

カラム通気試験装置を用いた廃棄物の二酸化炭素固定化特性に関する実験的調査

茨城大学 学生会員 ○海野円

茨城大学 正会員 小峯秀雄 村上哲

株式会社共和技研 正会員 瀬戸井健一

1. はじめに

近年、地球温暖化を背景とした温室効果ガスの削減に関する取り組みが活発となっている¹⁾。また、循環型社会構築のために、廃棄物の有効利用が求められている。こうした社会情勢により、温室効果ガスの一種である二酸化炭素(CO₂)の削減と廃棄物の有効利用の両立を目指し、著者らは、廃棄物によるCO₂の固定化を構想した。例えば、図1に示すように、沿道にCO₂固定化材を敷設



図1 CO₂固定化材利用の概念図

することにより大気中のCO₂を固定化する技術である。CO₂固定化に関する既往の研究には、解体コンクリートに含有される水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)とCO₂の反応により、炭酸カルシウム(CaCO₃)を析出させる方法がある^{2), 3)}。すなわち、カルシウム成分を含有していることがCO₂固定において重要である。そこで本研究では、気体流量を制御可能としたカラム通気試験装置を用いて、カルシウム成分を含有する廃棄物のCO₂固定化特性を調査した。

2. 一定流量通気型二酸化炭素固定化試験の概要と試験方法

2.1 試験概要

廃棄物のCO₂固定化量を調査することを目的とし、図2に示すカラム通気試験装置を用いて、「一定流量通気型二酸化炭素固定化試験」を行った。本試験の特徴は、空気を供試体に一定流量で送り込むことにより、常におおよそ一定濃度のCO₂が試料に接触する点である。使用した試料は、密閉容器を用いた二酸化炭素固定化試験によりCO₂固定の可能性が示唆された高炉徐冷スラグおよび含水比を約2.9%に低下させた加圧脱水浄水汚泥である⁴⁾。使用した試料の土粒子の密度と強熱減量を表1に示す。試料の粒径を0.425mm～2.0mmの範囲に粉砕し、内径60mm、高さ20mm、30mmおよび60mmの供試体を作製した。CO₂濃度は、供試体の上流側および下流側に設置したCO₂センサーBおよびCを用いて測定した。使用したCO₂センサーの測定可能範囲は0～5000mg/Lであり、分解能は1mg/L、精度は30mg/L±読み値の5%である。流量計の測定可能範囲は0.05～5.00L/minであり、分解能は0.01L/min、精度は読み値の±3%である。

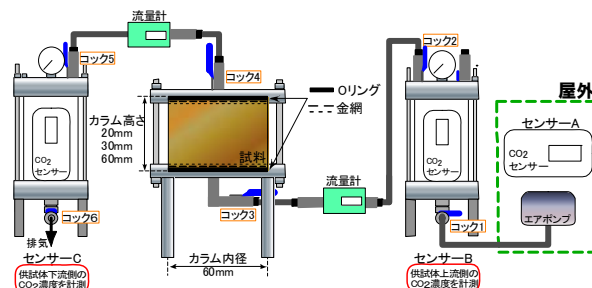


図2 カラム通気試験装置図

表1 使用した試料の土粒子の密度と強熱減量

試料名	土粒子の密度 (g/cm ³)	強熱減量 (%)
高炉徐冷スラグ	2.95	0.2
加圧脱水浄水汚泥	2.25	19.3

2.2 試験手順

はじめに、カラムに供試体を設置しない状態で図2に示すように管路を連結し、測定間隔30秒に設定したCO₂センサーを設置し、全てのコックを開放して屋外の大気を通気した。図2に示したコック1を調節することにより、流量を0.05L/minに設定し、管路全体のCO₂濃度がほぼ一定になるまで、約3時間通気を続けた。その後、コック2, 3, 4および6を閉じ、高炉徐冷スラグ

表2 高炉徐冷スラグを用いた試験条件および結果

試験条件						試験結果		
供試体 高さ (mm)	初期 含水比 (%)	試験後 含水比 (%)	乾燥 密度 (g/cm ³)	流量 (L/min)	測定開始 時の CO ₂ 濃度 (mg/L)	CO ₂ 固定化量 (g)	固定化 可能時間 (hour)	単位質量 あたりの 固定化量(g)
20	3.47	0.65	1.11	0.05	447	0.065	50	0.66
30	6.53	0.72	1.08	0.05	527	0.132	75	0.91
60	5.06	0.75	1.09	0.05	502	0.253	105	0.86

キーワード 廃棄物, CO₂固定, 低炭素社会, 循環型社会, 高炉徐冷スラグ, 浄水汚泥
連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL:0294-38-5163

と加圧脱水浄水汚泥の目標乾燥密度をそれぞれ 1.0g/cm^3 , 0.66g/cm^3 とした供試体を作製した。供試体作製後、コックを 2, 3, 4, 6 の順に開き、通気を再開した。なお、供試体下流側の CO_2 濃度が測定開始時の CO_2 濃度以上になった時点で試験を終了した。

