

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター（第 105 号）
NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

部会長ご挨拶

2024 年度熱流動部会長 西 義久



この度、大川富雄前部会長（電気通信大学）の後任として、2024 年度の熱流動部会長を務めることになりました電力中央研究所の西と申します。伝統ある熱流動部会の部会長という重責をお受けすることになり身の引き締まる思いです。力不足を感じつつではありますが、運営委員会メンバー、並びに部会員の皆様のご協力をいただきながら、円滑な部会運営を図っていく所存でおりますので、何卒宜しくお願い致します。

さて、今夏の日本の平均気温は平年と比べて 1.76 度高く、昨年続き気象庁が統計を取り始めてからの 125 年間で最も高くなったとのこと。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の報告書では、地球温暖化対策が急務であると述べられています。

世界的な政情不安に関係したエネルギー価格

の不安定化と高騰、先に述べた地球温暖化対策に係る必要性を受け、昨年 7 月に「脱炭素成長型経済構造移行推進戦略」（GX 推進戦略）が閣議決定されました。その中では、「原子力の活用」が明記され、廃炉を決定した原発の敷地内での次世代革新炉への建て替え、運転期間の延長などにも触れられています。

また第 7 次エネルギー基本計画の改定に向けた議論が始まっていますが、その中ではデータセンターや半導体工場の新増設等により、産業部門について電力需要の大幅増加が見込まれるとの予測も示され、そのような中で、脱炭素電源の供給力確保の抜本的な強化が必要であることにも触れられています。

一方で、国内の原子力発電容量は年を追って大幅減少することが予測され、新設に 20 年程度のリードタイムが必要な原子力発電にとって、研究開発人材の確保は待ったなしの状況にあると考えます。そして伝熱・流動は、原子力の安全や設計を担う基盤的かつ重要な技術分野の一つと言えます。

この分野を支える研究者の最も身近な議論・交流の場が、日本原子力学会の年会・大会における伝熱・流動セッションであろうと思われませんが、大川前部会長は、この発表件数の減少について危惧を発信されていました。

その推移について、ここで改めて提示させていただきたいと思います。図 1 は伝熱・流動セッションについて、2016 年春から 2024 年秋までの投稿数を示していますが、2019 年秋までは 50 件を超える発表があり、2016 年春から 4 回程度は 3 日間の 1 会場では不足、2 会場併設でのプログラムが組まれていました。

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター（第105号）

NEWS LETTER (No.105)

Sep. 30th. 2024

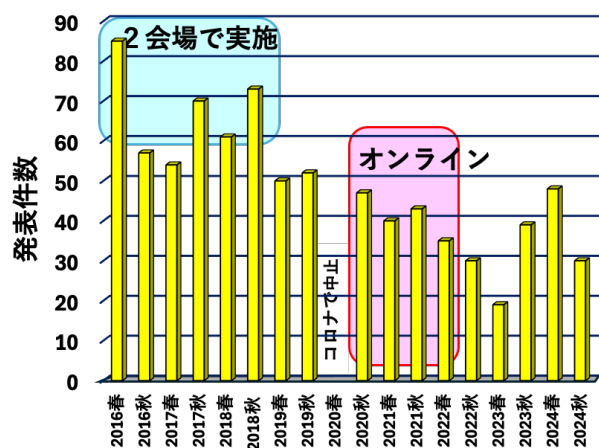


図1 年会、大会における発表件数の推移

コロナの影響で中止となった2020年春以降、4回はオンライン開催でしたが、この頃に漸減の傾向が見え始め、対面での開催が再開された後もその傾向が続いていたことがわかります。2023年秋には回復の兆しが見え始めましたが、旧来のような数字には未だ至っておりません。

他部会のセッションや国際会議等で発表する機会が増えていることが影響していることを考慮しても、先に述べたように、伝熱・流動が原子力における重要な基盤的技術であることを考えると、この減少は近い将来、深刻な結果を招く可能性があると思われます。

大川前部会長も率先して伝熱・流動セッションへの積極的な参加を促されておりましたが、運営小委メンバーの協力を得て、継続した声掛けを継続したいと思います。

コロナ渦や予算的課題などで中断していた若手交流フォーラムについても、本年度は対面実施での再開を計画しており、若手研究者の参画の機運を盛り上げたいと考えています。

これまで熱流動部会が実施してきた、若手研究者間交流、活性化の為の企画、学会参加への援助等についての予算的な配慮に関しては、学会でご議論いただいていると思いますが、規定の許す範囲で、できるだけ支援を拡大し、特に若手研究者の増加、裾野の拡大に努めていきたいと考えています。

今後、熱流動部会が推進する国際活動としては、2024年11月のNTHAS13および日韓学生セミナー（韓国）、2025年8～9月のNURETH-21（釜山）と続き、NUTHOS15は2026年9月に柏の葉（千葉県）で、NTHAS14は2026年11月に富山市で日本主催での開催が予定され、関係の皆様のご尽力により着々と準備が進められています。ぜひ部会員の皆様の積極的なご参加をお願い申し上げます。

最後に繰り返しになりますが、年会・大会、国際会議等への参加とセッション会場内外での横の交流が伝熱・流動分野の研究力の維持・向上につながると信じております。そのために運営委員会メンバーとともに鋭意努力致しますので、引き続き、皆様のご協力及びご指導・ご鞭撻を賜りたく、宜しくお願い申し上げます。

