



●核融合科学研究会ニュース 69●



特別講演会の様子



総会の様子

CONTENTS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| NPO法人 核融合科学研究会 2024年度総会開催される | 2 |
| 核融合科学研究会 2024年度 特別講演会 「フュージョンエネルギーの国際協調と競争の時代における産官学の最新動向と京都フュージョニアリングが取り組む研究開発の役割」 | 3 |
| 第15回核融合エネルギー連合講演会 報告 | 9 |
| オープンキャンパス2024 | 11 |
| 第13回 ITER国際スクール(IIS2024) 開催 | 16 |
| 核融合科学研究会セミナーの開催 | 19 |
| 核融合科学研究会セミナー フュージョンと水素によるエネルギー研究の新展開 | 22 |
| 事務局だより | 24 |

NPO法人 核融合科学研究所 2024年度総会開催される

核融合科学研究所の2024年度総会が、2024年6月20日(木)に、核融合科学研究所のシミュレーション研究棟会議室で開催されました。昨年より対面での開催が復活し、今回は会員企業とNIFS所内運営委員他から出席者17名があり、議決委任者11名を入れて、総会成立要件を満足しました。

総会では、まず、本研究会会長の武藤 敬氏(中部大学副学長)から挨拶を頂いた後、本総会の議長の選任が行われ、満場一致で武藤会長に決定されました。議事では、はじめに、柳 長門運営委員会委員長(核融合科学研究所教授)より、第1号議案である2023年度事業報告及び決算報告について詳細説明がありました。2023年度の主な事業としては、核融合科学研究所主催の特別講演会の開催(2023年6月27日)を行ったこと、国際交流経費助成として従来の国際土岐コンファレンスに替えて研究所の主催として名古屋で開催された第7回アジア太平洋プラズマ物理国際会議(2023年11月12日~17日)、および、京都で開催された第20回レーザー応用プラズマ計測に関する国際シンポジウム(2023年9月10日~14日)への経費援助を行ったこと、コロナ禍のためずっと延期となっていた見学会を4年ぶりに行ったこと(2024年3月21日~22日)、機関誌の発行としては2023年度事業報告書(国際交流、講演会要旨、見学会報告、広報支援、若手研究者育成、シンポジウム支援)を発行したこと、などについて報告がありました。また、本研究会の最大の事業である若手研究者の育成として、総合研究大学院大学物理科学研究科核融合科学専攻の大学院生のうち12名に対して奨学金の支給を行ったことの報告がありました。さらに、会務の報告として、総会(2023年6月20日)、および、3回の運営委員会(第152,153,154回)が開催されたことが報告されました。最後に、2023年度決算報告、財産目録の説明が行われました。これらについて監事を務める伊藤俊之氏(株式会社北野製作所代表取締役)より会計監査結果の報告があり、第1号議案は承認されました。

続いて、柳運営委員会委員長より第2号議案の説明がありました。第2号議案では、2024年度の実業計画(案)及び収支予算(案)について提案が行われました。核融合科学に関する技術動向の調査や産業界との情報交換、産学連携等を進めるため、講演会や見学会を企画し実施することについて計画が述べられました。具体的には、第15回核融合エ

ネルギー連合講演会への助成を行うこと、機関誌等の発行として2024年度事業報告書の発行、および、会報「融会」の発行を行うこと、また、広報活動の一環として、核融合科学研究所の「夏の体験入学」、オープンキャンパスの支援をしていくこと、また、最近の核融合炉開発の状況などを説明するセミナーを開催するなどについて報告がありました。若手研究者の育成の推進としては、総研大核融合科学専攻の学生の奨学金、および、特別共同利用研究員の旅費支援をしていくこと等が説明され、2024年度収支予算案とともに本議案は承認されました。

第3号議案では、柳運営委員会委員長より、2024年度の会長、理事、監事、運営委員(会員企業より4名、核融合科学研究所から9名)、顧問については継続となる提案がなされ、承認されました。

以上の会務の終了後、核融合科学研究所の吉田善章所長より研究所の近況報告がありました。学術研究機関である研究所では、昨年度より「ユニット」という組織(研究者集団)が新たに編成され、各研究分野のコアとしながら核融合(フュージョン)科学の学際化が進められている状況について報告されました。続いて、総合研究大学院大学の大学院生の代表として戸田悠斗氏から学位論文研究に関する発表「プラズマ-壁相互作用における壁材料に対する入射粒子の電荷の影響」が行われました。発表の最後には、核融合科学研究所からの奨学金支援に対する感謝の言葉が述べられました。

総会の後、特別講演会が開催されました。講師には、京都フュージョンエンジニアリング株式会社の小西哲之CEO(京都大学名誉教授)をお迎えし、「フュージョンエネルギーの国際協調と競争の時代における産官学の最新動向と京都フュージョンエンジニアリングが取り組む研究開発の役割」の題目で講演を頂きました。日本最初の核融合スタートアップ企業として核融合の産業化とサプライチェーンの構築に向けて、世界を舞台に幅広い展開を進めている状況が語られ、多くの質疑応答を受けて大変有意義な講演になりました。(講演内容の詳細については、別掲記事をご参照ください。)

(文責：柳 長門 核融合科学研究所理事長・運営委員長、核融合科学研究所教授)

核融合科学研究会 2024年度 特別講演会

2024年6月27日(木)

「フュージョンエネルギーの国際協調と競争の時代における産官学の最新動向と京都フュージョニアリングが取り組む研究開発の役割」

講師 小西 哲之 先生 (京都フュージョニアリング株式会社 CEO)

ご講演概要

本講演では、核融合エネルギーに関する国際協調と競争の最新動向について、京都フュージョニアリング株式会社のCEOである小西哲之先生にご講演いただきました。核融合エネルギーは、環境負荷の低い次世代エネルギー源として注目を集めており、特に国際的な協調や国家単位での競争が進展する中で、核融合スタートアップ企業の役割や課題に関して具体的な視点が提供されました。

小西先生は、核融合エネルギーが今後のエネルギー自立や気候変動への対応に不可欠であるとの認識から、各国が大規模プロジェクトや政策支援を通じて積極的に取り組んでいる現状を解説されました。例えば、国際熱核融合実験炉(ITER)プロジェクトにおける多国間協力や、各国独自の技術開発の動向を交えながら、核融合エネルギーの世界的な重要性が示されました。

核融合スタートアップ企業は、従来の政府主導プロジェクトとは異なり、スピード感と柔軟性を武器に新技術の早期実証を図るなど、重要な役割を担っています。京都フュージョニアリングは、日本発の核融合技術企業として、核融合発電に不可欠な要素技術を開発し、商業化に向けた解決策を提供しています。

講演では、核融合炉の実用化に向けた京都フュージョニアリングの具体的な取り組みが紹介されました。同社は、高温・高圧下でのプラズマ安定化や、核融合エネルギーの効率的な取り出しに向けた冷却技術や材料技術の開発に注力しています。また、産官学連携を通じ、核融合炉設計の要素技術を提供する体制づくりについても言及されました。

核融合エネルギーの実用化には、依然として大規模な投資や長期的な開発が求められる一方で、京都フュージョニアリングは商業化に向けた実用技術の具体化を進めており、今後も核融合業界全体の進展に寄与する計画が示されました。さらに、同社はビジネスと技術の両面で持続可能なエネルギー社会実現に貢献する決意を述べられました。

本講演は、核融合エネルギーが持つ社会的意義や、核融合技術の商業化に向けた京都フュージョニアリングの先駆的な取り組みを理解する貴重な機会となりました。核融合産業の進展は、日本のエネルギー戦略と世界の気候変動対応に大きな影響を与える可能性があり、今後も本分野の動向に注目が集まることが期待されます。

講師のご紹介

小西哲之先生は、1981年に東京大学大学院工学系研究科修士課程を修了され、同年 日本原子力研究所に入所されました。同研究所主任研究員及び室長を経て、2003年から京都大学エネルギー理工学研究所教授を務められ、2008年から2012年まで京都大学生存基盤科学研究ユニット長を併任されました。2019年に京都フュージョニアリングを共同創業者とともに設立し、Chief Fusionerとして技術、企画、戦略を担当され、2023年よりCEOを務めておられます。



カーボンバジェットとエネルギー

Carbon budget of post-Paris agreement age will **run out after 2040**, if majority of the countries would be honest.

CCS resource is **more critical** than fossil fuels.

While **Clean electricity** can be supplied by various options, very **few alternatives** are known for Carbon Isolation.

Growth is driven by Energy.

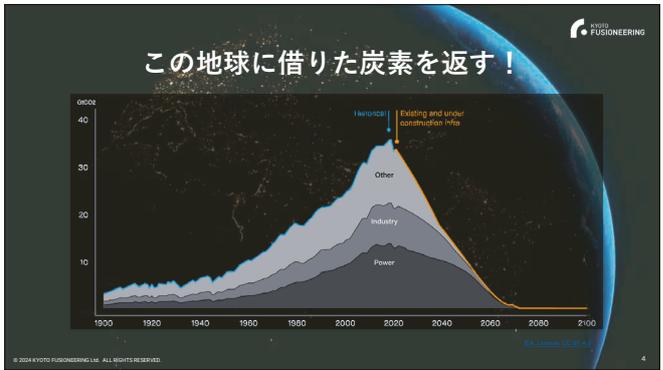
Energy supply is limited by disposal of Carbon.

This study will provide some hints for the relationship between, growth, energy, environment and sustainability.

