

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02659

研究課題名（和文）海水を利用した浮遊選別法によるヒ素含有難処理硫化銅鉱からの銅・モリブデン分離回収

研究課題名（英文）Cu-Mo selective recovery from As containing copper sulfide with sea water flotation

研究代表者

三木 一（MIKI, HAJIME）

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：10706386

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：含ヒ素銅精鉱からの浮遊選別によるヒ素の除去は困難で、大きな課題であったが、安価かつ安全な酸化還元剤（過酸化水素水、ピロ亜硫酸ナトリウム）の添加により、従来の浮遊選別回路とほぼ同じ手順で、銅鉱物を沈鉱として、含ヒ素銅鉱物を浮鉱として極めて高い効率で分離できた。本法は、極端に酸化された精鉱、他の鉱物も共存した難処理銅精鉱、鉱石試料を用いても認められた。含モリブデン銅精鉱からのモリブデンと銅の分離についても、同様の手法で、高い分離効率を得られ、海水と消石灰も使用できた。各種実精鉱試料、鉱石試料においても効果が認められた。本法は実操業に応用可能な方法として国内外の学会、論文で高い評価を受けている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

銅需要増加に伴い銅鉱山の銅品位は減少の傾向にあり、特にヒ素やモリブデンなどの不純物の除去が大きな問題とされてきたが、一般的な浮遊選別による分離は困難であった。本研究において、安価安全な酸化還元剤添加と浮遊選別によって銅とヒ素、モリブデンが高い効率で分離できたことは、銅資源確保、環境負荷低減の観点から社会的意義が大きい。また、酸化還元剤とその他浮遊選別剤、銅鉱物の反応機構などにおいて、これまで銅の浮遊に作用するとされてきた浮遊選別剤が抑制剤として働く場合があり、作用の制御が可能なこと、消石灰と海水による沈殿が分離効率の上昇に働く場合があるなど、新しい作用機構を見出したことから、学術的意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：It was difficult to remove arsenic from arsenic-containing copper concentrate with flotation and it is serious issue. We invented method with adding inexpensive and safe redox agents (hydrogen peroxide solution, sodium pyrosulfite), copper minerals as sink and arsenic-containing copper minerals as float with high efficiency by almost the same procedure as conventional flotation circuits. This method was also recognized using extremely oxidized concentrates, refractory complex copper concentrates and arsenic containing copper ore. On the other hand, for selective flotation of molybdenum and copper from molybdenum-containing copper concentrates, same method can be applied with high separation efficiency, and seawater and slaked lime could also be used. Effects were also observed in various real concentrate samples and ore samples. This method has received high praise in academic conferences and papers in Japan and overseas as a method that can be applied to actual operation.

研究分野：鉱物処理

キーワード：浮遊選別 含ヒ素銅鉱物 含モリブデン銅精鉱 過酸化水素水 ピロ亜硫酸ナトリウム

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

南米、米西部、オーストラリアなどの大規模銅鉱山は乾燥地帯にあり、鉱業用水を海水の淡水化により対応している場合が多い。また、近年開発される銅鉱山では低品位化や難処理化が進行しており、有価なモリブデンや有害なヒ素を合わせ持つものが多く、これらを山元で浮遊選別過程において分離することが要求されている。しかし、浮遊選別による銅鉱石からのヒ素の除去は、鉱物同士の浮遊挙動が類似しているため難しく、また現行の銅 - モリブデン分離のための浮遊選別は、硫化水素発生リスクがあるため、閉鎖型の高価な浮選機の使用を余儀なくされている。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、難処理銅鉱として知られる含ヒ素銅鉱石および含モリブデン銅鉱石からの銅 - ヒ素分離、銅 - モリブデン分離を、海水を用いて、安価な酸化還元剤を用いた前処理後の浮遊選別により、低コストまた環境負荷の少ない方法で確立することにある。

### 3. 研究の方法

海水を用いた浮遊選別により含ヒ素難処理銅鉱からの銅・モリブデン分離が可能となる、酸化還元剤の添加条件を予備試験により得ていたため、本課題ではその機構を検証し、効果を最大化するための条件を検討した。高純度の銅鉱物(黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱など)含ヒ素銅鉱物(硫ヒ銅鉱、ヒ四面銅鉱)含モリブデン鉱(輝水鉛鉱)の各種表面処理、小型カラム浮選実験を行い、各種処理後の表面分析をXPS分析、FTIR分析、SEM-EDX分析により行った。小型カラム浮選実験は、鉱物を混合した状態でも行った。これらの実験で得られた結果より、最適な条件を見出し、各種精鉱を用いた浮遊選別試験を行った。鉱石試料においても、鉱石の粉碎、磨鉱と、粗選-精選を行った後の銅-ヒ素、銅-モリブデン分離について検討した。適宜モデル試料を用い、小型浮選機および容量を可変できるデンバー型浮選機を適用し、浮選実験により、鉱物浮遊・分離挙動の検証を行った。

