

メタ研通信

NO.

2

Metal Economics Research Institute, Japan

CONTENTS

巻頭言2

理事長 川口 幸男

特別寄稿 重要鉱物の供給網強靱化のための新規施策について...3

経済産業省製造産業局 金属課 金属技術室長 大竹 真貴

2022年第1四半期の非鉄金属市場動向とトピックス...4

ロシアのウクライナ侵攻で脱炭素化への移行はますます遅れる4

非鉄金属市場探訪6

LMEニッケル取引混乱の評価6

寄稿 茶の間の地学 ジンバブエの石...8

今期の報告・情報収集活動.....10

2022年度研究予定テーマの紹介.....10

参加セミナー.....11

主任研究員からのひとこと12

主任研究員レポート紹介.....14

非鉄金属の基礎知識15

研究所内の動き・今後の予定17

今後の予定17

巻頭言 ～ウクライナ危機と資源安全保障～

理事長 川口 幸男

本年1月に『メタ研通信』の創刊号を発刊したところ、各方面から大変な反響を頂いた。概ね「好評」という感触は、当研究所一同にとっては今後の発刊へ向けての大きな励みとなっている。こうした活動は何よりも継続することが重要であり、おかげ様でここにメタ研通信第2号の発刊を迎えることができ、皆様に感謝を申し上げたい。

早いもので本年も新年度を迎えたが、新型コロナがなかなか終息しない中で、2月に始まったロシアのウクライナ侵攻により世界が震撼する激動の年となった。そして、この「ウクライナ危機」を契機として、世界の資源エネルギー市場は大きく動揺している。

ウクライナ危機によって、ロシア産の石油・天然ガスは言うまでもないが、アルミ、ニッケル、パラジウム等の非鉄金属についても供給不安が高まっている。これらの非鉄金属の国際価格は、コロナ禍からの世界経済の回復もあって上昇基調にあったところに、今般のウクライナ危機による供給不安が価格高騰に拍車をかけることとなった。そして、非鉄金属の中でもとくに大きな混乱が発生したのがニッケルである。ロシアは世界の鉱石生産の約1割を占めるニッケル生産国である。ロシアに対する経済制裁などによってニッケルの供給不安が高まり、3月8日にLME(ロンドン金属取引所)のニッケル価格は、前日の2倍以上に跳ね上がり、10万ドル/トンという過去最高値をつけた。非鉄金属の国際指標をつかさどるLMEは、この「異例な価格上昇」による市場の混乱を回避するためにニッケル取引を一時停止した。LMEにおける取引停止は、

1985年の「錫危機」以来、実に37年ぶりのことである。そういう意味では、今回の出来事は「ニッケル危機」と呼んでもいいかもしれない。その顛末については、本号非鉄金属市場探訪の項中で末田主任研究員が解説している。同氏は、出向元の住友金属鉱山において実際にニッケル取引に携わってきた経験豊富なメタル・トレーダーである。

米中対立の激化やウクライナ危機などにより、非鉄金属の供給途絶リスクや価格安定性が極めて脆弱であることが改めて再認識された。今ほど「資源安全保障」という言葉が強い危機意識を持って語られたことは近年では珍しいことであり、非鉄金属のサプライチェーン(供給網)の強靱化の必要性が急激に高まっている。

こうした資源安全保障の重要性の高まりの中で、日本政府も「経済安全保障推進法」を制定し、レアアース等重要鉱物の供給網の強靱化を柱のひとつとするなど迅速な取り組みを行っている。また、JOGMEC(エネルギー・金属鉱物資源機構へ名称変更予定)のリスクマネー供給機能の強化、鉱業法へのレアアースの鉱種追加などの施策も講じている。こうした政府の取り組みについては、やはり本号中寄稿の項で、経済産業省製造産業局金属課の大竹金属技術室長からその概要を紹介して頂いている。

資源安全保障については、欧米でも重要物資の供給網の強靱化を打ち出しているが、その対応策の検討にあたってはまず重要物資の状況把握と分析が重視されている。ウクライナ危機により重要物資の供給網の脆弱性が改めて浮き彫りとなった



当研究所玄関に鎮座する
名物ペルーワンサラ鉱山産黄鉄鉱

今、「供給網の総点検」とその結果を踏まえた分析が重要である。資源安全保障上のリスクは何か、それが日本の非鉄金属産業にどのような影響を及ぼすのかを分析し、リスク軽減策として調達先の多様化や代替材料の開発などを着実に進めることが従来にも増して重要となっている。

以上のように、メタ研通信第2号は、「ウクライナ危機特集」とも言える内容になったが、当研究所としては、今後とも情報収集、情報発信の活動を通じて、非鉄金属産業のお役に立てるように努めて参る所存である。引き続き当研究所の活動に対するご支援とご協力をお願い申し上げます。

特別寄稿 重要鉱物の供給網強靱化のための新規施策について

経済産業省製造産業局 金属課 金属技術室長 大竹 真貴

1. はじめに

2020年初に始まったコロナ禍は、2年が経過した現時点においても収束する気配はなく、引き続き世界経済に大きな影響を与え続けている。レアメタルを始めとする重要鉱物の観点からは、特に、サプライチェーンの途絶リスクが大きな問題となった点は記憶に新しいところである。折しも、2010年代後半の米中対立の先鋭化により、2010年のレアアースショックの再来が危惧されていたが、思わぬ形でリスクが顕在化してしまった。そして、現在では、ロシアのウクライナ侵攻という新たなリスクが、重要鉱物のサプライチェーンに大きな影を落としている。

経済産業省としては、こうした世界情勢の変化に対応すべく、予算や法案、更には国際協力といった取組を推進することで、サプライチェーンの強靱化を図っている。本稿では、これらの取組を紹介したい。

2. 予算

① サプライチェーン対策のための国内投資促進事業費補助金(令和2年度補正予算額:5,168億円)

本事業は、新型コロナウイルス感染拡大に伴い、我が国サプライチェーンの脆弱性が顕在化したことを受け、国内の生産拠点等の確保を進めるためのものである。具体的には、生産拠点の集中度が高く、サプライチェーンの途絶によるリスクが大きい重要な製品・部素材、または国民が健康な生活を営む上で重

要な製品・部素材について、国内で生産拠点等を整備しようとする場合に、その設備導入等を支援するものである。

② 資源循環システム高度化促進事業(令和4年度当初予算額:3.2億円)

本事業は、安価で高品質なリサイクル材の安定的な生産・供給を実現するため、廃小型家電等を製品レベル・部品レベルで自動選別するプロセス及び高効率な製錬プロセスなどを構築するための研究開発を行うものである。令和4年度までの6年間の事業であり、技術・システム導入により、中間処理コストを1/2に低減、レアメタル製錬コストを1/2-1/3に低減、動脈情報連携システムを構築することを、それぞれ目標としている。

③ グリーンイノベーション基金(令和2年度補正予算額:2兆円)

本基金は、2050年カーボンニュートラルの実現に向けた技術開発を支援するものだが、本基金で行うプロジェクトの中にも、重要鉱物のサプライチェーン強靱化に資するものが含まれている。「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」(国費負担額:上限1,510億円)プロジェクトにおいて、蓄電池やモーターに重要鉱物が多用されていることや、需要が急増する蓄電池のリサイクルシステムが未確立であることを踏まえ、蓄電池のリサイクル関連技術開発や、重要鉱物の使用量を抑えたモビリティ向けモーターシステムの高効率化・高出力密度化技術開発に取り組むこととしている。



④ 蓄電池の国内生産基盤確保のための先端生産技術導入・開発促進事業(令和3年度補正予算額:1,000億円)

本事業では、我が国における蓄電池のサプライチェーン強靱化のため、国内で大規模に先端的な蓄電池・材料の生産技術・リサイクル技術を導入する事業者に対し、そのために必要となる建物・設備への投資及びこうした生産技術等に関する研究開発に要する費用の一部について、支援を行うものである。「グリーン成長戦略」等に掲げている、2030年までの早期に国内の車載用蓄電池の製造能力を100GWhまで高めること及び蓄電池のサプライチェーン強化に向け、蓄電池・材料の大規模製造拠点、蓄電池のリサイクル拠点の国内立地を促進することとしている。

⑤ 鉱物資源政策関連予算

これらの事業のほか、令和4年度当初予算には、海外資源確保や海洋鉱物資源の開発など、鉱物資源政策関連の予算についても計上している。

3. 法律案

① 経済安全保障推進法案

本年2月、経済安全保障推進法案(正式名称「経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律案」)が閣議決定された。本稿執筆時点(令和4年3月末)で、国会審議中となっている。

本法案の趣旨は、安全保障を確保するためには、経済活動に関して行われる国家及び国民の安全を害

	事項名	予算額
予算	サプライチェーン対策のための国内投資促進事業費補助金	R2年度補正:5,168億円
	資源循環システム高度化促進事業	R4年度当初:3.2億円
	グリーンイノベーション基金	R2年度補正:2兆円
	蓄電池の国内生産基盤確保のための先端生産技術導入・開発促進事業 鉱物資源政策関連	R3年度補正:1,000億円
法案	経済安全保障推進法案	
	エネルギーの使用の合理化等に関する法律等の一部を改正する法律案	

する行為を未然に防止する重要性が増大していることに鑑み、安全保障の確保に関する経済施策を総合的かつ効果的に推進するため、基本方針を策定するとともに、安全保障の確保に関する経済施策として所要の制度を創設するものである。

