

2003年7月28日

核融合フォーラム2002年度活動報告

核融合フォーラム調整委員会

1. 総括

今年度は初年度であるので、運営委員会で定められた基本方針にしたがって「活動を進めながら核融合フォーラムを成長させていく」ことを重点として活動を行なった。まず、「社会と核融合」、「物理」、「炉工学」の3クラスターを立ち上げて、クラスター毎に担当調整委員と世話人を中心にして準備会を開催し、着手できる活動内容を検討して調整委員会に提案していただいた。各クラスターの立ち上げ速度が不揃いであったため、活動内容および規模が適切と判断される提案については、調整委員長および事務局がクラスター間の予算のバランスを配慮しながら順次承認して活動を実施していった。また、全体の予算制約を考慮してできるかぎり関連団体との共催を奨励して活動規模の拡大を図った。会員の新規申し込みの大半は、これ等のクラスター会合を機としたものであった。

活動内容の主なものは、次の二つに大きく分類される。

- 1) 核融合研究開発を科学技術の観点から支援する活動
- 2) 核融合研究開発の社会的認識を深める活動

前者の科学技術的活動では、ITERを支援する物理活動とITER以降の発電炉等に必要なた炉工学を検討する活動が中心であったが、長期的観点から核融合開発路線を検討することも必要との意図から「核融合の早期実用化」クラスターを年度後半に立ち上げた。

後者の社会的認識に関わる活動では、巨大プロジェクトとしての核融合研究開発の意義を色々な視点から検討する活動と一般や生徒への啓蒙活動を開始した。啓蒙活動の手始めとして核融合に関する啓蒙書・ビデオ等の調査・紹介が行われ、高校生を対象とした講義・実習も企画された。また、日本のITER誘致候補地（青森）で地元の方々も参加した核融合炉の安全性に関するシンポジウムも参画した。

これ等に関連して、核融合フォーラムのホームページをボランティアの協力を得て立ち上げ、核融合フォーラムの活動状況のみならず、核融合関連の情報源として役立つように充実を図っている。

今年度は実質の活動がほぼ半年であったので、まずまずの立ち上がりを実現することができたが、今後の会員数の増加および財源を考慮すると、取り組むべき問題点をいくつか抱えている。特に、事務局を日本原子力研究所那珂研究所内に置いて研究所の協力を依存してきたが、これはあくまで暫定的措置であり、今後の核融合フォーラムの形態を検討する必要がある。また、今年度の活動は核融合研究者を主体としたものであり、産業界や一般の積極的参加を促す努力と企画が必要となる。クラスター毎の活動から複数のクラスターおよび核融合フォーラム全体での企画への展開も今後の課題である。

2. 社会と核融合クラスターの2002年度活動報告

21世紀以降の世の中において、どのようなエネルギー源をどのくらい必要とす

るかは、夫々の国民および人類が判断する事ではあるが、どのようなエネルギー源がいつ頃までにどのくらい供給出来るのか、またその実現のための技術的問題点や環境問題をも含めた社会的課題は何なのかを提示するのが科学者の責務であると言える。核融合エネルギーも、我が国および人類にとって、21 世紀後半以降の基幹エネルギー源として有力は選択肢の一つである。

一方、核融合エネルギーは、「開発に長期を要する」、「開発に巨費を要する」という側面を持っており、その開発段階においてさえも社会の理解と支援を必要とする。

振り返って見るに、核融合分野の研究者は、社会からの理解と支援を得るための努力が十分ではなかったと言えよう。このような反省を踏まえ、核融合エネルギーの開発において、社会との連携を深める必要があり、核融合研究者としての社会への説明責任を果たすべく、本クラスター「社会と核融合」を設置した。本年度の具体的な活動としては、パンフレットやプラズマ実験キットを通しての啓蒙活動、各種出版物や Web サイトの収集・整理、および核融合のような巨大科学と社会の在り方に関する準備検討会などを立ち上げた。具体的活動成果は下記のとおり。

2. 1 パンフレットの作成

広く一般の人達に対して、核融合エネルギー開発の意義を正しく理解してもらう必要があると考え、まず手始めにパンフレット作成を手掛けた。ここでは地球環境問題をも視野に入れた 21 世紀以降の恒久的なエネルギー源として、核融合エネルギー開発の意義や位置付けを、他のエネルギー源との比較を交えて判りやすく解説している。

2. 2 プラズマ実験キットの製作

プラズマを身近に感じてもらう事は大変重要である。それには手ごろなプラズマ実験を、その場でデモンストレーションする事が有効である。ここではこのような目的のために、簡単なプラズマ実験キットを製作した。本プラズマ実験キットは、簡易式グロー放電により陽光柱を発生する装置であり、プラズマについての入門的な体験をしてもらうことを目的としており、高校などでの出張授業などに持って行く狙いがある。

因みに平成 15 年度には、プラズマ・核融合学会、日本科学未来館と連携して、前橋高校まで本プラズマ実験キットを持参し、デモンストレーション実験を実施する予定である。

2. 3 意見聴取

一般の人々に対して広く啓蒙活動を展開するには、ビデオ作成、マウスパットのような小物の作成、テレビ番組での取上げ、などを進めるのが効果的であるとの意見を色々な方々から聞いた。これらの意見を踏まえ、具体化出来るものから積極的に推進してゆきたいと考えている。

2. 4 既存の出版物の調査

WWW で、核融合をキーワードに調査を行った。常温核融合に関する書が以外に多く(11 件) 最近の出版もある。核融合を取り扱った書のうち、専門書を除いた

ものは、下記の 16 件である。これには、啓蒙書だけでなく、大学学部生向けの教科書も含まれる。出版物の場合、出版してからの年月が長いと入手が困難になる傾向があり、逆に、常に新しい出版が有るかどうかがこの分野の盛衰を示すといっても良いだろう。その意味で核融合の啓蒙書は、決して多いとは言えない。

- ・「新核融合への挑戦」狐崎晶雄、吉川庄一(2003/03)ブルーバックス
- ・「レーザー核融合 21 世紀エネルギーへの挑戦」中井貞雄、(2001/05)大阪大学出版会
- ・「核融合の 40 年 日本が進めた巨大科学」山本賢三(1998/01) ER出版
- ・「核融合エネルギーのはなし」近藤育朗、(1996/12) 日刊工業新聞社 SCIENCE AND TECHNOLOGY
- ・「エネルギー工学入門 太陽・原子力・核融合」宮本健郎(1996/04)培風館
- ・「核融合の政治史」ロビン ハーマン(1996/03)朝日新聞社
- ・「21 世紀のエネルギー プラズマ・核融合」河辺隆也、見角鋭二(1991/07) SCIENCE AND TECHNOLOGY
- ・「核融合はなぜむずかしいか」加藤 鞆一(1991/04) 薙パリティ物理学コース クローズアップ
- ・「誰にもわかる核融合の話」山科俊郎、日野友明(1990/05)日経サイエンス
- ・「核融合革命 「地上の太陽」は日本をどう変えるか」小林紀興(1989/07)早稲田出版
- ・「核融合」杉浦賢、谷本充司(1989/05)オーム社新 OHM 文庫
- ・「核融合 臨界への挑戦」関口忠、飯田慶幸(1988/12)オーム社
- ・「新しい核融合への道 トカマクは越えられるか」入江克 (1988/11) 丸善フロンティア・サイエンス・シリーズ
- ・「やさしい原子力 Q&A そのしくみと安全性、チェルノブイリ、各種新型炉、核融合」近藤駿介(1987/08)山下出版
- ・「核融合・原子力発電」庄司多津男 (1985/12)クロスロードサイエンスコミック

2. 5 ホームページの調査

情報入手、伝達手段として WWW (ホームページ) は非常に大きな割合を占める。ネットワーク環境があれば、出版物(書物)よりもよほど手軽な手段である。また、作成する側にとっても、変更更新の容易な WWW は手軽なアピール手段となる。その反面、以前あったページが無くなっていたり、頻繁に更新のされないページは、見られなくなるといった側面もあり、一時性の強い情報である。また、出版物では不可能の動画情報を提供することが、可能であり、WWW の重要性はさらに高まると思われる。核融合に関連するサイトは、下記の 6 種類に分類される。括弧内の数字は、サイトの数で、情報量の少ないサイトは省いた。

- ・文部科学省(1)
- ・政府の研究機関，大学付属研究所(3)
- ・反原発団体，市民運動団体(3)
- ・新聞記者(1)
- ・大学教官、大学院生(2)
- ・個人(1)

核融合、核融合研究に対しては、賛成と反対の両極に分かれる。内容(コンテンツ)の充実度という意味では、組織の方が高く、個人ベースの WWW は質(情報量の多さと質、更新の頻度)の面で見劣りする傾向があり、質の高い WWW をつ

