

特別企画

マイクロ波によるCO₂吸収焼結体の 研究開発～CO₂-TriCOM～

Research and development of CO₂ absorption sintered bodies
using microwave



中国電力株式会社

THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO.,INC.

〒730-8701 広島市中区小町 4 - 33, e-mail:264723@pnet.energia.co.jp

広島大学

HIROSHIMA UNIVERSITY

中国高圧コンクリート工業

CHUGOKU KOATSU COCRETE INDUSTRIES CO.,LTD

中部大学

CHUBU UNIVERSITY

○香川 慶太

Keita Kagawa

宮本 将太

Shota Miyamoto

河合 研至

Kenji Kawai

小川 由布子

Yuko Ogawa

天道 一成

Kazunari Tendo

畝川 了

Satoru Segawa

檜村 京一郎

Keiichiro Kashimura

1. はじめに

CO₂-TriCOM (シーオーツートリコム) とは、火力発電所から発生する石炭灰 (フライアッシュ : Coal ash) に加え、コンクリート電柱をリサイクルする際に発生する廃コンクリート粉 (Concrete waste) をカーボンリサイクルの鉱物化に分類される土木工事用の資材として再生させるリサイクル技術である。フライアッシュに加え、廃コンクリート粉を混合し、火力発電所から発生する CO₂ を加え、マイクロ波による加熱で焼結するとともに、廃コンクリート粉に含まれる酸化カルシウム (CaO) と CO₂ を反応させ、炭酸塩 (CaCO₃) を生成、CO₂ を固定化する。CO₂-TriCOM の命名については、3 つの CO を取り込んだ材料という意味から Triple CO Capture Material とし、それを略して TriCOM としている。CO₂-TriCOM のイメージを図 1 に示す。

石炭火力発電所で発生する石炭灰は、フライアッシュとクリンカアッシュに大別される。フライアッシュは主にフライアッシュコンクリート等に使用されるが、クリンカアッシュは緑化基盤材、軽量盛土材、排水材などの幅広い用途がある¹⁾。本技術により生成された焼結体は、クリンカアッシュに近い物理性状を示すため、軽量盛土材、緑化基盤材等として幅広く利用されることが期待される。

本研究については、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) が公募した「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/CO₂ 排出削減・有効利用実用化技術開発/コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへの CO₂ 利用技術開発/マイクロ波による CO₂ 吸収焼結体の研究開発 (CO₂-TriCOM)」に、中国電力株式会社、国立大学法人広島大学及び中国高圧コンクリート工業株式会社の共同で応募し、2020 年 7 月に採択された。また、中国高圧コンクリート工業株式会社の再委託先として学校法人中部大学が参画している。研究実施体制を図 2 に示す。