本法案では、まず、国民の生存に必要不可欠又は国民生活・経済活動が依拠している物資で、安定供給確保が特に必要な物資を「特定重要物資」として政令にて指定することとされている。その上で、特定重要物資に関する民間事業者の計画の認定・支援措置、特別の対策としての政府による取組等の措置を講ずることとされている。

また、先端的な重要技術の研究開発の促進とその成果の適切な活用のため、資金支援、官民伴走支援のための協議会設置、調査研究業務の委託（シンクタンク）等の措置も講ずることとされている。

このほか、基幹インフラ役務の安定的な提供の確保に関する制度や特許出願の非公開に関する制度についても盛り込まれている。

②エネルギーの使用の合理化等に関する法律等の一部を改正する法律案

本法案は、「2050年カーボンニュートラル」や2030年度の野心的な温室効果ガス削減目標の実現に向け、日本のエネルギー需給構造の転換を後押しすると同時に、安定的なエネルギー供給を確保するための制度整備を行うものであり、本年3月に閣議決定されている。経済安全保障推進法案と同様、今後、国会にて審議される見込みである。

本法案の目的は、上述のとおり「2050年カーボンニュートラル」の達成であるが、カーボンニュートラルの実現のためには、重要鉱物は必要不可欠である。そのため、本法案においても、重要鉱物のサプライチェーン強靱化のための措置が盛り込まれている。

具体的には、JOGMEC（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）の出資・債務保証業務の対象に、国内におけるレアメタル等の選鉱・製錬を追加することや、レアアースを鉱業法上の鉱業権の付与対象に追加し、経済産業大臣の許可がなければ採掘等できないこととする（鉱業法）、といった措置を講ずることとされている。

4. 国際協力

重要鉱物のサプライチェーン強靱化を図っていくためには、我が国単独ではなく、有志国による連携が重要となってくる。そのため、2010年のレアアースショックを契機に、日本、米国、欧州は、「日米欧三極クリティカルマテリアル会合」を定期的で開催し、重要鉱物に関する情報共有などを行っている。昨今の重要鉱物を巡る環境変化を踏まえ、2021年からは、豪州およびカナダを正式メンバーに加えるとともに、会合名を「クリティカルマテリアル・ミネラル会合」に変更している。

2021年は日本が議長国となり、6月および12月にオンラインにて開催している。直近の12月（第12回会合）では、政府、大学、研究所等の関係者による日米欧豪加のクリティカルマテリアルに関する政策や研究開発等の取組、今後の課題等について情報交換を行うとともに、各国政策当局者による会合を行い、今後もクリティカルマテリアルの安定供給確保等に向けて連携した取組を推進していくことを確認している。

今後とも、有志国での連携を強化し、重要鉱物に関するサプライチェーンの強靱化を図っていく。

2022年第1四半期の非鉄金属市場動向とトピックス

今号では、このコーナーでEVメタル市場のファンダメンタルを紹介し、この後の非鉄金属市場探訪コーナーで、今起きているニッケル市場の異常な値動きの裏側を深堀します。

ロシアのウクライナ侵攻で脱炭素化への移行はますます遅れる

ロイター社は3月7日、「Ukraine invasion sets back Musk's dream for cheaper EVs, for now」という記事を配信した。ロシアのウクライナ侵攻によって悪化した原材料費の高騰は、Tesla社のCEO Elon Musk氏らが抱いている「より手頃な価格の電気自動車を展開する夢」を後退させる可能性があるという内容である。その翌日には同社はさらに「新しい車を買うためにお金を貯め

ていますか?もっと資金を準備したほうが良い」という内容の記事を発信したのである。

年明けはチャイナリスクで始まったはずなのに

ほとんどの金属価格は2021年に過去最高を記録し、明けた1月のLMEでは主要な金属はすべてバックワーデーションとなり、現物の供給制約を反映する動きとなった。EV普及の拡大が需要を支え、特にバッテリーメタルといわれるニッケル、コバルト、リチウムなどの消費量

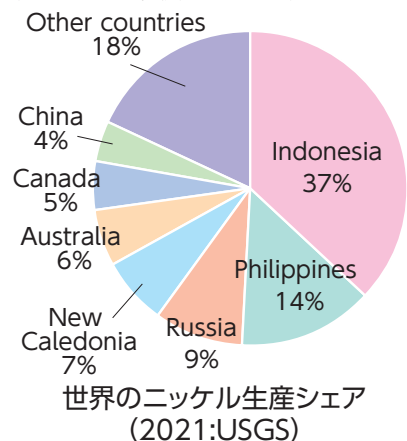
中国の貿易量シェア

ニッケル	82%
コバルト	80%
リチウム	70%

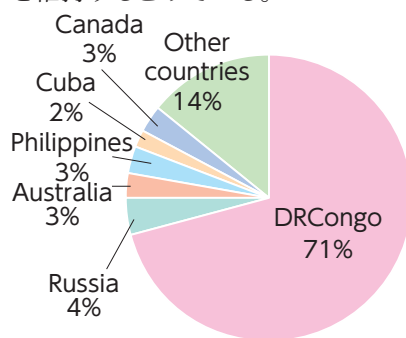
が増加していることが後押ししている。これらの金属は、中国が需要の多くを占めるものの、自国内で十分な資源を有さないため、中国は多くを輸入、2020年の貿易量のうち中国はコバルトで世界の80%、ニッケル鉱石82%、リチウムの70%と圧倒的なシェアを占め、中国の影響力

は極めて高いといえる。レアアースなど中国が主な生産国となるレアメタルの他、これらの金属もチャイナリスク対象であることを認識しなければならない。

まずニッケルであるが、米国地質調査所(USGS)によると、2021年の鉱山生産量はインドネシアが37%で、フィリピン、ロシアがこれに続く。前2者は鉄鋼用のニッケル供給者で、今注目されるLIBに必要なClass-1の主な供給者はロシアである。中国はニッケル金属の生産量では3割、消費量では5割を占め、かなりの存在感がある。Wood Mackenzie社によれば2021年ニッケル総需要のうち11%が電池の製造に使用され、2022年は13%、2025年までに約20%に倍増させると予測している。



を維持するとみている。



世界のニッケル生産シェア (2021:USGS)

リチウムは昨年1年間に価格が4倍以上になり、今年に入ってもその勢いは続き2月に入った。このところの価格上昇は価格低迷時に投資が進まなかったことが一因といわれている。しかし、Bloomberg社によると、予測大手6社間で2025年の市場規模は50.2万トンから125万トンの幅、市場バランスも13%の不足から17%の過剰まで大きく異なるという。予測の隔たりは、投資の促進を妨げることになる。Bloomberg社は、リチウムの生産量が2025年までに2021年比で約2倍になるが、2021年までの3年間は価格の下落により設備投資が進まなかったことから供給が追いつかず、供給不足になる可能性があるともみている。

Fitch Solutions社も今後数年間、生産量は堅調に増加するものの、電池需要が高まるため、2030年までの間、市場はますます供給不足を記録すると見ている。同社はリチウムの供給は、採掘と精錬の両レベルで地理的な集中が見られること、既存の大規模な採掘業者の存在が限られていることなど、多くの脆弱性に直面していると指摘する。

Fitch Solution社が指摘するリチウム供給環境

上流と精製レベルの両方で、市場が地理的に集中しているため、これらの国のいずれかで混乱が生じた場合、業界全体にリスクを与える可能性がある

政府の介入や地政学的リスクの高まりで、調達にリスクをもたらす可能性がある

大手企業の数が少ないため、新規プロジェクトの実行にリスクをもたらす

リチウムを確保するための競争により、電池メーカーが資源の確保に奔走する可能性がある

昨年5万ドル以下で始まったコバルトも堅調に推移していたが、ロシアのウクライナ侵攻後の2月には8万ドルを超えた。コバルトの主な用途は二次電池の正極材で、2021年時点で総消費量の56%を占め、うちEV用が23%である。コバルト鉱山は地理的に偏在しており、2021年にはDRコンゴ一国が世界供給の71%を占める。同国は、政治的安定性、労働問題、汚職、透明性に関する懸念があるため、コバルトは高い供給リスクにさらされている。なお、中国は世界の精製コバルト生産量の6割、消費の4割を占めている。Benchmark Mineral Intelligence (BMI)社は、今後3年から5年で降生産量が増加するが、需要も連動して加速するため、価格は上昇基調

チャイナリスクに対する米国の対応

米国は中国等による影響に対処するため、クリティカルメタルを定めているが、これを3年ごとに更新している。直近では2022年1月に更新、ニッケルと亜鉛が新たに追加され、希土類と白金族はグループから個別元素に分割した。

なお、中国は米国に最も多くの鉱物を供給しており、純輸入依存度が50%を超える金属等が25品目あり、日本の中国依存も10品目を超える。

中国に依存する金属等の例

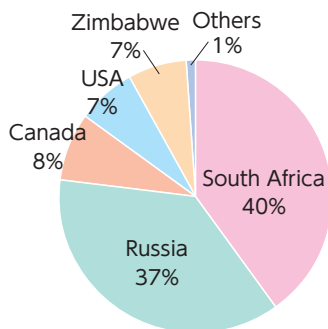
米国	日本
希土類	
タングステン	
アンチモン	
グラファイト	
インジウム	
ゲルマニウム	
マグネシウム化合物	マグネシウム
パライト	バリウム
タンタル	バナジウム
ガリウム	シリコン
ビスマス	ホウ素
イットリウム	蛍石
ヨウ素	他
工業用ダイヤモンド	
他	

