

炉物理の研究

(第 53 号)

2002年 4 月

巻頭言	中川正幸	1
〈委員会報告〉		
炉物理研究委員会ワーキングパーティー活動	岡嶋成晃	5
〈トピックス〉 未来の原子力コードについて	森貴正、丸山博見	8
(1) 炉物理の高度化について	丸山博見	9
(2) 原研における炉特性解析コードシステムの開発	奥村啓介	18
(3) 欧州炉物理解析システムERANOSの特徴と次世代解析 システムの提案	横山賢治、石川眞	27
(4) 炉物理計算コードの高度化：炉物理と核データとの「橋渡し」 としての積分実験解析ツールの整備の必要性について	宇根崎博信	38
(5) 原子力分野における解析手法の高度化と計算機の有効利用	巽雅洋	40
(6) 原子炉物理学に関連する計算コードについて想うこと	北田孝典	43
(7) 未来型ソフトウェア開発は「時間」と「空間」の壁を越えるか？	山本敏久	47
〈第33回炉物理セミナー報告〉	竹田敏一	49
☆事務局だより		
平成14年度炉物理部会運営委員候補		52
第16回炉物理部会総会の報告	古藤健司	53
☆部会員名簿		56



巻頭言

炉物理研究委員会の試み

日本原子力発電株式会社

中川 正幸

炉物理研究委員会について紹介した後、炉物理の今後について思う事を書いてみたい。

炉物理研究委員会は、学会の特別専門委員会として学会の中でも最も長い歴史を持つ委員会の一つである。これまで日本原子力研究所が経費を提供すると共に、運営の主たる責任を持って来た。今日まで炉物理分野で活躍されてこられた多くの緒先輩は多かれ少なかれ当委員会において日本の炉物理の課題、進むべき方向についてこの場で議論を行なって来られた。

また、炉物理研究委員会は、国内の研究者の情報交換と議論の場であると共に対外的な窓口の役割も果たして来ている。特に、OECD/NEAには古くは炉物理委員会(CRP)があり、改組されてからは原子力科学委員会(NSC)が設けられている。そことの連携活動は今も重要な役割の一つである。

さて、私が委員長という重責を任されたのは4年位前であったと思う。この運営を行なってみて、もう少しスタイルの違った活動的な場に変えたいと思った。それは既に予算が減少し開催数を減らさざるを得ない状態であったこと、委員会形式が発表者を除くとどうしても他の出席者は受け身になって議論が実を結ぶ所まで深まらないこと、従って具体的な成果が余り眼に見えないこと等から来ていたと思う。

このようなことから、皆さんの意見もお聞きして明確な研究目標を設定し、その研究領域の開拓、課題の解決等眼に見える具体的なプロダクツを得られるような活動を委員会活動の主たる内容とする変革を試みることとなった。そのためにこれまでの専門委員会を全て廃し、テーマを持ったワーキングパーティ(WP)を設立した。WPのテーマは公募によりつくり、本委員会において多数決で決定される。そしてそのテーマに関心を持つメンバーを募り具体的な活動内容は、メンバー間の議論を通じて決められていく。このWP方式を採用することにより、大学、研究機関、電力、メーカー等の研究者、技術者が新しい

タイプの共同研究を行なうこと、新しい研究課題の掘り起こし、討論の活性化、眼にみえるプロダクツを出すといったことを期待している。炉物理分野においてもいずれの機関でも研究資源（予算、人員）の縮小には頭を痛めている。一つの機関では似た分野の人との間での議論を行なう機会が減ってきている。研究には議論が不可欠と言うのは、人は議論を行なっている時には脳の働きが一段と活発になるからだと私は思う。また、若手研究者への技術の伝承や啓発にも大変有効だろう。そのためにも、議論の場や時間を確保することを心がけねばならない。WPがその機会を提供することもねらいの重要なポイントである。

既に、平成11、12年度の第1期では、「軽水炉次世代燃料の炉物理」WP、「加速器駆動炉の炉物理」WP、「新型炉」WPが設立されたが、その活動は終了し、成果は学会における発表や本「炉物理の研究」52号において報告されているのでそれらを読んで頂きたい。ここではそれらの内容や成果について触れないが、皆様の評価をご遠慮なく聞かせて頂きたい。現在は第2期の3つのWPが活動中であるが、その内の2つは前掲の初めの二テーマが成果の取りまとめや、一層の発展を目指して継続して活動している。

WPの発足時から予想されたことではあるが、活動においては種々の困難な問題があった。特に、メンバーが集まって議論する機会が十分に持てないことが第一に挙げられる。このため各WPはメーリングリストを使ったり、種々工夫をしている所である。インターネットを使ってバーチャルミーティングが気軽に出来るような安価なソフトが有れば助かるのだが。また、WPによっては研究の焦点を絞り込むのが時間的にも難しい場合もある。例えば「新型炉」といった場合に、これは実に様々な課題や概念を包含しているので、参加したメンバーの関心を特定の炉物理的課題に集中したり、クリアーカットな課題として提案することは大変な努力と時間が必要となろう。限られた時間で、プロダクツを求めるのは容易ではない。とはいえ、後でも少し触れたいが新型炉と炉物理の発展とは極めて密接な関係にある。その意味で新しい切り口を求めた事には新鮮味もある。

さて、炉物理委員会のことはこれぐらいにして、炉物理についてももう少し広く考えてみたい。まず国際的に見れば、海外では日本以上に原子力をめぐる環境が厳しい国が現時点では数多くある。中には原子力から他のエネルギー源への転換を試み出している国があることは皆様もご存知だと思う。しかしその正否はとても判断できない。原子力を重要なエネルギー源としている国では、

炉物理や核設計の分野について日本への期待が大きい事は度々感じる。そのためにも我々は世界の国々と連携して炉物理のリーダーシップを取る気持ちを持ち続けたい。最近、ANSや韓国学会との連携が進んでいることは大変有意義だと思う。

しかしながら、世界の何れの国に於いても原子力エネルギー利用に閉塞感があることも否めない。従って日本の炉物理研究者の中にもその様な感じを持っている方は少なくないであろう。「炉物理にはもうやる事が無い」といった声も聞こえる。しかし、私の記憶でもこの言葉はもう20年以上前から何度か聞かされて来た。その時々において皆が真剣に議論してきたことを思い出す。新型炉や新しい炉心の概念が作られ、設計が行なわれ、建設され、運開するまで炉物理家の出番は多く、解決すべき課題も多く、従って炉物理は新しい局面を開く。例えば、「常陽」が建設され「もんじゅ」が運開されるまで高速炉物理の研究は飛躍的に進歩した。近くでは、軽水炉の高燃焼度化、プルサーマル炉心の設計に際しても炉物理の果たした役割は大きく、設計手法の高精度化が図られた。

このように、炉物理の進歩は新しいコンセプトの炉や炉心の発展と極めて密接な関連がある。逆に言えば新しいコンセプトが発展しない時は炉物理研究も停滞する（勿論、炉物理の全ての分野がそうだと言うわけではない）。最近では、原子力委員会で革新型炉の議論が行なわれているし、国際協力でも第4世代炉の検討も進められている。一方では加速器駆動炉の研究が世界的に進められている。これまでパワーを出したことがない未臨界炉が加速器と組んで高出力炉となる全く新しい概念の炉が対象となる。このように見ると、炉物理が重要な役割を果たすチャンスは大きくなりつつあるのではなからうか。いや、むしろ炉心核特性の面で革新的な炉が真に革新型炉となりうるとも言える。部会員の奮闘が期待される所である。

最後に、原子力と社会との係わりについて述べておきたい。この点については本会報52号の巻頭言において工藤部会長も書かれている。皆さんも良くご存知のように今や原子力エネルギーは日本の電力の1/3を供給している。これはとりもなおさず、国民生活、社会、産業を支える極めて重要な役割を果たしているのである。また、CO₂の発生量を押さえ地球温暖化対策の役割も果たしている。これが現実であることを忘れてはならない。つまり、原子力は既に極めて重い責任を国民生活に対して負っているのである。我々はこの逃れら

れない責任を果たすべき立場にある。より安価なエネルギーを供給することが出来れば、国民生活に大きな寄与をすることが出来る。私は原子力開発の黎明期からここまで原子力利用の発展を実現された先達に心から敬意を表さずにはおれない。これを受け継ぐ者は、国民から「原子力エネルギーよりもコストが高くても他のエネルギー源を」と言われるような事態は決して招いてはならない、と心を引き締める必要がある。こう考えると我々の行なうべきことは多い。炉物理という分野に閉じこもってはいけないし、自ら垣根を作る事も避けねばならないだろう。

一般国民の中に原子力に対して拒否の態度を示す人達がいるのは事実であるが、それらの人がそのような態度に変わるきっかけは、少なからず原子力に携わる側の者が作っている、あるいは増幅しているように私には思える。原子力に携わる者全てが自戒の念を忘れてはならない。

炉物理研究委員会 ワーキングパーティー活動

炉物理研究委員会 事務局

炉物理研究委員会では、委員会活動の活性化を図るとともに、炉物理部会の活動と連携を取りながら我が国の炉物理研究の向上に寄与するため、特定の課題について必要な活動を行うワーキングパーティー（以下、WP）を設立した。

平成11年度に設立した3つのWPは、それぞれ、予定した2年間の活動を行って、12年度に終了した。その活動内容は、すでに学会等において、WPリーダー等から報告があった。

新たに2年を目処として活動するWPを設立するために、平成13年4月にWPテーマを公募した。応募されたテーマは、以下の6つであった。

- ①未臨界炉の炉物理
- ②中性子吸収材の多様化の検討
- ③共用炉物理コードシステムの構築
- ④軽水炉次世代燃料の炉物理
- ⑤フロンティア技術による新型炉・機器の検討
- ⑥高速炉の燃焼法高度化

5月から6月にかけて、各WPテーマ毎に参加希望者が、活動内容・計画について検討し、その検討結果が第71回炉物理研究委員会（平成13年6月29日開催）において紹介された。炉物理研究委員会では、検討結果をもとに、活動内容等について吟味するとともにWP統合の可能性等について議論した後、投票によって、3つWPテーマ（①、③、④）を選定した。

こうして選定された3つのテーマに対して、6月30日～7月15日の期間、炉物理研究委員会メーリングリスト、炉物理部会メーリングリスト、炉物理部会HPを通して、WP参加者を募集し、参加者を確定した。その後、種々の手続きを経て、平成13年9月1日以下の3つのWPが正式に発足した。各WPでは、10～11月にかけて第1回会合を開催し、詳細な活動内容について検討・確認を行い、具体的な活動を開始した。以下に、第1回会合結果をもとに、

3つのWPの活動目的、活動概要等を紹介する。

(1) 未臨界炉の炉物理 (参加者数: 23名)

活動目的: これまで臨界安全管理の視点から研究されてきた「未臨界」に関し、加速器駆動未臨界原子炉システム (ADS) を念頭に置き、かつての研究成果も参考にしつつ、理論、実験の両面から炉物理的な検討を総合的に行う。

活動の概要: 以下の3項目を、本WPの検討課題として取り上げる。

a. 未臨界度の理論

「未臨界度」について理論的な検討を行い、「未臨界度」を明確に分類・定義する。また、未臨界度測定手法について理論的な裏付けを行うとともに、実験の手順の明確化、測定精度、応用上の問題点を明らかにする。

b. 未臨界炉のベンチマーク解析

加速器駆動未臨界炉を想定した体系に対するベンチマーク問題を設定する。そして、WP参加者各自が解析を行い、相互比較を行う。

c. 未臨界度とADS炉設計

ADS炉設計における未臨界度設定などの考え方を明確な形 (指針のような形) でまとめることを目指す。

(2) 軽水炉次世代燃料の炉物理 (参加者数: 24名)

軽水炉燃料高度化に係る核計算精度への影響を検討するため、当面の軽水炉燃料高度化計画の次を狙ったある程度チャレンジングな設計を検討対象として、計算ベンチマーク問題を提案し、解析結果を集約した。今後の2年間で、集約されたベンチマーク問題解析結果を分析し、精度向上のための核データや計算手法への課題提言、また炉物理実験の提案へとつなげる。当面の活動として、以下の項目を実施する。

- ・ベンチマーク解析の継続と見直し
- ・解析結果の要求精度に関する検討
- ・現行炉心の解析精度との比較
- ・最良解の傍証となる解析の提示

(3) 共用炉物理コードシステムの構築 (参加者数: 15名)

活動の目的: 炉物理部会会員がその研究・開発活動を効率的に行えるように、幅広い研究分野で便利に使える炉物理コードシステムを構築する。

活動の概要: 下記項目等について議論を進め、具体案を作成し、それに従って活動を進める。

a. 各機関各炉型毎のコードの現状・課題の整理

b. どのようなコードシステムを作るか。

今後開発が必要な炉物理コードの具体的な内容を定める。

c. コードシステムの開発・整備の体制をどのように作るか。

d. 国内各機関の協力体制をどのように作るか。

e. インターネット等はどのように利用するか。

(文責 岡嶋成晃)

<トピックス>

「未来の原子力コードについて」

—原子力コード研究委員会・原子力計算科学専門部会・

炉物理 WG の活動から—

近年の現行炉の高度化や多様な新型炉概念の創出により、解析対象とする炉心の構成が多様化、複雑化している。これに対応するために、炉物理・熱水力・材料の各分野及びその複合領域において、解析手法や解析コードも高度化していく必要がある。そこで、分野間の情報交換、各分野における計算科学の現状とニーズの調査、今後の解析手法及び計算コード開発における課題の抽出を行い、原子力分野における計算科学の活性化を図ることを目的として、平成12年度に原子力コード研究委員会のもとに原子力計算科学専門部会が設置された。平成13年度からは、原研のITBL構想の将来利用を念頭におき、上記の分野ごとに、計算のニーズとコード開発の方針について具体的に議論するため、3つのWGが設置された。その一つである炉物理WGでは、1) 炉物理分野における課題の整理、2) 今後整備すべき(したい)コード、3) ITBL構想にのせたい先端的なコード、に関するメンバーからの報告を基に炉物理WGからの提案を取り纏めることにした。

炉物理WGでの議論を要約すると、これからの原子力では、開発費の削減や技術者の減少に対処することが大きな課題であり、効果的な開発体制による原子力技術の高度化、優れた技術者の効率的な育成が重要である。炉物理分野においても、原子炉の安全な運用、経済性の向上等に資する解析手法の高度化と、情報共有化の促進により産学官が協力して技術開発できる体制作り、標準化への取り組み、さらには炉物理研究者の育成が重要な課題である。

炉物理に関する解析手法の高度化の方向としては、全炉心詳細計算のような詳細モデルによる大規模体系計算と、炉内の現象をミクロなレベルから解明するためのモデルの高度化がある。具体的な技術的課題も幾つか挙げられており、

