

T H E R M A L H Y D R A U L I C S

AESJ-THD NEWSLETTER NO.25 April 30, 1999

原子力学会熱流動部会長に就任して

内藤 正則 (原子力機構)



この度、芹澤昭示前部会長の後を継いで熱流動部会長に就任することとなりました。皆様ご承知の通り、当部会は研究連絡会の時代から活発な活動を続けてまいりました。私が学会の企画委員を務めていたときに、部会制移行の議論をしましたが、そのとき、真っ先に賛成したのが、当時の熱流動研究連絡会でした。以後、部会に移行してから満6年が経過しました。もとより歴代の部会長に比肩すべくもなく浅学非才の私ではありますが、副部会長としてお迎えした班目春樹東京大学教授及び各委員会の委員長・委員の方々と協力して部会発展のため、微力を尽くしたいと考えています。

昨年の芹澤前部会長の就任ご挨拶(ニュースレター No.21)の中で、私の副部会長としての発言を引用していただきました。基本的には、芹澤前部会長の敷かれたレールを後戻りすることなく前へ進め、発展させるのが私の任務の一つであろうと理解しています。また、学会誌4月号に、「21世紀を迎えるにあたっての抱負 - 熱流動の今後の課題と対応」と題して私が考えていることの一部を寄稿しましたので、ご一読いただければ幸いです。これらの繰り返しになりますが、以下に私が考えていることの要点を述べさせていただきます。

一つは大学等と産業界との連携、大まかに言い換えれば基礎研究と応用研究との連携をより密にすべきであるということ。現下の社会・経済状況の客観的認

識は重要なことですが、「不況」という言葉に惑わされることは良くないと思います。研究開発にはスピードが重要であり、さらに最近コスト・パフォーマンスの重要性も高まっており、時間もコストのうち、という認識が重要です。私たちの日常の研究活動において、必要性・緊急性、あるいは目的等を再度見直してみることは必要ですが、「検討してやらない」のではなく、「実施すべきことは実施する」という信念を持って研究を進めるべきでしょう。このように考えていくとき、産・学の連携の必要性はより一層重要になると考えます。

もう一つは、核と熱流動あるいは材料・構造と熱流動といった連成現象の問題です。このような連成問題は、今後、重要性が増してくるものと考えています。

これらに対する具体的な手段として研究専門委員会などの活動の場を通して技術情報を共有、あるいは交換することが最初のステップとして考えられます。幸いにして昨年度から今年度にかけて2つの専門委員会が立ち上がりました。今後も皆様からの積極的なご提案を期待します。

昨年度は、韓国原子力学会の熱流動部会と協力して、第1回の「原子炉熱流動と安全に関する日韓シンポジウム」を韓国釜山で開催し、大成功のうちに終了させることができました。このシンポジウムは、次回2000年10月を目処に、今度は日本で開催する予定であり、今年度はその準備を進める必要があります。このような新たな国際協力を継続発展させることも部会の任務として重要であると認識しています。そのためにも、余り背伸びをせず、名よりも実をとって、継続性のある会議としての枠組みを確立したいと思っています。

最近、官(行政)の側の流れとして「規制緩和」があります。これは民間側の責任がそれだけ重くなることを意味します。このような流れの中で学会活動としてどのような貢献ができるか、あるいは積極的に関与すべきとも思いますが、今、具体的な方策があるわけではありません。少なくともこのような流れを十分認識し、産・官・学の協力がより一層重要であるとの認識が必要でしょう。

部会活動は一部の役員のみによってなされるものではありません。会員の皆様全員のボトムアップこそが、部会活動を活性化する道であると思います。皆様からのご提案、ご意見をお待ちします。

参考までに私の E-MAIL アドレスは、

naitoh@rs01.spnet.nupec.or.jp
です。

研究室紹介

サイクル機構における高速炉熱流動現象に関する実験研究

核燃料サイクル開発機構 大洗工学センター

ナトリウム・安全工学試験部 原子炉工学グループ 上出 英樹

1. はじめに

原子炉工学グループでは、高速炉開発を進めるサイクル機構の中で主に熱流動に関する実験研究を進めています。現在のテーマは、1)自然循環による崩壊熱除去、2)燃料集合体内の局所閉塞事象、3)サーマルストライピング現象を始めとする熱流動と構造の相互作用、4)超音波などを活用した新しい計測技術の開発などです。高速炉開発を進める上で、その冷却材であるナトリウムを作動流体とする試験や水を模擬流体として用いた試験を単独あるいは大学との共同研究として実施するとともに、解析コードを用いたシミュレーション手法の開発、評価手法の確立に向けた研究を行っています。本稿では上述の自然循環とサーマルストライピングに関する最近の研究を紹介します。

2. 自然循環による崩壊熱除去

自然循環は高速炉の安全性のさらなる向上に大きな役割を有しています。当グループでは自然循環時の燃料集合体内の熱流動現象について、隣合う低温あるいは高温の集合体からの熱移行の影響並びに定格運転から自然循環への過渡挙動などをナトリウム試験により解明してきました。^{(1), (2)} 現在は、炉容器上部プレナムに崩壊熱除去用の冷却器 (DHX) を設ける設計において、DHX からの低温ナトリウムが集合体間のギャップ領域に入り込み対流するインターラッパーフロー現象を対象として、7体の模擬燃料集合体からなる炉心と DHX を有するナトリウム試験装置により炉心への影響とその評価手法を研究しています。図1は自然循環時の炉心条件を模擬した定常試験においてインターラッパーフローが炉心を冷却する効果を整理したものです。インターラッパーフローの強度を示す無次元パラメータとして集合体間ギャップ領域の Gr 数と集合体内 Re 数の比を導入することにより、無次元の炉心部最高温度 (出力と集合体内流量で決まる断面平均温度上昇幅で無次元化) が炉心の出力、流量条件によらず整理できることがわかります。図には集合体内、集合体間ギャップ領域、上部プレナム内の熱流動場を一括して3次元熱流動解析コードにより解析する手法で求めた最高温度を示しています。解析結果が実験とよく一致していることがわかります。^{(3), (4)} 今後は、インターラッパ

