

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター (第 50 号)

AESJ-THD

NEWSLETTER (No.50)

August 19, 2005

研究室紹介

東京海洋大学 海洋工学部 海洋電子機械工学科
動力エネルギー研究室
賞雅 寛而/波津久 達也/福原 豊

「動力エネルギー研究室」が所属する東京海洋大学海洋工学部・海洋電子機械工学科は、東京商船大学と東京水産大学が平成 15 年 10 月に統合して東京海洋大学が誕生する際に、東京商船大学商船学部の商船システム工学課程機関学コースと交通電子機械工学課程が統合して誕生した学科で、船舶の運航技術者（機関士）の養成や、船舶のみならず陸上の機器類も含めた電子機械システムの運用技術及び関連する機械システムの開発・運用、管理技術などの教育・研究を行っております。

「動力エネルギー研究室」の前身である東京商船大学・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。研究室設立の当初は、「むつ」の製造・運航に関する研究を行っていましたが、現教授の賞雅教授が、原子炉熱流動の大御所である東京大学の秋山先生（現エネ総研理事長）と班目先生の御指導で学位を取った関係から、ここ 15 年は主に伝熱・流動に関する研究を行っております。大学統合の際に、原子力のみならず、将来的に広くエネルギーと環境保全に関わる教育・研究を行う研究室を目指して、現在の研究室名称に変更いたしました。現在の研究室の陣容としては、教員が 3 名（賞雅寛而教授、波津久達也助教授、福原豊助手）と秘

書が 1 名（大久保ユリ子秘書）、修士課程の学生が 5 名、学部の卒論生が 4 名となっております。

当研究室の研究テーマは、(1) 二相流計測技術の開発、(2) 二相流の流動特性に関する基礎研究、(3) 放射線誘起表面活性効果の基礎と応用の 3 つに大別されます。以下に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の概要を紹介いたします。

(1) 二相流計測技術の開発

当研究室では、二相流研究を開始した 15 年程前より、二相流の複雑流動構造を高精度に測定する技術の開発に取り組んでおります。今から 10 年ほど前には、気泡流の界面構造を測定するステレオ画像解析法 (Stereo Image-processing Method: SIM) を開発しました。SIM は気泡流内部の気泡の 3 次元位置と形状をステレオカメラ撮影によって再構築する測定方法です。これまでにこの手法を用いて、垂直管や曲がり管内における気泡構造とその流動発達過程を測定し、得られたデータを用いて、シミュレーション結果との比較や流動を予測する構成方程式の開発を行っております。

また、液膜流れを対象として、レーザーフォーカス変位計 (Laser Focus Displacement Meter: LFD, キーエンス社製 LT-8100) を応用した液膜界面構

造の測定手法を開発しております(図1)。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装置ですが、従前の液膜厚さ測定方法と比較すると、格段に高い空間分解能を持ち、自由界面の微細構造を高精度に測定できることを、解析と実験の両面から明らかにしました。これまでにLFDを用いて、流下液膜や環状流の液膜流動特性を評価しております。