### 4. 研究成果

研究代表者らのグループは、これまで、酸化還元反応を用いた銅-モリブデン分離の手法として、高純度鉱物試料のプラズマ酸化<sup>1)</sup>、オゾン<sup>2)</sup>、過酸化水素酸化<sup>2)</sup>、電解酸化<sup>3)</sup>等の方法を検討し、ある程度分離が得られることを明らかにしてきた。また、浮選挙動に及ぼす海水成分の影響として、カルシウム、マグネシウム等の影響<sup>4,5)</sup>について検討してきた。本科研の研究期間においては、これまでの研究において有望と思われる酸化還元剤として、過酸化水素、亜硫酸、ピロ亜硫酸ナトリウムの添加について検討を行った。また、海水浮選における挙動について検討を行った。まず、これまで負の影響が報告されてきた海水浮選について、多数の文献について検討の上総論を投稿<sup>6)</sup>し、海水の影響について負の影響だけではないことを確認した。本総論はこれまで多数の引用を受けている。次いで、過酸化水素が銅モリブデンの分離浮選に及ぼす影響について、浮選実験だけではなく、処理中の酸素濃度測定、XPSでの詳細に表面分析を行うことにより検討した。その結果、過酸化水素は鉄の存在下でラジカルを発生するフェントン反応が起こることから、鉄を含有する黄銅鉱、斑銅鉱等の初生硫化銅鉱を選択的に酸化し、鉄を含まない輝水鉛鉱は酸化されないことを見出した<sup>7,8)</sup>。鉱物の酸化により、親水性のオキシ水酸化鉄などを生成することで黄銅鉱などは沈鉱として回収され、輝水鉛鉱は浮鉱として回収される。さらに、鉄の外部からの添加等もフェントン反応、フェントン疑似反応を起こし、選択浮選に有利に働くことを見出した<sup>7,8)</sup>。銅モリブデン分離浮選として、銅鉱物として黄銅鉱、モリブデン鉱物として輝水鉛鉱を使用した時の浮遊選別実験結果を図1に示す。図1Aはオゾン酸化処理を行った結果であり、図1Bは過酸化水素により処理を行った結果である。図からわかるように、オゾン処理を行った場合は、黄銅鉱だけではなく輝水鉛鉱も抑制される一方、過酸化水素処理を行った場合は、黄銅鉱が強く抑制され、輝水鉛鉱が浮鉱として回収される結果が得られた。このことは、オゾン酸化では酸化力が強すぎ、黄銅鉱だけではなく輝水鉛鉱も強く酸化されて表面が親水性の氧化物などで被覆される一方で、過酸化水素水を使用した場合は、先に述べたフェントン反応によって鉄を含む黄銅鉱が選択的に強く酸化されるためと考えられた。銅モリブデンだけではなく、銅ヒ素の選択浮遊選別についても本反応は利用できた<sup>9)</sup>。酸化剤だけではなく、還元剤の影響についても検討を行った。還元剤として亜硫酸ナトリウムを用いた<sup>10)</sup>ところ、銅モリブデン<sup>10)</sup>、銅ヒ素<sup>11)</sup>どちらについても選択浮遊選別が可能であった。表面分析を行ったところ、過酸化水素を添加した時のように、銅鉱物表面に親水性のオキシ水酸化鉄などが生成していたためと確認できた。還元剤としては、黄鉄鉱の抑制に使用されているピロ亜硫酸ナトリウム(MBS)を用いたところ、銅モリブデン分離においてより少ない添加量でより効果的な選択浮遊選別を行うことが出来た<sup>12)</sup>。また、海水による浮選、pH調整を消石灰で行うことにより、懸濁液中には沈殿が生成し、この沈殿により銅モリブデン分離効率がより改善することを見出した<sup>12)</sup>。このことは、沈殿が銅を抑制し、一方でモリブデン鉱物同士の凝集を抑制するためと考えられた。