ーフローの炉心槽内径方向の流れに着目した水流動試験を行い、評価手法の確立に向けて研究を進める予定です。

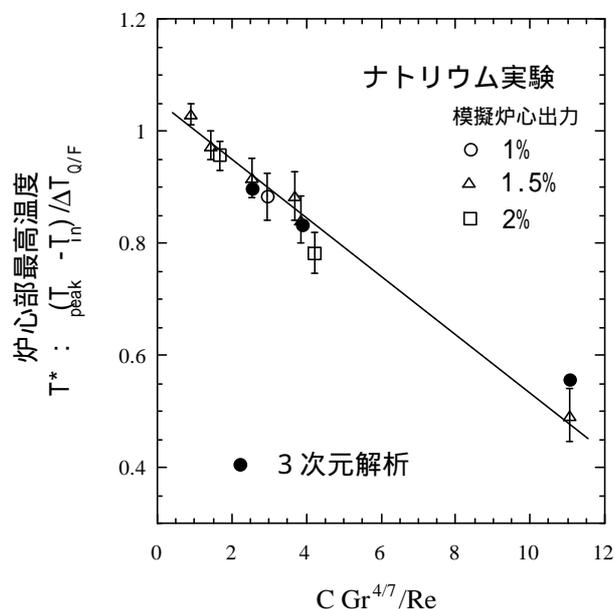


図1 インターラッパーフローによる炉心冷却効果

3. サーマルストライピング現象

サーマルストライピング現象は高温と低温の流体が混合する場におかれた構造物に熱応力が発生し、高サイクル疲労が生じることを言いますが、高速炉ではナトリウムの熱伝導率が大いことから構造物の温度が流体の温度変動に追従しやすい特徴があります。このような現象に対し、水を作動流体とし3本のスリットからの平行噴流体系にて流体内の混合過程を研究する基礎的な試験を進めています。

試験での流れの様子を可視化したものと有限差分法に基づく多次元解析の結果(温度コンター)を図2に示します。中心の低温噴流は左右に振動しており、解析によりその様子が模擬されています。^{(5), (6)} 解析による流体混合の予測では、低 Re 数型乱流応力・熱流束方程式モデルの有効性が示されました。この他、超音波を用いた流速分布測定⁽⁵⁾、粒子画像流速測定法の適用に

よる速度場の変動挙動の測定を行っています。今後、流体内の混合による温度変動振幅の減衰や周波数特性、壁近傍での特性の変化について、自由噴流、壁に沿った噴流などの体系で知見を深めていく予定です。

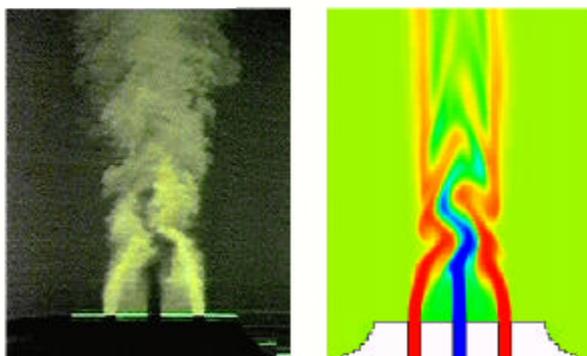
4. おわりに

高い経済性と安全性を備えた高速炉を開発する上で、熱流動研究が果たすべき役割はますます重要になってきていると思います。そのような炉の設計への反映を念頭に研究の展開を計りたいと考えます。今後とも熱流動部会のみなさまのご指導をお願いします。

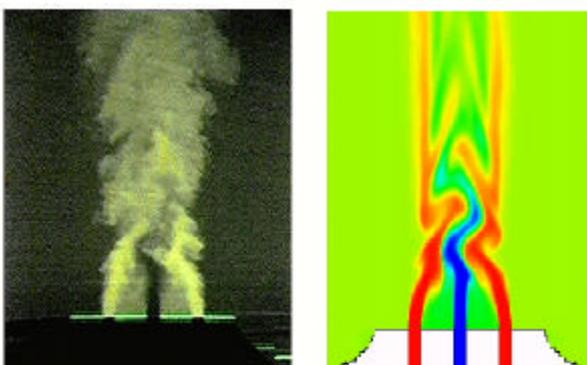
参考文献

- (1) H. Kamide, K. Hayashi, et al., NED, **183** (1998) 97-106
- (2) M. Nishimura, H. Kamide, et al., NURETH-8, Vol.2 p.903 (1997)
- (3) H. Kamide, K. Hayashi, et al., ARS '97, Vol.2 p.1141 (1997)
- (4) H. Kamide, N. Kimura, et al., ICON-6, ICON-6197 (1998)
- (5) A. Tokuhira, N. Kimura, et al., NED (to be published)
- (6) M. Nishimura, A. Tokuhira, et al., NURETH-9 (to be published)

時刻 0 秒



時刻 8/30 秒



実験

解析

図2 3噴流体系サーマルストライピング試験

熱流動部会総会報告

熱流動部会第12回会員総会議事録

1. 開催日時：平成11年3月23日(火)12時～13時
2. 開催場所：日本原子力学会
1999年春の年会 H会場(広島大学)
3. 配布資料
 - (1) 第11回会員総会議事録
 - (2) 平成11年度役員、実行委員候補者一覧
 - (3) 平成10年度収支報告
 - (4) 広報委員会活動報告
 - (5) 研究委員会報告
 - (6) 出版編集委員会報告
 - (7) 企画委員会報告

4. 議事

- (1) 平成10年度部会長挨拶
芹澤部会長より挨拶があり(急用により欠席のため総務委員長代読)、本年度の活動につき内藤副部会長、各委員会の委員長及び委員各位の努力により、活発な