くるには、それなりの体制が必要であることがわかる。また、出版物と違って、各サイトの組織の方針が WWW には色濃く反映されており、ともすると冷静さ、客観性に欠けることがある。

2. 6 その他の情報伝達手段

出版物、ホームページ以外の情報伝達手段として、博物館、CD-ROM、ゲーム、アニメ（漫画本、雑誌、テレビ）、ビデオ等が考えられる。これらについて下記にまとめる。

- ・ 博物館、科学博物館で、核融合を大きく取り上げている所は見つからないが、ITER の模型を展示したり、企画展で核融合を取り上げることは有る。
- ・ 米国 GA 社が核融合の教育教材として作成した CD-ROM があり、その中には、ゲームも収録されている。
- ・ 核融合は SF やアニメに登場し、若い世代に少なからず影響を与えた。当然ながら核融合は、舞台背景であり、核融合（研究）そのものがテーマとなることはほとんどない。
- ・ 主として研究機関が核融合に関するビデオを制作している。その一部は、www でも公開されているが、情報量と、ネットワークの速度の関係で、必ずしもすべてが www 化されている訳ではない。この点は、ネットワークのブロードバンド化に伴い改善されると期待される。

2. 7 社会と核融合の在り方に関する準備検討会

社会と核融合の在り方に関する準備検討会を、以下のような主旨に沿って開催した。

会合の主旨：

近年、巨大科学や先端科学は、一般社会との乖離が大きくなってきており、科学技術と社会との関わり方や問題点などが指摘されている。これらの問題を、核融合を代表的な対象として、技術安全保障、アジア地区との連携（環境問題の観点）、公共哲学、開発途上国にとってのエネルギー問題、学術行政の立場、などの視点からの幅広い議論や意見交換を進め、「社会と核融合」クラスターの今後の活動方針について議論する。

日時：3月19日（水）午後1：30から5：00

場所：東京ガーデンパレス（御茶ノ水）

出席者

小川雄一（座長）、佐藤文隆、玉野輝男、江尻晶、笹尾真実子、朝岡善幸、調麻佐志*（東工大）、綾部広則*（産総研）、滝順一*（日経新聞）、大森良太*（文科省）、森雅博、小西哲之（敬称略）
（*印の人は核融合フォーラム非会員）

はじめに、各出席者から自己紹介があった後、

「巨大科学と社会」

「核融合炉の実現性と問題点」

の観点からフリーディスカッションを行った。なお今回は第一回準備会であり、本会合で呈示された多岐にわたる議論の内容を整理し、広く社会一般へ発信出来るような会合へと発展させる事を考えている。

(参考資料)「社会と核融合の在り方に関する準備検討会」発言要旨

「巨大科学と社会」

核融合には、「エネルギー問題」と巨大科学としての制度問題の二面がある。巨大科学の国際化は必然であり、純学術の分野でも起こりうるし、国際政治的な側面もある。ポジティブにとらえたい。素粒子実験のリニアコライダーでも ITER 的の制度が俎上に上っているらしい。以前から「のろくても潰れない」制度と言っているが、国際協力なら意義ある。国際的な巨大計画は政治的、技術的に一種のセキュリティである。人は大きいだけで崇高さを感じたり、意味を見いだしたりする。物的だけでなく、オリンピックなどのソフト面でもそうだ。「大きいこと」も多様性のうちで、一概に排除すべきでない。ただこれは「オトコ原理」であり、女性に評判が悪い。女性研究者はプロジェクト型巨大科学に入りにくい、時間スケールの長い仕事は得意。日本的な組織、過保護は良くない。ITER では国際的に研究者がサポートし合っているのが良い。

日本に来たら研究業界のカルチャーにインパクトがあっただろう。

ITER を通してみた巨大科学について、コミュニティの外からの見方を話して頂きたい。予算が大きい。この先さらに段階が上がると、予算が桁で増えるのでは？科学としては良いが、経済的には、エネルギーを強調するとまずいだろう。

エネルギーの取り出しには見通しもあり、今後建設費が桁であがることはない。経済や環境など不確定要因はあるが、コスト評価もされている。

ITER も宇宙ステーションも実現段階での意義には柔軟性をもつべき。

公共事業として見ることもできる。5000 億なら橋と同じレベルだが、技術ストックや経済効果もあり、ITERの方がずっとまし。公共事業にはもっと変なものもある。

日本は軍事をやっていない。米国は SDI をやったときも、かなりの部分は通常は一般科学研究として行われているものだ。軍事をやらない先進国として、一般科学研究にそれなりの貢献が義務。ITER とは限らないが。

これまで軍事は基盤的技術の温床でもあったが、日本にはそこが欠落している。技術のバラエティは大事でその認識が要る。技術安全保障の視点だ。多様性はヴァルネラビリティを減らす。最近、日本版 GPS や情報衛星の動きが早かった。エネルギーは重点4分野になっていないが、技術安全保障的には欠かせない。会社も欲しており、ITER も期待される。

ジャーナリズムはネガティブに見ている。日経ビジネスは日本の有人宇宙開発は8割が支持、と言っている。でかいものを喜ぶのは納得できる。ITER をホストするのはその意味で理解できるが、どこまで役立つか、などと詰めていくと不利になる。核融合コミュニティは外から見ると必ずしも信用されていない。FBR、SSC では当初予算の2 - 3倍に膨れ上がり、見通しが甘かった。巨大科学は世間から見ると皆同じで

credibility はない。ITER で何ができるのか、具体的なメリットを示す必要がある。基盤技術および最先端技術の牽引者として ITER をみれば、そういう話をしないですむのが利点。具体的メリットを詰めていってというのは見えているのか？

短期的には良くて長期では批判を免れないと思う。

技術安全保障とエネルギー利用は、短期的な実利用に供するか否かという点において、いわば対極的な位置関係にあると思われる。前者を強調するのであれば、あえて実利用を強調しないほうがよいのではないか。巨大科学と社会は一見乖離しているように見えるが、高等教育のマス化という点を考えれば、理工系大卒者などある程度の理解力を持った人々は明らかに増加しているものであり、その点で、両者の間はますます近づいていると考えられるからである。

5000 億を公共事業と ITER のどちらに出資するかを単純に比較できるか疑問。個人のエゴや地域エゴが入り、政治判断の問題になる。

公共的な投資にマイナスばかり探す話には大衆社会の病理もあり注意深く見るべき。ハナ・アーレントやオルテガの社会学で取り上げられた問題だ。ITER や宇宙ステーションの誕生は 20 世紀の遺物であり、ある意味で 21 世紀型に柔軟に見直す必要がある。

核融合開発はエネルギー開発段階なのか、基礎研究段階なのか？

プラズマ、核融合をやっている人のかなりがエネルギーのつもりでいるが、過去には実現可能かわからなかったしエゴもあった。今はコストを別にすれば技術として可能な段階だが、トカマク以外は研究の厚みを示す部分で、実現できないものもある。お金を使ってしまったので、今後の開発シナリオにおいて仕切直しはいるだろう。

40 年前に「エネルギー」と言ったのは明らかに間違い。研究して後追的にそれを悟ったということである。

今、技術的にいけそうだと見えてきたところ。

エネルギーを目指してなければ、自分は核融合研究に携わらなかった。ただ、まだエネルギーの利用に供せないという意味では、エネルギー開発を目指しているが基礎的研究段階にあるという見方ができる。

自分もエネルギーとして見ている。なるべく自国でできるものを目指したい。巨大化は核融合の開発段階としてやむをえないものであり、巨大化すること自体が目的ではないと理解している。40 年前にエネルギーと言ったのは必ずしも間違いではない。その指向があったから核融合開発の現状があると考えられる。

核融合研究は応用・基礎で分ければまだ基礎の段階であり、基礎研究の意義は、「夢を売る」ことである。それができないのであれば、大金を使ってはいけない。例えば、宇宙開発には夢があるので、大きな予算が許容される。軍事には将来の利益を確保するための投資の側面があり、単純に先進国の責務・世界への貢献とは言えない。

基礎・応用の区分とは別に、巨大科学には資本集約型と労働集約型の 2 つのタイプがある。核融合や宇宙は前者のタイプで、バイオなどは後者のタイプ。だが、どちらにしても巨費科学・労働集約型は、個々の単位で見れば費用的にも物理的規模としても小さいためか、基礎研究を行うのに寛容な態度があるように思われる。これに対して、