今、エネルギーの世界で起きていること

- エネルギー技術の本来目的は、人類の“**持続可能な発展**”
→エネルギー技術は現在および将来のエネルギー市場、地球環境問題への対応が必要。
- エネルギーは本当に足りない？
実は枯渇の恐れは当面ない。
- それどころか、供給過剰、自由化市場で電力卸売価格はゼロ円以下になることも。
- パリ協定に大部分の国が調印し、削減目標に合意。人類は**カーボンバジェット**に近い将来使い切る (2040)

→二酸化炭素「削減」の方がエネルギー問題の主役



フュージョンエネルギー開発は国や公共機関が主導してきた

- 国際協力の下、進められているフランスのITER
- イギリス、アメリカ、日本もそれぞれプロジェクトを推進
- アメリカのローレンス・リバモア国立研究所で「核融合を発生させるため燃料へ投入したエネルギーよりも多くのエネルギーを生成」したと発表

フュージョンエネルギーは現実のものに

核融合の実現に足りない「装置」は？

- 意思決定。「建設しよう」と意思決定する主体。
 - コンセンサスやピアレビュー、全会一致では決まらない
 - 「やろう」という意思を共有する人たちが実行できる
- 資金。経済的にフュージョンプラントを成立させるメカニズム。
 - 電力会社は当面必要としない(電力市場は飽和しつつある)
 - 発電で(少なくとも当初は)黒字になる見込みはない
- 人員と知識、経験
 - プロジェクトを実行する強力な組織とその人員。
 - 急速に人数を確保し機動的に組織化する主体。
 - 蓄積された知識、技能の継承と伝達、教育
- 産業技術
 - モノを作り、売る「サプライチェーン」
 - イノベーション**。今、公的研究機関も大企業も保守的

フュージョンへの期待とプライベート

Current fusion development is **driven by private initiatives**. Many fusion startups have been founded. Multi million~ Billion \$ investment from private sources.

- less **constraints of budget and resources**
- Diverse concepts of fusion reaction.
- Aggressive development plan.

Public funding and programs to leverage private activities.

- US Bold Decadal, milestone program
- UK STEP Programs

今の開発費はプライベートからきている

Current fusion development is **driven by private initiatives**.

\$5+ billion invested in 40+ private fusion companies.

Bloomberg: Fusion could grow to a \$40 trillion industry.



民間核融合の技術課題

Several pilot/power plant concepts consider breeder blankets, however, Fusion Nuclear Technology has so far been studied by mostly public sector.

Private sector has:

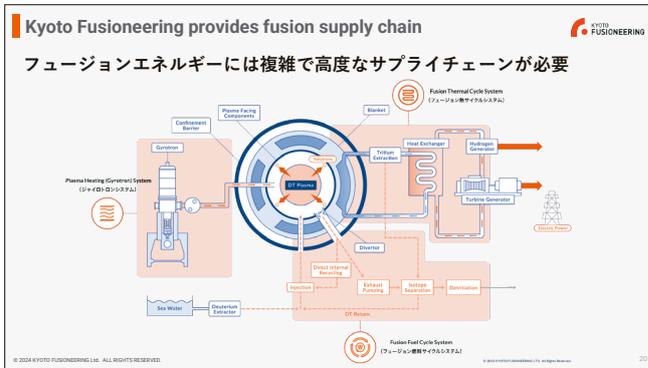
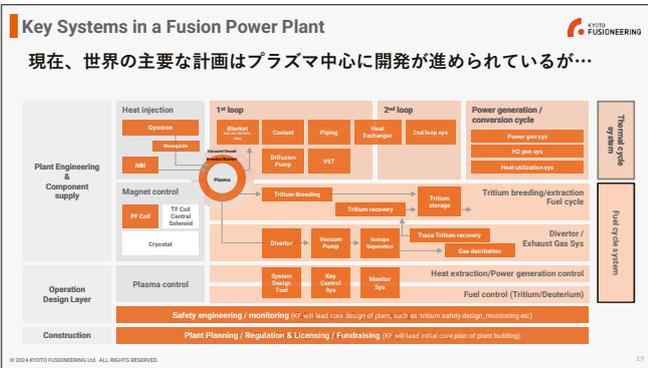
- Few nuclear capability
- No tritium capability
- Little radiation experience

- Poor infrastructure
.. some **spin off from national lab and universities** have.

- None can afford to make them from the scratch.

現在の民間主導核融合で炉工学と材料研究は弱点

© 2024 KYOTO FUSIONEERING, L.L.C. ALL RIGHTS RESERVED.



京都フュージョニアリングの技術

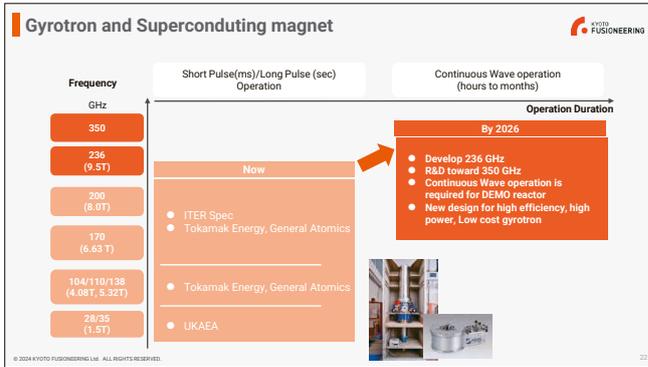
Plasma Heating System (ジャイロトロンスystem)

磁場閉じ込め方式の核融合炉において、プラズマ状態を作り出すために必要な加熱システムです。

ジャイロトロンは長年にわたり国の研究機関等で多くの研究者によって研究・開発が行われてきました。当社はその技術をベースとしながら、高周波数の開発や出力時間の長期化など、日本発のジャイロトロンが世界中で利用されるように研究開発を行い、産業転用できるよう取り組んでいます。加えて製品管理や品質保証など、ジャイロトロンの特長を生かして必要のプロセスを民間企業の立場から推進しています。

- 28GHzなどの低周波帯から236GHz*などの高周波帯まで、複数の周波数に対応できるジャイロトロンを提供可能 (*236GHzについては現在開発中)
- 英国原子力公社(UKAEA)や海外のスタートアップ企業からの受注実績
- 製品開発に際しては、日本の大学技術・製造企業との幅広い協力関係を構築
- 核融合産業だけでなく、他産業への応用も期待される技術の結果

© 2024 KYOTO FUSIONEERING, L.L.C. ALL RIGHTS RESERVED.



京都フュージョニアリングの技術

Fusion Fuel Cycle System (フュージョン燃料サイクルシステム)

炉心プラズマの安定稼働における最大の課題の一つである燃料供給を担うため、京都大学をはじめとする長年の研究開発を基盤とし、燃料であるトリチウム(三重水素)などの水素同位体ガスを核融合炉心から排気・分離・循環させる技術の研究開発を進めています。

また世界でも有数の水素同位体の取り扱いや管理に関する豊富な経験と技術、そして関連設備を持つ「カナダ原子力研究所(CNL)」と連携し、「UNITY-2」と称したプロジェクトを通じて燃料サイクル技術とシステムの技術成熟度の向上に取り組んでいます。

- 液体層分離から効率よくトリチウムを抽出する技術や機器の開発
- 燃料ガスの再循環による核融合プラズマの運転維持を維持するために、排気システム(ダイバータ、ポンプ、DIRシステム)および分離技術(不純物ガス除去、同位体分離システム等)の設計、開発
- フュージョン燃料サイクルシステムを最適化し、コスト競争力のある設計の検討

© 2024 KYOTO FUSIONEERING, L.L.C. ALL RIGHTS RESERVED.

京都フュージョニアリングの技術

Fusion Thermal Cycle System (フュージョン熱サイクルシステム)

炉心プラズマから熱を取り出すためには、フュージョンエネルギー特有の環境(高エネルギー高流束中性子照射、高磁場環境、高温)に対応する独自の材料と、高熱効率に達したプラント設計が必要です。当社は独創的なプラント設計まで一つのシステムとして開発に取り組んでいます。

また、当社研究開発拠点の京都リサーチセンターにおいて、世界初となるフュージョンエネルギーの発電試験プラント「UNITY-1」の稼働を計画し、現在建設を進めています。(*2027年7月の発表時点)

- 高耐熱性(1000°C)、低放射化、先端材料(SiCコンポジットなど)の開発
- 高温での熱回収とトリチウム増殖性能を備えた先進的なプラントの設計開発および液体金属(LiPb, Li)および溶融塩ループ(FLiBe)の設計
- ヘリウムなどを媒体とする先進熱交換器および革新的な発電サイクルの設計開発
- フュージョンエネルギーによるゼロカーボン高温熱源を利用した水素製造、バイオマスの熱分解による炭素固定化技術の研究開発

© 2024 KYOTO FUSIONEERING, L.L.C. ALL RIGHTS RESERVED.

『小西 哲之 先生 ご講演資料より』

京都フュージョンリングの技術



UNITY-1
Unique Integrated Testing Facility

フュージョンエネルギーによる発電に向けた工学技術を統合・実証する世界初の発電試験プラント「UNITY」の建設を進めています。放射性物質を用いることなく核融合炉内と同等の高温・強磁場の環境を構築し、一連の発電システムを実証します。

UNITY-1は核融合炉から熱を取り出す「ブランケット」、取り出した熱を輸送する「液体金属ループ」、「先進熱交換器」および「発電システム」、「水素同位体回収装置」を備えます。

民間核融合のブランケット概念

| Company | Pilot Plant Concept | Blanket |
|-----------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Commonwealth Fusion Systems | ARC Compact tokamak with HTS magnets | FLiBe liquid immersion blanket(LIB) |
| Tokamak Energy Inc. | ST-E1 Spherical tokamak using HTS magnets | Liquid lithium blanket |
| Focused Energy, Inc. | Laser-driven inertial fusion energy | Targeting FLiBe as of 2021 |
| Realta Fusion, Inc. | Axisymmetric mirror with HTS magnets | TBD, but liquid concept likely |
| Type One Energy Group | Stellarator with HTS magnets | TBD but interested in liquid immersion blanket concept |
| Xcimer Energy Inc. | Inertial fusion energy | FLiBe liquid first wall concept |
| Zap Energy Inc. | Sheared-flow-stabilized Z-pinch | PbLi waterfall |

ほぼすべてが液体増殖液体冷却の「先進概念」

米国は民活用でダイバーシティ、国営はTokamak系

| Reactor Type | USA | UK | China | Japan |
|---------------|-------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|
| Reactor Type | ダイバーシティ戦略 | Spherical Tokamak (STEP) | Tokamak (BEST,CFETR) | トカマク基幹 (JA-DEMO) |
| 実施主体 | Private (PPP上) | Public (の下でPrivate) | Public | 未定 |
| Funding | Milestone Program | 約1,000億円 (Fusion Futures) | NA | Moonshot (200億円) SBIR等 |
| Enabling Tech | FESAC FCS | LIBRTI他 (Fusion Futures) | CRAFT | |

共通の目標は“サプライチェーン構築”

2028 → 2040

USA: Milestone Program (FESAC FCP) → FPP (Privateが主導?)

