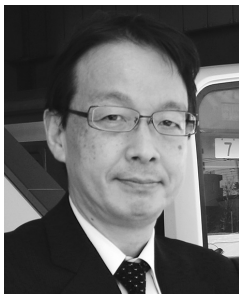
ENVIRONMENTAL ENGINEERING DIVISION
ISSN 1340-668X
この用紙は、資源保護のため再生紙を使用しています。
日本機械学会環境工学部門ニュース
環境と地球
アメニティ空間の創成
No.31 April 2020



2020 年度の活動に向けて

栗田 健
2020年度 部門長
（東日本旅客鉄道株式会社）

1. はじめに

2020 年度の環境工学部門長を拝命しました JR 東日本の栗田です。1 年間、どうぞよろしくお願いいたします。新幹線の騒音・振動低減技術の開発に従事しており、10 数年前に環境工学総合シンポジウムで高速新幹線車両の低騒音化に関する発表を行って以来、環境工学部門にお世話になっています。

新幹線は 1964 年の東海道新幹線開業以降、継続的に騒音対策が行われていますが、1974 年に名古屋新幹線公害訴訟が起こされるなど新幹線騒音問題がクローズアップされ、1975 年には「新幹線鉄道騒音に係る環境基準」が環境庁（当時）から告示されました。

以来さまざまな騒音対策が開発・実施され、騒音レベルは大幅に低減しました。その後も継続的な地上設備対策や環境性能に優れた新型車両の投入等の対策の結果、沿線の環境は改善の傾向にあります。また東海道、山陽、東北および上越新幹線沿線において、主に住宅地域で 75 デシベル対策が継続的に行われています。

交通システムの大量輸送、高速化、サービス地域拡大などにより利便性が向上するとともに、音・振動環境の保全・改善を合理的に実現する技術が、その難易度が高まる中で一層重要になってきています。

2. 環境工学部門の役割

地域の生活環境に関わる問題から地球環境問題へ目を転じると、記憶に新しいところでは、台風 19 号による記録的豪雨とそれに伴う土砂災害や冠水被害が起こりました。地球温暖化（海水の温度上昇）が原因で台風が大型化し、長時間水蒸気を多く含んだ空気が流入し続けたことが原因といわれています。

またオゾン層の破壊、マイクロプラスチックによる海洋生物の生態系の破壊を含む化学物質による環境汚染などを含め、環境問題は地球規模で解決すべき課題となっています。

1972 年のストックホルムで開催された「国連人間環境会議」では経済開発と環境の劣化との関係が初めて国際的な議題となり、その 20 年後に開催された 1992 年のリオデジャネイロの「地球サミット」では気候変動の阻止（気候変動枠組み条約）、生物多様性の保護（生物多様性条約）、砂漠化の防止（砂漠化防止条約）の 3 条約が合意されました。

さらに 20 年後の 2012 年に再びリオデジャネイロで開催された「国連持続可能な開発会議（リオ + 20）」では、先進国が途上国を支援する「MDGs（Millennium Development Goals = ミレニアム開発目標）」をより進化させた「SDGs（Sustainable Development Goals = 持続可能な開発目標）」という考え方が生まれ、2030 年を達成期限とした 17 目標と 169 のターゲットからなる SDGs が 2015 年の国連総会で採択されました。

それまでは環境と開発の調和という観点で持続可能性を課題としていたのに対し、SDGs は経済・社会・環境の持続可能性を統合的に扱う国際目標であり、「経済・社会開発」と「環境と開発の調和」それぞれで展開してきた取り組みが統合された結果として位置づけられており、その達成には多様なステークホルダーの参加・連携が不可欠です。

環境工学部門は「騒音・振動の評価と改善技術」、「資源循環・廃棄物処理技術」、「大気・水環境保全技術」、「環境保全型エネルギー技術」をそれぞれ担当する第1～第4技術委員会に分かれて活動していますが、今後は各技術委員会の連携をより強化し、他部門、他学協会、国内外の連携・協力を図り、SGGs 達成に向けて機械学会を先導していくことが求められていると思います。

気候変動の問題では、2015 年の気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）で「パリ協定」が採択され、「産業革命以前に比べて気温上昇を 2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をする」という世界共通の目標が掲げられました。

1997 年の COP3 で採択された京都議定書では排出量削減義務は先進国にのみ課せられていましたが、パリ協定では途上国を含む全ての参加国に、排出削減の努力を求めています。

日本はパリ協定を受けて「地球温暖化対策計画」を策定し、2030 年度には 2013 年度比で 26％削減するとの中期目標とともに、長期的目標として 2050 年までに 80％の温室効果ガスの排出削減を目指す非常に厳しい数値目標を設定しました。このような大幅な排出削減は、従来の取組みによる改善を積み上げて達成するフォアキャスト的なアプローチでは困難であり、高い目標と現状とのギャップを革新的なプロセスで埋めていくというバックキャストのアプローチが重要になります。

