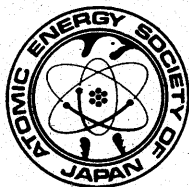


炉物理の研究

(第 52 号)

2001年10月

巻頭言	工藤和彦	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報告〉		
(1) 「軽水炉次世代燃料の炉物理」ワーキングパーティー活動報告	佐治悦郎	4
(2) 「加速器駆動炉の炉物理」ワーキングパーティー活動報告	山根義宏	18
(3) 「新型炉」ワーキングパーティー活動報告	松村哲夫	29
〈炉物理・核データ部会合同セッション〉		
(1) 日韓原子力学会合同セッション		
・日韓原子力学会合同セッション開催される	竹田敏一	47
・KNS・2001春期学術発表会（韓国・済州島）に参加して	宇根崎博信	48
・韓国原子力学会に参加して	長家康展	49
・炉物理・核データ部会日韓合同セッションに参加して	北田孝典	52
(2) 2001 ANS Annual Meeting 日米炉物理セッション		
・6月19日午前および午後のセッションの要旨	山本敏久	55
・6月20日午前および午後のセッションの要旨	山本章夫	59
☆事務局だより		
平成13年度炉物理部会運営委員		66
第15回炉物理部会総会の報告	古藤健司	67
☆部会員名簿		70



(社)日本原子力学会
炉物理部会

巻頭言

21世紀の炉物理部会員は

九州大学大学院工学研究院

工藤 和彦

これまでも炉物理研究の将来については多くの先輩たちから示唆が示されてきた。21世紀を迎えたからといって状況が急に変わっているわけではないが、ひそみにならって原子力をめぐる状況と炉物理に関して考察をしてみたい。

世界的には環境とエネルギーに関する関心は、主に地球温暖化防止の観点からの協議が進んでいるものの、対策としては省エネルギー、新エネルギー、温室ガス放出の規制量、国際間取引きといった議論が主であり、原子力の役割についての積極的な評価は加えられていない。

わが国では総合資源エネルギー調査会から新たな長期エネルギー需給見通しが7月に提出され、目指すべきエネルギー需給像として省エネルギー、新エネルギー、燃料転換、天然ガスなどと並んで、原子力の積極的な導入が述べられている。ただし、そのためには原子力の安全性や必要性について立地地域、国民全体の理解が必要であるとしているのは当然である。

また同調査会の原子力部会は原子力の技術基盤を確保するために国が中心となって進めるべき研究分野として、安全確保のために必要な研究、将来の技術的不確定性を小さくするための研究、エネルギーの長期安定供給の選択肢を広げるための研究開発などを挙げ、このための環境整備、人材確保、技術移転などが重要であるとしている。

原子力産業の成熟化、発電所新設の事業機会の減少、原子力についての敬遠感などの社会の構造、意識変化に対して産業、行政はかなりの危機感を持ってこのような分析がなされている。一方炉物理部会員個人はそれぞれの立場からこのような情報にはおりおり接していると思われるが、部会活動に結びつけた取り組みは未だしという感はぬぐえない。

話は変わるが、最近学会の春、秋の大会で総論のセッションの発表が増えているように思われる。総論には原子力の哲学と倫理、法学と政治学・国際関係、経済学と社会学、エネルギーと環境、原子力教育、原子力情報、核不拡散、

保障措置などが含まれるが、最近だけ見ても1999年春には19件、秋には16件、2000年春には32件、秋には21件、2001年春には18件、秋には28件になっている。1990年秋に総論の分類ができたしばらくは発表は毎回数件でしかなかった。きちんと調べたわけではないが総論における発表のうち、原子力とリスク、社会的受容性あるいはエネルギー環境に関する発表はそれらに関する部会が設けられてから発表が増えているような感じがしている。

炉物理部会は学会の中で長い歴史をもっているが、古いだけではなくこれまでも核データとの合同セッションや学生交流、最近ではWPによる新しい研究テーマへの取り組みや日韓合同セッションなど新しい企画も積極的に行なってきた。これらの活動により部会員相互の情報交換がはかられ、若手研究者の炉物理への関心が高められたことは確かである。その一方で、炉物理分野に関する研究テーマの模索が続いており、また炉物理が原子力の将来にどのように貢献するべきかについても議論が続いているところである。

ここで、1995年に当時の仁科浩二郎部会長が本誌第44号の巻頭言に述べられた文の一部を再掲させていただく。

従来の炉型や仕様に我々が固執するなら、確かにトピックは飽和状態かも知れぬ。だが長期のエネルギー資源論、環境論的に、筆者はどうしても原子力利用の努力を今後も維持し、長期の燃料サイクルの考慮まで含めた新しい展開を探っていくべきとしか思えない。とすると原子力は今後わが国はもちろん、地球全体を包含してさらに社会に深く、また多面的に浸透していくに違いない。その際、社会との接点で今まで以上に生活感情と直接に対面するから、それからの制約をより強く意識することになるろう。それは新しい要請の形で原子力の各分野に整合を求めることを意味する。炉物理で言えば、臨界安全、消滅処理、固有安全炉などが典型例であり、炉型に関しては今後さらに地球的志向からの、様々の要請があり得ると思う。

6年前に書かれたものとは思えないほど現在も状況はあまり変わっていないとも見られる。(JCO事故の以前に既に臨界安全に言及されていることは注目すべきであるとともに、事故防止ができなかった原子力界の体質にも思いを致すところである。) 状況は変わっていないと書いたが、原子力を取り巻く社会的な厳しさは増しているとも感じている。この認識をふまえて今後の炉物理部

会員としての活動について意見を述べたい。

ひとつは部会全体の活動とともに部会員個人としても社会との接点を常に意識しなければならないということである。消滅処理（現在は核変換処理）、固有安全炉などの研究を進め成果を専門家に問うとともに、その概念や特質を社会に分かりやすく公表、説明するという努力である。幸いインターネットの普及は社会への接点を非常に広げてくれた。JCO 事故時の RPD メール交換は HP にまとめられた。このような作業は面倒であろうが、やっておけば見る人はいるという期待をもって行なっていくほかない。

研究成果を社会との接点で考察し、総論セッションなどでの議論に持ち込むことが考えられる。たとえば革新的原子力技術に関心が持たれているが、専門家としての受動安全、固有安全などの概念に対し、市民のその受け取り方について知っておきたいものである。このような場では発表者の原子力観が問われることは当然であるから、広い関心を持って考えを整理しておくことが必要となる。

次世代へ原子力技術、炉物理の State of Art を継承するために、部会による Text Book の編纂を仁科元部会長は提案されていた。学会誌の連載講座「原子炉物理」をまとめていただくのも一方法であろう。

このように部会員が常に広い関心を持ち、社会との接点を意識しつつ研究成果の公表や市民との対話を行なっていくことで原子力の発展、現状打開に少しでも寄与できるのではないかと考えています。

<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報告>

一昨年9月に炉物理研究委員会で3つのワーキングパーティー(WP)、「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)が組織され、1年半に渡って活動が行われた。その成果については、去る3月28日に武蔵工業大学で開催された「2001年春の年会」の部会特別セッションで部会員に報告された。活動内容の概要についてはいろいろな機会に報告されているが、WP活動で得られた技術的に貴重な成果を残しておくという観点から、特別セッション当日に使用されたOHPの縮刷を中心に、まとめておくこととした。編集にご協力いただいた報告者各位に感謝いたします。(編集委員)

(1) 「軽水炉次世代燃料の炉物理」ワーキングパーティー活動報告

佐治 悦郎 (原子力安全委員会事務局)

本ワーキングパーティー(以下、WP)は、平成11年7月に開催された炉物理研究委員会において、以下の3つのWPテーマ候補を統合する形で発足した。

- ・ MOX燃料の炉物理
- ・ 高燃焼度燃料の炉物理
- ・ 今後の軽水炉開発に必要な炉物理実験

これらのテーマに関心の深いメンバーが集まって、当WPを構成することとなったが、まずは、これらのテーマの下にどのような内容の活動を行うのかについて議論することからWPの活動が開始された。

具体的な活動内容についての提案をWPメンバー宛て募集した結果、軽水炉燃料の高度化が核計算精度に及ぼす影響についての関心が高いことが伺えた。WP会合での議論を経て、直近のMOX燃料や高燃焼度燃料については工学的に見て概ね不安がないものの、現状の制約(ex. 5wt%²³⁵U)を大幅に超える設計については検討対象とする価値があることが確認された。これらのことを踏まえ、本WPの活動の骨子として、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、具体的にはウラン燃料、MOX燃料共に取出平均燃焼度約70Gwd/tを狙った設計を対象に、既存の計算手法間での結果の一致度の確認や課題の摘出、また精度検証や向上に必要な実験の提案につながる可能性をもった核計算ベンチマーク問題を提案することとした。また、WPの名称は、

これらのことを踏まえ「軽水炉次世代燃料の炉物理」WPと命名された。

ベンチマーク問題を設定するにあたっては、まずPWR、BWRにおける燃料高度化の現状、国際ベンチマーク問題のレビュー、バックエンドからの要望等について調査を実施した。その上でベンチマーク問題設定作業に着手し、結果的に、ウラン燃料、MOX燃料それぞれについて、ピンセル形状、PWR集合体形状、BWR集合体形状の3種類、合計、6種類のベンチマーク問題を設定した。そして、各ベンチマーク問題のねらいを踏まえ、ピンセル形状と集合体形状で異なった評価項目を決定した。こうしたベンチマーク問題の設定作業の過程では、平行して行われた試解析の結果からのフィードバックや電子メールを活用したWPメンバー間の活発な議論がなされ、それらによってベンチマーク問題が洗練されていった。最終的に問題仕様が確定したのは、活動期間が3ヶ月を切った平成13年初頭であった。

それから、各メンバーによる最終解析が開始され、最終的に各メンバーが所属する11の機関からの結果を得ることが出来た。当初、ベンチマーク問題の設定と試解析までを成果の目標としていたが、各メンバーの積極的なWP活動への参画により、多数の解析結果の集約とそれらの比較検討に着手することができた¹⁾。今後、予備的な比較検討結果を受けた各提出機関による結果の最終品質チェックを経て、本格的な検討へと移っていくことになる。

炉物理研究委員会は、平成13年度の会合において、本WPの今後2年間の活動継続を決定した。本格的な検討は、同WPに引き継がれるが、そこでの中心課題は、結果のばらつきの原因調査とその特定による課題抽出、また専門家の間での最良解についての合意形成等となる。今後の炉物理研究の発展に寄与できるような課題の提案や軽水炉核計算精度評価のためのベンチマーク問題として広く用いられるような条件整備に努力を払っていきたい。

<参考文献>

- 1). 「軽水炉次世代燃料の炉物理に関するベンチマーク問題の提案及び予備解析結果」、JAERI-Researchとして刊行予定 (2001).

日本原子力学会「2001年春の年会」
炉物理部会企画セッション「ワーキングパーティの報告」

「軽水炉次世代燃料の炉物理」WP の活動報告

平成13年3月28日

佐治 悦郎

(原子力安全委員会事務局)

設立の経緯

- 平成11年7月に開催された炉物理研究委員会において、3つのWP候補、
 - MOX燃料の炉物理
 - 高燃焼度燃料の炉物理
 - 今後の軽水炉開発に必要な炉物理実験が統合されて設立。軽水炉の高度化に関わる活動を行なうこととなった。

WPメンバー構成

- 20名のメンバーの所属の内訳
 - 大学: 3名
 - 研究機関等: 7名
 - 電力関連: 4名
 - プラント・燃料メーカー: 6名

活動内容の検討

メンバーの関心

軽水炉燃料の高度化が
核計算精度に及ぼす影響

直近の高燃焼度燃料、MOX燃料については
工学的見通しあり

現状の制約(ex. 5wt%²³⁵U)を大幅に超える設計
については検討の価値あり

活動内容と狙い

- 軽水炉燃料高度化に係る炉物理解析精度検証のためのベンチマーク問題提案
 - 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
 - 取出平均燃焼度: ~70GWd/t(ウラン燃料、MOX燃料共)
 - バックエンドからの要望を考慮(遮蔽、崩壊熱、臨界安全の評価上重要な核種存在量)
 - 純粹な核的検討とし、機械設計上の見通しは度外視
 - 精度検証・向上に必要な実験提案につなげる

活動計画

WPとして1年半の間でできること

- PWR、BWRにおける燃料高度化の現状、国際ベンチマーク問題のレビュー、バックエンドからの要望、について調査
- ベンチマーク問題仕様の作成作業
- 試解析の実施と成果のまとめ

活動経過

- 1年半の間に4回の会合を開催
 - 第1回:平成11年12月 3日
 - 第2回:平成12年 3月 8日
 - 第3回:平成12年10月 5日
 - 第4回:平成13年 3月12日
- その間、メーリングリストをフルに活用

ベンチマーク問題の概要

- ウラン燃料、MOX燃料
- 取出平均燃焼度:~70GWd/t
- BWR、PWR
- ピンセル(①)、燃料集合体(②)
 - ① 基本的核特性、同位体組成
 - ② 分布特性、可燃性毒物の影響

バックエンドからの要望

U, Pu, Am系に加えて以下の核種数密度評価を要求

遮蔽(中性子)、崩壊熱

Cm242,244

臨界安全(燃焼度クレジット)

Mo95, Tc99, Rh103, Cs133
Sm147,149,150,152
Nd143,145, Eu153, Gd155

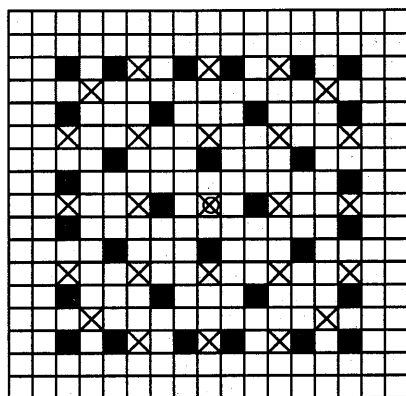
ベンチマーク問題仕様

種別	ピンセル		PWR集合体		BWR集合体	
	ウラン	MOX	ウラン	MOX	ウラン	MOX
形状、配列	PWR17x17 集合体燃料棒		17x17		9x9A型	ATRIUM -10***
燃料組成*	6.5wt% ²³⁵ U	11.0wt%Puf	6.2wt% ²³⁵ U**	11.0wt%Puf	5.5wt% ²³⁵ U**	7.0wt%Puf
評価項目	無限増倍率 一群縮約断面積 ポイド反応度 ドップラ反応度 Hot-Cold反応度 上記項目及び主要同位 体組成の燃焼度依存性		無限増倍率 局所ピーキング係数 核分裂率分布 ポイド反応度 ドップラ反応度 Hot-Cold反応度 上記項目の燃焼度依存性		(同左)	

* 集合体の場合は平均値

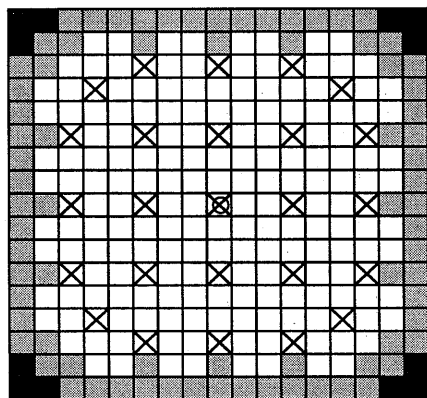
** Gd入り燃料を含む値 *** シーメンス社の登録商標(10x10-9)

PWR UO₂集合体



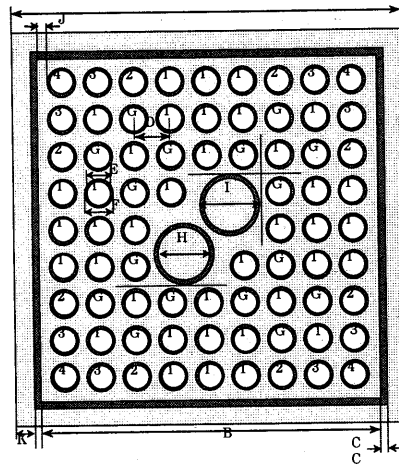
- ガドリニア入り燃料棒
- ⊗ 制御棒案内シンプル
- ⊗ 計装用案内シンプル

