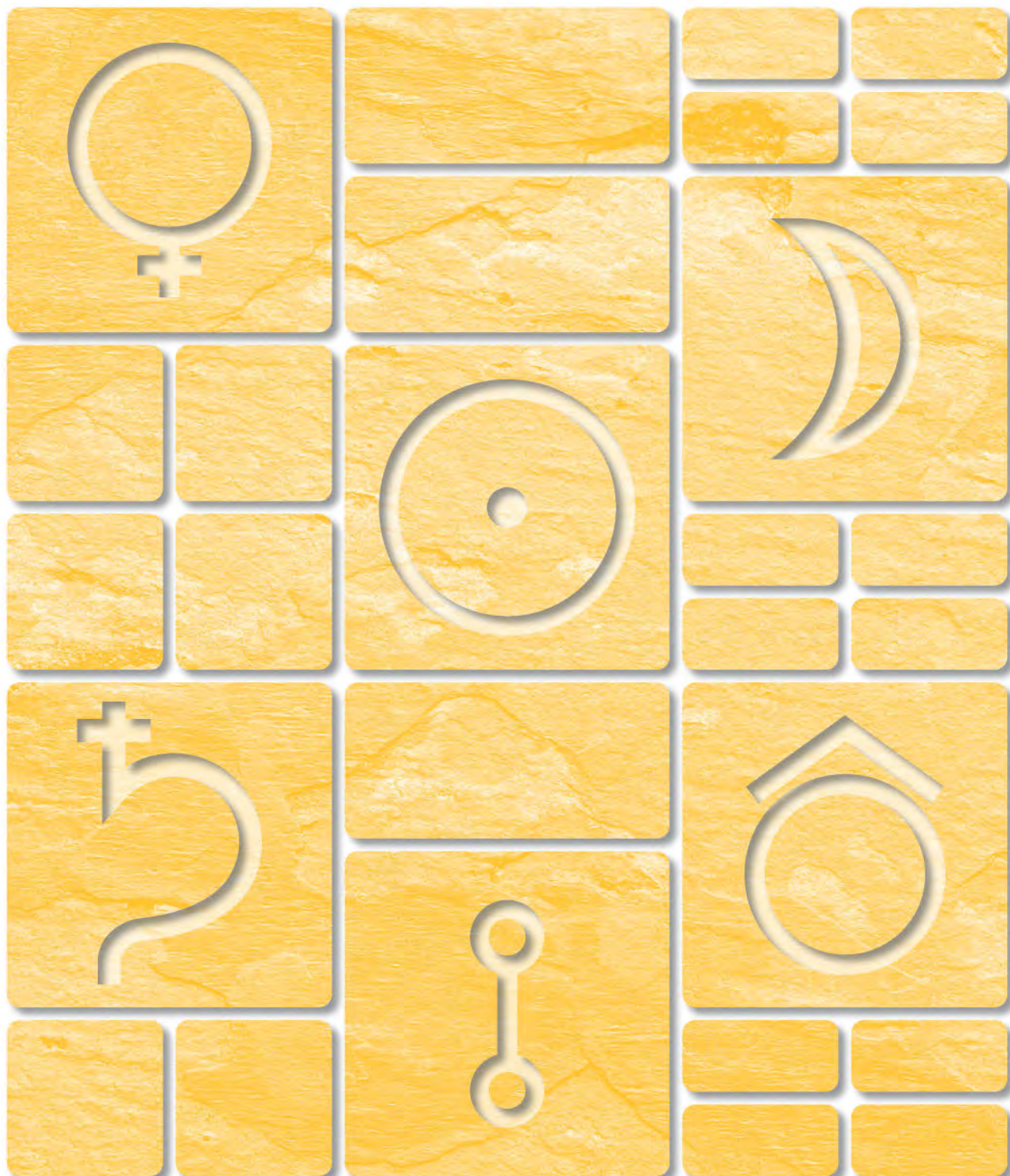


金広山

1
2024



年 頭 所 感

日本鉱業協会	会長	野崎 明	 (1)
経済産業省 資源エネルギー庁	長官	村瀬 佳史	 (4)
経済産業省	大臣官房技術総括・保安審議官	辻本 圭助	 (6)

2024 年日本鉱業協会賀詞交歓会報告	日本鉱業協会 総務部	 (8)
---------------------	-----------------	-----------

2024 (令和 6) 年度鉱業関連予算

鉱物資源政策関連予算案のポイント

.....経済産業省 資源エネルギー庁 鉱物資源課	 (9)
---------------------------	-----------

金属課関連予算案の概要	経済産業省 製造産業局 金属課	 (11)
-------------	----------------------	------------

鉱山・火薬類保安関連予算案の概要

.....経済産業省 産業保安グループ 鉱山・火薬類監理官付	 (12)
--------------------------------	------------

環境省予算案 (当業界関連事項)	環境省ホームページ	 (14)
------------------	----------------	------------

新材料部会講演

スピンで常識を覆す: コイル不要のインダクタから半永久電源まで

.....国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター 家田淳一	 (15)
--	------------

産業動向

2023 (令和 5) 年度 総合硫黄源 (硫黄, 硫酸) 需給見通し (見直し)

について	硫酸協会	 (24)
------	-----------	------------

トピックス

2023 (令和 5) 年度 一般財団法人日本鉱業振興会成果報告会を

終えて	一般財団法人 日本鉱業振興会	 (28)
-----	---------------------	------------

★日本鉱業協会の動き	 (30)
------------	------------

★主 な 出 来 事	 (31)
------------	------------

★関 係 法 令 情 報	 (32)
--------------	------------

★編集部より

2024 年年初より元日に能登半島地震、翌 2 日には羽田空港で JAL 機と海保機の衝突事故という不幸なできごとが立て続けに起こりました。改めて亡くなられた方々のご冥福と被災地の一刻も早い復旧・復興をお祈り致します。さて、今年最初の本号には経済産業省の資源エネルギー長官および大臣官房技術総括・保安審議官、ならびに日本鉱業協会長より年頭所感を頂き掲載しております。加えて令和 6 年度鉱業関連予算についてもその概要をまとめております。ご参考に頂ければ幸いです。

本年も機関誌「鉱業」発行に際し、引き続き皆様からのご指導・ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

(図書室のご案内)

主に資源関係の図書 (論文, 学術書, 法規, 統計, 定期刊行物等) を過去から継続して幅広く収集, 蔵書としており, 資源関係者は勿論, 多くの方々に閲覧・貸出ししています。

尚, 閲覧・貸出しは予約制としておりますので, 希望される方は事前にご連絡お願い致します。

場 所: 東京都千代田区神田錦町 3 丁目 17 番 11 号 (榮葉ビル 6 階)

問合せ: (一財) 日本鉱業振興会 E-mail: kozan@kogyo-kyokai.gr.jp (担当: 五十嵐, 富田)

Tel: 03-5280-2355 Fax: 03-5280-7128



年 頭 所 感

日 本 鉄 業 協 会

会 長 野 崎 明

あけましておめでとうございます。

2024 年の新春を迎え、謹んで皆様のご健勝をお慶び申し上げます。

昨年、2023 年を振り返りますと、5 月に新型コロナウイルスが 5 類感染症へと移行し、我が国の経済活動が正常化に向けて進み始めたことは明るいニュースでした。

同じく 5 月に G7 広島サミットが開催され、当業界で取り扱う非鉄金属も、重要鉱物として議題の一つとなり、「重要鉱物セキュリティのための 5 ポイントプラン」が採択されました。その後の重要鉱物を冠する閣僚級会合にも繋がり、責任ある資源・サプライチェーンの構築に向けて取り組むべき事項について、国家間での認識の共有化が進んだ年でもありました。

しかしながら、長期化するロシアによるウクライナ侵攻や、イスラエルとハマスの衝突による中東情勢の緊迫化など、世界情勢は不安定な状況が継続しております。このような紛争の一刻も早い停戦と平和的な解決を切に願います。

世界経済に目を向けますと、ゼロコロナ政策解除により回復が期待された中国経済は、不動産不況などを背景に力強さを欠く状況が続きました。米国経済は年間を通じて概ね堅調さを維持しましたが、インフレ抑制のための高金利政策が維持されました。一方、我が国経済は緩やかに回復が進みましたが、対照的な金利政策による金利差から、為替相場は一時 150 円/ドルを超える円安ドル高となりました。低調な中国経済やドル高は非鉄金属相場の重石となり、円安は電力料金や燃料費等の高止まりの一因ともなって、当業界の収益を圧迫しました。

さて、新たに迎えるこの 2024 年には、米国、台湾、ロシアなど、世界情勢に大いに影響する国々や、インドネシアなどの資源国において、総統選や大統領選、議会選挙が予定されております。紛争や世界の分断、資源ナショナリズムの行方に注視が必要です。また、日米の金融政策についても転換点を迎えており、中国経済の先行きは不透明感が拭いきれていない状況にあります。各国が選挙や政策の次なる打ち手を選択した結果、干支で「甲辰（きのえたつ）」にあたる本年が、様々な問題が良い方向に進み始める年となることを期待しております。

今申し上げたことは我々自らがコントロールできない事柄ばかりではありますが、長期的な非鉄金属需要は GX の実現に向けて増加していくことに変わりはありません。当業界の社会的使命である資源の確保、素材の安定供給を継続的に果たしていくために、将来に向けた課題に着実に取り組ん

でいくことが肝要であると考えております。

その課題の中でも、当業界にとって重要なものは、就任記者会見でも掲げました「資源の安定確保」、「電力問題」、「リサイクルによる持続的な循環型社会の構築」、「人材確保と育成の強化」の4点です。

1点目の「資源の安定確保」について、ご承知のとおり非鉄金属は広く産業全般に使われ、GX実現にも必要不可欠な素材であり、資源の安定的な確保の重要性は経済安全保障の観点からも、ますます高まっております。他方、資源開発で企業が負担するリスクは極めて大きいものとなっており、国による様々な支援制度が充実してきていることは、誠に時宜を得たものと考えております。

鉱業税制では、経済産業省をはじめ関係者の皆様に多大なご尽力をいただき、海外投資等損失準備金制度の2年間の延長が認められる見通しとなりました。来年3月末には、減耗控除制度が租税特別措置法上の適用期限を迎えます。長期的、且つ継続的な資源開発に必要不可欠な制度であり、延長・拡充を強く要望してまいります。

加えて、資源獲得競争の激化や資源ナショナリズムの高まりの中で、我が国の総力を挙げた戦略的な資源外交がますます重要になるものと考えております。

2点目の「電力問題」について、我が国の電力料金は諸外国に比べて割高であり、多量の電力を消費する製錬所の国際競争力を押し下げている状況にあります。再生可能エネルギーの拡大を含むGX実現に必要な素材を供給する製錬業へのFIT賦課金の減免措置の維持・拡大は非常に重要であり、引き続き要望してまいります。

また、ベースロード電源の確保のため、安全性が確認された原子力発電所の再稼働の更なる推進が必要と考えております。昨年成立・公布されたGX脱炭素電源法のもと、再生可能エネルギーの拡大と原子力発電の活用が進んでいくことで、我が国の電源構成が低廉で安定的、且つグリーンなものとなっていくことを期待しております。

3点目の「リサイクルによる持続的な循環型社会の構築」について、廃棄物から様々な有価物を回収するには多様なメタルを回収できる複数の製錬所が必要です。当業界は、製錬所ネットワークとしてこれを既に有しており、長年培ってきた回収や無害化処理の技術・ノウハウなども兼ね備えております。このことはアジア圏における競争優位となるポテンシャルを秘めていると考えており、国際的な資源循環ネットワークの中核となる機会と捉えております。そのために、国内製錬所の維持・強化やLiBリサイクルの技術開発に積極的に取り組んでおります。貴重な国内資源であるリサイクル原料の確保に向けた環境整備はもちろんのこと、海外リサイクル原料の確保に向けても、各行政機関・団体と連携を強めていきたいと思っております。

また、都市鉱山、リサイクルといった言葉は心地よく響く一方で、収集や集荷、前処理等に相応のコストがかかるという事実は、世間一般ではあまり認知されていないのではないかと感じております。リサイクルによる循環型社会が持続可能なものとなるよう、リサイクルの実態を社会に浸透させていく活動にも取り組んでいく必要があると考えております。

4 点目の「人材確保と育成の強化」について、大学や大学院における冶金・資源関係のカリキュラムの廃止が進み、少子化も相まって、専門的な人材の確保・育成が非常に困難になっている現状がございます。会員各社は、大学への寄付講座の提供や、共同研究などを通じた産学連携を積極的に進めることで、人材を育成する活動を行っています。行政機関とも連携を強めて、こうした動きを加速していきたいと思います。

当協会としても、資源・素材学会による研究助成・奨学金交付、現場担当者会議、鉱業振興会による研究成果報告など定期的な発表の場を設けております。このような取組は技術力の維持や底上、および高度人材の輩出に非常に有効だと考えており、引き続き今年も力を注いでまいります。