こうした高い目標および目標の実現方法に対して学術的な根拠を与えることが、環境工学部門ひいては学会に求められる大きな役割といえます。

3. 2020年度の取組み

環境工学部門の第 1 位から第 3 位までの部門登録者数は、1997 年～ 2000 年にかけてピークアウトし、その後は現在に至るまで減少を続け、2019 年度現在で約 2500 名となっています。

これは少子化等に伴う日本機械学会全体の会員数の減少の影響も大きいと考えられますが、特に環境工学部門においては、企業の会員数の減少が大学関係者等の会員数減に比べて大きく、会員数の維持・増加に向けてより一層魅力のある活動を継続して行くことが必要です。

環境工学部門は前述のとおり第 1 ～第 4 技術委員会に分かれて活動を行っており、昨年までに引き続き、各技術委員会の企画・運営による環境技術に関わる講習会や見学会を実施するとともに、将来の会員の裾野拡大に向けて子供向け見学・体験イベントを実施します。前回（IWEE2019）から継続的な国際交流と情報発信を行えるようにするために 3 年おきに開催することとなった IWEE（環境工学国際ワークショップ）については、次回2022年開催に向けて準備を開始します。

情報発信に関連しては、昨年に引き続き、機械学会年次大会 2020 において環境技術分野を横断する「先進サステナブル都市」のオーガナイズドセッションを第 1 ～第 4 技術委員会の協力のもと企画しています。一方、部門全体として「先進サステナブル都市・ロードマップ委員会」や「規格・規制委員会」など、部門活動のための委員会も設置されており、これらについても継続して活動を進めているところです。

部門にとって最大の行事であり、約 40 学協会に協賛いただいている環境工学総合シンポジウムは、今年度で 1991 年の部門発足からちょうど 30 年の節目を迎えますが、高野山（和歌山県伊都郡高野町）の 2 つの宿坊を借り切って開催します。

高野山は約 1200 年前に空海（弘法大師）により密教の道場が開創された場所で、「紀伊山地の霊場と参詣道」として世界遺産に登録されています。初日には 2019 年 3 月に 55 年ぶりに 4 代目新型車両がデビューした南海鋼索線（高野山ケーブルカー）の運行設備等の見学も企画しています。

日本の誇る真言密教の総本山である高野山の歴史と文化を感じつつ、最新の環境技術に関する発表と議論ができる場に、是非ともご参加いただければと思います。

4. おわりに

環境工学部門では、昨年度、「環境工学部門ビジョン 2030」の策定を進め、「我が国の世界最高水準の環境技術を基盤にした、地球規模の環境問題への対応や顕在化する開発途上国における環境問題への対応、資源・エネルギーの先進利用への対応、革新的環境技術創成への対応をするための国内外の人や情報が集積する環境工学拠点となることを目指す。」ことを目標としています。

ビジョン達成に向けて、機械工学の四力学などの基幹部門とは異なる分野横断型の環境工学部門が独自のプレゼンスを高めるとともに、2030年の SDGs 達成に向けて、先進国の大量生産・大量消費社会を見直し、地球環境を守りつつ発展を目指す社会を形成するために、環境工学部門が学術的・技術的支援の役割を十分に果たしていけるよう微力ながら尽力させていただく所存ですので、皆様のご協力、ご支援をよろしくお願いいたします。

2019年度環境工学部門の活動を振り返って

佐藤 岳彦
2019年度 部門長
（東北大学）

1. はじめに

2019年度は、国際的な環境工学拠点となることを目指し、環境工学部門の国際化に向けた取り組みを加速させ、国際ワークショップの開催ならびに開催間隔を5年から3年にすることの決定や、部門内に設置されている4つの技術分野間の交流を進めました。

同時に、「環境工学部門ビジョン2030」の策定を進めました。さらに、機械学会の部門制見直しが進む中、部門からの要望を提案し最終案に反映させることができました。機械学会の方針に沿い、機械学会年次大会における部門企画OSの開催も増やしました。

これらの成果は、ご担当の委員会・委員の皆様が一丸となって取り組まれてきた結果であり、皆様のご協力に深く感謝を申し上げます。また、2019年度は5年に一度の部門評価の時期に当たり、2014～2018年度の部門活動をまとめ報告し、「全体として、活動・成果とも部門ポリシーステートメントに掲げられた目標は概ね達成されており、活動・成果とも順調である。」との十分な評価を受けることができました。

これも、過去の部門長を始めご担当を頂いた皆様の成果の積み重ねによるものであります。重ねて御礼を申し上げます。2019年度では、今後の部門活動の継続的な発展に向けた道筋が見えるようになればと思い取り組んで参りましたが、皆様に少しでもそのように感じて頂ければ望外の喜びであります。

