

## ユニットテーマ構想個別会合（提案 No.23）議事録

日時：2021年7月2日（金）15:00～17:00

参加者（五十音順）：大谷寛明、笠田竜太（東北大）、菊池和平（統計数理研）、釘持尚輝、後藤拓也、相良明男、庄司主、高橋裕己、田村仁、筒井広明（東工大）、能登裕之、濱口真司、福本直之（兵庫県立大）、宮澤順一、本島巖（計15名）

### ●ユニット構築提案書案についての説明（後藤拓也）

- ・ 後藤からユニット構築提案書の提出までの手続きの変更内容の説明と、先週までの議論内容の概要紹介を行った。また事前にいただいたコメントを紹介し、ユニット構築提案書の修正案を提示。
- ・ カーボンニュートラルへの貢献では核融合分野ならではの具体的な貢献が見えづらいこと、また既存の技術の活用ではなく、そこから発展した未来の技術を視野に入れているため、もっと魅力的なキーワードを示したほうが良いのではという議論になり、極限環境・閉鎖系での居住技術が案として挙がった。
- ・ これらの議論を受け、ユニット構築提案書を再修正した内容を次回議論する。

### <質疑詳細>

（宮澤）（工学システムとしての）具体的なターゲットを明記しても良いのでは？例えば水素製造、温室効果ガス分解など。

（後藤）当初の構築提案書の項目4は研究目的であったので簡潔な1文としていたが、変更されたフォーマットでは研究概要ということなので、それを明示しても良いと思っている。旧フォーマットの項目5において研究の具体的内容は書いたが、これはどちらかという手段であり、その成果が何に適用できるのかははっきりしていないのは確か。

（福本）広い研究内容をカバーしているので何らかの形で貢献できそうなイメージはあり、またユニットとして実施したい研究の大まかなイメージは分かるが、全体的にはっきりしない印象。もっと魅力的かつ具体的な関わり方が見えるメッセージがあっても良いのでは。それから、ここで取り上げているのは既存の技術を生かす話なのか、そこから発展した今後の技術も含めての話なのか？

（後藤）核融合に特有な技術を生かす、というのがまず議論のスタートポイントとしてある。核融合技術には既に最先端のものもあるが、それをさらに高めるイメージ。液体金属ブランケットなどまだ基礎研究レベルのものもあるが、こういったものは核融合以外への応用も期待されるので、そういったものであっても育つものがないかは幅広く見ていくことを考えている。どちらかというより未来型の、この先にある技術を生かすほうを重視したい。

（福本）ユニット構築提案書の文章が核融合コミュニティ内部向けのものなのか、外部の研究者にも見てもらうものなのかによっても書き方が違ってくるように思う。核融合関係

者であれば、現在進行中の研究内容とカーボンニュートラルに向けたアウトプットの関連付けができるが、外部の研究者からは構想として打ち出している未来像に核融合技術がどう関わるのかが捉えにくいのでは。

(後藤) 大変重要なご指摘である。確かに外部の研究者には伝わらない内容になっていた。この項目(フォーマットの項目4)は研究目的ではなく研究概要になったので、もう少し詳細を記述することはできると考えている。

(宮澤) 確かにカーボンニュートラルに貢献する、では魅力が足りないように思う。例えば火星や深海に居住できるようにする技術を核融合から生み出す、くらいのインパクトがあってもいいのでは。カーボンニュートラルはある意味極限・閉鎖系で居住するための技術とも言えるので、そこまで広げられるように思う。

(福本) 分野外へのアピールを考えればそういった要素を含めるのは効果的と思う。核融合コミュニティだけへのアピールであればそこまで踏み込む必要はないようにも思うが、何かしら他分野や一般の人々との接点を持っておきたいとは感じる。宇宙開発においてもFRCなど核融合をセットで考えている部分もある。

(後藤) 確かに現状考えられているカーボンニュートラル技術に対してだけでは、核融合技術だからこそ他分野と比較しても圧倒的な貢献ができる、というイメージにはできていない面がある。火星居住のための技術など、カーボンニュートラルへの貢献のみを考えている他分野ではなかなかできないことであれば、そのために核融合技術を活用する、というのはイメージしやすいように思う。

