



「核融合の現状と将来」

メディアと核融合の対話 -メディアは核融合をどう見ているか-

「資源・エネルギー問題や気候変動問題など、人類はさまざまな課題に直面している。それらを解決する「切り札」の一つとして、核融合研究に大きな期待が寄せられている。核融合には複数の方式があるが、それが不協和音を生むのではなく、相乗効果となって早期実用化につなげてほしいと願う。」（小林健次）

この記事は、プラズマ・核融合学会が核融合研究の50周年を記念した一連の企画のうち「メディアと核融合の対話」というテーマでまとめたものである。メディア代表として電気新聞記者の小林氏に最初の言葉をいただき、この対話がスタートした。日本原子力研究開発機構 松田慎三郎執行役、核融合科学研究所 本島修所長、大阪大学レーザーエネルギー学研究センター 三間罔興センター長に対して、問が投げかけられ、それに対して所長達が応えるという形式で進められた。本来、対話は、ここに収録された一回のやりとりだけでは、終わらない。紙面の都合と編集作業の時間的制約で決まってしまったが、この後のやりとりは、さらにシンポジウムなどで進められれば一層分野内外への理解が広まるものと期待する。

（担当：田中和夫（阪大））

● 共通質問

1. 「核融合反応の点火とは？」

用語解説とともに、それぞれ代表的なプロジェクトの「仕組み」、「目標時期」、「投入資金」、「投入したエネルギーの何倍得られるか」も紹介していただけますか。米国などの事例も含めていただけますか。【小林】

【松田】点火の物理的意味は磁気核融合とレーザーなどの慣性核融合とは異なります。磁気核融合での自己点火はもともとエネルギーを注入せずに核融合反応により燃え続ける状態（エネルギー増倍率 $Q = \infty$ ）を意味しています。しかしトカマク方式の定常運転のためには電流を流し続ける必要があります。外部からビームや電磁波によって一定のエネルギーをプラズマに注入し続けることが必要となります。このため、自己点火とは外部からの注入パワーに比べて核融合反応のパワーが十分大きくなる状態、 Q の値が凡そ 10 以上を自己点火と言っています。核融合発電では Q の値が 30~50 となればプラントが成立します。ITER では最低 10 以上をめざします。原子力委員会が 1992 年に定めた第三段階核融合研究開発基本計画では実験炉段階で凡そ 20 以上を目標にしています。

ヘリカル型核融合炉ではプラズマを閉じ込める磁場はすべて外部のコイルが作り出すので、プラズマに電流を流す必要はありません。このため、自己点火状態ではエネルギー増倍率は非常に大きくなり得ます。

これに対してレーザー核融合では真空中に置かれた燃料が四方八方からのレーザー光で照射され、プラズマ状態で加熱・圧縮され、温度と密度がある一定値を超えると中心部分で始まった核融合反応が燃料全体に広がります。これを点火と言っています。しかし、磁場でプラズマを閉じ

込めるわけではないので、核融合反応は持続しません。そこで、この核融合点火を繰り返し、間欠的に出てくる中性子のエネルギーを時間的に平均化して利用することになります。このため、発電炉として成立するためにはエネルギー増倍率は 100 以上必要となります。

核融合エネルギー実現への道

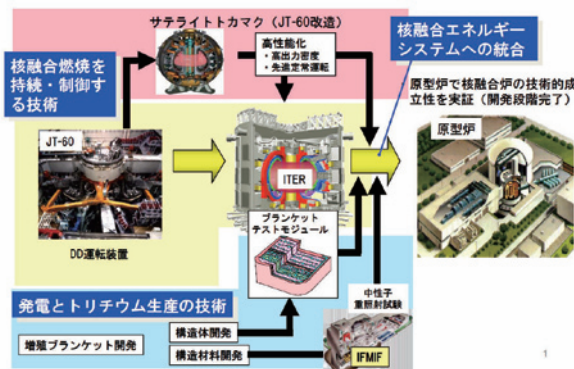


図1 ITER と核融合エネルギー開発

国際協力で実施することになった実験炉 ITER での目標は、自己点火領域のプラズマ（エネルギー増倍率 Q で最低 10 以上）の制御法を確立することと、発電機能を除く核融合炉の構成機器の統合試験を実施することにあります。この計画の中心となる国際機関である ITER 機構は 2007 年 11 月に正式に発足しましたが、建設に 10 年、その後の実験・運転を 20 年やってシャットダウンし、除染に 5 年、その後廃止措置のためホスト国に引き渡しを予定しています。投入資金は 1 ユーロ=151 円と換算した場合、建設時に約 7800 億円、運転期毎年約 450 億円（停止後の

廃止措置の積立分を含む)、生涯のプロジェクトコストは約1兆7000億円と見積もられています。ITER計画は各国が国際協力で実施することを合意して進められるものであり、世界ではこれ以外の実験炉は現在のところ計画されていません。

ITERは核融合エネルギー実現の最終ゴールではありません(図1)。研究開発のゴールはプラント規模で発電を実証する発電実証原型炉にあります。原型炉は Q の値が30~50、定常運転が可能なものでなくてはなりません。トカマク型原型炉でも各国においていくつかの概念設計がなされていますが、電気出力が数10万~100万kWであることを共通点としますが、大きく分けて全体が球に近いリング型で磁場が比較的弱い装置と、球を少し押しつぶしたカボチャ型で磁場が強い装置が構想されています。

なお、核融合炉の運転に耐えうる材料の候補として使用温度に応じてフェライト鋼や炭化ケイ素材などが開発されていますが、これらの材料が連続して何年にわたって使用できるかという耐久寿命を調べるには核融合炉よりも強力なIFMIF(中性子発生装置)での材料照射試験が必要となります。このため、国際協力で強力な中性子発生施設を建設し、候補となっている材料に照射して強度などの材料の特性の変化を調べることにしています。この施設は設計とR&Dに7年、建設に7年ぐらいかかりますが、建設費は約600億円と見積もられています。現在は建設に先立って必要な工学設計とR&Dが日欧の国際協力で進められており、7年間で約200億円強の資源が予定されています。

【本島】核融合反応は星のエネルギーの源です。46億年前に誕生した私達の太陽の中でも重力による超高圧力の下で高温のプラズマと化した水素4原子の核融合反応(p-pチェーン)が安定にそして継続的に起こっています。その結果地上に生命が誕生し私達の人類の高度な文明へと発展してきました。

太陽の中心は1千500万度あり、そこで発生した熱は太陽の中の対流によって50万年かけて表面に出てきます。その間、プラズマの温度は、太陽の表面温度5千度まで下がります。そして太陽表面から放射された熱と光は宇宙空間を8分かけて地球へ飛来します。ですから、今私達に届いている太陽の熱と光の恵みは、50万年+8分前の水素の核融合反応によって発生したものです。

このエネルギー反応を地上で起こそうとすると太陽の巨大な重力による閉じ込めの原理は使えませんから、別の方法、つまり重力に代わる強く精度の高い磁場の中に高温のプラズマを作り閉じ込めて核融合反応を継続的に起こすための研究が必要になります。水素では反応確率が低すぎますから、最も反応しやすい重水素(D)と三重水素(T:トリチウム)を燃料として使います。目標となるパラメータは温度1億度(T)、100兆個/ccの密度(n)、閉じ込め時間一秒の(τ) (1億度の温度をプラズマの粒子が保っている時間)、プラズマの磁場に対する圧力比5%です。従ってこのパラメータ領域に到達して実際に核融合反

