

# 新しい時代の核融合科学研究所

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2022-08-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 吉田, 善章, YOSHIDA, Zensho メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10655/00013516">http://hdl.handle.net/10655/00013516</a>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 International License.





サロン

## 新しい時代の核融合科学研究所

吉田 善章

YOSHIDA Zensho

核融合科学研究所

(原稿受付：2022年7月12日)

核融合研究は新しい時代を迎えようとしている。その変化に対応するため、いやむしろ変化を先導するために、核融合研 (NIFS) は大きな改革を行う。広い学術界の期待を担える共同研究機関として、生まれ変わる。2021年度から、コミュニティーをあげて行っている議論の中間まとめをここに記録し、これからどのような変化を起こそうとしているのかを述べて、より広く深いコミュニケーションを喚起したい。

### 1. はじめに

この10年間、大規模学術フロンティア推進事業によって推進されてきたLHDプロジェクト(大型ヘリカル装置計画)は2022年度で終了する。その「後継計画」が、日本学術会議のマスタープラン2020[1]重点大型研究計画から外れたことを受け、核融合科学分野の計画は、文部科学省のロードマップ2020[2]から消えた。NIFSは否応なく方針転換を迫られる事態となったが、これを不幸な事故だと考えて一時的な対応策を探るのか、あるいは歴史的必然として根本的な改革のきっかけとするのか、この選択に私たちの知性が問われている。さらに言えば、この重い課題をNIFS内部および特定の関係者で抱え込むのか、あるいはコミュニティー全体に問うのか、この選択には大学共同利用機関としてのNIFSのモラルが問われている。私たちは、核融合研究の進展・状況変化を理解し、学術界(学会、国の諸諮問委員会や日本学術会議等)で交わされてきた議論を踏まえ、当然の判断として、抜本的な改革、すなわち「パラダイム転換」を行うべき局面だと自覚し、これを核融合分野だけでなく、広い学術界とのコミュニケーションを通じて成し遂げることを選択した。私たちの呼びかけに、多くの人たちが真剣に応じてくれ、核融合科学の「来しかた行く末」を共に考え、NIFSの進むべき方向について議論を重ねた。未来の選択は、その評価を歴史の審判に委ねなくてはならない。私たちは、どのように未来を考え、どのような根拠で、どのような選択をしたのかを、本稿に書きとどめ、不断の議論に供したい。

### 2. 歴史的観点

#### 2.1 核融合エネルギーへの期待

120以上の国と地域が目標として掲げる「2050年カーボンニュートラル」を達成するために、残された約30年で核融合エネルギーを実用化することが期待されている。しばしば「核融合30年問題」と揶揄されるように、あと30年で実現するという見通しを既に50年以上にわたって繰り返

ってきた「核融合コミュニティー」にとって、最後のチャンスが訪れていると言ってよいだろう。米国の科学・工学・医学アカデミー(National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine)は一早くアクションをとり、Bringing Fusion to the U.S. Grid (2021) [3]を発表している。グリーン産業へ投資が集まる世界経済の動向のなかで、「核融合ベンチャー」のブームが起きていることも耳目を集めるようになった。

このような社会状況のなかで、核融合研究の現実的な戦略を再検討する必要がある。核融合エネルギーの開発が、いわばラストスパートの段階に入ろうとしている(少なくとも、そういう自覚が求められている)ことを念頭に、さまざまな研究のプロットをリアルな視点から描出しなくてはならない。そのとき、学術と開発の関係、主案と代替案(alternative)の関係、この二つが議論の鍵となる。

#### 2.2 学術研究と開発研究

核融合研究の黎明期において、わが国では「湯川委員会」が「高温プラズマの諸性質について一層理解を深めることの必要性」を強調している[4]。そのなかで、多様な案から可能性を探求する基礎重視の研究(A計画)と、諸外国との競争を重んじる研究(B計画)が並走する体制を提案している。現代の観点からは、A計画が学術研究、B計画が開発研究に対応するように思えるが、当時は未だ学術と開発という明確な概念があったようではない。ただ、核融合の基礎研究の重要性、および天体物理学や工学諸分野との学際性の観点から、プラズマの研究を行うための共同研究機関として「プラズマ研究所」を設立することを、当時の文部省へ提言するよう、1959年の日本学術会議総会で決定している。他方、B計画に関する具体的な検討の受皿として、同じく1959年に、日本原子力研究所に核融合研究委員会が置かれている。A計画の趣旨は大学およびその共同利用機関であるプラズマ研究所に、B計画の趣旨は原子力研究所によって引き受けられたと考えてよいだろう。

