

平成 27 年度現場ニーズ等に対する技術支援事業

微粒銅鋳物を含む銅鋳石の浮選実収率向上  
に関する共同スタディ

成果報告書  
(公開版)

平成 28 年 3 月 11 日

独立行政法人 石油天然ガス・金属鋳物資源機構  
日鉄鋳業株式会社 研究開発部



## 目次

|      |                    |       |   |
|------|--------------------|-------|---|
| 1.   | はじめに               |       |   |
| 1-1. | 背景                 | ..... | 1 |
| 1-2. | 本検討の目的             | ..... | 1 |
| 1-3. | 試験項目               | ..... | 1 |
| 2.   | 試験試料               | ..... | 2 |
| 3.   | HPGRによる単体分離促進と浮選試験 |       |   |
| 3-1. | HPGR処理試料の調製        | ..... | 3 |
| 3-2. | MLAによる単体分離度評価      | ..... | 4 |
| 3-3. | 浮選試験               | ..... | 4 |
| 3-4. | 粉碎仕事指数測定試験         | ..... | 5 |
| 4.   | MW照射による単体分離促進      |       |   |
| 4-1. | MW照射基礎試験           | ..... | 6 |
| 4-2. | MLAによる単体分離度評価      | ..... | 6 |
| 5.   | 本検討のまとめ            | ..... | 7 |



## 1. はじめに

### 1-1. 背景

本検討において対象とする銅鉱石は、銅鉱物として斑銅鉱、輝銅鉱を多く含み、それらが鉱染状に存在している。この銅鉱物は100 $\mu\text{m}$ 以上の粗粒から、10 $\mu\text{m}$ 以下の微粒のものまで含まれており、広範な粒度分布を示す

### 1-2. 本検討の目的

浮選により銅鉱物を回収するためには、鉱石を粉砕し銅鉱物を単体分離させることが重要となる。このことから、本検討では、鉱物粒界での選択的な剥離現象を利用して鉱物の単体分離を促進させる技術を組み入れ、浮選における銅実収率の向上及び磨鉱粒度の粗粒化への効果を確認することを目的とした。また、銅物の単体分離を促進させる技術としては、High Pressure Grinding Rolls (HPGR) による粉砕と、マイクロ波 (MW) 照射を検討した。

