公開資料

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「カーボンニュートラルの実現に向けた資源・エネルギーの持続可能な利用に関する研究」

研究課題名「再生可能エネルギー水素を用いた新しいアンモニア合成システムの研究開発」

採択年度：令和　３年（２０２１年）度/研究期間：５年/

相手国名：南アフリカ共和国

令和３（２０２１）年度実施報告書

国際共同研究期間*1
２０＊＊年　　月　　日から２０＊＊年　　月　　日まで
JST 側研究期間*2
２０２１年　６月　１日から２０２７年　３月３１日まで
（正式契約移行日　　年　　月　　日）

*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：秋鹿　研一

沼津工業高等専門学校・客員教授

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	2021年度 (10ヶ月)	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
1.　研究題目1　再エネ水素製造 1-1 研究活動1-1　南ア再エネ検討、水電解技術協力 1-2 研究活動1-2　再エネ駆動水電解システム開発	供与機材調査	再エネ調査、複合モデル提案 耐久性電解システムの提案		最適電解装置の実現 耐久性電解システムの構築		統合試験
2.　研究題目2　実用アンモニア合成触媒開発 2-1 研究活動2-1　耐久性アンモニア合成触媒開発 2-2 研究活動2-2　実用条件下アンモニア合成触媒挙動解析		耐久性原理提案 合成速度データ蓄積	耐久性原理提案、試作品実現 実用条件下での合成速度データ蓄積	試作品実現 実用条件でのデータ獲得		反応塔充填 操作への反映
3.　研究題目3　実用アンモニア吸収分離材開発 3-1 研究活動3-1　アンモニア吸収剤金属ハロゲン化物の開発 3-2 研究活動3-2　計算科学による吸収分離剤設計		候補吸収剤特性解析 動的特性検討	実用条件下での吸収分離特性解析、試作品実現 実用分離剤の計算科学による提案	試作品実現と解析 材料の提案		吸収塔充填 操作への反映
4.　研究題目4　システム統合、評価 4-1研究活動4-1　合成プロセス設計、統合プロセス評価 4-2研究活動4-2　吸収プロセス設計、統合プロセス評価 4-3研究活動4-3　研究全体の総括及び統合プロセス検討	研究全体の総括及びプロセスの統合、検討の方策提示、関連企業交渉 統括及びプロセス統合方策提示	反応塔予備設計 吸収塔予備設計	合成分離プロセス統合	プロセス統合、設計発注		Bench Plant 運転

新型コロナウイルス蔓延のため、正式契約開始時期の遅れることになった。

(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)

実質的な研究活動の開始を 2020 年 7 月からに変更し、ワークショップ等の議論をもとに、計画を細分化した。

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契約期間中のため、代表研究機関が主体の活動となった。代表研究機関の沼津工業高等専門学校に、本プロジェクトの活動拠点としてグリーンアンモニア研究センターを設置し、専

任で本活動を推進する人員を配置した。

正式契約後のプロジェクト活動を円滑にスタートさせるため、日本国内の共同研究者とのワークショップ等を(計５回)を開催し、プロジェクトでの役割分担と研究目標を共有した。南アフリカ側とのワークショップ(計 4 回)も開催し、プロジェクトでの南アフリカ側の役割と研究目標を共有するとともに、日本からの供与機材に関する議論、南ア側のインフラ等に関する議論も実施し、本プロジェクト実施に関する概ねの合意を得られた。さらに、2021 年 12 月 1 日に開催された Science forum SA で、PI がグリーンアンモニアに関する講演を行い、本プロジェクトの利点を南ア側に強くアピールした。これを受けて、在日南アフリカ大使館の科学担当公使が沼津高専へ来訪し、本プロジェクトへ協力を表明していただいた。

しかし、新型コロナウイルスの蔓延のため海外渡航が制限され、詳細計画策定調査団の南ア派遣が次年度(2022 年 4 月)となり、MoU(R/D)及び CRA の署名が当初計画より遅れており、6/末までの早い時期に署名できるように進める。

(2) 研究題目１：「再エネ水素製造」

研究グループ NW 大（リーダー：Dmitri Bessarabov）

研究グループ 東京大（リーダー：高鍋和宏）

研究グループ 沼津高専（リーダー：秋鹿研一）

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

ノースウエスト大学(以降 NWU と記載)で本プロジェクトを推進する研究環境をより高めるため、必要な分析機器や試作機器に関する議論をオンラインやメール等のやり取りを通して進め、必要な機材群の概要を合意した。

② 研究題目１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１の当初計画では想定されていなかった新たな展開

