

海面処分場における埋立廃棄物地盤中への CO₂ 固定に関する基礎的研究 Fundamental study on carbon dioxide fixation to waste ground in coastal landfill

○齋藤七菜子・山崎智弘・納庄一希・高井敦史・勝見武

○Nanako SAITO, Tomohiro YAMASAKI, Kazuki NOSHO, Atsushi TAKAI, Takeshi KATSUMI

Coal fly ash is sometimes landfilled in coastal landfills. However, because of such alkaline waste ground, the pH levels of the water in the landfills increase. The pH levels can be reduced by fixing CO₂ in the waste ground. Circulating carbonated water through the waste ground to fix CO₂ is proposed in this study. Laboratory experiments on CO₂ fixation were carried out under a high-concentration CO₂ gas environment. Additionally, TG-DTA analysis was performed to evaluate the amount of CO₂ fixed. The experiments showed a correlation between the pH levels of the pore water in fly ash and the fixed amount of CO₂. Furthermore, TG-DTA analysis could show the tendency of the CO₂ fixation amount of fly ash.

1. 背景と目的

石炭火力発電所から発生する石炭灰（以下，FAと記載）の一部は管理型海面処分場に埋立処分されており，埋立廃棄物地盤のアルカリ化が課題となっている．本研究では，強アルカリ化した廃棄物地盤に CO₂ を固定することで pH を低下させ，早期安定化を目指すとともに，脱炭素社会の実現に向けた CO₂ の回収に貢献する工法開発を目的とする．廃棄物地盤への CO₂ 固定方法として，CO₂ 溶解水を地盤内に通水し，CO₂ 溶脱後に揚水する方法を提案する（図 1 参照）．

同工法の実現性および効率化を検証するため，FA 試料の CO₂ 固定量を評価する必要がある．これまで，セメント・コンクリート分野を中心に CO₂ 固定量の評価が行われてきたが，FA を対象とした研究は非常に少ない．本論文では，廃棄物地盤を模擬した FA の高濃度 CO₂ ガス環境下における暴露実験を実施した．その後，TG-DTA 分析により FA の CO₂ 固定量を評価した．

2. 試料および実験方法

使用した 3 種の FA の基本的性質を表 1 に，主要成分含有率を図 2 に示す．

廃棄物地盤の模擬試料は，FA と人工海水を含水比 $w = 45\%$ の割合で混合し，容量 72 mL の樹脂製容器に空気が混入ないように充填して作製した．24 時間後，樹脂容器内試料の pH を pH 計（testo 206-2，株テストー）により測定した．さらに室温 20℃ の恒温室に 2 週間静置し，試料内の反応を概

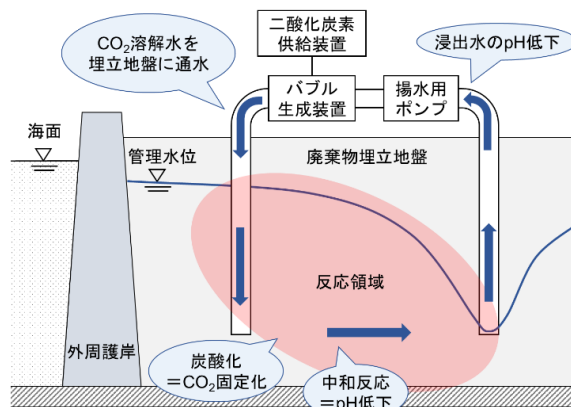


図 1 廃棄物地盤への CO₂ 固定方法例

表 1 FA の基本的性質

試料名	FA-1	FA-2	FA-3
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.095	2.253	2.301
強熱減量 (%)	2.17	0.99	3.85
有効径 D_{10} (μm)	1.8	1.9	1.5
平均粒径 D_{50} (mm)	0.014	0.028	0.014
均等係数 U_c	9.8	18.6	11.7
細粒分含有率 F_C (%)	93.4	84.8	93.3
塑性指数	NP	NP	NP

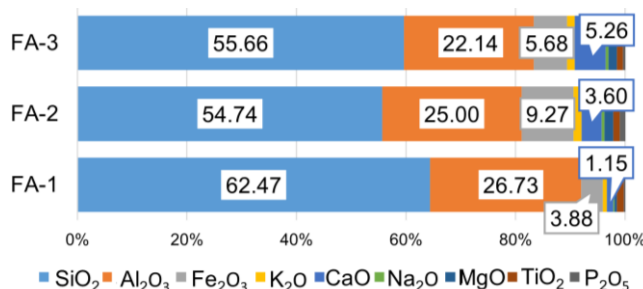


図 2 FA の主要成分含有率 (wt %)

ね平衡状態とした。その後、容器から取り出した試料を攪拌して均一化し、その一部を蒸発皿に約1 cmの厚さになるように敷き均した。蒸発皿試料は、ドラフトチャンバー (RFS150S, ヤマト科学株) 内に設置した密閉容器 (アクリル製, 内径 28 cm, 高さ 50 cm) の底部に設置し, 密閉容器内を 90~100 vol %の CO₂ で満たして暴露養生した。CO₂ 固定実験装置の概要図を **図 3** に示す。24 時間後および 48 時間後に試料を攪拌し, 再度密閉容器内に設置し, 同様の環境下でさらに 10 日間暴露養生した。各試料を炉乾燥させた後, 熱分析装置 (STA7300, 日立製作所) を使用して TG-DTA 分析 (熱重量示唆熱分析) を実施した。

