

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター (第44号)

AESJ-THD

NEWSLETTER (No.44)

January 31, 2004

研究室紹介

名古屋大学大学院工学研究科 エネルギー理工学専攻
エネルギーシステム工学講座

当研究室では教授 久木田 豊、助教授 辻 義之のスタッフと学生 18 名(学部生 4 名、大学院博士前期課程 1 名、後期課程 3 名(うち社会人 2 名))で構成され、流体や熱を伴う流れの実験的(応用&基礎)な研究をおこなっています。私(辻)はおもに、流体乱流に関する基礎研究をおこなってきました。この紹介記事では、紙面の都合もありますので、私の研究課題から原子力分野の熱流動研究に関連しそうな話題を紹介したとおもいます。

(1) 液体金属対流

密閉容器内に流体を満たして下部を温め上部を冷却すると、内部の流体は浮力が駆動力となり運動を始めます。上下温度差に基づく無次元数(レイリー数; Ra)が小さな場合には、ベナール対流と呼ばれよく知られた規則的なセルパターンが形成されます。レイリー数の増加とともに、規則的セルは崩壊し、やがて無秩序な乱流状態へ移行します(図1参照)。15年ほど前ででしょうか、この乱流に二つの異なった状態(soft-turbulence と hard-turbulence)のあることがシカゴ大のグループによって報告されました[1]。その差異は、レイリー数に対するヌセルト数の関係が、 $Ra \propto Nu^{1/3}$ から $Ra \propto Nu^{2/7}$ に変化するというわずかなズレなのですが、巨視的な運動パターンは大きく異なります。soft-turbulence では巨視的な流れは不安定ですが、hard-turbulence では安定に存在します。温度変動の確率分布は、前者ではガウス型ですが後者では指数型に移行します。特に私が興味を持ったのは、密閉容器内の乱流にも巨視的な流れ(mean flow)があり、アスペクト比にもよりますが周期運動が形成されるということです。例えば、円筒容器内の熱乱流では図2のような mean flow の存在が確認されています。周期運動の周波数 w_p や中心部での速度のゆらぎの大きさ s をレイリー数の関数として、 $w_p \propto Ra^{1/2}$ 、 $s \propto Ra^{3/7}$ とスケールリングできることが提案されていま

す[1]。学部学生のころから乱流には接してきましたが、熱乱流に mean flow や周期運動があることに新鮮な驚きをおぼえました。このような背景のもと、プラントル数の低い液体金属(水銀: $Pr = 0.024$)を用いて、対流運動を実験的に調べています。低プラントル数では、熱伝導が極めてよいと同時に動粘性率が小さいために乱流化しやすくなります。液体金属では、その不透明性と通電性のため、熱線流速計、レーザー流速計、PIV 計測がつかえません。従来は主に温度変動を計測することから、流速の大きさを見積もることがなされてきました。3年前、超音波を用いた計測手法により速度分布を把握することができ、これにより、アスペクト比 $1/2$ セルの mean flow の存在を確認できました[2,3]。超音波による計測は境界条件やトレーサー選定などの問題があり、なかなかうまくいかないというのが現状です。

固体壁から液体金属への熱伝達を見積もるうえで、速度境界層厚さ d_v と温度境界層厚さ d_T の相対関係を明らかにすることが重要となります。高圧 SF6 ガス、水、液体金属を用いた実験で多くの成果が報告されていますが、レイリー数に対する依存性には統一の見解が得られていません。壁から湧き上がるプリュームや mean flow のふるまいが、熱伝達に複雑に影響していると考えられています。数値計算でのモデルの構築には、小さなスケールの速度変動を認識しておく必要があります。通常の乱流ではレイノルズ数の増加とともに、小さなスケールは一様等方乱流の性質を満たし(局所等方性)慣性領域でのエネルギースペクトルは $-5/3$ のベキ乗則を示します。しかし、熱乱流では浮力の影響から、低波数でのスペクトルの指数は $-11/5$ 乗を示します(Bolgiano スペクトル)。我々は金属熱乱流において初めて波数スペクトルの計測をおこないました。浮力の影響が局所等方性の成立にどのように関係しているのかを今後調べていく予定でいます。

