

マイクロ波を用いた日本初の CO<sub>2</sub>リサイクル技術：CO<sub>2</sub>-TriCOM

中国電力(株)	○香川 慶太	正会員	中本 健二
	正会員 河内 友一		田中 慎也
広島大学	フェロー会員 河合 研至	正会員	小川 由布子
中国高圧コンクリート工業(株)	中尾 宏治		大本 尚樹
中部大学	樫村 京一郎		

## 1. はじめに

脱炭素社会に向けた大きな流れとして、運輸部門での電気自動車、燃料電池自動車の普及等の脱化石燃料の推進に加え化石燃料から出る二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)をカーボンリサイクル技術での回収・固定化といった方法などが推進されている。また、2011年の東日本大震災以降、原子力発電所のほとんどが停止され、火力発電所への依存度が増加し、火力発電所の高効率化や排出されるCO<sub>2</sub>回収・固定化の技術開発は急務となっている。

今回は、その取り組みの中から、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「通称：CO<sub>2</sub>-TriCOM(シーオーツートリコム)」について技術の概要と今後の研究開発の進め方について報告する。

2. CO<sub>2</sub>-TriCOMについて

CO<sub>2</sub>-TriCOMとは、火力発電所から発生するCO<sub>2</sub>及び石炭灰に加え、電気事業に伴って発生する電柱廃材の廃コンクリート粉を混合し、マイクロ波による加熱で焼結する過程で廃コンクリート粉に含まれる酸化カルシウム(CaO)とCO<sub>2</sub>が反応し、炭酸塩(CaCO<sub>3</sub>)を生成することにより、CO<sub>2</sub>を固定化する技術である。命名の由来は、石炭火力発電所由来の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、石炭火力発電所から排出される石炭灰(Coal Ash)、電柱廃材としての廃コンクリート粉(Concrete waste)の3つ(Triple)のCOを捕まえる材料(Material)という意味で、頭文字を集め、CO<sub>2</sub>-TriCOMとしている。CO<sub>2</sub>-TriCOMに適用するマイクロ波加熱法は、アスベストの無害化処理等で実績があり、マイクロ波の特徴である「内部加熱・高速加熱」により、石炭灰に対して、外部から内部まで均等かつ短時間で加熱が可能である。そのため、従来の熱伝導による加熱に比べて効率的な処理(電力量の削減=製造時におけるCO<sub>2</sub>発生量の削減)を達成でき、炭素燃焼やCaCO<sub>3</sub>分解を抑制する効果を得る。CO<sub>2</sub>-TriCOMの生成イメージを図1に示す。これまで、石炭火力発電所の廃棄物としてその処理が課題となっており、種々の有効活用手法が検討されていた石炭灰であるが、電柱廃材と共にCO<sub>2</sub>を「取り込む」ことで、新たな製品として生まれ変わらせる画期的なカーボンリサイクル技術である。中国電力では、2015年よりグループ企業である中国高圧コンクリート工業株式会社と共同で、このCO<sub>2</sub>-TriCOMの研究開発に取り組んでおり、実験室レベルでのCO<sub>2</sub>吸収焼結体の製造に成功している。CO<sub>2</sub>-TriCOMによるCO<sub>2</sub>吸収効果は、石炭灰と廃コンクリート粉の混合物を焼結させる過程で、廃コンクリート粉の30%がCO<sub>2</sub>吸収するものとする、焼結体1t当たり60kg-CO<sub>2</sub>となる。ここで、石炭灰の種類について述べる。石炭灰は、図2に示すように、ボイラ内壁に熔融・付着した灰分を溶解し、急冷・粉碎したクリンカアッシュ、燃焼排ガスに含まれており、電気集じん機、空気予熱器、節炭器等で回収されるフライアッシュに分類される。このうち、CO<sub>2</sub>-TriCOMでは、フライアッシュを用いる。クリンカアッシュは、急冷・粉碎した軽量、多孔質の砂状物質であり、水を通しやすく砂より軽い特徴を有している。また、重金属等の溶出面で土壌環境基準を満足することから、道路路盤材(軽量盛土)、屋上緑化基盤材、排水材等土木工事に広く活用されている。一方でCO<sub>2</sub>-TriCOMの構成材料となる石炭灰は前述の通りフライアッシュであり、クリンカアッシュと異な

