

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

AESJ-THD NEWSLETTER NO.22 July 31, 1998

## このごろ思うこと

櫻井 彰



## プロフィール

理博及び工博を東北大及び京大より受ける。京都大学、助教授、教授、同原子エネルギー研究所長を経て同名誉教授となる。ASME Best Paper Award 及び同 Melville Medal を受賞する。

昨年 9 月 30 日より 10 月 4 日迄、京都国際会館で第 8 回原子炉熱流動国際会議、NURETH-8 (Eight International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics) が、文部省及び国内関係団体からの支援を受け、日本原子力学会及び ANS/THD が中心となり国内及び欧米の関連学会、国内諸団体との共催のもとで開催され、国内及び海外 23 ヶ国からの多数の参加者をえて成功裏に終了することが出来ました。この会議は、各種原子炉、燃料サイクル、核融合炉など原子力エネルギー利用の全ての局面に関わる熱流動諸問題について、最新の学術的研究成果を提出し討論を行い、研究開発の進展と、国際交流を図ることを目的として約 2 年ごとに開催されたが、炉設計並び安全性確保に関わる重要問題の解決と、関連する学術的基盤の発展に大きく貢献し、この分野の最も権威のある会議として世界的に認知されてきた。

今回のアジア地区で初めて行われた本会議の成果は、日本原子力学会、熱流動部会に所属する方々の各種委員会委員として、長期にわたる献身的な尽力の賜のと理解しています。この場を借りて General Chairman として参画させて頂いた立場から、この成功に対して各位に心からの謝意を表したく存じます。特に広い範囲にわたる、レベルの高い

論文が提出され、優れた Proceedings が刊行されたことは、本会議の中核である科学プログラム委員会の並々ならない努力の成果であることはいうまでもありません。本会議に、日本から広い範囲にわたる多数の論文が提出された事は、日本におけるこの分野の底力の強さを示した事であると思います。又、アジア・セッションの設定は、近年、動力炉の導入を進めるアジア諸国の専門家と、この分野の先進諸国からの参加者との交流と理解を深める上で、有意義な企画でありました。会議終了後、Proceedings 送付の返礼として外国の学会関係者より、成功裏の有意義な会議であり、次の機会があれば、又共催したい旨などの便りも受けました。次の世紀の原子力エネルギー利用技術の開発に関わる、本会議に参加した日本の若い世代の方々に良い刺激を与える事が出来たならばと心より期待しています。

個人的な事になりますが、原子炉安全熱設計の基本となる全ての液体（超流動液体ヘリウムを含む）中の相変化（沸騰）機構の学術的理解の追求に 30 年以上携わった経験から、その現象の奥行きの高さに今なお驚いています。実験データを基本とした強制的な流れを含む定常及び非定常（熱入力、系圧力の急変）状態の相変化 Model の確立に現在も協力者と共に努めていますが、ようやく全体像が見えて来たように理解しています。その一部である自然対流下の相変化の一般的機構について、本会議の Keynote Paper として取りまとめ提出する機会が与えられた事は、研究者個人として幸いでありました。流れを含む相変化の一般的 Model の研究も進展し、順次公表していますが、次の世代の研究者へ発信する知識の蓄積を目指しています。

核分裂炉のみならず、核融合炉における原子エネルギー利用における Key テーマといえる高熱流束における相変化現象の理解の深化は、応用課題としてのみならず学術的基礎の重要問題であると思います。若い世代の積極的な参加を期待しています。

---

## 研究室紹介

東京商船大学動力システム工学講座原子動力研究室

賞雅 寛而

---

動力システム工学講座は、東京商船大学の船舶研究講座の内の一つで、船舶の動力システムを研究する大講座です。この講座は、蒸気原動機、内燃機関、補助設備、電気推進、そして原子動力の各研究室から構成されています。気液系の熱流動の研究者としては、藤田稔彦教授と刑部真弘助教授がそれぞれ、補助設備と蒸気原動機の研究室に所属しています。

原子動力研究室は、原子力船「むつ」の設計が開始される1960年代半ばに、船用原子力システムを研究する研究室として設立されました。当初は、神戸商船大学のように原子力工学科の設立が目指されたのですが、首都圏の学生定員を抑制する政策のためにこれを果たせず、研究室の増設のみが認められています。私の上のお2人の先生（竹村数男東京商船大学名誉教授、吉田卓也現富山商船高専校長）は、いずれも「むつ」の製造・運航の研究に携わられました。「むつ」が廃船となった現在、原研や船研の皆様と第2船の製造を目指していますが、すぐに実現というわけには行きません。しかしながら、地球温暖化防止や排気ガスの抑制が叫ばれている今、化石燃料機関に代わって原子力が必要であることは、船用機関においても陸上のエネルギー機関と変わりません。また原子力は、船用機関として見ると、燃料の無補給・大出力といった優れた特徴を持っています。残念ながら数隻の砕氷船を除いてほとんどが軍用機関になりますが、世界的に見れば原子力はディーゼル機関の次に総出力割合が多い船用機関になっています。従って、ディーゼル機関の代打として、原子力船の研究を続けることは、輸出・輸入の大部分を商船に依存している我が国にとって必須事項となります。

さて、私が秋山守先生と班目春樹先生の御指導によって学位を頂いた関係から、原子動力研究室はここ10年ほど熱流動の研究が主になっています。現在の研究室の陣容としては、教授である私の他に、この春に動燃からいらした倉林美積講師、運輸省から派遣されている助手1名、博士課程と修士課程の学生が例年合わせて1 - 3名、学部卒論生が6 - 10名程度となっています。船舶の実習があるために、卒論生は12月に卒論を発表しなければならず、また修士の学生の約半分は実習を終えた10月からの入学研究開始となっています。一般の工学部と比較すると、修士への進学率が低いことも相まって、研究室の人員と各自が従事できる研究期間はあまり多くありません。後述のように、気液二相流を主体とした幾つかの研究が同時進行しておりますが、このような事情から、実験を行う