新しい炉心の特性や炉内で起こる複雑な現象を精度良く予測できる、レファレンスとなり得るコード開発が必要というのが、一致した見方であった。解析手法の高度化以外にも、ERANOSのような自由度の大きな解析システムの必要性、効果的に学べる教育ツールの必要性など、上述した課題のどの面を強調するかによって様々であるが、将来に向かって必要と思われる提案があった。

提案の中には、ITBL構想という枠を越えて、未来の原子力コードのあり方について総括的かつ斬新な構想やアイデアを示すものが含まれていた。本稿では、これらの斬新な提案をできるかぎり生の状態のまま、読者に提供し、共に未来の原子力コードのあり方について考えていただきたいという狙いで、WGでの発表内容を中心にまとめたものである。今後、こういったテーマについて話し合う機会を増やし、方針に賛同して実作業に参加しようとする若い研究者を確保・育成することが重要であると感じている。

(森 貴正、丸山博見)

(1) 炉物理の高度化について

(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン (GNF-J)

丸山 博見

1 はじめに

これからの原子力では、開発費の削減や技術者の減少に対処することが大きな課題である。このような状況の中で、原子力技術者は、技術高度化の方向性を探るとともにその必要性を幅広くPRすること、原子力技術を魅力ある技術にすることによって後継者を獲得することが重要であると考えている。そのような考えから、「将来にわたる原子力を支える物理の需要の発掘」を目的として、原研の森氏、三菱重工の田原氏をはじめとする有志、GNF-Jの有志とともにプロジェクトZと称して会合を持っている。ここでは、プロジェクトZで実施した①炉物理の課題、②整備すべき(したい)コードについてのブレインストーミングの結果と、その中からITBLにのせたいと考えるコードについて述べる。

2 炉物理の課題

- (1) 原子力発電所の安全を確保することは、原子力技術者の最も重要な責務である。このため、安全な炉心運用・設計を支える物理の確立、安全性評価や事故時に対応できる物理の進展は、炉物理に課せられた重要な課題である。
- (2) また、我が国のエネルギー事情にマッチした新しい原子炉の開発が進むとすれば、そのような新しい設計に対応できる炉物理の高度化が必要になる。
- (3) 今後の開発費の削減を考えれば、多くの機関が必要とする炉物理の研究開発項目を幅広いコンセンサスを得て、産学官協力して進めていく必要がある。
- (4) 炉物理の後継者の確保と育成については、上述したように、炉物理の研究開発の需要を発掘し、世の中の役に立ち、且つ、学術的にも魅力的な炉物理分野を形成していくことが重要である。

3 整備すべき(したい)コードとITBLにのせたいコード

今、原子力技術に「何が必要か」を出してもらった結果、大きく分けて①の詳細計算コードに関するもの、②次世代炉設計等に関するもの、③核データに関するもの、④情報の共有に関するもの、⑤研究開発の意義付けに関するもの、⑥許認可に関するもの、⑦人材育成に関するもの、が挙げられた。この中から、今後整備すべき(したい)コードとして大別できるものは次の通りであった。

- (1) PWR/BWRを対象とした詳細計算コード、特に下記をキーワードとするリファレンスコード
 - ① ベストエスティメイト(BE)
 - ② 過渡(事故)解析
 - ③ 熱、材料などとの複合(連成)解析
- (2) 核データに係るツールと核データの整備・標準化
- (3) 次世代炉等の新型炉の設計コード

ITBLの性能の高さに期待して、詳細計算コードをITBLにのせたいと考える。信頼

性の高い原子力発電を維持するには、①設計コードの高精度化と品質保証、②高精度な設計チェックの仕組み、③臨界試験などの検証用データベースの充実、が不可欠である。詳細計算コードは、リファレンスコードとして設計コードの精度向上に役立つ他、設計チェックのクロスチェックコードとしても活用できる、という利点がある。我が国の炉物理界の粋を集めた詳細計算コードを設計チェックに用いれば、メーカーの設計コードとは独立に、炉型に依らずに同じ基準で設計をチェックできるので効果も大きいと考えている。

4 おわりに

何と言っても、これから頻繁に議論し、電力、メーカー、大学、官庁がどのような具体的ニーズを持っているか、どのような研究開発を期待しているか、を明確にしていくことから始めなくてはならないと考えている。それがプロジェクトZの意義の一つであるが、もっと多くの機関、もっと多くの人たちに参加してもらえればよいと思う。

原子力というのは、チェルノブイリ事故やJCO事故を例に引くまでもなく、一企業のミス、技術レベルなどの影響が、一企業に留まらず、国全体、さらには全世界に及ぶということを知らなければならない。したがって、たとえば企業は自社の利益だけを追求するのではなく、国内の全体の技術水準を上げることを考え、雇用、すなわち原子力技術者の確保を考えつつ、その中で製品アイデアや低コスト化のための高度な競争をすることが要求されているのではないだろうか。

国内の技術水準を上げる方策として、上で述べた過程でコンセンサスを得られた必要な炉物理の高度化研究を、産学官、共同で進めていくことができればよいと考えている。理想論かもしれないが、理想論も10回、100回、言いつづけているうちに現実に少しは近づいていくものと信じている。

原子力計算科学専門部会・炉物理WG 炉物理の高度化について

プロジェクトZ

原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002/1/21

1

原子炉物理を取り巻く状況

- 原子力発電所の安全確保
 - 日本だけでなく世界に対する原子力技術者の責務
- 我が国のエネルギー事情
 - 将来にわたる原子力発電の必要性
 - 我が国の資源事情に適した新しい原子炉の開発
- 原子力開発費の削減
 - エネルギー政策における原子力ビジョンのあいまいさ
 - 原子力関連技術は検証された技術という認識
 - 競争激化に伴う電力、メーカーの利益追及の犠牲

原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002/1/21

3

プロジェクトZ

- 「将来にわたる原子炉物理の需要発掘」を目的とした集まり
- 現在のメンバー
 - 原研: 森氏
 - 三菱: 田原氏他、手法開発、設計、許認可担当者など
 - GNF-J: 丸山他、手法開発、熱水力、許認可担当者など

原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002/1/21

2

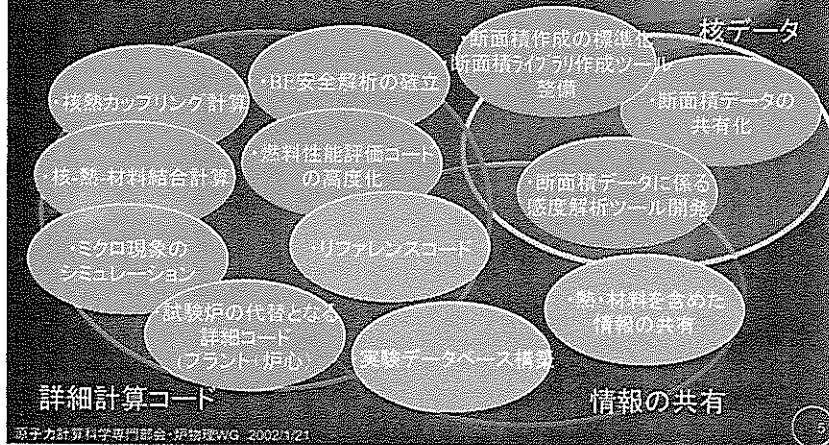
炉物理分野における課題

- 原子力発電所の安全性確保
 - 安全な炉心運用・設計を支える炉物理の確立
 - 安全性評価や事故に対応できる炉物理の確立
- 新しい原子炉の開発を支える炉物理
 - 新たな設計に対応できる炉物理の高度化
- 効果的な炉物理研究体制
 - 諸機関のコンセンサスを得た炉物理研究
- 炉物理技術者の確保と育成
 - 将来にわたる炉物理の需要発掘

原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002/1/21

4

「何が必要か」に関する議論(1)



原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002/1/21

5

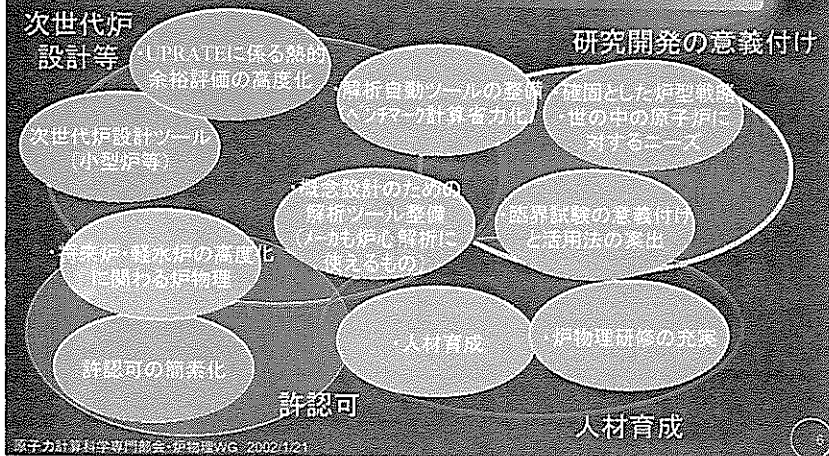
今後、整備すべきコード

- 議論から整備すべきコードは以下の通り。
 - 詳細計算コード
 - キーワードは、
 - ベストエスティメイト(BE)
 - 過渡(事故)解析
 - 熱、材料などとの複合解析
 - リファレンスコード
 - 核データに係るツール、データの整備・標準化
 - 次世代炉等の新型炉の設計ツール

原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002/1/21

7

「何が必要か」に関する議論(2)

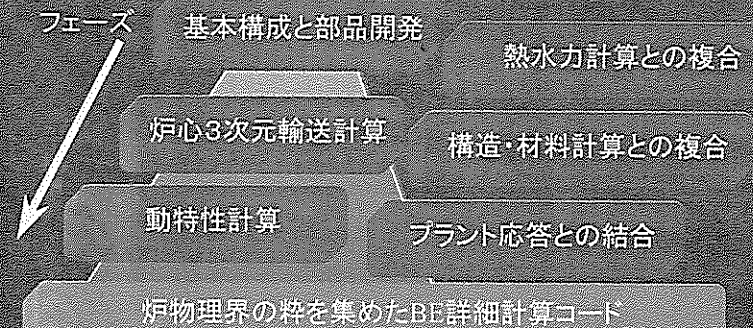


原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002/1/21

6

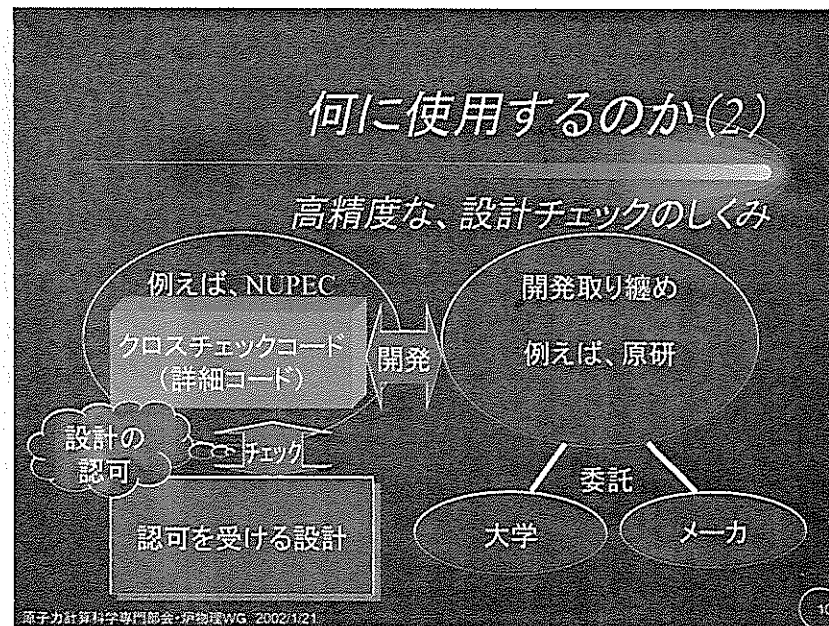
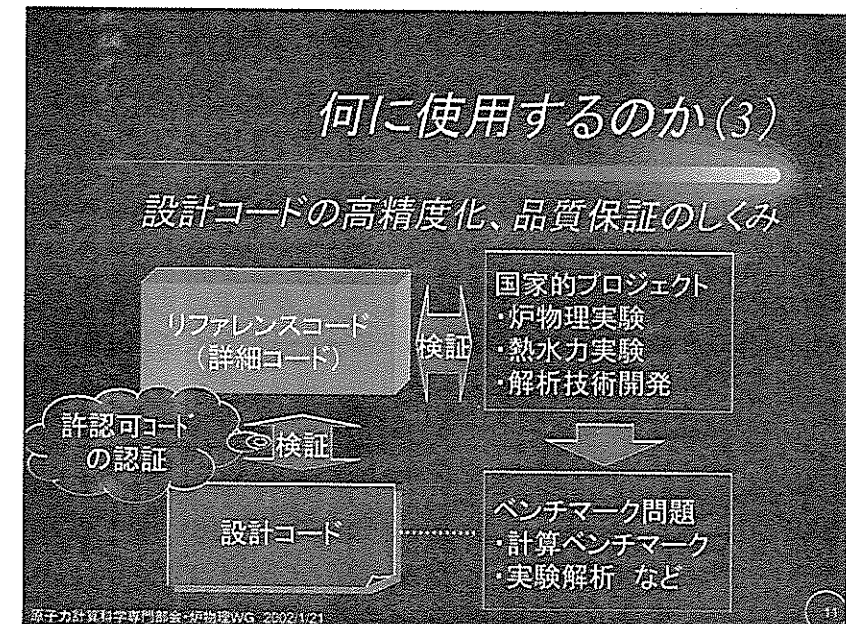
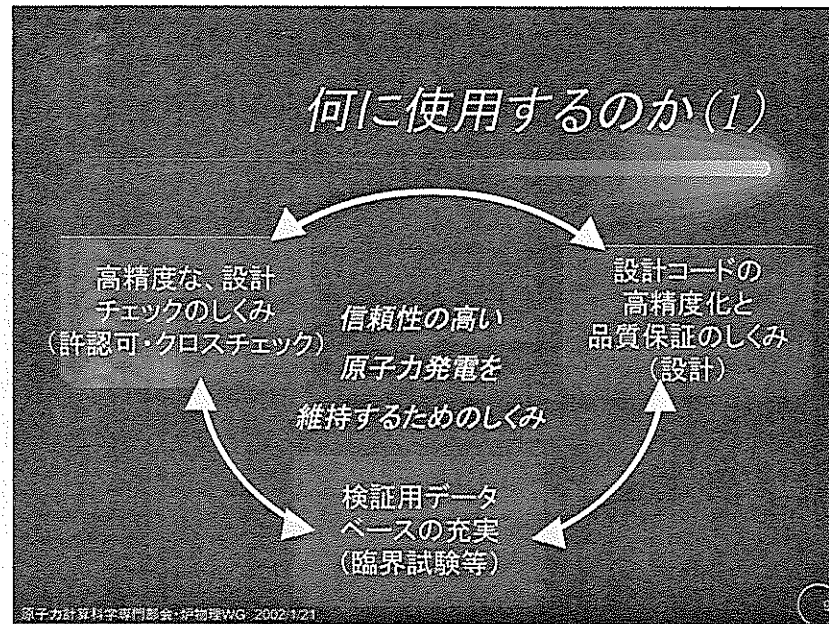
ITBL構想にのせたいコード

