

====研究グループ 個別会合 議事録====

日時 2021年6月4日(金) 13:00-14:30

芦川: No. 16 トリチウム制御

坂上: No. 24 レーザー応用核融合科学

平野: No. 29 水素による持続可能社会の構築に資する研究

<参加者>

坂上仁志、芦川直子、平野直樹、尾崎 哲、寺井隆幸(エネ総研)、濱口真司、横山雅之、佐瀬卓也、平野直樹、釧持尚輝、小林真、大矢 恭久(静大)、近田拓未(静大)、後藤拓也、矢嶋美幸、仲田資季、重森啓介(阪大)、本島巖、坂本隆一、岩本晃史、鈴木康浩、八木重郎(京大)、田口明(富山大)、小野寺優太、小林達哉、家田章正(名大)、野上修平(東北大)、長壁正樹、神代沙織里(所属不明)、合計29名

<内容>

・各研究テーマの紹介

・No. 16 と 24 については、一部の研究課題を共通に実施できる可能性がある。磁場閉じ込め核融合発電、レーザー核融合装置双方の原型炉でのトリチウム燃料循環系についてその概念図を示した。

<質疑>

#### No. 29 に対する質問

(小林達) 磁場を利用した水電解で効率がどれほど改善できる見通しであるとか、磁気冷凍での再液化の見通しなど、社会実装する上での貢献度と10年でどこまで到達できると考えられているのか?

(平野) 磁場により水電解の効率を向上する取り組みは基礎研究段階であり、どこまで効率が向上するかはまだ分かりませんが、高温水蒸気による水電解は既存の75%に比べ85%ほどに改善できるという可能性があり、それに磁場を組合せることで90%以上などさらなる改善が狙えるのではないかと考えています。磁気冷凍については、類似の取組があり、10年で試作機による検証ができると考えています。液体水素と同様の液体燃料にLNGがありますが、LNGタンクで発生するボイルオフガスは、使用できないと系外に排出し燃やしてしまう対応を取っています。水素を大量に使う時代が来た時に、同様に余った水素を捨てるのではなく再液化する技術を確立しておくことは社会実証上価値があると考えています。

(鈴木康) 研究の取組としてNEDOなど組んで展開する考えはあるのでしょうか? また、NIFSの独自性はどこにあるのか?

(平野) NEDOやJSTなど、可能であれば外部資金の獲得を目指したいと考えています。例えばNEDOの類似のプロジェクトで、燃料電池と水電解、太陽光発電の組合せに電気二重層キャパシタを加え、ガス水素をタンクと水素吸蔵合金で貯蔵するシステム実証が仙

台市で行われました。このプロジェクト代表の東北大学津田先生とは、以前から情報共有している関係にあります。NIFSの独自性とは、液体水素を中心に考える点です。液体水素は燃料だけでなく冷媒としても魅力的で、この温度であれば超伝導の冷媒としても利用できることから、冷媒としての利用研究との組合せを進めることは、例のない取り組みと考えています。

(釧持)核融合炉の排熱を利用した水素製造の研究は取り組まないのか？

(平野)代表的でイメージを示した図には省略しましたが、是非、高温電気分解の研究も取り組みたいと考えています。

### NIFSによるレーザー核融合研究への貢献に関するコメント

(重森)大きく分けて核融合プラズマと炉工があり、炉工については岩本先生らによる共同研究が進んでいると思う。核融合プラズマでは、磁場閉じ込めプラズマと比べると密度が約10桁異なりレーザー核融合との間で距離があるとされているが、本当に研究課題に対する距離が互いにあるのか。トリチウム関係は、山ノ井先生を中心にトリチウムの物性およびDTペレット等について実施している。ただし施設が古いなどの課題もある。面白い研究展開も期待している。

(仲田)前半のレーザー核融合プラズマについては、個人的にも興味がある。互いに集中的な研究を進めてきた。研究会で一緒になることがあっても共同研究という点での議論はしておらず、実際に距離感があったと思う。改めて考えると、パラメータが異なるからといって交わることができないというわけではないと思う。NIFSの共同研究会をレーザー研と共に一緒にする予定があるので、そこで議論したい。例えば磁場によって流体不安定性を抑制する等の課題は共通の課題があると考えており、一緒に議論は可能ではないか。

(芦川)後半のトリチウムに関する課題について。磁場閉じ込め核融合装置においてトリチウムの研究自体は実施しているが、問題は原型炉に向けた課題としての研究がなされているという点にある。トリチウムは希少物質であるので、循環して再利用する必要があるが、現在の装置では軽水素および重水素は排気された後処理されている。また、トリチウムの有効活用を考えると、ダイレクト・リサイクリングパスも運用上必須事項。レーザー核融合でも余剰トリチウムを循環する必要があり、この点は共通である。本研究提案の装置は卓上装置(数m程度)だが、水素同位体ガスが滞留する容積を考えると、むしろレーザー核融合が予定している容積に近い可能性もある。本研究課題ではレーザーの精製は含んでいないが、そのソースになるトリチウムガスの純度に関しては研究の対象としている。

(岩本)レーザー核融合のターゲット(ペレット)は、燃料がその中に凝縮されており、そこにレーザーを入射して爆縮させる。磁場核融合では、燃料の一部として水素同位体のペレットが使用される。いずれの場合原型炉レベルでの燃料比(主には重水素:トリチウム比)の最適化までは至っていない。共通テーマについては、本会合では坂上仁志先生よりJ-EPoCHに関する紹介がされたが、このレベルの研究課題についてこれまでのレーザー核融合の関係者(阪大レーザー研、NIFS・レーザー連携部会の委員など)だけでは実施出来ない内容が含まれている。