のが精一杯で、当研究室だけでは数値解析と合わせるところまでなかなか持っていけないのは残念なところではあります。

現在行われているもしくは最近まで行っていた主要な研究テーマは以下の通りです。

- (1) プール水中への高圧飽和水放出によるフラッシング凝縮現象
- (2) 高温液・低温液の急速接触現象
- (3) ステレオ画像解析法による気泡流界面構造の計測
- (4) 微小重力環境下における気泡流の気泡挙動
- (5) レーザーフォーカス変位計(LFD)を用いた液膜表面波の計測
- (6) 微小重力環境下における環状流の液膜挙動
- (7) PIVとLFDを用いた液膜内液速度分布と界面挙動の同時計測

### (1) プール水中への高圧飽和水放出によるフラッシング凝縮現象

現在、水浸型格納容器を持った次世代船用原子炉の設計研究が原研を中心に行われています。この型の炉は、LOCA時に圧力容器内の高圧飽和水が格納容器内に充填されている低温水に触れることによって、炉内圧力及び温度が低下します。この研究の目的は高圧飽和水が低圧低温プール水中に放出される際の現象を把握し、設計に役立つ実験式を作成することです。現象発生時にはフラッシングとフラッシング蒸気の凝縮が同時に起こりますが、大気圧プールではかなり明確な振動現象を生じることが、4年前から船研と共同（綾威雄博士担当）で始められたこの実験研究によってわかってきました。現在までに線形解析により振動条件が明らかにされ、流量の実験式が作成されています。今後、プール水タンクの高圧化、非凝縮ガスの添加など、より実機に近い条件の実験が引き続き船研との共同研究で行われる予定です。

### (2) 高温液・低温液の急速接触現象

この研究も高圧飽和水が低温水に接触する際の現象の把握を目的としていますが、フラッシングが生じる前の熱衝撃圧力の解明に特に焦点を絞っています。蒸気爆発現象で高温液の微細化・低温液の急速な蒸発(Phase 2)以前に高温液から低温液への熱移動による熱衝撃(Phase 1)が生じますが、それと類似の現象を高圧飽和水と低温水の接触体系で考えた実験です。昨年まで原研との共同研究（星蔦雄、落合政昭、石田紀久各博士担当）で行われたこの研究により、実機での熱衝撃現象はそれ以降への現象へのトリIGGERにはなりま

すが、それ自体では問題となるような大きさの圧力は生じないことがわかってきました。原研から提供された実験装置は、高温水と低温水を急速に接触させることのできる世界的にも例がない装置なので、この装置を使用した蒸気爆発の基礎実験、フラッシング蒸気による水撃現象実験などが計画されています。

#### (3) ステレオ画像解析法による気泡流界面構造の計測

気泡流の微細構造についてはここ10年ほどの間に、計測技術と数値解析技術の発達によって、急速に明らかになってきました。ステレオ画像解析法は気泡流内部の気泡の3次元位置、形状をステレオカメラ撮影によって再構築する計測方法であり、5年ほど前に作り上げることができました。アルゴリズムはそれほど難しくなかったのですが、実際にプログラムを完成させるまでにはかなりの時間がかかりました。楕円体気泡形状を仮定して気泡の高精度分別をしているこの方法によって、気泡径/管内径比によって多少変わりますが、約7-8%のボイド率まではほぼ正確に気泡流構造を捉えることができます。これまでに、垂直管の気泡流構造と発達過程が、またC字管内の気泡流構造が、それぞれ計測されています。後者は水平管型の蒸気発生器を模擬していますが、通常気泡に働く重力と揚力の他に、2次流れと遠心力が関与するために非常に興味ある気泡流構造になります。この計測結果は、富山明男先生によって行われた数値解析結果と比較されており、両者の結果はほとんど一致しているものの幾つかの食い違いも生じています。富山先生は実験の不備が、私は計算に用いられている構成方程式の不備が、それぞれこの食い違いの原因であると主張しあっているので、この研究結果が論文になるのはまだ時間がかかるでしょう。

#### (4) 微小重力環境下における気泡流の気泡挙動

気液二相流には通常、慣性力、重力及び表面張力の3つの力が関与し、現象を複雑にしています。微小重力実験は重力をなくし現象を単純化することができるために、気液二相流の構成方程式の開発には重要なツールとなりつつあります。当研究室では、4年前より世界最長の落下塔施設である北海道の地下無重力実験センターを使用するチャンスを獲得することができたので、気泡流の揚力項を確認する実験を行っています。この実験で、ボイド率、気泡形状及び気泡速度はステレオ画像解析法で計測されています。世界最長といえども微小重力保持時間は10秒ほどしかありませんので、このような計測では画像解析法がほとんど唯一のボイド率計測方法になります。この実験結果から、揚力は気液速度差によって生じるという確認がなされています。

#### (5) レーザーフォーカス変位計(LFD)を用いた液膜表面波の計測

後述の微小重力環境下の環状流実験において、液膜厚さを正確にかつ短時間に計測する方法の開発をせまられ、2年ほど前に見つけたのがLFDです。LFDはもともと電子部品などの傷を検出する目的で開発され

たレーザー計測機器ですが、従来の液膜測定厚さ測定方法に比較すると格段に高い時空間分解能を持ち、自由界面の粗さを正確に計測できることがわかりました。環状流実験の予備実験として、平板流下液膜及び円管内流下液膜の界面波形及び界面波速度を測定し、他の研究者によって得られた結果との比較が行われました。