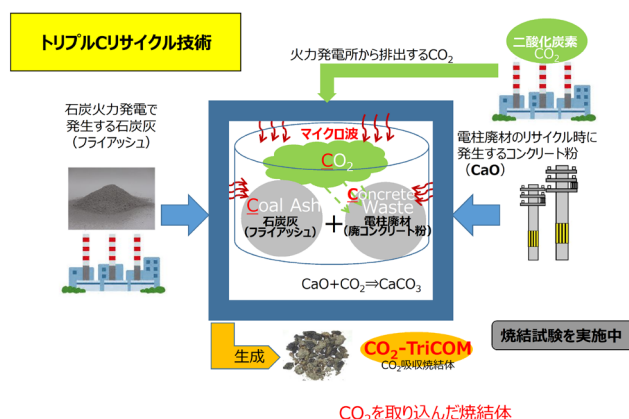


図 1 : CO₂-TriCOM のイメージ

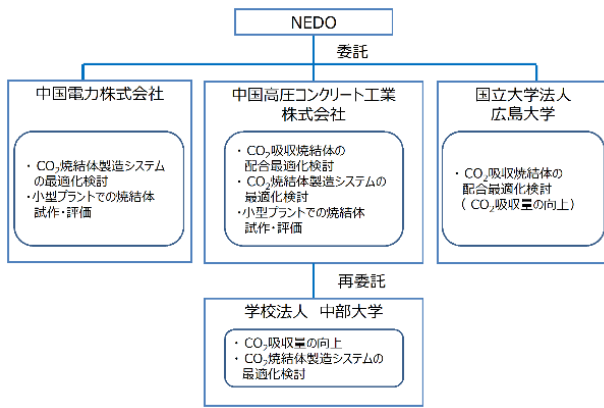
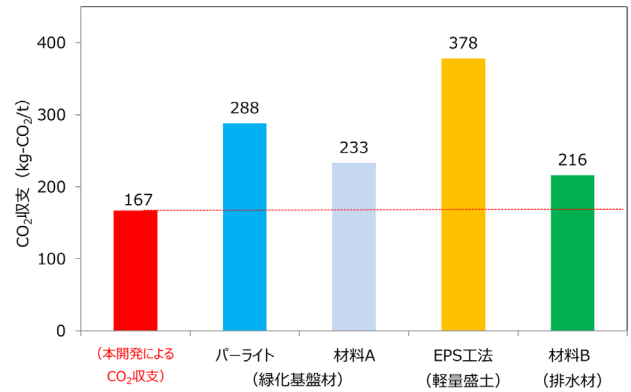


図2：研究実施体制

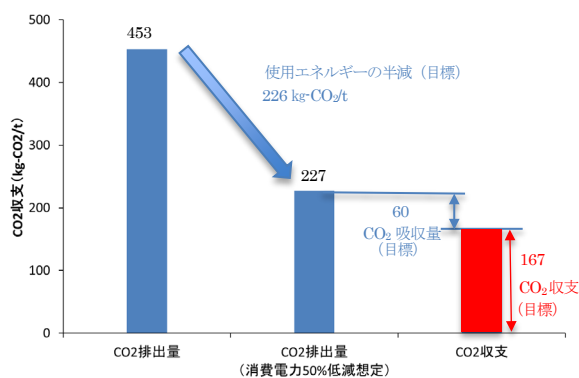
図4：CO₂-TriCOM と他の土工材のCO₂収支比較

2. 研究開発の目標

前述の通り、本技術は、フライアッシュと廃コンクリートの焼結に、マイクロ波加熱を利用している。この選定理由は、マイクロ波には「短時間での加熱が可能（高速加熱）」「試料を内部まで速やかに加熱（内部加熱）」「加熱したい部位を選択加熱が可能」で、熱伝導の悪い物質の加熱効率に適する特徴に着目したからである²⁾。

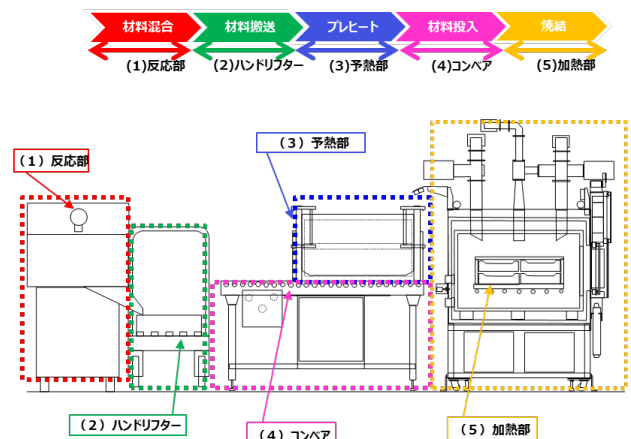
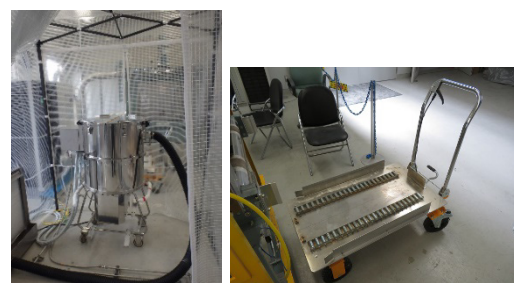
しかし、研究開発段階での試算では、マイクロ波を使用しても、消費エネルギーは大きく、CO₂排出量は焼結体 1t 当たり 453 kg となる見通しであった。これでは他の土木材料と比較し、CO₂収支 (CO₂排出量-CO₂吸収量) の面で不利であった。そこで、焼結体 1t 当たりの CO₂排出量を半減させるとともに、焼結体 1t 当たりの CO₂吸収量を 60 kg とすることにより、CO₂収支を 167 kg/t とすることを研究開発の目標としている。

