

エネルギーミックスを支える現場から

技術者たちの思い



今回の取材先は
量子科学技術研究
開発機構(QST)
六ヶ所フュージョン
エネルギー研究所

脱炭素を目指したいろいろな動きの中で、「エネルギーミックス」の考え方があらためて注目されています。

今年度のeレポートは、エネルギーミックスの一翼を担う現場とそこで働く技術者に焦点を当てレポートします。



図1 ● 核分裂と核融合反応、それぞれの炉の違い

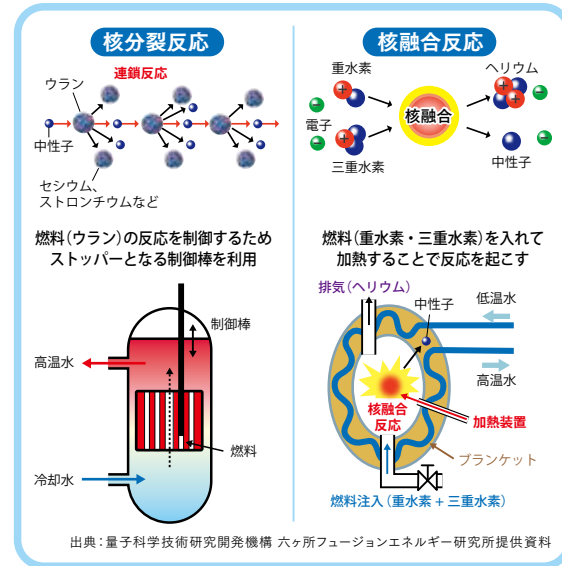
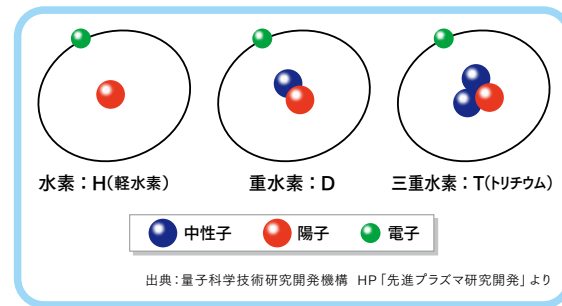


図2 ● 水素・重水素・三重水素



取材先概要 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構(QST) 六ヶ所フュージョンエネルギー研究所

所在地 / 青森県上北郡六ヶ所村大字尾敷字表館2番地166
沿革 / 2007年4月 日本原子力研究開発機構 青森研究開発センター発足
2016年4月 量子科学技術研究開発機構 六ヶ所研究所設立
2024年4月 同機構 六ヶ所フュージョンエネルギー研究所に名称変更
事業内容 / 核融合反応で発生するエネルギー(フュージョンエネルギー)により電力を生み出す発電システムの研究開発
ホームページ / <https://www.qst.go.jp/site/rokkasyo/>

核融合は、核分裂のような連鎖反応ではないので、燃料の供給を止めれば反応も止まるよ。



所長の竹永秀信さん。「核融合は積み重ねられた研究開発が世代を超えて進んでいて現在の若い世代が活躍する頃にはエネルギー源として利用可能となるでしょう。」

連鎖反応で核分裂が進みます。核分裂が起きるときに発生する大量のエネルギーを利用して発電するのが原子力発電です。ウランの連鎖反応をコントロールするために制御棒で調整しています。

これに対して核融合では、燃料として重水素と三重水素(トリチウム)【図2】を使用します。重水素と三重水素を加熱して超高温のプラズマ(電離気体)状態にすると、両者の原子核は核融合を起こします。核融合反応で膨大なエネルギーを持つ中性子が生成されます。このエネルギーを利用して発電するのが核融合発電です。核融合は核分裂における連鎖反応と異なり単独反応で、燃料の供給を止めれば反応も止まります。

六ヶ所研究所では、この核融合(フュージョン)エネルギーによる発電を実証するための原型炉の建設に必要な技術基盤を構築し、その建設・運転を通じて今世紀中葉には実用化することを目指しています。

量子科学技術研究開発機構(QST)六ヶ所フュージョンエネルギー研究所(以下、六ヶ所研究所)では「核融合」反応をエネルギー源にするための研究開発が行われています。原子力発電所の原子炉ではエネルギー源として「核分裂」反応を用いますが、核分裂と核融合ではいったいどんな違いがあるのでしょうか？【図1】