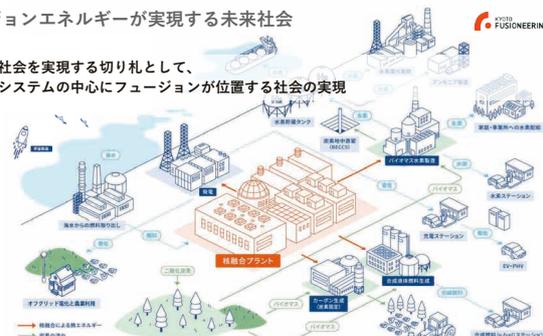
UK: STEP Program (Fusion Futures)

China: BEST (国家主導の強大システム) → CFETR (ITER)

China is transitioning to self-reliance (中国は自国内主義に転換)

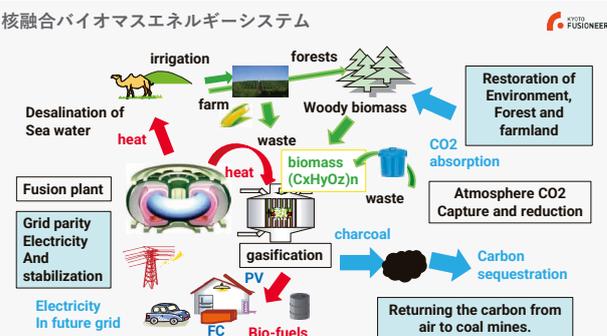
フュージョンエネルギーが実現する未来社会

ネットゼロ社会を実現する切り札として、エネルギーシステムを中心にフュージョンが位置する社会の実現



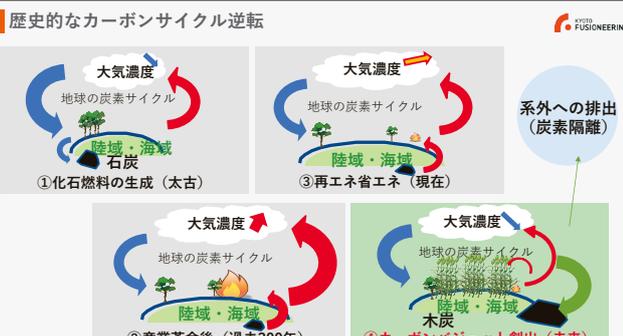
① 化石燃料の生成 (太古) ② 産業革命後 (過去300年) ③ 再エネ省エネ (現在) ④ カーボンバジェット創出 (未来)

核融合バイオマスエネルギーシステム



Desalination of Sea water, Fusion plant, Grid parity Electricity And stabilization, Electricity in future grid, Bio-fuels, FC, PV, gasification, charcoal, CO2 absorption, Restoration of Environment, Forest and farmland, Atmosphere CO2 Capture and reduction, Carbon sequestration, Returning the carbon from air to coal mines.

歴史的なカーボンサイクル逆転



① 化石燃料の生成 (太古) ② 産業革命後 (過去300年) ③ 再エネ省エネ (現在) ④ カーボンバジェット創出 (未来)

系外への排出 (炭素隔離)

スタートアップ企業の機能と役割 “市場と事業の開拓”

- 情報収集、分析と決断
 - ・現在、最新技術情報の半分が民間にある(「国」は収集力不足)
 - ・市場、資金、企業間情報が特に重要
 - ・情報はビジネスセンスで分析しなければ使えない
- 資金
 - ・資金を集め、管理運用する機能。
 - ・ニーズの発掘-公的資金、私的資産それぞれの目的
- 人員と知識、経験
 - ・SUは急速に成長し機動的に組織化。
 - ・蓄積された知識、技能の継承と伝達、教育
- 産業技術
 - ・モノを作り、売る「サプライチェーン」「高流」の構築、「すりあわせ」
 - ・イノベーション。既存技術の組み合わせではできない

『小西 哲之 先生 ご講演資料より』

まとめ 1



フュージョンの動向は、すでに民間情報なしには語れない。

- 米英中心にフュージョン企業と国家計画が連携。
- 各国はフュージョン産業の国産化政策を開始
 - ・ **フュージョン産業の国際競争**はすでに開始
 - ・ **産業化、基幹技術**の育成は急務
 - その主体はスタートアップによるイノベーション
- 民間新興企業は**フュージョン開発の新たなルート**
- わが国は、「モノづくり」で技術優位
しかし、産業化では遅れをとる
 - 将来の**フュージョン炉建設の主体も民間企業**

© 2024 KYOTO FUSIONEERING, LLC. ALL RIGHTS RESERVED.

33

まとめ 2



フュージョンは**社会的挑戦**を必要としている

- **フュージョン産業の国際競争**はすでに開始
- 科学技術と社会のニーズ（低炭素社会の実現）のマッチング
 - ・ わが国のモノづくり、特にプラント技術の重要な機会
 - ・ 究極目的は人類の持続可能なエネルギーと炭素収支逆転。

民間新興企業は**フュージョン開発の新たなルート**

- **イノベーション**はスタートアップの役割
- **産業化、基幹技術**の育成は急務
 - ⇒わが国企業はフュージョンの主要なサプライチェーンを構築できる

© 2024 KYOTO FUSIONEERING, LLC. ALL RIGHTS RESERVED.

34

全人類に課された挑戦



脱炭素/NetZeroを実現する「新しいエネルギー社会」

||

Zero carbon、安全、枯渇せず無尽蔵のエネルギー供給
電力だけでなく、水素やクリーン燃料
そして、数兆トンに及ぶ炭素隔離技術

究極的なエネルギーソリューション「**フュージョン**」

わが国のモノづくり産業の重要な機会であり責務

© 2024 KYOTO FUSIONEERING, LLC. ALL RIGHTS RESERVED.

35

第15回核融合エネルギー連合講演会 報告

プログラム委員長 追手門学院大学 上田 良夫

第15回核融合連合講演会が、2024年6月13日～14日、八戸市公民館で開催された。今回はプラズマ・核融合学会が中心となり、日本原子力学会核融合工学部会の協力のもとに実施された。前回はコロナウイルスの影響によりオンラインで開催されたが、6年ぶりに対面での開催が実現した(図1)。



図1 メイン会場

近年、核融合エネルギー研究開発の環境は大きく変わろうとしている。2023年に内閣府で「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」が策定され、それを受けて一般社団法人フュージョンエネルギー産業協議会(J-Fusion)が2024年3月に発足し、産学官が連携して取り組む体制が整いつつある。今回の連合講演会では、このような核融合エネルギーを取り巻く環境の変化を鑑みて、従来のアカデミアのみならず多くの産業界の方にも参加いただけるようなプログラムを策定することを心掛けた。サブタイトルは「フュージョンエネルギーによる脱炭素社会の実現」とした。

参加者総数は313名(正会員173名、学生会員62名、会員外49名、学生非会員7名、招待者22名)、企業展示28社、

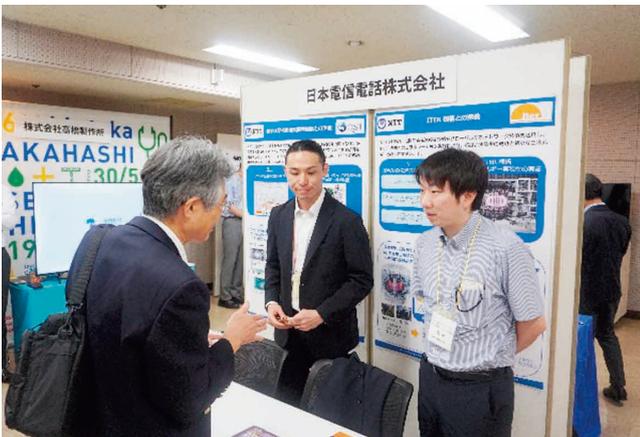


図2 企業展示

ポスター発表171件(うち若手発表賞対象71件)、懇親会参加者160人であった。コロナでオンラインミーティングが普通になりつつある現在、どのくらいの参加者がこの講演会に参加していただけるか多少心配であったが、これまでの対面開催の講演会に近い参加者数であった。特に、現地実行委員会のお声掛けで企業展示が28社集まったことは特筆すべきことであり、今後のさらなる産業界との連携が期待される場所である(図2)。

オープニングでは、安藤晃 会長・組織委員会委員長の開会挨拶に続き、竹永秀信 六ヶ所フュージョンエネルギー研究所所長・現地実行委員会委員長よりご挨拶をいただき、その後、宮下宗一郎 青森県知事代理、山下真一 青森県環境エネルギー部次長からご挨拶をいただいた。最後に、戸田衛 六ヶ所村村長からのご祝辞を司会が代読した。県議会と村議会が開催されていたため、青森県知事と六ヶ所村村長にご出席いただけなかったことは残念であったが、今後も力強いご支援を表明していただいたことに感謝する次第である。

オープニングに続き、4件の招待講演があった。まず、エネルギー総合理工学研究所理事長の寺井隆幸氏より、「将来のエネルギー見通し」について、エネルギー環境を総合的に俯瞰した説明があった。次に、内閣府/文部科学省戦略官の馬場大輔氏より、「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略について」と題してご講演いただき、J-Fusionの発足や新たなフュージョンエネルギー支援の枠組み「ムーンショット」について説明された。続いて八戸地域ゼロエミッション連絡協議会の松坂洋司氏より、「次世代の先進産業地域を目指して」と題して、八戸市の産業についてご紹介いただき、招待講演の最後に、東京大学の岩田紘宜氏に「官民連携で加速する核融合技術開発：機構技術イノベーション研究の成果」と題して、フュージョンエネルギーの社会受容性等に関連する研究成果をご紹介いただいた。

特別講演については、まずITER機構副機構長の鎌田氏がITER機構からオンラインで参加され「ITER計画の意義と日本の核融合界への期待」と題して、ITER計画の現状と日本からの積極的な参加への期待を述べられた。次に、六ヶ所フュージョンエネルギー研究所所長の竹永秀信氏から「QST六ヶ所フュージョンエネルギー研究所における最近の成果と今後の展望」と題して、BAでの成果を中心として、原型炉に向けた研究開発のアクティビティの紹介があった。さらに、JT-60システム統合グループリーダー

諫山明彦氏より、「JT-60SA統合運転の総括」が説明された。特別講演の最後に、核融合科学研究所坂本隆一氏より「核融合科学研究所の核融合エネルギー実現に向けた取り組み」として、最近の研究所の研究活動について説明があった。