ロシアのウクライナ侵攻と金属市場への影響

この様に世界でチャイナリスク対応の議論がされる最中、2月に思わぬ新しいリスク、ウクライナ危機がおきた。巻頭言に紹介するようにロシアはアルミ、ニッケル、パラジウムの主要生産国である。

日本が輸入する主な金属のロシア依存度は、クロム5.8%、プラチナ4.7%、パラジウム42.8%で、パラジウムを除けば比較的少なく、直接的な影響は大きくないようである。パラジウムはロシアで世界の約37%を生産している。各社の報道ではこれらの他世界市場への影響としてチタンへの懸念があげられた。これらの金属のロシア関係の現状を簡単

に説明すると次のようになる。



世界のパラジウム生産シェア
(2021:USGS)

ロシアではオリガルヒPotanin氏率いる Norlisk Nickel社がパラジウムとニッケルとの生産者である。ロシアはニッケル全体としては世界生産の5%を占めるのみであるが、世界のEV用バッテリーに使用される高品位ニッケルでは約20%を供給している。

ロシアでアルミを生産するのはRusal社である。ロシアのアルミ生産量は中国、インドに次ぐ世界3位の6%であるが、欧州では5割を占めている。同社はアルミの原料となるアルミナをウクライナで生産している。これが出荷障害となりアルミ価格急騰に影響を与えた。

ロシアのチタンの重要性も注目された。ロシアVSMPO-Avisma社産が航空機向けでは世界の3-4割という。Airbus社はチタン需要の半分をロシアに、Boeing社は必要量の3分の1をVSMPO-AVISMAから供給を受けている。USGSによると、スポンジチタンの生産でロシアは中国、日本に次いで約13%を占める。ロシアはチタン鉱物の埋蔵量が少なくウクライナを主なチタン精鉱供給源としている。

以上からウクライナ危機は金属業

界にとってもかなりの影響があり、しばらくの間価格の底上げは避けられないであろう。そしてそのことは、脱炭素化へ向けた移行を大きく遅らせる可能性がある。

Tesla社は、供給網の苦境が重しとなり、2020年12月から最も安価なセダン「モデル3」の価格を18%引き上げ44,990ドルにした。そして、Musk氏は2022年1月、Tesla社が2020年のバッテリーで約25,000ドルの車を開発していない、自分の側に多くの問題があると語っている。調査会社Cox Automotive社によると、1月に米国で販売されたEVの平均価格はほぼ63,000ドルで、全車種の業界平均である46,000ドル強を約35%上回っている。

さて、Elon Musk氏の夢はいつかなうのであろうか。

非鉄金属市場探訪

LMEニッケル取引混乱の評価

末田 洋主任研究員

「天災は忘れたころにやってくる」という格言は寺田寅彦の言によるとされているが、相場の世界でもこれは当てはまるようだ。2022年3月8日、LMEニッケル市場はアジア時間帯に異常な値動きを示し、気配値は一時前日終値の2倍以上にあたるトン当たり10万ドルをつけた。原因は中国の大手ステンレス製造業者の青山控股集团(青山)が持つニッケルの売り持ち高にかかわる変動証拠金差入の遅延にあると報じられ、LMEはただちにニッケルの取引を停止した。天災やテロなどの不可抗力ではなく、純然たる市場の混乱による取引停止は1985年10月の「錫危機」以来37年ぶりの出来事である。

ここ数年のニッケル市場はEV増産計画など需要堅調を背景にゆる

やかに上昇を続け、当研究所はじめ各方面からニッケルの供給の制約に関する指摘がなされて社会はこの問題に一定の関心を持った。

2022年、ニッケル相場は騰勢を強めて2月半ばには24,000ドルまで続伸した。また年初からロシアとウクライナの摩擦が強まり、2月24日、ロシア軍は国境を越えてウクライナ領内に攻め入った。ロシアは高純度ニッケルの主要生産国で、今後予想される経済制裁によるニッケル供給の停滞が懸念される展開になった。

2月末にロシアの一部銀行のSWIFT排除が決まり、国際資金決済の停滞を見据えてニッケル相場は急伸、週末の3月4日に30,000ドルをつけた。週明けの7日には買戻しが先行して大幅続伸し、史上最高

値に迫る48,000ドルで引けた。おそらくこのときに弱気筋の追加証拠金差し入れが困難になり、8日早朝は買い戻しが先行、市場の流動性が失われて機能不全に陥ったのであった。

錫危機の頃、LMEにはまだ清算機関がなかったため、債務不履行を起こした国際錫委員会(ITC)の注文を取り次いでいたLME取次業者(ブローカー)各社の経営問題が深刻化し、ITCの債務整理終了、LME錫取引再開まで3年を要した。この時の教訓でLMEは1987年に清算機構を設置した。

その後も危機は続き、1990年に米大手投資銀行のドレクセル・バーナム・ランベール社が倒産、1994年にはCODELCOの銅不正取引事件、1996年には同じく銅で浜中事件が

勃発、その直後には「アジア経済危機」でアジア諸国の債務不履行が相次いだ。さらに、1998年にはロシア政府が対外債務の90日間支払い停止を断行、米大手ヘッジファンドのLTCM社が行き詰まり、後世「ロシア危機」と呼ばれた。

21世紀に入っても危機は続き、2001年には米エネルギー大手のエンロン社が粉飾決算の末に160億ドルともいわれる負債を抱えて倒産、さらに米ワールドコム社が410億ドルの負債を抱えて倒産し破綻企業の負債総額記録を更新した。

LMEはこれらの危機のたびに取引・与信構造を改革し、概ね無難に乗り切った。そして2008年、今も「リーマン・ショック」として語り継がれる米投資銀行のリーマン・ブラザーズ倒産という大事件が勃発、64兆円ともいわれる巨額の債務不履行で国際金融市場に激震を与え、金属相場は流動性を失った中で大幅に下落した。このときもLMEは取引履行に問題を起こさなかったが、これをきっかけに我が国のLME顧客取引でも変動証拠金の追加差し入れが日常的に行われるようになった。

このように、LMEにおける顧客やブローカーの倒産、債務不履行はしばしば起きたのだが、証拠金や清算機構の機能が発揮されたことや適切な与信管理によって事態收拾が図られ、近年はコロナ対応などの局面でもLME取引に大きな支障は出なかった。

今回、LMEは異常発生後直ちにニッケル取引停止に踏み切ったので筆者は非常に驚いた。おそらく、顧客の損失額が例のない水準でLME過去最大級の事案に発展する可能性があるともみたのだろう。加えて、経済制裁によりロシアの金融機関や企業との資金決済に不安がある中で、会員各社が適時適切に証拠金管理できるかどうか不透明であった。

LMEは当事者である青山および取引関係者と協議を続けたが、青山

はポジションの手仕舞いをしない意向を示す一方、中国や米国の銀行から必要な与信枠が得られると説明、LMEはこれを前提に事態收拾に動いた。取引再開期日は3月16日とされ、ニッケル(5%)ははじめ全メタルに値幅制限を導入した。

この間、上海先物取引所のニッケル先物契約も一時動きを止めたが週末の11日には反落に転じた。LMEの再開初日は7日終値の48,000ドル内外から再開され、上海にさや寄せする形で下落、システム障害で一部取引が無効とされたものの値幅制限下限で引けた。LMEは翌日以降の値幅制限を順次緩和し、16日と同様に下限値で少量の取引成立を見て越週、翌週21日も値幅制限下限に達したものの、22日には上海市場と同程度の水準に到達した。

しかし、LMEが取った一連の措置の中で、8日の混乱した市場において成約した取引を無効と判定したこと、値幅制限を逸脱した指値注文を取引システムが受け付けたことは市場の信用を損ねるとして批判を浴びた。また、値幅制限導入により上海市場との裁定利益を得る機会を失ったと主張する向きも現れるだろう。

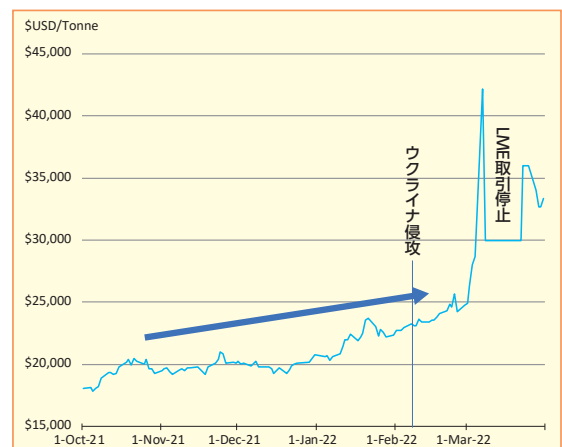
LMEが香港取引所に買収され、中国資本傘下に入ったのは2013年である。今回は関係する顧客・ブローカーも中国系でありLMEがこの危機をどのように管理するか、別の意味で注目された。今回取られた措置は今後しっかり検証すべきであるが、現時点では、足許の国際情勢を踏まえ全上場商品の安定取引継続を優先して対応したLMEの判断は一応妥当であったとみたい。結果的にも、ニッケル以外の市場は値幅制限の下で秩序をもって運営され続け、ニッケル市場は取引正常化まで半月近く要したものの、一連のポジショ

ンに関する強制解け合いなどの混乱なく一応正常に復帰させたのは卓越した手腕であったとも評価できよう。

かくして、ニッケル相場はひとまず異常発生前の水準に戻り、青山控股集团は「幻の10万ドル事件」として業界史に名を残すこととなった。とはいえ、LMEの建玉の数字を見る限りでは青山の売り持ち高が消滅したわけではなく、今後もニッケル相場が上げ基調になれば何かが起こる可能性を残している。

