

メタ研通信

2022年7月号 (No. 3)

I. 新会長からのご挨拶

新会長 小野 直樹 (三菱マテリアル株式会社 執行役社長)

II. 鉱物資源を巡る施策の動向

経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課長 有馬 伸明

III. 2022年第2四半期の非鉄金属市場動向とトピックス

IV. 今期の報告・情報収集活動

V. 主任研究員からひとこと

諏訪 政市 主任研究員

築城 修治 主任研究員

VI. 主任研究員レポート紹介

1. E-Westにおける質的・量的変化と処理における課題

渡辺 堅治元主任研究員

2. 二次電池の使用方法和拡大と電池材料の展望

竹田 賢二元主任研究員

3. 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

VII. 非鉄金属の基礎知識

資源編

VIII. 第45森ビルのこと

理事長就任の挨拶

IX. 研究所内の動き・今後の予定

I. 新会長あいさつ

小野 直樹（三菱マテリアル株式会社 代表執行役社長）

この度、日本メタル経済研究所代表理事会長に就任しました小野です。前任の井上住友電気工業株式会社社長に引き続きよろしくお願いたします。

就任に当たり一言ご挨拶申し上げます。最初に、現在のコロナ禍にあって当研究所の活動も色々と制約を受ける中で、会員の皆様のご協力もあって、調査研究活動を始めとして各種の事業を当初の計画どおりに継続できているところとお聞きしており、改めて感謝申し上げます。



次に、我が国の非鉄金属産業を巡る状況は、2050年カーボンニュートラルの達成やサーキュラーエコノミーへの対応、ウクライナ危機を契機とした経済安全保障の重要性の高まりといった多くの課題に直面しております。これらの課題に対して、我々非鉄金属業界は必要となる非鉄金属素材や製品の安定的な供給という重要な役割を担っておりますし、この責務を達成していくために業界をあげて取り組んでいく必要があります。

当研究所と致しましては、非鉄金属業界がこれらの課題に対応していくために、少しでもお役にたてるように引き続き調査研究並びに情報発信に努めていく所存であります。新会長として、当研究所の活動を盛り上げ、非鉄金属産業の発展に貢献するべく務めて参りたいと考えております。

会員各社の皆様には引き続き御指導、御鞭撻のほど、よろしくお願いたします。簡単ですが、以上で私の挨拶とさせていただきます。

II. 鉱物資源を巡る施策の動向

経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課長 有馬 伸明

この7月に鉱物資源課長に着任した有馬と申します。着任のご挨拶もかねて、鉱物資源を巡る施策の動向などを紹介します。

皆様もご存じのとおり、ここ数年、カーボンニュートラルへの関心がますます高まり、一方で、地政学的状況の大きな変化もあり、鉱物資源の安定供給確保に大きな注目が集まっています。

2021年5月、IEAはレポート「The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions」の中で、温暖化ガスの排出削減が進むことで一部鉱物の需要が大きく増加すると指摘し、銅、リチウム、コバルトは2020年代中頃から需要が供給を上回るとの見通しを示しました。さらに、2040年には需要が20年比で銅1.7倍、コバルト6.4倍、リチウム約13倍、ニッケル6.5倍、レアアース3.4倍になるという「STEPSシナリオ（公表政策シナリオ）」をまとめました。



このように銅やレアメタルなどの鉱物資源に対する期待・需要が大きく高まることが確実である中、地政学的リスクに対する懸念もこれまで以上に高まっています。我が国はすでに10年ほど前にレアアースショックを経験しました。また、足下では、ロシア・ウクライナ情勢が重大な局面にあります。ロシアは、世界のパラジウム生産量の約4割を生産しており、電動車に必要な金属の生産も多い（コバルト鉱石2位、ニッケル鉱石3位）ことから、ロシア産鉱物の流通が滞った場合には世界的に大きな影響が出る懸念されています。

今後、資源確保に向けた動きが世界的にさらに活発になることが予想される中、我が国企業による権益獲得を加速し、サプライチェーンの強靱化を図ることが急務となっています。

本年3月の岸田総理指示によりとりまとめられた「原油価格・物価高騰等総合緊急対策」（4月26日関係閣僚会議で決定）を受け、電動化・グリーン化の鍵となる蓄電池等に必須なレアアース、コバルト、リチウム、ニッケル、白金族金属について、JOGMECの出資比率の上限を原則75%まで引き上げ、権益獲得に向けた支援を強化しました。

また、5月20日に公布した「安定的なエネルギー需給構造の確立を図るための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」によって、JOGMECの出資・債務保証業務の支援対象に、国内におけるレアメタル等の選鉱・製錬を追加し、国内製錬を介したサプライチェーンの強化を図ることにしています。

私は、前職で先端半導体の研究開発施設や製造工場の国内誘致にも関わっておりました。今般鉱物資源課長を拝命し、対象物資が半導体から鉱物資源に変わったわけですが、どちらも我が国産業基盤を支える重要物資であることに違いはありません。様々な施策を総動員し、事業者への

支援を通じて、鉱物資源の安定供給やサプライチェーン確保の実現を目指していきたいと考えております。

皆様からもご支援いただきながら、職務を全うしてまいりたいと思います。

どうぞよろしく願いいたします。

Ⅲ. 2022年第二四半期の非鉄金属市場動向とトピックス

創刊号、第2号でお伝えしてまいりました本項につきましては、この7月より新たに「メタ研ショートアプローチ」として皆様と情報を共有することとなりました。メタ研のWeb会員サイトに閲覧コーナーを設けましたので、会員の方はぜひ閲覧ください。

なお、今後も引き続き同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活用ください。7月発行のショートアプローチは以下の2件です。

2022年7月7日

No-1. 「LME 銅相場」超先物相場に現れる銅と原油の違い

メタ研 特任アナリスト 多田 克己

2022年7月20日

No-2. ロシアのウクライナ侵攻が与えるパラジウム市場価格への影響

メタ研 主任研究員 北 良行

IV. 今期の報告・情報収集活動

2021 年度研究テーマ成果報告会

1. 令和3年度 日本メタル経済研究所調査研究成果報告会

日時：令和4年7月7日（木） 13:00～17:00

開催場所：TKP ガーデンシティ PREMIUM 神保町会議室とオンライン（ZOOM）のハイブリッド方式

本年の調査研究成果報告会は、会場での対面と Zoom を利用したオンラインの両方式によるハイブリッド方式での開催し、会場での参加は正会員・賛助会員のみとしました。オンラインでの参加者は515名、また当日会場への参加は40名あった。