シンポジウムは、「パワーレーザー国際共創プラットフォームにおけるフュージョンエネルギー開発の展望」、「プラズマ・核融合科学におけるシミュレーション研究の新展開」、「JT-60SAが挑む研究開発と人材育成」、「国内・国際共同研究による核融合炉材料およびプラズマ壁相互作用研究の進展と今後の展望」の4件を企画し、最新の研究成果や今後の研究開発の展望についてご紹介いただいた。

パネルディスカッションでは、産業界との連携を明確に示すために、J-Fusionとのコラボレーションセッションを企画した(タイトル：フュージョンエネルギー産業協議会(J-Fusion)の今後の活動への期待)(図3)。本プログラムの企画を始めた2023年11月の時点では、J-Fusionが2024年3月末に発足予定ということのみが決まっているだけで、正直なところ無謀な計画であったかもしれない。ただ、J-Fusionの会長に就任された京都フュージョンリングの小西哲之氏の強いバックアップにより開催することができた。J-Fusionの関係者の皆様、本セッションのモデレータの田口昂哉氏(Helical Fusion)および、5名のパネリストの皆様へ深く感謝する次第である。本セッションでは、各社のフュージョンエネルギーへの取り組みを説明していただいた後に、会場の聴衆も参加して質疑応答が活発に行われた。大変に有意義なセッションであったと思うので、今後も同様のセッションを企画してほしいと思う次第である。

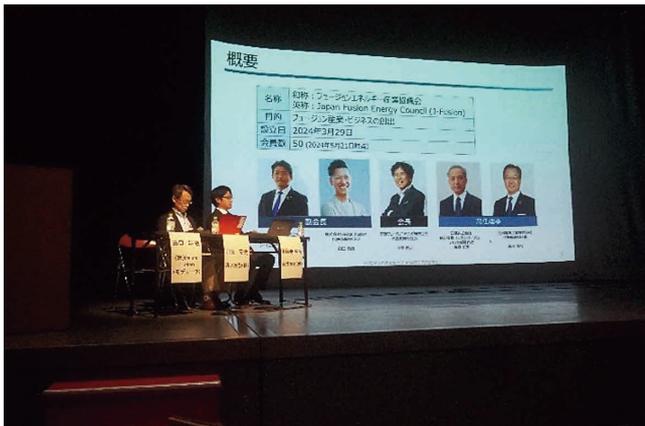


図3 パネルディスカッション

一般講演についてはこれまでと同様すべてポスターセッションとした(図4)。若手優秀発表賞のポスターは1日目にすべて集め、この日はシニアの先生方に、若手育成のため審査に集中してもらった。この方式は前回公表であったために今回もそれを踏襲した。若手賞については、若手正会員3名、学生会員6名に授与した。



図4 ポスター発表

懇親会は、八戸グランドホテルで行われ、八戸市副市長の佐々木郁夫様にご祝辞をいただいた。また、余興として国の重要無形民俗文化財に指定されている八戸えんぶりの実演があった(図5)。さらに東北の地酒も多く用意され、八戸市の温かい雰囲気に触れて夜が更けていった。



図5 懇親会

今後、フュージョンエネルギー・イノベーション戦略に掲げられた研究支援や人材育成事業が進展することが想定される。また、産業界との連携も進んでいくことであろう。今回の連合講演会では、このような雰囲気を十分に感じることができ、フュージョンエネルギーの今後に大いなる期待を抱かせてくれた会合であった。なお末筆ながら、今回の開催を支えてくださった皆様、協力していただいた地元や関係の方々に深く感謝申し上げます。

オープンキャンパス2024

大谷 寛明

令和6年10月26日(土)、毎年恒例の秋のイベント、オープンキャンパス(一般公開)を開催しました。今年度も昨年に引き続き、現地での対面形式で実施することができ、多くの皆様にお越しいただくことができました。27回目となる今回は、「体感！体験！プラズマエネルギー」をテーマに掲げ、プラズマや核融合エネルギーについて楽しく学び、体験できる内容を豊富にご用意しました。10月にもかかわらず暑い日が続いていたのですが、当日は薄曇りの天気となりやや過ごしやすい日となりました。土曜日の開催にもかかわらず、約650名の方々にご来場いただき、賑やかな一日となりました。ご来場いただいた皆様、誠にありがとうございました。

久々の現地開催となった昨年に引き続き、企画の選別とブラッシュアップを行うとともに、子供から大人まで楽しく学んでいただく新しい企画や復活させた企画をご用意いたしました。新しい企画は、いま地域の町おこしなどでも活用されている謎解きと、核融合研究の歴史と核融合研の最新研究を紹介するポスター展示、ブックリサイクルです。また、軽食やおやつなどを召し上がっていただくためにキッチンカーを呼びました。コロナ禍以前のオープン

キャンパスで子供たちに人気のあった、君だけの記念シールを作ろう企画と工作教室を今回、復活させました。そして、他の大学・研究所には無い独自施設や世界最先端の大型装置である、大型ヘリカル実験装置(LHD)やスーパーコンピュータ、超伝導マグネット実験施設の見学ツアーを行いました。核融合研究は息の長い研究であるため、若手研究者の育成は欠かせません。核融合研でどのような大学院教育を受けることができるかを紹介する大学院生勧誘企画も行いました。研究所が力を入れている産学連携活動の紹介ではオープンキャンパスだけでなく、ものづくり岐阜テクノフェア2024にも出展いたしました。そして、公式パートナーとして核融合研と東北大学の合同チームが参画している「ガンダムオープンイノベーション」活動を紹介するブースも作りました。以下のイラストにイベント一覧をまとめました。

核融合科学研究所
OPEN CAMPUS 2024
オープンキャンパス
体感！体験！プラズマエネルギー

10月26日(土)
入場無料 10:00-16:00
(最終入場は15:30)

大型ヘリカル装置(LHD)見学ツアー
観覧100名 事前申込・抽選制
申込の要を要します！

市民学術講演会 13:00-14:00
講演者：高橋 尚徳 核融合科学研究所 所長

謎解きイベント
研究に使う材料をヒントにして
謎解きイベントを開催！

イベント
謎解きイベント
超伝導磁気浮上列車
空気の無い世界のふしぎを体験しよう！

産学官連携企画
15月25日(金)～27日(日)にも開催！核融合科学研究所が主催する
核融合センター、社会に役立つ研究開発の取り組みを紹介します。

イベント一覧

① 管理・福利棟
1F 企画(中絶) 工作教室
「くくるへりかちゃん」ロボットを手作りしてみよう
※参加費：1F 実用1F 実用1F 実用1F 実用1F

② 図書館
1F 企画 謎解き受付
リアル謎解きゲーム「ロボット完成大作戦」
研究に採られた謎を解こう！
謎解きに挑戦し、キラキラの合格証と記念品をゲットしよう

③ 制御棟
1F 企画 超伝導マグネット研究棟を大公開！
超伝導マグネット研究棟を見学しよう

④ 研究1期棟
1F 企画 核融合研究の歴史と核融合研のユニット研究紹介
核融合研究の過去・現在・未来を紹ろう

⑤ 小ドーム
産学連携企画
研究所が持つ特許を中心に、研究者が社会に役立つ技術を紹介

⑥ シミュレーション科学研究棟
2F プラズマシミュレータ「雷神」
スーパーコンピュータを周辺で見学しよう！研究者の解説もあるよ

1F 10B バーチャルリアリティ LHD
VRでLHDの中を見学してみよう

1F 101 君だけの記念シールを作ろう！
LHDやへりかちゃんを背景に写真シールを撮ろう

1F 企画 核融合研で博士をとろう
核融合科学研究所 核融合科学コースと連携大学院の相談会

⑦ 大ドーム
1F 企画 NIFSにおけるガンダムオープンイノベーション活動協力紹介
核融合研の研究成果、「ガンダム」にどのように繋がっていくのを知ろう！

⑧ 超伝導マグネット研究棟
1F 企画 超伝導磁気浮上列車
超伝導の不思議な性質を体験しよう。
超伝導列車の運転にも挑戦できるよ！

⑨ 芝生広場
キッチンカー
軽食や休憩はこちらでどうぞ。誰でも飲めるスペースもあふよ

リアル謎解きゲーム 「ロボット充電大作戦！」



コロナ禍前のオープンキャンパスでもクイズラリーを行い、企画に関するクイズを解いてプラズマ博士を目指してもらいました。今年は、一ひねりを加えた「リアル謎解きゲーム」をご用意しました。「実際に乗れる人型ロボットの搭乗体験会でロボットのエネルギーがすっからかなくなってしまった。暗号化された緊急充電マニュアルを読み解いてロボットに充電しよう」というストーリー仕立てで、核融合についての知識を身につけながら、子供だけでなく大人も楽しめる謎解きとなりました。皆さん、夢中になって謎解きにチャレンジされ、アンケートでも「むずかしいけど楽しかった」というお言葉を多数いただき、大変好評でした。

核融合研究の歴史とユニット研究紹介



そもそも核融合科学研究所ってなにをしているところなの？そんな疑問に答えるのがオープンキャンパスです。核融合研究はどんな研究なのか、核融合研ではどんな最先端研究をしているのか、そんな疑問に答えるためにポスター展示を行いました。核融合研究の歴史は長く、大小さまざまな実験装置がこれまでに作られてきました。そんな実験装置の歴史を振り返る大きな年表(縦1189mm×横2524mm：A0サイズのパネルで3枚分!)を今回作成いたしました。その出来栄は核融合研スタッフも驚くほどで、来場者の方々も核融合研究の道のりの長さや困難さを実感いただけたのではないのでしょうか。また、核融合研のそれぞれのユニットでの最新研究について紹介するポスター展

示は研究者が直接疑問に答えるコーナーとなり、活発に議論が行われていました。

ブックリサイクルとキッチンカー



ブックリサイクルコーナーとキッチンカーも今年初めて設けた企画です。研究所の図書室は、世界中の核融合・プラズマ研究者に提供する資料や情報の充実をめざし、物理を中心に自然科学・工学など約6万8千冊を所蔵しています。そんな図書室で廃棄処分をした図書や雑誌、さらに教職員の「もう読まないけど、捨てるのはもったいない!」と集まった本を活用してブックリサイクルコーナーを設置しました。研究所の食堂は今年10月にリニューアルされましたが、リニューアルして間がなかったため、オープンキャンパスの時は残念ながら休業でした。そこで、今年初めてキッチンカーを呼び、軽食やおやつを提供しました。

