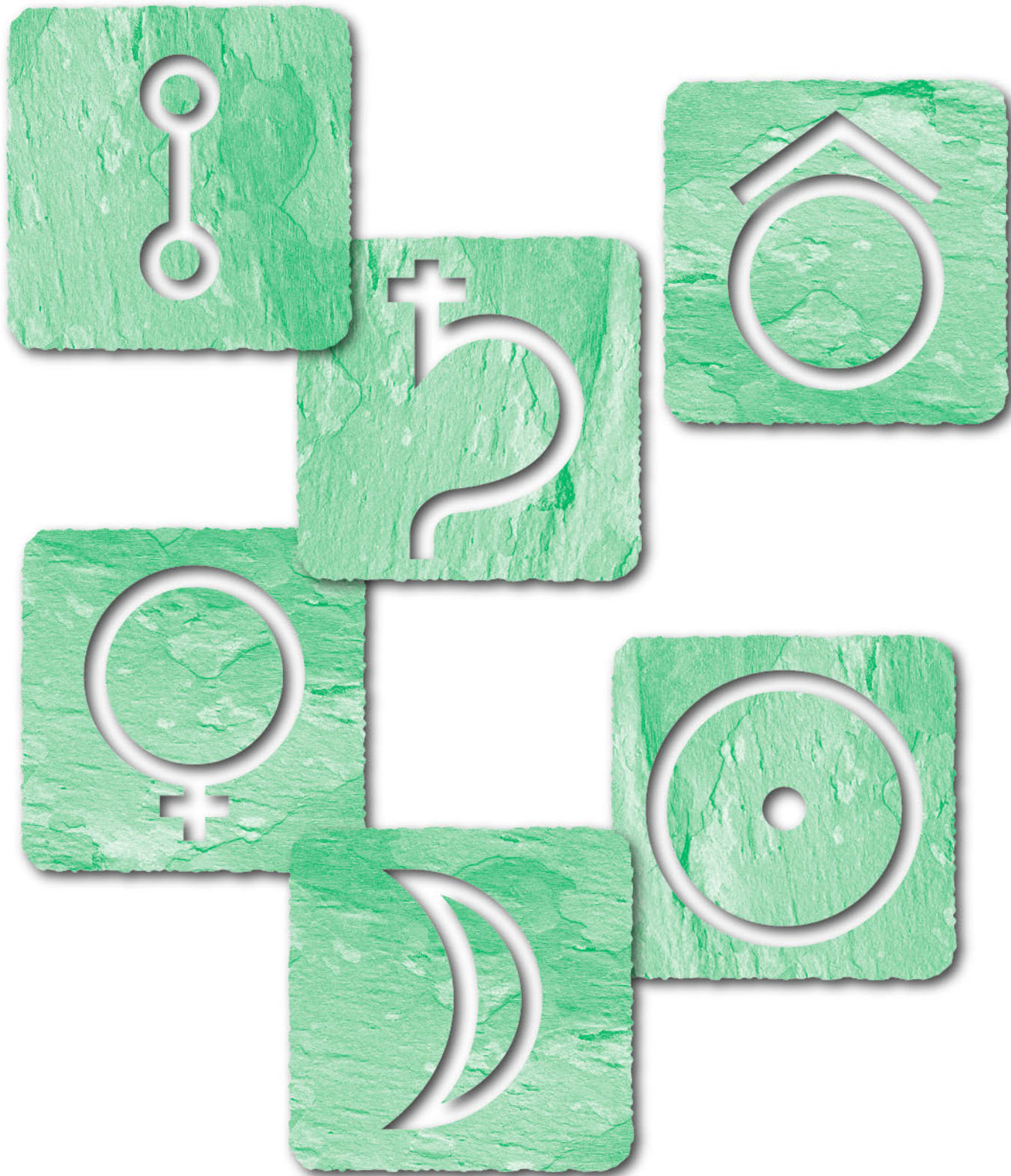


金属鉱山

2020

2・3



地球と、人のXに。^{みらい}

JX金属グループは、「銅」を中心とした上流の「資源開発」から、中流の「金属製錬」および下流の「電材加工」「環境リサイクル」までの一貫した事業を展開しています。私たちは、これらの事業活動を通じて、非鉄金属、電子材料等の素材を安定的に供給するとともに、非鉄金属リサイクルを促進することにより、資源と素材の生産性の革新に取り組んでまいります。



JX金属株式会社

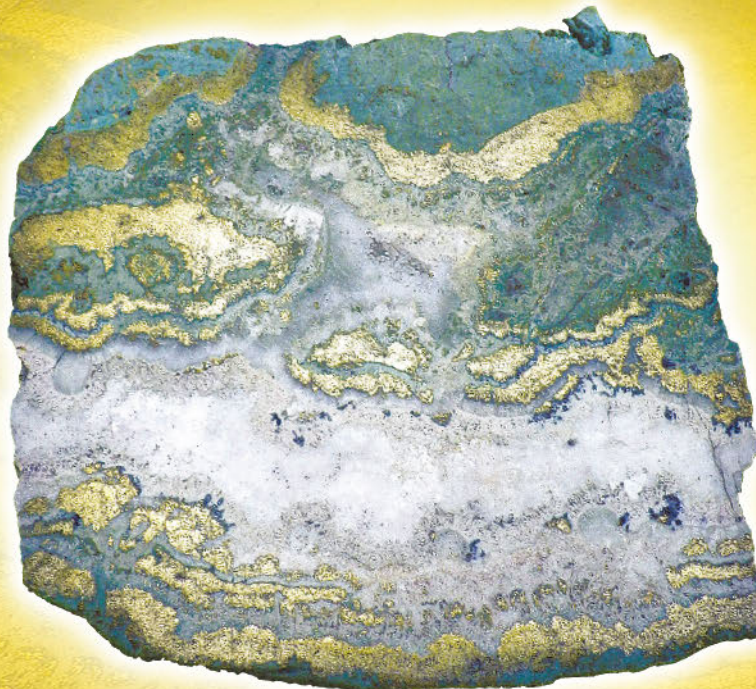
〒100-8164 東京都千代田区大手町一丁目1番2号 www.nmm.jx-group.co.jp



JX金属株式会社

住友金属鉱山株式会社 www.smm.co.jp

日本最大の産金量を誇る「菱刈鉱山」。
住友金属鉱山は、この鉱脈を
未来へつないでいきます。



未来鉱脈

菱刈鉱山より探掘された超高品位鉱石



日比共同製錬株式会社

代表取締役社長 三浦 章
株 主 パンパシフィック・カッパー
日 鉄 鉱 業
製 品 古河メタルリソース
電 気 銅 ・ 硫 酸 ・ 石 膏
本 社 東京都千代田区大手町1-1-2 電 03-6257-7591
大手門タワー・JXビル18F
(連絡先) 岡山県玉野市日比6-1-1 電 0863-81-8045
玉野製錬所 岡山県玉野市日比6-1-1



亜鉛合金・硫酸・日曹サルファン・発煙硫酸
無水亜硫酸ソーダ・重亜硫酸ソーダ・環境開発事業

日曹金属化学株式会社

代表取締役社長 菊池昭彦

本 社 東京都台東区上野3丁目1番2号(秋葉原新高第一生命ビル2階)
電 話 (03) 5688-6381 (代表)
会津工場 福島県耶麻郡磐梯町大字磐梯1372
電 話 (0242) 73-2121 (代表)
千葉工場 千葉県市原市五井南海岸12-32
電 話 (0436) 21-3351 (代表)

人と社会と
地球のために

ユニークな技術で創る
私たちのマテリアルは、
循環型社会に
貢献する贈りもの。



循環型社会と未来の地球のために

当社は操業開始以来、50年を超える歴史の中で培った技術力と経験を生かし、お客様と地域社会の皆様の信頼に応え、次の50年も人と社会と地球のために貢献したいと願っています。

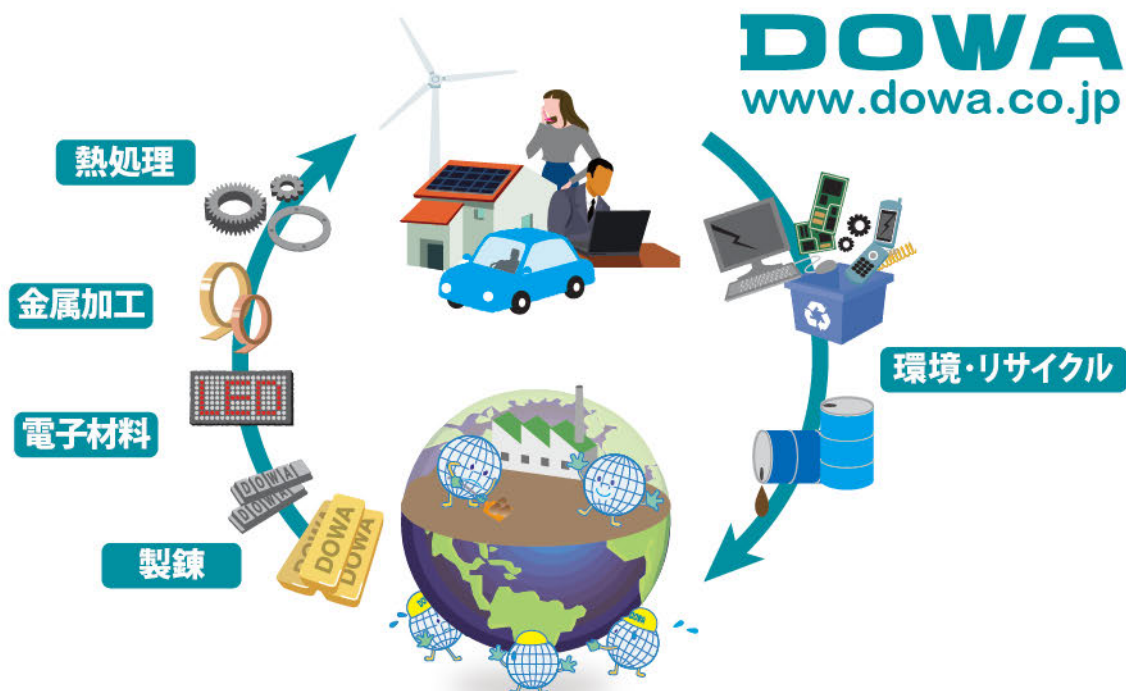


(事業内容)

- 銅の受託製錬及び加工
- 硫酸その他無機工業製品の製造・販売
- 一般廃棄物及び産業廃棄物の処理

 小名浜製錬株式会社

<http://group.mmc.co.jp/osr/>



DOWA が広げる
資源リサイクルの“環”



三井金属

140年の歴史。 1万人の知恵。 三井金属

三井金属鉱業株式会社

<http://www.mitsui-kinzoku.co.jp>

マテリアルの知恵を活かす

Q

1875年創業。

Power & Passionを胸に
走り続けるメーカーはどっち？



気合筋肉メーカーは、見えないところで働いています。

普段、みなさんが目にすることのない場所で、私たちの機械が働いています。例えば露天掘り採掘現場。そこでは、岩盤に発破用の火薬を装填するための穴を掘る(油圧クローラドリル)が活躍しています。1分間に約250回転と約2,500回の打撃を岩盤に加えることが可能です。日本では、砕石現場や石灰鉱山などで使用され、海外では、鋼や鉄など各種鉱山だけでなく、整地などのインフラ整備でも使用されています。古河機械金属は機械・素材メーカーです。日本の歴史と共に発展し創業140年超となりました。骨太の企業としてこれからも社会基盤を支え続けます。



油圧クローラドリル

古河機械金属株式会社

本社 〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3 URL <https://www.furukawakk.co.jp>

古河気合筋肉

検索

FURUKAWA 140 YEARS

140年の想いがつまった会社紹介映像をご覧ください。
<https://www.youtube.com/watch?v=hVFQYBAhps>



2019 年度「日本鋳業協会賞」紹介 ……日本鋳業協会…… (1)

政策動向

2020 (令和 2) 年度税制改正について (税制改正大綱の概要)
……日本鋳業協会 総務部…… (14)

新材料部会講演

高容量かつ劣化しないリチウムイオン 2 次電池用酸化ケイ素負極
……国立研究開発法人 産業技術総合研究所
先進コーティング技術研究センター 間宮 幹人…… (17)

部会報告

パナソニック・コネクティッドソリューションズ社神戸工場見学記
～No. 1×Only1 の融合でのイノベーション戦略は製錬事業に何をもたらすか～
……三井金属鋳業(株) 加藤 香頭由…… (26)

現地研究会見学記 九州工業大学

トヨタ自動車九州株式会社 宮田工場 株式会社安川電機 中間事業所
……古河機械金属(株) 松枝 敏晴…… (29)

- ★日本鋳業協会の動き …… (33)
- ★主 な 出 来 事 …… (35)
- ★関 係 法 令 情 報 …… (40)

★編集部より

今冬は少雪で、除雪の作業から解放された面からはよかったと思いますが、スキー場の運営や冬恒例の行事には困ったのではないのでしょうか。2月に入ってから新型コロナウイルスが広範囲に拡散し、協会関係を含めて様々な行事が中止・延期されています。しばらくは心配な状況が続きそうです。

さて、今号では 2019 年度の日本鋳業協会賞を紹介します。昨年度より多い 12 テーマ (40 名) が表彰されます。受賞の皆様おめでとうございます。

(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) 金属鋳山会 E-mail: kozan@kogyo-kyokai.gr.jp (担当: 早川, 富田)

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

2019 年度「日本鉱業協会賞」紹介

日本鉱業協会

2019 年度（第 71 回）「日本鉱業協会賞」は、審査委員会での慎重な審査を経て、2 月 14 日（金曜日）に開催された日本鉱業協会理事会において正式決定されました。

今回の受賞者は、12 件 40 名であり、来る 3 月 27 日（金曜日）日本鉱業協会の会議室において開催される表彰式にて、小野協会長より表彰状及び記念品が授与されます。

今回の受賞者及びその功績の概要を紹介します。

2019 年度（第 71 回）日本鉱業協会賞 受賞者一覧

No.	論文名	会社名 ※ 非会員会社	事業所名	氏名	推薦母体
1	シエラゴルダ鉱山における選鉱操業改善について	住友金属鉱山株式会社	資源事業本部	俣山卓矢	資源部会
		住友金属鉱山株式会社	資源事業本部 (SMM Chile 出向)	山路悠太	
2	大霧発電所における蒸気の長期安定生産に向けて ～新規補充生産井の安定操業の取組み～	※ 霧島地熱株式会社	生産部	幕内歩	資源部会
		※ 霧島地熱株式会社	生産部	久保明広	
		※ 霧島地熱株式会社	生産部	会沢辰介	
		日鉄鉱業株式会社	資源開発部地熱開発課	樋口聖	
		日鉄鉱業株式会社	資源開発部地熱開発課	高山純一	
3	小坂製錬における銅電解の諸改善について	小坂製錬株式会社	小坂製錬所	高木悠	製錬部会
		小坂製錬株式会社	小坂製錬所	畠山健	
4	佐賀閼製錬所における自溶炉セトラ更新について	パンパシフィック・カッパー株式会社	佐賀閼製錬所	丹尾優太	製錬部会
		パンパシフィック・カッパー株式会社	佐賀閼製錬所	永戸敏博	
		パンパシフィック・カッパー株式会社	佐賀閼製錬所	小川勤	
		パンパシフィック・カッパー株式会社	佐賀閼製錬所	洪在亨	
5	Si 自動分析装置の開発	三井金属鉱業株式会社	基礎評価研究所	永岡信	分析部会
		三井金属鉱業株式会社	基礎評価研究所	石原洋三	
		三井金属鉱業株式会社	基礎評価研究所	吉永文博	
		三井金属鉱業株式会社	基礎評価研究所	小柳敦美	
		神岡鉱業株式会社	分析技術センター	畑元俊一	
6	リサイクル原料中の貴金属分析法の開発	神岡鉱業株式会社	分析技術センター	仲表俊幸	分析部会
		神岡鉱業株式会社	分析技術センター	和仁博英	
		神岡鉱業株式会社	分析技術センター	池田雅樹	
		神岡鉱業株式会社	分析技術センター	畑元俊一	
		三井金属鉱業株式会社	基礎評価研究所	石原洋三	
7	原料増処理対応に向けた鉛溶鉱炉増強更新工事	三井金属鉱業株式会社	竹原製錬所	山下裕司	工務部会
8	自溶炉セトラ リニューアル工事	パンパシフィック・カッパー株式会社	佐賀閼製錬所	門間良平	工務部会
9	アルミ電線と銅端子のガルバニック腐食を防止する防食めっき処理	三菱マテリアル株式会社	中央研究所	久保田賢治	新材料部会
		三菱マテリアル株式会社	中央研究所	西村透	
		三菱マテリアル株式会社	中央研究所	樽谷圭栄	
		三菱マテリアル株式会社	中央研究所	中矢清隆	
		三菱マテリアル株式会社	中央研究所	酒井章雄	
		三菱マテリアル株式会社	中央研究所	川合俊輔	
		※ 三菱伸銅株式会社	若松製作所	玉川隆士	
10	C軸配向Apatite型ランタンシリケート電解質を用いたセルの酸素ポンピング特性 －低温作動への挑戦－	三井金属鉱業株式会社	機能材料研究所	井手慎吾	新材料部会
		三井金属鉱業株式会社	機能材料研究所	大山旬春	
		三井金属鉱業株式会社	機能材料研究所	加畑実	
11	日比製錬所における安全管理について ～リスクアセスメントによる危険感受性の向上への取組み～	パンパシフィック・カッパー株式会社	日比製錬所	小松禎之	環境・安全担当 者会議
		パンパシフィック・カッパー株式会社	日比製錬所	池田典興	
		パンパシフィック・カッパー株式会社	日比製錬所	伊藤禎保	
		パンパシフィック・カッパー株式会社	日比製錬所	相野宏之	
12	秋田ジンクソリューションズの安全への取組み	※ 秋田ジンクソリューションズ株式会社	本社工場	中塩直晴	環境・安全担当者会議
計	12 件			40 名	

