

銅鉱山における残渣からの 希少金属有価物の回収方法(キャリア浮選)

独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構

金属資源技術研究所

神谷 太郎

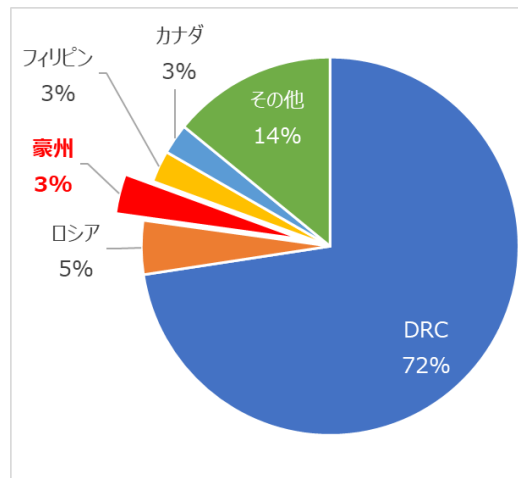
2023年7月27日

背景

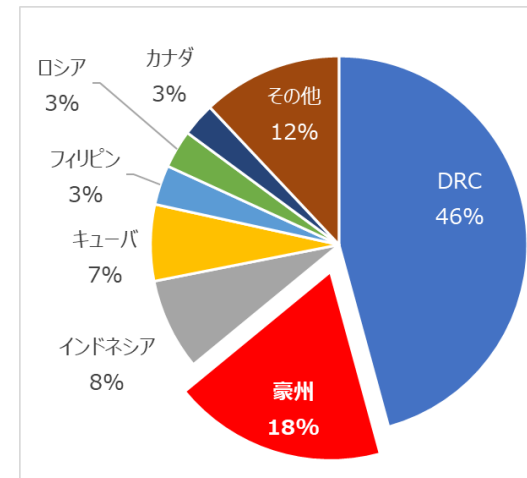


出典:経済産業省審議会資料を基に作成

コバルト鉱石生産量(170千t)



コバルト埋蔵量(7,600千t)



出典:Mineral commodity Summaries 2022

- 電気自動車用リチウムイオン電池用など、今後コバルト需要の伸びが予想されている。
- 一方、世界のコバルト生産量はコンゴ民主共和国(DRC)に偏在している。
- 豪州は世界のコバルト埋蔵量の2割弱を占めているものの、生産量は3%にすぎない。
- 豪州クイーンズランド州にはコバルトを伴う銅鉱床が多数があるが、コバルト品位が低いため回収対象とならず、銅鉱山の残渣(銅尾鉱)となっている。

目的

豪州クイーンズランド州で未回収となっている銅鉱山尾鉱中のコバルト回収を目指し、新たなコバルト供給源の可能性を探る。

プロジェクト概要

- 令和3年(2021年)10月25日、豪クイーンズランド州資源省 (Department of Resources) 及びクイーンズランド大学 (University of Queensland) との間で、クイーンズランド州の銅鉱山の廃石からコバルトを回収する技術についての共同研究実施に合意



