

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8日（金）9:30～12:00

参加者（五十音順）：興野文人（京大）、小野寺優太、笠田竜太（東北大）、釘持尚輝、神尾修治、河村学思、後藤拓也、坂本隆一、相良明男、佐竹真介、重森啓介（阪大）、田辺克明（京大）、田村仁、力石浩孝、長坂琢也、仲田資季、成嶋吉朗、能登裕之、濱口真司、濱地志憲、平野直樹、宮澤順一、柳長門、横山雅之（計 24 名）

●ユニット構築提案書再修正案についての説明（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に関する追加情報と、前回の議論を受けたユニット構築提案書の再修正案の説明を行った。
- ・ 議論の結果、研究テーマ設定として、核融合炉設計を研究の入口と出口の両方として設定し、核融合研究で培われた先鋭技術を具現化し、核融合炉設計におけるゲームチェンジャーを創出するとともに、月や火星などの未踏領域開拓のための工学システムの明確化、物理検討、原理実証、システム単独実証を行う、という方向性でまとまった。
- ・ 今回の会合の議論を反映してユニット構築提案書案を作成し、これまでの個別会合出席者にメールで回覧する。必要に応じ次回会合でも議論する。

<質疑詳細>

（柳）当初の提案にあった炉設計と社会科学の部分はどのように入ってくるのか？

（後藤）核融合炉は具体的に挙げた工学システムの集大成と考えている。核融合炉設計におけるゲームチェンジャーには先進燃料炉も含めた幅広い設計を含めている。社会科学については、設計最適化の一環として含めているが、ユニットの主要テーマというよりは個人テーマの一つになると判断したので、明示はしていない。

（柳）ユニット構築においては学際的な研究が問われていると思っており、その意味で他の提案にはない社会科学の分野を含めていることはもっとアピールして良いのでは？

（後藤）個人的にはぜひやりたい内容ではあるが、現状、少なくとも9月が予定されているユニット結成までのタイムスケールでは所外共同研究者を含めても実施体制が十分ではないと思っている。ただし、技術を研究するだけでなく、きちんと作れて使えるシステムを研究しようと考えているので、社会科学的な要素も重要だとは思っている。

（宮澤）具体的な研究内容には核融合炉の設計を明示したほうが良いのでは。期待する声も多かったように思う。それからユニット仮称やユニットテーマにある「未踏領域開拓」は抽象的で、前回議論したカーボンニュートラルの発展形としての火星などの閉鎖空間での居住技術というイメージが伝わらないのでは。

（後藤）あくまで核融合の技術を研究し、核融合のパラメータとしての未踏領域も開拓しつつ、火星などの文字通りの未踏領域の開拓にもつなげる、というメッセージを込めたいと考

えている。

(柳) ユニット名称には核融合を含めるべきでは？核融合を冠したユニットもあるべきという期待の声もあったように思う。

(宮澤) 短いユニット名称にすると難しいが、前回までの案にあったような文章に近いものであれば含められるのでは。

(柳) 火星などの未踏領域開拓を強調しすぎると、それをやらないといけないことになってしまわないか？

(後藤) 10年のできるの原理実証までだと思っている。また統合されたシステムを作るには個々の技術要素が実証されただけでは足りないが、個々の技術要素の実証がなければ次につながらない。このユニットではその段階、技術成熟度レベルで言えば4-5までの研究を行うことをイメージしている。

(成嶋) 先進核融合炉はコンパクトトラスなどをイメージしてしまうので、別の言葉が良いのでは？

(宮澤) 次世代核融合炉が良い。

(佐竹) 革新的はどうか？

(後藤) イノベティブというニュアンスだと思うが、日本語にすると少しイメージが違ってしまうように思う。ここについてはもう少し検討しておく。

(宮澤) 目的にある先進工学の先鋭化、ではさらに伸ばす、というイメージにならないのでは。

(後藤) 先鋭化ではなく具現化が良いように思った。

(柳) 先鋭というキーワードは良いと思うので、先鋭技術の具現化としてはどうか。

(河村) 研究概要の具体例に核融合炉を書かなかったのは、核融合の分野の中に色々な技術や工学要素を位置付けるのではなく、目的を明示化しない一般的なシステムや技術の応用先の一つとして核融合を位置付ける、すなわち入口側でなく出口側に核融合炉がある、という考え方だと理解し、非常に面白いと感じた。そうなのであれば、核融合炉設計を他のシステムと並列に書くとそのスタンスが混乱してしまうように思う。むしろ列記されたシステムの統合をするような研究テーマがあり、その一例として核融合炉が存在する、という書き方のほうがうまくまとまるのでは。

(後藤) 個人的には核融合に必要な技術を将来につなげられることが重要であり、それが実現できるのであれば研究の捉え方は色々あって良いように思っているが、核融合炉設計をテーマとして明記してほしい、という声も多くあった。他の皆さんの意見を伺いたい。