さらに、プール水タンクなどにおける自由液面

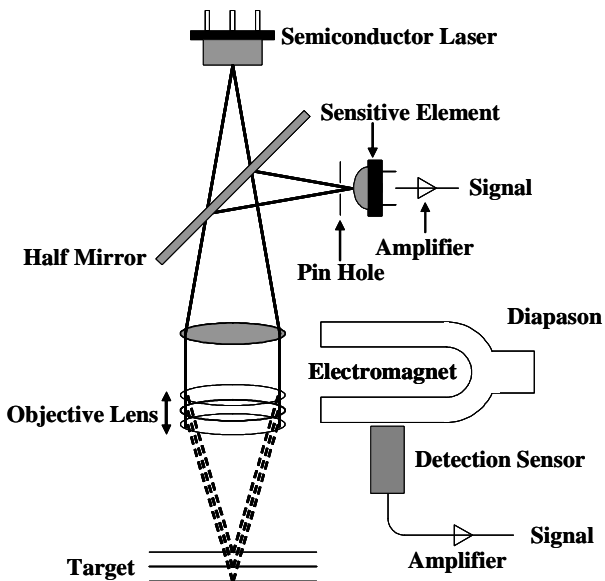


図1 LFDの動作原理

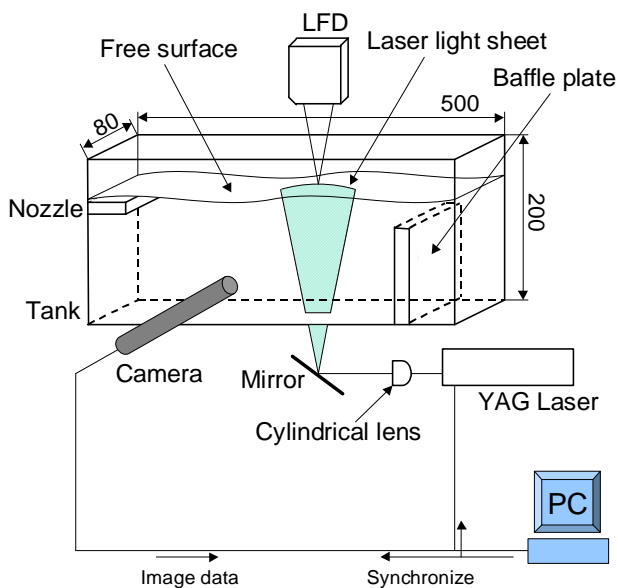


図2 LFDとPIVによる自由液面下3次元液流速分布と液面構造の同時計測

の波動と内部流動の相互関係を明らかにする目的で、LFDと粒子画像流速測定法(Particle Image Velocimetry: PIV)を用いて液面構造と液面下3次元液流速分布を同時に測定する方法を、東京大学の岡本孝司教授と共同で開発しております(図2)。

(2) 二相流の流動特性に関する基礎研究

当研究室では、幅広い流動条件と流動環境を対象とした気液二相流の基礎研究を行っております。写真1は、垂直管空気-水系二相流実験ループの写真です。この装置を用いて、気泡流界面構造の発達特性の測定や、LFDによる環状流の微小液膜界面構造の測定、壁面の濡れ性を変化させた際の気液二相流の流動様式や各種流動パラメータの測定など、気液二相流の流動特性の解明と流動を予測するための構成方程式の開発に着目した各種の実験的研究を行っております。

また、岐阜県土岐市にある無重量研究センター(MGLAB)の落下塔施設を用いて、微小重力下の二相流実験を行っております。写真2はその流動ループの全景です。この実験では、主として気泡にかかる揚力と、浮力に起因した気泡の合体効果を評価する目的で、9mm管内における気泡の形状や分布、上昇速度などのパラメータを前述の

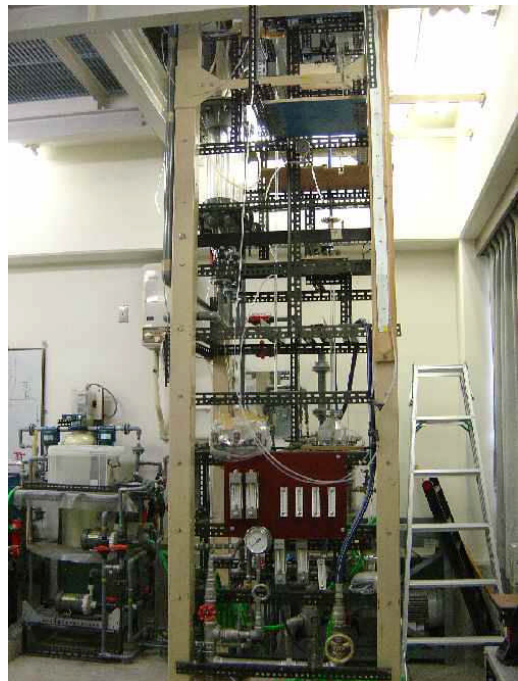


写真1 二相流実験ループ



写真2 微小重力実験装置

$z/D = 450$					
$z/D = 150$					
$z/D = 15$					
j_t	0.781m/s	0.815m/s	0.795m/s	1.65m/s	1.65m/s
j_g ($z/D = 250$)	0.124m/s	0.396m/s	0.642m/s	0.165m/s	0.441m/s