#### (6) 微小重力環境下における環状流の液膜挙動

この研究は、NEDOのグループ委託研究なのですが、神戸大(坂口忠治、富山明男、細川茂雄の各先生担当)との共同で行われており、実験を我々が、解析を神戸大がそれぞれ担当しています。環状流は慣性力が支配的なので、微小重力にしても他の流動様式ほどの変化はありませんが、表面張力やなくなった重力の影響のために幾つかの興味ある傾向を示します。大流量を必要とする環状流の実験装置を落下塔カプセル内に収めるよう製作するのが大変でしたが、徐々にデータが蓄積しつつあります。これまでに、微小重力環境下では、上昇環状流に比較して界面の粗さが少なくなり、波速度が大きくなることがわかっています。ちなみに界面の粗さはLFDによって、波速度は画像解析によって測定されています。助走距離の影響などを比較するために、5m高の地上実験装置を使って環状流の液膜厚さ、波速度の計測が行われています。

#### (7) PIVとLFDを用いた液膜内液速度分布と界面挙動の同時計測

液膜内部の基底液膜の液速度はカルマンの速度分布で近似することができますが、波の通過に伴い速度変動が生じることが考えられます。この研究の目的は、液膜内部の時系的な液速度分布をPIVによって、液膜の位置と傾き及び波速度を2台のLFDによって(2台のLFDの光軸を調整する光学系は細川先生によって提供されています)、同時に計測し、波の位置と液相速度の変化の関係を明らかにすることです。研究を始めたばかりなのでまだ満足なデータを得ていませんが、類似の実験としてプール内自由液面下の3次元液速度の計測実験を岡本孝司先生との共同研究で行っています。これもまだ開始したばかりで、計測精度の確認が行われている段階ですが、これらの研究によって自由液面の境界条件を明らかにすることができるのではないかと期待しています。

上記の他に、M. Ishii先生の研究室で行っているSBWRのフラッシング不安定現象実験の解析がなされています。これは2年前に私が在外研究でお世話になったときに始めた実験研究ですが、半年間の滞在であったので結論を得られず(個人的な能力の問題が律していたかもしれませんが)、パドュー大学の博士課程の学生1人が続けて実験を行っています。今春、何とか新しい不安定現象と現象とこれに対する解析を終えることができましたので、結果をANSに発表予定です。またこの実験の遂行には、同じ時期にIshii先生の研究室にいらしゃった日引俊先生にいろいろとサポートしてもらいました。三島先生の秘蔵っ子である彼の

卓越した研究能力には驚かされましたが、日引先生の帰国後、Ishiiプローブによる気泡流界面面積とステレオ画像解析法による界面面積との比較研究及び界面面積をキーとする細管内気泡流モデル研究を共同で行い始めたところです。また番外として、北極海航路を中心とする原子力砕氷コンテナ船の経済的評価を行っています。この研究の目的は在来船と経済的比較をすることにより、設計される原子力船の安全性及び経済性を向上させることですが、現在我が国で行われている原子力船研究を国外に紹介する一面も持っています。

以上のように、当研究室では気液二相流の計測を主体として、関連の課題と結びつけた研究をしております。前述のように、実験結果を説明する数値解析までなかなか力が及びませんが、気液二相流の計測の分野だけでも、正確なまたマイクロな領域の計測はまだまだ十分に行われたというわけではありません。これからはこの分野にフォーカスして、船用炉を中心とする原子炉熱流動研究の発展にわずかでも貢献できればと考えております。

## 運営委員会報告

### 日本原子力学会・熱流動部会 第11回運営委員会議事録

1. 日時：平成10年5月22日(金) 18:00~20:00
2. 場所：明宏ビル1階C会議室(新橋東新ビル向かい)
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), 望月委員(国際, PESCO), 片岡委員(総務, 阪大)  
欠席：渡辺委員(企画, 原研), 師岡委員(企画, 東芝), 富山委員(出版編集, 神戸大)  
オブザーバー：二ノ方東工大教授

議事に先立ち、今回の運営委員会での議題に関連して二ノ方東工大教授(平成8年度国際委員長)にオブザーバーとして参加戴くことが承認された。

4. 議事：
  - (1) 部会長、副部会長挨拶、委員自己紹介  
芹澤部会長、内藤副部会長より、部会の運営を活発に進めていきたいので委員各位の協力ををお願いしたい旨の挨拶があり、続いて委員の自己紹介をおこなった。
  - (2) 前回議事録確認  
前回(第10回)議事録を確認しこれを了承した。
  - (3) 各実行委員会平成10年度計画
- ・出版編集委員会報告  
富山委員長より送付の配付資料に基づき説明があった。学会誌の新規の特集記事として本年度、原研の原子力コード委員会の活動、及び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の中間活動報告を掲載検討中であることの報告があった。また、「気液二相流解析」の出版については予定通り進行中である旨の説明があった。
- ・広報委員会報告  
岡本委員長より配付資料に基づき説明があった。本年度も4回のニュースレターを発行する予定であり、うちNo.21(4/30)はすでに発行済みでNo.22(7/31)

を計画中であることの報告があった。大先輩のエッセー(国内、国外)、研究室紹介(大学、企業)の記事の計画についての報告があり、委員、会員からの提案を願いたい旨の依頼があった。また、新しいシリーズ、これまでの記事の見直しについても御意見を伺いたい旨の依頼があった。更に、熱流動部会のホームページを充実中であり、ニュースレターも掲載(印刷物での発行も継続)する予定であることの報告があった。これに関して、ホームページ整備のためのアルバイト等の経費については熱流動部会より支援することが了解された。

