

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
令和元年度研究開発実施報告書

SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム
シナリオ創出フェーズ

「水素技術を活用し、住民参画を目指した
クリーンエネルギープロシューマーモデルの開発」

研究代表者 牛房 義明
(北九州市立大学経済学部、教授)

協働実施者 栗原 健太郎
(北九州市環境局環境経済部温暖化対策課、
課長)

目次

1. 研究開発プロジェクト名	2
2. 研究開発実施の具体的内容	2
2 - 1. 目標.....	2
2 - 2. 実施内容・結果.....	4
2 - 3. 会議等の活動.....	9
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況.....	10
4. 研究開発実施体制.....	10
5. 研究開発実施者.....	11
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など.....	12
6 - 1. シンポジウム等.....	12
6 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など.....	13
6 - 3. 論文発表.....	13
6 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）.....	13
6 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等.....	13
6 - 6. 知財出願.....	13

1. 研究開発プロジェクト名

水素技術を活用し、住民参画を目指したクリーンエネルギープロシューマーモデルの開発

2. 研究開発実施の具体的内容

2 - 1. 目標

(1) 目指すべき姿

北九州市立大学は、温暖化対策、再エネ普及と地産地消、卒FITの自然エネルギーの有効活用などの社会課題に取り組んでいる北九州市、水素技術システムに関するシーズを社会課題解決に活用したい理化学研究所、電力の同時同量、インバランス回避の実現を図る北九州パワー、Power to Gasの検討を進めたい西部ガス、卒FITを見据えたエネルギーマネジメントを検討している城野ひとまちネットと連携して、2030年までに北九州市をフィールドにして、目標7「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」を地域SDGsとして達成すべく、再生可能エネルギー普及率の向上、「RE100」(企業の再エネ調達100%)の拡大を目指す。そのため、水素等を利用した蓄エネルギー技術、及びこれを家庭や中小企業でも活用可能な再エネ地産地消システムとして構築し、普及させる。同時に、蓄エネルギーシステムを独立電源として地域防災システムに組み込み、目標11「住み続けられるまちづくりを」を目指す。

分散電源を所有している市民、地域中小企業は電力の有効な利活用を通じ、エネルギー支出の削減の実現、地域エネルギー会社は電力需給の同時同量達成によるインバランス料金の抑制の実現を目指す。

(2) 研究開発プロジェクト全体の目標

本研究開発プロジェクトでは、理化学研究所が開発した水素システムを活用し、エネルギーの消費者でも生産者でもあるプロシューマーモデルを開発し、住民にも参画してもらいながらプロシューマーモデルの社会実装シナリオを策定する。

また、水素システムを搭載したプロシューマーモデルによる自立分散エネルギーマネジメントの可能性と再生可能エネルギー由来の水素生成・貯蔵システムによる小規模分散電源（再エネ電源）の出力変動制御、余剰電力活用、災害時の独立電源としての活用の可能性を明らかにする。

本研究開発プロジェクトは、理化学研究所の研究開発プロジェクトの一部ではなく、理化学研究所の技術シーズを活用した脱炭素社会実現に向けたシナリオ策定を北九州市立大学、北九州市が連携して行うものである。そのため、本研究開発プロジェクトで行う可能性試験とアウトカムは次の2点になる。

- ・余剰再生可能エネルギーの有効活用、脱炭素社会実現の一つのツールとして開発された理化学研究所の水素システムと北九州で収集された発電データ、電力使用量データを融合させ、クリーンエネルギーマネジメントシステムのエビデンスを導出する

- ・上記で構築したプロシューマーモデルより得られたエビデンスをベースに、プロシューマーの当事者である住民の参画を見据えたクリーンエネルギーマネジメントシステムの社会実装に向けてのロードマップ作成