2. 部門活動

2019年度に実施した行事を紹介します。

ご参加頂いた皆様には厚く御礼申し上げます。

IWEE2019の集合写真

環境工学国際ワークショップ（IWEE2019）ならびに環境工学総合シンポジウム（SEE2019）を2019年6月25～28日に沖縄県名護市万国津梁館にて同時開催しました。

海外から多くの参加者が集うことを目指し、知名度と利便性の高い沖縄で開催することとし、さらに魅力を高めるために九州沖縄サミット会場である万国津梁館を会場としました。

見学会やエクスカーション、バンケット、ウェルカムレセプション・ディナーも企画し、300名を超える参加者と200件弱の発表件数となりました。これは、環境工学部門として過去最大の規模であり、参加者の皆様にも好評を頂きました。

機械学会年次大会においては、例年開催している他部門横断OSに加え部門単独のOS「先進サスティナブル都市」を開催し、今後も継続していくことになりました。

その他にも、第53回空気調和・冷凍連合講演会、第32回環境工学連合講演会、静粛設計のための防音・防振技術講習会、エネルギー・環境分野の最新技術講習会、魅惑の製品音を奏でるサウンドデザイン講習会、第5回若手研究者のための熱利用・環境技術ワークショップ特別講演会、ながの環境エネルギーセンター見学会、川崎重工㈱岐阜工場見学会、西名古屋火力発電所見学会、手作りで音を楽しもう親子イベント、熱を体験してみよう親子イベントなど、多数の企画を実施しました。

部門運営としましては、運営委員会、総務委員会、技術委員会、広報委員会、表彰委員会、シンポジウム実行委員会、学術誌編集委員会、先進サスティナブル都市・ロードマップ委員会、部門組織・企画委員会、規制・企画委員会、部門活性化委員会、研究会を適宜開催しました。出版物として、ニュースレターNo.30を発行しました。

3. 表彰者の紹介

部門活動に貢献頂いた皆様や前年度の環境工学総合シンポジウムやIWEE2019で優れた発表を行った方々を表彰しました。

【部門賞】
功　績　賞：秋澤　淳（東京農工大学）
研究業績賞：井田 民男（近畿大学）
研究業績賞：義家　亮（名古屋大学）
【部門一般表彰】
環境工学総合シンポジウム研究奨励表彰：
川口 二俊（鉄道総研）
中嶋 崇史（早稲田大学）
上原 聡司（東北大学）
レド マーク アンソニー（早稲田大学）
【若手優秀講演フェロー賞】
比山 彰悟（九州大学）
【功労表彰】
早稲田大学
【IWEE2019 Best Poster Presentation Award】
Taro Kato（Tokai University）
Kairi Muramatsu（Tohoku University）
Frantisek Miksik（Kyushu University）
Ayato Endo（Tokai University）

4. おわりに

環境工学部門は、地球規模から産業・生活空間までの幅広い環境問題を対象とし、人類が抱える多くの問題を解決するための拠点として活動を進めています。

さらなる問題解決に当たっては国際的な連携が必要不可欠であり、我が国が有する最先端の環境技術を基盤に世界の環境工学の拠点としての役割を担っていくことが、環境工学部門に求められていると思います。

環境工学部門ビジョン 2030 では、国際的な取り組みとの連携を図りながら、情報発信力の強化にも取り組むことを掲げました。今後も皆様と一緒にこれらの問題の解決に向けた取り組みを進めるために、引き続き環境工学部門の活動へのご協力をよろしくお願い申し上げます。

――環境工学部門ビジョン 2030（暫定版）――

環境工学部門は、環境問題への国際的な意識の変化や我が国の環境技術の熟成を背景に、さらなる革新的な環境技術の創成や学術的課題の解決、顕在化してきた地球規模の環境問題への対応などを先導し、産官学界間の交流や人材育成を進め、国際的な環境工学拠点として社会の要請に応えていく。また、日本機械学会部門協議会の 1 部門として、『新生「日本機械学会」の 10 年ビジョン』の達成を目指す。

環境工学部門は、我が国の世界最高水準の環境技術を基盤にした、地球規模の環境問題への対応や顕在化する開発途上国における環境問題への対応、資源・エネルギーの先進利用への対応、革新的環境技術創成への対応をするための、国内外の人や情報が集積する国際環境工学拠点となる。

(1) SDGs やサーキュラーエコノミーなど国際的な取り組みと連携することで、国際交流や国内外への情報発信を強化し、国際ネットワークを構築する。
(2) Society 5.0 など国や自治体が推進している施策と連携することで、国内の産学官との交流を図り、我が国の環境政策の実行や立案などに貢献する。
(3) 学術界・産業界の国内外の交流や先進的な環境技術情報の交換、イノベーションを創出する人材の育成を促進するため、国際学会や国内学会などの集会行事の開催や年次大会企画を推進する。
　国際的な取り組みとして、これらの行事を環境問題に関連する国内外の学術界・産業界の学協会と連携して開催する。
(4) 環境問題の一般社会・地域住民への啓発や環境関連の研究者・技術者・実務者の育成を行うため、講習会や見学会、親子行事などの部門活動を強化する。
(5) 部門活動の活性化を図るため、部門財政の健全性を図る。

