

土質系廃棄物を用いた二酸化炭素固定化の反応速度に影響する諸因子の実験的評価

早稲田大学

学生会員 ○多賀 春生

早稲田大学 理工学術院

正会員 小峯 秀雄

早稲田大学 理工総研

フェロー会員 後藤 茂

早稲田大学 持続的未來社会研

非会員 王 海龍

(株) ミダック

非会員 鈴木 清彦, 杉本 和聡, 國弘 彩

1. はじめに

近年、二酸化炭素(CO₂)などの温室効果ガスによる地球温暖化問題が深刻化している。特に、火力発電事業および焼却炉から排出されるCO₂量は日本全体の温室効果ガスの約36%を占めており、当施設から排出されるCO₂に対する固定化・有効利用技術が求められている。そこで図1のように、CO₂固定性能を有する廃棄物を利用し、焼却炉のCO₂排出量を抑制するカーボンキャプチャー構想を提案する。本研究では、一定流量通気型CO₂固定化試験により、CO₂固定化の反応速度に及ぼす諸因子の影響を調査した。具体的には、初期含水比および送風空気の流量を変化させ、ペーパースラッジボイラー煤塵のCO₂固定化反応を迅速に進行させるための条件を見出した。

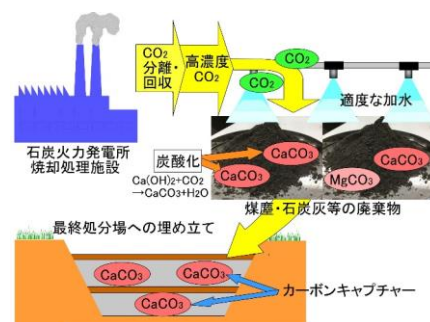


図1 廃棄物を活用した
カーボンキャプチャー構想図

表1 使用した試料の基本的性質

土粒子の密度 (g/cm ³)	2.68
自然含水比 (%)	0.21
Ca含有量 (%)	18.3
Ca溶出量 (mg/L)	230
pH	12.4

2. 使用した試料および一定流量通気型CO₂固定化試験の概要

表1は、使用したペーパースラッジボイラー煤塵の基本的性質を示したものである。試料の選定理由は、CO₂と反応して炭酸塩を形成するための遊離カルシウムを含んでおり、CO₂固定化材としての利用が期待されるためである。なお、Ca溶出量は、環境庁告示第46号溶出試験に準拠し測定された値である。

次に、一定流量通気型CO₂固定化試験の概要を記す。本試験は、図2に示したカラム型試験システムの円筒カラムに高さ30mm、内径75mm、湿潤質量50gとなるように供試体を作製し、実験室内の空気(約400~1000μL/Lを推移)を一定流量で試料に送風するというものである。供試体に送風する空気は、蒸留水を封入した容量2Lのガス溜を介して水蒸気飽和とさせ、10000min通気を行った。試験中は、供試体通過前(上流側)のCO₂濃度C_{in}(μL/L)および供試体通過後(下流側)のCO₂濃度C_{out}(μL/L)を、経過時間ごとにCO₂センサーで測定した。なお、試料のCO₂固定化量M(g)は、上流側と下流側のCO₂濃度の差から式(1)により算出された。ここにV_{in}を通気流量(L/min)、理想気体の絶対温度および圧力をそれぞれ、T₀(K)、p₀(Pa)とし、ある時間における絶対温度をT(K)、圧力をp(Pa)としている。M_{CO2}はCO₂の分子量、Vは気体1molあたりの体積である。

$$M = \sum_{t=0}^{t_{end}} \left(V_{in} \times \frac{C_{in} - C_{out}}{10^6} \times \frac{T_0}{T} \times \frac{p}{p_0} \times \frac{M_{CO_2}}{V} \right) \quad (1)$$

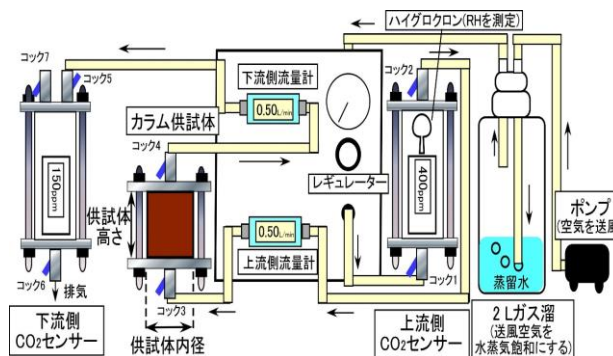


図2 カラム型試験システムの構成模式図

使用したCO₂センサーの測定可能範囲は0~5000μL/Lであり、測定精度は30μL/L±読み値の5%である。

キーワード ペーパースラッジボイラー煤塵、二酸化炭素、地球温暖化

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大学創造理工学研究科建設工学専攻 TEL 03-3315-2816

