

金属鉱山

7

2019



暑中お見舞い申し上げます

地球と、人のXに。

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

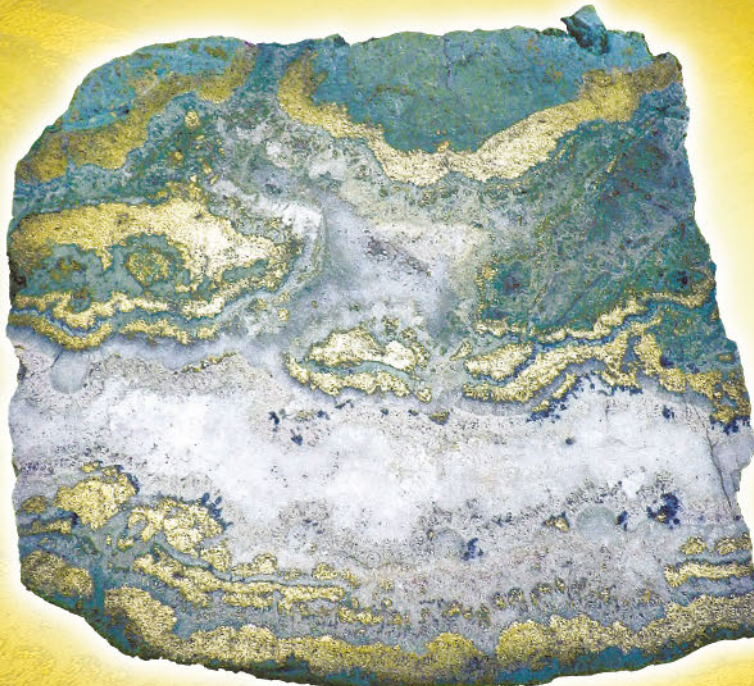
〒100-8164 東京都千代田区大手町一丁目1番2号 www.nmm.jx-group.co.jp



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

菱刈鉱山より採掘された超高品位鉱石

暑中お見舞い申し上げます

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。



暑中お見舞い申し上げます

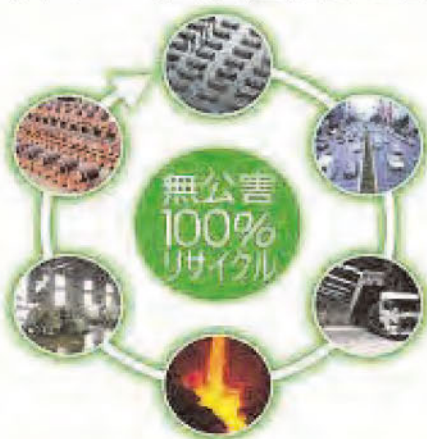


日比共同製錬株式会社

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

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/>

暑中お見舞い申し上げます



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)



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

暑中お見舞い申し上げます



資源を求めて日本から世界へ



TOHO ZINC CO., LTD.

Ⓜ 東邦亜鉛株式会社

暑中お見舞い申し上げます

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事のない場所で、私たちの機械が働いています。例えば建設現場。資材の運搬や積み降ろしに(ユニッククレーン)が活躍しています。このトラック搭載型クレーンは、「吊る・積む・運ぶ・作業する」ことを効率的に行える機械です。コンパクトで自走可能な(ミニ・クローラークレーン)はトラックの入れない狭い場所で力を発揮。様々な用途開拓で海外でも活躍の場を広げています。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。



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=hVfQY8Ahpas>



暑中御見舞

2019年7月

(一財)金属鉱山会
日本鉱業協会

「鉱山」編集委員一同

〒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・6階

TEL (03)5280-2355 FAX (03)5280-7128

2019 年度「全国鉱山・製錬所現場担当者会議」報告

	日本鉱業協会 技術部…… (1)
協会長挨拶	日本鉱業協会会長 小野 直樹…… (6)
見学会「A 班見学記 (資源部門)」	日鉄鉱業(株) 雨宮 裕…… (8)
見学会「B 班見学記 (製錬部門)」	JX 金属(株) 小林 義文…… (13)
見学会「C 班見学記 (分析部門)」	DOWA テクノリサーチ(株) 馬場 諒…… (16)
見学会「D 班見学記 (工務部門)」	古河機械金属(株) 名塚 龍己…… (19)
見学会「E 班見学記 (新素材部門)」	三井金属鉱業(株) 瀬戸 康博…… (22)

新材料部会講演

超強力磁石になりうる正方晶 FeCo ～tFC 磁石の実現に向けて～

……秋田大学大学院理工学研究科物質科学専攻 長谷川 崇…… (27)

国際情報

国際鉛亜鉛研究会春季会合 2019 年需給見通しについて

……日本鉱業協会 企画調査部 一条 瑛…… (37)

部会報告

第 19 回現地安全情報交換会報告 ……古河機械金属(株) 深尾 学…… (48)

令和元年度 日本鉱業協会休廃止鉱山専門委員会 現地研究会報告

……日本鉱業協会 休廃止鉱山専門委員会
三菱マテリアル(株) 佐藤 公一…… (51)

契島製錬所 見学記

……JX 金属(株) 裏田 勝淑…… (53)

★日本鉱業協会の動き	…… (57)
★主な出来事	…… (58)
★関係法令情報	…… (61)

★編集部より

一昨年九州北部、昨年の西日本広域に続き、今年は九州南部で大規模な豪雨被害が発生しています。また、新潟は大地震に見舞われました。被害に遭われた皆様には心よりお見舞い申し上げます。

今月号では、6月に行われた「全国鉱山・製錬所現場担当者会議」の特別講演と各班見学記を詳しく報告しております。700名以上の参加者があり大盛況のうちに終了しました。どうもありがとうございました。

(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)金属鉱山会 E-mail: kozan@kogyo-kyokai.gr.jp (担当：早川、富田)

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

2019 年度「全国鋳山・製錬所

現場担当者会議」報告

日本鋳業協会 技術部

1. はじめに

2019 年度 全国鋳山・製錬所現場担当者会議（以下、現場担当者会議）は、日本鋳業協会並びに資源・素材学会の共催、資源地質学会の後援により、6月12日（水）～14日（金）に開催された。現場担当者会議は会員各社の現場担当技術者を中心に技術交流の場として毎年開催されており、今年度が第71回の開催となった。

今年度の現場担当者会議は一昨年度から会場となっている TKP 市ヶ谷カンファレンスセンター（新宿区市谷八幡町）で開催された。6月12日（水）の午前、8階「大ホール」にて、小野直樹 日本鋳業協会会長の開会の挨拶の後、大東道郎 経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 鋳物資源課長の来賓挨拶、引き続き JST ALCA-SPRING 運営総括（物質・材料研究機構 フェロー）魚崎浩平氏および JST ALCA-SPRING 総合チームリーダー（首都大学東京 教授）金村聖志氏による特別講演「次世代蓄電池研究開発加速プロジェクト（ALCA-SPRING）の概要」が行われた。収容人数 367 席の大ホールでは入りきれず、事前に準備していた第二会場に一部収容

するほどの盛況であった。

2. 特別講演の概要

CO₂ 全排出量の約 10%にあたる自動車の排出量削減と再生可能エネルギーの安定的利用のためにはキーデバイスである低コストで高性能な蓄電池が必要である。しかし、現在普及しているリチウムイオン電池のエネルギー密度と出力密度には限界があり、革新的な次世代蓄電池が求められ、世界的な開発競争が激化している。こうした環境の中で、国内でもいくつかの次世代蓄電池に関するプロジェクトが進行中であるが、ここでは文科省/科学技術振興機構（JST）の支援を受けて実施されている ALCA-SPRING プロジェクトの成果を中心に次世代蓄電池開発の概要を紹介する。

2・1 ALCA-SPRING の設立と推進

2012 年度に開催された文科省と経産省のエネルギーに関する合同検討会で、両省が連携すべき重要テーマとして「次世代蓄電池」が提言され、両省の概算要求に盛り込まれた。文科省が



小野会長 挨拶



大東鋳物資源課長 来賓挨拶

プロジェクトについては両省関係者および有識者で構成されるWGで具体的実施内容を議論し、最終的に革新電池を実現するという観点を持ち、徹底したサイエンスに基づく新材料の探索・開発とそれを生かした電池システムの構築に向け、電池設計から材料開発や評価解析までを一気通貫で行うとともに、明確な知財ポリシーを持ち、世界の追随を許さない圧倒的な技術開発を目指すことを決定した。2013年度からJSTの先端的低炭素化技術開発プログラム(Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program:ALCA)の中に、次世代蓄電池研究の加速を目的とした特別重点技術領域『次世代蓄電池』(Specially Promoted Research for Innovative Next Generation Batteries:ALCA-SPRING)が設置され、公募に基づきチームリーダーが決定された。発足以来2度のステージゲートを経て、現在は全固体電池チーム(硫化物型および酸化物型サブチーム)、正極不溶型リチウム硫黄電池チーム、次々世代蓄電池チーム(金属空気電池サブチーム、マグネシウム電池サブチーム)および共通課題(リチウム金属負極、評価・解析・共通材料)を扱う実用化加速推進チームで構成され、全国45機関、71研究室の400名以上の研究者が両省、JST、NEDO、有識者によるガバニングボードの下、関連プロジェクトと連携して研究を進めている。以下、本プロジェクトで取り上げた各電池系の現状と課題を述べる。

2・2 各種電池系の進捗

1) 硫化物系固体電解質を使用した全固体電池

硫化物系固体電解質はLi⁺イオン伝導性が高く、可塑性を有しているためプレス成型法などで電池の作製が可能であり、既に試作電池の作製に成功し、成果をNEDO SOLiD-EVプロジェクトに移管、量産化に向けた検討が行われている。この電池の最大の問題は水分あるいは正極活物質と固体電解質との反応である。前者については新規硫化物系電解質により反応性(硫化水素

発生量)の低減に成功している。後者については、正極に硫黄を使用することで、本質的にこの問題を解決する方向での研究が進展している。大量生産においてはシート成形法を用いた固体電池の作製の可能性についてその実証試験が始まっている。電気自動車用電池として数十Ahあるいはそれ以上の容量を有する電池の試作を実施しており、実用化に向けた取り組みの成果が上がることを期待している。

2) 酸化物系固体電解質を使用した全固体電池

酸化物系固体電解質のLi⁺イオン伝導性は硫化物系固体電解質よりも低く、可塑性も小さい。そのための電解質と正極活物質を接合する手法が問題である。高温での熱処理により界面接合はできるが、電解質と正極活物質が反応して抵抗層が形成されたり、活物質そのものが分解する。したがって、現状の高温プロセスを低温化する手法が求められる。既に、フラックス法などの手法の提案をしており、固体電解質あるいは固体電解質・正極活物質界面に関する研究から電池作製の研究に徐々に移行しつつある。

3) リチウム-硫黄電池

本電池の最大の課題である正極活物質の溶出防止に焦点を絞り、研究を行ってきた。電解液側からの研究と正極(硫黄)活物質側からの研究を実施している。テトラグライムにLiTFSAを等モル溶解した溶媒和イオン液体を中心に検討を進め、現在はスルホンがより優れた溶媒であることを提案している。硫黄を炭素材料のマイクロ細孔に導入した新しい硫黄・炭素複合体正極を提案し、その高容量化にも成功している。加えて、リチウム金属負極側の研究も進めている。既に、積層タイプの電池の試作を開始している。

4) リチウム-空気電池

リチウム金属を負極、空気中の酸素を正極活物質とすることで理論的には高いエネルギー密度が期待できるが、開放系の電池であり、技術的にハードルが高い。正極では酸素の還元により生成したO₂⁻イオンとLi⁺イオンが反応しLi₂O₂

が析出するが、 Li_2O_2 の伝導性が低く、電極構造が重要であり、ナノ炭素正極層内の空隙を制御することで優れた正極の開発に成功した。しかし、充電時の過電圧が大きく、溶媒や炭素の酸化という大きな問題が残っていたが、メディエーターを利用することで充電過電圧の低減に成功している。リチウム金属負極に関する研究も実施し、リチウム金属表面の Li_2O 皮膜を安定化させることで平滑な Li 金属負極の溶解・析出が行えることを実証している。ラミネート型電池の試作も既に実施しており、企業との連携による実用化研究も進めている。

5) マグネシウム金属電池

マグネシウム金属を使用することでエネルギー密度の向上、資源問題の解決、安全性の向上が期待される。しかし、マグネシウム金属負極に使用できる電解液と正極に利用できる電解液では物理化学的な性質が大きく異なり、両電極に適合する電解質の開発と活物質表面修飾による界面形成が求められている。基礎的研究の成果として電解液に関する基本的指針と活物質表面修飾法は得られており、電池試作が重要な課題となっている。

6) リチウム金属二次電池

リチウムイオン電池の黒鉛負極をリチウム金属電極に置き換えた電池であり、基本的構造は類似している。問題はリチウム金属負極の充放電の可逆性と安全性であるが、新規電解液の開発や新規セパレータ開発の結果、既に実電池作製の段階に来ており、出力特性にも優れ 400～

500 Wh kg^{-1} (800～1000 Wh L^{-1}) のエネルギー密度を有する電池がそれほど遠くない時期に可能となるであろう。

3. 各部門の講演会

6月12日午後からは資源、製錬、分析、工務、新素材の5部門に分かれて分科会形式で一般講演が行われた。一般講演の資源、分析、新素材の3部門は12日午後に、製錬、工務の2部門は6月12日午後～13日午前の2日間にわたって開催された。

工務部門では、特別講演および昨年度の工務部会賞の表彰式が行われた。概要は次のとおり。
(工務部門特別講演)

工務部門では、長らく資源循環化社会の実現と再生可能エネルギーの導入促進に向けた実証にも取り組まれ、広く卓越したエネルギー・環境分野での見識をお持ちの株式会社スリー・アール代表取締役菅井弘様に『将来へのエネルギー消費削減と資源循環の展望』と題してご講演いただいた。

非鉄製錬業界は、依然として先行き不透明な状況に置かれ、国際競争を勝ち抜くためには省エネや生産性向上や資源循環に係る取り組みが一層重要になっており、将来のエネルギー消費削減と資源循環への取り組みは、重要かつ喫緊の課題である。

菅井様には、当非鉄金属製錬業界を取り巻く状況をご理解いただいたうえで、エネルギーや資源循環なども踏まえ、詳細な導入のご説明を



特別講演 魚崎講師



特別講演 金村講師

いただいた。当業界会員企業の経営に直接影響する電力コスト抑制にも寄与する原子力発電所の再稼働、再生可能エネルギー導入促進に係る現状と課題、そして非鉄金属業界におけるエネルギー消費削減と資源リサイクルへの展望など、当業界を取り巻く環境の変化とエネルギー政策の転換など事業環境が大きく変動する中で、今後、弊協会会員企業の現場技術者が、将来のありたい姿を実現し生き抜いていくための示唆に富むご講演をいただき、有意義な情報共有を図ることができた。

(工務部会賞表彰式)

工務部門では平成30年度工務部会賞の表彰式を行った。この工務部会賞は、協会会員企業の設備技術者が、設備技術の創意と工夫、改善によって操業の効率向上または経費の節減による経営の合理化について顕著な成果を収めた場合等に、その功績を表彰し、広く顕彰するために、授与される賞である。今回は、昨年度の現担会議の本工務部門の一般講演の投票結果に基づき、工務部会委員によって選考された4件に関わる皆様が受賞された。

- ・回転機器軸封部の摩耗対策と効果
住友金属鉱山株式会社金属事業本部 ニッケル工場 永元 良様、牧野 輝俊様
- ・直島製錬所：特別高圧受変電設備更新
三菱マテリアル株式会社 直島製錬所 豊田 英律様、乾 宣行様
- ・自溶炉排ガス洗浄冷却設備増強
パンパシフィック・カッパー株式会社 佐賀



工務部門 特別講演

関製錬所、赤峰 寿郎様

- ・焙焼原料変化に伴う廃熱ボイラの改造
彦島製錬株式会社 服部 剛様

各部門でそれぞれの現場におけるこれまでの業務の成果や研究成果、業務の改善などが報告され、熱心な質疑応答が行われた。各部門の講演件数は以下のとおりである。

資源部門：一般講演 10件

製錬部門：一般講演 10件

分析部門：一般講演 10件

工務部門：工務部門特別講演 1件、一般講演 12件

新素材部門：一般講演 7件

また、各部門の一般講演では会議参加者による日本鉱業協会賞候補推薦のための投票が行われた。



工務部会賞 受賞者



分析部門 一般講演



新素材部門 一般講演



小野会長 乾杯音頭

4. 懇親会及び見学会

6月12日の会議終了後、TKP市ヶ谷カンファレンスセンター8階「大ホール」および「バンケットホール8A」において全部門合同の懇親会が開催され、会員各社および大学・学会関係者など大勢の参加を得て活発な意見交換が行われた。

各部門の会議終了後、6月13日（木）および14日（金）に部門ごとに見学会が行われた。今年度の各部門の見学先は以下のとおりである。

- A班（資源）：マイントピア別子・別子銅山記念館・日暮別邸記念館
- B班（製錬）：株式会社日向製錬所
- C班（分析）：日本電子株式会社 本社
株式会社ナック クリクラ中央研究所、町田工場
- D班（工務）：パンパシフィック・カッパー株式会社 佐賀関製錬所
- E班（新素材）：岡山大学大学院 自然科学研究科，ヘルスシステム統合科学研究科
JFE スチール株式会社 西日本製鉄所/倉敷地区
高周波熱錬株式会社 IH事業部加工部 岡山工場

5. まとめ

今年度も各社、各機関それぞれの現場での資



懇親会 風景

源開発、坑廃水処理技術の開発、製錬技術の改善、分析技術の開発、製錬設備の改善、新素材の研究開発等への関心が高く、会議には5部門合計で715名が参加、懇親会も431名と多くの参加者数を記録し、現場担当者会議は大盛況のうちに終了することができた。今年度の参加者数実績は表1のとおりである。

なお、来年度の全国鉱山・製錬所現場担当者会議は、2020年6月10日（水）～12日（金）に開催することを予定している。

表1 2019年度 現場担当者会議参加者数実績
(協会関係者を除く)

	講演会	懇親会	見学会
資源	221	160	11
製錬	138	131	38
分析	129	35	36
工務	174	82	36
新素材	53	22	13
合計	715	430	134

2019年度「全国鉱山・製錬所 現場担当者会議」会長挨拶

日本鉱業協会 会長 小野 直樹



日本鉱業協会 会長の小野でございます。2019年度「全国鉱山・製錬所現場担当者会議」の開催にあたりまして、一言ご挨拶申し上げます。

はじめに、本日こうして全国各地からお集まりいただきました皆様を、心から歓迎いたします。それとともに、現場における皆様の日頃の努力に対しまして、深く敬意を表したいと思います。

この会議は、昭和24年に開始されて以来、今回で71回目となる大変歴史のある会議です。

現場の第一線で活躍されている技術者や研究者の皆様が、年に1度、こうして一堂に会し、日頃の研鑽や研究成果を発表して、お互いの交流を深めることにより、業界全体の技術レベルの向上を図ることを目的としています。

また今年はや号が平成から、「美しい調和, beautiful harmony」という意味を持つ、令和に改元されて初めての開催となります。このような年に、国内外の鉱山・製錬所や工場・研究所などから、700名以上の多数の皆様にご参加いただいています。私どもも、その成果に大きな期待を寄せているところです。

本日は、この後、国立研究開発法人 科学技術振興機構の「ALCA-SPRING」の運営総括で、国立研究開発法人 物質・材料研究機構 フェローの魚崎 浩平様、及び総合チームリーダーで首都大学東京 教授の金村 聖志様に、「次世代蓄電池研究開発加速プロジェクト ALCA-SPRING の概要」と題した特別講演を、お願いしています。

ALCA は、Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program の略称で、「先端的低炭素化技術開発プログラム」を指します。SPRING は、Specially Promoted Research for Innovative Next Generation Batteries の略称で、「次世代蓄電池」を指します。この ALCA-SPRING は、我が国が2015年のパリ協定の枠組みを受けて国際的に約束した、温室効果ガス排出削減目標を達成するための、特別重点技術のプロジェクトであり、40以上の研究機関、80人以上の研究代表者が属する、きわめて大きく重要な研究プロジェクトです。

低炭素社会の実現のために、各業界団体は自主的に目標を設定し、対策を実施しています。我々日本鉱業協会でも、CO₂排出原単位の削減目標を、1990年度比で、2020年度は15%減、2030年度は18%減と設定して取り組んでまいりました。その結果、省エネ効果に加え、エネルギー原単位の大きいフェロニッケルの減産影響などにより、CO₂排出原単位は2017年度は23%減となり、2015年度から3年連続で2030年度目標の18%減を達成しました。そこで、昨年の産業構造審議会

の小委員会で、2030年度CO₂排出原単位の削減目標を26%減へと引き上げることを表明しています。

本日の講演はまさにタイムリーな内容であり、ここにお集まりの皆様も、興味深くお聞きいただけるものと思っています。

特別講演に引き続き、資源、製錬、分析、工務、新素材の各部会に分かれ、合計49件の一般講演を予定しており、また2日目から3日目にかけては、部門ごとに関係先の現地見学会を実施して見聞を広め、交流を深めることができるなど、非常に中身の濃いプログラムとなっています。

さて、ここで最近の非鉄金属業界の状況について少し申し上げたいと思います。

非鉄大手8社の2018年度決算は、前期にあった海外鉱山の減損影響が無くなったものの、主に金属部門での在庫影響・買鉱条件の悪化・製錬コストの増加等による減益幅が大きく、トータルの売上高は前年度比プラスとなりましたが、親会社株主に帰属する当期純利益は、8社のうち5社が減益となりました。収益が安定していた電子部品なども、期の後半より顕在化した中国の減速などにより苦戦しており、厳しい結果となっています。

2019年度も、米中貿易摩擦の激化、英国のEU離脱問題、イラン、北朝鮮などの地政学的リスクが影を落とし、景気や相場に対する不安要素が拡大しています。

このような外部環境下ではありますが、私たちには、我が国の幅広い産業にとって必要不可欠な非鉄金属資源を確保し、高品質な非鉄金属素材を安定的に供給すること、さらに循環型社会推進の担い手として、これらの素材を確実に適正にリサイクルし、環境保全に貢献することが求められています。

こういった社会的使命を果たすために、現場の第一線において、コスト削減や生産性の向上、さらには技術改善や研究開発に取り組まれている皆様の継続的な努力が、我が国の非鉄産業の競争力向上のカギとなると考えています。

私は、学生時代にタングステン鉱床の研究を行ってきました。また40年以上の社会人としての経験のうち、半分以上現場にいて、ものづくりの第一線を現場で体感してきて、その重要性を認識しています。私の経験上、皆様のような、現場の第一線で活躍されている方々が、自らの経験に基づき講演の準備をされ、豊富な知識や経験を持った人々が集まり、様々な課題に対して活発な議論や情報交換を行うことは、必ず今後の皆様の貴重な財産となります。また何物にも代えがたい人脈をも、作り上げることができるものと思います。今回の「全国鉱山・製錬所 現場担当者会議」の場を有効に活用していただき、ひいては今後の我が国の非鉄金属業界の一層の発展につなげていただくことを、大いに期待しています。

