

スラッジ水への CO₂ 固定装置及びその制御方法に関する検討 — G I 基金事業『CUCO』開発成果—

(株) 北川鉄工所 正会員 勝部英一 ○吉川俊作

鹿島建設 (株) 正会員 取達 剛

1. 目的

2050 年カーボンニュートラル社会の実現を目指す日本において、CO₂ 排出削減のための動きが急激に加速している中、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) に 2 兆円規模の「グリーンイノベーション (GI) 基金」が造成された。筆者らもコンソーシアム「CUCO (Carbon Utilized COncrete)」の一員として、生コンクリート製造時に発生する排水の処理装置に関する研究開発を進めている。

生コンクリート工場では、プラント洗浄水、現場で不要となったコンクリート等を起源とするセメント分を含むスラッジ水が発生するが、スラッジ水から固液分離されたセメントを主成分とする生コンスラッジの大半は、廃棄されているのが現状である。このスラッジ水については、セメントの水和反応を抑制する安定剤を添加した安定化スラッジとすることで水中のセメント分を、セメントの一部として再利用する技術¹⁾が提案されるなど、活用が検討されている。また、脱炭素コンクリートや CCU の開発が進む中、生コンクリート製造過程での CO₂ 固定化技術の研究、実用化が始まっている²⁾。スラッジ水についても CO₂ の固定源として活用、さらには CO₂ 固定スラッジ水の生コンクリート原料や CCU 材料としての利用が想定される中、本研究ではスラッジ水への CO₂ 固定化を効率よくかつメンテナンス性優れた装置の開発検討を行い、コンクリートの脱炭素化に貢献することを目的とする。

2. CO₂ 固定化装置の概要

開発を行っているスラッジ水 CO₂ 固定化装置の試験機概要(図-1 a)を示す。CO₂ とスラッジ水を反応させる容器は、内部に攪拌翼のある樽状の密閉容器を自転させる、いわゆる傾動式ミキサを採用した。CO₂ の供給は、反応容器の蓋から容器内気相に送り込む形とし、容器内部気相と、外部の大気は通気管を通して、常時出入りを繰り返す構造とした。傾動式ミキサは重力を利用することで、低負荷動力で攪拌することができる。そして、CO₂ を液相にバブリングする

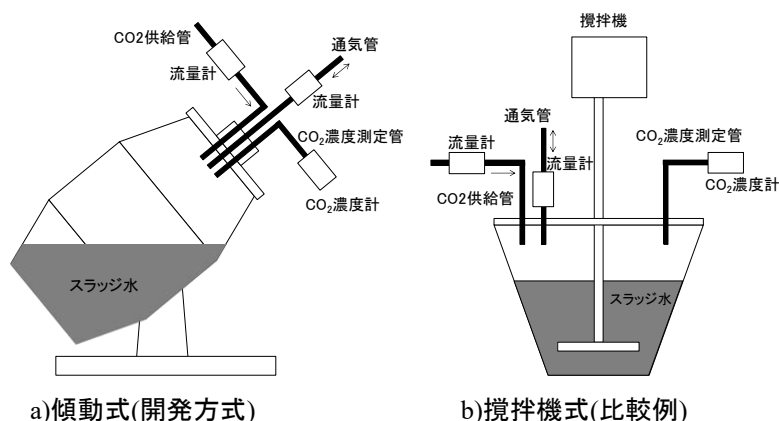


図-1 スラッジ水 CO₂ 固定化装置の試験機概要

のではなく、気相に送り込むことで、CO₂ 供給配管の目詰まりなく、ローメンテナンスでの運用が可能となると考えた。また、通気管からの CO₂ 漏洩を最小限に抑えるため、内部の CO₂ 濃度及び通気管の流量、流れ方向を監視しながら、CO₂ 供給速度を調整することとした。本稿では、63L のラボスケール試験機を用い、スラッジ水 CO₂ 固定化装置の基礎試験を実施したので、次章以降にて紹介する。

3. CO₂ 固定速度

スラッジ水 CO₂ 固定化装置の固定化速度評価を行った。試験方法は、①スラリー濃度 15%となるようセメント (3.53kg) を水 (20kg) に拡散させた模擬スラッジ水を投入した容器内に CO₂ を封入し、②気相部分の CO₂ 濃度が 80% に達したら、CO₂ の供給を止める。③気相に含まれる CO₂ がスラッジ水中の水酸化カルシウム等と反応し、CO₂ 濃度が減少するが、④CO₂ 濃度が 80% から 20% まで減少する経時変化の傾向から、固定速度の推移を評価した。また、比較対象として、円筒容器にスラッジ水を封入し、攪拌機で攪拌する方式(図-1 b)と比較を行った。

キーワード CUCO, スラッジ水, CO₂ 固定化, 装置, 制御方法

連絡先 〒726-8610 広島県府中市元町 77-1 (株) 北川鉄工所 キカワ サン テック カンパニー 0847-40-0515

表-1 CO₂ 固定速度評価試験 試験条件

	方式	回転数 (rpm)	容器 容積 (L)	模擬スラッジ水		
				水 (kg)	セメント (kg)	濃度 (-)
T-1	傾動式	35	63	20.00	3.53	15%
T-2	攪拌機式	450	45	20.00	3.53	15%