プログラムは 小野直樹新会長の挨拶から始まり、以下の8テーマについての発表の後、経済産業省資源エネルギー庁 有馬鉱物資源課長から講評をいただいた。

- 1) 中国の金属資源確保状況と日本の課題 13:05 ～ 13:30 主任研究員 北 良行
- 2) 非鉄金属における鉱物資源の責任ある調達 13:30 ～ 13:55 主任研究員 藤田 哲雄
- 3) カーボンニュートラルとメタル 13:55 ～ 14:20 主任研究員 末田 洋
- 4) 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）・ 14:20 ～ 14:45 主任研究員 桜井 文隆
- 5) 亜鉛産業におけるカーボンニュートラル 14:45 ～ 15:10 主任研究員 築城 修治
- 6) 米国、EU の重要鉱物政策の動向と日本の課題 15:20 ～ 15:45 主任研究員 松田 大
- 7) 欧州、特にドイツから学ぶ再生可能エネルギー発電の普及と送電網の構築 ・ 15:45 ～ 16:10 主任研究員 諏訪 政市
- 8) 世界の伸銅品産業 16:10 ～ 16:35 主任研究員 大山 好正

参加セミナー等

1. 第70回電設工業展～JECA FAIR 2022 （諏訪政市主任研究員報告）

主催者：一般社団法人 日本電設工業協会

会 期：2022年6月1日（水）～3日（金）

会 場：東京ビッグサイト 東1、2、3ホール

出展社：電設業者、電機メーカー、電線メーカー等 202社

来場者数：総計 69,901人

第1回電設工業展は1957年5月に「優良電設資材展」として東京のホテル国際観光で開催された。1日間の会期で出展社数12、小間数11という小規模なものであったとい

う。電設工業展は電気設備に関する資機材、工具、計測器、ソフトウェア、システム等の新製品の紹介をはじめ施工技術、施工実績や電気設備業界の魅力、働き方を広く紹介するものであり、第 68 回、第 69 回（共に大阪開催）と、Covid-19 により中止となり、今回は 3 年振りの開催となった。

主な出展社は以下のとおりで、殆どが常連である。（あいうえお順）

○電設（電気工事業者）：関電工、九電工、きんでん、トーエネック、ユアテック、四電工

○電線・ケーブル：古河電気工業、SFCC（昭和電線と古河電工の合併会社）、住友電気工業グループ（住電 HST ケーブル、住電機器システム、大電）、フジクラグループ（フジクラダイヤケーブル、西日本電線）、タツタ電線（中国電線工業の製品も展示）

○バスダクト：共同カイテック

○電線商社：因幡電機産業、海光電業

今回は、温室効果ガスの排出量をゼロにするといった世界的な「脱炭素化」の流れの中で、テーマは「脱炭素へのチャレンジ～電設技術が未来（地球）を守る」であり、再エネ発電関連の展示も多かった。

電設（建設・電線販売）市場向け電線・ケーブルは成熟製品であり、汎用品であるが、ここ 10 年でメーカー各社は施工しやすい仕様ということで、実際に工事をする人の立場に立った改善に取り組んできた。例えば、ケーブルが、延線時に滑りやすくシースが傷つきにくいとか、曲げやすいとか、それに該当する。今回も、配電盤内で太いケーブルを配線する場合に作業をしやすくする狭所配線ケーブルが出展されていた。また、軽いケーブルということではアルミニウム導体の建設用電力ケーブル（600V AI-CV 又は AI-CVT）があるが、3 年前、4 年前の同展示会で、古河電工、住友電工、フジクラ、矢崎エナジーシステム等がケーブルサンプルを並べて一斉に拡販 PR をしていたが、今回は、古河電工、SFCC 以外はあまり積極的に PR をしているようには見えなかった。

共同カイテックは建設用バスダクトのトップメーカーである。バスダクトはビルや工場の高圧縦幹線に使用され、低圧 CVT と競合する製品である。電線・ケーブルとは違い、バスダクト導体の銅からアルミニウムへの代替は急速に進んでいる。

（注）CV-T：トリプレックス型の架橋ポリエチレン絶縁、ビニルシース配電用ケーブル

（注）バスダクト：銅やアルミニウムの帯状導体を絶縁物で被覆するか、絶縁物で支持し、鉄あるいはアルミニウム板で製作された箱状のケースに納めた電力幹線システム

2. JX 金属戦略技研設立 1 周年記念シンポジウム

～社会に求められる非鉄産業の責務と役割～

川口理事長（当時）パネリストとして参加

主催者：JX 金属戦略技研株式会社

開催日時：2022 年 6 月 7 日

会 場：ホテルオークラ

講演者：基調講演「科学技術立国と生存学」 松本 紘 前理化学研究所理事長／元京都大

パネリスト：小林 和昭 経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課長他

V. 主任研究員からのひとこと

諏訪 政市 主任研究員 2014年7月着任（元株式会社フジクラ）

ビジネスマン人生を長くやっていると色々なことがある。たまたま、メーカーに就職したが、これが良かった。入社当時は、まだ余裕があったのか現場研修が半年間あり、配属は10月1日だった。主力工場を回り現場の人達に手ほどきを受け「ものづくり」の面白さを体験した。霞が関ビルにあった本社経理部資金課に配属になり、代理店の与信管理や、売りっぱなしで、だらしない営業マンの尻を叩く代金回収が主な仕事であった。



鈴鹿工場経理課勤務中に「ナイジェリア事務所の経理マン募集」という社内公募に応募し、ラゴスに赴任することが決まり本社に異動になったが、ナイジェリアの政策転換により通信インフラ整備事業が中断されたことで転勤はなくなった。ぶらぶらしている内に、会社が業績不振から立ち直るべくスタッフ部門からラインへ何十人も送り込まれることになり、その一人となった。

民需営業の花形であった部署に異動したが、歓迎会の席で課長と大喧嘩をして「明日から出勤に能わず」と言われた。挨拶で「営業マンはだらしが無い」と言及し、営業一筋、飛ぶ鳥を落とす大課長の逆鱗を買ったのだ。電線工業会出荷統計の「間接輸出」で常に断トツの業界シェア No.1 であった営業課であり、得意先である大手エンジニアリングメーカーの購買担当役員に「おたくはどんな営業をやっているのか。電線要求部署が挙げておたくを指定してくる。」と嫌味を言われるほど勢いがあった。当時、営業マンには酒の他にゴルフ、麻雀、生オケの嗜みが求められた。勿論これら接待漬けで受注を伸ばした訳ではない。肝心なのは得意先の技術部門（電気部、計装部、情報通信部等）のエンジニアからの信頼を得ることである。

「電線ならフジクラさん」が浸透していたため沢山の引き合いや設計協力の要請があった。営業は社内では得意先の代弁者であり、事業部に得意先の要請を実現させることが基本であった。その間に妥協はなく、営業と事業部が「同じ穴のムジナ」になることはなかった。その代わり営業は事業部の失敗の矢面に立った。事業部の中に営業があるような組織では、お互いに傷を舐め合うようなことが起き易い。両者が結託して得意先に嘘をつくことで不具合を隠そうとするならば、それは得意先が一番忌み嫌う行為である。

築城 修治 主任研究員 2019年7月着任（三井金属株式会社）

アナログとデジタル

現在はあらゆる音楽がデジタルで楽しめる時代であるが、一部ではアナログの代表であるレコードが復権を果たしているらしい。中古レコード市場では人気アーティストの名盤が値上がりし、最新のアナログレコードをリリースするアーティストも少なくないとのことである。懐古趣味と言えばそれまでだが、デジタルにはない魅力がアナログにはあるということだろう。