- ・国際委員会報告  
望月委員長より国際委員会の記事としてニュースレターに掲載の国際会議カレンダーが役立っているかについて意見を求める旨の発言があり、各委員より非常に有益であるとの評価があり今後とも継続して掲載することになった。本年度は関連する国際会議としてNURETH-9、ICONE 7があり、熱流動部会としてもニュースレターへの掲載、論文の勧誘等で協力をすることが了承された。
- ・研究委員会報告  
師岡委員長より送付の配付資料に基づいて説明があった。「二相流計測に関する評価」研究専門委員会の設立を計画中であり、設立申請書案が示された。これにつき検討を行い、委員の人選等をすすめて、早い段階で学会に設立申請を出すように努力していただくことが承認された。
- ・企画委員会報告  
渡辺委員長より送付の配付資料に基づいて説明があった。本年度も昨年度の活動を受けて並列計算や流体解析に関するセミナーを一件検討中である旨の報告があった。
- ・総務委員会報告  
片岡委員長より配布資料に基づき説明があった。本年度の予算に関連してNURETH-8事務局より補助金100万円の返却があったこと、今後の原子力(熱流動)関係国際学会への準備または予備費として、300万円を熱流動部会へ配分し保管を依頼する旨の提案があったことが報告されこれを了承した。国際学会の準備金については今後会員の意見も聞き

つつその運用について検討していくこととなった。

(4) 秋の大会企画案

各委員及び会員から原子力学会1998年秋の大会(9月28日から30日福井工業大学)での部会企画セッション案として、もんじゅNa漏洩事故影響評価・およびその対策、最新の軽水炉プラントにおける熱流動技術、各種熱流動関連の研究専門委員会の成果、熱流動解析における並列演算技術の活用と今後の課題、原子炉熱流動の微視的シミュレーション等の提案がなされた。種々審議の結果、今回は「熱流動解析における並列演算技術の活用と課題」のテーマで4~5件の講演からなる総合講演を提案する事が承認された。詳細については今後関連の方々と協議しつつ計画し原子力学会プログラム編成会議に提案する事になった。

(5) 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について

芹澤部会長より、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(NTHSA98)の準備状況について配付資料(First Announcement & Call for Paper)

に基づいて説明があった。準備状況は財政的案ものを含めて概ね順調であり各方面からの論文の応募を依頼する旨の報告があった。熱流動部会からの補助金については今後の状況を勘案しつつ検討し、必要であれば拠出する事が了解された。

(6) NUTHOS-6への協力について

二ノ方オブザーバーより配付資料に基づき2000年にソウルで開催予定のNUTHOS-6に関し、特に韓国の財政的状況から日韓共同開催も含めた協力の要請があることの紹介があった。これに関して、種々議論が行われ、日韓共同開催は現時点では難しい問題があること、財政的な協力の点では日本の企業からの法人参加費、展示等の協力方法があること等の提案がなされた。熱流動部会としてもこれまでの経緯もあり会議の開催には協力を行うが、財政面での協力を検討するに際しては、韓国側での会議の計画の具体案、収支についての詳細な内容等の情報が必要であり、今後二ノ方オブザーバーがANSとも連絡を取りつつ細部について問い合わせることとなった。

## 委員会等報告

### 第8回「経年変化と熱流動」 特別専門委員会議事録(案)

- 1.開催日時：平成10年4月7日(火) 13:30~15:50
- 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)、橋本(東電)、三島(京大)、吉田(原研)、村松、菊池(動燃)、野中、樋口、岩瀬、藤巻、宇和川(原子力機構)、保坂(発電技検)、稲田、西原(電中研)、松永(関電)、梅本(四電)、吉岡(原電)、飯田、上野、中村(三菱重工)、藤森(日立)、前川(川重)
- 4.配布資料：
  - 8-1 第7回「経年変化と熱流動」特別専門委員会議事録
  - 8-2 蒸気発生器伝熱管の流動励起振動評価に関する研究紹介(上野、中村)
  - 8-3 報告書執筆のお願い
- 5.議事：
  - (1) 主査より、原子力機構の小倉氏から藤巻氏へ委員が交代となった旨の報告があった。
  - (2) 蒸気発生器伝熱管の流動励起振動評価に関する研究紹介(上野、中村)  
PWR蒸気発生器で生じている流動励起振動関係の問題は、現在までU字管部に生じる減肉現象と疲労現象であるが、この部分は高ボイドの気液二相流状態であり、渦励起振動は考えられないため評価はランダム振動と流力弾性振動の2種類の現象に対して実施している。しかし前者は過去に実施した実機相当の

高温・高圧下での水 蒸気試験結果等から評価手法を作成し解析した結果では非常に小さい応答であることから、最近では後者の自励的現象の評価に多くの努力が注がれている。その中でもNUPECプロジェクト試験で実施中の蒸気発生器信頼性実証試験(通称10MWフレオン試験)は最外周のU字管部を含む全ての曲げ半径の管を対象とした大規模な実験であるが、水 蒸気二相流ではなく、フレオン流体を使うことから両者の差異がないことを確認するため小規模の実験モデルにより差異を確認するための試験が実施された。結果としてその差異は顕著でないことの紹介とともに、二流体モデルによる管群内二相流解析結果や二相流による減衰に関してこれらの研究により得られた最新の成果が紹介され、さらに非定常な流力弾性力を高温・高圧状態の二相流による管群に対して計測し評価する試みの紹介もあった。また小さい規模のモデルとU字管部の実験結果が必ずしも定量的に一致しない点があることを説明するため非定常な流力弾性力評価をベースとして管軸に沿った流体力の相関を考慮して開発された新しい評価手法の紹介とともに、三菱オリジナルで開発した気相と液相を分離して取り扱うことによって単相流のデータで二相流を評価できる最新の気液二相流特有の限界評価手法についても紹介があった。