PWR MOX集合体

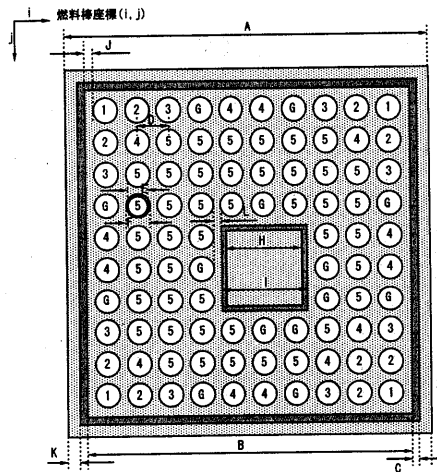


- ⊗ 制御棒案内シンプル
- ⊗ 計装用案内シンプル
- (L) 4.8wt%Puf
- (M) 9.2wt%Puf
- (H) 12.2wt%Puf

BWR UO_2 集合体



BWR MOX 集合体

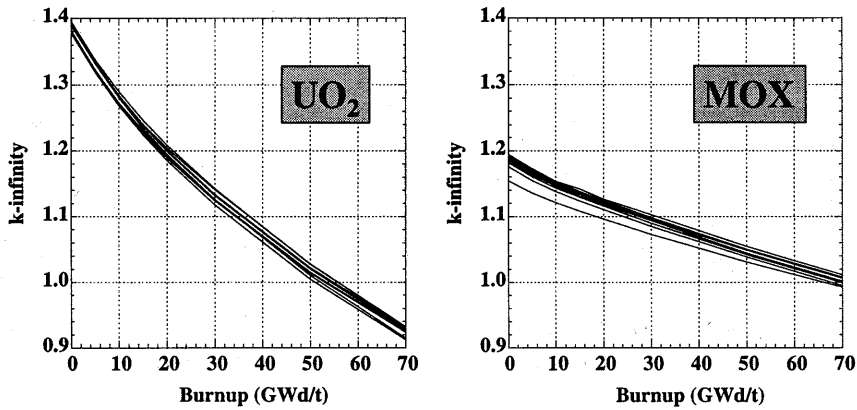


解析機関及び解析コード一覧

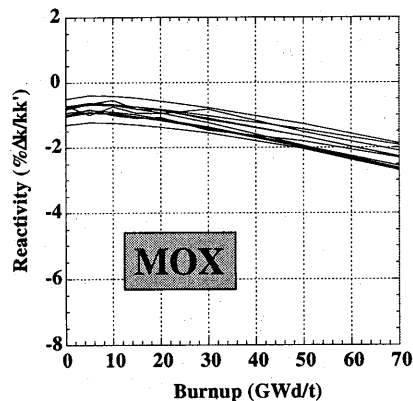
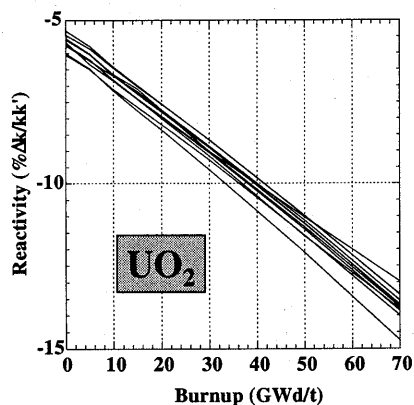
No.	機関	使用コード	ベースライブラリ	ピンセル		PWR集合体		BWR集合体	
				UO2	MOX	UO2	MOX	UO2	MOX
1	原研	MVP-BURN	JENDL-3.2	○	○				
2	原研	SRAG95	JENDL-3.2	○	○				
3	原研	SRAG95	ENDF/B-VI(R5)	○	○				
4	原研	SRAG95	JEF-2.2	○	○				
5	京大炉	MVP-BURN	JENDL-3.2			○	○		
6	大阪大学	MVP-BURN	JENDL-3.2					○	○
7	TSI	CASMO-4	JEF-2.2	○	○			○	○
8	原燃工	CASMO-4	ENDF/B-IV他	○	○	○	○		
9	原燃工	NULIF	ENDF/B-V	○	○				
10	NUPEC	CASMO-4	ENDF/B-IV他					○	○
11	四電	SHETRAN	ENDF/B-VI(R3)	○	○	○	○		
12	JNF(東芝)	TGBLA	ENDF/B-V	○	○			○	○
13	JNF(日立)	VMONT	JENDL-3.2	○	○			○	
14	東芝	MCNP-BURN	JENDL-3.2	○	○				
15	電中研	FLEXBURN	JENDL-3.2	○	○				
16	電源開発*	WIMS-LWR	JEF-2.2	○	○				
計	11	10		13	13	3	3	5	4

(*計算は開発計算センターによる)

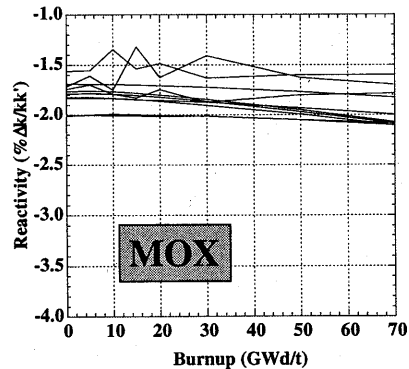
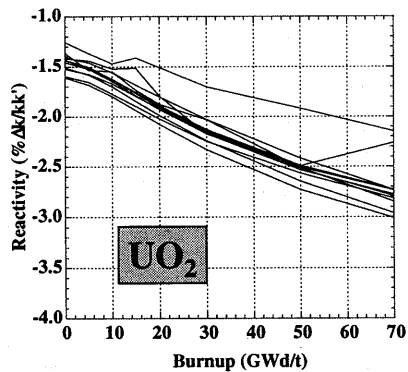
ピンセル無限増倍率の燃焼変化



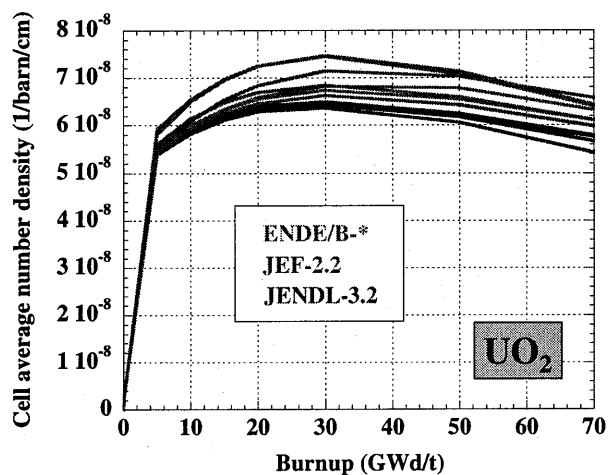
ピンセルポイド反応度(0→70%)



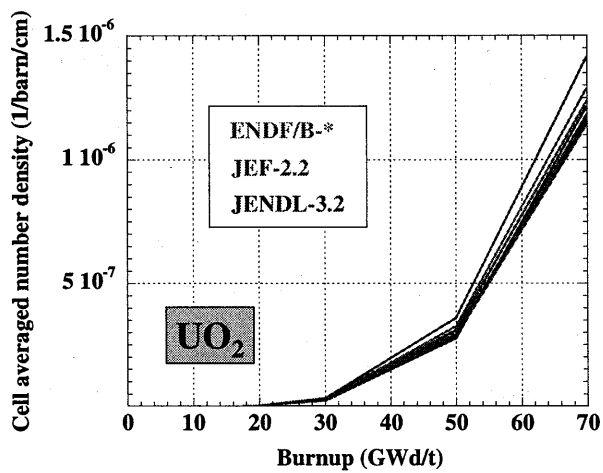
ピンセルドップラ反応度(900→1800K)



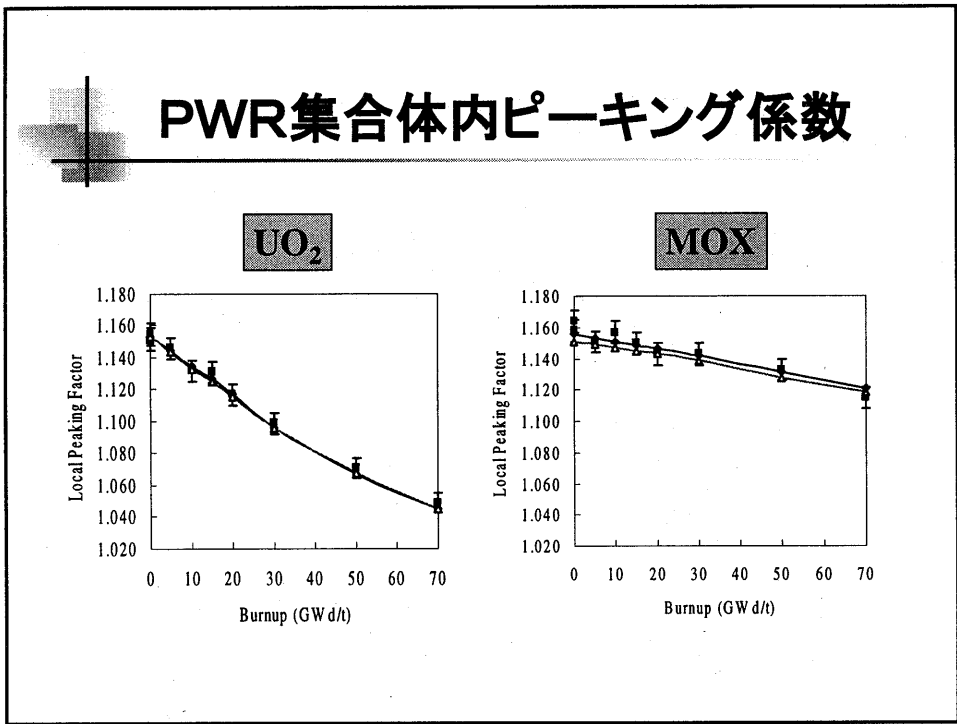
^{149}Sm 数密度の燃焼変化(ピンセル)



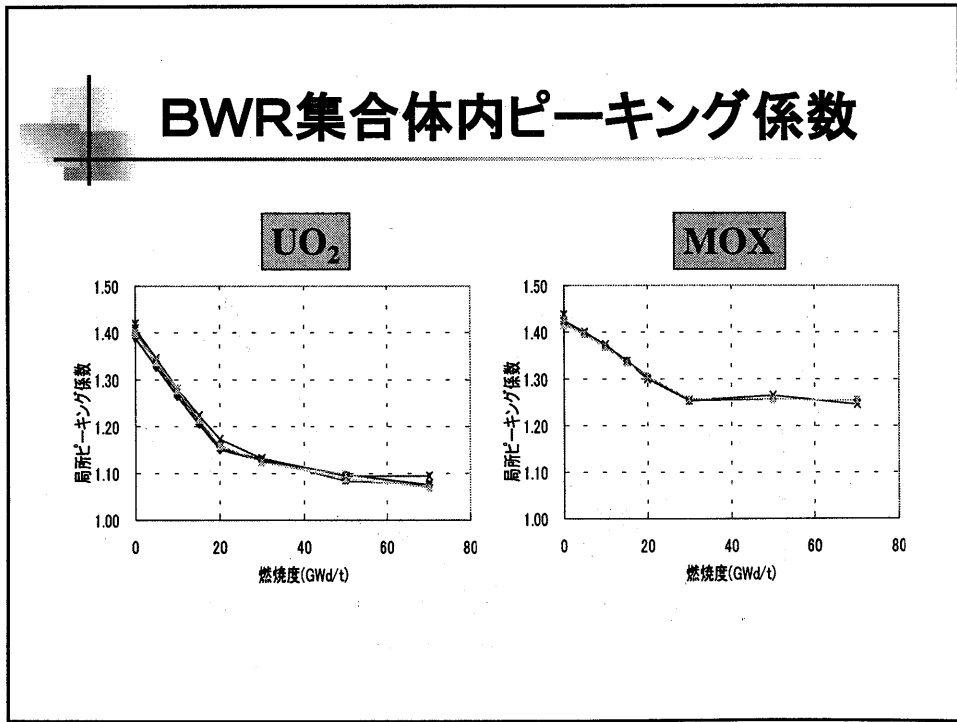
^{244}Cm 数密度の燃焼変化(ピンセル)



PWR集合体内ピーキング係数



BWR集合体内ピーキング係数



今後の予定

- 各機関において解析結果の再チェック
- ベンチマーク問題仕様及び現在まで提出されている解析結果間比較の概略検討結果を報告書にまとめる
- それを基に、より一層のベンチマーク参加を呼びかける
- 本WPの継続を要望

今後の展望

- 設計上の要求精度を考慮しつつ、結果間の差異の大きな項目については、詳細な調査を行なって、その原因を特定する努力を継続
- 解析精度上の課題の抽出
→ 実験、実測提案
- 解析精度評価におけるスタンダードとして用いられるよう条件整備

(2) 「加速器駆動炉の炉物理」ワーキング・パーティー活動報告

山根 義宏 (名古屋大学)

1. 活動目標

平成 11 年度に炉物理研究委員会の改組に伴って設置された「加速器駆動炉の炉物理」ワーキング・パーティーは、17名のメンバーと6名のオブザーバーで、次の3項目を目標に2年間の活動を行った。

(a)線源スペクトルが炉物理特性に与える影響を中心に、高エネルギー領域の中性子輸送計算の問題点を探る。(b)深い未臨界の評価に関する計算・実験の現状と問題点を整理し、未臨界炉に特徴的な静特性と動特性(安全性)の問題を抽出する。(c)ADSの位置付けに関するレビューと、概念設計・要素技術開発を含むシステム設計の問題点を検討する。

2. 会合の概要とまとめ

概要 活動方針を確認した初回(平成11年11月11日)以降に、平成12年2月22日、平成12年7月10日、平成13年3月2日と3回の会合を持った。この会合で行われた講演を、上記の活動目標別にまとめて示す。尚、これらの講演の概要はOHP資料に示されている。

(a)高エネルギー領域の中性子計算法:「高エネルギー核データファイルの現状」深堀智生(原研)、「高エネルギー領域解析コードの現状」明午伸一郎(原研)、「核子・核子散乱断面積モデルによる加速器駆動炉特性への影響」辻本和文(原研)。(b)深い未臨界の評価に関する計算・実験:「ADS未臨界度測定法の問題」山根義宏(名大)、「ADSの反応度制御について」岩崎智彦(東北大)。(c)概念設計・要素技術開発:「加速器駆動炉開発の意義と現状について」高木直行(原電)、「核変換物理実験施設の概念検討の現状」大井川宏之(原研)、「京大炉ADS計画」代谷誠治(京大炉)。

まとめ 高エネルギー領域の計算は現状においてかなり整備が進んでおり、原研・京大炉の概念検討にも利用されている事が報告された。しかし未臨界の評価手法については実用の域に達した測定法は未だ無く、今後の開発に待つべき状況にあることが示された。

3. 要望書

「核変換物理実験施設の概念検討の現状」で紹介された原研の実験施設は、現有FCAをベースにした核分裂出力500Wの臨界集合体と、600MeVに加速された繰り返し25Hzの陽子ビームによる核破碎中性子源とを組み合わせた実験施設である。この施設が核変換技術にかかわる炉物理実験の施設として、最大限の機

能を發揮出来るように、施設、実験設備（加速器・ターゲット、炉心）、測定項目、測定手法に対する意見を調査して原研への要望書にまとめた。これらの要望は OHP 資料に示されている。

4. まとめと提言

本 WP は講演を聞くだけの単なる「勉強会」ではいけないと、注文がついていた。そこでメーリングリストを活用して、講演を話題提供の核として活発な意見交換をし、これを基に積極的な提言にまでまとめることを意図した。活動の最後に WP メンバーを対象として、WP の進め方、成果、波及効果等について、アンケート調査を行った。その結果は、十分に検討できなかったテーマがあり計画通りには進捗しなかった、しかし ADS の問題点を探り、今後の検討課題を絞りこんだ意義は十分有るという評価となった。

現在 ADS の計画は原研・京大炉以外には無く、産業界を巻き込んだ具体的な議論になりにくかった点が、活発な意見交換を生み出せ無かった理由として挙げられる。しかし参加者は WP に何らかの形で積極的に関与したいと望んでいる事がアンケート結果に示されているので、今後は原研・京大炉の ADS 計画を中心課題に据え、例えば運転制御の問題、現有実験設備を利用した ADS 関連実験の計画案等を、集中的に議論する事が望ましい。

日本原子力学会 平成13春の大会
2001年3月28日 (武蔵工業大学)

「加速器駆動炉の炉物理 (ADS)」 WPの活動報告

委員

石川 眞 (JNC) 伊藤大一郎 (三井造船) 岩崎智彦 (東北大・幹事) 大井川 宏之 (原研)
岡嶋成晃 (原研) 奥田泰久 (住友原子力) 小原 徹 (東工大) 代谷誠治 (京大炉) 竹田敏一 (阪大)
竹村守雄 (川崎重工) 橋本憲吾 (近大炉) 藤村幸治 (日立) 森 貴正 (原研) 山根 剛 (原研・幹事)
山岡光明 (東芝電力システム社) 山根義宏 (名大・リーダー) 横堀 仁 (新型炉技術開発・幹事)
オブザーバー
安藤良平 (東芝電力システム社) 池田一三 (三菱重工) 阪元重康 (東海大) 高木直行 (原電)
鈴置善郎 (高速炉エンジニアリング) 山本章夫 (原燃工)

活動目標

- (a) 高エネルギー領域の中性子計算法
線源スペクトルが炉物理特性に与える影響を中心に、
高エネルギー領域の中性子輸送計算の問題点を探る。
- (b) 深い未臨界の評価に関する計算・実験
深い未臨界の評価に関する計算・実験の現状と問題点を整理し、
未臨界炉に特徴的な静特性と動特性 (安全性) の問題を抽出する。
- (c) 概念設計・要素技術開発
ADSの位置付けに関するレビューと、概念設計・要素技術開発を
含むシステム設計の問題点を検討する。

会合の概要

第1回 (平成11年11月11日) 活動方針の確認

第2回 (平成12年 2月22日)

「高エネルギー核データファイルの現状」

深堀智生 (原研)

「高エネルギー領域解析コードの現状：NMTC/JAM及びNCNPX」

明午伸一郎 (原研)

「加速器駆動炉開発の意義と現状について」

高木直行 (原電)

第3回 (平成12年 7月10日)

「原研-KEK大強度陽子加速器計画における核変換物理実験施設の検討状況」

大井川宏之 (原研)

「核子・核子散乱断面積モデルによる加速器駆動炉特性への影響」

辻本和文 (原研)

最終回 (平成13年 3月 2日)

「京大炉ADS計画」

代谷誠治 (京大炉)

「ADS未臨界度測定法の問題点」

山根義宏 (名大)

「ADSの反応度制御について」

岩崎智彦 (東北大)

課題(a) 高エネルギー領域の中性子計算法

講演a-1 「高エネルギー核データファイルの現状」 深堀智生 (原研)

- ・ LANLのLA150、日本のJENDL高エネルギーファイル等の高エネルギー核データの整備状況が報告された。
- ・ 連続モンテカルロコード (MCNP-4 X, MCNPX, MVP) に対する3GeVまでのライブラリーは、ENDF様式で格納されておりNJOY等のコードで処理して利用できる。
- ・ 上記以外のコードについては、群構造、計算手法等の使用方法の情報が不明のため対応できていない。
- ・ 使用方法、断面積評価の要求精度等に対する原子炉設計側からの情報を、核データ整備側は望んでいる。

講演a-2 「高エネルギー領域解析コードの現状：NMTC/JAM及びNCNPX」 明午伸一郎 (原研)

- 原研NMTC/JAERIを3.4GeV以上のエネルギーを扱えるように拡張し、JAMコードを作成した。
- ADSの炉物理パラメータに対しては、20MeV以下の中性子の影響が重要で、NMTC/JAMの計算結果はソース項として影響する。
- 20MeV以下に落ちていく中性子の炉物理パラメータへの感度を評価して高エネルギー側のコードライブラリーへ反映させる必要がある。
- 今後は、150MeV以上はNMTC/JAMで、これ以下はMVPで統一的に計算するJHETコードの開発を目指している。
- ADSに関連したデータ、コードの開発・改良には、MAの核分裂断面積、 ν の測定が必要であり、核データ測定施設の建設が望まれる。

講演a-3 「核子・核子散乱断面積モデルによる加速器駆動炉特性への影響」 辻本和文 (原研)