（注意：本ビジョンは 2020 年 1 月 15 日現在の暫定版であり、最終版ではありません。）

部門賞　受賞者の紹介

環境工学部門功績賞を受賞して

秋澤 淳
東京農工大学大学院
生物システム応用科学府

この度は環境工学部門功績賞を頂戴し、大変名誉なことと光栄に存じます。

関係各位に御礼申し上げますとともに、これまで環境工学部門で一緒に活動してきた研究者・技術者の皆様に感謝申し上げます。

私は東京農工大学に着任した 25 年前に、縁あって初代環境工学部門長を務められた柏木孝夫先生（現在東京工業大学特命教授）とともに教育・研究することになりました。

柏木先生が得意とするヒートカスケーディング、低温排熱から冷熱を発生する吸収冷凍機や吸着冷凍機の

技術に初めて触れ、熱利用に関する技術やシステムに目を開かされたと言って過言ではありません。以来、排熱利用による省エネルギーや再生可能エネルギー利用の未来に大きな期待を持ち続けてきました。

環境工学部門はまさにその分野をカバーする部門であり、21世紀を担うべき重要な部門と考えています。登録会員数が漸減傾向にあると報告されていますが、地球温暖化問題を始め多様な社会的課題に対応するために、環境工学部門の役割はむしろ高まっています。

環境工学部門を支える4つの技術委員会の活動がますます活発になることを祈念するとともに、微力ながら引き続き環境工学部門に貢献できれば幸いです。

環境工学部門研究業績賞を受賞して

井田 民男
近畿大学
バイオコークス研究所

伝統ある日本機械学会環境工学部門の研究業績賞を受賞しましたこと、ご推薦頂きました関係各位に感謝申し上げます。

未利用／廃棄バイオマスの固形／減容化に関する研究業績が認められましたこと、嬉しく存じます。

特に、国内でもバイオ固形燃料開発に従事する研究開発者が少なく、国内法整備も進まない中での受賞は、若手育成に大きな希望を与えて頂けものと重ねて感謝申し上げます。

バイオ固形燃料の分野は、ISO／TC238で国際規格化が進んでいますが、我が国は、10年ほど立ち遅れています。FIT制度が進行する中、安全、安心を担保した技術開発の必要性は、その喫緊の課題です。

さらに、東日本大震災以降の汚染バイオマスの処理は、やっと溶融炉での燃焼処理が始まった所ですが、高濃度に濃縮された溶融灰の適正な処理については、大きな課題が残されていると考えています。

特に、本業績の核となるバイオコークス化技術は、化石資源代替のみならず、不必要となった服などにも適用でき、アパレル産業などの循環型社会を実現できる可能性を秘めています。

今後とも、本受賞を基に他業界との連携を深めてグローバルな持続可能な循環型社会の実現に向け、取り組んでいく所存です。

環境工学部門研究業績賞を受賞して

義家 亮
名古屋大学大学院
工学研究科機械システム工学専攻

この度は、栄えある環境工学部門研究業績賞を賜り、大変光栄に存じます。

部門の皆様方をはじめ、これまでに多大なるご支援、ご指導を頂いた先生方、関係者の方々に心より御礼申し上げます。

今回、ご評価いただきましたのは、「廃棄物焼却過程における有害排出物放出抑制」に関する一連の研究です。その研究対象範囲は飛灰、有害ガス、スス、タール、微量元素など多岐に渡りますが、水銀には特に注目してまいりました。

廃棄物焼却によって排ガス中に放出する水銀は、その高い揮発性のために既存の排ガス洗浄装置では回収が困難です。一方、2017年8月に水銀に関する水俣条約がついに発効となり、各種燃焼・焼却プラントの排ガスにおける水銀放出抑制は世界的に必須の課題となりました。

本研究では、廃棄物系材料の微粉末を吸着剤に用いて、煙道ガス中に含まれる気相水銀を分離回収できることを示しました。また、シンクロトロン光を用いたX線吸収端近傍構造（XANES）など、最新の分析技術を適用することによって、水銀が吸着剤上にある塩素化合物等との反応により固定化されることを示しました。

環境工学は、機械工学のベースの上に反応工学、プロセス工学、機器分析、社会科学の知見を積み上げる必要がある総合学問として、今まさに発展し続けています。

今回の表彰を通して、この学問分野の一員として認められたことを幸せに感じ、今後一層精進して研究を進めていく所存です。

技術委員会の活動報告と計画

第１技術委員会の活動報告と計画

委員長：土肥 哲也
一般財団法人 小林理学研究所

第１技術委員会では、人間の生活環境における騒音や振動の問題に取り組んでいます。大学の教員、企業の研究者を中心に25名のメンバーにて、今年度は以下の行事を開催しました。