君だけの記念シールを作ろう！と 工作教室



君だけの記念シールを作ろう企画と工作教室はコロナ禍前のオープンキャンパスでも人気のコーナーでした。記念シールでは、研究所正面、LHD内部、プラズマシミュレータ、恵那山という4種類の背景からお好みの背景を選び、ヘリカちゃんと一緒に記念撮影ができました。今年もアンケートでは面白かったイベントの第4位でした。工作教室では、「くるくるヘリカちゃん」を作ってもらいました。壁などのものにつかると進行方向を変える、お掃除ロボットのようなロボットです。1回の定員が20名で一部の回にすこし空きがあったようですが、他の回は満員御礼でした。どちらの企画も来場記念のひとつとしてよい思い出になればいいなと思いました。

LHD見学ツアー



LHD見学ツアーは、通常の施設見学ではご案内していない、大型ヘリカル実験棟の本体室にある大型ヘリカル装置(LHD)をオープンキャンパス限定で公開するため、毎年多くの事前申し込みをいただいています。残念ながら1回の見学で受け入れることができる人数に上限があり、さらに時間が限られるため見学の回数も限られ、どうしても抽選となります。今年は106件(総数296名)もの応募がございました。厳正な抽選の結果、98名の当選となりました。この後にも説明いたしますが、核融合研の大事な役割の一つに若手人材の教育があります。そのため、今年度のLHD見学ツアーは将来核融合にさまざまな形で関わる人材を拡げる目的のため、学生の方が1名以上含まれるグループを優先的に選出いたしました。そのため、遠方の大学・高等専門学校所属の多くの学生さんが参加され、高い関心をもって見学いただき、積極的に質問をいただきました。残念ながら抽選から漏れた方々のために、過去に撮影した見学ツアーの様子を休憩スペースで上映いたしました。こちらも関心をもってご覧いただけたようです。

プラズマシミュレータ「雷神」



核融合研究には実際にプラズマをつくる実験研究とともにシミュレーション研究も大事な役割を果たしています。シミュレーション研究はコンピュータに計算させて、言わば、「コンピュータの中にプラズマをつくる」ことで、プラズマで何が起きているかを調べています。スーパーコ

ンピュータ「プラズマシミュレータ『雷神』」はそんなシミュレーション研究を支えるコンピュータです。本物のスーパーコンピュータを間近で見る機会はなかなかありません。当日は多くの方々が雷神を訪れ、核融合研究におけるスーパーコンピュータの役割など、シミュレーション研究を専門とする研究者が質問にお答えしていました。ちなみに、面白かった企画の第1位は雷神の見学ツアーでした。

バーチャルリアリティLHD



シミュレーションで計算された結果や多くの実験観測結果は数値のられつです。この数値のられつから、どんな現象が起きているか、なぜそんな現象が起きるのかを読み解くのは研究者の大事な仕事のひとつであり、研究の醍醐味です。そんな数字のられつを上手に加工して、現象を目の当たりに見せてくれる装置がバーチャルリアリティ(VR)装置です。2016年を皮切りに、これまでより安価でありながら高解像度で広い視野をもつヘッドマウントディスプレイ(HMD)が市場に投入されたため、HMDタイプのVR装置を使ったことがある方も多くいらっしゃるのではないでしょうか？核融合研はVR装置を科学研究にいち早く投入した研究所であり、没入型と呼ばれる大型のVR装置があります。没入型VR装置はHMDと違って多くの方が一度にVRの世界に入り込むことができ、共同研究のために使われています。オープンキャンパスではそんな共同研究の成果を来場者の皆さんに体験いただきました。体験された来場者数は319名で、全来場者のほぼ半数の方に訪れていただきました。アンケートでも面白かった企画の第5位で、毎年上位に食い込む人気企画です。

空気の無い世界のふしぎを体験しよう！



毎年、子供たちに大人気のコーナーが「空気の無い世界のふしぎを体験しよう！」です。空気の無い状態「真空」にすることができる入れものの中に、ふうせん、マッシュマロ、ボール、お水、スライム、ラジコン・ヘリコプターなど、いろいろなものを入れるとどうなるのか、研究者の巧みな説明を受けながら、子供たちが食い入るように実験を眺めているのがとても印象的でした。今年のアンケートでは第2位の企画でした。

超伝導マグネット研究棟大公開！と超伝導磁気浮上列車

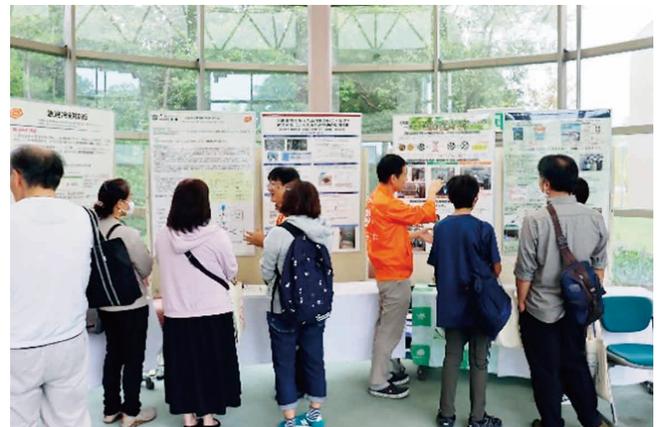


核融合研にはLHD棟をはじめ、いくつもの専用研究棟があります。今年は超伝導マグネット研究棟を公開いたしました。核融合発電の実現には、1億度を超える高温プラズマを閉じ込める技術や、極低温や超真空の環境を作る技術などが欠かせません。超伝導マグネット研究棟では世界屈指の大型超伝導試験設備を使って、超高温のプラズマを閉じ込めるための超伝導体とそれを冷やすための低温工学を研究しています。この超伝導の応用の一つが、今建設中のリニアモーターカーです。実際に超伝導体を使った超伝導磁気浮上列車の実演も超伝導マグネット研究棟で行いました。普段目にする事のない超伝導の不思議な性質をいろいろと体験いただきました。超伝導磁気浮上列車はアンケートでは面白かった企画の第3位でした。

産学連携企画



岐阜テクノフェア2024でのブース展示



オープンキャンパスでの産学連携企画展示

いま、核融合研究はフュージョンエネルギーとして次の段階に入って官民を挙げての取り組みが本格化して、新聞や報道で耳にした方も多いいのではないのでしょうか？発電技術としての核融合研究ですが、その研究の過程で例えば、高効率に物を冷やしたり、効率よく加熱したりする技術や、高熱にも耐える材料やその接合技術など、社会に役立つ技術の研究開発にも核融合研は取り組んでいます。核融合研が持っている特許を中心にブース展示を行いました。また、オープンキャンパス前日と当日には岐阜テクノフェア2024にも参加して核融合研の紹介と核融合研が所有する特許の説明を行いました。オープンキャンパスと岐阜テクノフェアでの双方の展示で核融合に興味がある企業の方から熱心な質問をいただきました。

核融合研で博士をとろうと 高校生科学研究室



核融合研は日本の核融合に関する学術研究の要として、将来の核融合科学を担う若手人材育成を推進する重要な役割を担っています。大学院教育では、総合研究大学院大学先端学術院核融合科学コース、連携大学院、特別共同利用研究員、インターンシップ等での教育指導を推進しており、積極的に若手研究者を育てるという姿勢で教育に取り組んでいます。オープンキャンパスでは高校生や高等専門学校、大学学部生を中心に核融合研での大学院教育や大学院での生活、入試について説明をいたしました。また核融合研は高等学校との教育連携や、高等専門学校生・大学生向けインターンシップの受け入れにも力を入れています。高等学校では理数に重点を置いたカリキュラム、課題研究や探求的な学習活動を展開するスーパーサイエンスハイスクール(SSH)事業が行われていて、その一環として毎年多くの高校生が核融合研を訪れています。オープンキャンパスでは高校生の皆さんが、科学にちなんだそれぞれのテーマについて調査・研究した結果を発表してくれました。

ガンダムオープンイノベーション活動 協力紹介



核融合研と東北大学の合同チームはバンダイナムコグループによる「ガンダムオープンイノベーション」活動に公式パートナーとして参画しています。核融合研における「ガンダムオープンイノベーション」活動紹介の企画では「ガンダムオープンイノベーション」における活動を紹介いたしました。来場者にとって身近な「ガンダム」を通じて、プラズマや合金材料の研究について説明いたしました。

市民学術講演会



今年の市民学術講演会では、釧持尚輝准教授が「データサイエンスで核融合を制御する！」と題して講演いたしました。データサイエンスは、数学・統計学・情報工学・機械学習・人工知能(AI)などを使って、膨大な量のデータを分析・解析して、実用的な洞察を得る学問です。今年のノーベル賞では、AIの中核を担う機械学習の基礎研究が物理学賞を受賞し、AIでタンパク質の構造を予測する研究が化学賞を受賞したことを皆さんもご存じかと思います。このデータサイエンスは、もちろん、核融合科学の研究にも応用され始めています。この講演ではそのようなデータサイエンスを使った最先端の核融合科学研究を紹介いたしました。この講演会はニコニコサイエンスでも配信して、講演会終了時の視聴者数は1,551名でした。質疑応答では会場と配信視聴者から多くのご質問をいただき、改めて核融合研究に対する関心の高さを実感いたしました。

最後に本オープンキャンパスは核融合研に寄せられた寄付金及び核融合科学研究会の援助を受けて開催いたしました。改めて御礼申し上げます。

今後とも、核融合研究をはじめとする学術研究のさらなる発展や人材育成に向けて、皆さまのご支援・ご声援を賜りますようお願い申し上げます。

(核融合科学研究所・可知化センシングユニット 准教授/オープンキャンパス2024実行委員長)