以上

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター（第 105 号）

NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

日本原子力学会 2024 年春の年会 企画セッション実施報告

研究小委員会 歌野原 陽一、塚田 圭祐

1. **タイトル:**原子炉安全研究における「温故知新:過去を学んで新しい知識を見出す」—ベテラン研究者と若手研究者の座談会
2. **日時:**2024 年 3 月 27 日 (水) 13:00-14:30
3. **場所:**K 会場 (近畿大学 21 号館 4F 21-422 号)
4. **座長:**守田 幸路 (九州大学)
5. **目的・内容:**原子力分野の重要な課題として人材育成が挙げられ、研究分野で長年蓄積されてきたベテラン研究者たちのノウハウを若い世代へ伝授することが極めて重要である。特に SA 分野においては、近年大型実験装置を使った研究を行うことが難しくなるなど、研究環境は変わりつつあるため、研究を行う上での難しさを感じている若手研究者が多数存在する状況である。このような状況の中、本専門委員会では、委員として参加している若手研究者との議論を通じて、若手研究者には、「温故知新」のように、大学・研究機関・企業など各分野で長年研究に携わって来たベテラン研究者から、経験及び知識、ノウハウを学び、自身の研究を俯瞰するとともに、将来世界で活躍するための力を付けたいとの強い要望があることが分かった。本企画セッションでは、このような背景を踏まえ、「座談会」形式で、ベテラン研究者が若手研究者に伝えたいこと、そして若手研究者からベテラン研究者にお聞きしたいことについて話し合う場を設け、以下の講演者によるショートスピーチ及び座談会を実施した。
6. **講演者及びショートスピーチのタイトル**
 - ◇ 阿部 豊 (筑波大学)
 - シビアアクシデント研究の今昔
 - ◇ 西 義久 (電力中央研究所)
 - 電中研における原子力熱流動関連のいくつかの研究について
 - ◇ 岩城 智香子 (東芝 ESS)
 - 企業における原子力熱流動の研究開発
 - ◇ 梅原 裕太郎 (九州大学)
 - 原子炉設計における非定常熱流動現象のいろは
 - ◇ 堀口 直樹 (原子力機構)
 - 熱流動現象の詳細を俯瞰的に理解していくために取り組むべき事
 - ◇ 園田 大貴 (原子力規制庁)
 - シミュレーションによるシビアアクシデント研究の経験から
7. **参加者:**67 名



企画セッションの様子

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター (第 105 号)
NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

会員総会報告

熱流動部会第 63 回全体会議 議事録

1. 日時：令和6年3月27日(水)12:05～12:55
2. 場所：近畿大学東大阪キャンパス
K会場 (21号館4F 21-422)
3. 配付資料
 - ① 日本原子力学会熱流動部会
第63回全体会議 議事次第
 - ② 令和6年度熱流動部会役員リスト
 - ③ 総務小委員会活動報告
 - ④ 企画小委員会活動報告
 - ⑤ 研究小委員会活動報告
 - ⑥ 国際小委員会活動報告
 - ⑦ 広報小委員会活動報告
 - ⑧ 出版編集小委員会活動報告
 - ⑨ 表彰小委員会活動報告

4. 議事

1) 部会長挨拶 (大川部会長)

大川部会長より開会の挨拶がなされた。春の年会、秋の大会の講演件数が増加傾向にあること、また、コロナ禍で開催できなかった若手交流フォーラムのような対面イベントについても、まだグレーなところはあるが、人材育成の観点からも認められる方向となりつつあること、今年11月に開催されるNTHASでの発表を検討いただきたい旨が述べられた。

2) 総務小委員会活動報告 (森委員長)

配布資料②を用いて令和6年度熱流動部会役員が紹介された。

配布資料③を用いて、インボイス制度に伴い年会大会参加料が改定されたこと、2024年秋の大会(東北大学)、2025年春の年会(オ

ンライン)の予算案が承認されたことが報告された。また、春の年会をWeb開催とする決定に対して、再考してはどうかとの問題提起があり、対面とする効用や現地委員会の負担等を考慮した上で、支部協議委員会とも情報共有しながら再検討することになったこと、熱流動部会が取り纏めた繰越金有効活用の要望については、ポジティブに考えてよく、総務財務委員会としては個別に議論して対応していきたいとのが報告され。続いて、2024年度フェロー候補者の推薦依頼があり、阿部豊前部会長(筑波大学名誉教授)を推薦したこと、2024年度予算案を作成し、学会事務局へ提出したことなどが報告された。

3) 企画小委員会活動報告 (堀口委員長)

配布資料④を用いて、第5回若手研究者勉強会を12/15にオンライン開催(参加者16名)したことが報告された。勉強会では、早稲田大学の師岡名誉教授による特別講演に続き、ポスター発表が実施され、ポスター発表については採点結果に基づき、学生から1名を優秀発表賞の被推薦者として選出し、表彰小委員会委員長へ推薦された。また、企画小委員会に副委員長職を2024年度から設置することについて四役に提案し了承を得たことなども報告された。

4) 研究小委員会活動報告 (新井委員長)

配布資料⑤を用いて、「原子炉過酷事故に対する機構論的解析技術」研究専門委員会(主査：九大 守田先生)の活動、及び、設立の検討を進めている研究専門委員会(仮称：過渡多次元炉内熱流動計測技術)の状況について報告がなされた。また、2023年秋の大会での企画セッション「気液二相流計測に

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター（第105号）

NEWS LETTER (No.105)

Sep. 30th. 2024

於ける最先端技術」の開催報告がなされ、2024年春の年会での企画セッションについては、「原子炉過酷事故に対する機構論的解析技術」研究専門委員会から、「原子炉安全研究における「温故知新：過去を学んで新しい知識を見出す」-ベテラン研究者と若手研究者の座談会」を企画したことが報告された。熱流動ロードマップについては、熱流動部会役員メンバーによる自身の専門分野の通読をもってローリング作業を進めていることが報告された。

5) 国際小委員会活動報告（丸山委員長）

配布資料⑥を用いて、2026年に日本で開催予定のNTHAS14が、会期を2026/11/1～11/4とし、会場を富山国際会議場、もしくは、別府国際コンベンションセンタを候補として検討していることが報告された。

6) 広報小委員会活動報告（松崎委員長）

配布資料⑦を用いて、部会HPの管理・更新を進めていることやメーリングリストを用いた会員への情報発信、熱流動部会ニュースレターのドラフトを作成していること、また、部会HPに掲載されている「多次元二相流構成方程式に関する評価調査研究報告書」の公開範囲を熱流動部会会員以外にも拡大したことが報告された。

7) 出版編集小委員会活動報告（打道委員長）

配布資料⑧を用いて、2023年度より分野別責任者・副責任者は廃止され、責任編集委員（元京都大学の杉本先生）が新たに任命されており、査読の采配は杉本先生がほぼ一括で対応される体制となったこと、JNSTで2025年上半期公開を目標にNUTHOS14特集号を発行しようと計画していることが報告された。

