水熱反応による高炉スラグの改質と重金属固定化に関する研究

(Upgrading of BF slags and Immobilization of Heavy Metal by Hydrothermal reaction)

太　　舜 載（テ スンジェ）

循環型社会の構築に貢献するため、高炉スラグの新たな利用及び応用技術の開発を目標とした、水熱反応による高炉スラグの改質及び重金属固定化に関する研究。

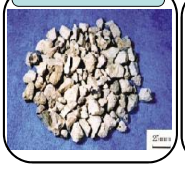
高炉スラグとは

①高炉で銑鉄を作る際に生成するのが高炉スラグである。（銑鉄1tあたり約290kg生成）

②現在、有用なリサイクル資材として、セメント原料やコンクリート骨材など土木建築分野で活用されてる。

近年、他のリサイクル資材との競合により需要が伸び悩んでおり、新たな用途開拓による高付加価値化が大きな課題となっている。

徐冷スラグ

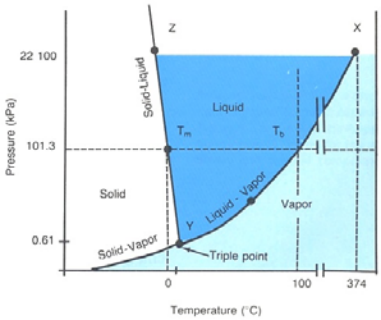


水砕スラグ

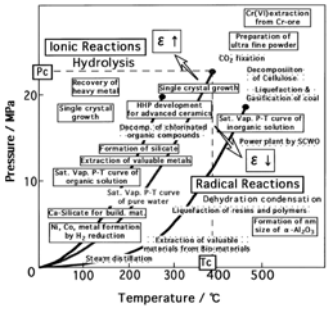
水熱反応とは

大気圧下において水は100℃以上では液相は存在しないが、密閉容器（オートクレーブ）では高温高圧水の状態すなわち水熱状態になる。この高温高圧の水は物質の溶解度や溶解速度を高めるため、水熱反応の新たな物質の合成や反応促進への応用が注目されている。

水の状態図



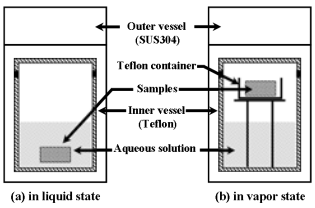
水熱プロセスの可能性



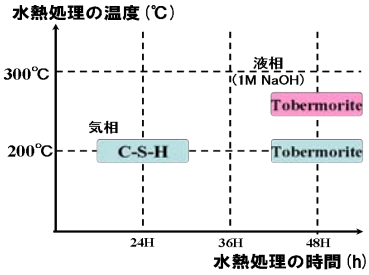
高炉スラグの水熱反応と諸条件の反応機構

水熱反応を用いて高炉スラグの改質を目的し、種々の水熱条件に対する高炉スラグの水熱反応及び反応機構について検討

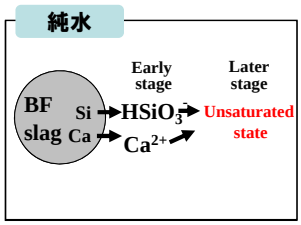
●水熱実験

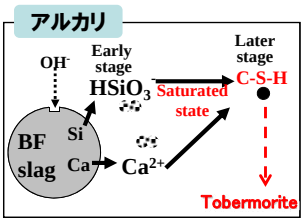


●水熱条件と水熱生成相

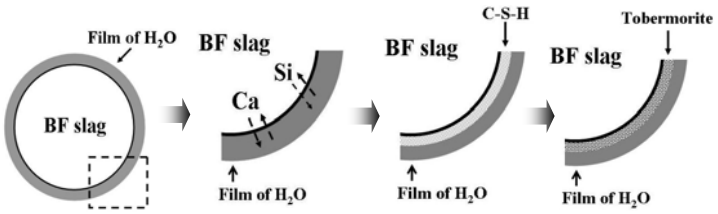


●液相中での水熱反応の機構





●気相中での水熱反応の機構



高炉スラグを水熱処理するとトバモライトが生成し、液相中より気相中での方が高炉スラグの水熱反応を促進する。生成されたトバモライトは保温・断熱・軽量性に優れたALC材料や保温断熱材として利用可能ため、高炉スラグが有効利用され得る可能性も示された。