思い起こせば、私のオーディオ歴は学生時代にアルバイトをしてアンプ、チューナー、ヘッドホンを購入したのが最初であった。初めてヘッドホンで聞いたFM放送の音は臨場感があり、今でも忘れられない。その後、少しずつ買い足し、レコードを聴いていた。といっても、レコードはなかなか買えず、当時全盛であったレンタルレコードを借りて、テープレコーダーでダビングして聴いていたのを思い出す。

そのころはアナログが全盛の時代で、多くの日本の音響メーカーが活躍していた。その後1980年代に入って、CDが登場し、一気にデジタルの時代が幕を開けた。CDの扱いの手軽さと音の良さ（ノイズの無さ）から、レコードはあっという間にCDに取って代わられた。

部品を集めて組み立てれば、どこでもだれでも製造できるデジタルのおかげで、海外生産が主流となった。現在、デジタルの恩恵はいたるところで、多大なるものがある。しかし、オーディオに限っての私の経験から言うと、デジタルになって製品が壊れやすくなったような気がする。

現在、自動車産業においては、内燃機関車からEVへと時代が大きく動き出している。今の自動車はデジタル満載であるが、心臓部である駆動部については、内燃機関は多くの部品をすり合わせて作り上げているが、EVになると各部品を集めて組み立てれば出来上がるイメージを持ってしまふ。大雑把に言うと、内燃機関車はアナログ的、EVはデジタル的だと個人的には感じる。そう見ると、オーディオがデジタル化で海外生産が主流となり国内生産が衰退したように、EV化で日本の自動車業界が海外に負けてしまうのではないかと危惧してしまう。これが杞憂であり、日本の自動車業界が次の世代でも世界をリードし、日本の製造業をけん引してくれることを願って止まない。

ちなみにCDに移行した私のオーディオも、いつの間にかアナログに戻り、今は主にレコードを聴いている。使用しているアンプ、レコードプレーヤー、スピーカーはいずれも30年ほど前の製品であるが、オーバーホールをしつつ今でも立派に働いてくれている。

VI. 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いません。

なお今回は2020年度成果報告のうち、資源・資材学会2022年度春季大会で発表されたリバイス版をご紹介します。

1. E-west における質的・量的変化と処理における課題

(渡辺 堅治元主任研究員)

1. 世界の廃電気電子機器 E-Waste の発生量

通信機器を始めとする電気電子機器は現代社会には欠かせないものである。電気電子機器の需要は、世界経済の発展や生活の質の向上により大きく伸びてきた。一方で、技術の発展により電気電子機器製品の陳腐化のスピードが上がることにもつながってきた。製品の陳腐化は、製品のライフサイクル（寿命）が短くなることでもあり、長期の安定性や寿命に対する要求よりも、より安い製品への方向転換が進むこととなった。それにより、部品も含めてより小型化、より集積化、より軽量化へと進むことで、金属材料からプラスチックへ、貴金属から卑金属の使用の割合が増える等の材料面での変化も進んでいる。

また、グローバル化の進展により世界中の人々の生活水準が向上したことで電気電子機器が同じ仕様でもより安くなったことで、電気電子機器製品はより多く消費されるようになった。この結果として、寿命を迎えたことで使用済み (EOL: end of life) となった廃電気電子機器 E-Waste が大量に発生することとなってきた。

「The Global E-waste Monitor」によれば、世界の E-Waste の発生量は、2014年に44.4百万トンであったものが、2019年には53.6百万トンと5年間で20%増加した。また、アジア地域での発生量は45%近くに達し、経済成長による所得の向上に合わせてアジア地域での発生量の増加が見込まれている。

また、「The Global E-waste Monitor」では、廃電気電子機器 E-Waste に含まれる有価物の価値はおおよそ600億ドルと推定している。その価値のうち、貴金属 (Au、Ag、Pd等) および銅が約60%を占めるとしており、リサイクルの対象としては、価値の大きな非鉄金属や分離が容易な鉄が主体となる。残念ながら、廃電気電子機器 E-Waste に含まれる非鉄金属の含有量はほとんど増加しておらず、含有量の観点ではリサイクルがより難しくなっている。

廃電気電子機器 E-Waste を資源化／リサイクルするためには、

- ・ E-Waste の収集
- ・ 解体
- ・ 選別

によって濃縮／分離が行われ、目的物が回収されているが、銅や貴金属を濃縮した部材は E-Scrap と呼ばれている。

E-Scrap は、銅製錬のコレクター機能を利用して非鉄金属のマテリアルリサイクルが行われるのが一般的であり、E-Scrap の資源化のためには銅製錬は不可欠となっている。

2. 日本の非鉄製錬における E-Scrap の動き

日本の銅製錬は、銅精鉱の調達に 2000 年代からの中国製錬の銅精鉱マーケットへの参入により難しくなると共に、処理費収入が大幅に目減りしたことで、厳しい経営に直面することとなった。このため、銅精鉱よりは原料調達がしやすく、購入条件が比較的緩い E-Scrap 処理に舵を切る動きが増えてきている。

日本の非鉄製錬企業の E-Scrap 処理量は、2000 年度では 43 千トンであったものが 2019 年度では 360 千トンに達し、約 9 倍近くまで増やしてきている。また、海外からの輸入量も、2000 年では 11 千トンであったが 2019 年は 151 千トンとし、輸入相手国も 61 カ国に増加させている。このように広く海外から原料調達を行っていることで、日本は非鉄金属の資源循環に大いに貢献している。ただし、日本鉱業協会企業で再資源化された Au 量は、E-Scrap の処理量が増えたにもかかわらず減少傾向となっており、電気電子機器製造における省 Au 化の状況が反映されている。

国内で回収された E-Scrap 数量を、[非鉄製錬処理] - [輸入量] + [輸出量] の関係で求めると図 1 ようになる。また、参考として Au 品位の推移を示す。