シエラゴルドダ鉱山における選鉱操業改善について

住友金属鉱山株式会社 資源事業本部 倅山卓矢
住友金属鉱山株式会社 資源事業本部 山路悠太

功績の概要

シエラゴルドダ鉱山は、チリ共和国Ⅱ州アントファガスタの北東約 140km に位置する銅・モリブデン鉱山である。2014 年 7 月に選鉱操業を開始し、2014 年 8 月及び 2015 年 3 月にそれぞれ最初の銅精鉱及びモリブデン精鉱を生産した。

処理量は、操業開始から 100 千トン/日まで増加した後、しばらく停滞した。操業解析を実施したところ、主要因は、ベルトコンベア停止の頻発と各設備における工程内繰返し産物の増大であることが判明した。ベルトコンベア停止の主因であったベルト損傷については、設備・補修作業・管理の各点から改善を実施した。また、各設備への繰返し産物の増大に対しては、破碎機のライナー仕様変更やスクリーンパネル開口サイズ、3 次クラッシャー操業条件の最適化を行った。その結果、2018 年下期には設計能力 (110 千トン/日) を超える 113 千トン/日を達成した。

銅実収率は、2017 年以降 80%以上を保つ一方で、モリブデンについては、実収率が低い状態が続いた。その原因はモリブデンプラントの設備不備により、操業条件が不安定になっていたためであった。集中的な改善活動を実施し、その中で操業条件については、500 点以上のラボ試験を実施し、低実収率の原因解明と操業基準値の設定を行った。その結果判明した操業条件をオペレーターに繰返し指導し、操業管理を徹底させた。これにより、モリブデンプラント実収率は 80%以上、モリブデン精鉱のモリブデン品位は、47%以上で安定した。

今後は、さらなる増処理に向けて各工程のボトルネック改善に取り組んでいく。

実施時期

平成 28 (2016) 年 4 月～平成 31 (2019) 年 3 月

成 果

1. ベルトコンベア損傷低減により、ボールミル稼働率は 84%→88%に改善
2. 2 次クラッシャー、3 次クラッシャー、湿式スクリーン、サイクロンの操業条件最適化により、ボールミル処理速度は毎時 5,056 トン→5,341 トンに向上
→1 及び 2 の結果、ボールミル処理量は、113 千トン/日を達成
3. モリブデンプラントの設備改善、浮選条件の最適化 (操業基準値の設定)、操業基準値の管理徹底により、実収率・精鉱品位ともに改善した。

大霧発電所における蒸気の長期安定生産に向けて

霧島地熱株式会社	生産部	幕内	歩
霧島地熱株式会社	生産部	久保	明広
霧島地熱株式会社	生産部	会沢	辰介
日鉄鉱業株式会社	資源開発部	樋口	聖
日鉄鉱業株式会社	資源開発部	高山	純一

功績の概要

大霧発電所は、1996年3月に運転を開始した定格出力30,000kWの地熱発電所であり、発電部門は九州電力株式会社が、蒸気供給部門は日鉄鉱業株式会社が担当し、その操業は、霧島地熱株式会社が行っている。このタイプの地熱発電は、地下に賦存する高温・高圧の地熱流体から取り出す地下水蒸気を利用して蒸気タービンを回転させて発電するが、多くの地熱発電所において蒸気生産量の確保が課題となっており、その原因については個々に事情が異なり、その状況に応じて対策が取られている。

大霧発電所は、霧島錦江湾国立公園内普通地域内の霧島火山群西側山麓に位置する銀湯断層及び大霧深部断層群 No.1, 2, 3 を主たる地熱貯留槽として操業を行っている。No.2 断層の西方延長部は、1999 年以降主要な還元ゾーンである。

大霧発電所の蒸気生産は、運転開始から10年程度は銀湯断層のみで定格出力に必要な蒸気量を生産してきたが、徐々に同断層の生産能力低下が進行し、それを補うべく大霧深部断層群 No.1, 2, 3 への補充生産井 A6~A9 の掘削を順次実施した。しかし、還元熱水の影響により、安定的な蒸気確保ができなため、以下の対策を実施した。

1. 地上設備への対策：坑口圧力の低い生産井 (A8, A9) をより長く操業させることを目的とした配管の圧力損失を低減させる配管切替工事
2. 坑井への対策：生産井 A9 の坑内温度低下部を二重管化することで断熱し温度低下を抑制する坑内改良工事
3. 貯留槽への対策：生産ゾーンの温度低下抑制を目的とした生産ゾーンから距離を離れた補充還元井 D6 掘削工事

実施時期

平成 28 (2016) 年 7 月～平成 31 (2019) 年 4 月

成 果

1. 配管切替工事の結果、A8 については2週間以上、A9 については1年以上の操業活用が可能となった。
2. A9 坑内改良工事の結果、温度低下抑制効果を温度検層により確認 (生産井 A7 と同時の A9 操業活用を1年以上継続)
3. 補充還元井 D6 の利用により、既設の還元井より1週間以上の生産ゾーンへの影響の遅延が認められた。今後は、上記3貯留槽への対策に注力し、安定した蒸気生産を目指す。

小坂製錬における銅電解の諸改善について

小坂製錬株式会社 小坂製錬所 高 木 悠
小坂製錬株式会社 小坂製錬所 畠 山 健

功績の概要

小坂製錬所は、秋田県内陸北東部に位置している。リサイクル原料及び二次原料を中心に操業しており、金・銀・銅・鉛等の非鉄金属各種を生産する複合・リサイクル製錬所として事業を展開している。

当所では、2008年に銅溶錬方式を自溶炉・転炉方式から TSL 炉方式に転換した。TSL 方式への転換に伴い、銅の製造方法を電解精製法から電解採取法へと変更した。電解採取法への変更後、銅精製課では、2つの課題が発生した。

具体的には、①電流効率の低下、②熱中症災害の発生である。

この2つの課題について、それぞれ以下のとおり取組みを実施した。

【電流効率改善対策】

- ①悪化した既存の鉛アノードの新型鉛アノードへの交換
- ②硫酸コバルトの添加

【熱中症災害対策】

- ①引揚ブロックの小ロット化 (1日当たりの引揚槽数を減らす)
- ②非定常での作業を定期的実施する

実施時期

電流効率改善 2014年4月から取組開始

熱中症対策 2016年10月から取組開始

成 果

【電流効率改善】

1. 取組みにより電流効率が改善し、95%以上を維持
2. 鉛アノードの減耗速度が緩やかになり、寿命が20年まで延長する見込み

【熱中症対策】

1. 1日当たりの引揚槽数が減少し、槽上での作業時間が半分に減少した
2. 作業のばらつきがなくなり、作業負荷が安定し残業時間が減少した
3. 作業平準化に伴う通電方法のパターン化で電気銅の生産が安定した
4. 電気銅の不純物の低減

佐賀関製錬所における自溶炉セトラ更新について

パンパシフィック・銅株式会社	佐賀関製錬所	丹尾優太
パンパシフィック・銅株式会社	佐賀関製錬所	永戸敏博
パンパシフィック・銅株式会社	佐賀関製錬所	小川勤
パンパシフィック・銅株式会社	佐賀関製錬所	洪在亨

功績の概要

佐賀関製錬所自溶炉は、銅精鉱 S/Cu 上昇に対応するため、段階的に生産能力を引き上げてきたが、自溶炉の溶湯保持部であるセトラは、一部を除いて建設以来未更新で 40 年以上が経過し、炉体の膨張・変形が進行していた。

また、現在銅精鉱中の銅品位低下の対策として自溶炉精鉱処理増強を計画しており、更なる熱負荷増加に対応していく必要が生じていた。そこで、2017 年 9 月～12 月の間の 76 日間にて自溶炉セトラ更新を実施した。

自溶炉セトラ更新の設計方法は、以下のとおりである。

1. 炉床が熱膨張した際の応力を水平・垂直方向のスプリングで最適保持
2. 側壁に冷却能力の高い水冷ジャケット設置
3. フレームを極力コンパクト化し、炉内容積を最大化
4. バックステー毎に変位計を設置し、炉体の膨張収縮を連続的に監視
5. 炉底から積極的に抜熱する炉底空冷システムを採用

実施時期

平成 29 (2017) 年 9 月～12 月

成 果

1. 銅精鉱処理能力増強

自溶炉セトラ更新により、銅精鉱処理能力アップ (1 時間当たり 210t→225t) が達成され、2019 年には能力をさらに増加する計画である。

2. スラグロス低減

自溶炉の溶湯保持面積増により、スラグの炉内滞留時間が 16.7%増加し、スラグロスを 11%程度低減することができた。

Si 自動分析装置の開発について

三井金属鉱業株式会社	基礎評価研究所	永岡	信
三井金属鉱業株式会社	基礎評価研究所	石原	洋三
三井金属鉱業株式会社	基礎評価研究所	吉永	文博
三井金属鉱業株式会社	基礎評価研究所	小柳	敦美
神岡鉱業株式会社	分析技術センター	畑元	俊一

功績の概要

当社では、各種材料の高純度化に伴い、微量分析のニーズが増大してきており、特に Si については、0.1ppm 以下の定量下限が求められている状況にある。従来、当社では微量 Si の分析法として、四ふっ化ケイ素気化分離法により Si を分離した後、モリブデン吸光光度法により定量化する方法を採用してきたが、分離操作が煩雑でコンタミ（他物質の混入）を受けやすいなどの問題点があり、目標とする定量下限を満たすことが困難であった。

今回、この一連の「Si 気化分離-モリブデン青吸光光度測定」の全操作を完全自動化し、連続流れ分析が可能な新しい分析装置を新規に開発した。本装置を使用することで、完全密閉系の中でコンタミを極限まで低減でき、定量下限を大幅に下げることが可能となり、定量下限 0.1ppm 以下の微量 Si の分析方法を確立することができた。

実施時期

2018 年 4 月～2019 年 3 月

成 果

1. 完全無人化で全自動測定が可能な微量 Si 分析装置を新規に開発した。
2. 本装置を使用することで、コンタミを極限まで低減できるとともに希釈倍率の大幅な向上につながり、各種材料中の 0.1ppm の微量 Si の分析が可能となった。
3. 分析時間が従来に比べ 10 分の 1 以下となり、迅速な分析が可能となった。
4. 分析に際して使用する試薬やガスの使用量が従来に比べ約 3 分の 1 程度になり、省力化にもつながった。
5. 連続流れ分析が可能となることで、工程管理などのモニタリング装置としての活用が可能となるなど、新たな用途が見いだせることとなった。

リサイクル原料中の貴金属分析法の開発

神岡鉱業株式会社	分析技術センター	仲 表 俊 幸
神岡鉱業株式会社	分析技術センター	和 仁 博 英
神岡鉱業株式会社	分析技術センター	池 田 雅 樹
神岡鉱業株式会社	分析技術センター	畑 元 俊 一
三井金属鉱業株式会社	基礎評価研究所	石 原 洋 三

功績の概要

リサイクル原料からの貴金属回収の需要が高まっている中で、そのための分析に用いられている乾式試金分析では、試料中の貴金属 Au, Ag, Pt, Pd を分離定量している。乾式試金分析法は、誤差が少なく分析精度がよいというメリットがあるが、分析法が煩雑で熟練を要し、分析コストが高い等のデメリットもある。

今回、乾式溶融処理での鉛ボタン作成と固体発光分光分析法を組み合わせた貴金属分析法を検討した。この方法により、基本的にどのような試料でも高精度に分析することが可能となるとともに、従来法では困難だった Rh 分析にも適用できる。

分析法確立への主要課題と結果

1. 鉛ボタン中の貴金属の偏析を調査し、変動幅 2%以内を確認
2. 貴金属の回収率は 90%以上と良好
3. 鉛ボタンに付着した不要スラグの除去のための酸洗浄法を確立
4. 簡便性、信頼性を考慮し、原子吸光用標準液による検量線作成手順を確立

実施時期

2016 年 4 月～2019 年 5 月

成 果

1. 乾式融解処理と固体発光分光分析を組み合わせた分析方法を確立した。
2. 本法により、乾式試金分析では困難だった Rh の分析が可能となる。
3. Rh 以外の貴金属分析への適用も可能であることを確認した。
4. 本法では、高温の灰吹き作業が不要で、作業性や安全性が向上する。

原料増処理対応に向けた鉛熔鉱炉増強更新工事

三井金属鉱業株式会社 竹原製煉所 山下 裕 司

功績の概要

竹原製煉所では、鉛熔鉱炉の原料処理増を目的とし、様々な対応を実施してきたが、いずれも一時的な効果にとどまり、目標とした原料処理量に到達しなかった。

そのため、現状の炉では増処理対応は不可能と判断し、最も確実性の高い炉本体のスケールアップによる原料増処理対応を実施した。

鉛熔鉱炉の増強更新計画は、以下のとおりである。

1. 既存設備の配置状況や設置スペースの制限等の物理的制約の中で炉を拡張する。
2. 工事期間や工事スペースの制約により、杭打ち工事を実施しない条件下で、拡張した炉の荷重増加分に対応した基礎を設置する。
3. 原料・コークスが炉内で均一な分布となる原料投入設備を設置する。
4. 炉況の安定化を図るため、炉内の燃焼や反応条件が既設の炉と変わらないことを前提とし、できるだけ最適な燃焼条件を得られるように建設する。
5. 既設の炉の解体に際して予見できない事態発生が起こり得るが、50 日間の予定工期で工事を完了させる。

実施時期

企画検討～運転開始

2016 年 6 月～2018 年 6 月まで

成 果

1. 炉内の燃焼領域と炉形状の最適バランスを決定したうえで、周囲の既設設備を改造することなく本工事を完了した。
2. 炉の直下の地盤の長期地耐力の調査を実施し、基礎杭を打設しなくとも設計荷重を十分支持できる地耐力を有していることを確認したうえで、基礎を全面更新した。
3. 原料投入設備は、ミニチュアモデルで試験・考察を繰返し実施し、更に実機スケールで確認試験を実施のうえ設備仕様を決定した。
4. 炉体使用の決定に際して、高炉で使用される燃焼領域計算の理論式と鉛熔鉱炉での実測値とを組み合わせることで、鉛熔鉱炉での独自の燃焼領域計算式を導き出して実行した。
5. 50 日間の短期間での工期達成のため、ジェットコンクリートを採用するとともに解体工事におけるコンティンジェンシープランをあらかじめ準備した。

自溶炉セトラ リニューアル工事

パンパシフィック・カッパー株式会社 佐賀製錬所 門 間 良 平

功績の概要

佐賀製錬所自溶炉は、1973年に建設されたが、当初の設計能力を3倍上回る操業を行うとともに、稼働開始以来30回以上の冷間炉修を繰り返したことで、近年ではレンガの残存膨張による炉体フレーム変形が顕著となってきた。そのため、自溶炉の炉体健全性回復のため、セトラ部の更新を計画した。

体制面では、社内にプロジェクトチームを立ち上げ、設計から工事施工までの実施主体としてJVを組成した。

更新にあたり、従来の固定式の炉体フレームからスプリング保持式の炉体フレームとし、パンパシフィック・カッパー(株)開発の側壁水冷ジャケットを採用するなど、最新の技術を導入することとし、将来の増産に耐えうる設備とした。

既設設備の配置の関係からクレーンが使用できないなど各種の制約のある中で、容体保持面積を大きくし、スラグロス低減させる、効率的な築炉工事を実施するなどの改善や工夫を織り込み、国内外の関係者が協力して、極めて短期間での大規模な工事を実施するとともに、工事後のスムーズな稼働も実現することができた。