核融合研究の大学共同利用研究所として、1961年に、名

National Institute for Fusion Science, Toki, GIFU 509-5292, Japan

author's e-mail: yoshida.zensho@nifs.ac.jp

古屋大学・プラズマ研究所が設立された。1989年に、プラズマ研究所と京都大学・ヘリオトロン核融合研究センターおよび広島大学・核融合理論研究センターを母体として発足したNIFSは、1998年に、中核装置としてLHDを建設した。ヘリカル型が選択された主な理由は、世界の大型実験装置がトカマク型に偏るなかで、磁場閉じ込めプラズマの一般的な理解を得るためには、磁場構造の多様性に関する研究が重要であるという点にあるが、さらに、同種装置のなかで世界トップの座を占めるという研究戦略もあった[5]。現在でも、2015年に実験を始めたW-7X（ドイツ）と双壁の位置にある。さらに、プラズマ内部の構造を透視する診断能力において、トカマクも含めて、LHDは世界最高の時空間精度をもっている。このLHDをはじめ、NIFSで行われてきた研究は「核融合科学の総合的研究」（文部科学省令）を目的として着実に進められてきた。

しかし、これと並行して20年あまりの間に、ヘリカル型核融合炉の開発研究という目的が、本来の学術研究よりも前面に出ることが多くなってきた。その背景には、核融合科学の「パラダイム」すなわち「主題設定の枠組み」が、装置比較を中心的テーマとして構築されてきたことがある。これは核融合科学が、学問として未成熟であることの表れであり、開発と学術が綯い交ぜのままに研究が進んできた結果である。

こうして、開発と学術の関係性は、核融合炉開発の立案と代替案の関係性に置き換わることになり、開発研究機関は立案の研究、学術研究機関は代替案の研究という認識を

も生むこととなった。もちろん、萌芽的なアイデアや先進性を重んじる学術研究が、常に alternative を用意しているということは、学術研究の「本分」であることに間違いはない。しかし、核融合エネルギー開発の現実において、alternative が具体的に何を意味するのかを正確に定義する必要がある。

### 2.3 これからの研究戦略と学術の役割

図1に、これまでよく語られてきた核融合の開発モデルと、これからの現実的な戦略を比較する。多くの技術分野の開発研究では、複数の試作機を比較検討しつつ、最終案へ取れんさせる戦略がとられる（上図）。核融合エネルギー開発においても、初期にはそのようなイメージがあった。しかし、現段階において、立案（トカマク型）と代替案（他の閉じ込め方式）の成熟度には大きな差が生じており、複数案の同期をとることは困難になっている。他方で、立案の「一本槍路線」には多くの不確実性が残されている。一つのプロジェクトの規模を考えると、不確実性のなかでも「デファクトスタンダード」<sup>1</sup> に研究資源を集中し、その開発の過程で生じる困難を個別的な課題に還元し（腑分けし）、「パーツ」あるいは「遺伝子」<sup>2</sup> のレベルで alternative に置き換えてゆくという戦略が必要である。学術研究は、炉形式という「総体」あるいは「パッケージ」の alternative を用意するのではなく、「パーツ」あるいは「遺伝子」の alternative をもって開発と協働するという体制である（下図）<sup>3</sup>。