「第13回 ITER国際スクール (IIS2024) 開催」

第13回ITER国際スクールHost Country Committee 委員長 核融合科学研究所 市口 勝治

フュージョンエネルギーは安全で無制限かつクリーンであるため、その実現に向けて国際協力が精力的に進められています。2007年にITER(イーター)国際核融合エネルギー機構(ITER機構)が日本を含む参加7極(日・欧・米・露・中・韓・印)によって設立され、フランスで国際熱核融合実験炉ITERの建設が進められています。このたび、核融合科学研究所(NIFS)を開催国機関として、ITER機構及びエクス・マルセイユ大学(フランス)が主催する第13回ITER国際スクール(IIS2024)を、2024年12月9日(月)–12月13日(金)の日程で、プライムセントラルタワー名古屋駅前(名古屋市)において開催しました。ITER国際スクールは、核融合分野での最大規模の国際スクールで、対面の合宿形式で行われます。世界各国から大学院生、若手の研究者・企業従事者が一堂に会して最新の研究開発や学術動向について学び、お互いの交流を深める場となっています。日本での開催は、2008年の福岡での第2回に続き2回目で、今回、21か国から199人が参加しました。日本での開催ということもあり、欧米からだけでなく、アジア圏からも多数の参加がありました。なお、今回のIIS2024は、文部科学省原型炉実現に向けた基盤整備事業の人材育成の一環として開催されました。

■記者会見とオープニングセッション

今回のスクール開催を広く紹介するために、初日の開催直前に報道関係者に対して記者会見を行いました。出席者は、サドルディン・ベンカダ ITER国際スクール校長、鎌田裕ITER機構副機構長、吉田善章NIFS所長、馬場大輔文部科学省研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)兼内閣府参事官、市口勝治IIS2024開催国委員会(HCC)委員長です。司会は永岡賢一IIS2024 HCC副委員長が務めました。



記者会見の様子



あべ俊子大臣のビデオメッセージ

その後、オープニングセッションでは、来賓及びオーバービュー講義担当講師の方々から、6件のスピーチをいただきました。その中の一つとして、文部科学省のご尽力により、あべ俊子文部科学大臣のご祝辞をビデオメッセージとしていただきました。



全体集合写真

■講義とポスターセッション

ITER国際スクールでは毎回一つのテーマを設定し、それに基づいてフュージョンエネルギー開発に関連する学際的スキルと知見を幅広く習得するためのプログラムが組まれます。今回は、「磁場核融合の計測とデータサイエンス」をテーマとして取り上げました。19件の講義が行われ、このうち3件はオーバービュー講義で、鎌田ITER副機構長からITERに関する現況について、吉田NIFS所長から核融合研究における学際化について、井手俊介量子科学技術研究開発機構(QST)・那珂フュージョン科学技術研究所・副所長からJT-60SAをはじめとするQSTでの取組について、それぞれ講義がありました。引き続き、計測技術やデータ科学に関連した世界各国の第一線級の講師による16件の講義が行われました。どの講義においても十分な質疑の時間が設けられ、それぞれの講師との活発な質問や議論がなされていました。さらに、講義中にデータ科学に関する問題を出題し会期中に解答を求めるData Science Challenge (DSC)というイベントも行いました。優秀な解答に対しては、最終日に表彰が行われました。

さらに、ポスターセッションを2日間に分けて行い、約4分の3の参加者が研究内容の発表を行いました。発表内容としてスクールのテーマに限定せず、それぞれの参加者の日頃の研究成果を発表してもらった結果、多岐にわたる発表がなされました。それぞれのポスターで非常に活発な議論が行われました。優秀な学生のポスター発表を表彰することにしていますが、その発表者を参加者全員の投票で決定しました。



講義における議論



ポスターセッションでの議論

■ネットワーキングとNIFSツアー

今回のITER国際スクールの一つの目玉として、プログラム中にネットワーキングの時間を設定しました。合宿形式の対面のスクールとしてのメリットを生かし、新たな国際的人的交流を深めることを目的としました。ここでは、全参加者にランダムに10人ずつのグループにわかれてもらい、それぞれ割り当てられたテーブルで初対面の人たちと、自由に歓談を楽しんでもらいました。初日と最終日に各30分で行いましたが、それぞれ、講師や来賓の方々も巻き込んで大変盛り上がり、次のプログラムへの移行が難しいほどでした。

4日目の午後、NIFSツアーを行いました。参加者は、大型ヘリカル装置や制御室を中心とするコース、バーチャルリアリティー装置やスーパーコンピュータを中心とするコース、プラズマ加熱用ビーム開発設備や核融合炉工学関連施設を中心とするコースの3つのコースのいずれかのコースを選択してツアーに参加しました。ツアーに参加したスクール参加者たちは、NIFSでの最先端技術を見学して大きなインパクトを受けていたようでした。また、ツアーの待機場所である大会議室で、NIFSのスタッフや学生たちが、自分たちの研究内容を紹介するポスターを掲示して、スクール参加者たちとの交流を深める企画も行いました。



ネットワーキングでの交流



NIFSツアーでのLHD見学

■バンケット



バンケットでの馬場研究開発戦略官兼内閣府参事官のスピーチ



バンケットでの立食パーティー

オープニングセッションにお越しいただいた来賓の方々にも参加していただけるように、スクール初日の夕刻に、ラソールガーデン名古屋にてバンケットを行いました。最初に、馬場研究開発戦略官兼内閣府参事官に開会のスピーチをしていただき、その後、鎌田ITER副機構長の乾杯のご発声によって、立食パーティーを開始しました。途中、本島修元ITER機構長のスピーチも行っていました。事前にネットワーキングを行ったせいか、参加者の皆さん、こちらも非常に盛り上がっていました。

■表彰式及びクロージング



優秀学生ポスター賞の表彰式



クロージングでの実行委員会委員の紹介

クロージングの前に表彰式を行い、優秀な学生のポスター発表に対して、優秀学生ポスター賞が6件授与されました。賞状とともにITERの写真集が賞品として贈呈されました。また、DSCにおいても、3名の優秀な解答者に対して賞状とともにITERの超電導線材のサンプルが賞品として贈られました。

引き続き、クロージングが行われました。ベンカダ校長から総評があり、人材育成におけるITER国際スクールの重要性が述べられていました。また、次回のITER国際スクールが、2025年6月に、エクス・マルセイユ大学において開催されるとのアナウンスがありました。

■最後に

IIS2024の開催にあたりまして、核融合科学研究会からは、多大なるご支援をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。また、文部科学省、ITER機構、大学、研究機関、核融合科学研究所、産業界、未来エネルギー研究協会、プラズマ・核融合学会等の多くの方々からご支援、ご協力を賜りました。皆様には、この場をお借りして、厚く御礼申し上げます。

核融合科学研究会セミナーの開催

2024年5月14日に、核融合科学研究会セミナーを開催した。これは、核融合科学研究会の事業内容である「核融合科学技術情報の利用促進」、および、「研究会等の助成及び見学会・講演会」の観点から開催したものである。核融合研究の最前線と将来展望について説明するべく、2件の講演を行った。

1. 「フュージョン・エネルギー・イノベーションの現状と展望」

柳 長門 (NIFS)

2. 「フュージョンと水素によるエネルギー研究の新展開」

平野 直樹 (NIFS)

セミナーはオンラインによって行い、会員企業を中心に約20名の参加者があり、各講演後は活発な質疑応答があった。以下では、講演内容の概要について報告する。

1. 「フュージョン・エネルギー・イノベーションの現状と展望」

柳 長門 (NIFS)

本講演では、磁場閉じ込め方式の核融合開発について現状と将来展望について説明した。現在、核融合炉の実現をめざして、国の基本計画として国際熱核融合実験炉ITERの建設がフランスにおいて推進されている。これま

では2025年のファーストプラズマの達成をめざしていたが、2034年まで延長されることになった。ITER計画の路線上において、原型炉トカマクJA DEMOの設計が進められている(図1)。DEMO炉は100万キロワット以上の熱出力を発生する大型核融合炉であり、2050年頃の稼働をめざす。核融合炉は多くのコンポーネントから構成されており、それぞれに技術成熟度を格段に上げる必要がある(図2)。これと並行する形で、近年、欧米を中心として多数の核融合スタートアップ企業が立ち上がり、現在、世界で40を超えるまでとなっている(図3)。スタートアップ企業における核融合炉の目標としては、10万キロワットの送電端出力をめざす設計が主流であり、装置サイズを小型化することで建設を容易にする方針が提唱されている。これは、核分裂原子炉における最近のSmall Modular Reactor(SMR)と類似の発想となっており、こうした考え方が現在の核融合スタートアップ企業興隆の背景にある。同時に、各要素技術については積極的にイノベーションを取り入れており、その観点から、磁場閉じ込め核融合炉ではスタートアップ企業における全ての炉設計において高温超伝導マグネットが採用されている(図4)。このうち、米国ではマサチューセッツ工科大学からスピノフしたCommonwealth Fusion Systems(CFS)において高温超伝導マグネットによって従

原型炉設計(トカマク型)

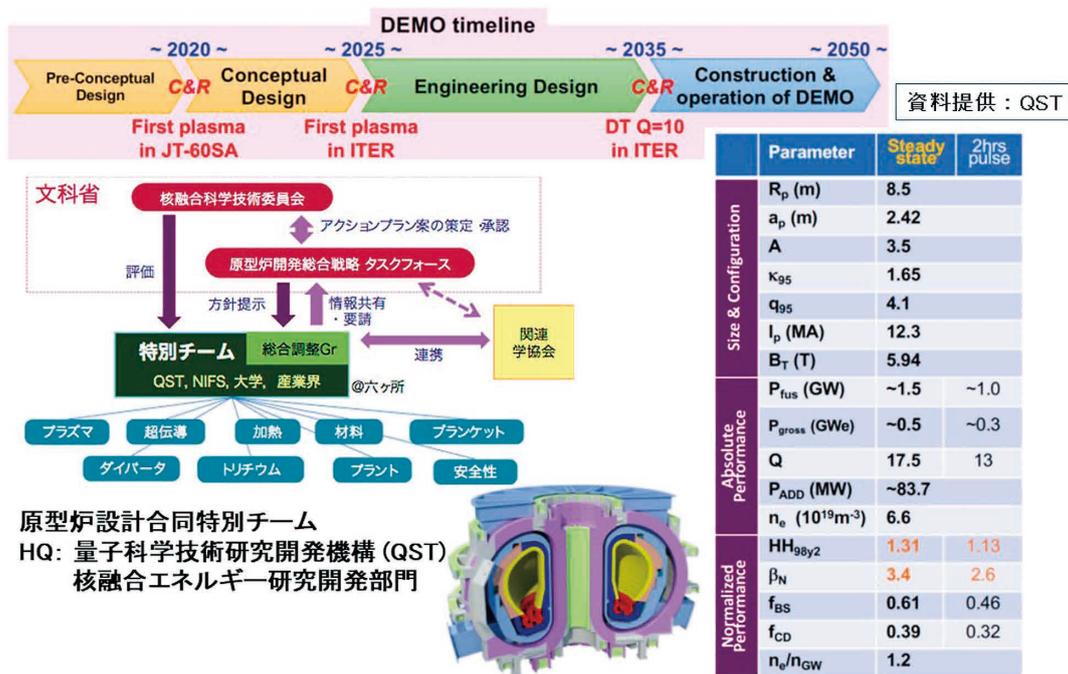


図1. 原型炉トカマク設計JA-DEMO炉の計画と諸元

来にない高磁場を達成するトカマク実験炉SPARCの建設が進められている。建設に先立ち、トロイダル磁場モデルコイルの製作と冷却・励磁試験が行われ、運転温度20ケルビン(摂氏マイナス253℃)においてコイル最大経験磁場である20テスラの励磁に成功した。こうした中、日本においてもこの数年のうちに7つの核融合スタートアップ企業が