キーワード CO<sub>2</sub>-TriCOM 焼結体 マイクロ波

連絡先 〒730-8701 広島市中区小町4-33 中国電力(株)電源事業本部 石炭灰有効活用 TEL082-545-1543

り、重金属の溶出の面から用途が限定されることから、現状では、セメント分野等が主な活用先になっている。このようにクリンカアッシュの方が用途は多いものの、石炭火力発電所で発生する石炭灰の9割がフライアッシュであり、クリンカアッシュは1割程度と少ない。しかし、CO<sub>2</sub>-TriCOMによりフライアッシュから砂に近い粒径のCO<sub>2</sub>吸収焼結体の製造に成功すれば、水を通しやすく砂より軽いクリンカアッシュに代わる土木材料として利用可能となる。以上のように、CO<sub>2</sub>-TriCOMは石炭火力発電所由来のCO<sub>2</sub>を固定化するとともに、その生成物に多様な用途が見込まれることから、石炭火力発電所における有望なカーボンリサイクル技術である。

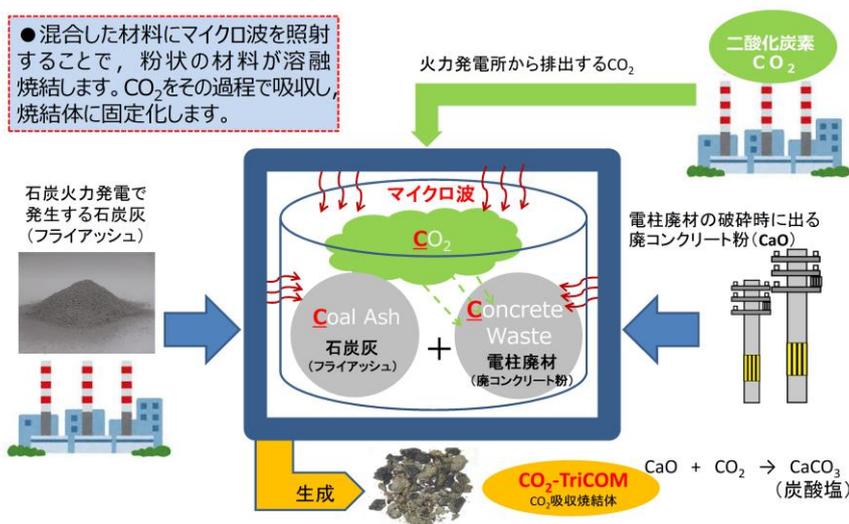


図1 CO<sub>2</sub>-TriCOMの生成イメージ

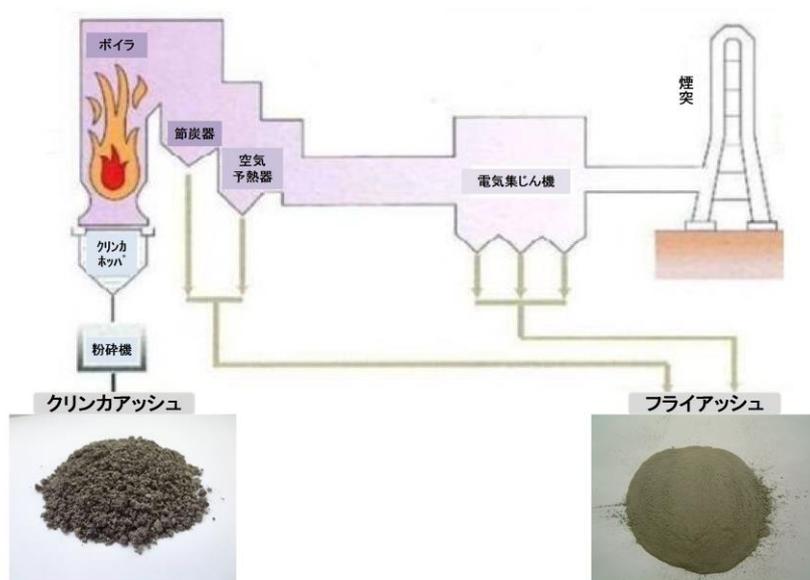


図2 石炭火力発電所からの石炭灰発生箇所

### 3. 技術開発のロードマップ

CO<sub>2</sub>-TriCOMに関して、さらに研究を推し進めるため、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/CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実