このような協働関係を実現するためには「経験療法」か

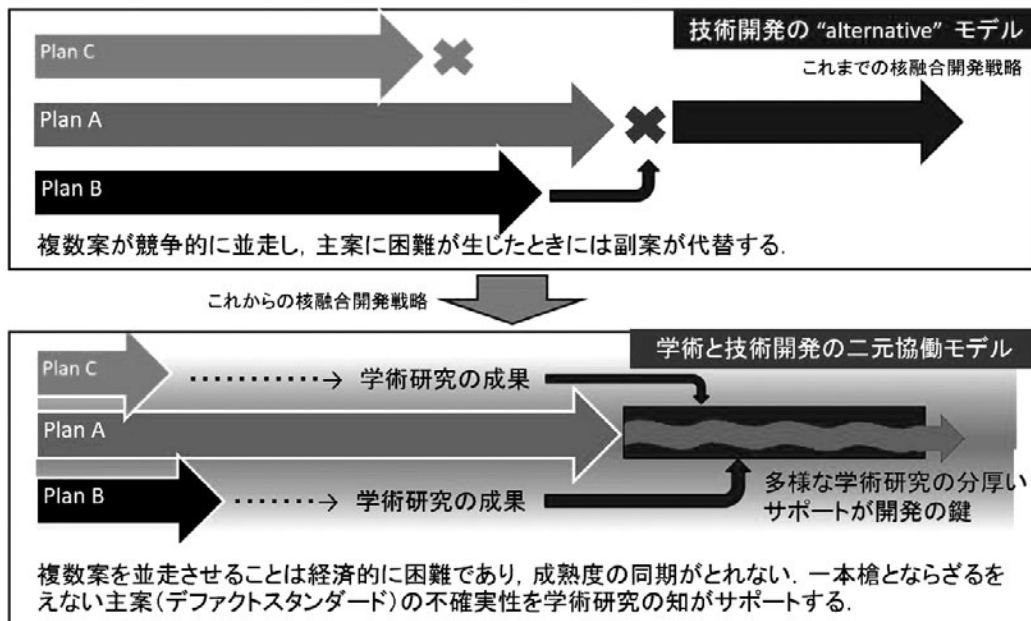


図1 これからの核融合開発における学術研究の役割。

- 1 厳密な比較によって決定される標準ではなく、取り敢えず、あるいは成り行きで決まってくるモデルのことを「事実上の標準」（ラテン語で de facto standard）という。
- 2 普遍性をもつ情報として、いろいろな対象において発現し得るものという意味で、「遺伝子」というメタファーを用いた。3.3項の例を参照。
- 3 すでに研究の現場において、このような「遺伝子の組み換え」は着実に進行している。例えば、学術研究から生まれた帯状流の概念は、乱流輸送に関して従来の「ミクروسケール乱流による異常輸送」というモデルを「多スケール乱流による異常輸送」という alternative で置き換え、ITER の性能評価において生じた困難が克服された。

ら「病理学」の水準に進化した「学術」が必要である。現前する困難を具体的な課題に還元できる体系こそが学術である。今後開発研究において、未経験の課題に直面することは想像に難くない。そうした時に、従来からの経験的知識に頼るだけでなく、学術的な alternative を提供することで問題の解決を図る能力を涵養することが、今日の核融合研究者に求められている。

### 3. パラダイム転換

#### 3.1 装置比較から一般性の探求へ

新しい時代というものに真の意味を与えるのは「パラダイム」の転換である。いうまでもなく「パラダイム転換」は「方向転換」という意味ではない。主題の立て方を変えろということである。価値観の転換、意味体系の転換だと言っても良い。個々の研究者にとっては、「頭を切り替える」ということだから、容易なことではない。方向転換よりも難しいかもしれない。同じ価値観を保って別の方向を探る方が、しばしば簡単である。しかし、実践的なレベルで考えてみると、パラダイム転換のために、身につけた研究の技法を捨てる必要はないし、これまでの業績が無駄になるということでもない。研究の意味づけを刷新するという知的なプロセスが求められるのである。私たちは、核融合科学をより高いレベルの学術に位置づけるために、自らの知力でパラダイム転換を行う。

これまでのパラダイムは、装置方式間の性能比較であり、基本的には「パラメータ競争」である。「そのもの」を作って、比べてみる、という素朴な科学である。「対症療法」の積み上げである。これでは開発研究と何も変わらない。

新しいパラダイムは、「そのもの」を腑分けし、いろいろな方式にわたって共通性があるテーマを取り出し、一般性という観点から研究する、そのテーマの一覧表である。個別の方式において生じる課題（例えば閉じ込め性能が良くならないとか、突発的な不安定性が起こるとか）を、個別方式を超えた一般原理に基づいて解決できるようにするための基盤である。これこそ、NIFSの創設理念「磁場閉じ込めプラズマの一般理解を得るため」を今日的に拡充し具体化するものである。

#### 3.2 分節化とは

新しいパラダイムは、核融合科学という複合的な研究対象を私たちの学問観で「分節化 segmentation」したものである。「分節化」というと、対象をバラバラに分解してしまうと誤解する人がいるが、そうではない。分節化とは対象に「意味」を与えるためのプロセスである。