実施時期

2013年12月～2017年12月まで

成 果

1. 自社技術(側壁水冷ジャケットの採用)や海外技術(スプリング保持式の炉体フレーム等)を組み合わせ、銅精鉱処理能力の増及びスラグロス低減を実現した。
2. 極めて短期間で大規模な工事を実施し、設備停止による機会損失の減少をミニマイズ化した。
3. 設備完成後の稼働もスムーズに移行し、立上げトラブルが発生しなかった。

アルミ電線と銅端子のガルバニック腐食を 防止する防食めっき処理

三菱マテリアル株式会社	中央研究所	久保田 賢 治
三菱マテリアル株式会社	中央研究所	西 村 透
三菱マテリアル株式会社	中央研究所	樽 谷 圭 栄
三菱マテリアル株式会社	中央研究所	中 矢 清 隆
三菱マテリアル株式会社	中央研究所	酒 井 章 雄
三菱マテリアル株式会社	中央研究所	川 合 俊 輔
三菱伸銅株式会社	若松製作所	玉 川 隆 士

功績の概要

ワイヤーハーネスの電線を銅線からアルミ線にすることで軽量化を達成するアルミワイヤーハーネスが注目されている（銅線比 40%以上の軽量化）。アルミワイヤーハーネスは、銅合金製の端子とアルミ合金製の電線を加締めして使用するが、アルミと銅が接合された状態で、塩水などの電解質水溶液に接触すると、アルミと銅との間でガルバニック腐食が発生する問題がある。

本発表は、ガルバニック腐食を銅合金にめっき処理を施すことで抑制することを目的として検討を行ったものである。

具体的には、電気接点性能が優れるスズに腐食電位がアルミよりも卑な亜鉛を添加することで銅端子の腐食電位をアルミに近づけてアルミ腐食を低減できることに着目し、銅合金端子上にニッケル、亜鉛合金、スズを順次積層する防食めっき付き銅端子材料の開発を行った。

この防食めっきを施した銅合金端子は、アルミのガルバニック腐食電位を大幅に低減できることをアルミ線と防食めっき平板サンプルを用いた電気化学測定で確認した。また、端子サイズ 2.3 型相当の銅端子形状モデルを作成し、アルミ線の腐食電流シミュレーションを実施した。シミュレーションにより、防食めっきを施すことでアルミ線に流れる腐食電流を銅端子に対して 1000 分の 1 以下まで低減できることが示唆された。

実施時期

2017 年 4 月～2019 年 3 月

成 果

1. アルミのガルバニック腐食の大幅な抑制を長時間維持できる防食めっき付き銅合金端子を開発した。
2. 本研究で開発した防食めっき技術を用いることで、従来から用いられている樹脂モールド処理などの防食処理が不要となり、アルミワイヤーハーネスの小型化と低コスト化への貢献が期待される。

c 軸配向 Apatite 型ランタンシリケート電解質を用いたセルの酸素ポンピング特性 — 低温作動への挑戦 —

三井金属鋳業株式会社 機能材料研究所 井手 慎 吾
三井金属鋳業株式会社 機能材料研究所 大山 旬 春
三井金属鋳業株式会社 機能材料研究所 加 畑 実

功績の概要

現在、高効率発電デバイスである固体酸化物型燃料電池 (SOFC) や車載用排ガスセンサなどに使用される酸素センサの電解質には、高音域で酸素イオンが伝導可能な酸化物セラミックスであるイットリア安定化ジルコニア (YSZ) 固体電解質が使用されている。固体電解質は、その他にも酸素分離膜、水電解、各ガスセンサ等、将来のエネルギー源や IoT 社会を支える重要なデバイスへの応用展開が検討されている。

これら固体電解質型のデバイスは、高効率・高性能を成し得る大きな特徴を生かし、今後も更なる研究開発、市場拡大が見込まれている。一方、YSZ 固体電解質は、各デバイスの作動に必要な酸素イオン伝導度を得るために、800℃以上の高温加熱を必要とすることから、より低温域でも高い酸素イオン伝導度を有する材料探索が世界中の大学や研究機関で進められてきた。

今回の発表は、独自の量産性が高い製造技術により、低温領域でも高い酸素イオン伝導を示す新規固体電解質開発に成功した。この材料は、既存の YZC 電解質より、10 倍以上高い伝導度を示し、作動温度を 200℃以上低温化できるものである。更に九州大学 島ノ江教授、渡邊准教授との共同研究により、この新規電解質を用いた高性能デバイスの開発にも成功した。

実施時期

平成 26 (2014) 年 4 月～令和元 (2019) 年 11 月

成 果

本研究において開発した固体電解質は、今後ニーズが高まる低温作動型固体電解質デバイスを実現できる有望な材料である。エネルギー分野や IoT 社会への技術貢献は極めて大きいと判断できる。

すでに実用化に向けた製品・仕様設計が検討されており、新しい用途への応用展開も大いに期待できるものである。

(学会発表 9 件, 報告文献 2 件, 特許出願 13 件)

日比製煉所における安全管理について

ーリスクアセスメントによる危険感受性向上への取組みー

パンパシフィック・銅株式会社	日比製煉所	小 松 禎 之
パンパシフィック・銅株式会社	日比製煉所	池 田 典 興
パンパシフィック・銅株式会社	日比製煉所	伊 藤 禎 保
パンパシフィック・銅株式会社	日比製煉所	相 野 宏 之

功績の概要

パンパシフィック・銅株式会社日比製煉所では、危険源の低減やその隔離といった設備対策と、働く人の危険感受性を向上させることを大きな柱として、労働災害の抑制に取り組んでいる。

この危険感受性の向上の取組みとしては、過去の災害事例の学習、4RKYT などのほかに、リスクアセスメントの手法を正しく身につけてどのような要因で災害に至るかという災害シナリオを考える能力を向上させる活動にも取り組んでいる。

この取組みは、リスクアセスメントの危険の抽出の段階で災害シナリオを詳細に想定する能力を身につけさせることで、各々の作業の場面でのリスクへの気づきの能力を向上させる効果を狙ったものである。

安全衛生管理の手法としてのリスクアセスメントの元来の位置づけは、事業に関わるリスクを抽出してそれを定量的に評価し、その評価に沿った優先順位をつけて対策やリスク管理の内容を決定するためのツールであるが、当製煉所ではその側面だけに限定せず、リスクアセスメントを人材の危険感受性向上のツールとして活用し、働く人の危険感受性の向上に効果を上げている。

実施時期

2018 年 4 月～ (現在も継続中)

成 果

2018 年に休業災害 5 件を含む微細傷以上の災害件数が 7 件であったものが、この取組みの導入後 2019 年は 11 月 15 日時点で発生件数ゼロ件という災害発生の抑止ができています。

各部門のリスクアセスメントについて、その評価の適切性が向上しており、手順、ルールによるリスク管理策のみでリスクレベル評価を下げない適切な評価が浸透してきている。

秋田ジンクソリューションズの安全への取組み

秋田ジンクソリューションズ株式会社 本社工場 中 塩 直 晴

功績の概要

秋田ジンクソリューションズ株式会社では、定年退職者が職場を去る中で、平成 22 年 (2010 年) から新人者を継続的に採用している。

平成 26 年 (2014 年) に入社 1 年 6 か月の新人者が溶解炉に転落する重傷災害が発生した。

本災害により、所轄の労働基準監督署から安全管理特別指導事業場の指定を受け、安全衛生活動の立直しを図る中、新人者安全教育等の見直しを実施した。

新人者安全教育等の見直し内容は、以下のとおりである。

1. 入社時安全教育の見直し
2. 新人者呼戻し教育の実施
3. 作業安全評価活動 (※) の実施

※改善活動をとおして、作業手順書の見直し等を行う活動

実施時期

1. 入社時安全教育の見直し 平成 30 年 (2018 年) 度から
2. 新人者呼戻し教育の実施 平成 30 年 (2018 年) 度から
3. 作業安全評価活動の実施 平成 26 年 (2014 年) 10 月から

成 果

1. 入社して 1 年以内の新人者に、災害が発生していないこと。
2. 入社して 3 年以内の新人者の災害が発生していないこと。ある程度、作業経験を積んだことで安全への理解が深まることが分かった。
3. 勤続年数を問わず、作業手順書どおりの仕事をして、事故、災害が発生しないことを社員に意識づけしている。

2020（令和2）年度税制改正について

（税制改正大綱の概要）

日本鉱業協会 総務部

2020（令和2）年度税制改正大綱は、2019（令和1）年12月20日に閣議決定された。以下に、当業界に特に影響のある項目について、その概要を記します。なお、今後の国会における改正法案審議の過程において、一部項目の修正・削除・追加などが行われる可能性があることにご留意ください。

I 2020（令和2）年度税制改正の基本的な考え方

持続的な経済成長の実現に向け、オープンイノベーションの促進及び投資や賃上げを促すための税制上の措置を講ずるとともに、連結納税制度の抜本的な見直しを行う。

さらに、経済社会の構造変化を踏まえ、全てのひとり親家庭の子どもに対する公平な税制を実現するとともに、NISA（少額投資非課税）制度の見直しを行う。

このほか、国際課税制度の見直しや、所有者不明土地等に係る固定資産税の課題への対応、納税環境の整備等を行う。

II 各税制の概要（法人課税、消費税）

1. 鉱業関連税制

今年度は海外投資等損失準備金制度及び金属鉱業等鉱害防止準備金制度が適用期限を迎えた。結果はそれぞれ次の通り。

(1) 海外投資等損失準備金制度

海外投資等損失準備金制度の適用期限が、2年間延長された。

(2) 金属鉱業等鉱害防止準備金制度

金属鉱業等鉱害防止準備金制度は、適用期限（令和2年3月31日）をもって廃止される

ことになった。ただし、現行法の損金算入割合（準備金積立額の80%）を1年ごとに10%縮減する7年間の経過措置が設けられた。

2. 連結納税制度の見直し（グループ通算制度への移行）

企業グループ全体を一つの納税単位とする現行の連結納税制度に代えて、企業グループ内の各法人を納税単位として、各法人が個別に法人税額の計算及び申告を行いつつ損益通算等の調整を行う「グループ通算制度」が導入される。

現行の連結納税制度における損益通算等の基本的な枠組みが維持されるとともに、通算グループ内の他の法人において修正・更正があった場合も、その他の法人は不当に税負担を減少させると認められる場合を除き、当初申告時の所得金額又は欠損金額に固定される。

開始・加入時の時価評価課税・欠損金の持込み等について組織再編税制と整合性がとれた制度にすることで、時価評価課税や繰越欠損金切り捨ての対象が縮小される。

また、研究開発税制、外国税額控除制度については、現行制度と同様、グループ全体で税額控除額が計算される。

グループ通算制度は、令和4年4月1日以後に開始する事業年度から適用が開始され、現行の連結納税制度からの移行に関する経過措置も講じられる。

3. グループ通算制度への移行にあわせた個別制度、単体制度の見直し

(1) 受取配当等の益金不算入制度／外国子会社配当等の益金不算入制度

①関連法人株式等(出資割合3分の1超,100%未満)に係る負債利子控除額を当該株式等からの配当等の額の100分の4(当該事業年度の負債利子の額の10分の1を上限)とする。

②関連法人株式等(出資割合3分の1超,100%未満)又は非支配目的株式等(出資割合5%以下)に該当するかどうかの判定を,100%グループ内(現行:連結納税グループ内)の法人全体の保有株式数等で行う。

③外国子会社の判定について,100%グループ内(現行:連結納税グループ内)の法人全体の保有株式数等で行う。

(2)資産の譲渡に係る特別控除の特例(収用等)
資産の譲渡に係る特別控除の特例の控除限度額について,100%グループ内各法人(現行:連結グループ内)合計での上限額を,暦年5,000万円とする。

(3)寄附金の損金算入制度

寄附金の損金算入限度額の計算の資本金等の額(税務上の金額)について,資本金の額及び資本準備金の額の合計額(会計上の金額)とする。なおグループ通算税制を適用する各法人においても,個別法人の金額による計算となる。(現行:連結子法人は,親法人の資本金等の額にてグループ計算)

4. 新たな税制の創設

(1)オープンイノベーションに係る措置

2020(令和2)年4月1日から2022(令和4)年3月31日までの間に,一定の要件を満たすベンチャー企業の株式を出資の払込みにより取得した場合,その取得価額の25%以下の金額を特別勘定として経理したときは当該金額の損金算入が認められる。

払込金額は1億円以上(中小企業者は1,000万円以上,外国法人への払込みは5億円以上)である必要があるが,上限も設けられる。

この制度の適用を受けたベンチャー企業の株式を譲渡したような場合,その他一定の事

由(配当を受けた場合等)に該当したような場合は,その事由に応じた金額を取り崩して益金算入される。ただし,5年間保有した株式については,この限りではない。

(2)特定高度情報通信(5G)認定等を取得した場合の特別控除又は税額控除制度

新たに制定される特定高度情報通信等システム普及促進法(仮称)に基づく認定導入計画(仮称)に従って5Gシステム等の導入を行う一定の事業者該当するものが,同法の施行の日から2022(令和4)年3月31日までの間に,認定設備の取得等をして国内にある事業の用に供した場合等には,その取得価額につき,30%の特別償却と15%の税額控除との選択適用ができる。ただし,税額控除上限額は,当期の法人税額の20%となる。

5. 租税特別措置の適用要件の見直し(大企業)

(1)研究開発税制,その他生産性の向上に関連する税額控除制度の適用要件

国内設備投資額が,当期減価償却費総額の30%超であること。(現行:10%超)

(2)給与等の引上げ及び設備投資を行った場合等の税額控除制度の適用要件

国内設備投資額が,当期減価償却費総額の95%以上であること。(現行:90%以上)

6. その他

(1)交際費の損金不算入制度について,適用期限が2年間延長される。ただし,接待飲食費にかかる損金算入の特例(50%損金算入)の対象法人から「資本金の額等が100億円を超える法人」が除外される。

(2)企業版ふるさと納税に関して,税額控除割合を30%から60%に引き上げた上で,適用期限が5年延長される。

(3)特定資産の買換え特例について,一部縮減がされた上,適用期限が3年延長される。

(4)革新的情報産業活用設備を取得した場合の特別償却又は税額控除制度(いわゆるIoT税

制)は、所要の経過措置を講じた上で、1年前倒しの2020(令和2)年3月31日を以って廃止される。

(5)消費税の申告期限の延長(1か月)の制度が創設される。

Ⅲ 国際課税

1. 子会社配当と子会社株式譲渡を組み合わせた租税回避への対応

50%超を直接・間接に保有している支配関係にある子会社から一定の配当金を受け取った場合に、その配当額が当該子会社株式の帳簿価額の10%相当額を超える場合には、その対象配当額のうち益金不算入相当額を、子会社株式の帳簿価額から引き下げる。帳簿価額が引き下げられることにより、子会社株式譲渡時に発生する譲渡損が簿価引下げ分だけ減少することになる。

ただし、子会社が内国法人であり、かつ設立から支配関係発生までの間において株式の総数の90%以上を内国法人等が有する場合は、本措置の対象外となる。また、配当の合計額が支配

関係発生後の子会社の利益剰余金の純増額に満たない場合の配当額や、支配関係発生日から10年経過後に受ける配当額は、本措置の対象外となる。加えて、2,000万円を超えない配当額も、対象外となる。

なお、税制改正大綱の見出しには“租税回避への対応”とあるが、租税回避を意図しない取引にも適用されることに留意が必要。

2. 外国子会社合算税制

部分合算課税制度の対象となる受取利子等の範囲から、棚卸資産の販売から生ずる利子(ユーザンス金利)が除外される。

3. 外国税額控除制度

わが国で所得と認識されない金額に対して課されるものとして、税額控除の対象から除外される外国法人税の額に見直しが行われる。

以上

高容量かつ劣化しないリチウムイオン 2 次電池用 酸化ケイ素負極

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 先進コーティング技術研究センター 間宮 幹人

・はじめに

リチウムイオン 2 次電池は近年その用途が自動車用を始めモバイル用や定置型蓄電用などに広がり、その市場規模は富士経済の予測で 2023 年には 8.8 兆円、2017 年の 2.3 倍に拡大するとされている。^[1] 市場規模拡大につれて、その性能向上へのニーズも合わせて高まっている。リチウムイオン 2 次電池は、その電気エネルギーを得る化学反応に取り組む材料技術、高エネルギー密度や低コスト化に取り組む設計・製造技術、暴走防止など安全を確保する制御技術など、多様な技術の集合体で成り立っており、社会ニーズに応えるべく大学、公的研究機関、企業それぞれの分野での開発が進められている。

