

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「低炭素社会の実現とエネルギーの高効率利用に関する研究」

研究課題名「脱炭素社会に向けた炭酸塩化を利用した

カーボンリサイクルシステムの開発」

採択年度：令和2年（2020年）度/研究期間：5年/

相手国名：南アフリカ共和国

令和2（2020）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

年 月 日から 年 月 日まで

JST側研究期間^{*2}

2020年 8月 1日から2026年 3月31日まで

(正式契約移行日 2021年10月 1日予定)

*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた年度末

研究代表者：飯塚 淳

東北大学 多元物質科学研究所・准教授

I. 国際共同研究の内容 (公開)

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	2020年度 (8ヶ月)	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度 (12ヶ月)
1. 廃コンクリート等の直接炭酸化 (MCC&U1) 技術開発 1-1 廃コンクリート発生場所の調査と収集・運搬方法に関する検討 1-2 廃コンクリートの物理化学的性状の分析 1-3 炭酸化条件の影響の把握 1-4 副産物の再利用先の確立 1-5 全体の炭酸化反応の理論的な解析 1-6 GHG削減量の試算とLCA評価 1-7 評価と技術展開・ビジネスプランに向けた課題抽出						
2. コンクリートスラッジ等の間接炭酸塩化技術 (MCC&U2) のパイロットプラントの運転 2-1 コンクリートスラッジの収集システムの確立とLCA評価 2-2 パイロットプラントの導入 (1 m ³ -size reactor) 2-3 パイロットプラントの運転 (最適条件検討・副産物に関する検討) 2-4 評価と技術展開・ビジネスプランに向けた課題抽出						
3. バイポーラ膜電気透析による炭酸塩化技術 (MCC&U3) の開発 3-1 利用可能なスラグやフライアッシュ等の物理化学的性状の分析 3-2 廃棄物からのCa/Mg抽出条件の最適化 3-3 副産物の分析と再利用先の確立 3-4 炭酸塩析出条件の最適化 3-5 バイポーラ膜電気透析による酸・アルカリの再生条件の最適化 3-6 全体の炭酸塩化反応の理論的な解析 3-7 パイロットプラント導入のための評価						

<p>4. 社会実装に向けた検討</p> <p>4-1 MCC&U1技術（廃コンクリート等）の実装のための炭素/資源リサイクルループと資金支援に関する検討</p> <p>4-2 MCC&U2技術（コンクリートスラッジ等）の実装のための炭素/資源リサイクルループと資金支援に関する検討</p> <p>4-3 MCC&U3技術（その他の廃棄物）の実装に向けた官民合同技術ワークショップの開催</p> <p>4-4 MCC&U技術を用いたCO₂排出量削減量の算出方法に関するワークショップの開催</p>						
--	--	--	--	--	--	--

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

該当なし

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

本プロジェクトは暫定期間中であり、主に代表研究機関である東北大学で研究活動を推進した。また、新型コロナウイルスの感染拡大により、相手国への渡航ができない状況であり、打合せは全てオンラインによって行った。相手国である南アフリカ共和国における CO₂ 削減のニーズおよびセメント産業から排出されるプロセス関連 CO₂ 排出を炭酸塩鉱物化技術で削減していこうとする本プロジェクトのメインコンセプトを国内および南アの関係者間で再度共有した。また、打合せや詳細計画策定調査等を通じて、効率的な全体研究計画の策定を進めるために各参加機関の役割を明確化した。個別の研究題目についての進捗と達成状況は以下にまとめた。

(2) 研究題目 1: 「廃コンクリート等の直接炭酸化 (MCC&U1) 技術開発」

① 研究題目 1 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

計画通り、「1-1 廃コンクリート発生場所の調査と収集・運搬方法に関する検討」を進めた。相手国への渡航ができないことから現在はオンラインによる文献調査及び情報収集を行っている。また、「1-2 廃コンクリートの物理化学的性状の分析」については、既に収集済みの試料について分析と結果の取りまとめを進めた。当該年度の進捗は計画通りである。

② 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

技術移転についてはこれからの計画であるが、オンラインでの実験指導も想定し、相手国での実験に必要な炭酸塩化のための反応装置について、より簡単な手順で装置の組み上げと実験の実施が可能となるように設計の改良を進めた。