(3) 報告書について

主査より、資料8-3により報告書執筆の依頼があった。一部まだ詳細が決まっていない部分があるが、これについては担当者グループで相談を進めるよう要請があった。

(4) 次回予定

日時：6月9日(火) 13:30～

場所：原子力機構・藤田観光虎ノ門ビル6階第7会議室

議題：サーマルストライピングについて(動燃)

**第9回「経年変化と熱流動」  
特別専門委員会議事録(案)**

- 1.開催日時：平成10年6月9日(火) 13:30～16:10
- 2.開催場所：原子力発電技術機構会議室
- 3.出席者：班目、岡本(東大)、中島、村尾、(原研)、橋本(東電)、荒木(武蔵工大)、村松、菊池、笠原(動燃)、野中、樋口、岩瀬、(原子力機構)、稲田、西原(電中研)、高松(関電)、梅本(四電)、中尾、藤森(日立)、丹羽(東芝)、辻(富士電機)、前川(川重)、中島(三菱総研)、浜野(富士総研)
- 4.配布資料：
  - 9-1 第8回「経年変化と熱流動」特別専門委員会議事録
  - 9-2 サーマルストライピング評価技術の現状と国際原子力機関主催「熱流動・構造の連携解析と実機破損データによる適用性評価」共同研究プログラム(村松)
  - 9-3 サーマルストライピング評価技術の現状と国際原子力機関主催「熱流動・構造の連携解析と実機破損データによる適用性評価」共同研究プログラム-その2-(笠原)

5.議事：

- (1) サーマルストライピング評価技術の現状と国際原子力機関主催「熱流動・構造の連携解析と実機破損データによる適用性評価」共同研究プログラム～熱流動・構造熱的応答解析～(動燃・村松)  
フランス高速増殖原型炉「フェニックス」の2次主冷却系配管合流部で発生したサーマルストライピングによる配管破損事象を題材として、国際原子力機関(IAEA)主催で実施された3ケ年に亘る共同研究プログラム(国際ベンチマーク演習)より得られた成果が報告された。同報告に先立ち、サーマルストライピングに関する研究経緯、解析的手法によるサーマルストライピング評価システムの概要、流体・構造熱的連成ナトリウム基礎試験結果による同システムの検証結果などが示され、当該評価システム開発の現状が紹介された。続いて、ベンチマーク問題の詳細、DINUS-3コードとBEMSETコードによる解析方法の詳細、解析結果の概要が述べられた。更に、考察内容として、配管合流部の上流側に90°エルボが位置する今回のような体系では、境界条件としての2次流れの適切な考慮が重要であること、配管合流後の熱流動特性が複数の支配周波数が影響しあう複雑なものであって、これを発生させる流動不安定性の厳密な模擬が重要であることなどが示された。

- (2) 同上～構造熱応力・破壊力学解析～(動燃・笠原)  
引き続き、DINUS-3コードおよびBEMSETコードによる熱流動解析結果を熱的境界条件とした、有限要素法による構造解析コードFINASおよび破壊力学解析コードCANISの両コードによるき裂の発生・進展に関する解析結果および実炉データとの比較結果が紹介された。この解析の結果、温度ゆらぎの減衰要因、溶接部等での強度低減要因、および平均応力効果が強度評価結果に大きく影響すると共に、き裂は母材では発生せずに溶接部のみで発生して90,000時間の運転期間中に貫通に至るという評価結果が述べられ、これらの評価結果は、実炉データと良好に一致していることが報告された。なお、各国の評価についても、最終結果については類似のものであったことが示された。また、フェニックス配管の熱的応答に関する周波数特性から、0.085Hzと比較的低い周波数で最大応力振幅が発生し、これよりも高い周波数領域では熱伝達によって、また低い周波数領域では熱伝導によって熱応力振幅が減衰する特性を有することが紹介された。この評価結果より、当該位置での熱応力評価では、温度ゆらぎ挙動の低周波成分の適切な評価が重要であることが報告された。

(3) 報告書について

主査より、8月末締切りで報告書原稿を執筆していただきたい旨の依頼がなされた。

(4) 今後の予定

本特別専門委員会は本年9月までの予定であるが、学会に1年の延長を申し出ることとした。また次回は9月とし、二相流の数値解析技術の現状について話題提供いただくこととした。

**第3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10年1月16日(金) 13:30～17:00
- 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)、片岡(阪大)、杉山(北大)、杉本(原研)、長坂(原子力機構)、吉澤(東工大)、菊池(広大)、福田(九大)、古谷(電中研)、汐崎(船研綾代理)、加藤、渡部、岡田、伊藤、榊、野口(原子力機構)、今井(東電富岡代理)、米林(関電)、河合(原電)、石黒(電源開発)、堀、荻野(三菱重工)、山岸(三菱重工岡部代理)、秋永、横堀(東芝)、佐藤、湊(日立)、馬場(原燃工)
- 4.配付資料：
  - 3-1 第2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)
  - 3-2 MELCORの下部プレナムデブリ冷却モデルについて(3)



- 3-3 改良型PWRプラントの原子炉容器外部冷却試験
- 3-4 文献紹介 (Modeling of heat Transfer Processes in Reactor Vessel Lower plenum during late Phase of In-vessel Core melt Progression)
- 3-5 文献紹介 (The In-Vessel Retention as a Severe Accident Management Strategy)

5. 議事 :

(1) 前回議事録の確認

前回議事録(資料3-1)の確認を行い、了承された。

(2) MELCORの下部プレナムデブリ冷却モデルについて

岡田委員より苛酷事故解析コードMELCORの下部プレナムデブリ冷却モデルについて説明がなされた。前回、前々回は、当初よりMELCORに組み込まれていたCORパッケージについて説明されたが、今回は、BWRの下部プレナムにおける詳細なデブリ冷却モデルとして新たに組み込まれたBHパッケージについて説明された。主な内容は、BHパッケージの起動条件、下部プレナムのノーディング、デブリの溶融と移行モデル、下部プレナム内での伝熱モデル、下部ヘッドの破損モデル、および外部冠水冷却モデルである。BHパッケージで、新たに追加されたものは、外部冠水冷却モデルである。