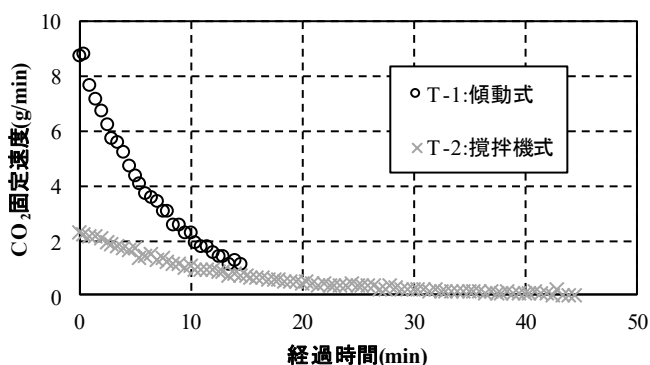
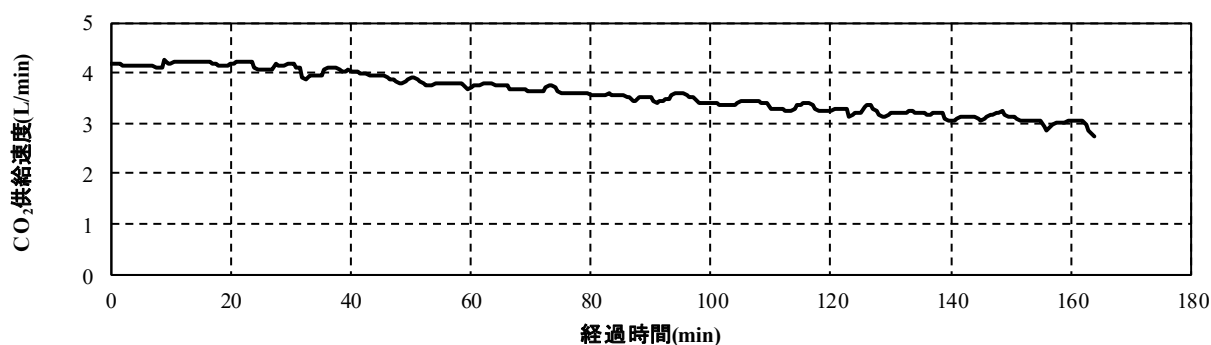
図-2 CO₂ 固定速度の経時変化

表-1 に試験条件，図-2 に CO₂ 固定速度の経時変化を示した．T-1 傾動式の方が，CO₂ 固定速度が速く，最大値で，8.8gCO₂/min となり，攪拌機式(2.3gCO₂/min)の約 3.8 倍の速さであった．また，T-1，T-2 とも試験開始直後に最大値をとり，時間経過とともに，徐々に低下傾向を示した．これは，容器内 CO₂ 濃度が減少することで，攪拌におけるスラッジ水中の水酸化カルシウム等と気相中の CO₂ の接触する機会が減少したためと推測される．

4. CO₂ 固定化装置の制御方法検討

スラッジ水 CO₂ 固定化装置の制御方法について検討を行った．開発中の装置は，容器内部の気相が通気管を通して大気に開放されており，CO₂ の供給速度が固定速度を上回れば，CO₂ が大気へ流出することになる．運転制御により，供給速度=固定速度を維持することができれば，CO₂ の流出を最小限に抑えながら CO₂ 固定が可能となる．試験方法は，容器内 CO₂ 濃度 80% で CO₂ 供給速度を調整し，通気管の流量を 0L/min で維持することとした．図-3 に CO₂ 固定化装置の通気管流量を 0L/min で維持した際の CO₂ 供給速度の経時変化を示す．試験開始直後は約 4.2L/min での CO₂ 供給速度であったが，時間経過とともに炭酸化が進行し徐々に CO₂ 固定速度が低下，試験終了時には約 2.7 L/min まで CO₂ 供給速度を絞ることで，通気管の流量を 0L/min で維持することが可能であった．本試験の結果として，通気管の流量を監視し，CO₂ 供給速度を調整すれば，無駄な CO₂ を大気に放出することなく，CO₂ 固定化装置を運用することが可能である．

図-3 CO₂ 固定化装置の通気管流量 0L/min で維持した際の CO₂ 供給速度の経時変化

5. まとめ

本検討により，傾動式による CO₂ 固定の有効性及び制御に関する知見を得ることができた．一方で，CO₂ 固定速度は容器内部 CO₂ 濃度を基にした推測値である．今後は，明確になっていない実際の CO₂ 固定量の評価が必要である．さらに CO₂ 固定量と負荷動力の関係性評価，最適な条件検討など，実用化に向けた検討も進める予定である．
謝辞：本成果は，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP21014）を受け，革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工技術及び評価技術の開発で得られたものである．

参考文献

- 1)勝部英一他：異なる環境温度で製造したスラッジ水高度利用コンクリートの評価，セメント・コンクリート論文集，Vol.75，P380-387 (2021)
- 2)佐々木幸一他：炭素循環型セメント製造技術の開発(その 5)生コンクリートへの CO₂ 固定化技術の開発，第 76 回セメント技術大会講演要旨 2022，P126-127 (2022)