

## [27]全国共同利用研究成果報告

<https://hdl.handle.net/2324/7431319>

---

出版情報：全国共同利用研究成果報告. 27, pp.1-, 2024-03. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン：

権利関係：



## 核融合と水素エネルギー利用社会のあるべき姿

核融合科学研究所研究部/京都フュージョニアリング(2024年1月～) 芦川直子  
核融合科学研究所研究部 平野直樹<sup>\*1</sup>

### 1. 目的

カーボンニュートラルと持続可能な社会実現、および内閣府からの強い後押しにより、核融合発電の早期実現に向けた注目度が向上している。他方、核分裂炉の代替法として核融合エネルギーは発電としてのみ使用するといった考えが長く続いている。電気代金の増加、持続的な資源輸入への懸念、など日本が有する社会情勢を背景に、未実装の新たな発電手法への開発競争が続いている。これは、再生可能エネルギーのみならず、革新的核分裂炉など多岐にわたる。これら発電手法に対し、核融合エネルギー利用の技術成熟度レベルは相対的に低い状況にある。この状況で核融合エネルギーを社会実装するには、社会から求められるエネルギー形態を有するプラント像を把握し、核融合プラント設計を改善していく必要がある。核融合反応から得られる熱は発電のみならず水素製造にも利用可能で、その水素はカテゴリー上ではグリーン水素で、カーボンニュートラル社会への貢献が得られる。

重水素-トリチウムを燃料とする核融合プラントでは、運用開始後はプラント内でトリチウム自己増殖を目指す。重水素は海水に含まれ抽出に関する基礎技術は開発されているとともにソースは無尽蔵である。つまり海に囲まれている日本としても、これら資源を自国でまかなうことが出来る。そこで、本研究会では、核融合反応から発電と水素製造が可能な Fusion Power Complex[1-2]の社会実装に必要な要素とは何かを、エネルギーや水素製造の専門家らと共に議論し、課題精査する場として研究会を開催した。

[1]H. Chikaraishi, N. Ashikawa, N. Hirano, et al, "Conceptual Design of Fusion Power Complex with Hydrogen

Storage Function in Superconducting Magnet System", Plasma Fusion and Research, 18 (2023) 1205001.

[2]N. Ashikawa, "Safety Science and Engineering for Fusion Power Complex", ITC31 (2022) Invited talk.

### 2. 開催日時、場所、参加人数

日程：2023年10月3日(火) 13:10～10月4日(水) 12:00

場所：九州大学筑紫キャンパス応用力学研究所2階大会議室 および オンライン

参加人数：29名

\*企業4社からの発表を含む。うち3社はオンサイト会場で発表があった。10月3日夜には懇親会を開催し、カーボンニュートラル社会に向けた情勢等について情報交換を行った。

<sup>\*1</sup> 申請時の代表者(芦川) 転職に伴い、2024年1月に代表者を平野へ変更

### 3. 参加者リスト

|     |       |   |         |
|-----|-------|---|---------|
| 001 | 芦川 直子 | 核融合科学研究所・研究部・超伝導・低温工学ユニット                                 | 准教授     |
| 002 | 花田 和明 | 九州大学 応用力学研究所  | 教授      |
| 003 | 市川 貴之 | 広島大学 大学院先進理工系科学研究科  | 教授      |
| 004 | 輿野 文人 | 京都大学 エネルギー理工学研究所  | 研究員     |
| 005 | 竹永 秀信 | 量子科学技術研究開発機構 六ヶ所研究所                                       | 所長      |
| 006 | 立川 達也 | 九州大学・工学研究院 機械工学部門   | 准教授     |
| 007 | 寺尾 悠  | 東京大学 大学院新領域創成科学研究科  | 助教      |
| 008 | 平野 直樹 | 核融合科学研究所 研究部・超伝導・低温工学ユニット                                 | 教授      |
| 009 | 中田 博之 | 関西電力 水素事業戦略室 技術開発グループ                                     | チーフMGR  |
| 010 | 井野 孝  | 京都フュージョニアリング Technical Development Dept. Plant Technology | Div.MGR |
| 011 | 碓井 志典 | 三菱重工業 原子力セグメント先進炉部  | 部長      |
| 012 | 片山 一成 | 九州大学 総合理工学府   | 准教授     |
| 013 | 樋口 誠一 | 関西電力  |         |
| 014 | 吉田 茂  | 核融合科学研究所 核融合科学学際連携センター                                    | 特命専門員   |
| 015 | 長谷川 真 | 九州大学 応用力学研究所  | 准教授     |
| 016 | 井戸 毅  | 九州大学 応用力学研究所  | 教授      |
| 017 | 村岡 克紀 | 九州大学  | 名誉教授    |
| 018 | 長谷川 卓 | 川崎重工業 水素戦略本部 プロジェクト開発部                                    | 課長      |
| 019 | 浅井 英明 | 三菱重工業   |         |
| 020 | 都築 和泰 | エネルギー総合工学研究所  |         |
| 021 | 鈴木 康浩 | 広島大学 大学院先進理工系科学研究科  | 教授      |
| 022 | 藤原 英弘 | 三菱重工業   |         |
| 023 | 清水 克祐 | 三菱重工業   |         |
| 024 | 馬場 貴志 | 三菱重工業   |         |
| 025 | 土屋 隼人 | 川崎重工  |         |
| 026 | 岡村 俊哉 | 川崎重工  |         |
| 027 | 中村 一男 | 九州大学名誉教授  |         |
| 028 | 武田秀太郎 | 九州大学  | 准教授     |
| 029 | 岳 其霖  | 九州大学  | 大学院生    |

