

## 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

- 研究課題名：「水素エネルギーを活用した都市における再生可能エネルギーの電力および熱としての有効利用」
- 研究期間：2016 年 8 月～2019 年 3 月
- 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	秋葉 悦男	特任教授	九州大学 水素エネルギー国際研究センター	全体統括 ワークパッケージ①：水素貯蔵材料およびシステム開発
主たる共同研究者	李 海文	准教授	九州大学 エネルギー研究教育機構	ワークパッケージ②：電気化学デバイス開発
研究参加者	林 理香	研究員	九州大学 水素エネルギー国際研究センター	ワークパッケージ①：水素貯蔵材料およびシステム開発
研究期間中の全参加研究者数			3 名	

中国側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Ping Chen	Professor	Dalian Institute of Chemical Physics	ワークパッケージ①：水素貯蔵材料およびシステム開発
主たる共同研究者	Baofeng Tu	Professor	Dalian Institute of Chemical Physics	ワークパッケージ②：電気化学デバイス開発
主たる共同研究者	Hui Li	Professor	Dalian Institute of Chemical Physics	ワークパッケージ③：先端水素製造技術の開発
研究参加者	Lin Liu	Associate Professor	Dalian Institute of Chemical Physics	ワークパッケージ①：水素貯蔵材料およびシステム開発

研究期間中の全参加研究者数

4 名

#### 4. 国際共同研究の概要

都市における二酸化炭素排出削減、省エネルギーおよび大気のクリーン化のため再生可能エネルギーを水素の形態で効率的に貯蔵し、必要に応じて電力、熱（冷熱を含む）をオフィスビル、高層住宅などに供給すると共に燃料電池自動車等に水素燃料を供給する統合システムの実現を図ることを目的としている。具体的には水素を大量かつ安全に貯蔵する水素貯蔵材料、電力を貯蔵あるいは電力を用いて水素を製造する技術、製造した水素を精製分離する技術について、日本と中国が分担して要素技術を研究開発した。

#### 5. 国際共同研究の成果

##### 5-1 共同研究の学術成果

再生可能エネルギーから製造した水素を貯蔵するための水素貯蔵材料として資源的に豊富でコストでも有利かつ、性能も室温付近での水素吸蔵放出に適した Ti 系の材料について三種類の材料について、それぞれの材料が個別に持つ課題解決のための研究開発を行い、機構解明からその課題解決を図った。また、高性能水素貯蔵材料の開発に成功し、特許を 1 件出願した。再生可能エネルギーで発電した電力の貯蔵と調整に用いるニッケル水素電池用の新規水素貯蔵材料の開発を行った。

##### 5-2 国際連携による相乗効果

本共同研究では、都市において再生可能エネルギーから水素を製造して、それを利活用して電力および熱としての有効利用するものである。目標とするシステムは多数の個別要素機器から形成されているため、日本側と中国側のそれぞれの得意分野を分担して研究会開発するボトムアップにより、最終的にシステムを構築するものである。

そのため、個別要素技術の研究開発はそれぞれが進めて来たため、頻繁に意見交換する機会を本研究のためのセミナー等に加えて、国際学会や国際機関の会議等の機会をとらえて三年間に 8 回行った。

##### 5-3 共同研究成果から期待される波及効果

本共同研究の成果を活かした、地域と連携した実証事業を提案し環境省事業として採択された。水素貯蔵材料は、高压ガスと定義されないため、住宅地などへ大量の水素を貯蔵する技術として期待されているが、水素貯蔵材料そのものの安全性の評価が必要である。九州大学では、本共同研究の成果の社会実証のため、水素貯蔵材料の安全性評価を行い、危険物ではないことを確認している。

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

1. Project title : 「Efficient Utilization of Heat and Electric power from Renewable Energy in Urban Areas Mediated by Hydrogen Energy」
2. Research period : Aug. 2016 ~ Mar. 2019
3. Main participants :  
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Etsuo Akiba	Professor	International Research Center for Hydrogen Energy, Kyushu University	Leader Development of advanced hydrogen storage materials
Co-PI	Hai-Wen Li	Associate Professor	Platform of Inter/Transdisciplinary Energy Research, Kyushu University	Development of electrochemical devices
Collaborator	Rika Hayashi	Researcher	International Research Center for Hydrogen Energy, Kyushu University	Development of advanced hydrogen storage materials
Total number of participants throughout the research period: 3				

China-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Ping Chen	Professor	Dalian Institute of Chemical Physics	Leader Development of advanced hydrogen storage materials
Co-PI	Baofeng Tu	Professor	Dalian Institute of Chemical Physics	Development of electrochemical devices
Co-PI	Hui Li	Professor	Dalian Institute of Chemical Physics	The development of advanced for H <sub>2</sub> production
Collaborator	Lin Liu	Associate Professor	Dalian Institute of Chemical Physics	Development of advanced hydrogen storage materials
Total number of participants throughout the research period: 4				

#### 4. Summary of the international joint research

In urban areas, the demand for heat and electric power, especially for office buildings and high-rise residential buildings, consumes large amount of fossil fuel in limited areas and causes severe environmental and energy issues. The main objective of this joint project is to develop an efficient Hydrogen-mediated energy system to replace the primary energy sources by renewable energy to sustain a healthy growth of human society. Technically, this concerted effort aims to design, development and optimization of hydrogen storage systems and related techniques.

