

# 海底熱水鉱床の選鉱製錬プロセス構築に向けて

高橋 達\*・古谷 尚稔・五十嵐吉昭

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

## Initiatives for Establishing Metallurgical Process of Seafloor Massive Sulfides

Tatsuru TAKAHASHI\*, Hisatoshi FURUYA and Yoshiaki IGARASHI

Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

### 1. 緒 言

海底熱水鉱床は、地下深部に浸透した海水がマグマ等により熱せられ、地殻から有用元素を溶出した「熱水」が海底に噴出し、周辺の海水によって冷却される過程で、銅、鉛、亜鉛、金、銀等の各種金属が沈殿してできたものである。

一般に、海底熱水鉱床は、水深 700 ~ 3,000 m の中央海嶺など海底が拡大する場所(海底拡大軸)やニュージールランド~フィジー、パプアニューギニア~マリアナ~日本に至る西太平洋の島弧-海溝系に分布し、世界で約 350 か所の徴候地が見つかっている。日本周辺海域では、沖縄トラフや伊豆・小笠原海域において、海底熱水鉱床の徴候が数多く確認されている。日本周辺海域の海底熱水鉱床は、世界的にも比較的浅い水深に分布しており、開発に有利であるとされている<sup>1</sup>。

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(以下「JOGMEC」という)は、平成 20 年度より、国が定めた「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」に基づき、海底熱水鉱床の探査、採鉱・揚鉱、選鉱・製錬、環境に係る調査・技術開発を実施している。本稿では、令和元年度第 3 回 JOGMEC 金属資源セミナーにて報告した、海底熱水鉱床の選鉱・製錬プロセスの構築に向けた取り組みについて紹介する<sup>2</sup>。

### 2. 試験試料

海底熱水鉱床は産地により性状が大きく異なるが、ここでは沖縄海域で採取された亜鉛・鉛主体の鉱石につ

いて報告する。この鉱石の ICP 分析結果は Table 1 に、Mineral Liberation Analyzer (MLA) による粒度別の鉱物重量割合を Fig. 1 に示す。いずれの粒度においても黄鉄鉱が重量割合で 50% 以上を占める。その他、硫酸鉛鉱が 14~15%、閃亜鉛鉱が 9~16%、重晶石が 6~11%、黄銅鉱が 0.6~0.8% 占めることがわかった。また、-38 μm の粒子について MLA により単体分離度を確認した。ここでは、1 粒子に占める対象鉱物の重量割合が 95% 以上のとき、その鉱物の単体粒子であると定義し、対象鉱物を含む粒子全てに占める単体粒子の割合を単体分離度とした。この試料の黄銅鉱や閃亜鉛鉱の単体分離度は

Table 1 ICP analysis result of the sample

Au	Ag	Cu	Zn	Pb
2.6 g/t	200 g/t	0.3%	7.3%	2.5%

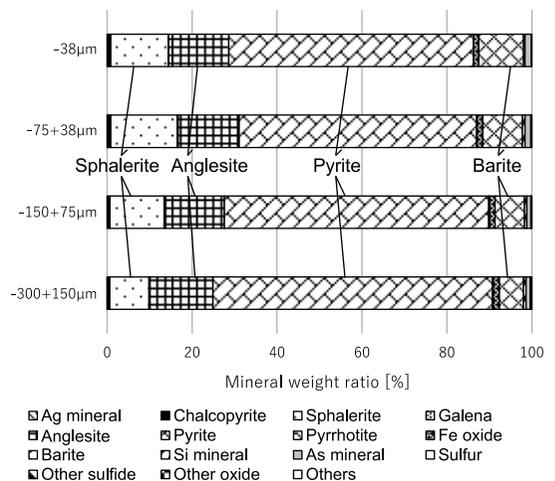


Fig. 1 Mineral weight ratio of the sample

2021 年 6 月 17 日 第 139 回学術講演会において発表  
\*e-mail: takahashi-tatsuru@jogmec.go.jp

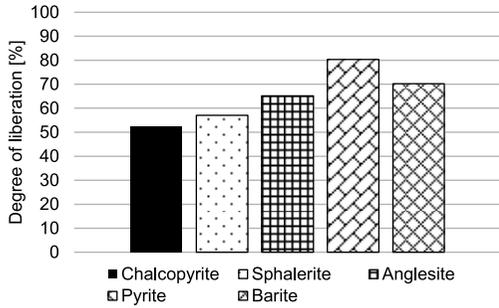


Fig. 2 Degree of liberation of minerals in the sample of -38 μm

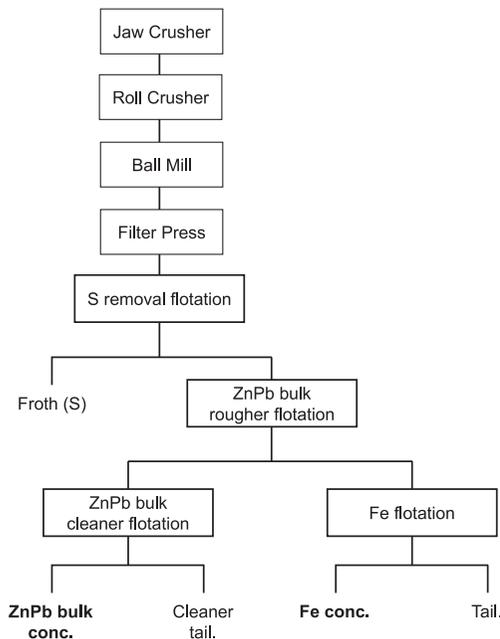


Fig. 3 Flotation flow

50～60%程度であり、物理選別をする際はより細かい粒度で試験を実施する必要があることが示唆された。

### 3. 試験方法

#### 3-1 選鉱試験

選鉱試験では亜鉛鉱物と鉛鉱物を濃縮するため、浮選を適用した。製錬試験で必要な精鉱を確保するため、秋田県大館市に設置した選鉱試験設備(最大鉱石処理能力: 200 t/h)を用いて試験を実施した。試験のフローを Fig. 3 に示す。浮選前に、鉱石から溶出する金属イオンを除去するため、フィルタープレス工程を導入している。