- リファレンスになりうる詳細計算コード



原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002/1/21

8



- ### 最後に
- 国、大学、電力、メーカーのコンセンサスを持った開発
 - 各機関の個別ニーズの明確化
 - 将来に禍根を残さない原子力利用が共通課題
 - 多くの機関の共同作業
 - 参加各機関のメリットの明確化 (競争すべきところと協力すべきところの明確化)
 - 共同開発できる環境整備 (全体構成、プラットフォーム等)
 - 予算の獲得
 - 予算は人を獲得するための必要条件
- 原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002/1/21

(2) 原研における炉特性解析コードシステムの開発

日本原子力研究所

奥村 啓介

原研・炉物理研究グループでは、軽水炉の高度化や将来型炉の設計研究において参照コードとして使用できる汎用性が高く高速高精度な炉心特性解析コードシステムの構築を目指してコード開発を行っている。参照コードとして必要な機能としては核熱結合動特性解析までを想定し、高速計算に優れる決定論的手法と汎用性に優れるモンテカルロ法を対象としている。開発に当たっては、近年のベクトル型、並列型のスーパーコンピュータ技術を駆使した大規模計算を想定するとともに、高精度化による汎用性ばかりでなく、システムの拡張性、維持管理の容易性の実現に重点を置いている。このような観点から、現在、以下のコードの開発を進めている。

- ・ SRAC の改良 (SRAC2002 : 次期公開用 SRAC95 のリニューアル版、MOSRA-SRAC : 実効断面積と衝突確率法計算部分をモジュラー化して解析手法の高度化、機能拡張、信頼性向上を図るもの)
- ・ 汎用形状集合体輸送計算コードの開発 : 幾何形状入力に CG を採用し、モンテカルロコード並の形状表現能力を備えた Characteristics 法に基づく燃料集合体解析コード
- ・ MOSRA (モジュラー型核熱結合炉心解析コード) システム : 核計算や熱水力計算などの基本計算機能をモジュール化したパッケージとして開発し、モジュールの変更・追加・削除により、解析手法の高度化研究、対応炉心の多様化、維持・管理の容易化を図るコードシステム
- ・ MLK3D-TRAC : MOSRA の核計算モジュールを時間依存に改良して TRAC コードに組み込んだ軽水炉 (PWR/BWR) 用の 3 次元核熱結合過渡解析コード
- ・ 汎用連続エネルギーモンテカルロコード MVP の機能拡張 (MVP/GMVP 第 2 版、高精度摂動計算法の開発、高エネルギー断面積ライブラリ利用、ベンチマークシステム、燃焼チェーンとライブラリ拡充)

特に MVP によるベンチマークシステムは、さしあたって国際臨界安全ベンチマ

ーク評価プロジェクト (ICSBEP) で評価されたベンチマーク問題を対象としており、1000 ケース以上の実験データの解析に最低でも百日以上の時間が必要と予想されている。今話題になっている ITBL を活用することによりこれが 10 日程度まで短縮できれば、核データの改良や参照解の提供において、強力なツールとなると期待している。

原研における炉特性解析コードシステムの開発

—原子力計算科学専門部会・炉物理WG会合資料—
於 大阪大学・原子力工学本館5階セミナー室

2002年1月21日

日本原子力研究所
エネルギーシステム研究部・炉物理研究グループ
奥村 啓介 (okumura@mike.tokai.jaeri.go.jp)

JAERI

1

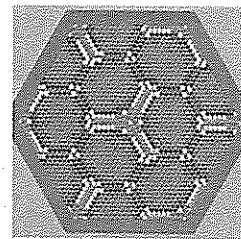
汎用格子燃焼解析コードの開発

SRACの改良

- SRAC2002の公開
- MOSRA-SRACの開発 (SRAC-PIJのモジュール化)

新しい集合体用解析コードの開発

- キャラクタリスティクス法の導入
- MVPのCG機能を利用した幾何形状表現
- MVPのCGVIEW(GUI)を利用した入力支援機能



低減速スペクトル炉体系 (日立設計案)

JAERI

2

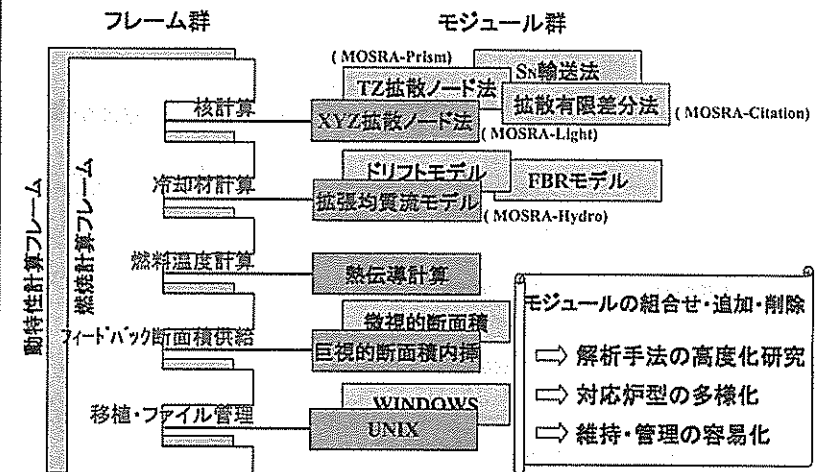
MOSRA-SRACの開発

- ◆プログラムのモジュール化
 - 保守性・拡張性の改善
 - 他コードとのプログラム共用
- ◆共鳴計算手法の高精度化
 - PEACOのエネルギー範囲拡大(カットオフ以下)
 - 改良非均質補正手法の導入
- ◆信頼性と利便性の向上
 - オプションの最適化・合理化
 - 分かり易いプリント出力
 - PDSファイルの拡張
- ◆燃焼計算機能の強化
 - PC法の導入
 - 指定ステッププランチオフ計算
 - 燃焼チェーンモデルの詳細化(バックエンド分野への利用)

JAERI

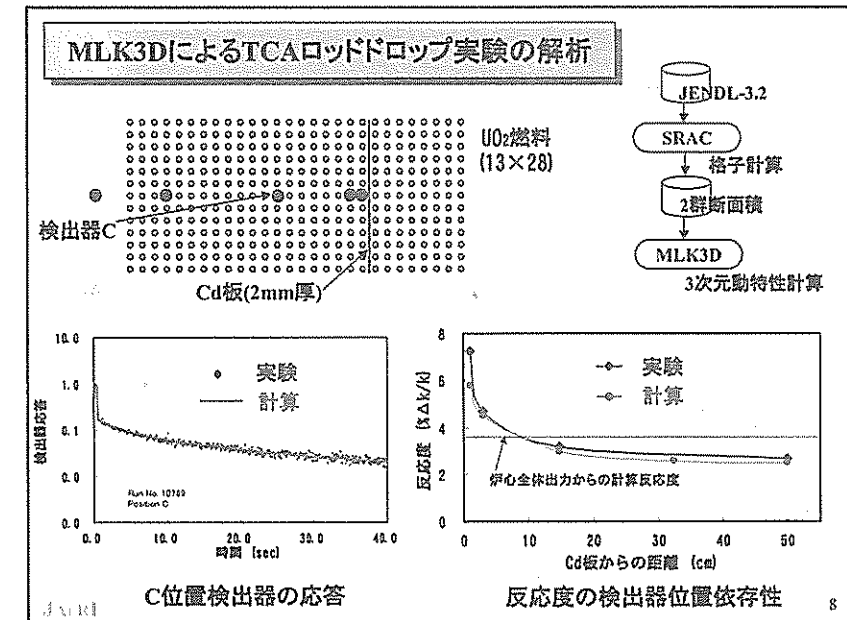
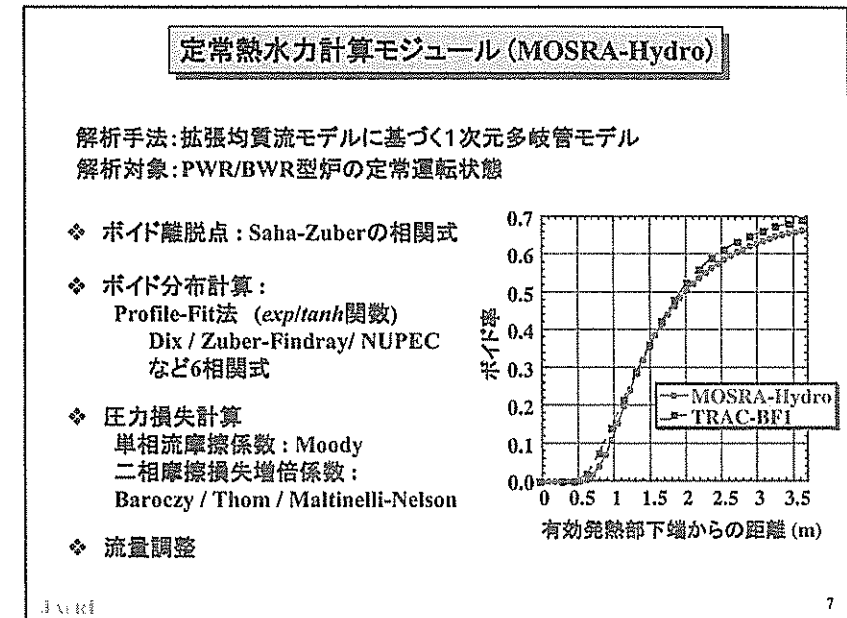
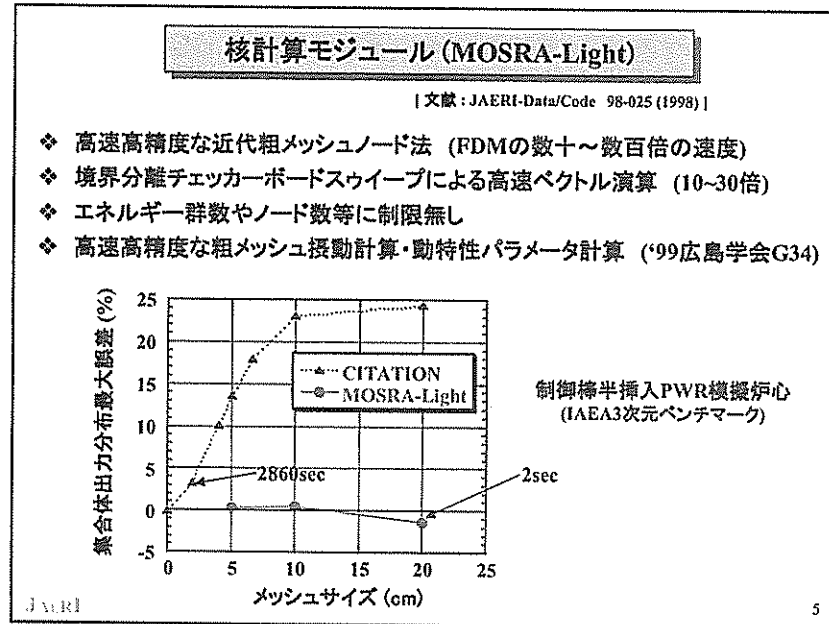
3

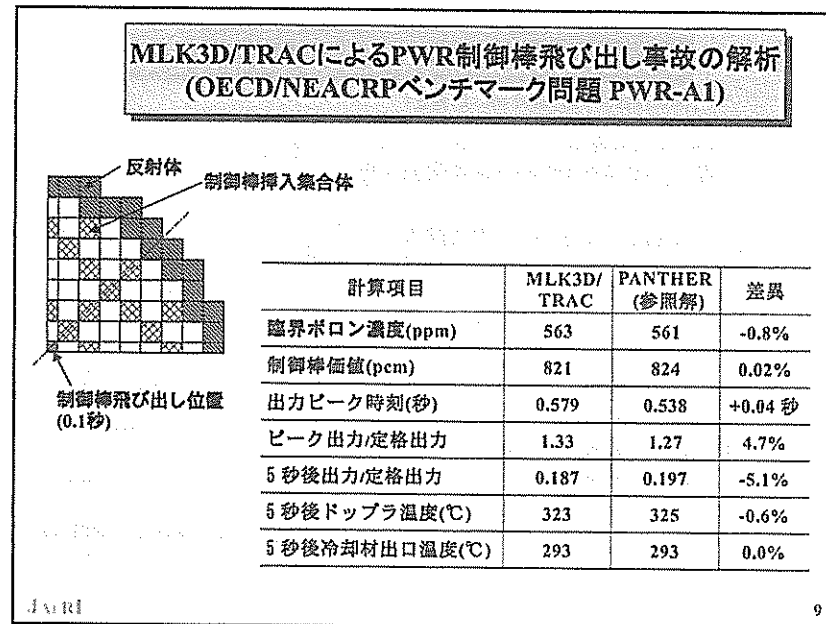
モジュール型炉心解析コードシステム (MOSRA)