(中野) 工学一般で考えると、ロボット技術もホットな分野に思えるが、何かうまく関連できないか？

(後藤) 核融合炉は遠隔保守が必須なので、ロボット技術には期待しているが、核融合がロボット技術に革新をもたらせるか、という観点で考える必要がある。その意味ではガンダムのような大型のロボットであれば、大型機器を製作する核融合技術が生かせる可能性はあるかもしれない。

(鈮持) プラズマ研究者が貢献することが難しいイメージがある。プラズマに関しては他ユニットや核融合研外部からのインプットに期待しているということか？

(後藤) ユニットとしては工学で固まってしまうのではなく色々な分野の方に関わっていただきたいと考えている。工学実験を前面に出しているのは他にそれを謳った研究テーマが少ないことを意識したため。プラズマ自体の研究をどこまで含めるかは今後の議論にも依るが、少なくとも計測や制御に必要な極限技術という意味ではプラズマとの関わりはあると考えている。

(宮澤) 有害物質分解などプラズマ応用も考えており、カーボンニュートラルにおけるゲームチェンジャーとしてプラズマは外せない要素だと思う。

(後藤) プラズマ加熱も重要で、プラズマ物理と工学技術両方に関わる研究テーマだが、その中でも比較的工学寄りの部分を担当するイメージでいる。

(能登) 工学システムの性能という意味では、加工技術も重要と思う。3D プリント技術においても、高融点金属まで扱えるようになれば高度なシステムを簡単に作れるようになるのでは。

(田村) 大規模・多要素・他階層システムというテーマをうまくタイトル付けできれば、幅広い研究者に参加してもらえる内容になっていると思う。ユニット構築提案書の評価項目には「目標を具体的に示していること」もあるので、概要としては広いことを書いた上で、目標として具体的な例を列挙するのも良いのでは。核融合の実現や火星への移住などがそこに並ぶイメージ。そうすれば研究内容がはっきりしない、という印象もなくなるように思う。

(宮澤) 研究目的の部分だけでも魅力的なものを並べてみてはどうか？

(中野) 人間社会そのものが大規模・多要素・多階層システムであると思うが、戦争・食糧危機などの問題の解決に核融合炉設計の知見が寄与できたりはしないか？

(後藤) そこまではイメージしていなかったが、非常に興味深い発想と思う。

(福本) ユニットの10年程度を想定しているということだったが、10年後をイメージした具体的な目標設定と、その過程で出てくる波及効果、それともっと先の魅力的な未来像、という三段階があると考えられるが、全て含めるのか？ どういう時間軸でどういう主張をしていくのかをある程度明確にすべきでは？

(後藤) 核融合炉を作るための技術を高めたいというのが根底にあるが、その出口(核融合炉)は10年のオーダーでできる話ではない。一方、30年やもっと先の未来を見据えた研究だとしてもこの10年でやるべきことがあり、そのアウトプットがあるはずである。例えば先進液体ブランケット・ダイバータについては原型炉のテストモジュールとしても採用されるか分からない状況だと思っているが、それは設計のために必要なデータが不足しているからであると考えている。それをこの10年で揃えれば、原型炉のテストモジュールに採用され、それに続く装置に本格採用される可能性もある。究極的な目標を掲げるとしても、そのためにこの10年で何をやるかをきちんと書ければ良いのではと考えている。その中にはこの10年の間に社会実装まで行けるものも出てくるかもしれないが、それを現時点で確約はできないので、そこが難しいところ。(先進技術に基づく)工学基盤の確立、という言い方はできるが、それでは弱いという意見はあるかもしれない。

(福本) 提案書の書き方がまだよく分かっていないところもあるが、効果的にアピールできる書き方が良いと思っている。

(宮澤) 研究目的は10年後をイメージして大枠を書き、個別の技術については研究手法に書くのが良いのでは？

(後藤) 個別技術といっても、小規模かつ地上で良いのでシステム実証まで行く話なのか、システム内のモジュールレベルで高性能を確認するレベルの話なのかは区別が必要では。