が立ち上がった。磁場閉じ込め核融合としては、Helical Fusion社(本会の会員企業)では、ヘリカル型核融合炉の実現をめざした挑戦が進められている。併せて、レーザー核融合についてもEX-Fusion社(本会の会員企業)が立ち上がりレーザー核融合炉に必要なコンポーネントの開発が進んでいる。さらに、Kyoto Fusioneering社では核融合炉の主

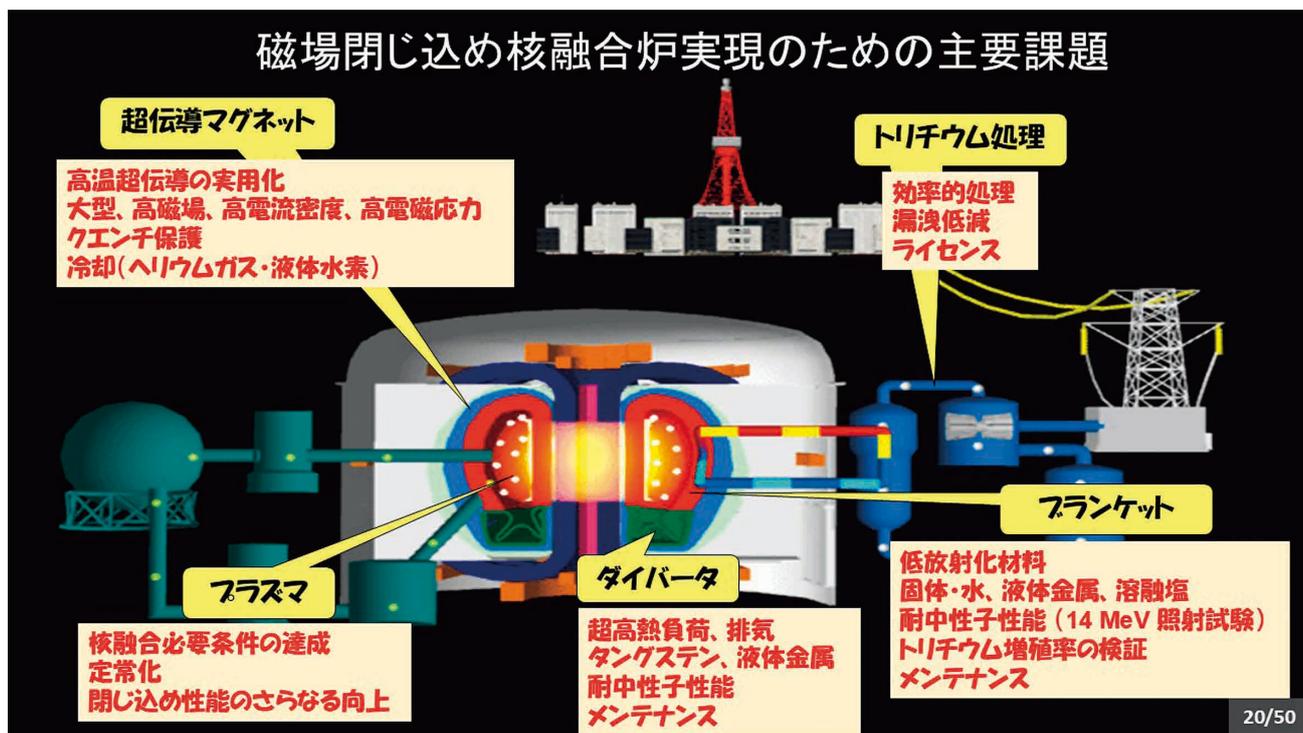


図2. 磁場閉じ込め核融合炉の各コンポーネントと技術課題

核融合スタートアップ

<https://www.fusionindustryassociation.org/>



核融合に対するこれまでの民間投資総額:
> 9600億円

図3. 世界における核融合スタートアップ企業一覧

要機器を供給するサプライチェーンの構築をめざし、日本の核融合スタートアップ企業を牽引している。そうした状況の中、国としても核融合の支援が進められることになり、フュージョンエネルギー・イノベーション戦略が策定され、核融合産業協議会 J-Fusionが設立された(図5)。スタートアップ企業の多くは、2030年代半ばから2040年代前半にお

ける商用核融合炉の完成をめざしている。現状はまだ多くの技術課題があるが、原型炉の推進と二本立てにおいて公的機関と民間企業の協力Public Private Partnership(PPP)も含めた研究開発により、早期の核融合実現に向けて研究開発が進むことが期待される。

Fusion reactor designs with HTS magnets in the World

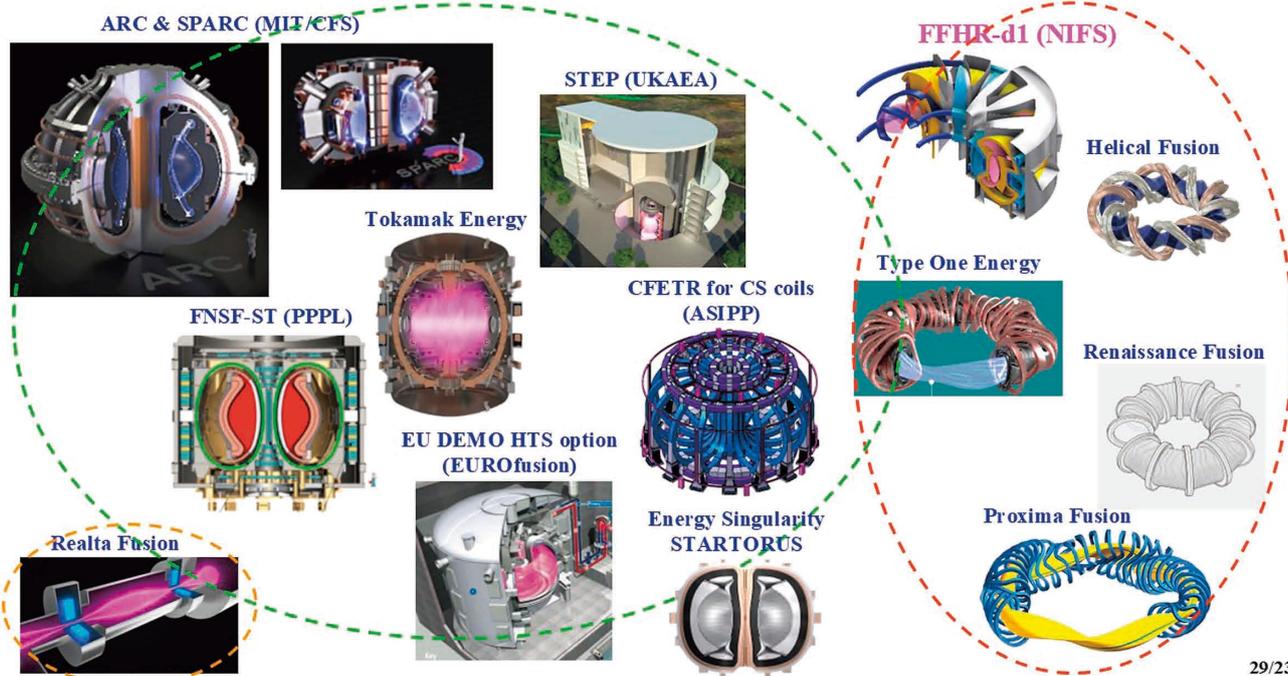


図4. 世界における高温超伝導マグネットを用いた磁場閉じ込め核融合炉設計の例

産業協議会の概要①

●名称

一般社団法人フュージョンエネルギー産業協議会
(通称：**J-Fusion**)
(英名：Japan Fusion Energy Council)

●目的

フュージョンエネルギー産業の創出により、我が国と世界のエネルギーシステムに革新をもたらし、将来の安定でクリーンなエネルギーによる人類の発展に寄与すること

●役員

会長：京都フュージョニアリング株式会社
副会長：住友商事株式会社、株式会社Helical Fusion
常任理事：古河電気工業株式会社、日揮株式会社
理事：株式会社アトックス、大和合金株式会社、株式会社EX-Fusion、三井物産株式会社、株式会社フジクラ、三井不動産株式会社、日本電信電話株式会社、株式会社LINEAイノベーション、三井住友海上火災保険株式会社、株式会社IHI、三菱重工業株式会社、東芝エネルギーシステムズ株式会社、株式会社INPEX、三菱商事株式会社、Blue Laser Fusion合同会社、清水建設株式会社

計21社

●今後の予定

3月22日(金) 米国の業界団体等と共催で、米国ワシントンDCの**大使公邸**でイベントを開催
4月1日(月) ホームページの開設、**会員募集の開始**
5月以降 **設立総会**の開催

(参考) フュージョンエネルギー・イノベーション戦略(抜粋)
●フュージョンインダストリーの育成を目的とした場の設立【内(関係省庁)】
民間企業におけるフュージョンエネルギーに関する情報交換やビジネスマッチング等を促進し、フュージョンインダストリーを育成するため、産学官の場である核融合エネルギーフォーラムを発展的に改組し、一般社団法人核融合産業協議会(仮)の令和5年度設立を目指す。なお、民間企業が組織として参画する形とし、意欲ある民間企業の新たな参画も促す。更にアカデミアやQSTの参画による産学官連携も促進する。