### 1-3. 試験項目

本検討では、以下の試験を実施した。

#### (1) HPGRによる銅鉱物の単体分離促進と浮選試験

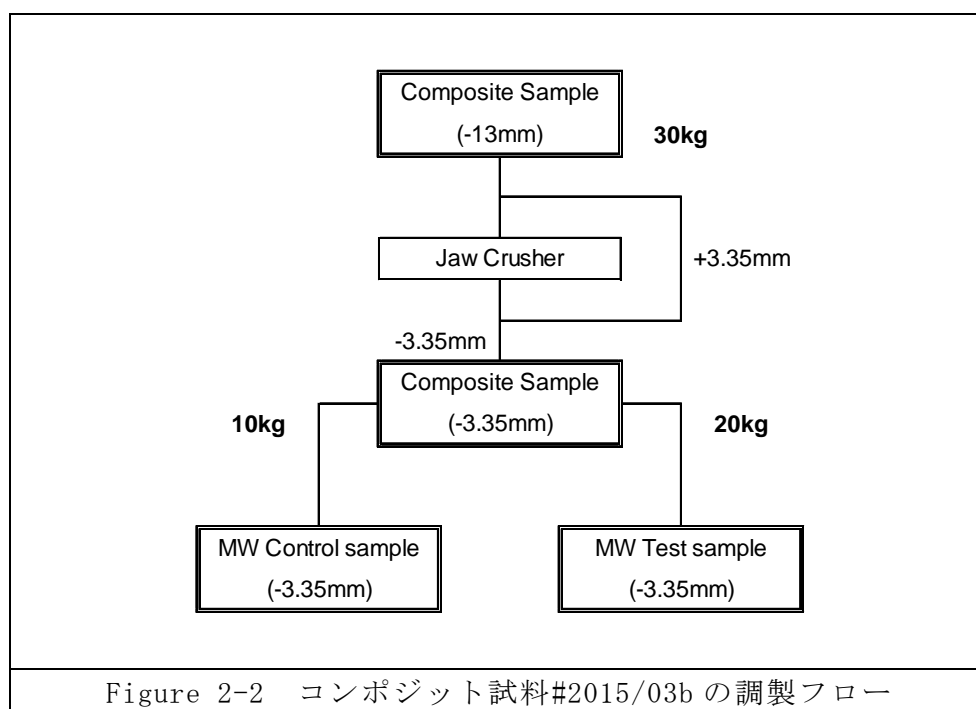
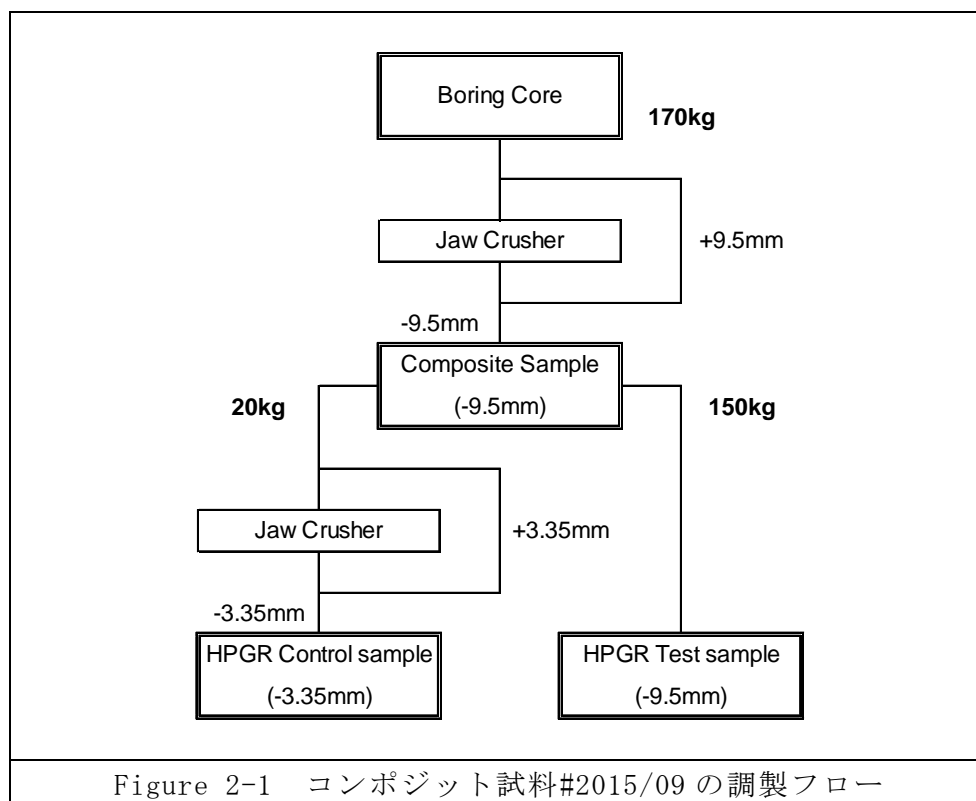
HPGRの試験機を用いて試料を破砕し、得られた産物 (HPGR処理試料) に含まれる銅鉱物の単体分離度を、単体分離度解析装置 (MLA: Mineral Liberation Analyzer) を用いて評価した。また、HPGR処理試料を用い、浮選試験を実施した。また、粉砕仕事指数を測定し、結果を比較した。