活動がなされたことに対し謝意が述べられた。また、秋山名誉委員長、佐藤委員長のもとで、原子炉熱流動と安全性に関する日韓シンポジウムが昨年10月開催され、成功裡に終了し今後も継続することで合意され、この日韓交流シンポジウムの成功が、日本原子力学会創立40周年記念式典に合わせて予定されている日韓原子力学会間の交流協定調印の大きな背景になったことが報告され、部会員各位の協力を謝意が述べられた。

(2) 前回議事録確認

第11回会員総会の議事録(配布資料)について説明がありました承された。

(3) 平成11年度役員、実行委員選任

平成11年度役員、実行委員候補者について配付資料に基づき提案があり、原案通り承認された。また、各実行委員会委員については委員長の判断より適宜追加選任する事が了承された。

(a) 平成11年度役員(敬称略)

部会長 内藤正則(原子力機構) 平成11年度まで

副部会長 班目春樹(東大) 平成12年度部会長
幹事 秋本 肇(原研 総務) 平成12年度まで
岩重健五(日立 広報) 平成11年度まで
森 治嗣(東電) 平成12年度まで
久木田豊(名大) 平成12年度まで
渡辺 正(原研 企画) 平成11年度まで
富山明男(神戸大 出版編集) 平成11年度まで
上出英樹(JNC) 平成12年度広報委員長

(b) 平成11年度実行委員会(敬称略)
総務委員会 秋本 肇(原研)、奈良林直(東芝)
広報委員会 岩重健五(日立)、上出英樹(JNC)
研究委員会 森 治嗣(東電)
国際委員会 久木田豊(名大)
企画委員会 渡辺 正(原研)、阿部 豊(山形大)、
田中伸厚(東芝)、日引 俊(京大)、
藤井貞夫(川重)
出版編集委員会 富山明男(神戸大)、越塚誠一(東大)

(4) 平成11年度部会長挨拶

内藤平成11年度部会長より挨拶があり、前年度の活動を引き継ぎ、本年度も活発な活動を行う予定であり、役員、実行委員、部会会員各位の積極的な協力をお願いしたいこと、熱流動現象の体系化と連成現象の解明のため基礎と応用(目的指向)のカップリングが必要であり、そのような活動に熱流動部会が側面からバックアップして行きたいこと、国際協力活動として、第2回原子炉熱流動と安全性に関する日韓シンポジウムを2000年に日本で開催する事を予定しており、その準備に向けても役員、会員の積極的な協力の依頼がなされた。

(5) 委員会報告

(a) 総務委員会より配布資料に基づき平成10年度熱流動部会の収支報告が行われNURETH-8国際会議準備金(300万円)は別枠として今後有効な活用を図ること、会費以外の収入の方策を検討すること等の説明があり了承された。また、会員総会後、熱流動部会企画セッションとして、総合講演「原子炉熱流動の微視的シミュレーション」が開催され、「原子炉熱流動の微視的シミュレーション」研究専門委員会(主査二ノ方東京工業大学教授)の調査研究活動を中心に5件の講演が行われる予定であることが報告された。

(b) 広報委員会より、配布資料に基づき本年度4号のニュースレター(21~24号)を発行済みでありその概要について説明があった。国際会議カレンダーについては他の学会の情報を国際委員会と連携しつつ収集していく必要があること、ニュースレターを電子メール等で配布して郵送費の節約を図る事を検討中であることが報告され、これについてのニュースレター24号でのアンケートに多数返事を戴きたい旨の依頼があった。次年度も引き続き4号のニュースレターを発行する予定であることが報告され、大先輩のエッセイ、研究室紹介等の記事について積極的な協力の依頼がな

された。また、次年度のニュースレターのメールによる配布の試行について具体案が示され、部会員の意見を基に検討することとなった。熱流動部会のホームページについては、岡本10年度委員長が11年度も引き続き担当され、その充実を図って行く予定であることが報告された。

(c) 研究委員会より、配付資料に基づき前回の総会で了承された「二相流計測に関する評価」研究専門委員会の設立を学会に申請し認められたこと(申請書を配付資料として添付)の報告があった。平成9年度、10年度にこれを含め「シビアアクシデント熱流動現象評価」特別専門委員会、「核熱水力安定性」研究専門委員会の3つの委員会が設立された事に対し部会員の協力を謝意が述べられた。次年度は「原子力発電所の経済性と熱流動(仮題)」研究委員会等新たな委員会の設立を検討していく事が報告された。

(d) 国際委員会より、国際会議カレンダーについては本年度に引き続き次年度も原研杉本委員の協力のもと、他学会の情報を積極的に取り入れつつ、広報委員会と連携して充実していくことが報告された。

(e) 出版編集委員会より、配付資料に基づき原子力学会誌の記事として、40周年記念号記事「最近10年の歩み」のうち熱流動部会関連記事、解説記事「受動的安全設備を有する次世代軽水炉熱流動解析の現状委と課題」、解説記事「IMPACT」の3件の掲載が決定済みであることが報告された。また今後の掲載を検討しているものとして、解説記事「原子炉熱流動の微視的シミュレーション」(同研究専門委員会活動報告)、解説記事「原子炉熱流動の研究の現状」(筑波大成合教授、ICONE-7でのreview講演)の2件が報告され了承された。また、そのほかの記事の提案を積極的にお願したい旨の依頼があった。「気液二相流数値解析」の出版については有富東工大教授を主査として、4月末より本格的に準備作業を始める予定である旨の報告があった。

(f) 企画委員会より、配布資料に基づき、10年度は講習会として、原研計算科学技術推進センターの協力により「並列計算機利用講習会(初級)」を1999年1月21日(木)、22日(金)に開催し種々の計算機を用いて、MPIの並列化手法との実習が行われたこと(参加者9名)、ホームページ、メールサービス等でアナウンスを行ったところ参加希望者が多く好評であったこと、11年度も10年度の経験を踏まえて並列計算機利用のより充実した講習会を開催していく予定であることが報告された。

