

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：「先端発酵と精製技術を用いた生ごみの清潔処理によるバイオガス生成の実証研究」
2. 研究期間：2016年8月～2019年3月
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	李 玉友	教授	東北大学大学院	
主たる共同研究者	久保田 健吾	准教授	東北大学大学院	微生物群集の解析と制御
主たる共同研究者	北條 俊昌	助教	東北大学大学院	プラント調査の補助
研究参加者	覃 宇	ポスドク	東北大学大学院	連続実験の補助
研究参加者	程 輝	D3	東北大学大学院	連続実験の補助
研究参加者	李 璐	D3	東北大学大学院	微生物解析の実験補助
研究期間中の全参加研究者数			13名	

中国側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	周 俊虎	教授	浙江大学	
主たる共同研究者	程 軍	教授	浙江大学	運転評価
研究参加者	Meng Xianqian	高級工 程師	浙江大学	実証プラントの建設
研究参加者	Song Wenlu	ポスドク	浙江大学	CO ₂ 吸着材料の開発
研究参加者	Lin Richen	ポスドク	浙江大学	運転評価の補助
研究参加者	Ding Lingkan	D3	浙江大学	実証プラントの建設
研究期間中の全参加研究者数			8名	

4. 国際共同研究の概要

本研究は都市廃棄物のリサイクル処理システムの確立を最終目的として、都市生ごみの清潔処理とバイオエネルギーの回収を目指したバイオガス生産システムを開発するために、日中の共同研究により先端発酵プロセスとバイオガス精製技術を組合せた新しい総合システムを開発する。生ごみ処理能力 100 トン/日、バイオガス生成能力 7000 m³/日の実証プラントを建設することによりその総合性能を評価する。

主なアプローチと両国の役割は次の4点に集約される。具体的には、日本側は(1)二相循環式先端発酵システムの採用による無加水発酵と速度促進、(2)発酵微生物群集のデザインと制御に関する基礎的研究を行い、中国側は(3)新しい吸収材料の改良によるバイオガス精

製ユニットの改良及び(4)中国で実証プラントの設計や建設に取り組み、両方が連携しつつ性能評価を行う。

本研究で日中両方が定期的な技術と人的交流を通じて相互的に得意分野に取り組むことで、生ごみのバイオガス化に関する新規高効率システムを確立するとともに、実証プラントの建設を通して両国および世界における都市ごみ問題の解決や生ごみのエネルギー利用に応用するリサイクル技術の評価を行う。

5. 国際共同研究の成果

5-1 共同研究の学術成果

本課題は中国の廃棄物発生実態と特徴に注目し、都市廃棄物を用いてバイオ燃料の生産から供給に至るまで一連の開発研究を含んでいる。本課題においては、当初の計画に応じて、前処理による廃棄物削減量の向上、高効率水素生成微生物の培養、先端発酵技術によるバイオガスの生産の効率化と多様化、バイオガス精製での省エネ化など一連の研究成果が挙げられた。その上、日中双方はそれぞれの関連分野においてより深化した研究成果が数件も挙げられた。

5-2 国際連携による相乗効果

本研究において、日本側は(1)二相循環式先端発酵システムの開発、(2)発酵微生物群集のデザインと制御、中国側は(3)新しいCO₂吸収材料の改良、(4)中国で生ごみ処理実証プラントの建設にそれぞれ取り組んで、都市廃棄物処理からバイオガス利用までの物質循環回路のサイクルを一巡させることができた。本課題は当初の技術交流目標を達成したうえで、それぞれの研究分野で新しい研究課題を生み出し、中国側のメンバーにとって日本の社会文化環境へより深い理解ができた。

5-3 共同研究成果から期待される波及効果

共同研究を行うことで、英語論文 16 編と学会発表 30 件以上の研究実績を達成し、本研究課題の有用な結果を世界へ発信した。また、両グループは課題実施期間において 14 名の専門人材を輩出し、研究者としての優秀さと品格を備えるに至った。さらに、実証プラントの建設において、杭州市で産学連携を積極的に図り、中国で経済面・環境面でのメリット創出と SDGs の達成にも寄与している。