また、一般分野へのアウトリーチ活動として、科学技術館における展示（メタルファクトリー）や科学イベント等への参加などを通じて、非鉄金属へのすそ野が広がるよう取り組んでおります。社会に必要不可欠な非鉄金属の魅力を、これまで以上に訴求できるよう、関係団体との協働等も含めて積極的に企画してまいりたいと思います。

以上、当業界が直面する諸課題の解決に向け、当協会および協会員は、本年も全力を挙げて取り組む所存でございますので、引き続き関係者の皆様のご理解とご支援を賜りたく、何卒よろしくお願い申し上げます。

最後に、新しい年の初めにあたりまして、皆様の益々のご発展とご健勝を祈念いたしまして、年頭のご挨拶とさせていただきます。

以上



年 頭 所 感

経済産業省 資源エネルギー庁
長 官 村瀬 佳史

令和6年の新春を迎え、謹んでお慶びを申し上げます。

昨年は、第一次オイルショックから五十年という節目の年でした。資源エネルギー庁も半世紀前の同年設立され、国民、民間企業、政府が一体となって、当時の危機に立ち向かいました。現在、ロシアのウクライナ侵略、イスラエル・パレスチナ情勢含め新たな地政学的なリスクが表面化する中、当時と同様にエネルギー安全保障上の課題への対応が急務となっております。オイルショック当時と違うのは、カーボンニュートラル実現に向けた取り組みとの両立がエネルギー政策上の大きな課題となっていることです。

足下では、昨年11月に閣議決定した総合経済対策に基づき、国民生活と経済を守り抜くべく、経済情勢等も踏まえて出口を見据えながら、春までエネルギー価格高騰に対応する激変緩和措置を継続するとともに、徹底した省エネなどコスト上昇に強い強靱な経済構造への転換を促進していきます。

カーボンニュートラル実現に向けては、昨年4月に開催されたG7気候・エネルギー環境大臣会合で、日本のリーダーシップの下、エネルギーtransitionや産業の脱炭素化において、多様な道筋の下で、共通のゴールを目指すという基本的な方針について合意することができました。

我が国は2050年カーボンニュートラル、2030年度46%削減目標を掲げ、2021年度には2013年度に比べ約20%削減するなど、着実に実績を積み重ねているところですが、引き続き対策・施策をしっかりと進めていきます。本年は、脱炭素に向けた取り組みと安定供給確保の両立に向けて、国際連携の下、徹底した省エネの推進に加え、再エネの最大限の導入、安全最優先での原子力の活用、水素等新たな技術の世界に先駆けた活用など、あらゆる可能性を追求し、取り組みを強化してまいります。

具体的には、省エネについては、企業の省エネ設備の更新、家庭の高効率給湯器導入や断熱窓改修など住宅省エネ化に向けて取り組んでいきます。

再エネについては、洋上風力の導入拡大に向けた設備投資支援等に加え、日本発の次世代太陽電池の「ペロブスカイト太陽電池」などの革新技术の開発や普及をさらに強力に進めるなど、GXサプライチェーンの構築に向けた量産体制構築の支援を行い、社会実装を加速化していきます。さらに、北海道本州間の海底直流送電を含む全国規模での系統整備などを加速し、国民負担の抑制と地域との共生を図りながら最大限導入を進めていきます。

原子力については、今後の電力安定供給とカーボンニュートラルの実現に向けて再稼働が重要と

なります。これまで西日本で進んだ12基の再稼働に加え、今後も引き続き安全最優先で、原子力規制委員会が新規基準に適合すると認めた場合のみ、その判断を尊重し、地元の理解を得ながら、東日本含め、我が国の電力安定供給確保に向け、原子力発電所の再稼働を進めてまいります。

さらに、水素等と既存原燃料との価格差に着目した支援制度、CCS 事業開始に向けた環境整備に加え、次世代革新炉の実用化に向けた高速炉や高温ガス炉の実証炉の開発などにも取り組んでいき、次世代の技術の活用への挑戦の後押しもしていきます。

その際、「成長志向型カーボンプライシング構想」のもと、今後10年間で20兆円規模の大胆な先行投資支援策などにより、官民合わせて150兆円超のGX関連投資を実現していきます。

多様な道筋によるカーボンニュートラル・ネットゼロという共通目標の達成に向けては、我が国だけでなく、途上国も含め世界全体で取り組みを加速していくことが重要です。昨年12月に初めて首脳会合を開催したAZEC（アジア・ゼロエミッション共同体）等の枠組みを活用して、我が国の技術の知見を共有していき、脱炭素・経済成長・エネルギー安全保障の同時実現に向けて、アジアはじめ世界をリードしてまいります。

最後になりますが、昨年は、我が国のエネルギー政策の原点である福島復興についても、ALPS処理水の海洋放出という大きな前進がありました。資源エネルギー庁としても、最優先の課題として、引き続き福島復興・廃炉に向け全力で取り組んでまいります。

今年も山積するエネルギーの課題への対応を一步ずつ着実に遂行してまいります。皆様のより一層のご理解とご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。



年 頭 所 感

経済産業省

大臣官房技術総括・保安審議官 辻本 圭助

令和6年の年頭に当たり、謹んでお慶びを申し上げます。

貴協会及び会員の皆様には、平素から、産業保安・製品安全行政に対する格別の御高配を頂き、厚く御礼申し上げます。また、日夜、現場の最前線で、保安・安全確保に取り組んでおられる皆様に対しまして、改めて心より敬意を表させていただきます。

ロシアによるウクライナ侵略により国際的なエネルギー情勢は一変し、電気・ガソリン等のエネルギー価格の高騰や化石エネルギーへの過度な依存によるリスクが顕在化しました。将来の経済成長や雇用・所得の拡大につなげるため、グリーントランスフォーメーション（GX）の実現に向けて早急な取り組みが必要であり、昨年は、GX 実現に向けた基本方針の閣議決定や、GX 推進法と GX 脱炭素電源法の成立など、GX の実現に向けた環境整備を行いました。

産業保安分野においても、こうしたカーボンニュートラル（CN）への対応に加え、保安人材の不足・高齢化など、将来にわたって産業保安を継続的に確保する上での課題が顕在化しています。さらには、IoT やビッグデータ、AI、ドローン等の新たなテクノロジーが革新的に進展する中、他の分野と同様、このような技術を導入して、データを駆使することにより、保安レベルと操業の効率性・生産性を持続的に向上させるための取り組みである「スマート保安」の時代を迎えております。産業保安やその規制体系の前提となる経済社会情勢が大きく変化する中、我々は、今、将来の産業保安の在り方を考える上で、大きな転換の時期を迎えているといえると思います。

例えば、脱炭素燃料である水素・アンモニアなどは CN 達成に必要不可欠なエネルギー源ですが、サプライチェーンの各段階において、安全を前提としつつ、利用環境の整備を着実に実施していくことが重要です。昨年 3 月には、水素サプライチェーン全体を見渡した水素保安の全体戦略を取りまとめた「水素保安戦略」を公表しました。これに加えて、昨年 8 月には「水素保安小委員会」を新たに設置し、将来の水素社会等の実現も見据え、保安の制度的措置を含め、水素等に係る保安の在り方について議論を進めております。

一昨年の 6 月に成立した「高圧ガス保安法等の一部を改正する法律」については、制度設計の詳細を議論の上で、関係法令の整備等を行い、先月 21 日に施行されました。太陽光・風力発電設備の保安規制の見直し、ガス事業者間の災害時連携計画の事前策定の義務付けを行ったほか、保安人材

不足への対応、画一的・詳細な個別規制や膨大な届出義務を課す状況に対応するため、「認定高度保安実施事業者制度」を創設しました。さらに、これまで高压ガス保安法と道路運送車両法の二法令が適用されていた燃料電池自動車等の規制を道路運送車両法に一元化しました。

また、産業保安グループでは、インターネット通販で購入した製品による事故の割合が増加していること等に鑑み、製品安全 4 法を巡る課題への対応について、消費生活用製品の安全確保に向けた検討会にて取りまとめられた報告書を踏まえ、昨年 10 月からは産業構造審議会製品安全小委員会において検討を深めております。インターネットで取引される製品や子ども用の製品に係る課題に対処し、安全な製品が流通する市場環境が整うよう議論を進めてまいります。

鉱山分野に目を向けますと、昨年から、「第 14 次鉱業労働災害防止計画」及び「特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針（第 6 次）」を開始いたしました。

危害防止に関する「第 14 次鉱業労働災害防止計画」では、「毎年の死亡災害ゼロ」を目指し、産業保安グループでは、鉱山保安マネジメントシステムの導入・運用の深化、情報提供ツールの充実、教育ツール策定に向けた検討等、危害防止のための鉱山保安施策について引き続き着実に取り組んでまいります。

また、鉱害防止に関する「特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針（第 6 次）」に関連しては、基本方針を踏まえた今後の取り組みの方向性について、昨年 5 月から 7 月にかけて貴協会の会員 15 社の方々と意見交換の場を設けていただきました。御協力いただきました関係者の皆様に心より感謝申し上げます。また、貴協会の取り組みとして、各休廃止鉱山における災害時の対応等に関する確認・評価を行い、レジリエンス強化を進めていただいております。こうした貴協会・会員企業の取り組みを踏まえつつ、経済産業省としても更なる災害対応力強化を図る観点での各種支援に努めたいと考えております。

鉱山保安に関しては、今年はこれまで培ってきた制度やノウハウを新たな分野の保安に活用することを検討しています。具体的には、CO₂を地下に貯蔵する技術である CCS に関する制度整備が進んでおりますが、CO₂の地下への貯蔵についての保安を確保するため、鉱山保安法なども踏まえつつ、新たに体系的に保安制度を構築すべく検討を進めているところです。

産業保安グループは「重大事故の発生や自然災害等による被害拡大を防止し、迅速に復旧・対応できる体制を構築することにより、重要な社会インフラの維持、新たな産業基盤の創出、安全な製品の流通を通じて、我が国の健全な産業の発展及び国民の安全安心な暮らしを実現する」ことを組織のミッションとしており、何よりも現場で御尽力・御活躍されている皆様の日頃の業務への御尽力が、この国の保安と安全の礎となっております。本年も引き続き、現場の方々とともに連携を取りながら、様々な取り組みを進めてまいります。貴協会や事業者の皆様と力を合わせて、「国民の安全安心な暮らし」を創り出すために全力を尽くしてまいりますので、今後ともよろしくお願いいたします。

結びに、皆様の益々の御発展と御安全を祈念いたしまして、新年の御挨拶とさせていただきます。

以上

2024 年 日本鉱業協会賀詞交歓会報告

日本鉱業協会 総務部

コロナ禍により中断を余儀なくされていた日本鉱業協会賀詞交歓会が 2020 年 1 月開催以来 4 年ぶりに 2024 年 1 月 10 日（水曜日）午後 3 時から会員各社及び関係団体より 170 名弱のご参加を得て「KKR ホテル東京」において開催されました。

冒頭、元旦に発生した「令和 6 年能登半島地震」で亡くなられた方々に対し黙祷を捧げた後、日本鉱業協会を代表して野崎会長の年頭挨拶、来賓を代表して経済産業省 資源エネルギー庁 定光裕樹資源・燃料部長にご挨拶を頂戴した後、日本鉱業協会 矢島副会長の「乾杯」に代え「ご安全に」のご発声により 4 年ぶりの賀詞交歓会が催されました。



日本鉱業協会 野崎 明会長



経済産業省 資源エネルギー庁
定光裕樹 資源・燃料部長



日本鉱業協会 矢島敬雅副会長



* 会場の様子 *

2024（令和 6）年度 鉱物資源政策関連予算案のポイント

経済産業省 資源エネルギー庁 鉱物資源課

令和 5 年度補正予算	110 億円
令和 6 年度予算案	168.3 億円（168.2 億円）
令和 6 年度財政投融资	1,087 億円（920 億円）

※1 括弧内は、令和 5 年度当初予算・計画額

※2 財政投融资計画額は、自己資金を含む

令和 5 年度補正予算

○レアメタル備蓄

①希少金属備蓄事業〔一般〕110 億円（新規）

代替が困難で、供給国の偏りが著しいレアメタル等について、短期的な供給障害等に備えるため、JOGMEC が行う備蓄物資購入保管のための倉庫調達等を支援します。

令和 6 年度予算案

（1）海外資源確保

①希少金属資源開発推進基盤整備事業〔一般〕

3.6 億円（3.8 億円）

②鉱物資源開発推進探査等事業〔エネ特〕

20 億円（19 億円）

鉱物資源の資源探査を実施します。有望な調査結果が得られた場合には、開発権利等を我が国企業に引き継ぎ、我が国企業による資源開発を促進することで供給源の多角化を図り、鉱物資源の安定供給確保を目指します。

（2）レアメタル備蓄

①希少金属備蓄対策事業〔一般〕

3.6 億円（3.3 億円）

代替が困難で、供給国の偏りが著しいレア

メタル等について、短期的な供給障害等に備えるため、JOGMEC が行う備蓄事業に対し、物資購入のための借入金に係る利子や運營業務に必要な経費を補助します。

（3）リサイクル技術等

①資源自律経済システム開発促進事業〔エネ特〕 15 億円（12 億円）

排出・回収された廃製品に含まれる金属等を最大限利用可能とするため、AI・IoT 等の新技術を駆使した自動解体・選別システム等や、レアアースを高効率に回収する技術等を開発します。