- 核内カスケード計算において、自由空間内での核子・核子散乱断面積を用いた場合と、核内の媒質効果を考慮した場合の比較を行った。
- 両方で核破碎中性子スペクトル、角度分布に違いが生ずる。
- 中性子源のeffectiveness、ビーム当りの炉心出力に相違が現れ、加速器駆動炉の制御・運転に影響する。
- しかし、20MeV以下の中性子スペクトルには影響がなく、消滅処理特性への影響は小さい。
- 「中性子源のeffectiveness」に適切な訳語を決める必要がある。

課題(b) 深い未臨界の評価に関する計算・実験

講演b-1 「ADS未臨界度測定法の問題点」山根義宏 (名大)

- KUCAのパルス中性子実験によれば、深い未臨界 ($K_{\text{eff}}=0.63$) では約5% ΔK の差があるが、簡単な随伴関数計算値を用いたKosaly&Fisherの空間積分法は有効である。
- パルス中性子入射に対する分散対平均法は、未臨界度が深い場合は、デットタイムを考慮することにより精度が向上し、未臨界度2~5% ($\Delta K/K$) において未臨界度測定が可能である。

講演b-2 「ADSの反応度制御について」岩崎智彦 (東北大)

- ADSでは炉出力は加速器側で制御できるが、反応度制御はできない。
- ATRASコードで評価した最大投入反応度は、Na冷却炉で約7% ΔK 、Pb&Bi冷却炉で約3% ΔK であり、 $K_{\text{eff}}=0.95\sim 0.98$ の運転条件では、反応度制御機構が必要である。
- ターゲットと燃料の間に液体ポイズン (Li_0) を注入する反応度制御法の可能性を、MVPコードで検討した。
- ターゲット最外周領域に Li_0 注入時の効果は、Na冷却炉で約2 $\Delta K/K/cm$ 、Pb&Bi冷却炉で約1.4% $\Delta K/K/cm$ で、ADSの反応度制御法として適用可能である。

課題(c) 概念設計・要素技術開発

講演 c-1 「加速器駆動炉開発の意義と現状について」高木直行 (原電)

- ・米国のATW、欧州のエネルギー増幅器 (Rubbia炉)、日本のJAERI計画のレビューによると、現在全てが核変換を目指しており、発電を目指したものは無い。また核変換の視点から高速炉体系が主流である。
- ・ADS計画は新しい原子力のオプションとして、原子力界に活気をもたらす効果は否定できないが、核変換自体の意義付け、高速炉を用いた核変換との関連が明確では無いといった討論があった。

講演 c-2 「原研-KEK大強度陽子加速器計画における核変換物理実験施設の検討状況」大井川宏之 (原研)

- ・原研の核変換物理実験施設は、ADSの運転・制御に関する研究・開発を目的としている。FCAに準拠した装置概念を採用し、板状燃料を用いた水平2分割型の臨界集合体を構想している。
- ・600MeVリニアックの出口で200kWの陽子ビームを受けとり、そのうち10W程度を施設に導入する。25Hzのパルス運転を想定している。
- ・実験項目は、
 - ①核破碎中性子源で駆動される高速未臨界体系の核特性評価、
 - ②加速器駆動ハイブリッドシステムの運転・制御性検証、
 - ③MA及びLLFPの核変換特性評価を考えている。
- ・本施設の設置は流動的な段階であり、今後、広く国内外の意見を取り入れながら概念検討を重ねる予定である。

講演 c-3 「京大炉ADS計画」代谷誠治 (京大炉)

- ・京都大学原子炉実験所では、熱出力 5 MW の KUR (昭和39年初臨界) の代替炉として、近年の加速器技術の発展と原子炉技術の成熟に依拠した「加速器駆動未臨界炉」を研究用中性子源として共同利用研究に供することを最終目標としている。
- ・中性子ファクトリー計画の第1期では陽子エネルギー70MeV程度のリングサイクロトロンを導入してKUCAと組み合わせ、加速器駆動未臨界炉の成立性評価を含めた基礎的な実験研究を系統的に遂行する。
- ・第2期は500MeVまで増強し、未臨界炉を設置して最終目標を実現する。
- ・京大炉計画は50MHz α 運転で連続運転に近い、また熱炉型である点が原研の計画との大きな違いである。

原研・核変換物理実験施設計画への要望

経緯

- (1) 原研「核変換物理実験施設」が実現すれば、加速器駆動未臨界炉の実験的研究が出来る貴重な施設となる。
- (2) 将来の広範囲な共同利用を想定して、計画の段階から、大学関係者等を含めた学会員の意見・要望を広く反映する事が望ましい。

調査項目と方法

- (1) 施設本体、運転・制御方式、将来実験したい炉物理実験項目、具体的な実験手法、備えておくべき実験設備、要求される実験精度等への要望と意見を聞く。
- (2) メーリングリストを活用して集める。

要望の概要

(A) 施設

- (1) パルス中性子源が必要な研究課題を摘出し、建設の意義・目的を明確化
- (2) 未臨界装置ではなく臨界装置
- (3) 化学分析・質量分析による核種同定測定施設の併設

(B) 実験設備

- (B-1) 加速器・ターゲット
 - (4) 中性子投入量と中性子エネルギースペクトルの測定設備
 - (5) ビーム強度を周波数・振幅をパラメータにして変調する設備
 - (6) 出力分布の平坦化検討用陽子ビーム分流化装置
- (B-2) 炉心
 - (7) 鉛ビスマスの試験領域
 - (8) Pu燃料炉心 (炉心特性評価と自発核分裂線源の効果検討)
 - (9) 未臨界度調整用吸収体及び同駆動機構

(B-3) その他

- (10) 温度係数測定用炉心加熱装置
- (11) 核変換特性を系統的に実験するMA試料取り扱い装置
- (12) 大口径(シンチレータ)ガンマ線炉外モニター

(C) 測定項目・測定手法

- (13) 加速器駆動時の未臨界炉の動特性測定
- (14) 時間依存中性子束分布の測定
- (15) 炉内出力分布モニター用マイクロチェンバ
- (16) 修正中性子源増倍法などによるオンライン未臨界度測定
- (17) 「パルス列測定装置」を用いた時系列データ測定装置
- (18) 炉内中性子エネルギースペクトル測定

(D) その他

- (19) 将来設備のためのスペース確保

アンケート結果

(1) WPの進め方、成果、波及効果

- ・次期WPに積み残したテーマが有り、計画通り進捗していない。
- ・しかし、今期はADSの問題点を探り、次期以降のテーマを絞った助走期間と位置付けられる。
- ・次期以降への期待を含めて、当初の目的は一応達したと評価できる

(2) 参加人数、会合の回数、メーリングリスト

- ・毎回15名程度の参加人数は適当である。
- ・会合が年間2回では少ない。年間4回開催の希望が多い。
- ・メーリングリストは連絡・調整には機能したが、委員相互の議論には有効に働かなかった。これは問題提起の仕方、検討すべき議論の絞り込みを十分出来なかったのが原因である。

アンケート結果 (続)

(3) 総合的意見

- ・ADSになじみの無かった委員は、ADSの概要、問題点をつかむ上で役に立ったと感じているが、何等かの形で作業に加わりたいと望んでいた。
- ・次期WPはテーマを絞り、作業を主体とした活動を展開していくことが、望ましい。

まとめと提言

- (1) 講演を話題提供の核として、メーリングリスト等を活用した活発な意見交換に基づき積極的な提言を意図したが、具体的な提言にまで至った成果は無かった。
- (2) 原研・京大炉以外にADSの具体的な計画が無く、さらに問題点の絞込みが上手くできなかったために、産業界をも巻き込んだ活発な意見交換を生み出せ無かった。
- (3) 次期WPはテーマを、例えば以下のように絞り、
ADSの動特性・運転・制御特性
現有実験設備を利用したADS関連実験の計画案
原研・京大炉のADS計画の炉物理的支援
作業を主体とした活動を展開していく方針が望ましい。

(3) 「新型炉」ワーキング・ワーティール活動報告

松村 哲夫 (電力中央研究所)

1. 新型炉WPの概要

新型炉WPは阪本教授(東海大)を委員長として、専門委員18名、オブザーバー7名の構成(表1参照)で、既存の研究開発で十分な取り組みがなされていない課題、テーマを発掘・提言する事を取り組み方針として以下の活動を行った。

- ・ 新型炉概念の調査
- ・ 新型炉に求められる要件の整理
- ・ WPメンバーに対するアンケート
- ・ 炉心特性による新型炉概念の整理
- ・ 炉物理課題、テーマの提言(目標)

2. 新型炉概念の調査

新型炉概念の調査では、講演および文献の紹介により、以下の様な新型炉や活動を調査した。

- ・ NERIプログラム
- ・ 自己完結型燃料サイクルシステム(原研)
- ・ ガス冷却高速炉(GCFR)(原研)
- ・ IAEAで議論された新型炉概念
- ・ 南アフリカ・PBMR
- ・ 原子炉型の比較研究
- ・ 実用化戦略調査研究(JNC)
- ・ HTTRの臨界試験と高温ガス炉開発(原研)
- ・ 小型・長寿命炉、CANDLE燃焼炉、等(東工大・関本)
- ・ 低減速スペクトル炉(原研)
- ・ 超小型・即発臨界炉の概念(阪大・山本)
- ・ ABWR-II(ABWR改良発展炉)の研究開発
- ・ 宇宙用原子炉の用途と技術の現状(NUPEC・羽賀)

また、次の様な新型炉も学会等で報告されている。

- ・ 超臨界圧軽水炉、高速深海炉、直接発電炉、超臨界圧二酸化炭素冷却炉、岩石型燃料炉、等

3. 新型炉に求められる要件

新型炉に対しては、「公衆・地元住民」からは、感覚・イメージ的に「良い」

原子炉が求められる。一方、「国家」からは、エネルギー・セキュリティーや地球環境保全などの長期的視点、国家・世界的視点が重要であり、「電力、メーカー」は、コストなどを度外視する事は出来ない。これらの種々の要求をグループ分けすると安全性、経済性、資源活用性、環境性、技術的成立性、社会的受容性、核拡散抵抗性の7つの要件に整理出来る (図1)。

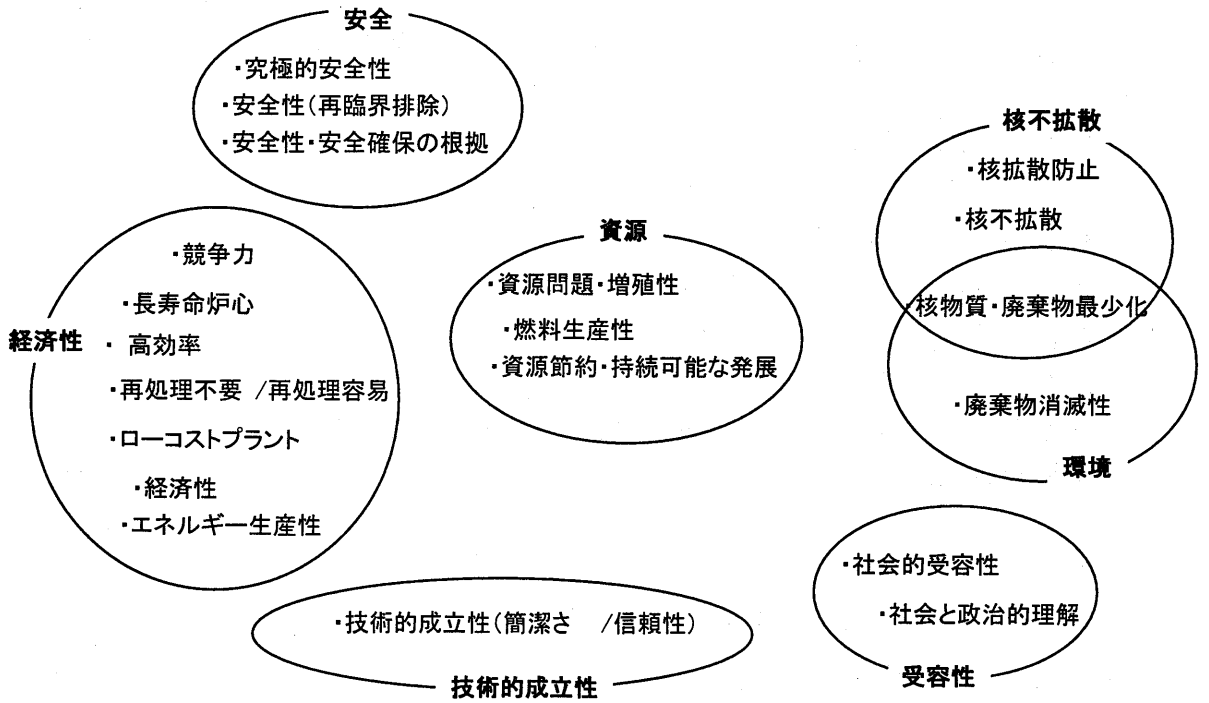


図1 新型炉に求められる要件

4. WPメンバーに対するアンケート

新型炉WPメンバーに対し、これらの要件の重要性および種々の新型炉概念の適応性についてアンケート調査を実施した。この結果、経済性、次に安全性、社会的受容性を重要視する意見が多かった (図2)。一方、新型炉のキーワードとしては、受動的な安全機能、高温炉、小型炉、長寿命炉心、アクチニド・リサイクルなどに関心が高い結果となった (図3)。

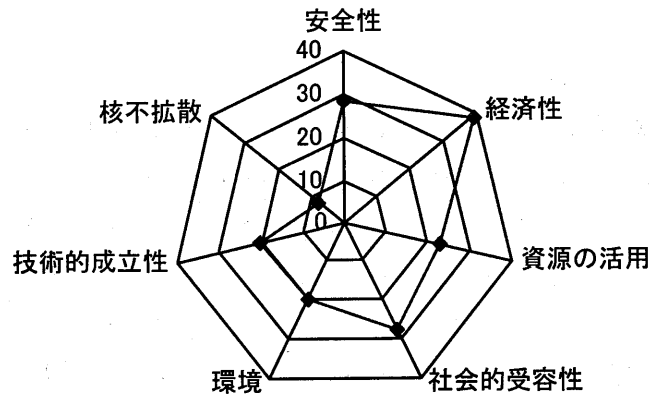


図2 新型炉に求められる要件の重要性 (新型炉WPメンバーアンケート結果)

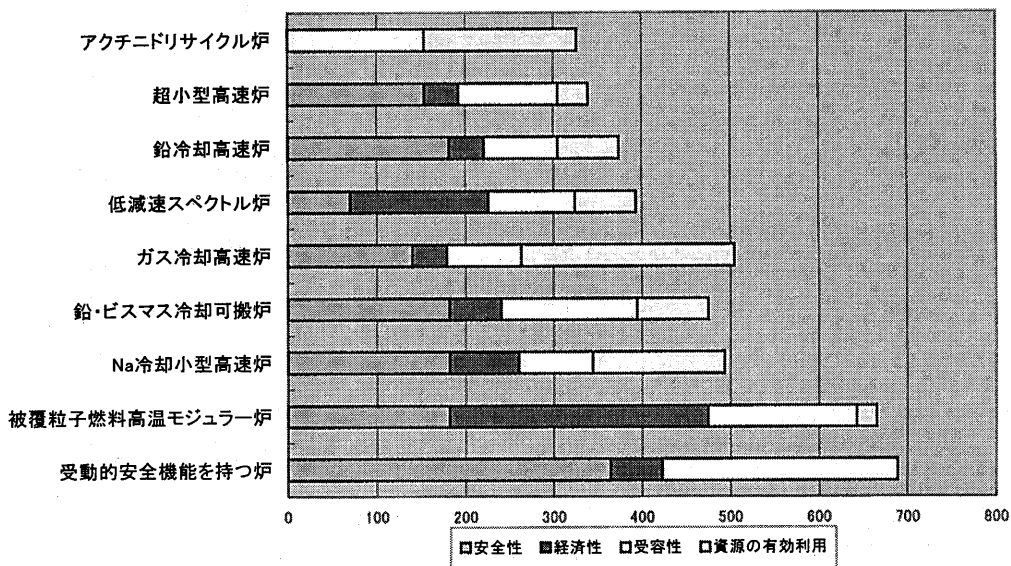


図3 新型炉に求められる要件に対する各炉型の適応性 (新型炉WPメンバーアンケート結果)

5. 炉心特性による新型炉概念の整理

一方、炉物理的な観点から新型炉概念を検討するため、①中性子の代表エネルギー (増殖性)、②出力規模、③出力密度、④作動温度、⑤燃料の炉内滞在時間、⑥反応度係数の6つの炉心特性に対する整理を行い、既存の研究開発で十分な取り組みがなされていない課題、テーマの発掘を行った。但し、新型炉概念については、これらの炉心特性が明らかでないものが多く、従来炉型の炉

心特性の整理を行い、これを基に議論することとした。

①中性子の代表エネルギー

従来型炉型（軽水炉、ガス炉、高速炉）と中性子の代表エネルギーが異なる領域として、低減速炉心などの中速領域、高速炉以上のSFPR（自己燃料供給型原子炉）、ADSなどのより高速領域の炉物理、フロンティア研究としての極低速領域の炉物理が抽出された（図4）。中性子の代表エネルギーが高い程、 η 値（ $=\nu\sigma_f/\sigma_a$ ）が高く、増殖性に優れるため、低減速炉心、SFPR、ADSなどに従来型的高速炉とともに資源活用性への適応が期待出来る。