供与予定機材の中に、日本の輸出貿易管理令のリスト規制対象機材があり、輸出には経済産業大臣の許可が必要となる。このため、許可申請の手続きを進める予定であるが、許可が下りなかった場合を想定し、日本国内で試作し輸出する等の B プランを考える。当該機材に関し継続調査を進めた結果、南アで購入可能な米国産類似品（C プラン）で研究可能であることを見出し、南アと合意が得られたので、このプランで進めることになった。

④ 研究題目１の研究のねらい（参考）

再エネ電力変動に強い触媒コート電極、分離膜などの開発により、高効率な PEM(高分子膜型水電解)型装置を開発する。

⑤ 研究題目１の研究実施方法（参考）

南アフリカの再エネ電力事情を調査し、再エネ電力変動モデル、予想電力価格、carbon footprint 値を検討する。触媒コート電極、分離膜などを新規開発し、それらのキャラクタリゼーション、電極反応、物質移動などの動力学解析や挙動モデルの提案などを実施し PEM(高分子膜型水電解)型装置に実装する。

(3) 研究題目２：「実用アンモニア合成触媒開発」

研究グループ 名古屋大（リーダー：永岡勝俊）

研究グループ 沼津高専（リーダー：稲津晃司）

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

該当なし

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）

調製法が簡便で、機械強度が高く、高耐久性と高活性を備えたアンモニア合成触媒を開発する。この技術を移転することで、南アでも触媒の提案や改良を可能にする。

⑤ 研究題目２の研究実施方法（参考）

ルテニウムを主体とし多種金属も視野に入れて、触媒の検討を行う。候補に選定された触媒は温度、圧力、流量依存性などの反応挙動解析を行い、最適な触媒を選定する。これらの活動の中で、南アからの派遣研究員や留学生の技術習得を行い、南アへの技術移転を推進する。

(4) 研究題目３：「実用アンモニア吸収分離材開発」

研究グループ 千葉大（リーダー：劉　醇一）

研究グループ 熊本大（リーダー：杉本　学）

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

該当なし

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）

合成触媒反応器の２倍程度の容積の吸収反応器を使い、合成反応に近い温度領域でアンモニアの吸収分離が可能な吸収剤を開発する。この技術を移転することで、南アでも吸収剤の提案や改良を可能にする。

⑤ 研究題目３の研究実施方法（参考）

アンモニア吸収分離が可能なハロゲン化物と、それらの混合物を主体で、吸収剤の検討を行う。アンモニア吸収-脱離の速度や繰返し耐久性などの実験的な評価解析と、計算化学を活用したアンモニア分子の配位結合状態の解析も行い、静的特性や動的特性の支配因子の研究も進め、最適な吸収剤を選定する。これらの活動の中で、南アからの派遣研究員や留学生の技術習得を行い、南アへの技術移転を推進する。

(5) 研究題目４：「システム統合、評価」

研究グループ 沼津高専（リーダー：秋鹿研一）
研究グループ 東工大（リーダー：松本秀行）
研究グループ 宇都宮大（リーダー：古澤　毅）

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

オンラインやメールのやり取りで、NWU の実験室状況やベンチプラント設置エリアの情報を把握し、供与機材の活用とベンチプラント設置のラフな見通しが得られた。

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）

グリーンアンモニアの製造ベンチプラントを南ア NWU に設置し、安全で最適な運転プロトコルで、南ア側単独でもデータを継続的に蓄積できるようにする。得られるデータを蓄積しデータベース化を行い、パイロットプラントや生産プラントの設計に活用する。

⑤ 研究題目４の研究実施方法（参考）

研究題目２～３の研究成果を基に、アンモニア合成反応塔と吸収分離塔を設計/作製し、研究題目１の研究成果の PEM（高分子膜型水電解）型装置と接続して、統合制御可能なベンチプラントを作製する。ベンチプラントの連続/断続運転のデータを取得し、安全で最適な運転プロトコルを提案するとともに、データベース化する。これらの活動を、南ア側メンバーと協業で進めることで、ベンチプラントやグリーンアンモニア製造に対する理解を深める。

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で、日本から海外への渡航制限がかかっているが、今後は徐々に緩和されることが予想される。制限緩和に伴って、海外から研究者の来日を積極的に推進し、日本のアンモニア合成分離技術の技術移転を進める。また、NWU に設置予定の分析機器や試作機器は、メンテナンスの観点から現地調達をメインに進め、現地調達が不可能な機器に関しては、日本国内メーカーと連携し、現地で安定稼働ができるような体制を構築する。

最終年度のベンチプラントの稼働に向け、南アフリカ企業(SASOL 等)とも連携できるように交渉を早期段階から開始することで、渡航制限や資材調達等のリスクを最小化する。