2020年度もさらに充実した企画を検討し、活動を推進して参りますのでぜひご参加ください。

(1) 技術講習会

機械の設計・開発の技術者を対象に、6月には「静粛設計のための防音・防振技術」を、10月には「魅惑の製品音を奏でるサウンドデザイン」をテーマに開催し、それぞれ23名、28名の技術者に受講していただきました。

近年は、講師への個別相談の機会を設けており毎回好評です。今後も、基礎的講習と、社会的関心の高い話題を取り上げた講習の二本立てで講習会を開催する予定です。

(2) 手作りで音を楽しもう
―環境にやさしい夏休み親子向けイベント―

小学生に理科系の興味を持ってもらえるように、毎年夏休みに企業・大学と連携して音に関する体験型イベントを実施しています。

今年度は8月に東芝未来科学館（川崎）にて開催し、67名の参加がありました。今回は、日本音響学会が進めるイベント「Week of Sound」の一環として開催しました。

(3)「音・振動快適化技術と新しい評価法」研究会

討議テーマに対して自由に議論する討論形式の「音・振動快適化技術と新しい評価法」研究会を年2回程度開催しています。社会的に関心を集めている話題を中心に討議テーマとして取り上げています。

今年度は10月に京都大学桂キャンパスで研究会を開催しました。2020年2月には東京都立産業技術研究センターでの開催を予定しています。

第２技術委員会の活動報告と計画

委員長：井田 民男
近畿大学
バイオコークス研究所

近年、産業／一般廃棄物に加え、台風や地震による災害廃棄物処理が大きな課題となっています。特に、3.11東日本大震災による汚染廃棄物の処理は、放射能汚染を伴う大きな課題として、百年単位で進められる課題となっています。

廃棄物分野は、公衆衛生を実現する時代をスタートに公害を抑制する廃棄物の適正処理から循環型社会の形成を経て、近年では低炭素化・資源循環、さらに施設の強靭化等持続可能な社会づくりへの総合的な取組が求められています。

本年度は、2019年9月5日(木)にながの環境エネルギーセンター（廃棄物燃焼により5MPa－420℃の最先端領域を適用した施設）と信州大学国際科学イノベーションセンター（AICS）（ナノカーボン分離膜による脱塩技術などの最先端技術開発施設）の見学を企画しました。

また、第2回見学会を2020年3月初旬に実施すべく進めています。当委員会では、国内の最新施設を見学し、その先端化をお互いに確認、協議し、次の新しい持続可能な社会を実現するためのディスカッションを続けています。

また、IWEEでは、4カ国の研究者を招聘し、未利用バイオマスの資源循環や廃棄物に関する処理技術の研究成果を発表・ディスカッションし、次の国際連携も視野に入れた交流を行いました。

さらに、地球規模での海洋プラスチック問題や数年後に大きな負担となるFIT制度終了後の太陽光パネルの適正な処分など、新しい課題にも取り組む議論を行っています。

資源循環・廃棄物処理技術は、現在、資源の積極的なリサイクル、廃棄物系バイオマス資源の利活用、廃棄物発電の高効率化、環境負荷の低減化と低コスト化に向っています。第2技術委員会では、これらの課題に真正面から真摯に取り組んでいきます。

第３技術委員会の活動報告と計画

委員長：神原 信志
岐阜大学

第３技術委員会では、大気環境・水環境分野を対象としており、現在 17 名の委員で運営されている。

活動としては、環境工学総合シンポジウムでの研究報告、エネルギー・環境分野の最新技術セミナー（令和１年５月 31 日開催）、見学会（令和１年 11 月１日、No.19-359 川崎重工株式会社岐阜工場）、の３つのイベントの企画・運営を中心に行なっている。

令和１年６月25～28日に開催された International Workshop on Environmental Engineering 2019・第 29 回環境工学総合シンポジウム 2019 での研究報告においては、大気・水環境保全技術分野（トピック３）として、国内外からの口頭発表 20 件、ポスター発表 21 件があり、大盛況であった。

また、日本学術会議環境工学連合が主催する環境工学連合講演会の運営を第３技術委員会が担当しており（令和２年９月まで）、第 32 回講演会（令和１年５月 21 日開催）では「超低炭素社会構築のリアリティーとチャレンジ」という演題で発表を行った。

第 33 回講演会（令和２年５月 19 日開催）でも日本機械学会を代表して講演を行う予定である。

このほか、９月に開催された年次大会では「水素社会の限界と挑戦」と題し、第３技術委員会の活動の方向性を報告した。

さらに、日本技術士会－英国機械技術者協会合同セミナー（令和１年12月16日開催）では、「Activities of Division of Environmental Engineering, Japan Society of Mechanical Engineers（JSME）」という演題で、環境工学部門を代表して各技術委員会の研究開発動向を紹介した。