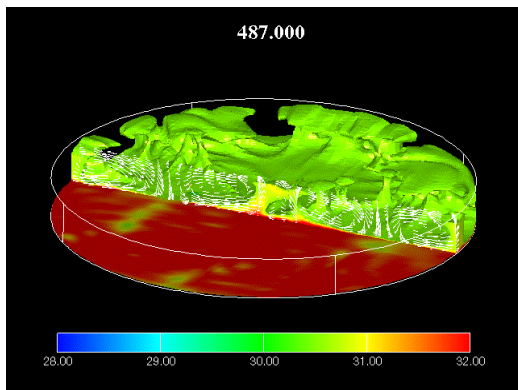


図1 円筒容器（アスペクト比5）内熱対流の数値計算結果．温度30の等値面を可視化してある．底面から発生したプルームが側壁を伝わり上部へ巻き上がる様子が見える．

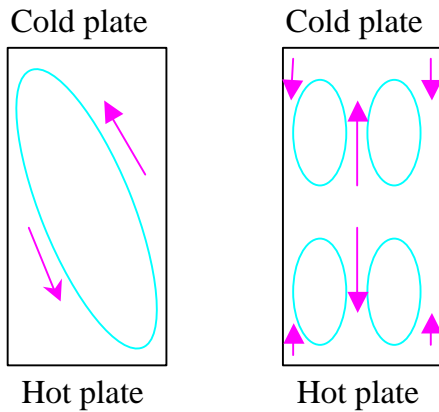


図2 実験結果から予測されるアスペクト比1/2のセル内の巨視的流動のパターン

(2) 波状流と乱流との相互作用

気液二相流のもっとも単純な流れ場として、ダクト内の波状流と気相乱流との相互作用に関する研究をおこなっています。大型プラント配管の流れや、局所的には気液界面での物質輸送、波の成長・破砕、界面下での組織運動など多くの研究課題が含まれています。初めて計測をおこなったのが、一次系配管を想定した大型矩形ダクト（高さ70cm、幅10cm、長さ約35m；日本原子力研究所熱水力安全研究室に設置）内の流動です[4]。矩形ダクト内では、第二種のプラントルの二次流れが発生し、液相部の界面運動と複雑に連動します。図3は流れ方向の平均渦度の等値面ですが、界面の運動が配管内の気相の全域に及んでいる様子が見えます。

その後、大学研究室にも小さな装置をつくり、同じ観点からの研究を続けています。装置自体の大きさにもよりますが、気相部の流速がある条件を満たすと、定常的な風波を形成できます。波の前面には、更に小さな波（リップル）が生まれます（図4参照）。

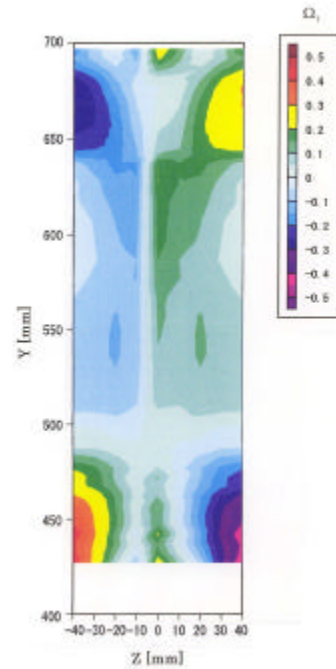


図3 矩形ダクト（100×700mm）内の流れ方向平均渦度分布．静止水位を $y = 400\text{mm}$ に設置してあり、空白の部分が波の変位に相当する．

よく観察してみると、リップルは風波と呼応しながら運動しているようでした。そこで、リップルの生成条件やその形状、風波運動との関係を調べてみました[5]。振幅わずか数mmの風波上に形成されるリップルを精度良く計測するためには、新しい計測法が必要となります。界面下からレーザースポットをあて、界面での屈折した際の変位を計測することにより、界面での傾斜角を求めました。界面傾斜角を積分することにより、界面形状を再構成できます。現状では10kHz程度までの変動を計測可能です（図5参照）。

風波上の速度分布型を決めることは、応用的にも重要な課題です。例えば、気液界面での摩擦抵抗係数は、速度分布型を仮定した半経験式から求められます。通常は対数速度分布を想定しているようですが、その傾き、切片値や対数領域は経験的に決められます。粗面境界層では、原点補正をどのように見積もるかによって、壁近くでの速度分布がちがってきます。風波についても同様です。このように小さな任意パラメータの差異が、速度分布を想定して導かれる結果に大きく影響することが以前から気になっていました。摩擦抵抗係数の3%差異が、全抵抗に大きな影響を与えるかは容易に想像できます。