今回も見学会を含めると3日間の会議となります。この会議が皆様にとり、実り多い場となりますことを再度祈念いたしまして、私の開会の挨拶とさせていただきます。ありがとうございました。

以上

別子銅山記念館・日暮別邸記念館・ マイントピア別子 見学記

日鉄鉱業株式会社 資源開発部 雨宮 裕

1. はじめに

令和元年度の現場担当者会議見学会 A 班（資源部門）は、愛媛県新居浜市の別子銅山を中心に、日本の銅の歴史を巡るプログラムでした。参加者は総勢 12 名で、初日は別子銅山記念館、日暮別邸記念館を、2 日目はマイントピア別子を見学しました。以下に見学会の内容をご報告いたします。

2. 別子銅山記念館

(1) 別子銅山概要

新居浜市の南東に位置する別子銅山は、1690（元禄 3）年に良好な鉱脈が発見され、翌 1691 年に開坑された。以来、1973（昭和 48）年に閉山するまで、江戸・明治・大正・昭和の 4 時代

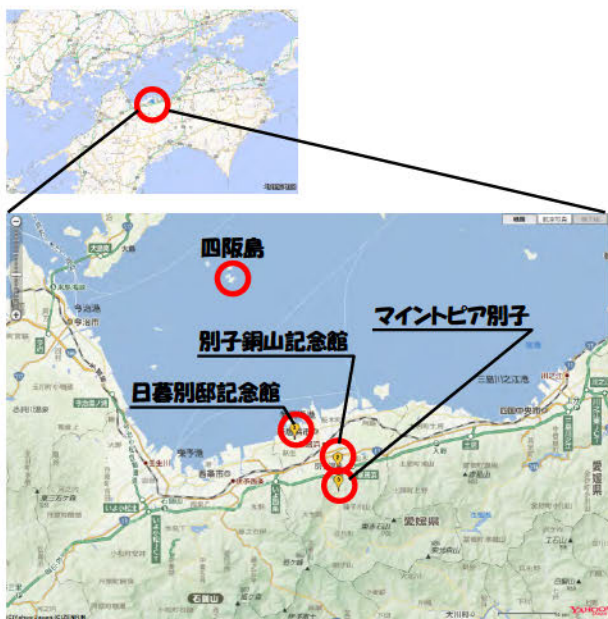
283 年に亘り、銅を産出し続けた。また、発見からわずか 5 年後の 1695（元禄 8）年には、全国各所から採鉱や運搬にあたる稼人を募り、別子銅山山中に約 3,000 人が暮らす鉱山町が形成されていたそうである。

明治以降は、江戸時代から続く我が国唯一の民間鉱山として産業の近代化、事業の多角化に大きく貢献した。

鉱床の規模は、傾斜角北東 45 度～70 度、厚さ平均 2.5m、水平方向約 1,500m、深度方向海拔約 1,300m から海拔約 -1,000m に亘って広がるというもので、国内では最大規模の銅鉱床であった。

(2) 別子銅山記念館

別子銅山記念館は、日本三大銅山の一つである別子銅山の意義を永く後世に伝えるため、住友グループによって 1975（昭和 50）年に建設された。建物は、別子銅山守護神が奉祀されている大山積（おおやまづみ）神社境内にあり、鉱山坑内を彷彿させる半地下式構造となっている。



見学会位置図



大山積神社外観

開坑から閉山まで一貫して住友社が経営した、日本はもとより世界でも例のない銅山であるため、当記念館では、普通なら散逸していてもおかしくない数々の貴重な史料や展示物を見ることができた。銅品位は、閉山されるまでの平均で約 2.5%、1892（明治 25）年以前では平均で約 11%あったと伺い、非常に高い銅品位を誇っていたことに驚くとともに、日本経済を支えた世界有数の銅鉱山であったことを感じ取ることができた。

屋外には、銅山稼働時に鉱山鉄道を走った別子一号蒸気機関車等も展示されていた。

3. 日暮別邸記念館

日暮別邸記念館は、別子銅山において採掘された銅鉱石を製錬する際に排出される亜硫酸ガ



別子一号蒸気機関車



集合写真 別子銅山記念館にて

スの煙害克服の歴史を伝えるため、住友グループによって 2018（平成 30）年に建設された。

「日暮別邸」は、1906（明治 39）年に当時の住友家の別邸として建設された。元々、お客様の接待用に使われた木造 2 階建ての建築物であり、その名前は四阪島製錬所の設計を行った技師が、日が暮れるまでそこで構想を練っていたことに由来するそうである。しかしながら、建築後 110 年余りの歳月を経て老朽化が進み、価値ある建築物を島で保存し続けることが難しくなってきたことから、四阪島を遠望できる新居浜市中心部に昨年移築された。

別子銅山は、明治に入り機械設備の導入、索道、鉄道の敷設などによって出鉱量の拡大が図られた。これに対応する製錬能力を確保するため、別子銅山の中にあつた製錬所が新居浜の沿岸部に移転された。新居浜製錬所は、1883（明治 16）年に建設され、翌年からの試験操業を経て、1893（明治 26）年から本格的な生産が始まった。

しかし、新居浜製錬所への移転により、亜硫酸ガスが周辺地域の農作物に被害を及ぼすという、予期せぬ事態が発生した。

当時は亜硫酸ガスの回収方法が確立されておらず、技術的に解決することは極めて困難だったため、製錬所は 1905（明治 38）年に無人島の四阪島へ再移転された。四阪島は新居浜から北に約 20km 離れた無人島で、ここに製錬所を移転



日暮別邸記念館外観

すれば、亜硫酸ガスは瀬戸内海上で拡散され、煙害が発生することはないと考えたそうである。

しかし、拡散されると考えた亜硫酸ガスが予想に反して風に乗る、そのまま四国本土にまで流れ、煙害を愛媛県の東予地方全体にまで拡大させることとなった。

以降、煙害克服に向けて様々な技術改良に着手し、1939（昭和 14）年の亜硫酸ガスの中和工場の完成で、ようやく煙害の被害を根絶するに至った。四阪島に製錬所が移転してから 34 年後のことである。

現在、四阪島では、(株)四阪製錬所が製錬技術を活かし、製鋼煙灰に含まれる亜鉛を回収するリサイクル事業を行っている。

このような操業当時の面影を我々は、日暮別邸記念館を利用して入館料無料で垣間見ることが可能である。

なお、四阪島製錬所内に存在していた鉄筋コンクリート製の高さ 64.2m の大煙突は、煙害克服の象徴とされていたのだが、劣化が激しいため 2013（平成 25）年に撤去されたことを知り、歴史を伝える遺産の一つが消失するのは名残惜しいと感じた。

4. マイントピア別子

マイントピア別子は、1991（平成 3）年 6 月にオープンした、新居浜市の産業基盤となった別子銅山の施設跡を利用した鉱山のテーマパーク

である。また、道の駅マイントピア別子と併設している。

マイントピア別子内には、1930（昭和 5）年から閉山の 1973（昭和 48）年まで採鉱本部が置かれていた端出場（はでば）地区を開発した「端出場ゾーン」と、1916（大正 5）年から 1930（昭和 5）年まで最盛期の採鉱本部が置かれていた東平（とうなる）地区を開発した「東平ゾーン」がある。

本見学会では、端出場ゾーンからマイクロバスに乗り、片道約 25 分かけて東平ゾーンを回った。

(1) 端出場ゾーン

端出場ゾーンでは、当施設内にある「端出場駅」から忠実に鉱山鉄道を再現した鉱山観光列車が開設されており、片道 3～4 分で約 400m 離れた鉱山観光エリアと行き来できる。

このエリアでは、旧火薬庫を利用して作られた観光坑道（長さ 333m）内に、江戸時代から近代までの別子銅山の様子が多岐に亘り、再現されている。さらに当エリアでは、別子銅山坑内での採鉱作業をアトラクション形式で体験しながら学ぶことができるそうである。

その他、端出場ゾーンでは、砂金採り場やバーベキュー場、キッズパーク、温泉施設なども併設されており、家族揃って楽しめるエリアが広がっている。

(2) 東平ゾーン



集合写真 日暮別邸記念館にて



マイクロバス

東平ゾーンは、標高約 750m の山中にあることや、残された貯鉱庫跡の雰囲気、かつて街として栄えたという歴史などから「東洋のマチュピチュ」と称されている。

なかでも東平貯鉱庫跡は、愛媛県と広島県の間のしまなみ地方で産出された花崗岩を使って明治時代に築かれたとされる。マチュピチュのような標高ではないが、貯鉱庫跡に着いた頃には雨が降り出し、まるで本家の雲海を匂わせるような風景を演出してくれた。

当時は、銅山関連施設をはじめ学校、病院、娯楽場、社宅などの生活施設が整備され、約 3,800 人が暮らしていたそうである。

東平歴史資料館では、江戸時代の銅採鉱状況を模したジオラマや当時の写真などから、幹線道路や運搬坑道が整備されていない中、歩いていくことすら困難な山中において、手作業で行っていた当時の採鉱の過酷さを垣間見ることができた。

5. 謝辞

最後に、本見学会を受け入れていただき、また、懇切丁寧なご案内・ご説明をいただいた、別子銅山記念館・日暮別邸記念館の方々、新居浜観光ガイドの会の清水様、並びに引率し



東平ゾーン 東平貯鉱庫跡



東平ゾーン 東平歴史資料館外観



端出場ゾーン マイントピア別子外観



東平ゾーン案内図



別子銅山ジオラマ

ていただいた日本鉱業協会の吉澤様に厚く御礼
申し上げます。

2019 年度現場担当者会議 見学記

JX 金属株式会社 小林 義文

2019 年 6 月 12 日から 13 日に令和元年の現場担当者会議の本会議が開催されました。

わが製錬部門では 10 件の講演があり、講演後の質問や意見が例年以上に活発で、座長が時間切れをやむなく告げざるを得ない講演がいくつもあるほどの盛況でした。また参加者も 170 名を超えて昨年より広い会場も連日空席を探すような状態でした。13 日の本会議終了後、見学参加者 39 名は見学先である宮崎県日向市に所在する株式会社日向製錬所様を目指して移動しました。

宮崎空港に下りるとあいにくの雨模様ながら南国の香りと暑さを感じました。参加者の大半は翌朝から日向市に向けて JR 日豊線に乗り込む予定で宮崎空港の近くの宮崎市に宿泊し英気を養ったようです。

当日は雨で、日向市駅集合 9 時 10 分に間に合うよう 8 時 6 分の日豊線大分方面行きの列車に乗り込みました。通常宮崎駅から日向市駅までは 50 分ということなので、前日の大雨により徐行区間ありとの車内アナウンスがあっても所要時間からみて集合時間まで余裕ありと思っておりましたが、この徐行に加え大雨による遅れが加わり車内で 9 時を過ぎた際は、前日の会議終了時に事務局の岸本部長代理の見学者の集合遅れは許されませんとの声が急によみがえってきて不安に満ちた道行となってしまいました。結局、日向市駅に 9 時 30 分着となり慌てて集合場所に走りましたが、参加者の大半が同じ列車遅れでバスは集合場所に待機してくれていたため安堵しました。

我々見学者一行は遅れながらも日向市駅を出発し、途中日向市の街並みを見ながら(株)日向製錬所様に到着しました。

意外に広く区画も整然とされているなという工場の印象です。

会議室に案内されると遅れてきたにもかかわらず当製錬所の川中部長以下スタッフの方々に快く受け入れていただきました。また 39 名の見学者受け入れは約 10 年ぶりということでご準備いただいていたいました。

まず川中部長からご挨拶いただいた後、本日の予定と工場の概要についての説明を伺いました。見学は岸壁、貯鉄舎、ドライヤ、キルン、制御室、電気炉、脱硫設備、鑄造設備の順に主要設備をフローに従って見せていただくとのことでした。次に工場概要です。当製錬所が生産されている製品は Fe-Ni です。Fe-Ni は Ni 鉱石から作られ主な用途はステンレスの主要成分であり、そのステンレスはリサイクル率が高く日本は世界有数の消費国とのことでした。当製錬所は住友金属鉱山株式会社のグループ会社の一つですが、住友金属鉱山(株)では愛媛県新居浜市でニッケル工場が電気 Ni、当製錬所が Fe-Ni とグループ内ですみ分けされているそうです。当製錬所では Fe-Ni が 10 万 t/年(Ni 量で 2 万 t/年)の生産キャパを有しており、国内の 1/4 程度の生産量を担っているとの事です。設立は 1956 年で創立 60 年を超えていますが、1968 年に日向市内で工場移転をされ現在に至っているとのことでした。株主は住友金属鉱山(株) (60%)、日鉄ステンレス株式会社 (25%)、三井物産株式会社 (15%)

です。トピックスとしては 50 周年の 2006 年に電気炉を更新された際に世界初のハイブリッド冷却方式を取り入れたとお聞きし、積極的に新たな技術にも取り組まれていることを感じました。鉱石は酸化鉱のサブロライト鉱で主にインドネシアとニューカレドニアから輸入されていたのですが、現在は品質面などの問題からニューカレドニア品だけとのこと。鉱石中の成分は Ni : 1.5~2.2%, Fe : 10~25%, MgO : 20~32%, SiO₂ : 33~45%, 水分 : 20~30% などです。鉱石の 3~4 銘柄を調合し、まずロータリードライヤーで付着水を飛ばし、次にキルンにて石炭と一緒に 800~850℃で焼成させ、電気炉にて還元しクルードメタル (1400~1450℃) とスラグ (1550~1600℃) に分離します。クルードメタルはスターラ脱硫機にて脱硫後、水中鑄造で製品の Fe-Ni ショットとなります。電気炉で分離されたスラグは水砕後グリーンサンドという製品名で鉄鋼の溶剤やコンクリート細骨材や路盤材として 50 万 t/年販売されます。環境面では工程内の排ガスは電気集塵機やバグフィルターによって除塵後放出、廃水はシックナーによって懸濁物質を沈降分離して放流されており環境面にも力を入れていることを感じました。また工場内の緑地化も積極的に進められていました。主な設備はキルン 2 基、電気炉 2 基 (現在は 1 基のみ稼働) で、従業員 163 名で平均年齢 39 歳のかなり若い従業員構成となっていました。

以上の説明の後、見学用上着に着替え、ヘルメット・マスク・安全眼鏡を装着し見学開始となりました。

まずバスで岸壁に移動しました。バースは 3 万 t クラスの船が入るとのことですが意外にコンパクトです。構内道路を挟んでバースの向かいに貯鉱舎があり屋根付きと屋根なしの 2 つの貯鉱舎が並んでいます。鉱石は茶色の粘土のようでもいかにも水分が多いと感ぜられ、銅精鉱を見慣れていると異質な感じがします。

次はドライヤーです。5mφ×40m×1 基の大きな設備で、付着水を飛ばし水分で 5%程度落とすそ

うです。鉱石中の結晶水までは除去しないとのこと。

次からはバスを降り 5 班に分かれ徒歩にて見学です。

キルンは 4.8mφ×105m×2 基という巨大な設備で圧倒されます。この設備で完全乾燥と石炭による大部分の Ni 還元と一部の Fe 還元を行っているそうです。石炭投入部などいろいろな改善を図られているのが感じられます。

次に制御室です。整頓された室内は DCS 管理に変更したということで工程全般を管理できるようにレイアウトされています。

そして電気炉です。17.5mφ×65MVA という巨大な電気炉でこの設備にもただ圧倒されます。当製錬所では電気炉以降の工程がバッチ作業ということのようです。焼鉱を溶融還元し 2~3 時間ごとにメタルとスラグを抜くとのこと。電気炉の電極は成形体の継ぎ足し方式ではなく、拳大状の自焼成電極材料を上から補給投入する方式とのことで電極交換等の手間はあまりないそうです。また世界初導入というハイブリッド冷却方式も実際に見せていただきました。電極近傍はジャケット冷却でその他は一般的な散水方式という効率的な方式と思われました。

抜き出されたメタルは CaC₂ を加えてスターラ脱硫機で脱硫したのちレードルを傾け水中鑄造してショット製造となりますが、ちょうど鑄造の最中を拝見し、ショットのサイズ管理等で注湯も大分検討されたのかと感じました。また銅製錬を見慣れている自分としては Fe-Ni 製造設備の予想外の規模の大きさをあらためて認識しました。

これで見学は終了ですが、工場全般整理整頓が行き届いており、従業員の方々もすれ違えば「ご安全に」のあいさつを交わしてくれました。これは工場の皆様の日頃の努力のたまものと思われました。

見学終了後は質疑の時間ですが、工程とはあまり関係のないような質問や常識的な質問にも親身に回答いただき、最後に会議室にて集合写

真を撮影，当製錬所を出発し昼食会場に向かいました。

昼食会場にて事務局が手配してくれた昼食をとった後は会場そばの公園や神社の散策が予定されていましたが，冒頭書きました雨による列車の遅れが参加者には気がかりで，昼もそこに日向市駅に向かうこととなりました。

日豊線は予想通りダイヤが大幅に遅れており

参加者はあわただしく各自解散となりました。幸い宮崎空港の飛行機は遅れもなく，遅れていた列車もある時間帯から復旧できたようで参加者は何とか自宅へ向かうことができたようです。

最後に今回の見学を受け入れていただいた株式会社日向製錬所の皆様並びに本企画を計画され実行された日本鉱業協会のご担当者の皆様にはこの紙面をもって厚く御礼申し上げます。



日本電子株式会社およびクリクラ町田工場/ 中央研究所 見学記

DOWA テクノリサーチ株式会社 小坂センター 馬場 諒

2019 年度全国鉱山・製錬所現場担当者会議の C 班 (分析部門) の見学会は、6 月 13 日に日本電子株式会社本社およびクリクラ町田工場/中央研究所で開催されました。

今回の見学会には、37 名の方が参加されました。当日は梅雨入りとは思えないほど、清々しい天気にも恵まれました。定刻通りに出発し、首都高速を西方面に渋滞なく進み、国営昭和記念公園にほど近い、最初の見学先である日本電子(株)本社 (東京都昭島市) に到着しました。

日本電子(株)は JEOL (ジオル, ジェオール) の愛称で呼ばれる方も多いかと思います。今年で創業 70 周年を迎え、アカデミア領域で培ったコアテクノロジーを元に、医療分野における生化学自動分析装置や、半導体分野における電子ビーム描写装置、産業分野では電子ビーム金属 3D プリンターを開発し、これら 3 つの事業領域の拡大や、最新機器による受託分析サービスの導入を行っています。

見学会は、始めに会社紹介をしていただいた後、開発館 1F ロビー中央に展示されている、1947 年に開発された透過型電子顕微鏡「DA-1」の前で集合写真を撮りました。その後、3 つの装置についてご説明いただきました。

1 つ目は、軟 X 線分光器 SXES を搭載したワールドエミッション電子プローブマイクロアナライザ JXA-8530FPlus を紹介していただきました。測定例として、ダイヤモンドとグラファイト、ポリマーの違いが判別できる結果をご説明いただきました。加速電圧を変えることで、深

さ方向の情報も得られ、X 線光電子分光 (XPS, ESCA) のような使い方ができるということでした。

2 つ目は多機能性電子顕微鏡 JEM-F200 の部屋に案内していただき、電子顕微鏡の原理をわかりやすくご説明いただきました。チタン酸ストロンチウムの原子カラムを観察した例では、エネルギー分散形分光器 (EDS) で Ti と Sr が原子レベルでくっきりと見分けられる画像を見せていただきました。高分解能ということで、人の話し声などのわずかな振動や人体の熱によってもノイズが発生するほか、車や電車から発せられる磁場の影響もあるため、この部屋は磁場キャンセラーの設置された防音室であり、21℃で管理されているとのことでした。

3 つ目は、ネオスコープ卓上走査電子顕微鏡 JCM-7000 NeoScope™を紹介していただきました。この装置は非常にコンパクトで、マウスをスクロールするだけで光学 CCD 画像と SEM 画像がスムーズに切り替わります。SEM 観察をしながらリアルタイムで EDS による元素分析や、深さ方向の観察も可能ということで、表面分析初心者の筆者だけでなく、現場の方々が直観的に操作できる、非常にユーザーフレンドリーな製品だと感じました。

昼食後、バスで次の見学先であるクリクラ町田工場/中央研究所に移動しました。入館してまず、参加者たちはウォーターサーバーの水で喉を潤しました。クリクラは株式会社ナックの宅配水事業として 2001 年に始まりました。クレヨ

ンしんちゃんのCMでご存知の方も多いかと思
います。全国に48工場あり、全体で月産427万本
の生産能力、町田工場は月産11万本の生産能力
を有しています。

まず、中央研究所では、事業概要の映像を拝
見したのち、5Fの微生物検査室、ボトル検査室、
サーバー検査室を案内していただきました。こ
こではイオンクロマトグラフィーやpH計など、
我々分析者に馴染み深いものを目にするのが
できました。2Fでは、水道水とクリクラの水に
塩素反応試薬を添加するテストを行いました。
水道水は淡赤紫色を呈し、カルキ臭の原因とな
る残留塩素が約1ppm含まれているのに対して、
クリクラの水は無色透明なままでした。塩素が
除去されたおいしい水はどのような衛生管理の
もと製造されているのでしょうか。

次に、町田工場の製造ラインを見学させてい
ただきました。原水は飲み水として安定供給さ
れている水道水を使用しています。糸巻きフイ
ルター、活性炭、RO膜の順にろ過工程を通り、
鉄さび、塩素やかび臭、ウィルスなどを除去し
た後、ミネラル成分(Na, K, Mg, Ca)を配合し
ます。そして紫外線殺菌し、UF膜で最終ろ過を
してボトリングされ、人の目で検査されたのち、
出荷されます。水は臭いを吸着しやすいため、
製造した水でボトル洗浄をしており、キャップ
は医療器具と同様の衛生管理がされているとの
ことでした。

最後に、世界のウォーターサーバーと水が展
示されている、中央研究所3Fにご案内いただき
ました。各国の様々なデザインのボトルを楽し
く拝見したあと、フランス産の硬水(硬度1849
mg/L)と軟水のクリクラの水(硬度30mg/L)の
飲み比べをし、硬水は渋く、軟水はまるやかで

あるなど、口当たりの違いを確かめさせていた
だきました。

今回の見学会では、最先端の表面分析装置を
目の当たりにして、技術が目覚ましい進歩を遂
げていることに驚き、また、安心安全な製品の
うらには、徹底した衛生管理と検査があるのだ
と認識させられ、大変有意義な時間を過ごすこ
とができました。

最後になりましたが、見学を快くご承諾いた
だき、ご説明、ご案内いただきました日本電子
株式会社並びにクリクラ町田工場/中央研究所
の方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。