いずれにせよ、今回の騒動でニッケルの取引や値決めが不安定なのが明らかになり、かねて言われていた電池材料供給の制約を目の当たりにした以上、EV各社は今後の開発方針や原価管理を再検討せざるを得ないだろう。以前から、相対的に高価なニッケルはもっぱら「省かれる」金属であったが、これを機に代替材料開発に拍車がかかるに違いない。

近年、わが国の関係業界各社ともLME取引の情報開示、内部牽制、ガバナンスに格段の進展を見たが、危機対応、流動性や与信の確保を視野に入れたヘッジ戦略という視点では、今回の騒動は大きな教訓を残したとみる。冒頭に記したとおり「忘れたころにやってくる」危機を後輩諸君と「記憶の共有」をする意味で、筆者も今回の事案の顛末をしっかりと見届けて、機会を捉えて後世に伝える努力をしたいと思う。



LME Nickel 3-Months

寄稿 茶の間の地学 ジンバブエの石 —土鍋の鉱物学—

2022年2月4日 栗山 隆 (Japan Gold株式会社 取締役)

NHKのクイズ番組「チョコちゃんに叱られる」で、「なぜ今でも鍋料理には土鍋が使われるのか」という問いの放送あり(本放送は令和3年12月24日)。土鍋は冷めにくく保温性が高いが、実は昭和28年にガスコンロが家庭に普及した際、それまでの土鍋は割れてしまい使い物にならなくなったという。縄文時代から使われてきた土鍋は炭や薪の火のようなゆっくりとした加熱に適していた。それを救ったのが、「ジンバブエの石」だ。「ジンバブエにいい石があったので、今でも土鍋が使われている」というのが正解だった。いい石と聞いては聞き捨てならない。5歳児の孫娘、チョコちゃんに「ボーっと生きてんじゃねーよ!」と言われたくはない。

1. 土鍋とNHK番組の要約

その謎の石とはペタライトである。土鍋は粘土で作るが、草木や水分を含む。これらは土鍋を焼いた時、燃えて穴になり、中に空気が入る。この空気の間隙こそ「ゆっくり温めて、冷めにくい」とう土鍋の性質をもたらす。しかし、ガスコンロは火力が強く、この空気の熱膨張が急激となり、その後、冷えた時に縮んでヒビが入り割れてしまう。

これを救ったのが、土鍋メーカーの榊原孫七と研究者の森晃一だった。試行錯誤の後、当時、アメリカの論文にペタライトは熱膨張を抑制する性質があるという記事に出会い、粘土に50%のペタライトを混ぜて、土鍋を作ったところ成功した(昭和34年)。しかも榊原氏は特許を取らず、同業者にこの製造方法を指導したため、昭和40年代には再び土鍋は普及し、今でも三重県四日市は全

国の8割を占める土鍋の製造地である。なお、このペタライトは大阪の会社がリチウムをペタライトから取り出そうとして、ジンバブエから輸入していたことを知り、分けてもらったと言う。以上は、三重県工業研究所の稲垣順一博士が同番組で解説された内容である。

2. リチウム鉱石

吉田(1974)はリチウム鉱物の内、工業的に広く用いられるのは、リシア雲母(レピドライト)と葉長石(ペタライト)だと記載。リチウム鉱石の現在の世界の主産地は豪州であるが、かつては、ローデシア(現ジンバブエ)、南アフリカ共和国、ブラジル、ソ連などで産出した。特にローデシアのSalisbury付近のBikitaはかつては世界最大のリチウム鉱山で、ペタライト、レピドライトを産出した。当時は世界需要の90%は南ローデシアに依存していたが、米国等での生産が増えたことで、ローデシアへの依存は減ったと記されている。リチウム鉱石は Li_2O を含むことから、低い膨張性と溶融作用に富んでいるため、陶磁器、ガラス原料に使われる。特にペタライトは主に耐熱陶器、硬質ガラス(体温計、魔法瓶)、磁気用釉薬の原料になると記載している。

*リチウムは現在、チリやアルゼンチンの標高が高い乾燥地域の塩湖かん水と、豪州の鉱山のリチア輝石から主に生産されている。リチウムの供給源、対象鉱物が時代と共に大きく変遷している。

*ローデシアとはジンバブエ共和国(1980年の独立)の旧称。第一次世界大戦後にイギリスの植民地に組み込まれ、ケープ植民地首相の



セシル・ローズの名から「ローズの家」の意を込め、イギリス領南ローデシアとなった。Cecil John Rhodes(1853年-1902年)は、イギリス帝国の植民地政治家で、南アフリカの鉱物(ダイヤモンドと金)採掘で巨富を得て植民地首相となった。ダイヤモンドのデ・ビース社を創業した。

3. ペタル石

アルカリ金属元素であるリチウムは、スウェーデンの化学者アルベゾンJ.A.Arffvedson(1792-1841)により、ウーテ島産の新しい鉱物ペタル石から発見された。リチウムとはギリシア語で「石」を意味する。

当時、ペタル石は長石の仲間と考えられ、葉片状に割れることから、「葉」を意味するギリシア語 petalonから名付けられ、和名は「葉長石」と命名された。その後、ペタル石は長石の仲間ではなく準長石なので、和名の「葉長石」は好ましくないという指摘が出た。外見が長石に類似し、化学組成もアルカリイオンのアルミノケイ酸塩で長石族と共通していることから、準長石と分類された時期もあったが、昨今の準長石の定義は「長石より珪酸分が不足したアルミノケイ酸塩で、アルカリやア

ルカリ土類元素を主成分とする」であり、ペタル石は該当しない。

その結果、今ではペタル石の系統分類上の帰属はフィロケイ酸塩となっているが、その中のAlの配位数は4なので、テクトケイ酸塩として取り扱うことも可能である(加藤私信)。

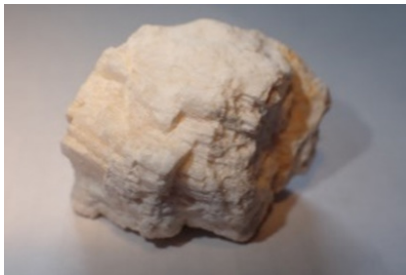


図1 福岡県長垂産ペタル石

加藤(1989)はペタル石 $\text{Li}[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$ の主要産状は花崗岩ペグマタイトであり、ペタル石は低温高压条件下で、リチア輝石spodumene ($\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$)+2 石英 quartz (SiO_2)の組み合わせが安定になると記載。国内のリチウムに富むペグマタ

イト鉱床には最大の長垂(福岡県)の他、苗木町(岐阜県)、田上山(滋賀県)があるが、ペタル石は長垂以外では産出していない(図1)。London(2008)は石英の飽和状態でのペタル石などの $\text{LiAlSiO}_4\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系の安定領域を示している(図2)。これらの記述から、長垂を説明するならば、リチア輝石を産するより

も高温な環境下の鉱物が現在、露出しているということになるだろうか。

リチウムの化合物は赤色の炎色反応を示し、花火に利用される。ペタル石は静かに熱すると青色の燐光を発するという。「友あり遠方より来たる 土鍋突つく夜 また楽しからずや」。

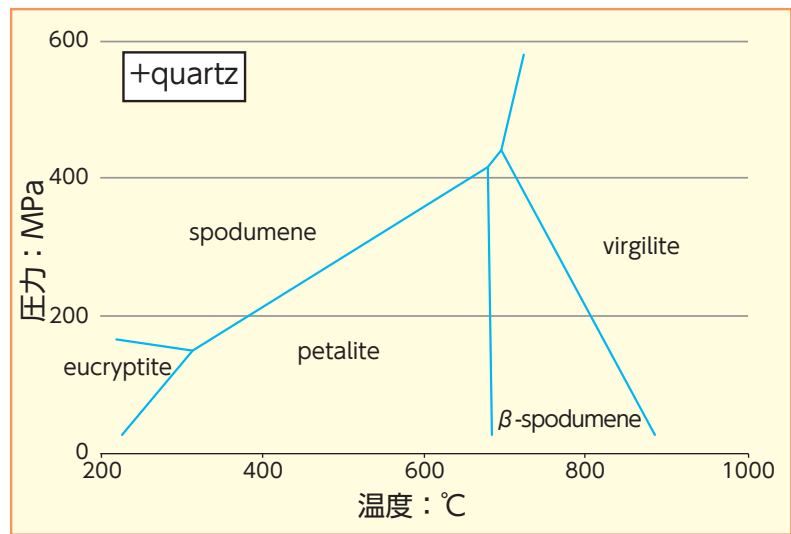


図2 リチウムアルミノケイ酸塩鉱物の安定領域

David London (2008): Pegmatites, The Canadian Mineralogist, Special Publication 10

加藤 昭(1989): 主要鉱物一覧、櫻井欽一博士古稀記念事業会

加藤 昭(2022): 私信

吉田國夫氏(1974): 鉱産物の知識と取引、財団法人通商産業調査会版

今期の報告・情報収集活動

2022年度調査研究テーマの紹介

当研究所では2022年度の研究テーマを2023年3月末完成で下記の8件を予定しております。

1 脱炭素化による非鉄金属の需要増大と供給面の懸念

I部:脱炭素化に必要な非鉄金属の需要動向と見通し

脱炭素化の加速により、必要となる銅、ニッケル、リチウム、レアアース等の需要の増大が見込まれる。とくにEV化、再生可能エネルギー(太陽光、風力、水素利用等)の導入による非鉄金属の需要動向と見通しをまとめる。

