

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別中間評価報告書

1. 研究課題名

「高効率燃料電池と再生バイオガスを融合させた地域内エネルギー循環システムの構築」
(2014年5月～2020年3月)

2. 研究代表者

2-1. 日本側研究代表者： 白鳥 祐介

(九州大学 水素エネルギー国際研究センター/大学院工学研究院 准教授)

2-2. 相手国側研究代表者： Dang Mau Chien

(ベトナム社会主義共和国 ベトナム国家大学ホーチミン市校 ナノテク研究所 准教授)

3. 研究概要

本プロジェクトでは、バイオエネルギーで作動する高効率燃料電池を開発することにより、①従来の小型エンジン発電機の倍の発電効率の達成が期待できること、②発電システムの簡素化・コンパクト化により地域住民が簡単に利用できること、③廃棄物系バイオマスを地産地消のエネルギー源として適用することに着目しており、国際共同研究を通じて有機性廃棄物由来のバイオガスの直接供給で作動する燃料電池を導入した、当該地域社会への受容性が高いエネルギー循環システムを構築することを目的とする。

メコンデルタ地域特有のバイオエネルギーで作動する高効率燃料電池を創出し、これを導入した小型オフグリッドシステムをモデルサイト（エビ養殖場）に構築して、既存の発電機使用時に対する優位性を、低炭素化および社会実装の観点から実証することがプロジェクト目標である。上位目標は、高効率燃料電池を導入した地域内エネルギー循環システムの普及による、①廃棄物系バイオマスのエネルギー利用の促進による低炭素化、②農村地域などにおける安定的電力利用とそれに伴う生活水準の向上、③持続的養殖による環境負荷低減、及び④ベトナムにおける新産業の創出および我が国の産業競争力の向上であり、研究題目は以下の4つである。

1. バイオエネルギーで作動する固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の開発
2. バイオ燃料製造に関する研究および関連調査
3. SOFC を導入したエネルギー循環システム実証
4. メコンデルタ地域における SOFC 技術システム普及ロードマップの構築

4. 評価結果

総合評価： A-

(所期の計画とほぼ同等の取組みが行われ、一定の成果が期待できる。)

プロジェクト全体として計画に沿って研究が進捗し、平成 29 年度までにベトナムに固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 研究棟及びエビ養殖場デモサイトが完成し、ベトナム研究機関への機材導入が概ね完了し順調に稼働しており、ベトナム側と強力な開発体制を構築しつつあることは高く評価される。特に SOFC の開発については新規性のある重要な研究成果も得られており、科学技術的なインパクトが大いに期待される。

一方で、エビ養殖場デモサイトの制限から現段階ではバイオガスを比較的ドライなバイオマス为主体とした原料から得ており、養殖池汚泥は発酵菌の供給源に留まっている。養殖産業における汚泥に起因する環境問題解決に寄与するという目標のもと、当初目的としていた養殖池汚泥からのバイオガスと SOFC の融合を特徴とする高効率な低炭素エネルギーシステムの検討に不十分な点が見られるため、養殖池汚泥のバイオマスとしての活用に向けた研究戦略の再構築が望まれる。

以上のことから、所期の計画とほぼ同等の取組みが行われ、一定の成果が期待できると評価できる。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

研究題目 1 ではベトナムにおける機材輸送手続きの遅延があったものの、達成目標の一つであるベトナム側への SOFC の研究拠点の整備に関しては、平成 28 年にベトナム側の研究代表機関である VNU-HCM, INT に設立され、最先端研究機材の導入が完了した。平成 29 年にはベンチェ省にエビ養殖場デモサイトが完成し SOFC の設置も完了したことから、実験・実証試験実施環境の整備は非常に順調であると認められる。また、SOFC にバイオガスを供給する直接内部改質発電を可能とするペーパー触媒の開発や SOFC 単セルの発電挙動の再現、ペーパー触媒による耐久性向上の可能性を見出すなど、科学技術的に新規性のある重要な成果を挙げており、インパクトは大いに期待できる。