#### (2) MWによる銅鉱物の単体分離促進

MWを試料に照射し、銅鉱物の単体分離度の評価結果から、照射条件の影響について検討した。

## 2. 試験試料

本検討では、#2015/09 と#2015/03b の 2 種類のコンポジット試料を用いた。それぞれの試料調製フローを Figure 2-1、Figure 2-2 に示す。



### 3. HPGR による単体分離促進と浮選試験

#### 3-1. HPGR 処理試料の調製

小型の HPGR 試験機を用いて試料を破碎し、HPGR 処理試料を調製した。Table 3-1 に HPGR 試験機の仕様を、Figure 3-1 に試験機の写真を示す。

調製した試料は、MLA による銅鉱物の単体分離度評価、浮選試験、粉碎仕事指数測定試験に使用した。

Table 3-1 HPGR 破碎の条件

|                       |   |                                       |
|-----------------------|---|---------------------------------------|
| Machine               | : | HPGR Test Machine<br>(Krupp Polysius) |
| Roll Diameter & Width | : | 300mm×70mm                            |
| Roll Surface          | : | Studded                               |
| Roll Speed            | : | 0.38m/s                               |
| Feed Sample Size      | : | -9.5mm                                |

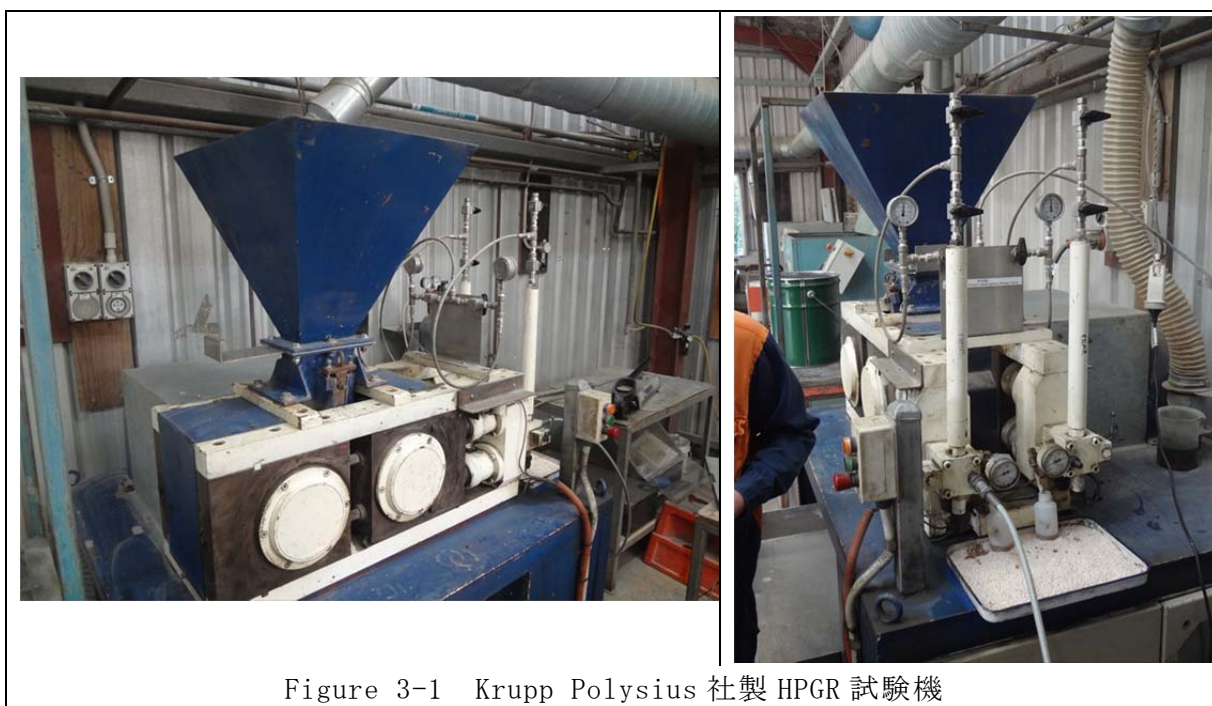


