

令和3年度現場ニーズ等に対する技術支援事業

銅鉦山の尾鉦の資源化とヒ素除去への利用検討

成果報告書

(公開版)

令和4年3月

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉦物資源機構
日鉄鉦業株式会社

目次

1. 共同スタディの概要	1
(1) 共同スタディの目的	1
(2) 共同スタディの背景	1
2. 共同スタディの内容	2
(1) 共同スタディの内容	2
(2) PFS 製造の概要.....	2
① PFS の概要	2
② 同時酸化法の概要	2
3. PFS 製造試験	3
(1) 試験概要	3
① 試験目的	3
② 試験条件	3
(2) 試験結果	3
4. 今後の課題.....	4
5. 総括	4
(1) PFS 製造試験	4
(2) 今後の課題と対策.....	4

図表一覧

図 1 実機試験の試験フロー	3
表 1 PFS 製造 試験結果.....	3

1. 共同スタディの概要

(1) 共同スタディの目的

銅鉱山から発生する尾鉱からマグネタイト精鉱を回収し、ヒ素除去剤（ポリ硫酸第二鉄）の原料としての利用を検討する。

(2) 共同スタディの背景

銅鉱山における銅鉱石の採掘の際、選鉱によって生じた尾鉱は廃滓ダムへと送られるが、鉱山の長期的な操業（廃滓ダムの延命）や環境保全の観点から、廃棄物量の削減や尾鉱の有効活用が望まれる。また、銅製錬所においては、銅精鉱由来のヒ素が含まれる酸排水が生じ、これらを安定な形態で除去することが求められている。

これら 2 つの課題解決に向けて本テーマ「銅鉱山の尾鉱の資源化とヒ素除去への利用検討」を提案する。

銅鉱石の尾鉱は、銅鉱物を回収するための破碎・磨鉱を経て単体分離されており、それぞれ単一の鉱物からなる混合紛の状態となっている。このため、尾鉱に含まれる有価鉱物を回収する場合には追加的な破碎・磨鉱のコストをかけずに選別することが可能と考えられる。通常廃棄される尾鉱から有価鉱物を回収できれば、有価鉱物売却による収益改善や、廃棄物削減による鉱山の操業費削減に寄与できるという意義がある。

有価鉱物の 1 つとして、マグネタイトが挙げられる。マグネタイトは磁力選鉱によって選別可能であり、単体分離されている尾鉱からのマグネタイト回収は通常のマグネタイト採掘よりも安価に実施できると考えられる。このようにして得られたマグネタイト精鉱はポリ硫酸第二鉄（以下、PFS）の原料として使用することが期待される。

PFS は排水処理に使用される、鉄と硫酸からなる無機凝集剤であり、日本国内では主に硫酸第一鉄を原料として製造され、下水や工場排水の汚水の沈降分離や COD・BOD 除去、汚泥脱水などに使用されている。また、銅製錬所から排出される廃酸には、銅鉱石に含まれていたヒ素が多く溶出しており、PFS はこれらのヒ素を鉄との化合物として処理するための鉄源として使用することができる。

マグネタイトを PFS 製造の原料として考えた場合、天然のマグネタイト精鉱が候補に挙げられるが、その価格は PFS のコストに大きく影響する。そこで、銅鉱石由来の尾鉱を磁選して得られたマグネタイト精鉱を使用することができれば、PFS の製造コストを抑えることができる可能性がある。また、鉱山由来の原料を用いて PFS が製造できれば、銅鉱山に併設する製錬所等の廃酸・排水処理に利用することができる。

近年、弊社ではマグネタイトを原料に高温高压条件下で、現在行われている製造方法より、さらに効率的な PFS 製造技術を開発している。共同スタディでは、銅鉱山の尾鉱を磁選して得られるマグネタイト精鉱を用いて本技術を利用した PFS 製造を行い、尾鉱の活用について検討を行うため PFS 製造試験を実施する。

2. 共同スタディの内容

(1) 共同スタディの内容

銅鉱山由来の（銅鉱の尾鉱中に含まれる）マグネタイトを、弊社独自の製法（同時酸化法）で PFS の原料として再資源化することができるか検証する。なお、弊社所有の小型（16 L）の圧力容器であればマグネタイトを PFS 化できることを確認済みである。