③ 研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

該当は無いが、新型コロナウイルスの感染拡大の長期化も想定し、上述の装置改良を進めた。

④ 研究題目 1 の研究のねらい（参考）

廃コンクリートを主要な対象とした直接炭酸化技術について、技術の評価と社会実装に向けた課題抽出を行うこと。

⑤ 研究題目 1 の研究実施方法（参考）

廃コンクリート発生場所の調査と収集・運搬方法に関する検討、実際の廃コンクリート試料の分析、炭酸化試験を行う。結果に基づき、理論的解析や LCA 分析を行う。

(3) 研究題目 2:「コンクリートスラッジ等の間接炭酸塩化技術 (MCC&U2) のパイロットプラントの運転」

① 研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

本年度については本研究題目に関する実施予定はないが、パイロットプラントの導入に向けたプラント設計や運用方法に関わる協議を相手国と進めた。

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

該当なし。

③ 研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

該当なし。

④ 研究題目 2 の研究のねらい（参考）

コンクリートスラッジを対象とした間接炭酸化技術の実証のためのパイロットプラントを導入し、実際の副産物を利用した実証試験を行い、技術の評価と社会実装に向けた課題抽出を行うこと。

⑤ 研究題目 2 の研究実施方法（参考）

移動可能なパイロットプラントを製造し、実際の副産物の発生箇所において実証実験を行う。

(4) 研究題目 3:「バイポーラ膜電気透析による炭酸塩化技術 (MCC&U3) の開発」

① 研究題目 3 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

計画通り、「3-1 利用可能なスラグやフライアッシュ等の物理化学的性状の分析」を進めた。日本国内でもフライアッシュ試料を入手し、分析を行うとともに、カルシウム抽出の基礎試験を進めた。当該年度の進捗は計画通りである。

② 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

該当なし。

③ 研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

該当なし。

④ 研究題目 3 の研究のねらい (参考)

バイポーラ膜を利用した電気透析技術による比較的不活性な塩基性廃棄物を対象とした間接炭酸化技術について、技術の評価と課題抽出を行うこと。

⑤ 研究題目 3 の研究実施方法 (参考)

各種の塩基性廃棄物を収集し、炭酸化実験を行う。使用する酸・塩基の組み合わせを想定し、酸によるカルシウム等の抽出試験を行う。また、電気透析による塩溶液の再生実験を行う。結果に基づき、理論的解析や評価を行う。

(5) 研究題目 4 : 「社会実装に向けた検討」

① 研究題目 4 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

計画通り、MCC&U 技術を用いた CO₂ 排出削減量の算出方法に関する検討を進めた。本プロジェクトの開始前に検討を行ったセメント産業を対象とした MCC&U 技術に関する CO₂ 排出量削減量の算出方法に関する基礎的な検討をベースとし、更に、欧州規格 (EN19694 シリーズ) や ISO 規格に準拠した詳細な検討を進めた。当該年度の進捗は計画通りである。

② 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

該当なし。

③ 研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

該当なし。

④ 研究題目 4 の研究のねらい (参考)

対象や開発段階の異なる各種の MCC&U 技術について、それぞれのフェーズに合わせた社会実装を目指した検討を進めること。

⑤ 研究題目 4 の研究実施方法 (参考)

それぞれの MCC&U 技術に関する評価と抽出した課題に基づき、炭素/資源リサイクルループの検討や資金支援に関する検討及び関係者を集めたワークショップを行う。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し (公開)

新型コロナウイルスの影響が長期化した場合、MCC&U 原料 (コンクリート塊等) の相手国での発生場所の視察と試料入手が遅れ、更に相手国でのパイロットプラントによる試験等に影響があることが懸念される。全体計画が遅滞しないように感染拡大の状況に合わせた工夫を行い、研究を推進することが必

要と考える。

一方で、世界的に CO₂ の排出量削減の目標値の押上げが加速しており、社会における認識も変容が加速している。本プロジェクトで取り扱う炭酸塩鉱物化技術は、CCU (Carbon Capture and Utilization) 技術の中でも CO₂ フリーの水素を必要とせず、また得られる炭酸塩の市場規模も比較的大きいことから、早期の社会実装が期待される技術である。その意味で本プロジェクトの社会的なインパクトはより大きくなると考えられる。本プロジェクトにおける研究の推進も可能な限り加速して行っていきたい。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など (公開)

(1) プロジェクト全体

本プロジェクトは暫定期間中であり、相手国側の研究参画機関と共同で研究を実施する状況には至っていない。しかしながら、新型コロナウイルスの感染拡大によって今後も渡航が制限されることが予測されることから相手国での実験や分析の実施のための手順の指導及び確認もオンラインで行うケースが想定される。特に以下の研究題目 1 でそのための準備を進めている。

(2) 研究題目 1: 「廃コンクリート等の直接炭酸化 (MCC&U1) 技術開発」

オンラインでの実験指導を想定した場合、細かいノウハウや設備を見ながらの詳細な説明が困難になることが予想される。そのため、より単純化した装置や実験・作業手順の確立が必要となると考えられる。相手国での実験に必要な炭酸塩化のための反応装置について、より簡単な手順で装置の組み上げと実験の実施が可能となるように設計の改良を進めた。