応を起こすことが、点火であると言えます。

磁場の構造と磁力線については高い性能が求められ、端のない構造、つまりひねられたねじれのあるドーナツ型を必要とします。磁力線をねじるために、コイルをねじるというアイディアに基づくのが核融合科学研究所の大型研究プロジェクトである日本独自のヘリカルヘリオトロン型のLHD装置です。図2に鳥瞰図を示します。

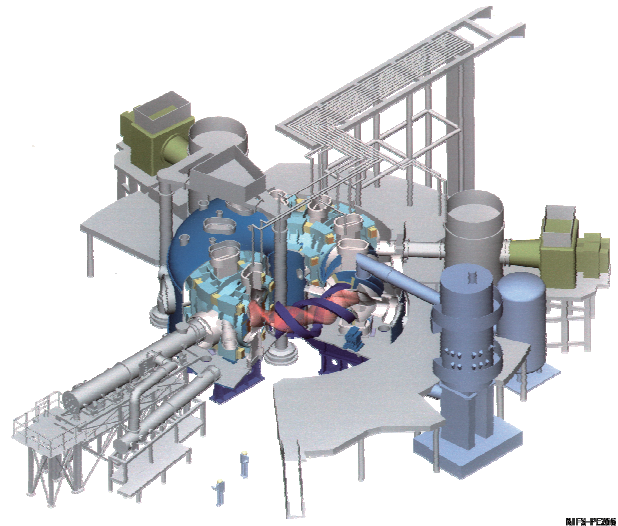


図2 日本独自のヘリカルヘリオトロン型のLHD装置

点火条件の達成とそこでの物理研究は、ビッグサイエンスとしてのLHD核融合科学研究所の最終的な目標であると言えます。そこから先は実際に発電と水素エネルギーを生産していく実用化に向けた開発研究の段階となります。

LHDでは現在水素を使っている研究をしていますが、数年前に重水素を使っている研究が可能になり、上記目標に近い条件での研究が、約10年の内に実現する見通しです。そのためには、あと240億円の設備に対する研究投資が必要です。

この段階は、発生する(等価的に)エネルギーと入力エネルギーの比 Q 値にして1近傍を目標としています。

【三間】レーザー核融合における点火とは、核融合反応で発生するエネルギーのうち主にアルファ粒子が担う部分によりプラズマが加熱され、核融合反応速度が速くなり爆発的にエネルギーが放出されることをレーザー核融合における点火と呼ぶ。

レーザー核融合点火の方法には、中心点火と高速点火の2つの方式がある。中心点火では、球状の爆縮過程で生じる中心部のホットスパークから局所的に核融合燃焼が開始する。これを実現する方法に燃料球に直接レーザーを一樣に当てて球状爆縮を起こす「直接照射法」とレーザーをX線に変換して燃料球に照射する「間接照射法」がある。中心点火の実証に向けて、超大型レーザー(米国ローレンス・リヴァモア国立研究所のNIF: National Ignition Facility)

と（フランスボルドーの原子力研究所のLMJ: Laser Mega Joule）が建設中であり、NIFの建設予算は約3800億円である。2011年までに点火が間接照射法で実証される予定であり、投入したレーザーエネルギーの20倍以上の核融合エネルギーが発生する予定である。その後、より高い利得をめざした直接照射法による点火燃焼実験が予定されている。

一方、高速点火は、爆縮で発生する超高密度プラズマをピコ秒のレーザーで加熱して燃料プラズマの周辺部にホットスパークを作り点火する方法であり図3に示す。

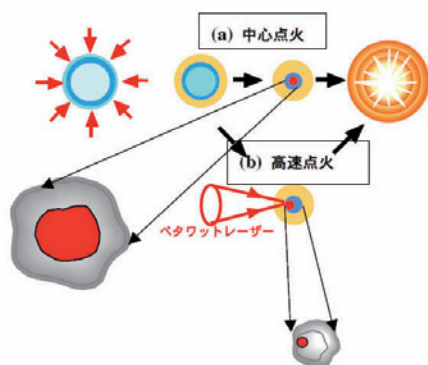


図3 (a)中心点火と高速点火のコアプラズマの構造と点火過程、(b)核融合利得のレーザーエネルギー依存性と点火に必要なレーザーエネルギーを示している。赤い領域から核融合燃焼が開始する。

この方式の原理実証に向け、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターや米国ロチェスター大学で大型の点火用レーザーの建設と原理実証実験計画が進んでいる。大阪大学のFIREXプロジェクトで建設するLFEXレーザーを図4に示す。



図4 FIREX-Iプロジェクトでの爆縮プラズマの加熱のためのLFEXレーザーが完成（2008）

大阪大学の計画のレーザー建設予算は約80億円であり、2011年までに点火条件が定性的に達成される予定である。その後、点火実証実験計画を2015年に予定している。

2. 「いつ実現するのか？」

机上検討から実証試験、商業化に至るまでの流れを簡単に説明し、現在はどの段階にあるのかをお示しください。

【松田】現在は JT-60 などによる $Q \sim 1$ の段階を終え、実験炉 ITER 建設の段階に進んできました。ITER が完成すれば、この装置において Q 値が 10 以上の核燃焼プラズマ（自己点火プラズマ）を制御する手法を開発することになっています。

ITER でこのミッションが達成され、また、別途並行して進められる材料開発に一定の見通しがつけられれば、その次の段階が原型炉であり、プラント規模での発電を実証することが主な目標です。原型炉では ITER などを使って開発された発電ブランケットにより、核融合で生まれた熱を取り出し発電に使うとともに、燃料のトリチウムがブランケットの中で生産できることを実証することが求められます。

原型炉による発電が実証されれば、あとは商用化に向けてひたすら信頼性の向上と、経済性の追求をコンポーネント毎に行います。原型炉は研究開発としては最後の統合システムであるとの考えは欧州も日本も変わりません。原子力委員会では 21 世紀中葉までに、実用化の見通しを得ることも視野に入れているとしています。

この方針に基づき、最近核融合エネルギーフォーラムでトカマク型の核融合炉の市場参入までの道筋がロードマップとして纏められました（図 5）。必要な資金や人員も検討されています。これによると、原型炉による発電の実証は 2030 年代のうちに終わることになります。

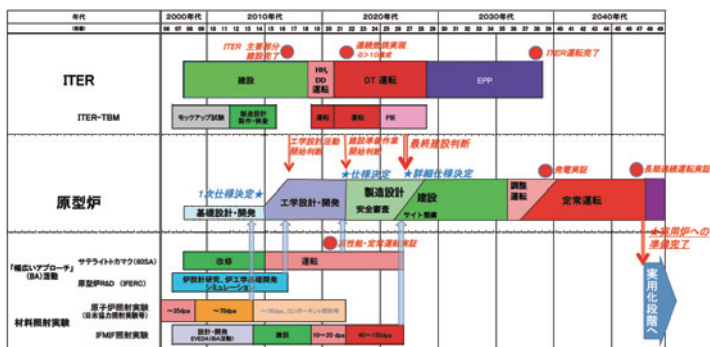


図5 トカマク型の核融合炉の市場参入までの道筋

【出典：核融合エネルギーフォーラム ITER・BA技術推進委員会報告書「核融合エネルギー実用化に向けたロードマップと技術戦略」（2008年6月）、掲載URL（ダウンロード可能）：
<http://www.naka.jaea.go.jp/fusion-energy-forum/>】