(柳) 入口であって出口であると考えている。核融合工学研究プロジェクトとしても、次の展開として核融合技術から他分野にスピノフし、それがフィードバックされて核融合技術をさらに高める、という循環をイメージしていたこともあり、それとも合致すると思っていた。

(河村) 入口でもあり出口でもあるのであれば、一般的なシステムを列記するやり方ではそ

のメッセージがぼやけてしまうように思う。

(後藤) 先ほど捉え方は色々あって良いと言ってしまったが、核融合炉設計のゲームチェンジャーを創出し、それが未踏領域開拓に寄与する、という考え方からすると、やはり核融合炉は入口でもないといけないと感じた。

(宮澤) 例示したシステムは核融合炉のサブシステムとして位置付け、まずは核融合炉設計を行い、そのサブシステムの研究を進めることで、核融合炉設計にフィードバックするとともに未踏領域開拓にもつながる、という書き方にすれば良いのでは？その意味では目的の部分も核融合炉設計が最初に来るべきでは。

(後藤) 全く新しい設計をゼロからやるのであればそうなるが、そこまでではないように思う。

(宮澤) 出口側を核融合炉設計でなく、核融合炉実現にすれば良いか？

(後藤) 概念設計よりは進むかもしれないとしても、核融合炉に関して10年でできるのは設計までであると思う。斬新なアイデアが出れば概念設計からやり直すことも考えられる。少なくともユニットの研究の出口としては、核融合炉については設計の完成ということになる。外の人から見ると、核融合を出口に位置付ける書き方は核融合科学として広がりを持ったイメージになる。

(宮澤) それだと炉設計はやらないように見えてしまう。

(後藤) 炉設計はいずれにしてもやるが、そのあたりの書き方は最終的にはアドバイザーボードの助言に依ることになると思っている。

(宮澤) 箇条書きの前の文章に炉設計を進めることを書けばよいのでは？

(柳) それでは読み飛ばしてしまい、核融合炉設計が研究テーマの一つとは認識されないのでは。

(宮澤) 核融合炉設計を第1項目として明記し、工学システム研究を第2項目として例示していたシステムはその小項目として書けば良いのでは？

(後藤) ではその書き方にさせていただく。そうであれば社会科学的検討も項目に加えたい。

(平野) スピンオフや技術の発展性に重きを置いたユニットを提案されると考えていた。今の議論だと従来の路線の延長に見え、進め方としてはあまり変わらないような印象を受ける。10年の時限があるため、実現可能性に重きを置いた取り組みが必要では。核融合炉設計を続けることは重要だが、そこから派生した技術への取り組みをメインとする方向に舵を切るような話にするということではないのか？

(後藤) 当初はそういった議論で、核融合は前面に出さず、10年後の出口としてはカーボンニュートラルへの貢献を考えていた。しかし、ここまでの議論で核融合炉工学を束ねるユニットが求められていること、また核融合ならではのスピンオフが必要であると感じた。その意味で、量研で進められている原型炉に向けた研究開発ではカバーされていないような領域について、10年で基礎研究の段階を終える、ということは十分価値のあるアウトプットになると考えた。

(平野) 核融合炉の設計は入口にあってしかるべきだが、ユニット提案としては未踏技術のほうに光を当てていくことを印象付けるような形にしても良いのでは？

(後藤) 最終的には書き方の問題だと思っている。このような研究が行えるユニットがあることが重要であり、ある程度は書き方で工夫ができるのではと思う。

(柳) 炉設計を前面に打ち出すことは譲れないポイントだと思っている。

(後藤) もちろん最初からそこを譲る必要はないと思っている。

(宮澤) 10年後に何を生み出せるのかについては目標のところに具体的に明記すべきでは。閉鎖空間での居住を可能とする技術を生み出す、など。

(平野) そういうことであれば分かりやすい。

(後藤) そこまで明記してしまうとそれをやらないといけなくなってしまうように感じる。

(佐竹) 私も同じ懸念を感じる。閉鎖空間での居住技術とまで言ってしまうと、水や食糧の自給まで含まれてしまう。それをテーマとして掲げるのはちょっと違うのでは。ユニットテーマはむしろ学術的要素を明確に盛り込むことが期待されているように思う。

(後藤) 学術に関しては初回の個別会合において、吉田所長から半導体開発を例に、特定のターゲットに対して多分野の専門家が集まるような形態もあり得るというお話があった。その意味ではゲームチェンジャーになるような対象を研究テーマにする、というユニットも成立し得ると考えている。佐竹さんのご指摘に関しては、食糧自給までは含めなくて良いとしても、この10年で閉鎖空間居住のための(いくつかの)技術を完成させるのは厳しい。あくまで核融合炉の未踏技術のTRLを4相当に上げることが目的で、その適用例のひとつとして閉鎖空間居住技術も挙げられる、ということであれば問題ないかと思う。その意味では目標のところにTRL4相当の技術を開発する、と明記すれば良いか？