2 - 2 . 実施内容・結果

(1) スケジュール

研究開発期間中 (24ヶ月) のスケジュール

大項目	中項目	令和元年度	令和2年度		令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	終了後	
		2020.3	2020.9	2021.3	2021.10			2024.9		
A. 水素システムの能力算定	1. 数値モデル構築	需要規模に応じた数値モデル(プロシューマーモデル)構築								
	2. 実データによる能力算定	数値モデルを実データで検証 →通年稼働時の蓄エネ性能を確認(可能性試験)								
B. AIおよび最適制御技術を活用した予測・制御システムの構築	1. 街区、都市モデル構築	AIで構築した要素を組み合わせ、連携運転も考慮した数値モデルを構築(可能性試験)								
	2. システム導入・制御の最適化	B-1のモデルを用い、水素システムの導入方法を最適化(可能性試験)								
C. 社会実装方法の提示	1. コスト評価	水素システムの導入・運転コストを算出								
	2. 共創的対話	シナリオ作成				評価	ソリューション創出フェーズ			
	3. シナリオ策定 他地域展開調査	デザイン思考を活用した住民参画の設計、ワークショップの開催、アンケート調査など(可能性試験)				シミュレーション検討				
D. 用途展開	1. 平時/災害時の最適制御	↑ 設置環境検証の多様化を図るため調査候補地を探索				導入プラン検討				自治体による事業化
	2. 導入プランの作成	宮古島(2020.1、2020.9、2021.9)の関係者との連携、意見交換、OECD合同ワークショップ(2020.11)、エネルギー関連の学会/セミナーでの報告(2020.2、2020.3、2020.9、2020.11、2021.2)				地域事業計画作成				
E. 他地域展開	1. 連携地域でのデータ収集					多様な設置環境での実データ収集				企業・自治体への提案→事業化
	2. 地域特性に応じた最適制御					どのような地域でも対応可能な導入・制御方法の検討				事業計画作成
F. サイトビジット		第1回 3月	第2回 4月 or 5月	第3回 9月 or 10月	第4回 2月 or 3月					
		↑ 年次報告(次年度計画)		↑ 年次報告(次年度計画)		↑ 終了報告(シナリオ)		↑ 終了報告(ソリューション)		

(2) 各実施内容

今年度の到達点A：実データに基づく水素システム的能力算定

実施項目A-1：水素システムの出力量に応じた数値モデル構築

実施内容：理化学研究所で研究された水素システムの理解及びモデル開発を行った。太陽光発電を模擬した入力電源そして蓄電池、水素貯蔵装置、燃料電池、各一種類を連携させた簡易的なモデルをMATLAB/Simulink上で作成を試みた（図1）。

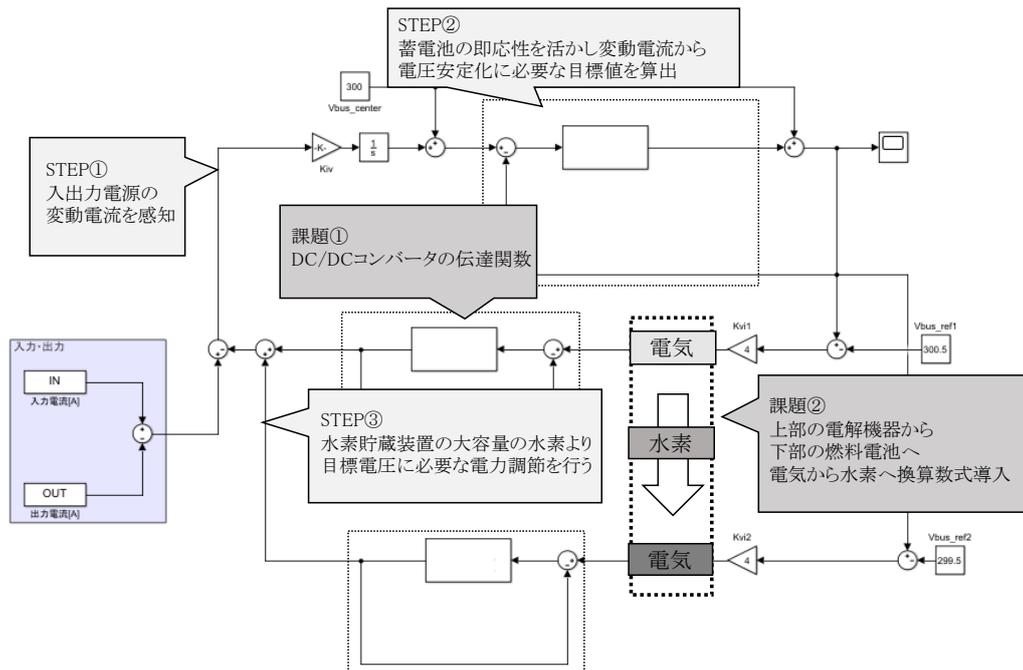


図1: 入出力電源の電流差から電圧調節を行う水素システムのシミュレーション概要

実施項目A-2：フィールドデータを用いた水素システム的能力算定

実施内容：本プロジェクトのフィールドの一つである城野地区の居住者の太陽光発電データ、電力使用量データ、気温データなどを収集し、水素システムシミュレーターに入力するデータセット構築を行なった。