(3) 研究題目 2: 「コンクリートスラッジ等の間接炭酸塩化技術 (MCC&U2) のパイロットプラントの運転」

現在のところ特に該当なし。

(4) 研究題目 3: 「バイポーラ膜電気透析による炭酸塩化技術 (MCC&U3) の開発」

現在のところ特に該当なし。

(5) 研究題目 4: 「社会実装に向けた検討」

現在のところ特に該当なし。

Ⅳ. 社会実装 (研究成果の社会還元) (公開)

(1) 成果展開事例

暫定期間中ということもあり、現在のところ該当する事例は無い。

(2) 社会実装に向けた取り組み

詳細計画策定調査において、科学イノベーション省 (DSI) や関連する民間企業ともコンタクトを行った。パイロットプラントによる実証実験の候補地となる現地のセメント会社や再生骨材の製造会社に対し、本プロジェクトで取り扱う技術内容をあらためて説明し、技術への興味と協力の意向を再確認した。

MCC&U 技術は新規な技術であるために同技術を用いた CO₂ 排出削減量の算出方法についてはオーソライズされた方法がない。今後、同技術による CO₂ 排出削減量が認証されるためには、元となる算出方法に関する文献が必要不可欠である。そのため、本プロジェクトの開始前に行ったセメント産業を対象とした MCC&U 技術に関する CO₂ 排出量削減量の算出方法に関する基礎的な検討をベースとし、更に検討を進め、学術論文としてまとめた。今後は更に詳細な検討を行ったり、その情報を元に相手国での指導を行ったりしていく予定である。

V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

暫定期間中ということもあり、現在のところ該当する事例は無い。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】 (公開)

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)

論文数 0 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 0 件
 公開すべきでない論文 0 件

② 原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)

論文数 0 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 0 件
 公開すべきでない論文 0 件

③ その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
 公開すべきでない著作物 0 件

④ その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
 公開すべきでない著作物 0 件

⑤ 研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別

招待講演 0 件
口頭発表 0 件
ポスター発表 0 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別

招待講演 0 件
口頭発表 0 件
ポスター発表 0 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要

0件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要

0件

成果目標シート

研究課題名	脱炭素社会に向けた炭酸塩化を利用したカーボンリサイクルシステムの開発
研究代表者名 (所属機関)	飯塚 淳 (国立大学法人 東北大学)
研究期間	R2採択(令和2年6月1日～令和8年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	南アフリカ共和国／ケープペニンシュラ工科大学, 他大学(UCT, UWC), 研究所(Council for Geoscience)
関連するSDGs	目標13. 気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる 目標12. 持続可能な生産消費形態を確保する 目標9. レジリエントなインフラを整備し、包摂的で持続可能な産業化を推進するとともに、イノベーションの拡大を図る

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 地球規模の気候変動枠組みへの活用 コンクリート廃棄物等を再利用することで、循環型社会の構築に貢献し、廃棄物処理場を延命する 日本の産学連携による成果の事業化
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> セメント産業を軸としたカーボンリサイクルシステムの確立(リサイクル工学、資源循環工学の発展) 各種廃棄物を利用した途上国に即する地球温暖化対策技術(CO₂の吸収・固定)の確立(環境学の発展)
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> カーボンリサイクル技術のプロセス・手法・装置 廃棄物の再資源化に係る新規プロセス・手法・装置 地球温暖化対策に係る新規プロセス・手法・装置 プロセス副生成物を利用した環境浄化材・環境浄化方法
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 持続可能な社会構築のための循環経済の事例を世界に発信することのできる日本の若手研究者を育成(国際会議に参加、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> MCC技術を途上国に普及するための国際的なネットワークを構築 南アフリカ国内で関連業界の技術ネットワークを構築
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> カーボンリサイクル、廃棄物の再資源化、地球温暖化対策、環境浄化に関する学術論文 各種塩基性廃棄物に関する炭酸化反応データセット

上位目標

- 提案技術(MCC&U)が、南アフリカをはじめ、他の途上国において広く実装され、脱炭素を目指す循環経済の下でカーボンリサイクルシステムを構築する
- 技術開発を通じた我が国のGHG削減努力への貢献度の拡大

南アフリカ共和国のセメント産業が、循環経済の活動の一つとして、提案技術(MCC&U)を導入し、カーボンリサイクルシステムによる脱炭素社会の構築に貢献する

プロジェクト目標

セメント産業におけるプロセス由来のCO₂排出削減に向けて、MCC&U技術を核とした5つ以上の資源・CO₂循環ループで構成されるカーボンリサイクルシステムを開発する