BHパッケージは下部プレナムへデブリが落下し冷却水が完全に蒸発した後起動するので、BHパッケージを起動するためには、冷却水を蒸発させるため落下デブリから冷却水への伝熱量を人為的に増大し、かつ冷却水が完全に蒸発するまで下部ヘッドの破損を回避するため下部ヘッドの破損温度を人為的に高く設定する必要がある。BHパッケージ起動後は、炉心支持板より上部をCORパッケージが計算し、炉心支持板以下の下部プレナムをBHパッケージが計算する。下部ヘッドの破損モデルは、計装管の溶融破損、計装管を通じて流出する溶融デブリによる下部ヘッドの侵食破損、及び下部ヘッドのクリーブ破損である。CORパッケージ、BHパッケージ共に、モデルの有する不確定性が大きく、下部プレナムでのデブリ冷却性が現在最も重要な研究分野のひとつであることが示された。

(3) 改良型PWRプラントの原子炉容器外部冷却試験

米林委員より、資料3-3に基づき改良型PWRプラントのAMとして、PWR電力で検討中の原子炉容器(RV)外部冷却に関し説明がなされた。従来の外部冷却試験では考慮されなかったRV周囲の保温材をアクリル板で模擬し、RV外部冠水時の蒸気の流出抵抗等を考慮した1/10スケールの実験では、模擬保温材上部に小開口を設けることで、蒸気が容易に抜け、炉容器表面が十分に冷却される結果を得た。また、実スケールの炉容器の伝熱特性を評価したCYBL試験と1/10スケ

ールの本試験の炉容器表面の局所熱流束値を比較したところ、概ねデータは一致しており、スケールの違いによる影響は小さいと考えられる。今後は保温材に特別な小開口部を設けることなく、保温材同士の間隙から発生蒸気が流出可能かどうかを確認するために、保温材間隙の流出抵抗を測定する予定であることが説明された。

(4) 文献紹介

菊地委員より資料3-4に従い、1997年のNURETH-8で発表されたD. N. Dinh らの論文「Modeling of heat Transfer Processes in Reactor Vessel Lower plenum during late Phase of In-vessel Core melt Progression」が紹介された。ここでは、軽水炉の苛酷事故(炉心溶融事故)の最終段階で、圧力容器下部ヘッドの健全性が保たれるかの評価を行うため、2次元有効伝導・対流モデル(ECCM)と統合化モデルを用いて、とくに、容器の熱負荷に及ぼす上部金属層の影響が調べられた。その結果、(1)溶融プールの隅では、厚い酸化殻がプールから金属層への直接の熱伝達に対して大きな熱抵抗となること、(2)熱伝導率の大きな、厚い鋼製容器が熱拡散材として働くので、多次元の熱拡散が容器の内壁で生じる局所的なホットスポット効果を大幅に減じることのため、エネルギー平衡より評価される金属層の影響が低減されることが明らかにされた。

杉山幹事より資料3-5に従い、NURETH8のプレナリレクチャーとしてカリフォルニア大学のTheofanous教授が講演した論文「The in-vessel retention as a severe accident management strategy」の内容が紹介された。ここでは、蒸気爆発現象に関する部分は別の機会に述べることとし、本年度の中心テーマである下部ヘッドのリテンションに関する部分のみが説明された。内容は、下部ヘッドの外部冷却、下部ヘッド内の溶融物プールの熱伝達および、分離金属層の熱伝達から成り、それぞれの課題の成果である。外部冷却については、フルスケールの実験装置での沸騰挙動と局所熱伝達率の測定結果が紹介された。溶融物プールについては、内部発熱を顕熱放出で模擬した1/2スケール装置での局所熱伝達率が紹介された。これらの成果よりAP600レベルの中型炉では、外部冷却により核沸騰状態が維持できれば、下部ヘッドのリテンションは充分可能であることが示された。ただし、分離金属層が発生した場合、状況により金属層端面の熱流束が核沸騰伝達の値を超える場合があり得ることが指摘されている。ただし、この結果を導いた解析モデルは検討の余地があることもコメントされた。

(5) その他

次回は3月9日(月)に開催する。

## 国際会議カレンダー

(H10.6.30 現在)

: 既にニュースレターにCall for Papersを掲載済。  
: Call for Papers が杉本氏の所にあります  
Fax: 029-282-5570,  
e-mail: [sugimoto@sun2sar1.tokai.jaeri.go.jp](mailto:sugimoto@sun2sar1.tokai.jaeri.go.jp)。  
なお、ホームページにも情報を載せていますのでご  
利  
下さい。<http://thd.gen.u-tokyo.ac.jp/>  
その他は、Fax等で必要な情報を入手して下さい。