今年度の到達点B：AIおよび最適制御技術を活用した予測・制御システムの構築

実施項目B-1：システム容量と連携制御をパラメーターとした街区モデル、都市モデルの構築

実施内容：実施項目Aで構築した水素システムをベースに複数連携した街区モデルに拡張し、さらに街区単位を連携し、水素システムのマイクログリッドモデルの構築の可能性、課題を検討した（図2）。

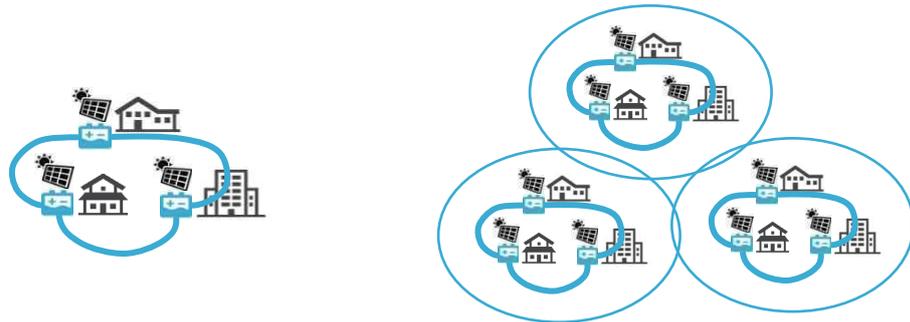


図2：水素システムの複数連携
街区モデル（左）、都市モデル（右）

実施項目B-2：水素システム導入率、再エネ導入率、炭素排出量削減率を指標としたシステム導入・制御方法の最適化

実施内容：本プロジェクトで構築した水素システムモデルの評価、制御手法を検討した。評価指標としては、水素システム導入による負荷平準化率（負荷率）、ゼロ・カーボン達成度、エネルギー自給率などの評価指標を検討した。また、制御手法については、モデル予測制御、分散協調制御を活用。

今年度の到達点C：社会実装方法の提示

実施項目C-2：社会実装方法に関する共創的対話

実施内容：水素システム技術やプロシューマーそのものに対する認知度を把握するために、2020年2月、北九州市城野地区において、城野ひとまちネットと連携して、エネルギーマネジメントに関するワークショップを開催した。

また、他地域展開を見据え、多様なステークホルダーと連携を図るために、国内では宮古島、海外ではドイツのブッパタール、オスナブリュックのシュタットベルケ（電気、ガス、水道、交通サービスを供給する都市公社）、ハンブルク市、地元企業が出資して設立された再生可能エネルギークラスターに訪問した。各関係者と再生可能エネルギー由来の水素エネルギーシステムを活用したプロシューマーモデルに関する意見交換を行い、協働可能な関係を構築する活動を行った。またパリにおいて、北九州市立大学と大学間協定を締結しているパリ大学とワークショップの開催、OECD本部への訪問の際に、本プロジェクトを紹介した。さらにOECD主催によるドイツのボンで開催されたSDGsラウンドテーブルに参加し、OECDから選定されたSDGsパイロット都市/地域に対し、本プロジェクトの紹介を行い、ネットワーク構築を試みた。さらに、国内のセミナー（スマートエネルギーWeek）にも参加し、情報収集、意見交換を行った。



写真 城野地区住民との意見交換会（令和2年2月22日）

（3）成果

今年度の到達点A：実データに基づく水素システムの能力算定

実施項目A-1：水素システムの出力規模に応じた数値モデル構築

成果：簡易的なものではあるが、水素システムのシミュレーターを構築することで、水素システムを利用したプロシューマーモデルを構築することができた。しかし、シミュレーション上のDC/DCコンバータの伝達関数の特定化に至っていない点、水素貯蔵装置中の電気からエネルギーを介して水素に変換する数式をシミュレーションに組み込み込めていない点が課題である。

実施項目A-2：フィールドデータを用いた水素システムの能力算定

成果：居住者の太陽光発電データ、電力使用量データ、気温データなどを収集し、水素システムシミュレーターに入力するデータセットの構築はできた。しかし、商業施設のエネルギー関連のデータセットの構築を行う必要がある。

今年度の到達点B：AIおよび最適制御技術を活用した予測・制御システムの構築

実施項目B-1：システム容量と連携制御をパラメーターとした街区モデル、都市モデルの構築

成果：複数の水素システムを連携した場合のモデル構築の可能性を検討することはできた。しかし、複数連携を行う場合に発生するボトルネック（電流・電圧の不安定化、送配電系統に与える負荷、これらのボトルネックを検証するためのモデル、シミュレーターの構築）を検討し、解決する必要がある。