対数速度分布が成立するかどうかは、平均速度プロファイルそのものを調べるのではなく、変動速度の統計的性質を明らかにすることが必要です[6]。つまり、対数速度分布が成立するとき、その変動速度が満たす条件を規定します（レイノルズ方程式から明らかのように、乱れの性質は平均速度に反映されています）。そうすれば、粗面境界層や波状乱流境界層でも対数領域の範囲をその成立も含めて議論することができます。私が調べた限りで

は、粗面境界層における変動速度の性質は滑面における場合と、同じ対数領域に含まれていながらも、異なるものでした[7]。平均速度分布が対数型になるかベキ乗型になるかは、一見些細なことと思われがちですが、おおくの応用研究の基礎として利用されており、任意性を含むことなく利用できるようまだ努力が必要です。

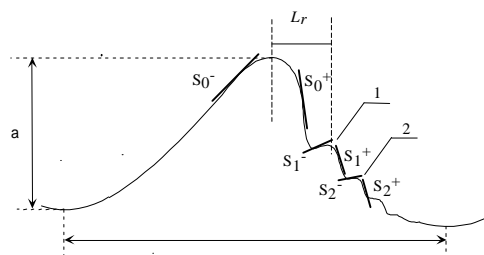


図4 進行波前面に形成されるリップル

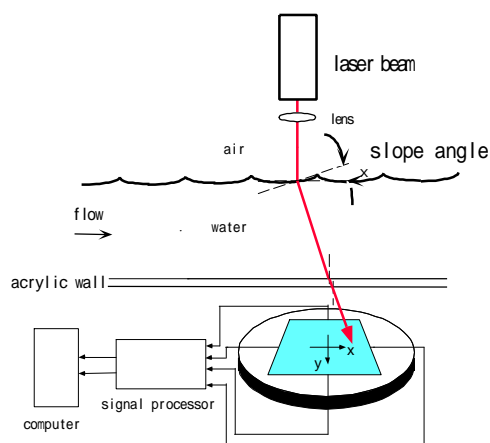


図5 界面傾斜角計測法[5]

(3) 乱流渦の生成とガス巻き込み現象

昨年からはじまった JNC との共同研究について紹介します。高速増殖炉の実用化概念として、経済性向上のために原子炉容器のコンパクト化が検討されています。冷却材流速が増大することにより、吸い込み口付近に「くぼみ渦」が発生し、それに伴う「ガス巻き込み現象」を防ぐ必要があります。共同研究では幾つかの大学と JNC の研究者が数値計算と実験のワーキンググループにわかれ、各テーマについて研究を進めています。一つの現象を数値計算と実験の両面から議論することができ、理想的環境のもと多くのことを学ぶことができます。

ガス巻き込み渦については、従来から多くの研究がなされているようです。実験的には、円筒容器内に循環と下降流速を与えて定常な渦を発生させます。その渦の形状が、どのように成長してガス巻き込み渦へと移行するかが詳細に調べられています。この定常渦のことをワーキンググループでは「層流渦」と呼んでいます。その理由は、表面流速を抑制しても統計的に、表面にほとんど乱れの無い渦が発生すること、渦が成長していく条件の一つとして、流速が非常に遅い渦中心での粘性と表面

張力に支配されていることによります[8]。

しかし、実際の流れ場では乱流状態の渦が非定常的に発生して成長します。乱流渦がどのように発生して、ガス巻き込み渦へと成長するかを解明することが、実験ワーキンググループの研究課題になります。私は(2)で説明した方法により、くぼみ渦の界面形状を計測して、乱流渦の成長を定量化することを進めています。具体的な内容については、まだ報告できませんが、乱流渦のふるまいは極めて複雑です。界面形状は下降流速や渦の循環と密接に関係していることが予想されます。これまで報告されていない新たな情報を提示できればと思います。

本稿では詳しい内容まで触れることはできませんでしたが、もし興味をもたれた方がみえましたら、以下の文献をご参照ください。乱流の解説[9]と最近の成果[10]も合わせて示しました。また、久木田教授の研究を含めた研究室全体の研究内容は、名古屋大学工学研究科エネルギー理工専攻のホームページをご覧ください幸いです。