### 1998年

- 7/26-30 1998 ASME/JSME Joint Pressure  
Vessel and Piping Conference (PVP 1998)  
- International PVP Technology For  
the Next Century, San Diego, USA  
Abstract: October 15, 1997. Contact:  
Dr. Y.W. Shin (ANL), Fax: 1-630-252-  
3361
- 8/18-22 11th Brazilian Meeting on Reactor  
Physics and Thermal Hydraulics, TBD,  
Brazil, Fax: +55-245-233779  
(Ricardo Barros).
- 8/23-28 11th International Heat Transfer  
Conference, Kyongju, Korea, Contact:  
G.F. Hewitt, Dep. of Chemical Eng.  
Imperial College of Science,  
Fax: 0171 584 1170
- 9/1-4 8th International Symposium on Flow  
Visualization, Sorrento, Italy  
Contact: Prof. Carlomagno, Fax: 39-  
81-239-0364 e-mail: [carmagno@nuina.it](mailto:carmagno@nuina.it)
- 9/4-8 Problems of Nuclear Reactor Safety,  
Moscow, Russia,  
Fax: +45 43 96 30 46 (V.Khromov)
- 9/13-18 International Conference on  
Probabilistic Safety Assessment and  
Management (PSAM 4), New York, USA,  
Contact: Prof. Ali Mosleh (Univ.  
Maryland), Fax: +1(301) 314-9601  
e-mail: [Mosleh@eng.umd.edu](mailto:Mosleh@eng.umd.edu)
- 10/5-7 7th Int. Symp. on Flow Modelling and  
Turbulence Measurements, Tainan,  
Taiwan, R.O.C, Fax: 886-6-2389940,  
1000 Word Abstract: Jan. 16, 1998,  
e-mail: [laicj@mail.hyd.ncku.edu.tw](mailto:laicj@mail.hyd.ncku.edu.tw),  
<http://www.he.ncku.edu.tw/>
- 10/7-10 98' Int. Symp. on Safety Science and  
Technology (98' ISSST), Beijing,  
China, Contact: Prof. Changgen Feng,  
[Cgfeng@public.east.cn.net](mailto:Cgfeng@public.east.cn.net),  
Fax: 86-10-68412889

- new 10/11-14 ANS Int. Top. Mtg. Safety of  
Operating Reactors, San Francisco,  
USA. Contact: Dr. Garth Cummings,  
Fax: 1-650-327-7128  
e-mail: [Cummings@Inl.gov](mailto:Cummings@Inl.gov)
- 10/18-21 4th KSME-JSME Fluid Engineering  
Conference, Pusan, Korea,  
Prof. Matsumoto, Univ. Tokyo,  
e-mail: [ymats@mech.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:ymats@mech.t.u-tokyo.ac.jp)  
<http://mech.postech.ac.kr/FEC4/>
- 10/25-28 European Nuclear Conference (ENC'98),  
Nice, France,  
Contact: Konrad Haedener.
- new 10/26-28 26th Water Reactor Safety Information  
Meeting, Bethesda, USA.  
Contact: Ms. Susan Monteleone,  
Fax: 1-516-344-3957  
e-mail: [smontele@bnl.gov](mailto:smontele@bnl.gov)
- 11/4-6 Workshop on Severe Accident Research  
held in Japan (SARJ-98), Tokyo, Japan,  
Sponsors: 原研&原子力機構,  
Contact: Dr. Sugimoto (JAERI),  
Fax 029-282-5570,  
[sugimoto@sun2sar1.tokai.jaeri.go.jp](mailto:sugimoto@sun2sar1.tokai.jaeri.go.jp)
- 11/15-20 Symposium on Tomographic Image  
Reconstruction of Thermal Flows,  
ASME Int. Mech. Congress and  
Exposition, Anaheim, U.S.A.,  
Contact: Dr. K. Okamoto  
email: [okamoto@tokai.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:okamoto@tokai.t.u-tokyo.ac.jp)
- 11/15-20 1998 Winter Meeting of the ANS,  
Washington, D.C., USA.

### 1999年

- 4/19-23 Seventh International Conference on  
Nuclear Engineering (ICONE-7), Tokyo,  
Japan, Contact: Dr. Akimoto,  
<http://icone7.jsme.or.jp/>  
Fax: 029-282-5097,  
email: [akimoto@hfl1.tokai.jaeri.go.jp](mailto:akimoto@hfl1.tokai.jaeri.go.jp)
- new 4/19-23 2nd Int. Symp. Heat and Mass Transfer  
under Plasma Conditions, Antalya,  
Turkey, Contact: Prof. Arinc,  
Fax: 90-312-210-1331, \_  
[arinc@metu.edu.tr](mailto:arinc@metu.edu.tr)
- new 5/16-19 The 2nd Pacific Symposium on Flow  
Visualization and Image Processing,  
Honolulu, Hawaii,  
<http://www.tuat.ac.jp/psfvip-2>  
e-mail: [psfvip-2@mmmlab.tuat.ac.jp](mailto:psfvip-2@mmmlab.tuat.ac.jp)



- new 5/18-20 OECD Workshop on Iodine Aspects of Severe Accident Management, Vantaa (Helsinki), Finland, Abstract: November 15, 1998. Contact: Dr. Harri Tuomisto Fax: +358-9-8561-3403, [harri.tuomisto@ivo.fi](mailto:harri.tuomisto@ivo.fi)
- 6/6-11 1999 Annual Meeting of the ANS, Boston, Massachusetts, USA.
- 7/18-23 1999 ASME/JSME Joint Fluid Engineering Conference, San Francisco, U.S.A., Int. Symp. Water Hammer, Abstract June 26, 1998, Draft Paper Oct. 23, 1998 Contact: Dr. Aya, [aya@srinot.go.jp](mailto:aya@srinot.go.jp), Prof. Yamamoto, [yamamott@mn.waseda.ac.jp](mailto:yamamott@mn.waseda.ac.jp) Int. Symp. Validation of System Transients Analysis Codes, Contact: Prof. Kukita, [y-kukita@mail.nucl.nagoya-y.ac.jp](mailto:y-kukita@mail.nucl.nagoya-y.ac.jp)
- 8/15-20 15th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMIRT-15), Seoul, Korea, 400 Word Abstract: July 31, 1998, Contact: Prof. Sung Pil Chang (Seoul Ntl. Univ.), Fax: 82-2-885-0554
- new 9/6-8 EUROTHERM SEMINAR No. 63-Single and Two-phase Natural Circulation, Genoa, Italy, Abstract: January 1, 1999. Contact: Prof. Mario Misale, Fax: +39-010-311870, [misale@dittec.unige.it](mailto:misale@dittec.unige.it)
- new 9/16-19 The 3rd International Workshop on Particle Imaging Velocimetry, Santa Barbara, CA, USA, <http://www.engineering.ucsb.edu/~pi99> Prof. Carl D. Meinhart email: meinhart@engineering.ucsb.edu
- new 10/3-8 9th International Topical Meeting On Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics (NURETH-9), San Francisco, USA, Abstract: September 1, 1998, Contact: Prof. V. E. Schrock, Fax: +1-510-643-9685, [Schrock@nuc.berkeley.edu](mailto:Schrock@nuc.berkeley.edu)
- 11/14-19 1999 Winter Meeting of the ANS, San Francisco, California, USA.
- 11/16-18 OECD Workshop on Ex-Vessel Debris Coolability, Karlsruhe, Germany, Abstract: February 15, 1999. Contact: Dr. Hans Alsmeyer (FZK), Fax: +49(7247)82-4837, [hans.alsmeyer@iatf.fzk.de](mailto:hans.alsmeyer@iatf.fzk.de)