第４技術委員会の活動報告と計画

委員長：田中 勝之
日本大学理工学部

第４技術委員会では、再生可能エネルギーの開発、省エネルギーのための熱交換器やヒートポンプの技術開発、エネルギーの有効利用のためのヒートポンプの活用、エネルギーシステムの最適化等の分野に関する研究者が集まり、環境保全型エネルギー技術を主なテーマとして挙げ、活動しています。

2019年度では、技術委員会の他、以下の行事や見学会を開催しました。

(1) 夏休み親子向け行事「熱を体験してみよう」

夏休みの恒例行事として、小学生と中学生にエネルギーを体感してもらうため、“熱”をテーマとした複数の実験を用意し、技術委員会委員が解説しながらおこなっており、2019 年度は９組 16 名の親子に参加していただきました。

(2) 見学会「西名古屋火力発電所」

環境保全型エネルギー技術に鑑み、2019 年度は世界最高発電効率を達成したコンバインドサイクル発電所である株式会社 JERA の西名古屋火力発電所を見学しました。

第４技術委員会の委員を中心とした研究会があり、環境・エネルギー媒体研究会、吸収・吸着を用いた環境制御技術の高度化に関する研究会、ヒートポンプ、空調・給湯、再生可能エネルギー関連の統合数理モデル研究会、NEE（Numerical Environmental Engineering）研究会の４つの研究会の活動が盛んであり、他の技術委員会や研究会、他学会からも参加があり、様々な分野の横断的な研究交流を 2020 年度も計画しています。

研究会の紹介と活動報告

先進サステナブル都市・ロードマップ委員会の活動報告

主査：太田 智久
株式会社タクマ

環境工学部門は４つの技術委員会から構成されていますが、技術委員会の横断的活動として「先進サスティナブル都市・ロードマップ委員会」が組織されています。本年度は以下の活動を行いました。

(1) 先進サスティナブル都市

秋田大学手形キャンパスで 2019 年９月８日（日）～

11日(水)に開催された2019年度年次大会において、大会テーマ「サスティナビリティ」に則り、環境工学部門で「先進サスティナブル都市」とした単独セッションを行いました。

実質的な大会初日の最初のセッションで、聴講者数が心配されましたが、各委員会から、音、廃棄物の処理や有効利用、水素、レジリエンス・需要制御といった11件の報告が有り、40名近い方が聴講し、活発な質疑応答が行われました。

2020年9月に名古屋大学で開催される2020年度年次大会においても「先進サスティナブル都市」の単独セッションを予定しています。

(2) 技術ロードマップ委員会

日本機械学会の横断的委員会「技術ロードマップ委員会」の委員会と、12月に開催されましたワークショップに参加しました。

ワークショップは『将来社会を支える機械学会が作る技術ロードマップ ～2050年の社会像を描いて～』の具体化に向けた2050年の「ものづくり＆ひとづくり」について、各部門からの参加者が「ものづくり」と「ひとづくり」に分かれ、「現状」と「あるべき姿」について、様々な視点から活発な議論を行いました。

環境工学部門として、「環境工学部門ビジョン2030」と連携しながら進めていきたいと思います。今後も本委員会への支援を賜りますようお願い申し上げます。

「音・振動快適化技術と新しい評価法」研究会の活動報告とお誘い

主査：川島 豪
神奈川工科大学

本年度は研究会を2回実施しました。

1回目は、高野先生のご尽力により京都大学で10月に開催し、大谷先生（京都大学）によるご講演「立体音響技術と建築音響設計への応用」、新井先生（名古屋大学減災連携研究センター）による話題提供「インフラサウンドで災害を検知する」を聴講し、「振動情報・音情報」をテーマに活発な意見交換をしました。

2回目は、福田様のご尽力により東京都立産業技術研究センターで2月に開催し、福田様のご講演「音響・振動分野の支援事例紹介」、長井様（JAXA）の話題提供「音響モード解析を用いたファン騒音の能動制御」を聴講し、田部様（日立製作所）による「Favorable S/N or unfavorable S/N? STIから考える新しい騒音評価法」に関する話題提供と参加者全員による討議をし、結合残響室等の施設を見学させていただきました。

研究会の最後には場所を移して自由な雰囲気で語れる意見交換会を設けています。多くの情報交換が期待できる研究会です。皆様の積極的なご参加をお待ちしています。参加ご希望の方は川島（kawashima@eng.kanagawa-it.ac.jp）、もしくは、江波戸幹事（akihiko.enamito@toshiba.co.jp）、もしくは、田部幹事（yosuke.tanabe.pb@hitachi.com）までご連絡ください。