II部:脱炭素化に必要な非鉄金属資源の供給の懸念

脱炭素化により非鉄金属の需要増大が見込まれる一方で、非鉄資源の供給面では、鉱石の品位低下や優良資源の減少、環境規制の強化などの制約が高まっている。脱炭素化により需要が拡大する非鉄金属資源につき、中長期的な供給に懸念はないのかを調査し考察する。

2 サーキュラーエコノミー時代におけるスクラップ争奪戦への対応

EUでは、サーキュラーエコノミー(循環経済)への移行を掲げ、リサイクル率を設けたり廃棄物の輸出規制を強化したりするなどの動きがある。中国では原料確保のためのスクラップ利用の拡大が進むなど、今後、世界ではスクラップの争奪戦となる懸念もある。このようなサーキュラーエコノミー時代へ向けたEUや中国の政策と資源循環を巡る状況を調査し、日本が対応すべき課題等を整理する。

3 非鉄金属製錬における多様化する原料への対応力

非鉄金属製錬の原料である精鉱品位の低下や不純物の品位上昇が顕著であるとともに、スクラップ等の利用拡大により製錬原料の多様化、複雑化が進んでいる。こうした製錬原料への対応能力の向上は、日本の非鉄金属製錬の国際競争力を強化する上からも重要な課題である。とくに問題となる不純物につき処理・固定化などの対策も含めて現状や今後の課題などを取りまとめる。

4 中国の亜鉛・鉛産業(鉱山・製錬)の現状と展望

中国は亜鉛鉱石生産量、地金生産量、同消費量のいずれにおいても世界第1位を占めている。最近では新規亜鉛鉱山の減少や鉱石品位の低下、電力供給の制約による製錬への影響なども見られ、決して安定した事業環境にはない。このような中国の亜鉛・鉛産業(鉱山・製錬)の最新の状況と今後の動向を調査する。

5 日本のニッケル工業史

ニッケルは、主用途であるステンレス鋼向けに加えて、近年はリチウムイオン電池向けの需要が急増している。日本には古くにはニッケル鉱山があったが、現在は海外からの鉱石や中間原料を国内で製錬してニッケル地金やフェロニッケル等を生産している。こうした日本のニッケル工業の辿ってきた発展の歴史や変遷につき、日本のニッケル工業史としてまとめる。

6 電線・ケーブルのアルミ化

中国での建設用CVケーブルの導体アルミ化の規格改定によるその後の進捗状況が注目される。また、最近では銅価高騰で日本などでも電線のアルミ化の進展が見込まれている。自動車の軽量化やEV化の加速によるワイヤーハーネスにもアルミ化が一部に見られるなどの状況を踏まえ、電線のアルミ化の動向と今後の見通しにつき調査する。

7 銅価高騰による銅需要への影響と伸銅品産業の展望

銅価格の高騰により、伸銅品についてもアルミへの代替が進みつつある。エアコンメーカーは銅管のアルミ化などを発表しており、高銅価による銅需要への影響は拡大している。代替の進展が銅需要へもたらす変化や伸銅品産業に及ぼす影響などを調査する。

参加セミナー等

1 Antaika webinar :
2021 China
Lead and Zinc
Conference

主催者:Antaika
開催日時:2021年12月14-16日
(築城修治主任研究員報告)

2021年12月14-16日に開催された「24th China Lead and Zinc Conference」にOnlineで参加した。その中でAntaikaが発表した亜鉛精鉱、亜鉛地金の需給予測について報告する。

Covid-19パンデミックが引き金となり、世界の亜鉛精鉱の中長期的な供給は抑制されると見込まれる。

2021、2022年には、海外鉱山の生産はかなり増加するが、中国での生産回復は相対的に後れを取っているため、亜鉛精鉱の輸入依存度は依然として高い。ペルー、南アフリカからの輸入は増加、オーストラリア、スペインからの輸入は減少するというように輸入元の構造変化が起きており、今後注視することが必要である。

今後数年間は、中国国内の亜鉛精鉱の生産と需要のギャップは、従来の拡大するという予測を見直し、安定すると予測される。

世界の亜鉛精鉱バランスは、中期的には原料余剰のトレンドは変わら

ないが、2024年以降は再びタイト化すると予測される。

中国の2021年の亜鉛地金生産は、環境問題、電力不足等複数の要因が重なり製錬所の稼働率が制限された結果、生産量は伸び悩んだ。新規の製錬能力が生産計画ベースに達するかどうかは疑問であり、2022年の生産量の変化は、既存の製錬能力の稼働率に依存している。

海外製錬所でも減産が頻発し、新規生産能力の立上げが遅れている。

中国では2021、2022年、需要の伸びを生産の伸びが上回り、亜鉛地金輸入量の減少が常態化する。

世界的に見ると、過去10年間、亜鉛地金在庫は減少を続け硬直的な過剰圧力はなくなっており、需給の弾力性が低下し、均衡した需給バランスが常態化すると予測される。

(1) 亜鉛精鉱需給 (単位:千t)

		2020年	2021年	21年/20年	2022年	22年/21年
中国	生産	4,058	4,136	1.9%	4,180	1.1%
	純輸入	1,846	1,743	-5.6%	1,800	3.3%
	需要	5,719	5,822	1.8%	5,937	2.0%
	バランス	185	57	-	43	-
中国以外	生産	8,550	9,100	6.4%	9,350	2.7%
	需要	7,223	7,274	0.7%	7,342	0.9%
	バランス	-519	83		208	
世界	生産	12,608	13,236	5.0%	13,530	2.2%
	需要	12,942	13,096	1.2%	13,279	1.4%
	バランス	-334	140	-	251	-

(2) 亜鉛地金需給 (単位:千t)

		2020年	2021年	21年/20年	2022年	22年/21年
中国	生産	6,342	6,410	1.1%	6,570	2.5%
	純輸入	583	533	-8.6%	450	-15.6%
	需要	6,750	6,854	1.5%	6,920	1.0%
	バランス	175	89	-	100	-
中国以外	生産	7,570	7,630	0.8%	7,730	1.3%
	需要	6,810	7,240	6.3%	7,380	1.9%
	バランス	177	-143		-105	
世界	生産	13,912	14,040	0.9%	14,300	1.9%
	需要	13,560	14,094	3.9%	14,305	1.5%
	バランス	352	-54	-	-5	-

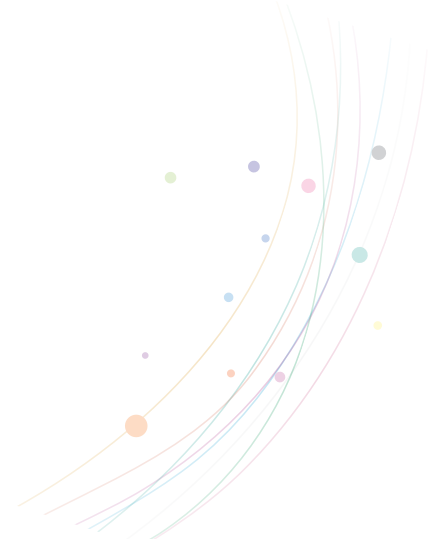
2 資源・素材学会
2022年度 春季大会
参加

開催日時:2022年3月7日(月)~9日(水)

オンライン参加発表
(1)現場担当者会議・日本メタル経済研究所エンジニアリングセッション
環境・リサイクル分野
E-wasteの量的・質的变化と処理

における課題

- 渡辺 堅治 (元主任研究員)
- (2)プロセス・素材分野
二次電池の使用方法の拡大と電池材料の展望
竹田 賢二 (元主任研究員)
- (3)地球・資源分野
金属資源開発を巡るリスクの高まりと非鉄金属産業の課題
藤田 哲雄(主任研究員) 平林 豊 (元主任研究員)



主任研究員からのひとこと

桜井 文隆 主任研究員 2018年3月着任 (三菱マテリアル株式会社)

フールズゴールド

母の実家は茨城県の日立にあった。小学生の頃の冬休み・夏休みは、毎年のように祖母は今年がきつと最後だからと、同年代の孫達の日立へ集合していた。

従妹達とは上野駅の下段のホームで待ち合わせ、土浦駅か上野駅で駅弁を買い、祖父母の御機嫌伺を兼ねた1週間程度の合宿の開始である。

当時は叔父・叔母達も若く、地名を忘れてしまったがJX金属社日立工場の奥にあったスケート場、当時開園したばかりのスパリゾートハワイアンズ、神峰山の動物園、そして釣りではなく網等を使った魚とりに連れていってくれた。

夜の漁ではまだ乾電池が高価であったため、カーバイトと水を反応させ、独特の異臭があるアセチレンガスを発生させ、これを燃やすカンテラで明かりを取っていた。魚漁に熱中するあまりに多量の魚を取り、料理を担当する叔母には小言を言わ

れた覚えがある。

そのうちに叔父・叔母達も私達の相手に疲れ、従妹同士で勝手に何処かへ行って来いと言われ、夏ならトウモロコシ数本を持って日がな一日海岸で、釣り・水泳とバカンスの様に優雅に過ごしていた。但し、川遊びだけは水と体の比重差が少なく、溺れても体が浮かないので、叔父・叔母の監視の下を除き禁止と厳命されていたが・・・。