[1]E.D.Siggia, High Rayleigh number convection, Annu. Rev. Fluid Mech., vol.26, pp.137-168, (1994)
 [2]T.Mizuno, Y.Tsuji and Y.Kukita, "Thermal Turbulence in Mercury at High Rayleigh Numbers 5th JSME-KSME Fluids Engineering Conference, Nagoya Japan, Nov. 17-21, (2002), CD-ROM publication.
 [3]T.Mashiko, Y.Tsuji, T.mizuno and M.Sano, Instantaneous Measurement of Velocity Field in Developed Thermal Turbulence in Mercury, to be published in Physical Rev. E, (2004)
 [4]Y.Tsuji, K.Takeda Y.Kukita and H.Nakamura., "Turbulent Flow over the Wind-Induced Gravity Waves in Rectangular Duct", Fluid Modeling and Turbulence Measurements, ed. H. Ninokata et al., World Scientific, (2002) pp.241-248.
 [5]辻、野沢、久木田,"自由界面上のリップル形成に関する実験的研究", 日本機械学会論文集 B 偏, vol.68, (2002) pp. 1841 1848.
 [6]Y.Tsuji and I.Nakamura, Probability Density Function In the Log-law Region of Low Reynolds Number Turbulent Boundary Layer, Physics of Fluids, Vol.11,No.3(1999), pp647-658.
 [7]Y.Tsuji, K.Miyachi, and I.Nakamura, "Invariant Assumption of pdf Profiles in the Log-law Region in Smooth and Rough Wall Turbulent Boundary Layers", Proc. of Turbulence and Shear Flow Phenomena, KTH Stockholm, June 27-29, 2001, Vol.II, pp.509-512.
 [8] 大島宏之, "高速増殖炉におけるガス巻き込み研究の現状", 混相流, vol.17, No.3.
 [9]辻 義之, K.R.Sreenivasan, "高レイノルズ数乱流の魅力", パリテイ, vol.17, (2002) pp.44-48.
 [10]Y.Tsuji, Phys. Fluids, vol.15,p.3816,(2003).
 [11]Y.Tsuji and T.Ishihara, Similarity scaling of pressure fluctuation in turbulence, Phys. Rev. E, vol.68, 026309, (2003)

部会長交代に関するお知らせ

部会長の交代について

総務委員長 岡本孝司

尾本彰部会長より、海外赴任に伴う部会長辞任の意向が示された事を受け、運営委員会において審議した結果、平成16年1月4日付で、尾本彰部会長の退任と平成16年1月5日付で、澤田隆副部会長の部会長就任を決定いたしましたので部会員の皆様にご報告申し上げます。

なお、澤田隆新部会長の任期は平成17年3月末までとなります。

また、本異動につきましては、1月13日開催の原子力学会企画委員会に報告しております。

IAEA に着任して

前部会長 尾本 彰

熱流動部会の皆様

昨年春に熱流動部会長に就任しましたが、所属機関の発電所の諸問題に関わる再生計画等に係る中で部会活動に十分時間を割く事無いまま過ごし、挙げ句に突然部会長を辞して申し訳ありません。

部会長を辞することになったのは国外への移動故で、1月はじめからウーンにある国際原子力機関(IAEA)で働いています。IAEAは職員2000名以上のなか、日本人職員はやっと2%で拠出金20%に比べ極めてアンバランスな状態です。査察や安全条約など公的な権限に関わるところがメディアで注目を浴びますが、IAEAではscience/technology, safety/security, safeguard/verificationを活動の3本柱としており、小生はsafetyとも連携を取りつつtechnologyの柱の一部を担っているということになります。IAEAではAtoms for Peace 50周年を機に、このアイゼンハワー宣言の理念のもと国際機関の設立趣旨を想起しつつ、イラン/イラク/北朝鮮といった国での核開発問題への対応能力向上を考えることが求められているといえます。

私は原子力発電部長で多様な国籍の部下46人(日本人は一人も居ない)と、主として、

(1) 既設炉の競争力とマネジメントの向上/ライフサイクルマネジメント、



小生初出勤の日のIAEA(正面のA棟に小生の部がある)

- (2) INPROに代表される国際的な「将来炉とサイクル」開発にむけた国際的なフォーラム形成に携わっています。
- (3) 他に、knowledge management, knowledge preservationのプログラムに基づき先進国の原子力関係者のリタイア等による専門知識喪失問題やWNU(World Nuclear University)にも関わっています。

このうち(2)は、米国のリーダーシップの下での第四世代原子炉開発(Gene-IV)との相補性(Gene-IVに対してINPROでは、開発途上国を含めたユーザー要求とセーフガードが相補性を言う根拠かと思えます)をもちつつ、ECとロシア等16カ国の参加のもとフェーズIBを行っている最中です(詳しくは、IAEA-TECDOC-1362 "Guidance for the evaluation", June 2003参照)。ここでの議論には当然ながら自然循環やpassive heat removalの考えを取り入れた設計がたくさん登場するので、熱流動部会の皆様には興味深いところかと思われます。