熱流動部会第12回運営委員会議事録

1. 日 時：平成11年2月8日（月）18:00～20:00
2. 場 所：明宏ビル1階スペースライン、C会議室
3. 出席者：
芹澤部会長（京大）、内藤副部会長（原子力機構）、
岡本委員（広報、東大）、岩重委員（広報副、日立）、
師岡委員（企画、東芝）、片岡委員（総務、阪大）、
秋本委員（次期総務、原研）
欠席：渡辺委員（企画、原研）、望月委員（国際、PESCO）、
富山委員（出版編集、神戸大）

4. 議 事

(1) 会員総会議事録確認

前回（第11回）会員総会議事録を確認しこれを了承した。

(2) 次期運営委員候補選任

次期副部会長（平成12年度部会長）候補として班目春樹東京大学教授が推薦され了承された。内藤部長には芹澤部会長並びに内藤副部会長よりご就任を依頼していただくこととなった。次期広報副委員長（平成12年度広報委員長）候補として、核燃料サイクル機構の上出英樹氏、次期研究委員長候補として東京電力の森治嗣氏、次期国際委員長候補として名古屋大学の久木田豊教授がそれぞれ推薦され了承された。各実行委員会委員は新委員長により適宜候補者をご推薦戴き、役員候補者とともに会員総会に諮り承認を受けることとなった。

(3) 各実行委員会報告

(a) 広報委員会報告

岡本委員長より配付資料（活動報告並びにニュースレター24号コピー）に基づき説明があった。本年度4号のニュースレター（21～24号）を発行済みであり、その概要について説明があった。国際会議カレンダーについては他の学会の情報を国際委員会と連携しつつ収集していく必要があり、次年度への申し送り事項としたこと、本年度は全会員にニュースレターを配布したが、希望者には電子メール等で配布して郵送費の節約を図る事を検討中であり、24号で会員にアンケートを依頼した事が報告された。また、ホームページのアドレスを原子力学会の会告に載せて、ホームページの活用を図っていくことが了承された。

(b) 研究委員会報告

師岡委員長より前回の総会で了承された「二相流計測に関する評価」研究専門委員会の設立申請書（案）の提案があり、検討を行った。一部字句の修正、並びに幹事、委員のうち非会員の方には極力会員になって戴くことを前提に、本案が了承され、企画委員会に提出することとした。次年度の活動としては、これまでも検討してきた「原子力発電所の経済性と熱流動（仮題）」研究専門委員会の立ち上げに努力することが報告され了承された。

(c) 企画委員会報告

配付資料に基づき、10年度は講習会として、原研計算科学技術推進センターの協力により「並列計算機利用講習会（初級）」を1999年1月21日（木）、22日（金）に開催し（参加者9名）、好評であったこと、11年度も10年度の経験を踏まえて並列計算機利用の講習会を開催していく予定であることが報告され、了承された。

(d) 総務委員会報告

片岡委員長より、第12回会員総会を1999年春の年会（広島大学）期間中の3月23日（火）12時より13時にH会場にて開催予定であること、並びにそれに引き続いて熱流動部会企画セッションとして、総合講演「原子炉熱流動の微視的シミュレーション」が開催され、「原子炉熱流動の微視的シミュレーション」研究専門委員会（主査二ノ方東京工業大学教授）の調査研究活動を中心に5件の講演が行われる予定であることが報告され了承された。

(4) 原子炉熱流動に関するセミナーについて

内藤副部会長より、原子炉熱流動に関する日本と韓国のジョイントセミナー（NTHAS）の第2回の会合を2年後に日本で開催する予定であり現在準備を進めていること、並びに運営委員会、熱流動部会の協力をお願いしたい旨の報告があった。

(5) 韓国の原子力学会との交流協定について

芹澤部会長より、日本原子力学会と韓国原子力学会との間に交流協定の締結の準備が進められていること、並びにこの協定締結には第1回原子炉熱流動に関する日本と韓国のジョイントセミナー（NTHAS98）の成功が大きく寄与していること、および韓国の原子力学会は熱流動分野でも活発な交流を期待している旨の報告があった。

(6) 部会長、副部会長挨拶

芹澤部会長より本年度の熱流動部会の活動を円滑かつ活発に行うことが出来、特に熱流動部会が中心となって第1回原子炉熱流動に関する日本と韓国のジョイントセミナー（NTHAS98）を成功裡に開催できたことについて役員、実行委員会委員、部会会員の協力に感謝するとともに来年度は内藤部会長、班目副部会長を中心により一層の発展を期待する旨の挨拶があった。

内藤副部会長より、来年度は芹澤部会長の本年度の活動を引き継ぎ、第2回の原子炉熱流動に関する日本と韓国のジョイントセミナーの準備をはじめとして、熱流動部会の活動に役員、実行委員会委員、部会会員の一層の協力をお願いしたい旨の依頼があった。また来年度の活動の方針として、原子力学会の40周年特集記事の原稿（資料配付）を基に、熱流動の研究における実験と解析は車の両輪でありその整合性のある発展に向けて熱流動部会が寄与していきたい旨の抱負が述べられた。

委員会等報告

第11回「経年変化と熱流動」 特別専門委員会議事録

1. 開催日時：平成10年10月27日（火）13:30～15:10
2. 開催場所：原子力発電技術機構会議室
3. 出席者：班目(東大)、中島、村尾、秋本(原研)、岡村(東電)、荒木(武蔵工大)、野中、岩瀬、植松(原子力機構)、村松、菊池(サイクル機構)、大高(発電技検)、稲田、西原(電中研)、高松(関電)、中尾、藤森(日立)、辻(富士電機)、五十嵐(川重)、菅(IHI)、浜野(富士総研)
4. 配布資料：
 - 11-1 第10回「経年変化と熱流動」特別専門委員会議事録
 - 11-2 二相流数値解析技術の現状と将来展望(秋本)
 - 11-3 受動的安全設備を有する次世代軽水炉熱流動解析の現状と課題(JAERI-Review98-006)
 3. 多次元二相流解析の現状と課題
 - 3.1 解析手法の現状と課題(秋本)
5. 議事
 - (1) 二相流数値解析技術の現状と将来展望(原研・秋本)