以上

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

1. Project title : 「Research demonstration on clean treatment of urban food wastes for biogas production using advanced fermentation and new upgrading technology 」
2. Research period : Aug. 2016 ~ Mar. 2019
3. Main participants :

Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Li Yu-You	Prof.	Tohoku University	
Co-PI	Kubota Kengo	Associate Prof.	Tohoku University	Microbial analysis
Co-PI	Hojo Toshimasa	Assistant Prof.	Tohoku University	Supporting pilot-plant survey
Collaborator	Qin Yu	Post-doctor	Tohoku University	Supporting continuous experiment
Collaborator	Cheng Hui	D3	Tohoku University	Supporting continuous experiment
Collaborator	Li Lu	D3	Tohoku University	Supporting microbial analysis
Total number of participants throughout the research period:				13

China-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Zhou Junhu	Prof.	Zhejiang University	
Co-PI	Cheng Jun	Prof.	Zhejiang University	Assessment
Co-PI	Meng Xianqian	Senior Engineer	Zhejiang University	Operating pilot-plant
Collaborator	Song Wenlu	Post-doctor	Zhejiang University	Developing CO ₂ absorbent
Collaborator	Lin Richen	Post-doctor	Zhejiang University	Supporting assessment
Collaborator	Ding Lingkan	D3	Zhejiang University	Operating pilot-plant
Total number of participants throughout the research period:				8

4. Summary of the international joint research

This research aimed at establishing a system to convert municipal solid waste into biogas with clean treatment and advanced fermentation methods through this joint research program between Japan and China. The performance of the targeted system will achieve the treating capacity of 100 tons/day of municipal solid waste and the biogas production of 7,000 m³/d.

The main approaches and roles of both countries can be summarized in the following

four points. Specifically, the Japanese side carries out the basic researches on (1) developing the continuous hydrogen and methane fermentation by adopting a two-phase circulating advanced fermentation system, and (2) designing and controlling the fermentative microbial communities, and the Chinese side on (3) improving the biogas purification unit by improving the innovated absorbent materials, and (4) participating the construction of the pilot-plant in China, and performing system assessment on this pilot-plant.

By combining the mutually expertized technology between Japanese (Tohoku University) and Chinese (Zhejiang University) research groups, this research led to the construction of an innovative high-efficient system for biogasification of municipal solid waste. After evaluating the feasibility and economic efficiency, this combined technology showed great potential in the application to the solution of urban waste problem and fossil-fuel exhaustion in China and other countries in the world.

5. Outcomes of the international joint research

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

This program focuses on the situation and characteristics of municipal solid waste in China, and includes a series of development researches from biofuel production to supply from municipal solid waste. In this program, a series of research results were harvested according to the initial plan, e.g. improvement of waste reduction by hydrothermal pretreatment, cultivating high-efficient hydrogen-producing bacteria, efficient and diversified production of biohydrogen and biomethane via advanced fermentation system, and the decarbonization and purification of biogas, etc. In addition, there were several studies that deepened in both relevant fields in both Japan and China.

5-2 Synergistic effects of the joint research

In this study, the Japanese side carries out basic research on (1) developing the advanced fermentation system, and (2) controlling the fermentative microbial communities, and the Chinese side on (3) improving the biogas purification unit, and (4) constructing the pilot-plant in China. These studies closed the circulation circuit from municipal solid waste treatment to biogas utilization. After achieving the initial goals, this program created new research themes in each field of researches. Moreover, the members from the Chinese side obtained a deeper understanding towards Japan's socio-cultural environment.

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

Through this joint research program, we achieved the publication of 15 English paper and performed more than 30 academic presentations in the Japanese and international conferences, transmitting the significant results from this research program to the world. In addition, the groups on both sides educated 14 specialists during the period of the program, who were equipped with excellent qualifications as researchers. Furthermore, in the construction of the demonstration plant, we achieved the active collaborative interaction between industry and academia in Hangzhou. This program is believed to greatly contribute to the creation of economic and environmental benefits and the achievement of SDGs in China.