3. CO₂ 固定化の反応速度に及ぼす初期含水比の影響評価

初期含水比の差異による CO₂ 固定化反応への影響を調査するため、目標含水比を 20 %, 40 % および 60 % の 3 種類に設定した条件で CO₂ 固定化試験を実施した。気体の送流量は 0.5 L/min とした。なお供試体に送風する CO₂ 濃度の変動を考慮し、これら三条件を同時に行った。図 3 は実施した 3 ケースでの経過時間による CO₂ 濃度比 C_{out}/C_{in} の推移を示している。同図からいずれも供試体作製後に C_{out}/C_{in} が 0.0 付近まで低下しており、CO₂ を固定化していることが認められた。なお実施した三条件において、試験時間 10000 min までに、 C_{out}/C_{in} が 1.0 まで増加していないため、本試験期間において常に CO₂ を固定していたと考えられる。

ここで式(1)より CO₂ 固定化量 $M(g)$ を算出し、経過時間ごとの累積 CO₂ 固定化量を図 4 に示す。同図から試験時間 3000 min まではいずれもほぼ同等の CO₂ を固定化しているが、その後初期含水比 20 % の条件では CO₂ 固定化の反応速度が減少していることがわかった。一方、初期含水比 40 % および 60 % では、ほぼ同等量の CO₂ を固定化していることから CO₂ 固定化の反応速度には最適な水分量があると推察される。今回使用した試料に対しては、初期含水比を 40 % から 60 % に調整することで、迅速に CO₂ を固定化することが可能であると考えられる。今後より細かい含水比条件で試験を実施する予定である。

4. CO₂ 固定化の反応速度に及ぼす空気流量の影響評価

供試体に送風する空気流量を 0.5 L/min, 1.0 L/min および 2.0 L/min の三条件で前章と同様の試験を実施した。初期含水比は 20 % となるように調整した。図 5 は各空気流量の経過時間による CO₂ 濃度比 C_{out}/C_{in} の推移を、図 6 は経過時間ごとの累積 CO₂ 固定化量を示したものである。図 6 より、空気流量を 0.5 L/min から 1.0 L/min に増加させることで CO₂ 固定化の速度も増加することが確認された。一方 2.0 L/min の場合では、1.0 L/min の場合に対し、2000 min 以降 CO₂ 固定化速度が減少していることが確認できる。これは空気流量の増加に伴い、試料の乾燥が発生したためであると推察される。このことから迅速に CO₂ 固定化を進行させるために、1.0 L/min 前後の流量に調整する必要があると考えられる。

5. 結論

本研究では、CO₂ 固定化の反応速度に及ぼす諸因子の影響を調査するために、一定流量通気型 CO₂ 固定化試験を実施し以下の知見を得た。

- (1) 本研究で使用した試料では、初期含水比を 40 % から 60 % の範囲に調整することで CO₂ 固定化速度が増加することが確認された。
- (2) 供試体に送風する空気流量が 1.0 L/min の場合において、CO₂ 固定化速度が速くなり、CO₂ を多く固定化することが確認された。

参考文献

- 1) 海野円・小峯秀雄：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)。

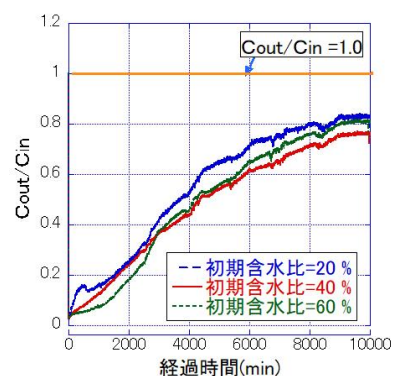


図 3 各含水比条件の
CO₂ 濃度比の時間変化

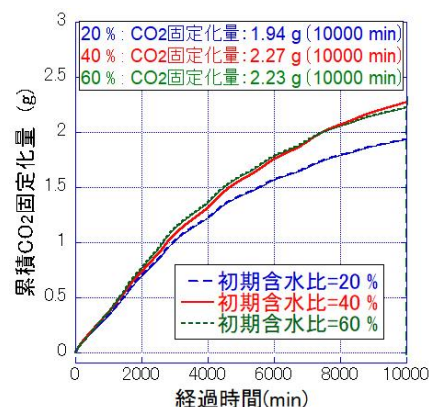


図 4 各含水比条件の累積 CO₂ 固定化量

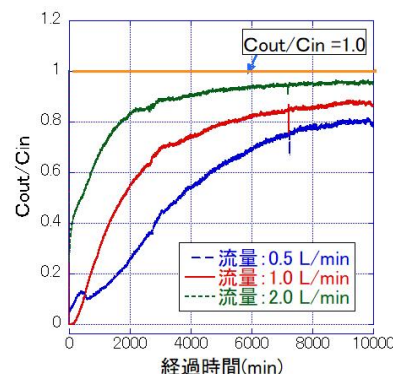


図 5 各流量条件の
CO₂ 濃度比の時間変化

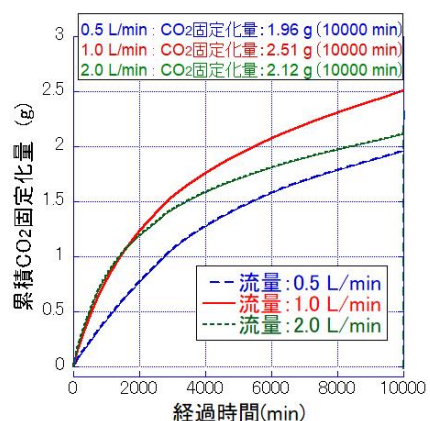


図 6 各流量条件の累積 CO₂ 固定化量