二相流数値解析技術の現状として、まず応用面すなわち軽水炉システム解析コードの整備状況の説明があった。次世代軽水炉への適用を目指した整備の状況や、USNRCが進める解析コードの現代化(コードの統合計画)が説明された。さらに基礎研究すなわち詳細解析手法の開発の状況として、多次元二流体モデル、気泡追跡法・界面追跡法、格子ガスオートマトン法・格子ボルツマン法の説明がなされた。今後の方向として、検証の考え方の整理、解析対象の違いを明確にして各解析コードの役割を定めるコード体系の構築が必要であることが強調された。
 - (2) 報告書について

主査より、報告書原稿はほぼ集まった旨の報告があった。書式や活字等がかなり不揃いであるため、当初のオフセット印刷の方針を変更しゲラの作成を印刷所に依頼する方針が説明され了解された。このため、原稿を電子情報の形で再提出するよう、要望があった。
 - (3) 今後の予定

報告書が刷上がった時点で次回会合を開催することとした。

第8回「シビアアクシデント熱流動現象評価」 特別専門委員会議事録

1. 開催日時：平成11年1月13日（水）13:30～18:00

2. 開催場所：原子力発電技術機構藤田観光虎ノ門ビル第1会議室
3. 出席者：成合(筑波大)、神永(茨大)、杉山(北大)、長坂(原子力機構)、杉本(原研)、福田(九大)、吉澤(東工大)、斉藤(明星大斎藤代理)、菊池(広大)、越塚(東大)、飯田(横国大)、阿部(山形大)、門出(佐賀大)、斎藤(京大三島代理)、豊岡(阪大)、汐崎(船研綾代理)、安濃田、村松、丸山(原研)、大野(JNC)、古谷、吉江(電中研)、梶本、加藤、榊、野口、渡部、三浦、伊藤(原子力機構)、座間、尾本(東電)、米林(関電)、河合(原電)、幅(電源開発石黒代理)、古川(三菱重工)、横堀、秋永(東芝)、佐藤(日立)、楠野(エネ総研)、前川(川重)、古賀(原燃工)、永島、斎藤(通産省)
4. 配付資料
 - 8-1 第7回「シビアアクシデント熱流動現象評価」特別専門委員会議事録(案)
 - 8-2 コア-コンクリート反応問題におけるデブリ冷却性の検討
 - 8-3 MCC1中の溶融炉心冷却に関するMACE実験
 - 8-4 安全性に関する基本的考え方(表)
 - 8-5 次世代型軽水炉の原子炉格納容器設計におけるシビアアクシデントの考慮に関するガイドライン(第3ドラフト版)
 - 8-6 第1回「軽水格納容器設計に関する民間基準案」に関するワークショップ配布資料
 - 8-7 第2回「軽水格納容器設計に関する民間基準案」に関するワークショップ配布資料
 - 8-8 不確かさの大きい格納容器破損モードの確率論的取り扱いについて-Theofanousのアルファモード破損発生確率評価の再計算(中間報告)-
 - 8-9 平成8年度軽水炉における苛酷事故の新評価手法ROAAMに関する調査
 - 8-10 熱流動現象評価の際の想定する物理現象と条件について
 - 8-11 10年度報告書執筆担当(案)
5. 議事
 - (1) 前回議事録の確認
前回議事録(資料7-1)の確認を行い、了承された。
 - (2) MCC1に関するEPRIの文献紹介
(Ex-Vesselでのデブリの冷却性について)
座間委員と秋永委員から資料8-2に基づき米国新型炉に対する設計要求書にて採用されている原子炉下部のコンクリート床面積要求の関し、その根拠をまとめた文献(DOE/ID-10278)の紹介があった。
Ex-Vesselでのデブリの冷却性を確保するための床面積として、推定されるデブリから水への熱流束の下で原子炉定格出力の1%崩壊熱を除去するに足る面積が要求されている。伝熱現象に関してはクラック等を

経過したデブリ層への水の浸入を想定している。コンクリートからのガス発生等にもなう3次元、経時的な体系の変化を考慮して機構論的に解いているものではないが、長期的なデブリ冷却性確保の観点からマクロな伝熱現象が推定されているものである。熱流束は、粒子からなるデブリベットと連続デブリ層の2タイプのデブリの形状を考え、大気圧下での平板の飽和限界熱流束等に基づき推定されており、また現象の不確かさとして2倍の保守性が考慮されている。

(3) MCCI中の溶融炉心冷却に関するMACE実験

原研丸山氏より資料8-3に基づきMCCI中の溶融炉心冷却に関するMACE実験についての紹介があった。

冷却水を注ぐことにより溶融炉心/コンクリート相互作用(MCCI)が終息できるかを評価するために、米国電力研究所が主催するMACE(Melt Attack and Coolability Experiment)実験が行われている。この実験の特徴は、実炉と同等の溶融物を模擬溶融炉心として用い、直接通電加熱により崩壊熱の発生を模擬していることである。

最新の大規模実験であるM3b実験(溶融物表面積 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ 、溶融物重量 1800kg)においても、2回の小規模実験と同様に、注水後に実験容器の側壁に固定化されたクラストが形成され、クラストとその下の溶融物とが分離した。注水によりMCCIが終息するという明確な結果は得られていないが、これまでに実施された実験から、溶融炉心と冷却水との熱伝達特性が明らかになりつつある。

今後、ケイ酸系コンクリートを用いた中規模総合実験(溶融物表面積 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$)及び溶融炉心と冷却水とのより定量的な評価を目的とした分離効果実験を実施する予定である。