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）

・査読有り：発表件数：計 3 件

1. Lingkan Ding, Jun Cheng, Dan Qiao, Liangchen Yue, Yu-You Li, Junhu Zhou, Kefa Cen, Investigating hydrothermal pretreatment of food waste for two-stage fermentative hydrogen and methane co-production, *Bioresource Technology*, **2017**, 241, 491-499.

2. Jun Cheng, Liangchen Yue, Lingkan Ding, Yu-You Li, Qing Ye, Junhu Zhou, Kefa Cen, Richen LIN, Improving fermentative hydrogen and methane production from an algal bloom through hydrothermal/steam acid pretreatment, *International Journal of Hydrogen Energy*, **2019**, 44(12), 2019, 5812-5820.

3. Yu Qin, Lu Li, Jing Wu, Benyi Xiao, Toshimasa Hojo, Kengo Kubota, Jun Cheng, Yu-You Li, Co-production of biohydrogen and biomethane from food waste and paper waste via recirculated two-phase anaerobic digestion process: Bioenergy yields and metabolic distribution, *Bioresource Technology*, 276, **2019**, 325-334.

・査読無し：発表件数：計 0 件

該当なし

*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 7 件

・査読有り：発表件数：計 7 件内、3 件記載

1. Hongyu Jiang, Yu Qin, S.I. Gadov, Yu-You Li, The performance and Kinetics characterization of the three metabolic reactions in the thermophilic hydrogen and acidic fermentation of cassava, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, **2017**, 2868-2877.

2. Benyi Xiao, Yu Qin, Wenzhe Zhang, Jing Wu, Hong Qiang, Junxin Liu, Yu-You Li, Temperature-phased anaerobic digestion of food waste: A comparison with single-stage digestions based on performance and energy balance, *Bioresource Technology*, 249, **2018**, 826-834.

3. Lu Li, Yu Qin, Zhe Kong, Jing Wu, Kengo Kubota, Yu-You Li, Characterization of microbial community and main functional groups of prokaryotes in thermophilic anaerobic co-digestion of food waste and paper waste, *Science of The Total Environment*, 652, **2019**, 709-717.

・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 1 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 1 件

1. Guangyin Zhen, Xueqin Lu, Hiroyuki Kato, Youcai Zhao, Yu-You Li, Overview of pretreatment strategies for enhancing sewage sludge disintegration and subsequent anaerobic digestion: Current advances, full scale application and future perspectives, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, **2017**, 559-577.

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 32 件（うち招待講演：3 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 3 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. International Workshop on Energy Recovery from Organic Fraction of MSW、主催者：李玉友（東北大学・教授）、東北大学青葉山キャンパス、仙台、日本、2017 年 8 月 1 日～3 日、参加者 22 名程。
2. The 5th International Symposium on Water Environment Systems – With Perspective of Global Safety、主催者：李玉友（東北大学・教授）、東北大学青葉山キャンパス、仙台、日本、2017 年 11 月 29 日～12 月 1 日、参加者 45 名程。
3. International Workshop on Energy Recovery System from Organic Fraction of MSW、主催者：Zhou Junhu（浙江大学・教授）、浙江大学、杭州、中国、2017 年 12 月 23 日～24 日、参加者 18 名程。

4. 研究交流の実績

【研究打合せ】

- ・ 2016 年 9 月 22 日～25 日：研究打ち合わせ、浙江大学、杭州、中国

【国際会議】

- ・ 2016 年 10 月 4 日～8 日：国際会議招待講演、ジェジュ島、韓国

【情報収集】

- ・ 2016 年 10 月 21 日～29 日：国際会議で情報収集、バルセロナ、スペイン

【調査・情報収集】

- ・ 2016 年 11 月 3 日～6 日：調査・情報収集、貴州大学、貴州、中国
- ・ 2017 年 1 月 24 日～2 月 5 日：調査・情報収集、中国沼気科学研究所、成都、中国

【交流・国際会議】

- ・ 2017 年 10 月 11 日～23 日：交流・国際会議、西安建築科技大学など、西安・北京、中国

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

該当なし

7. その他

該当なし