春になったらこうなるはず(IAEA web siteから)

IAEA は加盟国の為のサービスをする機関なので、技術に関するフォーラムや開発途上国への支援といった目的で使って頂ければと思います。技術フォーラムとの関連では、例えば、

1) <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/series1.asp>

にアクセスすれば、安全基準とか TECDOC 等様々な分野における state-of-the-art 報告などが無料で取り出す事ができます。

2) <http://www.iaea.org/DataCenter/datasystems.html>

にはいれば、

International Nuclear Information System (INIS)
Nuclear Data Services
Power Reactor Information System (PRIS)
Research Reactor Database (RRDB)

等のデータベースにアクセス出来ます。

1月早々にウーンにやって来てすぐ、雪に見舞われつつアパート探しなど生活のインフラ構築に追われていましたが、概ね落ち着きこれからじっくりと仕事に取り組もうというところです。2年サイクルの予算、事前計画/調整/各国との合意形成に長い時間を要するなどやや官僚的な環境には戸惑いますが、何を実現しようかと考える時にそれなりに自分の能力と想像力の限界に直面する形で仕事ができるのは良い事だと思います。

最後に、2004年における皆様のご多幸をお祈りし、ご活躍を期待しております。IAEAの専門家会議やコンサルタント会議等でウーンにいらっしゃる事がおありかと思えます。その節はどうぞA棟25階にある小生の部屋まで気軽にお寄り下さい。



小生出勤途中の駅の横にあるゴミ焼却場(IAEAとは関係なし、デザインが面白いので毎日眺めながら横を通っています。Hundertwasser氏設計)

Akira OMOTO, Dr. of Engineering

Director, Division of Nuclear Power
IAEA

P. O. Box 100, A-1400 Vienna
Austria

(room) A2577

(phone) +43-1-2600-22750

(email) a.omoto@iaea.org

(private) akira.omoto@mac.com

(web) <http://www.iaea.org>

(online search of publications)

<http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/series1.asp>

研究専門委員会報告

第4回 「マルチスケール輸送現象の解析」研究委員会

日時：平成15年7月25日(金) 13:30 ~ 17:00

場所：富士総合研究所 竹橋スクエアビル5階プレゼンテーションルーム

出席：15名

大橋主査(東京大学)、陳幹事(東京大学)、丸山幹事(原子力発電技術機構)、高田幹事(産業技術総合研究所)、渡辺幹事(日本原子力研究所)、井上委員(東京大学)、山越委員(三菱重工)、茶木委員(日立製作所)、宗像委員(日本原子力研究所)、白川委員(東芝)、大島委員(核燃料サイクル開発機構)、川原委員(CRCソリューションズ)、久保

田（三橋）委員代理（富士総合研究所）、高橋講師（産業技術総合研究所）、伊藤オブザーバー（富士総合研究所）

配布資料

- (1) 前回会合議事録案
- (2) 委員名簿
- (3) 講演資料：「実数格子ガス法による界面活性剤溶液の自己会合構造のシミュレーション」
- (4) 講演資料：「マイクロバブルの表面電位特性と工学的な利用の可能性」
- (5) 資料：「マルチスケールシミュレーションの問題と方法」まとめ
- (6) 資料：「原子力学会での総合講演について」

議事：

1. 前回会合議事録確認
配布資料(1)に基づき、前回会合議事録案について説明があり、修正なく採択された。

2. 委員の追加について
配布資料(2)に基づき、委員の追加について説明があり、了承された。

3. 講演「実数格子ガス法による界面活性剤溶液の自己会合構造のシミュレーション」
(東京大学 陳幹事)

界面活性剤の自己会合体としての特徴、親水性と疎水性を有する分子構造、関連する現象とその応用などについての概要が説明された。シミュレーションのためのモデル化とこれまでの研究が紹介され、混相流を扱う実数型格子ガスモデルの概要、界面活性剤と溶媒との相互作用モデル、ミセル形成のシミュレーション等が示され、相互作用や温度のモデル化、界面活性剤とミセルのスケール等に関して質疑応答が行われた。また、フェイズダイアグラムの構築、ミセル構造の変化等のシミュレーション結果が示され、計算時間や粒子数、実体系とのスケールの対応等に関して質疑応答が行われた。

4. 講演「マイクロバブルの表面電位特性と工学的な利用の可能性」
(産業技術総合研究所、高橋氏)