(平野) それであれば非常に明確であると思う。

(宮澤) 原理実証および単独実証を行う、というTRLの定義そのものを書けば良いのでは。

(田村) 当初あった工学システムを構築する、というイメージはなくなっているように思うが、それで良いか？

(後藤) 例示した工学システムは核融合炉の要素とはいえ、それぞれも十分に大規模システムではある。それらについても要求性能を明らかにするために最低限概念設計は必要。ただし当初提示していたような、大規模・多要素・多階層システムの構築手法の検討は、個人の研究テーマとしてはともかく、ユニットのテーマとして掲げるものではないように感じてきている。

(田村) その議論は理解しているが、概念設計レベルに留めるとしても、現在の書き方では既にあるシステムの原理実証・単独実証を行うだけで、そもそも設計はしないように取れるので、目標として工学システムの構築と原理実証・単独実証を行う、と明記すると良いのでは？それから火星だけを強調しないほうが良いと思う。火星への移動手段も含むように取られかねない。

(宮澤) 具体的なイメージがほしいので、惑星移住などで一般化するとそれが弱まってしま

う。せめて月や火星と例示できないか。

(田村) そもそも地球外への移住を明示的に含めるのかもよく考えたほうが良い。

(宮澤) 移住ではなく、閉鎖空間での居住をカーボンニュートラルの言い換えとして強調したい。

(後藤) どのように記述するかは別として、カーボンニュートラルではなく、閉鎖空間居住レベルの未踏技術を挙げること自体は問題ないと思っている。

(柳) システムの構築というキーワードがあれば、学術的な要素もイメージできるように思う。

(後藤) 未踏領域の開拓は広い意味ではパラメータ領域の更新も含んでいるので、そこには背景となる物理を含めた学術要素はあると思っている。

(宮澤) TRL3 は物理解であるので、それも明示すれば良いのでは。

(田村) 工学システムというキーワードはあまり使われていないので、工学システムをきちんと研究すること自体、学術的に意義があると思う。

(後藤) 大枠については皆さんの合意が得られたと感じている。細かな書き方については議論を続けても収束し切らないかもしれないので、そこは最終的には提案書を提出する私の責任でまとめさせていただく。

(河村) 目標のところの未踏領域の開拓について、例示されている深海や火星などは既に到達済みなので、未踏領域開拓とは言えないのでは？

(後藤) 探検だけではなく、資源開発なども考えるとある程度の期間にわたって滞在することが必要になると考えており、未踏領域開拓はそれをイメージしていた。そこをきちんと説明しても良いが、あまり長く書くとそちらが主のように取られてしまう可能性もある。

(宮澤) 未踏領域の居住技術と明記する？

(柳) 重要なキーワードはより良い持続可能なバイオスフィアの構築ということだと思う。資源を採り尽くしてあとは何が起きても関係ない、という話ではないはず。

(後藤) それはその通りである。資源開発が目的としても、少なくともそこに廃棄物などを投棄して良いわけではなく、宇宙ステーションのように、エネルギー的には非効率であっても、物質の再利用も含めた持続可能な居住環境を深海、深地層、月、火星などに構築する、ということである。

(宮澤) それを目的に明記すれば良いのでは。極限・閉鎖環境での持続可能なバイオスフィア構築、など。

(柳) 極限閉鎖環境に限らず、地球上での持続可能な環境構築も含まれるのでは。

(後藤) それについては核融合に特有な技術が優位性を持っているとは言いづらい面がある。未踏技術に関しては、10年で実現可能なものがTRLで5レベルに留まるとしても、核融合技術を使う意味があると思っている。

(柳) 深海・深地層はあまりしっくりこない。

(宮澤) 月や火星など、だけで良いのでは。

(河村) 工学システムの構築と物理解、というのは並列でないように思う。物理解に基づきシステム構築、などではないか？

(後藤) ここでいう構築はシステムの完成ではなく、概念設計レベルの意味合いである。

(宮澤) TRL の定義に基づき、明確化とすればよいのでは。

(河村) 並列ではなく段階順に並んでいるということか？

(後藤) そうである。ここまでの議論で概ね参加者のみなさんの了解が得られ、ユニット構築提案書としてまとまってきたと感じている。現状ではユニット構築提案書提出まで想定している他の研究テーマ提案とは合流せず、これまで議論してきた内容でユニット構築提案書を提出する予定である。これまで個別会合に参画いただいた方にユニット構築提案書を提示し、共同提案者になっていただけるかも確認できればと思っている。

(宮澤) 合流については、炉設計を前面に出している今のテーマを維持してもらいたい。

(笠田) 途中からの参加だったが、うまくまとまっているように感じる。材料研究に関するユニット提案も立ち上がっているが、こういった炉設計からのニーズ駆動の部分と、材料からのシーズ駆動の部分がうまく連携することが重要であると思っている。

(成嶋) 合流する場合には、今回の議論を生かし、うまく共同体をつくるような流れを考えていただきたい。

(後藤) 全体を束ねるようなユニットが必要、という声もいただいていたので、合流する場合はそれぞれの提案をうまく生かして、一緒により良いものを作っていけるようにしたい。