実施項目B-2：水素システム導入率、再エネ導入率、炭素排出量削減率を指標としたシステム導入・制御方法の最適化

成果：水素システムを評価する指標、制御手法の候補の目途が立った。しかし、複数の水素システムを連携した場合のモデルとシミュレーターを構築してから水素システムの評価や最適な制御方法を検討することになる。

今年度の到達点C：社会実装方法の提示

実施項目C-2：社会実装方法に関する共創的対話

成果：住民向けのワークショップにより、住民のエネルギー問題に対する意識が把握できた。しかし、なぜ住民がエネルギーマネジメントを行わないといけないのかがイメージできないため、住民に水素システム、プロシューマーなどに関心を持ってもらうためにどのようなアプローチで行うのが望ましいかを検討する必要がある。

また、水素システム、プロシューマーの社会実装に向けてボトルネックになる要素として、水素システム、プロシューマーの認知度の低さ、水素システムの初期費用、維持費用の高さ、安全面などの規制があるため、これらの障壁を解消する方法、エビデンスを探索する必要がある。

他地域展開については、ネットワークを構築することはできたが、本プロジェクトの社会実装シナリオを受け入れ、当該地域が実装することを検討してもらうためには、まだ時間がかかる。

(4) 当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

・進捗状況

実施項目A

理化学研究所が開発した技術シーズである水素システムを再現し、可能性試験を進めるための基礎を固めることができた。ただし、詳細な関数、数式の設定が課題である。本来なら、理化学研究所にある水素システムの実機を見学し、課題を解決する必要があるが、次年度の当面はオンライン会議で理化学研究所と議論を行い、課題に対応する。

実施項目B

複数の水素システムの拡張の可能性を検討し、その際に発生する技術的なボトルネックが明らかになった。次年度はこの技術的なボトルネックの解決策を検討する。

実施項目C

ワークショップ実施により、住民のエネルギー問題に対する意識の低さが把握できた。エネルギーの地産地消、再生可能エネルギーの普及、プロシューマー、水素システムなどがなぜ必要なのかを住民目線からシナリオを策定する必要がある。次年度は九州大学大学院芸術工学研究院の平井康之教授を協力者に

迎えデザイン思考を活用し、住民参画を目指したプロシューマーモデルのユーザーシナリオを策定する。

他地域展開については、ネットワークができた地域と継続的に意見交換を行い、当該地域が導入を検討してもよいと思う社会実装シナリオを検討する。

2 - 3. 会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
2019年12月 24日	キックオフミー ティング	北九州市立大 学	本プロジェクトで取り組む内容、 役割分担を議論、整理した。
2020年2月 19日	第2回全体ミーテ ィング	北九州市立大 学	本プロジェクトの進捗状況の報告
2020年3月 10日	理化学研究所と のwebミーティ ィング	北九州市立大 学	水素システムのシミュレーター構 築に関する打ち合わせ

