

審査の結果の要旨

氏名 太 舜載

本研究では、高炉スラグの新たな用途開発を目的とし、水熱反応による高炉スラグの改質について研究を行ったものであり、全六章よりなる。

第一章では、序論として高炉スラグの生成過程とその用途についてまとめ、高炉スラグの有効利用方法の現状と課題を挙げている。新たな高炉スラグの利用プロセスとして水熱反応に注目し、水熱反応の特性や $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系を中心に水熱合成、高炉スラグの水熱処理の可能性について述べた。また、マイクロ波を吸収する水が水熱反応関与することに注目し、マイクロ波と水熱処理とのシナジー効果を述べて本研究の目的を示している。

第二章では高炉スラグによる水熱反応を正確に把握するために、高炉水砕スラグを用いて種々の水熱条件に対する水熱反応及び反応機構について調査を行っている。水熱条件下、純水及びアルカリ溶液を用いて、液相において高炉スラグの水熱処理を行った結果、純水中の処理では水熱反応は見られなかったが、 250°C アルカリ溶液で行った場合、24 時間でケイ酸カルシウム水和物(Calcium Silicate Hydrate: C-S-H) 相が、続いて 48 時間でトバモライト(Tobermorite: $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) が水熱生成相として得られ、アルカリ溶液により高炉スラグ中の Ca、Si 成分の溶解が促進され、水熱相が生成することが示されている。また、気相中で水熱処理実施した結果、 200°C と低い温度でも 48 時間で水熱相の生成を確認し、気相中、高炉スラグの水熱反応は液相中より低温かつ短時間で進行することを明らかにしている。その反応機構として気相では水熱条件下で高炉スラグの表面に水膜が生成し、液相中での反応と比べて、極めて体積の小さい水膜では、容易に飽和状態に達するため、速やかな水熱反応の進行を推定している。

第三章では水熱反応及び水熱固化体に及ぼすマイクロ波照射の影響を検討している。高炉スラグのマイクロ波-水熱処理においては、水熱生成物として従来の水熱処理と同じ、トバモライトの生成が確認されたが、従来の方法では水熱相の生成から確認できなかった条件でも、トバモライトの主ピークが見られて

おり、従来の水熱法に比べ、低温、短時間で水熱反応が進行することを明らかにしている。一方、高炉スラグの水熱固化体へのマイクロ波照射の影響について調査を行った結果、電気炉加熱、マイクロ波加熱とも温度の上昇により収縮率の増大が見られるが、マイクロ波加熱によるものが電気炉加熱のものより収縮率が 10%小さく、緻密な固化体が得られた。また、圧縮強度測定でマイクロ波照射による固化体の強度の増加が認められている。

第四章では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している。6 価クロム濃度 1000ppm の水溶液に高炉スラグを入れ、250℃、18 時間の水熱処理を行うことにより、処理後の溶液中の 6 価クロム濃度は分析限界値以下まで低下することが明らかになった。ほとんどの溶液中 6 価クロムが環境基準値 0.05mg/L を下回ったことから水溶液中 6 価クロムの水熱処理を用いた高炉スラグによる固定化が有効な方法であることが明らかになった。また、水熱処理後の試料について溶出試験による環境安定性を調査した結果、クロムの再溶出がないことが確認されている。一方、Cd、Pb、As に対する同様の効果も期待され、固定化の可能性が明らかになり、Pb の場合、環境基準値以下で固定化が確認された。また、高炉スラグとステンレス精錬スラグを混合し、水熱処理することによりステンレス精錬スラグ中 6 価クロムの溶出防止への適用の可能性を明らかにしている。

第五章では LCA 手法を利用して水熱処理による高炉スラグの改質に関する環境負荷の定量化を検討している。高炉スラグを原料として水熱処理により ALC 材料の作製をした場合の環境負荷として CO₂ 排出量を基準とした定量化を行った。LCA 分析の結果、従来の ALC 生産プロセスに比べ、CO₂ 排出量が 96%削減可能と評価された。また、現在の高炉セメントに用いた場合と比べ、CO₂ 排出量を大幅に削減されることから、高炉スラグの水熱処理が環境負荷低減に有効であることを明らかにしている。

第六章では、研究の総括を行っている。

以上、本研究では種々の水熱条件で高炉スラグの水熱反応挙動を明らかにし、マイクロ波照射の併用化によるシナジー効果や重金属の固定化への適用の可能性を確認することにより、水熱処理による新たな高炉スラグの用途開発の可能性を示している。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。