

市民説明会におけるご質問と回答の概要

自然科学研究機構 核融合科学研究所

平成28年11月24日

核融合科学研究所では、土岐市（6月20日(月)～7月4日(月)）、多治見市（7月19日(火)～8月2日(火)）及び瑞浪市（8月4日(木)）において、今年で11年目となる市民説明会を開催しました。土岐市8会場で150名、多治見市14会場で126名、瑞浪市1会場で28名の方にご参加をいただきました。

今年度の説明会では、まず昨年8月4日に発生したヘリウム液化冷凍機室での火災についての報告と再発防止策についての説明を行いました。続いて、核融合によるエネルギー生成の仕組みを示し、地上での核融合に必要となる高温高密度のプラズマの性質について説明いたしました。次に、研究所の大型ヘリカル装置（LHD）を使った研究の内容と、これまでに達成している9,400万度のイオン温度を目標の1億2,000万度に上げるためには、プラズマの性能が向上する重水素実験が必要であることを説明いたしました。最後に今年度末に開始を予定している重水素実験の安全性、そのための安全管理機器、マニュアル類等の準備状況や衛星電話及びトリチウム除去装置等の整備状況について説明するとともに、岐阜県・三市が設置した安全監視委員会の開催状況等について説明いたしました。

参加者の皆様からは、「研究の成果や進捗状況をもっと聞きたい。」というご要望をいただくとともに、「核融合発電はいつごろ実用化するのか?」「地震などの大規模な災害があった場合でも研究所の施設は安全なのか?」などといったご質問をいただきました。

説明会では、LHDにおける重水素実験の安全性について、できるだけ的確に、ていねいに説明させていただきました。また、その他の質問に対しても、同様に、的確に、ていねいに答えるよう努めました。

市民説明会でいただいたご質問並びにご意見と、それらに対する核融合科学研究所の回答を以下にまとめました。各会場で出された代表的なご質問の内容を、「核融合科学研究所について」、「重水素実験について」等の項目に集約して掲載しています。また、説明に使用した資料も掲載しました。研究所では今後も、直接、市民の方に説明する機会を設けていきたいと考えています。ご参加いただいた皆さまに御礼申し上げますとともに、説明会開催にご協力いただいた市民の方々及び三市の関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

【核融合科学研究所について】

Q 研究所ができてから 30 年近くが経過していますが、核融合発電を実現する自信はありますか。

A 実現できると確信しています。時間はかかっていますが、着実に研究を進めています。また将来のために、若い世代の研究者育成も含めて、実現に向けての体制を拡充しています。

Q 核融合科学研究所における人員及び予算はどれほどですか。

A 研究教育職員・技術職員・事務職員を併せて 230 名程が在所しています。予算は人件費を含めて約 90 億です。

Q 海水を使って発電ができるという説明でしたが、岐阜県には海水がありません。どうして山の中にあるのですか。

A 研究所ではプラズマの学術研究を行っており、海水に存在する重水素、リチウムを用いた核融合実験は行いません。従って、海水がなくても実験ができます。将来、海沿いに発電所を作るのは、燃料を取るためではなく、タービンを回して発電するので、冷却に海水を使うためです。同じ理由で、火力発電所も原子力発電所も、海岸沿いにあります。

Q 装置に精通した職員はいますか。

A 研究教育職員は約 130 人いますが、その一部は大型ヘリカル装置（LHD）の設計段階から建設に至るまで深く本体及び周辺機器に係わってきています。他にも装置に精通した約 50 人の技術職員がいます。

【大型ヘリカル装置について】

Q 現在の実験の進捗状況を教えてください。

A プラズマのイオン温度は 9,400 万度まで達成しており、約 1 時間の定常運転では 2,000 万度近くまで達成しています。

Q 装置の構造は 1 億 2,000 万度に耐えられるものなのですか。

A プラズマは磁場の力で真空容器（ステンレス製）から離れて保持されているので通常、

真空容器に接触することはなく、実験中の真空容器温度は約 50 度です。仮に接触したとしても、プラズマの密度が低いために保持している熱量は低く、接触した瞬間に温度が下がり、真空容器が溶けることはありません。

Q LHD の耐用年数はどれくらいですか。

A 実験を開始して 18 年経過していますが、主にステンレスで作られているため錆や腐食などの劣化は見られません。また、運転休止中に毎年、保守点検をしており、少なくとも今後 10 年以上は現在と同じ状態で使用することができます。

Q 実用化するにはプラズマ状態を永続的に維持する必要があると思いますが、その目途はあるのですか。

A これまでに約 50 分のプラズマ維持を達成しており、ほぼ永続的にプラズマを維持できることを実験で示しました。今後の実験では、維持時間の目標を 1 時間に設定しています。