(宮澤) そういった基盤を書くだけでは弱いので、それを含んだ新しい学問を作り出す、というようなイメージが必要では。

(後藤) 究極的な目標があって、そのための基盤を構築する、ということだと考えている。

(宮澤) 実際にやることはそうだが、基盤構築は過去も主張してきたことであるし、それを書く必要はないのでは。基盤ができるというのは成果であって、それが目的ではないはず。

(後藤) 「未来社会創造工学」にはその意味を込めていて、今までになかった技術シーズとその使い方までを確立すれば、その後はそれに基づいて開発が進んで社会実装されると考えている。

(宮澤) その「未来社会」が想像しづらいので、バイオスフィアのような具体的なイメージがあると良いのでは。カーボンニュートラルの言い換えとして、火星や深海などの閉鎖空間での居住技術を明示するとインパクトもあって良いのでは。

(田村) 目的として火星を前面に出してしまうとユニットの方向性が変わってしまうのでは？核融合炉システムを作る上で培ってきたもので色々な派生技術を作っていくという方向性のはずである。

(宮澤) 極端な例として書いてみてそこから考えるのはありだとは思う。ただ、核融合研究もやるというメッセージはほしい。

(後藤) 今回示した研究目的の案にある「革新的な工学技術を用いた工学システム」には当然核融合炉も含まれており、創出された革新的工学技術の核融合炉設計へのフィードバックはもちろん想定している。「核融合研究で培われた技術を活用し」では核融合研究をやらなないように見えてしまうので、「核融合研究で培われている技術をさらに発展させ」とするのでどうか。

(宮澤) その上で「カーボンニュートラル社会」を「宇宙などの閉鎖空間における人類居住」などに置き換えるとインパクトも出せるのでは。

(福本) 宇宙などの極限閉鎖空間への適用も視野に入れれば、想定している個々の技術についてもさらなるコンパクト化などの研究要素が出てくるので、そこをイメージして全体のシステム開発を進める、という方向性は良いと思う。インパクトという意味では、誰がこれを読むかに依ると思う。将来的に他分野や一般の人に発信することを考えると、宇宙関連は注目度も高いし民間企業もどんどん進出してきているので、良いキーワードになると思う。地道に核融合のための研究開発を進めてきた人からは、純粋に核融合だけで良いのではという意見も出てくるかもしれない。

(後藤) もちろん核融合のための研究開発を進めることは前提で、そこからエネルギー源としてだけでなく価値を提供したいというのがこの提案の根底にある。さらに言えば恒星間飛行やガンダムのようなロボットが活躍する未来に行き着くには、現時点では困難の多い核融合技術をもっと発展させないといけない、という思いもある。「未来社会創造工学」というのはそういったものをイメージして提案した。

(田村) 新地球 (New Earth) というキーワードはどうか？これなら他の惑星やカーボンニュートラルを実現した未来の地球など色々なものを想定できる。

(後藤) 究極目標としての象徴的なキーワードは何種類か考えられるが、その実現を目指し

た技術と工学システムを創出するという目的の部分は全体の合意が得られたように思う。  
一方研究概要であるので、具体的な研究テーマも列記していくことになると思う。

(福本) 極限環境でのロボット技術と有害物質の処理は原子力発電所の廃炉から核融合につながっていくテーマだと思うが、そこは現在どのような状況になっているのか？

(宮澤) 遠隔保守のロボットについては現在も共同研究ベースで検討している。思い付くテーマは全部挙げておけば良いのでは。有害物質処理についてはプラズマガンも可能性はあるのでは。

(福本) 既存技術だけでなく近年発展が著しい半導体パワー素子なども取り入れれば高効率化などの余地はあると思う。

(宮澤) 使用済み太陽光パネルやリチウムイオン電池なども対象になり得る？

(福本) 先ほど言ったように、10-20年後の社会実装と、もっと将来を見据えたものとは分けながら具体例を出していくことになるのでは。

(宮澤) 共同研究での実施も含め可能性があるものは多く挙げておいて、そこから10年後に輝くテーマを探していくということで良いと思う。

※この後研究概要に挙げる項目について作業会形式で議論