水熱処理に及ぼすマイクロ波照射の影響

水熱処理とマイクロ波照射の併用化によりシナジー効果を念頭に、マイクロ波−水熱処理、マイクロ波の水熱固化体への影響を検討

●水熱反応とマイクロ波の併用化によるシナジー効果

従来の外部加熱式による水熱反応

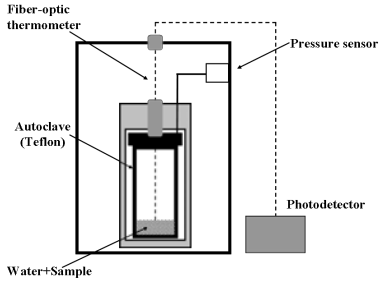
- 水熱生成物が高機能、高付加価値（トバモライト、ゼオライト など）
- 応用分野が広い（有害物質の無害化　など）
- 省エネルギープロセス（鉄鋼プロセスの低温廃熱を利用）

マイクロ波による水熱反応

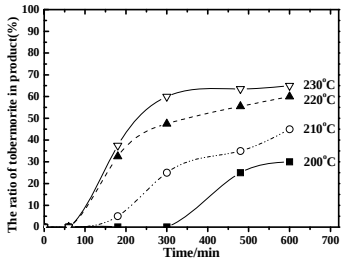
従来の水熱反応の利点
＋
- 急速に温度が上昇（プロセス時間の短縮）
- 非熱的効果（反応速度の大幅な向上）

さらなる省エネルギー、高効率化

●マイクロ波 - 水熱実験(2.45GHz)



●内部標準法による生成率の分析



マイクロ波の照射により、従来の水熱法に比べ低温、短時間で水熱反応が進行する。水熱固化体へマイクロ波照射実験の場合、熱処理をした場合、同様の外熱式のものと比べ、圧縮強度の増加が認められた。

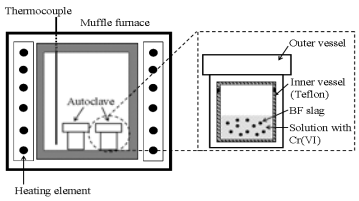
水熱処理による水溶液中6価クロムの固定化

高炉スラグへの水熱処理の応用例を模索することとし、高炉スラグによる水溶液中6価クロムの固定化の可能性を検討

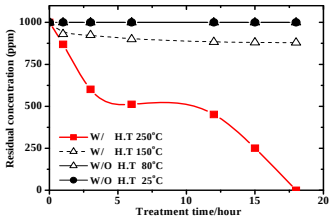
●排水中重金属の問題

特に6価クロムは強い酸化力により、人体や環境に悪影響を与えるため、排水基準は「0.05 mg/L 以下」と規定　→重金属溶出制御が必要

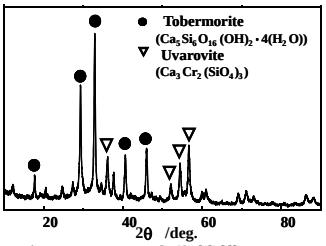
●実験方法



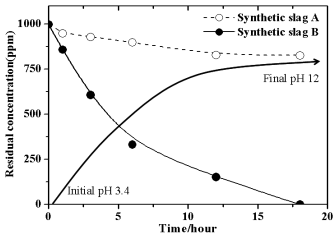
●水熱処理の効果



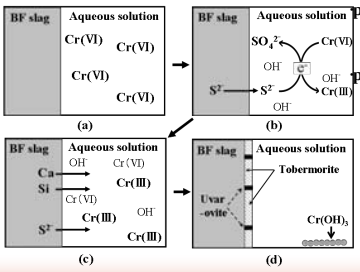
●水熱生成相の同定



●固定化におけるスラグ中硫黄の役割



●6価クロムの固定化機構



pH < 6.4

$$4CrO_7^{2-} + 3S^{2-}_{(slag)} + 16H_2O \rightarrow 8Cr^{3+} + 3SO_4^{2-} + 32OH^-$$

pH > 6.4

$$8CrO_4^{2-} + 3S^{2-}_{(slag)} + 20H_2O \rightarrow 8Cr^{3+} + 3SO_4^{2-} + 40OH^-$$

高炉スラグを用いた水熱処理により水溶液中6価クロムの固定化が確認された。他の重金属に対する同様の効果も期待される。また、ステンレス鋼精錬時に発生するスラグからの6価クロムの溶出防止などへの応用も期待される。