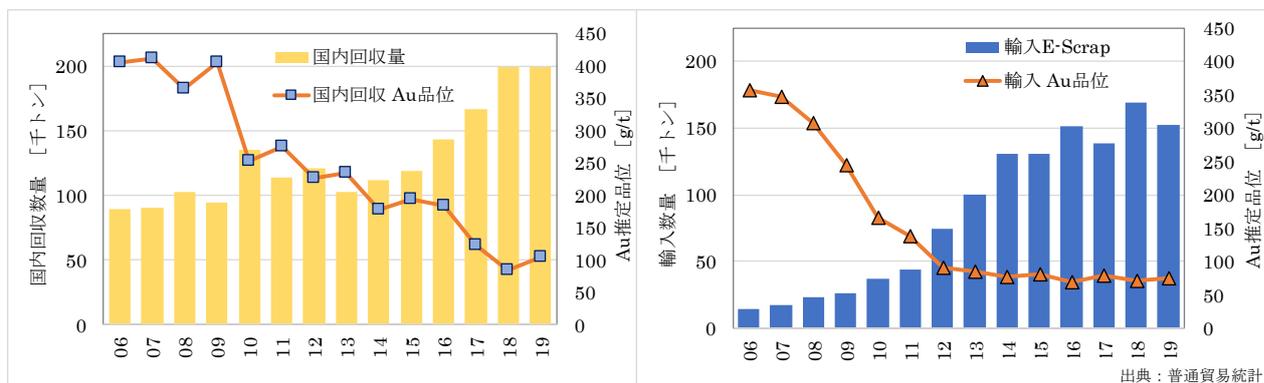


図 1 . 国内における E-Scrap 回収量の推定と輸入数量の推移

日本国内で回収される E-Scrap 量は、2001 年以降に増加しており、一見すると家電リサイクル法の施行が影響しているように見える。実際には、家電四品目から回収される E-Scrap (廃電子基板類) は少ないため、家電リサイクル法の影響は少ない。むしろ、同じタイミングで金価格の高騰により、品位の低い原料でも有価で取引が出来るようになり回収量が増えたものと推定している。また、近年の大きな増加は、ミックスメタルとして輸出されていた E-Waste が中国のスクラップの輸入規制により行き場を失い、国内回収が進んだことによるものと考えている。これにより、国内回収分の E-Scrap の Au 品位は大きく低下している。

国内で回収された E-Scrap の数量を分解すると、①プロダクションスクラップ、②従来から回収されていた中品位以上の E-Scrap、③新たに回収されている低品位 E-Scrap の 3 つに分けられ、図 2 のような構成となる

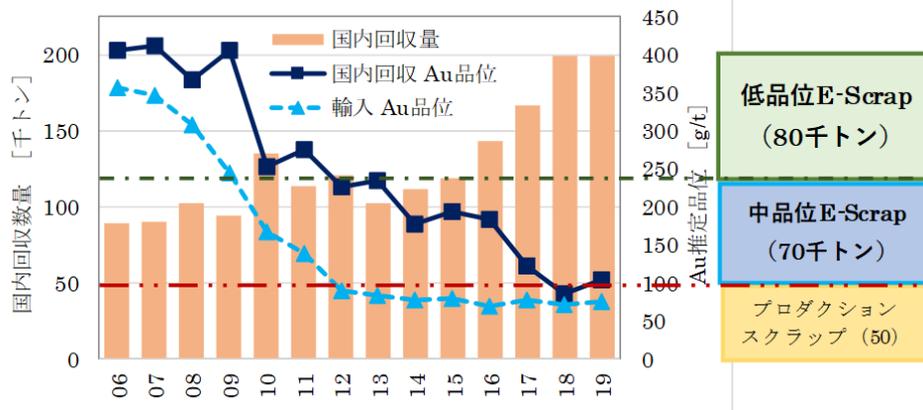


図2 日本のE-Scrap回収量の分類

これから日本のE-Scrap回収量とE-Waste発生量の関係から世界のE-Scrap発生量はおおよそ3百万トンと推定する。

しかしながら、世界の非鉄製錬所全体のE-Scrap処理量は1.0百万トン前後と推定しており、発生量に対して処理量が少ない。中国の実績が判らないこともあるが、世界全体でのE-Scrapの回収率が低いことや輸出入マーケットに低品位E-Scrapが流通していない可能性が考えられる。

3. E-Scrapの処理の課題

銅製錬所の主原料である銅精鉱は、採掘から選鉱の過程を経て生産されているためほぼ単一粒子で粒径も揃っており十分な混合も行われ、入荷単位も非常に大きい数量であることから、製錬所での受入・評価は比較的容易である。一方、E-Scrapは、入荷の単位量は小さく、多くの材料（プラスチックやセラミック、ガラス、鉄、アルミニウム）の集合体であり、銅精鉱と比べると粗大な荷姿で入荷するため、受入のための評価手段や前処理等に多くの手間が掛かっている。また、分析の偏りのリスクも大きく、見掛けほど利益率が高い訳ではない。

E-Scrapの組成としては、銅精鉱では比較的少ない金属成分（Ni, Sb, Sn）やハロゲン・有機物・鉄やアルミニウムが含まれており、前処理で完全分離が難しいため、溶錬炉での不純物の分配の悪化や硫酸工場の設備腐食、硫酸着色等への影響がある。更に増加させるためには、設備面の増強が必要とされる。

処理に際しても、前処理されたE-Scrapの粒径は銅精鉱と比べてはるかに粗大のため、炉の形式によるE-Scrap適応性が異なる。例えば、自溶炉では、E-Scrapはシャフト落下中には燃焼が完了せずにセトラ表面で熱分解・燃焼が継続することで、不純物の分配に影響を及ぼす等がある。一般的には、Bath Smelting方式の方がE-Scrap処理に適している。

4. 二次製錬でのE-Scrap処理

銅鉱山の新規開発が難しくなってきたことや廃電気電子廃棄物E-Wasteの発生の増加により、銅の二次製錬が重要となるはずである。また、エネルギー使用の観点では、二次製錬は一次製錬よりも大幅に低いエネルギーでリサイクル出来るとされている。このため、銅製錬における二次製錬の発展の可能性について述べる。

銅地金の設備能力に関しては、ここ 10 年はおおよそ 10 百万トンで大きな変化はなく、銅製錬設備能力の 4~5%しか占めていない。また、二次製錬設備の 60%は欧州に立地している。一方で、中国では二次製錬設備能力は微減している。

二次製錬所では、一般的には Cu の製品化のため電解精製を行っており、電解精製に供するアノードを製造している。この場合、アノードの Cu 品位は一般的に 99%前後とされているため、原料（銅 Scrap）に含まれる不純物（Fe, Sn, Ni, Pb, Zn 等）のほとんどを酸化工程で分離する必要がある。一方で、酸化精製で生じるスラグの Cu 含有量は高いため、そのままでは廃棄出来ず、酸化スラグの Cu 回収のため還元炉に繰り返す操作が必要となる。しかしながら、還元炉では回収した Cu と一緒に不純物も還元し、酸化炉に戻る事となる。いわゆる、不純物の繰返しループが二次製錬の課題となっている。

不純物の繰返しループを回避するため、特別な不純物処理／回収工程を設置している二次製錬所はあるが、その分コストアップとなる。このことから二次製錬所では不純物の多い E-Scrap 処理を積極的に行っている所は少なく、一次製錬所での E-Scrap 処理が増える可能性が大きい。

5. 中国の動向

中国は過去には経済発展優先の政策を取っていたこともあり、環境対策が遅れて「環境問題のデパート」とまで言われた時期があった。銅製錬においても、精鉱やスクラップ処理のために各地に小さな溶鉱炉が存在し、大気汚染の元凶にもなっていた。中国政府は、この小規模設備の淘汰のため一定規模以下の製錬設備の停止処置を進め、大規模製錬の道を開く政策を取った。これにより、銅精鉱を主体とした大型銅製錬所が各地に建設され、いまでは世界の銅地金の 40%を生産するまでになってきた。