Figure 3-1 Krupp Polysius 社製 HPGR 試験機

### 3-2. MLAによる単体分離度評価

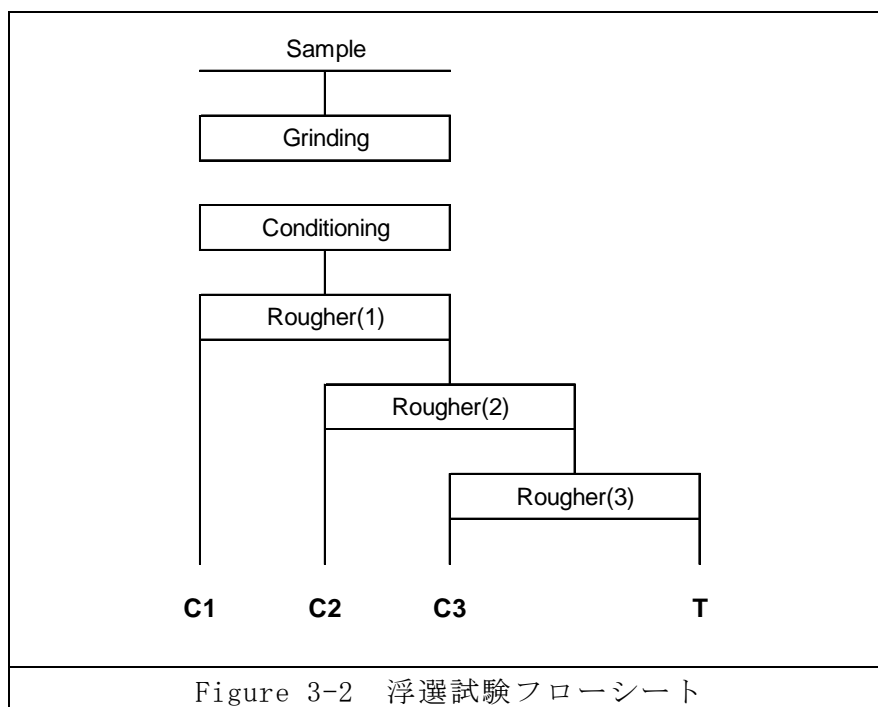
MLAを用い、HPGRで調製したHPGR処理試料とHPGR未処理試料に含まれる銅鉱物の単体分離度を評価した。MLAは、SEM-EDSに搭載された処理ソフトウェアの名称である。この装置は、反射電子像から得られる粒子や粒子中の輝度の違いによる粒界の情報、EDSによる元素組成情報を組み合わせることにより、粒子中の鉱物の組成割合や単体分離度を取得することができる。

この評価の結果、HPGR 処理試料に含まれる銅鉱物の単体分離は、HPGR 未処理試料より良好であった。

### 3-3. 浮選試験

HPGR 処理試料及び HPGR 未処理試料を用いて浮選試験を実施し、その結果を比較した。Figure 3-2 に浮選試験フローを示す。

この試験の結果、HPGR 処理試料は未処理試料に比べて銅実収率が約 2%高かった。このことから、HPGR 処理は浮選成績の向上に効果があることが確認された。





### 3-4. 粉砕仕事指数測定試験

HPGR 処理試料及び HPGR 未処理試料を用いて粉砕仕事指数 (Wi : Work Index) 測定試験を実施し、得られた結果を比較した。

粉砕仕事指数測定試験は、JIS M 4002 (粉砕仕事指数の試験方法) を参考に行った。Wi は以下に示す式により算出した。また、試験試料には、HPGR 処理/未処理試料ともに粒度-3.35mm のものを用いた。

この試験の結果、HPGR 処理試料では、未処理試料に比べて Wi が約 13% 低減した。

$$Wi \quad [kWh/t] = \frac{44.5 \times 1.10}{(P1)^{0.23} \times (G_{bp})^{0.82} \times \left[ \frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right]}$$