### 4. 研究会プログラム

10月3日(火)

13:10 趣旨説明 (芦川、花田)

13:15 芦川直子 (核融合研)

「Fusion Power Complex の提案～核融合熱からの電力／水素製造プラント～」

13:50 竹永秀信 (量研機構六ヶ所)、

「原型炉を中核としたフュージョンインダストリーの創出と未来社会」

14:25 平野直樹（核融合研）

「超伝導応用研究における液体水素冷熱利用への期待」

休憩（10分）

15:10 中田博之（関西電力）

「関西電力の水素社会実現に向けた取組み」

15:45 碓井志典／浅井英明（三菱重工業）

「高温ガス炉の取組み／水素ステーション向け水素昇圧ポンプの紹介」

（水素昇圧ポンプ、水素製造関係）、\*一部リモート

16:20 市川貴之（広大）

「700°C域での熱化学水素製造プロセスの可能性」

16:55 立川達也（九大）

「九大伊都キャンパス水素ステーションにおける水素社会実装に向けた取組み」

17:30 興野文人（京大）

「グリーン水素製造への核融合の適用」

18:05 終了

懇親会

## 10月4日

9:00 寺尾悠（東大）

「液体水素ポンプに用いるモータ及びその関連技術」

9:35 長谷川卓（川崎重工業）

「国際水素サプライチェーンと液化水素技術」\*リモート

10:10 井野孝（京都フュージョニアリング）

「マイクロ波加熱装置を用いたバイオマス熱分解技術に関わる検討」

休憩（5分）

10:50 村岡克紀（九大（名誉教授））「Necessity of a nationally coherent energy strategy for meeting the Paris Agreement - a case study for Japan」

11:05 総合討論

コメント（吉田茂（核融合研））

会合のまとめと、今後の展開

12:00 終了

## 5. 発表概要

### 芦川直子（核融合研）

「Fusion Power Complex の提案～核融合熱からの電力／水素製造プラント～」

社会が核融合エネルギーを利用する時、他のエネルギー源と比較し顕著な利点とは何か、今からそれを社会に提示し電力グリッド接続を想定したプラント概念が必要になる。水素冷却による超伝導コイルを有するプラントを想定すると、核融合による熱から電気と水素が製造可能で、かつ液化水素としての長

期備蓄が可能となる。このようなプラントを Fusion Power Complex と定義する。講演ではそのプラントの特徴について述べる。

### 竹永秀信（量研機構六ヶ所）

「原型炉を中核としたフュージョンインダストリーの創出と未来社会」

量子科学技術研究開発機構では、ITER 計画/BA 活動を中心としたフュージョンエネルギーの実用化に向けた研究開発とともに、フュージョンテクノロジーを活用したイノベーションの創出を推進している。将来的には、核融合原型炉を中核に、水素製造・利用や資源確保・循環、中性子利用等のフュージョンインダストリーを興し、未来社会の発展に貢献していく。講演では、研究開発及びイノベーション創出の現状と未来社会像について報告する。

### 平野直樹（核融合研）

「超伝導応用研究における液体水素冷熱利用への期待」

エネルギー持続可能社会実現に向け、核融合技術への関心が高まっている。中でも高温超伝導を利用したコンパクトな核融合炉の研究開発が、欧米のスタートアップ企業を中心に加速している。高温超伝導を用いた応用では、従来のヘリウム資源を用いた冷却に代わり、液体水素の冷熱を利用することが考えられる。講演では、最近の高温超伝導応用研究の動向と、その冷却としての液体水素への期待について紹介する。

### 中田博之（関西電力）

「関西電力の水素社会実現に向けた取組み」

関西電力は、2021年2月に「ゼロカーボンビジョン 2050」を策定し、水素社会への挑戦を取組みの柱に掲げた。また、2022年3月には「ゼロカーボンロードマップ」を公表し、「ゼロカーボンビジョン 2050」を実現するための道筋を定めた。本講演では、これに関連した、水素の製造・輸送・供給・発電用燃料としての利用の実現に向けた取組みについて紹介する。

### 碓井志典／浅井英明（三菱重工業）

「高温ガス炉の取組み／水素ステーション向け水素昇圧ポンプの紹介」

三菱重工の取組み 2 件を紹介する。1 件目は、高温ガス炉開発。三菱重工は、高温ガス炉実証炉開発の中核企業に選定され 2030 年代の実証炉建設に向け開発、設計を推進している。高温ガス炉は、水素製造設備に接続しており水素製造の仕組みについて紹介する。

