

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

日本－中国共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「循環型社会実現に向けた二酸化炭素最適分離回収・利用システムの構築」
2. 研究期間：令和元年4月1日～令和5年3月31日
3. 主な参加研究者名：

日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	苜蔗寂樹	准教授	東京大学大学院総合文化研究科	研究代表／プロセス設計
研究参加者	成田大樹	教授	東京大学大学院総合文化研究科	エネルギー環境・経済評価
研究参加者	佐藤雄己	特任研究員	東京大学大学院総合文化研究科	分離プロセス評価実験・調査
研究期間中の全参加研究者数			7名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Song Chunfeng	Professor	School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University	General project manager
研究参加者	Wang Xiaojing	Professor	School of Chemical Engineering, Tianjin University	membrane separation (Membrane design and evaluation)
研究参加者	Zang Guolong	Associate Professor	School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University	cryogenic separation (cryogenic devise design and test)
研究参加者	Wang Xiaohua	Lecture	School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University	CO ₂ microalgae fixation (Algae cultivation and biomass harvesting)
研究期間中の全参加研究者数			15名	

4. 国際共同研究の概要

本研究では、循環型社会システムの基盤となる需要に応じた二酸化炭素（CO₂）分離回収技術の最適化と回収後の CO₂ を微細藻類にて生物化学的に処理し、有用物に転換する CO₂ 分離回収・利用一貫システムの研究開発を行った。

5. 国際共同研究の成果

5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

本研究では、需要に応じた二酸化炭素（CO₂）分離回収技術の最適化と回収後の CO₂ を微細藻類にて生物化学的に処理し、有用物に転換する CO₂ 分離回収・利用一貫システムの研究開発を行った。

具体的には、日本側は、排出されるガスから省エネルギーに CO₂ を分離回収するプロセスの設計を担当し、中国側は CO₂ を回収し、微細藻類により生物化学的に処理して、有用物に転換するプロセスの開発を担当した。日本側で検討した CO₂ 分離技術と、中国側が提案した CO₂ を有用物に転換する技術を組み合わせ、CO₂ 分離回収・利用一貫システムの構築を行った。

5-2 国際共同研究による相乗効果

研究開始当初における研究交流や共著論文執筆を通して、本共同研究の目標や検討方法などについて共通認識を持つことが出来た。また、コロナ禍のために限定的ではあったが学生や研究者の交流を持つことで、進捗状況や研究環境の確認、派生研究や将来の共同研究の可能性などを模索してきた。

オンラインを利用した研究交流が主となったが、日本側、中国側の各チームにおいて、多数の成果としてまとめることが出来たと考えている。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

研究期間内において、企業化や知財の取得には至らなかったが、本国際共同研究において検討してきた内容は日本、中国両国で注目されており、個々に民間企業などから問い合わせが来ている状況となっている。そのため、近い将来、社会実装が期待できると考えている。また、本国際共同研究の成果より派生した研究が進捗していることや、次世代の研究者の育成につながったと考えている。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
 Japan—China Joint Research Program
 Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「 Key technology for efficient CO₂ capture and utilization 」
2. Research period : April 1 2019 ~ March 31 2023
3. Main participants :

Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Yasuki Kansha	Associate Professor	Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo	PI/ Process design
Collaborator	Daiju Narita	Professor	Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo	Economical and environmental analysis
Collaborator	Yuki Sato	Project Researcher	Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo	Process evaluation
Total number of participants throughout the research period: 7				

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Song Chunfeng	Professor	School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University	General project manager
Collaborator	Wang Xiaojing	Professor	School of Chemical Engineering, Tianjin University	membrane separation (Membrane design and evaluation)
Collaborator	Zang Guolong	Associate Professor	School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University	cryogenic separation (cryogenic devise design and test)
Collaborator	Wang Xiaohua	Lecture	School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University	CO ₂ microalgae fixation (Algae cultivation and biomass harvesting)
Total number of participants throughout the research period: 15				

4. Summary of the international joint research

In this international joint research, we optimized the carbon dioxide (CO₂) separation processes based on the demand for CO₂ and designed a conversion process from the recovered CO₂ into useful materials. In addition, we developed an integrated process with CO₂ capture and conversion and analyzed its potential to propagate the society.

5. Outcomes of the international joint research

5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

In this research, the optimization of carbon dioxide (CO₂) separation and capture technology according to the CO₂ demand was conducted. Biochemical processing from the recovered CO₂ into useful materials by microalgae was developed. Furthermore, the potentials of the integrated process with CO₂ separation and conversions are analyzed and investigated to propagate it into society.

Specifically, the Japanese side was in charge of designing the process for capturing CO₂ from the emitted gas in an energy-saving way. The Chinese side investigated biochemical conversion processes to convert CO₂ to useful materials by using microalgae.