Wi : 粉砕仕事指数 [kWh/t]

P1 : 使用した基準となるふるいの目開き [ $\mu\text{m}$ ]

G<sub>bp</sub> : 試験用ボールミル 1 回転当たりの網下生成量 [g]

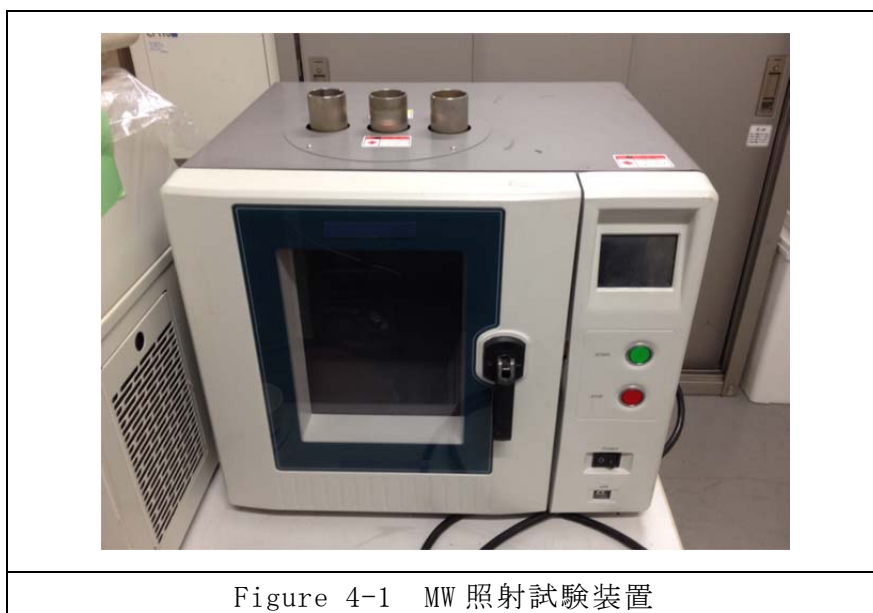
P<sub>80</sub> : 生成した網下試料の 80% 通過粒度 [ $\mu\text{m}$ ]

F<sub>80</sub> : 試料の 80% 通過粒度 [ $\mu\text{m}$ ]

## 4. MW 照射による単体分離促進

### 4-1. MW 照射基礎試験

銅鉍物の単体分離を促進させるための MW 照射に関して、その処理条件が与える影響について検討した。Figure 4-1 に、MW 照射試験装置の写真を示す。



### 4-2. MLA による単体分離度評価

MW 照射基礎試験で得られた MW 処理試料を用い、銅鉍物の単体分離度を MLA により評価した。比較のため、MW 未処理試料も併せて評価した。

この評価の結果、低出力条件で照射時間の短い条件の試料において、銅鉍物の単体分離度が向上する傾向が見られた。

## 5. 本検討のまとめ

本検討で得られた知見を以下にまとめる。

### (1) HPGR による単体分離促進と浮選試験

- HPGR ベンチスケール試験を実施し、得られた産物（HPGR 処理試料）に含まれる銅鉱物の単体分離度を評価した結果、HPGR 処理試料では、単体分離度が向上した。
- HPGR 処理試料を用いた浮選試験の結果、銅実収率が約 2%向上した。このことから、HPGR 処理により銅鉱物の単体分離度を向上させることで、浮選成績が向上することが確認された。
- HPGR 処理試料の粉砕仕事指数を測定した結果、HPGR 未処理試料より  $W_i$  が約 13%低減した。

### (2) MW による単体分離促進

- MW 照射基礎試験を実施し、処理試料に含まれる銅鉱物の単体分離度を評価した結果、低出力条件で照射時間の短い条件において単体分離度が向上する傾向が見られた。

以上