マイクロバブルの特徴として、大きな比表面積や内圧上昇効果による内部ガスの溶解作用についての概要が説明され、この特徴を利用したガスハイドレートの生成実験が紹介された。また、マイクロバブルの特徴を考える上で重要となる表面電位の測定と、イオンの気液界面への吸着による気泡帯電のメカニズム、マイクロバブルの多用な工

学的応用が説明され、バブル径や表面電位への溶液の影響や界面活性剤の効果、マイクロシミュレーションの可能性等について質疑応答が行われた。

5. 「マルチスケールシミュレーションの問題と方法」まとめについて

第2回委員会において行われた「マルチスケールシミュレーションの問題と方法」に関する討論について、配布資料(5)に基づき説明があった。各種複雑熱流体、原子炉熱流動、シビアアクシデント、高速炉安全、地層処分等の分野において各委員から報告されたマルチスケール輸送現象の特徴、それらの分類、シミュレーション手法等についての概要がまとめられ、マルチスケール現象に含まれるマルチフィジックスの概念等に関して議論が行われた。

6. 原子力学会での総合講演について

配布資料(6)に基づき原子力学会春の大会において本委員会の総合報告を行う予定であることが説明された。報告の内容、形式等についての案が示され、今後、検討していくこととなった。

以上

第7回「原子力プラントにおける火災や燃焼化学反応を伴う熱流動問題」 研究専門委員会

平成15年4月3日(木) 東京工業大学北1号館
1階会議室 (出席20名)

議事：

1. 大規模実験による高エネルギー物質の爆発影響評価(中山委員)

産総研の爆発安全研究センターで実施中の火薬類保安技術実験の概要について説明があった。平成14年度の主な実験項目は、基準爆薬(TNT)の爆風圧・火薬庫内での爆発による庫外爆風圧・可燃性容器に充填された無煙火薬の爆発による爆風圧・隔壁による圧力の減衰特性・積重ね試験(煙火の安全性評価の国連試験)等である。試験結果として、高速度カメラによる衝撃波の伝播状況・爆風圧(over pressure)と薬量(scaled distance)等について説明があった。

2. 産総研での原子力関連安全研究 衝撃波の可視化(中山委員)

衝撃波伝播の解明を行うことを目的として、小規模実験での可視化試験結果をもとに、数値計算

により再現した。試験では矩形構造物と円管構造物を使用し、構造物開口端での衝撃波の伝播特性を可視化した。数値計算では、状態方程式と基礎方程式をパラメータとして、試験解析を実施した。その結果、数値解析の結果では、開口端から放出される衝撃波については、基礎方程式よりも状態方程式の影響を受けること、開口端からの衝撃波には指向性があることが確認された。

3. 産総研での原子力関連安全研究（横浜国大 ヤット・ルヤット氏）

再処理施設で使用される T B P / 硝酸系の爆発危険性の評価を行うことを目的として、爆発性を試験により把握した。爆発特性として、T B P / F N A（リン酸トリ-n-ブチル/発煙硝酸）のラマン分光分析、衝撃起爆感度、爆轟限界薬厚、爆発威力を試験により調べた。この結果、T B P / F N A が爆轟する混合比、爆轟速度、ウエッジ法による爆発限界の薬厚、水中爆力試験による爆発威力等の結果が示された。

4. 歪を伴う水素拡散火災の構造と動的挙動に関する研究 - 乱流火災モデルの高精度化に向けて -（吉田委員）

水素燃料と空気流の対向流場で形成される平面拡散火災に細いノズルから燃料または空気をそれぞれ燃料側または空気側から定常または非定常的に衝突させ、局所的に歪を付加した場合の火災を対象として、素反応に基づく反応動力学と多成分拡散を考慮した詳細な数値計算ならびにレーザーレーザ散乱法を用いた二次元温度分布測定を実施した。またあわせて、周期的変動を伴う平面火災、伸張・圧縮を伴う拡散火災について数値計算を行い火災の挙動を示した。これにより歪を伴う拡散火災における火災関連事象の理解を深めるとともに、より高精度な火災片モデルのデータベース構築の指針を示した。

次回 5月8日(木)