共同研究内容

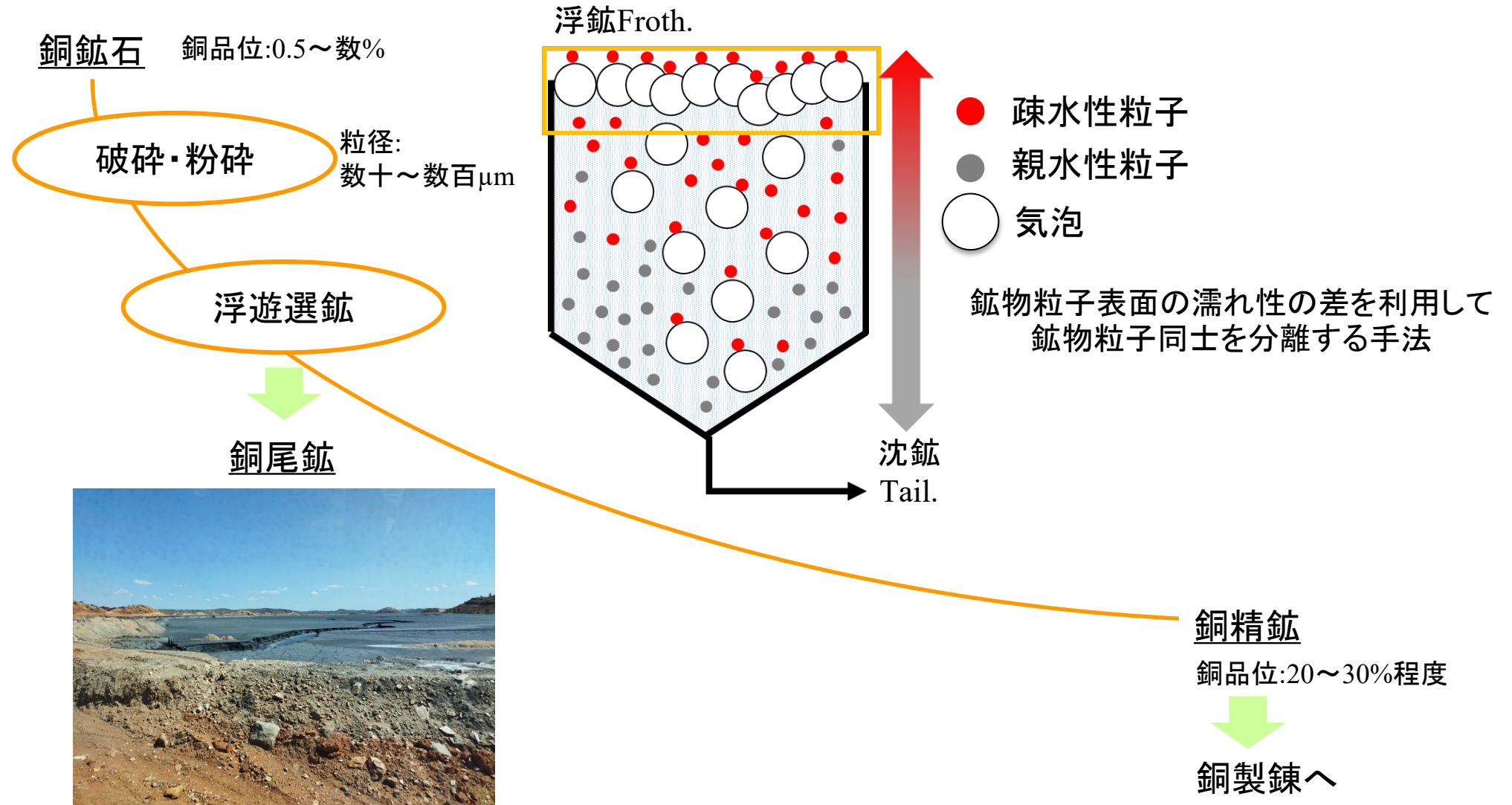
対象鉱山: Rocklands 鉱山

共同研究相手先: クイーンズランド州政府 (資源省)、クイーンズランド大学 (UQ)

作業内容:

- サンプル調査 (2021年9月)
 - サンプル調査 (UQが実施)
- 詳細な調査内容の決定 (2021年11月まで)
- キャラクターゼーション (2022年6月まで)
- 選鉱試験 (2022年7月から2024年6月まで)
 - UQ、JOGMECの双方で実施。JOGMECは主に浮選を実施。
- コバルト回収 (2022年7月から2024年6月まで)
 - UQは主に湿式製錬、JOGMECは主に乾式製錬による回収を検討
- ◆ 2023年6月に中間評価を実施

銅鉱山での銅鉱物の回収方法と銅尾鉱



浮遊選鉱で有用鉱物を回収後の残渣: 処理した銅鉱石の約95%以上が尾鉱に!!
→ 広大な土地に尾鉱ダムを設け、尾鉱ダムに堆積して保管

試験試料

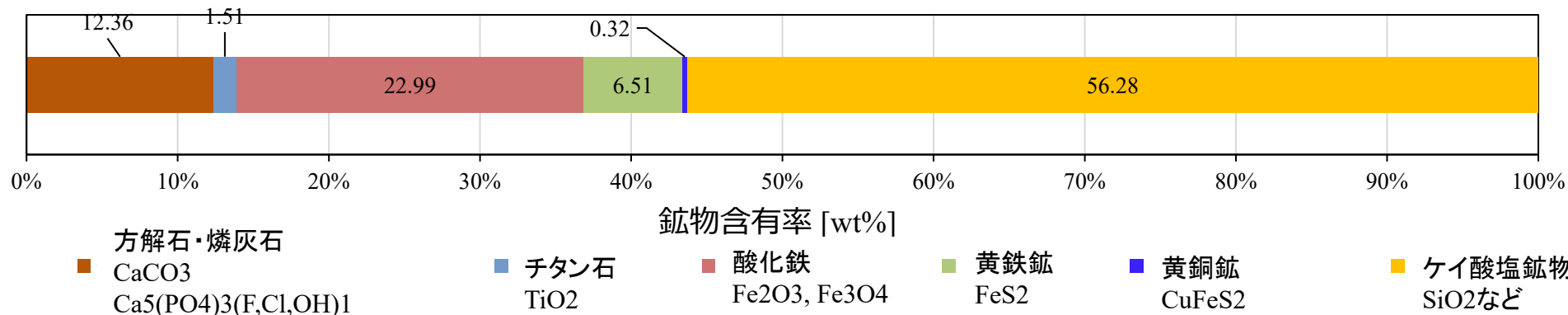


オーストラリアクイーンズランド州にある銅鉱山(Rocklands Mine)の尾鉱ダムより回収したサンプル

○元素品位(ICPより算出)

Composition	Ca	Co	Cu	Fe	Mg	Zn	SiO ₂
Content (wt%)	9.25	0.05	0.11	11.43	0.99	0.003	35.28

○鉱物含有率(MLAより算出)



