

二酸化炭素固定による六価クロム溶出抑制効果

早稲田大学 学生会員 ○坂巻 潤平
早稲田大学 国際会員 小峯 秀雄

1. はじめに

著者らは、産業廃棄物である石炭灰・鉄鋼スラグの新しい有効利用方法として、二酸化炭素固定化材としての有効利用を目標に研究している。しかし石炭灰は環境基準を越える六価クロムを溶出することが多く、有効利用の拡大を阻害する要因になると考えられる。そのため本研究では、環境庁告示 46 号溶出試験に準拠し、大気曝露による二酸化炭素固定の六価クロム溶出量抑制効果に関して評価した。

2. 使用した試料

本研究では、フライアッシュと、エージング処理を施したエージング製鋼スラグを使用した。各試料の環境庁告示 46 号溶出試験により溶出した Ca^{2+} [mg/L]、 Cr^{6+} [mg/L] の溶出量および土粒子密度、自然含水比を表 1 に示す。

表 1 各試料の基本的性質

	エージング製鋼スラグ	フライアッシュ
土粒子密度 [g/cm ³]	3.34	2.28
自然含水比 [%]	8.14	0.389
Ca^{2+} [mg/L]	754	149.7
Cr^{6+} [mg/L]	0.023	0.155

3. 二酸化炭素固定化メカニズム

既往の研究¹⁾より、二酸化炭素の固定化は粒子表面に存在する遊離した Ca^{2+} と結合することで行われることがわかっている。図 1 に二酸化炭素固定化メカニズムの概要を示す。粒子表面に水分が付着することで、酸化カルシウム (CaO) が水酸化カルシウム (Ca(OH)₂) へ変化する。そして水酸化カルシウム (Ca(OH)₂) から Ca^{2+} が溶出する。またこのとき、粒子表面に付着した水分に大気中の二酸化炭素 (CO₂) が溶け込み、 Ca^{2+} と Ca^{2+} が結合することで二酸化炭素が試料の粒子表面に固定化される。

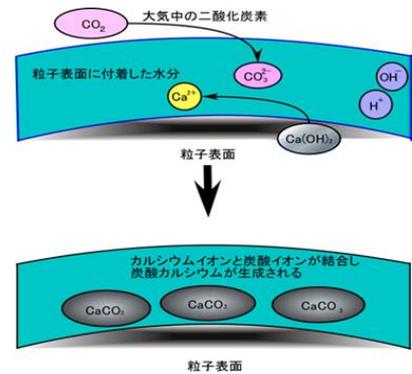


図 1 二酸化炭素固定化メカニズム

4. 炭酸塩含有量試験の概要

既往の研究¹⁾により生成される炭酸カルシウムの含有量を測定し、二酸化炭素固定化前と固定化後の炭酸塩含有量の差分から生成炭酸塩量を算出することで二酸化炭素固定化量を評価できることがわかっている。炭酸塩含有量試験は炭酸塩を強酸である塩酸と反応させて炭酸ガスを発生させ、そのガス圧を検出することで炭酸塩含有量を評価するものである。図 2 に炭酸塩含有量試験の手順、図 3 に装置の概略図を示す。はじめに、発生ガス圧と炭酸塩の量の関係を求めるキャリブレーションを行った。キャリブレーションには炭酸カルシウムを使用した。図 2 に示すアクリル反応容器内に、3 mol の塩酸 20 mL および炭酸カルシウムを入れた小さなポリプロピレン製の容器を設置した。容器を密閉した後、炭酸カルシウムの入った容器を倒し、塩酸と反応させた。反応が終了した後、発生したガス圧を圧力計(容量: Max100kPa, min1kPa)で読み取り、炭酸カルシウムとガス圧の関係を示す検量線を作成した。作成した検量線を図 4 に示す。その後、炭酸カルシウムの代わりに 2.0 g (乾燥質量) のフライアッシュまたはエージング製鋼スラグを入れ、キャリブレーションと同様な手順でガスを発生させ、発生したガス圧を測定し作製した検量線に代入することで炭酸塩含有量を算出し元素の質量比より固定化した二酸化炭素量を求めた。