JAERI

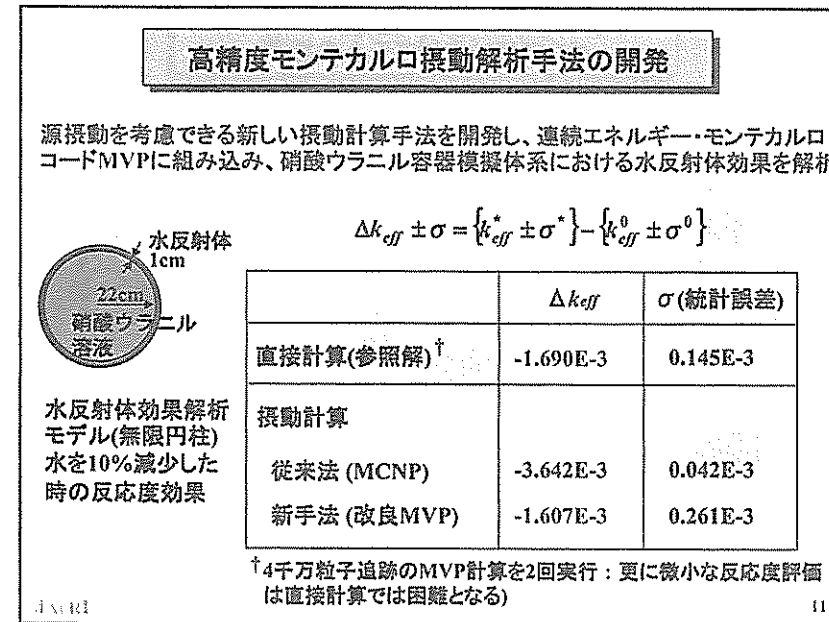
4





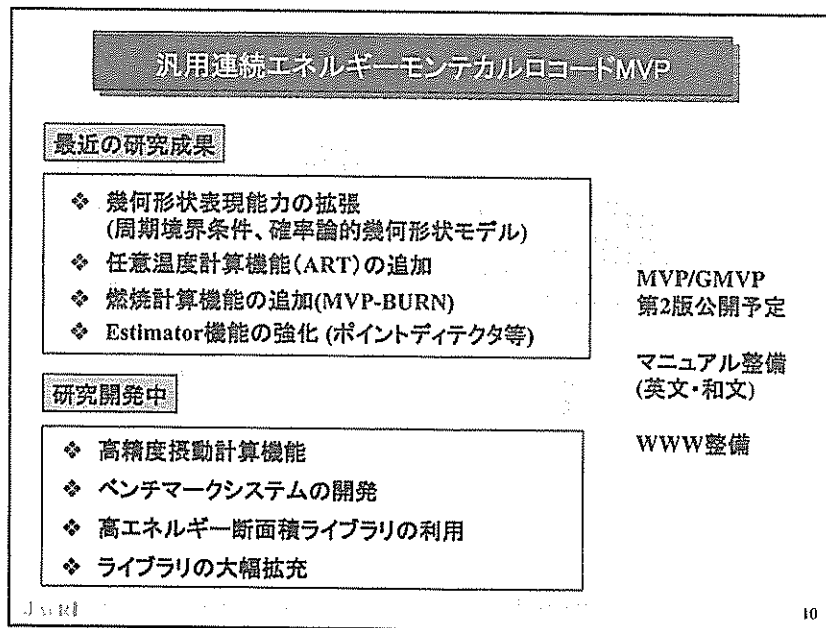
JARR

9



JARR

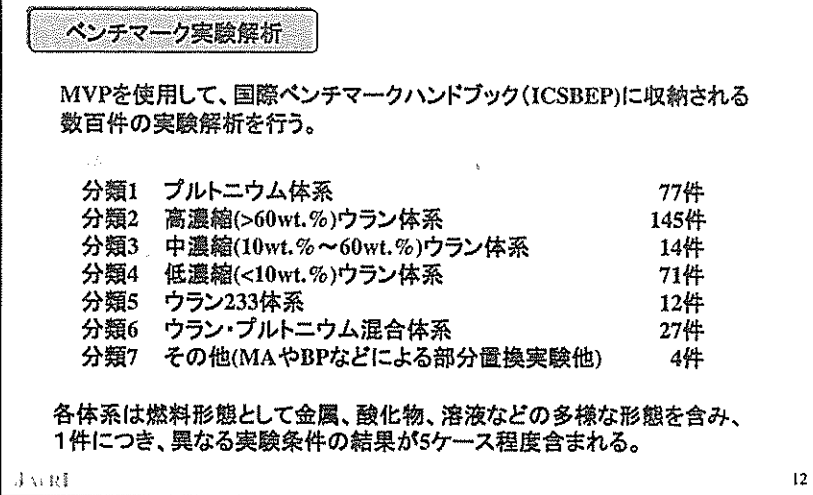
11



JARR

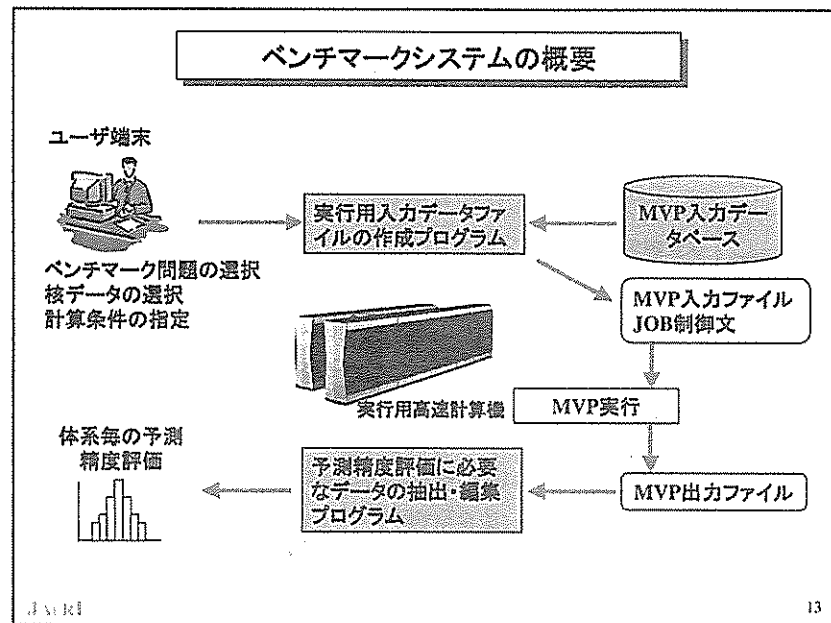
10

MVPによるベンチマークシステムの開発



JARR

12



(3) 欧州炉物理解析システム ERANOS の特徴と次世代解析システムの提案

核燃料サイクル開発機構
横山 賢治、石川 眞

1. はじめに

原子力先進技術研究開発分野におけるフランス原子力庁 (CEA) とサイクル機構 (JNC) との協定に基づく共同研究の一環として、横山は平成 12 年 5 月から約 1 年半、CEA カダラッシュ研究所に滞在し、欧州炉物理解析システム ERANOS (European Reactor Analysis Optimized System) を用いて、JUPITER 実験及び高速実験炉「常陽」の解析を実施した。この解析を実施する中で、ERANOS の炉物理的な性能もさることながら、統合型の炉物理解析システムとしての自由度の高さ・拡張性等にも注目すべきものがあると考えており、ここでは、ERANOS のソフトウェアとしての特徴を紹介する [資料 2, 3]。

2. ERANOS のソフトウェアとしての特徴

ERANOS は、CEA がソフトウェア会社と共同で独自に開発した ALOS と呼ばれるソフトウェア開発環境を用いて開発されている。この中で、LU、ESOPE と呼ばれる 2 つのプログラミング言語が独自に開発されており、ERANOS はこの 2 つのプログラミング言語を使って開発されている。ソフトウェアとしてみた場合の大きな特徴として、(1) スクリプト言語 (ユーザー言語) LU とシステム言語 ESOPE による「複合言語化」、(2) オブジェクト指向的なデータ構造中心の設計、の 2 点を挙げる事ができる。ERANOS では、基本的な開発言語として Fortran の拡張版である ESOPE を利用することで計算速度を維持しつつも、LU と呼ばれる一種のプログラミング言語を採用することで、使いやすい環境を提供している。また、内部で利用されるデータはすべて EDL と呼ばれるデータ形式で定義されており、このデータを中心としたオブジェクト指向的な設計法を採用しているため、解析手法やデータの組み合わせの自由度が高く、拡張性や再利用性に優れた解析システムとなっている [資料 4, 5, 6, 7]。

ユーザーは ERANOS で解析する場合、LU を使って解析コードを「関数 (サブルーチン)」を呼び出すような形で利用する。また、炉物理的な概念、例えば、中性子束、核反応断面積、体系等は、すべて EDL 形式で定義されており、ひとつの「変

数」として簡単に扱える。ユーザーは問題に応じて、一連の解析の流れ（以後、解析スキーム）を、炉物理解析用に特化した「関数」と「変数」を使った簡単なプログラムとして表現することで解析を実施する。また、LU 上でデータ型や配列数の宣言等は自動的に処理される上に、炉物理的な概念を単位としてデータや機能が定義されているため、コンピューターに関わる煩雑な問題は隠蔽されており、炉物理の問題に意識を集中できるため、分かりやすく使いやすい解析システムとなっている。また、単に利用しやすいというだけでなく、LU で記述された解析スキームは、ERANOS の新たな「関数」として登録可能であり、機能の拡張性にも優れている。

例えば、ERANOS は、標準的な Na 冷却 MOX 燃料高速炉の詳細解析のための機能を有するが、格子計算、炉心計算、燃焼計算等の主要な計算機能に加え、燃料交換、制御棒引抜、熱膨張による体系変化等などを取り扱う機能やデータも、それぞれ、独立した「関数」や「変数」として整備されており、これらの各機能を組み合わせることで、高速炉実機の詳細解析機能が実現されている〔資料 9〕。

このように、ERANOS では、炉物理解析に必要な機能やデータを「部品」として用意しておき、ユーザーが利用する段階で組み合わせて使うという方針が採られているため、自由度が高く、機能・データの再利用性、拡張性に優れている。これらの性能は、(1)、(2)を技術基盤として実現されていると考えられる。

3. 次世代解析システムに関する提案

以上のような情報を参考に、現在 JNC で整備を進めている高速炉核特性解析システム（以下、JNC システム）について分析する。JNC システムも解析コードを機能の単位としており、これらの連携で解析スキームを構築するが、ここでやりとりされるデータの構造は ERANOS ほど厳密に統一化されていない。また、解析スキームの制御方法も、JCL やデータ形式変換ツール、手作業などを必要に応じて利用しており、統一化されていない。このため、機能の発展とともにシステムが複雑化し、このまま拡張し続けていくのは困難な状況となりつつある〔資料 8, 10, 11〕。

一方、CEA では、ERANOS の次期解析システムの開発計画を開始しており、更に汎用性の高いものを目指しているようである⁽¹⁾〔資料 12〕。ERANOS のようなアプローチは、汎用の炉物理解析システムの設計方法としても優れているが、炉物理に限らず、熱流動や構造解析等との連携等にも応用が可能と考えられる。これらの情報を参考にして、JNC システムに対してデータ構造を中心とした再設計を行い、複合言語化されたシステムを導入することを検討している。システムの再設計は

難しいと思われるが、現在であれば、より高度な機能を持つプログラミング言語もいろいろ存在するようであり、少なくとも、プログラミング言語の開発から始めるという必要はないと考える〔資料 13, 14〕。

4. まとめ

ERANOS の調査結果から、新しい計算科学技術を導入した炉物理解析システムの基盤を整備することの見返りは意外に大きく、炉物理研究に新たな展開が生まれる可能もあるのではないかと考える。一方で、EDL のような炉物理に関する汎用的なデータ構造の決定は、炉物理の専門家なくしては解決できない問題であると考えられる。〔資料 15, 16〕。

参考文献

- (1) 共用炉物理コードシステム専門委員会：「共用炉物理コードシステム特別専門委員会報告書」、JNC TJ9420 2001-007 (2001年3月)

原子力計算科学専門部会・炉物理WG
2002年1月21日

欧州炉物理解析システムERANOSの特徴と 次世代解析システムの提案

核燃料サイクル開発機構 大洗工学センター
システム部 中性子Gr
横山 賢治

1

発表内容

原子力先進技術研究開発分野におけるフランス原子力庁(CEA)とサイクル機構(JNC)との協定に基づく共同研究の一環として、平成12年5月1日～平成13年10月27日(545日)に、CEAカダラッシュ研究所に駐在し、主にERANOSを用いたJUPITER実験解析、「常陽」実験解析を実施。

一方、ERANOSの利用経験をもとに解析システムとしての特徴を調査。

↓
本報告内容

- 欧州炉物理解析システムERANOSの概要
- ERANOSのソフトウェアとしての特徴
- JNCの核特性解析システムについての分析
- 次世代解析システムに関する提案

2

ERANOSの概要

欧州炉物理解析システムERANOS
(European Reactor Analysis Optimized System)

- CEA(仏)、AEA Technol.(英)、KfK(FZK)、SIMENS(独)、CISI(仏)の連合により開発。
- フランス電力公社(EDF)とFRAMATOME社による出資の下、CEAが中心となり整備した高速炉核特性解析システム。
- 欧米で開発された炉物理計算コードを集大成。
- 高速炉炉心解析以外にも、多様な炉心、遮蔽計算への適用性。
 - ▷ 現在、加速器駆動未臨界炉(ADS)の解析への適用も進行中。

3

ソフトウェアとしてのERANOS

- システム開発環境
 - ▷ ALOSと呼ばれるシステム開発環境を独自に開発し、ERANOSの開発に利用
 - ▷ ALOSはCEAとCISIというソフトウェア会社による共同開発
 - ▷ Algol, Pascal, Ada等のプログラミング言語を参考に開発
- ERANOSのソフトウェアとしての特徴
 - ▷ スクリプト言語(ユーザー言語)LUとシステム言語ESOPEIによる「複合言語化」
 - ▷ スクリプト言語とシステム言語のそれぞれの特徴を活かした設計
 - ▷ 「オブジェクト指向設計」の適用
 - ▷ EDLと呼ばれるデータ構造を中心とした設計
 - ▷ データや機能をなるべく分離・独立させるような設計

4

スクリプト言語とシステム言語

Tclと呼ばれるプログラミング言語の開発者Ousterhoutによる言語の分類法

- **スクリプト言語 (Scripting Language):**
 - 既存の強力な機能や要素を結合 (Gluing: 糊付け) するための言語。
 - データの型付けが緩いため、要素の組合せを簡素可能。迅速なアプリケーション開発を促進。
 - 短いプログラムで高度な処理が可能だが、実行効率は悪い。
- **システム言語 (System Programming Language):**
 - コンピュータの基礎レベルから、データ構造やアルゴリズムを構築するための言語。
 - データの型付けが強いため、複雑なデータ構造を管理するのが得意。
 - プログラムは長くなるが、実行効率は良い。

表 プログラミング言語の変遷

	スクリプト言語	システム言語
1970年代	JCL	PL/I, Fortran, assembly
1980年代	Shell (sh, csh, ...)	C
1990年代	Visual Basic	C, C++
現在	JavaScript, Perl, Tcl	Java
将来	Python, Ruby, ... ?	C, C++, Java, ... ?