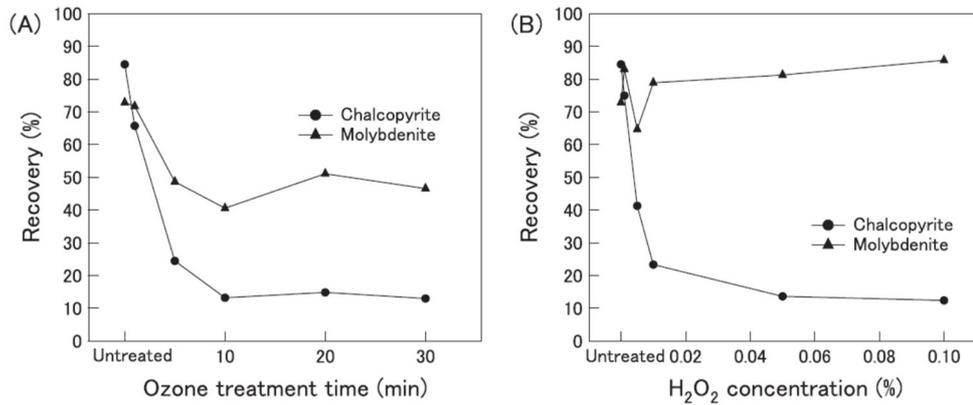


図1 黄銅鉱と輝水鉛鉱の浮鉱回収率に及ぼす酸化の影響。A：オゾン処理、B：過酸化水素処理

銅ヒ素分離浮選においては、酸化還元剤の添加に加え、これまで銅の捕収剤として知られてきたPAX (Potassium Amyl Xanthate) が、添加の条件によっては黄銅鉱などの銅鉱物を抑制し、ヒ素鉱物を浮遊させるという、従来の報告では説明できない現象を見出した<sup>9)</sup>。図2に黄銅鉱と硫ヒ銅鉱の浮鉱回収率に及ぼす過酸化水素添加の結果を示す。図2AはPAX無添加の場合、図2BはPAXを添加した場合の結果である。図に見られるように、PAX無添加の場合は過酸化水素添加に従い鉱物浮鉱率は低下し、銅ヒ素分離は不可能であったが、PAXを添加すると、黄銅鉱が抑制され、硫ヒ銅鉱が浮鉱として回収される結果が得られた。本法の効果は非常に強く、高い分離効率が得られ、精鉱試料においても効果が見られた。これらの結果を基に、鉱石試料においても粉碎-粗選-精選<sup>13)</sup>を行ってからの銅ヒ素分離浮選を行い、鉱石試料においても銅ヒ素分離を行うことが出来た。また、極端に酸化されたもの、不純物を含む精鉱や鉱石など、多種類の難処理鉱についても検討を行い、これらの精鉱や鉱石においてもある程度の分離を行うことが出来た。より実操業に近い試験についても行った。本法は、既存の浮選施設をそのまま使用することが出来、また環境汚染物質を排出しない方法で、銅の浮選において最も重要な問題の一つである銅ヒ素、銅モリブデン分離浮選を高い分離効率で行うことが出来る。本法の応用は広く適用できる可能性があり、今後より検討していく必要があるものと考えられる。