図3 0.5 mm 管内の二相流画像

SIM で測定しております。微小重力保持時間が 4.5 秒と非常に短いため、このような時間的制約を受ける環境での気泡界面形状の測定では、画像解析がほとんど唯一の測定法になります。

さらに、高転換軽水炉の炉心、核融合炉ダイバータ、高性能電子デバイスなどの冷却をはじめとした狭隘流路内二相流動を応用した機器の開発に関連して、内径 1 mm 以下のマイクロ・ミニチャンネル内に形成する気液二相流の流動特性に関する研究も行っております。図 3 は内径 0.5 mm の管内に形成する二相流の画像です。これまでに、マイクロ・ミニチャンネル内特有の二相流圧力損失特性や気液界面構造の発達特性、液膜の微視的構造を評価しております。

なお、以上に紹介した気液二相流の基礎研究は、京都大学原子炉実験所・助教授の日引俊先生と、Purdue 大学原子力工学科・教授の M. ISHII 先生との共同で実施しております。

(3) 放射線誘起表面活性効果の基礎と応用

放射線誘起表面活性効果 (Radiation Induced Surface Activation: RISA) は、酸化チタン表面の光触媒作用と同様に、汎用金属 (チタン、ステンレス、ジルカロイ、銅など) の酸化被膜に放射線を照射することで被膜表面に電気化学的な作用を生じさせるという当研究室において 6 年前に発見された現象です (図 4)。この RISA のメカニズムの解明に関する基礎研究と、工業的利用を目的とした各種の応用研究を実施しております。RISA の代表的な効果として、酸化金属被膜の濡れ性の向上とそれによる沸騰伝熱特性の改善が挙げられます。これまでの基礎研究により、数 kGy/h のオーダーの γ 線を照射することで、沸騰限界熱流束とライデンフロスト温度およびクエンチング速度