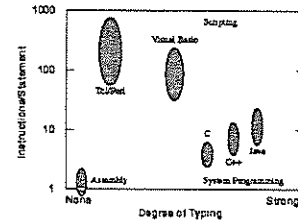


図 プログラミング言語の比較

*: J.K.Ousterhout, "Scripting: Higher Level Programming for the 21st Century", IEEE Computer Magazine, March 1998

スクリプト言語とシステム言語の利点

- **スクリプト言語を選択すべき要件**
 - 既存の要素を組合せることが主な仕事か? Yes (解析コード群の連携)
 - 様々な異なった事象の操作が必要か? Yes (対象は複雑で様々)
 - グラフィカルユーザーインターフェイスを含むか? Yes (結果表示、入力等)
 - 機能は速い速度で進化するか? Yes (解析手法は日々進歩)
 - 拡張性は必要か? Yes (解析対象は日々変化)
 - **システム言語を選択すべき要件**
 - 複雑なアルゴリズムやデータ構造が必要か? Yes (手法、データともに複雑)
 - 大きなデータ処理や計算の速度は重要か? Yes (ともに非常に重要)
 - 機能はよく定義されており、変化は遅いか? No (進歩のためには変化が必要)
- 解析コードシステムについて考えると、ほとんどがYesであり、両方の特徴を兼ね備えた開発環境が理想的。

オブジェクト指向設計の利点

オブジェクト指向:

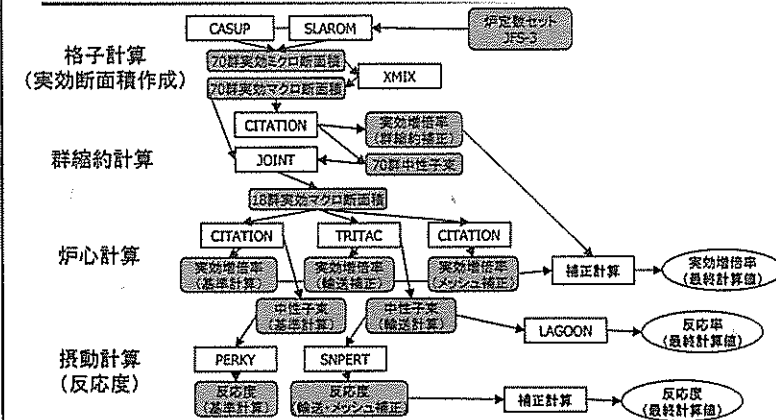
ソフトウェアの設計や開発において、操作手順よりも操作対象に重点を置く考え方。関連するデータの集合と、それに対する手続き(メソッド)を「オブジェクト」と呼ばれる一つのまとまりとして管理し、その組み合わせによってソフトウェアを構築する。特に大規模なソフトウェア開発において有効な考え方であるとされている。

オブジェクト指向設計で得られるとされるソフトウェアの性能*

- **正確さ:** ユーザーの要求・使用中に定義されたとおり確実に仕事を行う能力
 - 正しい計算結果
- **頑丈さ:** 異常な状態においても機能する能力
 - 誤った入力に対する適切な対応
- **拡張性:** 仕様の変更に容易に対応できる能力
 - 状況の変化に迅速に対応できる新しい解析手法の開発
- **再利用性:** 製品の全体または一部分の新しいアプリケーション構築への再利用可能性
 - 新しい解析コードや手法の開発コストの削減
- **互換性:** 製品相互の組み合わせ易さ
 - 解析コード(手法)の組み合わせ易さによる柔軟な解析システム

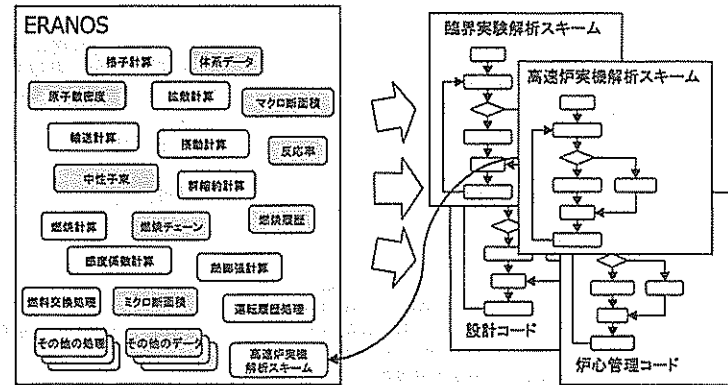
*: B. Mayer著、二本原吉監訳/酒匂寛・酒匂順子共訳:「オブジェクト指向入門」アスキー出版局(1990年)

JNCの詳細核特性解析スキーム



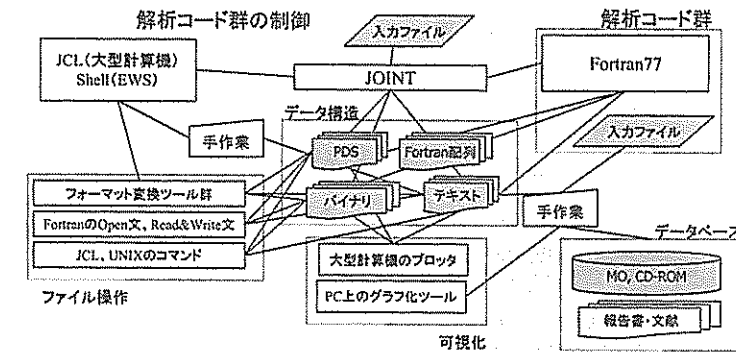
- 種々のデータを介した解析コードの連携により、「解析スキーム」が決定。
- いかにして「詳細な『解析スキーム』を構築するか」という方針で発展。
→ 解析スキームの構築は基本的に「開発者」の仕事

ERANOSによる炉物理解析スキームと開発サイクル



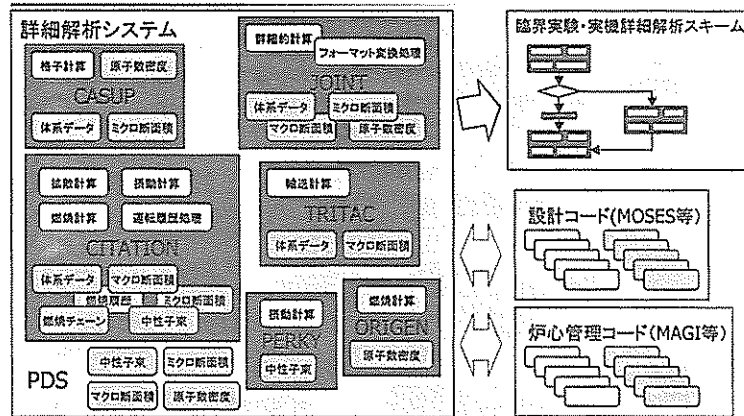
- 「『解析スキーム』ありき」ではなく、「『部品』ありき」という思想。
- 作成された、より複雑な解析スキームは、新たな「(複合)部品」とすることも可能。
- 「部品」を集める形で、ユーザーが入力ファイル作成のレベル(LU)で解析スキームを構築。
→ 解析スキームの構築は基本的に「ユーザー」の仕事

JNCの核特性解析システムの構成



- 計算制御は、JCLやShell、JOINT、各解析コードの入力ファイル等に分割。
- 大量のデータを取り扱うためにツール群が整備されているが、手作業の部分も存在。
→ 統一的に「解析スキームを記述する方法」がない。
- データ形式の統一が不完全であるため、発展とともにシステムが複雑化。

JNCの炉物理関連解析コードの開発

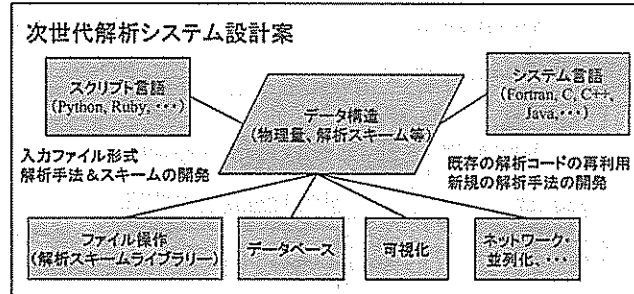


- 解析コード毎に分割されているが、各コード毎にデータ形式の統一が不完全なため、「部品(コード、データ)」の組み合わせの自由度が低くなる。
- 設計コード、炉心管理コード等の開発とのソフトウェアレベルでの連携は薄くなる。

CEAの次期解析システム開発計画

- ERANOSの次期統合型解析システムの開発計画を開始。
→ 現在は、システムの実現可能性についての検討段階。
- 軽水炉・高速炉用炉物理コードや遮蔽計算コードの統合、熱水力等との連携やモンテカルロ法との連携も考慮。
- 完全なオブジェクト指向による設計を採用。
→ 完全なモジュラー化が目標。
→ UML(Unified Modeling Language)を用いたシステム設計。
→ 開発プログラミング言語についても検討中。

JNCの次世代核特性解析システム設計に関する提案



- スクリプト言語とシステム言語による複合言語化されたシステム
 - 過去の資産を利用するためにはFortranは不可欠。
 - 新規開発のためには他のプログラミング言語も利用。
- データ構造を中心としたシステム設計(オブジェクト指向設計)
 - 再利用性、拡張性、柔軟性等の性能向上。

13

オブジェクト指向スクリプト言語の採用

- Python, Ruby等のより高度なスクリプト言語が多く存在
- 解析システムのソフトウェア基盤としての利用可能性
 - 長所
 - オブジェクト指向プログラミングを支援できるインタプリタ型の言語
 - C, C++言語との結合(複合言語化)が可能
 - ▷ FortranやJavaとの結合の試みあり(PyFort, f2py, Jython等)
 - 自動的なメモリ管理
 - 読みやすいプログラムとなるための工夫
 - 多くのユーティリティライブラリ
 - ▷ データベース、ネットワーク、可視化に関する豊富なライブラリ
 - 多くのプラットフォーム(UNIX, Windows, Macintosh等)で動作
 - 短所
 - 開発中(オープンソース開発が進行中、公の規格は特にない)
 - 利用者が少なく、文献も少ない(整備中)
 - 数値計算への利用例はまだ少ない(LLNLのNumerical Python等、一部あり)

14

期待される成果と将来の展望

- 期待される成果
 - 様々な解析対象に応じて、柔軟に、かつ、効率的に対応可能。
 - 本システムをベースとしたより大規模な原子炉解析システム、炉心管理コードシステム等の開発にも応用可能。
- 将来の展望
 - 熱水力、構造解析などの、他の原子力関連の解析コードとの連携が可能となれば、より広範囲の原子力関連の問題に対応可能。
 - 解析に必要な手法やデータが「部品」として整備することで、ネットワーク上の分散システムとの親和性の向上。
 - 原子力関連の解析手法・スキームやデータを、すべてコンピュータに理解・実行できる形で記述可能な言語 = 仮想原子炉

15

まとめ

- 欧州炉物理解析システムERANOSのソフトウェアとしての特徴
 - スクリプト言語とシステム言語の複合言語化されたシステム。
 - オブジェクト指向の考え方を取り入れた設計・開発。
- JNCの核特性解析システムについての分析結果
 - ソフトウェア基盤のJCL, Fortran77の技術(1970年代)は古くなりつつある。
 - 機能重視の設計であり、システムが高度化・巨大化するにつれ、拡張性等に問題を生じる傾向がある。
- 次世代解析システムに関する提案
 - オブジェクト指向スクリプト言語とシステム言語の複合言語化による、柔軟で、かつ、計算速度を確保した解析システム。
 - データ中心のオブジェクト指向設計の考え方を積極的に取り入れ、他分野の解析コードとの連携も考慮した、より汎用性のある解析システム。

16

(4) 炉物理計算コードの高度化：炉物理と核データとの「橋渡し」 としての積分実験解析ツールの整備の必要性について

京都大学原子炉実験所
宇根崎 博信

核特性予測精度の向上には、炉物理解析手法の高度化と、核特性評価に用いる核データの精度向上の双方をバランス良く進めて行くことが重要である。ここでは、この両者に重要な関わりを持つものとして、臨界実験装置などによる積分実験の解析を取り上げ、炉物理計算コードの高度化との関連において、現在の課題、今後の展望について述べる。

広範な物質組成、中性子スペクトル条件下で行われた系統的な臨界実験は、核データの積分評価において重要な役割を果たし得る。このためには、実験解析において、解析そのものに起因する不確かさ、すなわち、実験条件に対する近似的扱い（体系の組成・形状等）、核データに対する近似的扱い（エネルギー多群化、共鳴自己遮蔽等）、並びに解析手法に対する近似的扱い（空間・角度離散化等）を可能な限り低減することが重要である。この点については、近年の計算機環境の発展により、連続エネルギーモンテカルロ法が妥当な計算コストで利用可能となり、解析そのものに起因する不確かさを大幅に低減することが可能となっている。

現時点での実験解析の状況について概観すると、体系の大局的な情報である臨界性については現時点でも十分に満足な結果が得られているものと考えてよかろう。この反面、より局所的な情報が必要となる反応率（分布）や、計算の統計精度と同程度あるいはそれ以下の微小反応度を対象としたサンプル反応度については、現在の解析ツールでは十分な評価ができない場合が依然としてあり、より広範な実験データを活用するためには、微小領域における反応率評価法や、高精度の摂動計算法といった手法・コード開発が望ましい。

このようなりファレンスコードの開発に加え、評価済み断面積ライブラリから各種コードへのデータ処理パッケージと、感度解析パッケージの開発を進め、総合的な積分実験解析ツールを整備していくことが重要であろう。特に、感度解析パッケージは、過去の積分実験データの検証、問題点抽出や、さらに、新しい積分実験の提案、要求のための評価を精緻化する上で不可欠と言え、その開発・整備が積分実験解析ツール全体の大きな鍵となる。また、解析ツールの整備に加え、ツールの検証と核データの積分評価を総合的に行うための実験データベースの整

備を進めることも極めて重要な課題であろう。

上述した積分実験解析ツールの開発に加え、今後の核特性予測精度の向上のための一案として、モンテカルロコードにおける遅発中性子総和計算の直接的な取り扱いによる遅発中性子の取り扱いの高度化が考えられる。特に、加速器駆動未臨界炉、MA含有燃料炉心などの新しいコンセプトにおける動特性パラメータや体系の時間応答の解析においては、遅発中性子データの評価の精緻化への要求が増すものと考えられ、従来の6群程度の先行核データに代わって、個々の先行核の遅発中性子データ（放出確率、スペクトル等）を直接的に取り扱い得る機能を核特性評価コードに組み込むことが望ましいと考えられる。このことにより、個々の先行核の遅発中性子データが炉心核特性に与える影響を直接的に評価することが初めて可能となり、現行解析手法の精度検証、遅発中性子データの精度検証のための有力な手段となり得よう。なお、取り扱うべきデータ量及び計算手順の増加、時間依存問題の取り扱いを考えると、EWSクラスでは対応は困難で、大規模な計算機システム上での利用を考える必要があるものと考えられる。