・リチウムイオン 2 次電池の基本原理解

リチウムイオン 2 次電池は正極・負極とその間に存在する電解質から構成される。基本的概念図を図 1 に示す。正極・負極は化学反応を起こす電極活物質に電気伝導性を助ける導電助剤を混合し、それらを支える結着剤から構成される。両電極間にはリチウムイオンを伝導し電子を移動させない電解質が存在する。充電時には正極活物質からリチウムイオンが脱離すると同時に集電体に電子が放出され、負極活物質では電子が供給されると同時にリチウムイオンが活物質内に挿入される。放電時は逆に負極活物質からリチウムイオンと電子が放出され、正極活物質がそれらを受け取る。充電時の正極電極活物質の反応は電子を失うため酸化反応であり、

放電時は電子を受け取るため還元反応になる。負極活物質では逆の反応となり、電極活物質は充放電時に正負極とも酸化還元反応を行っている。正極をアノード、負極をカソードと呼称する場合があるが、電池として使用する場合は放電反応になるため、酸化反応を意味するアノードは負極、還元反応を意味するカソードは正極となり慣用的に用いている意味と逆になる。本文においては混乱を防ぐため、正極・負極と表現する。正極・負極間は電解質が存在しリチウムイオンの伝導性を有し、電気伝導性が無いため、外部に接続された電気回路へ電子が流され電気エネルギーとして利用することができる。現在市販されている電池では電解質に可燃性の

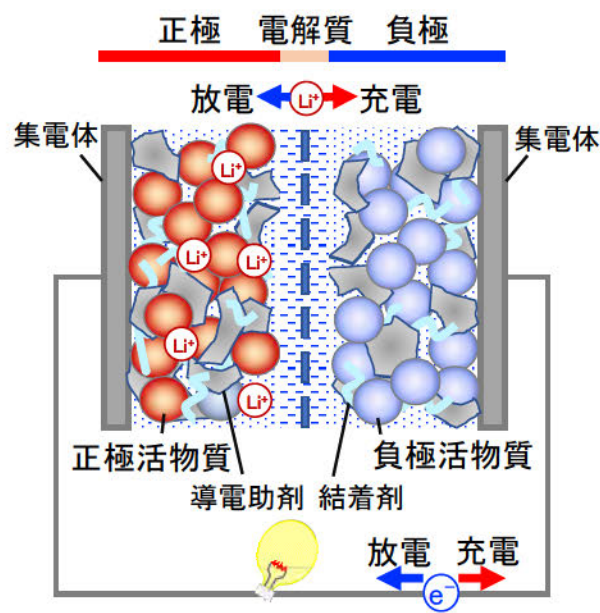


図 1 リチウムイオン 2 次電池の概念図

有機液体が用いられているため、火災等の事故を誘発するリスクがある。特に輸送機器での使用を想定して、そのリスクを取り除くために同様の特性を持つ無機材料の開発が進められており、電解質を無機固体に置き換えて組み立てた全固体電池に注目が集まっている。

・電池開発に対する材料化学的アプローチ

リチウムイオン 2 次電池の性能向上には前述の通り多方面で技術の進歩が求められている。当研究機関においては、材料化学の視点から効率的かつ可逆的に電気エネルギーを得る化学反応を起こせる活物質を設計・開発してきた。リチウムイオン 2 次電池の活物質として利用するには、その材料内でリチウムイオンが挿入・脱離を繰り返しても構造が維持されることが求められる。そのため活物質を構成する元素には、それに伴う電荷の変化や体積変化が骨格構造にダメージを与えない、電子のやりとりでの酸化還元電位がエネルギーを取り出すのに十分な値を示す、などの特性を有する必要がある。正極においては代表的な活物質としてオリビン型構造のリン酸鉄リチウム、スピネル型構造のマンガニリチウム、層状岩塩型構造コバルト酸リチウムなどが挙げられる。しかしながら、正極活物質において容量向上を目的にリチウムを過剰に活物質内に取り込んでしまうと充放電時に骨格となる元素に過剰な価数変化が必要となり構造を維持できなくなる傾向がある。例えば、スピネル型のマンガニリチウムは化学式で LiMn_2O_4 と表記され、充放電でリチウム (Li) が脱離し再度取り込まれる反応を繰り返すことになるが、その際に構成する Mn の半分が $\text{Mn}^{3+} \rightleftharpoons \text{Mn}^{4+}$ の価数変化を起こす。構成する Mn 全てで $\text{Mn}^{3+} \rightleftharpoons \text{Mn}^{4+}$ の価数変化が許容されれば充放電反応は $\text{Li}_2\text{Mn}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{Mn}_2\text{O}_4$ となり、既存活物質の 2 倍の Li を利用できることになり、容量は 2 倍となる。しかしながら、構成する Mn 全てが価数変化を行うとこのスピネル構造を維持することができなくなり、電極活物質としての機能は消失する。

一般に正極活物質にはこのような傾向があり、高容量化の材料開発は非常に困難である。そのため、反応における電位を向上させることでエネルギー密度を高める方針が取られている。スピネル型マンガニリチウムにおいては、Mn のサイトを高い電位が得られる Ni に置換させた高電位正極活物質が提案されている。

・負極開発について

負極においても高性能化に向けての材料開発が進められている。NEDO が示している負極の技術マップを図 2 に示す。^[2] 現在製品として使用されている負極は主に黒鉛とチタン酸化物系で、これらの充放電モデルの模式図を図 3 に示す。黒鉛は炭素が作り出す 6 角形からなる層で構成されており、その層間で 6 角形の中心部にあたる位置に Li が取り込まれる。そのため、充放電反応を式で表現すると、



となり、その理論容量は 372mAh g^{-1} となる。

層間への Li の挿入・脱離であるため、可逆的な反応が起こりやすく 2 次電池用電極活物質として適している。市販に提供されている正極活物質の理論容量が 150mAh g^{-1} 前後であるため、その理論容量は正極の 2 倍を超える値となる高容量であると言える。黒鉛は充放電反応において、容量が対 Li 金属で 0.1V 付近で大きく発揮される。そのため、正極と組み合わせた時に大きな電位差を生じ、高いエネルギー密度をもたらしている。しかしながら、その作動電位の低さのため充電時に負極への負荷がかかるとその電位が 0V 以下となり Li が黒鉛内に取り込まれず、Li 金属として電極表面に析出する電析という現象を起こす。電析により生じた Li 金属は電池の短絡や発熱などの安全性の問題を引き起こす要因となる。負極へ負荷がかかる環境には、低温や高電流での使用が考えられ、特に輸送機器などでの用途においては注意を払う必要がある。

この電析のリスクを避けるため、作動電位の

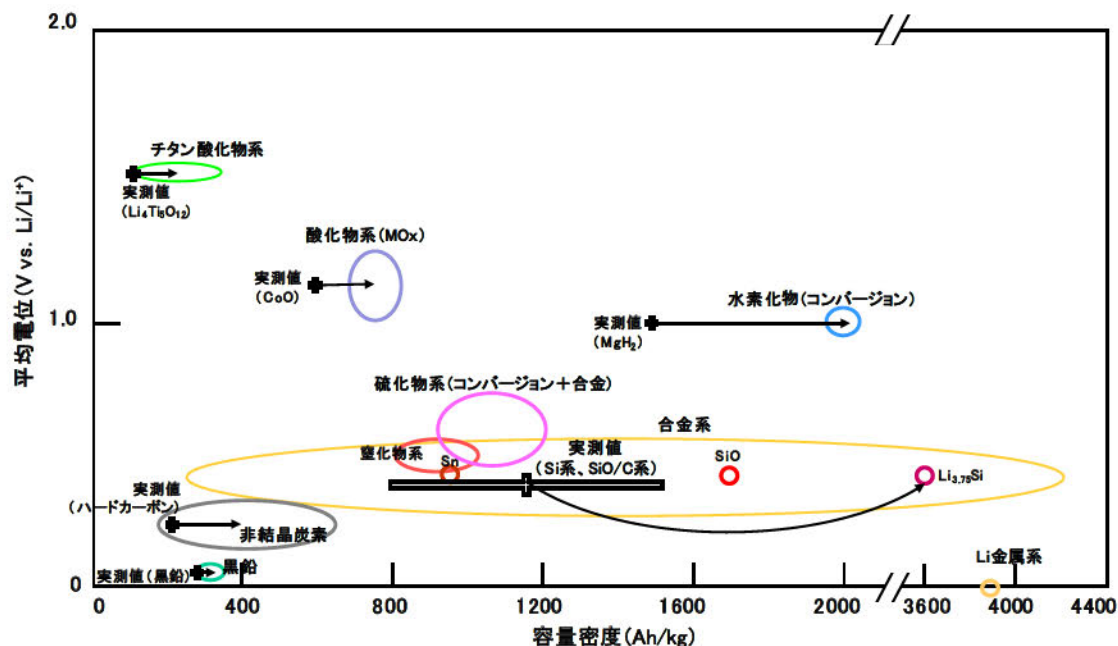


図2 NEDO リチウムイオン2次電池の負極材料の技術マップ

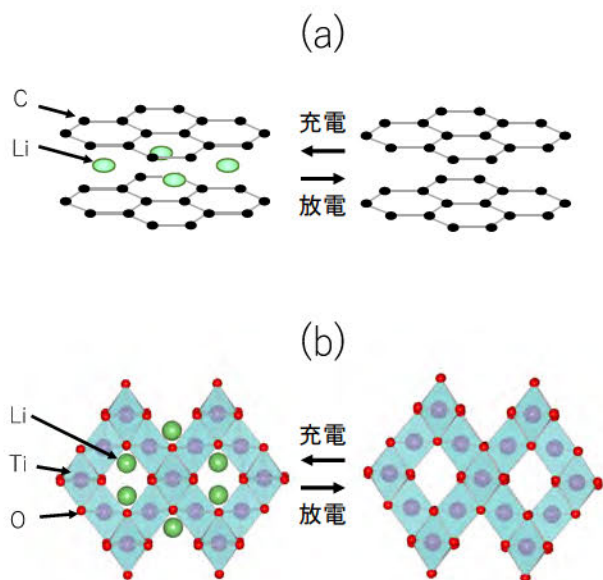


図3 主な負極の充放電反応模式図
(a) 黒鉛負極 (b) LTO ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) 負極

高い負極活物質として、チタン酸化物系 (LTO 負極) が用いられている。LTO 負極で代表的な物質である $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ はスピネル型構造を有し、その構造内のトンネル部分に Li を挿入脱離することで充放電反応を行う。 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ は理論容量が 175mAh g^{-1} と黒鉛の 1/2 程度で対 Li での作動電位が 1.55V と高いため、蓄えられるエネルギー密度は小さくなるが、安定的に Li の挿入・脱離が可能で黒鉛で問題となった電析も作動電位が

高いため起こらず、幅広い条件での使用が可能である。^[3] しかし結晶構造から大幅な理論容量を向上させる材料の開発は非常に困難であるため、電池としてのエネルギー密度は他の負極と比べ見劣りしてしまう。

その様な中、次世代の負極活物質として注目されているのが、Si を活物質として用いる Si 系負極である。Si は十分存在し、資源供給の点で問題になることは無く、安価で安定的に供給することが可能な物質である。NEDO の技術マップ (図 2) でも示されているように、Si 系負極は電位が低く容量密度も高いため、高エネルギー密度の電池を提供できるポテンシャルがある。Si 単体では Li と合金反応を起こし、最大 $\text{Li}_{4.4}\text{Si}$ まで Li を取り込むことが可能で、その理論容量は 4200mAh g^{-1} と既存の負極活物質の 10 倍以上の値に達する。^[4] ただし、Si と $\text{Li}_{4.4}\text{Si}$ との間には 300% を超える体積の違いがあり、充放電の際には毎回この大きな体積変化が伴う問題がある。Si の充放電反応のモデルを図 4 に示す。負極活物質においては、充電時に電解液の分解等で活物質表面に SEI (Solid Electrolyte Interface) という数十 nm の膜が形成される。電解液中の Li が電極活物質に取り込まれるには、その界面で

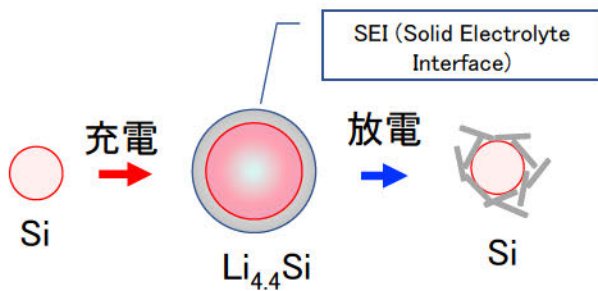


図4 ケイ素負極の充放電反応モデル

のLiイオンの移動にSEIが安定して表面に存在する必要がある。Si負極の場合は300%を超える体積変化が生じるため、通常は放電時に形成されたSEIが破壊され剥離してしまい、電極としての特性は急激に劣化する。更に、電極は活物質であるSiと導電助剤であるカーボンブラック混合体をバインダーで結合されて構造が保たれているため、体積変化がバインダーの保持能力を超えてしまうと活物質が剥離してしまう問題もある。充放電におけるサイクル劣化を解決する方法として、活物質であるSiをナノスケールまで微細化することが有効と言われている。しかしながら、微細化した活物質は凝集しやすく、電極作製で求められる導電助剤・結着剤との均一分散などで生じる問題を解決しなくてはならない。

サイクル劣化を解決する試みとしては、バインダーを改善して電極の崩壊を抑える技術も研究されている。バインダーの種類としては主に有機系と無機系があり、有機系としてはポリアクリル酸を用いて1000mAh g⁻¹を超える容量を数十サイクル後維持する電極が提案されている。^[5] 無機系ではアルカリ金属ケイ酸塩などを用いて200サイクル後も1500mAh g⁻¹以上を示す結果も報告されている。^[6] ただ、容量維持率は200サイクルで70%以下となっているため、それぞれのバインダーでさらなる改善が試みられている。

Siそのものを活物質として高容量を目指す方針もあるが、非常に大きな体積変化に対処する必要があり、実現は難しい。そのため、既存の

黒鉛にSiを混合したコンポジット電極が提案されている。^[7] このコンポジット電極は黒鉛にSi数十%を混ぜて構成することで容量増を目指す電極で、一部は市場への供給が始まっている。黒鉛の2倍程度の容量を発揮することは可能だが、一定比以上のSiを混合してしまうとサイクル劣化の問題が顕著となってくるため、性能向上には限界が存在する。

・負極活物質としてのSiOについて

Si系負極開発において、本研究ではSiの供給源として一酸化ケイ素(SiO)が利用できることに注目した。SiOはSiをそのまま活物質として利用するより体積変化が小さく電極崩壊のリスクを低下させることが期待できる。SiOはSiとOが1:1の組成を持つ非晶質の物質で、常温・常圧で安定に存在する。特徴として、蒸気圧が高く900°C以上の真空環境で揮発する。この特徴を用いることで蒸着膜が容易に形成されるため、以前から酸化被膜や絶縁被膜として利用されてきた。SiOの構造は結晶相が得られていないこともあり、多方面から解明が試みられてきたが未だ確定には至っていない。XAFSやXPSの測定からSiOを構成するSiにはSiからSi⁴⁺まで全ての価数を持ったSiが存在しており、単純に組成から想定されるSi²⁺やSiとSiO₂の混合物の場合のSiとSi⁴⁺では説明がつかない。^[8,9] また、近年の研究においては、実測と計算シミュレーションを用いてこれら価数の異なるSiから構成される不均一構造が提案されている。^[10] この様に構造が未確定とされるSiOであるが、蒸着で得られる物質の組成は化学量論的で、単純な組成比で難解な構造というミスマッチな特徴が存在している。SiOは脱酸素雰囲気下では900°C以上でSiとSiO₂へ分解する不均化反応が生じる。この反応は非晶質中での固体内拡散でSiの結晶化が生じるため、加熱温度でSiの結晶粒径をナノスケールで制御が可能である。^[11] この特性は負極開発にも応用され、現在Maxellから製品として提供されている。^[12]

SiO₂の特徴を利用して形成される蒸着膜は、数十nmの膜厚になることが知られている。ナノスケールの膜は同サイズの粒子で問題となる凝集の問題が生じず、非常に簡便に取り扱うことができる。成膜の製造には既存技術として長年のノウハウの蓄積があり、実用例が見つけやすいなど、電極として製造するのに有利な条件を持ち合わせている。そこで、SiO₂の蒸着膜を電極活物質として利用する方法を考案した。

一般的な電極は電極活物質に導電助剤と結着剤を混合した構造をしているが、膜を活物質として用いる際には導電助剤との混合ができないため、導電助剤のみを後から塗工して積層させる構造を用いた。SiO₂膜は導電性を有する金属基板上に蒸着させて成膜しており、積層させた導電助剤層は基板縁の部分で基板との接触が保たれているため、上面の導電助剤層と基板側底面の双方から導電性が担保される設計となっている。活物質であるSiO₂には導電性がほとんどないが、存在する膜厚が数十nmであるため充放電反応で必要となる電子の移動距離は極めて短く、通常の粒子を混合させて作製する電極と比べても不利に働くことはない。この発想で開発した電極を用いて各種の特性評価を行った。