（4）海洋鉱物資源開発

①海洋鉱物資源開発に向けた資源量評価・生産技術等調査事業委託費〔エネ特〕

87 億円（91 億円）

我が国周辺海域等に存在する海底熱水鉱床やコバルトリッチクラスト等の海洋鉱物資源開発について、資源量の把握や生産技術の確立に向けた調査等を行います。海底熱水鉱床については、資源量評価の精緻化を進めるとともに、採鉱・揚鉱システム確立に向けた採鉱試験機や揚鉱システムの製作、要素試験を行います。コバルトリッチクラストについても、

EEZ 内及び国際海底機構（ISA）との探査契約により公海に保有する鉱区における資源量の把握を進めるとともに、専用採鉱機の設計・製作を行います。

(5) その他

①独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構運営費交付金（金属鉱業一般勘定・投融資等金属鉱産物備蓄勘定）〔一般〕

39 億円（39 億円）

レアメタル等金属鉱物の安定供給確保等のため、JOGMEC の運営費（金属資源開発、備蓄など）を交付します。

②国際非鉄金属研究会等分担金〔一般〕

0.1 億円（0.1 億円）

非鉄金属に関する世界の需給動向等を把握

するため、生産国及び消費国をメンバーとする研究会等の活動に参画します。

令和 6 年度財政投融資

○財政投融資特別会計（産業投資）出融資等事業

令和 6 年度：1,087 億円（自己資金 927 億円を含む）

（令和 5 年度：920 億円（自己資金 803 億円を含む））

金属鉱物資源開発については、民間企業だけで行うにはリスクが大きすぎることから、民間金融を補完し、我が国への金属鉱物資源の安定供給確保を図るため、採鉱に必要な資金の出資・融資及び開発に必要な資金の出資・債務保証等を行います。

2024（令和6）年度
金属課関連予算案の概要

経済産業省 製造産業局 金属課

令和5年度補正予算・令和6年度当初予算案
金属課関連予算の概要

令和5年12月
(単位：億円)

令和5年度当初予算案事業名	令和5年度 予算額	令和6年度 当初予算案額	対前年度 増減
①資源自立経済システム開発促進事業	12.0	15.0	+3.0
②航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業	12.5	12.0	▲0.5
③経済協力開発機構鉄鋼委員会分担金※	0.1	0.2	+0.1

※ R5年：0.14億円、R6年：0.15億円のため対前年度増減は+0.01億円

(参考) グリーンイノベーション基金（令和2年度3次補正+令和4年度補正+令和5年度当初）

○製鉄プロセスにおける水素活用	国庫負担額：上限1,935億円 → 上限4,499億円に増額
○次世代蓄電池・次世代モータの開発	国庫負担額：上限1,510億円

2024（令和 6）年度 鉱山・火薬類保安関連予算案の概要

経済産業省 産業保安グループ 鉱山・火薬類監理官付

I. 休廃止鉱山の鉱害防止対策

金属鉱業等の鉱山においては、人の健康に被害を生ずる恐れがあるカドミウム、ヒ素等の有害物質を含む坑廃水が閉山後も永続的に流出するという特殊性があることから、鉱害防止事業を計画的かつ着実に推進する。

※概算要求額〔単位：百万円，（ ）内は 5 年度予算額〕

1. 休廃止鉱山鉱害防止等工事等

(1) 休廃止鉱山鉱害防止等工事費補助金

【一般会計】 2,100 (2,100)

※令和 5 年度補正予算 1,100

- ・地方公共団体が実施する鉱害防止工事及び坑廃水処理、鉱害防止義務者（鉱業権者等）が実施する自己に責任のない汚染について行う坑廃水処理に係る経費の一部を補助（補助率 3/4）。
- ・災害による停電や道路不通などの不測の事態が発生しても、坑廃水処理を継続するため、非常用排水施設の準備や非常用発電設備・燃料保管庫の設置等に要する経費の一部を補助（補助率 1/3 又は 1/4）。

(2) 休廃止鉱山の鉱害防止に係るエネルギー使用合理化事業費補助金

【特別会計】 300 (315)

- ・地方公共団体等が実施する鉱害防止事業のエネルギー使用の合理化に係る経費の一部を補助（補助率 3/4）。

(3) 休廃止鉱山における坑廃水処理の高度化技術調査事業

【特別会計】 150 (150)

- ・坑廃水処理技術の高度化に資する自然回帰型坑廃水浄化システム（パッシブトリートメント技術）や無給電の遠隔監視システムを組み合わせた実証調査等を行う。

2. 独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構による鉱害防止支援

(1) 鉱害防止支援業務

独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構（JOGMEC）の運営に必要な経費のうち、鉱害防止事業に対するコンサルティング、融資業務など

- ・（独）エネルギー・金属鉱物資源機構金属鉱物業務運営費交付金

3,933 の内数（4,651 の内数）

※JOGMEC の鉱害防止部門に必要な経費は、資源エネルギー庁において要求。

(2) 鉱害防止融資 300 (300)

① 鉱害防止資金融資

（財政融資 事業規模 300 (300)）

うち緊急時災害復旧

（融資枠 100，貸付比率 90%以内）

② 鉱害防止事業基金拠出金資金融資 (－)

③ 鉱害負担金資金融資 (－)

※財政投融资のうち財政融資を原資にして、鉱害防止資金（使用済特定施設鉱害防止工事及び坑廃水処理事業分、うち緊急時災害復旧（鉱害防止工事）を含む）、鉱害防止事業基金拠出金資金及び鉱害負担金資金への融資事業を実施。

II. 鉱山における危害防止、石油鉱山の鉱害防止対策等

(1) 鉱山保安に係る調査等

- ・産業保安等技術基準策定調査研究等事業
【一般会計】 600 の内数 (600 の内数)
- ・石油・ガス等供給に係る保安対策調査等委託費
【特別会計】 395 の内数 (446 の内数)

井封鎖工事及び漏洩石油等の処理) の経費の一部を補助 (補助率 3/4)。

- (2) 廃止石油坑井封鎖事業費補助金
【特別会計】 193 (112)
- ・義務者が存在しない廃止石油坑井において、地方公共団体が実施する鉱害防止事業 (坑

Ⅲ. 火薬類の保安対策

- (1) 火薬類の保安向上に関する調査等
・産業保安等技術基準策定調査研究等事業
【一般会計】 600 の内数 (600 の内数)

(参 考)

令和6年度鉱山・火薬類保安関連予算案一覧

Ⅰ. 休廃止鉱山の鉱害防止対策

1. 休廃止鉱山鉱害防止等工事等 (一般会計・エネルギー対策特別会計)

(単位:千円)

項 目	令和5年度 予算額 (A)	令和6年度 予算案額 (B)	対前年度 (B) - (A)	対前年度比 (B) / (A)
(1) 休廃止鉱山鉱害防止等工事費補助金	2,100,000	2,100,000	0	100%
(2) 休廃止鉱山の鉱害防止に係るエネルギー使用合理化事業費補助金	315,000	300,000	▲ 15,000	95%
(3) 休廃止鉱山における坑廃水処理の高度化技術調査事業	150,000	150,000	—	—
※令和5年度補正予算: 休廃止鉱山鉱害防止等工事費補助金	1,100,000			

2. 休廃止鉱山の鉱害防止対策等 (財政投融資)

(単位:億円)

項 目	令和5年度 予算額 (A)	令和6年度 概算要求額 (B)	対前年度 (B) - (A)	対前年度比 (B) / (A)
① 鉱害防止資金融資	3.0	3.0	0.0	100%
② 鉱害防止事業基金拠出金資金融資	0.0	0.0	0.0	—
③ 鉱害負担金資金融資	0.0	0.0	0.0	—

※JOGMEC鉱害防止部門に必要な経費は、JOGMEC運営費交付金3,933百万円の内数

Ⅱ. 鉱山における危害防止、石油鉱山の鉱害防止対策等 (一般会計・エネルギー対策特別会計)

(単位:千円)

項 目	令和5年度 予算額 (A)	令和6年度 概算要求額 (B)	対前年度 (B) - (A)	対前年度比 (B) / (A)
産業保安等技術基準策定調査研究等事業 (鉱山保安に係る調査等)	600,000の内数	600,000の内数	—	—
石油・ガス等供給に係る保安対策調査等委託費	445,600の内数	395,000の内数	—	—
廃止石油坑井封鎖事業費補助金	112,000	192,999	80,999	172.3%

Ⅲ. 火薬類の保安対策 (一般会計)

(単位:千円)

項 目	令和5年度 予算額 (A)	令和6年度 概算要求額 (B)	対前年度 (B) - (A)	対前年度比 (B) / (A)
産業保安等技術基準策定調査研究等事業 (火薬類保安関連)	600,000の内数	600,000の内数	—	—

2024（令和 6）年度 環境省予算案（当業界関連事項）

出典：環境省ホームページ

環境省の令和 6 年度予算案から、当業界に関連すると思われる項目を日本鉱業協会が独自に選びました。詳細は、環境省のホームページをご覧ください。

<https://www.env.go.jp/guide/budget/r04/4312.html>

予算件名	令和 5 年度 予算額 (千円)	令和 6 年度 予算(案) 額 (千円)
環境省所管（除く原子力規制委員会）合計	277,995,819	274,739,619
(項) 地球温暖化対策推進費	1,311,506	1,523,289
・地球温暖化対策の推進に必要な経費	519,830	763,851
・気候変動の影響への適応策に関する調査研究に必要な経費	791,676	759,438
(項) 石油石炭税財源エネルギー需給構造高度化対策費エネルギー対策特別会計へ繰入	129,005,000	126,787,000
(項) 地球環境保全費	3,060,141	2,798,624
(項) 大気・水・土壌環境等保全費	5,227,050	5,061,412
(項) 資源循環政策推進費	6,847,293	6,368,999
(項) 廃棄物処理施設整備費	37,604,374	37,604,375
(項) 環境保全施設整備費	528,551	418,152
(項) 化学物質対策推進費	2,150,449	2,222,412
(項) 環境保健対策推進費	14,170,141	13,996,759
(項) 環境・経済・社会の統合的向上費	725,366	741,575
(項) 環境政策基盤整備費	4,101,702	4,123,711
(項) 地域脱炭素推進費	539,410	489,396
(項) 廃棄物処理施設整備事業調査諸費	4,626	4,625
(項) 地方環境対策費	2,375,731	2,409,623
・大気・水・土壌環境等の保全に必要な経費	943	943
・資源循環政策の推進に必要な経費	8,134	9,257
・環境・経済・社会の統合的向上に必要な経費	147,548	166,186
・環境政策基盤整備等に必要な経費	32,952	30,886
・地域脱炭素の推進に必要な経費	22,514	23,022

重点施策掲載事業	令和 5 年度 予算額 (百万円)	令和 6 年度 予算(案) 額 (百万円)
(新) 環境保全と利用の最適化による地域共生型再エネ導入加速化検討事業【エネ特】	－	720
地域脱炭素推進交付金【エネ特+GX】	35,000	42,520
初期費用ゼロ型太陽光発電等の再生可能エネルギー設備全国導入加速化支援（民間企業等による再エネ主力化・レジリエンス強化促進事業）【エネ特】	4,260	4,000
プラ・金属資源等のバリューチェーン脱炭素化のための設備高度化（プラスチック資源・金属資源等のバリューチェーン脱炭素化のための高度化設備導入等促進事業）【エネ特】	4,991	3,761
(新) 先進的な資源循環投資促進事業【GX】	－	5,000
化石由来資源からの再生可能資源（バイオマスプラスチック、SAF 等）への素材代替、金属・再エネ関連製品等の省 CO ₂ 型リサイクル、地域の廃棄物バイオマスの利活用等の実証（脱炭素型循環経済システム構築促進事業）【エネ特】	4,672	4,672
資源循環情報の活用（動静脈連携による資源循環情報活用推進費）	83	102
(新) 運輸部門の脱炭素化に向けた先進的なシステム社会実装促進事業【エネ特】	－	1,165
バリューチェーン全体での脱炭素経営の実践普及・高度化（バリューチェーン全体での企業の脱炭素経営普及・高度化事業、持続可能な社会構築に向けた企業経営における環境三社会の統合的達成促進事業）【一部エネ特】	1,401	1,417
工場・事業場における先進的な脱炭素化取組推進（SHIFT）事業（工場・事業場における先進的な脱炭素化取組推進事業（SHIFT 事業））【エネ特】	3,685	3,329
(新) 建築物の ZEB・省 CO ₂ 化促進（建築物等の ZEB 化・省 CO ₂ 化普及加速事業）【エネ特】	－	4,719
熱中症対策の推進（熱中症対策推進事業）	230	397
グリーンファイナンスの裾野拡大・質の担保のための基盤整備、ESG 金融の更なる浸透のための市場動向調査・情報発信（グリーンファイナンス拡大に向けた市場基盤整備支援事業、ESG 金融実践促進事業、企業経営のグリーン化推進事業、金融のグリーン化推進事業）【一部エネ特】	949	867
革新的な省 CO ₂ 実現のための部材や素材の社会実装・普及展開加速化（革新的な省 CO ₂ 実現のための部材や素材の社会実装・普及展開加速化事業）【エネ特】	3,800	3,800
脱炭素に向けた革新的触媒技術の開発・実証（地域資源循環を通じた脱炭素化に向けた革新的触媒技術の開発・実証事業）【エネ特】	1,900	1,900
リチウムイオン電池等処理困難物適正処理対策検討業務	38	46
PCB 廃棄物の適正な処理の推進等	4,055	3,457
PFAS 総合対策の推進（PFAS 対策推進費、総 PFAS 対策等検討事業）	70	206
水・土壌環境における有害物質等の対策検討調査費	68	68