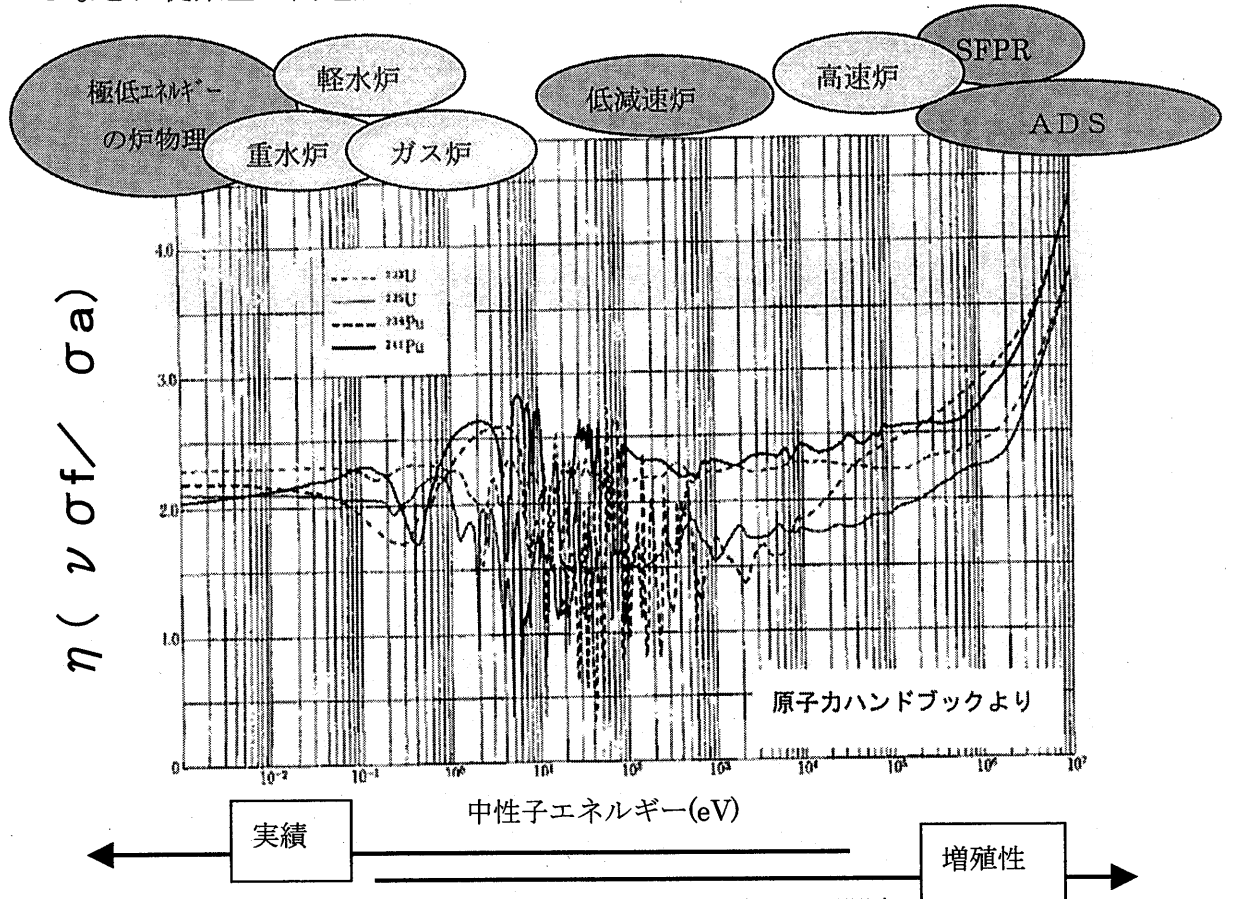


図4 中性子の代表エネルギーと η 値との関連

②出力規模

原子力プラントの建設コストには、スケールメリットがあり、電気出力の0.6～0.8乗則と言われている。一方、南アフリカESKOMが建設を進めているPBM R (Pebble Bed Modular Reactor) は1ユニット5万kWeの電気出力にかかわらず、プラントの簡素化やモジュラー化等により建設費を低減出来ると言われている（図5）。このため、スケールメリットを追求したABWR2(電気出力170万kWe)の開発とともに、プラントの簡素化に向けた受動的安全性のより高度な活用などが課題と考えられる。

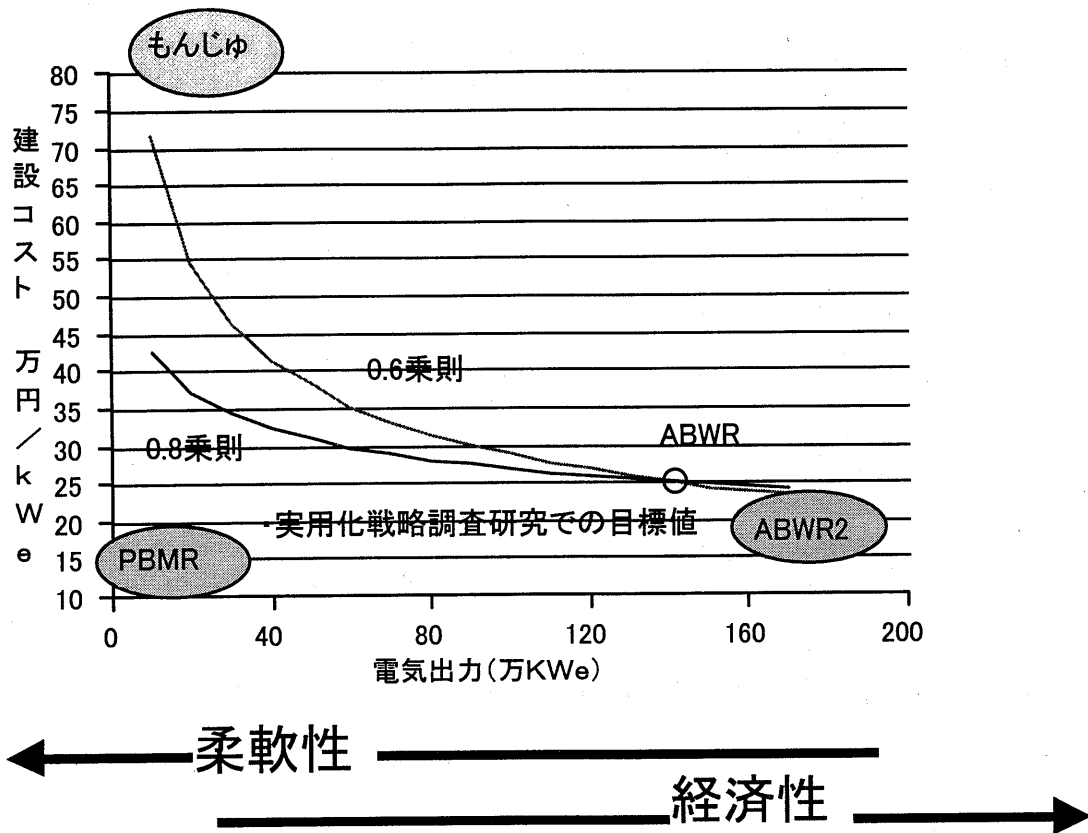


図5 出力規模と建設コストとの関連

③出力密度

既存の炉心より高出力密度と低出力密度の原子炉が考えられ、炉心のコンパクト（経済性向上）が期待出来る高出力密度を狙った原子炉では冷却材・方法の問題が、逆に低出力密度の原子炉では、安全性の活かし方が課題と考えられる。

④作動温度

原子炉の作動温度は、一般には、高温ガス炉の約 1000℃が材料の限界と考えられているが、宇宙推進炉では 2000℃を越す原子炉が製作された例がある（図6）。作動温度が高い方が、熱効率が高くなり、水素製造などの発電以外の利用の可能性が増加するため、より高温のガス炉、超臨界圧軽水炉などより高温を狙った原子炉が考えられる。この場合、高温に耐える材料問題とともに、新材料の場合の核データや、高温での炉定数の整備の他、高温でのドップラーの取り扱い問題などが炉物理的な課題と考えられる。

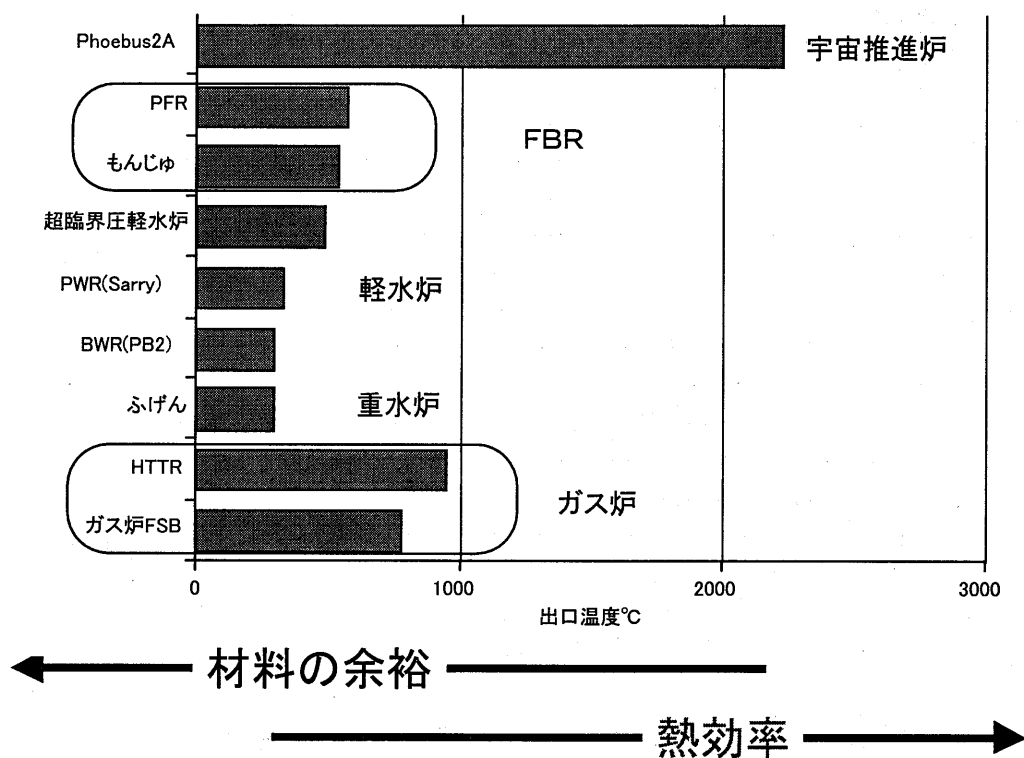


図6 原子炉の作動温度の整理

⑤燃料の炉内滞在時間

原子炉内の燃料有効滞在時間は5～長期寿命の炉心が可能となれば、プラント寿命中燃料無交換による核不拡散性の向上が期待出来る。このため、長期、超長期寿命の炉心の炉物理が課題と考えられる。

⑥反応度係数

反応度の制御性の高度化により、受動的安全性、自己制御性の達成による無人運転可能な原子炉などの実現が期待される。このため、ドップラー係数の高精度化に寄与する燃料内温度分布などを考慮したマイクロ炉物理などを含め、反応度の制御性の高度化が課題と考えられる。

6. 炉物理課題、テーマの提言

以上の、炉心特性の観点からの整理により新たに抽出された課題、テーマを新型炉に求められる、安全性、経済性、資源活用性、環境性、技術的成立性、

社会的受容性、核拡散抵抗性の7つの要件に当てはめて検討し、既存の研究開発で十分な取り組みがなされていない以下の課題、テーマを発掘した。

- 1) 劣化Uなどの供給のみで燃料を自己調達し、燃料サイクルの新たな可能性を開く、高エネルギースペクトルを活用した新型炉
- 2) 無人運転可能な受動的安全性が高く、自己制御性の高い新型炉 (宇宙、深海探査用など)
- 3) 核不拡散抵抗性の高い、プラント寿命中燃料交換不要とする超長寿命の新型炉

勿論、上記以外にも多くの魅力的な新型炉が考えられ、また、多くの炉物理的課題がある。新型炉に求められる要件の実現には炉物理の役割が大きいと考えられる。

「ワーキングパーティーの最終報告」 新型炉ワーキングパーティーの活動

平成13年3月28日

炉物理委員会・新型炉WP
幹事 松村哲夫(電中研)

1

新型炉WPの概要

- 委員長：阪元教授
- 幹事：高木、中島、飯島、松村
- 専門委員18名、オブザーバー7名
- 第1回WP：平成11年12月3日
- 第2回WP：平成12年 3月6日
- 第3回WP：平成12年12月4日
- 第4回WP：平成13年 3月5日
- 拡大幹事会：平成13年 3月9日

2

新型炉WPの活動概要

- 新型炉概念の調査
- 新型炉に求められる要件の整理
- WPメンバーに対するアンケート
- 炉心特性による新型炉概念の整理
- 炉物理課題、テーマの提言(目標)

取り組み方針: 既存の研究開発で十分な取り組みがなされていない課題、テーマを発掘・提言する

3

新型炉概念の調査(1/2)

新型炉の研究開発の動向を概略調査

- NERIプログラム
- 自己完結型燃料サイクルシステム(原研)
- ガス冷却高速炉(GCFR)(原研)
- IAEAで議論された新型炉概念
- 南アフリカ・PBMR
- 原子炉型の比較研究
- 実用化戦略調査研究(JNC)
- HTTRの臨界試験と高温ガス炉開発(原研)

4

新型炉概念の調査(2/2)

- 小型・長寿命炉、CANDLE燃焼炉、等(東工大・関本)
- 低減速スペクトル炉(原研)
- 超小型・即発臨界炉の概念(阪大・山本)
- ABWR-II(ABWR改良発展炉)の研究開発
- 宇宙用原子炉の用途と技術の現状(NUPEC・羽賀)

<学会等で報告された新型炉>

- 超臨界圧軽水炉、高速深海炉、直接発電炉、超臨界圧二酸化炭素冷却炉、岩石型燃料炉、等

5

新型炉に求められる要件(1/2)

公衆・地元住民

感覚・イメージ的に「良い」原子炉

- 風評被害がなく地元のイメージアップになる炉
- 安全であることが分かりやすい炉
- 地元のうけが良く、立地がスムーズに進む炉
- 景観を崩さない炉、景観がきれいな炉
- 放射性廃棄物を核変換し、環境保全に役立つ炉
- 電気以外の付加価値を生産する炉(プール併設、温泉)
- 燃料輸送などで交通規制のない炉
- 電気代の安い原子炉

- 投資リスクの小さい炉
- 投資回収年数が短い炉
- 稼働率の高い炉
- 廃炉が容易な炉
- たくさん売れる炉
- 使用済み燃料貯蔵プールの心配不要な炉
- 輸出可能で、他国へも建設できる炉
- トータル発電コストの安い炉
- 保守・補修が楽で、運転員の教育と必要人員の少ない炉
- 実績と信頼があり、開発要素の少ない炉
- 負荷追従が可能な炉
- 燃料インベントリが少なく、燃交が楽な炉
- 輸出可能で、他国へも建設できる炉

国家

長期的視点、国家・世界的視点で重要な炉

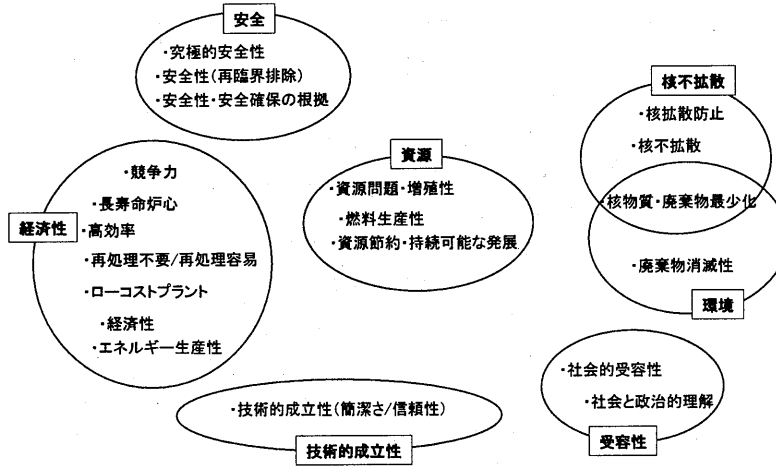
- 海外諸国の政情に影響されことなく日本経済を安定・安全・長期に支える炉
- エネルギーセキュリティ上重要な燃料生産能力を有した炉
- 他産業への波及効果のある炉
- 地球環境保全に役立つ炉
- 核拡散の観点で、米国から疑われない炉
- 核兵器と無縁な・燃料交換頻度の少ない炉、サイクル長の長い炉
- 燃料サイクルインフラへのインパクトの小さい炉
- 最終処分問題、処分場への負荷を小さくする炉

明日の利益につながる炉

会社(電力) 会社(メーカ)

6

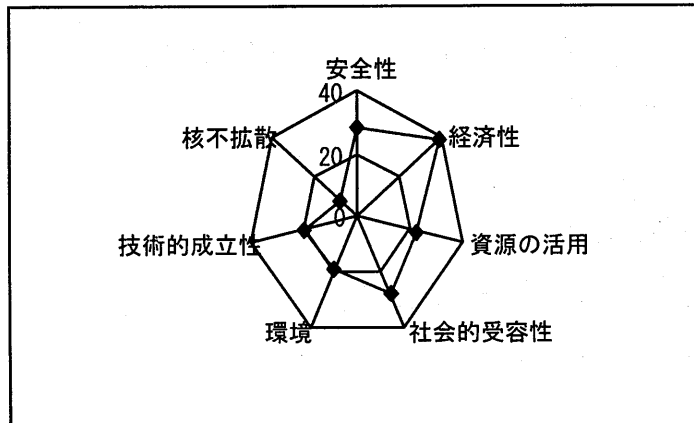
新型炉に求められる要件(2/2)