8) 表彰小委員会報告（岩城委員長）

配布資料⑨を用いて、2023年度熱流動部

会賞について審査を実施し、功績賞1名、業績賞2名、奨励賞3名の受賞候補者の報告がなされた。さらに、優秀講演表彰として、令和5年秋の大会優秀講演に対して3名、若手研究者勉強会における優秀発表賞として1名の受賞候補者の報告がなされた。

続いて表彰式が開催され、大川部会長より以下の各位に表彰状が贈呈された。

【功績賞】

植田 伸幸 氏（電力中央研究所）

「金属燃料高速炉における安全評価技術の高度化と熱流動研究発展への貢献」



【業績賞】

大島 宏之 氏（日本原子力研究開発機構）

「ナトリウム冷却高速炉に特有の熱流動現象の数値解析手法の高度化及び革新炉開発への貢献」



THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター（第 105 号）

NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

【業績賞】

吉田 啓之 氏（日本原子力研究開発機構）
「原子炉熱流動に対する多相流シミュレーション技術開発」



【奨励賞】

植田 翔多 氏（電力中央研究所）
「アモルファスフッ素樹脂を活用したインデックスマッチング手法による充填層内気液二相流の可視化とボイド率分布における壁面影響の解明」



【奨励賞】

淀 忠勝 氏（三菱重工業）
「機構論モデルを応用した限界熱流束予測手法の開発」



【優秀講演賞（2023年秋の大会）】

林田 侑也 氏（九州大学）
「金属製マイクロハニカム多孔質体の内部微細構造がプール沸騰限界熱流束に与える影響」



【奨励賞】

岡垣 百合亜 氏（日本原子力研究開発機構）
「プールのスクラビングの気泡力学に関するCFD 研究」



【優秀講演賞（2023年秋の大会）】

辻村 玲摩 氏（電気通信大学）
「人工知能技術と熱流動の融合によるデータ駆動型プラント安全評価手法の開発(2) 強制対流サブクール沸騰における発泡核間干渉とAI 画像解析の応用」



THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター（第 105 号）

NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

【優秀講演賞（2023年秋の大会）】

Wen Zhou 氏（東京大学）

「Integration of AI Technology and Thermal Hydraulics for the Development of a Data-Driven Methodology for Plant Safety Assessment (3) Robust condensation bubble feature extraction in subcooled flow boiling using object detection and tracking technique」



【優秀発表賞（第5回若手研究者勉強会）】

中野 幸佑 氏（静岡大学）

「フィルム型光導波路を用いた液膜計測時のじょう乱波検出法の開発」



9) その他

JAEA・岡垣氏より、2025年12月に茨城県水戸市で開催される第10回原子炉安全のための数値流体力学ワークショップ(CFD4NRS-10)の紹介があった。

10) 副部会長挨拶（西副部会長）

西副部会長より、全体会議参加への御礼と、引き続き、熱流動部会を盛り上げていきたい、と閉会の挨拶があった。

以上

運営委員会報告

熱流動部会令和5年度第2回運営会議 議事録

- 日時：令和6年2月2日（金）9:00～10:30
- 場所：Webexによるオンライン開催
- 出席者：
 - 大川 部会長（電通大）
 - 西 副部会長（電中研）
 - 森 総務小委員会委員長（九大）
 - 上遠野 総務小委員会副委員長（日立製作所）
 - 堀口 企画小委員会委員長（JAEA）
 - 古市 企画小委員会委員（日立製作所）
 - 植田 企画小委員会委員（電中研）
 - 新井 研究小委員会委員長（電中研）

- 歌野原研究小委員会副委員長（公立小松大）
- 丸山 国際小委員会委員長（三菱重工）
- 伊藤 国際小委員会副委員長（京都大学）
- 松崎 広報小委員会委員長（日立製作所）
- 張 広報小委員会副委員長（北海道大学）
- 打道 出版編集小委員会委員長（三菱重工）
- 永武 出版編集小委員会副委員長（JAEA）
- 岩城 表彰小委員会委員長（東芝 ESS）
- 二ノ方 海外担当役員（ミラノ工科大）

4. 配布資料：

日本原子力学会 熱流動部会運営会議
（令和5年度第2回）議事次第
令和5年度熱流動部会役員

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター（第 105 号）
NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

総務小委員会活動報告
企画小委員会活動報告
研究小委員会活動報告
国際小委員会活動報告
広報小委員会活動報告
出版編集小委員会活動報告
表彰小委員会報告

5. 議事

1) 部会長挨拶（大川部会長）

次回春の年会では伝熱流動セッションで3日間のプログラムを編成できる発表申込があり、その観点からは回復基調であると思う。この調子で部会活動を盛り上げていきたいと考えている。

2) 総務小委員会活動報告（森委員長）

部会等運営委員会（熱流動部会からは総務小委員会委員長が参加）での主な議論・決定事項は以下の通り。

- ・インボイス制度に伴い年会大会参加料が改定された。今後、部会が主催する会議などの参加料に対しても同様の対応が必要となるため、事務局にて各種フォーマットを改定してから関係者に送付されるとのこと。

- ・2024年秋の大会（東北大学）、2025年春の年会（オンライン）の予算案が承認された。なお、春の年会をWeb開催とする決定に対して、再考してはどうかとの問題提起があり、対面とする効用や現地委員会の負担等を考慮した上で、支部協議委員会とも情報共有しながら再検討することになった。

- ・熱流動部会が取り纏めた繰越金有効活用の要望について、ポジティブに考えてよく、総務財務委員会としては個別に議論して対応していきたいとのこと。

事務局より 2024 年度フェロー候補者の推薦依頼があり、四役で協議の上、阿部豊前部会長

（筑波大学名誉教授）を推薦した。

令和 6 年度熱流動部会役員四役を中心に検討し、新任予定の各位については内諾を頂いている。（全体会議で承認いただく予定）

2024 年度予算案を作成し、学会事務局へ提出済み。今年度までは運営会議や小委員会で使用する可能性がある旅費を申請していなかったが、2024 年度については旅費の申請も認められた。