NEE研究会の活動報告

主査：近藤 明
大阪大学大学院

2019年11月8日、大阪大学中之島センターにおいて、NEE研究会第23回講演討論会を開催した。

NEE（Numerical Environmental Engineering）研究会は環境分野で数値計算を用いている研究者・技術者が幅広く集う場所の提供を目的として、年1～2回開催される研究会である。

第23回研究会では「人体生理と快適性」をテーマとし、ダイキン工業の大塚優希氏、大阪府立大学の吉田篤正氏、竹中工務店の徳村朋子氏にご講演をいただいた。

大塚氏からは、『生理人類学から見た体温調節能力の個人差』として、室温を変化させた場合の皮膚血流量の変化率は人によって異なり、その変化の仕方から体温調節能力の推定することができ可能性があることをご講演頂いた。

吉田先生からは、『屋外暑熱環境における人体の熱負荷、温冷感の評価』として、屋外環境における人体熱負荷量と温冷感の関係、および屋外における熱負荷を緩和するための指向性日射反射といった技術についてご説明いただいた。

徳村氏からは、『ABWオフィスにおける執務者の快適性・知的生産性評価』として、執務場所・執務環境を労働者が主体的に選択できる、Activity Based Workingと言われるオフィス環境について、環境満足度と知的生産性について相関があることなどをご説明いただいた。

質疑応答では30名を超える参加者から活発な質問が行われ、講演会は盛況であった。

NEE研究会では今後も環境分野における講演を企画しており、多くの方の参加を歓迎いたします。NEE研究会のこれまでの活動については下記サイトで確認できます。

http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seeea/seeea/NEE/index.html

エネルギーシステム汎用数理モデル研究会の活動報告

主査：齋藤 潔
早稲田大学

エネルギーシステムの数値解析は、現状では各大学・企業・研究機関において独自の解析コードを用いて行われている。特に熱システムの解析には、構成する要素内部の物理現象を詳細に考慮したモデルから、大規模システムの解析を可能とする簡略化モデルまで含めて、レベル・規模に応じて、多様なモデルが特に基準もないまま適用されているのが現状である。

本研究会の最終目標は、これらを明確な基準で分類し、一般化された解析コードとして世の中で共有し、信頼性のあるシステム解析を実現していくことにある。

本年度には、エネルギーシステムの代表となる圧縮式、吸収式システムの汎用解析モデルをベースとし、熱交換器の解析コードに関する議論を深め伝熱・数学を融合したモデルの考え方や人工ニューラルネットワーク技術を応用した汎用解析モデルの活用等に取り組んできた。

その成果を 2019 年 6 月 25 日～ 28 日、沖縄万国津梁館で開催された第 29 回環境工学総合シンポジウム＆環境工学国際ワークショップ（IWEE 2019）で、研究会のメンバーの協力をもとに報告をした。

来年度も引き続き、エネルギーシステム汎用数理モデルに関連する様々な議論の場を設け、モデルの作成を含め、解析ツールの扱いなどに関する更なる知見を得る予定である。

「吸収・吸着を用いた環境制御技術の高度化に関する研究会」活動報告

主査：宮崎 隆彦
九州大学

本研究会は、吸収・吸着現象を利用した環境エネルギー技術について、分野横断的な情報共有、人材交流を目的とした研究会であり、幅広い分野の研究者・技術者をメンバーとして平成 26 年 10 月から活動しています。

令和元年度は、11 月 15 日（金）に化学工学会エネルギー部会熱利用分科会との共催で「若手研究者のための熱利用・環境技術ワークショップ」を開催しました。

平成 27 年度から毎年開催している本ワークショップは、機械工学と化学工学を中心とした若手研究者ならびに学生が分野の垣根を超えて交流する場の提供を目的としており、今回で 5 回目を数えました。千葉大学西千葉キャンパス松韻会館にて会議室をお借りし、東京工業大学・高須大輝先生による「高温条件下で作動する化学蓄熱システム」に関するご講演、および、千葉大学・大場友則先生による「カーボン界面を利用した環境分子制御」に関するご講演、さらに参加学生を中心とした研究ディスカッションを行いました。

また、千葉大学・劉 醇一先生の研究室のラボツアーも実施し、化学蓄熱材料に関して高度な分析を行う数々の機器を見学させていただきました。

教員、学生、社会人を合わせ 20 名を超える参加者があり、プログラム終了後は恒例の懇親会を開催しました。分野を超えた若手研究者同士、学生同士の良い交流の場となったと感じています。

研究会への参加に興味をお持ちの方は、宮崎（tmiyazak@kyudai.jp）までご連絡ください。

環境・エネルギー媒体研究会の活動

主査：粥川 洋平
産業技術総合研究所
計量標準総合センター

発電所の蒸気タービンの効率を左右する水蒸気の性質をはじめとして、ヒートポンプ・冷凍空調機器に用いられている作動流体の熱物理的性質（熱物性）はエネルギー問題に直結している。再生可能エネルギーとして注目される水素やバイオ燃料の普及にもそれらの流体の熱物性を深く理解することが重要である。