資本集約型は、応用が強調されるくらいがあるが、どちらも巨費科学ならば、資本集約型の基礎研究があってもよいのではないか。

基礎研究という言葉の意味がいろいろある。

プロジェクトと社会では見方が違う。

やはり個々の人間としては、自分の生きているうちにやりたいという思いがあり、それが時として焦りとなる。

公共事業は日本ではイメージが悪い。新しい価値、公共財を作ると言うべき。

「核融合炉の実現性と問題点」

米国の ITER 復帰に際して、水素エネルギー利用が言われたが本当なのか？

核融合で水素は将来的には作ることが可能だし、将来のエネルギー利用を考えれば、むしろ水素が作れることの方が重要。太陽光や風力、軽水炉など高温熱源とならないエネルギーと比較すると核融合の方が有利。核融合は将来の主要な水素供給源として有力な候補になりうるし、そのように開発を進めなければならない。ブランケットを工夫すれば 1000 位までのいろいろな温度が取り出せるのが核融合の利点で、核分裂ではこうはいかない。核融合研究者は、実はエネルギーのことを良く知らない人が多く、将来のエネルギー需要と核融合のエネルギー利用を考えていない。昔の人は「発電」と言ったが、エネルギーの環境は変わっている。

水素は電気と同じで二次エネルギーであり、一次エネルギーの輸送媒体。

核融合が実現したときの夢を広げておく必要がある。40年前の夢とは違うはず。

今までは、ローソン条件の達成のためにプラズマ閉じ込めの研究が主でありエネルギー取り出しについては高速増殖炉での経験でなんとかかなるという雰囲気であった。ITER のプロジェクトの中でやっと炉心プラズマ研究グループと炉工学グループとが共同で作業するようになった。

実感的には過酷な条件下で核融合炉が安全に運転できるかは不安。材料はどこが問題で、何を交換するのか？

第一壁材料の開発が必要であり、ブランケットが定期的に交換されるので固体廃棄物になる。

発電プラントではその通りだが、ITER について言えばブランケットの中性子照射に対する耐久性が問題になることはない。

廃棄物は放射能強度等を見捨てずに単に量だけで議論されることが多いので正確な説明が必要。

「正確な」が重要でウソはいけない。細かなところも説明する必要がある。

ITER は途中で目標を変えていないか？イメージが違う。

本質的な目標は変えていない。最新の研究進展を取り入れて、エネルギー増倍率に対する設定値を若干下げることが適切との判断になった。

JT-60 等の研究成果を取り入れて、少しシナリオも考えられている。

ステップの大きさが変わった。

作るのに何年かかるのか？

10年。

巨大なものは長くかかるが、サイエンスは速度が大事という面がある。その間、士気を保つのは大変。

建設する人と実験家は異なる。実験はどこでもできる。ユーザーはフォーラムの課題。基盤となる技術も変わる。衛星での宇宙背景輻射観測は計画から十数年かかった。陳腐化していく技術を途中で変えられなかったのが、成功しても欲求不満で一杯だった。十数年は長い。

SSC 計画は 10 年の間に社会情勢の変化もあって、当初の目論見とはかなり変わらざるを得なくなった。さらに、プロジェクトの期間が長ければ長いほどそれだけ人件費もかかることになり、ますますリスクは増大する。

ボイジャーは 8 ビットコンピュータのままだった。

ITER 改造の可能性は？

ある程度改造の可能性を想定して計画を考えている。また、試験用ブランケットは変えて試験する予定である。

JT-60 も今改造する計画がある。

エネルギーだけでなく門戸を広げて考えてみるべき。トリスタンはシングル・イシュー型で他に使えない。Spring8 のようなインフラ科学は評価が高いが、単目的の ITER では危険性がある。巨大科学インフラ科学は単目的では厳しい。

使い道が多ければサポートは得やすい。

支持が多ければ良いものではない。科学プロジェクトの意志決定ルールがない。総合科学技術会議はそのための機関のはず。

ITER も総合科学技術会議では、当面でない「夢のあるものもいるだろう」ということになった。いろんなことに役立つことも夢だ。

夢ならおもしろそうだ、ですむが、説明されると「本当かな？」とってしまう。

参加している人は別の夢を持っている。

「今後の進め方について」

運営会議は非核融合の人が半分以上いる。

核融合外の人を入れてもう一回くらいやって欲しい。

夏前にもう一度企画したい。

3. 物理クラスター2002 年度の活動報告

3.1 物理クラスター会合

平成 14 年 9 月 7 日、中部大学

参加者：15 名

平成 15 年 1 月 24 - 25 日、横浜市鶴谷町フォーラム

参加者：60 名

3.2 主な議論の要旨

1) 本クラスターの目的

物理クラスターの役割を、

- ・日本が主導的役割を果たすための活動助成
- ・ITPA の日本の窓口（情報交換、緊急課題の提案・紹介、グループ間の連携）
- ・ITER 関連の共同研究の提案

とすることで共通の理解を得た。

一方、単に ITPA を支援するだけではなく、物理クラスターには何らかの形で予算配分に関与できる機能も必要でありそのための組織化も考慮すべきとの意見があった。これに対して、まず物理クラスターの案を他のクラスターに提示したのちフォーラム全体で調整するのが順序とのコメントがあった。また、ITPA の助成予算は緊急の課題であり、財源確保のためフォーラムとして組織的活動が必要との意見が出された。

2) ITER 実施協定に対する国内のとり組み

以下の 3 点について議論が行われた。

- ・大学の意見集約：重点化後の核融合研究の枠組み
- ・ITER 参加の形態・組織、新しい展開が生かせる窓口・方策、リーダーシップの取り方
- ・核融合フォーラムでの議論を行政に反映する方法

また、ITER サポートのための国内の資金獲得へ向けたアピールも含め、岡子先生、高瀬先生が行っている ITER research body 案の作成検討活動を物理クラスター活動の一つとして支援していくことになった。

3) ITPA 活動の概況の紹介

各トピカル物理グループから、メンバー構成、最近の活動、緊急、中期的、長期的課題設定、及び今後の計画についての報告があり、本クラスターとの関わりについての議論が行われた。

(参考資料) 核融合フォーラム・物理クラスター会合議事要旨

場所：鶴屋町フォーラム（横浜）

日時：1月24日（金） 25日（土）

参加者：

朝倉（原研） 井口（名大） 石川（筑波大） 石田（原研） 伊丹（原研） 井手（原研）

岩間（大同工業大） 上田（大阪大） 大野（名大） 大山（原研） 小川（東大） 小関（原研） 加藤（核融合科学研究所:NIFS） 門（東大） 金子（北大） 鎌田（原研） 河野（原研） 川端（NIFS） 菊池（原研） 季村（山口大） 草間（原研） 栗原（原研） 小林（京大） 近藤（原研） 坂本（原研） 笹尾（東北大） 四竈（東北大） 嶋田（原研） 杉江（原研） 関子（九大） 仙石（原研） 高瀬（東大） 高村（名大） 滝塚（原研） 田辺（名大） 東井（NIFS） 利根川（東海大） 飛田（原研） 中島（NIFS） 中村（京都大学） 西谷（原研） 西野（広島大） 二宮（原研） 波多江（原研） 花田（九大） 日渡（電中研） 福田（原研） 福山（京大） 藤田（原研） 松浦（大阪府立大） 松本（原研） 三浦（原研） 御手洗（九州東海大） 宮本（東大名誉教授） 森（原研） 森田（名大） 谷津（筑波大） 山崎（NIFS） 芳野（原研）

第1日目

若谷先生への黙祷のあと、高村より本会合の趣旨説明があった。

(1) ITER実施協定の概要

- ・ 森より、政府間協議におけるITERサイト選定、費用分担と調達分担、シナリオ、運営体制等について説明があった。
- ・ 関子より、ITER実施協定とコミュニティーの役割について説明があった。昨年のプラ核学会（犬山、昨年11月）で、大学等がITER計画に参加する形態について関係者の議論を行い、予算獲得を含む活動が可能な枠組み『Research Body』の構築が必要とされたことが示された。
- ・ 三浦より、基幹計測と原研の調達分担案が示された。関子より、大学側のコンセンサスも得てこの案が日本案としてITER政府間協議NSSG-7（1月27,28日）で提案されることが補足説明された。計測機器の設計でまだ固まっていないものがあり、広い意見を集約できる場の確立が重要との意見があった。

(2) 国際トカマク物理活動（ITPA）の現状報告

- ・ 鎌田より、ITPA全体の取り組みについて説明があった。ITPAを通してITER実験の主導権争いはすでに始まっているという認識が示され、物理クラスターをITPAの国内活動の基盤とすることが提案された。
- ・ 笹尾より、計測グループの活動概況が説明された。EFDAがEDAの後も計測に関するR&Dと設計活動を継続していること、日本はEDAでは頑張ったが現在は存在感が薄れていること、日本として設計・調達を実施できる体制が必要であり、計測器のR&D、設計のための予算の確保が必要であることが示された。これに対し、ITER建設費とは別予算を要求し、日本としての体制をとりつつあるものとして、炉工学グループが進めている「テストプランケットモジュールの開発」があることが示された。