核分裂では、燃料であるウランの原子核に中性子を当てると核分裂が起こり、新たな中性子が発生します。この中性子が別のウランに当たるとさらに中性子が発生し、

核分裂と核融合 どんな違いがあるのか

世界各国と協力・競争して 核融合エネルギーの実用化へ

「核融合で使用される重水素と三重水素をつくるためのリチウムは海水中にほぼ無尽蔵にあります。また、燃料1gで石油8t分のエネルギーを得ることができ、もちろん化石燃料は使わないため、二酸化炭素を排出することもなく、発生する放射性廃棄物も低レベルのもので、燃料を入れなければ反応も止まるため、高い安全性を有しているのです」と、所長の竹永秀信さんから説明がありました。

QSTにおいて核融合を研究しているのは国内では六ヶ所研究所のほか、那珂フュージョン科学技術研究所（茨城県）、また日本・欧州・米国・ロシア・韓国・中国・インドの世界7極が協力して南フランスに建設中の核融合実験炉ITER（イーター）があります。

「那珂研究所ではJT-60SAという実験装置を使い、核融合反

す。その中性子を今度はリチウムと衝突させることで、核融合反応の燃料となる三重水素をつくり出します。また、ブランケット内部に冷却水を流すことで、発電を行うためのエネルギーを熱として取り出すのです。

「ITERでは、各極がそれぞれの技術を用いたブランケットを持ち込んで試験を行います。今後、核融合炉が実用化される際にはその中で一番性能が良いものが世界標準として使われることになるでしょう。ここには負けない国際競争があります」と、竹永所長は話します。

※ 核融合炉のいちばん内側でプラズマを取り囲むように設置される装置。プラズマから出てきた中性子を遮蔽、中性子の運動エネルギーを熱に変換して輸送、燃料である三重水素を生産、という3つの機能を担う。

ベリリウムやリチウムというレアメタルの確保も重要！
従来より簡単に取り出す方法や、リサイクルで回収する技術なども研究されているよ！



核融合研究開発のキーとなる原型加速器が機能を発揮するためには、冷却装置の働きが重要と説明を受けました。



加速器や冷却装置から計測されるデータは管理室で確認し、異常や対応が必要な場合には即座に点検・調整を行います。



国内外と連携した研究施設のためヨーロッパ調達の装置も多く利用されていて、マニュアルや交換部品自体がないということも。「説明書がスペイン語だけ、ということも。それを翻訳して確認し、運用するのは大変ですが楽しいです」と武石さん。

応に必要な超高温プラズマの閉じ込めを研究していて、2023年ファーストプラズマ（初めてのプラズマ生成）を達成しました。また、ITERでは核融合反応を一定時間維持できるかどうかを確認するための実験炉の建設が進められています。六ヶ所研究所ではさらに、核融合反応が安定して維持されている状態のときに、それを熱エネルギーに変換し発電に用いる原型炉を実現するための各種研究を行っています。

核融合反応をエネルギー源として利用するには、まずは反応を「起こす」こと、反応を「維持すること」、そして反応で発生する中性子から熱エネルギーを「取り出す」ことが必要になります。六ヶ所研究所では中性子を受け止めて熱に変換する装置であるブランケット[※]の研究開発が行われています。核融合反応で発生した中性子はブランケット内でまずベリリウムと衝突し、熱を発生するとともに新たな中性子が飛び出し

世界プロジェクトを支える 加速器関連の維持・管理

核融合反応で発生する中性子が持つエネルギーは、核分裂反応の場合よりも大きくなるため、ブランケットには新開発の特殊素材が使われます。この素材が、大きいエネルギーを持つ中性子に対して十分な性能を発揮できるかどうかは課題となります。核融合炉が実現していない現状では、同様なエネルギーを持つ中性子を発生させ、素材にぶつける実験をしてみる必要があります。

このため六ヶ所研究所では中性子を発生させ、素材に衝突させるためのIFMIF（国際核融合材料照射施設）原型加速器の開発という世界プロジェクトを進めています。この加速器の冷却装置の維持・管理業務を担うのが、今回お話を伺った核融合炉材料研究開発部・IFMIF加速器施設開発グループの武石沙綾さんです。

各所の装置の点検結果を確認し、異常時には対策するのが主な仕事、といいます。現在進行形で開発されている装置の冷却を行うため、運転状況はもちろん、季節・天候などその都度の環境に応じた判断が必要になるのだそうです。