なおMLAよりCoは黄鉄鉱:FeS₂に含まれていることを確認

想定しているCo回収フロー



銅鈹山尾鈹 Co品位:0.05%

選鈹

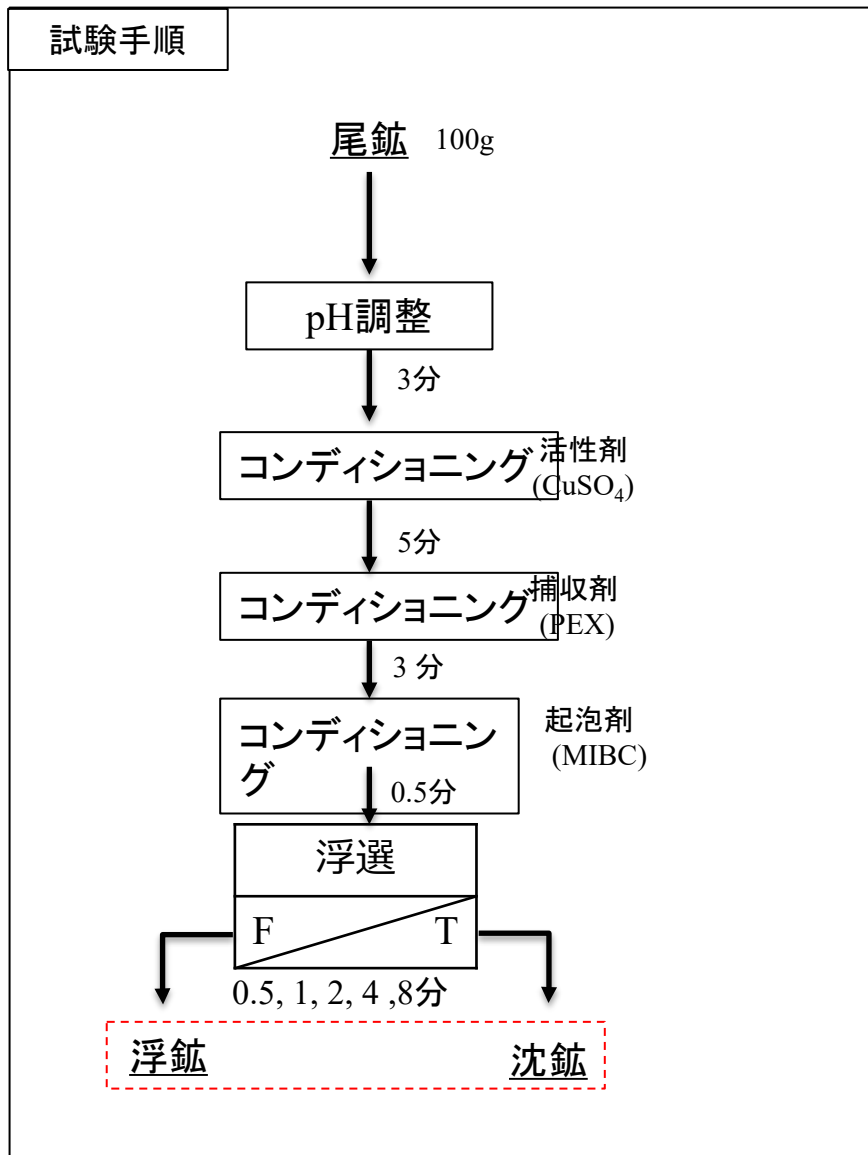
浮遊選鈹でCo含有鈹物(黄鉄鈹)を浮鈹に回収し、
不用鈹物(ケイ酸塩鈹物、酸化鉄鈹物、カルシウム鈹物)と分離する

Co精鈹 Co品位:1%

製錬

Co化成品・メタルなど

浮選によるCo含有鉱物回収の検討



○試験条件

条件	設定値
浮選機	アジテア型浮選機
浮選セル容量	500mL
pH	8
pH調整剤	1M NaOH
捕収剤	Potassium Ethyl Xanthate (PEX) 50g/t-ore
活性剤	CuSO ₄ 30, 50, 100g/t-ore
起泡剤	Methyl Isobutyl Carbinol(MIBC) 30g/t-ore
浮選時間	0.5, 1, 2, 4, 8分

