

 <p>写真:核融合科学研究所提供</p>	<p>レポート</p> <p>NIFS 核融合研究所 見学記</p> <p>その2 感想記</p> <p>SCE・Net 郷 茂夫 (見学申請代表者)</p>	<p>R-100</p> <p>発行日:</p> <p>2024 年</p> <p>10 月 9 日</p>
<p>出展: <a href="#">学術研究基盤 LHD 計画</a> / <a href="#">核融合科学研究所 (nifs.ac.jp)</a></p> <p>無断転用を禁ずる。</p>		

その2は、参加者の見学感想記です。11名の方々全員から感想記をいただきました。様々な意見、感想、印象があり興味深いものです。

### 参加者の見学感想記 (原稿到着順)

#### (1) 鹿子島;

NIFS 核融合科学研究所 見学の「印象」

今回の NIFS 核融合科学研究所の見学で、もっとも印象に残ったのは何と言っても、実際に大型ヘリカル装置 (LHD) の構造を眼近で見られたことである。それも、核融合技術の第一人者である高畑先生のガイド付きという幸運に恵まれた。その中でも印象的なことを2点記したい。まず、LHDの発生磁力は先生から3テスラで、医療用核磁気共鳴画像法 (MRI) は1.5テスラ程度と聞き、帰ってから調べると事務用の磁石は5mT (ミリテスラ)、強力なネオジウム磁石なら1.25テスラである。想定していた特別強力な磁力値ではなく、その程度かと驚いた。次に装置では、真空ポンプが、半導体工場などで見慣れた ULVAC 社製だったので、先生に聞くと、「同じ仕様ですよ」とのことであった。これも、私のにとっては、予想外で、核融合設備が、急に身近に感じられたことであった。

また、「19万件以上のデータを得ていたが、長年解析が進まなかったが、最近のAI技術のお陰で飛躍的に進んだ。」とお話は、研究も「総合技術」により進展するのだと強く思った。

他にも多々感想はありますが、以上にします。

#### (2) 紫垣;

NIFS 見学は東海村の核融合実験炉見学に次いで、2番目でしたこの見学で、

1. ヘリカルがトカマクより優れている点が、(何となくですが)分かりました。
  2. 国際プロジェクト (ITER) の中で、その重要な技術部分を日本の企業が担っている事。
  3. トカマク、ヘリカル、に次いで、近年、新しい核融合技術も生まれてきている事。
- など、最新事情が分かりました。

日本政府、科学技術庁のトップには、この最新状況を理解し、ITER などの従来の開発方針に捉われず、何処に開発の重点を置くべきか、ここで、見直して欲しいと思いました。高畑先生はじめ NIFS 開発陣の努力に敬意を表したいと思います。

#### (3) 山田;

実現はまだまだと思っていたが、話を聞くと2030年代には実現するらしい。意外に早いな、という印象を持った。ただし、経済的に成立するまでにはまだまだ壁はあるのではないだろうか。ヘリカル型の研究施設なので、ヘリカルに肩を持った話だと思いが、トカマク型の研究が多いことを思えば、こちらを本命視している研究者が多いのではないかとも思う。レーザー型は全く問題視していないような感じだったが、素人的には納得できた。住民に核融合への拒否反応が強いということを知って意外だった。中性子の遮

蔽が完全に行われている以上、これほど安全な発電装置は無いと思うのだが、超伝導の実験が意外に面白かった。記憶ができてこれが量子コンピュータの原理と言われ、わけも分らず感心した。実際に超伝導電流が流れ、量子コンピュータが実現しているのを見れば、理論が正しいのは分るが、理解はさっぱりである。

(4) 西村；

核融合発電の泣き所は反応が持続しないことと理解している。どうすれば、「 $Q>1$ 」状態を維持できるかを知りたくて核融合科学研究所の見学に参加した。荷電粒子は磁力線の回りを螺旋運動をしながら移動するといっても、磁力線自体連続である。しかもプラス粒子もマイナス粒子も初期状態によって決まる方向（したがって双方向）に移動している。核融合反応はプラスの電荷をもつ粒子同志の衝突（→融合）なので高速を必要とする。

