

一般廃棄物焼却灰をカルシウム源とした二酸化炭素の固定

鹿島建設(株) 正会員 ○鈴木祐麻 河合達司 上島 裕 篠原智志 田中真弓

1. 背景および目的

焼却による減容が一般廃棄物の主な処理方法である我が国では、毎年約 280 万トンの焼却灰が最終処分場に埋め立てられている¹⁾。焼却灰に含まれる重金属類は浸出水の水質悪化を招くことから、これらの有害物質の不溶化を目的とした炭酸化処理は以前から多く検討されてきた。しかし近年では、高いアルカリ性を示すと同時に Ca を多く含む焼却灰を CO₂ の固定化材として活用する研究報告例も多く、処分場全体を CO₂ の固定場とみなす考え方も広まりつつある。

CaCO₃ の生成により CO₂ が焼却灰に固定されることを踏まえると、焼却灰に含まれる Ca と水中の CO₃²⁻ の接触効率を高めることが CO₂ の固定量増加には必要である。しかし、生成した CaCO₃ の沈殿が焼却灰を覆うことで Ca と CO₃²⁻ の接触効率が低下し、その後の CaCO₃ 生成が妨げられる研究事例も近年報告されている²⁾。そこで本研究では、ウルトラファインバブル (UFB) が有する固着塩剥離³⁾効果により CaCO₃ の被覆抑制を試みた。そして、CO₂ の固定量増加およびメカニズムに関する若干の知見を得たのでその結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 使用した焼却灰と UFB 水

本研究で使用した焼却灰は、都内の一般廃棄物焼却場から採取した飛灰 (Ca 含有量 28 wt.%) である。UFB 水は、CO₂ を 10 vol.% 含む模擬排ガスを市販の UFB 発生装置に通すことで製造した。NanoSight LM-10 (Malvern Panalytical 社) を用いた分析により、製造した UFB 水には平均粒径が 84 nm の UFB が 2.2×10⁸ 個/mL の濃度で含まれることが分かっている。

2.2 炭酸化処理

フィルターで出入口を仕切ったカラムに飛灰を 5.0 g 入れ、UFB 水あるいは模擬排ガスと 3 時間以上接触させることで CO₂ を十分に溶解させた水 (以後、CO₂ 溶解水と呼ぶ) を 10 mL/分の流量で通水して飛灰の炭酸化処理を行った。通水中はカラムを通過した水 (以後、透過液) の pH および電気伝導度 (EC) をモニタリングし、pH が 8.5 まで低下したら通水を終了し、CaCO₃ として固定された CO₂ の量を熱重量分析により測定した。また、X 線回折 (XRD) および走査電子顕微鏡 (SEM) により炭酸化処理後の焼却灰の分析を行った。

3. 実験結果

3.1 炭酸化処理

炭酸化処理を行った際の pH および EC の経時変化を図-1 に示す。CO₂ 溶解水を用いて炭酸化を行った場合は、pH は 12.1 にまで上昇した後に徐々に低下し、4.7 L の通水量で 8.5 まで低下した。その一方で UFB 水を用いた場合は 4.7 L を通水した時点では pH11.6 と高い pH を保っており、pH が 8.5 まで低下するのにさらに 1.9 L の通水を必要とした。CO₂ 溶解水と UFB 水の通水前 pH はどちらも 4.5 である。つまりこの pH の差は、CO₂ 溶解水を使用した場合は何らかの理由によりアルカリの溶出が妨げられていること、そして UFB 水を使用することでアルカリの溶出を妨害する要因を除去できたことを示唆している。このように UFB 水を用いることにより pH の挙動には違いがみられたが、EC には大きな違いはみられなかった。

炭酸化処理を行う前後の焼却灰に含まれる CO₂ 含有量を図-2 に示す。処理前には 59 mg/g であった CO₂ の含有量が CO₂ 溶解水を用いた炭酸化処理により 192 mg/g に増加した。つまり、炭酸化処理により CO₂ の含有量が 133 mg/g 増加した。しかし、UFB 水を用いることで CO₂ の含有量は更に増加して 230 mg/g となり、処理