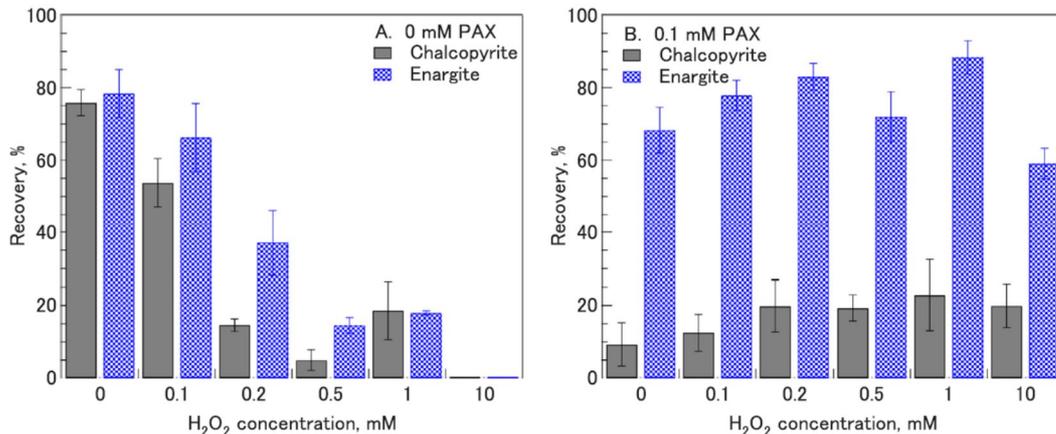


図2 黄銅鉱と硫ヒ銅鉱の浮鉱回収率に及ぼす過酸化水素の影響。A：PAX無添加、B：PAX添加

参考文献：全て研究代表者のグループによる

- 1: Minerals Engineering, 2014, Vol. 66-68, pp102-111
- 2: Minerals Engineering 2017, 100, p.83-92
- 3: Materials Transactions 2017, 58(5), p. 761-767
- 4: Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 2016, 501, p. 98-113
- 5: Minerals Engineering 2016, 96-97, p. 83-93
- 6: Minerals Engineering 2018, 115, p.117-130
- 7: Minerals Engineering 2018, 122, p.312-326
- 8: Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 2018, 554, p.34-48
- 9: Minerals Engineering 2020, 152 (106371), p.1-19
- 10: Minerals 2018, 8(4), 172
- 11: Minerals Engineering, 2021, 173 (107222)
- 12: Minerals, 2021, 11(12), 1377
- 13: Minerals 2021, 11(8), 869