国内の環境問題から、2017 年頃より廃棄物の輸入禁止措置を進めることで、中国では国内で発生する E-Scrap 問題を解決するためスクラップ政策を大きく転換した。中華人民共和国工業情報化部(MIIT: Ministry of Industry and Information Technology)は銅製錬のレベルアップと変化を加速するため 2019 年 9 月 6 日の第 35 号公告で「銅製錬業の規範条件」の改訂版を発表している。主要な改正点は下記のようにになっている。

- 二次銅製錬所に対する生産量規制（年間 5 万トン）の撤廃
- 銅製錬へのスクラップ処理設備の設置を推奨
 - － 中国銅製錬のリサイクル事業が本格化
- スクラップの前処理強化と銅製錬の安定化
 - － 有機物・ハロゲン元素の焼却除去、スクラップ分別で銅製錬操業を安定化

この政策変更により、メタル系 Scrap を処理する小規模の電解精製プラントの設置と共に、これまで精鉱のみを処理していた大規模銅製錬所が E-Scrap 処理に進出する契機となると思われる。

中国銅製錬企業は、銅精鉱の買鉱条件や産物の販売先の先細り等の影響により厳しい状況に向かうと判断しており、リサイクル事業に強い興味を持っている。現状は低品位銅スクラップの輸入を全面禁止にしているが、中国国内のリサイクル原料処理体制が確立すれば将来的にはスクラップの輸入を解禁する政策に転換するものと推定している。

6. まとめ

銅精鉱の原料条件は低迷したままであり、中国の銅製錬所の新設も進んでおり、世界の非鉄製錬企業にとっては厳しい状況が継続するものと推定される。日本以外の欧州の非鉄製錬企業も以前より E-Scrap 処理に取り組んできたが、現状はやや足踏み状態となっている。一方、中国では中国国内の E-Waste の発生が増加もあり、「銅製錬業の規範条件」の改定を行い、E-Scrap 処理を進めようとしている。現状はリサイクル原料の輸入を禁止しているが、中国国内の E-Scrap 処理体制構築が進めば、将来的には輸入の再開を行うものと推定している。これにより、世界の E-Scrap 市場も競争が激化することが考えられる。

2. 二次電池の使用方法の拡大と電池材料の展望

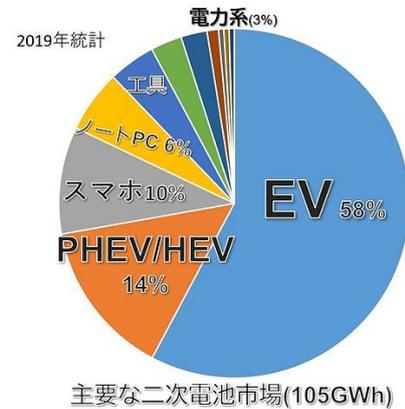
(竹田 賢二元主任研究員)

二次電池の種類と用途

二次電池の種類としては鉛蓄電池、ニッケルカドミウム電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池が代表である。他にも、大型蓄電システムとしてナトリウムイオン電池やバナジウムレドックスフロー電池等も普及が進んでいる。大きな意味では、揚水発電や水素製造といったエネルギー変換システムもその範疇となるが、コストや信頼性、変換効率に課題も多い。

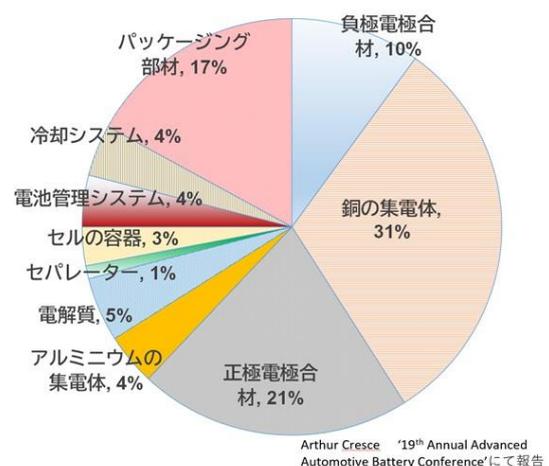
リチウムイオン電池の普及はEVや電動アシスト自転車をはじめとする乗り物系、電力を仲介する蓄電系、そしてスマホやパソコンをはじめとする家電系の3つに大きく分けられる。2019年におけるそれぞれの積み上げを集計してみると年間100GWhを超える電池が使用されていると推定できた。統計によってはもっと多くの電池が製造されているが、いずれにせよ自動車向けが主流で全体の7割以上を占めており、EVの動きは注目を集めている。

特にEVは販売台数が年々増加するのと同時に、1台あたりに使用される電池容量も増加しつつあり、2030年には1台当たりの平均容量が60~80kWh、販売台数で1,000万台を超える可能性がある。ただ、EVメーカー各社の目標を見る限り、この数字は既に控え目であり、更に多く電池が必要とされている。これらの電池を確保するため、電池メーカー各社では電池のエネルギー密度の改善、パッケージの改善、そして増産を計画している。



必要なメタル量と需給

EVに主に使用されているリチウムイオン電池について、電池パックに占める金属では、銅が3割、正極材(ニッケル、コバルト、マンガン、リチウムの酸化物)が2割ほどを占める。パックの構造としてはCell To Packや全固体化など、密度を上げる技術が開発されているが、単位容量当たり必要とされる金属量は大きく変わらない。今後、2030年に1,000万台のEVが売られ、その平均電池容量が80kWh、全てが3元系の電池と仮定すると、必要なメタル量は2020年のメタル流通量に対してニッケルで25%、コバルトは50%を占める可能性があり、供給がひっ迫する。既にニッケルやコバルトの価格は上昇を続けており、資源不足の懸念も広がっている。



これに対して、コバルトを極力使用しない電池や、リン酸鉄(あるいはマンガン)系の電池の開

発・製造普及も進んでいる。特にニッケルの資源不足から、EVの主流はリン酸鉄電池になる可能性もあるが、引き続いてリチウムやリンの資源不足となる可能性もある。

EV メーカーの動き

2020年度にはEVを製造する各社の戦略も話題を呼んだ。TESLAは2020年9月に「Battery Day」を開催し、電池製造の技術改善で25,000ドルのEVを製造し、2030年には3TWhの電池が必要になると発表した。Volkswagenは2021年3月に「Power Day」を開催し、2027年までに240GWhの電池を製造すると発表した。更に、トヨタは2021年12月にEVに関する発表を行い、2030年には350万台のEVを製造し、質疑において280GWhの電池が必要になると述べた。ただ、先のニッケル・コバルト等の資源問題もあるため、例えばVolkswagenは、エントリー向けはリン酸鉄系の正極材、ミドル向けはマンガン主体の正極材とし、資源問題に対応しようとしている。

