

CO₂ 固定化性能を保有する各種副産物による潜在的カーボンキャプチャー効果の全国的推算

早稲田大学 正会員 ○小峯秀雄, 学生会員 横井亨朱, 学生会員 鈴木陽也
パシフィックコンサルタンツ (株) 正会員 斉藤泰久
(株) ミダックホールディングス 非会員 鈴木清彦
早稲田大学 正会員 王海龍, 正会員 伊藤大知

1. 目的

日本政府は、2020 年 10 月に 2050 年カーボンニュートラルを宣言し、2030 年度において温室効果ガスを 2013 年度から 46%削減することを目指し、さらには 50%の高みに向けて挑戦を続けていくことを表明した¹⁾。そこで著者らは、上記の国家的挑戦の支援を目的に、CO₂ と反応性のある遊離カルシウムを保有する都市事業系副産物（スラグや煤塵等）をカーボンキャプチャー（以降、CC と記す）新素材と考え、社会環境において、この視点で有効利用することを提言している^{2),3)}。著者らは現在、要素的な実験研究を通じて、様々な CC 新素材を見出し、CC 性能データベースの構築と拡充を進めている^{2),4)~6)}。本論文では、ペーパースラッジボイラーの煤塵 PSB、比較的高い CC 性能の煤塵 FC、廃コンクリートおよび製鋼スラグの CC 性能データベースを活用し、これらの副産物の日本における年間発生量の統計データと組み合わせて、各種副産物による潜在的カーボンキャプチャー効果を全国規模で推算した。

2. ペーパースラッジ焼却灰、煤塵、廃コンクリート、製鋼スラグの CC 性能データベース

著者らは、図 1 に示す著者らが独自に開発・改良を続けている装置を用いて、各種副産物・素材の CC 性能を測定してきた。そして、その実験データについて、参考文献 4)では、2020 年に入手した比較的高い CC 性能を持つ煤塵のデータを、参考文献 5)においては、廃コンクリートの CC 性能を、参考文献 6)では、製鋼スラグの CC 性能を報告してきた。また、参考文献 2)において、ペーパースラッジボイラーの煤塵ほかの様々な副産物・素材の CC 性能データを報告した。CC 性能データ測定の具体的な方法は、参考文献 2)を参照されたい。表 1 および表 2 は、既往研究^{2),4)~6)}において取得した各種副産物・素材の CC 性能データベースのプロトタイプである。これらの CC 性能は、各種副産物・素材の含水比状態や粒度分布、粒子の表面積・

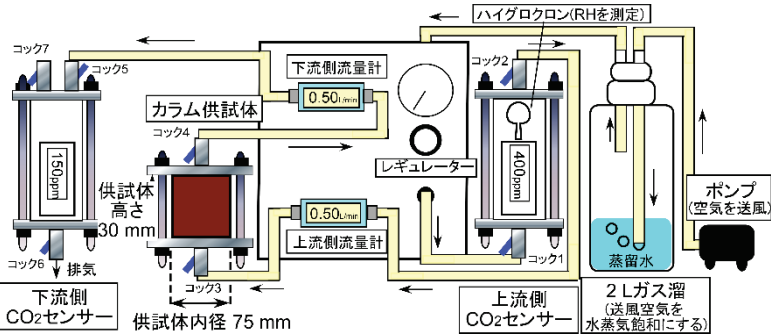


図 1 一定流量通気型 CO₂ 固定試験装置の概要

表 1 各種副産物・素材（煤塵）の CO₂ 固定化性能データ

試料	初期含水比 (%)	試験後含水比 (%)	供試体高さ (mm)	乾燥密度 (Mg/m ³)	相対湿度 (%)	CO ₂ 固定化時間 (hour)	単位乾燥質量当たりの CO ₂ 固定化量 (g- CO ₂ /g-sample)	参考文献
煤塵 PSB-1	14.0	8.56	30	0.33	90±5	704	0.079	小峯秀雄他 ²⁾
煤塵 PSB-2	10.1	13.5	30	0.41	90±5	719	0.136	
煤塵 FC	1.368	52.71	20	0.31	91	435.9	0.176	横井亨朱他 ⁴⁾
	19.70	42.52	20	0.26	92	431.3	0.173	
	27.63	29.52	20	0.24	91	343.1	0.174	
	37.49	52.81	20	0.30	91	430.6	0.172	
	51.79	42.09	20	0.30	90	445.2	0.173	
	54.46	34.34	20	0.33	90	505.1	0.120	

【実験条件】 供試体内径 75 mm, 送流量 0.5 L/min, 室内温度 25±1℃

キーワード カーボンニュートラル, 都市事業系副産物, CO₂ 固定, 脱炭素社会, カーボンキャプチャー
連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院 社会環境工学科 TEL03-5286-2940