写真1 透過型電子顕微鏡 DA-1



写真2 日本電子(株)本社にて



写真3 クリクラ町田工場/中央研究所にて

パンパシフィック・カッパー株式会社 佐賀関製錬所 見学記

古河機械金属株式会社 技術統括本部 名塚 龍己

1. はじめに

日本鉱業協会 2019 年度全国鉱山・製錬所現場担当者会議の現場見学会として、パンパシフィック・カッパー株式会社のご協力により佐賀関製錬所を訪問させていただき、世界最大級のクリーンな製錬所を見学させていただきました。

佐賀関製錬所は、大分県東部の佐賀関半島に位置しており、1916 年から銅の電解及び真吹炉の操業を開始し、翌 1917 年から溶鉱炉の操業を開始しました。また、これに合わせ硫酸銅の生産も同年に開始しています。その後 1970 年と 1973 年に日鉱式第 1 及び第 2 自熔炉の操業を開始しています。1996 年には 2 炉操業を 1 炉操業に変更し、1998 年と 2000 年の設備増強工事を経て、39,200t/月まで生産量を上げました。1 系統の溶解炉で 39,200t/月の粗銅生産量は、世界最大級と言えます。

今回の見学会では、大型の荷役設備のあるバース、第一煙突跡地、自熔炉管理室、精製炉及

び第 3 電解を見学させていただきました。

2. 見学コース

(1) バース

銅精鉱を始めとする原料受入、生産された硫酸の積み出し等を行っており、5 万 t 級の着棧が可能な長さ 300m の岸壁となっています。銅鉱石を運搬する鉱石船は、年間約 100 隻にも上ることです。世界各地から運搬されてきた銅鉱石は、13,000t/日の能力を持つ大型アンローダで荷揚げされ、自動秤量、自動サンプリング装置を経て、貯鉱舎にコンベヤで運搬されています。貯鉱舎までの銅鉱石運搬用ベルトコンベヤは、密閉構造のケーシングに収納し、飛散防止を図っています。チリから鉱石運搬する船は特別な仕様として、銅鉱石を下した後に硫酸を積み込むことが可能な船になっているとのことで、チリに輸出された硫酸は、SX-EW 法に使用されているとのことでした。

(2) 第 1 煙突跡地

操業開始当初から活躍していた第 1 大煙突は、2013 年に解体されましたが、その基礎部分はモニュメントとして今も残されており、当時の施工技術力の高さと周辺環境配慮への思いが感じられました。当時の鉄筋の断面形状が丸ではなく四角になっていたことも、煙突下部のコンクリート断面から確認することができました。

(3) 自熔炉及び管理室

銅精鉱は、珪酸と混合しドライヤで乾燥された後、常温の高酸素空気と共に精鉱バーナから



写真 1 佐賀関製錬所全景



写真 2 第 1 煙突跡

自熔炉に吹き込まれます。自熔炉では、銅品位約 65%の鉞（マツ）と鍔（スラグ）に溶解・分離します。自熔炉本体は 1973 年に建設した当時とほぼ変わらぬサイズでありながら、その生産量は 3 倍以上に能力を高め、1 炉での生産能力として世界最大級の規模となっています。100 年を超える技術の蓄積により、設備と操業の両面において、成し遂げられた結果と感じました。

管理室では、プラント全体の集中管理がなされており、ボイラ管理では、差圧変化を注視しているとのことでした。

(4) 精製炉及びアノード鑄造機

転炉で得られた粗銅には不純物としての酸素が含まれているため、ブタンガスを還元剤として精製炉内に吹き込み、銅品位を 99.5%まで高めています。精製炉は 400t 炉が 3 基稼働し、精製粗銅としてアノード鑄造機へ移され、円形テーブルにてアノード陽極板として鑄造しています。離型剤の塗布からアノード陽極板の脱型、

冷却まで全て自動化され効率の良いシステムになっていました。また、集塵設備等作業環境も整えられ、作業者にとっても良好な環境との印象でした。

(5) 第 3 電解

精製炉で鑄造された銅品位 99.5%のアノード陽極板は、電気分解により銅品位 99.99%の電気銅に精製されます。ステンレス板をカソードに使用したパーマネント・カソード法を採用されており、国内では最初に技術導入したシステムとのことでした。電解槽の数は 768 槽あり、1 サイクルあたり約 9 日間ほどの電解日数を要しているとのことでした。電解槽独特の臭気もほとんどなく、換気が行き届いていると感じました。

3. おわりに

今回、世界最大級のクリーンな製錬所ということで、実際に製錬プロセスの主要な設備を見学させていただき、各所で作業環境改善への対策や周辺環境への配慮等、クリーンな製錬所への取り組みに深く感心致しました。また、安全活動に対しましても、場内に掲げられた安全標識や注意喚起の掲示板等、非常に明るくわかり易く表示されており、私たち現場を預かる工務部門として、非常に勉強になりました。

最後に、日本鉱業協会工務部門の見学会を快くお引き受けいただき、ご丁寧な説明とご案内をいただきましたパンパシフィック・カッパー株式会社の皆様に深く感謝申し上げます。

以上



写真3 参加者集合写真

岡山大学 大学院自然科学研究科， 大学院ヘルスシステム統合科学研究科 JFE スチール株式会社 西日本製鉄所（倉敷地区） 高周波熱錬株式会社 岡山工場 見学記

三井金属鉱業株式会社 機能材料事業本部 機能材料研究所 第3センター 瀬戸 康博

1. 概要

今年度の現場担当者会議・新素材部門見学会は、6月13日に岡山市内にある岡山大学を訪問し、翌6月14日は貸切小型バスで移動して、倉敷市の JFE スチール株式会社西日本製鉄所、および総社市の高周波熱錬株式会社岡山工場を訪問しました。

岡山大学では、産学官融合センターの正岡先生から大学の概要をご紹介いただいた後、大学院自然科学研究科の仁科先生から「黒鉛の酸化・剥離によるカーボンナノシートの作製とその応用」、大学院ヘルスシステム統合科学研究科の紀和先生と堺先生からそれぞれ、「テラヘルツ技術」、「磁気を用いた新規非破壊検査技術」について研究テーマのご説明を受け、質疑応答を通じて活発な議論を行いました。翌日の JFE スチール㈱では、広大な敷地内をバスで移動しながら見学して回り、その後、見学センターの展示を見学しました。最後に高周波熱錬㈱では、自動車向け部品の熱処理工程の工場見学をしながらご説明を受けました。今回の見学会参加者は、初日、2日目とも、13名でした。

2. 国立大学法人 岡山大学

岡山大学は、明治3年に創立された「岡山藩医学館」がルーツですが、大学創立は、岡山師範学校などと統合された昭和24年とされていま

す。今回お邪魔した「創立五十周年記念館」は、岡山駅から車で約15分の岡山大学キャンパス内にあります。この建物の2階会議室にて、産学官融合センター長の正岡准教授から大学の概要説明を受けた後、3人の先生方から最新の研究テーマについてご説明を頂きました。

2-1. 岡山大学 研究推進機構 産学官融合センター 正岡英治 准教授

岡山大学では、他大学と同様に、研究者は大学院に所属しています。大学院で新材料開発に関わるのは、主に自然科学研究科、ヘルスシステム統合科学研究科の研究者となります。ヘルスシステム統合科学研究科は、昨年度から新設された研究科で、医工連携に文系の学術分野を加味した、特色ある研究科とのことです。

学部の学生さんの出身地を見ると、三分の一近くが岡山県で、これに兵庫県と広島県を足すと約半分を占めるとのことです。理学部140名と工学部460名の入学定員に対して、約7割が大学院へ進学するとのこと。大学院卒業後の進路としては、自然科学研究科では5%が進学、75%が製造業に就いているそうです。また、「SDGs 達成に向けた岡山大学の取組事例集」の冊子も頂戴し、岡山大学が大学の目的に掲げている「人類社会の持続的進化のための新たなパラダイム構築」に向けた取り組みもご紹介いた

できました。

2-2. 岡山大学 大学院自然科学研究科 仁科 勇太 研究教授

「黒鉛の酸化・剥離によるカーボンナノシート の作製とその応用」

仁科先生は、有機合成がご専門で、炭素という様々な同素体を持つ元素に注目され、中でも金属材料の代替としてのグラフェンに大きな可能性を感じているとのこと。しかし現状は、グラフェンの製造コストが高すぎるため、これを天然黒鉛から剥がし取ることで、安価で作れないかと考え、黒鉛に強力な酸化剤を作用させながら、安全に酸化グラフェンを製造するプロセスを開発されました。2014年に当時世界最大スケールの酸化グラフェン製造(500g/バッチ)に成功し、現在では5~10kg/バッチのベンチプラントも出来ていて、連続生産も可能になっているとのこと。先生ご自身がベンチャー企業「NiSiNa Materials」を立ち上げ、大学の枠組みを超えた、企業との共同開発にも取り組んでおられるそうです。先生の酸化グラフェン製造技術は、新聞や雑誌などでも取り上げられ、産学連携の成功例として紹介されているとのこと。

2-3. 岡山大学 大学院ヘルスシステム統合科 学研究科 紀和利彦 准教授

「テラヘルツ技術」

テラヘルツ波は、電波と遠赤外線の中間の波長域の電磁波であり、その検出方法が難しい為に利用が広がっていませんでしたが、近年は技術開発がなされ、通信の分野や空港でのセキュリティ用途(ボディスキャナー)等で、実用化が進んでいます。紀和先生は、テラヘルツ波を応用したケミカル顕微鏡の研究に取り組まれています。

ケミカル顕微鏡とは、Si半導体にフェムト秒レーザーを当てるとテラヘルツ波を発振する現象を利用し、Si上に溶液をのせて反応させると、それに応じてテラヘルツ波が変化することから、反応を直接見ることができるとのこと。この手法を応用して、リチウム電池の電極反応のムラの観察や、触媒反応の観察、がん細胞の検出などに応用しているとのことでした。岡山大学では、テラヘルツ分光装置を、県内企業が製品化し、販売しているそうで、もし購入を希望される場合はご相談くださいとのことでした。

2-4. 岡山大学 大学院ヘルスシステム統合科 学研究科 堺 健司 助教

「磁気を用いた新規非破壊検査技術」

堺先生は、超高感度磁気センサ(SQUID)や汎用の磁気センサを応用して、新規の非破壊検査技術の開発や、免疫検査方法の開発に取り組まれています。今回はその応用例として、太陽電池の評価と、磁気を用いた鋼材の内部欠陥検査技術についてご紹介いただきました。その他に



写真1 岡山大学創立五十周年記念館にて集合写真

も、金属粒子と樹脂を用いた電波吸収体の研究内容について、ご紹介いただきました。

まず、太陽電池の評価については、液体窒素温度で作動可能な 1cm 角サイズの SQUID を用いて、太陽電池に発生する微小電流変化を読み取ることで電流分布異常が見える為、非接触で太陽電池の内部欠陥を見つけることも可能とのこと。

また、鋼材の内部欠陥の検査では、低周波磁場を用いることで浸透深さを深くし、汎用の磁気センサで低周波磁場の応答を検出することで、内部に生じた腐食による減肉や欠陥を、非破壊で検出することができるとのこと。実際に鋼板の裏面にザグリ加工したサンプルで、表面からザグリ穴の形状を検出したデータをご紹介いただきました。また、本手法を用いて自動車部品の焼入れ状態の検査や、鋼材の疲労度の検査にも適用可能とのことでした。塗料の影響を受けずに非接触で測定可能等のメリットがあるそうです。

3. JFE スチール株式会社 西日本製鉄所（倉敷地区）

二日目の朝、宿泊した岡山駅に直結したホテルを出て、駅前のバス乗り場から小型のバスに乗り、50 分ほどの走行で、倉敷市にある JFE ス

チール(株)の西日本製鉄所に到着しました。この西日本製鉄所は、今回訪問した倉敷地区と、約 30km 離れた広島県の福山地区の、2 つの事業所を一体運営しているそうです。

さすがに製鉄所は規模が大きく、入りロゲートからそのままバスで移動し、見学センターの建物に到着しました。見学センターの新宅館長から最初に概要をご説明いただき、製鉄所の沿革、敷地内の工場配置、製鉄所の基本的なプロセスと製品について伺いました。石炭を処理してコークスを作り、鉄鉱石と石灰石を混ぜて焼結鉱を作って、それらを高炉に投入して、下部から高温のガスを吹き込むことで、鉄鉱石から銑鉄を得て、それを転炉等で成分調整をして、目的とする鋼にします。そして得られた鋼を圧延や熱処理、表面処理等で、様々な製品に仕上げていくとのことでした。また、隣の岡山県環境保全事業団の埋め立て地は、ゴルフ場もあり、また、昨年岡山県真備町の大規模な水害の後、発生した災害ゴミの集積場にも場所を提供していたそうです。事業所全体では関連会社を含めて 14000 人ほどが働いているとのこと、JFE スチール社員は約 3700 名、近年は現業系の新入社員の 10%ほどが女性だそうです。

引き続き、新宅館長にご案内いただいて、構内の工場見学に向かいました。バスで移動する

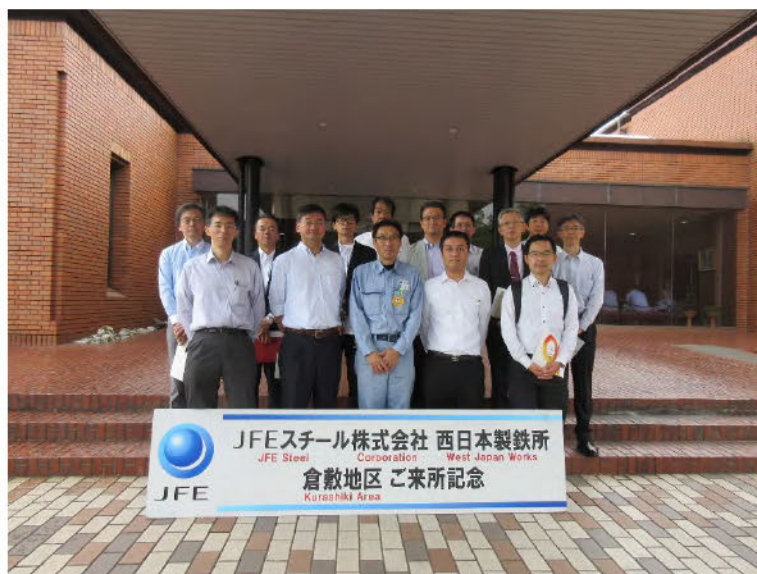


写真 2 JFE スチール 西日本製鉄所倉敷地区にて集合写真

途中も、工程で発生したガスを一時貯蔵するタンクや、製品を搬送するための貨車と線路等、様々な設備について説明を受け、製鉄所が一大コンビナートとして運営されている実態を目の当たりにすることができました。そうするうちに、高炉に到着し、出銑の状況を車内から見学します。オレンジ色の銑鉄がトーポードカーと呼ばれる運搬用の貨車に注ぎ込まれる様子を、離れた場所から見る事ができました。

次に、厚板工場と呼ばれる圧延工程に移動し、ここでは下車して実際の工程を間近で見学しました。圧延工程では、冷却に大量の水が使用されており、スラブの熱気と立ちのぼる水蒸気の迫力に圧倒されます。この大量の水を供給してくれるのが、すぐ横を流れている高梁川だそうで、この場所に、大量の水を必要とする製鉄所が作られた所以の1つだということでした。ここで製造されている厚板は、船舶等に用いられる鋼板が中心で、特にテーパプレートと呼ばれる、厚みに勾配を持たせた特殊な厚板は、圧延時に圧下量を徐々に変化させるという高度な技術で生産されているとのことでした。

構内を移動するバス車中でも、製鉄所で発生する副産物であるスラグを積み上げた場所やコークスガスを利用してごみ処理を行うサーモセレクト炉等についても、ご説明いただきました。

最後に見学センターに戻り、製鉄所の様々な工程を解説する展示を見学し、質疑応答を行いました。

4. 高周波熱錬株式会社 岡山工場

JFE スチール西日本製鉄所をバスで出発し、昼食休憩を経て約30分の走行で、総社市にある高周波熱錬(株) 岡山工場に到着しました。

まず、藤江工場長と岩佐管理課長から会社紹介と岡山工場の事業内容についてご説明いただきました。同社は、IH 技術をコアテクノロジーとして、コンクリートの鉄筋に用いられるPC 鋼棒や、油圧ショベルの旋回輪、自動車用ばね鋼線、ステアリング用中空ラックバー、シリンダーブロック等の製造、または、高周波焼入れ処理を行う他、誘導加熱設備の装置販売を事業として行っているそうです。IH 技術は、熱処理技術として、CO₂排出が少なく環境に優しい技術とのこと。今回、見学に伺った岡山工場は、自動車部品の熱処理加工を行う工場で、道路を挟んで、第1工場と第2工場の2つの工場があり、2003年に第1工場、2006年に第2工場が建設されたそうです。140名が働くこの工場では、1か月に240万個の部品の熱処理を行っているとのことでした。

説明の後、現場を見学させていただき、自動



写真3 高周波熱錬 岡山工場にて集合写真

車部品が誘導加熱によって瞬く間に赤熱し、数秒後に大量の水で冷却される様子を間近で見ることができました。特に、第2工場は、ホイールハブに特化した工場とすることで高度に自動化されていて、少人数で運営管理できるとのことでした。品質管理に関しては、処理条件の管理が中心で、抜き取りでカットしたサンプルの断面観察で焼入れ深さ等を確認しているそうです。

5. 謝辞

今回の見学会では、岡山大学 大学院自然科学研究科の仁科教授、大学院ヘルスシステム統合科学研究科の紀和准教授、並びに堺助教には、最新の研究に関する大変興味深いお話を伺うこ

とことができました。また岡山大学 研究推進機構 産学官融合センター長の正岡准教授には今回の機会をコーディネートしていただきました。

JFE スチール(株) 西日本製鉄所見学センターの新宅館長には、工場案内から見学センター展示の解説、質疑応答など、見学の全ての部分で大変お世話になりました。

高周波熱錬(株) 岡山工場の藤江工場長、岩佐管理課長には、会社のご紹介から工場内の見学案内とご説明、質疑応答まで、懇切丁寧にご対応いただき大変お世話になりました。

今回の見学会にご協力いただきました各位に、改めて厚く御礼申し上げます。

以上

超強力磁石になりうる正方晶 FeCo ～tFC 磁石の実現に向けて～

秋田大学大学院理工学研究科物質科学専攻 長谷川 崇

永久磁石の性能向上には磁化と保磁力の増大がキーとなる。鉄 Fe とコバルト Co の合金は非常に大きな磁化を有するが、立方晶がゆえに磁気異方性が極めて小さいせいで保磁力も極めて小さいため、長い間 FeCo は永久磁石に不向きとされてきた。しかし最近の筆者らの研究グループ^[1]や世界中の複数の研究グループからの報告により、結晶構造を正方晶に変態させることで、大きな磁気異方性が発現することが明らかとなってきた。また筆者らは 2017 年に微細加工法で FeCo ナノドットを作製し、大きな保磁力が得られることを世界で初めて報告した^[2]。本稿では、まず序論でこれまでに報告された世界の主要な研究の一部を紹介し、その後筆者らの主要な研究を解説する。なお、tFC 磁石とは正方晶 FeCo (tetragonal FeCo) の頭文字を取ったもので、筆者が実用化への意気込みと共に名付けた。

1. 序論

1-1. 磁石の用途と開発の歴史

磁石はモーターから電子部品にまで幅広く用いられている。モーターは例えば発電機や電気自動車 (EV) の心臓部に用いられ、磁石を搭載した電子部品は例えば演算子や記録媒体として PC やスマートフォン等の IT 機器に多く用いられている。磁石性能は機器の性能そのものに大きく影響を与えることが多い。例えばモーターの性能は磁石の性能に大きく依存し、磁石の強さが発電効率から EV のパワーや燃費にまで直結する。また記録媒体などの電子部品では、磁石性

能が記録密度や情報保持年数に大きく影響する。そのため磁石性能を向上することは、発電効率や IT 機器の信頼性向上につながり、ひいては省エネや CO₂ 削減、IT 社会の持続的発展につながる。

磁石の歴史を見ると^[3]、天然の磁鉄鉱などは紀元前から世界各地で利用されてきたが、実用的な磁力を有する近代的な磁石材の開発に関しては日本が世界をリードしてきた。例えば世界初の実用磁石といってもよい KS 鋼は、1910 年代に本多光太郎氏によって開発された。次いで現代でも安価な磁石として多用されるフェライト磁石は、1930 年代に加藤氏と武井氏らによって開発された。その後アメリカ、ドイツ、オランダ等でも強力磁石の開発が進んだが、本稿執筆時点での最強磁石は、鉄とネオジムとホウ素を主成分とする通称ネオジム磁石であり、この磁石は 1980 年代に佐川氏によって開発された。現在量産されている強力磁石のほとんどはこのネオジム磁石である。他にも用途に応じて、サマリウムとコバルトを主成分とする通称サマリウム磁石や、鉄やコバルトとプラチナやパラジウムを主成分とする貴金属磁石などが量産されている。いずれも磁力は強力であり、様々な機器の性能向上に資しているが、希土類元素 (レアアース) や貴金属 (レアメタル) が多く含まれているので、元素戦略の観点から、これらの希土元素を含まない新規な強力磁石材の開発が強く望まれている。

1-2. 磁石の各種パラメータ

一般的に磁石の特性を評価する際には、縦軸に磁化 (M) や磁束密度 (B), 横軸に磁場 (H) や温度 (T) をとった磁気ヒステリシス曲線が用いられ、磁石特性の代表的なパラメータである飽和磁化 (M_s) や保磁力 (H_c), 最大エネルギー積 ($(BH)_{\max}$), 磁気異方性定数 (K_u), キュリー温度 (T_c) 等はこれらの測定結果から決定されることが多い^[3]。特に磁石の“強さ (性能)”を議論する際によく用いられるのは $(BH)_{\max}$ (磁石が単位体積当たりで発生できるエネルギーの最大値) である。この量は $B-H$ 曲線が第2象限でとりうる最大の面積で評価されるが、保磁力が次の条件 $H_c \geq \frac{1}{2} M_s / \mu_0$ (以降全て MKS-EH 系) を満たす場合には、 $(BH)_{\max}$ は式 (1) で表わされる。

$$(BH)_{\max} = M_s^2 / (4\mu_0) \quad (1)$$

式 (1) からわかるように、十分に大きな保磁力をもつ磁石の性能は M_s のみに依存する。このため高性能な磁石の開発には、保磁力の向上のみならず、 M_s の向上も非常に重要となる。(後述のように、FeCo は全ての遷移金属合金中で最大の M_s を有することが古くから知られているため、究極の磁石になりうる潜在力を有している。しかしながら FeCo は下述の磁気異方性定数 K_u がほぼゼロであるため、保磁力 H_c もほぼゼロであり、永久磁石には向かないとされてきた。)