Q LHD では、いつまで実験しますか。

A 重水素実験は 9 年間の計画ですが、その後も LHD では、軽水素を用いた学術研究を継続して行う予定です。

Q 三重水素（トリチウム）などの燃料を使わないのはなぜですか。

A 将来の核融合発電炉では、重水素と三重水素を燃料ガスとしますが、私どもの実験では、プラズマの性能を調べるだけであるため、これらのガスは使用しません。プラズマの性能を上げて、1 億 2,000 万度の温度を達成する条件が分かれば、将来的にその条件を満たす装置を作り、そこで初めて燃料ガスを入れることとなります。研究所では、燃料ガスを使用した実験の予定はありません。

【昨年の火災事故について】

Q 作業監視は誰が行っていましたか。研究所職員による作業確認はありましたか。

A 作業監視は請負業者が行っていました。作業契約ごとの担当研究所職員が毎朝のデイリーミーティングにおいて作業内容を確認し、最初の作業の際には現場で安全確認を行っていました。

Q 作業は装置に精通したメーカーに発注したのですか。

A 装置を一番理解している装置の製造メーカーに発注しました。

Q 緊急時の対応マニュアルなどは存在しましたか。

A 緊急時の対応マニュアルに従って、消防署へ連絡し自衛消防隊を組織するなど、基本的な緊急時の対応を行うことはできましたが、残念ながら作業員 1 名が亡くなってしまいました。一部で対応に係る改善点を指摘いただいているため、それらに従い改善を図りました。

Q 作業時、研究所側の担当者が逐一立ち会わないのですか。

A 予め業者から作業手順が確認できるものの提出を受け、安全管理を徹底しているか十分に確認をしています。研究所の担当者が要所要所で立ち会っていますので、「業者任せ」というわけではありません。

【重水素実験について】

Q 研究所は、国からの許可を取って、重水素実験を進めているのですか。

A 国の原子力規制委員会から許可等を受けており、また、実験開始前の検査等の手続きも確実に進めているところです。

Q 重水素実験は 9 年を目途ということですが、目標達成の目途は立っているのですか。目標を達成できなかつたら延長するのですか。

A 目標の 1 億 2,000 万度は、5 年以内には達成できるのではないかと考えています。達成後は達成した高性能プラズマの性質を調べる研究を行う予定です。重水素実験の延長はありません。

Q 水素を使った実験から重水素を使った実験に変えるとのことでしたが、今まで水素で実験をしていたのはなぜですか。

A 重水素を使用すると微量の放射線と放射性物質が発生するため、その安全性について、平成 18 年度からの市民説明会等での説明で、一定の理解が得られたこととして、地元自治体と研究所周辺環境の保全等に関する協定書等を締結させていただきました。その協定書等が締結されたのが平成 25 年の 3 月です。そこから重水素実験の準備を 3 年程かけて行い、これから実験を開始するという経緯です。

【重水素実験の安全性について】

Q 本体に付随する装置一つ一つについて、作成したメーカーを含めトラブル対応をとっているのですか。

A 各装置のメーカーと相談しながらマニュアルを作り上げています。

Q 地震に対してはどのような対策をとっているのですか。

A 震度4以上の地震が起きる、又は緊急地震速報を受信すると、プラズマを速やかに消滅させ、実験を停止するような措置を何重にも準備しています。プラズマが消えると放射線と放射性物質が出なくなるので、放射線に関するリスクはなくなります。また建物は、最大震度7の地震に耐えられる設計になっています。

Q 制御不能となることはありませんか。

A プラズマは色々な条件が揃わないと消えてしまうため、制御不能ということにはなりません。

Q 実験中に装置が壊れるとどうなるのですか。

A プラズマは真空中でないとできないため、万が一、装置が壊れて中に空気が入ると、瞬時に消えてしまいます。プラズマが消えると放射線も放射性物質も出なくなります。

Q 水素ボンベが爆発したらどうなるのですか。

A 水素ボンベが置かれている部屋の体積が非常に大きいため、もし水素が漏れても、爆発する濃度条件（4%以上）になりません。またボンベが置かれている場所は隔離、火気厳禁となっており、着火源がないためボンベ周辺でも爆発することはありません。