一方で、研究題目 2 ではデモサイトのエビ養殖池汚泥の有機物含有量が想定より低く、ウェットなバイオガス発酵では実証に十分なバイオガスの収量が得られないことが判明した。そのため、ローカルに入手可能なバガス等の農業残渣を用いた比較的ドライなバイオガス発酵を利用する方向に転換せざるを得ない状況となっている。水質汚染等が問題となっている養殖汚泥を有効利用して SOFC を運転し、養殖による環境負荷を軽減するという当初のプロジェクト目標に従い、今後エビ養殖場デモサイトでの実証試験と並行し周辺養殖池の汚泥集積池の汚泥や他養殖産業汚泥の組成分析を行い、ウェットなバイオガス発酵を実証に組み込む努力を行ない、汚泥のバイオマスとしてのポテンシャルを改めて検討することが望まれる。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

ベトナム側研究機関の SOFC 研究棟には発電性能を評価するスタック評価装置、単セル評価装置のほか、ガスクロマトグラフ、電界放出型走査電子顕微鏡等が設置され、それぞれの装置の操作

に関するマニュアルも整備されている。ベトナム側研究機関の実施体制としては15名の研究者が参画しているなど、充実した研究実施体制が組み立てられて研究活動が順調に行われ、着実にデータが集積されている。研究代表者はベトナム側の積極的な関与を促し、各グループの並行的な研究遂行を統括するなど、非常に優れたリーダーシップを発揮しており、プロジェクトを精力的に推進している。また、日越研究者が参加する定期的なプロジェクト会議を実施し双方のコンセンサスを取ることで、スムーズなプロジェクト運営を実施していることは評価できる。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

本プロジェクトを通してベトナム側に最先端な研究体制を構築し、人材育成を通じて研究開発能力を高めている点は評価できる。最先端の技術がベトナム側に導入された結果、ベトナム側機関はSOFCの材料開発のみならず、ナノテクノロジーという次世代のマザーテクノロジーの研究開発を推進する研究開発体制を構築しつつあり、日本側がそれを十分に支援する協力体制ができつつあることは今後の展開に大いに期待が持てる。ペーパー触媒の利用によってSOFCの内部改質性能を高めて利用できる燃料種を増やすとともに、ローカルなバイオ資源利用によるシステムの低コスト化を図り、SOFC利用の実効性をベトナムで実証することができれば、アジアにおけるバイオガス利用SOFCの活用の道が開ける可能性が期待できる。

本プロジェクトでターゲットとする、集約的養殖業の拡大により生じる養殖汚泥に起因する環境汚染の問題解決に寄与するためにも、当初目指していた「養殖場の汚泥処理とSOFC発電の組み合わせ」の有効性を明確に示すことが求められる。また、SOFC自体は開発初期段階の技術でもあり本プロジェクトの期間内に直ちに当該技術の事業化に着手できるものではないが、プロジェクト終了後も見据え、社会実装の主体となる企業等との連携を構築・拡大させ、社会実装へのロードマップを具体化していくことが重要と思われる。

日本側研究者の育成に関しては、今後日本とベトナムとの人的・技術的ネットワークを構築し、持続的に研究を実施していくためにも、さらなる若手研究人材の育成を期待したい。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

本プロジェクトはベトナム・日本政府双方の関連政策にも合致し、ベトナム側研究機関に次世代産業につながる研究拠点が構築されたことやベトナム側の研究人材育成が積極的に進められており、ベトナム側研究者が主体となり継続できるよう技術移転が図られている。日本側研究機関とベトナム側研究機関との関係は大変良好であり、研究継続性の観点からも期待が持てる。

実証サイトのエビ養殖池の所有者である現地企業が非常に協力的であり、本プロジェクト成果の活用に対する理解から持続的な研究活動が期待できる。本プロジェクトでは養殖汚泥からのバイオガスを利用したSOFCシステム構築の最初のステップを達成することになると思われるが、プロジェクト終了後にさらなる持続的な発展を図るためにはベトナム中央・地方政府等からの正式な支援を得ることが重要である。

毎年ベトナム側研究機関主導で実施しているプロジェクトワークショップには、ベトナム政府

からの参加もあり、プロジェクトの重要性は認識されており、持続的発展に向けてある程度の期待は持てるが、政府等のより積極的な関与に向けて働きかけをさらに強めていくことが必要である。