3) 企画小委員会活動報告（堀口委員長）

第 5 回若手研究者勉強会が 12/15 にオンライン開催されたことが報告された。本勉強会は若手研究者の交流促進による学会活動の活性化、及び、研究者としての将来像を描く一助になることを期待して開催されているもの。参加者は 16 名で、早稲田大学の師岡名誉教授による特別講演に続き、ポスター発表が実施され、ポスター発表については採点結果に基づき、学生から 1 名を優秀発表賞の被推薦者として選出して、表彰小委員会委員長へ推薦した。

企画小委員会に副委員長職を 2024 年度から設置することについて四役に提案し了承を得た。

4) 研究小委員会活動報告（新井委員長）

「原子炉過酷事故に対する機構論的解析技術」研究専門委員会（主査：九大 守田先生、2021/6/1～2025/5/31）の活動、及び、設立の検討を進めている研究専門委員会（仮称：過渡多次元炉内熱流動計測技術）の状況について報告がなされた。

2023 年秋の大会での企画セッション「気液二相流計測に於ける最先端技術」の開催報告がなされ、2024 年春の年会での企画セッションについては、「原子炉過酷事故に対する機構論的解析技術」研究専門委員会から、「原子炉安全研究における「温故知新：過去を学んで新しい知識を見出す」-ベテラン研究者と若手研究者の座談会」

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター（第 105 号）

NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

の提案がなされ、熱流動部会役員によるメール審議を経て、企画セッション提案書を提出したことが報告された。

熱流動ロードマップについては、熱流動部会役員メンバーによる自身の専門分野の通読をもってローリング作業とすることが、2020年2月開催の運営会議で承認されており、今年度のローリング作業については、1/29に熱流動部会役員メンバーにメールで依頼したことが報告された。

5) 国際小委員会活動報告（丸山委員長）

2026年に日本で開催予定の NTHAS14 について、会期を 2026/11/1~11/4 とし、会場を富山国際会議場、もしくは、別府国際コンベンションセンタを候補として検討していることが報告された。

2024年8月に予定されている NUTHOS14 の TPC 会議に、国際小委員会のメンバーは参加し、状況を共有していくことを確認した。また、Keynote や Plenary の発表者を日本から推薦すべきとの意見を踏まえ、後日、四役と国際小委員会とで別途打合せを持つこととした。

6) 広報小委員会活動報告（松崎委員長）

部会 HP の管理・更新を進めていることやメールリングリストを用いた会員への情報発信、熱流動部会ニュースレターNo.103 を発行したことが報告された。また、部会 HP に掲載されている「多次元二相流構成方程式に関する評価調査研究報告書」の公開範囲を熱流動部会会員に限定していることの必要性について審議提案があり、当時委員長を務めておられた片岡先生に大川部会長から確認することとなった。

7) 出版編集小委員会活動報告（打道委員長）

学会論文賞への推薦について今年度は該当者

なしとしたことが報告された。

また、JNST で NUTHOS14 の特集号を発行できるかを、出版編集小委員会にて、論文誌編集長 矢野先生に問い合わせることになった。

8) 表彰小委員会報告（岩城委員長）

令和5年度（2023年度）熱流動部会賞について審査を実施し、功績賞1名、業績賞2名、奨励賞3名の受賞候補者の報告がなされた。さらに、優秀講演表彰として、令和5年秋の大会優秀講演に対して3名、若手研究者勉強会における優秀発表賞として1名の受賞候補者の報告がなされ、いずれの候補者に対しても運営小委員会において承認がなされた

功績賞

候補者：植田 伸幸 殿（電力中央研究所）

「金属燃料高速炉における安全評価技術の高度化と熱流動研究発展への貢献」

業績賞

候補者：大島 宏之 殿（日本原子力研究開発機構）

「ナトリウム冷却高速炉に特有の熱流動現象の数値解析手法の高度化及び革新炉開発への貢献」

業績賞

候補者：吉田 啓之 殿（日本原子力研究開発機構）

「原子炉熱流動に対する多相流シミュレーション技術開発」

奨励賞

候補者：淀 忠勝（三菱重工業）

「機構論モデルを応用した限界熱流束予測手法の開発」

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター (第 105 号)

NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

奨励賞

候補者：岡垣 百合亜 (日本原子力研究開発機構)

「プールのスクラビングの気泡力学に関する CFD 研究」

奨励賞

候補者：植田 翔多 (電力中央研究所)

「アモルファスフッ素樹脂を活用したインデックスマッチング手法による充填層内気液二相流の可視化とボイド率分布における壁面影響の解明」

優秀講演賞 (2023 年秋の大会)

候補者：林田 侑也 (九州大学)

「金属製マイクロハニカム多孔質体の内部微細構造がプール沸騰限界熱流束に与える影響」

優秀講演賞 (2023 年秋の大会)

候補者：辻村 玲摩 (電気通信大学)

「人工知能技術と熱流動の融合によるデータ駆動型プラント安全評価手法の開発(2) 強制対流サブクール沸騰における発泡核間干渉と AI 画

像解析の応用」

優秀講演賞 (2023 年秋の大会)

候補者：Wen Zhou (東京大学)

「Integration of AI Technology and Thermal Hydraulics for the Development of a Data-Driven Methodology for Plant Safety Assessment (3) Robust condensation bubble feature extraction in subcooled flow boiling using object detection and tracking technique」

優秀発表賞 (第 5 回若手研究者勉強会)

候補者：中野 幸佑 (静岡大学)

「フィルム型光導波路を用いた液膜計測時のじょう乱波検出法の開発」

9) 副部長挨拶 (西副部長)

冒頭、大川部会長から話があったように熱流動部会の活動として良い方向に進みつつある。私も勉強しながら引き続き皆さんと協力しながら対応していくので、よろしく願います。

研究室紹介

公立小松大学 生産システム科学科 エネルギー・安全工学研究室 歌野原 陽一

1. まえがき

公立小松大学は石川県小松市にあり、小松短期大学とこまつ看護学校を前身として 2018 年 4 月に南加賀地域唯一の四年生大学として開学しました。生産システム科学科は機械工学を中心に、電気・電子工学、情報工学の知識を幅広く身につけ、地域社会と世界の持続的発展に貢献できる人材を育成することを目指しています。北陸地区はものづくり産業が活発にもかかわらず技術系人材が不足気味であるため、本学は地