スピンで常識を覆す：コイル不要の インダクタから半永久電源まで

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター 家田淳一

1. はじめに

現代の電化・情報化社会を支えるエレクトロニクス。その基盤となる半導体材料と微細加工技術は、20 世紀初頭に発見された量子力学を基礎として半世紀あまりの間に飛躍的な進展を遂げた。今日、様々な分野で業務のデジタル化 (DX) や電化が進むとともに、生成 AI に代表される第 3 次の AI ブームを迎えるなど、処理される情報量の爆発的な増大にますます拍車がかかっている。このように、より高速により大容量の情報処理が全世界で行われることに伴い、そのデータ処理に費やされる電力の総量が急速に増えている。

この傾向をそのまま外延すると、近い将来世界全体におけるエネルギー消費量の大半を情報通信分野が消費するようになるという恐るべき予測[1]も立てられており、脱炭素社会の実現

(GX) を目指す観点からも情報通信機器のさらなる省エネルギー化を進めていくことは人類社会にとって極めて重要な課題となっている。このため、すでに当該分野では既存の半導体技術をより進展させることでこの課題に応える取り組みが実施されているが、果たしてそれで十分といえるだろうか。むしろエレクトロニクスのような高度に成熟した分野が直面する課題であるからこそ、物理法則の基礎にまで立ち返り、まったく新しい原理を導入することで今までの常識を覆すような革新的な新技術を創出する道筋が模索されるべき時を迎えているのではないだろうか。

本稿では、そのような新技術の一翼を担うと期待される「スピントロニクス」についてできるだけ平易な解説を試み、新原理導入の具体的な事例として電子のスピンを利用した薄膜インダクタと原子力電池の提案について紹介する。

2. スピントロニクスとは

スピントロニクスはエレクトロニクスと磁気工学が微細加工技術により結びついたナノテクノロジーの新しい科学技術分野である。このスピントロニクスを理解する上で、重要な役割を果たすのがスピン角運動量の流れ「スピン流」だ[2]。本稿の中心となる本節では、スピン流の紹介からはじめ、スピントロニクスの目的と課題を述べる。

2.1 スピンの流れ

エレクトロニクスは、固体中の電子の流れ、つまり電流を制御し情報通信に応用する技術であり、現代社会に必須の基盤を提供する。個々の電子は、電荷のみならず固有のスピン角運動量を持っている (図 1)。こう考えると、電子の流れは電流だけではなく自然とスピン流を伴うように思える。ところが、電流の場合に比べスピン流に着目した研究はずっと立ち後れてきた。それはなぜだろうか。

電流は導体に電池をつなげば簡単に作ることができる。一方、スピンは元来量子力学と共に見出されたものであり、アップとダウンの「向き」を持つ。スピン流の利用には、その向きを

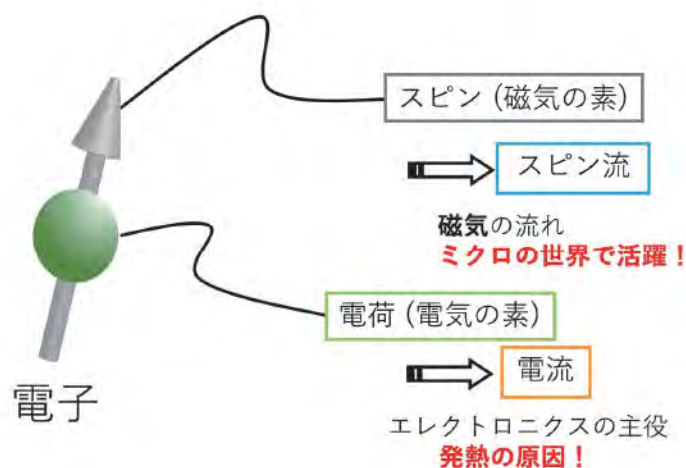


図 1：電子の持つ性質「電荷」と「スピン」
両者をハイブリッドに利用するのがスピントロニクスである。

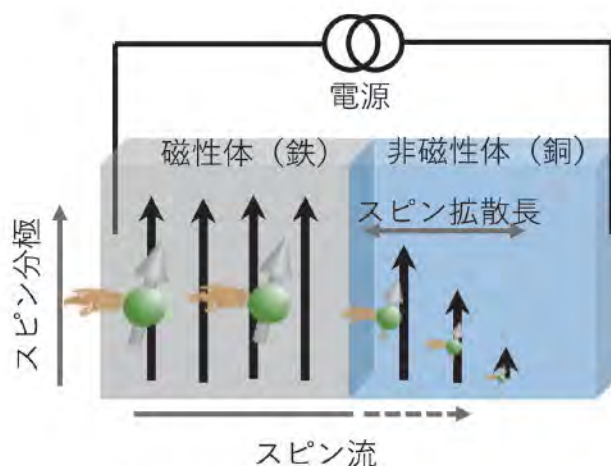


図 2：磁性体を使ったスピン流の生成

磁性を持つ鉄で生じたスピン流（スピン分極した電流）は、非磁性体の銅ではスピン拡散長の範囲のみ流れる。

そろえる「一手間」が必須である。この一手間を考え利用可能にすること、すなわち「スピン流の創出と制御」がスピントロニクスの主要課題となる[3]。

スピンは磁性の源でもある。スピンの向きがそろった物質は一般に磁性体と呼ばれ、その一部、例えば鉄やコバルトなどは電気伝導性を持つ。このため、磁性体を選びそこに電流が流せばスピン流を作り出すことができる。ここまでは簡単だが、問題はその後である。このように作り出したスピン流は磁性体の外に出た瞬間、ずっと消えてしまう儚い存在なのだ。試みに鉄と磁性を持たない銅を接合させて電流を流

してみよう（図 2）。鉄で生じたスピン流は銅に入るとスピンの向きの支えを失い、わずか数百ナノメートルの距離（スピン拡散長）の間に消失してしまう。これが長年スピン流の存在を隠し、利用を妨げる大きな要因であった。

20 世紀末に急速に進展した微細加工技術が、この壁に風穴を開けた。「数百ナノメートルしか流れないのなら、その範囲に収まるように素子を小さくして利用すればよい」という発想の転換が実現可能となったのだ。これが、本節の冒頭に述べたエレクトロニクスと磁気工学の融合したナノテクノロジーという説明の所以である。

2.2 実際の応用事例

では、スピン流を使うと具体的に何ができ、今後どのような展開が期待されるのだろうか。

スピン流がもたらした具体的な製品例は、ハードディスク (HDD) のデータを読み出す「磁気ヘッド」への応用が挙げられる。ここに、スピン流の伝導性が磁性体の磁化方向に依存して変化する性質が用いられている。従来技術に比べ磁気には書き込まれたデータの読み出し感度が飛躍的に向上し、それまでの常識を覆すような HDD の小型化と大容量化が実現した。この成果の基礎となった物理現象「巨大磁気抵抗効果」(Giant-Magneto-Resistance, GMR) の発見に対し、2007 年のノーベル物理学賞が与えられている。ちなみに、基礎物理現象としての GMR 原理の発見 (1988 年) から製品化 (1998 年) までは短期間に行われたことも、驚きを持って迎えられた。本稿では GMR の詳しい内容に立ち入らないが、磁性金属薄膜を数原子層レベルで積層させる微細加工技術が、先ほどのスピン流を利用するための「一手間」に該当している[4]。

現在 GMR を含めた磁気抵抗効果は、HDD のようなストレージ用途のみならず、集積回路で働く磁気メモリ (Magnetic Random Access Memory, MRAM) へと応用の範囲を広げている。通常の半導体メモリでは、電源オフで情報が消えてしまうため情報を保持するには待機電力が必要となる。一方、MRAM は磁気により情報を格納することで情報の「不揮発性」を有し、消費電力の大幅な削減が実現できる。

既存技術の常識を覆したユニークな事例をもう一つ紹介する。電流が運ぶのは電荷であるのに対し、スピン流が運ぶものは角運動量である。角運動量の時間変化はトルクであるから、スピン流によって磁性体の磁化にトルクを与えることができる。磁気記憶素子では、微小な磁性体の磁化方向に 1 ビットの情報を対応させる。十分な量のスピン流 (角運動量) を流し込むことで磁化の方向を回転し、1 ビットの情報を書き換える。これが、「スピン注入磁化反転」という新

しい磁化操作技術である。この新方式で注目すべきは、磁気記憶素子のサイズが小さくなるほど効果が大きくなる点である。これは、原子当たりの磁化に対して作用するスピン流の割合、つまりスピン流密度が増えるためである。実際に、磁性体が約 100 ナノメートルを切る領域で、電流磁界による従来方式を凌駕する磁気データの書き込み能力が実証された。この原理となる「スピントランスファートルク」(Spin-Transfer Torque, STT) もまた、研究開発を力強く駆動する推進役を果たしてきた。現在、読み出しに磁気抵抗を、書き込みに STT を利用する MRAM が市場に登場し、その低消費電力性能の高さや耐放射線特性といった高付加価値を持つチップへの応用が盛んになっている。

これらの事例から、微細加工技術によってスピン流は磁化状態を読み出す磁気センサーや磁化状態を直接操作する手段を与え、しかも日常環境ですでに製品化され利用されている、という点を押さえておくことは有意義であろう。

2.3 研究分野の目的

現在、スピントロニクスの目的はおおよそ、「磁性体の制御」と「エネルギー変換」の 2 項目に集約できよう (図 3)。前者は高効率で高機能な磁気メモリ素子や論理回路などの開発に必要な要素技術であり、すでに製品化に向けた世界的規模の競争が行われている[5]。後者はセンサー応用や排熱の有効利用、また将来的には微弱なエネルギーで駆動される機器への給電方法として期待が持たれており、基礎研究段階の発展が進められ一部応用事例が出始めてきた状況だ[6]。

冒頭に述べたように、近い将来、情報通信量の爆発的な増大とそれに伴う情報機器の消費電力需要増が大きな懸念となりつつある。一方、半導体の微細化が限界に近づき、エレクトロニクス技術の性能向上に陰りが見えてきた。これに対し、スピン流で動作する MRAM は、待機電源を大幅に削減するチップの開発を強力に後押し

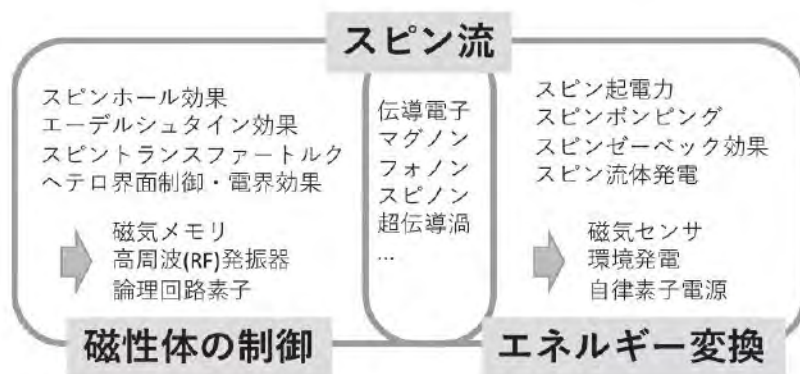


図 3：現在の研究項目

スピン流は角運動量の担い手として様々な形態をとる。この角運動量流を使った磁性体の制御，およびエネルギー変換がスピントロニクスの特徴的な研究課題である。

している[7]。新しい研究成果の応用を通じて、既存技術では難しかった省エネおよび創エネデバイスの開発を促し、より高度化するデータ社会を持続可能な形で実現することがスピントロニクスの果たす社会的な役割と考えられる。

2.4 何が課題か

そこで求められる課題とは、こういったものであろうか。それは、スピン流を用いた磁性体の制御とエネルギー変換を、「高効率」かつ「汎用性」と「多機能性」を持って実現することとなる。そのために必要となるのが、スピン流現象に関する i) 物理現象の探求，ii) 測定手法の開発，iii) 新規材料の探索の3要素だ。スピントロニクスの研究現場では、これらの各要素におけるブレークスルーがたびたび起こることで互いを刺激し合い、分野の発展が促される好循環が続いてきた。さらに、付け加えると、これらの発展を牽引するような iv) 具体的な応用先の創出も大変重要な課題となる。