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Suyantara Gde Pandhe Wisnu, Hirajima Tsuyoshi, Miki Hajime, Sasaki Keiko	4. 巻 157
2. 論文標題 Bubble interactions with chalcopyrite and molybdenite surfaces in seawater	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Minerals Engineering	6. 最初と最後の頁 106536 ~ 106536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mineng.2020.106536	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Suyantara Gde Pandhe Wisnu, Hirajima Tsuyoshi, Miki Hajime, Sasaki Keiko, Kuroiwa Shigeto, Aoki Yuji	4. 巻 152
2. 論文標題 Effect of H2O2 and potassium amyl xanthate on separation of enargite and tennantite from chalcopyrite and bornite using flotation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Minerals Engineering	6. 最初と最後の頁 106371 ~ 106371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mineng.2020.106371	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Miki Hajime, Hirajima Tsuyoshi, Suyantara Gde Pandhe Wisnu, Orii Yuta, Sasaki Keiko, Kuroiwa Shigeto, Aoki Yuji	4. 巻 1
2. 論文標題 Selective flotation for removal of impurities on copper concentrates with various redox reactions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of IMPC 2020:XXX International Mineral Processing Congress	6. 最初と最後の頁 1434 ~ 1442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tanaka Yoshiyuki, Miki Hajime, Suyantara Gde Pandhe Wisnu, Hirajima Tsuyoshi, Aoki Yuji, Okamoto Hideyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Effect of seawater and process water on copper-molybdenum rougher flotation in batch and pilot test	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of IMPC 2020:XXX International Mineral Processing Congress	6. 最初と最後の頁 1443 ~ 1453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suyantara Gde Pandhe Wisnu, Hirajima Tsuyoshi, Orii Yuta, Miki Hajime, Sasaki Keiko, Kuroiwa Shigeto, Aoki Yuji	4. 巻 1
2. 論文標題 Effect of a sulfite reagent on floatability of chalcopryrite and enargite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of IMPC 2020:XXX International Mineral Processing Congress	6. 最初と最後の頁 1864 ~ 1873
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Semoto Yuki, Suyantara Gde Pandhe Wisnu, Miki Hajime, Sasaki Keiko, Hirajima Tsuyoshi, Aoki Yuji	4. 巻 1
2. 論文標題 The study of selective flotation separation of copper-molybdenite with seawater	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2020	6. 最初と最後の頁 192 ~ 193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Tsuyoshi Hirajima, Hajime Miki, Keiko Sasaki, Masashi Yamane, Eri Takida, Shigeto Kuroiwa, Yuji Imaizumi, Mitsuru Sawada	4. 巻 -
2. 論文標題 Separation of molybdenite and chalcopryrite using various oxidation treatments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 10th Copper International Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hajime Miki, Tsuyoshi Hirajima, Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Keiko Sasaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Effect of Heating Treatment on Magnetic Properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 10th Copper International Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hajime Miki, Tsuyoshi Hirajima, Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Keiko Sasaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Selective Flotation on Chalcopyrite and Molybdenite with Various Redox Reactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of The 15th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Tsuyoshi Hirajima, Hajime Miki, Keiko Sasaki, Shigeto Kuroiwa, Yuji Aoki	4. 巻 -
2. 論文標題 Effect of hydrogen peroxide on the separation of copper sulfide minerals and arsenic-bearing copper minerals using flotation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of Flotation'19 International Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Tsuyoshi Hirajima, Hajime Miki, Keiko Sasaki, Shigeto Kuroiwa, Yuji Aoki	4. 巻 -
2. 論文標題 Effect of seawater on bubble interactions with chalcopyrite and molybdenite surfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of Flotation'19 International Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuta Orii, Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Hajime Miki, Keiko Sasaki, Tsuyoshi Hirajima, Shigeto Kuroiwa, Yuji Aoki	4. 巻 -
2. 論文標題 Study of selective flotation of copper sulfide and As containing copper minerals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2019	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Yoshiyuki、Miki Hajime、Suyantara Gde、Aoki Yuji、Hirajima Tsuyoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Mineralogical Prediction on the Flotation Behavior of Copper and Molybdenum Minerals from Blended Cu-Mo Ores in Seawater	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Minerals	6. 最初と最後の頁 869 ~ 869
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/min11080869	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Suyantara Gde Pandhe Wisnu、Hirajima Tsuyoshi、Miki Hajime、Sasaki Keiko、Kuroiwa Shigeto、Aoki Yuji	4. 巻 173
2. 論文標題 Effect of Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> on the floatability of chalcopyrite and enargite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Minerals Engineering	6. 最初と最後の頁 107222 ~ 107222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mineng.2021.107222	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Semoto Yuki、Suyantara Gde Pandhe Wisnu、Miki Hajime、Sasaki Keiko、Hirajima Tsuyoshi、Tanaka Yoshiyuki、Aoki Yuji、Ura Kumika	4. 巻 11
2. 論文標題 Effect of Sodium Metabisulfite on Selective Flotation of Chalcopyrite and Molybdenite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Minerals	6. 最初と最後の頁 1377 ~ 1377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/min11121377	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hajime Miki、Gde Pandhe Wisnu Suyantara、Yuki Semoto、Keiko Sasaki、Tsuyoshi Hirajima、Yoshiyuki Tanaka、Yuji Aoki	4. 巻 -