以上、本稿で提案した二つのアイディアは、主たる目的である炉物理解析手法の高度化、核データ評価精度の向上に止まらず、炉物理・核データ双方に対する新しい実験の要求・提案といったニーズ創生にもつながり得ることから、炉物理と核データの二分野の間のより密接な橋渡しとして活用されることが期待できよう。

(5) 原子力分野における解析手法の高度化と計算機の有効利用

原子燃料工業 (株)
巽 雅洋

1. 炉物理分野における課題

解析手法の高度化は核特性の予測精度の向上には必須であり、その必要性は炉心の安全性のみならず経済性の観点からも明らかである。炉物理分野における解析手法の高度化に関する課題として、次の二つの大きな流れが挙げられる。

- (a) 取り扱う問題の大型化 (対象とする分割単位の微細化)
- (b) モデルの高度化

例えば炉心計算については、それぞれの内容について以下のような項目が考えられる。

(a) の具体例

- ◆ 3次元化
- ◆ 詳細メッシュ化
- ◆ 多群化 (2群程度→10群程度~100群程度)

(b) の具体例

- ◆ 拡散理論 → 輸送理論
- ◆ Characteristics 法
- ◆ モンテカルロ法

これらに則して高精度の計算コードを開発するとなると、多大な人的資源および計算機資源が必要となる。また、計算コードの開発・検証には多大な時間が必要であるため、実用段階で計算コードを乗せる環境の速度を考慮した開発が必要となる。このような観点から、エンジニアリング分野で将来実用化したい解析モデルを、将来に入手可能な EWS と見立てた高速な計算機 (例えばスーパーコンピュータ) を用いて開発することは、開発効率の観点から望ましい¹⁾。

取り扱う問題が大型化し、使用するモデルが高度化すればするほど計算時間も

¹⁾ ただし、コスト的なデメリットもある。

爆発的に増加する。高速な計算を実施するためには、ベクトル化や並列化が必須となる。しかし、現状では人間が適切にプログラミングする以外には高い効率を得ることができない。計算時間も実設計では重要なファクターであることから、計算機を有効利用する方法についても検討する必要がある。

解析モデルを高度化する際に避けて通れないのが精度検証である。このため、リファレンス解を計算するためのコードも必要となる。これらについては、計算時間がかかっても良いが計算精度が高いことが条件となる。

以上の観点から、今後必要とされる具体的なアプリケーションの例を挙げてみる。

- (1) 3次元詳細メッシュ多群輸送計算に基づく実機炉心解析
- (2) 実機炉心体系における連続エネルギーモンテカルロ法による燃焼計算
- (3) 実機炉心体系における3次元 Characteristics 法による燃焼計算

2. 今後整備すべき (したい) コード

前節における (1) は、現在の計算機能力を考えると妥当な計算コストで近い将来に実現可能と考えられる。これに対して、(2)、(3) は PC, EWS クラスの計算機では対応出来ない。(2) 及び (3) を実現するコードがあれば、参照解の計算や、核データライブラリの精度を直接検証するために有用である。したがって、原子力コミュニティ全体に幅広い需要があると考えられる、以下のコードの開発・整備が望まれる。

- ・ 連続エネルギーモンテカルロ燃焼計算コード
- ・ 3次元 Characteristics 法に基づく炉心計算コード

また、既存の多群輸送計算コード等も、計算機能力を最大限に引き出せるように改良した上で利用できるような状態にしておく必要がある。

3. ITBL 構想に乗せたい先端的なコード (アプリケーション)

ITBL 構想で利用可能な計算機上で実現する内容としては、比較的短期間のうちに実りある成果を出すことが望ましい。この観点から、EWS 上では困難な大型計算を実施し、計算コードの効果性的実証と参照解の提供を同時に行うことが有効である。この例の一つとして、MVP-BURN による実機炉心体系の燃焼計算が考えられる。

源を使用する、この3月にも動き出す海洋科学技術センター「地球シミュレータ」のようなものと、一つの計算は余り多くの計算機資源を使用するのではないものの、計算数が膨大なものが挙げられるだろう。両者のうち ITBL にのせたいコードは「一つの計算で多大な計算機資源を使用する」コードであり、膨大な費用のかかる実験の補完あるいは代役となるシミュレーションを行うことが可能な、詳細シミュレーションコードである。連続エネルギーモンテカルロ計算を非常に大きなヒストリー数で行うことや3次元 Characteristics 計算コードなども視野に入れているが、特に炉物理に限定する必要は無い。燃料ペレット内の燃焼に伴う核種の移動・組成変化・物性変化・結晶変化など、幾つかの分野にまたがったミクロな観点からのシミュレーションを通して様々な現象の解明を進めることが可能と考えている。

(6) 原子炉物理学に関連する計算コードについて思うこと

大阪大学
北田 孝典

原子力計算科学専門部会の元で開催された炉物理ワークショップ(2002年1月21日開催)において、個人的に以下のような事柄を「今後整備すべき(したい)コード」および「ITBL 構想にのせたい先端的なコード」として挙げた。あくまで個人的な意見であることを先に断っておく。

「今後整備すべき(したい)コード」としては2点ある。

一つは「現象の炉物理的な理解を補助するシステム」である。勝手な想定としては、原子炉物理学を理解するための一つのツールとして、原子炉物理学が扱う現象を、数式を前面に出すことなく、視覚的に経験することに重点をおいたものである。ここで想定しているコードが対象とするユーザーは、炉物理(数式)は良くわからないけれど、どんな現象を扱っている学問かを知りたいという方々である。現在は原子炉物理学そのものに興味がない方々を、少しでも興味を持ってもらい、ひいては原子炉物理学を専攻していただくということも考えたものである。大学人であるため、原子炉物理学そのものの夢を語ることによる学生の研究室への募集だけでなく、原子炉物理学で扱っている内容を少しでも多くの学生に理解してもらうことにより、原子炉物理学の裾野を広げることにつながれば、などとも期待しているコードである。

二つめは「ライブラリから断面積セットを容易に作成するシステム」である。現在使用している群定数セットではエネルギー群構造や自己遮蔽因子などが固定された温度や背景断面積で準備されているが、これらを変更した群定数セットの作成により研究の幅が広がることにつながると考えている。群定数セットの中に新たなパラメータを導入することにより、異核種間の共鳴を容易に扱う手法が実用化できるのではないかと、また様々なタイプの原子炉を想定する際に使用する群定数セットの妥当性(縮約スペクトルの違いによる)なども解決できると考えている。しかしながら現状の群定数作成システムが複雑であり容易とは言いがたいと感じており、この作業を、時間はともかくとして、手間の余りかからないシステムに整備したい。

また、「ITBL にのせたい先端的なコード」としては、「ITBL でなければ出来ない

ような大規模計算」である。大規模といった場合、一つの計算で多大な計算機資源を使用する、この3月にも動き出す海洋科学技術センター「地球シミュレータ」のようなものと、一つの計算は余り多くの計算機資源を使用するのではないものの、計算数が膨大なものが挙げられるだろう。両者のうち ITBL にのせたいコードは「一つの計算で多大な計算機資源を使用する」コードであり、膨大な費用のかかる実験の補完あるいは代役となるシミュレーションを行うことが可能な、詳細シミュレーションコードである。連続エネルギーモンテカルロ計算を非常に大きなヒストリー数で行うことや3次元 Characteristics 計算コードなども視野に入れているが、特に炉物理に限定する必要は無い。燃料ペレット内の燃焼に伴う核種の移動・組成変化・物性変化・結晶変化など、幾つかの分野にまたがったミクロな観点からのシミュレーションを通して様々な現象の解明を進めることが可能と考えている。



原子力計算科学専門部会 炉物理WG会合

2002年1月21日

- (1) 炉物理分野における課題の整理
- (2) 今後整備すべき(したい)コード
- (3) ITBL構想にのせたい先端的なコード



(2) 今後整備すべき(したい)コード-(1)

かなり個人的

現象の炉物理的な理解を補助するシステム

大学などでの教育ツール (⇒ windows?)
 式を前面に出すのではなくイメージをつかむことに重点
 炉物理分野の教育充実 (裾野の拡大)
 炉物理分野の技術者育成 (の一端)



容易に(ゲーム感覚, 習うより慣れろ的な)で扱えるシステムの構築

- 例えば、
- ・ 制御棒操作・炉心流量変化時の炉心の過渡特性
 - ・ 燃料体配置、燃料体種類変更の炉心特性への影響
 - ・

原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002年1月21日

(2) 今後整備すべき(したい)コード-(2)

またもかなり個人的

ライブラリから断面積セットを容易に作成するシステム

目的に合った断面積セット
 ・自由なエネルギー群構造

断面積セットへのパラメータ追加?
 ・共鳴干渉, マルチバンド

原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002年1月21日

(3) ITBLにのせたい先端的なコード

ITBLでなければ出来ないような大規模計算

大規模 ⇒ ・詳細計算
 ・多量の計算

実験の代役(実験の補完)となりうるシミュレーションコード

・3次元輸送, (統計誤差が非常に小さい)モンテカルロ

精緻な結果を得るためのシミュレーションコード

・ミクロな観点からの現象の解明

原子力計算科学専門部会・炉物理WG 2002年1月21日

(7) 未来型ソフトウェア開発は「時間」と「空間」の壁を越えるか?

大阪大学
 山本 敏久

原研が現在計画を進めている ITBL が有する特徴は、大まかに2つに分類されるであろう。一つ目は、全国に設置されている大型計算機を高速ネットワークで結ぶことにより、単独の計算機を数倍上回る大規模計算が可能になるという点、二つ目は、Web を通じて複数のユーザーが、共通のコードやデータベースを同時に利用することができるという点である。後者では、Web を通じていわば「バーチャル・ラボ」の場を設けて、そこで全国の専門家が共同作業に参加するというイメージを含んでおり、計算の「時間」の壁と共に「空間」の壁をも超越するようなブレイクスルーが期待できるという点は、大いに注目されてよい。

これまで、大型計算機を使った大規模計算や、同一施設内で組まれた複数ワークステーションによるクラスター計算については使用経験があるが、「バーチャル・ラボ」のように、複数の専門家の「知」のネットワークを通じて、新しいものを生み出そうという発想については、ほとんど経験がないのが実情と思われる。

米国などでは、数値計算用のサブルーチンなどを無料でインターネット上に公開している所はめずらしくなく、大学用の教材を惜しげもなく提供している所まである(私が一夜漬けで授業の準備をする時にいつも重宝させてもらっている)。最近、我が国においても同じようなサービスを提供する機関が出てきた。九州大学の情報基盤センターで公開している、汎用熱力学計算コード PROPATH がその好例である(ついでに紹介するなら、この小型版のコードは大学用教材の付録として市販されており、学習者は計算コードで演習問題を解きながら、自然に熱力学に出て来る代表的な問題の大半をマスターできるという優れものである)。必要な時に、電卓気分で熱力学パラメーターを計算できる W-PROPATH も公開されている。(ホームページは以下の通り。

<http://www2.mech.nagasaki-u.ac.jp/PROPATH/p-propath.html>)

話は変わるが、若者を対象に自分の生き方を問うたアンケート結果が大々的に取りあげられたことがあった。日本の第一位が、出世もそこそこに楽しい生活を送る、であったのに対し、欧米では、社会的に評価されるような人間になる、であったのが印象的であった。私はここで生き方の良し悪しに立ち入るつもりはないが、日本人は概して社会的貢献度を軽視しがちであり、それがソフトウェア開発

の面でも前に述べたようなサービス精神の差を生み出していると言ったら暴言だろうか。

理想論を言えば、ノウハウが問題になるようなごく中核部を除き、すべて公開のサブルーチンで置き換えられるはずなのである。計算コードを単体として扱う限り、「知」のネットワークづくりは芽を出さないだろう。他人の計算コードを導入し、マニュアル通りに入力したがうまく動かず、やむをえずソースと首を突き合わせて夜を明かし、コーヒーの飲みすぎで胃の調子をおかしくした経験を持つ人なら、きっと私の言葉に賛同してくれると信じる。このように「解体」された計算コードは、いわば部品とその組み合わせ方(システム)のみの「スケルトン構造」になり、極めて透明性の高いものになる。もちろん、許認可の手間も大幅に提言できるし、必要ならば公開ルーチンの部分を公的機関、たとえば日本原子力学会が責任をもって審査し、お墨付きを出してもいい。

同様に、複数の研究者によるソフトウェア開発も大幅に容易になる。重要な部品が全部揃っていて、あとは組み合わせるだけならば、プラモデル感覚でMYコードを作ってみようか、とパソコン画面に向かう中学生(もちろん、彼は将来原子力業界でソフトウェア開発者として名を馳せることが約束されているが)が地球のどこかに居るかもしれない。ソフトウェア開発中心の研究室の先生方なら、きっと同じ問題に苦しんでおられることと思うが、複雑な計算式を組み込み、多元化に拡張された巨大な計算コードを、次年度から研究室に入ってくる素人同然の学生に引き継いでいくのは至難の技である(「うちはそんなことはない」と多寡をくくっているそのあなた、そう、あなたのことです。学生が口にする「大丈夫です」ほど危険なものはない。気がつかぬ間に計算結果の中に「毒」が盛られていないか、今晚にでもご自分の目で確認されるべきですね。私の経験から一言言わせていただければ、それは「知らぬが仏」というものですよ!。「スケルトン構造」のソフトウェアは、こういう問題も一気に解決してくれるだろう。

もちろん、「誰が猫の首に鈴を付けに行くか」という難題が待ち構えているのは重々承知しているが、身を捨ててみなければ、瀬で浮かぶか沈むかさえ判然としないうちのもまた事実である。最近、何かと「リスク」という言葉が流行っているが、もともとは「冒険」の同義語だったのではないかと思う。すっかり支離滅裂な内容になってしまったが、要するにITBLの場を足場にして、専門家の「知」のネットワークが育ってほしいと切に願う次第である。

〈第33回炉物理夏期セミナー報告〉

大阪大学 竹田 敏一

2001年7月30日(月)~8月1日(水)の期間、福井県芦原温泉の政竜閣にて、第33回炉物理夏期セミナーを開催した。参加人数は56名であった。テーマは「21世紀の炉物理の道筋をさぐる」であり、21世紀に原子力を、さらにその基礎学問である炉物理を活性化するにはどうすればよいかを議論する場とした。3日間の講演テーマは表1に示すように5つのサブテーマに分類されている。