より高い生成効率でスピン流を作り出すこと。あらゆる状況下でナノスケールの微小磁性体の量子的状態を高速に操作し高精度に解析すること。スピンを介し様々なエネルギー変換を高効率で行うこと。これらのことが求められている。

2.5 スピントロニクスの展開

これまでスピントロニクスの目的と課題について駆け足で概観してきた。本節の最後に、以上の応用を支える基礎研究の現状について少し触れてみたい。個々の専門用語について十分な説明ができないが、研究分野の大きな流れを掴むことができれば幸いである。

まず、i) に掲げた物理現象の探求という側面では、スピン流の生成手法が次々に実証されてきた。物質中のスピン軌道相互作用による「スピンホール効果」および「エーデルシュタイン効果」。磁化運動による「スピン起電力」および「スピンプンピング」。熱による「スピンゼーベック効果」。流体渦による「スピン流体発電」。いずれの生成機構の発見にも日本人研究者が深く関わった点は特筆すべきである[3]。また、スピン流の担い手も、伝導電子のスピンにはじまり、現在は磁性絶縁体のスピン波励起（マグノン）や表面弾性波（フォノン）など角運動量を運ぶ固体中の様々な素励起にまでその概念が拡張され、角運動量変換に基づく一般原理の構築が進められている。このようなスピン流を媒介とした変換現象をエネルギーの相互変換と捉えることでこれまで個別に考えられてきた学術分野間に新しいリンクが生まれつつある[8]。

次に、ii) の測定手法の開拓という点では、スピンホール効果の逆過程である「逆スピンホ

ール効果」の果たした役割が極めて大きい。白金やビスマスのような重金属では、スピン軌道相互作用というスピンの依存した特殊な磁場が働き、スピン流を電流に変換する。この現象を巧みに使うことで、これまでその存在に触れることができなかったスピン流を電気測定という精度の高い確立した手法で分析することができるようになった。現在スピン流の検証法として世界中で広く活用されている本手法も、我が国発の独創的な成果である[9]。

さらに iii) の材料探索の流れは、微細加工で先行する半導体に磁性を導入する努力と、磁性金属を微細加工する方向が並行して進められ、それらの組み合わせからなるハイブリッド構造や表面・界面の制御が追求された。その後、スピン流の舞台は前述の磁性絶縁体を取り込み大きく拡大した他、スピン流の変換材料としてトポロジカル物質を含むスピン軌道相互作用の大きな物質の開発が進んだ。最近では、AI による材料探索が実施され、安価な鉄鋼材でもスピン変換が可能であることが実証されるなど新手法への関心が高まっている[10]。

ここまで紹介してきた研究展開を集約することで、スピンを利用した全く新しいデバイス応用が可能となる。そのような「iv) 具体的な応用先の創出も大変重要な課題」となることはすでに述べた通りである。次節以降、具体的な応用例の候補として、現在筆者が特に関心を持って取り組んでいる研究を2つ紹介する。

3. 新原理インダクタ

前節でスピントロニクスのは、目的は、「磁性体の制御」と「エネルギー変換」の2項目であると述べた。前者については、2.2で触れたSTTに代表される「電流による磁性体の磁化方向制御」の観点で大きく進展し、MRAM等に製品化されるまで成熟した。一方、後者については、STTの逆過程ともいえるスピン起電力(SMF)という効果があり、「磁性体の磁化ダイナミクスから電力への変換」が実現される[11]。このSMFは、長年

学術的関心による研究が進められてきたものの、その利用法について適切な解が見出されてこなかった。この中で、2019年このSMFとSTTの両者を組み合わせることで、らせん磁性金属が「インダクタ」としての機能を実現しうることが指摘された[12]。

インダクタは、電子回路の基本的な部品の一つであり、電流の急速な変化に抵抗する「インダクタンス」と呼ばれる働きを持つ。電子機器を動作させるための電源回路では、電流の安定化や電圧の変換を実現するためにインダクタが必須となる。また、高速・大容量の信号処理回路の中では、インダクタは高周波数の信号を増幅したり、ノイズを除去したりする等の役割を果たしている。あらゆる機器がネットワークと接続して制御されるInternet of Things (IoT) 社会への変革に際し、様々な機器に電子回路を内蔵する要請から、その基本要素の「小型化」かつ「省電力化」が求められている。しかし、従来のインダクタは一般に磁性体(磁石)に導線を巻いたコイルが用いられ、インダクタンスの強さはコイルの大きさ(断面積)に比例するため、強いインダクタンスを得るためにはコイルを大きくする必要がある。現在のところ、商業的に用いられている高周波回路用の小型インダクタは、0.1 - 1 mm程度のサイズを占めるため、回路全体の小型化を妨げる障壁となっている。

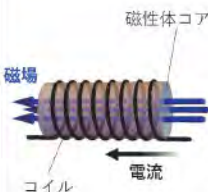
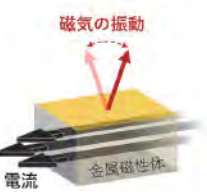
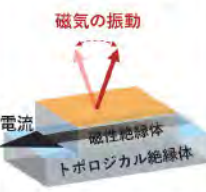
これに対し、スピンを使った新原理のインダクタでは、コイルに代わってスピンがねじれた構造を持つらせん磁性体を使うところが新しい。コイルに流れる電流のつくる磁場を介した電磁誘導ではなく、スピンと電流の直接相互作用であるSTTを利用することで、インダクタンスの強さが素子断面積に反比例するというこれまでの常識を覆すような機能が実現できることになる。ここで、STTの素子サイズが小さいほど効果が大きくなる特性が活かしている。この振る舞いは、理研・東大の研究チームにより見事に実証され[13]、今まで大きな困難であったインダク

タの小型化に、スピン物性という基礎科学の視点から新しいアプローチが提供された。

現在、理研・東大チームと、筆者らの原子力機構・東北大チームが、当該研究の先導役を担っている。前者が、らせん磁性体 $Gd_3Ru_4Al_{12}$ 等の多彩な磁性材料の開発を進める一方、筆者らはより一般的な磁性金属／非磁性金属積層系での創発インダクタンス生成を理論的に示すなど、概念拡張を行っている。特に筆者らが提案する「スピン軌道創発インダクタ」[14]では、スピントロニクス分野で重要な性質であるスピン軌道相互作用をインダクタ機能に組み込む点がポイントとなる。これにより、導線と磁気モーメントのどちらにも「ねじれ構造の無い」系、すなわち、向きが一律な磁気モーメントを持つ磁性薄膜においても、インダクタ機能が実現される。物質中のスピン軌道相互作用は、系の空間反転対称性の破れに起因し、結晶構造が反転対称中心を持たない物質や、磁性／非磁性薄膜ヘテロ構造界面において生じる。ヘテロ構造の場合、磁性材料については鉄やコバルトといった、ありふれた材料が利用可能である。こうしたスピン軌道相互作用があれば、磁気モーメントの向きが一律であっても、スピン軌道トルク・スピン軌道起電力として知られる量子相対論的効果によって、磁気モーメントのダイナミクスお

よびそれに起因する起電力が生成される。従って、スピン軌道相互作用を介した「磁性体の制御」と「エネルギー変換」の両者の効果を組み合わせれば、インダクタンスが導かれる。

この研究は、材料の観点からさらに発展させることができる。例えば、スピン軌道相互作用の効果が最大化する「トポロジカル絶縁体」と呼ばれる新材料を利用したデバイスの実施形態についての理論提案がある[15]。通常絶縁体は電流を通さないため、インダクタとして使用できない。しかし、トポロジカル絶縁体は内部に電流を通さず、表面だけに電流が流れるという特殊な性質を持ち、さらにその表面ではスピン軌道相互作用が強く働く。この場合、インダクタ機能は表面電流で完結し、内部に余計な電流を流す必要がないため抜本的な小型化と省電力化の両立が可能となる。トポロジカル絶縁体はおよそ10ナノメートルという極めて薄い膜状でも絶縁体として機能するため、素子のサイズを従来型インダクタ(最小で0.1mm程度)の約10000分の1にまで薄型化しつつ、強力なインダクタンスを実現することが期待される(図4)。さらに、金属ベースの創発インダクタで犠牲となっていた電力効率についても、絶縁体インダクタでは高い性能を保つことができることもわかってきた。筆者らの試算では、絶縁体インダクタ

	【従来型インダクタ】	【創発インダクタ】 2019年に考案、2020年に実証	【絶縁体インダクタ】 本研究で新たに考案
構成			
サイズ(厚さ)	最小で約0.1mm 小型化×	最小で約10nm 小型化○	最小で約10nm 小型化○
Q値(電力効率)	最大で約1000 省電力○	最大で約0.01 省電力×	最大で約1000 省電力○

小型化と省電力化を両立

図4：インダクタの小型化と電力効率

「絶縁体インダクタ」と、従来型インダクタ、および創発インダクタの特性比較。

における Q 値（複素インピーダンスの虚部と実部の比で電力効率の指標となる）の最高値は、動作周波数 0.1GHz で約 1000 にも達する。これは従来型インダクタで実現できている最高値に匹敵し、金属ベースの創発インダクタに比べるとおよそ 10 万倍もの高い電力効率に相当する。このように、トポロジカル絶縁体を用いた絶縁体インダクタにおいては、電子回路の集積化のための条件となるインダクタの「小型化」「省電力化」を、どちらも損なうことなく両立できることが理論計算により示されている。

以上、創発インダクタの研究状況を述べてきたが、現状では理論提案に留まるものが大半である。現在、これら理論提案の実験検証が進められているものの、先行するらせん磁性体での報告を含め未解明な部分が多く、まだ緒に就いた段階にある。しかし、実用化されているコイルインダクタが、これまでずっと 19 世紀に発見された物理法則の電磁誘導を基本原理としてきたことを考えると、この転を原理的に逃れた先に既存の小型インダクタ開発に大変革をもたらす研究成果が見出される公算は高い。当該スピントロニクス分野のみならず、産業界をも巻き込んで我が国発のこの発明を引き続きじっくりと育成していきたい。

4. 原子力分野との接点

最後にやや視野を広げ、耐放射線素子としてのスピントロニクスの工学的有用性について述べてみる。宇宙空間や原子炉内部などの高放射線環境下では、放射線による電離作用や原子のはじき出しによりエレクトロニクス機器の半導体素子に誤作動や機能劣化が生じる。機器の耐放射線性向上、過酷放射線環境下での運用とその場を認識する計測技術の高度化の両面から技術開発が進められているが、磁性体をベースとしたスピントロニクスにも貢献の余地がある。

前出の MRAM は放射線の電離作用に強く、航空機のフライトコンピュータや小型人工衛星に搭載されている。さらに、磁性絶縁体のスピン波（マグノン）をスピン流の担い手とすることで、電離による誤作動フリーのカメラや論理演算素子可以实现できるかもしれない。また、熱を電気に変える熱電発電にも、従来の半導体の代わりに磁性体で実現する方法「スピン熱電変換」（図 5）が発見され大きな期待を集めている。やはり半導体を用いないため強いガンマ線耐性を持ち、高放射線環境下でも低コストで安定した熱電性能を維持する。こういったスピントロニクスの特性を、原子力分野の課題に結びつけることで、普段接点のない両分野にとって相互に意外と大

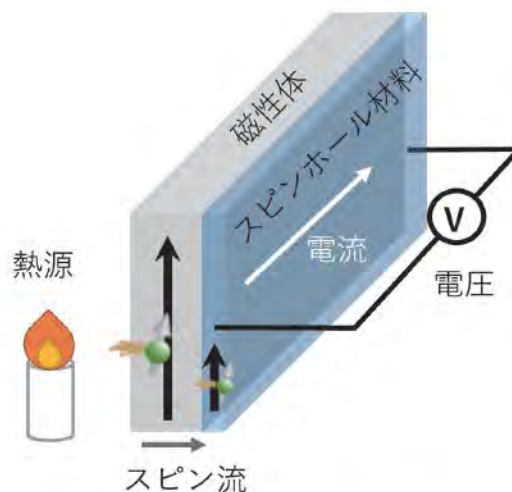


図 5：スピン熱電変換の模式図

熱源からの外部刺激で磁性体中に生じたスピン流は、白金等のスピンホール材料に流入後、スピン拡散長程度の厚みを流れる間に奥行き方向の電流に変換される。出力電圧は奥行き方向の長さに比例し、大面積が有利となる。

きなメリットとなるようなイノベーション（新結合）の種が多く残されているように感じている。

例えば、現在の原子力技術が内包する大きな課題として、発電所などから発生する放射性廃棄物の処理・処分がある。廃棄物に含まれる放射性同位元素（RI）の中には、極めて長寿命の核種も含まれるため、技術的な問題もさることながら、社会的受容性の観点からの検討も必要である。こうした課題解決に向けて、異分野からの革新技术の導入が時として有効となることがある。そこで、スピントロニクス分野の成果や知見、研究手法を駆使し、これまで遮蔽し処理・処分する対象であった廃棄物の熱・放射線を、人類にとって有用なエネルギーとして「再資源化」する道筋が描ければ、放射性廃棄物に対する専門家、技術者、および社会の認識が転換されるのではないか。原子力の研究開発現場を横目に見ながらスピントロニクスの研究を続けてくる中で、筆者は以上のような思いを強くするようになった。