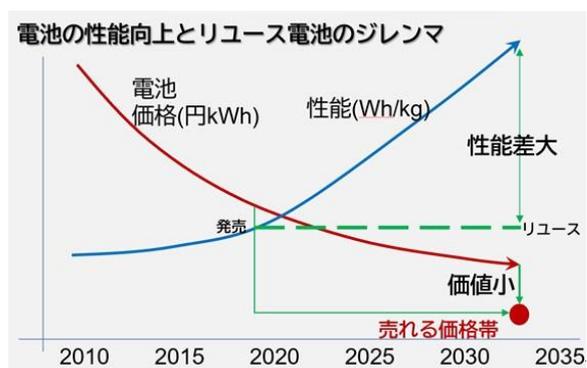
電力調整のための蓄電池

国内の電力需給のバランスは主に火力発電所の発電調整で行われている、再生可能エネルギー、特に太陽光や風力による発電の場合は特定の時間帯に大きな発電量となることがあり、これに既存の発電設備の追従が間に合わないことが起き始めている。こうした需給バランスの調整に「電力貯蔵システム」は有効であり、システムとしては、以前は揚水型の水力発電、現在はNAS電池、レドックスフロー電池、リチウムイオン電池などが実用化されている。特に太陽光発電の効率が海外では大容量リチウムイオン電池による蓄電システムの導入が進み、実績が上がり始めている。

太陽光発電は世界的な開発競争もあって導入コストは大きく下がり、一般家庭への太陽光発電の普及も進んでいる。一方でFITの買取価格も下げられてきて、売電するよりも自家消費する方が「お得」となってきた。こうした変化に伴い自家消費のための蓄電池が各社から発売されるようになってきているが、価格はまだ高く、普及にはしばらく先になるだろう。EVの普及に伴いその中古電池が安価に市中に出てくることも期待されているが、実際にはそれまでに家庭用電池は普及してしまうだろう。むしろ、EVを直接蓄電池として使用したり、VPPを活用する事例が増えてくると思われる。

EV 中古電池のリユース・リサイクル

EV用の中古の電池はまだ能力が残っている部分も多く、リユース活用することが求められている。残った性能別にEV用途、グリッド用蓄電池、家庭用蓄電池などに再利用することが検討されているが、新しく発売されているリチウムイオン電池の性能向上と価格低下のスピードも速く、これらに対抗

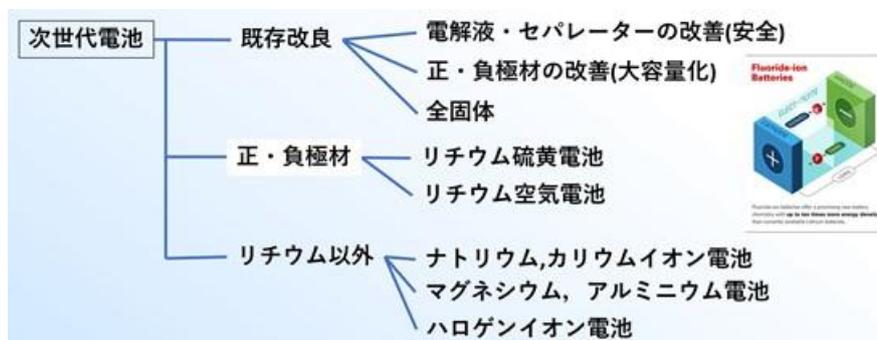


して十分な経済性が得られなければリユース電池の普及も難しい。制度や補助、規模も含めて、中古電池が有効に利用されるような施策が求められる。

リユースの後、リサイクルとして鉛蓄電池や小型二次電池については、国内のフローが確立されており、進められている。EV用リチウムイオン電池のリサイクルも進められているが、海外での取り組みも活発化している。ただ、多くの企業は回収から分別までだったり、物量がまだ少なく試験的な設備だったりする場合が多い。中国ではEVからの電池の回収も始まっており、多くの事業者がリサイクルを進めていると思われる。国内ではエンビプロによる回収分別、住友金属鉱山やJX金属によるリサイクル試験設備の建設などが進められている。ただ、リユース同様、リサイクルした資源の価値によって経済性が大きく左右されるだけに、廃電池が多く出てくる頃に経済性が成り立つか、不明な点も多い。

二次電池の将来

二次電池は常に高性能でより安い電池が開発され続けており、リチウムイオン電池も改良が続けられている。リチウム硫黄電池やナトリウムイオン電池、ハロゲン系電池等、更に高性能で安価な二次電池の開発も続けられているが、高性能で、安価、かつクリティカルな資源を使用しない電池が普及するのは早くても2035年以降であろう。リチウムイオン電池は今後もEVや電力調整用、家庭用電池として電源のカーボンニュートラル化とともに急速に普及していく。ただ、EUでは電池規制やLCA規制など、新たな規制も始まりつつある。こうした規制に対応し、かつ原料等のサプライチェーンのリスクについても対応していくため、いくつかの組織もできはじめている。必要な資源の確保、流通、リサイクル等に大きくかわる非鉄金属製錬の重要性は変わらない。今後も、主流となる制度や電池の動向、そして必要なメタルやリサイクルがどうなるか、引き続き注目していきたい。



3. 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)

資源開発に伴うリスク、要求事項は、当然地域だけでなく時間の経過、世界の流れによっても変化する。近年では、資源開発のリスクは、カーボンニュートラルやSDGs 推進などの影響を受けて要求事項が変化し多様化してきている。その意味で、絶えず現在のリスクを正しく判断し対応することが重要であると考えられる。ここでは、非鉄金属の資源開発における地域特有の課題に焦点を当てて、対応策の一助とした。

毎年1月に開催されるダボス会議で報告されるグローバルリスクの変遷を見ることによりグローバルリスクの変化を確認し、鉱業界共通、各地域特有のリスクを確認した。それぞれのリスクは、環境問題、先住民問題、政治課題とナショナリズム、パンデミックリスクと分類して、具体的な事例を挙げながら考察した。

環境問題においては、鉱山開発における環境許認可を中心に考察を進め、環境許認可の元になる環境影響評価（EIA）に関して、その経緯と一般的なステップおよび項目について整理した。水資源問題と脱炭素化に関しては現在までの業界の動きを示した。鉱滓ダム（廃滓ダム）に関しては、鉱滓ダムの方式を説明すると共に、ブラジルの2件の鉱滓ダム決壊の事例を紹介した。



図1. Brumadinho 市と鉱滓流出被害状況

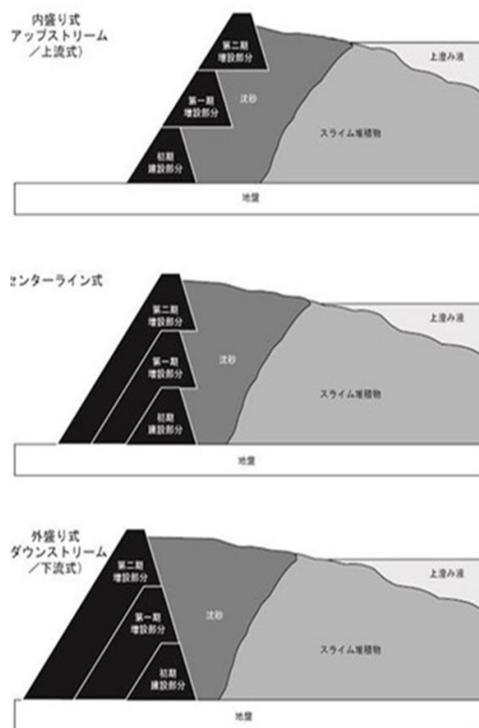


図2. 鉱滓ダムの嵩上げ工法



図 3. Juukan Gorge 遺跡

先住民問題では、国際連合、国連総会での議論、宣言を確認することによって、先住民の問題を確認した。先住民の問題は国や地域によって取り扱いも異なるために、地域別に検証した。オーストラリアの先住民、アボリジニの取り扱いの歴史を見た上で、Rio Tinto の鉄鉱石採掘の過程での遺跡破壊の事例を確認してその影響の大きさを見た。