CO₂-TriCOM の CO₂収支を図3に、他の土工材とのCO₂収支比較を図4に示す。

図3：CO₂-TriCOM のCO₂収支目標

3. 小型プラントについて

2020～2021 年度まで、マイクロ波出力 1.5kW～6kW 級のベンチスケール試験を実施し、そのスケールアップとして、マイクロ波出力 30kW 級の小型プラントを設計、製作し、2022 年 6 月末に中国電力のエネルギー総合研究所に設置した小型プラントの構成・作業のフローについて図5に示し、外観を図6、7に示す。

図5：CO₂-TriCOM の小型プラント (30kW 級)

(1) 反応部

(2) ハンドリフター

図6：小型プラントの外観1



図 7：小型プラントの外観 2

小型プラントは、反応部、ハンドリフター、予熱部、コンベア部、加熱部で構成されている。

反応部では、フライアッシュと廃コンクリートを混合するとともに、CO₂を含んだ模擬排ガスを供給し、焼結前の炭酸化の試験を可能としている。

反応部で混合した試料を、ハンドリフター上に設置したムライト製のトレーに供給し、そのトレーごとコンベア部に設置した予熱部へと搬送する。

予熱部は、発電所の排熱等による試料の予熱を模擬するため電気ヒータにより、300℃程度まで昇温可能である。

予熱を実施した試料を、コンベアにより加熱部（マイクロ波加熱炉）に供給する。加熱部は 6kW のマグネトロン 5 基により、30kW のマイクロ波加熱が可能である。また、マイクロ波加熱中および試料冷却中に CO₂ を吸収させる目的で、加熱部内にも CO₂ を含む模擬排ガスを供給可能としている。

4. 試作した焼結体について

小型プラントを使用し、フライアッシュ、廃コンクリートの配合を変更しながら、焼結試験を実施している。焼結直後の焼結体を図 8 に、冷却・破砕した焼結体を図 9 に、細かく破砕した焼結体を図 10 に示す。



図 8：焼結直後の焼結体



図 9：冷却・破砕した焼結体



図 10：細かく破砕した焼結体

図 8 は 1,200℃程度まで昇温した直後の様子であり、赤熱し、溶融している様子が見られる。

図 9 では焼結体内部に細孔が見られ、多孔質な焼結体であることが確認できる。

図 10 では、焼結体を細かく破砕すると、クリンカアッシュに似た形状をしていることが確認できる。

5. まとめ

本技術により製造する焼結体は、クリンカアッシュ代替材として、需要は多い。今後は、CO₂収支の評価を実施するとともに、クリンカアッシュと同等の物理性状を有し、クリンカアッシュ代替材として使用可能であることを評価する。

商用化時には 5 万 t/年の製造を目標とし、2030 年度の商用化を目指し、さらなる研究を継続する。

【参考文献】

- 1) 若槻義孝、田中等ら：クリンカアッシュの材料特性と適用性，地盤工学ジャーナル p271-285 Vol.2, No.4(2007)
- 2) T. Fujii, K. Kashimura, H. Tanaka: Microwave sintering of fly ash containing unburnt carbon and sodium chloride, /Journal of Hazardous Materials/, 369 (2019) 318–323