For stationary hydrogen storage, Ti-based hydrogen storage materials have been selected and studied to solve the roadblocks of each Ti-based materials. High-performance materials for an electrode of Ni-hydrogen battery have been developed.

#### 5. Outcomes of the international joint research

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

Three types of Ti-based hydrogen storage materials have been selected. TiFe is difficult to be activated at moderate conditions. Using advanced in-situ XPS technique, the mechanism of activation was clarified. Because Ti-based BCC that the Japanese leader of this project developed is transparent to neutron, crystal structures including hydrogen has not been analyzed. Ti-V-Cr-Nb alloy that is better performance than Ti-V-Cr can show reasonable diffraction patterns and we have analyzed the state of residual hydrogen that is stable and could not be desorbed under mild conditions. It also suggests how to desorb the residual hydrogen. Ti based five-element alloy that is so called high-entropy alloy was synthesized and is found to absorb/desorb hydrogen reversibly.

##### 5-2 Synergistic effects of the joint research

The system aimed by this project consists of more than several components. Japanese and Chinese groups work on their strong fields. Therefore, both groups meet very frequently to discuss achievements of each side. Numbers of meeting was 8 times in 32 months.

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

The aim of this project is to develop components for the system utilize renewable energy in urban area using hydrogen. The next step is to build a system with appropriate size. Japanese scientists extend the achievements of this project to large scale demonstration with the support of the government. In addition, to guarantee the safety of hydrogen storage materials safety tests are conducted also supported by the government.

## 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）

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 3 件

・査読有り：発表件数：計 1 件

C. Zlotea, M.A. Sow, G. Ek, J.-P. Couzinie, L. Perriere, I. Guillot, J. Bourgon, K.T. Møller, T.R. Jensen, E. Akiba, M. Sahlberg, Hydrogen sorption in TiZrNbHfTa high entropy alloy, J. Alloys Comp., 775 667-674 (2019).

Etsuo Akiba, Rika Hayashi, Hai-Wen Li, Hiroshi Ogihara, Toshihiko Taruya, Makoto Arita, Zenji Horita, Kaveh Edalati, Surface properties and activation behaviors of TiFe-based hydrogen absorbing alloys, J. Alloys Comp. in press

Etsuo Akiba, Shota Itano, Hiromasa Hirano, Kazutaka Ikeda, Toshiya Otomo Crystal structure of Ti-V-Cr based hydrogen absorbing alloy hydrides using powder neutron diffraction J. Alloys Comp. in press

＊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）：該当なし

### 2. 学会発表

＊口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）

該当なし

＊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 16 件（うち招待講演：12 件）

＊ポスター発表（相手側研究チームとの連名発表）

該当なし

＊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）

該当無し

### 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. 戦略的国际共同研究プログラム（SICORP）第一回ワークショップ主催者 Ping Chen（DICP 教授）、大連化学物理研究所、大連、中国、2016/11/30 参加者 約 30 人

2. 戦略的国際共同研究プログラム（SICORP）第一回ワークショップ主催者 Ping Chen（DICP 教授）、大連化学物理研究所、大連、中国、2018/3/7~2018/3/9 参加者 約 30 人

#### 4. 研究交流の実績

【合同ミーティング】

6 回開催（国際学会に双方が参加の際、個別に進捗状況の交換、日本、ドイツ（2 回）、米国、イタリア、中国）

【研究員の受入】

大連化学物理研究所から JSPS フェローが博士研究員として九州大学秋葉・李研究室で 1 年間受入

#### 5. 特許出願

研究期間累積出願件数：1 件

#### 6. 受賞・新聞報道等

#### 7. その他

環境省平成 30 年度地域連携低炭素水素技術立証事業に応募し「建物及び街区における水素利用普及を目指した低圧水素配送システム実証事業」として採択された。室蘭市において再生可能エネルギーから製造した水素を水素貯蔵材料タンクに貯蔵し、トラックに載せて利用場所に設置した水素貯蔵材料タンクに水素を配送する実証事業である。本事業の展開の一つである。

内閣府 平成30年度グリーンアジア国際戦略総合特区事業「水電解水素製造・エネルギー貯蔵材料に立ち戻った革新的な基礎基盤研究」に応募し採択された。九州大学において、水素貯蔵材料の実用化のための非危険物確認試験（安全性評価）を行っている。水素貯蔵材料の実用化を目指した本事業の展開の一つの方向である。

以上