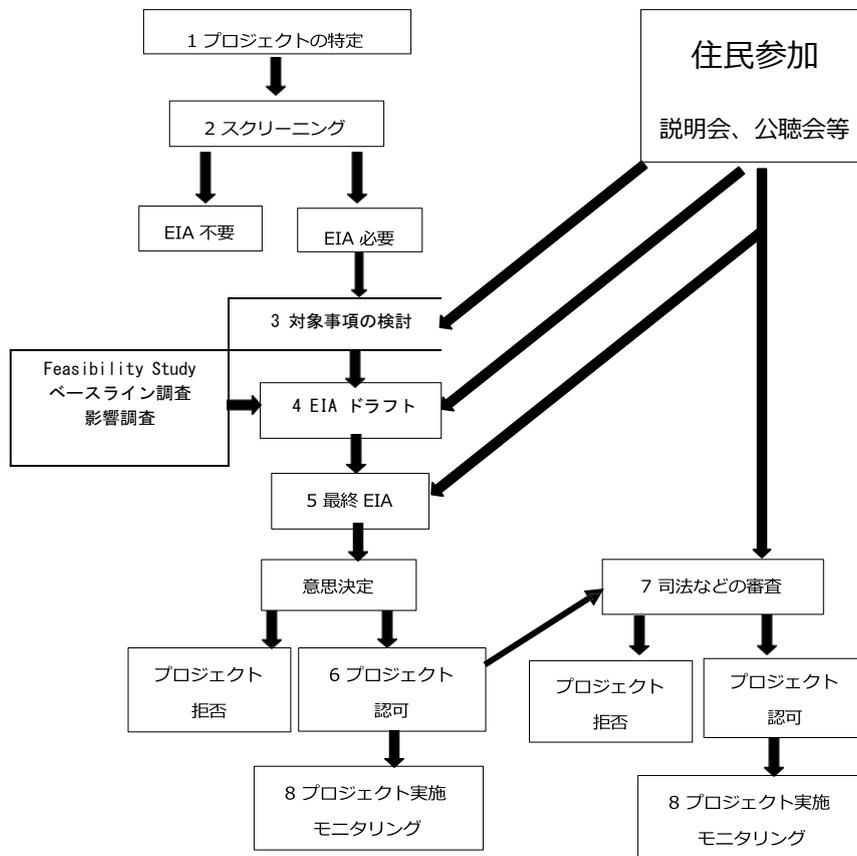
許認可に関しては、土地の使用権、水使用権、アクセス道路建設許可など多岐にわたるが、準備に時間を要し認可条件が厳しいのは環境認可である。Environment Impact Study (EIS) (Environment Impact Assessment、EIA と呼ばれる)は、Feasibility Study とほぼ並行して実施されるが、探鉱段階でも環境に影響を与えることがあり、プロジェクトが始まる前の環境状態を知るためのベースライン調査は Prefeasibility Study の段階から始められることが多い。

EIA のプロセスは国によって要求事項が異なるが、2010 年 7 月に Environmental Law Alliance Worldwide (ELAW) が発行した” Guidebook for Evaluation Mining Project EIAs” が参考となる。



(出典) Environmental Law Alliance Worldwide  
写真 2-3-1-1 Guidebook for Evaluating  
Mining Project EIAs の表紙

上記ガイドブックが例示する EIA プロセスを図 2-3-1-1 に示す。



(出典) Guidebook for Evaluating Mining Projects EIAs

図 2-3-1-1 EIA プロセスフロー

### (3) 設計・建設

一般的な設計・開発の手順は以下を含む。

- 1) FS の報告書の適用（必要があれば修正も含む）
- 2) 採鉱法の確認
- 3) 埋蔵鉱量の確認と独立コンサルタントによる費用推定に基づく資金調達
- 4) 必要な土地の購入と鉱業権の取得
- 5) EIS の提出
- 6) 鉱山地区へのアクセス、通信手段、電力供給
- 7) サポート、管理事務所を含む地上設備建設の計画
- 8) 選鉱場、貯鉱舎、土砂捨て場建設
- 9) 採鉱機械購入
- 10) 坑内掘りなら鉱体へのアクセス坑道、露天掘りなら事前剝土
- 11) 坑内掘り（立坑、破碎設備、運搬坑道）あるいは露天掘り（破碎設備、用水設備、