【本島】その先には当然デモ炉計画がひかえています。デモ炉によるエネルギー生産の開始は、図6の私達の研究ロードマップに基づくところから28年後です。

今から30～40年前、核融合エネルギーは研究者の夢でした。しかし、今日では研究が進んだ結果明確な目標となっています。それはどういうことかと言いますと、クリテ

イカルパルスを定めて、研究開発と投資をすることによって確実に到達できる目標となったことを意味します。

ヘリカル型核融合炉の実現に向けて

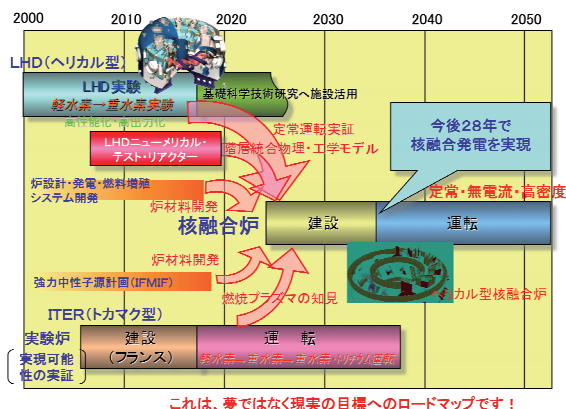


図 6 ヘリカル型核融合エネルギー炉へのロードマップ (年次進行)

図 7 を見てください。この図はコンピュータの集積回路の開発、および、高エネルギー研究の進展と核融合研究の進展を比べた図です。スーパーコンピュータの計算スピードが 2 年で 2 倍改善されているという法則は、ムーアの方法と言われ有名なものです。それに対して高エネルギー分野は 3 年で 2 倍です。私達の分野はというと先程の ntT 値 (核融合 3 重積といいます) も 2 年で 2 倍伸びています。

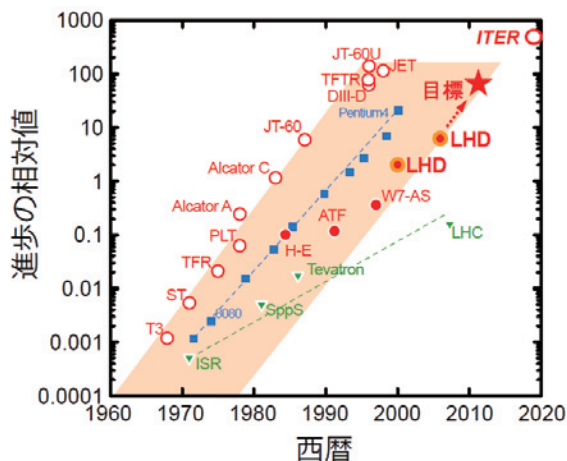


図 7 核融合 (赤), 集積回路 (青), 高エネルギー加速器 (緑) 研究の進歩の比較。白抜き丸はトカマク方式, 赤丸はヘリカル方式

図中左側の端が ITER と同じトカマク型による代表的なデータ点であり、トカマク型が過去核融合研究を引っ張ってきたことがよくわかります。ヘリカル型はヘリカルコイルを作ることが難しかったため、始めのスピードは遅かったのですが、LHD の研究の進展によって今急速に伸びています。

こうした核融合研究の急速な伸びの結果、社会の核融合研究に対する理解が研究の進展に追いついていないので

はないかと実は大変心配しております。原油の値段が上がっているのも、産油国が核融合研究の進展をにらんで今のうちに高く売ってしまおうとしているといううがった見方も世界にはあるくらいです。

【三間】レーザー核融合では、(1) シングルショットによる点火と高利得 (投入したレーザーパルスのエネルギーの 100 倍以上の核融合エネルギーの発生) の実証と (2) 高繰り返し 10 メガワット級レーザーによる高繰り返し燃焼試験の 2 段階を経て、実証試験、商業化の開発が進められる。第 1 段階は 2011 年に予定されている米国の点火実験装置 NIF による点火実証で高利得の条件が明らかになると予想される。うまく行けば、直接照射の NIF 実験で第 1 段階の実験が完了する予定である。一方、高速点火については、2011 年以降の点火実証実験計画の開始が日本や英国で提案されている。提案どおり進むと 2020 年まで高速点火による高利得の見通しが立つ。第 2 段階の研究開発については、基礎研究がレーザー技術、ターゲット製作・入射技術、炉容器開発等につき進んでいる。本格的な商業化への流れは 2011 年以降に開始すると想定されている。図 8 に、年次進行を示す。

レーザー核融合エネルギー開発のロードマップ

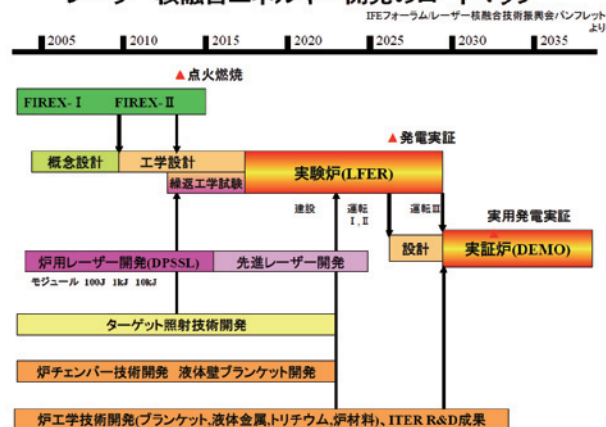


図 8 レーザー核融合炉の実現に向けたロードマップ (年次進行)

3. 「自ら推進する手法の強みは？」

原子力機構、核融合研、レーザー研それぞれが研究する手法の強みを「他と比較して」紹介いただけますか。結論を出すことが目的ではなく、3 者の意見を並記されることが良いと思います。

【松田】研究開発を進めていくと、幾多の難関に遭遇しますが、これ乗り越える知恵の蓄積が重要です。研究開発の成功は論文などにより外部に公表されます。他方、失敗は本来論文としては公にされませんが、そこにこそ多くのノウハウがあります。他者が進めるものから得られる情報は限られること、また自ら研究開発を進めて疑似体験をしていないと他者から情報を得ても本当の理解には達しま

せん。自ら推進してこそ当該分野の前線に立つことができ、またそのような環境はリーダーシップの素地を生むとともに、優秀な人材を集める牽引力があります。さらに、核融合のような総合科学技術で世界のフロントに立てば、その分野のみならず、関連する分野の科学技術の進展を牽引する波及効果が生まれてきます。

核融合に限らず、目前の技術のみが必要であれば、お金を払って外国から技術を導入することは可能であり、また、そもそもわが国にそのような技術がなければ導入以外に方法はありません。核融合は極めてエネルギー資源に乏しい我が国にとって、資源制約がない真の国産エネルギーであり、かつ、環境問題という制約の下で世界にエネルギー技術を提供しうる最初の、そして恐らく最後のチャンスです。

原子力機構は国が最重要と考えて決めるプロジェクトを推進することをミッションとしています。トカマクという方式の選定はこれが最も核融合エネルギーの早期実現の可能性が高いとして原子力委員会や文科省の審議会など国の議論で決定されたものです。実験炉段階で ITER を「我が国の実験炉として適切」と判断して参加や建設サイトを誘致すべしと決めたのも国の議論においてです。

トカマク方式は磁場構造が単純で、エネルギーを取り出す核融合炉を構想する場合も組み立て、保守まで含めて実現可能性が最も高いものです。また、これまでに達成した成果は、各段階の装置規模毎に期待されてきた以上の成果をあげ、核融合の最先端を切り拓いてきました。トカマクの欠点としてプラズマ中に電流を流し続けることができない、したがって定常運転が困難という古くからの指摘も、外部から粒子ビームや電磁波を入射して電流を流すことができることがこの 20 年ぐらいの間で実証され、さらに、高いプラズマ圧力のもとではプラズマ中に自然に流れる電流（自発電流）が必要な電流の 70～80% を占め、残り分を外部から供給するだけで良いことがわかってきました。また、最近よい成果を挙げている球状トーラスとはトポロジーとして連続的に繋がっており、低いアスペクト比（りんごのような球状に近い形）のトカマクの原型炉も設計されてきております。今後の発電炉に向かう研究開発の方向も磁場の強さ、断面形状、ブランケット方式など幾つかの選択肢があり、最適な設計に向かって研究開発に柔軟性を含んでいます。