本年度は尾鉱を利用した PFS 製造の前段階として、市販のマグネタイトを用いて操業規模（20 m³）の圧力容器で同時酸化法の実機化を実証した。

(2) PFS 製造の概要

① PFS の概要

PFS（ポリ硫酸第二鉄：Poly-Ferric Sulfate）は鉄と硫酸の化合物からなる鉄系の凝集剤であり、赤褐色の液体である。化学式は $[\text{Fe}_2(\text{OH})_n(\text{SO}_4)_{3-n/2}]_m$ で表される（ $0 < n \leq 2$, m は自然数）。PFS は一般的に三価の鉄イオン（ Fe^{3+} ）を 11 wt % 以上含み、原料に含まれる Fe^{2+} は製造工程ですべて Fe^{3+} に酸化される（以降、本報告書では“wt%”をすべて“%”として示す）。

② 同時酸化法の概要

マグネタイトを原料とした PFS の製造工程は主に下記の 3 つに分けられる。

- ・マグネタイトを高温高圧下で硫酸に溶解させる溶解工程
- ・溶解液から不純物や未溶解の残渣を取り除くろ過工程
- ・マグネタイトに含まれている Fe^{2+} を Fe^{3+} に酸化する酸化工程

同時酸化法は、原料の溶解時に酸化剤（酸化剤 A とする）を使用することで溶解と Fe^{2+} の酸化を同時に行う方法である。同法で PFS を製造できれば、3 つの工程を 2 つに省略することができ、製造設備の簡略化、製造時間の短縮および安価な酸化剤利用による低コスト化が期待される。

3. PFS 製造試験

(1) 試験概要

① 試験目的

実機スケールで同時酸化法を実施し、原料の溶解と同時に Fe^{2+} の酸化が完了することを確認する。

② 試験条件

本試験では市販のマグネタイト原料を使用した。また、図 1 の手順で同時酸化法の試験を実施した。

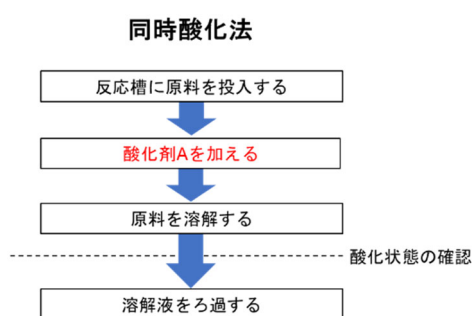


図 1 実機試験の試験フロー

酸化状態の確認では、原料の溶解後にサンプリングした溶液の Fe^{2+} 濃度を過マンガン酸カリウムを用いた酸化還元滴定によって分析し、酸化の程度を評価した。

(2) 試験結果

試験結果を表 1 に示す。

表 1 PFS 製造 試験結果

製法	同時酸化法
溶解工程	酸化剤 A 使用
溶解液の Fe^{2+} 濃度	0.1 %

酸化剤 A を投入して原料を溶解したところ、原料の溶解と同時に Fe^{2+} の酸化がほとんど完了し、溶解後の酸化工程は不要であった。

以上の結果より、操業規模 (20 m³) で同時酸化法が実施可能であると分かった。

4. 今後の課題

次の段階として尾鉱由来のマグネタイトを利用するにあたり、尾鉱に含まれる不純物のろ過への影響が懸念される。今後、不純物量とろ過性の関係を調査していく。

5. 総括

銅鉱山の尾鉱由来のマグネタイトから凝集剤（PFS）を製造し、尾鉱を再資源化することを目的とし、初段階として市販マグネタイトを用いて操業規模（20 m³）の実機試験を行った結果、下記の成果が得られた。

(1) PFS 製造試験

同時酸化法が操業規模でも実施可能であることが確認できた。

(2) 今後の課題と対策

尾鉱由来のマグネタイト利用検討に向け、不純物のろ過性に対する影響を調査する。

これらの課題については今後、ラボスケールにて検証試験を実施し、実機へのスケールアップを行うことで尾鉱由来の原料を用いた PFS 製造の検討を行い、製造した PFS のヒ素除去剤としての利用を検討する。