元産業界への人材供給源として期待を集めつつあります。本稿の執筆者は 2022 年に生産システム科学科エネルギー・安全工学研究室に着任し、博士前期課程 4 名、学部 4 年生 4 名とともに研究活動を行っています。主な研究テーマはプラント高経年化に関連する熱流動研究、および凝縮伝熱に関する研究です。まだ本学独自の研究設備や研究成果はあまりないため、本稿では前所属である (株) 原子力安全システム研究所 (以下 INSS) での研究成果と、現在取組中の研究テーマについて紹介したいと思います。

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター (第 105 号)

NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024



写真 1. 新メンバーの歓迎会にて (2024 年 6 月)

2. 研究テーマの紹介

流れ加速型腐食に関する研究

発電所の高温水配管内で、腐食が流れにより加速される流れ加速型腐食 (FAC) が発生すると、配管破断を引き起こすことがあります。FAC のメカニズムは Fig. 1 に示すように、配管母材から壁面近傍の濃度境界層へ鉄イオンが溶出し、主流中への物質輸送プロセスが流れ場の局所的な乱れにより加速されるものとされています。しかし、FAC メカニズムにはまだ未解明の事項が多々残っており、特に壁面近傍の局所的な物質移動を踏まえた研究が必要とされています。従って執筆者らは、INSS に設置された Fig. 2 に示すような実験装置を用い、高温水 (150°C) において水質を一定に調整し、オリフィスやエルボ、玉型弁のような配管要素における炭素鋼材の減肉速度を測定し、FAC による減肉速度モニタリング技術を確立しました[1]-[4]。

同時に、配管要素を対象としたラージエディシミュレーションを実施し、腐食速度への主要な影響因子の抽出と相関関係の評価を試みました。著者らは流れ場の影響因子として、運動量と物質輸送との相似則である Chilton-Colburn のアナログから壁面せん断応力に注目しました。Fig. 3 はオリフィス流れにおける渦構造を可視化したものです。流れはオリフィス前縁から剥離し、オリフィスから放出された渦は最終的に

縦渦状になってオリフィス下流 $x = 1D \sim 3D$ 程度で壁面へと到達する計算結果が確認されました。Fig. 4 は Large eddy simulation で得られた壁面せん断応力の RMS 値 $\tau_{w,RMS}$ と減肉速度の計測値との相関を示したもので、両者の間に

$$FAC \text{ rate} = 0.23\tau_{w,RMS}^{0.40}$$

のような相関があることが示されました[2]。このように、数値計算で算出した壁面せん断応力の RMS 値と減肉速度測定値との間に正の相関関係が見出され、減肉速度が壁面せん断応力の関数として評価できる可能性を示すことができました。なお、筆者らは一連の研究結果が認められ、2014 年度日本機械学会賞 (論文) を受賞しました。

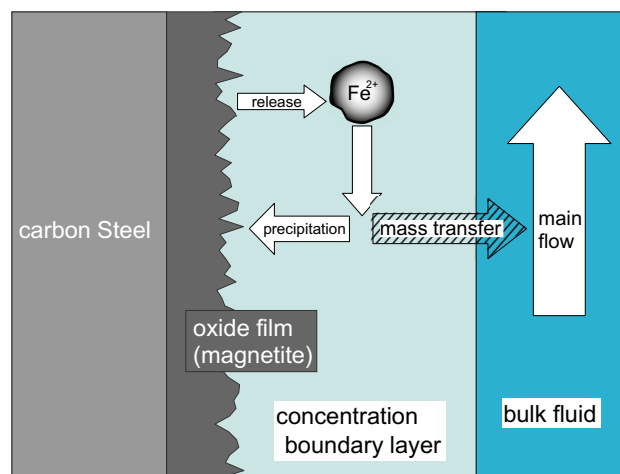


Fig. 1 The process of the flow accelerated corrosion

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター (第 105 号)

NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

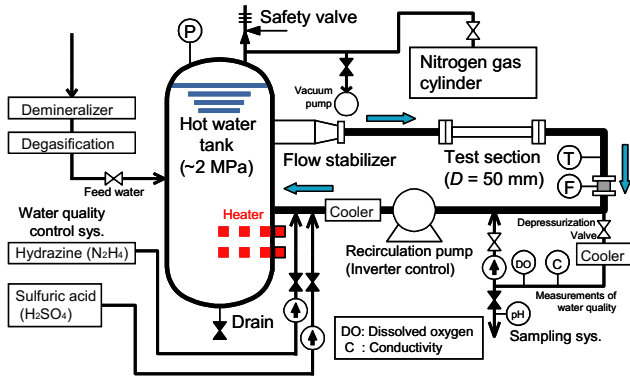


Fig. 2 Test loop for flow accelerated corrosion at INSS [1][2]

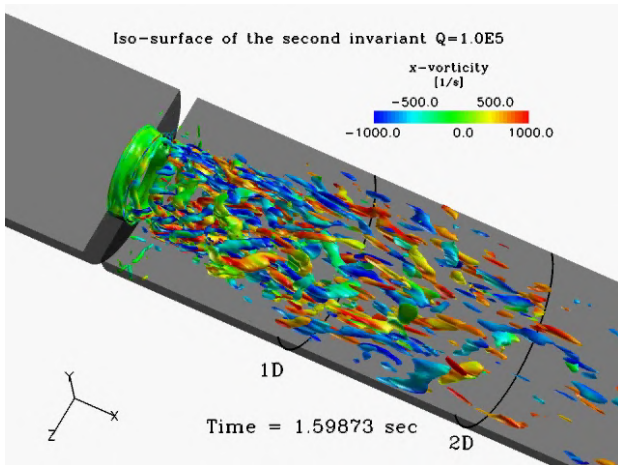


Fig. 3 Vortex structure downstream from the orifice simulated by LES

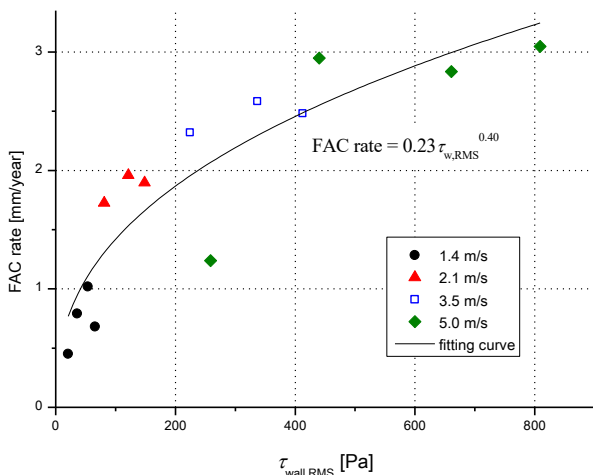


Fig. 4 Relationship between FAC rate and wall shear stress downstream from the orifice [2]