政治課題とナショナリズムとして、資源国政府あるいは現地資本が経営に参加する例としてインドネシア (Batu Hijau, Grasberg) を題材とした。インドネシアでは、未加工鉱石の禁輸措置がとられ、現地の海外資本の鉱山は、現地資本化や製錬所建設などの条件を受け入れて、鉱石輸出の許可を得て操業を継続している。Grasberg 鉱山を保有する Freeport 社は、インドネシア政府との間で権益の移管、精鉱の輸出許可取得、製錬所建設などを巡り厳しい交渉を繰り返しており、政府の鉱石禁輸措置により大きく翻弄されている。政策の影響だけでは無いが、生産量の変動が著しいのが特徴で、ストライキや抗議行動も過激化し、生産は不安定である。

Covid-19 の鉱業に対する影響について、国別生産量への影響を挙げ影響度の違いを示した。コロナ禍にも関わらず、2020 年の鉱山からの世界銅生産量は 2019 年と同水準を維持できたが、国により差は生じた。生産量 1 位のチリは 1.0%減で生産はほぼ維持され、2 位のペルーは緊急事態宣言による人・物の移動制限があり、12.5%減と大きな影響を受けた。

また探鉱への影響をデータから解析した。2020 年の非鉄金属、全体の探鉱予算は前年比 11%減の 87 億ドルに減少した。これは企業の財政的な理由もあるが、コロナ禍による移動制限が大きく影響したと推測される。鉱種別では金銀は価格が堅調であったことから微増だが、銅や亜鉛対象の探鉱予算がそれぞれ 24%、21%削減された。

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。ご興味のある方はお問い合わせください。



今回紹介するのは下記の目次の通り、第2章 資源編のうち非鉄金属資源概要の抜粋である。鉱床の分類では火成鉱床を正マグマ鉱床、ペグマタイト鉱床、熱水性鉱床（鉱脈型鉱床、海底熱水鉱床）に、堆積鉱床では機械的堆積鉱床、風化残留鉱床、蒸発岩鉱床に、変成鉱床では接触変成鉱床と広域変成鉱床に分け説明、タイプごとに一部代表的な鉱床の紹介をしている。また、2.1.2. 鉱物の種類では、銅、亜鉛、鉛およびニッケルの鉱石を構成鉱物種について、金属種別、化合物種別に分類し銅（Cu）、亜鉛（Zn）、鉛（Pb）、ニッケル（Ni）の順に掲載、一部鉱物は写真を添付している。

2.1. 非鉄金属資源概要

2.1.1. 鉱床の分類

- (1) 火成鉱床
- (2) 堆積鉱床
- (3) 変成鉱床

2.1.2. 鉱物の種類

- (1) 銅（Cu）
- (2) 亜鉛（Zn）
- (3) 鉛（Pb）
- (4) ニッケル（Ni）

第2章 資源編

2.1. 非鉄金属資源概要

我々が手にすることができる非鉄金属資源は地球誕生以来行ってきたある種製錬のような地球自身の活動の賜物であり、大事に扱わねばならない資源であることを忘れてはならない。

では、現在の地表付近の金属資源がどのように形成されたのか考察するために、ごく簡単に地球の歴史を振り返ってみることとする。

約46億年前の原始地球は太陽系の元となるちり（直径10km程度の隕石）が衝突を繰り返し巨

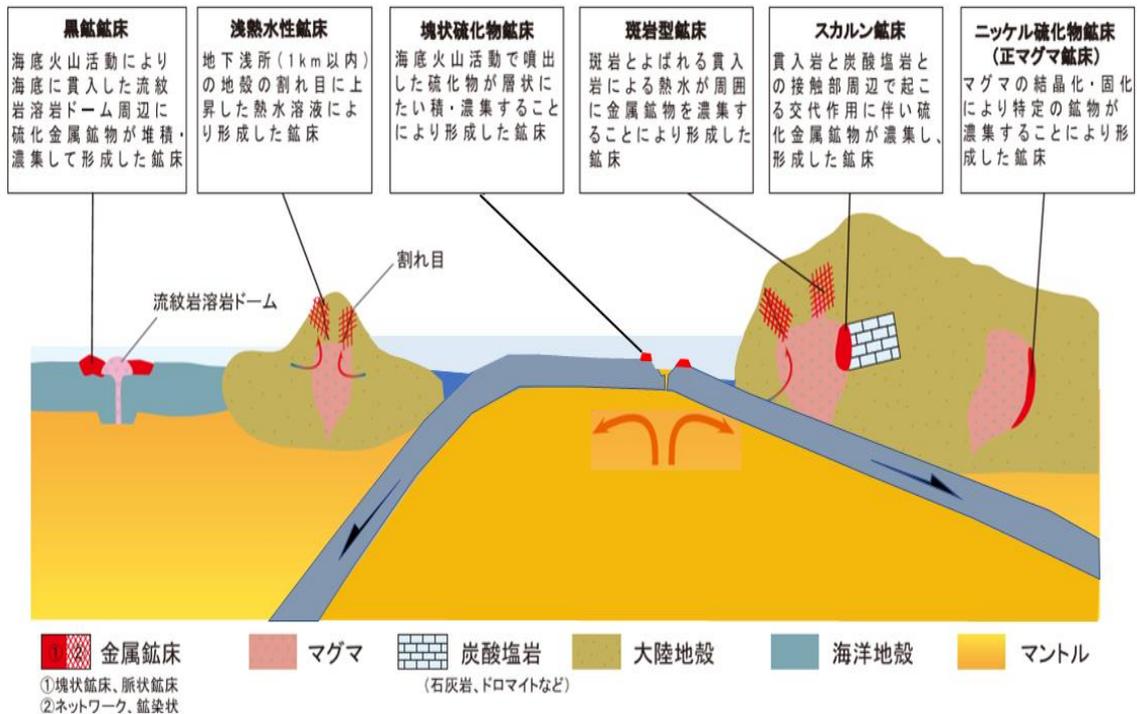
大化したと考えられ、その衝突エネルギー、重力エネルギーおよび核エネルギー（不安定核種の壊変等）により原始地球は非常に高温の溶融状態であった。この時の元素組成は隕石等の研究から、鉄が最も多く、次いで酸素、ケイ素、マグネシウム、硫黄、ニッケル、カルシウム、アルミニウム、ナトリウム、クロム、マンガン、リン、コバルト、チタン、カリウムの 15 元素種で実に 99.9% 以上の構成比率を占めることが判っている。この溶融状態からゆっくりと冷える過程で、融点が高い元素種は早く固まり、その時の残存溶融物より比重の大きな元素種は地球の中心へ、比重の小さな元素種は地表方向へそれぞれ分化した。これが地球史上最初の製錬活動だが、鉄、コバルト、ニッケルのみならず、酸素や硫黄との化合があまり得意でない、周期律表第 5、第 6 周期の重金属類（PGM 類、金、タングステン、レニウム等）の大部分は地球中心の核付近に捉えられてしまった。ただ、この分化活動の中でも、溶融物中に残存していた融点の低い鉛や水銀等の親和性によって限られた量のこれら重金属類がマントルや地殻部に残ることができた（注：鉛や水銀の比重は高いが他の軽元素と化合物や混合物となって低比重状態であった）。また、融点が比較的高い銅や銀およびレアアース類は地球の平均密度（5.514）より比重は高いものの、硫黄や酸素の力を借りて低比重化しマントルや地殻に留まることができた。前出の 15 元素種についてクラーク数（地殻表層部に存在する元素の割合を質量%で示した数値）によって改めて算出すると 98.6%となる。逆に考えれば、地球全体では 0.1%未満の 15 元素種以外が、地表付近では 1.4%までその存在比率を上げているのである。初期地球の活動によって地球規模では少量である銅、亜鉛、鉛等が地表付近に濃縮されたことはとても有意義だが、地球規模では多量に存在するニッケルやコバルトがマントル下部や地球中心付近に濃集してしまったことは現在の資源ニーズからすると少々残念である。