7

WPでのアンケート結果

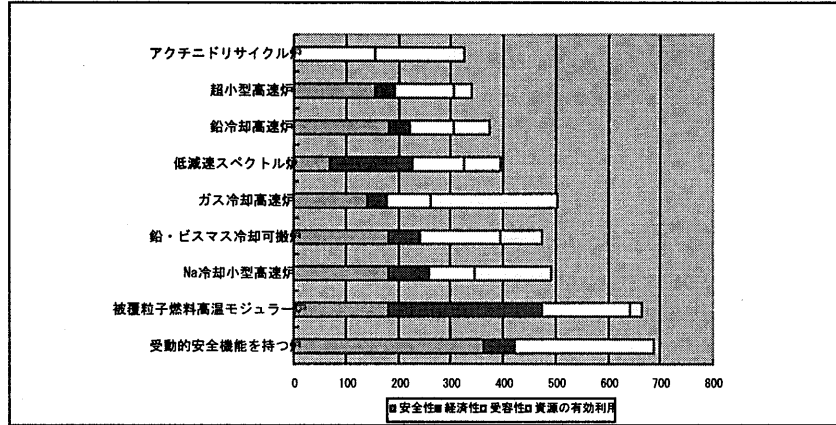
回答を寄せられた全委員の結果



経済性を重要と考える評価が多い

8

新型炉開発において重要とされた項目に対する各炉型の適応性



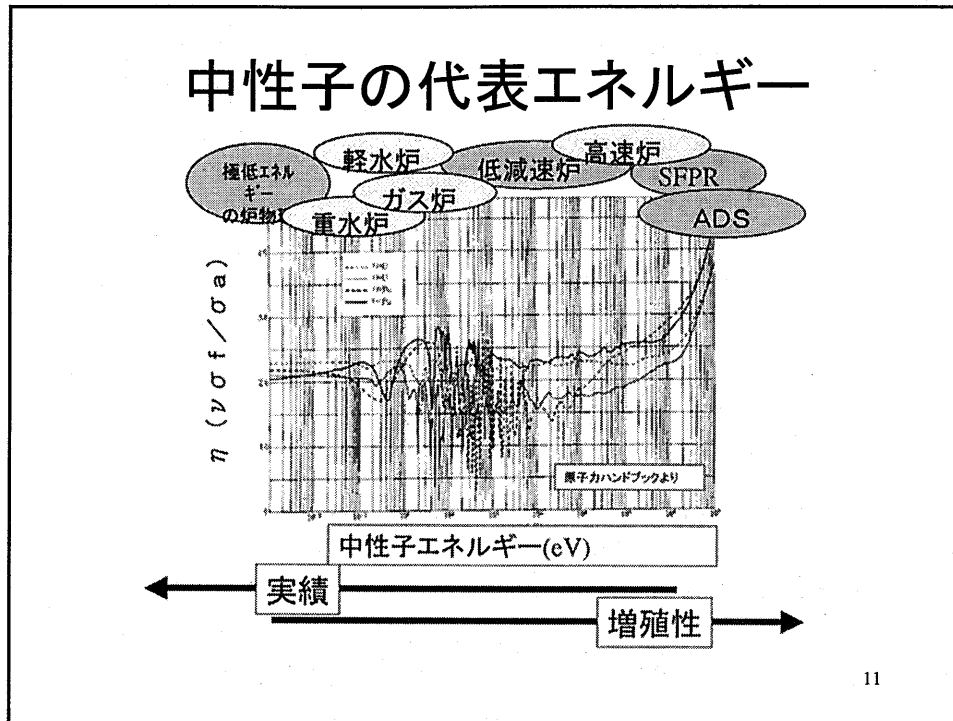
受動的な安全機能、高温炉、小型炉、長寿命炉心、アクチニド・リサイクルなどに関心が高かった

9

課題領域を抽出するための炉心特性による整理

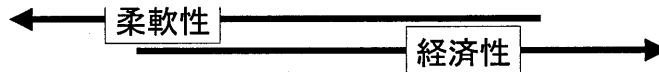
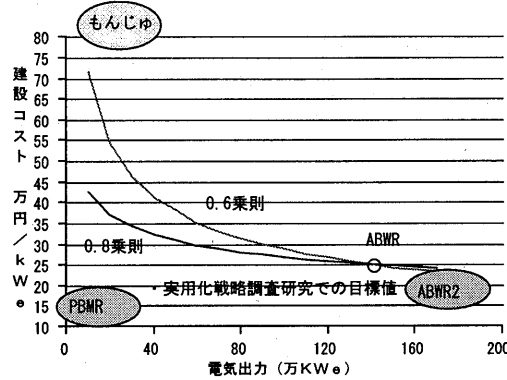
- 中性子の代表エネルギー(増殖性)
- 出力規模
- 出力密度
- 作動温度
- 燃料の炉内滞在時間
- 反応度係数

10



- ### 中性子の代表エネルギー から見た抽出課題
- 低減速炉心などの中速領域の炉物理
 - 高速炉以上のSFPR(自己燃料供給型原子炉)、ADSなどのより高速領域の炉物理
 - フロンティア研究としての極低速領域の炉物理
- 12

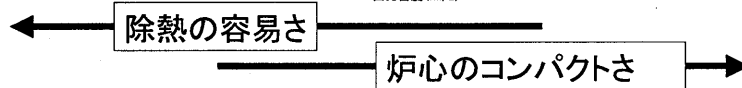
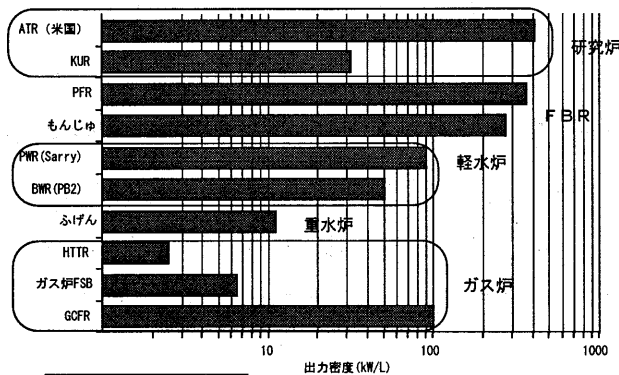
出力規模から見た抽出課題



- 超大型の原子炉の制御、運用
- モジュール化、受動的安全性の活用によるプラントの簡素化による小型、超小型の原子炉の経済性向上

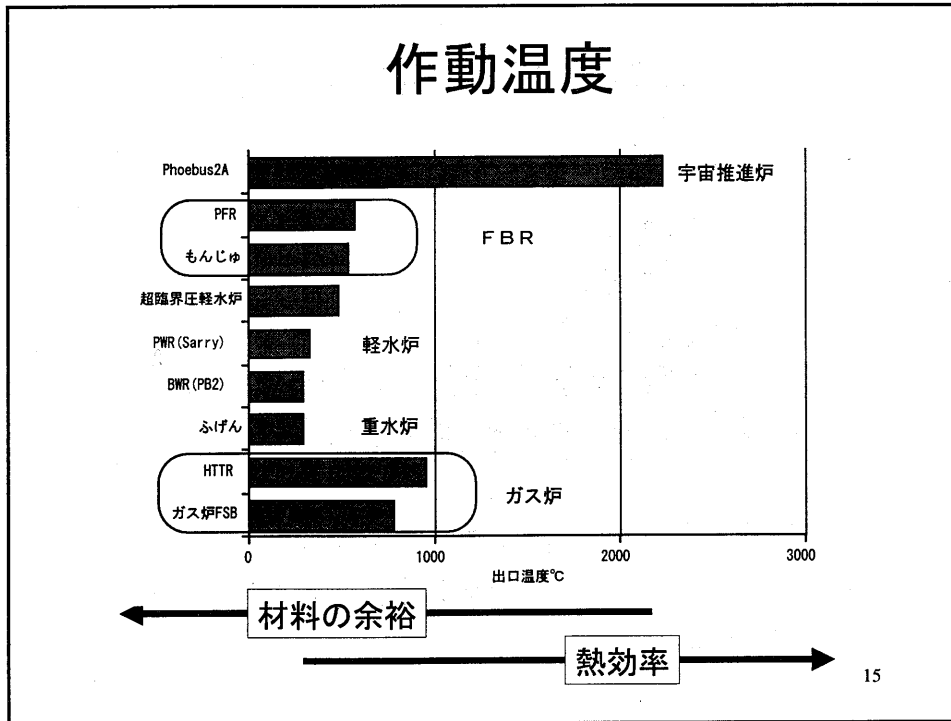
13

出力密度から見た抽出課題



- より高出力密度を狙った原子炉での冷却材・方法の問題
- 安全性を狙った低出力密度の原子炉

14



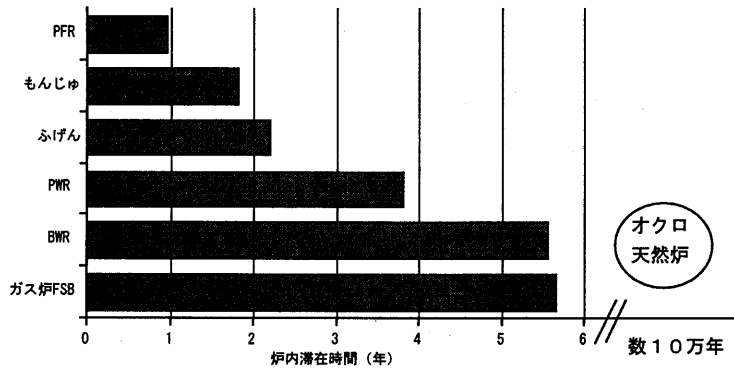
15

作動温度から見た抽出課題

- より高温のガス炉、超臨界圧軽水炉などより高温を狙った原子炉の材料問題
- 新材料の場合の核データが無い
- 高温での炉定数が無い
- 高温でのドップラーの取り扱い問題
- 宇宙炉など超高温の原子炉

16

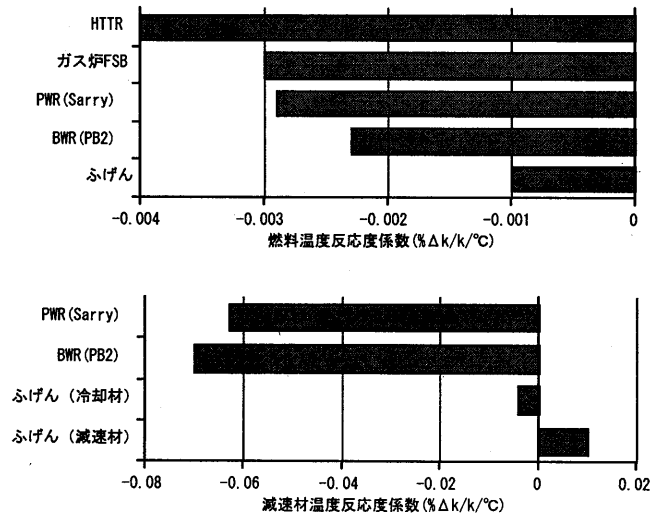
燃料の炉内滞在時間



- 長期、超長期寿命の炉心の炉物理
- プラントライフ中燃料無交換による核不拡散性の向上

17

反応度係数



← 運転の容易さ →

18

反応度係数から見た抽出課題

- 受動的安全性、自己制御性の達成による無人運転可能な原子炉
- ドップラー係数の高精度化に寄与する燃料内温度分布などを考慮したマイクロ炉物理など

19

新型炉に求められる要件と炉心特性との関連

炉心特性 要件	中性子 代表エネルギー	出力規模	出力密度	作動温度	燃料炉内 滞在時間	反応度係数
安全性			▽			▽
経済性		△	△	△	△	
資源活用性	△					
環境性	△					
技術的成立性	▽	▽	▽	▽	▽	▽
社会的受容性		▽		△		
核不拡散性					△	

△: 増加、▽: 減少による効果を示す

新型炉に求められる要件の実現には炉物理の役割が大きい

20

十分な取り組みがなされていない 新型炉の領域の抽出

- 劣化Uなどの供給のみで燃料を自己調達し、燃料サイクルの新たな可能性を開く、高エネルギースペクトルを活用した新型炉
- 無人運転可能な受動的安全性が高く、自己制御性の高い新型炉(宇宙、深海探査用など)
- 核不拡散抵抗性の高い、プラント寿命中燃料交換不要とする超長寿命の新型炉
- その他

<炉物理・核データ部会共同セッション報告>

(1) 日韓原子力学会合同セッション

日韓原子力学会合同セッション開催される

大阪大学 竹田敏一

2001年5月24日～25日に、韓国原子力学会(KNS)の春の大会が済州島で開催され、25日には日韓原子力学会の合同セッションがもたれた。この合同セッションの開会挨拶としては、韓国側を代表してKAISTのNam Zim Cho教授より歓迎の挨拶があり、引き続き阪大・竹田教授より、合同セッション開催のアレンジメントに対する感謝の意と、今後の引き続き開催への期待が述べられた。

日韓原子力学会での初めての合同セッション開催であったので、韓国原子力学会の会長であるKANG氏から開会の挨拶でこの協力関係についてアピールしていただいた。KANG会長の一言で、参加費については、日本からの参加者11名全員の登録料が無料になった。

合同セッションで、炉物理・核データに関する合計12件の発表があった。日本、韓国ともに、炉物理部会・核データ部会として発表内容を企画したものである。発表に対して活発な議論がなされ、日韓の炉物理・核データ研究の情報交換ができ、今後の両国のより進んだ研究発展につながることを期待される。韓国の発表については、実機原子炉の設計、運転に密接に関連した研究発表が多かったことが強く印象に残っている。

次回の合同セッションは、2001年9月19～21日の秋の大会で引き続き炉物理・核データに関するテーマで行うことになった。内容としては、両国で共通に関心もたれているトピックスであるADS、革新的原子炉、計算手法、核データについて、各国から6名程度発表してもらうことを決めた。予稿は韓国側はKAISTのNam Zim Cho教授が、日本側は阪大の竹田教授が取りまとめて、日本原子力学会に提出することとした。

今後の日韓原子力学会の協力形態として、各部会から代表を選び、各部会の両国における研究開発状況を学会で発表する方法、或いは各部会でのワークショップを日韓で持つという方法についても提案され、今後引き続き議論することを決めた。

KNS・2001 春期学術発表大会 (韓国・済州島) に参加して

京都大学原子炉実験所 宇根崎博信

炉物理部会からの補助金を受け、5月24～25日に韓国・済州島にて開催された KNS・2001 春季学術発表会に参加する機会を得た。近年の学術雑誌上での韓国研究者達の active さに注目していた折であり、またと無い機会と迷わず参加させていただいた。また、個人的には、韓国という未知の文化に直接触れる初めての機会であり、公私両面で期待に胸を膨らませての渡航であった。

済州市街から車で約30分、山の中腹にある済州大学校が今回の春季学術発表会会場である。第1日(5/24)は午前中は一般発表を聴講、午後は開会式に参列、第2日(5/25)は、午後からの日韓合同セッションに出席した。日韓合同セッションにおける研究発表の内容については別途報告されることと思うので、ここで詳細にふれることは控えさせていただくこととするが、日韓研究協力の今後についてのディスカッションでは熱気あふれる意見交換がおこなわれ、日韓ともに、実質的なものを進めることこそが重要であるとの認識で一致し、さらなる協力が期待されることをぜひ報告しておきたい。一般研究発表を聴講した印象としては、全体として、実機データに基づく研究発表が盛んに見うけられたことが印象的であった。改めて要約集を眺めると、その感をさらに強くする。また、PWRにおけるトリウム利用に関する研究も依然として続けられており、韓国における炉物理・炉工学の特徴の一つとして定着している感を強くした。

なお、一般発表は(当然であるが)すべてが韓国語で行われ、予稿、OHPから英文のキーワードをピックアップしながら内容を推測するという試練(?)が続いたが、これも新鮮な体験であったといえよう。

第2日の夕刻より、海岸沿いのレストランにて開催された懇親会では、多く

の方々との情報交換を行う機会を得た。研究の内容、大学における原子炉教育の現状など、本務に関わる話題にとどまらず、食べ物話題にはじまって、日韓の文化、精神的な価値観の比較に至るまで多岐にわたっての会話が終宴まで弾んだ。関西空港から韓国までの旅程はあっけないほどの短さである。これにもかかわらず、韓国・日本の研究者とも、欧米との交流に比べて、日韓の交流を怠ってきたのではないかと、今回の会合を機会として、今後は親密な交流を重ねようということに意気投合した次第である。

九大・工藤先生には、渡航費補助にあたり、種々のご配慮をいただきました。京大炉・三澤先生には事務的な手続きでお手を煩わせました。KAISTのCho Nam Zin先生には済州島にて全面的にお世話になりました。阪大・竹田先生をはじめ、日本側参加者の皆様には、滞在中に公私ともにお世話になりました。ここに記して、感謝の意を表したく思います。

韓国原子力学会に参加して

日本原子力研究所 長家 康展

韓国、済州島、済州大学で開催された韓国原子力学会 2001 年春の年会に出席してきましたので、それについてご報告いたします。まず済州島についてですが、韓国本土から少し南に離れた島で、韓国のハワイとも言われています。ソウルからは飛行機で約 1 時間ぐらいのところに位置しており、日本からも各主要都市から直行便が就航しています。福岡、関空、名古屋から出発すると 1 時間強ぐらいで着きますし、時差もありませんので、日本国内の学会に出席するのとなんら変わりはありません。

筆者らは学会が始まる 1 日前に済州島に入り、次の日から原子力学会に参加しました。まず困るのは原子力学会が行われる会場探しです。大学内では案内がほとんど韓国語で書かれていますので、韓国語が分からないと苦労します。幸いなことに筆者らは Nam Zin Cho 先生と一緒に御伴する事ができましたので助かりました。また、原子力学会への参加受付では我々の参加費 (1 人 5000 ウォン) を無料にして頂いた上に会議のプロシーディングと今回の発表に関する論文が収められた CD-ROM まで頂きました。

次に肝心の本会合について説明したいと思います。今回の会合は日本原子力学会の年会と同様に毎年 2 回開催されている韓国原子力学会の年会です。当然のことながら本会合は国際会議ではないので、一般のセッションはすべて韓国語で行われました。筆者ら日本から参加したメンバーは誰もほとんど韓国語が理解できませんでしたので、発表の内容などはほとんど理解できませんでした。中には英語で OHP を用意されている発表もいくつかありましたのでそれらにつきましてはどういうことやっているかつかめたぐらいです。

まず初日 (24 日) にはプレナリーセッションがあり、韓国原子力学会の会長 (Cho 先生に紹介されたのですが、名前を失念) の挨拶がありました。ここでは日本原子力学会からの参加を歓迎するとのコメントがあったそうですが、筆者らには分かりませんでした。それに引き続き学会賞らしきものの授与式、それから韓国の最先端の分野 IT (情報テクノロジー), BT (バイオテクノロジー), NT (ナノテクノロジー) で活躍する研究者の講演がありました。その後、一般セッションにも出席しましたが、前述のとおり韓国語で発表があったので、韓国原子力学会の雰囲気を経験するにとどまりました。

次の日 (25 日) は炉物理と核データに関する日韓合同特別セッションが開催され、英語によるスピーチ及び討論が行われました。日本からは総勢 11 名の参加があり、韓国、日本からそれぞれ 5 件ずつの発表がありました。核データに関する発表ではまず、日本における核データ評価活動の現状、韓国における高エネルギー核データ評価の現状について発表がありました。個々の核種については日本側から Bi-209 の捕獲断面積の測定に関する発表があり、断面積の実験値は 30keV、520keV において JENDL-3.2 と比べてそれぞれ 1/10、1/3 になることが報告されました。また、韓国側から Dy-162, Dy-164 の捕獲断面積の測定についての発表があり、Dy-162 の実験値は ENDF-B/VI に比べて 8%大きめになり、Dy-164 の実験値は ENDF-B/VI とほぼ同等の結果が得られたことが報告されました。