「分節化」という言葉は、もともと言語学の用語であるが、「意味の世界」がどのように生じ、どのような構造をもつのかを論じる用語として幅広く用いられている。

例えば

ハ ル ハ ア ケ ボ ノ

という音（あるいは記号）の並びがあっても、日本語を知らない人は「意味」を読み取ることができない。これが発音された場合だとすると、ここに書いた各文字は、連続し

た音波シグナルを「音節」に分解して、文字＝記号に対応させたものである。このプロセスで既に知の働きがあるのだが（「ハ」を wa とも発音するためには語学知識が必要）、まだ意味のレベルに達していない。この音の列（あるいは記号の列）を次のような「単語」の並びとして構造化することを分節化と言う：

[ハル] [ハ] [アケボノ]

つまり、そのままでは無意味な記号の列から「意味の単位」である単語を読み出すことが分節化である。各単語は固有の意味や機能（助詞の場合）をもつ。それらが結合して「文 sentence」のレベルの意味が構成される。さらに「文」の真の意味は「文脈 context」のなかで確定してゆく。上記の例「春はあけぼの」は体言止めになっているために、これだけでは何を言っているのか謎である。枕草子において、季節を愛でる「ものづくし」のなかに置かれると真意が現れてくる。

単語たちは、それぞれ固有性と一般性をもってさまざまな文を生み出すことができる。例えば、[ハル] [ハ] [チカイ], [ブンメイ] [ノ] [アケボノ] というように無限の可能性がある。分節化は、文の意味を理解するための知のプロセスであると同時に、語に無限の展開可能性を与える「パラダイム」を構築することでもある。

私たちは、核融合科学を新しい「学術的な意味の単位」に分節化することに取り組んできた。核融合研究には多種多様な「実施項目」がある。それらを統合して核融合エネルギー実現をめざすのが開発研究としての核融合研究である。学術の立場から見ると、それはまだ項目の集合体に過ぎない。核融合研究に学術としての意味を与えるためには、まずその集合体から学術としての意味の単位を分節化する必要がある。その単位＝ユニットたちは、いろいろな組合せで、いろいろな「文」を構成することができる。それは「プロジェクト」に相当するといえるだろう。例えば「プラズマの閉じ込め改善」というプロジェクトは、「揺動・乱流」「プラズマ計測・データ解析」「シミュレーション」などのユニットが結合したものととして構成される。「プロジェクト」は核融合エネルギーの実現という「文脈」のなかに位置づけられ、その意味が確定する。これと並行して、ユニットたちは他のさまざまな結合、とりわけ分野外の学術テーマとの結合によって多様なプロジェクトを構成し、いろいろな科学技術の文脈を紡ぐことができるだろう。

#### 3.3 定式化とは

学術研究のためには「定式化 formulation」が必要である。これは「数式で表す」という狭い意味ではなく、研究対象をどのような科学的パースペクティブで認識し、記述し、分析するのか、何に注目した実験を行い、何を計量したり実証したりするのか、つまり対象をどのような論理空間に位置づけ、どのような装置や道具概念を用いて操作するのかという戦略をもつことである。ジャック・ラカンの講義録[6]から以下の言葉を引用しよう：

農業は科学なのか、というような問いへと皆さんを導

いているのだということが、おおよそお解りいただければいいでしょう。この例を挙げたのは、対象＝目的によって定義される農業と、ここでびったりな言葉で言えば領野（領野 champ には畑という意味もある）によって定義される農業（すなわち農学）、この二つの間にはやはり違いがあることを示唆するためです。この違いは「定式化」という次元を出現させます。

例えば、トマト生産のプロジェクトを成功させるという目的があったとき、それを学術研究者はどのような「科学」の問題として引き受けるか？「トマト生産」という実践は幾つかの科学のテーマに分節化される。一つとしてトマトの品種というテーマがある。これは「遺伝」という科学の概念で「定式化」される。その基本概念は、19世紀にメンデルによって確立された。20世紀中葉にはワトソン、クリック、ウィルキンスたちによって分子生物学が定式化され、現代ではゲノム編集という技術が最先端を切り開いている。これが農業という目的に対する科学的なアプローチの一例であり、遺伝情報という定式化の次元を開くことで、問題はトマトという特別な対象を離れて、生命の原理に係わる学術研究へと大きく一般化される。農業の問題は、他のテーマへも分節化できる。土壌の物理・化学的な問題として引き受けると、多孔媒質中の輸送現象や微粒子表面現象などとして定式化することで、いわゆる「土壌科学 soli physics」という分野を成立させる。あるいは、農場経営の問題として引き受けると、生産管理やAI技術、流通などの問題として定式化して農業経済学という分野を成立させるのである。