2 件目は、水素ステーション向けの超高压型液体水素昇圧ポンプに関して紹介する。従来のポンプに比べより多くの水素燃料を充填することができるポンプを開発。その特徴を説明する。

### 市川貴之（広大）

「700°C域での熱化学水素製造プロセスの可能性」

我々のグループでは、様々な排熱や太陽光の集光熱を蓄熱し、これを有効に利用することを目的として、500°C以下の温度における熱化学水素製造プロセスの開発に注力してきた。熱のみを用いて水から水素を製造するプロセスとしてナトリウムレドックス反応に期待が持たれるが、逆に 500°C以上の温度では反応性が高すぎて反応を格納する容器の材質を見出すことができない。本研究ではナトリウムとのアナロジーからリチウムに着目し、リチウムレドックス反応による熱化学水素製造反応の可能性を見出した。リチウムの系はナトリウムに比べて反応性は低く、より高温での反応制御が可能となると期待している。

## 立川達也（九大）

「九大伊都キャンパス水素ステーションにおける水素社会実装に向けた取組み」

九州大学では水素社会の実現に向けた取組みをこれまで多く進めてきており、その中でも伊都キャンパスにある水素ステーションはその中心的な実証施設の1つとしてこれまで運用されている。水素の製造や利用に関する研究の取組みや、再生可能エネルギーの活用に向けてこれまで実施してきた取組みについて講演する。

## 興野文人（京大）

「グリーン水素製造への核融合の適用」

CO<sub>2</sub>を出さないグリーンで高効率な水素製造、即ち水の分解による水素製造、は1980年代から多数の案が提唱されているが、いまだ実用レベルで確立されていない。その原因は水分解のエンタルピーの高さとエントロピーの低さにある。唯一実証実験がなされているSI法に於いても950°Cの温度が必要であり各種技術的な困難が伴う。そこで電気分解とのハイブリッドにより500°C領域で可能なCCC法と核融合による熱出力を組み合わせた完全グリーンな水分解による水素製造方式について提案をする。

## 寺尾悠（東大）

「液体水素ポンプに用いるモータ及びその関連技術」

近年、カーボンニュートラル社会を迎えるに当たり、液体水素の活用が盛んに議論されている。この中で、貯蔵タンクから外部へ液体水素を送り出すためのポンプ技術は一つの重要トピックであり、ロケット、車、プラントと様々な分野において技術開発が盛んになってきている。本講演では、液体水素を送り出すためのポンプ用モータ及びその周辺部品等に関して、常電導/超電導技術を用いた研究開発動向を紹介する。

## 長谷川卓（川崎重工業）

「国際水素サプライチェーンと液化水素技術」

脱炭素政策で注目が集まる水素だが、再生可能エネルギー由来の水素または化石燃料改質のCO<sub>2</sub>を地下貯留する等の低炭素水素の生産に適した地域は、水素の需要地域とは異なる。そのため、低炭素の利用にあたってLNGのような国際的なサプライチェーンの構築が必要になる。川崎重工業が2015年度から取り組んでいるNEDO技術実証、2030年までの商用化実証事業、中でも液化水素の取組みを紹介する。

## 井野孝（京都フュージョンリアリング）

「マイクロ波加熱装置を用いたバイオマス熱分解技術に関わる検討」

昨年度、京都府補助金事業を活用して実施した、マイクロ波加熱装置によるバイオマス炭化および水素生成実証、および、京都府や京都府向日市と連携した事業開発に関わる検討について、ご報告する。

## 村岡克紀（九大（名誉教授）

「Necessity of a nationally coherent energy strategy for meeting the Paris Agreement - a case study for Japan」

## 吉田茂（核融合研）

総合討論への話題提供として、核融合プラントで利用可能な温度領域や条件に関する議論を水素製造の専門家と共に実施することの重要性について言及があった。

## 6. 本研究集会による成果

本研究集会の実施により得られた一番の成果は、「核融合と水素エネルギー利用社会のあるべき姿」という課題に対し、新たな研究グループ構築が出来たことである。本研究集会では、これまで核融合研究分野の共同研究者として共に議論をしてきた研究者のみならず、他分野で活躍する水素製造の専門家らを招聘し、共に議論をする場を構築することを目指した。本共同研究採択時には、審査委員から研究協力者の不足が指摘されたが、その後地道に本課題に必要な専門家の調査と共に研究会への参加依頼を行った。その結果、大学を含む公的機関と企業の双方から講演者が集い、かつ水素に関する専門家が多数という形での研究会プログラムとなった。併せて、九州大学伊都キャンパス水素ステーションに関する講演を含めることが出来た。近年内閣府主導による核融合エネルギー推進に関する動きもあり、水素製造の専門家からも本研究会を通じて核融合研究の最新情報が得られたとの感想を得た。このように、核融合エネルギーおよび水素製造といった双方の専門家にとって新たな情報が得られる有意義な研究会となると共に、更なる議論展開に向けた基盤構築となった。

以上