機械修理場)などの設備建設

- 12) 従業員の雇用とトレーニングと必要に応じての一般サポート (住居、教育、医療サービス、生活用品の購入施設)

鉱山の開発・建設は上記のように、選鉱場、廃滓堆積場、鉱山事務所など鉱山操業のための付帯設備以外に鉱山までのアクセス道路、用水設備なども含まれる。かつては、鉱山開業に併せて、従業員用住居や従業員の子弟のための学校まで建設して鉱山町を作る場合もあったが、現在では鉱山が僻地にあることが多く、有限の資源が尽きた後にゴーストタウン化する可能性の高い鉱山町を作らないことが多い。スタッフ・従業員ともに、週末は自宅のある大都市に住み、勤務日は航空便によって鉱山近くの飛行場までを往復するフライイン・フライアウトと言う勤務形態を取ることが多い。職制などにより勤務形態は異なるが、従業員は1週間現地で12時間/日勤務で1週間休暇と言う形態を取ることが多い。会社は従業員に対して、飛行機代あるいはバスなどの移動手段を用意する代わりに、鉱山には居住地は作らず宿泊設備であるキャンプを用意する。チリのカセロネス鉱山の場合は鉱山事務所、選鉱場、採掘場は標高4,000mを超える場所にあるが、宿泊施設であるキャンプは標高2,000m付近にあり、毎日片道約1時間かけて通勤をしている。また、シエラゴルダ鉱山も同様に、鉱山山元にはキャンプがあり、週末のみサンチャゴやアントファガスタなどの自宅のある都市へ戻るという勤務形態の鉱山労働者が多い。

設計・開発の進め方、請負契約の方法としては以下がある。

大型のプロジェクトでは、EPC (Engineering Procurement Construction) としてエンジニアリング会社と契約することが多い。この契約の仕方によって発注者 (オーナー) とエンジニアリング会社の責任分担が異なるので、慎重に対応する必要がある。

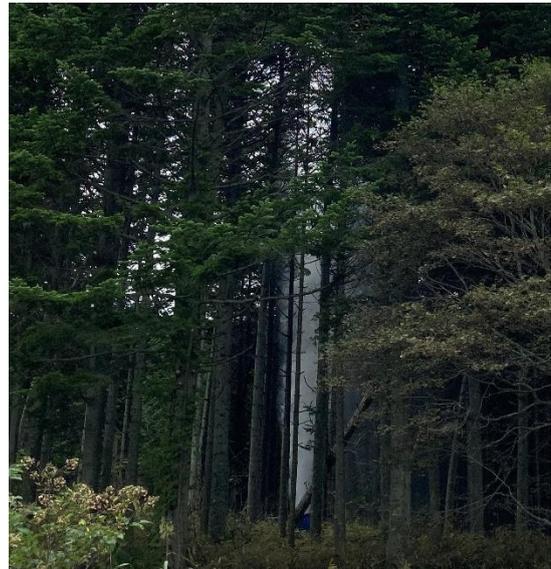
(以下省略)

## VIII. 編集後記

高さ数十メートルに及ぶ巨大な水柱が立ったとのニュースが報道された。8月8日、北海道南部の長万部町の飯生神社境内にある林の中の出来事である。多い日には数千もの観光客が集まっているという。休暇を取って羊蹄山の登山を予定していた筆者も、計画の中に長万部立ち寄りを加え8月30日その見物客の一人となった。

札幌方面から高速道を南下し長万部のインターを降り、町に向かう国道5号線の跨線橋に車がさしかかると、まさにその水柱が見える。もちろん観光地ではないので案内板があるわけなので、手がかりもなくうろうろと車をまわし神社を探した。ほどなく神社は見つかったが、特別な駐車場などなく、近くにいた誘導員に10分程離れた公共施設に車を止めるよう指示される。そこで車を降りた途端、何やら大きな轟轟という機械音に驚いた。騒音で住民が大変な迷惑を受けていると報道されていたので、これが水柱の音だとすぐに理解することができた。

