

炭素鉱物化技術を用いた炭酸カルシウムの品質とカーボンリサイクル・コンクリートへの適用

大成建設（株）技術センター 正会員○近藤祥太，正会員 大脇英司，正会員 宮原茂禎
（一財）カーボンフロンティア機構 技術開発部 大中 昭

1. はじめに

著者らはセメントを使用せず高炉スラグ微粉末と刺激材を結合材とし，さらに排ガスの二酸化炭素を吸収した炭酸カルシウムを使用することで，材料製造に係る CO₂ 排出量を“マイナス”としたカーボンリサイクル・コンクリートを開発し，その社会実装を進めている¹⁾．本稿では，CO₂ を資源として種々の炭素化合物として再利用する炭素鉱物化技術の一つであるキレート抽出剤を使用した炭酸塩化技術に着目し，フライアッシュや高炉スラグをカルシウム源として同技術により製造した炭酸カルシウムの品質を評価した．また，カーボンリサイクル・コンクリートへの適用性をモルタル試験により評価した．

2. 炭素鉱物化技術を用いた炭酸カルシウムの品質

本研究における炭酸カルシウム製造法（図 1）は，フライアッシュや高炉スラグ等の産業副産物からキレート抽出剤を使って効率良く金属イオンを抽出できるため，カルシウムの利用効率やエネルギー効率が高いことが特徴である．本技術ではカルシウム源として様々な材料や副産物を使用し炭酸カルシウムを製造できるが，本研究ではフライアッシュおよび高炉スラグを原料とした炭酸塩（以下，fcc および bcc）を製造し，その品質や適用性を市販の軽質炭酸カルシウム（pcc）と比較した．製造された炭酸塩の性状を表 1 に示す．各炭酸カルシウムの純度は fcc で 85.2%，bcc で 95.3%であった．メディアン径（D₅₀）は fcc が 5.6μm，bcc が 7.4μm と，いずれも市販の軽質炭酸カルシウムと同程度であった．図 2 に fcc および bcc の粒度分布を示す．粒度分布曲線からは両者ともに D₅₀ 近傍とサブミクロン領域（0.7~0.9μm）に 2 つのピークが確認された．この傾向は写真 1 に示した SEM 像からも観察でき，fcc では球状の微粒子が多く存在していた．フライアッシュを原料としていることから，フライアッシュの球状粒子の表面に微細な炭酸カルシウムが析出した可能性がある．

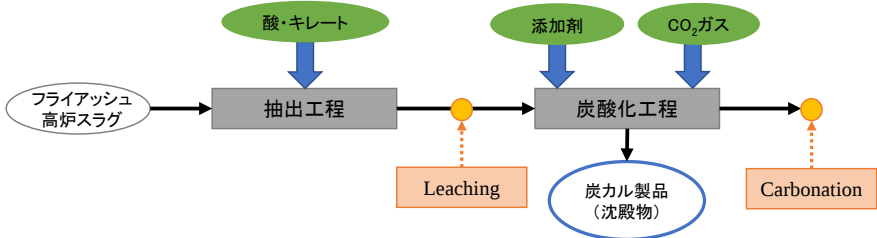


表 1 鉱物化技術を用いた炭酸カルシウムの性状

項目		fcc	bcc	pcc	参考※
ブレーン比表面積 (cm ² /g)		5,970	7,570	17,640	2,500 以上
密度 (g/cm ³)		2.50	2.68	2.67	—
メディアン径 (D ₅₀) (μm)		5.6	7.4	4.1	—
化学組成 (%)	CaCO ₃	85.2	95.3	99.2	90 以上
	MgO	2.90	0.87	0.3	5 以下
	SO ₃	1.80	0.71	0.0	0.5 以下
	Al ₂ O ₃	0.08	0.17	0.0	1.0 以下
湿分 (%)		0.9	0.3	0.3	1.0 以下
構成鉱物 (XRD)		calcite vaterite	calcite	calcite	—

※JCI-SLP「コンクリート用石灰石微粉末品質規格（案）」²⁾による

3. カーボンリサイクル・コンクリートへの適用性

カーボンリサイクル・コンクリートへの適用性をモルタル試験により評価した．使用したモルタルの配合を表 2 に示す．炭酸カルシウムによる品質の違いを確認しやすいように，水結合材比 55%，砂粉体比 2 に統一し，モルタルフロー（15 打）が 200±20（mm）となるように高性能 AE 減水剤の添加量を調整した．