4-5. 今後の課題・今後の研究者に対する要望事項

今後、残りの国際共同研究期間で成果目標を達成するために、以下に示す課題に取り組んで頂きたい。

- ・ 養殖産業における汚泥に起因する環境問題解決に寄与するという当初目標を達成するためにも、ベトナムにおける各種養殖産業の養殖池汚泥および発生するバイオガスの性状を調査し、養殖資源の汚泥で製造したバイオガスを利用した SOFC のシステムの検討を行っていただきたい。
- ・ 本プロジェクトは日本を始め先進国でも実用化が進んでいない SOFC の開発・利用を目指しており、今後も SOFC に関する基礎的な研究開発をさらに進め、バイオガス利用の SOFC のみならず、SOFC 全体の効率化、耐久性向上、低コスト化に貢献することを大いに期待する。SOFC 自体は開発初期段階の技術でもあり本プロジェクトの期間内に直ちに本システムの事業化・普及できる段階に至らないまでも、現場で導入・普及できうるシステム全体のエネルギー収支と経済性についてある程度具体的な見通しを明示する必要がある。
- ・ ベトナムとの共同研究であえて SOFC システムを推進する要因は、①周辺環境汚染源となっているエビ養殖場の汚泥がバイオガス生産に適しており SOFC との相性がよい、②小型分散発電の現地ニーズが非常に高い、③ベトナム側政府支援も受けた次世代産業技術研究を推進する自立した研究拠点の構築、である。これらを踏まえ、当初問題提起として挙げた養殖池汚泥の活用と本プロジェクトの要素技術が基礎研究としてバイオエネルギー分野全体にどのようなイノベーションを創出できるかという点を念頭に研究戦略を再構築しプロジェクトを推進することを期待する。

以上

研究課題名	高効率燃料電池と再生バイオガスを融合させた地域内エネルギー循環システムの構築
研究代表者名 (所属機関)	白鳥 祐介(九州大学 水素エネルギー国際研究センター/大学院工学研究院)
研究期間	H26採択(平成27年4月1日～平成32年3月31日)
相手国名/ 主要相手国研究機関	ベトナム社会主義共和国/ ベトナム国家大学ホーチミン市校ナノテク研究所、カントー大学、ホーチミン市工科大学

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 地球規模対応のグリーンインフラ技術の創出 日本企業による成果の事業化 農村地域等の活性化と地域間格差の是正 我が国への養殖水産品の安定供給 下水汚泥処理に悩む大都市圏の環境改善 石炭ガス化技術と燃料電池技術の融合
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> ASEAN諸国等の開発途上国への高効率発電技術(燃料電池技術)の普及 化石燃料使用量の削減につながる汚泥の新しいエネルギー利用形態 燃料電池のロバスト性を活かした再生可能エネルギー活用システム 生態系・生物多様性の保全に資する持続的養殖法 養殖生産性の向上に資する水質管理・病害防止技術
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> バイオエネルギーで動作する高効率燃料電池 セルに改質機能を付与した燃料電池システム 養殖生産、汚泥の高効率エネルギー利用、水質浄化を組み合わせたエネルギー循環システム
世界で活躍できる日本人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議への指導力、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"> 専門家パネル会議の構築 参加型アプローチの研究フレームワークの構築 現地農業従事者等を対象とした広報活動
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"> 燃料電池製造プロセス セルに改質機能を付与した燃料電池システム 養殖池汚泥利用小規模電力グリッド 養殖池水質、汚泥組成、バイオガス性状の相関 エビ病害防止手法

上位目標

- 高効率燃料電池を導入した地域内エネルギー循環システムの普及による
- ◆ 廃棄物系バイオマスのエネルギー利用の促進による低炭素化
 - ◆ 農村地域などにおける安定的電力利用とそれに伴う生活水準の向上
 - ◆ 持続的養殖による環境負荷低減
 - ◆ ベトナムにおける新産業の創出および我が国の産業競争力の向上

システムの社会経済的・環境的効果の評価、人材育成、専門家会議やワークショップ等の参加型アプローチ等を通して、開発したエネルギー循環システムの優位性がベトナム国内で認知され、国際的なルール作りに活用される。

プロジェクト目標

- ◆ メコンデルタ地域特有のバイオエネルギーで動作する高効率燃料電池の創出
- ◆ メコンデルタ地域への受容性が高いエネルギー循環システムの実証



図1 成果目標シートと達成状況 (2018年1月時点)