(4) 次世代軽水炉の格納容器設計におけるシビアアクシデントの考慮に関するガイドライン

東電尾本氏、佐藤委員、古川委員、秋永委員、座間委員より資料8-4と8-5に基づきシビアアクシデントの考慮に関するガイドラインについて説明がなされた。

国内の原子力産業界は、将来の軽水炉の格納容器設計においてシビアアクシデントをどのように考慮すべきかという問題についてガイドラインの策定に過去3年程の間取り組んできた。大学・研究機関等の専門家のアドバイスを委員会あるいはワークショップの中で求めつつ策定作業を進めてきているが、その一環として原子力学会のシビアアクシデント熱流動現象評価特別専門委員会の専門家に説明し意見を求めるものである。

確率論的安全評価による「格納容器の安全性能目標への合致の評価」とシビアアクシデントが発生するとの前提の下に半決定論的な方法で「格納容器の耐性評価」を行うとの2つの部分から構成されている。これは、従来の決定論的な設計基準事象の内容を覆すものではなく、(a) PSAを行って独自に定める確率論的安全目標(Probabilistic Safety Criteria)への適合性を

確認し、(b) 従来の設計基準事象をもとに設計された格納容器の耐性評価を行うことを通じて、シビアアクシデントに対する裕度を拡大するより良い設計方針とアクシデントマネジメントを追求するものである。

極めて確率の低い事象を扱っているため、評価の手法は従来の決定論的な評価における解析前提とは幾つかの点で異なり、現実的な裕度をベストエステメイト条件にて評価する手法が採用されている。

シビアアクシデントが発生した場合に格納容器に加わる可能性がある荷重には、動的な荷重(水素爆轟、格納容器雰囲気直接加熱(DCH)、燃料-冷却材相互作用(FCI))と、準静的な荷重(過圧および過熱、コア-コンクリート反応(MCCI)、再臨界等)があり、耐性評価ではこれら荷重に対する判断のめやすを用意しているが、シビアアクシデント発生時の条件付き確率と絶対確率に応じて厳密に判断のめやすを適用するか否かを考慮するものである。

現象に対する実験的な知見の蓄積が世界的にも十分でないところ、MCCI等に関する評価基準は今後の実験成果に応じて適宜修正されるべきものとしている。これらガイドラインを策定するに当たり、欧州におけるEUR等の類似のガイドラインも参考にした。

また以下のような質疑応答がなされた。

(質問)加圧の解析範囲を24時間以内としている理由。
(回答)24時間以内の格納容器健全性維持は環境放出の観点で重要であり、長期には熱除去系の回復のチャンスも増えるためである。

(質問)MCCIの判断基準のベースになっている熱流束が実験ではクラスト形成で確保されていないことについてどう考えるか。

(回答)相当な水量が投入されて面積も広いところでクラストの安定維持は困難と考えるし、今後のCOTELS実験などで様々な熱伝達パスが検証されることに期待している。

(質問)MCCI実験MACE3b実験当初の高い熱流束と火山のような噴出はどう説明するか。

(回答)当初は表面ではクエンチの為、火山のような噴出は実験途中で熱のインプットを上げたためと非凝縮性ガスのクラストに蓋をされたデブリ内での蓄積の為と推定される。

(質問)実際に水素による爆轟が発生しても球面波で構造物への衝撃は少ないと思うが、それを考慮した基準にしないのか。

(回答)NUPECにて解析による検討が進められていることは承知しているが、局所的なことも含め爆轟がCVに及ぼす影響は必ずしも把握されていないので、現時点では爆轟防止を判断のめやすとしている。

(質問)PWRとBWRでDCH回避の為の減圧系の信頼度が異なった数値を計算しているのは何故か。

(回答)異なった信頼度が必要と定めているのではないが、実体に即して計算する手法が当面一致していない為である。BWRはADSの伝統に基づいて運転員の躊躇による時間遅れを失敗にカウントしているが、PWR計算は機器の信頼性を評価している為である。

(5) シビアアクシデント時熱流動の重要性に関する
PSAの観点

村松委員より、「不確実さの大きい格納容器破損モードの確率論的取り扱いについて」と題して、PSAにおける格納容器イベントツリー分岐確率の評価手法に関する以下のような報告があった。

物理現象の確率推定の一方法であり、本学会の委員会にて8年度に調査がなされたTheofanousらのROAM手法は、専門家の判断に依存する面を残してはいるが、従来のように専門家に確率の数値を問うのではなく、物理量の取りうる範囲を問うので、質問の意味が明確であり、答える側の専門家にも受け入れられ易いと考えられる。

原研では、手法の有効性や課題を検討するため、同手法でのアルファモード破損確率計算を再現するプログラムを作り、溶融炉心の落下から物理過程に沿っての溶融物のエネルギーの確率分布の変化等を調べている。こうした確率計算手法が活用されるよう、専門家判断の抽出方法や利用方法につき、さらなる検討が必要である。

(6) 今後の進め方

成合主査より、報告書の内容とまとめ方についての説明がなされた。また報告書執筆案が説明され、2週間以内にコメントを主査まで連絡することになった。

(7) その他

次回の委員会は2月19日(金)に開催する。

**第12回「原子炉熱流動の微視的シミュレーション」
研究専門委員会議事録**

1. 開催日時：平成11年3月4日(木)
2. 開催場所：東工大原子炉研会議室
3. 出席者(19名)

越塚(東大)、村松(サイクル機構)、青木(東工大)、藤井(川重)、杉山(北大)、金野(筑波大)、木下(電中研)、岩重(日立)、原(東電 姉川代理)、

伊丹(日立エンジ)、渡辺(原研)、田中(東芝)、澤田(東工大)、高橋(東工大)、西村(サイクル機構)、堂田(東工大 オブザーバ)、白井(東工大 オブザーバ)

4. 議事

(1) 低及び高濃度固気混相流の

数値シミュレーション (九工大・湯 晋一 氏)