私たちの場合として、炉心性能の向上という核融合エネルギー開発の課題を科学の問題に定式化することを考えてみよう。例えば、これを揺動と輸送に係わる物理学のパースペクティブに置き、速度分布関数に現れる揺動の計測あるいは計算から粒子やエネルギーなどの輸送を評価するという定式化を行うことができる。あるいは、非平衡系のエントロピーに注目するパースペクティブをとると、問題の見え方は少し違ってきて、磁場中の荷電粒子たちにとって実効的な位相空間は何かという空間論としての定式化も可能であろう。

これらの例のように、対象をどのようにとらえるのか、どういう角度から見るのかを定め、明らかにしたい目的へどのような方法でアプローチするのかを明示化することが「定式化」である。新しい学術を開くためには、まず目標を明確に定義し、それを達成するための具体的な作戦が必要である。

#### 4. 学際化の必要性

核融合エネルギー実用化までのラストスパートに入ろうとしている今、開発研究を推進するために必要な選択と集中によって研究内容が過度に専門化・特殊化しており、学術としての一般性の再構築が課題になっている。今後30年ほどの長期にわたる核融合開発研究を持続的に推進するためには、広い学術分野での頭脳循環が必要であり、さまざま

な学術分野の先端的課題と問題意識を共有する学際的な展開が急務である。

そのためにも、第3節で述べた「パラダイム転換」が必要である。これまでの古いパラダイムは装置方式の一覧表であった。それぞれの方式の長短を比較することから、一方で核融合炉というゴールを競い合い、他方で長短の原因を探るという設定でプロジェクトが進められてきた。そこには、装置方式による開発と学術の統合があった。しかし、これは「核融合コミュニティ」の内部の論理であって、例えば数学者にとって関心が湧く設定になっていない。核融合には新しい数学は要らない、既成の数学で事足りるという認識なら、この体制でも良いだろうが、決してそういうわけではない。数学者と協力して開くべきフロンティアがいくつもある。しかし、数学としては何が問題なのか、それを具体化して示さなくは、数学者には核融合科学の「意味」がわからない（数学の言語に分節化されていない）。トカマクの数学、ヘリカルの数学などということはあり得ないのである。教室でも良くあることだが「何を質問して良いのかわからない」という状態では議論が始まらない。的を射た質問ができる学生こそが優秀であり、既に解決へ向けて踏み出している。的を射ることが「定式化」である。

核融合研究の歴史を振り返ると、かつては数理学との強い連携も存在し、粒子軌道や磁力線の構造の問題はハミルトン構造の理論、安定性の問題は微分作用素の理論、非線形波動の問題は代数解析において新しい数学を生みながら、大きな潮流を作った実績がある。しかし、この20年あまり、そのような連携はほとんど消えた。研究者がいなくなったのではなく、コミュニケーションが消えたのである。核融合分野から数理学の方面へ越境した研究者たちは、核融合分野を振り返らなくなっている。数理学だけではない。物理諸分野との連携も希薄になっている。核融合科学は隘路に迷い込んだかのようなのである。

核融合研究のパラダイムが「学術的な課題群」の一覧表であるならば、核融合科学は広く学術界と対話可能になる（ここで「学術」は、純粋科学だけでなく技術も広く含む意味で使っている）。前節で述べたように、核融合科学の分節化と定式化は、自然に学際化をもたらすはずである。具体的な実践の対象が「核融合エネルギー開発」であるとき、私たちはそのプロジェクトをどういう領野に位置づけ、どのような学問で引き受けるのか、そのビジョンには、他のさまざまな科学・技術分野（天文学、宇宙物理、流体物理、原子物理、超伝導工学、極限材料学など）と交流する幾筋もの街道が現れる。街道を通して人流が起こる。

核融合科学の発展を支える人材育成は、広く「学際社会」へ開かれた頭脳循環のなかで初めて可能となる。そのために、核融合科学を学術的に表現する言葉＝ロゴスが必要である。核融合科学の新しいパラダイムは、道具のパラエティーではなく、学際的な言語の一覧表でなくてはならない。