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

新型コロナウイルスの蔓延のため海外渡航が制限され、詳細計画策定調査団の南ア派遣が次年度(2022 年 4 月)となり、MoU(R/D)及び CRA の署名が当初計画より遅れている。JST との暫定期間契約を 6 月末まで延長し、この期間で MoU(R/D)及び CRA の署名を終了させ、正式契約に移行させる。

暫定期間のため、相手国研究機関とはプロジェクトの方針/進め方に関する情報共有のレベルにあり、現時点では上記以外の問題点や課題は上がっていない。

(1) 研究題目１：「再エネ水素製造」
研究グループ NW 大（リーダー：Dmitri Bessarabov）
研究グループ 東京大（リーダー：高鍋和宏）
研究グループ 沼津高専（リーダー：秋鹿研一）
特になし

(6) 研究題目２：「実用アンモニア合成触媒開発」
研究グループ 名古屋大（リーダー：永岡勝俊）
研究グループ 沼津高専（リーダー：稲津晃司）
特になし

(7) 研究題目３：「実用アンモニア吸収分離材開発」
研究グループ 千葉大（リーダー：劉　醇一）
研究グループ 熊本大（リーダー：杉本　学）
特になし

(8) 研究題目４：「システム統合、評価」
研究グループ 沼津高専（リーダー：秋鹿研一）
研究グループ 東工大（リーダー：松本秀行）
研究グループ 宇都宮大（リーダー：古澤　毅）
特になし

Ⅳ．社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1)成果展開事例
特になし

(2)社会実装に向けた取り組み
特になし

Ⅴ．日本のプレゼンスの向上（公開）

2020 年 10 月 4 日の水素閣僚会議 H2EM2021 に寄せられた南アフリカの科学技術大臣のビデオメッセージの中で、「本プロジェクトの活動を南アフリカのグリーンアンモニア設備導入につなげていく」、という言及があった。

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
2021	Aika K (2022) Brief review of the Japanese Energy Carrier Program and an energy science view of fuel ammonia, in "CO2 free ammonia as an energy carrier – Japan's insights, Aika K, Kobayashi H eds., Springer."		Book	accepted	
2021	Aika K (2022) Importance of separation unit in green ammonia synthesis systems, in "CO2 free ammonia as an energy carrier – Japan's insights, Aika K, Kobayashi H eds., Springer."		Book	accepted	
2021	Aika K (2022) Environmental concerns about fuel ammonia, in "CO2 free ammonia as an energy carrier – Japan's insights, Aika K, Kobayashi H eds., Springer."		Book	accepted	

著作物数 3 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
2021	5月27日	Kick off meeting	日本	15	非公開	研究計画説明（PI）、暫定期間スケジュール(JST)
2021	6月8日	Workshop	日本	15	非公開	研究内容質疑（PI）、暫定期間スケジュール(JST)
2021	6月11日	Research meeting	日本	4	非公開	吸収分離剤研究方法質疑
2021	6月23日	Green ammonia research center	日本	8	公開	沼津高専内に制定
2021	7月15日	Workshop	日本	15	非公開	研究内容説明（PI）、暫定期間スケジュール(JICA)
2021	8月10日	Research meeting	日本	8	非公開	研究内容討議、機材購入計画討議
2021	8月17日	2 countries workshop	日本(RSA)	12+(4)	非公開	両国研究内容紹介、課題協議
2021	9月1日	Green ammonia education center	日本	1	公開	沼津中央高校内に制定
2021	9月17日- 2月21日	PIによる沼津中央高校特別授業	日本	40	公開	9/17（学問）、10/25（技術）、11/22（地球温暖化）、2/14（水素アンモニア）、2/21（世界平和）
2021	10月12日	Ghaleeb Jeppie, Minister Councillor, SA embassy Tokyo	日本	1+(1)	非公開	Zoom meeting にてSatreps説明、協力表明
2021	12月1日	Science forum SA: SA Hydrogen economy	RSA	1+(2)	公開	両国PIおよびSasol講演
2021	12月9日	Workshop	日本	11	非公開	JICA(5)、JST(2)沼津高専訪問、協議
2021	2月7日	2 countries workshop	日本(RSA)	7+(4)	非公開	JICA、JST、沼津高専、RSA(NWU、DSC)協議
2021	2月9日	2 countries workshop	日本(RSA)	7+(4)	非公開	JICA、JST、沼津高専、RSA(NWU、DSC)協議
2021	2月14日	2 countries workshop	日本(RSA)	7+(4)	非公開	JICA、JST、沼津高専、NWU環境問題協議
2021	3月28日	Minister Councillor, SA embassy Tokyo	日本	6+(3)	非公開	沼津高専訪問、校長へ協力表明

