

マイクロ波が及ぼす高炉スラグ結晶化への影響

黒木 志典

高炉スラグ

生産量と用途

高炉で発生するCaO-SiO₂-Al₂O₃を主成分とした副産物で、他にS、Fe、Mgなどを含む。国内では1年間に粗鋼生産約1億tに対し、約2,500万tが発生している。高炉スラグは、その冷却工程によって水砕スラグと徐冷スラグに分類され、現状ではほとんどが有効に再利用されている。

水砕スラグ

圧水を噴射して急冷したもので、ほとんどガラス状態。高炉スラグの7割以上はこうした「水砕処理」が行われる。

- コンクリート細骨材
- 地盤改良材
- セメント原料

徐冷スラグ

溶融したスラグを自然冷却したもので、岩石状態で、結晶化度が高い。

- 珪酸石灰肥料
- コンクリート粗骨材
- セメント原料

課題

- 高付加価値化
 - 石炭飛灰など、他のリサイクル材との競合
- 有害物質の無害化と有価物質の回収
 - Sの流出(黄水)の問題
 - Fe、Mgなど、酸化物として含まれる有価物質の回収
- ファイバー状結晶の無害化



マイクロ波プロセス

マイクロ波の効果

- 物質自体に作用する(反応速度、エネルギー効率の向上)
- 結晶析出と結晶成長の促進(非熱的効果)

ミリ波の特徴

- センチ波で加熱できないものも加熱可能
- センチ波よりも非熱的効果が大きい
- 均一な加熱が可能

用途

- 食品の加熱、乾燥(電子レンジなど)
- 不定形耐火物の乾燥
- セラミックスの焼結

試料

- 40%CaO-40%SiO₂-20%Al₂O₃の3元系模擬高炉スラグ
- 大気中1500℃で加熱熔融後、急冷(ガラス状態)
- 粒径74~149μmの粉末状。

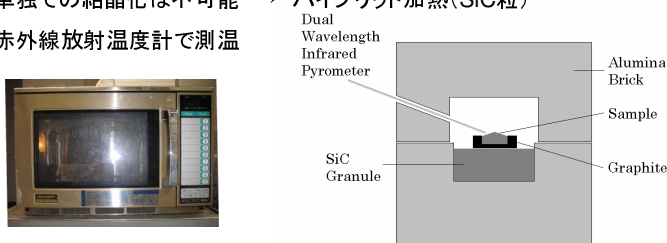
まとめ

- 2.45GHzセンチ波には高炉スラグの結晶化を促進する効果は小さい。
- 28GHzミリ波で加熱したとき、結晶化度が短時間で大きくなることから、核生成、核成長ともに促進している可能性が考えられる。
- 模擬高炉スラグ(CaO-SiO₂-Al₂O₃系)において、28GHzは結晶相よりもガラス相に選択的に作用する。
- 高炉スラグ中に含まれる微量元素、特にFeに関しては、28GHzミリ波加熱に対して有効に作用する可能性がある。

2.45GHzセンチ波加熱実験

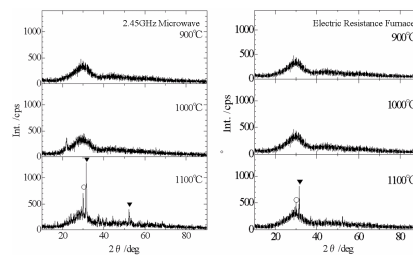
実験装置(業務用電子レンジ 1.6kW固定出力)

- 試料単独での結晶化は不可能 → ハイブリッド加熱(SiC粒)
- 二色赤外線放射温度計で測温



模擬高炉スラグの加熱

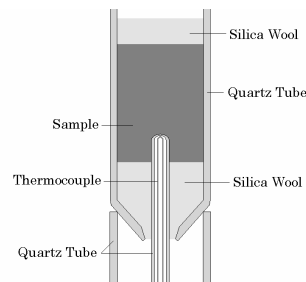
- 結晶相の種類、存在量ともに電気炉の場合と変化なし



28GHzミリ波加熱実験

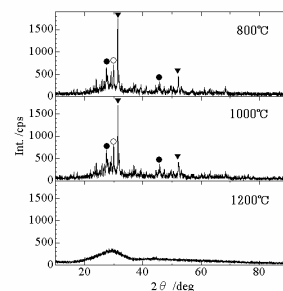
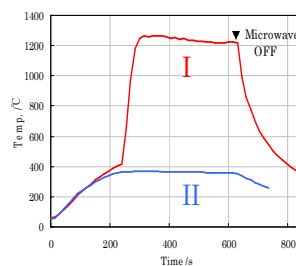
実験装置(ミリ波加熱装置 ~10kW可変出力)

- 石英管内に設置した熱電対で測温
- 試料単独での加熱が可能



模擬高炉スラグの加熱

- 温度履歴には400℃前後のある時点で温度が急激な上昇を開始し、結晶化が進行するパターン(I)と、そうでないパターン(II)が見られる。
- 電気炉では結晶化しない800℃で結晶化を確認



結晶相の加熱

模擬高炉スラグの加熱時に見られた急激な温度変化と結晶相の生成に関連があるのかを調査するために、本実験で用いたスラグを加熱した際に生成する結晶相を合成し、それぞれに加熱を行った。

微量元素の影響

実際の高炉スラグにはMgO、FeOを含め、多くの微量元素が含まれているため、その存在が昇温挙動に影響を及ぼす可能性がある。そこで、主要な微量元素を添加して溶融した模擬スラグについて、加熱を試みた。