「マニュアル通りにならないことの方が多くですが、だんだんとコツがわかってきたところです。過去の経験がピタツとはまり適切な運転を行えた瞬間はやりがいを感じます」。



所内にはヨーロッパの研究者の姿も多い。「自分たちの業務が国際的な大プロジェクトの一助となれると思うとワクワクが止まりません」。

二酸化炭素を排出しない核融合発電を目指して



核融合炉材料研究開発部 IFMIF 加速器施設開発 GL

近藤 恵太郎さん

六ヶ所研究所では2050年までに原型炉による核融合の発電実証を達成し、その後社会への導入を進めます。二酸化炭素を排出しない核融合発電はカーボンニュートラル実現に重要な役割を果たし得ると評価されており、2100年には日本の電力量の約4割を占めると分析されています。

フュージョンエネルギーの早期実現に向けた取り組みはもちろんのこと、研究開発を通じて得られたベリリウムやリチウムといったレアメタル精製・回収などの技術を社会実装することで、近い将来の環境負荷低減を目指して進めています。

武石さんへ期待すること

私たちが所属するグループは、IFMIFにおける工学実証・設計を行うため、原型加速器の研究開発に取り組むという重要な役割を担っています。この原型加速器はプロトタイプとして造られた装置であり、欧州製の機器も多く、これまでに学んだこともないような事態に直面することが多いと思います。そんな中、未知のことも工夫しながら取り組む武石さんの姿勢を評価しています。なかなかうまくいかないことやトラブルも多いはずですが、めげずに経験を積みながら、技術と知識を蓄積してくれていると思います。

大電力の加速器の運転は熱との闘いであり、その冷却装置は基盤的な技術でありながらも、目標達成の鍵を握っているともいえます。今後、これまでの経験を生かすとともに、新しいことにも積極的に取り組み、目標達成に貢献してほしいと思っています。

まとめ

取材を終えて



マニュアルのない業務を手探りで切り拓いていく姿勢を大切に

入社6年目に差しかかり、これまで先輩や上司が担ってきた業務の引き継ぎや、新しい案件が増えてきたという武石さん。責任との向き合い方や心構えの変化に葛藤しながらも、グループのメンバーと協力し、知識・経験をインプットしながら自分の意見をアウトプットしていくことで信頼を得て、将来的には「マルチに動ける技術者」へと成長していきたいと語ります。



釣りに昆虫採集、絵を描くことや料理も好きという多趣味な武石さん。「やりたいことが多くて、休みの日の方が忙しかもしれません(笑)」。

そんな彼女が、今の仕事に就くまでにはどんな想いがあったのでしょうか。

「もともとは北海道の稚内出身。子どもの頃に函館に引っ越した際、夜でも街が明るいのびっくりしていたら、母に『エネルギーって重要でしょ?』と言われたのがきっかけで、エネルギーに興味を持ちました。その後、青森県むつ市で工業高校に入り『大好きな青森で働きたい』という気持ちで就職を決めました」。

就職先として六ヶ所研究所を選んだのは、工業高校の進路指導の先生からのアドバイスも大きかったといえます。

「先生から『これまでにない新しい研究施設だから、携われる業務の幅が広くて多いぞ』と言われて。確かに前例がない装置の試験でマニュアルや決まった業務というのがなくて、自分で考えて苦労しながら手探りで進んでいくことが多いのですが、それが楽しく魅力でもあります」。

入社直後の2018年に主担当として取り組んだ加速器の本格試験の

ための冷却装置の汎用的な運用では、うまく動かすことができなかったが、みんなで冷却装置をカスタマイズして乗り越えたといえます。

「現場の中で私は知識・経験においてまだ未熟な面がありますが、日々邁進し一步一步成長していきたいです」。

何十年もの年月をかけて世界中の研究者が積み重ねてきた核融合の研究開発の最前線を、飽くなき探究心とバイタリティーを持った武石さんをはじめとする多くの技術者が支えているのです。

サイエンスライター 瀬戸 文美



2008年東北大学大学院工学研究科バイオロボティクス専攻博士後期課程修了、博士(工学)。人間協調型ロボットの研究をしていた学生時代からロボット技術を中心とした解説やレポート記事を執筆。千葉工業大学未来ロボット技術研究センター(fuRo)主任研究員や東北大学男女共同参画推進センター特任助教(運営)などを経て、現在は「物書きエンジニア」として科学技術の魅力を伝える活動を行うかわら、東北大学工学研究科で学術研究員として勤務。2024年3月より日本ロボット学会・理事(兼任)。著書に「絵でわかるロボットのしくみ(講談社/2014)」などがある。