#### 5. 核融合研の新しい体制

##### 5.1 学術研究の楕円

核融合科学は極めて多くの難題を束にした総合的な研究

分野である。学術研究機関であるNIFSは、さまざまな科学と技術を束ねる役割よりも、むしろ束を開いて、核融合エネルギーというチャレンジを幾つものテーマに分節化し、それぞれの問題を一般化することで他分野と通じ合う街道を幾筋も通してゆく、このような役割を担おうと考えている。街道を切り開く仕事を担うのが「ユニット」という研究チームである。2023年度、11のユニットの集合体として、NIFSは生まれ変わる[7]。

ユニットは10年の年限を定めた共同研究の実施主体である。それぞれのユニットが掲げる旗印「ユニットテーマ」は、今後10年の未来を見据えて、自ら定義する学術的テーマを表現するものである。それらが、広い学術の地平に新しい展開をもたらすことをめざす。

ユニットはいろいろな専門性をもつ研究者によって構成される高度な機能体 Gesellschaft である。分業するのではなく、協力して研究を行う組織、互いを理解しあうことで能力を高めてゆくチームである。ユニットは一つのプロジェクトの下部組織ではない。逆に、幾つかのユニットの協力体制として「プロジェクト」が構成される。3.2項で単語と文章さらに文脈の関係を説明したように、ユニットたちのさまざまな組合せによってプロジェクトの「文意」が構築され、その真の意味は、学術のさまざまな文脈のなかに位置づけられることで定まってくる。

ユニットはNIFSを組織するメゾ階層の単位であるが、「ユニットを束ねたNIFS」の構造と「研究者を束ねたユニット」の構造は次のような相似性をもつ。学術研究という場で個々の研究者・技術者がどのように個性を発揮すべきかを考えるとき、「楕円 ellipse」というモチーフが参考になる(図2)。楕円とは、二つの焦点に対して等距離にある平面曲線のことであり、これを惑星軌道にあてはめると、一つの焦点に太陽がある(実焦点)。もう一つの焦点には具体的な「物」は置かれていないが、これを架空の拠り所(虚焦点)として軌道は引き延ばされる。このモデルをユニットにあてはめると、一つの焦点は「ユニットテーマ」、もう一つの焦点は個々の研究者・技術者の心にある「個々のテーマ」という拠り所である。これが多方面に広がっていることでユニットの内容は豊かになる。この関係をNIFS全体に相似的にあてはめると、一つの焦点が「核融合科学」というNIFSの看板であり、その内容を分節化する

のが多方面に展開する「ユニットテーマ」である。核融合科学が展開してゆく方向を指し示すユニットテーマの集合が、これからのNIFSのアイデンティティーになる。研究のダイナミズム=楕円軌道をアイデンティティーにしようという考えである。研究の道具でアイデンティティーを主張する時代は終わる。

### 5.2 ユニットの構築

ユニットテーマの策定は、2021年5月から約1年間をかけて合計40回の「ユニット構築会議」をオンラインで開催し(毎回100~200人が参加)、コミュニティをあげた議論によって行われた。毎回の議論の内容については、議事録をNIFSのホームページにおいて公開している。

最初の段階で、合計30個のユニットテーマが所内外のグループ(それぞれは、所内外のメンバーで構成された共同作業チーム)から提案された。それぞれの提案書に対して4人のレビュアー[8]を割当て(核融合科学分野に限らず、地球科学、流体物理、数理科学など、広い分野の専門家をお願いした)書面で評価、コメントを頂き、所長コメントを付して、提案グループにフィードバックした。各提案グループは、それぞれの検討会をオンラインでオープンに行い、その合計は120回を超える。提案ごとの検討会にも、提案者に限らず、他分野からも多くの研究者が参加して、多角的な視点から議論が行われた。

第二段階として、30個の提案から概ね10個のユニットテーマを編成する作業を行った。ユニットテーマは、核融合科学を、現代科学の水準で分節化した「単位」である。それがどのようなものであるべきかは、例えば、「これからの核融合科学」という叢書シリーズを企画しようとしたとき、どのようなタイトルを付けるとよいか、何巻をもって構成すべきか、と想像してみると、イメージができるだろう。核融合研究の発展すべき方向を示すテーマには、現象学的な主題もあれば、科学の方法に関する主題もある。それらを概ね10個にまとめて、この分野の学術的な内容を表現しようという企図である。ただし、それぞれのユニットテーマは「分野名」ではなく、コンテンポラリーな研究テーマを具体的に示すことを求めた。理想は、それぞれのユニットの活動によって、ユニットが掲げたテーマが、10年後の学術界に新しい概念あるいはディシプリンとして輝くことであるとした。この高い目標を掲げて、コミュニ