MA (マイナーアクチナイド) の核変換に関する研究では日本側から超長寿命高速炉の概念検討に関する発表があり、MOX-Na 炉と金属燃料-鉛冷却炉の炉心特性についての報告がありました。また、韓国側からは炉心高さの違う集合体を外側炉心に巻く鍋型の TRU 燃焼炉についての炉心特性に関する発表がありました。

その他の発表では PWR の実機で用いられている燃料管理ツール INSIGHT、

JENDL-3.2, ENDF/B-VI release 5, JEF-2.2 を用いた WIMS-D ライブラリーの作成、RIA (反応度投入事故) に関する最適評価コードの適用、X-Y 体系における輸送方程式に対する Additive Angular Rebalance 加速法、未臨界度モニターに対する一点炉動特性方程式の適用性、解析的ノード法と多項式展開ノード法を統一した Unified Nodal Method による解法の発表があり、韓国における最新の核データ評価および炉物理の解析手法など有益な情報が得られました。

その後、核データおよび炉物理の分野における日本と韓国の協力体制についてのパネルディスカッションがあり、以下のようなことが議論されました。

- 次回は 2001 年の日本原子力学会秋の大会で日韓合同特別セッションを開催する。(春は韓国側の予算の都合上出席するのが難しいとのこと)
- 秋の大会への参加締め切りはちょうどこのパネルディスカッションの日で間に合わないが、特別セッションとして開催する場合は 6 月 7 日のプログラム編成委員会までに開催を決定すればよい。
- 論文の締め切りは 6 月 23 日とし、韓国側は KAIST の Cho 先生に、日本側は阪大の竹田先生に送る。
- トピックスとしては ADS, Innovative Reactor, Calculation Method (Nodal Method), Nuclear Data
- 韓国側からは 15 人ほどの参加者を予定
- 日本原子力学会の春の大会の WWW で英語のものを用意する。
- 日本原子力学会と韓国原子力学会の合同セッションにすると各分野 (各ディビジョン) の人がそれぞれ発表しなければならなくなり、一般論の発表が多くなるので、日韓双方の核データ、炉物理部会単位での合同セッションにした方がよい。

最後にその他韓国に滞在したときに気づいた点などを述べて終わりにしたいと思います。韓国では日本と時差がありませんので、体には負担がかからなくて楽でした。それから筆者などは外国に行くと結構食べ物が合わない (おいしく感じられない) のですが、韓国の食事は非常によかったです。焼肉、ブルコギ、ビビンバ、タンなどおいしそうな料理を挙げると枚挙に暇がありません。しかも非常に安いのでいうことありません。筆者らは 5 人で焼肉を食べに行きましたが、肉をたらふく食べ、ビールもたらふく飲んで 1 人 3000 円ほどでした。あと気づいた点は車の運転が荒いということです。交差点以外の横断歩道では点滅信号であることが多く、歩行者の方が気をつけないと車に轢かれてしまい

ます。また、バスなどはタクシーよりもスピードを出していたりするので、乗っていると転倒しそうで怖いのです。案の定、学会に向かう途中、バスと乗用車が事故を起こしていました。

以上とりとめのないことを書いてしまいましたが、韓国は非常に過ごしやすいところです。来年 2002 年には炉物理国際会議 Physor2002 がソウルにて開催されますので、みなさんもぜひこの会議に参加して韓国を楽しんでこられてはいかがでしょうか？

● 日本からの参加者リスト

大阪大学 竹田敏一
大阪大学 北田孝典
武蔵工業大学 吉田正
京都大学原子炉実験所 宇根崎博信
京都大学原子炉実験所 代谷誠治
北海道大学 島津洋一郎
東京工業大学原子炉実験所 井頭政之
日本原子力研究所 長家康展
東電ソフトウェア 池田秀晃
原子燃料工業 山本章夫
住友原子力工業 山野直樹

炉物理・核データ部会日韓共同セッションに参加して

大阪大学 北田孝典

・ 共同セッション・韓国原子力学会について

2001年5月24日から25日、韓国の済州大学校で開催された韓国原子力学会の2001春季学術発表会(というらしい)において25日の13:00から17:00にかけて炉物理と核データの日韓共同セッションが開催された。このセッションでは、炉物理と核データで日本側から6件、韓国側からも6件の計12件の発表

および討論が行われた。核データにおいては、Bi や Dy の断面積測定や JENDL-3.3 の現状、高エネルギーでの核データ評価が発表されていた。また炉物理においては、MA 変換や自動装荷パターン作成、RIA の動特性解析コード、未臨界度モニターに関する発表が日本側からなされ、MA 変換や群定数セット、輸送計算の再釣り合い加速法、過渡解析用ノード法に関する発表が韓国側からなされた。炉物理における韓国側からの発表で、群定数セットを核種ごとに異なるライブラリ (JENDL, ENDF, JEF) から寄せ集めで良いものを作る (2001 年末までに完成予定らしい) ということが民間企業ではない KAERI で行われている事に少し驚きましたが、今回参加した韓国原子力学会でなされている発表は全体的に基礎の研究というよりも直ぐに実用できるような研究が盛んであると感じました。

韓国原子力学会では日本の場合と異なり、口頭発表だけではなく全体の 3 分の 1 程度はポスターでの発表となっていたことにも少し驚いた。実際、今回の共同セッションが組み込まれていた「炉物理と核設計」では口頭発表 24 件 (共同セッション除く) に対してポスター14 件となっていた。また発表時間がずれ込むことにはあまり気にしないようで、実際 1 日目の午前の部は 13:00 までのところが 13:30 頃までとなっていたが、討論を (ほとんど) 途中で止めることなく進められていた。(討論内容は言葉がわからずわかりませんでした)。

・ 韓国・済州島について

済州島までは釜山経由で行きましたが飛行機に乗っている時間は、大阪からだ計 2 時間半程度、直行便だと 2 時間程度。北海道まで行くのと大差なし。1 時間足らずのフライトでも軽食があり、着陸時間近くまで客室乗務員が動き回っているところは日本とは違うと感じましたが。また済州島には鉄道がありませんので、移動はタクシーやバスとなりますが、交通機関の値段の安さには驚かされました。タクシーの初乗りで百円から 2 百円、ホテルから済州大学校まで数十分乗り続けても千円に満たない。バスはさらに輪をかけて安くホテルと大学校の間で 70 円ほど。本当にこれでやっていけるのかと疑いたくなる安さでした。ただ、運転の荒さは大阪人の比ではなく、バスがバスを煽って追い抜いていくなど大阪人が呆れるほどでしたが。

またハングル文字というのは良くできた言葉だと感心させられました。宇根崎先生 (ハングル語の師匠!) に釜山でのフライト待ち時間を使って発音などを御教授いただいたおかげで色々助かることもありました。地名は発音できればわかるのは当然ですが、ウラニウムやモンテカルロといった言葉 (日本語で

のカタカナ言葉・外来語) は、ハングルでも発音がほぼ同じですので、韓国語での発表はわかりませんでした。予稿集や OHP 中に読める(意味のわかる)ハングル文字を探し出しては「ほー」と一人で感心しておりました。

何かにつけて驚いてばかりでしたが、個人的には韓国が好きになってしまいました。韓国の回し者ではありませんが、2002年にはソウルで Physor がありますし、日本から近く食べ物もおいしい韓国に皆さんも是非訪れてみては如何でしょうか？

<炉物理・核データ部会共同セッション報告>

(2) 2001 ANS Annual Meeting 日米炉物理セッション

米国ウィルコンシン州ミルウォーキーで開催された 2001 ANS Annual Meeting の特別セッションとして、大阪大学の竹田教授らの提案によって企画された日米炉物理セッションが 6 月 19 日～20 日の 2 日間にわたり開催された。セッションのトピックスは、日米における核データおよび炉物理分野におけるの最近の研究動向についてであり、Present Status of Reactor Physics in the United States and Japan (I～IV) の 4 つのセッションで合計 26 件の講演があった。ここでは、米国における研究の最新動向を紹介することを主眼として、各発表内容の要旨をまとめたものを示す。(編集委員)

(1) 6 月 19 日午前および午後のセッションの要旨

まず、ORNL の Leal 氏から、核断面積評価に対して ORNL が果たしている役割、および最近の活動内容の報告があった。ORNL には、ORELA と呼ばれる直線加速器があり、パルス中性子、陽電子、 γ 線源などの実験が行われている。評価コード SAMMY はベイズの定理を使って、積分実験結果に合わせて断面積をフィットするような機能を持っている。最近の研究対象は、臨界安全で誤差が大きいとされる中間エネルギー領域の酸素、フッ素などの断面積測定、新型炉心概念で使用する核種の断面積測定が主である。最近に測定された核種反応は、U-233 核分裂断面積、および全断面積、アルミニウムの捕獲断面積、天然シリコンや天然塩素などである。シリコンは、廃棄物処理のコンクリートなどに含有されているが、55 keV 付近で ENDF/B-VI と ORELA に差が見られる。新しい評価値を使用すると、シリコンに感度が大きい BFS-79/5 というベンチマークの C/E 値がよくなった (0.9975 \rightarrow 1.0002)。アルミニウムについては、中性子の捕獲が小さいことから、検出器の構成材料として使われてきたという経緯がある。このため、検出システムそのものを見直す必要があり、測定にあたってはかなりの苦労があったと言う。アルミニウム/U-235=1000 の希釈体系の臨界性は、ENDF/B-VI では 0.9484 という評価値であったものが、新評価値では 1.2089 に改訂された。この他、U-235 の非分離共鳴領域の断面積を改訂した結果、Godiva、

ZPR-3/11, 12などでC/E値の改善が見られた。将来は、フッ素の捕獲反応、天然および濃縮カリウムの捕獲反応および全断面積の測定を予定している。

次に、原研の柴田氏から、JENDL核データライブラリーの歴史、各バージョンの特色などが紹介された。JENDL3.2には、U-235の臨界性の過大評価(0.3~1.1%dk/k)、重核種の中性子放出スペクトルやMeV領域の捕獲反応の評価が不十分、アイソトープごとの評価値と「天然」核種の評価値の不整合性、などの問題点があり、JENDL3.3として新たに評価が行われることになった。また、水銀(中性子源ターゲット用材料)、エルビウム(未臨界駆動炉のバーナブルポイズン)などの新しい核種の評価も行われる。JENDL3.3を用いたFNS実験でのベンチマーク計算結果、さまざまな炉心概念(ウラン炉心、高速炉、プルサーマル炉心)に対応する臨界実験の評価結果について紹介された。特にU-233とU-235について、JENDL3.2よりも良好な結果を得たとのことである。

次に、ロッキード・マーチン社のLeinweber氏から、TOFを使ったサマリウムの断面積測定の結果が報告された。断面積サンプルは金属および液状の天然サマリウムを使い、捕獲断面積はNaI検出器で、全断面積はLi-6ガラスシンチレータで測定した。発表者らによれば、測定結果は非常に不確かさが小さく、ENDF/B-Vの共鳴パラメータによる評価値とよく一致することが確認された。他の断面積関係者から、実験データの校正方法などについて2,3の質問があったが、通常行われている手法とは違う部分があるようである。

次に、Penn-State大学のHaghighat教授から、米国のモンテカルロ法の現状について報告があった。内容は、モンテカルロ法の原理から説き起こすというもので、まるで大学の講義のような印象を受けた。実際に、教授の研究室に所属する学生と思われる若い人が多数席を占めて、熱心に聞き入っていた(ちなみに、彼らは教授の発表が終わると、一斉に立ち去っていった)。モンテカルロ法においては、インポートランスの低いものを消し、高いものの重みを増加することによって、計算の効率化が図られる。たとえば、左端に中性子源があつて、減衰しながら右端の検出器に到達するような場合、中性子源と検出器の間にいくつかの仕切りを設けて、仕切りを左から右に移動するもの(検出器に対するインポートランスが増加)は重みを2倍に、逆に右から左へ移動するものは、重みを半分に減少、またはロシアン・ルーレットで粒子を消す。このような分散低減化の研究は、ミシガン大学のLIFT、VVRコード、Penn-State大学のCADISコードなどで行われている。CADISコードでは、中性子のインポートランスを決定

論的手法であらかじめ求めておく。3次元輸送計算コード TORT を用いた場合、インポートランスを計算するのに必要な計算時間が、モンテカルロ法の所要時間とほぼ同レベルになるので、メッシュ幅などの計算条件を適切に選ぶことによって、全体の計算時間を最小化することができる。計算例として、BWR のシュラウド部分の中性子束を求める問題が挙げられていたが、TORT のメッシュ幅を最適化した場合、約 2000 倍もの加速効果が得られる(この場合の計算時間の比は、TORT が 1 に対して、モンテカルロが 4~5 程度である)。モンテカルロ法を決定論的手法を使って加速するという発想は非常に新鮮であり、実用的に有効な手法と思われる。

次に、原研の森氏より連続エネルギーモンテカルロコード MVP の開発について報告があった。MVP コードは、ベクトル計算や並列計算に適用していること、計算体系のセルの繰り返し形状が簡単に扱えること、任意の温度に対する計算が可能であること、など、他の類似コードにはない特長を備えている。最近、高エネルギー領域を対象とした計算や、ノイズ実験のシミュレーション機能が追加された。前者への適用例として、陽子・リチウム-7 反応による準単色中性子を線源とする鉄の遮蔽実験 (TIARA 実験) の解析結果が報告されたが、実験と解析の一致度は概ね良好であった。後者への適用例としては、FCA XIX-3 炉心 (β_{eff} 国際ベンチマーク) でのファインマン α 実験の解析結果が報告された。

次に、原研の中島氏より、JCO 臨界事故の経緯および、事故後に行われた分析結果の紹介があった。まず、最終的な U 溶液に対するデータとして、以下のような報告があった。[溶液濃度 : 370gU/l、硝酸濃度 : 0.5N、溶解槽中の U 量 : 16.59kg、溶解層中の溶液量 : 44.83l、温度 : 25°C (実際には 40~60°C であった可能性もある)]ファットマン効果 (人体の水分による反射体効果) や、部屋の壁などによる反射体効果も検討したが、反応度は 20 セント程度と小さいものであった。溶液つぎ込みによる投入反応度は、最大で 3 ドル程度、実際には 1.5~3 ドルの間だったと推測される。投入反応度をパラメータとして検討した結果、投入反応度が 2~3 ドルの場合、最初のバーストで発生する出力はほぼ同じであることを確認した。

次に、テキサス大学の Adams 教授が、決定論的手法による輸送計算法の現状について報告した。まず、現在のレベルは、2次元多群輸送計算、3次元多群拡散計算であるとし、商業用の核設計では、集合体単位は輸送計算で、全炉心計算は拡散計算で行うのが妥当という考えを示した。特に、炉心配置の最適化

においては 10^{12} もの変数を扱う必要があり、拡散計算をいかに短時間で行うかが重要なテーマだと結論づけた。将来的なアプローチとして、Base Case といくつかの Branch Cases について解を求めておき、断面積によって2つのケースを内挿して解を求める方法の適用、ノード法の不連続因子に輸送補正を含めた等価な輸送計算の適用が考えられる。最近、実体系をレイトレーシングする、いわゆる Long Characteristics 法については、Sn 法のようなレイ効果がなく、非等方散乱を扱うのも簡単でよいが、ソース項をフラットな分布で近似すると、計算対象領域が増えすぎるので、リニア分布が有望であろう。この他、改良型の Long Characteristics 法の可能性や、全く原理が異なる新しい手法が将来の主役になる可能性もある。固有値問題の解法については、一般に使われている Power Iteration や再釣り合い法による加速に加えて、Kord Smith が公案した非線形 Lewis-Miller' s 1-st moment method が有効である。散乱項の加速についても、新しいアイデアが生まれつつある(例えば「TSA 法」、NSE, March 2000)。将来的な関心ごととしては、ノード法の不連続因子に輸送補正が含まれるかどうか、および、ノード法または有限要素法をベースとした QD(Quasi-diffusion)法の開発が挙げられる。

次に、大阪大学の山本から、XYZ 体系および Hex-Z 体系用のノード法輸送計算コードの開発の現状について報告した。ノード境界の中性子束角度分布を Sn 法で記述することにより、解析精度が向上することを示した。また、S2 計算を改良した簡易的な式によって、高次散乱項を加速する手法を紹介し、1次元スラブ体系で有効であることを示した。

次に、ミシガン大学の Larsen 教授から、Sn 法の離散化について問題提起がなされた。1次元スラブ体系において、グリッド内の中性子束を2次までのべき乗で近似すると、重み付きダイヤモンド差分の場合、拡散近似が成り立つ計算条件において、離散化後の中性子束は中性子漏れとの関係式(フィックの法則)を満たさず、グリッドごとに違った拡散係数を取らないと中性子漏れが正確に再現できなくなる。この傾向は、グリッドの幅が大きいほど顕著になり、グリッド幅が 1 mfp の場合、通常の拡散係数よりも約 20%大きめの拡散係数をとる。一方、ダイヤモンド差分を使用した場合については、このような不整合性は見られない。

次に、若狭湾エネルギー研究センターの清水氏から、AEM(Angular Eigenvalue Method)に基づく遮蔽計算への応用について報告があった。AEMは、指数関数型

の演算子をボルツマン方程式に当てはめて準解析的に求める方法であり、100mfp といった長い光学距離に対する計算を精度よく行えるのが特長である。報告においては、水、鉄、鉛におけるガンマ線ビルドアップ係数の計算例について、モンテカルロ計算や ANS 評価値との比較を通じ、この手法が減衰率のきわめて大きい体系で有効であることを示した。

次に、パーデュー大学の Downar 教授より、軽水炉解析手法の最近の動向について報告があった。まず、当大学で開発中の原子炉動特性シミュレーションコード PARCS が紹介された。PARCS コードは、NRC の熱水力計算コードである TRAC-M や RELAP5 と組み合わせて用いられ、Newton-Krylow Method を使って核特性と熱水力学特性のカップリング方程式を解くものである。このコードシステムを使って、OECD の PWR 炉心用ベンチマーク問題である、「主蒸気ライン破断ベンチマーク」(MSLB Benchmark)を解析した結果が示された。PARCS では、格子内のピン単位の計算に多次元 SP3 計算を使用している。この他、ピン単位の計算に Characteristics 法を用いた、GTRAN, CHAPLET, CRX などのコードについても言及された。