・SiO₂積層膜電極の作製

SiO₂の蒸着膜生成には温度勾配が制御しやすい環状炉を用いた。使用した環状炉は発熱体にカンタルを用いているため、蒸着源が置かれる設定温度を1000℃にして蒸着を行った。蒸着には30時間をかけたが、発熱体を変えて高温に設定すればより短時間でも可能となる。シリコニット炉を用いて1200℃まで加熱温度を上げた場合は30分でも成膜することを確認している。蒸着のターゲットとなる基板にはステンレスを用いた。銅基板を用いることも可能だが、市販の銅板をそのまま用いると蒸着プロセス中に表面の酸化膜が還元され重量減が生じ、SiO₂の蒸着量を定量できなくなる。そのため銅基板を用いるためには、事前に還元処理を施す必要がある。

今回の実験は評価セルでのサイズに合わせ、直径15mmのステンレス基板をターゲットとして蒸着を行った。蒸着前後の写真を図5に示す。蒸着基板表面には光沢があり、色彩はステンレス基板本来の色に近く顕著な変化は感じられない。蒸着膜は比較的堅固で、手で触れる程度では剥離しない。蒸着表面をXRDで評価すると基板のステンレス以外の結晶相は観察されなかった。また、SEMによる表面の組成分析を行うと、一様にSiが分布していることが確認できた。SiO₂は非晶質で存在するため、ステンレス基板表面にSiO₂が蒸着したと見なすことができる。

SiO₂膜を電極として機能させるために、導電助剤層を塗工により積層させた。導電助剤にはカーボンブラックを用いた。カーボンブラックは粒径50nm程度の微粒子からなり、これにカルボキシルメチルセルロース(CMC)を結着剤として加え、水に分散させた混合液を塗布・乾燥させることで成膜した。微粒子からなるカーボンブラックで層が形成されているため、この導電助剤層は密度が低く層中に適度な空隙が存在している。この積層膜が電極として機能するためには、電解液がSiO₂層まで浸透しなければならないが、このカーボンブラックの層はその浸透が可能な構造となっている。導電性を付与するだけが目的であれば、スパッタ法などでカーボン層を作製することも可能であるが、電解液が浸透可能な空隙が用意できないため、今回の積層膜としては適していない。

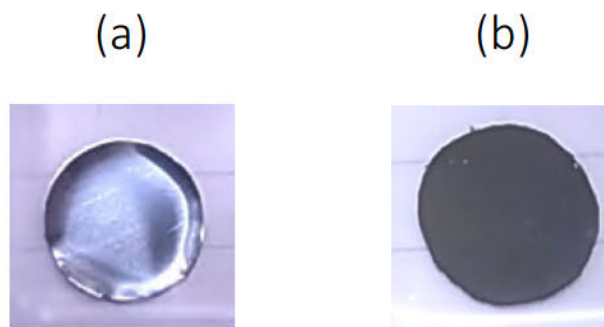


図5 蒸着用ステンレス基板写真
(a) 蒸着前 (b) SiO₂蒸着済

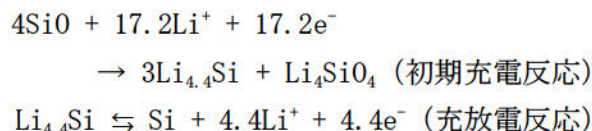
作製した電極と一般的な電極の構造模式図を図 6 に示す。蒸着した SiO 膜は緻密で一様な膜を形成し膜厚は 70nm 程度となっていた。その上部には 50nm 程度のカーボンブラック粒子が連なり、その下部が SiO 膜と接している。今回のカーボンブラック層は均一性を重視したため、厚みが数 μm 程になっているが、電極として機能するためにこの厚みが必要という訳ではないため、成膜技術の高度化で薄膜化を図る予定である。一方、一般的な電極では数 μm 程度の膜厚に活物質の微粒子と導電助剤の炭素粒子を結着剤が結びつけており、これらが均一に分散していることが活物質からの電子を確実に取り出せることにつながるため、安定的な性能を発揮する上で重要となっている。

・新規積層膜電極の電気化学特性評価

開発した積層膜電極の電気化学特性を、対極に Li 金属を用いたハーフセルで評価した。セルは 2032 型コインセルを用い、電位のレンジを 0-2.0V、電流密度を 0.1C (200.7mA g^{-1})、温度を 25°C に設定して行った。

参考までに、同条件で図 6 に示した一般的な構造を持つ電極を用いて電気化学測定した際のサイクル特性を図 7 に示す。初期充電のみについては黒鉛を大幅に超える 2200mAh g^{-1} 程度の容量を示したが、その容量は充放電を繰り返すと直ちに劣化が始まり 10 サイクル後にはほとんど容量が無くなってしまった。初期充電に関しては後に記述するが、不可逆容量が発生しその容量が加算されているため、このままでは電池として利用することはできない。一方、今回開発

した積層膜構造を持つ電極の 1, 2, 10, 100, 500 サイクル時の充放電曲線とサイクル特性を図 8 に示す。負極として用いるため、低電位に向かう場合が充電で、電極活物質に Li が挿入される反応に対応し、高電位に向かう場合が放電で、電極活物質から Li が脱離する反応に対応する。負極活物質に SiO を用いる場合、Li の挿入・脱離反応は以下の反応式で表記できる。^[13]



初期充電反応で生じる Li_4SiO_4 は安定相で、その後の充放電反応には関与しない。これ以外の充放電反応は、ケイ素を活物質として用いた場合と同じで、ケイ素 1 に対して $\text{Li}_{4.4}$ の比まで取り込むことができる。そのため、活物質 SiO の理論容量は 2007mAh g^{-1} となる。

充放電曲線には反応式で示された様に、初期の充電曲線においては 1.0V 付近に平坦部が見られ、このプロセスのみで Li が過剰に取り込まれ

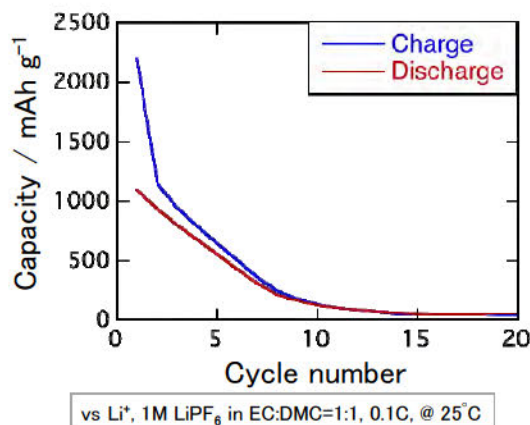
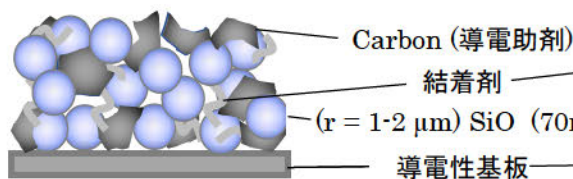


図 7 一般的な構造を持つ SiO 電極のサイクル特性

一般的な電極の構造



新規積層膜電極

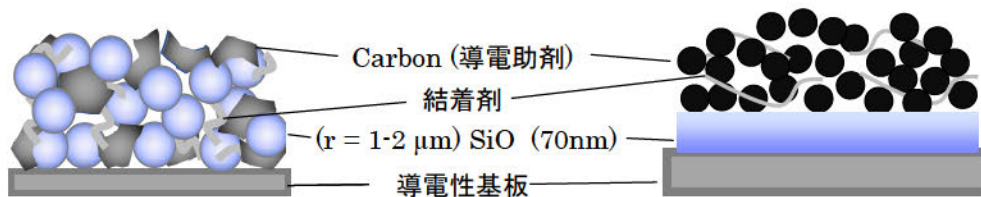


図 6 SiO を用いる一般的な電極と積層膜電極の構造模式図

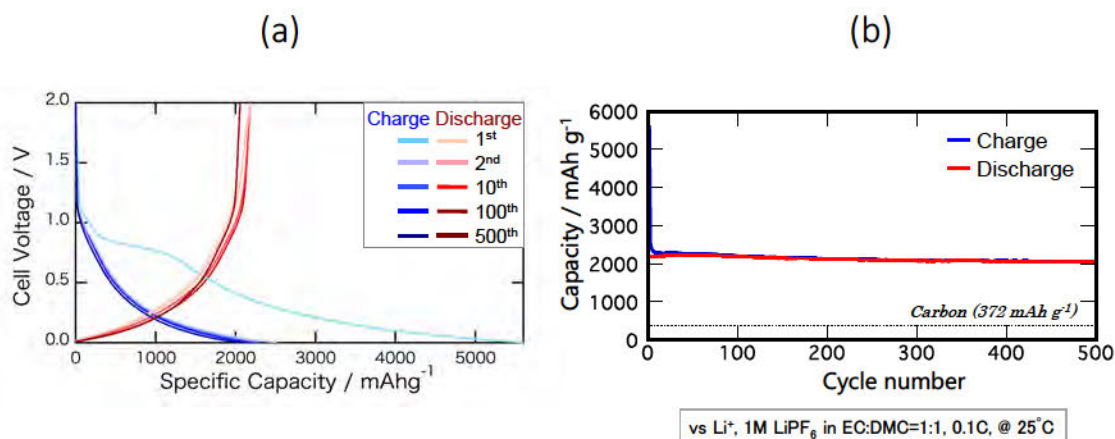


図8 積層膜構造を持つSiO₂電極の電気化学特性
(a) 充放電曲線 (b) サイクル特性

ていることがわかる。この部分は容量とその後のサイクルでは見られないことから、安定相であるLi₄SiO₄の生成でLiが消費されたことに対応し、初期充電過程のみに生じる不可逆容量として観察される。

その後は電位が下がるにつれて容量を増していき0V付近では4000mAh g⁻¹程度まで達した。この容量は反応式で示されているLi₄Siを生成するのに必要となるLiより大きい。前述の通り、電極でのLiの挿入・脱離反応はその表面にSEIが形成されなければならない。SEIの主成分はLi₂O₂などのLiの化合物であるため、反応式で示された以上のLiが消費されている。なお、SEIは初期充電のみで完成される訳ではなく、その後の充放電反応で分解・再構成が繰り返されて安定層となる。そのことは充放電容量の差を示す指標であるクーロン効率で判別できる。すなわち、クーロン効率が100%となった時にはSEIが安定層として出来上がったと見なすことができる。この電極での充放電曲線においては、サイクル数が増すにつれてクーロン効率も100%に近づいていく様子が観察されている。すなわち、SEIは形成と破壊を繰り返しながら安定化していくことがわかる。

今回の電極では導電助剤層としてカーボンブラックを用いている。カーボンブラックは粒径が数十nmのナノ粒子で構成され、黒鉛のような

層状構造を有していない。同じ炭素であっても構造内にLiを取り込む場所が提供されないため、負極としての機能性は大きく異なる。もし黒鉛と同様の機能を有していると仮定すると、負極充電時に電位が0.1V以下で容量の急激増加が見られなければならない。今回の測定結果では2サイクル目以降の充電曲線で0.1Vに達する前にフル充電の80%近くの容量に達しており、その後も充放電曲線に顕著な曲率の変化等が見られないことから、カーボンブラックが黒鉛の様に機能していないことは明らかである。

500サイクルまでの容量変化を図8(b)に示す。1サイクル目の充電容量はLi₄SiO₄の生成でLiを使用してしまうため、5000mAh g⁻¹を超える大きな値を示している。他方それ以外は高い可逆性を持って充放電が行われ、放電容量は1サイクル目が2188.8mAh g⁻¹で500サイクル後でも2057.8mAh g⁻¹を示し、その容量維持率は94.0%に達する。500サイクルでの充電容量は2065.0mAh g⁻¹で、このサイクル時のクーロン効率は99.7%となる。ケイ素系負極で問題となるサイクル劣化は、この積層膜電極では問題にならない。

今回の電極では、活物質であるSiO₂を薄膜で作製し、ケイ素系負極でサイクル特性を向上させる際に求められるナノ構造を準備した。活物質はSiO₂であっても実際の充放電反応はケイ素

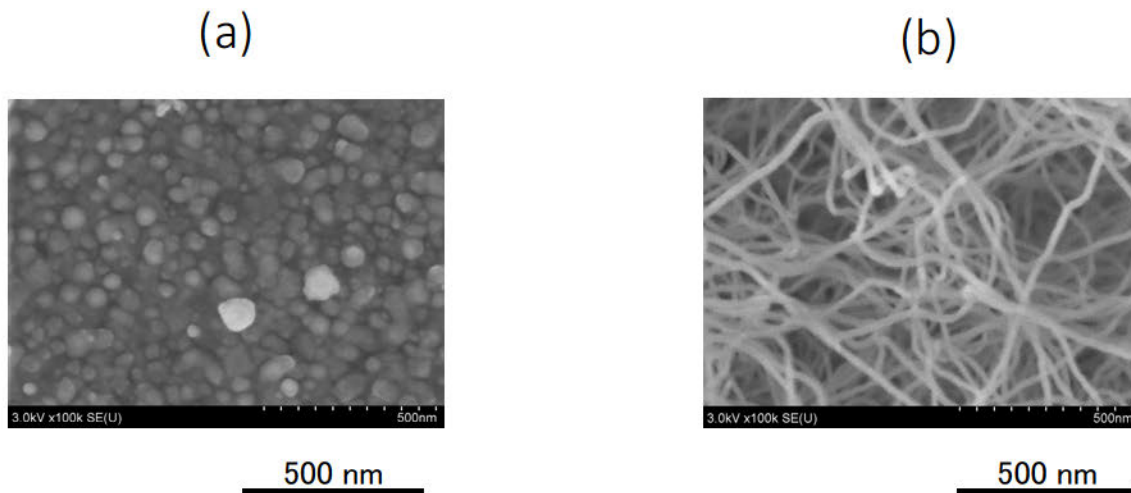


図9 SiO蒸着基板のFE-SEM写真
(a) 電極用蒸着膜表面 (b) 過剰SiO供与条件での表面

単体と同じで、初期充電時に安定相である Li_4SiO_4 を生成し、この安定相と共存して充放電が繰り返されていることになる。ケイ素単体での高いサイクル特性を持つ電極が実現できていないことを考えると、この安定相として存在している Li_4SiO_4 が一定の緩衝材の役割をはたしていると思われる。

・製品化への課題

今回の電極の性能評価は対極にLi金属を用いたハーフセルで行ったが、実用化に向けては対極をLi金属から市販正極にしたフルセルでの評価が必要になる。その際の課題となる問題点が2点ある。1つは、初期充電で安定相である Li_4SiO_4 の生成で消費するLiをどこから供給するかという点である。特段の事前処理なしでセルを組みフルセル電池として用いると、正極が持つLiの25%近くがこの安定相の生成に使われるため、その消費量がそのまま性能劣化につながってしまう。正極は理論容量が今回の負極の8%程度しかないため、正極からのLi供給を行うと電池の容積の大半が正極に占められることになる。もう1つの問題点としてSEI形成がある。SEIは定量的には扱えず、実際のセルで評価して生成を確認している。今回の負極においては、充放電でSEIの生成・破壊が繰り返されることでLiが

消費されている。クーロン効率から見ると、Liが充放電に99%以上利用される状態へ達するのは100サイクル程度のサイクル後になる。これら充放電に関与できないLiを事前に対極リチウム金属で別途セルを組み、Liのプレドープでフルセルでの正極からのLi消費を抑えるやり方がある。反応式で示される安定相 Li_4SiO_4 の生成のみであれば、プレドープは1サイクルで終了となるが、前述の通りSEIの生成でもLiが消費されるので、実際にはかなりのサイクルを回す必要がある。プレドープに関しては他のSi系負極でも問題となるため、多様なアプローチがされており、その成果も活用しつつ改善していく予定である。

今回の電極はナノスケールの蒸着膜を電極活物質として用いているため、その重量は非常に小さい。直径15mmのステンレス基板上に0.22mgのSiOを蒸着しており、単位面積当たりの容量は 0.2mAh cm^{-2} となっている。フルセルの電極としては、正極と負極の容量を一致させて用いる。市販されている正極シートのカatalogスペックは数 mAh cm^{-2} の容量となっているため、対応するSiO膜は膜厚を現在の10倍程度に厚膜化する必要がある。しかしながら、蒸着法での厚膜化には非常に困難が伴う。SiOはナノレベルで観察すると蒸着膜の表面はあまり平坦ではなく凹凸