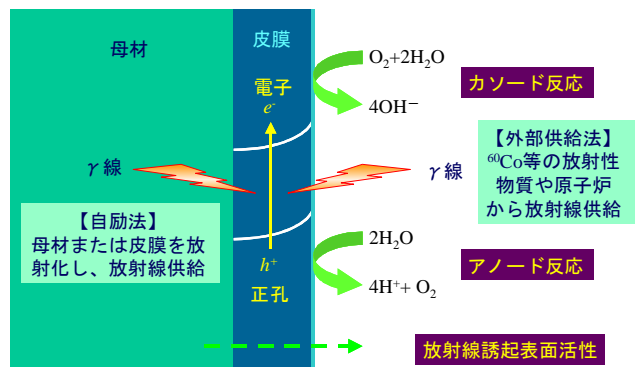


図4 RISA のメカニズム

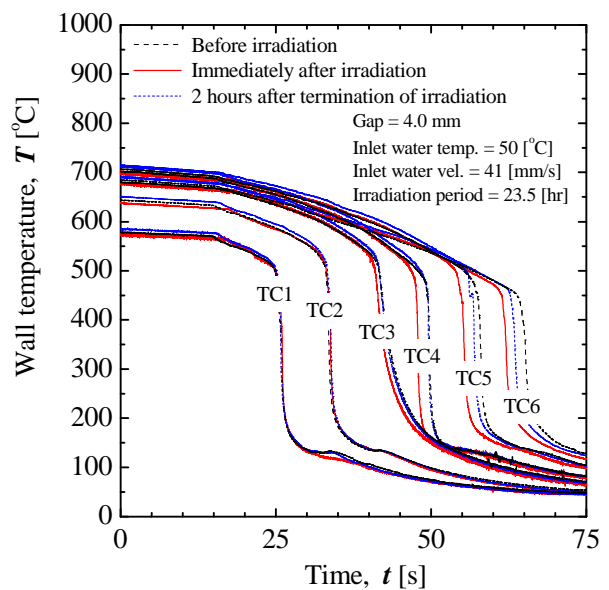


図5 RISA によるクエンチング特性の向上

(図 5) が著しく向上することを明らかにしております。また、RISA による原子炉内構造物の防食特性の向上や応力腐食割れ (Stress Corrosion Cracking: SCC) の防止に着目した基礎研究も行っております。これまでの原子炉構造材の SCC 低減方法としては、冷却材への水素注入や、水素触媒機能を有する貴金属の担持によって、腐食電位を SCC 発生の閾値より卑化させる方法が適用されてきましたが、RISA による防食法では、非消耗で水質を調整することなく各種金属の腐食電位を卑化することができることから (図 6)、より安全かつ柔軟な原子炉の運転管理を達成できる技術として期待されております。これらの RISA による伝熱特性向上と防食特性向上技術は、経済産業省の公募事業である「革新的実用原子力技術開発」(2003 年 - 2006 年:放射線誘起表面活性効果による高性能原子炉に関する技術開発) に採択され、現在、東京大学、京都大学、電力中央研究所、海洋技術安全研究所、神戸製鋼、東芝との連携で、実用化のための各種応用研究を実施しております。

さらに、RISA による材料表面の電位特性を利用した放射線検出器の開発を、東京大学、北海道大学、核燃料サイクル開発機構 (JNC)、京セミとの共同で実施しております。RISA 放射線検出器は、通常の放射線測定器では測定不可能な放射線強度である数 kGy/h 以上の γ 線の過渡測定が可能であり、かつ応答範囲が 6 桁以上と大きいことや、物理・化学的に非常に安定であることから、宇宙環境や高温原子炉内などの極限環境下における測定に適しております。また回路が非常に簡単であ

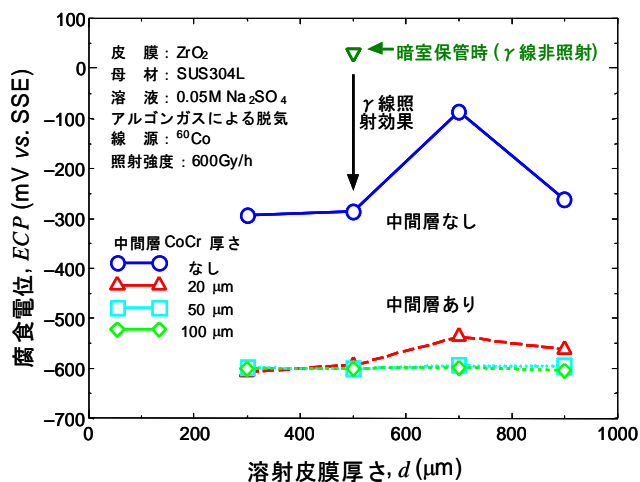


図 6 ステンレス鋼の腐食電位



写真 3 RISA 放射線検出素子 (プロトタイプ)

りかつ集積化が容易であるために、これまでの放射線検出器では得られない超小型化が可能です (写真 3)。個々の測定に応じた仕様および実用化についてはこれからの課題ですが、医療 (放射線治療)、材料解析、原子物理解析ほか放射性廃棄物処理システムや環境放射線の低・高レベル放射線測定などに応用するための研究を着々と進めております。

以上のように、当研究室では熱流動を背景とした実験的研究を中心に取り組んでおります。本学の海洋電子機械工学科では船舶の実習があるために、卒論生は 12 月に卒業論文の発表を行わなければならない、また一般の工学部と比較すると修士の進学率が低いことから、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ない状況にあります。実験研究は、装置の作成からデータ取得、解析までそれなりの時間と労力を要するものですが、短い期間ながらも学生達はそれらを自らの手で積極的に実践しております。今後も学生自身が興味を持ち、かつ積極的に取り組めるような魅力のある研究を行っていきたいと思います。

またここに紹介させていただきました研究は、紙面に名前が登場した方のみならず、各方面からの多くのご意見・ご指導、実験・解析協力などにサポートされており、これらのご協力を得ずして研究結果は得られておりません。紙面を持って御礼させていただくとともに、これからも各位のご指導ご鞭撻を賜れば幸いに存じます。