キーワード カーボンニュートラル、飛灰、炭酸カルシウム、ウルトラファインバブル、剥離

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

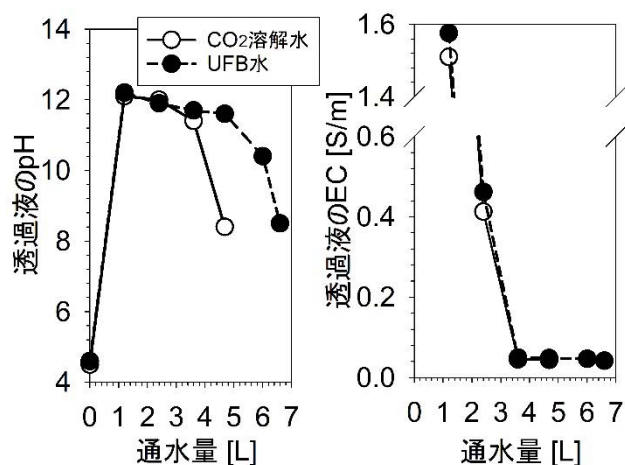
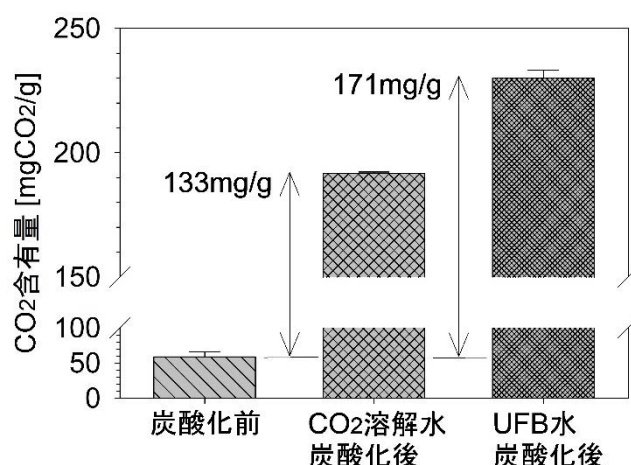


図-1 炭酸化处理を行った際の pH および EC の経時変化

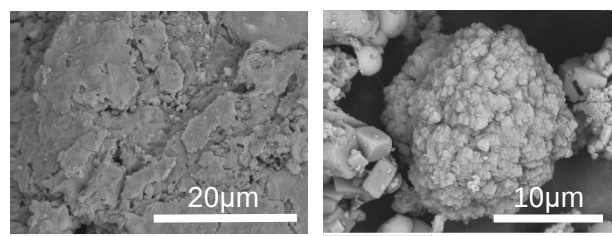
図-2 炭酸化处理前後の CO₂ 含有量

による CO₂ 含有量の増加は CO₂ 溶解水を用いた場合と比べて 29%上昇した。

3.2 XRD および SEM 分析

XRD 分析により、炭酸化处理を行う前の焼却灰に含まれる結晶性物質は KCl、NaCl、CaClOH、および CaCO₃ であることが分かった。また、焼却灰を超純水に 10 分間浸漬することで KCl および NaCl は全て溶解除去されること、そして CaClOH は溶解した後に Ca(OH)₂ として再沈殿することが分かった。次に、CO₂ 溶解水を使用して炭酸化处理を行った場合の焼却灰を分析した結果、図-2 から

予想された通り CaCO₃ (カルサイト) のピーク強度が増加した一方で、Ca(OH)₂ のピークも若干ではあるが検出された。本実験では通水を終了する基準を pH8.5 に設定したが、この pH における Ca(OH)₂ の溶解度は非常に高い。つまり、炭酸化处理を行った後も Ca(OH)₂ が残存することを示す XRD の結果は、炭酸化处理に伴う生成物により飛灰粒子が被覆され、その結果 Ca(OH)₂ の溶出が妨げられたことを意味している。実際、CO₂ 溶解水を使用して処理を行った焼却灰からは粒子全体を覆うような沈殿物の存在 (図-3(左)) が多く確認された。その一方で、UFB 水を使用して処理を行った焼却灰の XRD パターンからは Ca(OH)₂ のピークは検出されず、図-3(左)のような沈殿物による被覆も頻繁には確認できなかった (図-3(右))。これらのことから、UFB が有する固着塩剥離³⁾効果により CaCO₃ の被覆形成が抑制された結果、CO₂ の含有量が増加したと結論づけた。

図-3 炭酸化处理を行った焼却灰の SEM 画像
(左) CO₂ 溶解水 (右) UFB 水

4. まとめ

UFB により Ca(OH)₂ の溶解量が増加して飛灰の炭酸化が 29%促進された。つまり、飛灰に CO₂ を固定する手法として UFB の利用が効果的であることが分かった。

参考文献

- 1) 環境省環境再生・資源循環局 https://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/r2/data/disposal.pdf (閲覧日 令和5年3月3日)
- 2) J. Chen, C. Fu, T. Mao, Y. Shen, M. Li, X. Lin, X. Li, J. Yan, Study on the accelerated carbonation of MSWI fly ash under ultrasonic excitation: CO₂ capture, heavy metals solidification, mechanism and geochemical modelling, Chem. Eng. J. 450 (2022) 138418.
- 3) Y. Mikasa, N. Yamawaki, H. Shida, H. Okumura, S. Akamatsu, Y. Nishiuchi, T. Hata, Study on fixed salt removal effect by fine bubbles, MATEC Web of Conferences. 333 (2021) 02009.