図5. 核融合産業協議会(J-Fusion)の設立

核融合科学研究所セミナー

フュージョンと水素によるエネルギー研究の新展開

核融合科学研究所 平野 直樹

カーボンニュートラルの観点から、核融合発電の早期実現への期待が高まっており、大型プロジェクトに加えてベンチャー企業による小型核融合発電炉の研究開発が進められている状況にある。一方で、既存の火力発電や将来の核融合発電などの大規模発電は、太陽光や風力発電など出力が変動する再生可能エネルギーによる発電と共存共栄を図ることが不可欠である。その一方策として、水素を媒介とした電力の需給調整技術がある。これまで、核融合で得られる熱は電気エネルギーとして利用することが前提であったが、核融合炉からの熱出力を利用して水素を効率よく製造できる可能性もあることから、電気出力一辺倒であった核融合技術の新規出力形態を検討することは、核融合技術の社会実装を目指す上で重要である。また、得られた水素を液体水素の形で取り扱うことで、その冷熱を超伝導機器の冷却に適用するなど有効活用でき、これにより超伝導電力貯蔵装置（SMES）での短時間繰り返しの電力需給調整を行うことが可能となる。加えて、液体水素による大容量エネルギー長期貯蔵により、今後、電力システムの安定化に求められる季節間の需給調整に寄与できることも期待される。このような観点で、核融合（フュージョン）と水素の組合せによる新たな研究開発の取組について講演を行った。

はじめに、電力の安定供給について説明した。電力の安定供給には発電と消費のバランスが大切であり、昨今は再生可能エネルギーが電力システムに多く連携することで、電力需給調整の必要性が増している。電力需給調整のバランスが取れなくなると電源周波数の低下や上昇が生じ、最悪は大規模な停電に至ることを説明し、その対策技術の一つとして、電力貯蔵技術がある。大規模な電力貯蔵技術の種類や特長を説明した上で、揚水発電が従来の使われ方とは逆の運用がされていることも紹介した（図1）。

次に、超伝導応用技術と水素への期待について述べた。超伝導応用技術としては、三重県亀山市の液晶工場で瞬時電圧低下を補償する装置として社会実装されたSMESと核融合科学研究所が保有する核融合実験装置である大型ヘリカル装置（LHD）を紹介した。これらの装置はいずれも超伝導コイルを極低温に保つために、液体ヘリウムを用いており、ヘリウムが2019年には不足したこともあり、また、LHDクラスの大型装置をヘリウムで冷却する場合の消費量についても紹介し、今後はヘリウムに頼らない冷媒として、液体水素が魅力的であることを述べた。水素は、す

に様々なプロジェクトが動いており、一例として豪州の未利用資源である褐炭から製造した液体水素を専用のタンカーで日本に運ぶプロジェクト（図2）や、太陽光発電を利用して水の電気分解により水素を製造する福島県浪江町で進められているプロジェクトなどを紹介した。

最後に、核融合研究の新展開として、核融合と水素は親和性が高いことを述べ、将来核融合発電が社会実装された際には、再生可能エネルギーが主力電源として電力システムに連携する未来を想定した場合、再生可能エネルギーと核融合発電が共存共栄を図るための鍵を握るのが水素であると考えていることを述べた（図3）。超伝導コイルの冷却を液体ヘリウムから液体水素に変えていくことや、核融合炉の熱を利用して、水から水素を製造する技術の研究開発や、液体水素冷却のSMESと燃料電池や電気分解装置を組み合わせた水素を核とする電力需給調整技術の研究開発についての取り組みの一端を紹介した。

まとめると、電力の安定供給には、発電と消費のバランスを取ることが大切であり、大容量の電力貯蔵技術が研究開発されている。カーボンニュートラルで持続可能な社会の実現に向け、水素を利用する取り組みが広がりを見せており、水素を「作る」「運ぶ」「貯める」「使う」研究開発実証が行われている。水素を液化すれば大容量のエネルギー貯蔵が実現できるだけでなく、冷熱を利用すれば超伝導機器の冷却にも利用できる。核融合に用いる超伝導コ

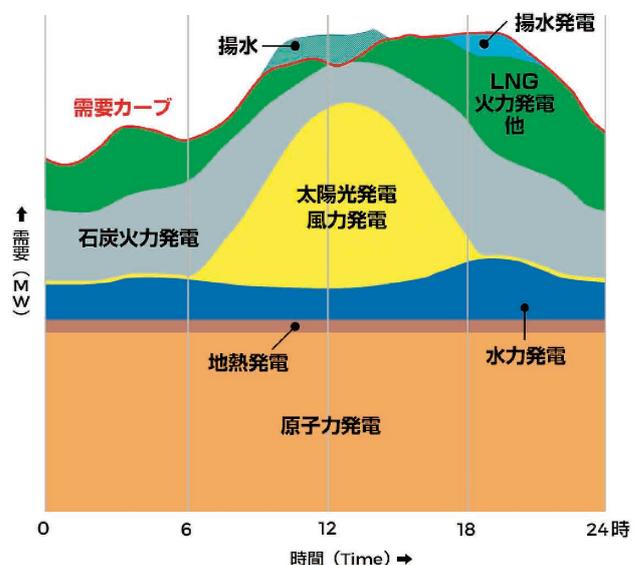


図1 最近の典型的な電力需給カーブ

イルの冷却は、現在液体ヘリウムを用いており、液体水素で冷却することも検討している。核融合は発電だけでなく、水素製造にも応用できる技術であり、究極の持続可能なエ

ネルギーの実現を目指し、研究を続けてまいります、と述べて講演を締めくくった。

豪州の未利用資源（褐炭）から製造した液化水素を日本に輸入するプロジェクト（川崎重工業）



図2 液体水素輸入プロジェクト

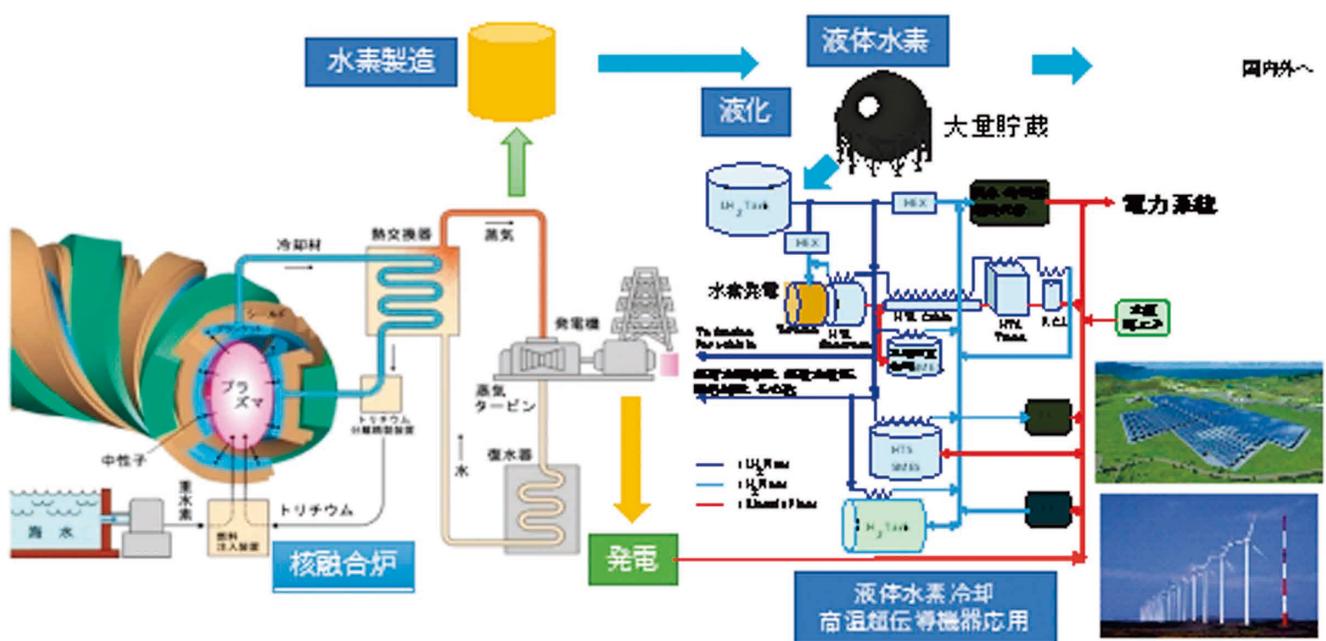


図3 核融合と再生可能エネルギーの共存共栄の鍵となる水素エネルギー

事務局だより

代表者及び連絡者変更

(敬称略)

| | | 変更前 | 変更後 |
|----------|------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 関西電力株式会社 | 代表者 連絡者 | 赤松 浩和 (マネージャー) イノベーション推進本部 次世代エネルギー・蓄電ビジネス推進グループ | 水野 公平 (リーダー) イノベーション推進本部 次世代エネルギービジネス推進グループ |

現在の会員

- 愛知電機 株式会社
- イビデン 株式会社
- 株式会社 Ex-Fusion
- 関西電力 株式会社
- 株式会社 北野製作所
- 株式会社 クリハラント
- 四国電力 株式会社
- 住友商事株式会社
- 十合刈谷酸素 株式会社
- 株式会社 泰洋電機
- 大陽日酸 株式会社
- 中部電力 株式会社
- 株式会社 東京インスツルメンツ
- 株式会社 東光高岳
- 東芝エネルギーシステム 株式会社
- 東洋炭素 株式会社
- 株式会社 トーエネック
- ニチコン 株式会社
- 日本空調サービス 株式会社
- Faraday Factory Japan 合同会社
- 株式会社 日立製作所
- 富士電機 株式会社
- 株式会社 Helical Fusion
- 株式会社 前川製作所
- 丸理印刷 株式会社
- 三菱重工業 株式会社
- 三菱電機 株式会社
- 金属技研株式会社
- (個人) 加藤 秀司

29件 (2025年1月現在、順不同・敬称略)

核融合科学研究会ニュース
第69号 (2025年2月)

融 會

編集・発行

特定非営利活動法人核融合科学研究会

〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6 TEL 0572-58-0622/FAX 0572-58-0626

E-mail : yu-kwai@tcp-ip.or.jp URL : <https://yu-kwai.jp/>

(融會バックナンバーも掲載しております。是非ともご高覧下さい。)