3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

3月に予定していた現場での対応が新型コロナウイルス（COVID-19）感染拡大防止により実施できず次年度に向けて調整中。

4. 研究開発実施体制

（1）ソーシャルデザインチーム

グループリーダー：牛房義明（北九州市立大学経済学部、教授）

役割：経済性評価、共創的対話、社会実証シナリオ策定

概要：水素システム導入による社会的な便益と費用の試算や共創的対話を行いながら、水素システムを社会に普及させるためのシナリオを作成する。

（2）システムデザインチーム

グループリーダー：永原正章（北九州市立大学環境技術研究所、教授）

役割：街区・都市モデル構築、システム導入・制御の最適化

概要：1つの水素システムモデルを複数の水素システムモデルに拡張し、AIおよび最適制御技術を活用し、水素システム内の制御モデルを検討する。

（3）水素システムチーム

グループリーダー：藤井克司（理化学研究所、研究員）

役割：水素システムモデルの構築、数値モデル構築

概要：水素システムモデルとフィールドデータを融合させ、水素システムの能力算定を行う。

（4）協働実施者

グループリーダー：栗原健太郎（北九州市、課長）

役割：共創的対話への参画、データ提供、フィールドの提供、政策への活用

概要：共創的対話の参画、データ提供などを行い、本プロジェクトで得られたエビデンスを政策に活用。

（5）コーディネーター

グループリーダー：藤本潔（北九州産業学術推進機構、部長）

役割：

概要：各機関との調整、研究プロジェクト実施機関、協働実施者、協力機関との円滑な連携を図る。

（5）協力機関

機関名：北九州パワー、西部ガス、城野ひとまちネット

役割：共創的対話への参画、データ提供、フィールドの提供

概要：共創的対話の参画、データ提供などを行い、本プロジェクトで得られたエビデンスを事業に活用。

5. 研究開発実施者

ソーシャルデザインチーム

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
牛房 義明	ウシフサ ヨシアキ	北九州市立大学	経済学部	准教授
中武 繁寿	ナカタケ シゲトシ	北九州市立大学	国際環境工学部	教授
松本 亨	マツモト トオル	北九州市立大学	国際環境工学部	教授
加藤 尊秋	カトウ タカアキ	北九州市立大学	国際環境工学部	教授
藤山 淳史	フジヤマ アツシ	北九州市立大学	環境技術研究所	講師
太田 茉莉花	オオタ マリカ	北九州市立大学		研究補助員

システムデザインチーム

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
永原 正章	ナガハラ マサアキ	北九州市立大学	環境技術研究所	教授
松田 鶴夫	マツダ ツルオ	北九州市立大学	環境技術研究所	教授
池田 卓矢	イケダ タクヤ	北九州市立大学	国際環境工学部	講師
楠田 悟	クスダ サトル	北九州市立大学	国際環境工学部	M2

水素システムチーム

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
半田 敬信	ハンダ ケイシン	理化学研究所	イノベーション事業本部	実用化コーディネーター
藤井 克司	フジイ カツシ	理化学研究所	光量子工学研究センター	研究員
小池 佳代	コイケ カヨ	理化学研究所	光量子工学研究センター	特別研究員

協働実施者

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
栗原 健太郎	クリハラ ケンタロウ	北九州市	環境局環境国際経済部温暖化対策課	課長

山下 孝之	ヤマシタ タカユキ	北九州市	環境局環境国際経済部温暖化対策課	係長
林 学	ハヤシ マナブ	北九州市	環境局環境国際経済部温暖化対策課	

参画機関

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
藤本 潔	フジモト キヨシ	北九州産業学術推進機構	産学連携統括センター	産学連携担当部長
神谷 和秀	カミヤ カズヒデ	北九州パワー	統括部	部長
益本 健	マスモト タケシ	北九州パワー	総務政策課	課長
今長谷 大助	イマハセ ダイスケ	西部ガス	営業本部ビジネスソリューション部	マネージャー
檜原 英明	ナラハラ ヒデアキ	西部ガス	営業本部ビジネスソリューション部	
中山 歩	ナカヤマ アユム	西部ガス	総合研究研修所（総合研究所）技術開発グループ	
太田 信知	オオタ マコト	城野ひとまちネット	事務局	統括タウンマネージャー

6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

6-1. シンポジウム等

年月日	名称	主催者	場所	参加人数	概要
2019年12月2日	Paris・Kitakyushu Knowledge Exchange by Young Scholars on Green Cities (KEYS 2019)	パリ大学、北九州市立大学	パリ大学	50名	OECDのグリーン成長モデル都市に選定された4都市（ストックホルム市、シカゴ市、パリ市、北九州市）にある大学が毎年開催しているワークショップにおいて本プロジェクトを報告
2020年3月2日	Joint Workshop on Offshore Wind Energy for coming collaboration between Germany and Japan	北九州市立大学	北九州市立大学	15名	再生可能エネルギー（洋上風力）と水素エネルギーに関するワークショップ

6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

- (1) 書籍、フリーペーパー、DVD
 - ・なし
- (2) ウェブメディアの開設・運営
 - ・なし
- (3) 学会（6-4. 参照）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等
 - ・なし

6-3. 論文発表

- (1) 査読付き（__0__件）
 - 国内誌（__0__件）
 - 国際誌（__0__件）
- (2) 査読なし（__0__件）

6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

- (1) 招待講演（国内会議__0__件、国際会議__0__件）
- (2) 口頭発表（国内会議__0__件、国際会議__0__件）
- (3) ポスター発表（国内会議__0__件、国際会議__0__件）

6-5. 新聞報道・投稿、受賞等

- (1) 新聞報道・投稿（__0__件）
- (2) 受賞（__0__件）
- (3) その他（__0__件）

6-6. 知財出願

- (1) 国内出願（__0__件）

以上