保磁力 H_c は、一般的にはマクロな組織の形状やサイズの影響を強く受けるが、理想的な単磁区状態 (一斉磁化回転モデル) では式 (2) で表わされる。

$$H_c = 2K_u / M_s \quad (2)$$

式 (2) からわかるように、 H_c 向上のためには K_u を向上する必要がある。また単磁区状態は、一般的な磁石材では組織サイズがマイクロメートルオーダーかそれ以下で形成されることが多いことから、 H_c 向上のためには組織のマイクロ～ナノオーダーの微細化も必要であることがわかる。

微細化した組織を考えると、その形状やサイズに依存した反磁場 (H_d) が、磁性体内部に発生する。ここで組織の形状を扁平楕円体で近似し、軸を $(x, y, z) = (D, D, t)$, $k = D/t > 1$ とすると、 H_d は式 (3) で表わされる。

$$H_d = -N M_s / \mu_0 \quad (3)$$

ここで各軸における反磁場係数 N はそれぞれ式 (4) と式 (5) で表わされる。

$$N_0 = 1 / (2(k^2 - 1)) ((k^2 \arccos(1/k) - 1) / \sqrt{k^2 - 1}) \quad (4)$$

$$N_t = 1 - 2N_0 \quad (5)$$

式 (3) からわかるように、一般的に反磁場 H_d は磁性体内部で磁性体自身の磁化を弱める方向 (マイナス方向) に働き、その大きさは M_s に比例する。また式 (4) と式 (5) からは、 H_d は楕円体の縦横比 $k (= D/t)$ に大きく依存することがわかる。例えば薄板 (圧延板やスパッタ薄膜など) の形状では、短軸方向 (膜厚方向) の反磁場係数 N_t がほぼ 1 となり、長軸方向 (水平方向) の N_0 がほぼ 0 となるため、膜厚方向に大きな H_d が生じる。すなわち薄板の磁化を膜厚方向に立たせることは難易度が高いことがわかり、もし M_s が大きければその傾向は一層強くなることがわかる。

さて、実際の組織を考えると、内部には結晶欠陥や不純物等を内包し、一般的にはその近辺の領域 (ニュークリエーションサイト) の H_c は低下する。反磁場 H_d は組織内部に一様に印加されるので、 H_c の低いニュークリエーションサイトは H_d の影響を強く受けて組織全体の H_c を低下させる。このため実際の H_c は、経験的に H_d と係数 p (≤ 1) を用いて式 (6) で表わされることがある。

$$H_c = p(2K_u / M_s) - H_d \quad (6)$$

ここで K_u は、例えば薄板の場合には、 $M-H$ 曲線やトルク曲線から算出される実効的な磁気異方性定数 $K_{u(\text{eff})}$ と形状磁気異方性定数 $M_s^2 / (2\mu_0)$ を用いて式 (7) で表わされる。

$$K_u = K_{u(\text{eff})} + M_s^2 / (2\mu_0) \quad (7)$$

ここで $K_{u(\text{eff})}$ は、一般的に薄板の膜厚方向に生じ

る場合は正，水平方向に生じる場合は負と定義される。

1-3. 超強力磁石になりうる FeCo

FeCo は，一般的な磁性の教科書^[3]に出てくるスレーター・ポーリング曲線で周知の通り，全ての遷移金属及びその合金の中で最大の飽和磁化 M_s を有する。しかし立方晶（より正しくは体心立方晶 bcc）であるため一軸磁気異方性はなく，軟磁性の典型材料である。しかし近年，FeCo を正方晶（bct）にすれば大きな一軸磁気異方性が誘起されることが，第一原理計算によって予測された。

一般的に bcc と bct と fcc は，図 1 に示す Bain の関係^[4,5]を考えると，共通の基本格子（赤で示された体心セル）の軸比 c/a を用いることで，一つの数直線上で理解することができる。すなわち bcc は $c/a = 1.0$ の場合，fcc は $c/a = \sqrt{2} \approx 1.41$ の場合，bct はその中間（ $1.0 < c/a < 1.41$ ）と定義できる。

2004 年に Burkert らは，仮想原子モデルを用いて第一原理計算を行うことで，軸比 $c/a \approx 1.25$ の bct 構造の $\text{Fe}_{40}\text{Co}_{60}$ において，大きな磁気異方性定数 $K_u \approx 1 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ が期待できることを報告した^[6]。また Kota らは，コヒーレントポテンシャルモデルを用いて第一原理計算を行うことで， $c/a \approx 1.25$ の $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ が不規則状態で $K_u \approx 1.6 \times 10^6 \text{ J/m}^3$ ，更に B2 規則化すれば $K_u \approx 6 \times 10^6 \text{ J/m}^3$ が期待できることを報告した^[7,8]。このような大きな K_u は，その高い飽和磁化 M_s と高いキュリー温度 T_c とを合わせると，超強力磁石としての潜在力が期待される。以降筆者らは本

材料を正方晶（tetragonal）の FeCo ということで，tetragonal FeCo の頭文字をとって tFC 磁石と呼称する場合がある。

1-4. 正方晶 FeCo の作り方

正方晶である bct 構造は，bcc と fcc の中間の構造であり，通常の FeCo 基合金の平衡状態図には出てこない相であるので，実験的にこの構造を実現するには工夫が必要である。FeCo は本来室温付近では bcc 構造をとるが，周期表上では bcc 構造と fcc 構造の境界線上にあるため，何らかの手法で bcc の格子を [001] 方向（ c 軸方向）に伸ばす，あるいは [100] と [010] 方向（ a 軸方向）に縮めることができれば，軸比 c/a は 1 よりも大きくなって bct 構造が得られる可能性がある。実験的に bcc の格子を伸縮させる手法としては次の 2 つが思いつく。

- 手法 A：外力を加えて格子を無理やり変形させる。（下地層と FeCo とのエピタキシャル成長と格子不整合の利用）
- 手法 B：内力で自発的に格子を歪ませる。（FeCo への第三元素添加による bct 構造の安定化）

まず手法 A について述べる。一般的に薄膜では，適切な下地層と成膜条件とを揃えれば，比較的容易にエピタキシャル成長を起こして本来存在しない結晶構造が実現され，その新材料の物性を把握することができる。図 1 の Bain の関係を考えれば，FeCo よりも格子定数が小さな下地層を使用し，その上に FeCo をエピタキシャル成長させれば，FeCo の a 軸が縮むと同時に c 軸が伸びることが期待され，結果的に $1.0 < c/a <$

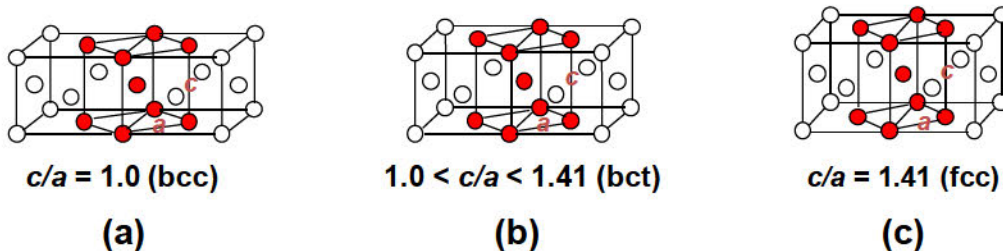


図 1 (a) bcc と (b) bct と (c) fcc の関係

1.41 の bct 構造が実現できると考える。このような FeCo エピタキシャル薄膜に関する実験的研究は、近年筆者らの研究グループやドイツの研究グループ等からいくつか報告がなされており、これまでに Fe/Co 人工格子薄膜^[9,10], Rh, Pd, Ir 下地層^[11-14]あるいは CuAu 下地層^[15,16]を使用した試料などが作製され、筆者ら^[2]や Luo ら^[12]は上述の第一原理計算の結果と同程度の大きな磁気異方性 (10^6 J/m³ オーダー) を報告している。

次に手法 B に関しては、FeCo の *c* 軸内に小さな侵入型原子 (B, C, N, O 等) を入れ込んで、*c* 軸を伸ばして bct 構造を安定化しようとする発想である。この手法は、手法 A のような下地層が不要なため、微粒子やバルク材を合成する際に有利であると考えられる。例えば Fe に C を添加した場合には、古来より高温からの急冷によってマルテンサイト変態を伴い $c/a \approx 1.06$ 程度の bct 構造が得られることが知られている^[17]。また Fe に N を添加した Fe₁₆N₂ に関する研究も精力的に行われており、 $c/a \approx 1.1$ 程度が報告されている^[18]。他にも報告は少数であるが置換型原子である Ti, Mo 等を FeCo に添加する研究も行われている^[19-21]。しかしながら手法 B に関しては、いずれの研究においても FeCo の c/a は 1.1 を超えず、 $c/a = 1.25$ 付近の十分な bct 構造は全く報告されていなかった。このような中で後述のように、筆者らの研究グループでは、FeCo への V と N の同時添加によって c/a が 1.0 から 1.4 まで連続的に変化することを明らかにし、2017 年に特許出願を行い^[22]、2019 年に論文で報告した^[1]。すなわち V と N の添加量を調節すれば、bcc から bct を経て fcc まで、任意の軸比の FeCo が作製できる。ただし現時点でこの結果は薄膜状態でのみ実証されており、将来的にバルク磁石 (tFC 磁石) としてモーター等に应用するには、より厚い膜厚、ひいては微粒子やバルク状態で bct 構造を安定化し、かつ高保磁力を得る必要がある。

本稿では、筆者らの研究グループでこれまでに報告してきた手法 A と手法 B による FeCo の bct

化の試みと、高保磁力を得るための微細加工の試みについて、主要な実験結果を挙げて解説する。

2. 実験方法

成膜には全て、超高真空多元マグネトロンスパッタリング装置 (到達真空度 $\sim 10^{-7}$ Pa) を用いた。基板には MgO(100) 単結晶、下地を使用する場合には全て Rh を用いた。Rh と FeCo との結晶方位の関係は、結晶構造解析の結果から図 2 のように膜面内で 45°回転していることがわかっており、この場合の Rh と FeCo との格子不整合は $(a_{\text{FeCo}} - a_{\text{Rh}}/\sqrt{2})/a_{\text{FeCo}} \approx 5\%$ と算出され、bct 構造を得るのに適切であると考えた。成膜条件は、例えば FeCoVN の場合では、MgO(100) 単結晶基板の上に、Rh 下地層 (膜厚 $t = 20$ nm) と FeCoVN 磁性層 (t nm) を、それぞれ基板加熱温度が 300°C, 200°C で成膜し、最上部に酸化防止層の SiO₂ ($t = 5$ nm) を室温で成膜した。Fe と Co と V の組成比はスパッタ時の投入電力で調節し、組成分析には電子線プローブマイクロアナライザ (EPMA) を用いた。N 添加量は、スパッタリング中のプロセスガスである Ar と N₂ の混合比率で制御し、X 線光電子分光法 (XPS) で組成分析を行った。例えば N₂ の分圧 ($N_2/(Ar + N_2)$) を 0-50% で変化させた場合には、EPMA と XPS による組成分析の結果、薄膜中の N 組成は 0-10 at. % で変化することがわかっている。結晶構造の解析には X 線回折装置 (XRD, CuK α 線) を用い、

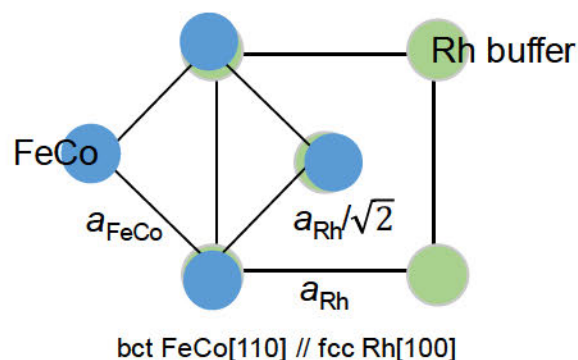


図 2 Rh 下地と FeCo との結晶方位の関係 (薄膜を上から見た図)

膜面内方向の解析と格子定数 a の算出には In-plane XRD, 膜面に対して垂直方向の解析と格子定数 c の算出には Out-of-plane XRD を用いた。また必要に応じて透過電子顕微鏡 (TEM) を用いた。磁気特性の評価には極カー効果測定装置 (MOKE), 振動試料型磁力計 (VSM), 超伝導量子干渉 (SQUID) 磁束計, トルクメーターを用いた。

微細加工には全て、電子線描画装置 (EB) による EB リソグラフィ技術を用いた。図 3 (a) に EB リソグラフィ工程の概略, (b) に微細加工の設計図を示す。電子線に感光するレジスト剤には, 設計に応じてポジ型レジスト (ZEP520) とネガ型レジスト (TEBN-1) を使い分けた。薄膜を削る工程では, 現像後のレジストをマスクとして Ar イオンミリングを行った。ミリング後の薄膜は, 図 3 (b) に示すような円形のドットが三角格子状に規則配列したパターンとなるように設計した。ミリング後のドットの直径 (D) や形状の評価には走査電子顕微鏡 (SEM) を用いた。またドットの磁化曲線の測定には局所極カー効果測定装置 (MOKE), 磁区構造の観察には磁気力顕微鏡 (MFM) を用いた。

3. 実験結果

3-1. 手法 A による正方晶 FeCo 薄膜の作製

図 4 は, MgO sub./Rh/FeCo (t nm)/SiO₂ の軸比

c/a と膜厚 t の関係を示している。格子定数 a と c の算出にはそれぞれ In-plane XRD と Out-of-plane XRD を用いて軸比 c/a を算出し, TEM 測定から得た値も合わせてプロットしている。膜厚が 1 nm 程度の薄い領域では $c/a = 1.4$ 付近の fcc 構造が得られており, 膜厚の増加に伴い c/a は減少し, 膜厚が 5 nm 程度で $c/a \approx 1.0$ の bcc 構造へとほぼ到達し, それ以降の厚い膜厚の領域では, 元々の安定構造である bcc 構造に漸近している。このことから, 膜厚が比較的薄い $0 < t < 5$ nm の領域では, 所望の $1.0 < c/a < 1.41$ の bct 構造が形成されていることがわかる。言い換えれば, Rh 下地とのエピタキシャルによる格子不整合が FeCo 薄膜に影響を与える臨界膜厚は約 5 nm であることがわかる。

図 5 は, MgO sub./Rh/FeCo (t nm)/SiO₂ の, (a) 膜面に対して垂直方向 (\perp) に磁場を印加しての MOKE 測定で得られた磁化曲線と, (b) トルクメーター及び VSM 測定より算出した磁気異方性定数 K_u の膜厚 t 依存性である。膜厚が薄い $t = 2$ nm の試料では, 磁化曲線の形が四角形に近く (角型が良く), 保磁力も確認できる。前述の通り (式 (3) - (5) を参照), 薄膜形状においては, 膜面に対して垂直方向に非常に大きな反磁場 H_a が生じることから, 膜面垂直方向に磁化を立てることは一般的に難易度が高く, 立てるには非常に大きな磁気異方性エネルギーが必要と

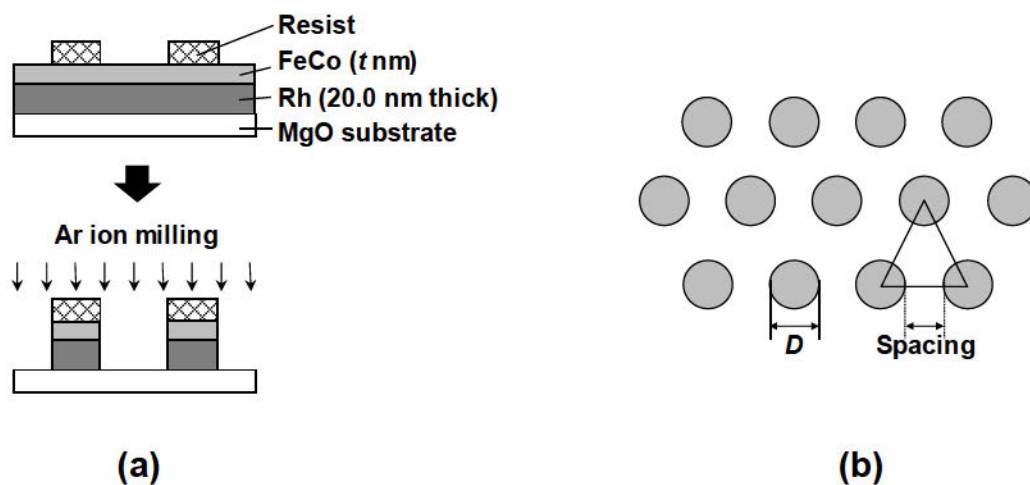


図 3 (a) EB リソグラフィ工程の概略と (b) ドットパターンの設計図 (試料を上から見た図)

なる。しかしこの試料では垂直方向の磁化曲線が立っており、磁場がゼロのときの磁化（残留磁化）が有限の値をとっていることから、非常に大きな磁気異方性が発現していることがうかがえる。図 5 (b) からその K_u 値は $1.5 \times 10^6 \text{ J/m}^3$ と見積もられ、これは第一原理計算の結果と同程度の大きな値である。図 4 からこの試料 ($t = 2 \text{ nm}$) での軸比 c/a は 1.25 付近である。また図 5 (b) をみると、膜厚 t の増加に従って磁気異方性定数 K_u は減少傾向にあり、これは図 4 でみられた軸比 c/a の減少傾向と一致する。これらのことから、ここで発現している磁気異方性は正方晶歪み由来であることが強く示唆される。

以上より、手法 A を用いることで、極めて薄い膜厚（数 nm オーダー）で bct 構造を実験的に

形成することに成功し、第一原理計算の結果と同程度の大きな磁気異方性が発現することを実証できた。しかしながら膜厚が 5 nm 以上では、格子緩和が生じて元の bcc 構造に戻ってしまうことがわかった。このことから、将来的にバルクの tFC 磁石を開発するには、さらなる厚膜領域での bct 構造の安定化が重要であることがわかる。

3-2. 手法 B による正方晶 FeCo の厚膜化

手法 A の適用限界である $t > 5 \text{ nm}$ の厚膜領域において bct FeCo 構造を安定化するために、筆者の研究室ではこれまでに様々な第三元素の添加効果を検討してきた^[23]。本稿では、2017 年に特許出願を行い^[22]かつ 2019 年に論文で報告

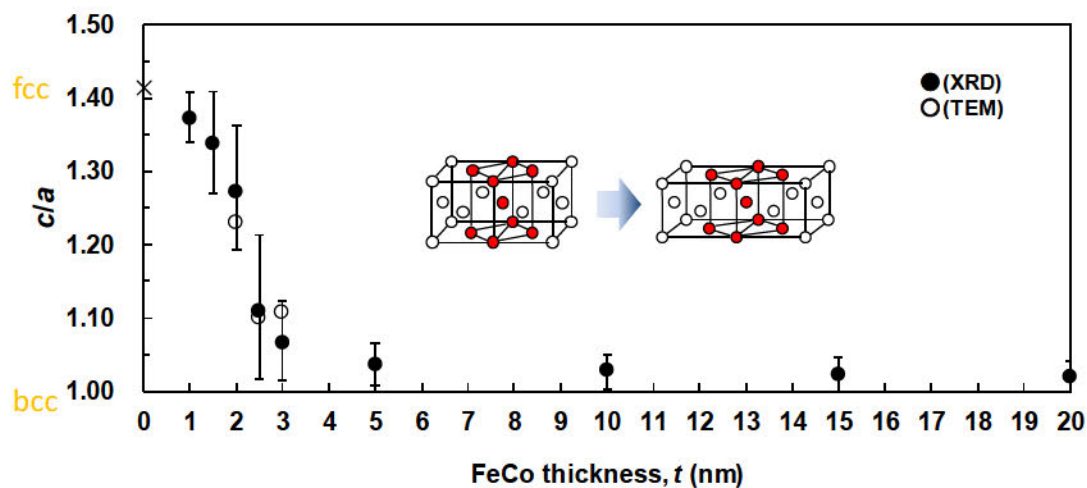


図 4 MgO sub./Rh/FeCo ($t \text{ nm}$)/SiO₂ の軸比 c/a と膜厚 t の関係

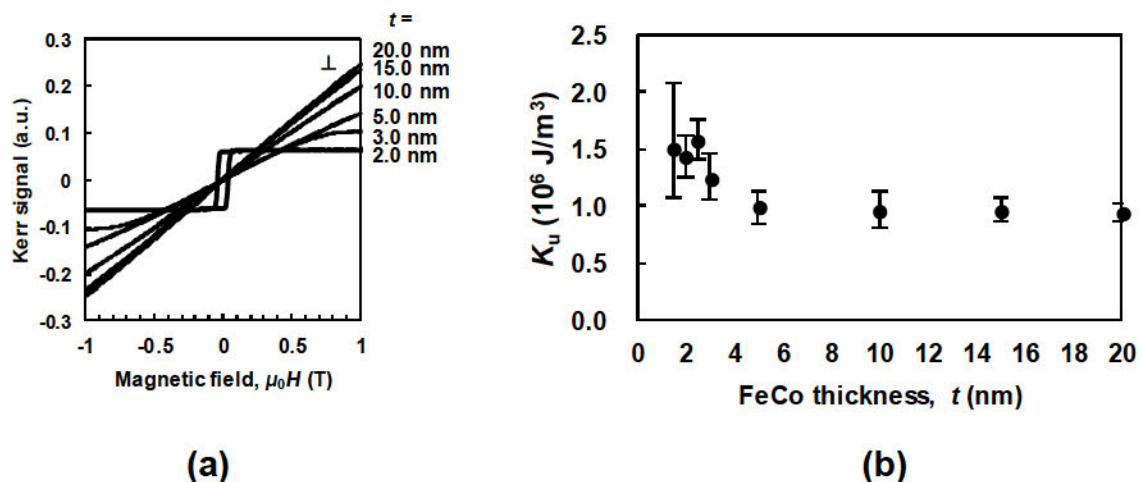


図 5 MgO sub./Rh/FeCo ($t \text{ nm}$)/SiO₂ の (a) 膜面垂直方向 (\perp) の MOKE 磁化曲線と (b) K_u の t 依存性

した^[1], 各種添加元素の中で最も効果的であった VN の添加効果について解説する。

図 6 は, FeCo に対して V と N を同時添加した試料の結晶構造解析と磁気特性評価の結果である。 x は N 添加量であり, x の増加に従い FeCo 量と V 量は両者とも減少したが, その減少量は V の方がやや大きく, 概ね組成式 $(\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_{90-x/2}\text{V}_{10-x/2}\text{N}_x$ ($0 \leq x \leq 9.6$ at. %) に一致した。 図 6 (a) は In-plane XRD, (b) は Out-of-plane XRD の結果である。 B. G. はバックグラウンド (B. G. :