DT 反応の例： ${}^2\text{D} + {}^3\text{T} \rightarrow \text{He} (3.52 \text{ MeV}) + \text{n} (14.06 \text{ MeV})$ 、により、He と中性子 n の速さを計算すると、 $V(\text{He}) = 1.30\text{E}+07 \text{ m/s}$ 、 $V(\text{n}) = 4.24\text{E}+07 \text{ m/s}$ ； $T(\text{He}) = 2.72\text{E}+10$ 、 $T(\text{n}) = 7.21\text{E}+10$ 。となる。He は排気され、n は発電に利用されるという。核融合が非弾性衝突であることによる温度低下作用があるにしても、反応後の粒子の速さは相当なレベルである。核融合反応が持続しないのは、原料密度の低下によるものだろう。ではどうするか。速やかに高速の原料を補給したい訳だが、相互作用をする磁場と電場において、急激に起きる核融合反応の持続性を制御するなんて難易度が極めて高い。核融合反応はスパコンでもシミュレート不可なので壮大な実験が必要である。したがって、核融合の実用化はまだまだ先のことと理解していた。ところが、相互作用を考慮に入れた「補正」が既に始まっていた。しかも AI を活用すれば加速されるとのことである。ワクワクするような見学だった。以上

(5) 横堀；

NIFS 見学の感想：

大型ヘリカル装置（LHD）を見学する機会に恵まれた。放射線管理区域にある LHD 装置本体に接近し、真空ポンプ、超伝導コイルの冷却装置、プラズマ加熱装置の配置や大きさなどを肌で感じる事ができた。LHD では 1 億度超のプラズマを 1 時間程の長時間に亘り保持した実績があり、今後の更なる成果が期待される。今回の見学では、LHD の制御室の巨大さに驚いた。制御室の大きさは、核融合炉の実現に向け解明すべき課題が多数あり、多様な研究者がプラズマ制御に関わっていることの裏返しともいえる。核融合炉の実用化の早期実現は強く望まれることではあるが、その道のりは容易ではないと感じた。過度な期待は謹んで、焦らずに一步步つ着実に前進することを見守りたい。

(6) 匿名；

私は、核融合反応とその反応装置を今回の訪問で初めて知りました。そのため説明を聞いても、最初は内容が良く理解できませんでしたが、次第に理解できる様になりました。

核融合発電が、(1)海水から燃料が取り出せる、(2)炭酸ガスを排出しない、(3)暴走や爆発をしない、(4)非常に大きなエネルギーが得られる、のメリットがあると聞き、環境負荷の少ない持続可能な夢のエネルギー源と感じました。

核融合反応を行うための反応制御・反応解析・反応装置づくりの技術は、多くの要因が複雑に絡み合うので、非常に高度で高精度な技術を必要とし、多くの研究開発時間と投資金額が必要であると感じます。

核融合発電を実現するには、核融合反応の難しさと発電の利点を私達一般人に分かり易く説明して、正しく理解してもらう必要があると感じます。核融合発電が、日本の今後の重要なエネルギー源として大きく成長することを祈念いたします。

(7) 戸井田；

核融合科学研究所見学会の感想

核融合システムについて様々な疑問について丁寧に説明頂きありがとうございます。  
見学させて頂いた核融合装置はまだ研究段階なので比較するのは適切ではないと思いますが、数年前に見た 100 万 kW 級原発の炉本体部分と比べ、核融合装置はずいぶんコンパクトだが構造が複雑というのが印象です。

私は 50 年前から分析用の NMR で 6.3T、40 年前には 14T の超伝導磁石を使用していました（現在 23T の装置が造られています）。

核融合装置では磁場が高い方が有利と聞いていたのですが、前から現状装置の磁場が低いのを疑問に思っていました。やはり NMR や MRI の磁石と比べ磁石構造が複雑なので脆い伝導線材を巻くのが難しいのです。現在貴研究所で開発中の複合線材が早く実用化することを期待します。

尚、現在の MRI 装置の磁場は 3T で、動物実験用装置では 4.7T のものが使われています。

(8) 堀中；

見学感想

那珂、土岐の両施設を見ることが出来たが大きな規模でびっくりしている。私の興味は将来の実用機段階でどんなものになるのかという、現場目線で想像して見ることである。那珂の「JT-60」が、1985 年～2008 年の稼働で、改良型の「JT-60SA」が 2020 年稼働予定とのことで、世代交代に 12 年かかっている。これに対して、土岐の「LHD」は 1998 年の稼働で 2026 年まで継続研究のため運用するとのことで、後続装置の検討中とのことである。これには 2017 年稼働のドイツの装置がヒントとなるとのことであった。近年、欧米のベンチャー企業による小型実証装置の計画が発表され 2030 年代での上市を目論んでいるとのことである。これまでの世界中の核融合研究機関での研究成果は公表されている。これらの技術情報を総合すると、民間での新たな展開には十分と判断したのであろう。