平成 17 年に纏めた原子力委員会報告書では、原子力機構はトカマク方式の原型炉を目標とした研究開発をプロジェクト的に進めること、ヘリカルとレーザーは当面学術研究として進め、成果に進展があった段階でその後どのように進めるか国として議論することになっています。

ヘリカルはトカマクと同じトーラス型磁気閉じ込めですが、プラズマ中に電流を流す必要がないなどの特徴がある一方で、トカマクプラズマと多くの共通点があることが分かってきています。これらのプラズマの研究はトーラスプラズマを理解する上で大いに役立っております。研究開発が健全であるためには競争と協力が働く多様性が必要

であり、適切な資金配分のもとでの総合的推進がひいてはプロジェクトを正しい方向に導くとともに、実用化までの総合コストを合理的に抑えることに役立つものと考えています。

【本島】ヘリカル型は、磁力線のねじれを作るためにプラズマ中に大電流を必要とするトカマク型とは異なり、一言で言って無電流のシステムですから定常で安定性が高いことを特長としています。

私は核融合科学研究所の所長ですから、LHD によるヘリカル型の研究の推進に責任を持っていますが、トカマク、レーザー等を含めた核融合研究全体にも大学共同利用機関としての責任を果たしたいと常々考えています。つまり核融合研究においても科学的な基盤が大変重要であり、我が国が自分の力でこれを作ることが大変重要と考えています。どれが一番優れていると言った議論は、過去の研究の幼稚な段階では安易に行われていたことは事実ですが、今ではこの種の議論は研究全体の進展には益しないと強く考えております。

重要なことは核融合エネルギーの実用をめざす研究は、国の基盤をなすエネルギーに関わる研究開発なのですから、独自の科学と技術を持っていないと国としての基礎が大変危ないことになるということです。これは、国際協力を進める場合でも同じです。アイデンティティを持つことの重要性を指摘しておきたいと思います。

【三間】高速点火は世界に先駆けて大阪大学レーザーエネルギー学研究センターと関連する研究グループが本格的な研究を開始したものである。世界の研究の流れを大阪大学を中心とする我が国の研究がリードし、世界的な研究協力で我が国の研究者がリーダーシップをもっている。また、高出力レーザー技術を基盤とするレーザー核融合研究は幅広い光科学分野の中で、産官学の研究開発と連携して進められることが、他の核融合方式に比べて格別の強みである。

4. 「核融合の成功が地球温暖化に与える影響は？」
既存の発電所（石炭火力など）にとって変わること、温室効果ガス排出量をどの程度削減できるのか、見通しを示してください。できれば安倍前首相が提唱した 2050 年をターゲットに、日本が現実的にどの程度減らせるかも紹介ください。

【松田】トカマク型核融合炉では運転開始後は二酸化炭素などの温室効果ガスを排出しません。核融合装置の建設のためには鉄やセメントを必要とすることをはじめ、他のエネルギーを使うので排出量はゼロではありませんが、運転開始後の発生エネルギー量が極めて大きいため、単位発生エネルギーあたりの温暖化ガス排出量は僅かです。これらを含めた総合的な評価がなされており、他のエネルギー源

と比較すると図9のとおりです。

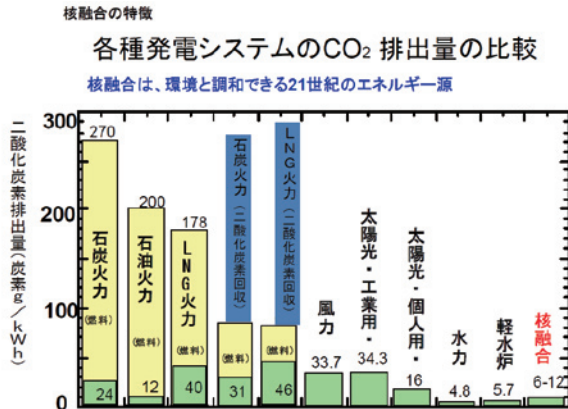


図9 各種発電システムのCO₂排出量の比較。核融合は、環境と調和できる21世紀のエネルギー源。緑色の部分は発電設備の製造・建設過程でエネルギーを消費することによって排出する二酸化炭素、黄色の部分は化石燃料を燃焼する過程で排出する二酸化炭素。【出典「核融合エネルギーの技術的実現性・計画の広がり」と視野としての基礎研究に関する報告書」核融合会議戦略検討分科会，原子力委員会（2000年）】

すなわち核融合炉ができれば、同一の発電量に対して、石油や石炭の火力発電に比べて二酸化炭素の排出量を約25分の1に削減できます。また、太陽光や風力発電などの非化石エネルギーよりも二酸化炭素の排出は少なくすみすみます。核融合をもし大規模に導入することができ、石炭や石油の消費を減らすことができれば、地球温暖化の抑制に貢献することは間違いがないことです。将来にわたって、人類のエネルギー消費構造を化石エネルギーから二酸化炭素を出さないものに転換すること、これが今、世界に求められている技術なのです。しかし、残念ながらこのような大規模で望ましい究極のエネルギーは簡単に得られるものではありません。開発して市場に参入するには時間がかかります。段階的な開発の最速シナリオでもトカマク型原型炉による発電の実証は2030年代の後半です。その後の信頼性の向上や、経済性の向上を考えると核融合炉が市場に参入できるのは21世紀後半であると想定されます。一方、地球温暖化問題は20年、50年、100年、ないしそれ以上の長期的なスパンで考える必要があります。まして地球温暖化の防止には、少しでも早く二酸化炭素の大気中濃度の上昇を止める必要がありますが、たとえ排出量を半減しても二酸化炭素の濃度は上昇を続け、地球の気候がもとに戻るわけではありません。核融合の本質的な意義は人類が化石資源の消費によらずに繁栄するためのエネルギー技術を、石炭や石油に代って提供することであり、これは他の密度の低いエネルギー源では実現が困難なことです。これからの100年が人類にとって、化石燃料燃焼から二酸化炭素を伴わないエネルギーへの転換の唯一の機会です。もし、核融合が実現し、市場への導入に成功すれば、図9に示すような世界のエネルギー需要（人口増加と発展途上国の生活向上による）に対して二酸化炭素を排出しな

いエネルギー源として必要量の4分の1近い貢献をするポテンシャルを有しています。我が国が化石燃料を使わずに繁栄できる技術があることを世界に示し、その技術を提供することが重要です。