MgO 基板と Rh 下地) であり, これと一致するピークは全て黒の点線で示してある。 赤の点線は FeCo が bcc の場合と fcc の場合の典型的なピーク位置を示してあり, 赤矢印は試料からの FeCo 由来のピークを指している。 図 6 (a), (b) のどちらにおいてもバックグラウンドからのピークと FeCo 由来のピークのみが観測されることから, FeCo 以外の化合物の生成はなく, また FeCo の (001) 面が膜面に対して垂直方向に配向した擬単結晶膜が得られていることがわかる。 また赤矢印に注目すると, 例えば図 6 (b) では, N 添加量 x の増加に伴い bcc-FeCo(002) ピーク位置から fcc-FeCo(002) ピーク位置まで連続的にシフトしている。 このことから, 格子定数 c は, x に依存してバルク値からほぼ fcc-FeCo の格子定数まで連続的に伸びていることがわかる。

図 6 (c) は, 図 6 (a) と (b) の結果から算出された軸比 c/a の N 添加量 x 依存性である。 軸比 c/a は x に依存して増加し, $x = 2-5$ at. % で $c/a \approx 1.25$ の bct 構造となり, x がそれ以上では $c/a \approx 1.4$ のほぼ fcc 構造に変態している。 ここには示していないが, このような bcc-bct-fcc 変態は, 膜厚が 100 nm の試料でも確認された。 注目すべき点は, 図 4 で示したように, VN 無添加の FeCo 薄膜の場合には, 膜厚の増加に伴い bct 構造はすぐに不安定化し, 膜厚 5 nm 程度でほぼ完全に元の bcc 構造へと変態した

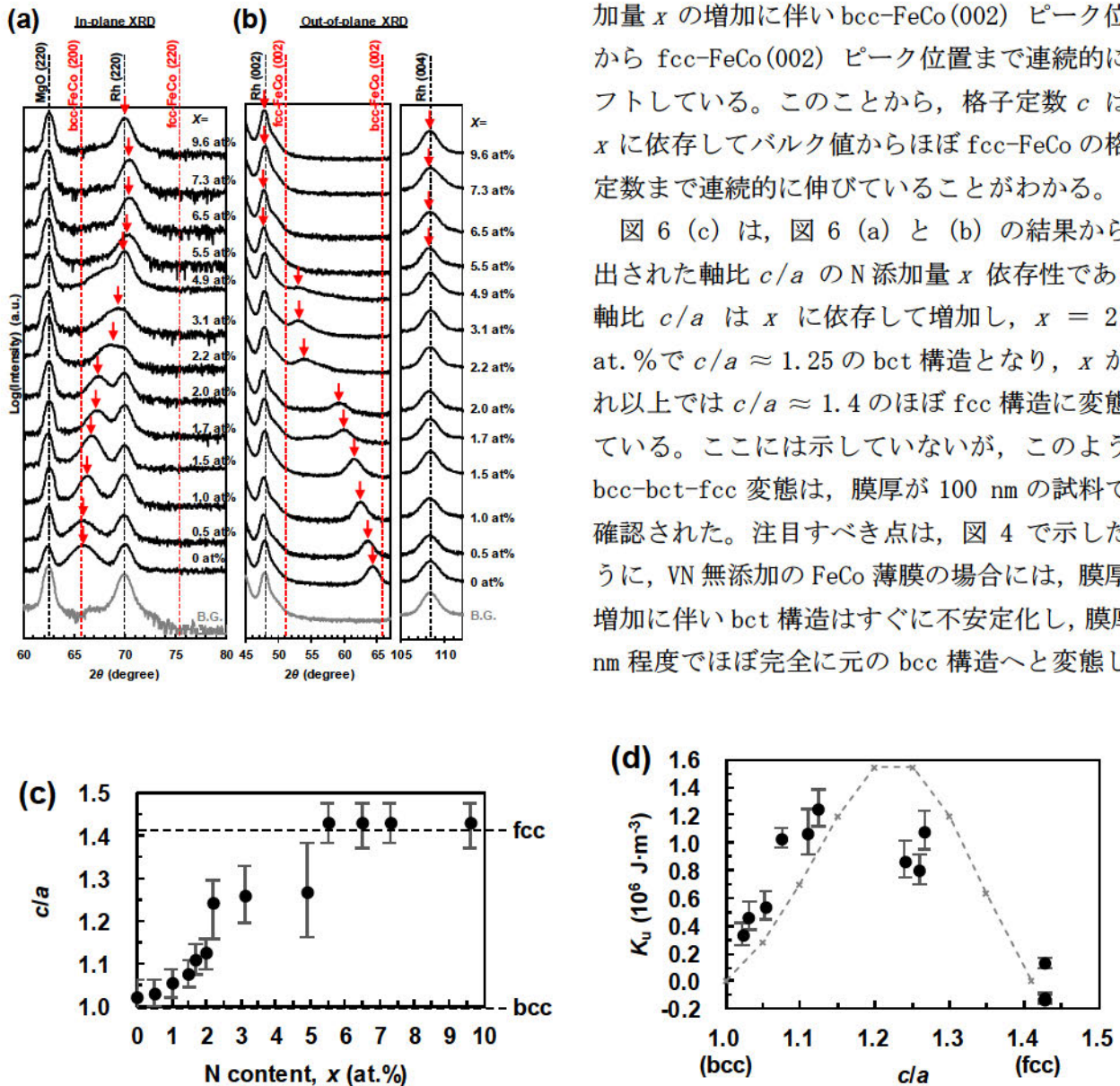


図 6 MgO sub./Rh/ $(\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_{90-x/2}\text{V}_{10-x/2}\text{N}_x$ ($0 \leq x \leq 9.6$ at. %, $t = 20$ nm)/ SiO_2 の (a) In-plane XRD と (b) Out-of-plane XRD, (c) 軸比 c/a の N 添加量 x 依存性, (d) 磁気異方性定数 K_u の軸比 c/a 依存性

のに対し、FeCoVN では膜厚が 20 nm 以上においても、結晶構造は bcc から bct を経て fcc までほぼ連続的に変化している点である。すなわち FeCoV はたとえバルク状態であっても、N 添加量の調節で bcc–bct–fcc を自由自在に合成可能である可能性が高い。

図 6 (d) は、VSM 及び SQUID 測定より算出した磁気異方性定数 K_u の軸比 c/a 依存性である。 K_u は式 (7) より算出した。点線は VN を含まない FeCo の第一原理計算の結果である。 $c/a = 1.25$ 付近で K_u が極大を示す傾向は、実験も計算も定性的に一致している。実験的な K_u の最大値は、 $x = 2.0$ at. % において $K_u = 1.24 \times 10^6$ J/m³ ($M_s = 1.60$ Wb/m²) が得られた。この K_u 値は十分に大きな値であり、この K_u 値と式 (2) から算出される H_c 値は、理論最大 $(BH)_{\max}$ を得るための H_c の条件 (式 (1) を参照) を満たす。以上のことから、FeCo への VN 添加は、将来の tFC 磁石の実現に向けたバルク化の重要な材料設計指針になると期待できる。

3-3. 微細加工による高保磁力化

先述のように手法 A 及び手法 B のいずれにおいても、bct 構造の FeCo が形成されさえすれば高い磁気異方性が得られることがわかった。しかしながら擬単結晶の連続膜状態 (試料全体が一つの組織である状態または全ての組織が電子的に連続的につながっている状態) での保磁力は極めて低いため、高い保磁力を得るには組織の微細化 (組織の空間的あるいは電子的な孤立化) が必須となる。そこで本稿では、2017 年に筆者らが報告した^[2]、微細加工サイズに対する保磁力の系統的な調査結果について解説する。

図 7 は、手法 A で作製した bct FeCo 薄膜 ($t = 2$ nm) を、図 3 に示す EB リソグラフィ技術によって微細加工した結果である。加工サイズ (ドット径 D) の設計値は 30, 50, 100 nm であり、図中には加工後の SEM 像とそれらに対応した磁化曲線が示してある。磁化曲線測定時の磁場は、膜面に対して垂直方向 (\perp) に印可した。保磁

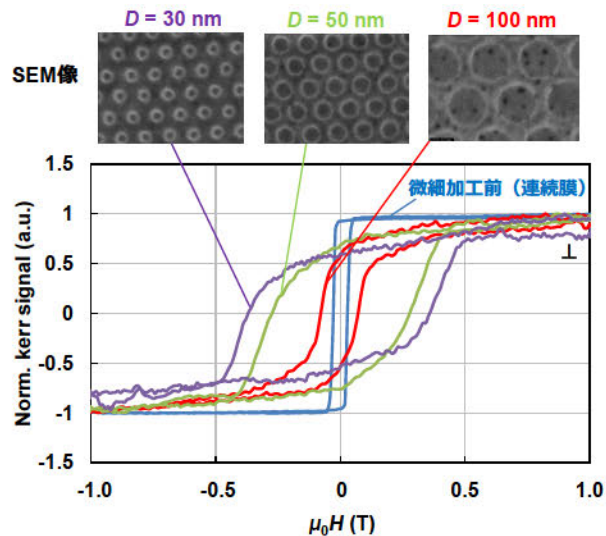


図 7 MgO sub./Rh/FeCo ($t = 2$ nm)/SiO₂ の微細加工後の SEM 像と MOKE 磁化曲線. 全ての磁化曲線の縦軸は最大値で規格化されている

力に注目すると、微細加工前の連続膜で最も低く、ドット径 D が小さくなるに従って高い値が得られ、 $D = 30$ nm では保磁力 $\mu_0 H_c \approx 0.4$ T が得られている。ここには示していないが、磁気力顕微鏡 (MFM) による残留磁化状態の磁区観察の結果、 $D \geq 50$ nm の試料では磁壁が観察されたが、 $D = 30$ nm の試料では磁壁が観察されずに単磁区が観察された。ちなみに単磁区が形成しているにもかかわらず、 $D = 30$ nm の保磁力は式 (2) から算出される保磁力よりも小さくなっているが、これはミリング時のドット側面の結晶ダメージによるものと考えられ、過去に別の材料でしばしば報告されている^[24,25]。

またここには示していないが、膜厚が厚い試料の微細加工も行った。その場合には、例えば $t = 20$ nm 兼 $D = 50$ nm において、保磁力 $\mu_0 H_c \approx 0.6$ T が得られた。この値は、図 7 における $t = 2$ nm 兼 $D = 30$ nm の保磁力よりも大きい。言い換えれば、ドット径 D が多少大きくても、膜厚 t が大きければ、保磁力は向上することを意味している。これは、式 (3) – (5) で算出される反磁場 H_d の減少に起因して、式 (6) で表わされる実験的な保磁力が向上したものと考えられる。すなわち、薄膜の内部には H_c の低いニュークリエーションサイトが点在すると考えられ、

そこは H_d の影響を強く受けるので試料全体の H_c を低下させる要因となるが、微細化(ドット径 D の減少)によってニュークリエーションサイト自体の存在割合が減少し、それに加えて厚膜化(t の増大)によって H_d が低下したために、 H_c は向上したものと考えられる。

以上より、高保磁力化のためには、ドット径 D の減少と、膜厚 t の増加(すなわち式(4)、(5)における $k(=D/t)$ の低下)が重要であることがわかる。また、高保磁力な tFC 磁石を実現するための材料設計指針としては、高 K_u は前提として粒子サイズをおおむね 100 nm 未満にする必要があると結論される。

4. まとめ

FeCo は高飽和磁化かつ高キュリー温度であるので、正方晶の bct 構造が実現されて高い磁気異方性が付与されれば、極めて優れた磁石材料(tetragonal FeCo ; tFC 磁石)となりうる。本稿では、bct 構造を得る手段として、外力を加えて格子を無理やり変形(下地層と FeCo とのエピタキシャル成長と格子不整合を利用)する手法 A と、内力で自発的に格子を歪ませる(FeCo への第三元素添加によって bct 構造を安定化させる)手法 B の 2 種類の結果の要点を解説した。まず手法 A によって磁気異方性定数 K_u と軸比 c/a との相関が明らかとなり、 $c/a = 1.25$ 付近で K_u 値は理論予測と同等の 10^6 J/m³ オーダーの高い値をとることがわかった。しかし手法 A の適用限界は膜厚が 5 nm 未満であることが明らかとなったため、さらなる厚膜化を目的とした手法 B の検討を行った。その結果、FeCo への V と N の同時添加が非常に効果的であり、膜厚が 20–100 nm においても N 添加量に依存した bcc-bct-fcc 変態が確認され、 K_u は 10^6 J/m³ オーダーの高い値が得られた。このように bct 構造の FeCo が形成されれば、実験的にも高い K_u が得られることが実証された。しかしながら擬単結晶の連続膜状態のままでは保磁力が極めて低いため、高保磁力化を狙った微細加工を行った。その結果、

保磁力は微細加工サイズの減少に伴い増加し、例えば膜厚 2 nm 兼ドット径 30 nm において比較的大きな 0.4 T の保磁力を得た。またさらなる高保磁力化のためには、ドット径 D の減少と膜厚 t の増加(すなわち D/t の低下)が重要となることがわかった。以上より tFC 磁石を実現するための材料設計指針としては、FeCo への VN 同時添加と 100 nm 未満の粒子サイズの実現が重要になることがわかった。

謝辞

本研究は科研費、NEDO、JST、ASRC、東北大学金属材料研究所の支援を受けた。また本研究の一部は秋田大学石尾俊二名誉教授、肖英紀講師、東北大学佐久間昭正教授、滋賀県立大学ジャヤデワン教授、秋田県産業技術センター新宅一彦博士、秋田工業高等専門学校上林一彦講師との共同研究の成果である。また磁気異方性の測定には東北大学斉藤伸教授のご協力を頂いた。

参考文献

- [1] T. Hasegawa, T. Niibori, Y. Takemasa, M. Oikawa, Scientific Reports, 9 (2019) 5248.
- [2] T. Hasegawa, S. Kanatani, M. Kazaana, K. Takahashi, K. Kumagai, M. Hirao, S. Ishio, Scientific Reports, 7 (2017) 13215.
- [3] 例えば 近角聡信, 強磁性体の物理 上・下, 裳華房 (1984) など.
- [4] J. S. Bowles, C. M. Wayman, Metall. Trans., 3 (1972) 1113.
- [5] B. R. Cuenya, M. Doi, S. Lobus, R. Courths, W. Keune, Surf. Sci., 493 (2001) 338.
- [6] T. Burkert, L. Nordström, O. Eriksson, O. Heinonen, Phys. Rev. Lett., 93 (2004) 027203.
- [7] Y. Kota, A. Sakuma, Appl. Phys. Express, 5 (2012) 113002.

- [8] Y. Kota, A. Sakuma, *J. Magn. Soc. Jpn.*, 37 (2013) 17.
- [9] G. Andersson, M. Bjorck, H. Lidbaum, B. Sanyal, C. Chacon, C. Zlotea, S. Valizadeh, *J. Phys. : Condens. Matter*, 19 (2007) 016008.
- [10] G. Andersson, T. Burkert, P. Warnicke, M. Bjorck, B. Sanyal, C. Chacon, C. Zlotea, L. Nordstrom, P. Nordblad, O. Eriksson, *Phys. Rev. Lett.*, 96 (2006) 037205.
- [11] A. Winkelmann, M. Przybylski, F. Luo, Y. Shi, J. Barthel, *Phys. Rev. Lett.*, 96 (2006) 257205.
- [12] F. Luo, X. L. Fu, A. Winkelmann, M. Przybylski, *Appl. Phys. Lett.*, 91 (2007) 262512.
- [13] F. Yildiz, M. Przybylski, X.-D. Ma, J. Kirshener, *Phys. Rev. B*, 80 (2009) 064415.
- [14] B. Lao, J. W. Jung, M. Sahashi, *IEEE Trans. Magn.*, 50 (2014) 2008704.
- [15] T. Ohtsuki, T. Kojima, M. Kotsugi, T. Ohkochi, M. Mizuguchi, K. Takanashi, *J. Appl. Phys.*, 115 (2014) 043908.
- [16] L. Reichel, G. Giannopoulos, S. Kauffmann-Weiss, M. Hoffmann, D. Pohl, A. Edstrom, S. Oswald, D. Niarchos, J. Ruzs, L. Schultz, S. Fahler, *J. Appl. Phys.*, 116 (2014) 213901.
- [17] Powder Diffraction File: 00-044-1293.
- [18] Powder Diffraction File: 01-089-7097.
- [19] L. Reichel, L. Schultz, S. Fahler, *J. Appl. Phys.*, 117 (2014) 17C712.
- [20] L. Reichel, L. Schultz, D. Pohl, S. Oswald, S. Fahler, M. Werwinski, A. Edstrom, E. K. Delczeg-Czirjak, J. Ruzs, *J. Phys. : Condens. Matter*, 27 (2015) 476002.
- [21] M. Matsuura, N. Tezuka, S. Sugimoto, *J. Appl. Phys.*, 117 (2015) 17A738.
- [22] 特願 2017-73008.
- [23] 特願 2016-044907. (特開 2017-162934).
- [24] T. Bublat, D. Goll, *J. Appl. Phys.*, 110 (2011) 073908.
- [25] S. Ishio, S. Takahashi, T. Hasegawa, A. Arakawa, H. Sasaki, Z. Yan, X. Liu, Y. Kondo, H. Yamane, J. Ariake, M. Suzuki, N. Kawamura, M. Mizumaki, *J. Magn. Magn. Mat.*, 360 (2014) 205.

国際鉛亜鉛研究会春季会合 2019 年需給見通しについて

日本鉱業協会 企画調査部 一条 瑛

国際鉛亜鉛研究会（ILZSG）の常任委員会が、ポルトガル、リスボンで 2019 年 5 月 8 日に開催され、加盟国や産業団体、企業、専門家等の約 50 名が参加した。ILZSG は、2018 年及び 2019 年の、鉛及び亜鉛に係る世界の鉱石生産、地金生産及び地金消費予測値について、加盟国から提出された数値をベースに検証を行い、その結果について発表を行った。本稿では ILZSG による 2018 年及び 2019 年の鉛及び亜鉛の需給見通しについて報告する。

1. 鉛 2019 年の見通し

2019 年は中国の消費量も微増で推移すると見られており、供給が需要を超えると予想されている。世界の鉛市場に大きな影響力を持つ中国における、電動自転車及び電動二輪車での鉛蓄電池からリチウムイオン電池への代替や自動車販売台数の伸びの変化が引き続き注目されている。

(1) 需要

世界の鉛地金消費について、2018 年はリチウムイオン電池の普及による電動自転車及び電動二輪車での鉛蓄電池の需要減及び自動車セクターの成長鈍化が重なり前年比 0.2% 減の 1,172 万トンとなったが、2019 年は前年比回復を見込んで 1.2% 増の 1,187 万トンと予想。

地域別には、中国が 1.1% 減の 492 万トンとなる一方、中国を除くアジア全体の消費は堅調で 5.6% 増の 125 万トンとなる。日本、インド及び韓国の見掛消費がそれぞれ前年比 4.4%、11.4%、2.8% 増加することから、中国の減少分を相殺する。また、ヨーロッパでは、ドイツ、イタリア、

スペイン等で増加し、1.8% 増の 197 万トンと見込まれる。

(2) 供給

① 鉱石

世界の鉛鉱石生産は、2018 年に前年比 0.9% 減の 467 万トンとなったが、2019 年は 1.8% 増の 475 万トンになると予想。

地域別には、中国が 2.2% 増の 214 万トンとなり、中国を除くアジア全体でもインドを中心として堅調に推移し前年比 8.5% 増の 60 万トンとなる。また、カナダの Silvertip 鉱山及び南アフリカの Gamsberg 鉱山等の新規鉱山が生産量の増加に寄与する。他方、メキシコ、ペルー及び米国等は 2018 年よりも低いと見込まれる。

② 地金

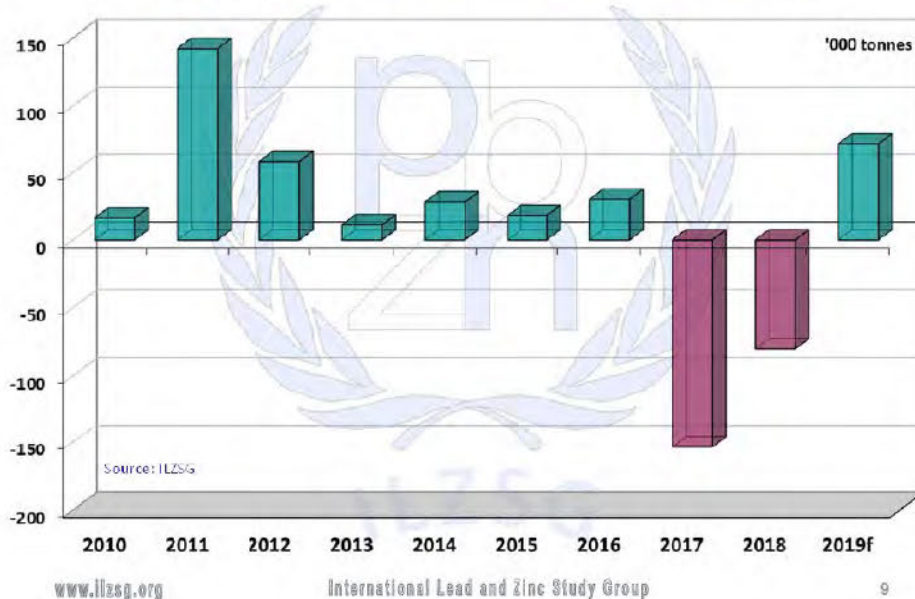
世界の鉛地金生産量は、2018 年に前年比 0.5% 増の 1,164 万トンとなり、2019 年は 2.5% 増の 1,194 万トンと予想。

地域別には、中国で二次鉛精錬所が環境規制の基準を満たせず閉鎖したことにより 2018 年の中国は前年比 0.8% 増の 491 万トンと成長が鈍化した。2019 年にはやや回復し 1.4% 増の 498 万トンとなる。中国を除くアジア全体でもインド等での増加を背景に 4.6% 増の 252 万トンとなる。その他、オーストラリアで 14.3%、韓国で 3.6%、ヨーロッパではベルギーとイタリアでの増加を受け 2.9% とそれぞれ生産拡大が見込まれる。

(3) 需給バランス

当研究会は、加盟国からの情報提供のすべてを考慮し、2019 年には鉛地金の世界需要が 7 万 1 千トン供給を上回ると予想している。

World Refined Lead Metal Balance



2. 亜鉛 2019年の見通し

亜鉛については、需要の伸びは鈍化する一方、全体的に地金生産は堅調に推移することから、2019年は供給不足幅が縮小する見込み。

(1) 需要

世界の亜鉛地金消費は、過去5年間同様安定的に推移し、2019年は0.6%微増の1,377万トンと予想。

地域別には、中国が2018年に環境監査等の影響で1.3%減少した後、2019年は0.6%増の655万トンとなる。中国を除くアジア全体でも大きく増加するインド、安定的に推移する日本及び韓国等の状況を背景に、0.6%増の285万トンとなる。ヨーロッパは、フランス、イタリア、ポーランドでのわずかな増加の影響を受けて、0.7%増加する。その他、米国は1%増の88万トン、メキシコでは4.3%増の24万トンとなる。