エネルギー源の小型分散化は時代の流れでもある。スケールダウンは実用面での意外な効果が生まれるのかもしれない。核融合発電技術は確立した原子力発電技術に比べ、格段に高いハードルがあるが、着実に基礎的な研究が続けられることは心強いことである。

(9) 河副；

NIFS 見学の感想

核融合施設の見学は今回で 2 回目となります。1 回目の見学はほとんど予備知識がなく、ほぼゼロからのスタートでした。従って、2 回目は基本的なことはわかっている理解しやすく、説明を受けた内容もある程度理解できました。

最初に見学したときは、プラズマとか核融合反応等が分からず、パソコン等で調べようやくわかりました。また装置の大きさや技術力の高さには驚きました。超伝導コイルを冷却するための極低温と超高温の数億度プラズマが近接しており、このような温度条件クリアできるのは技術力の高さを物語るものと思いました。

2 回目の見学である今回は、1 回目の知識をもとにして、どのような実験が実施され、今後どの方向に進もうとしているのか理解しようと考えました。見学の中で設備を見たり、実験内容を聞いて、炉内の温度や密度、圧力等の多くの変数を変化させることで、プラズマの複雑な核融合反応を制御しようとしていることがわかりました。今後は発電プラント実証化のための試験をされますが、発電プラントの実用化に向けた出力アップおよびプラズマ条件の最適化が実現できることを期待します。

(10) 原戸；

私の感想は、省略していただいてよいレベルのものですが、何かやはり載せるべきとのご指導ですので、簡単に感想を述べさせていただきます。ほぼ完成の段階でスママセン、間に合わなければ無視していただいて問題ありません。

- ヘリカル方式が非常に有効でAIの活用がそれを支援するであろうとのことで、実用化の近いことを感じさせた。早く発電迄進んでほしい。
- その実用化促進のために、もっと資金を注ぎ込む必要があるのではないかと感じた。
- 競争の中で、日本単独ではできないとも感じるが、中国のような信頼できない国は絶対に排除しなければならないと思う。そういう点では文科省の傘下にあるのは問題だろう。また、色々な場所を見せていただき、勉強になった（なにも理解できてはいないが）とはいえ、機密漏洩にならないのかと心配にもなる。皮肉的に言えば、なんでも公開できるということは「隠すに値する」新規なものは何もないということになる。それもまた問題だ。
- 一般国民の「核アレルギー」をどのように治癒するか？ 関係者のみの努力ではできない。先ず第一番には東電・福島のような馬鹿げたことを絶対に廃して、信頼を得ること（政治からしてそうなのだが）、できもしない「県外への排出」を止める宣言をして、棺桶方式で封じ込める。そういう宣言をして、正しいと納得できる方向性を示し、指導する東電であり、国の方針であってほしい。そうでなければ次のステップが踏めない。そんなところです。よろしくお願いいたします。

(11) 郷；

以前より、高畑先生からはお聞きしておりましたが、NIFSは今年度をもって今のヘリカルの核融合研究開発は終了するとのこと。何か、寂しく残念に思っておりました。

しかし、今回、新たなより前進した大型試験機を建設される計画を知って、大変喜ばしく、将来に向けて大きな期待を持っていけるなと感じました。

もう一つの重要な印象は、「日本の技術の高さ」です。良く、日本の技術は遅れているとの評論がマスコミなどでは頻りに流されますが、核融合ばかりのことではなく、日本の技術政策とそれを裏で操る勢力が、日本の技術力を潰そうとしていると常々感じていました。アメリカでさえ、核融合用原料のリチウム資源の利用を、どう理由なのか知りませんが、日本の技術力を抑え込もう（Li 6/7の分離を禁止すると）としています。

従い、私たちは、日本の技術に対して、そのような不当な圧力と誤った理解を正さねばならないと思います。今回、高畑先生のお話を聞いて、その感を強くしました。

核融合の研究開発は、今世界でたくさんやられています。その多くは、結局日本の技術の協力を得ないでは成り立たない状況が多いのです。

ITERは、まさにそうで、多数国の部品物納でやってきた方針そのものが不用意だと思いますが、主要部品は皆日本に頼っているのです。頼らざるを得ないのです。

その他の幾つかの海外と日本の共同開発でも、プロジェクトの打ち上げを言うのは海外ですが、地に足の着いた実態の技術開発は日本との協力でしかできないのです。

核融合に限らず、今なお日本の技術レベルは世界の中でも最も高いこと、低劣なのは、日本の産業政策、技術展開政策であること、資金の配分にも政策側が無知なことを再認識しなければならないと思いました。

見学記 その2 以上」