次に、日本ニュークリア燃料の岩本氏から、当社で開発されたノード法による BWR 用炉心シミュレーター AETNA の紹介があった。本コードの開発目的は、米の長期間運転サイクルに対応、日本の MOX 燃料導入、欧の高出力密度、といった各々の特殊事情を一括して扱える計算システムの開発である。主な改善点は、1.5 群を 3 群に拡張したこと、断面積テーブルをフィッティングする機能を追加したこと、「BDF (boundary diffusion factor) 相関式」によってピンパワーリカバリーを行う点などである。また、前処理付き Krylov 法を使った NODEX 型非線形反復法を採用することにより、計算の高速化が図られている。BDF を使ったピンパワーリカバリーの有効性が、ウラン燃料と MOX 燃料が隣接したモデルへの適用結果により示された。

(大阪大学 山本 敏久)

(2) 6月20日午前および午後のセッションの要旨

原燃工の山本からは、日本の PWR および BWR 装荷パターン最適化研究の現状について報告を行った。はじめに装荷パターン最適化のニーズについて述べた

後、PWR については NFI が開発した INSIGHT システムの最適化機能について、また BWR については東電ソフトで開発した FINELOAD3 システムを紹介した。さらに、今後の装荷パターン最適化の開発項目として、計算速度の向上、炉心計算精度の向上、炉心管理技術者と最適化コードの連携の高度化等をあげた。最適化は炉心の経済性に直接関連するため、米国においても関心が高かったようである。また、BWR の最適化については実用的なシステムを構築した例が少ないことから、特に注目を集めていたようであった。

米国からは、近年の装荷パターン最適化研究の元祖とも言えるノースカロライナ大学・Turinsky 教授の報告があった。はじめに炉心管理で必要となる最適化について概要が紹介された。炉心管理の最適化問題は、燃料集合体の濃縮度分布設計と言ったミクロの部分から複数のサイクルにわたる炉心設計のようなマクロの部分まで、非常に幅広いスケールにわたる。またその性質は多目的・多峰性であり、かなり難しいカテゴリーの最適化問題であることが紹介された。これらを克服する方策として、小さなサブ最適化問題への分割、単純で高速な炉心計算モデル、ヒューリスティクス、stochastic optimization の採用などが行われている。ノースカロライナ大学では、多岐にわたる最適化問題に対応するため、FORMOSA-L, FORMOSA-P, FORMOSA-B, OCEON-P の四つの炉心管理最適化コードを開発している。それぞれ、集合体設計の最適化、PWR の装荷パターン最適化、BWR の装荷パターン最適化、複数サイクルにわたる燃料運用の最適化を行うシステムである。当面の改良項目としては計算時間の短縮があるが、長期的な開発項目としては複数サイクルを一括して最適化することがあげられていた。

つづいて、メキシコ大学の Campo 教授から BWR 燃料集合体の軸方向分布最適化に遺伝的アルゴリズム(GA)を適用する研究の紹介があった。特に、GA の交叉オペレータと突然変異確率を変化させた場合の性能評価が中心となっていた。BWR 集合体設計では、熱的な制限値および停止余裕を満たしながら、いかに燃料サイクルコストを低くできるか、と言うことが重要になる。これは非常に複雑な問題であり、従来から様々な手法で研究されているが、本研究では軸方向の集合体設計を遺伝子型に焼き直して最適化を行っている。設計の性能評価に用いる適応度関数は、制約条件に対するペナルティの足し合わせである。考慮する項目としては、サイクル長など 9 の項目がある。検討結果として、突然変異オペレータと交叉オペレータの最適化性能はあまり変わらないとのことであっ

た。

ウエスチングハウス社の Secker 氏からは PWR における軸方向出力分布の異常 (Axial Offset Anomaly, AOA) の予測手法に関する報告があった。はじめに AOA の発生メカニズムについて話があった。原因は、炉心内の線出力密度の高い部分でサブクール沸騰が発生し、その部分でほう素を含んだクラッド (crud) が析出して、その結果、当該部分で出力が低下するというものである。AOA は長サイクル運転で定格出力を上昇させている炉心に見られる。

AOA が発生することにより、反応度停止余裕の低下の可能性があり、また、トリップ後の臨界点評価、軸方向の出力分布調整などが難しくなる。なお、AOA は出力が低下し、サブクール沸騰がなくなると解消する方向に向かう。サブクール沸騰を防止するためにはピーキングを低下させる必要があるが、これは経済性に悪影響を与える。そこで、熱水力解析コード VIPRE-W と炉心計算コード ANC を組み合わせて AOA の発生を予測するモデルを開発した。予測精度は良好であることから、この手法を用いることにより、AOA の発生リスクを最小限にすることが可能になる。

スタズビック社の Smith 氏からは軽水炉用炉心計算コード SIMULATE3 の動特性版である S3K について紹介があった。核的なモデルは SIMULATE3 と同等であり、また動特性解析に特徴的なモデルとしてタイムステップの自動分割などがある。燃料ピン解析時には、燃焼度依存のペレット内出力分布を用いている。熱水力モデルでは、five equation もしくは six equation モデル、EPRI ボイド相関式を使用している。S3K は PWR/BWR 双方に用いることが可能である。それぞれの適用例としては、PWR では制御棒落下事象、反応度投入事象、動的制御棒値測定 (DRWM)、主蒸気管破断事故の解析などがある。検証は、rod swap の操作中に発生した出力の (異常な) 変化、制御棒落下時の炉外検出器応答などの実測データを用いて行っている。また、S3K を炉心解析モジュールとして、プラント特性解析コードとの結合を行っており、これまでに SMABRE, RETACT, ATHENA RETRAN 等との結合について実績がある。

東電ソフトの池田氏からは、BWR の反応度投入事象 (RIA) 時の最適解析手法 (Best Estimate Method, BE) として、三次元動特性解析コードを用いる報告があった。はじめに最近の RIA 解析手法についての紹介があった。日本では燃焼した燃料の熱伝導度低下を考慮して、RIA 時の最大投入エンタルピーの制限値が変更されている。そこで、従来の保守的な評価に変えて最確評価を用いること

で余裕を適性化するために、三次元動特性解析を行う動機付けが出来たとの説明があった。TSI では動特性解析コードとして S3K を用いているが、その検証は SPERT-III 実験の解析で行っている。S3K による RIA 解析の結果、高温停止時より冷態時の方が厳しい解析結果を与えることが分かった。これは、フィードバックの強度の差異によるもので、冷態時はフィードバックが十分働くまでに時間を要するためである。また、計算条件や熱水力ノードの分割方法に関する感度解析を実施し、冷却材のフィードバック効果の感度が大きいことが判明した。なお、今後の開発項目として、ノード内の燃焼度分布の取り扱いが重要になるとのことであった。これは、投入エンタルピーが局所燃焼度の関数になっているためである。

ウエスチングハウス社の Petrovic 氏からは、液体金属冷却高速炉と直接発電を組み合わせた炉心 (LMR-AMTEC) における冷却材候補に関する検討の報告があった。本研究は、米国の NERI プログラムで採択された研究である。LMR-AMTEC の有利な点は、核不拡散上優れている、寿命が長いなどである。一方、技術的にはこれまでに存在するものの組み合わせになっており、新規開発要素は少なく実現性は高いとのことである。直接発電の変換効率は 20%弱で、熱出力は 100MWt、窒化物燃料、20wt%濃縮 U と 20wt%富化度の MOX を使用する。炉心寿命は 10 年である。解析は SCALE/SAS2H と MCNP を組み合わせて行っている。冷却材のオプションは Na, K, Li があげられている。これらのうち、Li は吸収断面積が大きいので、使用するなら同位体分離を行って ${}^7\text{Li}$ とする必要がある。冷却材に Li-nat を採用すると、 ${}^7\text{Li}$ を採用する場合に比べて炉心の実効増倍率が 10%dk/k 程度低下するため、現実的な設計は難しい。結局のところ、中性子吸収の観点から Na を冷却材にするのが良さそうとの結論であった。

総理府(東電ソフト)の佐治氏と原子力エンジニアリングの森氏からは MOX 燃料に対する核設計手法の妥当性検証として、CASMO4/SIMULATE3 の MOX 燃料への適用性検討についての紹介があった。BWR サイド(佐治氏)では、VIP-BWR 臨界実験の解析、Gundremmingen-B の MOX 燃料装荷炉心の追跡計算が検証例としてあげられた。Gundremmingen-B では、サイクル 12 から MOX が装荷されており、炉心追跡計算は 10~14 サイクルの間で行っている。運転中の臨界固有値は 1.000 から 0.996 程度であり、サイクル末期にかけて小さくなっている。サイクル末期で臨界固有値が小さくなっているのは、コーストダウン運転の影響ではないかとのことであった。MOX 装荷による誤差の変化などの影響は見られず、出力分布

についても良く合っている。冷態状態の臨界固有値については、炉心平均燃焼度が高くなるほど臨界固有値が小さくなる傾向が見られるが、MOX 装荷による影響は見られないとの報告であった。PWR サイド(森氏)では、VIP-PWR 臨界実験の解析と Beznau-2 の MOX 燃料装荷炉心の炉心追跡計算結果が紹介された。VIP-PWR 臨界実験は、CASMO4 の Characteristics 法で再解析されたものである。核定数は、単一集合体体系で作成され、SIMULATE3 では、準解析的モデル、ノード輸送補正モデル、2群フォームファクター、スペクトル干渉モデルなどを採用している。無限増倍率の誤差は 0.1-0.2%dk/k、燃料棒出力の平均自乗誤差は 1.5 から 1.8%となっており、良くあっている。Beznau-2 の炉心追跡結果では、ほう素濃度および出力分布誤差が示されたが、どちらとも MOX 燃料装荷による影響は見られなかった。

大阪大学の竹田教授からは、「マイクロ炉物理学」に関する報告があった。今回は、燃料棒内の原子数密度分布・温度分布がドップラー係数に及ぼす影響、軽水炉格子における中性子散乱の非等方性等について紹介があった。燃料棒内の原子数密度分布・温度分布などは、これまであまり注意を払われてこなかったが、このような「マイクロな」部分の計算精度が重要になる場合があるとのことであった。また、非等方性については、特に MOX 燃料格子で影響が大きくなるとの指摘があった。

原子力発電技術機構 (NUPEC) の山本氏からは、フランスと日本が共同で行っている MISTRAL 臨界実験と解析結果の紹介があった。MISTRAL 計画は、フランスの CEA が所有している EOLE 臨界実験装置を用いて行われている全 MOX 燃料の臨界実験である。この実験の目的は、Pu の有効利用のために H/HM を大きくした炉心における核設計精度を確認することである。解析には JENDL3.2 を使用し、決定論的手法は SRAC、モンテカルロは MVP を用いている。MISTRAL 計画では合計 4 炉心の解析が行われており、UO₂ 燃料のみで構成された参考炉心である Core1 と、全 MOX 炉心の Core 2, 3 の間では実効増倍率の誤差に若干の差異があり、MOX の方が C/E が大きくなる。MVP ではこの際は比較的小さいが、SRAC ではやや差異が拡大する。MOX 炉心の C/E 値が実験日に依存する傾向があるが、この原因の一つとして、Pu241 の崩壊の影響があるかもしれないとのことであった。なお、径方向出力分布、F9/F5, F1/F9 などの反応率比、ほう素価値、等温温度係数、ボイド価値等については、測定と計算は良く一致しているとのことであった。Core-2 と Core-3 は H/HM が異なっているが、両体系において予測精度に大きな変化は

なく、H/HM が現行炉心より大きくなっても解析精度に問題はないとの見解が示された。

日立の近藤氏からは、高転換型 BWR 炉心の設計について紹介があった。高転換型の炉心はボイド係数が正になる傾向がある。そのため、正のボイド係数を回避する様々な設計コンセプトが提案されてきた。本報告では、正のボイド係数の問題点を短尺炉心の採用による中性子漏洩量増加に加えて、集合体周辺部が UO_2 燃料、中心部が MOX 燃料からなっているアイランド型集合体を用いることで回避しようとしている。アイランド型の設計では熱中性子が大きくインポートランスの大きい外周部に UO_2 燃料が配置されるため、ボイド係数が負になる傾向にある。本設計では、外周に 3wt% および 5wt% の UO_2 燃料が配置されている。炉心設計は ABWR-II を対象に行われている。ABWR-II は、集合体を現行の BWR より大型化することで集合体数を減らしたものである。設計結果では、転換比はあまり低下せず、Fissile Conservation Ratio は 1 になっている。このコンセプトに基づく高転換型 BWR を導入することで、FBR の導入を 100 年遅らせることができるとのことであった。

アルゴンヌ国立研究所の Taiwo 氏からは、Accelerator Transmutation of Waste (ATW) の核破砕中性子源ターゲット設計の最適化に関する報告があった。燃焼に伴う炉心の反応度損失を出来るだけ小さくし、取り出し燃焼度を上げるようにターゲットの設計を最適化している。ATW は熱出力 840MW、半径が 180cm、炉心高さが約 300cm で中心に核破砕ターゲットおよびそれを取り巻くバッファ領域が存在する。ターゲットおよびバッファの材質は鉛-ビスマスである。核特性計算は核破砕計算を行う LAHET コードと連続エネルギーモンテカルロコード MCNP を結合した MCNPX で行っている。解析の結果、バッファ厚さは 20cm、ターゲットは炉中心よりやや上部に配置することが望ましいと分かった。

京大の代谷教授からは京大の臨界集合体 KUCA で行っている ADS 関連の臨界実験についての紹介があった。京大炉では次期中性子源を加速器駆動未臨界炉 (ADS) にすることを検討しており、この研究は、ADS 基礎研究という位置づけである。中性子源として ADS を用いる利点はパルス・定常どちらにも対応できることである。今回の報告内容は、未臨界炉に中性子を打ち込んだ場合の中性子束分布の測定および検証である。この実験には、固体減速で、14MeV の中性子源 (D-T) が付いている臨界集合体を用いている。炉内の中性子束分布は光ファイバーを用いた検出器によって測定されている。解析は J3.2+MVP により解析された。

中性子束分布は、炉心内では比較的良く合っているが、反射体の境界で誤差が大きくなっている。これは、光ファイバーを燃料要素の間に通したことにより、中性子ストリーミング効果の影響をうけているのではないかとのことであった。

ANLのTaiwo氏よりATWで取り出し燃焼度を最大にする炉心およびブランケット設計の話について紹介があった。この研究での設計パラメータはブランケットの配置と炉心の組成である。また、設計上の制約は、TRU-Zr燃料の割合、フルエンス照射量、線出力、冷却材速度などである。最終的にこれらの計算結果をまとめ、運転条件によって最適なブランケットのサイズ、燃料の体積割合が求められている。

(原子燃料工業 山本 章夫)

☆事務局だより

平成13年度炉物理部会運営委員

平成13年度炉物理部会運営委員	
部会長 (1年)	工藤和彦 (九州大学)
副部会長 (1年)	竹田敏一 (大阪大学)
庶務幹事 (1年)	古藤健司 (九州大学)
庶務幹事 (2年)	山本敏久 (大阪大学)
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)	別所泰典 (日立製作所)
財務小委員会 (2年)	三澤毅 (京大原子炉実験所)
編集小委員会 (1年)	山本敏久 (大阪大学)
編集小委員会 (2年)	山本章夫 (原子燃料工業)
編集小委員会 (2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)	竹田敏一 (大阪大学)
セミナー小委員会 (1年)	北田孝典 (大阪大学)
学術研究交流小委員会 (1年)	若林利男 (サイクル機構)
学術研究交流小委員会 (2年)	小原徹 (東京工業大学)
学生・若手小委員会 (1年)	小坂進矢 (テプコシステムズ)
学生・若手小委員会 (2年)	辻本和文 (日本原子力研究所)

(注：2001年3月28日の総会において承認された委員構成。)

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 山本敏久 (E-mail: toshi@sirius.nucl.eng.osaka-u.ac.jp)
山本章夫 (E-mail: a-yama@nfi.co.jp)

第15回炉物理部会総会の報告

1. 日 時 2001年3月28日(水) 12:00-13:00
2. 場 所 武蔵工業大学821教室(G会場)
3. 議 事

2001年日本原子力学会春の年会期間中の上記の日時、場所において、炉物理部会総会を開催した。議題(1)については相沢部会長が、議題(2)以降は新部会長が議事の進行を務めることとした。

(1) 次年度の役員候補の選出 (相沢部会長)

任期1年の委員候補者および任期満了となる委員から推薦された委員候補者のリストが配布され、全候補者が信任された(「平成13年度炉物理部会運営委員」参照:編集委員)。相沢部会長より退任の挨拶、工藤新部会長より着任の挨拶があった。

(2) 本年度決算報告および次年度予算案 (山根委員)

平成12年度収支報告がなされ(資料配布)、決算が承認された。

平成13年度予算案について説明がなされた(資料配布)。特に、一般予算の他に剰余金適正化のために平成13年度から平成17年度にかけて5ヵ年計画特別予算案が提出され承認された。予算A:夏期セミナー運営費補助(1,500千円)、予算B:海外研究集会・招聘事業(1,014千円)、日韓炉物理国際会議運営費補助(1,500千円)。年度繰越金は100万円まで許されるとの説明があった。企画委員から、学会員を増やす努力を今後も続ける必要がある旨の要望が出された。

(3) 夏期セミナー準備状況 (竹田委員)

日時:平成13年7月30日(月)~8月1日(水)、場所:福井県芦原温泉「政竜閣」にて第33回炉物理夏期セミナーを開催する予定で準備が進められていることが報告された(資料配布)。テーマ:「21世紀の炉物理の道筋をさぐる」、内容:①21世紀に残す言葉、②21世紀の壮年の声、③21世紀の青年の声、④他分野とのつながり、⑤炉物理委員会WG発表、⑥学会研究専門委員会、等を今のところ考えているとの説明があった。参加費は前回並とし、宿泊費は全期間で2万円強を予定しており、現在のところ70名を予約しているとのことであった。前委員から、前回大変好評であった若手の夜のセッションを今回も検討してみてもとの提案が出された。

(4) ANSミルウォーキーミーティング合同セッション (竹田委員)