安倍元首相が提唱した2050年の二酸化炭素排出量半減を自国内で実現できる可能性は極めて難しいと言わざる

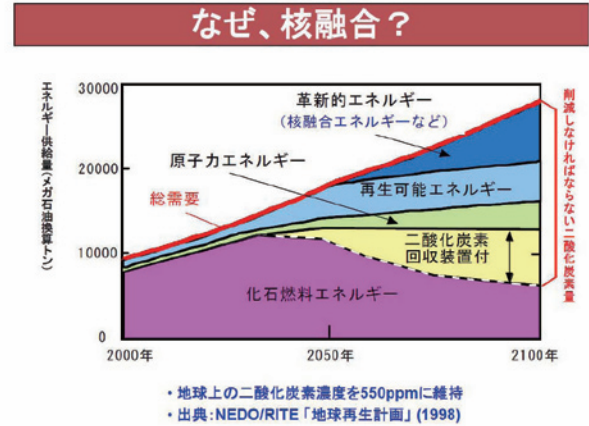


図10 核融合のCO₂削減への貢献

を得ませんが世界全体での努力目標の設定としては正しいと思います。その中での日本の役割は、エネルギー効率向上や温室効果ガスの削減などの環境保護関連技術の開発を進め、自らの排出削減努力を続けるのみならず、CDM（Clean Development Mechanism：クリーン開発メカニズム）などによって世界の排出レベルの削減に貢献することが重要と考えます。当面は原子力の役割増大が必要であり、2050年までの対応には既存技術の適用と改良で対応せざるを得ないでしょう。しかし、これだけでは地球人口の増加や途上国のエネルギー消費の増加に伴う、地球全体のエネルギー需要を賄うことはできません。二酸化炭素を排出しない大規模なエネルギー源が必要になってきます。21世紀後半からは核融合の役割が極めて重要になってきます。そのためには、21世紀前半に、わが国がその技術を実証し、使えるようにしておく必要があります。

【本島】図9を見てください。核融合エネルギー炉はCO₂を出さないエネルギー源ですから、地球温暖化にとってはかりしれない効果があります。

しかし、日本の国力を考えても1年に1機の核融合発電所を作るのが精一杯でしょう。1機の100万kWの発電所から出るエネルギーを水素エネルギーに変換して車の燃料にする場合を考えて下さい。1日30km走ると仮定して300万台しか走らすことができません。これではとても足りません。

今から28年後の2036年から2050年まででどうがんばっても核融合エネルギー炉を最大14機しか作れないわけですから、今の原子力発電所の数55基よりも少ない数にとどまります。ですから最大でも全体の日本の炭酸ガス排出量の数パーセントを削減する程度の効果があります。こ

の数字は、大変大きな効果があることを意味しますが、50%削減には更に努力が必要であると言わざるを得ません。総合的なエネルギー政策と社会の努力がないととても実現しない数字です。核融合エネルギーに代表される先端科学技術を賢く応用していく知恵とそのための合意形成がぜひとも必要です。

【三間】個人的な意見を述べます。核融合エネルギーは先進原子力として位置づけられる。現在、我が国の電力の約30%が原子力によっている。今後、化石燃料によるエネルギーに代わり長距離送電技術革新による水力発電、風力、太陽電池、バイオマス等の代替エネルギーの比重が増えてくると予想している。しかし、いずれも資源量やエネルギー密度に課題があり、長期的には先進原子力が環境・エネルギー問題の解決策である。高速増殖炉や核燃料処理の技術革新で2050年までのCO₂削減目標の達成をめざすことになると思うが、2050年前後より徐々に核融合エネルギーの比重を増してCO₂削減を引き続き進めていくことになるかと予想する。

また、水素燃料の活用において、核融合は重要な役割を果たすと期待している。

5. 「技術継承をどう進めるか？」

原子力を先攻する学生が減っていると聞きます。豊富な技術ノウハウを持った団塊の世代の大量退職もあります。将来の商業化に向かって研究を加速するため、そうした技術ノウハウをどう引き継ぐのかを明らかにしてください。回答は1者のみでも可とさせていただきます。

【松田】核融合のような長期的な研究開発に対して技術継承をどう進めるかは大きな問題です。技術継承が行われるためには、受け継ぐ技術者が研究開発の前線に置かれている状況が必要です。しかし、核融合は完成した技術ではなく、研究開発途上の技術ですから、伝統芸能の伝承とは違います。すなわち常に新しい課題があつて、そこに人がいること、課題にチャレンジする計画と資金があることが必要です。将来の商用化に向かっては当面のターゲットは核融合原型炉による発電の実証です。これにむかって ITER、ブローダー・アプローチやブランケット開発などの国内計画を進める中で新しい人材が次々に参入してくるシステムが必要です。

人材は単にプロジェクトの中心となる実施機関に集まれば良いというものではありません。実施機関のプロジェクトを纏めるという役割、産業界での装置の製作という役割、さらにプラズマや工学技術に関する学術や科学技術の体系化を進めつつ人材の供給元となる大学などの役割、これらの有機的な結合を通して社会に技術ノウハウが蓄積されていきます。他方、長期にわたるプロジェクトは必ず人の新陳代謝を考えないといけません。そのために、実施機関、産業界、大学のそれぞれにおいて知見や手法の継承発展が必要です。核融合は広範な科学技術の集積のような

ものです。これらを構成する科学的知見や技術を継承し、発展させようとするには各分野においてグループを構成する最低限の人数（活力）が必要で、これを下回らないことが重要です。

このためには国の計画に大きな谷間を作らないことが肝心です。資金の谷を作ってしまうと産業界においても研究機関においても人材が散ってしまい、最低限の人数を確保することができなくなります。こうなると再度立ち上げる場合に技術の継承がうまく行われません。ITER サイト決定に4~5年もの時間がかかり、人材循環のブランクが生じたことが現在立ち上げに時間がかかっている原因です。欧州は計画の節目に来てても一定の核融合予算を確保し（EUの核融合は4年計画）、核融合全体の谷ができないように工夫しています。日本の場合、大きな計画から次の計画までの資金的継続性がありません。谷を作らないためには国としての次の計画を早く立ち上げることが重要です。産業界も ITER に続く計画が見えなければ ITER に人材を投入する動機が見つけにくくなります。その先の筋道が見えてこそ次の世代を担う優秀な人材を投資として投入し、創造し、習得した知見が次の計画に生かされるというものです。したがって、わが国として大事なことは原型炉に向かう計画が早期に実現に向かって走り出すことだと思います。国民の支持を得ながら学会が関連学会とともにこの方向に向かって意見が集約できれば大きな力になると思います。

【本島】これは、前項にも関わる議論ですが、技術の継承のためには長期的なエネルギー政策が必要になります。日本の社会が生き延びていくためには大変な努力が必要です。LHD 実験では次のステップに備え特に物理面の研究に主眼を置くとともに、工学面についてもオールジャパン体制により研究を推進しております。ITER 計画にもしっかりと関与していくことも重要です。シミュレーション科学と技術を駆使してのニューメリカル・テストリアクター・プロジェクトを立ち上げ中ですが、これもヘリカルが存在意義を高めることに役立ち、結果としてトカマク計画、つまり世界の実験炉計画 ITER へ貢献することになると考えています。これらの努力が結果として、技術の継承に繋がるはずで、そのためには超伝導、マイクロ波応用など、産業と社会インフラへの活用を進めつつ、国としてのビッグサイエンス戦略を定め、研究の基礎をしっかりと持つことが重要です。

【三間】国策として技術者集団の活動を支える研究開発拠点を設置することが不可欠です。また、産学の人材の循環を可能にするためには核融合科学の基盤を出来る限り広げる努力をすることが研究者サイドには求められます。そのためには、核融合科学技術研究が他分野の科学技術研究と常に連携するように心がけるべきです。たとえば、超伝導開発、高出力レーザー開発、材料開発等において、他分野での開発課題との共通点をいつも意識しておくことが

大変重要で、

6. 「核融合が実現する社会とは？」

核融合の実現によって、どんな社会的なメリットがありますでしょうか。一般雑誌のような見方ですが、各研究機関のトップがどう考えているのかが、読者層である若年層に響く可能性があります。