In addition, integrating the Japanese side and Chinese side processes, an innovative CO₂ capture and utilization system has been developed.

5-2 Synergistic effects of the joint research

Through research exchanges and co-authored papers at the beginning of the research, we were able to have a common understanding of the goals and investigation methods of this joint research. Although the opportunities of having exchanges by students and researchers were limited due to the COVID-19, we have been exploring the possibility of confirmation of progress, research environment, and future joint research. Research exchanges were mainly conducted online during research period, but we believe that each team on the Japanese and Chinese sides was able to compile a large number of results.

5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

During the research period, neither commercialization nor patent was achieved. However, the results of this international joint research is paid more attention to the private companies. Therefore, we believe that social implementation can be expected in the near future. In addition, this international joint research derives the new researches and has led to the development of the next generation of researchers.

国際共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

*原著論文 (相手側研究チームとの共著論文) 発表件数 : 計 5 件

・査読有り : 発表件数 : 計 5 件

1. C. Song, R. Li, Y. Zhao, R. Li, D. Ma, Y. Kansha, "Assessment of four sewage sludge treatment routes with efficient biogas utilization and heat integration", *Process Saf. Environ. Protect.*, **2019**, 126, 205-213 DOI: 10.1016/j.psep.2019.04.007
2. C. Song, Y. Qiu, M. Xie, J. Liu, Q. Liu, S. Li, L. Sun, K. Wang, Y. Kansha, "Novel regeneration and utilization concept using rich chemical absorption solvent as a carbon source for microalgae biomass production", *Ind. Eng. Chem. Res.*, **2019**, 58(27), 11720-11727 DOI: 10.1021/acs.iecr.9b02134
3. C. Song, M. Xie, Y. Qiu, Q. Liu, L. Sun, K. Wang, Y. Kansha, "Integration of CO₂ absorption with biological transformation via using rich ammonia solution as a nutrient source for microalgae cultivation", *Energy*, **2019**, 179, 618-627 DOI: 10.1016/j.energy.2019.05.039
4. C. Song, Q. Liu, Y. Qiu, G. Chen, Y. Song, Y. Kansha, Y. Kitamura, "Absorption-microalgae hybrid CO₂ capture and biotransformation strategy—A review", *Int. J. Greenhouse Gas Control*, **2019**, 88, 109-117 DOI: 10.1016/j.ijggc.2019.06.002
5. Y. Qiu, Y. Zu, C. Song, M. Xie, Y. Qi, Y. Kansha, Y. Kitamura, "Soybean processing wastewater purification via *Chlorella* L166 and L38 with potential value-added ingredients production", *Bioresource Technology Reports*, **2019**, 7, 100195 DOI: 10.1016/j.biteb.2019.100195

・査読無し : 発表件数 : 計 0 件

*原著論文 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文) : 発表件数 : 計 10 件

・査読有り : 発表件数 : 計 10 件

1. Q. Zhao, J. Wang, Z. Li, Y. Guo, Y. Kansha, A. Yoshida, A. Abudula, G. Guan, "UiO-66-NH₂/Cu₂O composite as an enhanced visible light photocatalyst for decomposition of organic pollutants", *J. Photochem. Photobiol. A*, **2020**, 399, 112625 DOI: 10.1016/j.jphotochem.2020.112625
2. S. Kato, Y. Sakai, Y. Sato, Y. Kansha, "The effect of high-frequency ultrasound on the photocatalytic decomposition of organic compounds in water", *Chem. Eng. Trans.* **2021**, 88, 379-384 DOI: 10.3303/CET2188063
3. Y. Sato, Y. Kansha, "Design of an energy-saving membrane separation module for algae cultivation", *Chem. Eng. Trans.*, **2021**, 88, 781-786 DOI: 10.3303/CET2188130
4. S. Kato, Y. Kansha: Decomposition of Organic Compounds in Water from Oil Refineries, *Comput. Aided Chem. Eng.*, **2022**, 49(3), 2053-2058 DOI: 10.1016/B978-0-323-85159-6.50342-0
5. J. Sun, Y. Sakai, Y. Sato, Y. Kansha, "Improving CO₂ Capture Process with latent heat reuse system and Artificial Neural Network Model", *Chem. Eng. Trans.*, **2022**, 94, 79-84 DOI: 10.3303/CET2294013
6. S. Kato, Y. Sakai, Y. Sato, Y. Kansha, "The Effect of the Presence of Mist in the Proposed Sonophotocatalytic Wastewater Treatment Process", *Chem. Eng. Trans.*, **2022**, 94, 583-588 DOI: 10.3303/CET2294097
7. Y. Sato, Y. Kansha, "An Energy-Saving Membrane Process for Carbon Dioxide Purification", *Chem. Eng. Trans.*, **2022**, 94, 709-714 DOI: 10.3303/CET2294118
8. J. Sun, Y. Sato, Y. Sakai, Y. Kansha, "Ternary deep eutectic solvents: Evaluations based on how their physical properties affect energy consumption during post-combustion CO₂ capture", *Energy*, **2023**, 270, 126901 DOI: 10.1016/j.energy.2023.126901