ANSの炉物理部門との日米合同セッションが企画され、6月17日～21日、ミルウォーキーにて開催されることが報告された。合同セッションでは22件の発表が予定されておりその内の約半数は日本からの発表であることが報告された (資料配布)。

(5) 日韓合同セッション (含、若手の補助) (竹田委員)

韓国原子力学会 (200名程度) から日韓合同セッションの企画が提案され、5月24日～25日、韓国済州島において日韓学会合同セッションとして開催されること、日本からは核データ部会から2件・炉物理部会から4件の発表が予定されていることが報告された (資料配布)。取り決めでは参加費は徴収しないことになっているとの説明があった。次回 (秋の大会) は本学会に韓国から炉物理関連で4名程度招待し炉物理関連セッションの一部は英語とする企画提案が紹介された。関連して、核データ部会と炉物理部会の合同セッションを英語とする案が出され、その方向で検討を進めることが確認された。

日韓合同セッションへの部会からの若手派遣について、現時点では宇根崎氏、北田氏、大井川氏の推薦があり、承認された。また、学生部会員も加えることとし4月上旬までに自選他薦で申し込むこととした。部会からの派遣補助の予算は運営委員会にて検討することとした。

(6) 企画委員会報告 (山根委員)

2001年原子力学会秋の大会は北海道大学において9月19日～21日の日程で開催、5月25日が予稿締め切りとなっていること、2002年春の年会は神戸商船大学において平成14年3月27日～29日の日程で開催、平成13年12月18日が予稿締め切りとなっていることが報告された。年会・大会の報告について編集委員会から見直しの提案が出されており、企画委員会ではWGで検討し秋の大会以降について方式を考え直すことになったこと、事務局編集作業の効率化のために予稿の受付だけは電子メールで行うことをWGで検討していることが報告された。

企画関連として、「新しい部会がいくつか立ち上がってきているが、関連する部会も増えてきており、今後の部会のあり方等を議論する必要があるのではないか (部会相互については企画委員会で、炉物理については部会内で)。」との意見が出された (竹田委員)。

(7) 編集委員会報告 (山本委員)

英文誌の投稿規程の見直しが行われ、査読期間の短縮・内容の緩和等で掲

載され易くなったので英文誌へ積極的に投稿するよう要請があった。見直された内容として：「査読は原則として1回のみで期間は20日、訂正期間10日、英語の細かな議論はしない。査読は拾い上げる方針で行う。査読に不満があれば編集委員に不服を申し立てることができ、場合によっては査読者の交代もありうる。」等の説明があった。

部会報について（中島委員）：次号からA4版で発行の予定で、詳細な仕様を検討中であることが報告された。名簿については、これまで通り氏名と所属だけにとどめることとし、Eメールアドレス等はパスワード付きHPで公開することを考えているとの説明があった。

HPについて（相沢部会長）：編集小委員会（山本敏久委員、山本章夫委員）でHPのチェックをお願いする旨の要請があった。

(8) 共用炉物理コードシステム特別専門委員会活動報告（小林委員）

2000年7月に原子力学会特別専門委員会（1年間）として発足した本WGの平成12年度活動報告（3回の委員会開催）がなされた（資料配布）。

(9) 部会懇親会（小坂委員）

部会懇親会（28日19時より「自由が丘」"魚や一心"）の案内があった。

(10) 炉物理委員会WPテーマ募集について（岡嶋委員）

11年度発足の3つのWPは2年間の活動を終了し、13年度からは新たなテーマを公募し新WPを設立することが報告された（資料配布）。WPテーマ募集および参加者募集についての情報は、炉物理委員会および部会のメーリングリスト、部会HPで逐次発信していくとの説明があった。

申し込み締め切り/ WPテーマ募集：平成13年4月20日、WP参加希望：平成13年4月27日。

(11) その他

相沢部会長より、核データの部会長任期が2年であるように、今後の部会運営を円滑に進めるために、当部会も部会長任期を2年とすることを検討してはどうかという意見が提案として出された。

(九州大学 古藤 健司)

炉物理部会会員名簿 (50音順)

(合計312名: 2001.9.28現在)

氏名	所属	氏名	所属
相沢 乙彦	武蔵工業大学工学部	海老沢 徹	京都大学原子炉実験所
青木 克忠	アイテル技術サービス(株)	遠藤 信隆	東電設計(株)
青木 繁明	三菱重工業(株)原子力技術センター	大井川 宏之	日本原子力研究所東海研究所
青山 肇男	(株)日立製作所電力・電機グループ	大石 晃嗣	清水建設(株)
秋濃 藤義	日本原子力研究所	大木 繁夫	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
秋本 正	北海道大学大学院工学研究科	大澤 孝明	近畿大学理工学部
朝岡 卓見	東海大学工学部	大杉 俊隆	日本原子力研究所東海研究所
畦倉 和雄	(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン	大田 正男	帝京大学福岡短期大学
阿知波 紀郎	九州大学理学部	大塚 益比古	原子カシステム研究懇話会
姉川 尚史	東京電力(株)	大西 忠博	拓殖大学工学部
阿萬 剛史	大阪大学・博大学院工学研究科	大野 秋男	日本原子力研究所東海研究所
安 成弘	原子カシステム研究懇話会	大山 彰	(財)日本原子力文化振興財団
安藤 真樹	日本原子力研究所東海研究所	岡 芳明	東京大学工学系研究科
安藤 良平	(株)東芝電力システム社	岡嶋 成晃	日本原子力研究所東海研究所
飯島 一敬	核燃料サイクル開発機構	岡田 琢己	日本原燃(株)六ヶ所本部
飯島 進	日本原子力研究所東海研究所	岡村 信生	核燃料サイクル開発機構
飯島 勉	(財)高度情報科学技術研究機構	小川 喜弘	近畿大学理工学部
井頭 政之	東京工業大学原子炉工学研究所	奥田 泰久	住友原子力工業(株)
井口 哲夫	名古屋大学大学院工学研究科	奥村 啓介	日本原子力研究所東海研究所
池田 一三	三菱重工業(株)原子力技術センター	小田野 直光	日本原子力研究所東海研究所
池田 秀晃	(株)テプコスシステムズ	小原 徹	東京工業大学原子炉工学研究所
池原 正	(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン	親松 和浩	愛知淑徳大学現代社会学部
井澤 一彦	日本原子力研究所東海研究所	景平 克志	原子燃料工業(株)
石川 敏夫	環境科学技術研究所	片桐 康寛	(株)原子力エンジニアリング
石川 真	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター	片瀬 彬	東和大学
石谷 和己	原電情報システム(株)	桂木 學	(株)総合技術情報機構
石橋 健二	九州大学大学院工学研究院	加藤 敏郎	岐阜医療技術短期大学
居島 一仁	資源エネルギー庁	加藤 恭義	東京工業大学原子炉工学研究所
伊勢 武治	(財)高度情報科学技術研究機構	角谷 浩享	静岡産業大学国際情報学部
磯野 彬	(株)情報数理研究所	金井 英次	中部電力(株)
磯部 武志	(株)シーティーアイ	金子 義彦	武蔵工業大学原子力研究所
板垣 正文	北海道大学大学院工学研究科	金田 武司	(株)三菱総合研究所
市瀬 潤	住友原子力工業(株)	亀井 孝信	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
市原 千博	京都大学原子炉実験所	川島 正俊	(株)東芝電力システム社
市村 鋭一	東京電力(株)技術開発本部原子力研究所	川本 忠男	(株)原子力エンジニアリング
井出 秀一	原子燃料工業(株)	菅 太郎	三菱重工業(株)原子力技術センター
伊藤 大一郎	三井造船(株)	神田 啓治	京都大学原子炉実験所
伊藤 卓也	原子燃料工業(株)	神田 幸則	
伊藤 佳央	(株)コンピュータ・テクノロジー・インテグレイタ	岸田 邦治	岐阜大学工学部
猪野 正典	(株)東芝	北沢 日出男	防衛大学校
井上 英明	エス・アンド・イー(株)	北田 孝典	大阪大学大学院工学研究科
岩崎 智彦	東北大学大学院工学研究科	北野 彰洋	核燃料サイクル開発機構敦賀本部
岩崎 裕典	(株)三菱総合研究所	北村 正晴	東北大学大学院工学研究科
岩本 達也	(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン	木下 豊	電源開発(株)
植田 伸幸	(財)電力中央研究所柏江研究所	儀宝 明德	四国電力(株)伊方発電所
植田 精	アイテル技術サービス(株)	木村 逸郎	(株)原子力安全システム研究所
植松 眞理	在日フランス大使館	木村 純	三菱重工業(株)神戸造船所
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	木本 達也	原子燃料工業(株)熊取事業所
牛尾 直史	(株)原子力エンジニアリング	鬼柳 善明	北海道大学大学院工学研究科
内川 貞夫	(株)日立製作所電力・電機グループ	清瀬 量平	
宇津呂 雄彦	大阪大学核物理研究センター	久語 輝彦	日本原子力研究所東海研究所
宇都 成昭	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター	工藤 和彦	九州大学大学院工学研究科
宇根崎 博信	京都大学原子炉実験所	工藤 勝久	産業技術総合研究所
梅田 健太郎	(株)ウッドランド	倉重 哲雄	石川島播磨重工業(株)

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。

氏名	所属	氏名	所属
黒沢 一男	日本原子力研究所東海研究所	住田 健二	大阪科学技術センター
黒澤 正彦	(株)東芝電力システム社	須山 賢也	日本原子力研究所東海研究所
河本 慎也	名古屋大学・修大学院工学研究科	関 泰	日本原子力研究所
小坂 進矢	(株)テプコシステムズ	関本 博	東京工業大学原子炉工学研究所
小菅 征夫	日本原子力研究所東海研究所	関谷 全	岡山理科大学総合情報学部
古藤 健司	九州大学大学院工学研究科	仙石 勝久	関西電力(株)
五藤 博		千田 康英	三菱重工業(株)神戸造船所
後藤 頼男		曾野 浩樹	内閣総理大臣官房原子力安全室
小林 岩夫	(財)高度情報科学技術研究機構	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 捷平	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 圭二	京都大学原子炉実験所	高田 直之	原子燃料工業(株)東海事業所
小林 啓祐		高野 秀機	日本原子力研究所東海研究所
古林 徹	京都大学原子炉実験所	高橋 亮人	大阪大学大学院工学研究科
小林 正春	昭和建物管理(株)	瀧川 幸夫	(株)東芝電力・産業システム技術開発センター
小林 裕司	(株)東芝府中工場	武田 充司	日本原子力発電(株)
駒野 康男	三菱重工業(株)原子力技術センター	武田 栄一	東京工業大学名誉教授
米田 政夫	京都大学・修	竹田 敏一	大阪大学大学院工学研究科
近藤 育朗	(株)きんでん東京支社	竹田 練三	(株)日立製作所電力・電機グループ
近藤 駿介	東京大学大学院工学系研究科	田次 邑吉	(財)高度情報科学技術研究機構
阪元 重康	東海大学工学部	田尻 英幸	東京電力(株)
佐久間 雄平	防衛庁技術研究本部	巽 雅洋	原子燃料工業(株)
桜井 淳		立松 篤	日本原子力発電(株)敦賀発電所
櫻井 俊吾	(財)原子力発電技術機構	田中 健太郎	東京工業大学・修大学院理工学研究科
桜井 良憲	京都大学原子炉実験所	田中 俊一	日本原子力研究所東海研究所
桜田 光一	(株)東芝	田中 豊	三菱重工業(株)高砂研究所
佐々 敏信	日本原子力研究所東海研究所	田原 義壽	三菱重工業(株)原子力技術センター
佐治 悦郎	内閣府原子力安全委員会事務局	千葉 豪	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
左藤 大介	三菱重工業(株)原子力技術センター	茶谷 浩	京都大学原子炉実験所
佐野 忠史	大阪大学・博大学院工学研究科	築城 諒	
澤田 哲生	東京工業大学原子炉工学研究所	辻 雅司	北海道大学大学院工学研究科
沢村 晃子	北海道大学大学院工学研究科	辻本 和文	日本原子力研究所東海研究所
三田 敏男	(株)日立製作所電力・電機グループ原子力事業部	土橋 敬一郎	(財)放射線利用振興協会
志賀 章郎	コンピューターソフト開発(株)	戸梶 浩生	(財)核物質管理センター東海保障措置センター
重留 義明	核燃料サイクル開発機構東海事業所	徳原 一実	富士電機(株)
志子田 恵治	(株)CRC総合研究所	トンスキー ウラジミール	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
設楽 天	武蔵工業大学・修大学院工学研究科	東稔 達三	日本原子力研究所東海研究所
柴田 俊一	近畿大学原子力研究所	外池 幸太郎	日本原子力研究所東海研究所
嶋田 昭一郎	日本原子力研究所東海研究所	内藤 倅孝	(株)ナイス
島津 洋一郎	北海道大学大学院工学研究科	名内 泰志	(財)電力中央研究所柏江研究所
清水 彰直	(財)若狭湾エネルギー研究センター	中 隆文	(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
庄野 彰	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター	長尾 美春	日本原子力研究所大洗研究所
白方 敬章		長沖 吉弘	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
代谷 誠治	京都大学原子炉実験所	中川 正幸	日本原子力発電(株)
新藤 隆一	日本原子力研究所	中込 良廣	京都大学原子炉実験所
菅原 隆徳	東北大学・修大学院工学研究科	中沢 正治	東京大学大学院工学系研究科
杉 暉夫	日本原子力研究所	中島 健	日本原子力研究所東海研究所
杉野 和輝	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター	中島 秀紀	九州大学総合理工学研究科
楢山 一典		中島 宏	日本原子力研究所東海研究所
瑞慶覧 篤	日立エンジニアリング(株)	永瀬 慎一郎	東海大学工学部
須崎 武則	日本原子力研究所東海研究所	中塚 亨	日本原子力研究所東海研究所
鈴置 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	中土井 昭三	東海大学工学部
鈴木 勝男	エンジニアリング開発(株)	中野 正文	日本アドバンステクノロジー(株)
須田 憲司	日本原燃(株)	中野 佳洋	日本原子力研究所東海研究所
須田 信英	原子力安全委員会	中原 康明	

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
中村 純也	京都大学・修大学院エネルギー科学研究科	丸山 博見	(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
中村 詔司	核燃料サイクル開発機構東海事業所	マツヒロフ ケウイチダイ	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
中村 剛実	東京ニュークリア・サービス(株)	三上 洋平	北海道電力(株)泊発電所
中村 知夫		三木 一克	(株)日立製作所
中村 久		三澤 毅	京都大学原子炉実験所
長家 康展	日本原子力研究所東海研究所	水田 宏	
成田 正邦	秋田大学工学資源学部	水本 元治	日本原子力研究所東海研究所
錦織 毅夫	吉備国際大学	三橋 偉司	(株)東芝原子力技術研究所
仁科 浩二郎	愛知淑徳大学	三好 幸治	京都大学・修
西原 健司	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
西原 英晃		向原 民	東京大学工学部附属原子力工学研究施設
西原 宏	(株)原子力安全システム研究所	村田 勲	大阪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	望月 恵一	(株)田丸屋本店
野村 孜		森 一雄	近畿大学・修大学院総合理工学研究科
芳賀 暢	(財)原子力発電技術機構	森 貴正	日本原子力研究所東海研究所
萩谷 昇司	エイ・ティ・エス(株)	森島 信弘	京都大学大学院工学研究科
橋本 憲吾	近畿大学原子力研究所	安野 武彦	
橋本 孝治	名古屋大学・修大学院工学研究科	柳澤 宏司	日本原子力研究所東海研究所
長谷 博友	京都大学原子炉実験所	山内 英人	名古屋大学・修大学院工学研究科
馬場 護	東北大学サイロロン・ラジオアイソトープセンター	山崎 淳	名古屋大学・修大学院工学研究科
林 脩平	立教大学	山崎 正俊	原子燃料工業(株)
林 高史	名古屋大学・修大学院工学研究科	山路 昭雄	海上技術安全研究所
林 正俊	九州保健福祉大学	山田 毅	日立造船(株)
樋口 雅久	日本原子力発電(株)	山根 剛	日本原子力研究所東海研究所
肥田 和毅	(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン	山根 祐一	日本原子力研究所東海研究所
卞 哲浩	京都大学原子炉実験所	山根 義宏	名古屋大学大学院工学研究科
平泉 宏明	東北大学工学部	山野 直樹	住友原子力工業(株)
平岡 徹	(財)電力中央研究所柏江研究所	山本 章夫	原子燃料工業(株)
平賀 富士夫	北海道大学工学部	山本 敏久	大阪大学大学院工学研究科
平川 直弘	東北職業能力開発大学校	山本 俊弘	日本原子力研究所東海研究所
平野 靖	(株)東芝磯子エンジニアリングセンター	山本 宗也	(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
弘田 実弥		横尾 健	(財)電力中央研究所柏江研究所
深井 佑造		横山 賢治	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
深堀 智生	日本原子力研究所東海研究所	吉井 貴	(株)テブコシステムズ
深谷 裕司	北海道大学・修大学院工学研究科	吉迫 公一	名古屋大学・修大学院工学研究科
福井 大輔	名古屋大学・修大学院工学研究科	吉田 正	武蔵工業大学工学部
藤田 哲史	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター	吉田 紀之	(株)東芝磯子エンジニアリングセンター
藤田 薫顕	京都大学原子炉実験所	吉田 弘幸	(財)高度情報科学技術研究機構
藤田 佳之	東京工業大学・修大学院理工学研究科	米田 憲司	京都大学原子炉実験所
藤村 統一郎	日本原子力研究所東海研究所	若林 利男	核燃料サイクル開発機構
藤原 大資	(株)テブコシステムズ	渡邊 将人	中部電力(株)技術開発本部電力技術研究所
古橋 晃	(財)核物質管理センター	WARIS ABDUL	東京工業大学・博原子炉工学研究所
別所 泰典	(財)原子力発電技術機構		
堀田 亮年	(株)テブコシステムズ		
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		
松井 一秋	(財)エネルギー総合工学研究所		
松浦 祥次郎	原子力安全委員会		
松延 廣幸	(株)データ工学		
松村 和彦	(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン		
松村 哲夫	(財)電力中央研究所柏江研究所		
松本 高明	北海道大学工学部		
松本 哲男	武蔵工業大学原子力研究所		

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、ご了承願います。