用化技術開発/炭酸塩，コンクリート製品，コンクリート構造物へのCO<sub>2</sub>利用技術開発/マイクロ波によるCO<sub>2</sub>吸収焼結体の研究開発（CO<sub>2</sub>-TriCOM）」に中国電力株式会社，中国高圧コンクリート工業株式会社及び国立大学法人広島大学の共同で応募し，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との共同研究として，学校法人中部大学が参画している。今後，2022年度まで，NEDO事業により開発・実証試験を進めることで，本技術を確立し，2030年度の実用化を目指す。2021年春から，小型プラントの設置準備を開始し，試作品を製造しながらCO<sub>2</sub>吸収量が最大となる最適配合検討や品質確認及び製造コスト削減検討などを実施中である。その研究体制を図3に示す。また研究のスケジュールを図4に示す。2020年度より，CO<sub>2</sub>吸収焼結体の配合最適化検討およびCO<sub>2</sub>吸収製造システムの最適化をベンチスケールの試験装置で実施する。またあわせて，パイロットスケールの試験装置の設計・製作を実施し，2022年度に試験を実施する。今後，実用化に向けては，マイクロ波によるCO<sub>2</sub>焼結体製造システムの高効率化と共に，適切に発電所

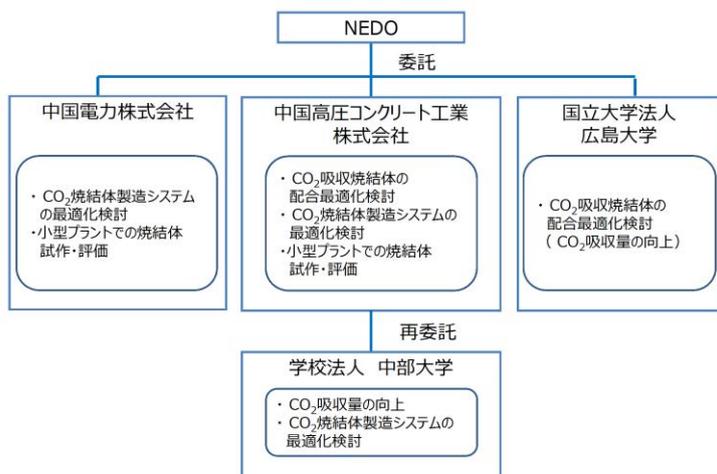


図3 研究体制

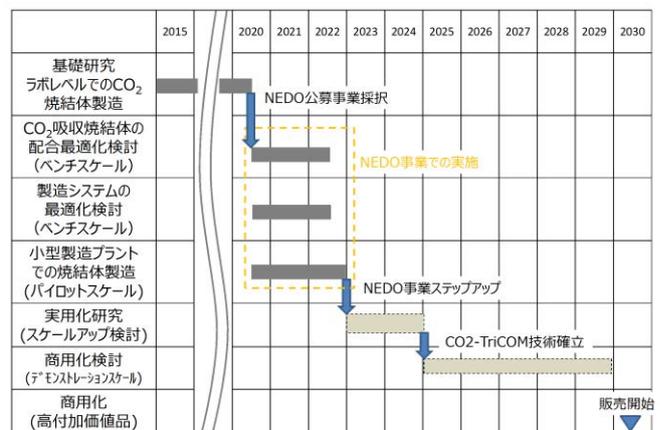


図4 開発技術の実用化までのスケジュール

排ガス，石炭灰，廃コンクリートを供給するプラントの構成を検討，作成していくことが必要となる。

また，研究開発の目標を，表1に示す。廃コンクリートに吸収されること等により，焼結体に取り込まれるCO<sub>2</sub>の吸収量を焼結体1t当たり60kg以上を目指す。さらにマイクロ波加熱をすることにより，他のクリンカッシュ代替の土工材よりも消費エネルギーが大きくなることを見込まれることから，消費電力の半減を目指す。具体的には鉄化合物の添加によるマイクロ波加熱効率の向上，NaCl等を添加することによる石炭灰の融点の低下，発電所の排熱の有効利用による石炭灰の予熱等を検討している。現在は，これらの技術をベンチスケール試験装置で実施し，2021年度に製作する小型製造プラントへの反映を目指す。

表1. CO<sub>2</sub>-TriCOMの研究開発の目標

CO <sub>2</sub> の吸収量	消費電力	小型プラントでの焼結体生成
60 kg-CO <sub>2</sub> /t	50%削減	左記の目標値をクリア

#### 4. おわりに

本技術の研究開発が進むことにより，CO<sub>2</sub>を含めた電気事業に伴い発生していた副次的廃棄物が，より多くの環境にやさしい新たな資源として生まれ変わることが期待できる。

今後，CO<sub>2</sub>-TriCOMの実用化にあたっては，5万t/年のCO<sub>2</sub>吸収焼結体製造を目指している。その場合のCO<sub>2</sub>吸収量は3千t-CO<sub>2</sub>/年が見込まれる。本技術の実用化に成功すれば，他の事業者にも積極的な技術導入を働きかけ，多くの石炭火力発電所で本技術を採用することで，CO<sub>2</sub>削減効果や環境への負荷軽減効果がより大きくなることを期待している。