セミナーはサブテーマ1の原子力エネルギー政策・環境から始まった。このサブテーマでは、エネルギー安全保障から見た原子力、環境との調和を目指した核エネルギーシステムの講演があった。神田氏による最初の講演では、エネルギー安全保障は資源の確保から、長期的安全性、エネルギーコストの低減化、地球環境の保全に関心が変化してきているとのことである。地球環境について米国がエネルギー政策を大きく変更し、京都議定書からの独立、アラスカ石油の開発、原子力発電の新規発電のセットで提案することについて説明があった。高野氏の講演では持続可能なエネルギーの未来と地球温暖化、環境負荷低減化における原子力の利用と可能性、長寿命放射性廃棄物の核変換技術について説明があった。地球温暖化問題を解決し、「満足な経済、教育、ライフスタイルを持続できるエネルギーシステムを開発し構築すること」は、省エネルギー、再生可能エネルギー、天然ガス利用そして原子力利用のベストミックスによって可能となろう。というのが、高野氏の結論で、若い人に対する希望として「環境を支配する方程式に強くなってもらいたい」という事であった。

2番目のサブテーマ「21世紀の新型炉」では、林氏の「FBR 実用化戦略における炉心検討」、大久保氏の「低減速スペクトル炉心」、松村氏の「新型炉の方向性」についての講演があった。

「FBR 実用化戦略」では、フェーズの結果が説明され、Na冷却大型酸化物燃料炉心の比較により ABLE 型径方向非均質炉心が高増殖性、低 Na ボイド反応度をもっていること、鉛ビスマス自然環境冷却中型炉は重金属インベントリーが大きく、比熱力が小さいこと、炭酸ガス冷却炉では燃料体積比を増やし、増殖性を向上させたこと、ヘリウム冷却被覆粒子燃料炉心では燃料体積比が小さいデメリットがあること等の興味ある内容であった。「低減速スペクトル炉心」の講演では Pu 残存比が1以上の高い転換比と負のボイド反応度をもった好転換

比BWR炉心、長期サイクル運転、BWR炉心、重水冷却PWR炉心についての話があった。さらに、「新型炉の方向性」では、原研の炉物理委員会の中の新型炉ワーキングパーティーでの活動報告と講師が行った試算結果について説明があった。特に、南アフリカが提案したペブルベッド型ガス炉のPBMRについて議論が集中した。

サブテーマ3の「軽水炉の現状と展望」は電力からの講演で、最初の姉川氏の「軽水炉燃料開発の方向性と炉心解析」の講演では原子力発電費を押し上げている要因のバックエンドコストについて説明があり、これを抑えるための燃料の高燃焼度化について議論された。さらに、核設計への期待として、例えばMOX燃料の使用の際、5%Pu_f富化度の臨界実験データがあり、実炉では8%になった場合に計算で8%の特性を正確に抑えることができるように希望する旨の発言があり、解析手法に係っている参加者との間に活発に議論があった。2番目の仙石氏の「関西電力の炉心設計の現状」の講演では、PWR炉心設計法の紹介があり、計算手法の許認可のタイミングについての話があった。計算手法の許認可については基礎的なものであり、日本原子力学会の標準委員会に提案するような方向が望ましいとの議論があった。

サブテーマ4の「炉物理の将来」では、まず、佐治氏の「炉心解析の開かれた議論に向けて」の講演があり、炉心解析法はこれまで原子力メーカーでノウハウが培われてきて、データもメーカーがつかんできたが、今後はこのデータを開かれたものにして原子力界全体の活性化とすべきであり、それにより原子力他電源に対する優位性を確保すべきであるとの興味ある講演であった。

次に山根氏の「炉物理研究の将来 - 未臨界をキーワードとして -」の講演では、加速器駆動未臨界炉の物理、流動型炉の動特性、燃焼度クレジットの炉物理が紹介された。特に、ターゲット中での核破砕反応の発生中性子数の2次モーメントにより未臨界度を決定するにはエネルギースペクトルと発生数の相関が重要であるとのことであった。

「若手研究者による炉物理研究」では、小坂氏のキャラクターリスティック法による大規模炉心計算、北田氏の「ベレット実効温度の検討」、吉岡氏の「修正転換比測定による反応度係数評価法」についての話があった。特に、近い将来のより詳細な設計法として、モンテカルロ法よりもキャラクターリスティック法のような決定論的手法の活用が妥当であるとの議論があり注目を集めた。

最後のサブテーマである「炉物理周辺の学問」では三島氏の「原子炉熱流動と計算科学」、義家氏の「材料の照射損傷研究と計算科学」の講演があり、活発

な質疑応答がなされた。炉物理も周辺の学問を取り込んで発展すべきであるとの議論がされた。原子力による計算科学をより発展させ、原子力初期のころのように原子力により計算機の発展を促すようにしたいという旨の議論もあった。

今回の炉物理夏期セミナーは、講演者の興味ある発表とそれにも勝る活発な議論により、非常に活気ある場となった。今後ともこのような活発な議論を通し、炉物理ひいては原子力界の発展を期待したい。

表1 炉物理夏期セミナー講演内容

テーマ：21世紀の炉物理の道筋をさぐる

サブテーマ1：原子力エネルギー政策・環境
エネルギー政策から見た原子力の将来 (京大炉 神田啓治)
環境と調和を目指した原子力エネルギーシステム
--核変換技術の現状と展望-- (原研 高野秀機)

サブテーマ2：21世紀の新型炉
FBR実用化戦略調査研究における炉心検討 (JNC 林秀行)
低減速スペクトル炉心 (原研 大久保努)
新型炉の方向性 (電中研 松村哲夫)

サブテーマ3：軽水炉の現状と展望
軽水炉燃料開発の方向性と炉心解析 (東電 姉川尚史)
当社の炉心設計の現状 (関電 仙石勝久)

サブテーマ4：炉物理の将来
炉心解析の開かれた議論に向けて (原子力安全委員会事務局 佐治悦郎)
炉物理研究の将来 --未臨界をキーワードとして-- (名大 山根義宏)
若手研究者による炉物理研究
(TSI 小坂進矢、 阪大 北田孝典、 東芝 吉岡研一)

サブテーマ5：炉物理周辺の学問
原子炉熱流動と計算科学 (京大炉 三島嘉一郎)
材料の照射損傷研究と計算科学 (京大炉 義家敏正)

※本稿は、和文誌2001年11月号の「夏季セミナー報告」に講演内容を加えたものである (編集委員)

☆事務局だより

平成14年度炉物理部会運営委員候補

平成14年度炉物理部会運営委員候補	
部会長 (1年)	竹田敏一 (大阪大学)
副部会長 (1年)	大杉俊隆 (日本原子力研究所)
庶務幹事 (1年)	山本敏久 (大阪大学)
庶務幹事 (2年)	岡嶋成晃 (日本原子力研究所)
幹事 (学会炉物理部会担当企画委員)	山根義宏 (名古屋大学)
幹事 (学会編集委員)	山本敏久 (大阪大学)
幹事 (学会炉物理委員会委員長)	中川正幸 (日本原子力研究所)
財務小委員会 (1年)	三澤毅 (京大原子炉実験所)
財務小委員会 (2年)	北村康則 (名古屋大学)
編集小委員会 (1年)	山本章夫 (原子燃料工業)
編集小委員会 (2年)	奥村啓介 (日本原子力研究所)
編集小委員会 (1年、部会 HP 担当)	外池幸太郎 (日本原子力研究所)
セミナー小委員会 (1年)	大杉俊隆 (日本原子力研究所)
セミナー小委員会 (1年)	岡嶋成晃 (日本原子力研究所)
学術研究交流小委員会 (1年)	小原徹 (東京工業大学)
学術研究交流小委員会 (2年)	石川真 (サイクル機構)
学生・若手小委員会 (1年)	辻本和文 (日本原子力研究所)
学生・若手小委員会 (2年)	巽雅洋 (原子燃料工業)

(注：2002年3月28日の総会において審議の後、承認される予定)

編集小委員会からのお願い

部会報に対するご意見・要望がありましたら、編集小委員会までお知らせください。また、部会報原稿として、「部会員の声 (自由投稿欄)：内容不問で、自由に投稿、意見を述べられる場」を常時募集しています。部会ニュース掲載の原稿 (国際会議論文募集、他) もございましたら、お知らせ下さい。

連絡先：編集小委員会 山本章夫 (E-mail: a-yama@nfi.co.jp)

奥村啓介 (E-mail: okumura@mike.tokai.jaeri.go.jp)

第16回炉物理部会総会の報告

1. 日時 2001年9月19日 (水) 12:00-13:00
2. 場所 北海道大学E310教室 (H会場)
3. 議事

- (1) 部会報の発行について (山本委員)
10月初 (中) 旬を目途に次回の発行を予定しているとの報告があった。
- (2) 「炉物理夏の学校」開催報告 (竹田委員)
第33回炉物理夏期セミナー (日時：7月30日～8月1日、場所：福井県芦原温泉「政竜閣」、参加者：56名) では、「21世紀の炉物理の道筋をさぐる」をテーマとして活発な議論がなされたことが報告された。収支決算報告があった (資料配布)。
- (3) ANSミルウォーキーミーティング合同セッション報告 (竹田委員)
ANSミルウォーキーミーティング (6月17-21日、2001年) では、炉物理部門の中に4つの炉物理の現状についての日米合同特別セッションが設けられ合計26のペーパーが寄せられたことが報告された (資料配布)。また、日米共同企画の継続が期待されており、日本側から提案してほしいとの要望があることが報告された。竹田委員に故ヘンリー教授 (IMT) の追悼講演の依頼があり行う予定であることが報告された。
- (4) 日韓合同セッション報告 (竹田委員)
韓国原子力学会 (KNS) の春の大会 (5月24～25日、済州島) で開催された日韓合同セッションでは炉物理・核データに関して12件の発表があったことが報告された。企画の継続については今後検討する必要があるとの報告があった (資料配布)。
- (5) 部会予算 (案) (山根委員 (担当委員代理))
特別会計を除いた今期部会収支予算について報告があった (資料配布)。特別予算として計画している企画案件について拡大幹事会等で検討する必要があるとの意見が出された。
- (6) 企画委員会報告 (山根委員)
学会大会の受付をオンライン (電子メール) で行う作業が進んでおり、

来年の秋の年会の参加申込み受け(予稿は郵送)から施行する予定であることが報告された。

部会予算との関係から、部会への入会勧誘を積極的に行っていく必要があるとの意見が述べられた。

学会としてジョイントセッションなどの企画を今後どうするのかをWGをつかってその方針を検討していくことになったとの報告があった。

企画に関連して、佐治編集委員から、学会誌を情報誌と和文論文誌とに分割する検討が進められていることが報告された。

(7) 炉物理委員会新規WP設立について(中川氏(岡嶋委員))

平成11~12年度WP活動成果報告書を作成中であること、平成13~14年度は未臨界炉の炉物理、共用炉物理コードシステムの構築、軽水炉次世代燃料の炉物理のテーマで3つのWPが発足したことが報告された(資料配布)。

(8) 若手小委員会報告(小坂委員)

炉物理夏期セミナーでの若手セッションでは約30名が参加し3件の研究報告が行われ活発な議論がなされたことが報告された。

(9) 部会懇親会(小坂委員)

総会当日(19日)18:30より「魚や一丁」にて開催予定の日韓交流・核データ部会合同懇親会の案内があった。

(10) その他

次期運営委員人事について(部会長)

工藤部会長より慣例として次期部会長は現部会長が就任することになっていることの確認がなされた。次期運営委員候補については、11月までに任期満了予定の委員が後任候補を推薦することとし、来年3月の総会にて承認願うことが確認された。夏期セミナー委員については早めに決めておく必要があるとの竹田委員からの要請で、次期夏期セミナー委員として大杉氏(原研)の推薦があり、本総会にて承認された。

燃料ペレットについてのメールについて(仁科氏)

仁科氏より、RPDメールでの核燃料ペレットについての議論について、議論参加に対する謝辞が述べられた。

編集委員会委員より(佐治委員)

学会誌の特集あるいは特集号の企画を部会から提案してみてもどうかとの意見が述べられた。本件についてはRPDメールにて案内を出し、幹事の方で取りまとめることとした。

京大炉将来計画について(代谷氏)

京大炉将来計画が文科省の段階までは認められたことが報告された。また、研究炉用燃料の問題:2006年以降は低濃縮ウランに変換しなければならないことやそれに伴う問題などの現状報告があった。

(九州大学 古藤 健司)

[編集後記]

生まれつき気の小さい私が、借金取りよろしく原稿の取り立てに廻るのは、さぞかし苦痛だろうと想像していたのですが、執筆者各位の御厚意で楽をさせていただきました。本号は、年度末が1ヶ月後と迫ってよいよ尻に火がつき、半分強引に企画を立ててお願いをした記事が多かったのですが、期日までにピッタリ揃った原稿を前にして、しばし呆然と立ち尽くし、感涙にむせびました(半分は脚色、残りの半分は本音です)。この場を借りて、関係各位に深く感謝いたします。

前委員からは、本誌のA4化を検討することを引き継いでおりましたが、無策のまま次期委員に引き継ぐ結果になりました。言い訳がましいことを言わせていただくなら、A4化よりも電子化の検討の方が先ではないかという気もします。速報性という面では、印刷物は時代遅れですし、研究室紹介ならばホームページの方がカラフルです。速報性があまり問題にならないような用途、たとえば会議で発表されたOHP資料など、技術的な情報を正式な記録として残す媒体として利用するなど、執筆者にも読者にもメリットがあるような型を模索するべきだと思います。本音を言えば、何よりもページ数が厚みとして反映されるのははっきり言って重荷でした。何度も夢の中で真っ赤な皿を数えつつ、「一枚足りない、怨めしや〜」と叫ぶ自分の姿に脂汗を絞りました。こんな無駄話を書きつつ、しっかりとページ数稼ぎに励んでいる自分にほとんど愛想が尽きました。.....お後がよろしいようで。

(大阪大学 山本 敏久)

炉物理部会会員名簿 (50音順)

(合計318名: 2002.3.1現在)