(2) 供給

① 鉱石

世界の亜鉛鉱石の生産は、2018年が1.3%増の1,291万トン、2019年はオーストラリア、中国及び南アフリカ等での増産を背景に6.2%増の1,348万トンになると予想。

地域別には、オーストラリアでは、主にDugald River, McArthur River, Lady Loretta 鉱山での生産量の増加と、Century 及び Woodlawn の尾鉱プロジェクトの増加を背景に29.4%増の144万トンとなる。

南アフリカではGamsberg 鉱山生産開始により前年比579%増の19万トンとなる。

ヨーロッパでは、2019年後半にFirst Quantum のPyhasalmi 鉱山が生産を停止する予定であることからフィンランド等で減少する。これがギリシャ、ロシア及びスペインでの増産を一部相殺し、ヨーロッパ全体では1.1%増の110万トンとなる。

ペルー及び米国では、2019年の精鉱生産がそれぞれ1.4%減の146万トン、2.3%減の84万トンとなる。メキシコでは、環境問題のために最近生産を停止したGoldcorp のPenasquito 鉱山のマイナス影響を受け、7.4%減の59万トンとなる。

② 地金

世界の亜鉛地金生産量は、2018年が0.4%減の1,317万トン、2019年は中国での増産を背景に3.6%増の1,365万トンになると予想。

地域別には、2018年に環境監査等の影響で3.1%減の567万トンとなった中国が、2019年は大きく回復し5.3%増の597万トンとなる。

ヨーロッパは、主に2018年10月にElectrozinkの年産能力10万トンのVladikavkaz製錬所が閉鎖されたことによりロシアでの生産量が大幅に減少した結果、0.8%減少すると予想されている。フランス、イタリア及びノルウェーでは増産が見込まれるがロシアでの減産をカバーできない。メキシコでは、Industrias PenolesのTorreon製錬所における年間12万トンの生産能力拡大による恩恵を受け、亜鉛地金生産は2019年には増加すると予想されている。インド、日本、ナミビアでも増産が見込まれている。

(3) 需給バランス

当研究会は、2019年の亜鉛地金の世界的需要が供給を超えて、引き続き12万1千トンの供給不足と予想。

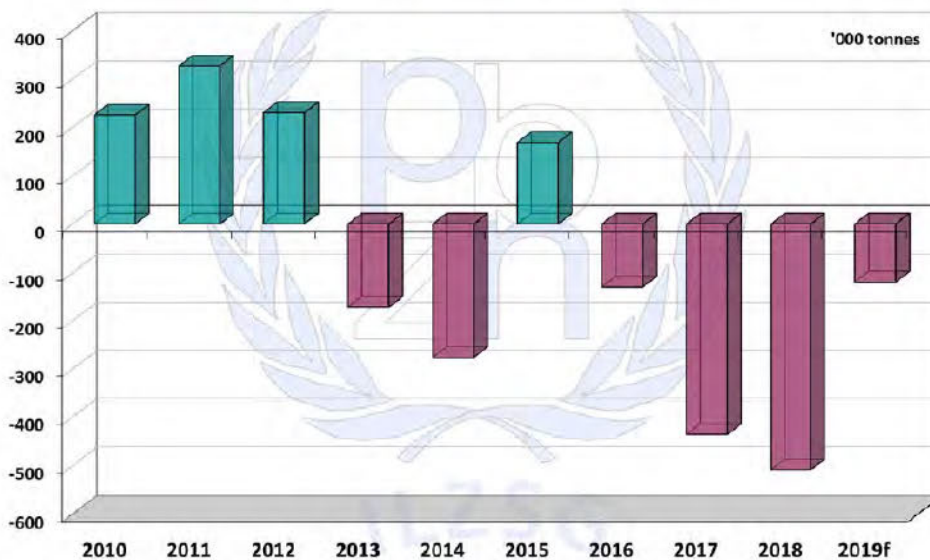
3. 今後のスケジュール

中国の需要動向から大きく影響を受けるが、最近ではインドも存在感を増してきている。2019年の世界経済成長は鈍化すると見られ、また米中の貿易戦争や保護主義の影響がどこまで出るかは不透明感があり、金属の需要への影響が懸念される。

当研究会の次回会合は、ポルトガルのリスボンで、2019年10月23日に合同研究会セミナーを開催し、その後10月24日、25日に第64回セッションを開催することを決定した。

以上

Zinc Metal World Balance



www.ilzsg.org

International Lead and Zinc Study Group

Source: ILZSG

18

表1 鉛：世界の生産及び消費 2014～2019年：総括表

(単位：千t)

世 界 計	2014年 実績	2015年 実績	2016年 実績	2017年 実績(A)	2018年 実績(B)	2019年予測			B/A (%)	C/B (%)
						上期	下期	年計(C)		
鉛 石 生 産	4,945	4,850	4,688	4,713	4,669	2,254	2,500	4,754	▲ 0.9	1.8
欧 州	440	418	441	434	452	233	234	467	4.1	3.3
ア フ リ カ	75	84	88	100	97	50	56	106	▲ 3.0	9.3
米 国	379	370	347	310	280	137	137	274	▲ 9.7	▲ 2.1
そ の 他 ア メ リ カ	679	718	710	729	721	342	363	705	▲ 1.1	▲ 2.2
中 国	2,300	2,217	2,224	2,152	2,095	981	1,161	2,142	▲ 2.6	2.2
ア ジ ア (中国以外)	344	389	437	528	555	295	307	602	5.1	8.5
オ セ ア ニ ア	728	654	441	460	469	216	242	458	2.0	▲ 2.3
地 金 生 産	11,023	10,952	11,159	11,588	11,644	5,926	6,010	11,936	0.5	2.5
う ち 一 次	4,682	4,658	4,574	4,415	4,409					
う ち 二 次	6,339	6,294	6,585	7,173	7,235					
欧 州	1,868	1,952	1,920	1,988	1,922	1,007	970	1,977	▲ 3.3	2.9
ア フ リ カ	126	113	121	122	125	65	61	126	2.5	0.8
米 国	1,128	1,050	1,123	1,121	1,135	570	569	1,139	1.2	0.4
そ の 他 ア メ リ カ	1,025	947	949	972	944	485	481	966	▲ 2.9	2.3
中 国	4,704	4,700	4,603	4,870	4,910	2,441	2,540	4,981	0.8	1.4
ア ジ ア (中国以外)	1,946	1,967	2,219	2,347	2,412	1,251	1,272	2,523	2.8	4.6
オ セ ア ニ ア	226	223	224	168	196	107	117	224	16.7	14.3
地 金 消 費	10,994	10,935	11,130	11,744	11,723	5,887	5,978	11,865	▲ 0.2	1.2
欧 州	1,734	1,733	1,887	1,950	1,935	1,004	966	1,970	▲ 0.8	1.8
ア フ リ カ	121	127	120	116	119	63	61	124	2.6	4.2
米 国	1,671	1,535	1,587	1,751	1,655	837	837	1,674	▲ 5.5	1.1
そ の 他 ア メ リ カ	631	633	648	620	618	313	310	623	▲ 0.3	0.8
中 国	4,708	4,708	4,577	4,936	4,977	2,369	2,551	4,920	0.8	▲ 1.1
ア ジ ア (中国以外)	2,112	2,182	2,294	2,355	2,403	1,293	1,245	2,538	2.0	5.6
オ セ ア ニ ア	17	17	17	16	16	8	8	16	0.0	0.0
地 金 需 給 バ ラ ン ス	29	17	29	▲ 156	▲ 79	39	32	71		
LME 在 庫 (期 末)	222	192	195	142	107					
生 産 者 在 庫 (期 末)	187	154	165	148	152					
消 費 者 在 庫 (期 末)	113	96	124	130	110					
上 海 取 引 所 在 庫 (期 末)	64	13	29	42	16					
在 庫 計 (期 末)	586	455	513	462	385					

(出所) 国際鉛亜鉛研究会

表2 亜鉛：世界の生産及び消費 2014～2019年：総括表

(単位：千t)

世 界 計	2014年 実績	2015年 実績	2016年 実績	2017年 実績(A)	2018年 実績(B)	2019年予測			B/A (%)	C/B (%)
						上期	下期	年計(C)		
鉛 石 生 産	13,418	13,626	12,604	12,522	12,691	6,513	6,967	13,480	1.3	6.2
欧 州	989	970	987	1,037	1,092	563	541	1,104	5.3	1.1
アフリカ	326	309	343	421	418	270	368	638	▲0.7	52.6
ペル	1,319	1,422	1,337	1,473	1,475	728	727	1,455	0.1	▲1.4
その他アメリカ	2,578	2,536	2,514	2,564	2,622	1,301	1,300	2,601	2.3	▲0.8
中 国	5,053	5,140	5,081	4,479	4,312	2,058	2,397	4,455	▲3.7	3.3
アジア(中国以外)	1,587	1,671	1,458	1,703	1,660	865	923	1,788	▲2.5	7.7
オセアニア	1,566	1,578	884	845	1,112	728	711	1,439	31.6	29.4
地 金 生 産	13,397	13,813	13,578	13,221	13,171	6,745	6,904	13,649	▲0.4	3.6
うち一次	12,573	12,921	12,717	12,199	11,962					
うち二次	824	892	861	1,022	1,209					
欧 州	2,445	2,477	2,420	2,446	2,530	1,247	1,263	2,510	3.4	▲0.8
アフリカ	126	79	86	84	67	51	71	122	▲20.2	82.1
カナダ	648	683	691	598	696	350	350	700	16.4	0.6
その他アメリカ	1,110	1,096	1,033	1,014	1,044	546	597	1,143	3.0	9.5
中 国	5,807	6,116	6,196	5,850	5,670	2,955	3,015	5,970	▲3.1	5.3
アジア(中国以外)	2,773	2,873	2,682	2,761	2,674	1,365	1,366	2,731	▲3.2	2.1
オセアニア	488	489	470	468	490	231	242	473	4.7	▲3.5
地 金 消 費	13,675	13,643	13,708	13,678	13,682	6,843	6,927	13,770	0.0	0.6
欧 州	2,342	2,418	2,408	2,382	2,428	1,227	1,217	2,444	1.9	0.7
アフリカ	166	189	166	169	157	80	77	157	▲7.1	0.0
米 国	966	931	819	839	867	442	434	876	3.3	1.0
その他アメリカ	782	756	749	738	756	383	381	764	2.4	1.1
中 国	6,401	6,446	6,647	6,596	6,512	3,220	3,330	6,550	▲1.3	0.6
アジア(中国以外)	2,839	2,764	2,782	2,804	2,807	1,414	1,411	2,825	0.1	0.6
オセアニア	179	139	137	150	155	77	77	154	3.3	▲0.6
米 国 備 蓄 放 出	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
地 金 需 給 バ ラ ン ス	▲278	170	▲130	▲457	▲511	▲98	▲23	▲121		
LME 在 庫 (期 末)	691	463	428	181	129					
生 産 者 在 庫 (期 末)	371	373	395	377	340					
消 費 者 在 庫 (期 末)	154	163	133	131	137					
販 売 業 者 在 庫 (期 末)	13	12	12	12	14					
上 海 取 引 所 在 庫 (期 末)	83	200	153	69	20					
中 国 戦 略 備 蓄 (期 末)	254	254	254	254	254					
在 庫 計 (期 末)	1,566	1,465	1,375	1,024	894					

(出所) 国際鉛亜鉛研究会

(資料)

(1) 鉛：鉱石生産

(単位：千t)

	2018年 実績 (A)	2019年予測			B/A (%)
		上期	下期	年計 (B)	
ヨーロッパ					
ボスニア・ヘルツェゴビナ	6	5	5	10	66.7
ブルガリア	22	10	11	21	▲4.5
ギリシャ	14	9	9	18	28.6
アイルランド	17	9	9	18	5.9
イタリア	0	0	0	0	-
マケドニア	42	22	22	44	4.8
モンテネグロ	1	1	1	2	100.0
ポーランド	35	17	18	35	0.0
ポルトガル	6	3	3	6	0.0
ルーマニア	0	0	0	0	-
ロシア	210	108	107	215	2.4
セルビア	10	5	5	10	0.0
スペイン	21	11	11	22	4.8
スウェーデン	68	33	33	66	▲2.9
小計	452	233	234	467	3.3
アフリカ					
ブルキナファソ	0	0	0	0	-
モロッコ	48	24	24	48	0.0
ナミビア	4	2	4	6	50.0
ナイジェリア	10	6	6	12	20.0
南アフリカ	35	18	22	40	14.3
小計	97	50	56	106	9.3
アメリカ					
アルゼンチン	26	15	15	30	15.4
ポリビア	114	58	58	116	1.8
ブラジル	7	4	4	8	14.3
カナダ	14	12	14	26	85.7
チリ	2	1	1	2	0.0
キューバ	24	16	16	32	33.3
グアテマラ	0	0	0	0	-
ホンジュラス	10	6	5	11	10.0
メキシコ	235	90	110	200	▲14.9
ペルー	289	140	140	280	▲3.1
米国	280	137	137	274	▲2.1
小計	1,001	479	500	979	▲2.2
アジア					
中国	2,095	981	1,161	2,142	2.2
インド	200	115	120	235	17.5
インドネシア	11	6	6	12	9.1
イラン	48	25	25	50	4.2
カザフスタン	86	45	45	90	4.7
北朝鮮	30	12	13	25	▲16.7
ミャンマー	35	19	19	38	8.6
パキスタン	5	5	5	10	100.0
タジキスタン	55	25	30	55	0.0
トルコ	76	39	39	78	2.6
ウズベキスタン	8	4	4	8	0.0
ベトナム	1	0	1	1	0.0
その他CIS	0	0	0	0	-
小計	2,650	1,276	1,468	2,744	3.5
オセアニア					
オーストラリア	469	216	242	458	▲2.3
小計	469	216	242	458	▲2.3
世界計	4,669	2,254	2,500	4,754	1.8

(2) 鉛：地金生産

(単位：千t)

	2018年 実績 (A)	2019年予測			B/A (%)
		上期	下期	年計 (B)	
ヨーロッパ					
オーストリア	27	14	13	27	0.0
ベルギー	125	80	60	140	12.0
ブルガリア	98	51	50	101	3.1
クロアチア	7	4	3	7	0.0
チェコ	43	21	21	42	▲2.3
エストニア	12	6	6	12	0.0
フランス	70	35	35	70	0.0
ドイツ	315	165	165	330	4.8
ギリシャ	30	15	15	30	0.0
ハンガリー	9	5	4	9	0.0
アイルランド	15	8	8	16	6.7
イタリア	168	100	88	188	11.9
オランダ	36	18	18	36	0.0
ポーランド	160	78	80	158	▲1.3
ポルトガル	8	5	4	9	12.5
ルーマニア	21	11	11	22	4.8
ロシア	150	76	76	152	1.3
セルビア	13	7	7	14	7.7
スロバキア	9	5	4	9	0.0
スロベニア	12	6	6	12	0.0
スペイン	175	88	87	175	0.0
スウェーデン	76	39	39	78	2.6
ウクライナ	30	15	15	30	0.0
英国	313	155	155	310	▲1.0
小計	1,922	1,007	970	1,977	2.9
アフリカ					
アルジェリア	9	5	4	9	0.0
エジプト	26	14	4	27	3.8
ケニア	1	1	0	1	0.0
モロッコ	10	4	7	8	▲20.0
ナイジェリア	4	2	7	4	0.0
南アフリカ	56	28	26	56	0.0
ザンビア	5	3	1	5	0.0
その他アフリカ	14	8	3	16	14.3
小計	125	65	52	126	0.8
アメリカ					
アルゼンチン	40	20	20	40	0.0
ボリビア	1	1	0	1	0.0
ブラジル	192	98	97	195	1.6
カナダ	255	140	140	280	9.8
チリ	15	7	7	14	▲6.7
コロンビア	44	22	22	44	0.0
コスタリカ	12	6	6	12	0.0
キューバ	5	3	2	5	0.0
ドミニカ共和国	7	4	3	7	0.0
グアテマラ	12	6	6	12	0.0
ホンジュラス	10	5	5	10	0.0
メキシコ	343	169	169	338	▲1.5
ペルー	0	0	0	0	-
米国	1,135	570	569	1,139	0.4
ベネズエラ	8	4	4	8	0.0
小計	2,079	1,055	1,050	2,105	1.3
アジア					
中国	4,910	2,441	2,540	4,981	1.4
インド	623	348	347	695	11.6
インドネシア	54	27	27	54	0.0
イラン	85	40	40	80	▲5.9
イスラエル	37	19	19	38	2.7
日本	238	119	128	247	3.8
カザフスタン	153	78	77	155	1.3
北朝鮮	2	2	1	3	50.0
韓国	801	407	423	830	3.6
マレーシア	30	15	15	30	0.0
ミャンマー	2	1	1	2	0.0
オマーン	8	4	4	8	0.0
パキスタン	20	10	10	20	0.0
フィリピン	10	5	5	10	0.0
サウジアラビア	68	34	34	68	0.0
スリランカ	8	4	4	8	0.0
台湾	58	29	29	58	0.0
タジキスタン	15	8	7	15	-
タイ	85	43	42	85	0.0
トルコ	58	29	29	58	0.0
アラブ首長国連邦	25	12	13	25	0.0
ベトナム	32	17	17	34	6.3
小計	7,322	3,692	3,812	7,504	2.5
オセアニア					
オーストラリア	196	107	117	224	14.3
小計	196	107	117	224	14.3
世界計	11,644	5,926	6,001	11,936	2.5

(3) 鉛：地金消費

(単位：千t)

	2018年 実績 (A)	2019年予測			B/A (%)
		上期	下期	年計 (B)	
ヨーロッパ					
アルバニア	1	1	0	1	0.0
オーストリア	42	22	21	43	2.4
ベルギー	27	14	13	27	0.0
ボスニア	1	1	0	1	0.0
ブルガリア	32	18	18	36	12.5
クロアチア	1	1	0	1	0.0
チェコ	110	55	50	105	▲4.5
デンマーク	0	0	0	0	0.0
エストニア	1	1	0	1	0.0
フィンランド	7	4	3	7	0.0
フランス	76	40	40	80	5.3
ドイツ	405	205	205	410	1.2
ギリシャ	34	19	19	38	11.8
ハンガリー	19	10	10	20	5.3
아일랜드	23	12	12	24	4.3
イタリア	249	138	117	255	2.4
マケドニア	2	1	1	2	0.0
オランダ	21	11	10	21	0.0
ノルウェー	1	1	0	1	0.0
ポーランド	202	100	100	200	▲1.0
ポルトガル	20	11	11	22	10.0
ルーマニア	15	8	8	16	6.7
ロシア	78	40	40	80	2.6
セルビア	9	5	5	10	11.1
スロバキア	7	4	4	8	14.3
スロベニア	35	19	18	37	5.7
スウェーデン	258	132	132	264	2.3
スウェーデン	7	4	3	7	0.0
スイス	3	2	1	3	0.0
英国	227	114	114	228	0.4
その他CIS	22	11	11	22	0.0
小計	1,935	1,004	966	1,970	1.8
アフリカ					
アルジェリア	10	5	5	10	0.0
エジプト	24	13	12	25	4.2
ケニア	1	1	0	1	0.0
モロッコ	8	4	4	8	0.0
ナイジェリア	3	2	2	4	33.3
南アフリカ	57	29	29	58	1.8
チュニジア	2	1	1	2	0.0
ザンビア	2	1	1	2	0.0
その他アフリカ	12	7	7	14	16.7
小計	119	63	61	124	4.2
アメリカ					
アルゼンチン	23	12	13	25	8.7
ブラジル	245	123	122	245	0.0
カナダ	16	8	8	16	0.0
チリ	4	2	2	4	0.0
コロンビア	53	27	27	54	1.9
コスタリカ	3	2	2	4	33.3
キューバ	5	3	2	5	0.0
ドミニカ	7	4	3	7	0.0
グアテマラ	12	6	6	12	0.0
メキシコ	228	115	115	230	0.9
ペルー	7	4	3	7	0.0
米国	1,655	837	837	1,674	1.1
ベネズエラ	9	4	4	8	▲11.1
その他アメリカ	6	3	3	6	0.0
小計	2,273	1,150	1,147	2,297	1.1
アジア					
中国	4,977	2,369	2,551	4,920	▲1.1
インド	597	333	332	665	11.4
インドネシア	109	58	57	115	5.5
イラン	24	12	12	24	0.0
イスラエル	18	9	9	18	0.0
日本	271	136	147	283	4.4
カザフスタン	14	8	7	15	7.1
北朝鮮	3	2	1	3	0.0
韓国	616	346	287	633	2.8
マレーシア	26	14	14	28	7.7
オマーン	10	5	5	10	0.0
パキスタン	46	25	25	50	8.7
フィリピン	47	24	26	50	6.4
サウジアラビア	63	32	32	64	1.6
シンガポール	12	6	6	12	0.0
スリランカ	8	4	4	8	0.0
台湾	104	56	56	112	7.7
タイ	159	80	82	162	1.9
トルコ	181	91	91	182	0.6
アラブ首長国連邦	20	10	12	22	10.0
バトナム	58	32	31	63	8.6
その他アジア	12	7	7	14	16.7
その他CIS	5	3	2	5	0.0
小計	7,380	3,662	3,796	7,458	1.1
オセアニア					
オーストラリア	16	8	8	16	0.0
ニュージーランド	0	0	0	0	0.0
小計	16	8	8	16	0.0
世界計	11,723	5,887	5,978	11,865	1.2

(4) 亜鉛：鉱石生産

(単位：千t)

	2018年 実績 (A)	2019年予測			B/A (%)
		上期	下期	年計 (B)	
ヨロロッパ					
ボスニア・ヘルツェゴビナ	10	6	5	11	10.0
ブルガリア	16	8	8	16	0.0
フィンランド	86	50	28	78	▲ 9.3
ギリシャ	20	12	12	24	20.0
アイルランド	132	65	69	134	1.5
マケドニア	30	16	16	32	6.7
モンテネグロ	10	5	5	10	0.0
ポロランド	42	20	20	40	▲ 4.8
ポルトガル	73	38	37	75	2.7
ルーマニア	1	1	0	1	0.0
ロシア	315	160	160	320	1.6
セルビア	17	9	9	18	5.9
スペイン	101	53	52	105	4.0
スウェーデン	239	120	120	240	0.4
小計	1,092	563	541	1,104	1.1
アフリカ					
ブルキナファソ	83	36	36	72	▲ 13.3
コンゴ民主共和国	1	1	0	1	0.0
コンゴ共和国	4	2	2	4	0.0
エリトリア	118	59	59	118	0.0
モロッコ	56	28	28	56	0.0
ナミビア	116	78	107	185	59.5
ナイジェリア	12	6	6	12	0.0
南アフリカ	28	60	130	190	578.6
小計	418	270	368	638	52.6
アメリカ					
アルゼンチン	21	11	11	22	4.8
ボリビア	550	275	275	550	0.0
ブラジル	167	85	85	170	1.8
カナダ	286	158	157	315	10.1
チリ	30	15	15	30	0.0
キューバ	41	25	25	50	22.0
ドミニカ	4	2	2	4	0.0
グアテマラ	0	0	0	0	-
ホンジュラス	28	16	16	32	14.3
メキシコ	637	290	300	590	▲ 7.4
ペルー	1,475	728	727	1,455	▲ 1.4
米国	858	424	414	838	▲ 2.3
小計	4,097	2,029	2,027	4,056	▲ 1.0
アジア					
アルメニア	5	3	2	5	0.0
中国	4,312	2,058	2,397	4,455	3.3
インド	740	393	442	835	12.8
インドネシア	20	11	11	22	10.0
イラン	130	65	65	130	0.0
カザフスタン	345	178	177	355	2.9
北朝鮮	15	8	7	15	0.0
モンゴル	53	27	27	54	1.9
ミャンマー	13	8	7	15	15.4
パキスタン	27	17	18	35	29.6
サウジアラビア	21	11	13	24	14.3
タジキスタン	70	35	35	70	0.0
タイ	0	0	0	0	-
トルコ	185	90	100	190	2.7
ウズベキスタン	24	13	13	26	8.3
ベトナム	12	6	6	12	0.0
小計	5,972	2,923	3,320	6,243	4.5
オセアニア					
オーストラリア	1,112	728	711	1,439	29.4
小計	1,112	728	711	1,439	29.4
世界計	12,691	6,513	6,967	13,480	6.2