16 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

公開資料

成果目標シート（211207）

研究課題名	再生可能エネルギー水素を用いた新しいアンモニア合成システムの研究開発
研究代表者名（所属機関）	秋鹿 研一（国立高等専門学校機構、沼津工業高等専門学校、客員教授）
研究期間	R3採択（令和3年6月1日～令和9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／H2 Infrastructure (HySA Infrastructure), North-West University, Faculty of Engineering
関連するSDGs	目標 7. すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する. 目標 12. 持続可能な生産消費形態を確保する. 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

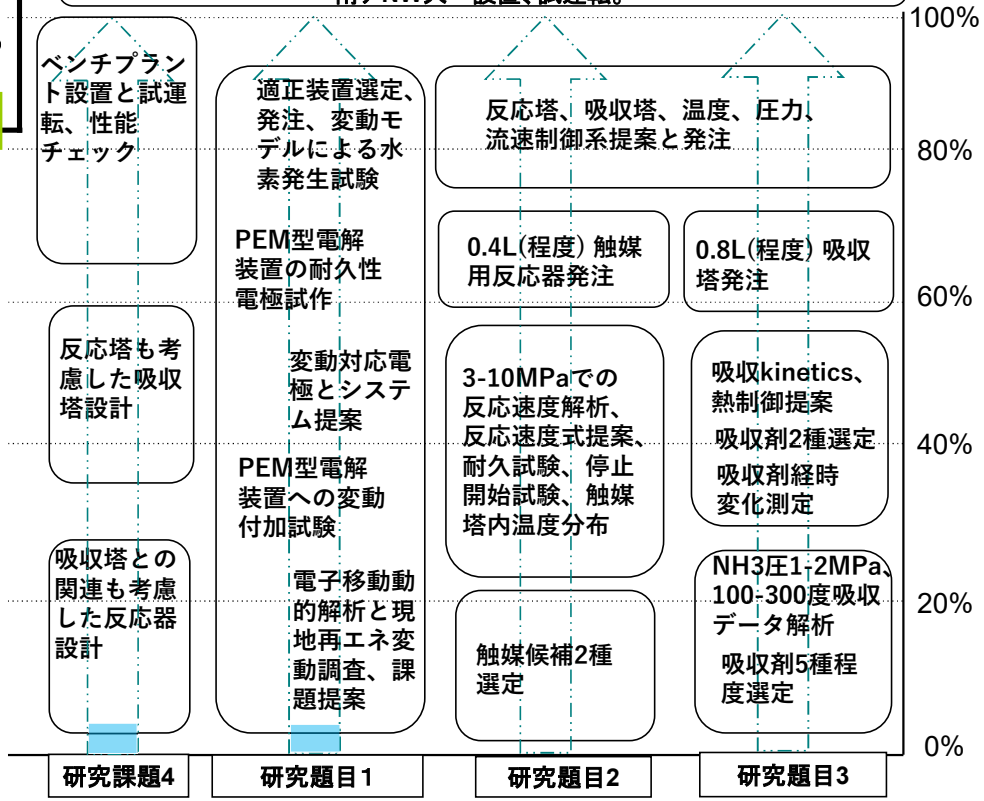
成果の波及効果

日本政府、社会、産業貢献	・地球規模の気候変動枠組みへの活用 ・日本企業による事業化（IoTと遠隔サービス）
科学技術の発展	計算化学による材料開発 再エネ仕様アンモニア合成分離統合システム
知財の獲得、国際標準化の推進、等	新水電解材料、新アンモニア合成触媒および反応器、新アンモニア吸収材料および分離システム
世界で活躍できる日本人人材の育成	国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成（国際会議での発言力、ワークショップ主催、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	グリーンアンモニア研究者ネットワーク構築、業界へユニット標準装置提案、IoTによるデータ集積、解析提案と専門家ネットワーク構築
成果物（提言書、論文、プログラム、データなど）	異種再エネ間統合による電力安定供給、変動電力による水電解システム、高性能、安定アンモニア合成触媒、高性能、安定アンモニア分離剤

Final target

世界のCO2排出量を0.4%削減する（化石資源由来のNH3合成が世界のCO2の1.5%を排出しているが、10年で1/4がグリーンアンモニア装置となる想定。）

ベンチプラント完成後、各種運転試験を続け、60t/dクラス設計に必要なデータを収集、企業によるIoTサービス可能なプラントへのスケールアップにつなげる。

プロジェクト目標

1/120000~1/20000 サイズのベンチプラントシステム: 0.5~3k/d unit (最大3.1L-NH3/min; 合成触媒量 最大0.7kg、吸収剤量 最大1.6kg程度)を試作し、南アNW大へ設置、試運転。