以上

第8回「原子力プラントにおける火災や燃焼化学反応を伴う熱流動問題」 研究専門委員会

平成15年5月8日(木) 東京工業大学北2号館6階会議室（出席18名）

議事：

1. 原子力プラント安全評価のための高速水素燃焼研究（田川委員）

OECD/Nuclear Energy Agency のレポート ” Flame Acceleration and Deflagration to Detonation Transition in Nuclear Safety, OECD/NEA/CSNI/R(2000)7, August 2000 ” の紹介。本レポートには、軽水炉の水素燃焼問題に関する最近(1990-1999)の研究結果がまとめられている。代表的な大型試験研究として、ミュンヘン工科大学の MuSCET Facility、ピサ大学の L. VIEW Facility、BNL の High Temperature Combustion Facility, NUPEC の Large-scale Combustion Test Facility, Kurchatov 研究所の RUT Facility を説明。更に、水素燃焼による格納容器への圧力負荷を評価するための手順、火炎加速の発生限界を与える クライテリアとデトネーションの発生限界を与える L/ クライテリアの策定、Lumped-Parameter コードと Computational Fluid Dynamics コードの検証結果を説明した。最後に原子炉格納容器の安全性評価への適用例を説明した。

2. 高温ガス炉水素製造システムにおける火災爆発に対する安全評価（原研 西原氏）

一次エネルギー供給の観点から水素活用の有効性を整理し、高温ガス炉を用いた水素製造の概要を説明した。また、原子炉施設近傍に水素製造施設を設置することに対する安全要求を整理し、安全設計の基本的な考え方として影響軽減対策である離隔距離確保を提案した。更に、可燃ガス漏洩時の可燃性蒸気雲爆発の評価方法として、瞬時放出と連続放出の二つの漏洩モデルを用いた爆発時の影響評価を PHOENICS と AutoReaGas を組み合わせて評価する方法を策定した。

3. リスクと損害保険（東京海上 江里口氏）

産業全般の観点からリスクマネジメントの定義、プロセス、重要性を高める要因、資産・負債、損益に関する防護手段を分析し、整理した。また、保険における原子力施設への取組内容・精度について説明すると共に、発電設備、ボイラ、静止電気機械の事故件数・損害額を要因別に統計分析を実施した。最後に保険の観点からの原子力産業への提言として、事故原因に関する統計分析に基づく定量的な安全目標の設定を説明した。

以上

第9回「原子力プラントにおける火災 や燃焼化学反応を伴う熱流動問題」 研究専門委員会

平成15年10月14日(火) 東京工業大学・北1号館
1階会議室 (出席18名)

議事:

1. 事故時の MOX 粉末の挙動に係る調査・解析 (JNES 土野氏)

MOX 燃料製造・加工施設を対象とした、火災および爆発想定時の MOX 粉末挙動に関する調査および解析と評価に関する講演。本調査・解析は H14 年度に開始し、H19 年度まで実施される予定。発表では、現時点での成果: MOX 粉末挙動に関する情報とデータ調査、事故時の挙動解析モデル調査と開発およびパラメータ計算、MOX 粉末挙動解析コード調査結果を報告した。

MOX 粉末挙動に関する情報とデータ調査を通じ、ソースターム評価の米と欧での差異(決定論的/確率論的)および、調査文献(US-SER&CAR、NUREG&DOE Handbook、各種研究報告)での各ソースターム項設定根拠とそれらの差異が判明した。事故挙動解析モデルの調査と開発およびパラメータ計算として、粉末再飛散モデル開発の概要と、グローブボックス内粉末挙動の AQUA-SF コードを用いた解析例を紹介した。爆発および臨界事故状態を扱えるコード調査を行い、飛散や付着挙動等の移行挙動すべてを扱える単一の MOX 粉末挙動解析コードは無く、複数のコードを組み合わせて使用する必要があることが判明した。爆発事故でのエアロゾル挙動に対しては CELVA-1D/FACE-1D&2D を、臨界事故でのエアロゾル挙動に対しては MELCOR を選定した。

2. 原研における MOX 燃料加工施設の確率論的安全評価に関する研究の現状(原研 吉田氏)

MOX 燃料加工施設を対象とした安全技術調査の一環として実施している確率論的安全評価についての講演。本件は経済産業省・特別会計事業として、H13 年度に開始しており、H17 年度までの実施を予定している。本発表では、核燃料サイクル施設の公開 PSA 実施事例、米国での規制動向、現在までの PSA 実施手順の検討成果、今後 PSA 上考慮すべき現象について説明した。

核燃料サイクル施設を対象とした PSA 実施事例として公開されているものは数少ない。1970 年代に EPRI が核燃料サイクル施設を対象としたリスク評価を実施している。MOX 燃料加工施設につ