さらにこの発想を推し進めれば、適切な RI を単離して熱源として用いることで、安定したエネルギー供給が可能となる。RI とスピン技術を組み合わせた半永久電源の実現である。具体的な試案としては、宇宙用原子力電池の熱源としてすでに利用されている ^{238}Pu （半減期 89 年）よりも半減期の長い ^{241}Am （432 年）を用いることで、深宇宙探索が可能となる。RI を活用した半永久電源の研究としては、粒子線であるアルファ線とベータ線の利用が主なものとなる。これらは物質表面で吸収され熱になるため、熱電効果によって電力に変換できることから原子力電池としてアメリカ航空宇宙局（NASA）等により宇宙利用がなされている。この際、RI として十分長い半減期を有し、半導体素子の劣化を引き起こすガンマ線を放出しない核種が必要となる。従って、豊富にある RI 核種の中でも、自然存在比 0% である ^{238}Pu を原子炉で製造し利用することが唯一の解となっている。

その制限の克服に、高い放射線耐性を有するスピントロニクス材料を用いるというのが筆者らの着眼点である。スピン熱電素子研究は、国内機関がリードしており、現状では、温度差 10°C で $4\text{W}/\text{m}^2$ と商用半導体熱電素子の $1/7$ の性能が達成されている。この変換効率のみに着目すれば、まだスピン熱電素子の利用にメリットは見出されない。しかし、すでに述べたようにスピンを使ったメモリ素子の放射線耐性は確立されており、米国等で製品化済みである。実際に、筆者らは、重イオン照射や 1MGy 程度のガンマ線照射下での素子健全性を確認するなどスピン熱電素子の高い放射線耐性を実証した[16]。この結果を基に具体的な試算を行うと、長寿命 RI 核種であるもののガンマ線を放射する ^{241}Am を用いた場合、100 年規模で熱電特性の劣化が 10% 以内に留まることが見出されている。こうした「スピントロニクス×原子力」といった新しい組み合わせから、エネルギー業界の常識を覆すような成果の創出を目論んでいる。

5. まとめ

スピントロニクス研究は基礎と応用、理論と実験、測定と材料が巧みに絡み合い、磁気特性、電気特性、光学特性などの個別に議論されていた物理量がナノ領域において強く結びつくことによって、固体物理研究のフロンティアを切り開いてきた。分野の垣根を取り払うことで発展し、既存技術の常識を塗り替えてきたともいえる。スピン流の概念が一般化するようになってすでに 20 年を数えるようになった。今後も基礎研究としてのスピン物理学を追究し、その先に次世代の量子科学技術にイノベーションを引き起こすような、思わぬ発見に導かれることを期待したい。そして願わくば、そこで生まれた技術を産業界と学术界が手を取り合って育成し、社会に還元するような取り組みに携われることを心より望んでいる。

参考文献

- [1] 低炭素社会実現に向けた政策立案のための提案書 情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.5) - ネットワーク関連消費エネルギー低減の技術課題とその解決手段- 令和5年2月.
<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2022-p-p-05.pdf>
- [2] 齊藤英治, 村上修一「スピン流とトポロジカル絶縁体—量子物性とスピントロニクス of 発展—」(共立出版2014年).
- [3] 文部科学省科学研究費補助金 (特定領域研究)「スピン流の創出と制御」(代表: 高梨弘毅) 2007年度~2010年度.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/h-ojyo/chukan-jigohyouka/1316710.htm
- [4] 前川禎通, 家田淳一「巨大磁気抵抗効果 (GMR) からトンネル磁気抵抗効果 (TMR) へ」日本物理学会誌 65, 324 (2010).
- [5] B. Dieny *et al.*, “Opportunities and challenges for spintronics in the microelectronics industry ” *Nature Electronics* 3, 446 (2020).
- [6] 科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業 総括実施型研究 (ERATO)「齊藤スピン量子整流プロジェクト」(研究総括: 齊藤英治) 2015年度~2019年度.
<http://www.jst.go.jp/erato/saitoh/ja/>
- [7] 内閣府革新的研究開発プログラム ImPACT 「無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現」(PM: 佐橋政司) 2014年度~2018年度.
<http://www.jst.go.jp/impact/program/04.html>
- [8] 文部科学省科学研究費補助金 (新学術領域研究)「ナノスピン変換科学」(代表: 大谷義近) 2014年度~2018年度.
<https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-AREA-2602/>
- [9] 齊藤英治「スピン流を組み込み, 物理学を書き換える」基礎科学ノート, 19, 2 (2011).
<https://asrc.jaea.go.jp/kisonote/kagaku/34kagaku/34interview.pdf>
- [10] Y. Iwasaki *et al.*, “Machine-learning guided discovery of a new thermoelectric material ” *Scientific Reports* 9, 2751 (2019).
- [11] 家田淳一, 前川禎通「スピン起電力—その基礎と展開—」固体物理 47, 339 (2012).
- [12] N. Nagaosa, “Emergent inductor by spiral magnets ” *Japanese Journal of Applied Physics* 58, 12909 (2019).
- [13] T. Yokouchi *et al.*, “ Emergent electromagnetic induction in a helical-spin magnet ” *Nature* 586, 232 (2020).
- [14] 電気回路の基本要素 -インダクター の「ねじれ」をほどく (原子力機構プレス発表 2022年4月).
<https://www.jaea.go.jp/02/press2022/p2-2041401/>
- [15] 「インダクタ」のサイズを 10000 分の 1 に! 超小型化できる新原理を考案 (原子力機構プレス発表 2023年6月).
<https://www.jaea.go.jp/02/press2023/p2-3061602/>
- [16] 放射線に負けない熱電発電の実現に向けて (原子力機構プレス発表 2020年8月).
<https://www.jaea.go.jp/02/press2020/p2-0082802/>

2023（令和5）年度 総合硫黄源（硫黄，硫酸） 需給見通し（見直し）について

硫酸協会

2023（令和5）年12月19日（火）に硫酸協会会議室およびヴァーチャル会議システム併用にて硫酸協会事務局，同協会会員代表，関係団体並びに輸出関係の商社を委員とし，経済産業省の関係部局をオブザーバーとして，2023（令和5）年度第2回総合硫黄源対策ワーキンググループ（事務局硫酸協会）が開催され，以下のように2023（令和5）年度の硫黄および硫酸の需給見通しの見直しが策定されたので，その概要を紹介する。

2023（令和5）年度総合硫黄源（硫黄分）需給見通し概要（表1，表2参照）

1. 概要

（1）供給

2023（令和5）年度の見直し生産量は1,365千トンで，7月見通しの1,530千トンに対し，165千トン減少の見込み（前年度比89.6%）。

（2）需要

2023（令和5）年度の見直し国内需要量合計は470千トンで，7月見通しの483千トンに対し，13千トン減少の見込み（前年度比96.1%）。

（3）輸出

2023（令和5）年度の見直し輸出量合計は908千トンで，7月見通しの1,047千トンに対し，139千トン減少の見込み（前年度比87.2%）。

（4）全体

上記結果を前年度と比較すると，期初在庫が7千トン減少，生産量は158千トン減少し，供給量合計では166千トン減少する。一方，国内需要量は19千トン減少し，輸出量も134千トン減少したため，需要量合計では152千トン減

少した。従って期末在庫は14千トン減少の見込み。（協会注）特に原油精製量減と，原油中の硫黄品位の低下による硫黄生産減が顕著である。

2. 内訳

（1）供給

2023（令和5）年度上期の回収硫黄生産量は7月見通しに対し100千トン減（86.8%）の657千トン（前年同期比87.1%）と減少した。硫黄生産量の減少を考慮し，下期も7月見通しに対し65千トン減の708千トンの見込み。

（2）需要

①二硫化炭素：上期は前年度より減少し，下期も前年度なみの見込み。

②加工硫黄：上期は前年度なみで，下期も前年度なみの見込み。

③石鹼洗剤：上期は前年度なみで，下期も前年度なみの見込み。

④硫酸原料：硫黄焙焼硫酸の生産減から，上期は前年度より減少したが，下期も硫酸生産が減少することから，減少する見込み，全体では前年度より下回る見込み。

⑤その他：上期は前年度より減少したが，下期は前年度より増加し，全体で前年度より減少する見込み。

（3）輸出

2023（令和5）年度上期の輸出量は前年度比50千トン減の433千トンで，中国，韓国，インド，台湾およびインドネシア向け等に分散し，インドネシア向けは前年同期を上回り，中国，

表 1 2023（令和 5）年度硫黄需給見通し（見直し）

（単位：1,000t）

		2021(令和3) 年度実績	2022(令和4)年度実績 [A]				2023(令和5)年度見通し (7月) [B]			2023(令和5)年度見通し (見直し) (12月) [C]			対前年度比 C/A (%)	対見直し比 C/B (%)
			上期	下期	計	対前年度%	上期	下期	計	上期実績	下期見直し	計		
供給	期初在庫	177	201	216	201	113.7	194	195	194	194	180	194	96.3	100.0
	生産	1,456	754	759	1,523	104.6	757	773	1,530	657	708	1,365	89.6	89.2
	合計	1,633	955	985	1,724	105.6	951	968	1,724	851	888	1,558	90.4	90.4
需要	国内需要	514	256	233	489	95.1	246	237	483	237	233	470	96.1	97.3
	二硫化炭素	32	19	16	35	109.9	16	15	31	15	16	31	89.1	97.3
	加工硫黄	16	8	9	17	105.8	9	9	18	8	9	17	97.6	99.9
	石鹼洗剤	10	5	5	10	100.7	5	5	9	5	5	9	97.0	96.7
	硫酸原料	364	176	159	334	92.0	169	160	329	164	158	323	96.5	98.3
	その他	92	49	43	92	100.0	48	48	96	45	45	90	97.1	98.2
	輸出	918	483	559	1,042	113.5	511	536	1,047	433	475	908	87.2	93.2
合計		1,432	739	792	1,530	106.9	756	774	1,530	670	708	1,378	90.0	90.1
期末在庫		201	216	194	194	96.3	195	194	194	180	180	180	93.2	93.0

注 2023（令和 5）年度下期の硫黄生産量および輸出量は硫酸協会の推測値

表 2 硫黄の輸出実績

〔単位 S トン〕

年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2022 年度上期	2023 年度上期	対前年 同期比
	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和4年度上期	令和5年度上期	
中国	1,050,496	983,161	1,027,035	1,140,925	1,057,275	943,058	837,452	736,977	652,176	801,104	363,401	360,065	99%
韓国	29,815	38,778	22,275	24,908	21,559	21,921	46,366	24,553	123,175	115,108	38,190	18,824	49%
インド	27,496	35,997	64,200	70,239	74,273	64,923	67,445	42,904	48,149	50,564	33,527	17,701	53%
台湾	11,125	1,345	30	21,228	8,033	16,034	12,116	31,484	45,102	41,686	29,544	16,541	56%
インドネシア	113,681	113,332	53,634	87,608	68,627	88,699	64,280	49,215	35,143	22,247	12,249	14,648	120%
フィリピン		408	2,465	3,960	4,746	4,449	3,714	4,433	6,446	4,677	2,450	2,244	92%
タイ	1,719	12,991	15,022	9,842	9,025	7,728	3,883	5,606	4,758	3,682	1,846	1,840	100%
ベトナム	2	4,398	7,195	15,893	16,687	14,308	8,490	3,761	3,074	2,627	1,611	1,259	78%
マレーシア				352	400	240							
トルコ				176	368	384							
ブラジル				432	435	224							
アメリカ				1,919	2,976	1,760							
イタリア				2,500	3,140	480							
スペイン					1,540	1,060							
その他		1	17	176	236	494	6	1					
計	1,234,334	1,190,411	1,191,873	1,380,158	1,269,320	1,165,762	1,043,752	898,934	918,023	1,041,695	482,818	433,122	90%

韓国、インド、台湾、フィリピン、ベトナム向けは下回った。下期は生産量、内需および在庫を考慮し、前年同期を 84 千トン下回る 475 千トンの見込みで、2023（令和 5）年度では前年度より 134 千トン減の 908 千トン（87.2%）の見込み。

2023（令和 5）年度 総合硫黄源（硫酸分）需給見通し（表 3、表 4 参照）

1. 概要

(1) 供給

見直し生産量は 5,919 千トンで、7 月見通しの 6,015 千トンに対し 96 千トン減の 98.4%の見込み（前年度比 95.2%）。

表3 2023（令和5）年度硫酸需給見通し（見直し）

[単位：H₂SO₄ 100% キントン]