(3) 物理クラスターの活動についての提案

活動内容や進め方、クラスター内グループに関してコメンテーターから以下のコメン

トがあった。

- ・小川より、核融合研究 WG の報告書について説明があり、15日に学術分科会で、21日に学術審議会承認された。然るべき時に議論するとされたビルドの部分については、次回の核融合研究 WG で議論する予定であることが示された。
- ・二宮より、物理クラスターを ITPA の母体、情報伝達・共同研究の提案、評価、ITER の計測器・実験提案の母体と考えること、ITPA での活動に対する日本の貢献の在り方を明確にする必要性が示された。これに対し、日本は「制御」で ITER の主導権をとるべきとの意見があった。
- ・田辺より、ITER で主導権をとるには正攻法しかなく、短期的に ITER 計画に貢献し、長期的に核融合炉に貢献することが必要であることが示された。ITER 計画について議論・検討する場が無いことが指摘された。
- ・花田より、物理クラスターの位置づけを、核融合フォーラムのホームページから得た情報に基づいてまとめ、ITER 計画に関する「意見の窓口」「参加の窓口」「情報交換」と位置づける案が示された。
- ・小川より、「社会と核融合クラスター」における活動状況が紹介された。

(4) フリーディスカッション

欧州の大学が ITER にどのように関与しているかの質疑があり、モデリング、計算シミュレーションにより関与していること、EFDA からの予算により大学の講座単位で中性子スペクトロメータ計測に参加している例が紹介された。

(5) インフォーマルセッション

ITER 実施協定に対する国内のとり組みにあたって3点の問題点(以下)が列挙され、議論が行われた。

- 1) 大学の意見集約：重点化後の核融合研究の枠組み
- 2) ITER 参加の形態・組織、新しい展開が生かせる窓口・方策、リーダーシップの取り方
- 3) 核融合フォーラムでの議論を行政に反映する方法

核融合フォーラムの中に『Research Body』をつくり ITER 参加への窓口をつくる。日本が ITER を推進するために、予算措置をもつ責任体制をつくること、ITER にフォーカスした窓口が必要であること、文部科学省の次回の核融合研究 WG で ITER への関与の仕方について議論する必要性があること等の議論が活発に行われた。

(6) 物理クラスターのグループ構成と ITPA との連携に関する議論(2日目)

1) ITPA の各グループからの概況報告

以下のグループよりメンバー構成、最近の活動、緊急、中期的、長期的課題設定、及び今後の計画についての報告があり、本クラスターがいかに関わるかの議論が行われた。

閉じ込めデータベースとモデリング	小川
周辺及びペDESTALの物理	波多江
スクレイプ・オフ層及びダイバータの物理	朝倉
MHD、ディスラプション及び制御	河野
高エネルギー粒子、加熱及び定常運転	福山
輸送及び内部障壁の物理	東井

モデリングや「核燃焼プラズマ統合コード」検討会の進めかた、大学等が提言・実施できる枠組みと予算処置、我が国の参加状況、ITPA活動の目的、核融合科学研究所からの貢献の可能性等について活発な質疑応答や意見が出された。

2) 物理クラスターのグループ分け、およびITPAとの対応

物理クラスターの役割を、1) 日本が指導的役割を果たすための活動助成、2) ITPAの日本の窓口(情報交換、緊急課題の提案・紹介、グループ間の連携)、3) ITER関連の共同研究の提案、とすることで共通の理解を得た。また、ITPA活動のための予算獲得は緊急の課題であり、物理クラスターとしての対応の可能性を検討することとなった。

また、物理クラスター内でのグループ分けについては、ITPAの7グループの日本メンバーが中心となって案を作成することになった。さらに、横断的な活動の一つとして制御・運転シナリオ検討の必要性が認識され、御手洗を中心として研究課題、個別グループとの関係について検討することになった。

4. 炉工学クラスター2002年度の活動報告

4.1 2002年度活動の総括

2002年度の工学クラスタの活動は、本格的な始動が年度後半になってからであったにもかかわらず、3件の異なる分野で会合が開かれ、特色ある成果があがった。

炉工学の基本的な問題意識は、核融合エネルギー実現のための最重要課題である、ITERと並行して開発を進める動力炉ブランケットと、動力炉構造材料の研究開発にある。それぞれ、主力装置はITERテストブランケットモジュールと強力中性子源IFMIFであるが、どちらもオールジャパンでの大学・原研の協力と相互補完、中核研究と多彩な基礎研究の組み合わせにより成り立っており、核融合フォーラムでの情報交換と意見調整が重要である。

2.1 で述べる低放射化材料の開発については、これまで原研と大学で別々に類似の低放射化フェライト鋼が開発されてきており、さらには米国、欧州でも類似のコンセプトで組成の異なる合金が開発されている。これまでの素材研究開発の段階から、工業材料としての実用化段階への移行に際し、全日本体制での具体的な方策を講ずべき状況にある。また、設計の自由度確保にも重要な低放射化フェライト ODS 鋼についても活発な議論があった。

IFMIF については、施設自体の研究開発、設計、建設計画の中で、加速器、液体リチウムターゲットおよびテストセルの3分野の主要課題および設計統合において国際協力活動が進められる一方、我が国の活動としては原研と大学の密接な協力が行われている。これに加えて、従来IFMIFにはユーザーズというグループが存在しており、強力中性子源を用いた核融合炉材料開発の効率的な運営をはかっている。具体的には、照射マトリックスの策定、中低フラックス領域の利用等、ブランケット開発の観点からのインプットが必要な検討作業であり、核融合フォーラムの炉工学クラスタの活動にふさわしいものであったといえる。実際、ブランケット研究者と材料研究者の間の意見交換として有意義であった。

トリチウムの安全性とブランケット開発側からの取り組みは従来からの重要テーマである。ブランケットは核融合エネルギーを実際に取り出して発電プラントに送り出す装置であると同時に、高温、高圧の熱媒体と大量のトリチウムを取り扱う。トリチウム安全は社会の理解を通じて核融合エネルギー自体の社会的受容性のキーポイントである。この様な認識のもと、核融合施設の立地サイトとしての問題意識を持つ青森県と行った、自治体を対象とした核融合の安全性およびトリチウムに関する講演会を後援した。原子力学会のブランケット研究専門委員会がブランケット研究者を中心として、会員有志が参加した。炉工学は、學術の側面とともに、核融合エネルギーを社会に供給し、説明する窓口としての機能も重要であることを再認識した。

以上の活動を総括すると、工学クラスタの活動は、まだ方針、実施形式が定まらないものの、全日本体制で核融合エネルギー実用化に向けた工学研究を推進し、調整してゆくための情報交換としては、順調な滑り出しを見せたと言える。今後は、よりつつこんだ議論と、相互に異なる興味や利害を調整する機能が要求されるであろう。

主な会合とその成果は以下のとおりである。

4.2 低放射化鉄鋼材料開発計画に関する会合

2002年12月23、24日、北大で低放射化フェライト鋼ワーキンググループの会合を

行った。参加者 14 名。

低放射化フェライト鋼の開発段階は、既に、使えるかどうか?とかどれ程持つか?(耐照射性評価)と言った段階から、コンポーネント材料としての確立に進む段階に入りつつある。すなわち、ブランケットの設計、製造、加工、運転及び保守に関する、基準等の基盤をシステムティックに構築する段階を見込みつつあると指摘された(施工者が用いる仕様や基準等)。これは実用化の加速計画への対応でも重要であり、このための全日本での分担協力によるプロジェクト運営(従来にない研究形態となる)についての議論が開始された。

この方向の具体例として、全日本体制で取り組む、低放射化フェライト鋼の統一ヒート(原研の F82H 等の知識やデータを活かす仕様)及び低放射化フェライト ODS 鋼が提案及び議論され、大規模溶製やループによる実証試験を含む開発スケジュール等も検討された。なお、原研と統合するサイクル機構統合は、既に国際的に高いレベルにある ODS 鋼技術を有する。

一方、国際的な知的所有権への考慮も議論され、特に、ODS 鋼技術については、IEA 協力等への対応の仕方についての工夫も議論され、例えば、当面は ODS 鋼の IEA ヒート等は慎重に扱うべきと指摘された。