Q 2メートルものコンクリート壁があると聞くと、危険な実験を行っているのではないかという印象を受けます。

A 2メートルの壁は、放射線をほぼ完全に遮断し、外部の環境に影響を与えないためのものですので安心してください。

Q 実験開始後の周辺住民に対する安全情報等の公開はどのように行っていく方針ですか。

A 安全監視委員会でも検討をされているところですが、年間報告としてまとめます。また、研究所のホームページ等で順次速報値を公開していきます。

Q 真空容器内に入るために防塵服を着ていますが、施設内には福島原発で見るとような放射線防護服を着用する必要がある危険な場所がありますか。

A ありません。重水素実験が始まれば装置の中で放射性物質が発生しますが、レベルとしては低いので特別な放射線防護服を着る必要はありません。

Q マイクロ波等の電磁波の影響はありませんか。

A LHDは金属の壁で覆われているため、マイクロ波が外部に漏れることはなく、環境に影響はありません。

Q 太陽フレアのような電波障害はありませんか。

A LHD は太陽と違いプラズマが金属の容器で囲まれていることから、周辺で太陽フレアのような電波障害は起こりません。

A 東日本大震災のように地震により、電源が消失するようなことは考えられますか。

Q 電源が消失すれば、LHD 内のプラズマは瞬時に消えてしまいますので、その後は放射線も放射性物質も出なくなります。

Q 火災が発生した際は消防設備に電気が必要ないですか。

A 非常用の自家用発電設備は有していますが、電気がなくても火災を消火することができる CO2 消火設備を備えています。

Q 非常用の自家用発電設備は、30 分程度しか稼働しないのではないですか。

A 放射線安全管理のため、10 日分の燃料を有した非常用発電設備があります。

Q 施設の地盤に問題はありませんか。断層等が存在していないですか。

A 研究所周辺に大きな活断層があるという情報はありません。むしろ実験棟は強固な岩盤の上に建設されているため、他の場所よりも震度が低くなる傾向があります。

(参考：岐阜県のホームページ、1:25,000 岐阜県活断層図、

<http://www.pref.gifu.lg.jp/kurashi/bosai/shizen-saigai/11115/katsudanso.html>)

A 世界で初めての実験ということで、本当に危険はないのですか。

Q 重水素を用いた実験そのものは既に世界中で安全に行われています。ヘリカル型の大型装置で行うのが世界初ということです。

Q トリチウムは 95%除去して排出と説明されましたが、どのくらいの量が排気塔から出てくるのですか。また、室内の量はどのくらいになるのですか。

A 大型ヘリカル実験棟の排気塔から出てくる量は、1cc あたり 0.0002 ベクレルと非常に少ない量です。また、装置内のトリチウムは直接除去装置へ送られるため、室内へ排出されることはありません。

Q コンクリート壁が伸縮・劣化して放射線が漏れることはないですか。

A 2メートルのコンクリート壁であるため、全体的に亀裂が入ることはありません。そのため、放射線が漏れることはありません。

Q 仮にコンクリート壁がなかった場合、どのようなことが起こりますか。

A コンクリート壁がなくなるような出来事が発生した時に、実験を行うことはありません。コンクリート壁がない時に実験を行うことは「あり得ない」ことですが、もし仮に実験をしたとしても、住宅地を含め、研究所の敷地外に対する影響はありません。重水素実験では、安全を確認しながら、1回毎に実験シーケンスを手動で起動します。

Q トリチウムは自然界にもあるのに、除去装置は必要ないのではないですか。

A トリチウムはプラズマを作った時だけ微量に発生します。放射性物質の環境影響は少なければ少ないほど良いとの考えから、これまでの住民の方々との話し合いの過程において、トリチウムを除去することとしたもので、これにより住民の方々の安心につながるものと考えています。

Q トリチウムの大部分について除去装置で除去すると説明にあったが、除去しきれない分はどうするのですか。

A 除去装置でトリチウムの95%は除去されますが、残りの5%は排気塔から排出されます。排出される量としては微量で、敷地境界にずっと立っていても健康に影響はないレベルです。

Q 回収したトリチウム水が漏れた場合どうなるのですか。

A 研究所内では、ポリタンクの中に入れ、そのポリタンクをドラム缶に入れて、保管槽で保管します。たとえ容器から漏れ出したとしても、建物から外に漏れ出すことはありません。

Q 事故が起きた場合、地域住民が避難しなければならない事態になることはありますか。

A ありません。私どもは、例えば2メートルの壁が無い場合にどうなるのかなど、あり得ないことも想定して評価を行い、敷地境界外には影響が無いことを確認しています。

【核融合研究について】

Q 核融合研究に参加しているのはどのような国ですか。

A 例えば、ITER（国際熱核融合実験炉）計画には、日本、アメリカ、ヨーロッパ（ドイツ、イタリア、スペイン、イギリス、スイス、フランス）、ロシア、中国、韓国、インドが参加しています。近年はエネルギー需要が高い中国が実験に注力していますが、インドも台頭してきています。その中で日本とヨーロッパが最も核融合研究が進んでいます。