9. S. Kato, Y. Sakai, Y. Sato, Y. Kansha, "Enhancement of Wastewater Treatment Using Mist and Photocatalyst", *Chem. Eng. Technol.* **2023**, 46(6), 1185-1190 DOI: 10.1002/ceat.202200524
10. Y. Sato, Y. Kansha "Comparative Study of Carbon Dioxide Purification Methods", *Chem. Eng. Trans.*, **2023**, In Press

・査読無し：発表件数：計 0 件
該当なし

*その他の著作物（相手側研究チームとの共著総説、書籍など）：発表件数：計 0 件
該当なし

*その他の著作物（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など）：発表件数：計 3 件

1. 菅 蔗 寂樹, 第 1 章 脱炭素社会実現に向けた技術展開と課題, 化学工学の進歩 55 最新脱炭素への工学 (Engineering for Green Transformation) 化学工学会監修、三恵社 ISBN978-4-86693-542-3, 2021 年 12 月 pp. 1-16
2. 菅 蔗 寂樹, 第 1 章 カーボンニュートラル実現に向けた技術展開と課題, カーボンニュートラルへの化学工学、化学工学会編、丸善出版 ISBN978-4-621-30772-4, 2023 年 1 月 pp. 1-14
3. 菅 蔗 寂樹, 二酸化炭素分離技術の特性, MATERIAL STAGE Vol. 23, 2023 年 6 月 In Press

2. 学会発表

*口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）
発表件数：計 0 件（うち招待講演：0 件）

*口頭発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）
発表件数：計 18 件（うち招待講演：5 件）

*ポスター発表（相手側研究チームとの連名発表）
発表件数：計 0 件

*ポスター発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）
発表件数：計 6 件

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

1. JST-Most International Workshop 主催者：宋春風（天津大学・教授）菅 蔗寂樹（東京大学・准教授）、天津、中国 2019 年 12 月 7 日、参加人数 30 名程
2. JST-Most International Workshop 主催者：宋春風（天津大学・教授）菅 蔗寂樹（東京大学・准教授）、オンライン 2021 年 10 月 20 日、参加人数 30 名程

4. 研究交流の実績（主要な実績）

【合同ミーティング】

- ・2019 年 5 月 22 日～24 日：日本側代表の菅 蔗が国際学会 BEE 出席および研究打合せ、天津大学、天津、東京
- ・2019 年 12 月 5 日～9 日：JST-Most International Workshop に参加および研究打合せ、天津大学、天津

- ・2021年10月20日：JST-Most International Workshop にオンラインにて参加および研究打合せ
- ・2023年3月17日：日中化工シンポジウム（併設化学工学会第88年会）に日本側と相手側の研究代表がオンライン参加、その前後で研究打合せ
- ・そのほか両チームにおいて2～3か月に一回程度メールやオンラインシステムを利用して研究情報の共有と進捗状況の確認

【学生・研究者の派遣、受入】

- ・2020年10月～2022年9月：相手側の代表者である Chunfeng Song 教授の指導の下、天津大学を卒業された Jiasi Sun さんが、日本側の代表者である甘蔗寂樹准教授の研究室に進学され、2022年9月に修士課程を修了した。

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0 件

6. 受賞・新聞報道等

1. Yasuki Kansha, Excellent Poster Award, Carbon Dioxide Capture Process by Fluidized Bed, 18th Asia Pasific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCChE 2019), Sapporo, Japan (2019) Sep. 23-27
2. Jiasi Sun, Yuka Sakai, Yuki Sato, Yasuki Kansha, the 1st Place in the competition for the Bset Poster, ZDENEK BURIANEC MEMORIAL AWARD, 25th International Conference on Process Integration, Modeling and Optimization for Energy Saving and Pollution Reduction (PRES 2022), 8, Sep., 2022, Bol, Croatia
3. 甘蔗 寂樹: 一般社団法人日本エネルギー学会 2022年度日本エネルギー学会進歩賞（学術部門）「エクセルギーを基盤とした低炭素かつエネルギースマートな社会の実現」（2023年2月28日）

7. その他

令和元年度第2回青森県地域エネルギー事業研究講座「再生可能エネルギーの動向と地域エネルギー事業の可能性」に招待され講演を実施、本事業についてもアウトリーチ活動の一環として講演内で説明した。