会議の報告書等は別途提出される。

4.3 核融合炉材料照射施設 (IFMIF) ユーザーズ会合

2003 年 2 月 17 日、東京で IFMIF ユーザーズ会合を行った。22 名参加、世話人は東北大の松井教授。

IFMIF の実験計画の策定には炉工学、材料双方の分野からの情報が必要であり、EVEDA 活動に向けて、国際的な検討に備えた全日本での対応を協議するために会合がもたれたものである。このため、現在の ITER テストブランケットモジュールの開発計画とそこで要求される材料、および IFMIF 設計側からの施設の概要が講演され、それらの整合性についての議論が交わされた。ブランケット研究では、高フラックス領域での材料照射と並行して、中低フラックスでブランケットに関連した様々な照射試験が可能となり、今後その具体的な計画が焦点となると考えられる。IFMIF も、欧州での議論を中心に、核融合実用化の加速案への対応が考えられている。また、加速器、ターゲット、テストセルのそれぞれの分野において、大学と原研が特色を生かした協力を実施中。詳細な報告は既にフォーラム HP に公開されている。

4.4 シンポジウム「核融合炉の安全性およびトリチウム」

2003 年 3 月 20 日、青森市で、自治体関係者 94 名、原子力学会およびフォーラムの会員 26 名を集めてシンポジウムが行われた。行政側からの ITER への取り組み、核融合安全、再処理とトリチウム、トリチウム工学、またトリチウムの環境挙動と生物影響についての講演があり、質疑が交わされた。安全性に優れると言われる核融合でも、トリチウムの問題は避けて通れず、ことに核融合施設の立地に際しては、地元では特にトリチウム安全について関心が高く、核融合関係者としては理解と対応が求められる。特に、トリチウムによる低線量影響しか想定されない核融合では、実験的に影響は生じない結果が得られており、安全の原点に立って、低線量の放射線被曝が実際に生物に与える健康影響までを評価する方法論が核融合から提起されたことは注目される。このほかにも、材料など核融合全般に関する疑問にも答え、核融合研究者の社会に対する取り

組みとしても意義のある活動であったと言える。

シンポジウムの資料はフォーラムHPに報告されている。

(参考資料) IFMIF ユーザーズ会議 議事録

1. 日 時：平成15年2月17日(月) 10時00分 - 13時00分
2. 場 所：東京弥生会館
3. 出席者：松井秀樹(世話役、東北大)、幸野豊(室工大)、長谷川晃(東北大)、
福本健一(東北大)、栗下裕明(東北大)、四竈幹男(東北大)、
土屋文(東北大)、加藤雄大(京大)、渡辺英男(九大)、室賀健夫(核科研)、
竹内浩(原研)、中村博雄(原研)、実川資朗(原研)、中村和幸(原研)、
杉本昌義(原研)、榎枝幹男(原研)、芝清之(原研)、若井栄一(原研)、
西谷健夫(原研)、湯谷順明(原研)、安堂正巳(原研)、前原直(原研)

4. 議題

- (1) 趣旨説明(松井)
- (2) ブランケット設計の立場からの材料及び材料試験装置に対するリクェアメント
(榎枝)
- (3) IFMIF 計画の概要(竹内)
- (4) 討論(松井)

5. 配付資料

- 資料 No.1 ブランケット設計の立場からの材料及び材料試験装置に対する
リクェアメント - 固体増殖ブランケットの場合 -
資料 No.2 IFMIF 計画

6. 議事概要

(1) 趣旨説明

会議の冒頭に松井世話人(東北大)から、1) IFMIF の実験計画策定にはユーザーである炉工学・材料コミュニティからのインプットが最重要であり、CDA 活動の際にも詳細な検討がなされたこと、2) しかしながら、その後 IFMIF の段階的建設計画が提案されるなど、状況が変化しているにもかかわらず、これに対応する実験計画の改訂は行われていないこと、3) 現在、6月完成を目指して進められている IFMIF 設計書最新版の作成作業の中でユーザーによる実験計画の改訂が求められており、来る3月の IFMIF 関係の一連の会議では、FZK の Moeslang 氏からこのような趣旨の報告がなされること、等の最近の IFMIF を取り巻く状況の説明がなされ、これらの状況を踏まえ、日本としての対応策を考えておく必要があり、それが本会議の開催趣旨であるとの説明がなされた。

(2) ブランケット設計の立場からの材料及び材料試験装置に対するリクェアメント

資料 No.1 に基づき、固体増殖ブランケット設計の立場からの材料及び材料試験装置に対するリクェアメントが、超臨界圧水冷却及び通常の加圧水冷却の場合について、榎枝氏(原研)から報告された。その中で、第一壁の最大温度は超臨界圧水冷却の場合で 550 程度、通常の加圧水冷却の場合で 470 程度になること、熱応力は 3

Sm 以下となるように設計していること、等が説明された。これに対し、設計に必要なデータは何かとの質問が出され、降伏応力等の引張強度に関するデータが最も重要であり、ITER でも 50 刻みにデータを取得していること、次に重要と考えているのは照射クリープであること、運転休止中は材料の温度が低くなるため、DBTT も重要かも知れない旨の回答がなされた。さらに、疲労はどうかとの質問が出され、現状では余り重要視していないとの回答がなされた。安全基準に関し、軽水炉の延長線上と考えて良いかとの質問が出され、ITER の安全基準に準じたものを今のところ考えているとの回答がなされた。また、実際のブランケットの中性子束は IFMIF の 10 倍あるが、との質問が出され、照射時間で稼ぐとの回答がなされた。F82H で充分設計可能かとの質問が出され、設計上の工夫を加えることにより充分可能であるとの回答がなされた。最後に、ブランケット設計上最も重要な安全性を担保するデータをより明確にし、その観点から IFMIF で取得すべきデータの選択をすべきとのコメントが出された。

(3) IFMIF 計画の概要

資料 No.2 に基づき、IFMIF の概要、IFMIF 計画のスケジュール、IFMIF 計画実施体制案が、竹内氏（原研）から報告された。その中で、KEP 活動において概念設計の見直しが行われ、試料温度測定精度向上を目指した照射モジュールやスペクトル調整が可能な照射モジュールが提案されたこと、今後さらにユーザー要求に対応した改良を加えた照射モジュールの実現を図ること、2017 年に 125mA での運転を開始し、2020 年にフルパワー(250mA)運転を目指す計画であること等が説明された。これに対し、IFMIF の予算について質問が出され、基本的に EVEDA は大丈夫であろうとの認識を持っているが、建設に関しては EVEDA 終了後に再議論となろうとの見解が松井世話人から示された。また、本会議での議論の反映の仕方について質問が出され、国内設計と国際ユーザーズ会議の双方にそれぞれ反映することが適当との意見が出された。さらに、現状は高中性子束領域の構造材料に重点が置かれて検討が進められているが、低中性子束領域における計測材料のような材料照射についても検討を進めるべきとのコメントが出され、今後その分野の研究者にこれまで以上に働きかけをすとの合意がなされた。

(4) 討論

松井世話人の司会により、テストマトリックスの概要、予備実証試験、基礎研究、過渡期(125mA 運転)の試験計画等について、全体討論を行った。その中で、テストマトリックスを変更するに当たってはまずそのコンセプトを明確にしてからすべきであること、中性子束を上げるためにはビームを絞る必要があるがもしそうであれば早めに設計側に表明すべきであること、照射材料の優先順位についてもこの場で議論すべきであること、温度制御等のキャプセル設計が照射体積などに強く影響することからその点についても材料屋は関与すべきであること、後段の低中性子束領域の使い方についても早急に検討を進めること等が議論された。

最後に、3月の国際ユーザーズ会議に向けた日本案をまとめる方法として、芝（原研）が整理した照射マトリックスを、松井世話人から HP 上に掲載して意見募集を行い、その結果を国際ユーザーズ会議に反映させることが全体で合意された。



まとめの討論を司会している松井世話人と参加者

(参考資料) シンポジウム「核融合炉の安全性及びトリチウム」の報告

主催：「日本原子力学会核融合炉ブランケット工学特別専門委員会」「青森県」

後援：「核融合フォーラム炉工学クラスター」「日本原子力学会東北支部」「文部科学省」

とき：2003年3月20日(木)

場所：青森県青森市青森国際ホテル

核融合炉でのトリチウムの取り扱い及び炉内外でのその挙動の理解は、核融合炉研究開発の重要課題の一つであると共に、一般の関心も高く社会的受容性に大きな影響を持つ。本シンポジウムは、再処理工場などの核燃料サイクル施設が立地し、ITER建設の日本の候補地である青森県において、核施設、核融合、トリチウムへの理解を得るための技術的な説明を行うと共に、必要情報について意見交換を行う事を目的に開催されたものである。青森県市町村関係者94名、原子力学会及び核融合フォーラム会員26名、青森県関係者及びマスコミ等含めて約140名の多くの参加者を得、講師6名の方からの講演と、率直な議論が交わされた。