各浮選試薬の働き

捕収剤: 粒子表面に吸着し、疎水性を付与

活性剤: 粒子表面を改質し、捕収剤との吸着性を変化

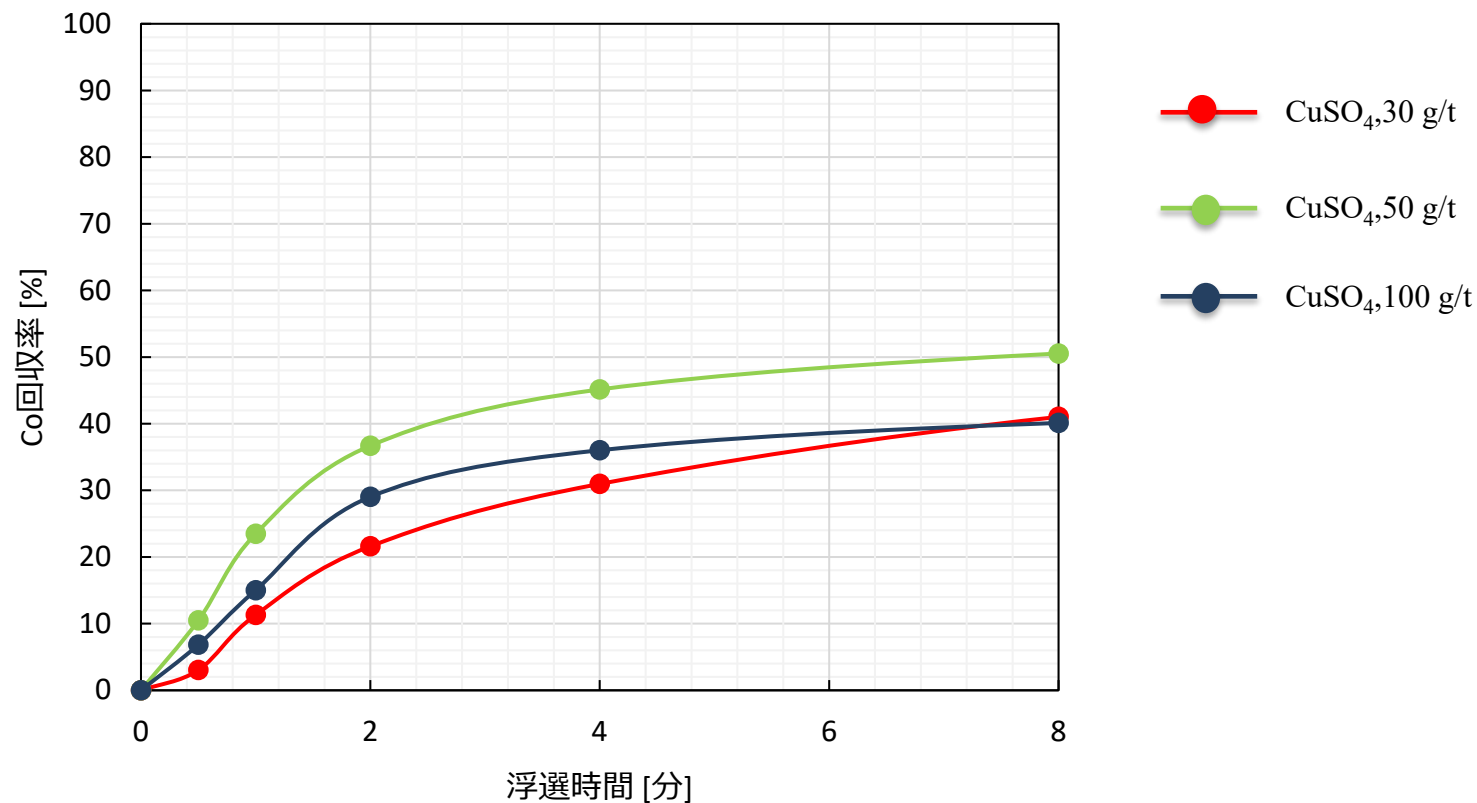
起泡剤: 泡立て剤

目的

浮選による
Co含有鉱物(黄鉄鉱)回収の可能性を調査する

浮選によるCo含有鉱物回収の検討

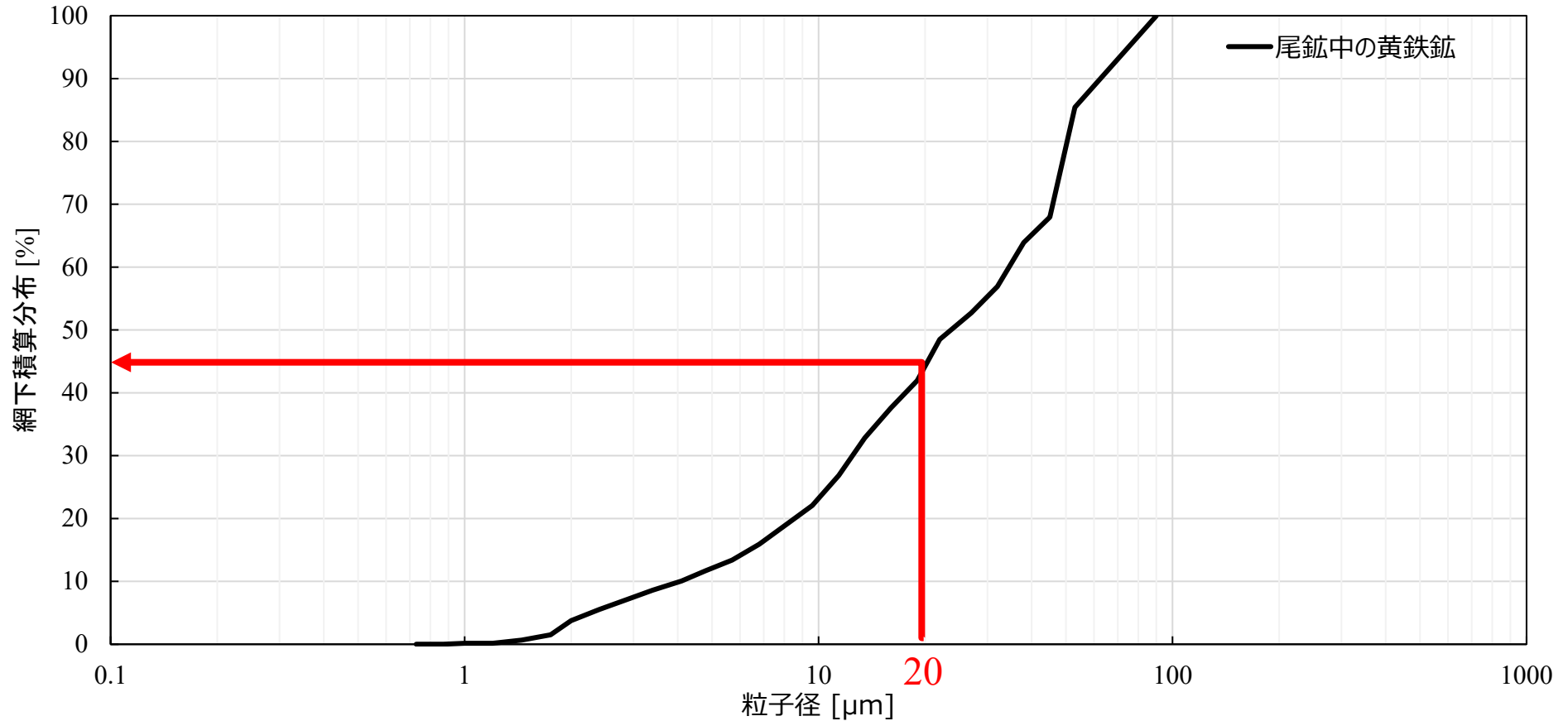
○Co回収率



- ✓ 活性剤CuSO₄の添加量を変化させるとCoの回収率が変化した
- ✓ 最適条件でもCo回収率は50%に留まる
 - 捕収剤: PEX 50g/t
 - 活性剤: CuSO₄ 50g/t
 - pH調整なし