が見られる。そのまま長時間蒸着を続けると、その一部が膜ではなく繊維状の組織として成長を始め、結果としてナノファイバーが表面全体を覆った試料となる。電極に用いる膜厚 (70nm) で蒸着させた SiO₂ の表面と過剰に SiO₂ が供給されて形成したナノファイバーで覆われた表面を図 9 に示す。ナノファイバーは基板との密着性が無いため、薄膜の SiO₂ と同様のセルを作成しても、電子の移動が確保されず電極として機能しない。今回の電極では簡易にナノレベルの SiO₂ 膜が作成できるため蒸着法を用いたが、その機能発現にはナノレベルの SiO₂ 膜が必要なのであり、蒸着法で作製しなければいけない理由はない。蒸着法は大量生産の点でも困難が伴うため、他の成膜法で作成した SiO₂ 膜についても実証を行っていく予定である。

今回開発した電極は SiO₂ 層にカーボンブラックを積層させた構造であるが、カーボンブラック層については均一性を重視して作製したため数 μm の厚みがある。SiO₂ は導電性基板上に成膜しているため、導電助剤であるカーボンブラックが存在しなくても、電極としての抵抗は上がり容量も減少するが、電極としては機能する。電流密度を導電助剤層ありの 1/2 (100mA g^{-1}) で充放電試験を行うと容量が減少し 900mAh g^{-1} 程度でサイクルを行うことが測定されている。容量が十分に発揮できていないため今後性能改善の余地があるが、現時点での体積当たりの容量密度でも黒鉛の 7 倍に達している。すなわち、今回開発した電極を用いると、既存の黒鉛負極に比べ負極の体積が 1/7 かそれ以下に減少させることが可能となるため、小型の高エネルギー密度化したリチウムイオン 2 次電池として提供できることが実証された。

リチウムイオン 2 次電池は多様な技術の集合体であり、それぞれの開発思考には大きな隔りがある。ただし、それらの技術は最終的なユーザーの希望に集約されなければ、個々の分野で評価が高くても淘汰される運命となる。公的

研究機関では現場ニーズに触れる機会が少なく、成果が必ずしもユーザーが要求する条件に合致していない場合もあるので、産業界の方々から広くご助言いただける様をお願いしたい。

参考文献

- [1] 富士経済 プレスリリース 2020 年 1 月 31 日
- [2] NEDO 二次電池技術開発ロードマップ 2013
- [3] T. Ohzuku, A. Ueda, and N. Yamamoto, *J. Electrochem. Soc.*, 142 (1995) 1431
- [4] S. Goriparti, E. Miele, F. D. Angelis, E. D. Fabrizio, R. P. Zaccaria and C. Capiglia, *J. Power Sources* 257 (2014) 421
- [5] S. Fang, N. Li, T. Zheng, Y. Fu, X. Song, T. Zhang, S. Li, B. Wang, X. Zhang and G. Liu, *Polymers* 10 (2018) 610
- [6] 向井孝志, 池内勇太, 山下直人, 坂本太地, *機能材料* 38 (11) (2018) 19
- [7] W. Liu, Z. Guo, W. Young, D. Shieh, H. Wu, M. Yang and N. Wu, *J. Power Sources* 140 (2005) 139
- [8] H. Takezawa, K. Iwamoto, S. Ito and H. Yoshizawa, *J. Power Sources* 244 (2013) 149
- [9] T. P. Nguyen and S. Lefrant, *Solid State Communications* 57 (4) (1986) 235
- [10] A. Hirata, S. Kohara, T. Asada, M. Arao, C. Yogi, H. Imai, Y. Tan, T. Fujita and M. Chen, *Nature Communications* DOI:10.1038/ncomms11591 (2016)
- [11] M. Mamiya, H. Takei, M. Kikuchi and C. Uyeda, *J. Crys. Growth* 229 (2001) 457
- [12] Maxell ニュースリリース 2015 年 12 月 10 日
- [13] H. Yamamura, K. Nobuhara, S. Nakanishi, H. Iba and S. Okada, *J. Ceramic Society of Japan* 199[11] (2011) 855

パナソニック・コネクティッドソリューションズ社 神戸工場見学記

～No.1×Only1の融合でのイノベーション戦略は製錬事業に何をもたらすか～

三井金属鉱業株式会社 金属事業部 事業推進部 加藤 香頭由

1. はじめに

2019年11月8日、日本鉱業協会 機械委員会として、パナソニック株式会社 コネクティッドソリューションズ社 モバイルソリューションズ事業部 神戸工場へ訪問し、産業界では下流に相当するパーソナルコンピュータのモノ作りを見学させていただき、貴重な機会を得ることとなった。

パーソナルコンピュータ自体は規格化されたモジュールで構成され、現時点において機能面における各社の性能差が見いだせないくらいコモディティ化し、組み立て輸出という加工貿易の象徴となっている。

成熟度と共に複雑さを増しつつあるパーソナルコンピュータ市場において、同社のパーソナルコンピュータはLet's noteの商標で、ビ

ジネスに特化したブランドイメージの定着に至っている。

Let's note自体はターゲットを明確にした軽量・長時間駆動に頑丈性能がフィーチャーされていると共に、ニッチな分野へ傾注した経営戦略にも多くの注目が集まっている。

そこで本稿では、Let's noteがけん引する同社のJapan Qualityに拘ったビジネスモデルをベースに、今後のモノ作りの活路について考察してみたい。

2. 商品開発の優位性

パーソナルコンピュータは、多数のベンダーが製造しているため、常に価格競争に晒される環境にあり、下方圧力が効いている。

一方、Let's noteはメイドインジャパンを固



パナソニック株式会社 コネクティッドソリューションズ社 神戸工場 概要説明

守した上で、タフ性能と軽量性を兼ね備えたモバイルパソコンとして位置付けられるビジネス市場を席卷し、安易な値下げをせずとも利益水準を維持できる状況となっている。

Let's note 自体のパフォーマンスとして、OS/CPU/メモリー/ストレージ等のカタログスペックにおいては、他社製品と比較しても特異的なアドバンテージを見いだすことは難しい背景事情にある。

こうした状況下において、Let's note のタフネスとしての頑丈性能は耐衝撃性能/耐振動性能をクリティカルにすると共に、より強烈なモデルである TOUGHBOOK は更に防塵・防滴・防水/耐高温/耐低温性能を加味し、共に操作性/拡張性を維持した上でのカタログモデルとして構成されている点が注目に値する。

モバイルソリューション事業のミッションである「モバイルワーカーの業務革新に貢献」にもとづく商品開発戦略は、具体的な下記戦術の実行により現在に至っている。

- ・ダントツの顧客密着度：全ての職能がお客様とダイレクトに交流，お客様と向き合う丁寧なサポート
- ・ダントツの商品力：自社一貫での柔軟・迅速/高品質/カスタマイズサービス

この度の見学会では、ダントツの顧客密着度としてお客様ダイレクトの体系的な取り組み、及び頑丈性能を評価する為の試験装置への拘りを、随所で認識させられた。

今後は、成熟度と共に複雑さが増す市場にて、同社の継続的に進化するソフトサービスが、更なる商品バリューの躍進につながると考えられる。

3. モノ作りの強化

コネクティッドソリューションズ社のモノ作りのパラダイムシフトの方向性として、AI・自動機と匠の職人技との程よいバランス/融合の生産体制最適化がきわだっていた。結果的には、IoT を活用した人と自動機が共存したカスタム

生産で、お客様のリクエストである一品一様のカスタマイズされた商品供給が可能となり、より付加価値の高いモノ作りが効率的に行われている。

また、日本の強みとされている現場力/改善力/品質を高めていく為、作業者の質の向上をはかるべき教育は協力会社も対象にシステム化されており、特徴ある技術の優位性を生かそうとする考え方が強調されたものであった。具体的には、作業者に高いスキルが求められるセル生産方式が運用されており、製造現場に椅子が無く作業者が製品と共に移動する製造プロセスが形成されていた。更に匠の職人技を正しく見極めたデジタル化により、精密で繊細な作業が繰り返し行える双腕ロボットが導入され、生産方式や製品組替えをリアルタイムで実施する IoT を活用したダイナミックセル生産が実現されている。

今後ユーザーニーズのより一層の拡充を目指し、パナソニック製の基板実装機と自動外観検査装置の相互通信による秀逸な加工精度をほこる最新生産ラインの増設という、感銘さえ覚える機能戦略の最適化を見据えていた。

一方、日本の弱みとして挙げられる製造業のデジタル化・ネットワーク化については、システム連携/統合がはかられ、トレーサビリティ管理はもとより故障予兆管理までのダイナミックサイクルが形成され、製造業が注力すべき価値づくりを確保していた。

総じて同社の他国と一味異なった AI・自動機と匠の職人技のバランス/融合によるモノ作りと製造業デジタル化・ネットワーク化が、日本のあるべきモノ作りの進むべき道標となっている。

4. 考察

産業界が技術やアイデアを新たなビジネスとして創造する上で、産業界の上流に位置付けられる鋳業界のモノ作りとしては、原料供給による橋渡し役を担うべく、更なる信頼性の最大化

が必須となっている。

現状の鋳業界における製錬事業は、労働人口の低下及び世代交代による匠の職人技の技術継承、設備の老朽化に伴う安定生産の維持が深刻な問題となっており、現場での生産技術力の維持/向上には、

- ・ハード面：自動機を積極的に活用すると共に、IoT を活用した見える化による論理則で補完及びAIによる故障予兆の察知
- ・ソフト面：匠の職人技を継承できる教育のシステム化

に焦点を当て強化をはかる必要がある。

また、TOUGHBOOK の HARDWARE LINE UP は、鋳業界での各製錬現場における見える化のソリューションとして有効活用が期待できるため、導入に向けたアプローチを追及していきたい。

最後に、パナソニック株式会社 コネクティッドソリューションズ社 モバイルソリューションズ事業部 神戸工場におかれましては、本見学の趣旨をご理解いただいた上でのご厚情に深謝いたします。



パナソニック株式会社 コネクティッドソリューションズ社 神戸工場 玄関ロビーにて

現地研究会見学記

九州工業大学

トヨタ自動車九州株式会社 宮田工場
株式会社安川電機 中間事業所

古河機械金属株式会社 技術統括本部 新材料開発部 松枝 敏晴

1. 概要

今回の新材料部会現地研究会は、2月6日に九州工業大学を訪問し、翌7日は貸し切りバスで移動しトヨタ自動車九州株式会社宮田工場および株式会社安川電機中間事業所を訪問した。

九州工業大学では今回の企画をアレンジしていただいたイノベーション推進機構 グローバル産学連携センター 産学連携部門長の本多信幸准教授から今回のご講演に基づく情報交換により当協会各企業と九州工業大学との共同研究等に発展していければとのご挨拶を頂き、続いて、4名の先生方から各研究テーマについてのご講演を聴講し、質疑応答を行った。翌日のトヨタ自動車九州(株)宮田工場では高級車レクサスの組み立て・検査について工場見学をしながら説明を受け、最後に(株)安川電機中間事業所を訪問し、大型ロボットの生産工場を見学した。

今回の現地研究会参加者は7名であった。

2. 国立大学法人 九州工業大学

九州工業大学は福岡県北九州市にある国立大学で1909年に私立明治専門学校として開校。1921年に官立に移管。1949年に国立九州工業大学として設置された。ちなみに安川電機創始者である安川敬一郎氏はこの明治専門学校の設立にも携わったということ翌日の安川電機訪問時に伺った。

イノベーション推進機構 グローバル産学連携センターは国際・研究推進戦略部門、産学連携部門、技術移転部門、知的財産部門からなり

若手研究者の連携や特徴的な研究活動を重点支援し、研究力を組織的に強化するほか、企業等のニーズと大学のシーズのマッチングや産学官金の連携を推進しており、学内の研究支援から産学連携までワンストップで対応している。また今回お世話になった産学連携部門は「産学官金連携事業の企画及び実施」「民間機関等との共同研究および委託研究推進並びに外部資金の獲得」「民間機関等からの技術相談対応、学術研究情報の提供」を主な業務としており、産学連携の推進を担っている。今回は九工大の研究テーマの中から当協会と関係ありそうなテーマをピックアップしていただき、当部会でアンケートを取り、聴講したいテーマを投票したうえで、4人の先生方にご講演をお願いした。

2-1. 工学研究院 電気電子工学研究系 電気エネルギー部門 今給黎明大 助教
「Ni メッキ接合パワーモジュールの性能評価および非接触給電の研究動向」

高電流密度で動作させるパワーデバイスは放熱技術が重要となり、デバイスのみならず実装技術の高耐熱化への要求が高まっている。SiCやGaNのデバイスは高温での動作が可能であることから、実装技術の高耐熱化が期待されている。従来は銅線とSiCデバイスとの接合には「はんだ」が用いられていたが、今給黎先生の研究テーマでは、「はんだ」に代わり、耐腐食性もあり安価で、融点が1460℃と高耐熱が期待でき、数十度の低温で接合が可能なNiメッキ接合の利点

を生かした研究開発をしており、Ni メッキ接合を用いることにより、従来と比べて高耐熱性、高速スイッチング、高周波化が可能であるとの実験データが得られているとのご説明をいただいた。

時間の都合上あまり詳しくは聞けなかったが、非接触給電の研究動向としてアメリカで行われた国際会議 (ECCE2019, IEMDC2019) のご紹介をしていただき、ウイスコンシン大学での巻線型誘導電動機の開発動向などのご説明をしていただいた。

2-2. 工学研究院 物質工学研究系 (応用化学科・無機材料化学研究室) 高瀬聡子 助教 「エネルギー循環のための水素系触媒・ナノレベルの配列制御による固体触媒の高活性化」

高瀬先生は燃料電池や空気電池に使われる触媒の合成を主な研究テーマとしており、貴金属を使用しない安価な触媒の開発や高い触媒活性を実現するための技術開発をテーマとした研究を行っている。

ご講演ではペロブスカイト型酸化物触媒と金属フタロシアニン積層体の合成方法や触媒活性のお話をいただいた。

ペロブスカイト型酸化物触媒は固体高分子型燃料電池の酸素還元触媒としての応用を考えており、低温湿式合成法と呼ばれる方法で合成を行っているが、これは SmFeO_3 などのペロブスカイト型酸化物の前駆体を作製した後、焼成して溶媒 (Na_2CO_3) を飛ばすという方法でナノサイズの粉末を得ているとのことであった。低温で合成することにより比表面積が大きくなり ($100\text{m}^2/\text{g}$) またポーラス状にすることで触媒活性を高められているとのことであった。

金属フタロシアニン (MPc) 積層体は湿式合成で作製しており、疎水性の錯体分子である Pb, Bi, Ru 等の金属フタロシアニンが溶解している有機溶液を水溶液に滴下することにより界面に結晶層を生成する方法で様々な MPc 複合体を合成している。この触媒は CO_2 を CO に還元する

触媒などでの応用に期待されているようであった (製鉄メーカーでの利用)

2-3. 工学研究院 電気電子工学研究系

松本聡 教授

「超小型電源とエネルギーハーベスティング技術」

地球温暖化防止のためには炭酸ガス排出量の抑制が重要となり、今後あらゆる分野で電化が進むことが予想されている。特に電源開発においてはインバーターやコンバーターで交流-直流を制御したり、要求電圧で供給する場合のエネルギーロス如何に少なくするかということが重要となる。松本先生の研究室では電力の有効利用のために電源開発の研究を行っている。松本先生は NTT で長年半導体素子の研究をされており 2010 年に九州工大に着任されたとのことであった。研究では Si 基板を用いた SOI や SOS の張り合わせ技術、Si 薄膜化技術、Silicon on Diamond (SOD) の技術等を用いて 3 次元 Power SoC (Power Supply on Chip) の開発を行っており、電源の究極の小型化を目的として太陽電池等のエネルギーハーベスティング用の極低電圧で動作する電源開発を目指している。

2-4. 九州工業大学 理事・副学長

横野照尚 教授

「光を使って環境をきれいにする夢の光触媒開発と応用製品」

1972 年に本多-藤島効果が発表され、酸化チタン電極と白金電極からなる電気化学セルを用い、酸化チタン電極に紫外光をあてると酸化チタン電極から酸素が、白金電極から水素が発生し、この結果は光エネルギーを直接水素エネルギーに変換できることを示した。それ以降、酸化チタンを用いた様々な研究がなされるが、応用としては光触媒の超親水性や酸化還元反応を生かした研究にシフトしていった。酸化チタン粉末光触媒の反応機構において、粒子表面で酸化・還元反応が同時に起こると性能が上がらな



写真1 九州工業大学にて集合写真

い。横野先生の研究室では酸化・還元を起こす場所を分ける技術を開発した。具体的には酸化チタンを結晶化させ還元反応を起こさせる場所は(110)にPtを付着、酸化反応を起こさせる場所は(111)にPbO₂を付着させた。このように反応する場所が分かれた酸化チタン触媒を使ってアセトアルデヒドの分解を行ったところ市販品の数倍性能が上がったとのことであった。また光触媒の性能を発揮させるためには紫外線が必要であるが、室内光でも性能を発揮するように硫黄添加酸化チタン光触媒や金属修飾型酸化チタン光触媒の開発も行っている。原理としてはこれらの不純物がバンドギャップ内に準位を作り、この不純物準位を介して遷移が行われることで紫外線(350nm)の波長でなく、室内光(420nm)でも光触媒反応が起こっているのではとのことであった。またこの硫黄ドーパ酸化チタンは「ピュアコートV」という商品名で高機能内装用コーティング剤として販売されており、抗菌、防カビ、防臭、抗ウイルスなどの用途に使われているとのことであった。