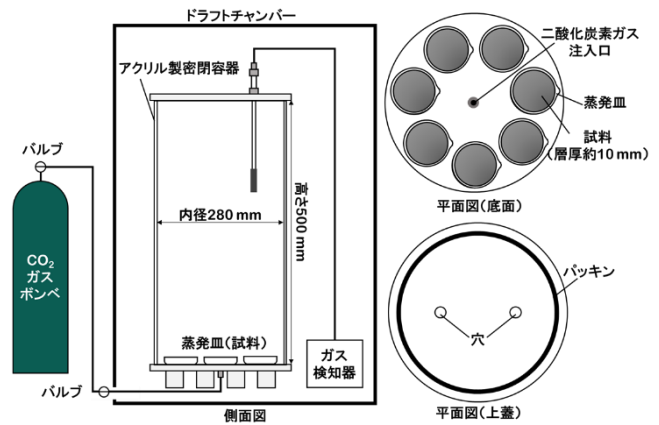
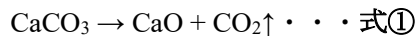


図 3 CO₂ 固定実験装置の概要図

3. TG-DTA 分析による CO₂ 固定量の評価

CO₂ 固定量の評価には統一された分析方法が確立されておらず, 炭酸塩含有量試験を適用する機会が多い。TG-DTA 分析は, セメント・コンクリート分野で最も一般的な CO₂ 固定量測定法であり, CaCO₃ を加熱すると CaO と CO₂ に熱分解 (式①) する性質を利用している。



熱重量測定 (TG) とは昇温に伴う試料の重量変化を計測, 示唆熱分析 (DTA) とは昇温に伴う試料と標準試料の温度差を計測する試験である。加熱による CaCO₃ の脱炭酸反応の温度領域は文献によって多少のばらつきがあるが, 概ね 600~760°C の領域で吸熱現象が起こり, 当該温度領域において DTA 曲線は下に凸となる。この DTA 曲線の変曲点に対応する区間の質量減少量を TG 曲線から読み取り, 全分析試料に含有される CO₂ 含有率 (%) を推定した。

4. 実験結果および考察

TG-DTA 分析結果例として FA-3 のケースを **図 4** に, 樹脂容器内の 24 時間後の pH と CO₂ 固定量の関係を **図 5** に示す。CO₂ 固定量は, 暴露後の CO₂ 含有率から換算した。pH が大きい FA ほど, CO₂ を固定化した。

CaO は間隙水等のアルカリ化に寄与する成分であり, pH と高い相関を示す¹⁾ したがって, CaO 含有率が高い FA ほど CO₂ を固定化する傾向が得られた。FA の CO₂ 固定量評価に対して, TG-DTA 分析が一定の有効性をもつことを確認した。

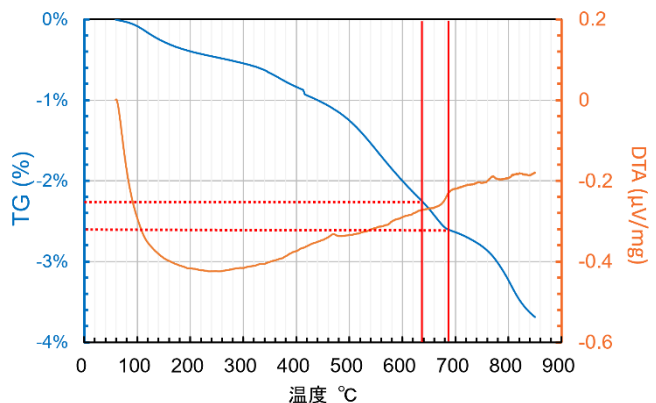


図 4 TG-DTA 分析結果 (FA-3)

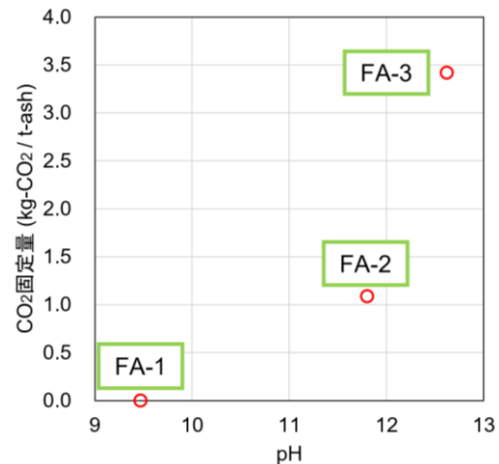


図 5 pH と CO₂ 固定量の関係

5. 結論

TG-DTA 分析による FA の CO₂ 固定量を評価した。今後は TG-DTA 分析の精度検証とともに CO₂ 固定速度の検証を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 納庄一希, 山崎智弘, 正木浩幸, 井野場誠治: 石炭灰等の埋立廃棄物による海水のアルカリ化実験, 第 56 回地盤工学研究発表会, 13-6-5-04, 2021