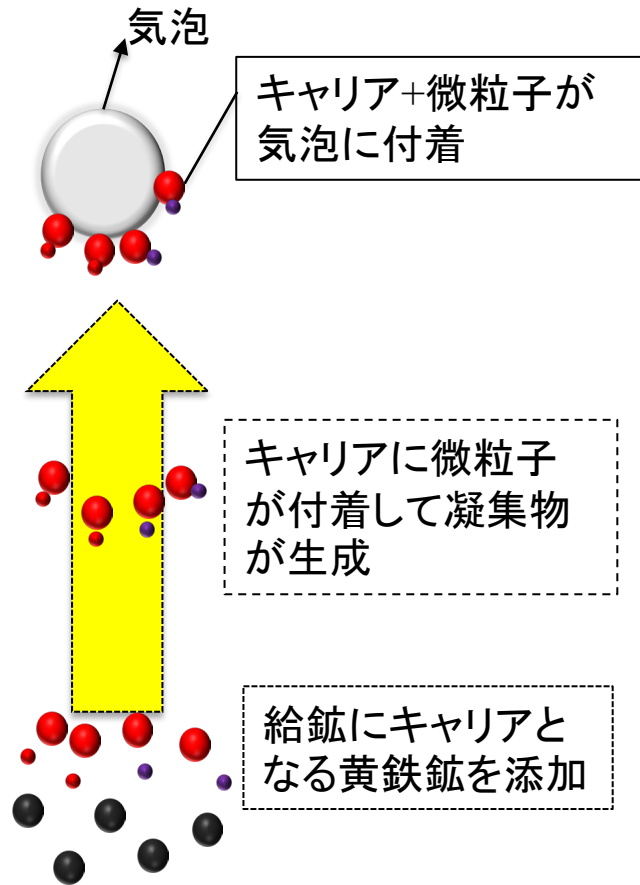
低回収率の原因

○銅尾鉱中の黄鉄鉱の粒子径



通常の浮遊選鉱で回収がしづらい $20\mu\text{m}$ 以下の微粒子が半分近く存在

微粒子の回収方法



黄鉄鉱キャリア

● 尾鉱中の黄鉄鉱

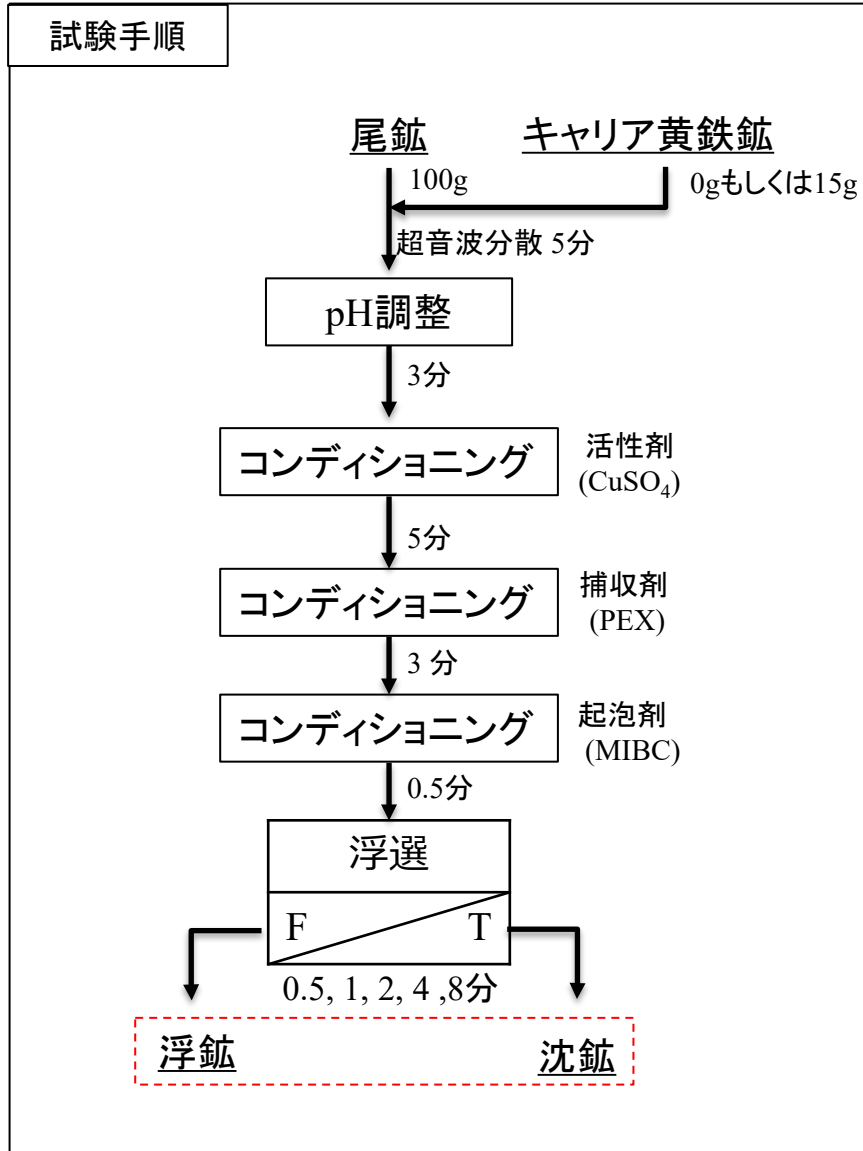
● 尾鉱中の黄銅鉱

微粒子の回収方法

キャリア浮選	回収対象となる鉱物と同種または異なる鉱物を加えて、微粒子を付着させて回収。
Oil assisted flotation	油相中で回収
Dissolved air flotation	水中に空気を過飽和溶解させた後、大気圧に戻すことで微細な泡が発生
マイクロバブルによるカラム浮選	マイクロバブルを使って微粒子を浮遊。
Electroflotation	通電によってファインバブルが発生

比較的簡便な装置で試験可能なキャリア浮選を検討

キャリア黄鉄鉱添加による効果確認



○共通試験条件

条件	設定値
浮選機	アジテア型浮選機
浮選セル容量	500mL
pH	8
pH調整剤	1M NaOH
捕収剤	Potassium Ethyl Xanthate (PEX) 50g/t-ore
活性剤	CuSO4 50g/t-ore
起泡剤	Methyl Isobutyl Carbinol(MIBC) 30g/t-ore
浮選時間	0.5, 1, 2, 4, 8分