祖父は戦前に台湾に発電機の据え付けに出張したと、親族で一番初めに海外旅行をしたことを自慢していた。明治生まれの祖父は高齢にもかかわらず足腰が丈夫で、孫たちを同行し山中を散歩しながら盆栽にする木を探していた。当時は未だJX金属社の日立鉱山が稼働中で鉱滓廃棄用の架空索道が山中で稼働していた。その下を通過する際は上から落下物がある恐れがあるからと必ず脈石を積むバスケットが通過する合間を見て行けと言われた覚えがある。



当研究所の入口に大きなパイライト・黄鉄鉱の結晶がある(巻頭言の項に写真)。これを見る度に夏休みの宿題に今は解体されてしまった日立の創業者を記念した小平会館の駐車場の碎石から集めた、金色に輝くフールズゴールドの輝きを思いだしている。

大山 好正 主任研究員 2014年7月着任 (元古河電気工業株式会社)

日本が銅合金開発で世界のトップに躍り出た時

エレクトロニクス産業が発達する以前、銅合金(板、条)の主な用途は電気機器の導電材料や自動車用ラジエーターなどであった。また、その当時使用されていた材料は古代から使用されてきた青銅(Cu-Sn)や黄銅(真鍮; Cu-Zn)のような材料が中心であった。高機能材料の開発は少なくとも我が国においては戦前から戦後まであまりさかんとは言えなかった。現在使用されている高導電性のCu-Zr、Cu-Cr、Cu-Ni-Siなどの合金系はUSAのCorson等が第二次世界大戦以前に発明した合金であり、その特性を十分に生かす製造には溶体化処理+時効処理が必要であり、薄肉の条材はそういった高性能が必要な用途に乏しかったことと工業的に製造する方法が特殊で

あったためにほとんど用いられてこなかった。かつて銅合金開発は米国Olin-Brassが熱心に行っていたが、1964年にC194(Cu-2.3Fe-P)が開発されるまで大きな進歩はなかった。また、銅合金において合金元素にFeを使用した歴史はなく、Olin社の独創による大発明と言ってよい。この合金は当初、電気配線器具材などに使用され日本においても数社にライセンスが供与され使用されてきた。日本における銅合金の開発は希薄銅合金のCu-Cd合金の代替材としてCu-0.1Sn合金が開発された程度であり、Olin社の後塵を拝していた。Olin社はその後C151、C7025、C7035など後述する半導体リードフレーム用に用いられるスタンダードを開発し続けており、銅合金開発



のリーダー的存在であった。ただしOlin社はリードフレーム材料マーケットには未参入である。

1970年代後半、自動車用ラジエーター材には黄銅製チューブ材と純銅系フィン材が使用されていた。塩害対策のための耐食性改善の試みは日本メーカー主体で行われたが、1980年代にラジエーター材のAl化によって銅合金条はこの市場を失うことになる。Cu価格の上昇がAl化を押し進めたが、ラジエーターチューブとフィンに75Pb-25Snなどの高温はんだによって接着していたため、腐食によってPbが広く排出されることが環境問題として嫌われたことでAl化が劇的に進んだ。

条系銅合金にとって活躍の舞台を大きく広げたのがエレクトロニクス革命であった。1947年、ベル研究所のW. Shockleyを中心とするメンバーによって増幅作用を持つ固体、いわゆるトランジスタが発明されたことにより、現在のエレクトロニクス、IT産業が誕生した。また、集積回路／大規模集積回路は1959年に出願されたいわゆるキルビー特許とノイス特許が母体であり、40年あまりの期間でVLSIが全盛となり、現在のグローバル社会を形成し得たのはエレクトロニクス／IT産業の進歩に帰するといっても過言ではない。真空管、トランジスタの初期にはパワーと信号を入出するパッケージ材料としては銅線が使用されたが、プラスチックパッケージの発明によって銅合金条をプレス加工にて打ち抜きリードフレームが導電材料として使用されるようになった。エレクトロニクス機器はPC、携帯電話などをはじめとして爆発的な高性能化、小型化が進んだ。初期の自動車電話はその体積が7000ccもあったが、1/60以下に小型化され多機能化が進んだ。これを実現させた原動力は主要部品である半導体の小型・高性能化であった。

半導体チップを納めるパッケージは1980年代前半まではピン数が40程度DIP(Dual Inline Package)であったが、まもなく100ピンを超えるパッケージが要求された。それまでの半導体の高性能化の歴史はチップの技術開発がポイントであったが、1980年代からの一時期はパッケージ技術が律速するようになった。DIPはプラスチック基板に孔をあけリードを挿入するスルーホールタイプであるが、多ピン化

とともに基板の両面に部品を配置する表面実装型(SMT; Surface Mount Technology)が主流になった。SMTの究極はQFP(Quad Flat Package; ~208ピン)とQFN(Quad Flat Nonlead)である。それ以上の超多ピンはBGA(Ball Grid Array)などのエリアレイに収束していくが、SMTは信頼性の高さで1ピン当たりのコストが低いため、現在も中間のピン数のパッケージの中心をなしている。

1980年代の半導体業界は現在と全く異なり、米国と日本のメーカーが主要で日本のメーカーのシェアが60%を上回った時期であった。これらのメーカーがそれぞれパッケージ開発を競ったが、既存材料ではパッケージの特性を満たすことができず、材料メーカーに新しい材料の開発を要求した。日本の伸銅業にとって幸運だったのはパッケージ工程を担うリードフレーム産業において日本メーカーが指導的立場であったことである。スタンピングフレームでは新光電気工業や三井ハイテック、エッチングフレームでは大日本印刷や凸版印刷が有力で、日米の半導体メーカーのパッケージ開発部隊の指導的役割を果たしていた。この時点で欧州の半導体メーカーは一步遅れた位置にあったため、実力的には日米の伸銅メーカー以上の実力を持っていた独Wieland社はこの競争に実質参加していなかった。半導体メーカーは新しいパッケージの開発において使用材料のコンペを実施した。リードフレーム用材料に関しては日本の有力な伸銅メーカーが新合金を開発してコンペに参加した。上記のリードフレームメーカーがこれをリードフレームに加工し、その材料特性をまとめた資料と共に半導体メーカーに供給し、特性を評価する。基礎的な特性から始まり、材料のふるい落としが行われ、最終的には半導体を試作して性能を評価する。リードフレーム用材料を開発する作業はそれまでの合金開発とはまったく異なる作業をメーカーに強いた。従来、材料の特性評価はJISなどで規定される基本特性のみで良かったが、リードフレームにおいては半導体の製造のすべての工程と半導体が実際に使用される際の信頼

性全般にわたって必要とされる特性を評価することが必要であり、材料にその能力を持たせることが必要となった。同一の材質でも表面特性などによって使用不可となることがあり、材料としての総合的な特性が求められた。材料のライフ全体に対する要求特性を解析し、開発した評価技術・方法は20種類以上となった。こういった技術開発の中、現在もその地位を確保している材料が日本のメーカーによって開発された。トランジスタなどディスクリート半導体ではC19210(Cu-0.1Fe-P)が主として採用され、DIPではC194が、QFP、QFNではC194、C18040、C7025が採用され現在に至っている。これらの中にはOlin-Brass社が開発した材料も多いがリードフレーム用に高品質化したのは日本メーカーだけである。現在のリードフレームの生産量は中国が圧倒的であり、ピン数の少ないパッケージ用のリードフレームとその材料は中国メーカーがコスト競争力の点で支配的であるが、多ピンのQFPやQFNはいまだに日本のリードフレームメーカーの独壇場であり、材料も日本製が中国に輸出されて使用されている。半導体革命の初期の1980年代が日本の伸銅業が材料開発の世界トップに躍り出た時代であり、銅合金の基礎的特性(強度、導電性、加工性など)の点で優れていることは当然で、それ以上に「使われ方技術」を掘り下げ、その材料を使用することによって機能を満たされるばかりでなく、ユーザーの歩留まり・コストを低減できるようなユーザーフレンドリーな材料であることが日本品の特徴となっている。その後、材料開発の主目的が自動車端子を含むコネクタ材に移行していく中、日本のメーカーの材料開発は世界のトップを走り続けている。中国の伸銅業は板条事業でもその規模が日本のひと桁上になってきている現在、中国のメーカーは国家の半導体内製化政策の一環として高級リードフレーム材の内製化にまい進しており、コネクタ材での開発競争に参入しようと虎視眈々と狙っている。現在日本メーカーはその国際競争力、優位性を維持向上していく新たな戦いの場面に突入しているのである。

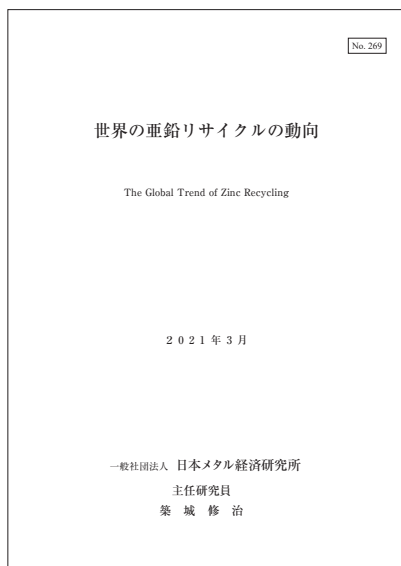
主任研究員レポート紹介

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。報告書本文は販売しております。

世界の亜鉛リサイクルの動向

(執筆者：主任研究員 築城 修治
2021年3月)

