

地下の採掘跡地における高炉スラグおよびマイクロバブルを用いた CO₂の固定化に関する研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 修士2年 本郷健

1. はじめに

石炭鉱山の採掘跡地（払跡）は 石炭採掘の影響により多数のき裂および空隙が存在していることが推察され、CO₂ 地下貯留ポテンシャルが大きいと考えられる。そのような場所に CO₂ を注入する場合、き裂などを伝って CO₂ が地表に漏洩する可能性があるが、CO₂ マイクロバブル水の注入や地下において CO₂ を鉱物として固定化させることで、CO₂ を安全に地下に留め残すことが可能になると考えられる。そこで本研究では、CO₂ 固化材として高炉スラグを選定し、CO₂ マイクロバブル水および高炉スラグを用いた CO₂ の固定化に関して検討を行った。

2. 現場実験

地表から 400m 深度に位置する払跡までボーリングを行い、CO₂ マイクロバブル水および高炉スラグの注入実験を行った。また、実験前後の払跡の透水性を評価することを目的として、インジェクションテストを行った。実験前では注入口の圧力が 1.0 MPa の条件下で注入量が 100 L/min 程度であったものの、実験終了直後（実験後 1）では 24 L/min に、実験終了から 2 ヶ月経過後（実験後 2）において 12 L/min まで注入量の低下が確認された。これは、払跡に注入した高炉スラグが時間経過に伴い固化反応を生じたためと考えられ、CO₂ マイクロバブル水と高炉スラグの反応により払跡で CO₂ が固定化された可能性を示している。

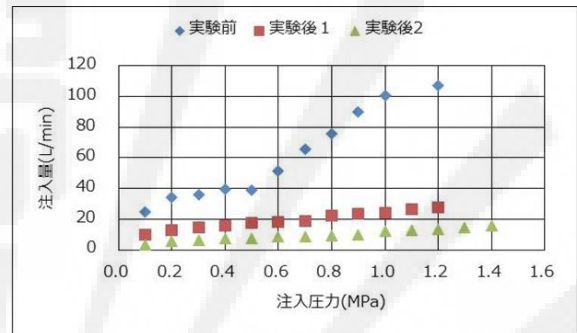


図1 実験前後のインジェクションテストの結果

3. 室内実験

CO₂ マイクロバブル水と高炉スラグの反応による CO₂ の固定化に関する検討を行うため、水/スラグ比=2.0 の割合で高炉スラグと水/CO₂ マイクロバブル水を混合することで試料を作製し、ブリージング水中の溶出イオン測定、XRD 試験、熱分析を行った。CO₂ マイクロバブル水は、溶液中の CO₂ 濃度が 2,000 ppm の濃度になるようにファインバブル発生器 (TH-03) を用いて作製し、CO₂ 濃度の測定にはポータブル炭酸ガス濃度計 (CGP-31) を使用した。表 1 に試料作製後 3 時間経過後のブリージング水中の溶出イオン結果を示す。同表より、高炉スラグと CO₂ マイクロバブル水を混合させた試料において CO₂ マイクロバブル水中の CO₂ が消費され、Ca イオン濃度が減少していることが確認される。また、XRD 試験の結果より、CaCO₃ 鉱物として Calcite や Vaterite が同定されたため、CO₂ マイクロバブル水中の CO₂ は炭酸塩鉱物として固定化されたと考えられる。さらに、CaCO₃ の化学結合が 600°C 付近で CaO と CO₂ に分離することから、熱分析による 600~700°C の重量変化の結果より CO₂ 固定量を算出した結果、表 2 に示すとおり水を混合した試料と比較して、CO₂ マイクロバブル水を混合した試料の CO₂ 固定量が大きくなるのがわかる。さらに、今回の実験で用いた CO₂ マイクロバブル水の CO₂ 濃度を 2,000 ppm と仮定して、CO₂ の固定割合を算出した結果、CO₂ マイクロバブル水中に包有される CO₂ の 30% が炭酸塩として固定化されていると算出された。その他の 70% の CO₂ は試料中の空隙内に構造トラップとして貯留されている可能性がある。以上より、CO₂ マイクロバブル水および高炉スラグを用いた CO₂ の固定化は有用であると考えられる。

表 1 ブリージング水中の溶出イオン結果

	pH	EC (ms/m)	CO ₂ (ppm)	Ca (ppm)
水	11.2	960	15.9	123
CO ₂ マイクロバブル水	11.2	797	2.7	60

表 2 熱分析結果

	試料中の CO ₂ 固定量 (kg-CO ₂ /ton)
水	2.67
CO ₂ マイクロバブル水	3.02