表 2 各種副産物・素材（廃コンクリート、製鋼スラグ）の CO₂ 固定化性能データ

試料	初期 含水 比(%)	試験後含 水比(%)	供試体 高さ (mm)	乾燥密度 (Mg/m ³)	相対 湿度 (%)	CO ₂ 固 定化時 間 (hour)	単位乾燥質量当 たりの CO ₂ 固 定化量 (g- CO ₂ /g-sample)	参考文献
廃コンクリート (室内空気)	2.39	1.57	20	1.05	40±10	168	0.018	内田周作他 ⁵⁾
廃コンクリート (湿潤空気)	1.40	3.13	20	1.07	90±2	168	0.032	
廃コンクリート (乾燥空気)	1.52	0.79	20	1.24	2±1	168	0.0013	
エーijing製鋼 スラグ	8.47	0.98	20	0.97	未測 定	180	0.030	海野円他 ⁶⁾
未エーijing製 鋼スラグ	10.8	1.12	20	0.95	未測 定	180	0.041	

【実験条件】供試体内径 75 mm, 廃コンクリート:送流量 0.5 L/min, 室内温度 23±2℃, 製鋼スラグ:送流量 0.05 L/min, 室内温度 25±1℃

形状に依存するものと推察される．表 1, 2 に示す CC 性能は、現存する各種副産物・素材において、実際に CO₂ 固定量として実績のある測定事例と言う位置づけである．今後、データの精度向上と共に、様々な実験環境条件による CC 性能データを充実させていく予定である．

3. CC 性能データベースと副産物発生に関する統計データに基づく「日本の副産物・素材によるカーボンキャプチャー効果」の推算

表 1, 2 の CC 性能データベースと日本における副産物発生量・統計データに基づき、各種副産物・素材によるカーボンキャプチャー効果の推算結果を表 3 に示す．この推算結果の総論的な評価に妥当性があれば、各種副産物・素材に対して、カーボンキャプチャー性能と言う新しい付加価値を付与でき、あらたな有効利用方策の提案ができる．例えば、森林 1ha 当たりの CO₂ 固定量である 13.92(Mg/ha.year)²⁾と比較することにより森林によるカーボンキャプチャー効果相当を推算することも可能となる．

表 3 日本において発生する各種副産物・素材の年間発生量に基づくカーボンキャプチャー効果の推算結果

副産物・素材	年間発生量 (ton)	単位質量当たり CO ₂ 固定化 量(単位質量-CO ₂ /単位質量- sample)	年間・潜在 的総 CO ₂ 固定量 (Mg=ton)	備考・出典
ペーパースラッジ灰	4,313,000	0.08~0.14 表 1 の PSB-1, 2 のデータ	345,040~ 603,820	日本製紙連合会 2021 年度データ
煤塵	16,609,000	0.17 表 1 の煤塵 FC のデータ	2,823,530	環境省環境再生・資源循環局廃棄物規制課：令和 3 年度事業産業廃棄物排出・処理状況調査報告書令和 2 年度速報値
コンクリート塊	30,900,000	0.032 表 2 の廃コンクリート（湿潤空気）のデータ	988,800	環境省：令和 4 年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書
製鋼スラグ	12,883,000	0.03 表 2 のエーijing製鋼スラグのデータ	386,490	鐵鋼スラグ協会 2022 年 7 月

謝辞: 本研究の実験および結果の解釈の一部は、科学研究費・挑戦的萌芽研究 (研究課題/領域番号: 23656294, 低炭素社会に貢献する土質系廃棄物の二酸化炭素固定化の可能性調査) および早稲田大学・理工学術院総合研究所重点領域・持続的未來社会研究所の支援により実施した．ここに感謝いたします．

参考文献

1) 環境省：令和 4 年版 環境・循環型社会・生物多様性白書：第 2 章 脱炭素，循環経済，分散・自然共生という多角的な切り口によるアプローチ，https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r04/pdf/1_2.pdf, (2023 年 1 月 5 日閲覧)
2) 小峯秀雄，斉藤泰久，鈴木清彦：CO₂ 固定化素材を活用したカーボンキャプチャー都市環境創生に関する基礎研究，土木学会論文集，Vol. 79, No. 1, 22-00051, DOI: <https://doi.org/10.2208/jscej.22-00051>, 2023.
3) 斉藤泰久，小峯秀雄，鈴木清彦：カーボンキャプチャー社会システムの構築，土木施工，621(11), 69-72, 2021.
4) 横井亨朱，伊藤大知，小峯秀雄，王海龍，後藤茂，鈴木清彦，國弘彩，疋田貴大：焼却炉由来の煤塵による CO₂ 固定化における含水比と反応速度の関係性の実験の評価，令和 3 年度土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会，VII-14, 2021.
5) 内田周作，小峯秀雄，後藤茂，王海龍，鈴木清彦，杉本和聡，國弘彩：廃コンクリートの二酸化炭素固定化における相対湿度の影響評価，第 55 回地盤工学研究発表会，2020.
6) 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, pp. 469-478, <https://doi.org/10.3208/jgs.9.469>, 2014.