運営委員会報告

第 26 回 熱流動部会運営委員会 議事録

- (1) 日時：平成 17 年 5 月 27 日（金） 10:00-12:00
- (2) 場所：日本原子力学会会議室
- (3) 出席者：杉山部会長、佐藤副部会長、澤田表彰委員長、上出企画委員長、田中国際委員長、堀田研究委員長、吉田広報委員長、山本広報副委員長、山口総務委員長（山口記）
- (4) 配布資料
- ① 総務委員会（平成 17 年度予算、企画セッションについて、部会等運営委員会について）
- ② 企画委員会活動報告
- ③ 研究委員会活動報告
- ④ 国際委員会活動報告
- ⑤ 広報委員会活動報告
- ⑥ 出版編集委員会活動報告

議事

1. 部会長挨拶（杉山憲一郎部会長）

熱流動部会活動のキーワードは安全、エネルギー、社会である。原子力の安全、エネルギーでハード面をしっかりやれる部会は限られている。また、熱流動部会は広い範囲をカバーするべきで、原子力だけでなくその熱利用なども含めてエネルギー全体を見通した活動としたい。さらに社会からサポートされるということも大切であることも指摘したい。澤田前部会長の活動を引き継いで発展させ、モデルとなる部会として研究会活動を実施したい。

2. 17 年度役員の自己紹介

各委員長より自己紹介があった。

3. 総務委員会（山口彰総務委員長）

- ・承認された 17 年度予算について報告された。通常予算のその他収入として、部会活動による収益が計上されていることを確認した。
- ・原子力学会企画セッションの候補として、秋の大会では、片岡先生の「多次元気液二相流構成方程式に関する評価」が計画されていることが紹介された。今後の企画セッションの候補として、エネルギー利用に関するセッション、超音波計測技術の精度（岡本先生主査で予定の委員会）の 2 件が上げられた。他に候補を募ることとした。
- ・部会等運営委員会委員を各部会から選出することになり、総務委員長が務めることとなった。任期は 2 年とする。
- ・澤田前部会長より企画委員会の審議状況が紹介された。新・企画委員会の候補がいれば推薦をして欲しいとの発言があった。

4. 企画委員会（上出英樹企画委員長）

- ・Dr フォーラムの計画が紹介された。
- ・日韓セミナーを開催することが芹沢先生を中心に学会で計画されていることが紹介された。
- ・熱流動部会では、隔年に NTHAS を開催しているので、その打ち合わせも兼ねて Dr フォーラムにて韓国から特別講演をしてもらおう案が出された。
- ・今年度の進め方については、杉山部会長と芹沢先生でご相談いただき、その方針に従い、企画委員会ですすめることとした。
- ・また、今後の Dr フォーラムのあり方について、2 日間開催とし、初日は若手の発表、2 日目（午前）は特別講演をするという提案が出された。
- ・今年度は会場の都合で 2 日開催は不可能であるが、来年度以降については、企画委員会で検討することとした。
- ・また、早めにメーリングリストで Dr フォーラムの開催案内を配布し、参加者の勧誘を図ることとした。

5. 研究委員会（堀田亮年研究委員長）

- ・今年度開始予定の専門委員会の紹介があった。しかし、年度内に立ち上がるか未定であり、研究委員会でフォローすることとした。
- ・また、岡本先生の超音波流量計の精度に関する専門委員会が立ち上がる可能性があることが紹介された。
- ・今後は、安全研究のロードマップに基づき、ニーズに応えるような専門委員会や、原子力安全基盤機構の活動をサポートするような専門委員会を具体化してはどうかという意見があった。
- ・また、研究受託をうけて特別研究専門委員会を企画するべきとの意見があった。

6. 国際委員会（田中伸厚委員長）

- ・国際会議のリストが紹介された。今年度は国内開催の国際会議はないが、NTHAS5 についてはソウル大学の Park 先生と早めに連絡をとって協力してもらいたいとの意見があった。
- ・国際会議の特集号を出版するときには、そのための予算を組んでおく必要がある点が指摘された。