○比較条件

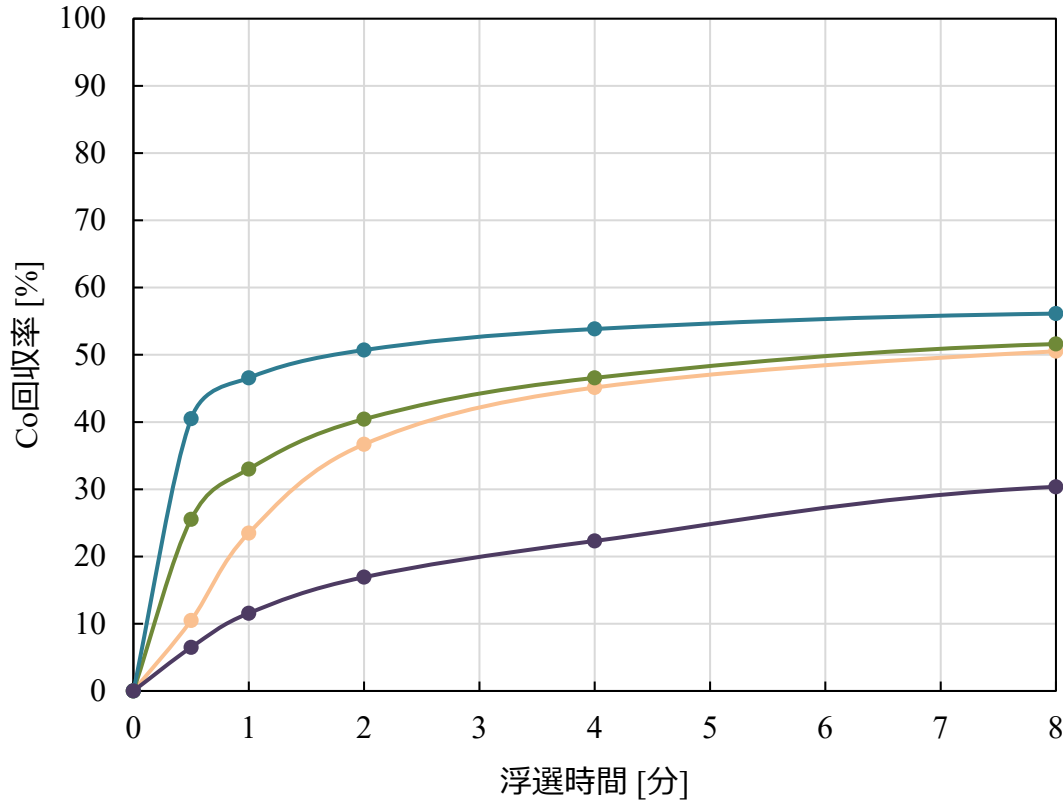
キャリア黄鉄鉱	攪拌速度
なし	750rpm
あり (-106+75 μ m, 15g)	750rpm
なし	900rpm
あり (-106+75 μ m, 15g)	900rpm

目的

キャリア黄鉄鉱添加によるCo回収率向上効果を確認する

キャリア黄鉄鉱添加による効果確認

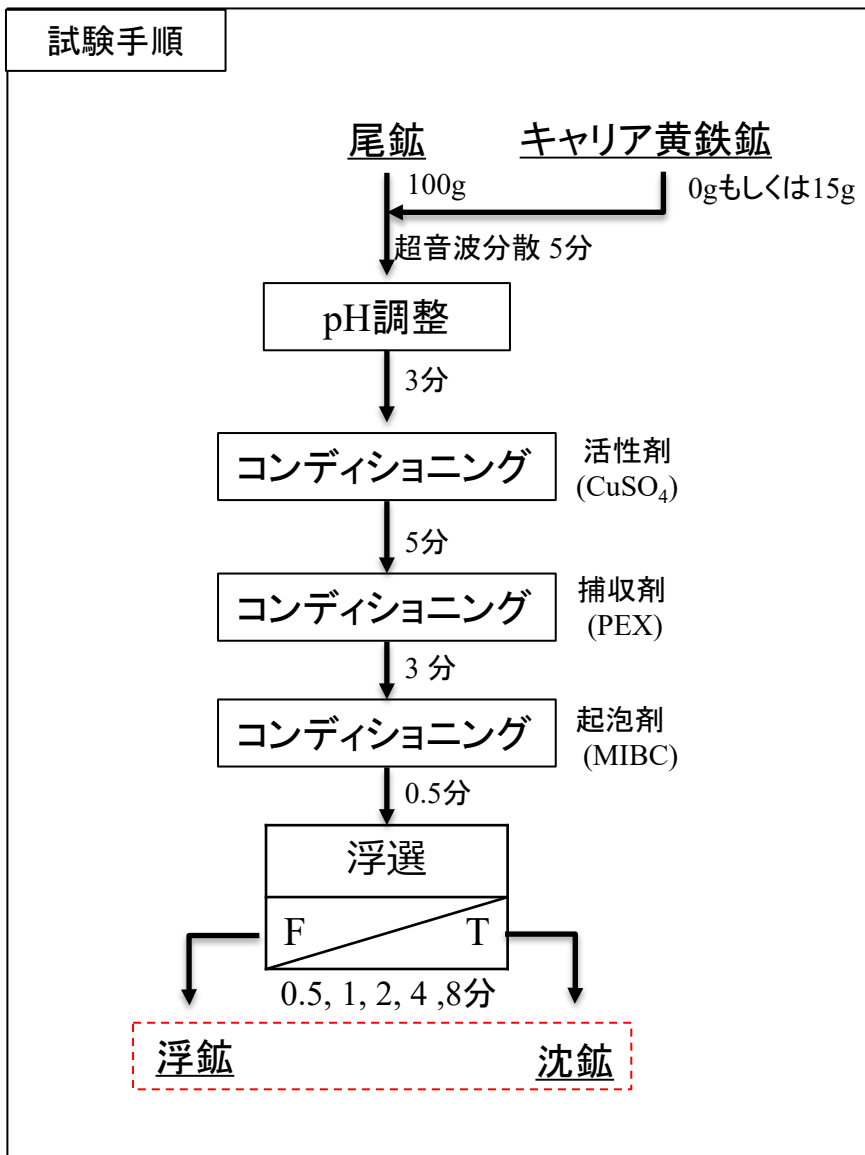
○Co回収率



	キャリア黄鉄鉱	PEX添加量	CuSO4添加量	攪拌速度
○	なし	50g/t-ore	50g/t-ore	750rpm
●	あり	50g/t-ore	50g/t-ore	750rpm
●	なし	50g/t-ore	50g/t-ore	900rpm
●	あり	50g/t-ore	50g/t-ore	900rpm