亜鉛は紀元前から銅との合金である黄銅として用いられ、12世紀に初めて金属亜鉛が得られて以降、社



会生活において不可欠な元素として重要な存在となっている。1990年頃、年間600万t強であった世界の亜鉛需要は順調に伸びていき、2009年にリーマン・ショックで一時期減少したが、その後も成長して2019年には1,370万tに達した。この間に、中国での生産、需要が大きく成長し、地金生産では世界の45.7%、地金需要では48.4%を占めるに至った。世界の亜鉛の需要先は亜鉛めっきが60%、亜鉛ダイカストが15%、伸銅品が14%を占めており、特に鉄鋼需要量と強い正の相関関係がある。2020年に世界を襲ったCOVID-19感染拡大の影響は大きく、鉱石生産、地金生産、地金需要

はマイナスの影響を受けたが、いち早く感染拡大から脱した中国での生産、需要は共に前年比プラスとなり、世界の亜鉛業界を牽引した。

世界の亜鉛鉱石生産は上位10か国で8割以上を占めており、資源は偏在している。また亜鉛鉱石の可採年数は半世紀以上前から20年前後を維持していたが、近年は徐々に減少して

いる。今後は、亜鉛鉱山採掘の深部化、高地化、亜鉛含有率の低下、含有不純物の増加等が亜鉛鉱石生産の障害となり得る。一方で亜鉛の需要は世界人口の増加に伴い増加していき、いずれは需給バランスが崩壊し、鉱石の争奪戦が勃発するのは避けられない。

日本は亜鉛鉱石をすべて輸入に頼っており、国内亜鉛製錬存続のためには資源の確保が最重要課題である。輸入鉱石の代替には国内に滞留する資源からのリサイクル活用が重要であり、特に、最大需要先である亜鉛めっき鉄鋼材料をリサイクル原料とする電炉鋼生産時に発生する電炉ダスト中の亜鉛分の活用を高める必要がある。

日本での電炉ダスト処理は、亜鉛製錬会社や電炉鋼会社がローカルに実施しているが、世界的にはグローバルまたは国内にて複数拠点で展開している電炉ダスト処理のメジャーとも言える会社が数社存在している。これらメジャーは新規設備建設を計画しており、今後さらに強大になっていくであろう。電炉ダストの処理プロセスはロータリーキルンを使用するウェルツ法が主流で、世界の処理能力の9割近くを占めている。

中国では近年、電炉鋼の生産量が増加したことに伴い、電炉ダストからの粗酸化亜鉛の回収も進み、亜鉛製錬におけるリサイクル原料比率

電炉ダスト処理のメジャープレイヤー

		BEFESA	ZN ZINC NACIONAL	AZR	ZnX
本社		ドイツ	メキシコ	米国	英国
年間処理能力 電炉ダスト処理拠点と	既存	ドイツ2 フランス1 スペイン1 トルコ1 韓国1 計846千t	メキシコ1 米国1 トルコ1 韓国1 計830千t	米国4 計770千t	韓国1 ベトナム1 計300千t
	新設予定	中国2 計220千t	米国1 計130千t	なし	スペイン1 日本1 計250千t
	合計処理能力	1,066千t	960千t	770千t	550千t
プロセス		SDHLウェルツ法	ウェルツ法	ウェルツ法	RHF法
特徴		・フランス、韓国に粗酸化亜鉛を洗浄してハロゲン除去する工場を持つ	・アメリカ法で酸化亜鉛まで製造	・MZP法によりリサイクル原料からのみ金属亜鉛を生産する世界で唯一の工場を持つ ・IHorsehead	・連続浸出法で酸化亜鉛まで製造 ・JVで操業し、その後パートナーKZCに持ち分売却

が向上してきた。しかし、日本における比率よりまだ低く、中国での電炉ダスト並びに製鉄ダストのリサイクルは今後さらに進行していくと考えられる。

亜鉛製錬業の亜鉛リサイクルにおいては、SDGsに関連して、「リサイクル率の向上」、「リサイクル技術の向上」、「廃棄物の適正管理」、「天然資源の持続可能な管理」、「都市環境上の悪影響の低減」等を重点課題として取り組み、日本での亜鉛製錬業ひいては非鉄製錬業を存続させて行かねばならない。そのため、電炉鋼、高炉鋼産業を巻き込んだ業際連携の実施、リサイクル基礎技術向上に対する官学との連携、循環型社会構築のための亜鉛リサイクル原料の確保等に取組み、亜鉛のリサイクルがより強固たるものになることを期待したい。

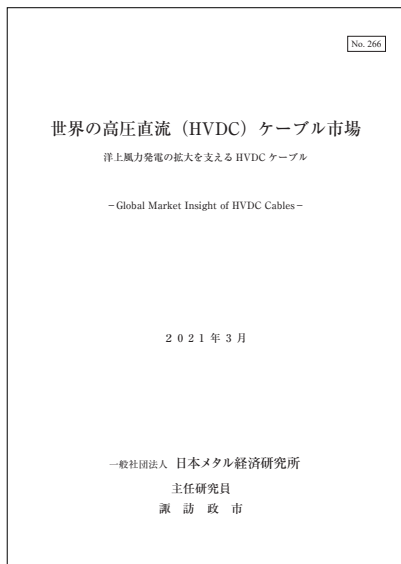
追記：2021年8月にBefesaがAZRの買収を完了したことにより、メジャープレイヤーはBefesa、Zinc Nacional、ZincOxの3社となった。

世界の高压直流 (HVDC) ケーブル市場

(執筆者：諏訪政市主任研究員 2021年3月)

世界のHVDCシステム市場は再エネ利用の拡大に伴い右肩上がり

に成長し、HVDCシステム構築に必須であるHVDCケーブルの市場も同じように成長が見込まれる。米国の調査会社は、2019年の世界のHVDCケーブル市場規模は約16億3千万ドル(約1,800億円)であ



り、2020年以降2023年まで年平均成長率6.8%という健全な成長を予測している。

HVDCシステムが世界的に注目を集めている要因は、(1)GHG排出削減の機運の高まりによる再エネの利用拡大

(2)電力需要の増加に対応する再エネ発電の導入増加

(3)国・地域を越えた電力網の連系強化

(4)電力網の安全性及び安定性の増強などである。

主要供給者は、HVDCシステムでは日立製作所、三菱電機、東芝およびABB(瑞)、Siemens(独)、GE(米)であり、HVDCケーブルでは、住友電工、古河電工およびPrysmian(伊)、Nexans(仏)、NKT(デンマーク)、LS電線(韓)を挙げたい。

HVDCケーブルの用途は、(1)水力発電所のような遠方の電源と接続する

(2)国又は地域の電力網と電力網を相互接続する

(3)陸から遠く離れた洋上風力発電所と系統接続する

(4)陸地から石油・ガス洋上生産設備へ送電する

(5)陸地から離島へ送電する

(6)異なる周波数の電力系統を相互接続するなどである。

HVDCケーブル開発の究極の目的は「電力コストの低減」にあり、送・配電の過程で消えていく電力、即ち「電力損失」をいかに削減するかである。

HVDCケーブルの種類は(1)OF、

(2)MI、(3)CV、(4)鋼心アルミ撚線(ACSR等)の4つがあり、(1)~(3)は絶縁が施された送電用ケーブルで、海底及び地中用途で、(4)は絶縁されていない裸線で、架空用途で使われる。

本レポートでは、HVDC CVケーブルに関し、その「構造」、「製造工程」、「絶縁材料」などを詳しく紹介した。中でも、その開発の難しさは「押出材料」(絶縁材料)に起因することから、材料及び材料メーカーの紹介にページを割いた。ちなみに、HVDCケーブルを製造できるメーカー数よりHVDC CV用絶縁材料メーカー数の方が少ない。また、従来HVDC CVは、材料に架橋ポリエチレン(XLPE)を使い、押出後に「架橋」という工程が必要であったが、架橋工程が不要な新しい材料が開発された。「P-Laser」や「PP」と呼ばれる新しいタイプのケーブルにはCV(XLPE)に比べて多くの優位点があり、世界的に急速に普及していく可能性を秘めている。

最後に、日本のHVDCケーブルメーカーの課題として

(1)製造能力の増強

(2)製造コストの低減

(3)海外ケーブルメーカー勢との競合について述べた。

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。上下2部にわたる報告書の概要を章・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。はじめて資源に携われる若手担当者から、ちょっと人には聞けないという中堅職員の参考書になります。ご興味のある方はお問い合わせください。

今回は第1章 総論のうち「1.1. 非鉄金属とは」を抜粋、紹介いたします。



第1章 総論 (神門事務局長)

「非鉄金属の基礎知識」については2019年度の事業として、研究所役職員が全員参加して、日本の非鉄金属産業の基盤とも言える銅、亜鉛、鉛、ニッケルについて、資源・鉱

山、製錬、加工さらにはリサイクルまで一連の動きについてとりまとめました。今回は総論部分について簡単に紹介させていただきます。

総論においては非鉄金属の定義、非鉄金属におけるベースメタル(銅、亜鉛、鉛、アルミニウム等)・貴金属(金、銀、プラチナ、パラジウム、ロジウム等)・レアメタル(上記以外の希少金属)の分類について記するとともに、主要金属の用途と鉱石産出国、主要工業製品である自動車を例としてどの部分にどのような金属が使われているかを示しています。また、世界経済における位置づけを示すため、主要非鉄金属の生産金額(2016年)をまとめており、金や銅が鉄と同程度であること、比較して

レアメタルの市場規模が小さいことなどが分かります。さらに銅・亜鉛・鉛・ニッケルについて、その歴史的な利用状況を記しており、文明の発達にこれらの非鉄金属が果たした役割が分かるようになっていきます。