【松田】核融合の実現はすでに述べたように、エネルギー問題と地球温暖化問題を同時に解決する具体策を提示できることが最大のメリットです。人間が生活するためにはエネルギーが必要です。そのエネルギーは化石燃料のように化学反応を利用するものと、原子力発電や核融合発電のように原子の反応エネルギーを利用するものがあります。同じ重さの燃料では原子のエネルギーの場合は化石燃料に比べて 100 万倍以上のエネルギーを出すことができます。他方、化石燃料がもたらす温室効果ガスも、原発から出される燃えかすの放射性廃棄物もこれらの反応の結果出てくる廃棄物です。どのようなエネルギー源も必ず廃棄物を伴います。今、化石燃料がもたらす廃棄物が自然界で取り扱える規模を超えてきつつある環境問題をもたしています。発展途上国を含めて原子力の利用拡大が必要です。一方、すでに我々が手にしている技術である原子力は半減期が非常に長い高レベル放射性廃棄物の管理や軍事やテロに転用されないように核不拡散の問題があります。この問題を国内的、国際的に取り組まないといけない。核融合は燃料資源の問題はなく、発生エネルギーは膨大であり、燃料の燃えカスはヘリウムガスなので、長期間の管理が必要な高レベル放射性廃棄物は発生しません。（ただし装置は放射化するので、低レベル放射性廃棄物は発生します。また、燃料のトリチウムは放射性物質なので漏れないような対策が必要です。）運転停止後、解体して出てくる低レベル放射性廃棄物は 50～100 年程度管理すれば、安全に再利用できるレベルになるので、処理が比較的容易です。また、核融合は連鎖反応が起きないので、原理的に暴走することはなく、潜在的なリスクが少ない、安心度の高いエネルギー・システムです。

問題は、このような究極的なエネルギーは容易に得ることとはできないところにあります。研究開発に時間と資金と、また何よりも多くの熱意あふれる人々の取り組みが必要となります。プラズマに関する物理的な課題から核融合炉を構成する機器やサブシステムの開発、またそれらを統合し、ひとつの装置に纏め上げる統合作業など、経験者の知恵と若い人たちのチャレンジ精神や創造性、柔軟性の結集が必要となります。国民の支持を得てこれらの計画が進められれば凡そ 30 年で核融合発電を実証することができるでしょう。ITER に世界人口の過半数の国々が参加するようになったことは、長期的なエネルギー環境問題に対する核融合への期待の表れだと思います。

【本島】今天文学者の夢の一つに宇宙高度文明を探すこと

があります。チリのアタカマ砂漠に建設中の国際 ALMA 計画もスピンの持つ水分子の出すサブミリ波を検出して生命体の糸口を見つけようというプログラムが入っています。

数万光年先の宇宙に高度文明の兆しが見つかった場合、確率論的には先方の宇宙文明が 1 万年以上続いている可能性が高いことを意味します（ドレイクの法則）。

そうでないと発見できないからです。そして、このことは地球の文明も 1 万年以上続き得ることを証明することに近い発見となります。

そこで考えてください。その文明はどういうエネルギー源を持っているか。必ずや核融合エネルギーを実現していることでしょう。

核融合エネルギーが実現した暁には、海水から燃料となる重水素とトリチウムを再生産するためのリチウム等を無尽蔵に取り出すことができます。そして、ウランを使う原子力とは異なり高レベルの放射性廃棄物を発生しません。これは何を意味するかというと、一つ核融合エネルギー炉を作るための 1 万 5 千トンにのぼる鉄等を中心とする材料を 50 年間核融合エネルギー炉として使った後又再利用することができることを意味します。低放射化材料の開発の重要性はここにあり、50 年から 100 年の後に放射線のレベルが下がったところでまた溶かして使えるわけです。

ですから、核融合エネルギーは循環型のエネルギー資源となります。石油のように one through ではないということの意味は大変大きいと思います。

【三間】原子力は究極のエネルギー源であり、今後 100 年、1000 年の人類の活動を支えてゆくために不可欠です。特に、核融合は核不拡散などの安全保障の観点より人類の長期的な原子力エネルギーとして不可欠なものです。また、資源地域的な偏在がないため国際紛争のない社会の実現を可能にします。特に、コンパクトなレーザー核融合発電所は居住空間に隣接して分散的に設置可能となることで自然災害等に強い社会を作ることと可能にします。

7. 「核融合研究が生んだ身近な『発明』は？」

【松田】これまでに JT-60 や ITER の工学設計活動を通して得られた産業や生活分野に応用されている技術だけで一冊の本になります。その中のほんの 1～2 例をご紹介します。

現在多くの病院で使われている MRI の超伝導コイルはニオブチタンが線材に使われていますが、この線材の品質が格段に向上したのは 20 年ほど前に国際協力で我が国が参加した核融合大型コイル計画（LCT 計画）で、大型超伝導コイル用に大量のニオブチタン線材を開発し、製作したからです。また、より強い磁場を出すことができるニオブ・スズを使う超伝導コイルは ITER の工学 R&D コイル用として新たに素線から開発され、大量の素線の製造によ

り、品質の高い製造技術が確立しました。これらは高分解能のMRIなどに適用が広がりつつあります。

もう一つの例は真空技術の産業や科学技術への波及です。核融合の燃料ガスに使われる重水素とヘリウムガスは質量数が同じなので、通常の質量分析器では区別が困難です。核融合真空技術の研究によりこの区別が明確にできるコンパクトな超高分解能の質量分析器や、固体に付着した極微量の不純物ガスを測定できる装置が開発されました。この開発により、産業用ガス分析の応用が広がり、医療への応用としては呼吸に含まれる分子の同定による健康状態の診断や、自動車のエンジンやパーツに使われる再生アルミの純度管理に自動車産業界から多くの引き合いが来ています。また、核融合炉の燃料水素と燃えカスのヘリウムを選別しながら排気するシステムの開発は、半導体製造の加工・洗浄工程で使われる地球温暖化フロンガス（パーフルオロ化合物）を室温で連続分離回収する装置の開発につながり、実用化に向けて産業界と共同で試作プラントが作られつつあります。

【本島】核融合研究は、科学と工学のインテグレーションを必要とするビッグサイエンス研究です。多くの技術のスピノフが可能です。

一例を挙げると電子を一億度に加熱するために使うマイクロ波技術を使って、陶磁器やセラミックの焼成をする技術の成功があります。

【三間】直接的間接的に、レーザーの発明直後よりレーザーの高出力化をレーザー核融合研究が駆動してきた。その結果生まれた高出力レーザー技術は、レーザー溶接、炭酸ガスレーザーによる加工、半導体リソグラフィ光源等に活用されている。

●個別質問【原子力機構】

1. 情報発信が弱い。

フランスがITERを誘致することに決まった段階で、情報発信力が急激に弱まった印象を持っています。

【松田】誘致の前の情報発信と決まった後からの発信とは情報の対象が異なります。決まる前までは一般の方々の支持を得ることが重要であり、決まった後からは実施に参加する研究者や技術者向けの情報はかえって多くなっています。後者の具体的な例として核融合エネルギーフォーラムでは情報の発信が格段に多くなっております。これは核融合の関係者に対する発信のみならず、高校生や一般への発信も「社会と核融合」という活動を通して行っております。

しかし、一般の人達への発信はまだ不足していて、一般国民の多くの関心事となるにはメディアの協力なしには現実的には困難です。国民およびその代弁者であるメディアの方々がどのような点に関心を持っておられるかを常に問いかけながら、情報を発信していく必要があると

考えており、今回の企画もそのような観点から行いました。

2. オールジャパンの体制はあるのか？

将来の核融合実現を担う巨大プロジェクトのはずなのに、国民の関心が薄れるのではないかと不安です。オールジャパンの推進体制はできていますか？

【松田】オールジャパンの推進のために2007年4月、核融合フォーラムでの議論の場をさらに強化し、ITER/BAを特別に議論する場を新たに設けた核融合エネルギーフォーラムを発足させました。