- ✓ キャリアを加えない条件では回転数を750rpmから900rpmに上昇させるとCo回収率は低下した。
 - 回転数を上昇させることは、通常の尾鉱からの浮選においてよい影響を与えるとは限らない
- ✓ 900rpmではキャリア黄鉄鉱を加えることでCo回収率25ポイント向上した。
 - キャリアを加えたことによって単独では浮遊しにくい微細な粒子が、キャリアに付着し浮遊したことによると考えられる
 - キャリア浮選で750rpmから900rpmに回転数を上げることで回収率がより向上したのは、回転数を上げることでキャリアと尾鉱に含まれる粒子が接触する機会が増えたためであると考えられる。

キャリア黄鉄鉱添加時の 試薬添加量・回転数による効果確認



○共通試験条件

条件	設定値
浮選機	アジテア型浮選機
浮選セル容量	500mL
pH	8
pH調整剤	1M NaOH
捕収剤	Potassium Ethyl Xanthate (PEX) 50g/t-ore
活性剤	CuSO4 50g/t-ore
起泡剤	Methyl Isobutyl Carbinol(MIBC) 30g/t-ore
浮選時間	0.5, 1, 2, 4, 8分

○比較条件

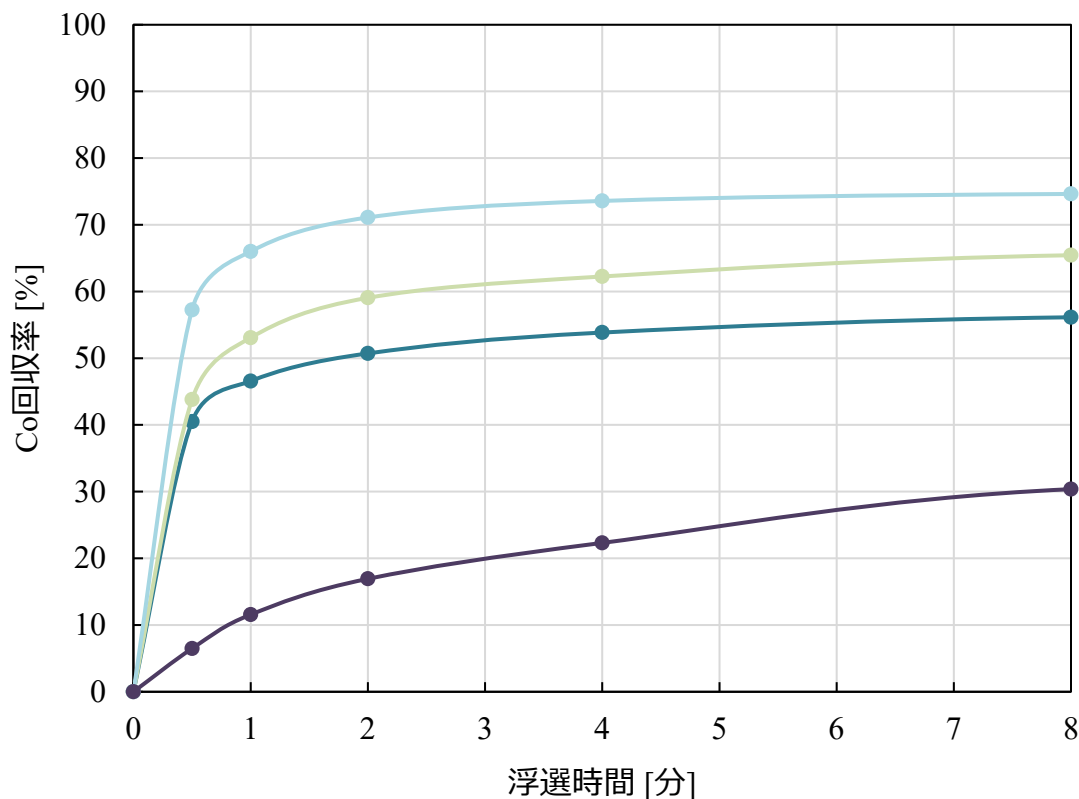
キャリア黄鉄鉱	PEX添加量	CuSO4添加量	攪拌速度
なし	50g/t-ore	50g/t-ore	900rpm
あり	50g/t-ore	50g/t-ore	900rpm
あり	100g/t-ore	200g/t-ore	900rpm
あり	100g/t-ore	200g/t-ore	1200rpm