2. 論文標題 Recent development of selective flotation of copper and molybdenum with various redox reagents	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of Flotation'21 International Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Hajime Miki, Keiko Sasaki, Tsuyoshi Hirajima, Yoshiyuki Tanaka, Yuji Aoki	4. 巻 -
2. 論文標題 Flotation behavior of chalcopyrite and enargite in sodium sulfite aqueous solution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of Flotation'21 International Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計19件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Miki Hajime, Hirajima Tsuyoshi, Suyantara Gde Pandhe Wisnu, Orii Yuta, Sasaki Keiko, Kuroiwa Shigeto, Aoki Yuji
2. 発表標題 Selective flotation for removal of impurities on copper concentrates with various redox reactions
3. 学会等名 IMPC 2020:XXX International Mineral Processing Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tanaka Yoshiyuki, Miki Hajime, Suyantara Gde Pandhe Wisnu, Hirajima Tsuyoshi, Aoki Yuji, Okamoto Hideyuki
2. 発表標題 Effect of seawater and process water on copper-molybdenum rougher flotation in batch and pilot test
3. 学会等名 IMPC 2020:XXX International Mineral Processing Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suyantara Gde Pandhe Wisnu, Hirajima Tsuyoshi, Orii Yuta, Miki Hajime, Sasaki Keiko, Kuroiwa Shigeto, Aoki Yuji
2. 発表標題 Effect of a sulfite reagent on floatability of chalcopyrite and enargite
3. 学会等名 IMPC 2020:XXX International Mineral Processing Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Semoto Yuki、Suyantara Gde Pandhe Wisnu、Miki Hajime、Sasaki Keiko、Hirajima Tsuyoshi、Aoki Yuji
2. 発表標題 The study of selective flotation separation of copper-molybdenite with seawater
3. 学会等名 International Symposium on Earth Science and Technology 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬元祐希、Gde Pandhe Wisnu Suyantara、三木 一、笹木 圭子、平島剛、青木 悠二
2. 発表標題 海水下での黄銅鉱・輝水鉛鉱選択的浮遊選別に関する研究
3. 学会等名 一般社団法人資源・素材学会 2020年度 九州支部会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬元 祐希、スヤンタラ グディパンディウィスヌ、三木 一、笹木 圭子、平島 剛、青木 悠二、田中 善之
2. 発表標題 海水でのCu-Mo選択浮遊選別法の開発
3. 学会等名 資源・素材2021年度 春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三木 一、Suyantara Gde Pandhe Wisnu、平島 剛、沖部 奈緒子、笹木 圭子、青木 悠二、悴山 卓矢
2. 発表標題 九州大学における銅原料中からのヒ素低減技術開発の取り組み
3. 学会等名 資源・素材2021年度 春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Tsuyoshi Hirajima, Hajime Miki, Keiko Sasaki, Masashi Yamane, Eri Takida, Shigeto Kuroiwa, Yuji Imaizumi, Mitsuru Sawada
2. 発表標題 Separation of molybdenite and chalcopyrite using various oxidation treatments
3. 学会等名 10th Copper International Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hajime Miki, Tsuyoshi Hirajima, Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Keiko Sasaki
2. 発表標題 Effect of Heating Treatment on Magnetic Properties
3. 学会等名 10th Copper International Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hajime Miki, Tsuyoshi Hirajima, Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Keiko Sasaki
2. 発表標題 Selective Flotation on Chalcopyrite and Molybdenite with Various Redox Reactions
3. 学会等名 The 15th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Tsuyoshi Hirajima, Hajime Miki, Keiko Sasaki, Shigeto Kuroiwa, Yuji Aoki
2. 発表標題 Effect of hydrogen peroxide on the separation of copper sulfide minerals and arsenic-bearing copper minerals using flotation
3. 学会等名 Flotation'19 International Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Tsuyoshi Hirajima, Hajime Miki, Keiko Sasaki, Shigeto Kuroiwa, Yuji Aoki
2. 発表標題 Effect of seawater on bubble interactions with chalcopyrite and molybdenite surfaces
3. 学会等名 Flotation'19 International Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuta Orii, Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Hajime Miki, Keiko Sasaki, Tsuyoshi Hirajima, Shigeto Kuroiwa, Yuji Aoki
2. 発表標題 Study of selective flotation of copper sulfide and As containing copper minerals
3. 学会等名 International Symposium on Earth Science and Technology 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 折居優太、Gde Pandhe Wisnu Suyantara、三木一、笹木圭子、平島剛、黒岩樹人、青木悠二、山根正嗣
2. 発表標題 含ヒ素硫化銅鉱物と非含ヒ素硫化銅鉱物の浮選分離に及ぼす捕収剤の影響
3. 学会等名 資源・素材学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬元 祐希、Gde Pandhe Wisnu Suyantara、三木 一、平島 剛、青木 悠二、黒岩 樹人、田中 善之
2. 発表標題 海水を用いたCu-Mo選択浮遊選別に関する研究
3. 学会等名 資源・素材学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 折居優太、Gde Pandhe Wisnu Suyantara、三木一、笹木圭子、平島剛、黒岩樹人、青木悠二
2. 発表標題 亜硫酸ナトリウム添加による硫化銅鉱物と含ヒ素銅鉱物の浮選分離に関する研究
3. 学会等名 資源・素材学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 折居優太、Gde Pandhe Wisnu Suyantara、三木一、笹木圭子、平島剛
2. 発表標題 亜硫酸ナトリウム添加による斑銅鉱とヒ四面銅鉱の浮選分離に関する研究
3. 学会等名 資源・素材学会九州支部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Hajime Miki, Keiko Sasaki, Tsuyoshi Hirajima, Yoshiyuki Tanaka, Yuji Aoki
2. 発表標題 Flotation behavior of chalcopyrite and enargite in sodium sulfite aqueous solution
3. 学会等名 Flotation'21 International Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hajime Miki, Gde Pandhe Wisnu Suyantara, Yuki Semoto, Keiko Sasaki, Tsuyoshi Hirajima, Yoshiyuki Tanaka, Yuji Aoki
2. 発表標題 Recent development of selective flotation of copper and molybdenum with various redox reagents
3. 学会等名 Flotation'21 International Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 選鉱方法	発明者 平島剛,三木一,Gde Suyanataka,瀬元祐 希,笹木圭子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-212060	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 選鉱方法	発明者 平島 剛,三木一,Gde Suyantara,折居優太, 笹木圭子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-200384	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 選鉱方法	発明者 平島剛,三木一,Gde Suyanataka,瀬元祐 希,笹木圭子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-187828	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

#### 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	笹木 圭子  (Sasaki Keiko)  (30311525)	九州大学・工学研究院・教授   (17102)	

#### 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

#### 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------