大学との連携協力も進みつつあります。たとえば、那珂市にあるJT-60では実験の企画の最初から大学人の参加により共同で実験を進めています。これらの連携からITERが実験を開始したときに我が国の研究者が主導的な役割を担うことができるように、若手育成に重点を置きながら、今から準備を進めているところです。JT-60が改修されて超伝導のJT-60SAとなれば、新しい領域で実験が可能となりますが、ITERを除けばこのクラス世界で唯一の装置となるので、ますますこの装置の重要性が増します。ITERのサテライト装置としての役割が重要です。

このように、ITERが決定された後も理解増進に向けた努力を継続しておりますが、ITER誘致の頃の情報発信力が発揮できないのは事実であり、あらゆる場を通して、研究コミュニティ全体で努力する必要があると認識しております。

3. ITERへの体制は、不十分ではないのか？

六ヶ所村に建設する関連施設は、一説によると、人件費にまわす資金も、ポストもないと聞きます。大学の職を投げうって、自費で参加する研究者がいるのか疑問が湧きます。総額2000億円の巨大プロジェクトであるにもかかわらず、体制が整っていないのではないのでしょうか。

【松田】日欧で実施する幅広いアプローチは六ヶ所村で実施するものと那珂市で実施するものとがありますが、日欧の総額で10年間、920億円相当の事業です。そのうち過半数が六ヶ所で実施されます。総額で2000億円というのは何かの間違いです。日欧の事業はITERとは異なり日欧が既に持っている人的資源の活用を前提に考えられたものなので、その中で新たに雇用する人件費までは考えられていません。（ただし、共同チーム員となる若干名の研究者・技術者の人件費と、実験補助や計算機システム運転員などの開発を支援する人たちの人件費は考えられています。）したがって、これによって多くの研究者の雇用が生み出されるわけではありません。「大学の職を投げうって、自費で参加する」ということは想定外です。大学等からの参加は共同研究、連携協力という形によって可能ですし、また、大学の職を辞して原子力機構の職員になり、幅広いアプローチに参加するということはもちろん可能です。

課題として考えなければならないのは、幅広いアプロー

チ活動を我が国全体のレベルの向上に繋げるために、これらの研究に参加する人材の流動性を高める必要があることです。このために必要な競争的資金の確保など、各研究者の自助努力と国としての支援が必要になってきます。また、大学人にとっては数年 ITER や BA に参加し、戻ってきたときの職の確保や、参加することがキャリア・パスとなるかが問題として挙げられています。ITER や BA に参加することは世界への貢献として研究者・技術者自身の足跡を残すとともに、それ自体大いに自己を啓発することになると確信します。これらの問題は日本の社会全体が欧米並みに雇用の流動性が生まれてくれば問題は無くなるのですが、過渡的な状況では緩和策も必要となります。たとえば、身分は出身母体に置きながら研究に参加するなど多様な形態が考えられます。共同研究や連携協力はその手助けをしますし、一昨年あたりから議論され始めているように大学や核融合科学研究所が六ヶ所村に分室をつくり、そこを拠点として BA 活動に参加したり、或いはより広い関連研究を実施するなどの計画が着々と進みつつあります。

4. ITER にかける「覚悟」は？

将来の実用化を見据えて、ITER にかける「覚悟」はどの程度のものなのでしょうか。

【松田】ITER は今後の核融合エネルギー開発にとって不可欠のものです。核燃焼プラズマの制御ができて将来の実用化を描くことはできません。今必要なことはまずは ITER を建設することです。2007 年 10 月に日本の実施機関に指定された原子力機構は核融合研究開発部門に ITER 建設に向けた組織を既に立ち上げてきており、ITER 機構発足と同時に、参加国で最初に、ITER 機構との間で日本が分担する超伝導コイル関係の調達取り決めに結びました。またそれに基づいて国内産業界に発注の準備を進めてきています。原子力産業協会を通して国内産業界と ITER に関する情報交換も精力的に進めています。

他方、ITER の建設を取りまとめる国際機関である ITER 機構の方は組織に必要な人材の公募を行っています。建設段階なので、研究者よりも産業界の技術者が多く求められています。採用されると ITER 機構の職員となります。ITER 機構は機構長の指揮のもとで ITER の建設に責任を負います。この国際共同事業は現在 7 カ国が参加して行われるため、スポンサーの集まりである理事会においても我が国の判断だけで物事が決まるわけではありません。また、意思決定に相当な労力と時間を要します。さらに今後一時的に資金の分担が困難な国も出てくると想定されます。しかし、そのような場合でも参加国が協力し合って装置を作り上げて行くことが重要です。

ITER は国際協力に基づいて、ITER 機構という国際機関が実施の主体となっています。したがって、その成果は人類が共有するものです。我が国は、この ITER の建設期間において、ホストである欧州を除いて最も大きな貢献をし、国際共同事業において重要な役割を担うことになります。

さらに日欧協力で我が国において進める幅広いアプローチ・プロジェクトを有機的に連携させ、ITER の運転期間においても主導的な役割を担うことになると思います。このように進める事によって、国民に利益を還元するとともに、我が国において次のステップとなる原型炉に向けた展望を切り拓けるものと考えています。

個別質問【核融合研】

1. ヘリカル方式の存在意義は？

ITER はトカマク式が採用された。安定性に優れるといわれるヘリカル方式の存在意義が問われていると思います。所長の考えをお聞かせいただけますか？

【本島】ITER は実験炉としての役割を持っています。したがって、 $Q = 1$ にいち早く到達したトカマク型で D-T 核融合燃焼を実証しようとするのは当然のことといえます。ITER を成功させて実証炉のステップへ移るためには物理面では定常化、高ベータ化、プラズマと壁との相互作用の研究が更に必要であり、炉工学的には低放射化材料開発とブランケット開発が必要になります。ヘリカル方式の存在意義はここにあります。つまり、実験炉の先を見通しての研究であるという点が最も重要な点です。トカマク型である ITER による実験炉計画については、ITER で実施するからもう次のステップではやらなくても良くなるという、完成度を十分に上げられる研究成果が一つでも多く出てくることを望んでいます。

2. トカマクとヘリカル研究者が英知を結集しているか？

核融合の早期実現をめざすのであれば、トカマク式とヘリカル式の研究者が英知を結集することが一番の早道だと思うのですが、なぜそれができないのでしょうか。

【本島】現実には英知を結集して研究を進め、1 日も早い核融合エネルギーの実現に努めています。一般論としての選択と集中は一見効率的に見えますが、そのアンチテーゼとして、産業革命が 150 年前のイギリスで地方分権の社会から生まれてきたということを見ますと、科学技術の世界の一極集中は終わりの始まりを意味します。今トカマクとヘリカルを研究者の英知を結集して進めることは実用炉の実現をめざす上では相互の連携も可能であり、むしろ早道であると言えます。

3. ヘリカル方式は、次の選択肢となりうるのか？

仮に ITER 計画が予定どおり進まなかった場合、同じ磁場方式は「次」の選択肢となり得ないかと思うのが自然だと思いますが、見解をお聞かせください。

【本島】世界が英知を集める ITER 計画が予定どおり進まないことは、想像だにしていませんから、「次」の選択肢といったことを考えたことはありません。

4. 燃焼制御もトカマクより安定なのか？

プラズマ中に電流を流すトカマク式に比べて安定性が高いのがメリットですが、燃焼制御の安定性もトカマク式より優れていると言えるのでしょうか。

【本島】デモ炉を考える場合、燃焼制御の面は特に重要になります。LHD では近年、目標の 10 倍の密度である 1000 兆個/cc を密度拡散障壁(IDB)の実現で達成しており、図 11 のとおり、高密度運転のシナリオを新たに開拓しました。この図のトカマクのアプローチと比べると違いは明白です。この高密度では、熱的な不安定がおこるのですが、PID (Proportional Integral Differential) 制御を高度に活用して、これを克服できることを理論的にもすでに実証しています。今後の研究で予測制御をさらに取り入れることも可能になるでしょう。より低温で核融合燃焼が実現できることのメリットは大変大きいと言えます。