熱疲労に関する研究

T 字配管は火力発電所や原子力発電所にはなくてはならない配管要素です。しかし、配管合流部において高低温水が混合する際、温度変動によって配管内で応力が変動し、疲労で配管が損傷することがあります。この熱疲労とよばれる現象により、国内外の発電所で配管亀裂やそれに伴う冷却水漏洩の発生事例があります。そのため、熱疲労メカニズムの理解と防止方法の確立のため、これまで数多くの研究が行われてきました。執筆者も主に数値流体シミュレーションにより配管内の熱流動場を再現し、熱疲労発生メカニズムの解明に取り組んできました [5][6]。

Fig. 5 は T 字合流配管において、高温の主流流れに低温の分岐管流れが壁面噴流と呼ばれる流動様式で合流する場合の温度分布を示したものです。温度変動は分岐管流入口から円周方向に $\pm 30^\circ$ 程度の領域で強くなること、執筆者が INSS 在籍時に携わった実験 (T-cubic 実験) および数値シミュレーションで確認されています。Fig. 6 は壁面近傍の流体および配管壁面の温度計算データを周波数解析し、パワースペクトル密度を示したものです。流体温度変動が配管に伝わる際に、高周波成分であるほど強く減衰する一方、熱疲労を引き起こしやすい低周波成分は減衰せずに配管表面に伝播することがわかりました。

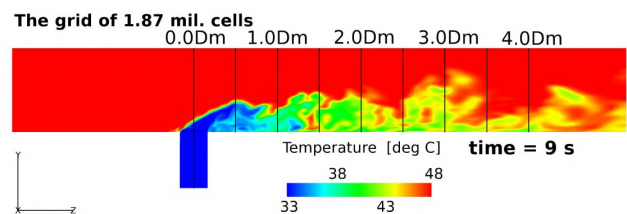


Fig. 5 Instantaneous temperature distribution in a mixing tee piping [5]

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター (第 105 号)
NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

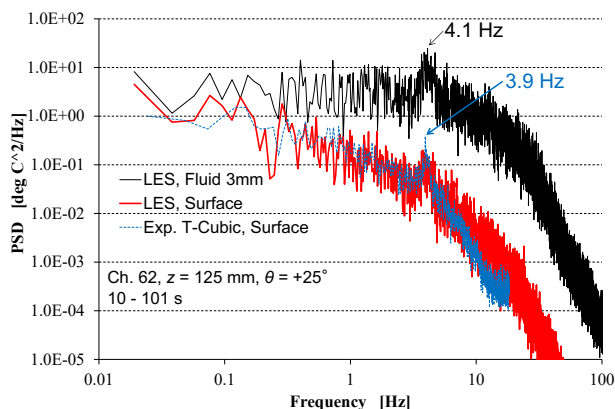


Fig. 6 Power spectrum density of the temperature fluctuation near the wall downstream from a mixing tee piping. [6]

熱疲労亀裂は主に T 字合流配管下流で生じますが、最近になって分岐管上流でも亀裂が発生する事例が報告されています。原因推定のため INSS で実施された可視化実験から、主管流れが分岐管内を逆流し分岐管壁面に温度変動が生じるためと推定しています[7]。執筆者らは分岐管への逆流現象のラージエディシミュレーションに取り組み、Fig. 7 に示すように高温の主管流れが分岐管壁面に衝突しつつ逆流する衝突型逆流現象の再現を行っています[8]。

Fig. 8 は分岐管への最大侵入深さを示したもので、分岐管に比べ主管流れの運動量が増大するほど、より深く侵入する傾向があります。数値シミュレーション結果が実験結果をよく再現することを確認した上で、実機条件に近い温度差 $\Delta T = 150^\circ\text{C}$ の条件で数値シミュレーションを実施しました。その結果、 $\Delta T = 30^\circ\text{C}$ の場合よりもより深く侵入する結果となりました。これは、温度差増大により浮力影響が増大するためと考えています。このように、実験および数値シミュレーションを組み合わせ、実際のプラント条件に近い条件での熱疲労の可能性を検討しています。

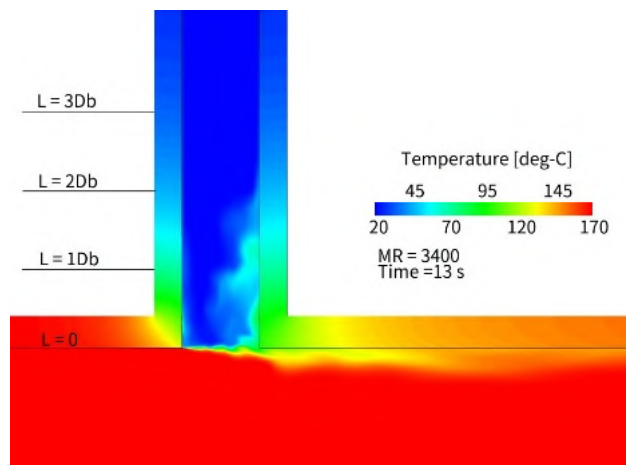


Fig. 7 Instantaneous temperature distribution of penetration flow into a branch pipe of mixing tee [8]