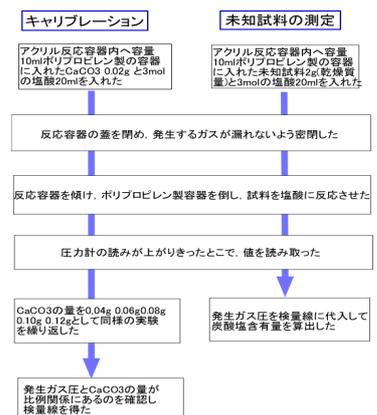


図 2 炭酸塩含有量試験の手順

キーワード 二酸化炭素 フライアッシュ 鉄鋼スラグ 六価クロム

連絡先〒169-8555 東京都新宿区大久保 3 丁目 4-1 早稲田大学理工学術院 社会環境工学科 TEL03-5286-2940

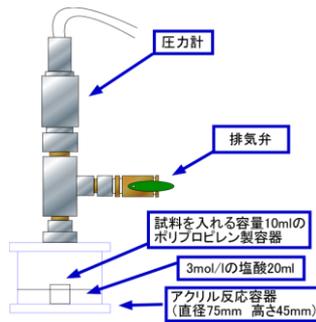


図3 炭酸塩含有量試験機の概略図

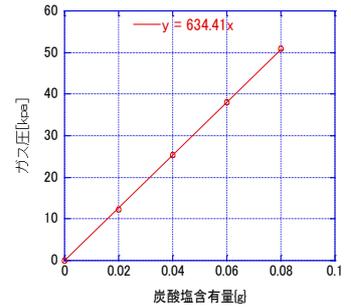
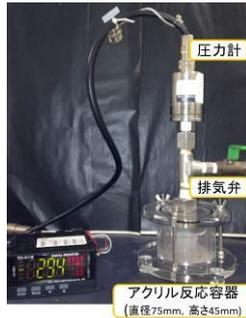
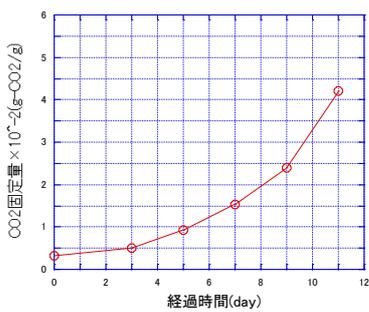


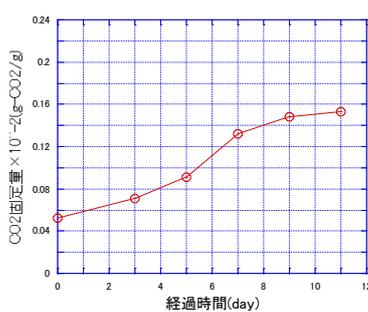
図4 検量線

5. 二酸化炭素固定による六価クロム溶出抑制効果

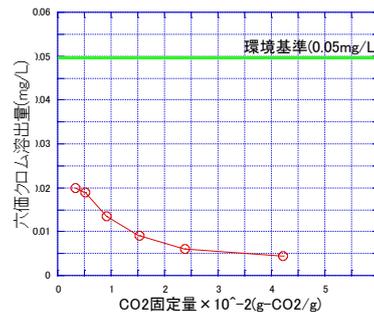
二酸化炭素の固定により粒子表面に炭酸カルシウムが生成され、六価クロムの溶出を抑制する効果が考えられる。そのため、本実験では大気曝露による二酸化炭素固定の六価クロム溶出抑制効果に関して評価した。試料を一日一回、蒸留水を霧吹きで吹きかけ、含水比10%となるよう調整した。霧吹きにより水を添加する際は、試料に均等に水分が添加するよう、匙等でよくかき混ぜながら添加し密閉せず、大気圧環境下、室温24度の室内に11日間放置した。六価クロムの溶出量の評価に関しては、環境庁告示46号溶出試験に準拠し作製した検液をICP発光分光分析法(高周波誘導結合プラズマ発光分光分析装置)を用いて分析した。図5にエージング製鋼スラグおよびフライアッシュの二酸化炭素固定量と経過時間の関係、図6にエージング製鋼スラグおよびフライアッシュの六価クロム溶出量と二酸化炭素固定量の関係を示す。エージング製鋼スラグは二酸化炭素固定開始から11日間で 3.88×10^{-2} [g-CO₂/g]の二酸化炭素を固定し、フライアッシュは11日間で 0.1×10^{-2} [g-CO₂/g]の二酸化炭素を固定した。またエージング製鋼スラグの六価クロム溶出量は実験開始日で0.02 [mg/L]であったが、11日目では0.0045 [mg/L]まで減少した。フライアッシュの六価クロム溶出量は実験開始日で0.155 [mg/L]であったが、開始から11日目では0.115 [mg/L]まで減少した。フライアッシュに関しては、試験後も環境基準を満たしてはいないが、エージング製鋼スラグ、フライアッシュともに、二酸化炭素固定量増加に伴い六価クロムの溶出量が減少していることがわかる。このことから、二酸化炭素固定による六価クロム溶出量の抑制効果があることがわかった。



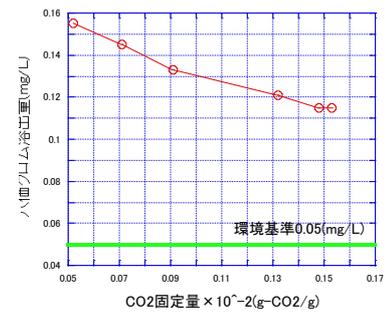
(a) エージング製鋼スラグ



(b) フライアッシュ



(a) エージング製鋼スラグ



(b) フライアッシュ

図5 CO₂固定量と経過時間の関係

図6 六価クロム溶出量とCO₂固定量の関係

6. まとめ

本研究では大気曝露による二酸化炭素固定の六価クロム溶出抑制効果に関して評価した。その結果エージング製鋼スラグでは 3.88×10^{-2} [g-CO₂/g]の二酸化炭素を固定することで六価クロム溶出量が0.02 [mg/L]から0.0045 [mg/L]まで減少し、フライアッシュでは 0.1×10^{-2} [g-CO₂/g]の二酸化炭素を固定することで六価クロム溶出量が0.155 [mg/L]から0.115 [mg/L]まで減少したことから大気曝露による二酸化炭素固定の六価クロム溶出抑制効果があることがわかった。参考文献(1) 海野円・小峯秀雄・村上哲・瀬戸井健一：低炭素社会形成のための鉄鋼スラグの二酸化炭素固定化量の定量評価と二酸化炭素固定化メカニズムの推察、地盤工学ジャーナル Vol.9, No.4, 469-478(2014年12月)。