概要：講演に先だつ3月20日(木)午前中に、雪がちらつくあいにくの天気ではあったが、六ヶ所村見学を行った。六ヶ所村長の挨拶を頂き、ITER候補地サイトを徒歩で確かめ、日本原燃の核燃料サイクル施設全体(特に再処理工場及び低レベル放射性廃棄物埋設センター)、六ヶ所村中心部(公共施設、日本一深い温泉等)を見学し、変貌する六ヶ所村の活気・熱意を感じることができた。



再処理工場の見学

シンポジウムでは、蝦名氏(青森県商工観光労働部)の挨拶に始まり、林氏(文部科学省核融合開発室)から、「我が国の核融合研究開発について」講演いただいた。核融合エネルギーの平易な解説に始まり、核融合開発における政府の方針、研究体制が、具体的な予算額と共に講演され、ITER計画の概要と今まさにITERサイトを決定するために行われている政府間協議の内容と今後の見通しが説明された。青山氏(青森県ITER誘致推進室)からは、「ITER計画を巡る状況と青森県の取り組み」について講演いただいた。平成7年から具体的な動きが始まる青森県のITER誘致取り組みを中心に、特に最近1年の青森県の活発な活動が説明された。



シンポジウム会場の様子

シンポジウムはその後トリチウムに関する講演に移り、田中氏(東大)から、「核融合とトリチウム」について講演いただいた。核分裂と核融合の違い、プラズマとは、及びその閉じ込めという核融合の原理についての解説に始まり、トリチウムとは何か(放射性物質としての特徴、化学的性質)、核融合炉の構造について解説があり、それを元に、一般の関心が最も高い核融合炉の安全性の基本的考え方(原理的な安全性、中性子の遮蔽及び材料の問題、トリチウムの閉じ込め、廃棄物処理)について説明がなされた。講演後半では、今後の核融合炉開発で鍵となるブランケットの研究開発成果及びトリチウムに関する最近の研究成果が紹介され、普段あまり意識されていない再処理とトリチウムの関わりについて、田中氏ならではの興味深い講演があった。

一政氏(茨城大)からは、「トリチウムの環境生物影響」と題する中で、特に、トリチウムの生物影響について講演があった。トリチウムが体内に入った場合どう排出されるかまたその影響、放射線以外でも紫外線、発ガン物質等多くの物質が生体損傷を与えていること、それを修復する機能を生体が持っている、という基礎が解説された後、大線量のガンマ線を浴びたマウス及び体内細胞の様子、マウスのリンパ球に対するトリチウム水と過酸化水素水等毒性物質との比較、トリチウム水の人の培養細胞に対する影響が講演された。これら実験により、一般公衆の1年間の線量限度 1



シンポジウム発表の様子

mSv、作業者の1年間の線量限度 50 mSv、に相当するトリチウム水の投与では細胞レベルでの損傷も認められなかったとの結論が説明された。トリチウムの生物影響の最新の成果がビジュアルで紹介され、トリチウムの専門家も初めて聞く内容もあったのではないだろうか。百島氏(熊本大)からは、地球環境に存在するトリチウムの全量とその起源(宇宙線での生成、地殻での生

成、消費製品等人間の活動による放出、核実験による放出)から解説から始められた。トリチウムは水素の仲間環境の至るところに様々な化学形で存在し、そのため、気候によって、季節によって、海が存在によってもその濃度が変化することについて講演がなされた。本シンポジウムを主催するブランケット委員会は炉工学者が多く、普段なかなか聞くことができない講演であった。また日本人が受ける平均の放射線量(自然及び人工、人工は医療がほとんど)、人間が体内に持っている放射能のなかでのトリチウムの占める割合が説明され、トリチウムの影響が具体的にイメージできた。

山西氏(原研)からは、「トリチウム取り扱い技術の開発」と題して、核融合炉に必要なトリチウム技術(燃料としてのトリチウムの処理、安全な取り扱い)、国内及び海外のトリチウム施設、ITERのトリチウム取り扱い設備の概要、トリチウムに関する最新の研究開発について講演があった。原研のトリチウム取り扱い研究施設で15年間に渡って50-60 gのトリチウムを安全に取り扱う実績を重ねていること、ITER建設に向けて、トリチウム処理、貯蔵、安全取り扱い技術が十分見通せる位置に達していることが強調された。

講演に対する討論では、1)ITERに米国と中国が加盟したことによるサイト選定への影響は? 2)国の安全規制に関する進展は? 3)ITER敷地境界でのITERの設計目標の線量当量とは? 4)トリチウムの空気と比べた重さ及びITERでの取り扱い形態は?等、国にかかわることから技術論まで広範囲な分野にわたる質問が寄せられた。それに対し、1)サイト選定は全ての加盟極の合意によるものであり、米、中をはじめ各極に対して、六ヶ所サイトの優れた点を理解いただき、六ヶ所サイトを支援頂くよう、機会をとらえて働きかけしていくことが重要、2)昨年12月にITERの安全規制の枠組みに関する中間報告が提出され着々と進行中、3)保守的に評価した外部及び内部被ばくのと和であり敷地から離れた住民はこれ以下となる、4)トリチウムは空気より軽くITERではほとんど水素ガスとして取り扱う、との回答が出された。また、ノーベル賞受賞の小柴氏がトリチウムの危険性、廃棄物の問題等について意見を述べているが?という質問も出された。これに対して、トリチウムについては国の法令に沿って厳格に管理する、放射性廃棄物は建家内で数10年間密閉管理し、除染、冷却された後、解体処分されることとなっており、雨ざらしになることはない、トリチウムの半致死量とされている値はネズミの実験値からあくまで推算されたものであり、また半致死量のトリチウムを入手し吸入することは困難である、という講演者及びシンポジウムに参加した原子力学会員からの意見が出され、またITERの推進にあたっては、安全性等について積極的に情報提供し、理解を得る努力をすることが重要であるとの考えが示され、質問者も納得されたようであった。

上記のように、核融合炉の安全性とトリチウムの問題は一般の関心が高い。トリチウム安全取り扱いの実績を積み重ねること、今回のようなシンポジウム等を通じて研究開発成果を広く訴えていくことが、真に一般の方にトリチウムを含めた核融合炉の安全性を理解していただく方法であると考え。今後もその意味で地道な努力を重ねたい。最後に、講演いただいた講師の先生方、現地での担当としてまた現地見学に際して多大なご尽力をいただいた青森県及び六ヶ所村の関係者の皆様、後援頂いた各組織にあらためて深く御礼申し上げます。

日本原子力学会核融合炉ブランケット工学特別専門委員会

5. 核融合の早期実用化クラスター2002年度活動報告

核融合の早期実用化クラスターでは、下記3回の幹事会を開催し、現状の整理を行うと同時に、今後の活動の方針を検討した。

第1回会合 2002年10月28日、東京。

第2回会合 2002年12月18日、京都

第3回会合 2003年3月12日、京都

5.1 第1回（準備会）の概要

開催日時：14年10月28日 13:30～16:20

場 所： 航空会館 503会議室

出席者： 香山（京大）、田中（東大）、小川（東大）、阿部（東北大）、松井（東北大）、室賀（NIFS）、関（原研）、永見（原研）、小西（原研）、朝岡（電中研）

資料：

0-1 *会合プログラム（事務局）

0-2 *趣旨説明（香山）

0-3 *核融合フォーラムの活動状況（永見・事務局）

0-4-1 核融合開発の加速計画に対する技術的考察（関）

0-4-2 炉工学技術に関連する加速案の要件について（関）

0-5 IAEA会議におけるFast Track会合について（小川）

0-6 早期核融合発電実証に関する電力中央研究所での検討（朝岡）

0-7 核融合開発の加速プログラム検討計画（素案）（小西）

議事：

（1）会合趣旨説明（香山）

- ・ 欧州、米国でFast Trackの議論が急速に進んでいる。
- ・ 我が国においても原子力委員会・核融合専門部会で議論が行われている。
- ・ 核融合フォーラムとしてアクションを起こすことが必要である。
- ・ どのような体制で実施するかを次回の運営委員会（11/7）に提案したい。
- ・ そのための素案の作成のために今回の準備会合を設けた。

（2）核融合フォーラムの活動状況（永見）

- ・ 5月の発足時に3つのクラスター（社会と核融合、炉工学と材料、プラズマ物理）が設けられたが、これまでにプラズマ物理クラスターで一回の会合が開催されたのみで、活発な活動が行われていない。
- ・ 社会と核融合、炉工学（材料）クラスターではそれぞれ年度内に1～2回程度の会合（シンポジウム等）の開催を考えている。
- ・ 現時点では予算に余裕があり、今年度中の活発な活動を期待したい。