3. トヨタ自動車九州株式会社 宮田工場

トヨタ自動車九州は1991年2月、トヨタにとって国内初となる愛知県以外の車両生産拠点として、福岡県鞍手郡宮田町(現・宮若市)に設立された。宮田工場は南北約2km、東西500~700mありヤフオクドーム16個分の敷地面積に完成車



写真2 トヨタ自動車九州株式会社 宮田工場にて集合写真

の一環生産を行うためプレス、溶接、塗装、組立の各工場を持ち、生産能力は年産43万台(2/7時点1729台/日)である。宮田工場はトヨタの高級車ブランド・レクサス専用ラインを備える工場である。工場見学はPR館スタッフの武井すみれ様にご同行いただき、まずバスで工場外周を一周した後、組立工場の見学をさせていただいた。工場はオフホワイトを基調としており、塗装工場にある黄色い排気塔は宮田工場のシンボルマークとなっていて、汚れやすい黄色にしている理由は環境を大切にしている取り組みを示すためであるとのことであった。今回は組立工場の見学ルートに沿ってご案内いただいた。車の生産工場としてはかなり静かであるとの印象であった。組立工場ではベルトコンベアー式に車が流れてきて、組み立てをする車は色や車種がまちまちであったが、後で生産の順番はオーダーが入った順番で決まっていると伺った。車を構成する部品はおよそ3万点。その内、組立工場で組み付ける部品の数はおよそ6500点とのことであるが、これを間違えないように一台ごとに生産指示紙が貼ってあり、車の屋根にもIDタグがあり、人の目と機械の両方で確認できたり、不具合が起きた際には呼び出しひもを引っ張ることで生産ラインを止め、作業リーダーに知らせて不具合を解消させるなど、品質管理を重視した生産ラインを構築しているという印象を受けた。

4. 株式会社安川電機 中間事業所

安川電機は産業用ロボットなどのメカトロニクス製品の製造を行うメーカーで1915年の創業以来「電動機（モーター）とその応用」を事業領域に定め、1977年に国内初の全電気式産業ロボット「MOTOMAN（モートマン）」を開発した。以来、溶接、塗装、組立、ハンドリングなどの作業を自動化するロボットを次々に開発し、国内の産業用ロボット市場をリードしてきている。今回は安川電機の中・大型一般産業用ロボットの加工部品から組立までを一貫生産している中間工場を見学させていただいた。

工場には若干早く到着したが、今回お世話になった中間事業所総務課村瀬様に案内され、まず、創立100周年を記念して作られたロボットが居合切りをする動画「YASKAWA BUSHIDO PROJECT」を鑑賞させていただいた後、中間第3工場の見学をさせていただいた。午前中は組立を行っているところも見られたとのことであったが、午後からの訪問であったため、組立終わったロボットの耐久試験が行われている様子を見学した。産業用の大型ロボットであるので何度も同じ動作を繰り返しても耐久性に問題ないか、また急な停電の時に安全に停止できるかといった動作を繰り返し行っていた。安川電機といえばサーボモータが有名であるが、これをロボット動作に生かして、6軸や7軸の複雑な動きを再現できている。当業界でも今後ロボット化



写真3 株式会社安川電機 中間事業所にて集合写真

は進んでいくと思われるが、さらに複雑な動作への対応や安全機能の強化によって、産業用にとどまらず様々な分野での活用が期待できると感じた。

5. 謝辞

今回の現地研究会では、九州工業大学の今給黎助教、高瀬助教、松本教授、横野教授から新材料に関する最先端の研究成果を伺うことができた。各テーマとも今後ますますの発展が期待できるテーマであり、当協会でも大変興味を持っている。またこの機会をアレンジしていただいたグローバル産学連携センターの本多准教授に深く感謝いたします。

トヨタ自動車九州(株)宮田工場では最高級車レクサスの徹底した品質へのこだわり、「なぜ止めた」ではなく「よくぞ止めた」との意識を全員で共有し、不良品を後工程に流さないという品質管理の集大成を見せていただいた。また工場見学では丁寧に各工程の説明をしていただいたPR館スタッフの武井様に感謝いたします。

(株)安川電機中間事業所ではやはり居合切りの動画が印象的であった。モーションキャプチャーを使って、動きの再現性を確認していたが、ティーチングを行わずとも動作を再現できるような技術が今後AI化の進展で開発されていくのではないかと感じた。質疑応答では、総務課の村瀬様に長時間にわたり当方の質問にお答えいただきました。改めて感謝申し上げます。

最後に今回の現地研究会にご協力いただいた、九州工業大学、トヨタ自動車九州(株)宮田工場、(株)安川電機中間事業所の皆様に感謝いたします。

以上

日本鉱業協会の動き（1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
6日	・三銅業合同年賀交歓会	
7日	・電線関連団体賀詞交歓会 ・日本貿易会賀詞交歓会	
8日	・日本鉱業協会 賀詞交歓会 ・石油鉱業連盟賀詞交歓会 ・天然ガス鉱業会 賀詞交歓会	
9日	・資金専門委員会 ・労働部会賀詞交歓会 ・石灰石鉱業協会賀詞交歓会	
10日	・「鉱山」編集委員会 ・総務関係賀詞交歓会 ・レアメタル研究会・貴金属シンポジウム ・電池工業会賀詞交歓会 ・硫酸協会賀詞交歓会	
14日	・税制・会計合同専門委員会 ・輸送部会賀詞交歓会 ・ダイカスト用亜鉛合金委員会	
15日	・日本鉱業協会賞 表彰審査委員会 ・経理部会及び経理部会賀詞交歓会	
16日	・日本規格協会 賀詞交歓会 ・新金属協会 賀詞交歓会及び表彰式	
17日	・理事会 ・月例懇談会 ・八社総務部長会	・休廃止鉱山専門委員会
20日	・資材部会賀詞交歓会	
21日	・経団連 幹事会 ・経団連 業種団体情報連絡会 ・廿日会 ・銅報告会・銅友会合同会議	・石炭ガス化スラグ JIS 原案作成委員会
22日	・経団連 アメリカ委員会	・保安部会・拡大安全衛生委員会 合同会議 ・新材料部会及び講演会 ・分析部会
23日	・定例記者会見 ・労働部会	・土建委員会 現地研究会（～24日 鹿児島）
24日	・日本鉱業振興会 第2回鉱業助成委員会	
27日	・日本ダイカスト協会賀詞交歓会	
28日		・工務部会
29日	・二八会 ・鉛亜鉛需要開発センター運営委員会	
30日		・排水処理技術検討会（工業分野検討会）
31日	・地金統計部会	

日本鉱業協会の動き（2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
3日	・経済産業統計協会 月例会	
4日	・亜鉛めっき普及専門委員会	
5日	・会費算定基準検討委員会 ・経団連 常任幹事会	
6日	・一木会	・スラグ委員会 ・資源部会 ・排ガス中水銀測定 JIS 原案作成委員会 ・新材料部会現地研究会（～7日 福岡県）
7日	・一金会	・分析部会 ・TC183 国内委員会・JIS 原案作成委員会 ・環境管理幹事会
10日		・再資源化部会および講演会
12日	・税制会計合同専門委員会	
13日	・資金専門委員会 ・特許委員会	
14日	・経団連 通商政策委員会	
17日		・製錬部会
18日	・中央鉱山保安協議会 ・経団連 幹事会 ・経団連 業種団体情報連絡会	
19日	・経理部会 ・アンチモン環境安全協議会 ・鉛遮音・遮蔽板委員会	
20日	・経団連 木曜会	・地熱委員会 ・資源環境センター運営委員会 ・JOGMEC 銅原料中の不純物低減委員会
21日	・理事会 ・月例懇談会 ・八社総務部長会 ・金属鉱山会 理事会 ・日本鉱業振興会 理事会 ・銅報告会・銅友会合同会議 ・三木会	
25日	・鉛亜鉛需要開発センター運営委員会	
26日	・二八会 ・亜鉛めっき普及運営会議	

[1月出来事]

[協会・業界関係事項]

[6日] DOWAホールディングスは、関係会社の秋田ジンクリサイクリングが、離職率、有給休暇取得日数、残業時間等の基準を満たし、若者の採用と育成、雇用管理状況が優良であることが認められ、秋田県内13社目の企業として「ユースエール認定企業」に認定されたと発表。

[8日] 三菱マテリアルは、次世代型パワーモジュール用絶縁基板で使用される銅部材に、高温半導体素子を加圧で直接接合できる焼結型接合材料を開発したと発表。

[20日] 三菱マテリアルは、プリントド・エレクトロニクス分野のスタートアップ企業であるエレファンテック社を評価パートナーとして、銅ナノインクの開発を開始したと発表。

[23日] JX金属は、国立大学法人京都大学大学院総合生存学館（思修館）と、SDGsの実効的な実現に向けて、産学の英知を結集して具体的な共同研究課題を発掘・抽出・研究するとともに、これに係るグローバルイシューへの解を提供するとの観点から、本研究促進を図り、もって国際貢献、学術研究及び教育の発展に寄与することを目的に「SDGs実現に向けた包括共同研究促進協定」を締結したと発表。

[31日] JOGMECは、フィジー共和国コロカイウ地域において共同探鉱相手方であるサンダーストラック・リソーシズ社と実施したボーリング調査の結果、亜鉛13.8%、銅2.94%を含む高品位な黒鉱型の亜鉛・銅の鉱化を捕捉したと発表。

[31日] JXTGホールディングスは、OpenStreet社と、将来のモビリティプラットフォーム構築に向け、協業を開始すると発表。

[国内関係事項]

[27日] 資源エネルギー庁は、2019年9月末時点の再生可能エネルギー発電設備の導入状況を公表した。固定価格買取制度導入後の再生可能エネルギー発電設備の導入量は、累計で5,062万kWとなった。このうち太陽光発電設備は4,684万kWで92.5%を占める。固定価格買取制度導入後の再生可能エネルギーの設備認定容量の累計は8,918万kW（うち太陽光発電設備は7,203万kW）。

[海外関係事項：業界]

[1日] 中国有色金属工業協会アンチモン業部会

に所属する会員企業のアンチモン地金生産統計データによると、2019年11月のアンチモン地金の生産量は対前月比9.6%減の6,415tで、対前年同月比では15.1%減少した。

[2日] Glencoreは豪・ニューサウスウェールズ州Cobarで操業するCSA銅・銀鉱山において、8本の井戸からの取水を1月より開始する見通しと発表した。

[2日] 中国紫金鉱業社が2021年後半にセルビア東部のTimok銅・金プロジェクトのうちCukaru Peki Upper Zoneにて生産を開始する予定だと、セルビアのAleksandar Anticエネルギー大臣がTanjung通信社のウェブサイト上のビデオで発表した。

[7日] CODELCOは、現在の歴史的な低金利を利用しニューヨーク市場において10億米ドルの社債（10年債、利回り3.175%）を新規発行、ならびに2019年9月に既に20億米ドル発行している30年債（利回り3.958%）を10億米ドル再発行し、2.8倍のオーバーサブスクリプションがあったことを発表した。

[8日] 独BMW Groupは、自動車業界で初のInitiative for Responsible Mining Assurance (Irma)メンバーとなった。

[9日] 独BMWは、同社が生産する電気自動車（EV）の第5世代バッテリーに使用する水酸化リチウムのほぼ全量を、中国のリチウム企業大手Ganfeng Lithium（贛鋒リチウム業）社を通じて豪州の鉱山から調達するための5年契約を締結した。

[9日] Rio Tinto（英豪）はAntipa Minerals社（豪）とのJVで推進するWA州Citadel銅・金プロジェクトの探鉱に累計で1,100万豪ドルを拠出し、同プロジェクトの権益51%を取得してオペレーターとなった。

[9日] First Quantum社（加）の2019年銅生産量が過去最高に達したほか、2020年の生産量は最大25%増加する見込みであると報じられている。

[9日] カナダ政府と米国政府は、クリティカルミネラルの協力に関する共同行動計画を最終決定した。新たに最終決定された行動計画は、産業との連携、戦略的産業と防衛産業のための重要な鉱物サプライチェーンを確保する取り組み、鉱物資源に関する情報共有の改善、多国間フォーラム及び他国との協力等の分野における協力を導くものとしている。

[10日] 西オーストラリア州Mt Cattlinリチウム鉱山を操業する Galaxy Resources 社(豪)の2019年における同州 Esperance 港からのリチウム精鉱輸出量は、11万8千t以下で、前年の15万9千tから約26%減となった。

[13日] 露・チェリャビンスク州では現在、複数の大型プロジェクトが同時に実施されており、鉱物採掘から電解銅箔までの生産チェーンが構築されつつある。2020年初めには Kyshtym Copper Electrolytic Plant (Russian Copper Company (RCC社)の子会社)で電解銅箔生産を開始する。

[14日] Geomega 社(加)は、同社が有する ISR 技術を活用したレアアース磁石(REM)リサイクル実証プラントの建設用地を、QC州モントリオール近郊の Saint-Bruno-de-Montarville の工業サイトとすることを公表した。

[14日] 中国税関公表の2019年12月の輸出重要商品生産表によれば、12月の国内レアアース輸出量は、対前年同月比32.5%減の3,657.3tであった。

[15日] 中国有色集団社はDRコンゴのDeziwa 鉱山及びLualaba 銅製錬プロジェクト(LGS)に投資・建設し、2020年1月15日Kolwezi 市で開山式を開いた。中国有色集団社は1998年にザンビアに進出しており、海外で次々と銅鉱山、湿式銅製所、乾式銅製錬所を建設したほか、アフリカで初の海外経済貿易協力区を設置した。

[15日] Endeavour Mining 社(英)は2019年12月初旬にCentamin 社(英)に対して25億加ドルの株式交換を通じて買収提案を行い、これを受け約6週間にわたり交渉が行われたが、両社間で合意に至らず交渉は破談となった。

[15日] エジプト内閣は、鉱業会社がエジプト政府とJVを設立する必要を無くすとともに、ロイヤルティを最大20%に制限する新たな規則を公表した。

[17日] Glencore (スイス)が南ア Rustenburg フェロクロム製錬所(Glencore 79.5%、Merafe Resources 20.5%シェア)の操業維持が困難とし、閉鎖を検討すべく関係者に南ア労働関係法第189条に基づく通知を行った。

[18日] Barrick Gold 社(加)はZijin Mining Group (紫金鉱業集団)社(中国)とJVで操業するPorgera 金鉱山における20年間の採掘リースが更新されれば、同鉱山を中核資産に格上げし、金生産量の増産18%以上を目指していることを明らかにした。

[20日] 中国能源建設株式会社傘下の天津分公司は、セルビア Timok 銅・金プロジェクトの土木

建築工事(変電所1か所を含む)を落札した。当該事業は紫金鉱業社によるものである。

[20日] 安泰科によれば、中国五鉱集团有限公司は、Rio Tinto と探査JVを共同設立し、2019年12月30日に海南省三亜で開業式を行った。本JVは、五鉱Rio 探査有限責任会社と称される。

[20日] レアアース、タングステン等多種金属製品を取り扱う国内唯一のオンライン現物取引所である贛州希少金属取引所が2019年12月31日午前、贛州経済開発区南方希土ビルで開業式を行った。登録資本金は1億円で、主にレアアース、タングステン、コバルト、錫、モリブデン等金属及びその関連製品に関する現物取引事業を行う。

[22日] Antofagasta Minerals 社の2019年銅生産量が77万tとなり、前年比6.2%増となったと報じられた。

[23日] CODELCO (チリ)はEl Teniente 銅鉱山の拡張計画(Recursos Norte プロジェクト)が正式に生産を開始したと発表した。

[23日] Anglo American のチリ Los Bronces 銅鉱山の生産量が2019年第4四半期の大幅な干ばつの影響で28%減となった。

[22日] Western Areas 社(豪)は、WA州で操業するForrestania ニッケル鉱山から生産されるニッケル精鉱のオフテイク契約をBHP Billiton Nickel West 社、Jinchuan 金川社(中)とそれぞれ締結した。

[23日] PT Vale Indonesia (PTVI) のPT Inalum (PT Indonesia Asahan Aluminium (Persero)) への株式20%譲渡について、2019年末に予定されていた最終合意書への署名を2020年第1四半期まで延期していたが、2020年9月には株式譲渡手続きを完了できる見通しとなった。