氏名	所属	氏名	所属
相沢 乙彦	武蔵工業大学工学部	馬野 琢也	㈱東芝原子力技術研究所
青木 克忠	アイテル技術サービス㈱	梅田 健太郎	㈱ウッドランド
青木 繁明	三菱重工㈱原子力技術センター	海老沢 徹	京都大学原子炉実験所
青山 肇男	㈱日立製作所電力・電機グループ	遠藤 知弘	名古屋大学工学部物理工学科
秋濃 藤義	日本原子力研究所	遠藤 信隆	東電設計㈱
秋本 正	北海道大学大学院工学研究科	大井川 宏之	日本原子力研究所東海研究所
朝岡 卓見	東海大学工学部	大石 晃嗣	清水建設㈱
睦倉 和雄	㈱グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン	大岡 靖典	東京工業大学・修大学院理工学研究科
阿知波 紀郎	九州大学理学部	大木 繁夫	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
姉川 尚史	東京電力㈱	大澤 孝明	近畿大学理工学部
阿萬 剛史	大阪大学・博大学院工学研究科	大杉 俊隆	日本原子力研究所東海研究所
安 成弘	原子力システム研究懇話会	大田 正男	帝京大学福岡短期大学
安藤 真樹	日本原子力研究所東海研究所	大塚 益比古	原子力システム研究懇話会
安藤 良平	㈱東芝電力システム社	大西 忠博	拓殖大学工学部
飯島 一敏	核燃料サイクル開発機構	大野 秋男	日本原子力研究所東海研究所
飯島 進	日本原子力研究所東海研究所	大山 彰	(財)日本原子力文化振興財団
飯島 勉	(財)高度情報科学技術研究機構	岡 芳明	東京大学工学系研究科
井頭 哲也	東京工業大学原子炉工学研究所	岡嶋 成晃	日本原子力研究所東海研究所
井口 政夫	名古屋大学大学院工学研究科	岡田 琢己	日本原燃㈱六ヶ所本部
池田 一三	三菱重工㈱原子力技術センター	岡野 靖	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
池田 秀晃	㈱テブコシステムズ	岡村 信生	核燃料サイクル開発機構
池原 正	㈱グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン	小川 喜弘	近畿大学理工学部
井澤 一彦	日本原子力研究所東海研究所	奥田 泰久	住友原子力工業㈱
石川 敏夫	環境科学技術研究所	奥村 啓介	日本原子力研究所東海研究所
石川 真	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター	小田野 直光	日本原子力研究所東海研究所
石谷 和己	原電情報システム㈱	小原 徹	東京工業大学原子炉工学研究所
石橋 健二	九州大学大学院工学研究院	親松 和浩	愛知淑徳大学現代社会学部
居島 一仁	資源エネルギー庁	景平 克志	原子燃料工業㈱
伊勢 武治	(財)高度情報科学技術研究機構	片桐 康寛	㈱原子力エンジニアリング
磯野 彬	㈱情報数理研究所	片瀬 彬	東和大学
磯部 武志	㈱シーティーアイ	桂木 學	㈱総合技術情報機構
板垣 正文	北海道大学大学院工学研究科	加藤 敏郎	岐阜医療技術短期大学
市瀬 潤	住友原子力工業㈱	加藤 恭義	東京工業大学原子炉工学研究所
市原 千博	京都大学原子炉実験所	角谷 浩亨	静岡産業大学国際情報学部
市村 鋭一	東京電力㈱技術開発本部原子力研究所	金井 英次	中部電力㈱
井出 秀一	原子燃料工業㈱	金子 義彦	武蔵工業大学原子力研究所
伊藤 大一郎	三井造船㈱	金田 武司	㈱三菱総合研究所
伊藤 卓也	原子燃料工業㈱	川島 正俊	㈱東芝電力システム社
伊藤 佳央	㈱コンピュータ・テクノロジー・インテグレイテッド	川本 忠男	㈱原子力エンジニアリング
猪野 正典	㈱東芝	菅 太郎	三菱重工㈱原子力技術センター
井上 英明	エス・アンド・イー㈱	神田 啓治	京都大学原子炉実験所
岩崎 智彦	東北大学大学院工学研究科	神田 幸則	
今井 英隆	東京電力㈱福島第二原子力発電所	岸田 邦治	岐阜大学工学部
岩崎 裕典	㈱三菱総合研究所	北沢 日出男	防衛大学校
岩本 達也	㈱グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン	北田 孝典	大阪大学大学院工学研究科
植田 伸幸	(財)電力中央研究所泊江研究所	北野 彰洋	核燃料サイクル開発機構敦賀本部
植田 精	アイテル技術サービス㈱	北村 正晴	東北大学大学院工学研究科
植松 真理	在日フランス大使館	北村 康則	名古屋大学大学院工学研究科
宇佐美 晋	核燃料サイクル開発機構高速増殖炉もんじゅ建設所	木下 豊	電源開発㈱
牛尾 直史	㈱原子力エンジニアリング	篠宝 明德	四国電力㈱伊方発電所
内川 貞夫	㈱日立製作所電力・電機グループ	木村 逸郎	㈱原子力安全システム研究所
宇津島 雄彦	大阪大学核物理研究センター	木村 純	三菱重工㈱神戸造船所
宇都 成昭	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター	木本 達也	原子燃料工業㈱熊取事業所
宇根崎 博信	京都大学原子炉実験所	鬼柳 善明	北海道大学大学院工学研究科

印刷の都合上、登録された漢字と異なる表記になっている場合がありますが、ご了承願います。

氏名	所属	氏名	所属
清瀬 豊平		杉野 和輝	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
久語 輝彦	日本原子力研究所東海研究所	橋山 一典	
工藤 和彦	九州大学大学院工学研究科	瑞慶覧 篤	日立エンジニアリング㈱
工藤 勝久	産業技術総合研究所	須崎 武則	日本原子力研究所東海研究所
倉重 哲雄	石川島播磨重工業㈱	鈴木 善郎	核燃料サイクル開発機構高速増殖炉もんじゅ建設所
黒沢 一男	日本原子力研究所東海研究所	鈴木 勝男	エンジニアリング開発㈱
黒澤 正彦	㈱東芝電力システム社	鈴木 伸英	北海道大学・修大学院工学研究科
郡司 智	東北大学工学部	須田 憲司	日本原燃㈱
河本 慎也	名古屋大学・修大学院工学研究科	須田 信英	原子力安全委員会
小坂 進矢	㈱テブコシステムズ	住田 健二	大阪科学技術センター
小菅 征夫	日本原子力研究所東海研究所	須山 賢也	日本原子力研究所東海研究所
古藤 健司	九州大学大学院工学研究科	関 泰	日本原子力研究所
五藤 博		関本 博	東京工業大学原子炉工学研究所
後藤 頼男		関谷 全	岡山理科大学総合情報学部
小林 岩夫	(財)高度情報科学技術研究機構	仙石 勝久	関西電力㈱
小林 捷平	京都大学原子炉実験所	千田 康英	三菱重工㈱神戸造船所
小林 圭二	京都大学原子炉実験所	曾野 浩樹	内閣総理大臣官房原子力安全室
小林 啓祐		高木 直行	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
小林 敬	京都大学原子炉実験所	高須賀 弘志	京都大学・修エネルギー科学研究科
小林 正春	昭和建物管理㈱	高田 直之	原子燃料工業㈱東海事業所
小林 裕司	㈱東芝府中工場	高野 秀機	日本原子力研究所東海研究所
駒野 康男	三菱重工㈱原子力技術センター	高橋 亮人	大阪大学大学院工学研究科
米田 政夫	京都大学・修	瀧川 幸夫	㈱東芝電力・産業システム技術開発センター
近藤 育朗	㈱きんでん東京支社	武田 充司	日本原子力発電㈱
近藤 駿介	東京工業大学大学院工学系研究科	武田 栄一	東京工業大学名誉教授
阪元 重康	東海大学工学部	竹田 敏一	大阪大学大学院工学研究科
佐久間 雄平	防衛庁技術研究本部	竹田 隼三	㈱日立製作所電力・電機グループ
桜井 淳		田代 昌吉	(財)高度情報科学技術研究機構
桜井 俊吾	(財)原子力発電技術機構	田尻 英幸	東京電力㈱
桜井 良豪	京都大学原子炉実験所	巽 雅洋	原子燃料工業㈱
桜田 光一	㈱東芝	立松 篤	日本原子力発電㈱敦賀発電所
佐々 敏信	日本原子力研究所東海研究所	田中 健太郎	東京工業大学・修大学院理工学研究科
佐治 悦郎	内閣府原子力安全委員会事務局	田中 俊一	日本原子力研究所東海研究所
左藤 大介	三菱重工㈱原子力技術センター	田中 豊	三菱重工㈱高砂研究所
佐野 忠史	大阪大学・博大学院工学研究科	田原 義壽	三菱重工㈱原子力技術センター
淺田 哲生	東京工業大学原子炉工学研究所	千葉 豪	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
沢村 晃子	北海道大学大学院工学研究科	茶谷 浩	京都大学原子炉実験所
三田 敏男	㈱日立製作所電力・電機グループ原子力事業部	築城 諒	
シエリ アフォロサ	日本原子力研究所東海研究所	辻 雅司	北海道大学大学院工学研究科
志賀 章郎	コンピューターソフト開発㈱	辻本 和文	日本原子力研究所東海研究所
重留 義明	核燃料サイクル開発機構東海事業所	土橋 敬一郎	(財)放射線利用振興協会
志子田 恵治	㈱CRC総合研究所	戸根 浩生	(財)核物質管理センター東海保障措置センター
設楽 天	武蔵工業大学・修大学院工学研究科	徳原 一実	富士電機㈱
柴田 俊一	近畿大学原子力研究所	トンスキー クラジミール	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
嶋田 昭一郎	日本原子力研究所東海研究所	東稔 達三	日本原子力研究所東海研究所
島津 洋一郎	北海道大学大学院工学研究科	外池 幸太郎	日本原子力研究所東海研究所
清水 彰直	(財)若狭湾エネルギー研究センター	内藤 淑孝	㈱ナイス
庄野 彰	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター	名内 泰志	(財)電力中央研究所泊江研究所
白方 敬章		中 隆文	㈱グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
代谷 誠治	京都大学原子炉実験所	長尾 美春	日本原子力研究所大洗研究所
新藤 隆一	日本原子力研究所	長沖 吉弘	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
菅原 隆徳	東北大学・修大学院工学研究科	中川 正幸	日本原子力発電㈱
杉 輝夫	日本原子力研究所	中込 良廣	京都大学原子炉実験所
杉浦 公二	名古屋大学工学部物理工学科	中沢 正治	東京工業大学大学院工学系研究科

印刷の都合上、登録された漢字と異なる表記になっている場合がありますが、ご了承願います。

氏名	所属	氏名	所属
中島 健	日本原子力研究所東海研究所	松井 一秋	(財)エネルギー総合工学研究所
中島 宏	日本原子力研究所東海研究所	松浦 祥次郎	原子力安全委員会
永瀬 慎一郎	東海大学工学部	松延 廣幸	㈱データ工学
中塚 亨	日本原子力研究所東海研究所	松村 和彦	㈱グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
中土井 昭三	東海大学工学部	松村 哲夫	(財)電力中央研究所柏江研究所
中野 正文	日本アドバンステクノロジー㈱	松本 高明	北海道大学工学部
中野 佳洋	日本原子力研究所東海研究所	松本 哲男	武蔵工業大学原子力研究所
中原 康明		丸山 博晃	㈱グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
中村 純也	京都大学・修大学院エネルギー科学研究科	三木 一克	㈱日立製作所
中村 詔司	核燃料サイクル開発機構東海事業所	三澤 毅	京都大学原子炉実験所
中村 剛実	東京ニュークリア・サービス㈱	水本 元治	日本原子力研究所東海研究所
中村 知夫		三橋 偉司	㈱東芝原子力技術研究所
中村 久		三好 幸治	京都大学・修
長家 康展	日本原子力研究所東海研究所	向山 武彦	日本原子力研究所東海研究所
成田 正邦	秋田大学工学資源学部	向原 民	東京大学工学部附属原子力工学研究施設
錦織 毅夫	吉備国際大学	村田 勲	大阪大学大学院工学研究科
仁科 浩二郎	愛知淑徳大学	望月 恵一	㈱田丸屋本店
西原 健司	日本原子力研究所東海研究所	森 一雄	近畿大学・修大学院総合理工学研究科
西原 英晃		森 貴正	日本原子力研究所東海研究所
西原 宏	㈱原子力安全システム研究所	森島 信弘	京都大学大学院工学研究科
能澤 正雄	(財)高度情報科学技術研究機構	守屋 嘉則	近畿大学・修総合理工学研究科
野村 孜		安野 武彦	
萩谷 昇司	エイ・ティ・エス㈱	柳澤 宏司	日本原子力研究所東海研究所
橋本 憲吾	近畿大学原子力研究所	山内 英人	名古屋大学・修大学院工学研究科
橋本 孝治	名古屋大学・修大学院工学研究科	山崎 淳	名古屋大学・修大学院工学研究科
長谷 博友	京都大学原子炉実験所	山崎 正俊	原子燃料工業㈱
花坂 宏幸	名古屋大学工学部物理工学科	山路 昭雄	海上技術安全研究所
馬場 護	東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター	山田 毅	日立造船㈱
林 脩平	立教大学	山根 剛	日本原子力研究所東海研究所
林 高史	名古屋大学・修大学院工学研究科	山根 祐一	日本原子力研究所東海研究所
林 正俊	九州保健福祉大学	山根 義宏	名古屋大学大学院工学研究科
樋口 雅久	日本原子力発電㈱	山野 直樹	住友原子力工業㈱
肥田 和毅	㈱グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン	山本 章夫	原子燃料工業㈱
土 哲浩	京都大学原子炉実験所	山本 敏久	大阪大学大学院工学研究科
平泉 宏明	東北大学工学部	山本 俊弘	日本原子力研究所東海研究所
平岡 徹	(財)電力中央研究所柏江研究所	山本 宗也	㈱グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
平賀 富士夫	北海道大学工学部	横尾 健	(財)電力中央研究所柏江研究所
平川 直弘	東北職業能力開発大学校	横山 賢治	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
平野 靖	㈱東芝電子エンジニアリングセンター	吉井 貴	㈱テブシステムズ
弘田 実弥		吉迫 公一	名古屋大学・修大学院工学研究科
深井 佑造		吉田 正	武蔵工業大学工学部
深堀 智生	日本原子力研究所東海研究所	吉田 紀之	㈱東芝電子エンジニアリングセンター
深谷 裕司	北海道大学・修大学院工学研究科	吉田 弘幸	(財)高度情報科学技術研究機構
福井 大輔	名古屋大学・修大学院工学研究科	米田 憲司	京都大学原子炉実験所
藤田 哲史	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター	若林 利男	核燃料サイクル開発機構
藤田 薫頭	京都大学原子炉実験所	渡邊 将人	中部電力㈱技術開発本部電力技術研究所
藤田 佳之	東京工業大学・修大学院理工学研究科	WARIS ABDOUL	東京工業大学・博原子炉工学研究所
藤原 大資	㈱テブシステムズ		
古橋 晃	(財)核物質管理センター		
別所 泰典	(財)原子力発電技術機構		
堀田 亮年	㈱テブシステムズ		
堀江 淳之助	大阪国際女子大学		
堀口 哲男	近畿大学		
前川 洋	(財)環境科学技術研究所		

印刷の都合上、登録された漢字と異なる表記になっている場合がありますが、ご了承ください。