(芦川)岩本さんのご発言へのコメント。No.16の資料でトリチウム循環系装置の提案がある。

ペレットもしくはターゲット内の燃料比率はどちらの核融合手法でも現在決まっていないが、この循環系装置が対象としているのはペレットを製作するために必要なガスの供給の部分までで、ペレットの製作部分は含んでいない。よって、ガス供給という点では双方の核融合手法で共通の範囲である。

### 磁場閉じ込め核融合炉での燃料希釈に関するコメント

(坂本 R) 磁場閉じ込め核融合炉では、燃料希釈の問題があり、燃焼効率を数%未満に抑える必要があり、トリチウムはプラズマ内で燃焼される量の数 100 倍近い量を循環させる必要がある。燃料循環する時は、不純物除去が必須ですが、軽水素は除去できないので、軽水素による燃料希釈がボトルネックになると考えています。材料の(n p)反応や材料表面の酸化物からも水素放出があり、課題になっている。

(芦川) QST の原型炉設計グループで燃料ペレットの専門家がいるわけではないので、軽水素による希釈についてはこちらからも指摘をしている。トリチウム循環系装置(案)ではダイレクト・リサイクリングパスは 1 例のみ記載したが、実験としてはトリチウムもしくは重水素の濃度の違いや軽水素を含む不純物混入度の違いによるループを考える必要があり、2 段階目、3 段階目も同時に試験することも検討する。

(大矢) 今回のユニット制に向けた議論では、核融合研としてヘリカル、トカマク、レーザーそれぞれの核融合装置に関する議論を並行して行うのか。

(芦川) 吉田所長の所信表明などの言葉では、少なくともヘリカル v s トカマクのような議論はしないとの発言。ヘリカル炉設計の研究課題がどうなるのかは、まさに現在行われているユニット構築の議論に大きく依存しており、別枠の研究提案として後藤拓也さんが提案し、そちらの議論の進捗状況に依存する。

(大矢) 軽水素不純物の問題はとても重要。特に、H, D, T を区別して扱うことが可能な実験装置を用いて行う実験がとても重要である。

(芦川) ご指摘の点はもっともである。実験をする上で軽水素が不純物として混入し無視できないことも経験的にも多くの方が知っていることだが、設計を主とした研究者との間でしばしば相違がある。たとえばトリチウム循環系装置で長期循環評価の部分はその課題を考慮し H, D, T の長期安定性を評価したいと考えている。大矢先生の研究室では H, D, T を分離して取り扱う装置を有しているので、ぜひ今後ともコメントなどをお願いしたい。

(坂上) 研究課題のジョイントの可能性を考慮し、今回は合同で行った。

(芦川) ユニットの提案する際、第一候補で参加する所員の数が問題になるといった話もあり、人数の制約でユニット構築が出来ない、ということを守るためにも今回はこのような形での個別会合とした。No. 16 と No. 24 に関しては、この日の会合前に事前打ち合わせを行い、相互協力が可能な研究課題について確認を行った。この会合でジョイントか否かを決めることはなく、各グループに持ち帰った後の議論としたい。

平野先生とは事前の議論はなく、ただし水素燃料に関する研究課題との親和性の可能性として、ジョイントでの会合とした。

### 研究提案への寄与

(佐瀬) 分野が法規制や計測なのだが、協力できるようならば検討したい。

(芦川) 検出に関する分野は基本技術として重要。生物・環境などのトリチウム検知も重要で、かならずしもこれまでのNIFS、LHDに限定したものではない。

#### NIFSによるレーザー核融合研究への貢献に関するコメントに対して(続き)

(尾崎) レーザー核融合と磁場閉じ込め核融合での共通項として、中性子の計測など時間分解能など違いもあるが検出器自体は共通に議論できる。あまり計測系の人が現在加わっていないが、もう少し協力者が増えると良いと思う。

#### No. 16 トリチウムグループの研究提案に関する質問

(岩本) 原型炉のトリチウム循環系に関する工学的な研究提案をしているが、生物・環境などの研究提案も一緒に紹介している。工学的な提案以外の研究者は、どのように一緒に実施するのか。例えば、環境や経済の課題は、循環系装置の提案とどのようにかかわるのか。

(芦川) 研究グループ内に、工学をメインにした研究課題、生物を主にした研究課題、その他環境、経済性工学を主とした研究課題を考えている。基本的にはユニットの下にトリチウムを共通のキーワードとした小グループの配置を考えている。現在までに紹介した提案では、工学的要素と生物関係の研究課題については具体的な議論をし、目標を記載しているが、環境等についてはこれから一緒に議論を開始する。環境に関しては、環境と生物との間が強い結びつきがある。工学的な研究課題とその他が完全に分かれた研究ではなく、関連キーワードを書いたページでは要素的に生物と工学的要素を、化学に基づく知見(結合など)で共通の議論が出来る可能性があるので、この点についてはより詳細な議論を行う予定である。

もう一点重要な点は、これらトリチウム挙動を包括的に見せる事にある。日本国内には多数トリチウムを取り扱う研究者がいるが、それぞれが点で存在していると、社会から見た場合に、場合によっては実施している様子が良く見えない場合もある。現在、トリチウム研究に関する社会的なニーズは高いものがあるので、個々の研究を結び付けて、研究として分かっていることを社会に見せるということも重要と考えている。

以上