年度		2021(令和3) 年度実績	2022(令和4)年度実績 [A]			2023(令和5)年度見通し(7月) [B]			2023(令和5)年度見通し(見直し) (12月) [C]			対前年度比 C/A (%)	対見直し比 C/B (%)
			上期	下期	計	上期	下期	計	上期実績	下期見直し	計		
供給	期初在庫	236	270	290	270	227	200	227	227	302	227	84.0	100.0
	生産	6,046	3,204	3,016	6,220	3,157	2,858	6,015	3,094	2,825	5,919	95.2	98.4
	製錬ガス	4,839	2,611	2,482	5,092	2,587	2,319	4,906	2,550	2,294	4,844	95.1	98.7
	銅出	4,110	2,248	2,121	4,369	2,254	1,954	4,208	2,228	1,935	4,163	95.3	98.9
	亜鉛出	728	363	361	724	333	366	698	322	358	680	94.0	97.4
	硫化鉱	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	----	----
	硫黄	1,101	534	481	1,015	511	485	997	496	477	973	95.8	97.6
	その他	107	58	54	112	58	54	112	48	54	102	90.9	90.9
	合計	6,282	3,474	3,306	6,490	3,384	3,058	6,242	3,321	3,126	6,146	94.7	98.5
	国内需要	3,251	1,608	1,509	3,117	1,529	1,496	3,025	1,413	1,440	2,853	91.5	94.3
需要	肥料	254	125	102	227	104	100	204	91	101	192	84.3	93.8
	酸化チタン	440	224	188	412	219	186	406	208	183	391	94.9	96.4
	硫酸アルミニウム	247	124	121	245	122	119	241	116	117	233	95.2	96.6
	フッ化水素酸	106	52	48	100	51	48	99	39	43	82	81.5	82.7
	繊維工業	176	77	72	148	75	71	146	69	68	137	92.6	94.0
	鉄鋼	44	18	14	32	16	14	30	13	12	26	81.0	86.3
	紙・パルプ	81	41	43	84	42	44	86	41	43	84	99.5	97.5
	中和石こう	259	120	113	233	119	112	231	121	114	235	100.9	101.9
	鉱山・製錬	87	45	47	92	46	49	95	38	42	81	98.6	85.0
	その他	1,557	782	761	1,543	734	754	1,488	677	716	1,394	90.3	93.7
輸出	輸出	2,761	1,576	1,570	3,146	1,655	1,362	3,017	1,607	1,486	3,092	98.3	102.5
	合計	6,012	3,184	3,079	6,263	3,184	2,858	6,042	3,019	2,926	5,946	94.9	98.4
期末在庫		270	290	227	227	200	200	200	302	200	200	88.2	100.0

表4 硫酸の輸出実績

(H₂SO₄100%, 1,000t)

年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2022年度上期	2023年度上期	対前年 同期比
	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和4年度上期	令和5年度上期	
フィリピン	921.2	1,376.8	1,265.7	1,151.0	902.1	1,166.8	1,247.7	1,331.3	1,173.7	1,440.0	689.9	655.1	95%
インド	269.8	389.7	574.6	531.2	303.0	477.3	447.8	584.6	443.1	616.5	269.0	312.2	116%
チリ	552.8	429.5	259.3	170.2	274.1	453.2	386.8	254.8	300.0	401.1	276.6	224.3	81%
タイ	178.1	132.5	199.3	249.0	251.8	282.8	210.4	276.8	308.1	267.0	135.4	71.6	53%
アメリカ	0.0	0.0		0.0		11.5	57.7	170.7	129.2	117.0	78.2	85.2	109%
台湾	170.8	134.7	131.5	162.0	193.3	161.9	122.5	102.6	112.1	94.9	51.1	37.9	74%
インドネシア	159.5	15.5	75.5	61.5	19.9	36.2	0.0	104.4	0.0	57.2	23.1	105.4	456%
マレーシア	68.2	47.8	80.9	99.4	173.7	143.0	135.2	146.9	90.1	51.0	22.0	101.8	463%
オーストラリア	102.0	82.8	58.5	57.3	10.0	55.4	40.5	10.5	20.6	45.2	10.5	11.0	105%
ベトナム	29.6	5.0	10.0	25.8	26.2	5.1	25.8	74.2	17.0	22.8	12.4	0.0	0%
メキシコ	46.9	17.7	18.8	98.5	112.5			40.1	18.3	17.9			
シンガポール	14.1	3.6	15.5	12.7	6.3	2.9	0.0	4.4	0.0	8.0	8.0	0.0	0%
中国	127.3	100.4	37.0	232.4	112.0	32.9	10.0	11.0	8.0	7.7	0.0		
韓国	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45%
バングラデシュ					0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50%
パキスタン				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
パナマ												2.2	-
トルコ								18.5	45.2				
サウジアラビア									38.9				
モロッコ			20.0	19.4	19.2	18.9	47.4	83.5	36.8				
その他	11.5	45.0	10.0	70.2	159.2	129.4	117.6	0.0	18.3			0.0	-
計	2,651.8	2,781.0	2,756.6	2,940.6	2,563.5	2,977.4	2,849.5	3,214.5	2,759.6	3,146.3	1,576.3	1,606.6	102%

(財務省貿易統計)

(2) 内需

見直し国内需要量は2,853千トンで、7月見通しの3,025千トンに対し172千トン減の94.3%の見込み（前年度比91.5%）。

(3) 輸出

見直し輸出量は3,092千トンで、7月見通しの3,017千トンに対し75千トン増の102.5%の見込み（前年度比98.3%）。

(4) 合計

上記結果を前年度と比較すると、生産量は301千トン減少し、期初在庫が43千トン減少しているので供給量全体では344千トン減少している。国内需要量は264千トン減少し、輸出量が54千トン減少し、需要量全体では317千トン減少している。このため期末在庫は27千トン減の200千トンとなる見込み。

2. 内訳

(1) 供給

2023（令和5）年度の銅製錬出の硫酸生産量は前年度実績を下回る見込みで、亜鉛製錬出の硫酸生産量も前年度実績を下回る見込みである。銅製錬出は7月見通しを45千トン下回る見込みで、製錬出合計では7月見通しより62千トン下回る見込み（前年度比では95.1%）。硫黄出は7月見通しより24千トン下回る見込み（前年度比95.8%）。2023（令和5）年度生産計では前年度を301千トン下回り（前年度比95.2%）、7月見通しに対しては96千トン減の98.4%の見込み。

(2) 需要

①国内向け

肥料用では7月見通しの12千トン減の192千トンの見込み（前年度比84.3%）。酸化チタン向けは7月見通しの15千トン減（同比94.9%）、硫酸アルミニウム向けは7月見通しの8千トン減（同比95.2%）、フッ化水素酸向けは7月見通しの17千トン減（同比81.5%）、繊維工業向けは7月見通しの9千トン減（同比92.6%）で、鉄鋼向けは7月見通しの4千トン減（同比81.0%）で、中和石こう向けは7月見通しの4千トン増（同比100.9%）の見込みで、国内向け合計では7月見通しの172千トン減の見込み（同比91.5%）。

②輸出向け

上期は前年同期比31千トン増で、インド、アメリカ、インドネシア、マレーシア向けなどが増加したが、フィリピン、チリ、タイ、台湾向けなどが減少した。在庫を考慮し、下期は前年度より84千トン減の1,486千トンを見込み、2023（令和5）年度では前年度より54千トン減の3,092千トンの見込み。

3. その他特記事項

2023（令和5）年度は、2年毎の大型銅製錬所の定修年に当たるため、硫酸生産量がやや減少する年である。その一方、硫酸の国内需要は長期的に減少傾向であり、余剰分を主にフィリピン向け輸出でカバーしている需給構造が続いている。

以上

2023（令和 5）年度 一般財団法人日本鉱業振興会成果報告会を終えて

一般財団法人 日本鉱業振興会

1. はじめに

日本鉱業振興会は、1969（昭和 44）年 7 月に設立され、その後 2008（平成 20）年 12 月 1 日に、新しい公益法人制度が施行されたことに伴い、2012（平成 24）年 4 月 1 日に一般財団法人日本鉱業振興会（以下、「振興会」という。）に移行し活動を行っています。

振興会は、鉱業団体・学会等が行う金属鉱業に関する科学技術及び経済に関する調査試験研究等に対する助成を行い、その成果の普及に努めています。また、金属鉱業に関する知識の普及・啓発、人材育成のための鉱業育英奨学金の貸与等の事業も実施しています。

試験研究助成金は、わが国の金属鉱業の発展向上に寄与するなど試験研究に対する助成を目的に日本鉱業協会、一般社団法人資源・素材学会、資源地質学会、一般社団法人日本銅センター、一般財団法人国際資源開発研修センターを対象にしています。

鉱業助成委員のメンバーである鉱業団体・学会等の委員が、研究助成方針及び評価方針に則り、研究助成案件を審査、採点、選別し、振興会の理事会、評議員会の承認のもと助成案件、助成額を決定しています。

2. 2023（令和 5）年度成果報告会について

振興会は、金属鉱業に関する調査・研究に対する助成及び助成調査・研究の成果報告会を、毎年 1 回 11 月に実施しています。

本令和 5 年度の成果報告会は、新型コロナウイルス感染症の位置付けが 5 類感染症になった為、今年は従来の対面方式で開催しました。一方、オンライン配信の要望もあり、昨年同様 TV 会議システムの機器が使いやすい、東京都お茶ノ水にあるソラシティカンファレンスセンターにて、11 月 10 日（金）に実施しました。

報告会の発表会場は 2 階の WEST ホールを借り切りとし、金属鉱床の調査、探査技術の開発、製錬プロセスの改善研究、レアメタル等のリサイクル技術調査、都市鉱山におけるリサイクル技術の研究、銅合金の殺菌性の研究など発表を行いました。

今年度は、昨年度より少し時間を増やし、14 件の研究テーマ（後述の時間割参照）を「報告時間 20 分＋質問時間 5 分」の時間配分で、発表者が資料を投影し発表する形式で開催しました。

発表ごとに設けた質疑応答の時間では、報告者と質問者との間の意見交換が行われました。発表会場には鉱業助成委員 11 名、及び協会の技術部員と環境保安部員が参加し、これに加え、昨年同様、Web 操作のために、総務部員、企画調査部員にも協力を仰ぎ開催しました。今回の Web 対応にご協力いただいた発表者の方々、及び Web 機器設定にご協力いただいた各部員の皆様にこの場を借りて御礼申し上げます。

なお、報告内容を記載した「一般財団法人 日本鉱業振興会助成 研究成果報告書」については、例年同様の非鉄金属各社、鉱業団体、図書館に配付しました。

【時間割：研究テーマは 14 件】

9:30～ 9:35	報告会開会挨拶		
9:35～10:00	1. 環境資源循環ハイドロメタラジーのための調査研究	九州大学（院）	笹木圭子
10:00～10:25	2. 陸域鉱床情報と数値シミュレーションをガイドとした海底金属資源濃集過程のマルチスケール解明	兵庫県立大学（院）	後藤忠徳
10:25～10:50	3. 精鉱の ICP 発光分光分析法による分析精度把握の研究	分析部会	富岡賢一
10:55～11:20	4. 溶融亜鉛めっき鉄筋を用いたコンクリート構造物の塩害および中性化に関する耐久性評価	鹿児島大学（院）	審良善和
11:20～11:45	5. 亜鉛合金ダイカストの表面欠陥抑制技術の開発	サトウ鑄造技術研究所	佐藤健二
13:00～13:25	6. 複合劣化作用を受けるコンクリート部材中の溶融亜鉛めっき鉄筋の腐食特性評価	徳島大学（院）	上田隆雄
13:25～13:50	7. 銅めっき及び着色処理を施した銅材の殺菌性評価	（一財）北里環境科学センター	笹原武志
13:50～14:15	8. 物理解析手法を用いた銅及び銅合金の殺菌性発現のメカニズム解明	大阪公立大学（院）	川上洋司
14:15～14:40	9. 黒鉱鉱床を規定する鉱石組織と鉱床胚胎場との関連に関する研究	東北大学（院）	山田亮一
14:50～15:15	10. 熱水鉱床の石英の微量成分に基づく鉱床タイプ区分および鉱化作用のポテンシャル評価	秋田大学	高橋亮平
15:15～15:40	11. 重希土類元素に富むフッ化鉱物の生成機構および資源ポテンシャル評価に関する調査研究	秋田大学（院）	越後拓也
15:40～16:05	12. 東北日本に産する新第三紀酸性マグマの形成年代・形成プロセスの制約と鉱脈型鉱床形成との関連性の解明	秋田大学（院）	青木翔吾
16:05～16:30	13. 後方散乱電子線回折法を用いた鉱石組織解析と硫化鉱物の晶出過程の解明	東北大学	栗林貴弘
16:30～16:55	14. マンガン鉱床の岩石磁気・古地磁気研究	富山大学	川崎一雄
16:55～17:00	報告会閉会挨拶		

3. 2024（令和 6）年度の助成案件、及び成果報告会の開催日程について

2024（令和 6）年度の助成案件につきましては、2023 年 12 月に申請団体による助成案件の説明が終わり、2024 年 1 月に鉱業助成委員による助成案件の審査を行い、2 月に理事会にて決定します。

これからも振興会と致しましては、成果報告会を通して、皆様に活発な議論や情報交換の場を提供し、ひいてはわが国の金属鉱業の発展向上に微力ながら寄与して参りたいと考えています。

なお、2024（令和 6）年度の成果報告会の開催日程は、2024（令和 6）年 11 月 8 日（金）としており、より使いやすい会場を検討しています。追って概要をご連絡しますので、来年度も関係各位の多数のご参加をお待ちしています。