試料には重量割合が 0.1% 以下であるが単体硫黄も確認されたため、浮選工程の初めに硫黄除去浮選を行い、

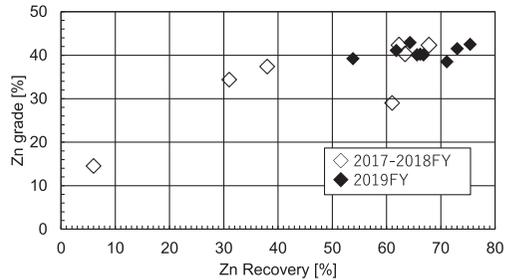


Fig. 4 Zn recovery and Zn grade in Zn-Pb concentrate

浮鉱として硫黄を除去した。その後、閃亜鉛鉱と方鉛鉱を回収する亜鉛・鉛バルク浮選を行い、浮鉱側に亜鉛・鉛バルク精鉱を得た。また、尾鉱側には、黄鉄鉱や脈石鉱物等が分配されるが、鉱石中に含まれる金銀の一部は黄鉄鉱に存在するため、亜鉛・鉛バルク浮選の尾鉱については硫化鉄浮選を行い、鉄精鉱を回収した。

#### 3-2 製錬試験

選鉱試験で得られた亜鉛・鉛バルク精鉱から亜鉛地金を製造するため、国内製錬所に精鉱を投入した。この製錬所では、複数の鉱山の精鉱を混合させて「調合鉱」とし、焼結、熔錬、精製工程を経て地金を製造する。本試験では、調合鉱を構成する精鉱の1つを選鉱試験で得られた精鉱に置き換えて、地金製造を行った。

## 4. 試験結果および考察

#### 4-1 選鉱試験

Fig. 4 に亜鉛・鉛バルク精鉱の亜鉛実収率と精鉱の亜鉛品位を示す。目標値は亜鉛実収率が70%以上、亜鉛品位が40%以上である。2017～2018年(平成29～30年)に実施した選鉱試験では目標値に到達しなかったが、工程や薬剤添加量を見直すことにより、2019年(令和元年)には目標値に到達した。選鉱成績の改善に最も寄与したのは、脱水工程の導入と考えられる。本試験で使用した鉱石は、亜鉛イオンの溶出量が非常に多かった。閃亜鉛鉱は、活性剤である銅イオンを添加させることで閃亜鉛鉱表面に銅イオンが吸着し(次式)、捕収剤が付着しやすくなるため浮遊性が增大する。



一方、亜鉛イオン濃度が高くなると、閃亜鉛鉱の銅イオン吸着量はさほど減少しないが、吸着速度がわずかに遅くなる<sup>3</sup>。脱水工程を設けたことにより、浮選パルプ中の亜鉛イオンが低減し、抑制効果が小さくなったため、閃亜鉛鉱の浮遊性が増大したと考えられる。



Fig. 5 Zinc ingot from seafloor massive sulfides

#### 4-2 製錬試験

先述の選鉱試験で得られた亜鉛・鉛バルク精鉱について、その成分組成等が国内製錬所で供用可能なレベルであることを確認した上で、2018年（平成30年）8月に原料の一部として実操業炉に投入し、Fig. 5の亜鉛地金を製造することに成功した。これにより、海底熱水鉱床から生産された亜鉛・鉛バルク精鉱は、亜鉛地金の原料としてなり得ることが証明された。

#### 5. 結 言

平成29年度に世界で初めて海底熱水鉱床の採鉱・揚鉱パイロット試験に成功したことに続き、その鉱石から

地金を製造できることを実証した一連の成果は、海底熱水鉱床を国内で産出する鉱物資源として産業に利用できる可能性を示すものであり、資源の安定供給につながる大きな一歩である。日本近海に賦存する海底熱水鉱床の鉱石は、本稿で取り扱った亜鉛・鉛主体の鉱石だけでなく、銅主体の鉱石など様々な性状の鉱石が存在する。今後、異なる性状の鉱石についても経済性評価等を行い、商業化を目指したプロジェクトの開始に資するデータを蓄積していきたい。

#### 謝 辞

本事業は経済産業省資源エネルギー庁の委託業務として実施された。経済産業省並びに本事業に携わった関係各位に感謝の意を表します。

#### References

1. JOGMEC “海底鉱物資源の概要／海底熱水鉱床：金属資源開発”，JOGMEC. [http://www.jogmec.go.jp/metal/metal\\_10\\_000003.html](http://www.jogmec.go.jp/metal/metal_10_000003.html)
2. 古谷尚稔：令和元年度第3回 JOGMEC 金属資源セミナー，海底熱水鉱床における取組と成果 選鉱・製錬技術～そして銅回収へ～（2019）
3. 向井滋，若松貴英，中廣吉孝：浮選，**24**, 1, pp. 1-12 (1977)