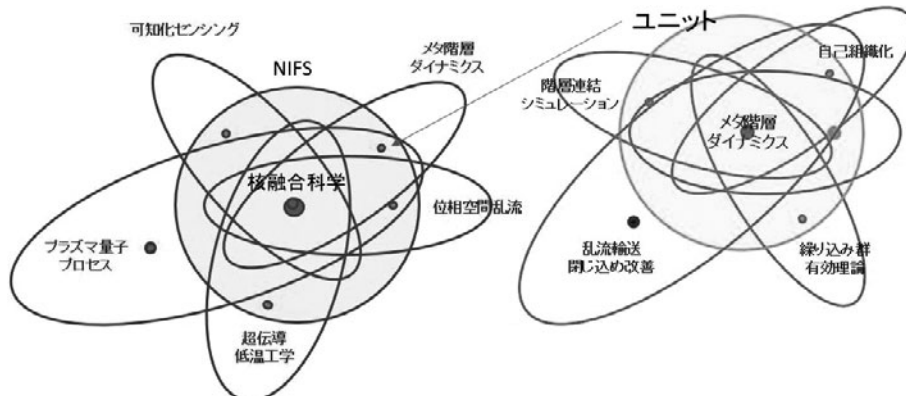


図2 学術の楕円的な展開：共通性と個別性の統合。

ティーをあげた議論を1年間かけて行ったのである。

このプロセスは、ボトムアップとピアレビューの精神に貫かれたことに大きな意義がある。探求すべき課題を自ら設定することこそ、学究が真摯に知恵を絞るべきことだからである。与えられた宿題に答えるのではなく、何を研究すべきかを研究したのである。公聴会を経て、最終的に11個のユニットテーマが策定された。それらをホームページに一覧表として発表している[9]。各テーマ毎に「核融合研究としてのキーワード」と「学際的キーワード」を示している。この二つが「楕円」の二つの焦点を表す(図2)。

ユニット構築の最終段階として、それぞれのユニットテーマに対して、ユニット=共同研究チームを組織するプロセスに入った。各ユニットは、所員および所外のメンバーからなる学際的なチームである。それぞれのアカデミックプラン、学術経営の方針、さらに所内メンバーの個人調書を記述した計画書の提出を求めた。

NIFSの運営会議のもとに「ユニット等評価委員会」を設置し、ユニット計画書の審査を実施し、ヒアリングを経て、ユニット設置の可否を判断していただいた。ユニット等評価委員会の委員は、所外から8人の学識経験者に委嘱し、3人の所員が幹事として参加した。また1人の専門委員を委嘱した。評価結果は、9個のユニットについて計画を可とし、2個については、設置の在りかたについて、研究所に工夫を求めるものであった。この結論が、運営会議に報告されて、審議・決定された。コメントが付いた2件については、それぞれ特別な運営のもとでユニットとして設置することとした。今後、自然科学研究機構の手続を経て、全11個のユニットを2023年度初頭に発足させる予定である。

## 6. おわりに

私たちは、かつてA計画、B計画として刻印された二項対立の構造を脱構築し、学術と開発の二項を高い次元で統合(Aufheben)<sup>4</sup>する時代へ踏み出そうとしている。そのなかで、NIFSの新しいアイデンティティーを確立するために、コミュニティと濃密な議論を重ね、その結論を受けて、NIFSをユニット体制に改革する。

NIFSのユニット体制はパラダイム転換の具体化である。本稿では、古いパラダイムとは何であったのか、新しいパラダイムはどうあるべきかを述べた。これは「学問論」である。ユニットテーマのボトムアップというチャレンジに対して、何をやっているのかわからない、方向性が見えないなどの批判もある。しかし考えてみよう。普段、私たちが「わかっている」と思っていることは、本当は何か？明確な方向性とは何か？無反省な惰性や追随ではないのか？新しいことに出会って、すぐに「わかった」などといえるのか？わからないことに向き合うことこそが学ぶということではなかったか？わからないことに付き合っていくのが

4 ここでは「止揚 Aufheben」という意味で「統合」と言った。Aufhebenとは、二つの違いによって「次元を拡大」することである。違うものを一緒にする「縮退」の対極にある(したがって、学術と開発を一緒にしてしまうということの反対である)。非効率だと思える人もあるかもしれないが、真の進歩をもたらす唯一の方法である。進歩とは、単に前へ進むということではなく、世界の次元を拡大することであるから。