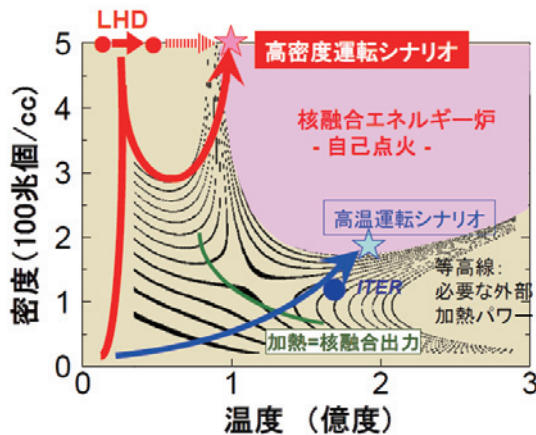


図 11 核融合エネルギー炉の点火条件と高温・低密度燃焼制御

個別質問【レーザー研】

1. 水爆との関係は？

米仏でレーザー研究が進む理由の一つに、水爆との関わりがあると聞きます。日本でそのような技術を導入することに抵抗を感じる人も多いと思うがいかがでしょうか。

【三間】公式見解は、核爆発の定義によります。核不拡散とレーザー核融合との関係が取り上げられたことが有ります。そのときの考え方は、真空容器の中での核融合燃焼は制御されたものであり核爆発に相当しないとの見解をとりました。この点は、制御された核分裂と制御された熱核融合のいずれも平和利用と見なされることを意味しております。米仏の大型レーザー装置は国防目的の研究にも利用されると承知しております。国防目的の研究は国家機密として公表されるものではありません。公開された場でレーザー核融合エネルギー開発研究が進められる限り問題は無いと考えています。

2. なぜレーザー方式は主流になれないのか？

国内の核融合研究でレーザーが「主流」となりえない理由をどう考えておられますか。

【三間】主流になりうるものと考えております。高エネルギー密度プラズマ研究の広がりや高出力レーザーの研究コミュニティの広がりとがレーザー核融合研究を我が国における核融合研究の“主流”にする上で不可欠と考えております。

3. 幅広い応用との連携は？

レーザーの高度化は、他の産業や医療など幅広い分野で求められていると思うが、連携することはないのですか。

【三間】産業、医療などの広い分野でレーザー利用が進んでおり、光科学の比重が増している。レーザー核融合やレーザー加速器等の高出力レーザーの応用研究は光科学の大型研究と位置づけられており連携研究が盛んになっている。原子力機構関西光科学研究所、レーザー技術総合研究所、光産業創成大学院大学、次世代半導体製造技術開発研究組合、等との連携で具体的な連携研究やプロジェクトが進行中である。また、先端研究施設共用イノベーション創出事業により、高出力レーザーの産業応用創出のためのプログラムが平成19年度より開始している。

4. ITERへの協力は？

同じ核融合の研究者として、ITERに協力する体制はあるのでしょうか。

【三間】大阪大学では、レーザー核融合に関連する研究グループは、工学研究科等の教員として大学院生の教育にあたり、人材養成組織としてITERの成功に貢献する。また、核融合科学研究所との連携を強めており、核融合分野の大学共同利用機関につながる研究組織として協力する。

5. 高速点火への「覚悟」は？

高速点火にかける「覚悟」はどの程度のものでしょうか。

【三間】大阪大学レーザーエネルギー学研究センターでは、FIREX-I プロジェクトを、双方向型共同研究により核融合科学研究所と連携するとともに、関連する学内外の研究グループと協力して高速点火の実現に向け最大限の努力をしている。

【対話参加者のプロフィール】 (発言順)

小林健次 (こばやし けんじ)



平成 11 年学習院大学法学部政治学科卒, 日本電気協会新聞部(電気新聞) 入部. 編集局, 東京支局を経て, 平成 18 年から編集局報道室. 電力中央研究所と地球温暖化問題を担当した後, 平成 20 年 7 月から電力自由化担当.

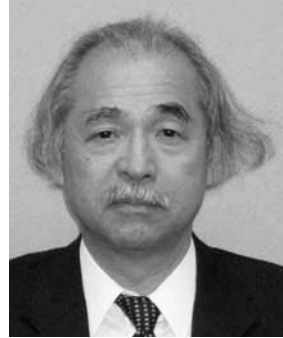
新聞記者という「素人の代表」として, 先生方には不躰な

がら, 率直に疑問をぶつけさせていただいた. 1 回のやり取りですべてを解消することは当然できないが, 核融合の現在と未来を知る貴重な機会になった.

各方式の「ライバル意識」のようなものが垣間見えたのも, 興味深かった. 互いの切磋琢磨が, 核融合の研究を促進する原動力になるのだと思う. その一方, 核融合の研究を社会に受容させるには, やはり方式の違いを超えた「マスの力」がものを言う. 各先生とも関係各所との連携・協力の重要性は指摘されており, もう一步踏み込んで具体策をお聞きしてみたい. まだ, 対話は始まったばかりだ.

核融合の研究は, 高い志をもって進められている. エネルギー安全保障問題と地球温暖化問題を同時に解決するという最終目標は, 3 つの方式とも共通するものだ. それぞれの研究者達が積極的に意見交換することで, 夢の実現はさらに一步近づくだらう. 残念ながら, 核融合が切り開く未来を私たちが見届けることは難しそうで, 志を次世代に引き継ぐことは今後ますます重要になる. 今回を手始めに, 核融合と, さまざまな主体との対話が進むことを願ってやまない.

松田慎三郎 (まつだ しんざぶろう)



昭和 44 年京大工電気第 2M 修了, 同年原研入所. マルチポール実験, トカマク建設, NBI 開発を経て平成元年より核融合実験炉に関係し, ITER の国内チームリーダ, 那珂研所長, 原研理事を経て現在原子力機構執行役. 専門は若い人たちの下支えとスキー.

本島 修 (もとじま おさむ)



昭和 23 年 12 月 5 日京都に生まれる. その後, 父親の仕事の関係で茨城県に移り, 中学, 高校時代を過ごす. 昭和 42 年水戸第一高校卒業し, 京都大学理学部に入學する. 昭和 46 年に京都大学理学部物理第一教室を卒業し, 同大学院理学研究科修士, 同大学院工学研究科博士課程と進学し, 昭和 51 年博士号取得, 京都大学助手となる. 昭和 62 年に京都大学ヘリオトロン研究センター教授となり, 名古屋大学プラズマ研究所教授を経て平成元年に核融合科学研究所教授に就任する. 研究主幹として大型ヘリカル装置実験計画の責任者をつとめ, 平成 15 年 4 月から核融合科学研究所長に就任し, 現在に至る. 専門はプラズマ物理学および核融合エネルギー工学. 300 件を超える論文を発表しているほか, スウェーデン王立工科大学からアルペン賞を受けるなど核融合科学分野で活躍中. 趣味はテニス, 読書など.

三間図興 (みま くにおき)



昭和 48 年京大理博士課程物理一専修了. 昭和 59 年〜平成 16 年: 大阪大学レーザー核融合研究センター 教授. 平成 7 年〜平成 11 年: 大阪大学レーザー核融合研究センター センター長. 平成 17 年〜現在: 大阪大学レーザーエネルギー学研究センター センター長.