低濃度から高濃度にいる固気混相流のモデルと数値シミュレーションについての講演。

レイノルズ数 $Re=800$ 程度の固気噴流の直接計算、 $Re=10000$ 程度の LES(Large Eddy Simulation) による計算、離散要素法によるホッパー流の計算および乱流流動層のシミュレーション、Smoothed Particle 法による流動粉体層の計算例などの紹介。流体については差分法を使用。粒子から受ける抗力のsource termとしての導入やサブグリッド・スケールでのモデル化により、計算結果と実験結果との良い一致。計算手法やモデルに関する議論および実験結果との定量的な比較に関する討論。

(2) アルカリ金属の凝縮現象への直接シミュレーションモンテカルロ法の適用

(北大・杉山 憲一郎 委員)

アルカリ金属の凝縮液膜の熱抵抗が非常に小さいために凝縮界面近傍に大きな温度ジャンプが発生することの解説。

凝縮係数を実験的に評価するための精度の高い測定法についての説明。ダイレクトシミュレーションモンテカルロ法を用いた数値計算の報告。蒸気相の圧力、温度および速度の挙動、凝縮係数が実験結果と良く一致。凝縮界面近傍の蒸気温度上昇について速度分布関数に基いた説明。界面近傍温度上昇の機構や最近の実験結果、非平衡温度についての議論。凝縮界面の微視的な物理機構に関する討論。

(3) その他

今回は、5月上旬

国際会議カレンダー (H11.4.13 現在)

Call for Papers

: 中村氏が所有。連絡先: (029-282-5570 (Fax), nakam@lstf3.tokai.jaeri.go.jp)

その他は、Fax, e-mail, Home Page で必要な情報を入手して下さい。

- なお、1) ホームページ (<http://thd.gen.u-tokyo.ac.jp/>) もご利用下さい。
2) Abstract 締め切り後のものは、日付を掲載しておりません。

1999 年

4/19-21 Seventh International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-7), Tokyo,

Japan, Contact: Dr. Hajime Akimoto, +81-29-282-5097 (Fax), akimoto@hfl1.tokai.jaeri.go.jp

- 4/19-23 2nd Int. Symp. Heat and Mass Transfer under Plasma Conditions, Antalya, Turkey, Contact: Prof. Arinc, 90-312-210-1331 (Fax), arinc@metu.edu.tr
- New 5/17-19 The 2nd Pacific Symp. on Flow Visualization and Image Processing (PSFVIP-2), Honolulu, USA, Contact: Prof. S. Mochizuki, +81-423-88-7088 (Tel/Tax), psfvip-2@mmlab.mech.tuat.ac.jp, <http://www.cc.tuat.ac.jp/~psfvip-2>
- New 5/17-21 Int. Symp. on MOX Fuel Cycle Technol. for Medium and Long Term Develop., Vienna (IAEA), Austria, Contact: Dr. S. Nomura, +81-29-287-0392 (Fax), nomura@tikai.pnc.go.jp
- 5/18-20 OECD Workshop on Iodine Aspects of Severe Accident Management, Vantaa (Helsinki), Finland, Contact: Dr. Harri Tuomisto, +358-9-8561-3403 (Fax), harri.tuomisto@ivo.fi
- 5/18-21 Annual Meeting on Nuclear Technology '99, Karlsruhe, Germany, Contact: +49-228-507262 (Fax), Inforum_GmbH@compuserve.com
- New 5/23-25 2nd Int. Symp. On Two-Phase Flow Modelling and Experimentation, Contact: Dr. Paolo Di Marco, <http://docenti.ing.unipi.it/~d6600/pisa99/>
- 6/6-10 ANS Annual Meeting, Boston, Massachusetts, USA, Contact: <http://www.ans.org/meetings/>.
- New 6/6-10 1999 ASME Summer Annual Meeting, Indianapolis, USA, Contact: <http://www.asme.org/conf/sam99/>
- New 6/20-25 Int. Conf. on Stable Isotopes and Isotopic Effects, Carry le Rouet, France, Prof. Y. Fujii, +81-3-5734-2958 (Fax), yfujii@nr.titech.ac.jp
- 6/29-7/1 OECD Workshop on Fire Risk Assessment, Helsinki, Finland, Contact: Mr. Barry Kaufer, +33145241110 (Fax), barry.kaufer@oecd.org
- 7/18-23 3rd ASME/JSME Joint Fluid Engineering Conference, San Francisco, U.S.A., Contact: <http://www.asme.org/conf/fed99/>, Int. Symp. Water Hammer, Contact: Dr. Aya, aya@srimot.go.jp, Prof. Yamamoto, yamamott@mn.waseda.ac.jp
- New 7/18-23 Engng. Foundation Conf. on Compact Heat Exchangers and Enhancement Technol. for the Process Industries, Banff, Canada, Contact: Prof. H. Honda, +81-92-583-7882 (Fax), hhonda@cm.kyushu-u.ac.jp, <http://www.engfnd.org/9av.html>
- New 8/15-17 1999 ASME National Heat Transfer Conference, Albuquerque, USA, Contact: Prof. Mario di Marzo, +1-301-314-9477 (Fax), <http://www.asme.org/conf/ht99/>
- 8/15-20 15th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT-15), Seoul, Korea, Contact: Prof. Sung Pil Chang (Seoul Ntl. Univ.), +82-2-885-0554 (Fax)
- New 8/22-24 4th Int. Symposium on Multiphase Flow and Heat Transfer (ISMFHT 4), Xiian, China, Contact: Ms. Chen Yongli, 86-29-3268789 (Fax), mfoffice@sun20.xjtu.edu.cn
- 8/22-25 Int. Top. Mtg. Probabilistic Safety Assessment (PSA'99), Washington D.C., USA, Contact: Prof. Mohammad Modarres, +1-301-314-9601 (Fax), modarres@eng.umd.edu
- 8/23-26 Post Conference Seminar No. 6, Fire Safety in Nuclear Power Plants and Installations, Taejon, Korea, Contact: Dr. Seung Hwan Nho (KINS), +82-42-861-0943 (Fax)
- New 8/30-9/2 Int. Conf. on Future Nuclear Systems (GLOBAL '99), Jackson, USA, Contact: Dr. T. Allen, +1-208-533-7863 (Fax), <http://www.anlw.anl.gov/global99/>
- 9/6-8 EUROTHERM SEMINAR No. 63 - Single and Two-phase Natural Circulation, Genoa, Italy, Contact: Prof. Mario Misale, +39-010-311870 (Fax), misale@dittec.unige.it
- New 9/12-15 First Int. Symp. On Turbulence and Shear Flow Phenomena, Santa Barbara, USA, Contact: Prof. N. Kasagi, +81-3-5800-6999 (Fax), kasagi@thtlab.t.u-tokyo.ac.jp, <http://tsfp.t.u-tokyo.ac.jp/>
- 9/26-28 6th International Conference on CANDU Fuel, Niagara-on-the-Lake, Canada, Contact: Mr. Mukesh Tayal (AECL), +1-905-822-0567 (Fax), tayalm@aecl.ca
- 10/3-8 9th International Topical Meeting On Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics (NURETH-9), San Francisco, USA, Contact: Prof. V.E. Schrock, +1-510-643-9685 (Fax), Schrock@nuc.berkeley.edu
- New 10/10-15 9th International Conference on Fusion