学究の道ではないのか？NIFSのチャレンジがコミュニティに投げかけた多くの問題意識が、多くの人にとって考える契機になれば、望外の喜びである。

NIFSのユニットは学术界に開かれた組織である。私たちは、今後も学術の大きな潮流に目配りしながら、オープンな議論を通じてユニットテーマを検討し、必要であれば改定してゆく。核融合科学を、未来志向のユニットテーマに分節化して表現することによって、これまで以上に広い分野を巻き込んだ共同利用・共同研究の可能性が生まれるものと期待している。

## 参考文献

- [1] 日本学術会議, 第24期学術の大型研究計画に関するマスタープラン(マスタープラン2020), <https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-24-t286-1.html>
- [2] 文部科学省からの財政支援で進める学術の大型研究については、科学技術・学術審議会, 学術分科会, 研究環境基盤部会, 学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会において、日本学術会議が策定する「マスタープラン」を踏まえつつ、優先度が高いものを選定して「ロードマップ」を策定する。研究振興局を通じて「大規模学術フロンティア促進事業」として予算化されるプロジェクトは、このロードマップに記載されていることが必要条件とされている(ロードマップ2020には15の計画が採択されている)。 [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/021/1412963\\_00001.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/021/1412963_00001.htm) ただし、10年あまり続いてきたこの審議方式は、ロードマップ2020の策定をもって終了し、今後の制度設計は未定である。
- [3] <https://nap.nationalacademies.org/catalog/25991/bringing-fusion-to-the-us-grid>
- [4] 原子力委員会核融合専門部会(部会長:湯川秀樹)は、1959年、『核融合反応の研究の進め方について』を答申している。そこに「今後の研究方針」として「柔軟性を持った研究体制として、二つ計画を並列して実施することを提案している。すなわち(A)基礎研究に重点を置き、新しい着想の育成と具体化をはかると共に、新しい研究分野に働く研究者を育成すること、および諸外国である程度成功の可能性の示された実験装置、またはその改良型を建設し、その建設過程において得られる経験と、作られた高温プラズマの利用によって、速やかにわが国の研究水準の向上をはかること。
- [5] 飯吉厚夫:核融合科学研究所(仮称)設立と大型ヘリカル装置計画, 日本物理学会誌 44, 309(1989).
- [6] ジャック・ラカン『精神分析の四基本概念』(アラン・ミレール編;小出浩之,新宮一成,鈴木國文,小川豊明訳;岩波文庫)。フロイトが創始した精神分析 psychoanalysis は医療の実践から生まれ、哲学にも深い影響を与える学問になったわけであるが、これが「科学」となり得る条件について、ラカンは高等師範学校で行ったセミナーで論じている。そこで彼は、フロイトに起源する四つの基本概念によって精神分析を定式化することを試みている。

- [7] NIFS では、2021年度から、所長の諮問機関として『アドバイザーボード』を設置し（4人の学識経験者によって組織）、NIFSの組織および運営の在り方についてアドバイスを受けている：[https://www.nifs.ac.jp/about/org/advisory\\_board/](https://www.nifs.ac.jp/about/org/advisory_board/) ここでは、核融合科学を基礎科学として広くとらえ、学際的に展開する必要性、研究所員の自発的な研究活動の重要性が提言されている。さらに運営会議のもとに『今後の核融合科学研究所の在り方に関する検討ワーキンググループ』を設置し、運営会議から6人（内3人は所内から選出）、学識経験者5人の合計11人のメンバーで、NIFSの改革について審議した。その提言『今後の核融合科学研究所の在り方』に基づいてNIFSの改革を進めることを運営会議で決定した。提言には、概ね10人程度の所員からなる研究チームを編成し、それぞれが大学等の研究者と連携しつつ、独自性をもって研究を行うことが推奨されている：<https://www.nifs.ac.jp/about/org/sc.html>
- [8] ユニット構築会議の議事録は <https://www.nifs.ac.jp/info/Unit.html> に公開している。12人のレビュアー：安藤晃、伊藤公孝、菊池満、岸本泰明、木村芳文、相良明男、佐藤哲也、高部英明、鳥海光弘、長谷川晃、三間罔興、山田弘司（敬称略）にユニットテーマ提案の評価を依頼した。
- [9] ユニットテーマの一覧表：<https://www-col.nifs.ac.jp/Unit/UnitTheme.html>