(5) 亜鉛：地金生産

(単位：千t)

	2018年 実績 (A)	2019年予測			B/A (%)
		上期	下期	年計 (B)	
ヨーロッパ					
ベルギー	276	136	139	275	▲ 0.4
ブルガリア	75	38	34	72	▲ 4.0
フィンランド	295	155	155	310	5.1
フランス	155	82	84	166	7.1
ドイツ	180	92	93	185	2.8
イタリア	132	70	74	144	9.1
オランダ	268	129	129	258	▲ 3.7
ノルウェー	191	100	101	201	5.2
ポーランド	169	81	85	166	▲ 1.8
ロシア	263	100	105	205	▲ 22.1
スペイン	526	264	264	528	0.4
小計	2,530	1,247	1,263	2,510	▲ 0.8
アフリカ					
アルジェリア	0	0	0	0	-
ナミビア	67	51	71	122	82.1
小計	67	51	71	122	82.1
アメリカ					
ブラジル	246	126	126	252	2.4
カナダ	696	350	350	700	0.6
メキシコ	348	205	230	435	25.0
ペルー	334	165	165	330	▲ 1.2
米国	116	50	76	126	8.6
小計	1,740	896	947	1,843	5.9
アジア					
中国	5,670	2,955	3,015	5,970	5.3
インド	746	380	395	775	3.9
イラン	130	63	62	125	▲ 3.8
日本	521	277	264	541	3.8
カザフスタン	329	168	168	336	2.1
北朝鮮	12	5	5	10	▲ 16.7
韓国	866	431	431	862	▲ 0.5
タイ	0	0	0	0	-
ウズベキスタン	60	36	36	72	20.0
ベトナム	10	5	5	10	0.0
小計	8,344	4,320	4,381	8,701	4.3
オセアニア					
オーストラリア	490	231	242	473	▲ 3.5
小計	490	231	242	473	▲ 3.5
世界計	13,171	6,745	6,904	13,649	3.6

(6) 亜鉛：地金消費

(単位：千t)

	2018年 実績 (A)	2019年予測			B/A (%)
		上期	下期	年計 (B)	
ヨーロッパ					
オーストリア	62	32	32	64	3.2
ベルギー	380	190	190	380	0.0
ポスニア	2	1	1	2	0.0
ブルガリア	6	3	2	5	▲16.7
クロアチア	4	2	2	4	0.0
チェコ	18	10	10	20	11.1
デンマーク	6	3	3	6	0.0
エストニア	1	1	0	1	0.0
フィンランド	50	26	25	51	2.0
フランス	199	103	99	202	1.5
ドイツ	447	225	223	448	0.2
ギリシャ	12	6	6	12	0.0
ハンガリー	12	6	6	12	0.0
アイルランド	3	2	1	3	0.0
イタリア	225	109	122	231	2.7
ルクセンブルク	6	3	3	6	0.0
マケドニア	5	2	3	5	0.0
オランダ	116	58	57	115	▲0.8
ノルウェー	59	30	30	60	▲1.7
ポーランド	146	75	73	148	▲1.4
ポルトガル	14	8	6	14	0.0
ルーマニア	21	11	9	20	▲4.8
ロシア	233	120	115	235	0.9
セルビア	8	4	4	8	0.0
スロバキア	41	21	21	42	2.4
スロベニア	5	3	2	5	0.0
スペイン	180	90	90	180	0.0
スウェーデン	10	5	5	10	0.0
スイス	7	4	3	7	0.0
ウクライナ	30	15	15	30	0.0
その他CIS	110	54	54	108	▲1.8
小計	2,428	1,227	1,217	2,444	0.7
アフリカ					
アルジェリア	10	5	5	10	0.0
エジプト	21	11	10	21	0.0
ケニア	13	7	6	13	0.0
モロッコ	11	6	5	11	0.0
ナイジェリア	14	7	7	14	0.0
南アフリカ	44	22	22	44	0.0
チュニジア	6	3	3	6	0.0
その他アフリカ	38	19	19	38	0.0
小計	157	80	77	157	0.0
アメリカ					
アルゼンチン	18	9	9	18	0.0
ブラジル	204	101	101	202	▲1.0
カナダ	175	87	88	175	0.0
チリ	9	5	4	9	0.0
コロンビア	19	10	9	19	0.0
メキシコ	230	120	120	240	▲4.3
ペルー	77	39	38	77	0.0
米国	867	442	434	876	1.0
パネズエラ	0	0	0	0	0.0
その他アメリカ	24	12	12	24	0.0
小計	1,623	825	815	1,640	1.0
アジア					
バングラディッシュ	45	23	22	45	0.0
中国	6,512	3,220	3,330	6,550	0.6
香港	6	3	3	6	0.0
インド	684	353	352	705	3.1
インドネシア	119	60	60	120	0.8
イラン	48	23	22	45	▲6.3
イスラエル	5	3	2	5	0.0
日本	482	239	242	481	▲0.2
カザフスタン	32	16	16	32	0.0
北朝鮮	2	1	1	2	0.0
韓国	500	251	250	501	0.2
マレーシア	56	28	28	56	0.0
パキスタン	14	8	6	14	0.0
フィリピン	7	4	4	8	14.3
サウジアラビア	59	30	30	60	1.7
シンガポール	17	9	8	17	0.0
台湾	204	100	105	205	0.5
タイ	120	60	60	120	0.0
トルコ	248	121	121	242	▲2.4
ウズベキスタン	7	4	3	7	0.0
ベトナム	110	56	56	112	1.8
その他アジア	37	19	18	37	0.0
その他CIS	5	3	2	5	0.0
小計	9,319	4,634	4,741	9,373	0.6
オセアニア					
オーストラリア	143	71	71	142	▲0.7
ニュージーランド	12	6	6	12	0.0
小計	155	77	77	154	▲0.6
世界計	13,682	6,843	6,927	13,770	0.6

第 19 回現地安全情報交換会報告

古河機械金属株式会社 深尾 学

1. はじめに

毎年恒例となっている「現地安全情報交換会」が、福島県いわき市で5月23～24日に開催されました。日本鉱業協会主催により事故災害の未然防止、安全衛生の向上を図るため、会員各社の安全関係担当者出席の下、報告会等を通じて各種活動について活発な意見交換が行われました。

2. 開催要領

(1) 月日・場所

2019年5月23日（木）

- ・JRいわき駅集合、バスにて古河電子(株)いわき工場へ移動
- ・古河電子(株)いわき工場にて会社概要説明後、工場見学
- ・津波震災跡地の薄磯海岸周辺および塩屋岬灯台等現地見学
- ・宿泊先であるいわきワシントンホテルにて懇親会開催

2019年5月24日（金）

- ・2018年各社年間災害データの集計結果について報告（事務局）
- ・秋田製錬(株)、三菱マテリアル(株)、三井住友金属鉱山伸銅(株)の3社より安全関連の取り組み発表および質疑応答
- ・小名浜港へ移動し「いわき・ら・ら・ミュウ」にて昼食・散策
- ・JR泉駅にて解散

(2) 出席者

合計 27 名（27 名/15 社）（東邦亜鉛(株) 2 名、

三菱マテリアル(株) 3 名、小名浜製錬(株) 1 名、細倉金属鉱業(株) 2 名、マテリアル・エコ・リサイクル(株) 1 名、JFE ミネラル(株) 1 名、DOWA メタルマイン(株) 2 名、秋田製錬(株) 1 名、DOWA ホールディングス(株) 2 名、JX 金属(株) 3 名、三井住友金属鉱山伸銅(株) 1 名、住友金属鉱山(株) 1 名、日本精鉱(株) 1 名、三井金属鉱業(株) 2 名、古河機械金属(株) 3 名)

3. 古河電子(株)いわき工場の概要、見学

- ・現在の IT（情報技術）の進展に不可欠なガリウムヒ素半導体の原料となる高純度金属ヒ素の特性に早くから着目し、1961 年、高純度金属ヒ素の研究に着手。
- ・1972 年にいわき工場（福島県いわき市）を設立して高純度金属ヒ素の量産を進め、現在では世界のトップメーカーとして全世界に安定供給している。
- ・高純度金属ヒ素のほか、電子機器・情報機器に使用される高品質の各種高純度製品、各種化合物半導体、コイル、窒化アルミセラミックス、レーザー用レンズ、レーザー用ミラーなどを製造・販売している。
- ・工場見学では、高純度金属ヒ素の製造工程、非常用自家発電設備の説明、手荷物検査機などに使われているタングステン酸カドミウム (CWO) 単結晶の現物を見ていただいた。また、太平洋戦争時、石炭増産を目的に働く人たちの意欲を高めようとして造られた「産業戦士の像」が工場隣接地にあり見学を行った。



塩屋岬灯台と美空ひばり歌碑



いわき工場前の記念撮影



産業戦士の像

4. 発表各社の安全活動について

日本鉱業協会事務局から「各社安全成績」等について、災害発生率・状況や推移動向についての報告が行われ、各社から災害発生状況と安

全活動について報告があった。

その後、次の代表 3 社から「安全活動の取り組み」について報告があった。

(1) 秋田製錬(株)

- ・過去の安全成績について非常に悪いと判断し、この状況を改善すべく平成 26 年度より抜本的な安全施策の見直しを実施（協力会社員へ安全活動に関するアンケートの実施、新人教育の見直し等）。その結果、平成 27 年度から災害件数を削減することができた。
- ・2019 年度は安全衛生環境活動基本理念として、「ルール順守は不安全行動、不安全状態を容認しない職場環境、企業風土によって成熟される」を掲げている。一方でいまだに 10%前後がルール違反や不安全行動を取っている現状を踏まえ、もう一步掘り下げた行動ルールを設定している（ポケ手はしない、場内は走らない、作業着、保護具は清潔にする等）。

(2) 三菱マテリアル(株)

- ・「4 カンパニー+1 事業本部+1 事業室」制としており、多種多様な製品群から様々な労働安全リスクが存在する。
- ・安全衛生の取り組みとして「安全と健康は全てに優先する」とする基本理念を掲げており、2019 年度は「多発災害撲滅キャンペーン」の実施、リスクアセスメントによる設備安全化の徹底の 2 点を重点実施事項として活動を展開する予定である。
- ・危険体感推進教育の一環として、2018 年 5 月より VR（仮想現実）を用いた危険体感教育を開始している。
- ・さいたまオフィス内に危険体感教育の研修施設である「緑館」を建設。2017 年 3 月より運用を開始し、2017 年度は 1,503 名が受講した。
- ・平成 30 年度厚生労働省委託事業である「老朽化した生産設備における安全対策の調査分析事業」報告書に掲載された事例（回転体への安全カバー取付等）の紹介があった。

(3) 三井住友金属鉱山伸銅株

- ・2013年10月の災害発生以降、無災害を1684日継続したが、昨年5月、薬液による休業災害が発生。
- ・「かえるぞ三重」活動として、三重工場の安全管理体制をゼロベースから再構築するため、2014年から2年計画でゼロ災に向けた活動を開始（3S委員会、本質安全化委員会等）。
- ・2017年からは「あるべき姿委員会」を組織し、「安全・安心な職場環境を作り、人の成長と共に会社も成長する職場を創ることを最終の有るべき姿」を到達点と定めた。活動内容としては、コミュニケーションを図り、「職制は知らないが現場は知っている」を無くすため、「安全牽引者」を配置し、作業者が本音を話せる環境作りを行った。

- ・「あるべき姿委員会」の取り組みとして、工場出入口扉に窓設置、トラックスケール昇降台設置、歩行帯滑り止め対策、歩車分離（フォークリフトとの接触防止）等の事例が紹介された。

5. 最後に

2日間とも晴天に恵まれ、興味深い工場見学が出来たと共に、有意義な質疑、意見交換がなされました。また、出席者の方々とのネットワークは、今後の労働安全衛生活動を推進する上での財産になると思います。

改めまして、関係各位の御協力により滞りなく運営できましたことを、本紙面をお借りして御礼申し上げます。

以上



情報交換会の様子

令和元年度 日本鉱業協会休廃止鉱山専門委員会 現地研究会報告

日本鉱業協会 休廃止鉱山専門委員会
三菱マテリアル㈱ 佐藤 公一

令和に元号が変わった後、初めての現地研究会が、5月30日（木）～31日（金）に、新潟県佐渡市にある㈱ゴールデン佐渡（以下、「G 佐渡社」）の佐渡鉱山にて開催され、各社委員及び日本鉱業協会事務局合わせて11名が参加した。

佐渡鉱山は新潟市から約60km離れた日本海上に浮かぶ佐渡ヶ島にある。佐渡ヶ島は北西に大佐渡、南東に小佐渡と呼ばれる山脈が走っており、両山脈の間には米どころである国仲平野が開けている。今回訪れた佐渡鉱山は、この大佐渡の南部に位置する。

佐渡鉱山の歴史は西三川砂金山に始まり、古くは今昔物語にも記され1100年頃の発見とする説もある。次いで、鶴子銀山が1542年の発見とされ、同銀山の山師により1601年、今日に総称される「佐渡金山」の代名詞ともなっている相川金山が発見された。佐渡鉱山は江戸幕府の貴重な財源となり、発見当初膨大な量の金が産出され、佐渡鉱山における一つのピークがこの時期となった。その後、盛衰を繰り返しながら、佐渡鉱山は明治維新とともに官営に、明治29年に三菱合資会社に払い下げとなり、太平洋戦争中に再度金産出量のピークを迎える。その後も探鉱を行いながら操業が続けられるが、鉱量の枯渇によって、平成元年に操業を停止し、その長きにわたる鉱山史の幕を閉じ、現在は休止閉山状態にある。閉山までの産出量は、金78t、銀2,300tと日本最大級を誇り、日本の発展に大きく貢献した鉱山である。

今回の研究会では、参加者は新潟港に集合、

国道350号の一部に指定されている新潟港から両津港への航路をジェットホイルにて約1時間航海し、両津港からバスにて佐渡ヶ島の米どころ国仲平野を横断し、約1時間かけてG佐渡社へと向かった。G佐渡社では、一般の見学ルートである世界遺産コース、道遊坑コース、道遊の割戸、資料館に加え、現在は一般の立ち入りが禁じられている南沢疎水坑道を見学した。

参加メンバーのほとんどは佐渡を訪れることが初めてであり、全員興味深く説明に耳を傾けながら、佐渡金山の遺跡を見学した。いずれも興味深く見ごたえのあるものばかりであったが、その中でも特に参加者の興味をひいたのは、現在も使用されている南沢疎水坑道で江戸時代に掘られたとは思えないほど精緻な作りであることである。

佐渡鉱山の歴史は同時に水との戦いであり、手回し式の揚水機での揚水が行われていたほどである。南沢疎水坑道は、このような背景のもと1691年から9年間かけて掘削された延長約1kmの坑道である。（写真1）ノミを片手に人力にて掘削されたのであるが、驚くべきは神業ともいべきその高レベルな測量精度である。南沢疎水坑道は両端の山肌からだけではなく、中間に2本堅坑を掘り下げ6方向から向い掘り工法にて掘削されているが、互いが合流するときは数十cm程ずれていただけであり、江戸時代にこれほどの精度でこの坑道が掘削されたことは驚くほかない。さらに面白いことに、この坑道は大人でもほとんど屈むことなく歩くことがで

きる高さであり、断面はきれいな五角形に、さらに壁面は必要以上に滑らかに削られ、場所によってはクモの巣のような模様が刻まれているのである。当時の職人の技術の高さだけでなく、仕事への誇りや遊び心も感じられる。このようにして掘削された疎水坑道は、昭和時代までアクセス道路にも使用され（さすがに現在は一般住民の立ち入りは禁止されている）、操業当時だけでなく、現在もなお鉱山管理のために使用され続けている。鉱山の排水は、pHは低いものの、重金属の濃度は排水基準を満足しているため、苛性ソーダによりpHを調整して河川に排出して

いる。

この他にも、日本最初の洋式立坑となる大立堅坑、東洋一を誇った選鉱場跡（写真3）、金銀精鉱の搬出、発電用石炭や諸資材の搬入で賑わった大間港などを見学した。

なお、佐渡市と新潟県は「金を中心とする佐渡鉱山の遺産群」として世界遺産への登録を目指している。

最後に、今回の研究会開催に際して、現地案内及び準備にご協力いただいた浦野社長をはじめとする株式会社ゴールデン佐渡の皆さまに厚く御礼申し上げます。



写真1 集合写真（疎水坑道入り口前にて）



写真2 集合写真（道遊の割戸前にて）



写真3 選鉱場跡



写真4 道遊の割戸（大佐渡スカイラインより）

契島製錬所 見学記

JX 金属株式会社 技術本部 設備技術部 裏田 勝淑

1. はじめに

2019 年度日本鉱業協会・工務部会の見学会として工務部会委員 11 名で、5 月 31 日（金）の午後、瀬戸内海の広島県豊田郡大崎上島町にある東邦亜鉛株式会社契島製錬所（ちぎりしませいれんじょ）を訪問しました。当日は、広島空港に集合しタクシーで約 30 分をかけて、船着き場のある竹原市内へ移動しました。

竹原市は、室町時代より港町として知られ、瀬戸内海の交通要衝として発展し、江戸時代後期は製塩業や酒造業で栄えました。現在は『安芸の小京都』と呼ばれ、2000 年に国土交通省によって、町並地区が「都市景観 100 選」に選定されました。また、2014 年 9 月 29 日～2015 年 3 月 28 日まで放送された連続テレビ小説第 91 シリーズの『マッサン』において、主人公である竹鶴政孝が実家である竹原の竹鶴酒造を飛び出し、スコットランドでウイスキー醸造技術を学び、リタ夫人とニッカウイスキーの創業を目指す出発地点となった場所で、景観市区に二人の

銅像もありました。

JR 竹原駅から扇状に広がる官公庁・商業地区、港を中心とした港湾・工業地区、文化財が集中する寺院等を含む町並み保存地区に大別され、三井金属鉱山株式会社の竹原製錬所も港湾地区にあります。契島へは竹原港内にある内港棧橋から東邦亜鉛所有船で約 20 分かけて移動しました。

契島製錬所のある契島は、広島県竹原市の沖合い約 4 キロメートルに位置し、面積は 9 万平方メートルの東邦亜鉛が保有する島です。明治



〔契島製錬所の位置〕 東邦亜鉛株式会社 HP より



〔契島製錬所の工場配置図〕 パンフレットより

末期に岩佐巖博士と後藤亀吉氏が銅精錬所を開設するため、元々3つに分かれていた島の山を削り、埋め立てによってひとつの島にしたことから、契島という名前になったと言われているそうです。1899年から銅精錬所として稼働を開始し、1940年に銅製錬を休止後、鉛製錬を開始し、1950年に東邦亜鉛が買収して現在に至っております。

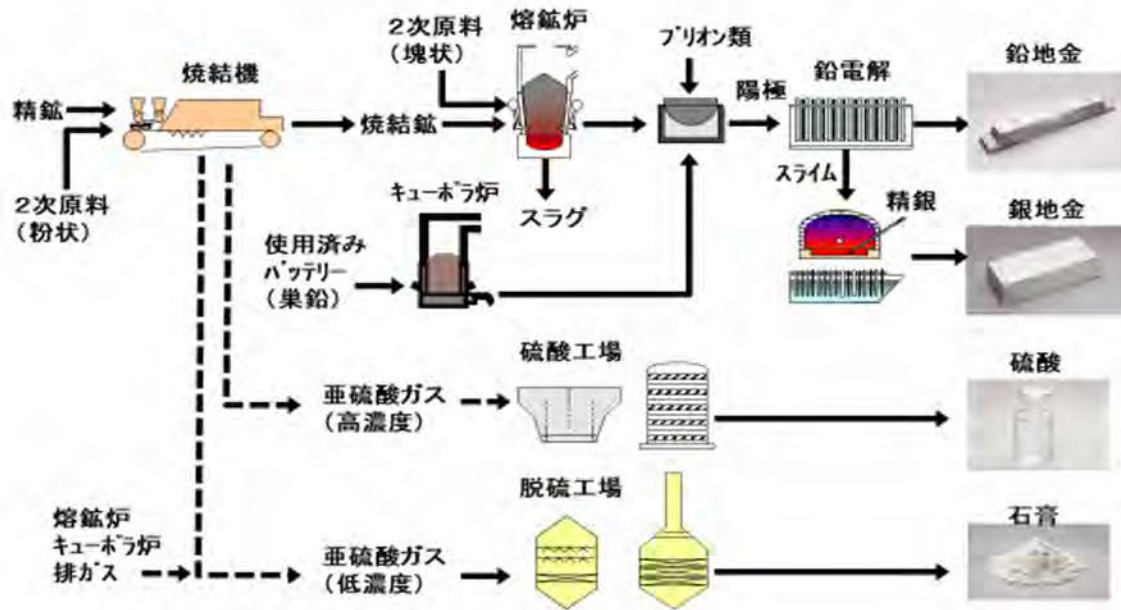
2. 東邦亜鉛と契島製錬所の沿革

- 1937年に日本亜鉛製錬株式会社として設立し、安中製錬所を建設。
- 1941年に社名を東邦亜鉛株式会社と改める。
- 亜鉛製錬では、多量の鉛が副生成物として出ることから、1950年に東邦亜鉛が昭和鉱業から契島製錬所を買収し、翌年から鉛生産を開始。
- 1963年に小名浜製錬所を建設。(焙焼硫酸設備の稼働開始)
- 1966年に藤岡製錬所を建設、銑鉄製造から翌年に電解鉄の製造を開始。
- 契島製錬所において、1964年から金、銀、ピスマスの生産を開始、1966年から濃硫酸生産を開始、1971年から脱硫操業を開始し、1981年に脱硫方式を同和法へ変更。
- 1973年に小名浜製錬所において、電炉ダスト等からの酸化亜鉛製造設備の操業を開始。1980年から使用済みニッカド電池処理事業を開始。
- 1986年から契島製錬所において、バッテリーリサイクルを開始し、1994年に電解工場のシステム強化、2014年に脱硫煙突ミストコントロールを新設。電気鉛生産量10万トン/年、電気銀生産量400トン/年の能力体制へ。
- 契島製錬所において、1999年にISO9002(品質)、2002年にISO9001(品質)を取得、2001年にISO14001(環境)を取得し、グローバルな品質保証体制を確立した。
- 2005年に中国天津市に鉛リサイクル合弁会社「天津東邦鉛資源有限公司」を設立。