いては、地震、航空機落下、水素爆発、イオン交換樹脂の火災、湿式溶液槽の爆発、フィルター損傷、臨界事故を対象としている。また近年の米国・核燃料サイクル施設の規制動向として、連邦規制法典 10 CFR Part70(性能要件&統合安全解析の実施要求)の改訂があるが、それに基づく NRC からの規制と指導の概要、要求されている実施要件と性能要件(潜在リスク・シーケンス・影響の同定、管理方策の策定)の概要、「事故の影響」と「事故の頻度」定義について説明した。また原研では、MOX 燃料加工施設のモデルプラントを対象に PSA 実施手順の検討を実施しており、異常事象候補の抽出と選別、放射性物質の放出量・閉じ込め性能の簡易的な評価手法について紹介した。異常事象候補抽出では、まず推定被ばく量をもとに全工程(粉末調整、ペレット成型、燃料棒加工、燃料集合体組立)から重要工程を選出する。次に、マスターロジックダイアグラムの考え方に基づく事故シナリオと移行経路の同定、想定される異常事象の概略的なフォールトツリー解析、さらに火災や爆発による閉じ込め系の健全性評価を通じて、詳細評価を行う事象候補の選定を行った。PSA 評価上の今後の課題としては、火災・爆発事象の実験的解明、グローブボックス・工程室・換気系内の詳細熱流動解析が挙げられる。

3. 「米国の原子力発電プラントで経験した火災事象の発生頻度」紹介(河合委員)

表記文献から、報告書の概要、火災件数の推定、火災発生頻度の分析結果、火災事象の特性が紹介された。

報告書は、1986-1999 年の米国・原子力発電所での火災事象を分析評価し、その特性を明らかにしたもので、NRC 運転データ分析評価局・1997 年報告書に最新データを加筆し改定したものである。なお米国内全 109 プラント中、調査に参加していない 41 プラントに対しても、火災件数を推定した上で分析・評価を実施している。出力運転中・停止中の火災発生頻度としては、原子炉建屋、補助建屋、タービン建屋が大きく、停止中はこれら 3 つに格納容器が続く。分析により明らかになった特性は、1994 年報告書時と比べ頻度は全区画で減少していること、近年は煙の広がり激しい事例は見あらず、特にケーブル処理室・バッテリー室の火災は 1989 年以降報告されていないこと、火災件数・頻度は停止中の方が多いこと、出力運転中の火災はほとんどの場合軽微なこと、などである。

次回委員会 12月2日

以上

原子力学会主催国際会議開催のお知らせ

「第4回原子炉熱流動と安全に関する日韓シンポジウム(NTHAS4)」
の開催予定のお知らせ(予告)
国際委員長 江口 譲

本シンポジウムは、日韓の原子力研究開発における協力関係の発展を目指すことを目的とした原子炉熱流動・安全などに関する2国間会議です。1998年以来、これまで釜山市(韓国)、福岡市、慶州市(韓国)にて合計3回開催されており、下記の通り本年11月28日-12月1日に、札幌市での開催が計画されています。論文募集要領などの詳細は部会のWebサイトで3月ごろにお知らせしますので、研究発表や参加を希望される方は、ご予定に入れて頂ければ幸いです。

記

会議名：The 4th Korea-Japan Symposium on
Nuclear Thermal Hydraulics and
Safety

(第4回原子炉熱流動と安全に関する日韓シンポジウム:NTHAS4)

主催：日本原子力学会および韓国原子力学会

共催：日本原子力学会・熱流動部会 および
韓国原子力学会・核熱流動部会

会期：2004年11月28日(日)-12月1日
(水)

11月28日：登録、レセプション

11月29-30日：テクニカル・セッション

12月1日：テクニカル・ツアー

会場：北海道大学・学术交流会館(札幌市
北区北8条西5丁目)

発表論文の募集開始時期：2004年3月ごろに要旨
提出(予定)

国際会議カレンダー (Web のみに掲載)

熱流動部会のホームページ <http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/division/thd/> より最新の情報を入手して下さい。

< 編集後記 >

私が担当するニュースレターも本号で最後となります。部会員、運営委員そして学会事務局の皆様のご協力によりなんとか乗り切ることができ感謝しております。とりわけ、貴重なお時間を割いてニュースレターへご寄稿頂いた執筆者の皆様には心から御礼申し上げます。

引き続き、ニュースレターへの原稿は、随時受け付けておりますので、研究室紹介、会議案内、エッセイ等ご

ざいましたらお気軽にお声をお掛け下さい。

ニュースレターに関するご質問、ご意見がありましたら下記宛にe-mailを頂ければ幸いです。

e-mail宛先：nishimura_mo@khi.co.jp

熱流動部会のホームページ

<http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/division/thd/>

このニュースレターのPDFファイルは、上記ホームページより入手可能です。