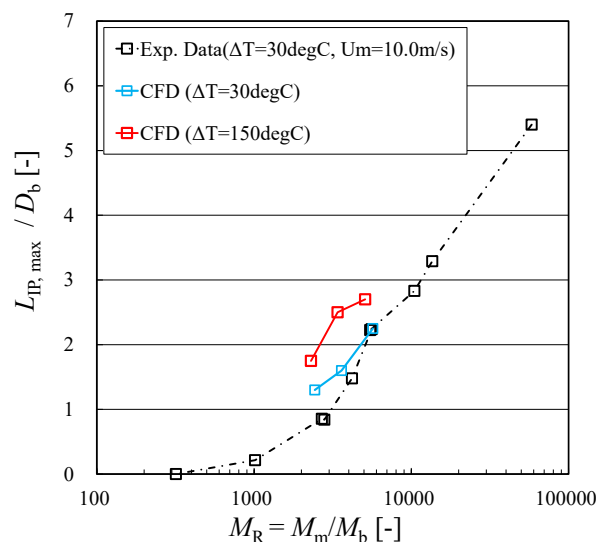


Fig. 8 Relationship between momentum ratio and maximum penetration depth [8]

壁面凝縮伝熱に関する研究

冷却材喪失事故やシビアアクシデントにおいて、空気が充満した格納容器内に高温蒸気が噴出し、壁面で冷却され凝縮することが想定されます。格納容器内の圧力および温度の推移は壁面における凝縮伝熱挙動に大きく影響を受けますが、その際、Fig. 9 に示すように、空気などの非凝縮性ガスが壁面近傍に蓄積し、蒸気凝縮伝熱が阻害されます。そのため、安全解析などにおいては非凝縮性ガス影響を考慮した凝縮伝熱

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター (第 105 号)
NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

相関式が用いられています。執筆者らは事故時の格納容器内の圧力、温度分布を 3 次元数値シミュレーションでより詳細に評価することを目的に、非凝縮性ガス存在下における凝縮伝熱の数値計算モデルの開発に取り組んでいます。INSS 在籍時には神戸大学との共同研究で円管内凝縮伝熱実験を実施し[9][10]、実験を対象とした数値シミュレーションを行いました。Fig. 10 は壁面熱流束の実験結果と数値計算結果を比較したものです。図中の Fine grid の結果は蒸気と空気の物質移動のバランスを考慮した凝縮伝熱モデルを使用したもので、実験結果に近い値となっています。しかし、このモデルは壁面近傍の蒸気濃度勾配を再現するため詳細なメッシュを用いる必要があり、実機プラントを対象とした温度評価には適用しづらいモデルです。そこで、実験結果の分析をもとに多少解像度の粗いメッシュにも適用可能な凝縮伝熱モデルを考案しました[11]。図中の Coarse grid は考案した凝縮伝熱モデルを用いたもので、過小評価気味ではあるものの、実験結果を定性的に再現する結果を得ることが出来ました[12]。

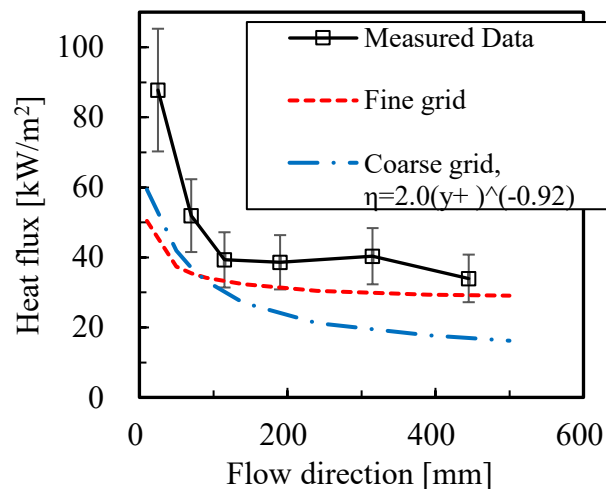


Fig. 10 Distribution of condensation heat flux [12]

狭隘流路における伝熱に関する研究

以上は主に執筆者が INSS 在籍時に携わった研究ですが、熱疲労に関する研究と壁面凝縮伝熱に関する研究は公立小松大学に移籍後も継続して実施しています。また、新たな研究テーマとして狭隘流路における凝縮伝熱に関する研究を実施中です。本研究を実施するにあたり、2023 年 6 月から INSS の村瀬道雄氏を特任教授に迎え実験準備を進めています。

福島第一原子力発電所 2・3 号機のシールドプラグにおいて高い放射線量が検出されており (Fig. 11、原子力規制庁、1F 事故調査・分析に関わる中間とりまとめ、2023)、炉心で発生した Cs が蒸気とともにシールドプラグの隙間へ移行し、隙間壁面の蒸気凝縮液膜に捉えられたものと推定されています。Cs 蓄積量の定量評価には狭隘流路における凝縮水量の推定が重要となるため、Fig. 12 のようにシールドプラグの隙間のような狭隘流路における壁面凝縮伝熱実験装置を作成し、凝縮伝熱研究を進めています。狭隘流路の凝縮では、非凝縮性ガス影響だけでなく、蒸气流と凝縮液膜流れとの気液対向流、放射性物質の輸送と凝縮液膜への沈着など複数の現象が生じていると想定されますが、まずは凝縮伝熱現象に焦点を当て実験を進める予定です。

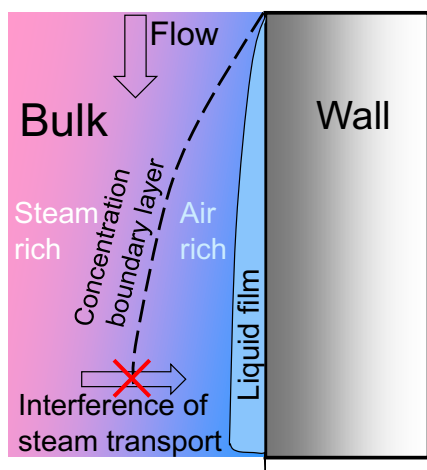


Fig. 9 Wall condensation heat transfer in the presence of noncondensable gas

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター (第 105 号)

NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

さらに、実験を対象とした数値シミュレーションも組み合わせ、狭隘流路における新たな壁面凝縮伝熱相関式を作成することを目指しています。

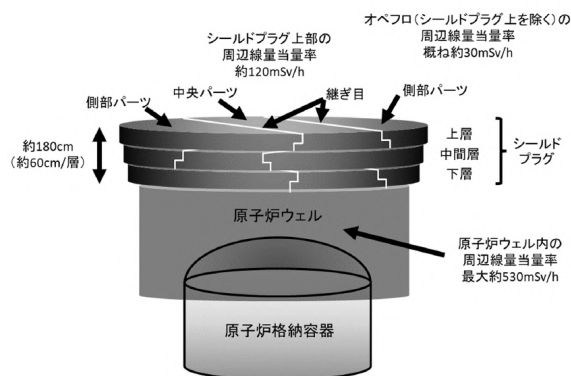


Fig. 11 Accumulation of Cs in the sealed plug at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (NRA interim report, 2023)