Q 日本はこの分野でどのくらいのレベルですか。世界トップレベルですか。

A 実験においては、世界トップレベルと言えます。超伝導磁石を使って、50 分間プラズマ状態の維持に成功しているのは LHD だけです。

Q 核融合研究の大きな目的は発電をすることですか。

A 核融合研究の最終的な目的は発電ですが、今、研究所で行っているのは、発電のために必要なプラズマの性質を調べることです。私どもの研究によって、発電所の設計に必要なプラズマの学術的なデータが確立されれば、それを基に発電所の建設につながっていきます。

Q 核分裂反応と核融合反応はどう違うのか教えてください。

A 核分裂反応ではウランなど重い原子が 2 つに分かれる時にエネルギーを発生し、核融合反応では水素など軽い原子がくっつく時にエネルギーを発生します。核分裂は分裂後に半減期の非常に長い放射性物質が生成されることが問題となっていますが、核融合の場合は無害なヘリウムが生成されるという点が違います。

【将来の核融合発電について】

Q 今後 30 年以内の発電・実証の見通しはありますか。

A 30 年後までに発電を実証したいと思っています。実際に発電したエネルギーが家庭に配電されるようになるのは更にその後、今世紀後半になるでしょう。予定通りに進まないことも予想されますが、30 年後までに核融合エネルギーで発電できることを実証すべく、研究を進めているところです。

Q 発電する場合は、どのようにエネルギーを取り出すのですか。

A 火力発電所と同様に、熱のかたちで取り出し、水を水蒸気にしてタービンを回すことにより発電を行います。

Q 核融合発電が実現された場合、従来の発電所と比べて規模はどの程度になるのですか。

A 従来の発電所に比べて本体は大きくなりますが、発電設備などの周辺設備は同じなので、発電所の規模は従来と同等です。100 万 kW の発電をする段階では、従来の発電所と同様の設計をしたとしても、研究所で使用している実験設備の 3 倍程の規模になります。

Q 1 基 100 万 kW の発電所とするには、装置の大きさはどの程度になるのですか。

A LHD は直径 13m ですが、100 万 kW 相当の発電所にしようとすると炉の直径は 30～40m くらいになります。大きさは原発とそれほど変わりませんが、真空機器や超伝導磁石などを使うので、現在の発電所より少し建設費がかかると考えられます。

Q 海水のリチウムを回収するのにどれくらいのエネルギーとコストがかかりますか。

A リチウムは小さな穴があいた金属を海の中に沈めておくだけで吸着されて、そこから回収できるので 大きなエネルギーは不要です。そのための研究が進められており、コストはその進捗状況によりますが、今後低価格となっていくと考えています。

Q 将来の発電所では、発電を続けるとトリチウムが溜まるのではないですか。

A 将来の発電所では、リチウムからトリチウムを作り、そのトリチウムと重水素を使ってプラズマを作り発電します。リチウムから作られたトリチウムは、プラズマの中で燃えてなくなっていくしますので、装置内に存在するトリチウムは **5kg** 程度以上には溜まることのない仕組みになっています。

Q 核融合発電所の運転には多量の電力が必要になると思われるが、その消費電力に対して発電電力が上回ると考えてよいですか。

A 最初にプラズマを点火させる際には大電力を必要としますが、一度生成されたプラズマは発電電力の **10%**程度を用いて維持させることができるため、投入した以上の電力を回収することが可能です。

Q 原発等では冷却に用いた海水が温められて放水されることで、海水温度の上昇等環境への影響があるようですが、核融合発電でもそういうことは起こりますか。

A 火力発電や原子力発電同様、核融合発電でも温排水の放流はありますが、近年では魚介類の養殖に利用されたり、また **1km** ほど離れば海水温は通常温度に戻るなど、環境への影響は限定的だと考えられます。

Q プラズマから熱エネルギーをつくる仕組みを教えてください。中性子を止める壁の材料はなんですか。

A プラズマから発生する高速の中性子を壁で止めると熱エネルギーに変わります。その壁は、リチウム、ベリリウム、水などの中性子を止めることができる材料が金属の容器や配管に入った構造になります。

【安全監視委員会について】

Q 安全監視委員会が行う環境放射線計測のクロスチェックとは具体的に何を比較するのですか。

A 安全監視委員会の環境放射線計測は、委員会が準備した装置を使い測定を行い、研究所が測定したデータと比較します。

Q 安全監視委員会のメンバーは誰が決めたのですか。

A 住民代表は、多治見、土岐、瑞浪の3市がそれぞれ選任した区長会長（聯合自治会長）の方々に、専門家の方々は岐阜県が選任しています。

Q 測定は年2回しか行わないのですか。

A 常時計測していますが、県とのクロスチェックは年2回です。