まずは神社にお参りし、目的地である吹き出し口へ向かった。まっすぐ立つ杉の木に並行して天に向かって噴き出しているため、初めは確認しにくかったが、確かに林の中に轟音とともに白く勢よく吹き上がる水柱がみえる。間欠泉ではなく連続して噴出している。報道によれば水温25度以下であり、昔の基準ではこれは温泉ではなく鉱泉に分類される。噴出している場所には1950年代末に天然ガスや温泉を探すために試錐調査が行われたようで水はその付近から出ているらしい。その頃には金属鉱業事業団も石油公団も存在していないので我々は



直接関係なさそうである。食塩泉であることから塩害が起きたり、鉄やマンガンを多く含むことから茶色や黒の着色が起きたりする可能性があるとのことである。町によれば、水柱による騒音で眠れないといった声が近くの住民から寄せられているが、今回の調査結果を受けて長万部町は人体に影響を及ぼすほどではないということで安心しているが、騒音による被害の訴えが相次いでいることから、早急に対応を講じたいとしている。

これに先立つ7月30日、地球の裏側チリでは、水柱でなく大きな陥没があった。大きな穴は首都サンチアゴの北約665kmにあるカナダのLundin Mining社の銅鉱山が運営する土地にできた。チリ当局は1日、同国北部の鉱山地帯で週末に発生した直径約25mの謎の陥没穴の調査を開始した。国家地質鉱業局Sernageominによると陥没は底まで約200mあり、底に物質は検出されていないが、大量の水の存在が確認されたという。陥没穴の近くに位置するAlcaparrosa 鉱山の入り口から作業現場までのエリアが閉鎖された。ちなみに、

Candelaria として知られる同プロジェクトは Lundin 社 80%、日本の住友金属鉱山と住友商事が残りの 20%を保有している。

Candelaria 鉱山は、露天掘りおよび坑内掘りで銅鉱石を採掘し、うち Ojos del Salado はサブレベルストッピング採鉱方式で Santos (5,300 トン/日) と Alcaparrosa (4,400 トン/日) の 2つの地下鉱山から鉱石を採掘している。

金属鉱山ではないが日本でも 2015 年の豪雨災害で大谷地区にあった坑の一つが崩落し、近くの農地の土や水が流れ込む事態が報道された。宇都宮市北部にある大谷石の採石場では 1989 年以降、陥没が相次いでいた。人的被害はなかったものの、一部は住宅も被害に遭った。採石業者でつくる大谷石材協同組合によると、陥没は 1989 年～2019 年に計 6 回あった。最初の陥没は、35 世帯 150 人が避難を余儀なくされたという。範囲は東西約 115 メートル、南北約 160 メートル、深さは最大約 30 メートルに及んだ。盛期の 1970 年頃には、約 120 の採石業者が年間約 89 万トンを出荷していた。近年は採石業者の廃業もあって地下に残る坑道の数把握できなくなり、坑道につながる坑だけでも、少なくとも 200 か所以上が埋め戻されていない状態だという。陥没から 31 年がたった 2020 年 4 月、埋め戻しに向けた工事が始まり、住民からは歓迎の声が聞かれる。

一方でこの地域は観光開発により復興を目指している。2013 年の資料館の再開、チイキカチ計画を設立。翌年、水のたまった地下空間をボートで巡る地底湖クルージングを始めた。

大谷石を掘り、使用する文化が 2019 年 5 月、日本遺産に認定された。旧坑道でコンサートを開催したりワイン貯蔵などの活用の話も聞かれる。鉱業遺産をうまく活用する知恵も必要かもしれない。

今年起きた事件は、鉱業やそれに関連する活動は、思わぬところで災害を引き起こす可能性がある事をまざまざと感じる出来事であった。大谷石の様に負の遺産をうまく活用することができれば幸いであるが、ESG などが注目される中、今後の活動・計画に対する配慮はもとより、これまでの鉱業活動への見えないチェックも重要であると考え。長万部は債権者が不在とのことであったが幸い 9 月末には水柱の吹き出しは収まったようであるが、チリでは調査を進め、関連業者には厳罰を科す構えであるとのことで先行きが気になるところである。