3. 高炉徐冷スラグの CO_2 固定化特性

高炉徐冷スラグを用いた場合の試験条件および試験結果を表 2 に、供試体高さを 20mm, 30mm, そして、60mm と変化させたときの供試体下流側の CO_2 濃度比(以下、 CO_2 濃度比と記述する)の時間変化を図 3 に示す。試験開始から 30 分以内に CO_2 濃度比は約 0.1 まで低下し、おおよそ一定値で推移した。その後、 CO_2 濃度比は次第に上昇し、 CO_2 濃度比 1.0 に達した。 CO_2 濃度比が 1.0 に達するまでの時間、すなわち、 CO_2 の固定化可能時間は供試体高さの増加に伴い長くなった。ここで、 CO_2 濃度比が 1.0 になるまでに固定化した CO_2 量を「 CO_2 固定化量」と定義し、供試体高さと CO_2 固定化量の関係を図 4 に整理した。これより、 CO_2 固定化量は供試体高さにおおよそ比例することが明らかとなった。また、試験後の供試体の含水比は、全ての試験ケースにおいて約 0.7% まで低下した。これは、通気により、試料が乾燥したためであると考えられる。密閉容器を用いた二酸化炭素固定化試験⁴⁾では、 CO_2 固定化量は含水比に依存することが明らかとなっており、高炉徐冷スラグに関しては、 CO_2 固定化量が低下する原因の一つとして含水比の低下が考えられる。

4. 加圧脱水浄水汚泥の CO_2 固定化特性

加圧脱水浄水汚泥を用いた場合の試験条件および試験結果を表 3 に、 CO_2 濃度比の時間変化を図 5 に示す。試験開始か

ら 30 分以内に CO_2 濃度比は約 0.85 まで低下し、約 14 時間後には約 0.8 に達した。高炉徐冷スラグを用いた場合は、 CO_2 濃度比は約 0.1 まで低下した後に、おおよそ一定で推移したことに対して、加圧脱水浄水汚泥を用いた場合には、試験開始後約 30 分間で急激に CO_2 濃度比が低下した後にも徐々に CO_2 濃度比は低下した。加圧脱水浄水汚泥の 18 時間の CO_2 固定化量は $9.4 \times 10^{-3}\text{g}$ であり、高炉徐冷スラグを用いて高さ 30mm の供試体で試験を行った場合における 18 時間の CO_2 固定化量の約 1/5 であった。

5. 結論

本研究では、流量を制御した一定流量通気型二酸化炭素固定化試験を行い、通気条件下における高炉徐冷スラグと加圧脱水浄水汚泥の CO_2 固定化量を明らかにした。特に、高炉徐冷スラグに関しては、 CO_2 固定化量は供試体高さにおおよそ比例することを示した。

参考・引用文献 1) 環境省: <http://www.env.go.jp/>, (2011 年 4 月 6 日現在). 2) 神谷寛一, 東本守, 矢田誠, 那須博之: コンクリート廃材の炭酸化反応によるカルシウム源のリサイクルと二酸化炭素の固定, Journal of the Ceramic Society of Japan, Vol. 106, No. 7, pp. 719-723, 1998. 3) 黒田泰弘, 菊地俊文: 解体コンクリートによる二酸化炭素の固定, コンクリート工学論文集, 第 20 巻第 1 号, pp. 15-20, 2009. 4) 海野円, 小峯秀雄, 村上哲: 密閉容器を用いた各種廃棄物の二酸化炭素固定化特性に関する実験的調査と低炭素社会への貢献の可能性, 第 46 回地盤工学研究発表会, (投稿中).

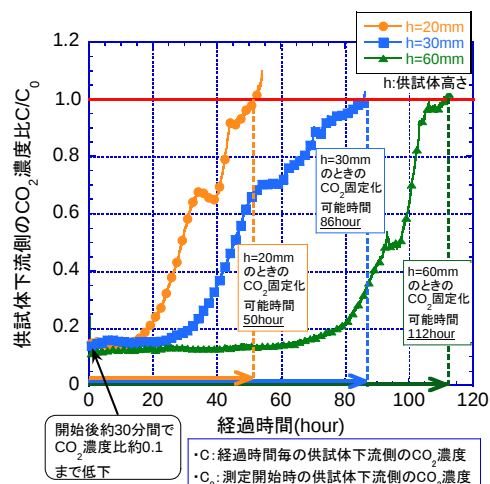


図 3 高炉徐冷スラグにおける CO_2 濃度比の時間変化

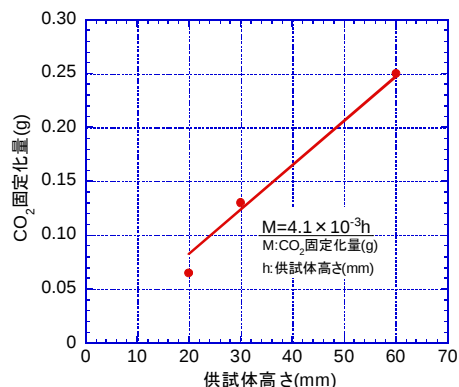


図 4 供試体高さと CO_2 固定化量の関係

試験条件					試験結果		
供試体高さ (mm)	初期含水比 (%)	試験後含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm^3)	流量 (L/min)	測定開始時の CO_2 濃度 (mg/L)	CO_2 固定化量 (g)	単位質量あたりの固定化量 (g)
30	2.12	1.29	0.66	0.05	592	9.4×10^{-3}	4.0×10^{-8}

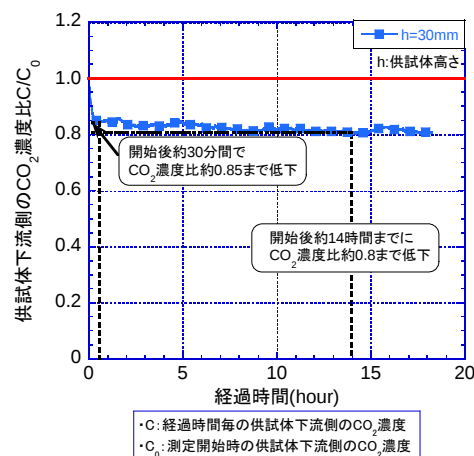


図 5 加圧脱水浄水汚泥における CO_2 濃度比の時間変化