表 3 にモルタルフロー試験結果

キーワード コンクリート，カーボンリサイクル，鉱物化，炭酸カルシウム，フライアッシュ，高炉スラグ
連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL：045-814-7221

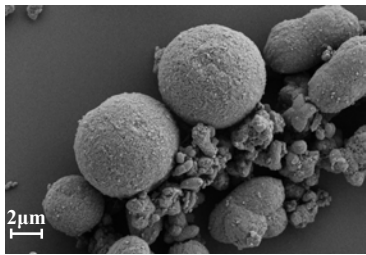
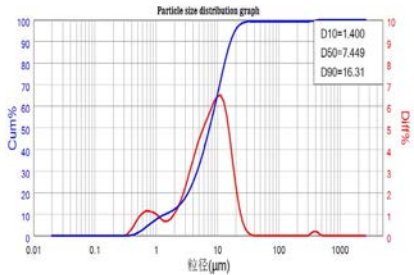
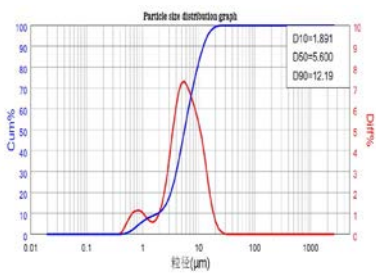


図 2 粒度分布

写真 1 fcc の SEM 像

表 2 モルタルの配合

配合	炭酸カルシウム	W/B %	S/P	水 (W)	粉体 (P)		砂 (S)	高性能 AE 減水剤 (P×%)
					カーボンリサイクル結合材 (B)	炭酸カルシウム		
FCC	fcc	55.0	2.0	211	383	308	1382	1.35
BCC	bcc			213	386	310	1393	1.70
PCC	pcc			213	387	311	1395	2.20

および、PCC を基準とした高性能 AE 減水剤の添加率の比を示す。FCC が 0.61，BCC が 0.91 であり，市販の軽質炭酸カルシウムと比較して少ない添加量で同等のモルタルフローを得ることができた。特に石炭灰を原料とした炭酸カルシウムは球状の粒子を多く含むため，モルタルの流動性向上に寄与したと推察される。

流動性を確認した後，φ50×100mm の型枠に打ち込み，圧縮強度試験用の供試体を作製した。図 3 に圧縮強度試験結果を示す。FCC，BCC とともに，PCC と比較して材齢 7 日，28 日ともに 2 割程度強度が低下したが，材齢 28 日では 40N/mm² 以上の圧縮強度があり，十分な強度を有していた。流動性および圧縮強度からは，本試験で用いた炭酸カルシウムはコンクリート材料としての適用性を有していると判断された。

表 3 減水剤比およびフロー試験結果

	FCC	BCC	PCC
モルタルフロー (mm, 15 打)	196	191	209
減水剤比 (PCC を 1)	0.61	0.91	1

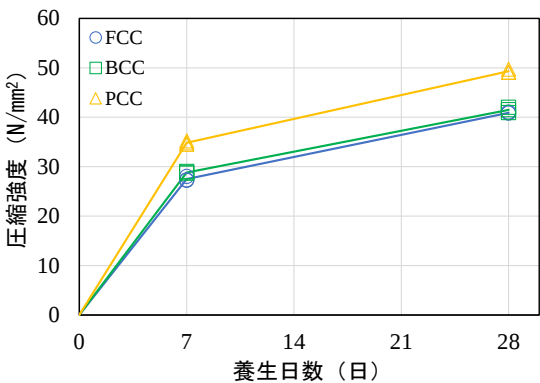


図 3 圧縮強度試験結果

4. まとめ

フライアッシュや高炉スラグを原料として，キレート抽出剤を使用した技術により製造した炭酸カルシウムの品質および，モルタル試験によるカーボンリサイクル・コンクリートへの適用性を評価した。炭酸カルシウム純度 85% 以上で，特に fcc は球状の微粒子を多く含むものであった。またモルタル試験結果より，市販の軽質炭酸カルシウムを使用した場合と比較して，所定の流動性を得るための化学混和剤の使用量を削減できること，コンクリートとして用いる上で十分な強度発現が期待できることが明らかとなった。

なお，本研究は，一般社団法人カーボンリサイクルファンドの研究助成により実施したものである。関係各位に感謝致します。

参考文献

- 1) 大成建設 HP : <https://www.taisei.co.jp/portal/tech/commentary/02.html> (2023.03.31 確認)。
- 2) コンクリート工学協会 : JCI 規準集 1977-2002 年度, pp.465-467, 2004。