7. 広報委員会（吉田啓之委員長）

- ・ホームページ更新、ニュースレターの発行について計画の紹介があった。
- ・メーリングリストについて、部会員のアドレスの更新、新規勧誘をすることとした。澤田前部会長（理事）より学会員数の状況について補足説明があった。原子力学会は会員数が去年から今年にかけて 150 人

減少した。賛助会員も減少あるいは減口している。
会員増強をお願いして欲しい。

欲しいとの要請があることが紹介された。阿部出版
編集委員長に企画代表者の小泉先生と相談していた
だくこととした。

8. 出版編集委員会（山口総務委員長）
- ・ 活動報告資料をメールで配布する。
 - ・ 編集幹事会から二相流計測について連載を再考して

秋季セミナー「Dr.フォーラム」開催のご案内

主催：原子力学会・熱流動部会、共催：計算科学技術部会

会期：2005年9月15日～16日

会場：ユートリー八戸地域地場産業振興センター（八戸駅よ
り徒歩1分）

<http://www.youtree.com/youtree/index.html>

秋期セミナー「Dr.フォーラム」は、学位取得後数年の方々
を講師に迎えて学位論文での研究成果を講演いただき、次
代を担う若い方々を会員各位に紹介するとともに、今後の活
動への激励を行うものであります。これまで、北海道、福島、
富士山を望む裾野、京都と好評を博して参りました。熱流動
部会は今年も「秋の大会」（八戸工業大学）にあわせ、計算
科学技術部会と共にDr.フォーラムを開催致します。新しいテ
ーマに向かって研究準備をされている方、広い視野で研究
展開を期されている指導者の方、眼前の困難に立ち向かい
飛躍を胸に秘めている方、ぜひ、Dr.フォーラムにご参加下さ
い。八戸駅すぐそばで、学会からのアクセスも便利な会場に
て、6名の講師の方々が、知的興奮に満ちた研究成果をもつ
て待ち受けています。

プログラム:

9月15日（木、学会最終日）

15:00 会場集合

15:30 Dr.フォーラム:その1

- ・ Image Equations and Methodologies for Visualized Field Analysis
遠藤 久(東北大学)
- ・ 三次元TWO-WAY気泡追跡モデルに基づく気泡流予
測に関する研究
牧野 泰(三菱重工)
- ・ 中性子拡散・燃焼カップリング計算
大岡靖典(原子燃料工業)

- ・ 高温融体中への水ジェットの貫入と直接接触沸騰に関
する研究

柴本 泰照(日本原子力研究所)

19:00 懇親会

9月16日（金）

08:00 朝食

09:00 Dr.フォーラム:その2

- ・ CFD乱流モデルと燃料集合体熱流動解析
Emilio Baglietto(東京工業大学)
- ・ 格子ボルツマン法による水平層状二相流の界面成長及
び変形に関する研究
海老原 健一(日本原子力研究所)

11:00 解散

参加費：一般：15,000円、学生：9,000円（宿泊費、懇親会費
込み）

お支払は銀行振り込みまたは当日に幹事の上出まで。

振込先：常陽銀行、旭支店、口座番号：1125906、
名義：ドクターフォーラム実行委員会 代表 上出 英樹

申込締切：8月31日（水）ただし、定員（30名）になり次第、
締切り

申込先：E-mailでお願いします。タイトル「Dr.フォーラム参加」
として氏名、所属、連絡先（住所、電話、Fax）を
kamide@oec.jnc.go.jp まで

企画内容の問合せ先:

サイクル機構、大洗工学センター、新技術開発試験グルー
プ 上出 英樹(かみで ひでき)
電話 029-267-4141、E-mail: kamide@oec.jnc.go.jp

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>

ニュースレターへの原稿は、随時受付を行っております。研究室紹介、会議案内、エッセイ等ございましたら、またニュースレターに関するご質問、ご意見、ご要望等

ありましたら、ぜひ下記宛にe-mailをいただければ幸いです。

e-mail宛先：yoshida@hflwing.tokai.jaeri.go.jp