プレートテクトニクスによってマントル構成物質が海底火山活動で海洋底地殻となり、プレート境界での衝突や沈み込みで生ずる造山運動や火成活動で地表付近に金属資源をもたらすことは今や常識化している。また、プレート運動以外でも、植物による酸素の供給による環境変化等が金属資源濃縮に重要な役割を果たしていることも理解されてきている。地球上の全ての構成元素はこのような長い時間と大きな空間での地球の営みによって現在の配置に至ったのである。資源調達の観点では全ての元素について、過去の詳細な変遷を全て説明する必要はないであろう。

本資源編では、我々の生活に欠かせないベースメタル 3 鉱種（銅、亜鉛、鉛）とレアメタルに区分されているニッケルの計 4 鉱種について、最終形態である鉱床の成因（最終局面付近の変遷履歴）や鉱物種（最終的な元素保持形態）などについてできる限り最新の考え方に基づいて解説する。

2.1.1. 鉱床の分類

鉱床の分類は成因別で区分するのが一般的で、その鉱床がどのようにして形成されたかに関連した地質現象や鉱石鉱物の濃集過程および生成機構を考慮して行なっている。ではまず地殻の動きと主な金属鉱床の生成エリア対比の模式断面図を図 2-1-1-1 に示す。



(出典) JOGMEC より MERIJ 作成

図 2-1-1-1 地殻の動きと主な金属鉱床生成エリアの模式断面図

近年わかってきた注目ポイントは、海洋底プレートの沈み込み角度の違いが鉱床タイプの違いに影響を与えることで、従来の模式断面図のプレート沈み込み角度に修正を加えている。イメージしているのはマントル対流の上昇域を太平洋中央海嶺とし、右の沈み込み帯は南米大陸のチリ型、左に沈み込み帯は日本列島近傍にあるようなマリアナ型とした断面である。なお、この沈み込み角度の違いは、海洋底プレートの生成からの経過時間に伴うプレート自体の冷却による密度上昇の影響が大きく関与し、より冷えた海洋底プレートでは海洋底滞在時間が長く、海洋底堆積物の存在量が増すとともに堆積物の巻き込み方も違いがあり、根源マグマの質の違いに影響を与えることがわかってきている。この詳細については個別の鉱床説明の中で記載する。

鉱床を成因別に分類すると、(1)火成鉱床、(2)堆積鉱床および(3)変成鉱床の3つに大別できる。また、火成鉱床は正マグマ鉱床、ペグマタイト鉱床、熱水性鉱床に、堆積鉱床は機械的堆積鉱床、風化残留鉱床、蒸発岩鉱床に、変成鉱床は接触変成鉱床、広域変成鉱床にそれぞれ中分類される。さらに、中分類の下に細分類があるが、まずは大分類と中分類までで全体感を確認しておくこととする。

Ⅷ. 第 45 森ビルのこと -理事長就任のご挨拶-

新たにメタ研理事長に就任した名井（みょうい）と申します よろしくお願いたします。

1989 年、平成元年にメタ研が設立されたとき、34 歳だった私はオープニングスタッフの一人としてメタ研の立ち上げにたずさわりました。バイトリーダーのような立場でした。また 1991 年から 93 年には、当時メタ研がロンドンに開設していたロンドンメタルセンターの所長の職にありました。今回は人生で 3 回目のメタ研勤務となります。

1989 年の設立当初、メタ研のオフィスは神谷町の第 45 森ビル 4 階にありました。地下鉄日比谷線神谷町駅に直結した利便性の高い場所でした。1989 年はバブル景気の最終盤にあたります。しかし、その当時、私も含め殆どの方は自らがバブルの中にも、それがいずれ弾けて大変なことになることも知らず、熱狂の中にいました。不動産取引は今では想像すらできない価格と速度で行われ、神谷町周辺も再開発の嵐の中にありました。老夫婦がやっていた担々麺の美味しい中華屋や、甘いタレがくせになる天井屋などが次々と地上げされ、コインパーキングに姿を変えていきました。

当時、虎ノ門、神谷町エリアには、「第〇〇森ビル」と名前に番号がふられた森ビルがたくさんありました。通産省関係の公益法人の多くが「第〇〇森ビル」に入居していました。その後、それらの多くは取り壊され、巨大な「ヒルズ」や環状 2 号線の一部になっていきました。第 45 森ビルは今でも健在ですが、名称は「虎ノ門 45MT ビル」と変わっており、森ビル殿の物件リストにも載っていません。所有形態は変わっているのかもしれませんが。

<https://www.mori.co.jp/projects/buildings.html>

先日、神谷町駅で地下鉄を降り、“第 45 森ビル”の地下街を歩いて用務先に向かう機会がありました。その景色は当時とあまり変わってはいませんでした。日本も世界もこの 33 年間で大きな変化を経験しました。ニューノーマルといった言葉も使われています。世界は別なものに姿を変えてきたし、これからも変えていくのでしょう。でも今、“第 45 森ビル”の地下街を歩くと、若き自分の記憶がよみがえり、「一周回って元の場所」という言葉がノスタルジックな気分とともに浮かぶのであります。

以上

IX. 研究所内の動き・今後の予定

ホームページ更新のお知らせ

ホームページ上に「ショートアプローチ」など2つコンテンツを追加いたしました。(会員のみアクセス可能)

*おことわり: 本冊子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はおりますが、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、本資料の図表類等を引用等する場合には、日本メタル経済研究所からの引用である旨を明示してください

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