- 2010年に豪州CBH Resources Ltd.(亜鉛、鉛鉱山)を完全子会社化。
- 現在の契島製錬所の勤務者数は、正社員180名、協力会社約80名の260名体制で、4直2交替の操業を行っている。単身管理職、地方出身社員、若い妻帯者の一部は契島に住んでいるが、ほとんどの勤務者は船で近隣から通勤している。

3. 契島製錬所の鉛製錬工程(原料と製品)の概要と事業内容

- 原料となる鉛精鉱は、主に鉛60%、硫黄18%、鉄6%、亜鉛5%、銅1%、その他10%からなる粉状で、豪州の関連会社のCBH社や、中南米から輸入している。多種多様な鉛精鉱を混合鉱として焼結機に投入し、空気を吹き込みながら硫化鉛を徐々に酸化反応させて、酸化鉛の握りこぶし大の焼結鉱に加工し、排ガスは硫酸工程へ送っている。現時点で焼結機を保有する国内鉛製錬所は、契島だけになった。
- 熔鉱炉では、焼結鉱とコークス等の2次原料を1200℃でスラグ反応させて、粗鉛とシリカや酸化カルシウム、酸化亜鉛を含むスラグに分離する。排ガスは硫酸工程へ送っている。熔鉱スラグは、水洗スラグとして回収し、生野島にある堆積場に運んでいる。
- 一方、鉛蓄電池を一次処理した巢鉛は、コークスや鉄源と一緒にキューボラ炉に投入し、空気を吹き込みながら、スラグと粗鉛に分離する。排ガスは、洗浄塔とバグフィルターでCFダスト(2次原料)を除去し、脱硫設備を経て石膏になる。最近では、鉛蓄電池処理量が増加してきており、鉛精鉱の購入を絞った操業を行っている。
- 粗鉛は、1.5%前後の硫黄と銅を含んでおり、脱銅鑄造工程において、330~350℃に保持をして、銅分をドロスとして回収している。精製された鉛は鑄造機でアノードに加工される。
- アノードは、鉛電解工程で7日間かけて、鉛カソードと銀と有価金属を含むスライムに分



〔鉛製錬工程図〕 契島製錬所パンフレットより

離され、スライムは鉛スライム処理工程で、粗金、電気銀、電気ビスマスに加工される。

- カソードは、苛性ソーダを添加するハリス精製法によって、微量のスズを分離し、電気鉛に加工する。焼結排ガスは、硫酸工程で処理され、回収された 98.5%の濃硫酸が出荷されている。
- 電気は、対岸の竹原市から海底ケーブルで 110kV の特高圧電線 1 系統で受電し、水は大崎上島から海底配管で供給を受けている。

4. おわりに

今回の見学会では、東邦亜鉛と契島製錬所の概要説明と所内見学をさせていただき、鉛製錬事業における生産効率化に向けた取り組みの詳細と、現場のご苦勞を知る良い機会となりました。リサイクルを含む鉛を取り巻く世界的な事

業環境が大きく変化している中、日々積み重ねられている地道な改善を知ることができ、関係者の方々に敬意を表します。

私たち非鉄製錬業各社は、非鉄金属を生産するとともに、廃棄物処理、資源回収にも大きな役割を担っておりますが、益々国際的に環境規制や競争が激化する中、同業他社の現場を見学し、生の声を聴き、今後の参考になる知見と改善への勇気を得ることができました。

最後に、大変に有意義な見学会であったことをご報告致しますとともに、日本鉱業協会工務部会の見学会を快くお引き受けいただきました東邦亜鉛株式会社並びに、契島製錬所の皆様に深く感謝申し上げます。

以上



[契島製錬所正門にて記念撮影：敬称略，左から，DOWAテクノロジー 山田，三菱マテリアル 松井，古河機械金属 名塚，日本鋳業協会 上山，JX金属 裏田，日鉄鋳業 田北，日本鋳業協会 坂井，住友金属 鋳山 大久保，三井金属鋳業 宮本，東邦亜鉛 山崎，日本鋳業協会 佐々木，東邦亜鉛 竹内，飯塚，後藤，関口，西村]

日本鉱業協会の動き（6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・総会	
4日	・資源・素材学会 表彰・奨学委員会	・スラグ委員会 ・機械委員会
5日	・金属鉱山会 理事会 ・日本鉱業振興会 理事会	
6日	・一木会 ・総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会	
7日	・資材部会 ・日本メタル経済研究所 理事会	
10日	・輸送部会 ・ダイカスト用亜鉛合金委員会	・JMEC 評議員会
11日	・「鉱山」編集委員会 ・税制・会計合同専門委員会	
12日		・現場担当者会議および見学会（～14日）
13日	・資金専門委員会	
14日	・海洋資源・産業ラウンドテーブル 幹事会	
17日		・鉱山保安表彰実行委員会
18日	・経団連 幹事会	・全国火薬類保安協会 総会および理事会
19日	・理事会 ・月例懇談会 ・八社総務部長会 ・三木会	
20日	・銅報告会・銅友会合同会議	
21日	・鉱業政策懇談会 ・日本メタル経済研究所 定時総会 ・資源環境センター評議員会	・JOGMEC レアメタル等製錬委員会
24日		・工務部会
25日	・金属鉱山会 定時評議員会 ・日本鉱業振興会 定時評議員会 ・資源・素材学会 技術部会	
26日	・二八会	・産廃処理事業振興財団評議員会
27日	・特許委員会	
28日	・地金統計部会	

〔協会・業界関係事項〕

【5日】 三菱マテリアルは、同社加工カンパニーが、欧州地域における切削加工ユーザー向けの新たな技術サポート拠点として、現地時間4日にドイツ・シュツットガルトにテクニカルセンターを開設したと発表。

【5日】 合同資源は、三洋化成工業と共同で技術確立に取り組んだ「ヨウ素移動重合を利用した高吸水性樹脂の開発」で、公益社団法人高分子学会より、2018年度高分子学会賞（技術部門）を受賞したと発表。今回の受賞は、日本のヨウ素製造のパイオニアである同社と、世界で最初にSAP（紙おむつ等の衛生材料用途に使用される高吸水性樹脂）の商業生産を開始した三洋化成工業が、相互の得意技術を組み合わせ、SAPの高機能化及び工業化を達成したことが高く評価されたもの。さらなる高機能材料の発展に向け、シンガポール・南洋理工大学の後藤淳先生との共同研究を通じて、今後も新しい有機ヨウ素化合物の開発を進めていく予定。

【6日】 三井金属鉱業は、子会社の台湾銅箔股份有限公司において、高周波基板用銅箔「VSP®」の増産起業が完了し、稼働を開始したと発表。高周波基板用銅箔「VSP®」は、優れた表面平滑性と微細粗化処理により、高周波数帯におけるプリント基板の伝送損失低減を特徴とする製品で、最大420t/月まで製造可能とするこの度の増産起業により、スマートフォンの5G運用開始、自動運転やコネクティドカーを背景とした旺盛な需要に十分対応する体制が整った。

【10日】 三井金属鉱業は、同社の技術者が、本田技術研究所の技術者と共著で執筆した論文（テーマ「高効率 Diesel Particulate Filter 再生触媒の開発」）が、公益社団法人自動車技術会の「第69回自動車技術会賞」に公募し、論文賞を受賞したと発表。

【14日】 DOWAホールディングスは、メキシコ合衆国チワワ州において子会社のDOWAメタルマインがSunshine Silver Mining & Refining社とともに推進している、ロス・ガトス銀・亜鉛・鉛鉱山開発プロジェクトに関し、その権益を保有する開発操業会社のMinera Plata Real社の権益割合を変更し、DOWAメタルマインの割合を従来の30%から48.5%に引き上げると発表。尚、開発工事は計画通りに進捗しており、2019年7月にロス・ガトス鉱山として操業を

開始する予定。

【24日】 オリックスは、このたび青森県下北郡風間浦村及び青森県青森市にて、地熱発電の事業性検証のための掘削調査を開始したと発表した。

同社は、下北郡風間浦村及び青森市において、これまで地表調査を実施してきた。地元関係者の了承のもと、JOGMECによる「平成31年度地熱発電の資源量調査事業費助成金交付事業」の採択を受け、地熱資源の確認のため掘削調査を実施する。

【26日】 JOGMECは、東邦亜鉛から金属鉱物海外探鉱資金貸付の申請を受け、これを審査した結果、JOGMECの目的とする「金属鉱物の安定的かつ低廉な供給に資する」事業と認め、かつ審査基準を満足すると判断し、東邦亜鉛の「豪・西オーストラリア州アブラ鉱区における鉛探鉱事業」に対し、1,600百万円の貸付を実行したと発表した。

【27日】 JX金属は、2020年6月を目途に、組織文化の刷新、社内外コミュニケーション増大による価値創造機会創出及び将来の人員増への対応のため、現在建設中の「オークラプレステージタワー」に本社を移転することを発表。

〔国内関係事項〕

【4日】 JOGMECは、カンボジア王国鉱山エネルギー省と実施してきた共同地質調査において、同国ストゥントレン地域で銅・亜鉛の鉱化帯を発見した。今回の探査結果は、日鉄鉱業に引継ぎ、同社の現地子会社が同国政府より探査権の許可を得て、5月23日に鉱区取得手続きを完了した。今後、同社とJOGMECは鉱床発見に向けてさらに詳細な探査を実施する予定である。

【4日】 米連邦準備制度理事会（FRB）による利下げ観測を受けて、東京外国為替市場では円高・ドル安が進み、一時1ドル=107円台後半と約5か月ぶりの水準に上昇した。

【11日】 NEDOは、「2019年度 超臨界地熱資源先導調査」に係わる公募を実施し、提案された1件の提案について審査を行い、次の通り実施予定先を決定した。

1. 件名：2019年度 超臨界地熱資源先導調査
2. 事業概要：2016年4月に策定された「エネルギー・環境イノベーション戦略」においては、温室効果ガス排出量を削減するポテンシャル・インパクトが大

き有望な革新技術として次世代地熱発電技術が特定され、その具体例として超臨界地熱発電が記載されている。

本事業では、既往調査から高温度が確認された地熱地域において、先導的な調査を実施し、深部の地熱構造を解明する。

3. 実施予定先：日鉄鉱コンサルタント

4. 事業期間：2019年度

【13日】 NEDO は、地熱発電の環境アセスメント円滑化を目指した技術開発に着手する。

本事業では、地熱発電所の冷却塔から排出される硫化水素や蒸気の大気環境や植生に及ぼす影響調査・予測・評価方法の最適化・期間短縮化に関する技術開発に取り組む。最終的には、本技術開発を通じて得られた知見をガイドラインなどに取りまとめ、一般の地熱開発事業者へ広めることで環境アセスメントを円滑化し、開発期間を短縮させ開発コストを抑制することなどにより、地熱発電の導入拡大を目指す。

【14日】 安倍晋三首相は、トランプ米大統領と約30分間電話会談した。トランプ氏は首相のイラン訪問について謝意を伝え、中東ホルムズ海峡近くで日本などのタンカー2隻が攻撃を受けた事件に関して話し合った。

【18日】 午後10時22分頃、新潟県村上市で震度6強を観測する地震があった。気象庁によると、震源は山形県沖で震源の深さは14km。地震の規模はマグニチュード(M)6.7と推定された。

【25日】 東京外国為替市場で円がドルに対して上昇し、一時、約5か月半ぶりの円高水準となる1ドル=106円台をつけた。米利下げ観測でドル安圧力が強まる中、中東情勢の悪化やアジア株安を受けて、投資家のリスク回避姿勢が強まった。

【19日】 JOGMEC は、地熱技術開発、奥会津地熱、産業技術総合研究所と共同で、蒸気量が減衰している柳津西山地熱発電所の地熱構造を改善する長期実証を7月から開始する。河川の水を深さ2,200mの涵養井戸に流し、地下貯留層で蒸気として生産井に戻す人工涵養技術の初の長期実証となる。

【26日】 政府は、パリ協定に基づく長期低排出発展戦略(長期戦略)を国連気候変動枠組み条約事務局に提出したと発表した。パリ協定では、今世紀中頃までの温室効果ガス削減戦略の提出を各国に求めている。政府は2018年8月に有識者懇談会を設置し

て策定作業に着手。懇談会の提言を踏まえた戦略案を2019年4月に提示し、パブリックコメント(意見募集)や地球温暖化対策本部の了承を経て、6月11日に閣議決定した。長期戦略では、今世紀後半のできるだけ早期に温室効果ガスの「実質ゼロ排出」を目指す方針を明記し、技術革新やグリーンファイナンス推進、環境技術の国際展開を柱としている。戦略は6年をめどに情勢変化に応じ見直すこととなっている。

【29日】 G20(主要20か国・地域)サミットが28、29日に大阪市内で開かれ、29日午後「大阪首脳宣言」を採択して閉幕した。エネルギーに関しては、「3E+Sを実現するエネルギー転換の重要性を認識する」と盛り込み、エネルギーシステムの転換について経済性や安全性、環境性などの両立を重視していく姿勢を確認した。

同宣言では気候変動について、米国がパリ協定から脱退することをあらためて明記する一方、同協定の不可逆性を確認し、署名国が「同協定の完全な履行について再確認する」と盛り込んだ。また、2050年までにプラスチックごみによる追加的な海洋汚染をゼロにする「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」が盛り込まれた。

【海外関係事項：業界】

【2日】 Discovery Metals 社(加)は、Levon Resources 社(加)を買収し、メキシコの探鉱活動を強化するため新会社を設立すると発表した。

【3日】 パナマ貿易産業省(MICI)は、First Quantum 社(加)が保有する、同国のCobre Panamá銅プロジェクトの契約延長に関連する法案を同国議会の経済委員会が承認しなかったことに対し、投資の不確実性を増すものであるとし懸念を表明した。

【4日】 Pembridge Resources 社(英)は、現在、ケアアンドメンテナンスに置かれているユーコン準州Minto銅銀金鉱山の全資産をCapstone Mining 社(加)より20百万米ドルで取得することを発表した。

【6日】 Nyrstar 社(ベルギー)は豪・タスマニア州で操業するPort Pirie鉛製錬所の溶鉱炉が5月28日に故障したため、鉛地金の生産を中止するとともに不可抗力(フォースマジュール)を宣言した。現在、溶鉱炉故障の原因を解明中で、数日中のうちに生産を再開できるものと見込んでいるが、同製錬所の鉛地金生産量に悪影響が出るのが予想されるとしている。Port Pirie製錬所からは、2018年に160千tの鉛地金が生産されている。

【10日】 ロンドン金属取引所(LME)のプレスリリ

ースによると、2018年から18か月に亘り価格調査会社からの応募を検討した結果、LMEのリチウム先物取引開発のための代表となるリチウム市場価格の設定を促進するために、LMEはFastmarkets社(英)をパートナーにしたことを発表した。

【10日】TKV(ベトナム国政石炭鉱業産業グループ)はSin Quyen銅鉱山(ベトナム)の銅精鉱生産第2工場の操業を正式に開始した。同工場は2019年1月から試運転中であった。

【11日】ドミニカ共和国のAntonio Isa Condeエネルギー鉱山大臣は、制定後48年が経過した鉱業法の見直しを目的とした法案を議会に提出したと述べた。

【11日】豪・西オーストラリア州でYangibana希土類プロジェクトを推進するHasting Technology社(豪)は、自動車・工業部品サプライヤーのSchaeffler社(独)との間で、年間5千tの混合炭酸希土類を10年間供給するオフテイクに関するMOU(了解覚書)を締結した。

【11日】インドネシア・エネルギー鉱物資源省Bambang Gatot Ariyono石炭鉱物総局長は、今後建設予定の国内製錬所30か所に対し、2019年末までに進捗率25~30%まで建設を進めるよう要請したことを明らかにした。

【12日】AVZ社(豪)の発表によると、同社とHuayou Cobalt社(中国)の子会社Huayou International Mining社との間で戦略的関係に入る契約(ノンバイディング)を締結した。

【12日】鉱山における自動操業などに必要な理工系の技能認証技術者を育成するための職業訓練コースが、豪・西オーストラリア州の公立職業訓練学校であるSouth Metropolitan TAFEで開始された。

【12日】Vedanta Resources社(英)の子会社Konkola Copper Mines(KCM)社(ザンビア)は、Nchanga銅製錬所(ザンビア)の操業を再開する予定を明らかにした。

【13日】インド政府は、「国家鉱物政策2019」の概要を発表し、鉱物資源の生産高を7年間で3倍に引き上げる目標を示した。

【14日】パプアニューギニアのBougainville自治州政府は同自治州内のPanguna銅金鉱山の再稼働を目的に、新たに設立するBougainville Advance Mining社に対して操業再開に向けた強い権限を与える鉱業法改正案とそれに付随する2つの法案に関し、2019年10月に予定されている同州独立の是非を問う住民投票後まで議会での審議を延期することを発

表した。

【14日】Newmont Goldcorp社(米)が保有するメキシコのPeñasquito多金属鉱山で発生している鉱山アクセス道の封鎖問題について、内務省Olga Sánchez Corderos大臣、Newmont Goldcorp社幹部、José Narro Céspedes上院議員、地元住民代表者により封鎖解除の合意書が調印された。

【15日】インドネシアPT CNI (PT Ceria Nugraha Indotama)社は、インドネシア南東Sulawesi州Kolaka県Wolo郡においてフェロニッケル製錬所の起工式を行い、建設を開始した。

【17日】クック諸島政府は同国内の海底鉱物資源の有効かつ責任ある管理が可能になると主張する「海底鉱物資源法案(Seabed Minerals Bill 2019)」を、会期の期日が迫っている同国議会において可決した。

【17日】ペルーのOliva経済財務大臣は、Southern Copper社(米)のTia Maria銅プロジェクト(ペルーArequipa州)に関して、政府が6月中に建設許可を付与する見通しを明らかにした。

【18日】湖南郴州市北湖区恒瑞鉱業有限公司(中国)の年間生産能力1,200t(錫金属量)の錫精鉱生産が2019年6月初めに再開されると関係者が述べた。生産再開手続きや準備作業は既に終えており、6月初めには生産再開できる予定。当該企業は、2015年に、保安事故により生産停止を命じられ、整理作業が開始された。2019年5月に現地政府から生産再開への許可を取得した。

【18日】Taseko Mines社(加)はニュースリリースにて、探鉱実施中の加・ブリティッシュコロンビア州Williams Lake近郊のNew Prosperity金銅プロジェクトに関して、探鉱活動及び鉱山開発の中止を訴える先住民グループとの裁判に勝訴したことを発表した。

【18日】Pala Investment社(加)は、現在保有している19%分を除くCobalt 27社(加)の全株式を501百万加ドル相当で取得することを両社のニュースリリースにて発表した。

【18日】First Quantum社(加)が保有するCobre Panamá銅鉱山(パナマ)において、生産開始後初の精鉱31.2千tが出荷された。

【18日】Endeavour Silver社(加)は、メキシコJalisco州に保有するTerronera銀・金プロジェクトの土地利用変更許可を取得し、これによりプロジェクト開発に係る全ての必要許可を取得した。

【18日】Glencore社(スイス)はメジャーシェア(73.1%所有)のMopani Copper Mines社(ザンビ

ア)の Mufulira 銅製錬所を大規模改修工事のため休止した。

【19日】 豪州科学産業研究機構 (CSIRO) は 10 年以上の歳月と 10 百万豪ドル近い費用を投じて開発した青酸を使用しない金抽出生産技術の販売・促進のため、Clean Mining 社 (豪) にライセンスを付与した。

【25日】 雲南羅平亜鉛電気株式会社 (中国) 傘下の子会社である 普定県徳栄鋳業有限公司は、2019 年 6 月 18 日に「普定県应急管理局による現場処理措置決定書」を受領し、徳栄鋳業金坂鉛亜鉛鋳山の生産活動停止を命じられた。

【26日】 Riverside Resources 社 (加) は、Millrock Resources 社 (加) がメキシコ Sonora 州に保有する金、銀、銅をターゲットとする 5 つのプロジェクトを 35,000 加ドルの支払い及び普通株式 150 千株の譲渡で取得すると発表した。

【27日】 Glencore 社 (スイス) の発表によると、同社の DR コンゴの子会社 Kamoto Copper Company 社が Kolwezi にて操業する銅・コバルト鋳山にて崩落が発生し、採掘現場に不法侵入していた違法採掘者の少なくとも 19 名が死亡した。

【28日】 ペルーの鋳業冶金鉄鋼労働者連盟は、2019 年 9 月 10 日から全国無期限ストライキを開始すると発表した。

【28日】 Nyrstar 社 (ベルギー) は、豪・南オー

ストラリア州で操業する Port Pirie 鉛製錬所が溶鋳炉の故障で操業を停止して不可抗力 (Force Majeure) を宣言していた件に関し、同製錬所の溶鋳炉と TSL 炉の操業再開が 7 月第 2 週にずれ込むため、不可抗力をそれまで延長すると発表した。

【28日】 チリ・コデルコのチュキカマタ事業所労組が 14 日よりスト突入。経営側は 18 日、年金手当を改善する新たな協約案を提示。労組は 22 日、組合員投票を実施し、受け入れ拒否とストライキ継続を決議した。しかし、その後提示された改善提案について 27 日に再投票を実施し、受け入れを決定した。会社側は同日、フル操業を再開したことを確認した。

【海外関係事項】

【1日】 中国政府は午前 0 時、米国の制裁関税に対する報復措置を発動した。液化天然ガス (LNG) など 600 億ドル (約 6 兆 6,000 億円) 分の米国製品への追加関税を最大 25% に引き上げた。

【4日】 米連邦準備制度理事会 (FRB) のパウエル議長は、講演で貿易戦争の激化に懸念を示し、「景気拡大を持続させるため適切に行動する」と述べ、7 月の利下げ観測が急速に浸透。

【18日】 ドナルド・トランプ米大統領は、米国南部フロリダ州オーランドで大規模な選挙集会を開き、2020 年 11 月の大統領選への出馬を正式に表明した。

【30日】 トランプ米大統領と北朝鮮の金正恩 (キム・ジョンウン) 委員長の 3 度目の首脳会談開催。

関係法令情報 (官報)

なし

以上

(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

第72巻第6号 (通巻第777号)

発行 令和元年7月25日
発行所 (一財) 金属鉱山会
〒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, 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)