[23日] インドネシアのエネルギー・鉱物資源省は、2019年のニッケル鉱石の生産量及び輸出量が急増したことを明らかにした。同省Yunus Saefulhak 鉱物事業開発局長は、生産量が2018年の22.14百万tから138.3%増の52.76百万t、輸出量が2018年の20.07百万tから50.4%増の30.19百万tだったと述べた。

[24日] CODELCO (チリ)は、Maricunga 塩湖におけるMinera Solar Blanco 社とのリチウムプロジェクトに15百万米ドルを費やし探査を開始するための環境認可手続きを開始したことを発表した。

[24日] タンザニア政府による金・銅精鉱の輸出禁止措置の解除を受け、Barrick Gold 社のBristow CEO はタンザニアから最大2億8千万米ドル相当の

金精鉱の出荷を開始することを明らかにした。

[24日] ギリシャ政府は、多額の借金に苦しんでいる欧州最大のニッケル生産者の1つであるLarco社を清算し、同社の資産の一部に対する投資家を探す計画だと、Kostis Hatzidakis エネルギー大臣が話した。

[28日] 南ア鉱業協議会は南ア鉱山会社による609MWの発電計画があるものの、国の許認可が待たれていると語る。主に太陽光発電であり、自らの鉱山操業に使われるという。

[30日] ペルーのVizcarra大統領は、出演したテレビ番組において、Tia Maria 銅プロジェクトを実施するための社会的なコンディションが整っていないことを理由として、現政権(2021年7月まで)における本プロジェクトの建設開始は不可能であるとの見解を明らかにした。

[海外関係事項]

[2日] 米国防総省は敵対するイラン革命防衛隊の精鋭組織「コッズ部隊」のカセム・ソレイマニ司令官を空爆で殺害したと発表した。

[7日] 米国防総省はイラクにある米軍の駐留基地がイランから十数発の弾道ミサイルの砲撃を受けたと発表した。

[28日] 非営利団体 GRID-Arendal のプレスリリース等によると、ノルウェーを拠点とし、国連環境計画(UNEP)の支援を受けている同団体は、Church of England Pensions Board をはじめとする110社の投資機関によるイニシアティブ「Mining and Tailings Safety Initiative」と、一般からのアクセスを可能とする廃滓ダムのデータベースを共同で開発して、世界で初めて公開した。

[31日] 英国は欧州連合(EU)加盟国として最後の日を迎えた。2016年6月の国民投票から3年半余りの曲折を経て離脱を実現し、欧州統合の動きに距離を置く新たな道を歩み出す。

[2月出来事]

[協会・業界関係事項]

[3日] 三菱マテリアルは、新製品や新事業の創出を目的として、国内外の大学・研究機関等に所属する研究者を対象に、事業化を視野に入れた産学共同研究の公募制度を設け、運用を開始したと発表。

[7日] 三菱マテリアルは、Mantos Copper Holding SpA との間で、チリ・Mantoverde 銅鉱山の権益の30%を取得し、同鉱山が計画している拡張プロジェクトに参画することに合意し、株式引受契約

や株主間契約等の関係契約を締結することを発表。

[7日] 大太平洋金属は、連結子会社である大太平洋エネルギーセンター社の清算が1月20日に終了したと発表。

[7日] JX 金属は、車載用リチウムイオン電池リサイクルのためのベンチスケール設備(連続型小型試験装置)を日立事業所内に設置し、稼働を開始したと発表した。今後到来が予見される使用済み車載用リチウムイオン電池の大量発生時代に備え、使用済み電池に含まれるレアメタルを再び車載用電池の原料として使用する「クローズドループ・リサイクル」の実現に向けた技術開発を加速していく。

[12日] JX 金属、三井金属、パンパシフィック・カッパー(以下、PPC)は、2019年12月19日付銅合弁事業運営体制の見直しに関する基本合意に基づき、銅製錬機能である佐賀製錬所及び日立精銅工場と、PPC 日比製錬所及び日比共同製錬玉野製錬所(PPC 保有権益分63.51%)の移管先となる製錬子会社として、「JX 金属製錬株式会社」と「日比製錬株式会社」を設立したと発表。

また「ニッポン・カセロネス・リソーシズ株式会社」に、チリ・カセロネス銅鉱山関連事業を移管する。なお、他の探鉱を中心とする資源案件については、PPC から JX 金属への移管又は売却の予定。

[12日] 三菱マテリアルは、宇部興産と2020年4月を目途に両社のセメント事業及びその関連事業等の統合を実施することに向けた具体的な協議・検討を開始すると発表。本統合の範囲は、両社の国内・海外セメント事業及び生コンクリート事業、石灰石資源事業、エネルギー・環境関連事業、建材事業その他の関連事業とすることを予定している。

[17日] JOGMEC は2020年2月6日、レベッカ・ブラウン 豪・西オーストラリア州雇用・観光・科学・イノベーション省長官と、金属鉱物資源分野全般における関係強化を目的とした「包括的・戦略的パートナーシップに係る覚書」を締結したと発表。

[25日] 政府は、電気事業法改正案、FIT 法(再生可能エネルギー特別措置法)改正案、JOGMEC 法改正案を束ねた「エネルギー供給強靱化法案」を閣議決定したと発表した。再生可能エネルギー発電事業者に卸市場を介して自ら売電先を見つけ、市場価格に一定額を上乗せした金額を交付する FIP(フィード・イン・プレミアム)を創設。国民負担の抑制を図る。託送料金制度も改め、一般送配電事業者の効率化を後押しする。電事法改正案では配電事業を許可制とし、新規参入者が事業に進出しやすくする。仮想発

電所 (VPP) 事業などを担うアグリゲーターの位置付けも法律上で明確化している。また、スマートメーターのデータ利活用を進めるための仕組みも整える。政府は今国会での可決・成立を目指す。災害関連の措置を除き 2020 年 4 月 1 日に施行予定としている。

[26 日] 三菱マテリアルは、連結子会社である三菱日立ツール社 (同社 51%, 日立金属社 49% 出資) の発行済株式のうち日立金属社保有の全株式を取得し、完全子会社とすることを決議したと発表。

[海外関係事項：業界]

[3 日] Teck Resources 社 (チリ) は、AES Gener 社と長期の再生可能エネルギーによる電力購入契約を締結したことを発表した。

[4 日] Ivanhoe Mines 社 (加) は、DR コンゴの Kamao-Kakula 銅プロジェクト (同社 39.6% シェア保有) の資源量を更新した。この銅資源量は、Olympic Dam 鉱山 (豪), Escondida 鉱山 (チリ), Collahuasi 鉱山 (チリ) について、世界で第 4 位の規模になるという。

[4 日] BHP (英豪) は、Escondida 銅鉱山 (チリ) が Monturaqui 盆地の地下水を採水するための環境認可手続きを中止したことを発表した。

[5 日] 豪・クイーンズランド州政府は鉱業における過失致死に関する修正法案を議会に提出した。この法案では、鉱山作業員の死亡において責任があると見なされた雇用者に対し、最長 20 年の懲役または 10 万ペナルティーユニット (1,334 万 5 千豪ドルに相当) を課すことが定められている。

[6 日] BHP (英豪) は、従業員の男女雇用均等化への働き掛けを加速した。コントラクター企業や納入業者にも拡大し、2.6 万人のうち半数を女性とするという目標を掲げた。

[6 日] 加・ブリティッシュコロンビア州北部の Coastal Gaslink 天然ガスパイプラインの建設に反対するファースト・ネーション Wet'suwet'en Nation の支持派が線路を封鎖したため、2 月 6 日よりカナダ東部でカナディアン・ナショナル鉄道が、2 月 14 日よりカナダ全域でほぼ全ての VIA 鉄道の運行がストップしている。カナダの交通網が麻痺して輸送が滞っていることから、鉱山会社は減産措置を講じている。

[8 日] COCHILCO (チリ) が発表した 2019 年チリの銅生産量について、前年比 0.8% 減の 578 万 t であったと報道した。

[9 日] Teck Resources 社 (加) は 2050 年までにカーボンニュートラルを達成することを宣言。

[10 日] 中国国営の Metallurgical Corporation of China (MCC, 中国冶金科工) 社が所有する Ramu Nico 社は、Madang 州で操業する Ramu ニッケル鉱山が地元の環境を破壊したことにより 53 億米ドル相当の損害が生じたとして、州政府、地元住民、科学者、首長などを含む合計 7,000 人以上から集団提訴された。

[10 日] 豪州の大手企業で構成されるロビー団体 Business Council of Australia (BCA) は、エネルギー・気候変動方針に関する検討書を作成し、加盟企業の 130 社に配布した。検討書は、「2050 年までに炭素排出量を実質ゼロとするため、科学・テクノロジー・革新に牽引される最新かつ包括的なエネルギー・気候変動方針を策定する」ことを目標としている。

[10 日] インドネシアニッケル鉱業協会 (APNI) の Meidy Katrin Lengkey 事務局長は、2020 年の国内ニッケル鉱石生産量が 2019 年比約 52% 減の 25 百万 t となる大幅減の見通しであることを明らかにした。

[10 日] ペルーの Vizcarra 大統領は、2019 年 10 月 3 日に就任した Liu エネルギー鉱山大臣の辞任を承認したことを明らかにした。

[11 日] 豪・ペルー間 FTA が発効したことに伴い、ペルーが豪州から輸入する物品の内、関税分類品目で 93.5% の関税が撤廃された。これらの品目には、鉄鉱石、銅、ニッケル、石炭、石油などのエネルギー・鉱物資源も含まれる。また、同 FTA においては、ペルーが豪州から輸入する鉱業機械、テクノロジー及びサービス (METS) に対する障壁も撤廃された。

[12 日] S&P Global 社は、投資家の注目が高まっているとして金属・鉱山企業をレーティングした初の ESG (環境・社会・ガバナンス) 格付スコアカードを公表した。このレーティングにおいては、BBB マイナス未満は非投資グレードとみなされる。

[12 日] ギリシャ政府は、欧州最大のフェロニッケル生産者の 1 つである国営企業 Larco 社を再編し、その後売却するプランを公表した。同社は債務返済と環境問題への取組に失敗し続けている最中である。

[12 日] ペルー国家警察環境課 (DIRMEAMB) と検察庁は、La Libertad 州 Pataz 郡 Parcoy 区を中心に活動する違法鉱業組織の構成員 18 名を逮捕した旨を発表した。また、1 年以上に及ぶ捜査の中で押収した空港内のコンテナからは、220kg (1 千万米ドル相当) の金地金が発見された旨明らかにした。

[13 日] Evolution Mining 社 (豪) は、ニューサウスウェールズ州で操業する Cowal 金鉱山の操業に

においては今後、地下水の利用やパイプラインの開発などによって河川などの地表水の利用をやめるとしている。ニューサウスウェールズ州は過去2年間深刻な干ばつが続いており、同州で操業を行う鉱山企業はこれが続くようであれば減産に踏み切らざるを得ないといったリスクに晒されている。

[13日] Susana Vilca氏がペルーの新エネルギー鉱山大臣に就任した。Vilca新大臣は鉱山技師で、2011年から2012年まで鉱山副大臣を務めたほか、2012年から2016年まで地質鉱業冶金研究所(INGEMMET)長官を務めた。

[14日] 国際金属・鉱業評議会(International Council on Mining and Metals, ICMM)は、新たな10の鉱業原則を公表した。鉱業原則を更新したのは2003年以来。

[14日] Vale(ブラジル)が95%の権益を保有し、現在は売却の入札プロセスを実施しているGoroニッケルHPAL精錬所の買い手として3社が名乗りを上げている。同精錬所の最高責任者は、これら企業の名を明かすことは避けたが、2020年6月には売却が完了する予定だとしている。

[17日] フィジー北部地域Macuata州の首長達は海底鉱物資源採掘を許可しない旨決定したとの警告を行った。同州Ratu Wiliame Katonivere最高首長は、海底鉱物資源採掘は、州民の生活源となる海洋生物に壊滅的な打撃をもたらすものであり、これによる被害は海底における貴石、石油、鉱物資源の発見で生じる恩恵を上回るものであると述べた。

[17日] ペルー首相府のMolina地域ガバナンス副大臣は、Las Bambas銅鉱山に対する抗議により度重なる封鎖が行われている南部鉱物輸送道に関し、本政権中(2021年7月まで)にアスファルト舗装を終える計画を改めて示した。

[18日] Glencore(スイス)は2019年2月に公表した低炭素経済へのさらなるコミットメントを更新し、Scope 3の排出量予測を初公表した。パリ協定に基づく一貫した戦略・方針として、2035年までにScope 3の総排出量が約30%減少すると予測した。

[19日] Capstone社(加)は、1年前に発表したSanto Domingo銅・鉄・金プロジェクト(チリ)の技術レポートにコバルトの生産を加えた予備的経済評価(PEA:Preliminary Economic Assessment)を発表した。本プロジェクトはCapstone社が70%を、残り30%を韓国鉱物資源公社(KORES)が所有する。

[19日] Newmont Goldcorp社(豪)は西オーストラリア州で操業するBoddington金・銅鉱山でかねて

から計画していた自動運転トラック(AHS)の導入にあたり、役員会の承認を得て2021年にはこれを完了させる目標であることを発表した。

[20日] Barrick Gold社(加)は、DRコンゴKibali金鉱山について、同国の準国営企業Sokimo社が所有する10%権益の売却を承認しないとした。シンガポールに上場するジュニアAJN Resources社は、同権益の売却について、既にSokimo社と覚書を締結している模様。

[20日] 韓国鉱物資源公社(KORES)と鉱害管理公団の統合について定める「韓国鉱業公団法案」について、2月19日の国会産業通商支援中小ベンチャー企業委員会の法案小委員会にて議論される予定が延期された。これにより、国会通過が不透明になった。

[21日] 2019年にメキシコ国内において計5件の鉱山道路封鎖問題が発生し、複数の鉱山において生産に影響が出た結果、2019年1~11月の国内鉱業生産量が減少したことが報じられた。金生産量は2011年以来最低の74.6tで前年比10.9%減、銀生産量は前年比0.5%減の3,380tとなった。

[24日] Ivanhoe Mines社(加)の発表によると、DRコンゴKakula銅鉱山(同社39.6%シェア保有)の開発は順調に進み、坑道掘削が8km以上に達し、坑内の開発工事が予定よりも早く進捗しているとした。

[24日] 独立リサーチ団体、責任ある鉱業財団(Responsible Mining Foundation, RMF)は、責任ある鉱業インデックス(Responsible Mining Index, RMI)レポート2020年版を公表した。本レポートは経済、環境、社会、ガバナンス(EESG)の方針と実際の行動に基づき、大規模鉱山会社38社の評価を行ったもの。

[25日] 調査会社Fraser Institute(加)による2019年版の世界の鉱業投資魅力度の調査結果によると、いずれのカナダの州・準州も、10年ぶりに魅力的な地域として上位10位以内にランクインしなかった。魅力的として評価されたトップ10の地域は、豪州、米国、欧州が占めている。

[26日] Gold Fields社(ペルー)のRivera副社長は、Cerro Corona金・銅鉱山の操業を、当初の2023年から2030年に延長することを目的としたFSを完了し、取締役会による承認を得たほか、2020年2月までに操業延長に向けた準備工事を終えたことを明らかにした。

[27日] 国際金属・鉱業評議会(ICMM)は、Sibanye-Stillwater社(南ア)、Cámara de Minería

del Ecuador 社（エクアドル）、Canada Mining Innovation Council（加）を ICMM の新しいメンバーとして受け入れた。

〔27 日〕ペルーの Cauti 鉱山副大臣は、Fraser Institute の 2019 年レポートにおけるペルーの探鉱投資魅力指数や鉱業政策指数などのランキングが、前年比で大きく低下した要因には、社会争議や Tia Maria 銅プロジェクトに対する抗議、政治的不安定

性などが挙げられるとの考えを示した。

〔海外関係事項〕

〔29 日〕安倍首相が新型コロナウイルス(COVID-19)に関する緊急記者会見を行い、「2,700 億円を超える今年度予備費を活用し、第 2 弾となる緊急対応策を今後 10 日程度のうちに速やかに取りまとめる」と述べた。

関係法令情報（官報）

なし

以上

資源を求めて日本から世界へ



(鉱物標本の展示 ご案内)

一般財団法人 金属鉱山会では、貴重な国内の代表的な金属鉱山の鉱物標本を、資源エネルギー庁鉱物資源課及び榮葉ビル6階展示コーナー（神田錦町）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) 金属鉱山会 E-mail kozan@kogyo-kyokai.gr.jp
Tel 03-5280-2355 Fax 03-5280-7128



鉱 山

発行 令和2年3月25日
発行所 (一財) 金属鉱山会
〒101-0054

第73巻第2号 (通巻第783号)

東京都千代田区神田錦町3丁目17番地11
榮葉ビル8階, 6階

電話 03-5280-2355 番
FAX 03-5280-7128

発行人 高橋 建 編集人 笹本 直人 印刷所 日本印刷(株)