目的

キャリア黄鉄鉱添加時の試薬添加量と回転数による
Co回収率向上効果を確認する

キャリア黄鉄鉱添加時の 試薬添加量・回転数による効果確認

○Co回収率



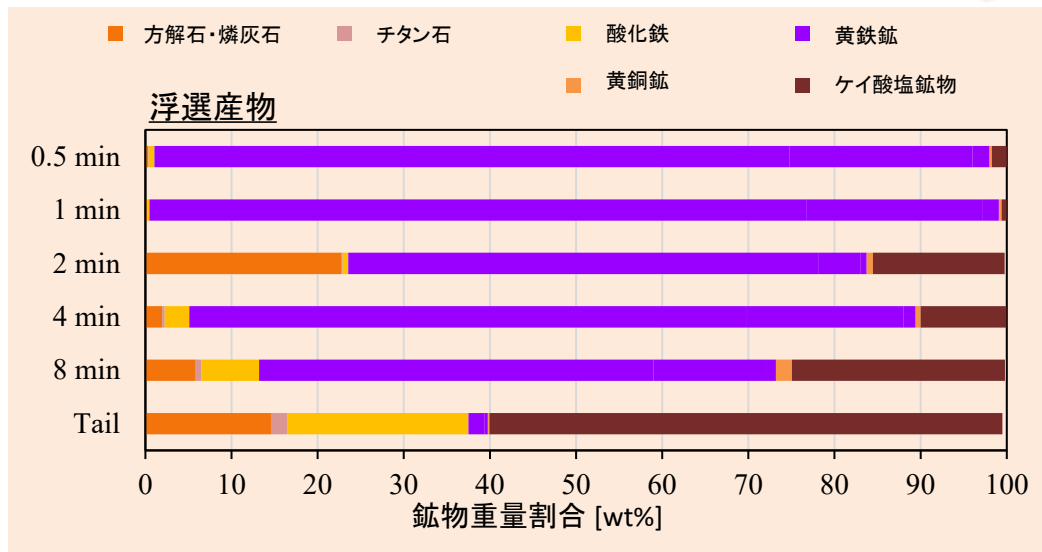
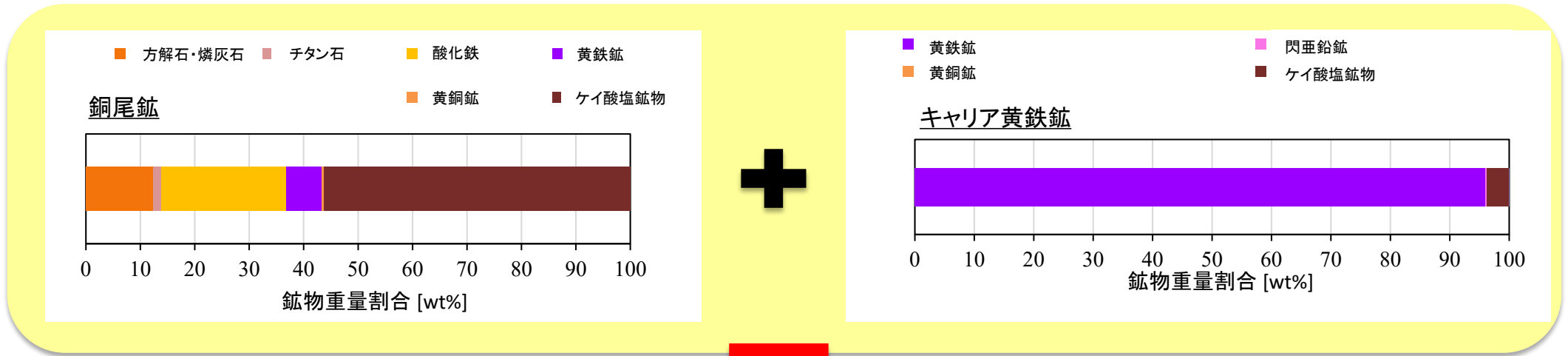
	キャリア黄鉄鉱	PEX添加量	CuSO4添加量	攪拌速度
■	なし	50g/t-ore	50g/t-ore	900rpm
■	あり	50g/t-ore	50g/t-ore	900rpm
■	あり	100g/t-ore	200g/t-ore	900rpm
■	あり	100g/t-ore	200g/t-ore	1200rpm

- ✓ 900rpmで試薬添加量を増加させると添加前と比較してCo回収率9ポイント向上した。これはキャリアの添加によって不足していた試薬を試薬添加量の増加で補えたためであると考えられる。
- ✓ 900rpmから1200rpmに回転数を上げるとCo回収率9ポイント向上した。これは回転数を向上させたことでキャリアと尾鉱に含まれる粒子が接触する機会が増えたことによると考えられる。

7割以上のCoの回収が可能となった

キャリア黄鉄鉱添加時の 試薬添加量・回転数による効果確認

OMLAによる解析



尾鉱中の黄鉄鉱は大幅に減少しており、キャリア浮選での浮鉱へ黄鉄鉱の回収効果を確認

今後の予定

- キャリア浮選試験の結果、銅鉱山尾鉱中に含まれる微細な黄鉄鉱の回収に効果的であることが分かった。
- 他の銅鉱山尾鉱にも適用可能か検討が必要。

他の銅鉱山尾鉱を使った試験を近々開始



新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、浮選による微粒子の回収を改善することに成功した。
- 通常の浮選では、微粒子の回収が困難でCoの回収率が最大でも50%程度にとどまっていたが、新技術のキャリア浮選を活用することでCo回収率を75%まで向上できた。

想定される用途

- 本技術は、通常の浮選で回収が難しい、微粒子を多く含む銅尾鉱からの有価物の浮選回収での利用が考えられる。
- また本技術は、銅尾鉱に限らず、微粒子を多く含む原料からの有価物の回収にも適用の可能性があると考えられる。

実用化に向けた課題

- 他の銅鉱山の尾鉱にも適用可能か検討が必要。
- 浮選回収した精鉱からの有価金属の抽出法の検討。

企業への期待

- 鉍山尾鉍からの有価物回収を検討している企業との協業を期待している。
- 本技術以外にも当研究所では選鉍技術に関する知見が数多くある。本技術と組み合わせ、鉍石のみならず工程中間物等からのリサイクルなどへの応用も考えられる。
- 金属資源の回収に関心があれば、是非ご連絡いただきたい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 鋳物粒子回収方法
- 出願番号 : 特願2022-200896
- 出願人 : 独立行政法人エネルギー・金属鋳物資源機構
- 発明者 : 神谷 太郎
小野 竜大
リフィルウェ サンドラ マグワネン

お問い合わせ先

独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構
総務部 知的財産推進課

TEL 03-6758-8020

e-mail patent@jogmec.go.jp