- Reactor Materials (ICFRM9), Colorado Springs, USA, Contact: Dr. R.H. Jones (PNL), +1-509-376-0418 (Fax), bev.wardlow@pnl.gov
- 10/25-27 27th Water Reactor Safety Information Meeting, Bethesda, USA., Contact: Ms. Susan Monteleone, 1-516-344-3957 (Fax), smontele@bnl.gov
- 11/8-10 Workshop on Severe Accident Research held in Japan (SARJ-99), Tokyo, Japan, Sponsors: JAERI & NUPEC, Contact: Dr. Y. Maruyama, +81-29-282-5570 (Fax), maruyama@sarl.tokai.jaeri.go.jp, <http://sarl.tokai.jaeri.go.jp/SARJ/index.html> (under updating)
- 11/14-19 ANS Winter Meeting, Long Beach, California, USA, Abstract: June 25, '99 (450-900 words), Contact: <http://www.ans.org/meetings/>.
- 11/14-19 The Winter Annual Meeting of ASME (WAM), Nashville, USA, Contact: <http://www.asme.org/>
- 11/16-18 OECD Workshop on Ex-Vessel Debris Coolability, Karlsruhe, Germany, Contact: Dr. Hans Alsmeyer (FZK), +49(7247)82-4837 (Fax), hans.alsmeyer@iatf.fzk.de
- 2000 年**
- New 1/5-7 National Heat and Mass Transfer Conference and 4th ISHMT/ASME heat and Mass Transfer, Pune, India, Contact: Prof. K. Suzuki, +81-75-753-5851 (Fax), ksuzuki@htrans.mech.kyoto-u.ac.jp, <http://www.pune.tcs.co.in/ISHMT>
- New 1/9-12 Symp. on Energy Engng. in the 21 Century, Hong Kong, China, Contact: Prof. Ping Cheng, +852-2358-1543 (Fax), mepcheng@usthk.ust.hk
- New 4/3-6 <http://www-mech.ust.hk/see2000>
3rd Int. Symp. on Turbulence, Heat and Mass Transfer, Nagoya, Japan, Abstract: June 1, 1999 (600 words), Contact: Prof. Y. Nagano, +81-52-735-5359 (Fax), nagano@heat.mech.nitech.ac.jp, <http://heat.mech.nitech.ac.jp/thmt3>
- New 4/3-6 2000 Int. Topical Mtg. on Light Water Reactor Fuel Performance, Park City, USA, Abstract (Summary): May 28, 1999, Contact: Dr. P.E. MacDonald, +1-208-526-2930 (Fax), pem@inel.gov
- 6/4-8 ANS Annual Meeting, San Diego, USA, Contact: <http://www.ans.org/meetings/>
- New 8/22-25 9th Int. Symp. on Flow Visualization, Edinburgh, UK, Abstract: Dec. 12, 1999, Contact: Prof. Ian Grant, +44-131-447-8660 (Fax), 9misfv@ode-web.demon.co.uk, <http://www.ode-web.demon.co.uk/9misfv>
- 11/12-17 ANS International Meeting, Washington, DC, USA, Contact: <http://www.ans.org/meetings/>
- 11/27-12/1 International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM 5), Osaka, Japan, Abstract: Nov. '99, Contact: Prof. S. Kondo, +81-3-3812-1498 (Fax), kondo@sk.t.u-tokyo.ac.jp
- 2001 年**
- 6/17-21 ANS Annual Meeting, Milwaukee, Contact: <http://www.ans.org/meetings/>
- 11/11-15 ANS Winter Meeting, Reno, USA, Contact: <http://www.ans.org/meetings/>

編集後記

平成11年度ニューズレターの担当となりました日立の岩重です。
本ニューズレターのPDFファイルは、下記ホームページより入手可能です。

<http://thd.gen.u-tokyo.ac.jp/>

印刷された白黒版のニューズレターでは、分かりにくい部会長のお写真や研究室紹介で掲載致しました実験及び解析結果もカラーで見ることが出来ます。ぜひ、ダウンロードしてご覧ください。

また、本号の熱流動部会総会報告にありますように部会員の皆様からのご意見を取り入れ、電子メールによるPDFファイルの配布を検討中です。本年度は、まずメールリストの整備からはじめます。本号のPDFファイルを手希望の方、ならびに電子メールによる配布に対するご意見、ご提案がありましたら、次のアドレスへメールにてご連絡ください。 iwashige@erl.hitachi.co.jp