#### 編集後記

ホームページにおけるニュースレター公開も2号目を迎える事になりました。最近では論文集のCD-ROM化も盛んなようです。文書がPDF形式でやり取りされる事も増えてまいりました。CFPなどもPDFでWWWで公開されていれば、自由にダウンロードして印刷が出来ますし、宣伝方法としても有効な手法であると考えています。情報公開の場としての熱流動部会ホームページの有効活用も考えていきたいと思っております。

ホームページアドレス <http://thd.gen.u-tokyo.ac.jp/>

## 日本原子力学会 1998年秋の大会 熱流動部会総会のご案内

日時：1998年9月29日(火) 12時より13時

場所：福井工業大学、原子力学会秋の大会G会場 (昼食を用意致します。多数ご参加下さい。)  
また総会に引き続き熱流動部会企画の総合講演を開催致します。内容は以下の通りです。

### 「熱流動解析における並列演算技術の活用と課題」

- (1) 混相流の並列計算と課題  
(NUPEC) 永田 令、内藤 正則(富士総研)  
米田 雅一、永野 勝尋
- (2) ポワソン方程式の並列解法の現状と課題  
(東芝) 田中 伸厚
- (3) 連続速度格子ガス法の並列計算  
(東大) 橋本 康弘、大橋 弘忠
- (4) 格子法によるマイクロシミュレーションコードの並列化  
(NUPEC) 氏田 博士、永田 令、内藤 正則  
(東大) 大橋 弘忠
- (5) 並列機による高速化手法の現状と課題  
(日立) 米村 崇、上西 博文

# CALL FOR PAPERS

## ICONE-7

(Seventh International Conference On Nuclear Engineering)

### "NUCLEAR POWER - THE ENVIRONMENTAL CHOICE FOR THE 21st CENTURY"

Keio Plaza Hotel, Shinjuku, Tokyo, Japan

April 19(Mon) – 23(Fri), 1999

Sponsored by the

JAPAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (JSME)

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME)

SOCIETE FRANCAISE D'ENERGIE NUCLEAIRE (SFEN)

#### ABOUT THE CONFERENCE

JSME, ASME and SFEN are jointly organizing the 7th International Conference on Nuclear Engineering in 1999, a follow-up to the successful meetings held in Tokyo, Japan (1991), San Francisco, California (1993), Kyoto, Japan (1995), New Orleans, Louisiana (1996), Nice, France (1997) and San Diego, USA (1998). At San Diego there were over 500 papers and 1000 attendees. The official language of the conference is English.

#### SUBMISSION OF ABSTRACTS

Authors should submit a 400-word abstract (include appropriate track number per the enclosed topical listings) and your return address, phone, fax, and e-mail numbers by September 1, 1998 to:

Hajime Akimoto, ICONE-7 Assistant Technical Chair

Japan Atomic Energy Research Institute

2-4, Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan 319-1195

Ph: +81-29-282-5097: Fax +81-29-282-6427

E-mail: [abst@icone7-jsme.jaeri.go.jp](mailto:abst@icone7-jsme.jaeri.go.jp)

The following deadlines listed will be followed...

Electronic or Hard Copy Submission of Paper Abstracts	: September 1, 1998
Author Notifications of Abstract Acceptance	: September 15, 1998
Submission of Full Papers for Review & Comment	: November 15, 1998
Author Paper Review and/or Acceptance Notifications	: January 15, 1999
Submission of Final Papers for CD ROM Publication	: February 15, 1999

Visit the JSME web site for future ICONE-7 announcements: <http://icone7.jsme.or.jp/>

#### ICONE-7 TECHNICAL TRACKS

The conference will be divided into the following major technical tracks.

Track # (Please include the appropriate track number with your paper abstract!)

- (1) NUCLEAR PLANT OPERATION AND MAINTENANCE
- (2) MAJOR COMPONENT RELIABILITY AND MATERIALS ISSUES
- (3) STRUCTURAL INTEGRITY, DYNAMIC BEHAVIOR AND SEISMIC DESIGN
- (4) DECOMMISSIONING AND LIFE EXTENSION, AGING ASSESSMENT, LICENSE RENEWALS
- (5) SAFETY, RELIABILITY AND PLANT EVALUATIONS
- (6) NEXT GENERATION SYSTEMS
- (7) THERMAL HYDRAULICS
- (8) BASIC NUCLEAR ENGINEERING ADVANCES
- (9) NUCLEAR FUEL CYCLE, SPENT FUEL AND RADWASTE MANAGEMENT
- (10) CODES AND STANDARDS
- (11) INSTITUTIONAL AND ENERGY POLICIES INCLUDING NON-PROLIFERATION AND SAFEGUARDS