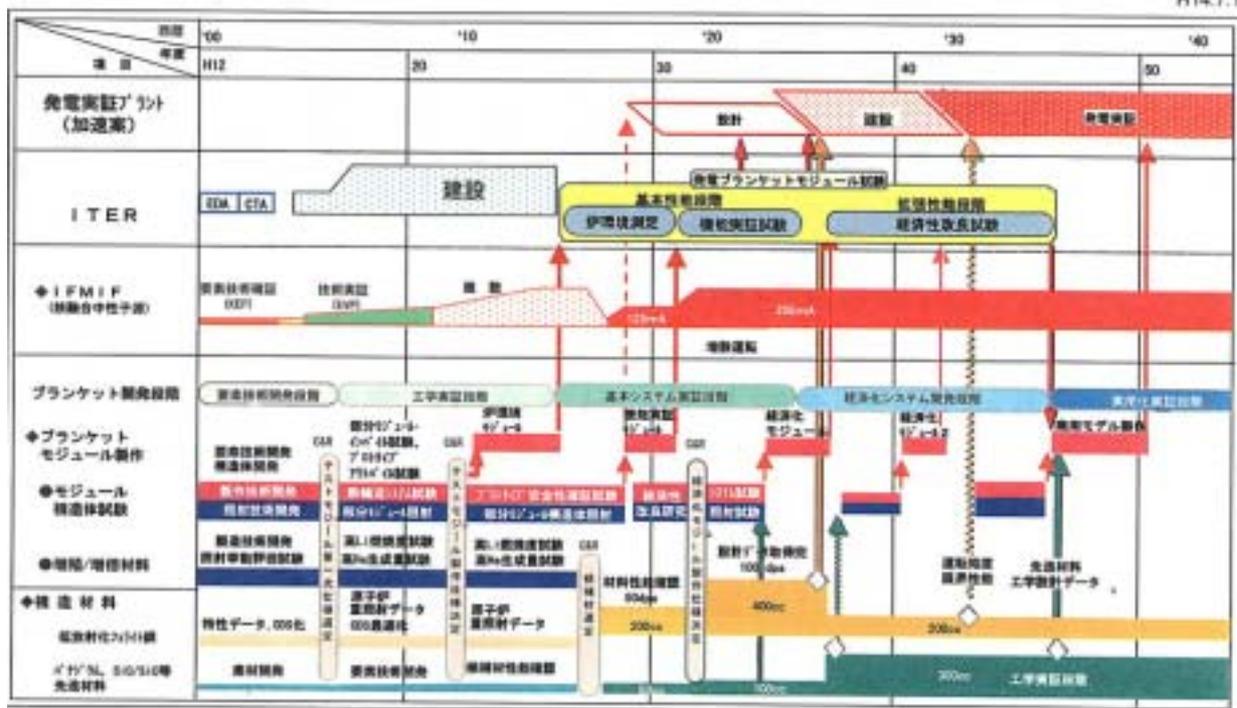
（3）核融合専門部会での検討状況（関）

- ・ 核融合専門部会にワーキンググループを設け、集中的な議論をすることとなっている。
- ・ ワーキンググループのメンバーは専門部会委員から選ばれており、関部長をはじめ

め、専門家からの意見を聴取する形態をとっている。

- さらに実際に作業を進める作業会を設ける準備が進んでいる。

核融合ブランケット・材料開発の全体計画(加速案)



加速を考慮した核融合ブランケット・材料開発の全体計画 (関による)

まとめ

- 魅力的な商用炉に向けた開発の加速はいかにして可能か？
 - 商用炉までに必要な統合装置を発電実証プラント1台とする。
 - 統合装置では発電実証を最低の目標とするが、魅力的な商用炉を目指した工学機器開発を並行して進める。
 - IFMIFを前倒しして、発電実証プラントの建設に必要な材料設計データの早期取得を図る。
- 体積中性子源は必要性か？
 - 体積中性子源は、ブランケットなどの機器開発試験にとって有力な装置である。
 - 中性子環境は、IFMIF、原子炉、ITERを活用。
 - 熱流動・電磁・機械特性は工学試験装置の利用。
 - 核融合環境下総合特性はITER及び発電実証プラントの活用等、既存計画の有効利用によって体積中性子源なしでの開発は可能。

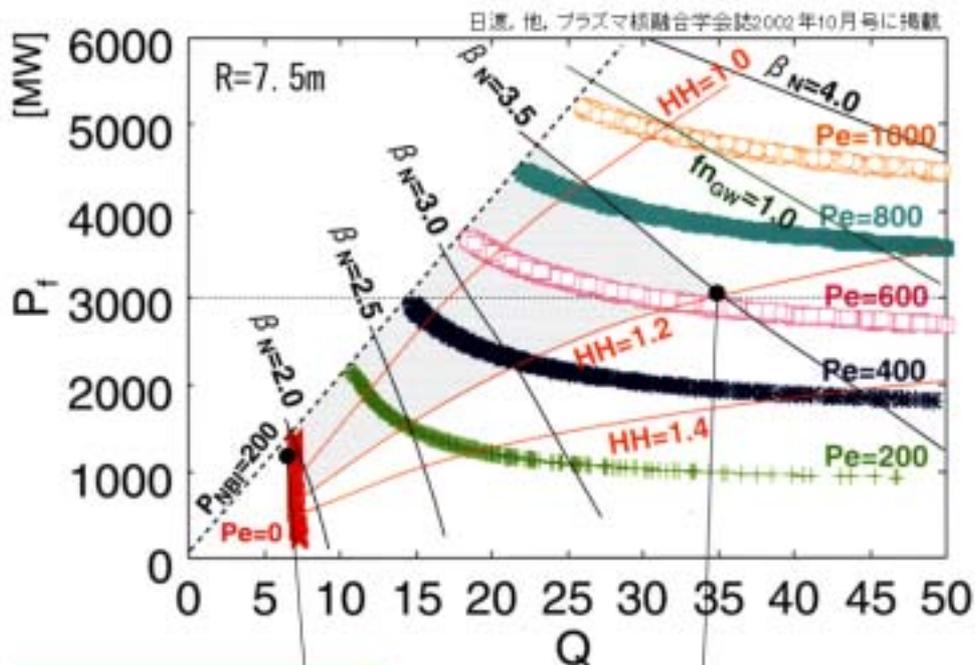
関による早期発電実証への考え方のまとめ

(4) IAEA核融合エネルギー会議での議論 (小川)

- ・ リヨンでのIAEA会議中にFast Trackに関するインフォーマルミーティングが設けられた。
- ・ Objective Meeting: Exchange of thinking on "Fast Track Approach" of the international fusion community.
- ・ 欧州：ITERとIFMIFで30dpaのデータでデモ炉建設を目指す。2038年にグリッドに電力を供給する。
- ・ 米国：デモ炉に経済性もある程度考慮に入れる。35年でグリッドに電力供給は必ずしも必須のクライテリオンではない。
- ・ 日本 (玉野)：デモ炉の要件として、定常とプラントスケールの電力発生のみであり、High availabilityの要件は課していない。

(5) 電中研での検討状況 (朝岡)

- ・ 早期に発電実証ということをめざすには、極端にアドバンスでない保守的設計による実証炉の検討も必要と考えている。
- ・ ITERの基準パラメータから最少の外挿でどの程度の発電実証が可能かを検討。
7 m級の装置なら、 $\beta_N < 2$ で、循環電力を差し引いても正の電力を発生可能。
- ・ 同じ装置でプラズマ物理や技術の進展を順次取り込むとどのくらいの発電が可能かも検討。 β_N が3.5程度にでき、超臨界圧での高効率発電が可能なら、60-90万kWの電力を発生できる可能性もある。
- ・ トリチウム増殖率TBR > 1を確認することは発電実証炉では重要な目標になる。その実現は現状の設計例から考えて可能と思われるが、決して余裕があるわけではない。



$\beta_N=1.8, HH=1.0, fGW=0.85$
(ITER 基準設計値)で $P_{net}=0$
を達成可能
 $P_w=1 \text{ MW/m}^2$

$\beta_N=3.5, HH=1.2, fGW=1.0$
(ITERで試験可能な領域)で
 $P_{net}=600 \text{ MWe}$ を達成可能
 $P_w=3 \text{ MW/m}^2$

熱効率を40%にできれば、 $P_{net}=900 \text{ MWe}$

朝岡らによる早期発電実証炉のパラメータ空間

(6) 核融合フォーラムでの検討の進め方(全員)