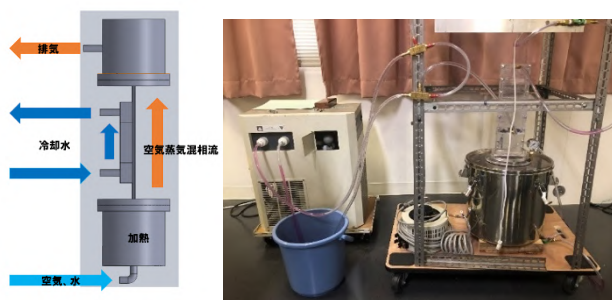


Fig. 12 Experimental apparatus of narrow channel condensation

3. おわりに

本稿では前所属である INSS での研究成果を交えつつ、現在取り組んでいる研究テーマについて紹介させていただきました。今後も原子力熱流動分野を中心に研究を進めつつ、北陸地域のエネルギー産業に貢献できるような人材育成にも努めていきたいと考えています。

4. 参考文献

[1] Utanohara, Y., Nagaya, Y., Nakamura, A. and Murase, M., "Influence of Local Flow Field on Flow Accelerated Corrosion Downstream from an

Orifice", JSME Journal of Power and Energy Systems, Vol. 6, No. 1, pp. 18-33 (2012).

[2] Utanohara, Y., Nagaya, Y., Nakamura, A., Murase, M. and Kamahori, K., "Correlation between Flow Accelerated Corrosion and Wall Shear Stress Downstream from an Orifice," JSME Journal of Power and Energy Systems, Vol. 7, No. 3, pp. 138-147 (2013).

[3] Utanohara, Y., Kamahori, K., Nakamura, A. and Murase, M., "Measurement of Flow Accelerated Corrosion Rate at an Elbow Pipe and Combination Effect of an Upstream Orifice", E-Journal of Advanced Maintenance, Vol. 8, No.1, pp. 1-12 (2016).

[4] Utanohara, Y. and Murase, M., "Influence of flow velocity and temperature on flow accelerated corrosion rate at an elbow pipe", Nuclear Engineering and Design, Vol. 342, pp. 20-28 (2019).

[5] Utanohara, Y., Nakamura, A., Miyoshi, K. and Kasahara, N., "Numerical simulation of long-period fluid temperature fluctuation at a mixing tee for the thermal fatigue problem", Nuclear Engineering and Design, Vol. 305, pp. 639-652 (2016).

[6] Utanohara, Y., Miyoshi, K. and Nakamura, A., "Conjugate numerical simulation of wall temperature fluctuation at a T-junction pipe", Mechanical Engineering Journal, Vol. 5, No.3, Paper No.18-00044 (2018).

[7] Miyoshi, K., Utanohara, Y. and Kamaya, M., "Penetration flow into a branch pipe causing thermal fatigue at a mixing tee", Nuclear Engineering and Design, Vol. 360, 110496 (2020).

[8] 歌野原, 三好, T字合流部の逆流現象による熱疲労評価手法の検討 (高温・高圧条件での最大侵入深さの推定)、日本機械学会第27回動力・エネルギー技術シンポジウム, D212, (2023).

[9] Murase, M., Utanohara, Y., Goda, R., Shimamura, T., Hosokawa, S. and Tomiyama, A., "Measurements of Temperature Distributions and Condensation Heat Fluxes for Downward Flows of Steam Air Mixture in a Circular Pipe," 混相流, Vol. 33, No.4, pp. 405-416 (2019).

[10] Murase, M., Utanohara, Y., Hosokawa, S. and Tomiyama, A., "Condensation Heat Transfer for Downward Flows of Steam Air Mixture in a Circular Pipe," 混相流, Vol. 34, No.4, pp. 510-519 (2020).

[11] Murase, M., Utanohara, Y., Hosokawa, S. and Tomiyama, A., "Prediction Method of Condensation Heat Transfer from Steam Air Mixture for CFD Application," Japanese J. Multiphase Flow, 混相流, Vol. 35, No.3, pp.453-462 (2021).

[12] Utanohara, Y. and Murase, M., "Numerical Simulation of Wall Condensation Heat Transfer of Steam-Air Mixture with Coarse Computational Grid", The 19th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NURETH-19), Online, March 6 – 11, (2022).

以上

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター（第 105 号）
NEWS LETTER (No. 105)

Sep. 30th. 2024

令和 6 年度 熱流動部会役員

部会長	西 義久	(電中研)	国際委員長**	伊藤 大介	(京都大学)
副部会長	池田 秀晃	(三菱重工)	同副委員長*	佐竹 正哲	(電中研)
総務委員長	上遠野 健一	(日立)	企画委員長**	古市 肇	(日立)
総務副委員長	小野 綾子	(JAEA)	同副委員長*	植田 翔多	(電中研)
広報委員長**	張 承賢	(北海道大学)	出版編集委員長**	永武 拓	(JAEA)
同副委員長*	堂田 哲広	(JAEA)	表彰委員長	大川 富雄	(電気通信大学)
研究委員長**	歌野原 陽一	(公立小松大学)	海外担当役員	ニノ方 壽	(ミラノ工科大学)
同副委員長*	塚田 圭祐	(東芝 ESS)	*任期 2 年の 1 年目		
			**任期 2 年の 2 年目		

<編集後記>

広報小委員会 張・堂田

2025 年度第 1 号のニュースレターをお届けします。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、エッセイ等投稿お願い致します。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 e-mail をいただければ幸いです。熱流動部会に入会したい方、入会しているがメールが届かない方が身近におられましたらご相談ください。

e-mail 宛先：info@thd.aesj.net

熱流動部会のホームページ：
<https://thd.aesj.net/>からニュースレターの
PDF ファイルが入手可能です。