以 上

日本鉱業協会の動き（12月）

日	総務部・企画調査部 鉛亜鉛需要開発センター	技術部・環境保安部
1日	・ 鉱業税制検討PT ・ ダイカスト用亜鉛合金委員会	・ 第1回 水銀汚染防止法に関する施行状況点検検討会 ・ 産業副産物等利用促進連絡会（北海道開発局）
4日	・ 経済産業統計協会 月例会	・ 非意図的生成のPOPs 大気排出抑制対策調査検討会（オンライン） ・ 日本学術振興会 素材プロセッシング第69委員会
5日		・ 省エネ部会・電気委員会合同会議
6日	・ 経団連 木曜会	・ スラグ委員会（大江山鉱業所）
7日	・ 一木会 ・ 月例懇談会 ・ 資金専門委員会 ・ 鉛遮音・遮蔽板委員会	
8日	・ 一木会 現地社長会 ・ 日本鉱業振興会 第1回鉱業助成委員会 ・ 一金会	・ 非鉄スラグガイドライン本審査（三池製錬） ・ 地質調査総合センター 研究成果報告会
11日		・ 国際金属資源循環促進検討委員会 ・ 第2回 水銀大気排出抑制対策調査検討会
12日	・ 「鉱山」編集委員会 ・ JOGMEC 海洋鉱物資源開発検討委員会	
13日	・ 亜鉛めっき普及専門委員会 ・ 第54回亜鉛ダイカスト品質証明制度運営委員会（オンライン）	・ 非鉄スラグガイドライン本審査（～14日 日向製錬所） ・ 日本地熱協会 情報連絡会
14日	・ NUMO 説明会 ・ 二木会	
15日	・ 理事会（ハイブリッド） ・ 八社総務部長会（オンライン） ・ 二八会	・ エネルギー委員会 ・ 第2回伊達鉱山技術評価委員会（オンライン） ・ 産業副産物等利用促進連絡会（北陸地方整備局港湾空港部）
18日		・ 燃料電池研究会（オンライン）
19日	・ 資源・素材学会 表彰奨学委員会（オンライン） ・ 鉛亜鉛需要開発センター運営委員会	
20日	・ 中国市場調査および駐在員との情報意見交換（上海）	・ 非鉄スラグガイドライン本審査（～21日 佐賀製錬所） ・ 中央産業審議会総合政策部会
21日	・ 銅報告会・銅友会合同会議（オンライン）	
22日	・ 総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会 ・ 特許委員会 講演会 ・ 資源・素材学会 第6回理事会	・ 分析部会 ・ JIS改正原案作成委員会 ・ 土建委員会
25日	・ 経団連 審議委員会	・ 第3回 排水処理技術処理検討会
27日		・ 経団連 労働安全衛生部会・3WG 合同会合（オンライン）

【国内関係事項：業界】

〔1 日〕 JFE ミネラルは、機能素材事業ニッケル超微粉の現有工場隣接地に建設を進めていた新工場（第 6 工場）を過日竣工したと発表した。ニッケル超微粉は、積層セラミックコンデンサの内部電極材料に使用され、スマートフォン等の通信端末機器の高機能化、自動車の EV 化・電装化、通信インフラの拡充等により、更なる需要拡大が見込まれる。

〔6 日〕 三菱マテリアルは、リチウムイオン電池リサイクル技術の確立に向けた次のステップとして、更なる開発の為にパイロットプラントを建設すると発表した。ブラックマスからリチウム、コバルト、ニッケルなどのレアメタルを回収・精製する事業化に向けて、小名浜製錬（福島県いわき市）の敷地内にパイロットプラントを建設した。

〔7 日〕 住友金属鉱山は、フィリピン子会社であるコーラルベイニッケルとタガニート HPAL ニッケルについて、安全と環境に配慮した操業の継続が評価され、フィリピン環境天然資源省より「鉱物産業環境大統領賞」「鉱業森林計画最優秀賞」など 5 つの賞を受賞したと発表した。

〔8 日〕 日曹金属化学は、ミライ化成と炭素繊維のリサイクル分野にて協業を開始したと発表した。廃棄物処理技術で廃棄物の無害化や減容化、有価資源の回収に取り組む同社と、炭素繊維と樹脂を混合した炭素繊維複合材の製造工程で生じる端材・廃材などから炭素繊維を回収できる独自技術確立し、成形プロセス確立にも取り組むミライ化成、それぞれの強みや経営資産を活用しながら、炭素繊維のリサイクルの社会実装及び循環型社会の実現を加速させていく。

〔11 日〕 三菱マテリアルは、西村康稔経済産業大臣が 12 月 10 日に東日本唯一の銅製錬所である小名浜製錬所を視察したと発表した。同製錬所では、E-Scrap をはじめとするリサイクル事業の増強・拡大に努めており、このたびの視察では銅製錬の現場をはじめ、E-Scrap の処理施設を実際に見学してもらい、同社の取り組みを紹介した。

〔12 日〕 三井金属鉱業は、パッケージ基板用キャリア付極薄銅箔について、上尾事業所の生産能力を 50 万 m² 増強し月産 250 万 m² としたと発表した。DX 導入による製造データの収集と解析による稼働率や歩留まり等の技術係数の改善により、大きな設備投

資をすることなく、生産能力を月産 200 万 m² から 250 万 m² へと大幅な増強を実現した。

〔13 日〕 三菱マテリアルは、Copper Mark 認証取得手続きを開始したと発表した。対象は同社直島製錬所とグループ会社の小名浜製錬所であり、2024 年度の取得を目指す。Copper Mark は 2019 年に国際銅協会によって設立された、銅産業の「責任ある生産」ならびに国連が提唱する SDGs への貢献を示す枠組みとなっている。

〔15 日〕 三菱マテリアルは、連結子会社であるインドネシア・カパー・スメルティングのグレスック製錬所において銅精鉱の処理能力拡張を進めており、これにより 2024 年初めから増産体制に移行すると発表した。この拡張完工により、グレスック製錬所における銅精鉱処理量及び電気銅生産能力は、年間銅精鉱処理量 1.3 百万 dmt（現行 1.0 百万 dmt）、年間電気銅生産能力 342 千 mt（現行 300 千 mt）に増強される。

〔19 日〕 三井金属鉱業は、インド工科大学デリー校（印）とグリーン水素製造技術分野での共同開発を実施することとし、同校内に開発センターを設置したと発表した。MOU（基本合意書）締結式を 12 月 11 日に実施した。共同開発を通じ、当社の保有する様々な触媒技術等を応用することで、脱炭素社会の実現に貢献するグリーン水素分野での開発を推進していく。

〔20 日〕 JX 金属は、67.8%を保有するパンパシフィック・カッパー（以下、PPC）株式の 20%及び、間接的に 15.79%を保有するロス・ペランブレス銅鉱山権益の 3.27%を丸紅に譲渡することについて、丸紅と合意したと発表した。今回の取引に伴い、PPC が連結子会社から持分法適用会社となる見込み。

〔20 日〕 三井金属鉱業は、JX 金属が保有するパンパシフィック・カッパー（以下、PPC）の銅合弁事業運営体制を改定することに伴い、JX 金属、丸紅からの PPC 銅合弁事業運営体制改定の申し入れについて、受諾することを決めたと発表した。2023 年 12 月 22 日に合弁見直しに関する合弁契約書を締結する予定。

〔21 日〕 三菱マテリアルは、xEV 用全固体電池の材料の一つである硫化物系固体電解質の量産性に優れる新たな製造技術開発に成功したと発表した。硫黄を含む原料を混合し、加熱炉で焼成するだけで目的物質を合成できるシンプルなプロセスの開発に成

功した。この新たなプロセスによって、硫化物系固体電解質の事業化に向けた検討を進める。

〔26 日〕 住友金属鉱山は、2050 年の温室効果ガス（GHG）排出量ネットゼロに向け、2030 年度に向けた削減目標と、2050 年に向けた取り組みのロードマップを策定したと発表した。

〔27 日〕 東邦亜鉛は、2023 年 11 月～12 月、同社の安中製錬所・小名浜製錬所及び関係会社の東邦契島製錬において、労働安全衛生マネジメントシステムの国際規格である ISO 45001 の認証を取得したと発表した。

〔28 日〕 JOGMEC は、齋藤経済産業大臣のサウジアラビア王国への訪問に同行し、第三国への鉱業分野における協調投資を行うことを目的に、Manara Minerals Investment Company との包括協力協定（MOC）に署名したと発表した。

【海外関係事項：一般】

〔1 日〕 国連気候変動枠組み条約第 28 回締約国会議（COP28）首脳級会合が 1～2 日まで UAE のドバイで開催された。

〔10 日〕 11 月に行われたアルゼンチン大統領選挙の決選投票で勝利した右派のハビエル・ミレイ氏が新大統領に就任した。

【海外関係事項：業界】

〔1 日〕 米政府は、インフレ削減法（IRA）による電気自動車（EV）への税制優遇に関するガイダンス案を発表した。

〔2 日〕 ペルー政府は、同国北部ラ・リベルタ州のポデロサ金鉱山を武装集団が襲撃し、鉱山労働者 9 名が死亡したことを発表した。

〔5 日〕 金鉱山会社のエボリューション・マイニング（豪）は、中国モリブデン生産大手の CMOC（旧

英語名チャイナ・モリブデン）から豪ニューサウスウェールズ州のノースパークス銅・金鉱山の権益 80% を取得することに合意したことを発表した。

〔6 日〕 ベネズエラ政府は、同国南東部ブラジル国境付近の金鉱山で地滑りによる崩落事故が発生し、少なくとも 12 名が死亡したことを発表した。

〔13 日〕 米金融サービス会社 S&P グローバルの 12 月 13 日付け報道によると、中国主要銅製錬会社の原料交渉団体である非鉄金属鉱業（CNMC）及び江西銅業（Jiangxi Copper）は 2024 年積み中国向け粗銅 RC について、116 米ドル/トンで妥結した。

〔15 日〕 アントファガスタ（英）は、子会社を通じてブエナベンチュラ（ペルー）の株式を約 19% 取得することを発表した。

〔15 日〕 中国の工業情報化省と自然資源省は、2023 年第三期のレアアース採掘枠として 1.5 万トンを追加したことを発表した。

〔20 日〕 アントファガスタ（英）は、チリ北部アントファガスタ州で操業するセンチネラ銅鉱山において、44 億米ドルの増産投資プロジェクトを決定したことを発表した。

〔21 日〕 中国の商務省と科学技術省は、レアアースの抽出・加工技術やレアアースを使った高性能磁石の製造技術などの輸出を禁止したことを発表した。

〔24 日〕 インドネシア中部スラウェシ島のモロワリ工業団地（IMIP）は、青山控股集团（Tsingshan Holding Group）子会社のニッケル製錬所の下工程で爆発事故が発生したことを発表した。その後の地元警察の発表によると、少なくとも作業員 19 名が死亡した。

〔27 日〕 ロンドン貴金属市場協会（LBMA）が発表するロンドン金現物価格は、12 月 27 日の終値で 2,069.40 米ドル/トロイオンスを付け、史上最高値を更新した。

関係法令情報（官報）

【政令】

- | | | |
|--------|---|-------|
| 〔1 日〕 | 水銀による環境の汚染の防止に関する法律施行令の一部を改正する政令 | （三四四） |
| 〔6 日〕 | 危険物の規制に関する政令の一部を改正する政令 | （三四八） |
| 〔27 日〕 | 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律施行令の一部を改正する政令 | （三八二） |

【省令】

- [6 日] 危険物の規制に関する規則の一部を改正する省令 (総務八三)
- [8 日] 工場等における電気の需要の最適化に資する措置に関する事業者の指針の一部を改正する告示 (経済産業一四七)
- [26 日] 毒物及び劇物取締法施行規則の一部を改正する省令 (厚生労働一六三)

【告示】

- [6 日] 危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示の一部を改正する件 (総務四〇六)
- [15 日] 危険物の規制に関する規則第七条の五の規定により総務大臣が定める方法の一部を改正する件 (総務四一四)

以 上

(鉱物標本の展示 ご案内)

一般財団法人 日本鉱業振興会では、貴重な国内の代表的な金属鉱山の鉱物標本を、榮葉ビル6階展示コーナー（神田錦町）及び科学技術館4階“Metal Factory”に展示し、広く一般に鉱物についての知識の普及に努めています。

鉱物の知識・性状や歴史を知るうえで、非常に有益なものです。是非、御覧になり参考にして下さい。

問合せ：(一財) 日本鉱業振興会 E-mail kozan@kogyo-kyokai.gr.jp
Tel 03-5280-2341 Fax 03-5280-7128



鉱 山

第77巻第1号（通巻第818号）

発行 令和6年1月25日
発行所 (一財) 日本鉱業振興会
〒101-0054

東京都千代田区神田錦町3丁目17番地11
榮葉ビル8階

電話 03-5280-2341

FAX 03-5280-7128

発行人 鈴木 信行

編集人 大石 保

印刷所 日本印刷(株)