- ・ 核融合フォーラムにクラスタを設けるのではなく、adhocな活動とする。
注)この件については、その後2003/3/11の調整委員会において、クラスタと位置付けることが決定されている。
- ・ "Fast Track"という言葉を使わず、他の名前を付けた活動とする。
- ・ 日本での早期実証計画はこのようなものであるというものを、核融合関係者だけでなく、フォーラム全体で理解できる形で描く。(次期装置概念、ロードマップ等)
- ・ 年内を目途にフォーラムに報告できる形のものを作る。
- ・ 次期装置に対するミッションとプラズマおよび工学の開発見通し(前提)を決めれば、短期間で装置概念を描くことは困難ではない。ミッションおよび前提を決めることが最大の作業。
- ・ ミッションや開発見通しを決めるためには、データによる裏付けや十分な議論が必要であるが、これらは本作業では実施しない。それらの裏づけを十分に理解した専門家集団によって概念をまとめる。必要に応じて来年以降に詳細な検討を実施。
- ・ 次回の核融合フォーラム調整委員会(1/7)に(活動計画名を含めて)活動計画案を提案し、承認を得ることを目指す。
- ・ 活動計画案は小西案(資料0-7)をベースに幹事で作成。幹事は室賀、小西、岡野、若谷(または若谷先生より推薦)とする。

5.2 第2回核融合の早期実用化加速クラスタ幹事会

日時:平成14年12月18日(金) 13時30分~17時00分

場所:キャンパスプラザ京都 第1会議室

出席者: 岡野幹事、若谷、室賀、香山、永見、小西

配付資料

- 1_0 議事予定
- 1_1 核融合専門部会技術ワーキンググループの状況について
- 1_2 実用化加速計画に関する電中研での検討概要

議事

- ・ 核融合フォーラムの活動の一つとして核融合実用化の加速計画を検討するために本クラスタを組織することが岡野世話人より説明された。
- ・ 活動は3月後半程度をめどに、方向性は示すようにするが、具体的な設計、計画の検討は続行する。
- ・ 発表方法が問題になったがフォーラムでの自由な検討に用いる材料として提示するとの提案があった。
- ・ 原子力委員会の下のワーキンググループで行われた議論との違いについては既存組織の制約にこだわらず、フランクな議論をすることに求めるべきことが指摘された。
- ・ メンバーについては、プラズマ物理のわかる若手、原研のJT60関係者の参加が求められた。

- ・ 材料には、既定路線にこだわらず、早期に利用可能であれば先進的な材料も考慮に入れることが提案された。
- ・ 一方、トカマク以外の閉じこめ方式については、加速計画の趣旨に答えられるかどうかを検討すべきことが指摘された。
- ・ 具体的な装置の構想については、ミッションの目的が重要であると指摘され、正味電力供給量は当初大きくなくても良いと提案された。
- ・ ITERとの関係を十分考慮すべきであると指摘された。燃焼プラズマの持つ意義とITERの役割の認識が重要であり、加速計画がITERの運転計画にフィードバックされることも考えられる。
- ・ 工学上のR & D項目として具体的な課題をリストアップすることが実現性ある計画には重要と指摘された。特に分解保守などは現実的な方法概念が必要となる。

発電実証炉ブランケットのメンテナンス

Nuclear Energy Systems Department CRIEPI

モジュール構造：ITER

◆ **ブランケット交換の長期化。**
 モジュール数の増大。(大型化の場合)
 配管の分断・接合や固定などの工程数が多い。
 接合や固定の位置が炉心近傍となる。

◆ **トリチウム増殖率が低下。**
 トリチウム増殖領域の被覆率が小さい。
 フロントアクセスのためのデッドスペース。

発電実証炉ブランケットメンテナンス概

一括引抜き方式に近いメンテナンス方式。
 アウトボードブランケット：水平ポートから直線的に引き出す。
 インボードブランケット：水平ポートから直線的に引き出す。
 上下部等のブランケット：モジュール構造。

取り扱い重量は増大するが、メンテナンス装置のトロイダル方向の自由度は求めない。

交換に要する期間の短縮
 モジュール数の低減、工程数の低減。

トリチウム増殖率の増大
 構造材割合、デッドスペース、ギャップの減少。

交換頻度（壁負荷）に応じた合理的な交換
 高負荷のアウトボードのみの容易な交換が可能。

導体シェル装荷の可能性
 高性能化時にブランケット内に導体シェルの装荷ができる。

岡野により示された電中研の設計例でのメンテナンス方式の考え方

- ・ プラズマの規格化の考え方と目標設定の重要性が指摘された。ことに自由境界で達成できる限界の意味が大きく、3.0~3.5が一つの目標となる。
- ・ このほかにも、目標として想定すべき課題の同定が重要であり、次回会合までにそれら課題のリストアップをそれぞれの分野で持ち寄ることとなった。

5.3 第3回核融合の早期実用化クラスタ幹事会

出席者：疇地（阪大） 香山（京大） 小川（東大） 室賀（NIFS） 飛田（原研）
 鎌田（原研） 永見（原研・幹事） 小西（原研・幹事） 岡野（電中研）

日時：2003年3月12日（水曜） 09:30-12:00

場所：キャンパスプラザ京都 2F第2会議室
 （JR京都駅ビル駐車場西側）

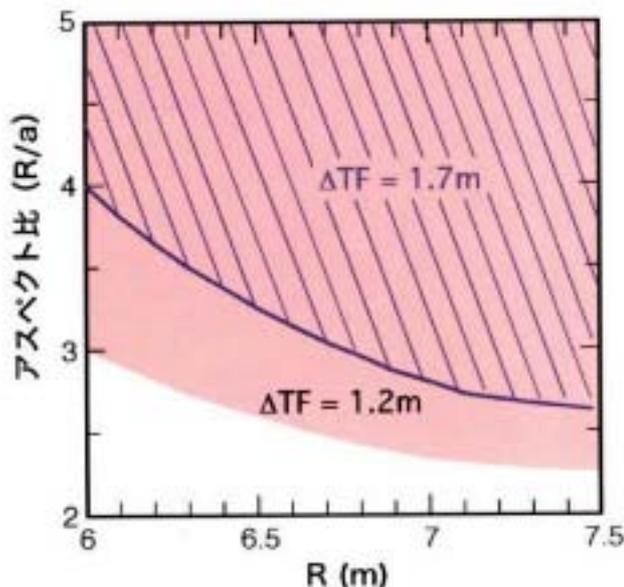
議事

(1) 早期発電実証のためのパラメータや早期発電実証炉に必須の開発項目

- ・ プラズマの目標性能についての考え方についての問題提起が岡野幹事よりなされた。
- ・ $_N$ については、2で最低限の0出力プラントが考えられるが、発電実証に向けては3以上どこまで見通しが得られるかが焦点になると指摘された。
- ・ $_N$ とともに定常も重要な要素であることが指摘されたが、一方パルス炉で出力を出す可能性も示された。
- ・ 工学でも長期間での定常運転が未知の問題であることITERと発電実証での装置のintegrationのレベルの違いが議論された。
- ・ 米国の志向する点火装置（FIREなど）の機能の限界について意見が交わされた。
- ・ 材料開発の段階的アプローチについて室賀氏より説明されたブランケットの開発については段階的な高性能化シナリオが最終的な経済性の確保に必要であることが示された。
- ・ 核融合の廃棄物について、クリアランスによって最小化を図るべきことが提案され、象徴的な問題であることが指摘された。

例) BLK（強磁場側）：50cm → 30cm に合理化（Local TBR~1.3 は確保）

遮蔽：既存技術 SUS+水 → TiH₂+W を利用した薄い遮蔽



• ITER size を実現可能（ $\Delta TF \sim 1.2m$ ）

例) $I_p = 12.3MA$

$R/a = 6.2m/1.8m = 3.4$

$bN = 3.8, HH = 1.3, f_{GW} = 1.0$

$P_{fus} = 2.7GW, P_n = 3.4MW/m^2$

CS 起動 = 3.6MA

Radwaste : 5000~10000 トン

clearance : 15000~20000 トン

遮蔽高性能化によるクリアランスを超える廃棄物の最小化案の例（飛田）

- ・ 遠隔メンテナンスについての考え方が大きく炉設計に影響すると問題提起された。

- ・ 磁場の選定については現在 16T、20T が視野にあるが、発電実証のミッションにも決断が影響されることが説明された。N と密接な関係がある。

(2) レーザー核融合の早期実現シナリオ

- ・ レーザー核融合開発における高速点火の意義とそれを軸にした開発戦略の考えが畦地氏より説明された。レーザー核融合は高速点火の採用により小型化が可能になり、そのための開発戦略の検討が現在 IFE 開発ロードマップ委員会において進められている。FIREX 計画等がすべて順調に進めば、レーザー核融合方式も早期に発電実証が可能となると説明された。

- ・ 今後の進め方として、これまでの議論で検討項目がかなり絞られてきたので、幹事会でそれらをまとめ、フォーラム全体での検討に供する計画が検討された。

以上。