次いで、以降の各論における理解を進めるため、非鉄金属の開発・生産から利用、回収・リサイクルの各段階について、資源開発等各段階における具体的な事業の流れ、銅を例とした製錬方法の解説、主要な非鉄金属加工品である電線と伸銅品の主要製品と主要用途についてまとめています。また、近年重要性が増している非鉄金属の意義と資源回収システムに関する法的整備状況や銅製錬所・亜鉛製錬所・鉛製錬所からなる「製錬ネットワーク」の重要性についても記しています。さらにこれら非鉄金属の価格形成について、ロンドン金属取引所(LME)の概要と活動の変遷を記しています。

総論の最後には主要4金属の特性・用途などについて表形式でまとめてありますので、各金属について確認する際の参考にしていただければと思います。

目次

- 1.1. 非鉄金属とは
- 1.2. 非鉄金属資源の開発・生産から利用、回収・リサイクルまで
- 1.3. 非鉄金属の価格形成
- 1.4. 各非鉄金属の特性、用途等

1.1.1. 金属の分類

非鉄金属は鉄以外のすべての金属の総称であり、多くの金属が含まれるが、大きくは、ベースメタル(Base Metals)、貴金属(Precious Metals)、レアメタル(Rare Metals)に分類される。まずベースメタルは、古くから大量に使われてきた金属で、銅、亜鉛、鉛、アルミニウムなどである。貴金属は、化合物を作りにくく耐腐食性があり、希少性が高い金属で、金、銀、プラチナ、パラジウム、ロジウムなどである。また、これら以外の希少金属と呼ばれるのがレアメタルである。レアメタルは和製英語であり、海外ではマイナーメタル(Minor Metals)と呼ばれることが多い。レアメタルは産業界での流通

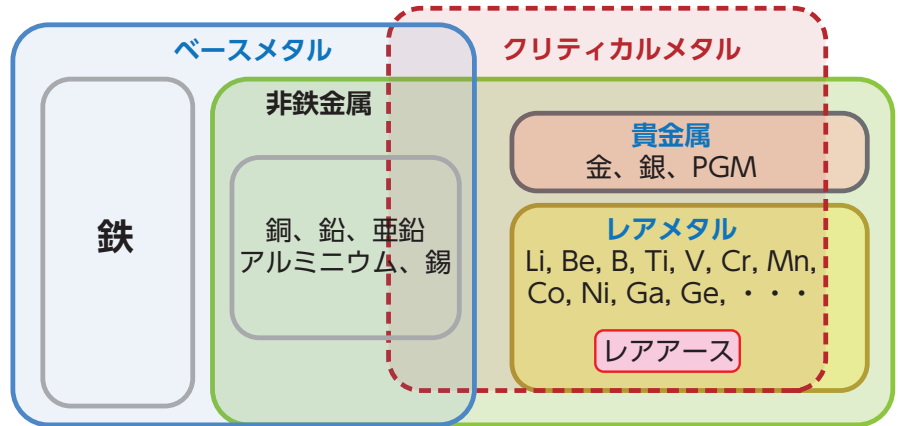


図1-1-1-1 金属の分類 (出典) MERIJ

量や使用量が少なく、製造業にとっては重要な金属が多い。

また、こうした金属の分類とは別に最近ではクリティカルメタル(Critical Metals)という言い方もある。これは、産業にとり重要度の高い金属で供給リスクの高いものを指し、資源セキュリティや経済安全保障の観点から生まれた概念である。クリティカルメタルとレアメタルの大きな違いのひとつは、クリティカルメタルにはベースメタルも含まれ得るという点である。ベースメタルでもその供給に不安がある場合には、クリティカルメタルとみなされる。また、国によってクリティカルメタルの中身が違ってくこともある。国の主要産業が異なれば、メタルごとの重要度はおのずと違ってくるからである。メタルの国ごとの自給率の違いもクリティカルリティを左右する。ある重要メタルにつき、国内資源が豊富な国では供給リスクが小さいが、日本のように国内資源を持たない国では、そのメタルのクリティカルリティも高まることとなる。

1.3. 非鉄金属の価格形成

非鉄金属は、商品として、他の工業製品と大きく異なる点としては、国際商品としての取引の世界的な市場が形成されているということである。その取引の中心となっているのが、ロンドン金属取引所(LME: London Metal Exchange)である。全世界で流通している銅、鉛、亜鉛、ニッケル等の非鉄金属がこの取引所に連動した価格で取引されている。

LMEの歴史は古く19世紀にさか

のぼる。英国では、19世紀初頭、産業革命により繊維業や鉄鋼業などの工業が発展し加工貿易型経済への変革を遂げた。諸工業において金属原料を輸入し加工して輸出する中で、海外で船積みした金属原料が英国に届くまでの相場変動のリスクや実物の相場変動リスクをヘッジするために先物取引市場の必要性が高まった。そこで、1877年に金属を取り扱う商人や仲介人の出資により、LMEが設立された。それ以降、LMEは、今日まで140年以上の歴史を刻んできた。

LMEは、国際的な商品取引市場であり、その価格形成は公平、公正かつ自由競争原理に基づいて行われている。主な機能としては、①現物の売却、買い付けの市場、②現物のリスクをヘッジするための市場、③世界の非鉄金属取引の価格の指標となる市場などである。現在扱っている非鉄金属は、主に銅、亜鉛、鉛、ニッケル、錫、アルミニウムであり、2010年からは、モリブデンとコバルトも扱っている。LMEの詳しい機能については、下巻の第4章 金属取引編で解説する。

この歴史あるLMEは、国際金属市場の変化とともに大きな変貌を遂げつつある。今や銅などの世界の非鉄金属需要の半分を中国が占めるなど、取引の中心はアジア圏に移っている。こうした時代の潮流を反映して、LMEが2012年に香港取引所に買収されるという非鉄金属の歴史を象徴するような大きな出来事があった。それによって、英ポンド、米ドル、ユーロ、日本円だった取引通貨に、人民元が導入されるということも起

きている。また、LMEの基本的な価格変動の要因は、金属毎の需給バランスである。しかし、最近では、ファンド資金等の流入もあり、LMEの価格変動の幅は増幅されているように見える。

図1-3-1のグラフは過去30年間LME価格(銅、亜鉛、鉛)の推移であるが、このグラフからもわかるようにLME価格は、その時々国際情勢などの大きな出来事によって乱高下している。とくに2000年代に入ってから、中国等の新興国の経済成長による金属需要の増大があったものの、それ以上に大きな変動があり、金属価格の「ボラティリティ(Volatility)」は高まっていると言える。そして、銅、亜鉛、鉛の3つの非鉄金属価格の推移を比べると、銅価格の振れ幅が最も大きい。銅は電力、鉄道などのインフラから住宅、自動車、電気・電子機器等の幅広い

分野で使用されるため、銅価格は、世界の景気動向に先立って敏感に反応する先行指標とみられている。これが、銅が欧米ではよく「ドクター

カッパー(Doctor Copper)」と呼ばれる由縁である。

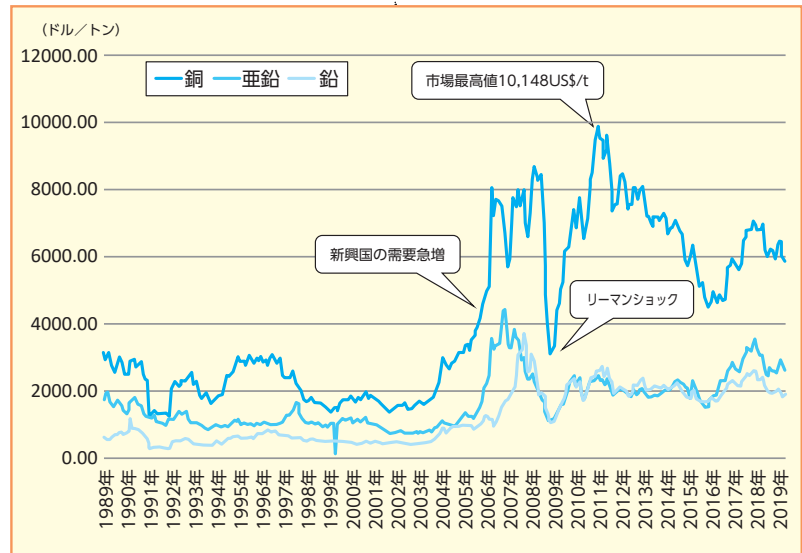


図1-3-1 銅、亜鉛、鉛のLME推移 出典) WBMS

研究所内の動き・今後の予定

今後の予定

セミナー等ご案内

令和3年度成果報告会 日時:令和4年7月7日 予定
開催形式:ハイブリッドもしくはオンラインのみ

会員(賛助会員)について

(一社)日本メタル経済研究所は非鉄金属に係る日本で唯一の公的専門調査機関です。
貴社におかれましても、是非この機会に入会についてご検討くださいますようお願い申し上げます。

- ①会員以外には有料配布となっている調査レポートの無料提供
- ②会員のみ提供となっている銅、亜鉛等に関するデータブックの提供
- ③調査レポートに関する詳細説明(御社まで出向いて説明を実施)

賛助会員年会費:1口・30万円。 1口以上

一般社団法人 日本メタル経済研究所

Metal Economics Research Institute, Japan (MERI/J)

所在地 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-11-5 精興竹橋共同ビル 4F

TEL 03-5577-6791 FAX 03-5577-6792

URL:<http://www.merij.or.jp/>