これらの流体の熱物性に関する実験的・解析的な研究は、機械工学と化学工学にまたがるテーマであり、実験方法や解析手法にも幅があるため、とかく横断的な視点は見失われがちである。

この研究会は、熱工学や化学工学の研究者がそれぞれの研究成果や課題を共有し、そこで得られた知見をそれぞれの研究テーマにフィードバックすることを期待して 2017 年度に立ち上げられた。

これまでに、日本熱物性シンポジウムにタイミングを合わせて 2 度のワークショップを開催している。

例えばアンモニア水溶液に関する議論では、会合性分子としての特異な性質やそれに関する測定手法のレビューなど、機械工学的な側面だけでなく、化学工学的な視点から質疑が活発化するなど主催者の期待以上の深い議論が交わされた。

今後も年 1、2 回を目標とし、化学工学会年会と時期を合わせた開催を検討するなど、有益な議論ができる機会を設けていきたいと考えている。

手作りで音を楽しもう
―環境にやさしい夏休み親子向けイベント―

第１技術委員会　土肥 哲也
一般財団法人 小林理学研究所

第一技術委員会では、環境に関する身近なテーマである「音」に興味をもっていただくことを目的として小学生向けのイベントを行いました。この企画は、毎年夏休みに実施しているもので、今年度も川崎駅前の東芝未来科学館で開催しました。内容は、音の原理や仕組みの説明、工作、ゲームなどで、身近な「音」の性質を楽しみながら知ってもらう体験型イベントです。

2008 年度から始めたこの企画は今年で 11 年目を迎えました。今回は、ユネスコの決議「The Importance of Sound in Today's World」に基づいて日本音響学会が進めるイベント「Week of Sound」の一環として開催しました。

今年度は、8 月 20 日の午後に開催し、小学校 1 年生～ 4 年生の親子 67 名にご参加いただきました。

1 時間目の「音の話」では、音ってなんだろう？をテーマに、色々な音を聞いてもらうことで、音の高さや大きさなどの音の性質を体感してもらいました。

2 時間目の「工作」は、アフリカの民族楽器であるボンゴラピアノの工作キットを用いて楽器を作る内容で、音が出る仕組みや、音程の調整の仕方を学ぶことで、自分で楽器を作る楽しさを体験してもらいました。何人かの子供達には工作後に皆の前で曲を演奏してもらいました。

3 時間目は、一方向にしか音が伝わらない超音波を用いた指向性スピーカーや、共鳴パイプを使った楽器演奏を体験してもらいました。

最後の時間は、身のまわりの音の大きさをビンゴの数字に置き換えた音ビンゴゲームを実施しました。ゲーム感覚で様々な音を子供達に聞いて貰うことができるため、例えば横断歩道における「カッコウ」などの音は身障者のためであることを説明するなど、楽しみながらも身近な音に気付き、また、その意味を知って貰う試みを行いました。2 年連続で参加して頂いた方もいらっしゃり、今後も音を身近に感じて貰い、理系に関心を持って貰うべく活動を継続したいと考えています。

最後に、11 年間に渡りご協力頂いた東芝科学館、環境工学部門所属（東芝、千代田化工、中央大学、山梨大学、東海大学、日立ほか）関係者各位に感謝いたします。

日本機械学会・環境工学部門第２技術委員会 第１回見学会レポート

第２技術委員会　井田 民男
近畿大学
バイオコークス研究所

2019年9月5日(木)に環境工学部門第２技術委員会において、見学会が企画され実施しました。

環境エネルギーセンターは、長野広域連合（長野市、須坂市、千曲市、坂城町、小布施町、高山村、信濃町、小川村及び飯綱町）のごみ焼却施設です。

処理方式はストーカ式焼却炉、電気式（プラズマ）灰溶融炉から構成され、一般廃棄物（可燃ごみ）を約 10 万トン/年、受け入れており、焼却能力：405 トン/日と灰溶融炉 22 トン/日×2 炉により操業されております。

特に、廃棄物燃焼により 5MPa－420℃の高圧水蒸気を製造し、定格出力 7,910kW の蒸気タービン発電機により、約 12,600 世帯に電力供給が可能な施設により、広域的な視点から圏域の住民に対し連携し長野地域の一体的な進行・発展を目指されていました。

次に、信州大学、日立製作所、東レ、昭和電工、物質・材料研究機構と長野県が共同推進する「革新的イノベーション創出プログラム（COI STREAM）」の拠点として信州大学国際科学イノベーションセンター（AICS）研究施設を見学しました。

本研究施設では、「使える水は地球の水の 0.01％」の世界の事情を解決すべく、ナノカーボン分離膜による脱塩技術の開発やカーボンナノ材料を使った逆浸透（RO）膜のモジュール化及びシステム化などの多くの研究を進められていました。

最後に見学に際し、受け入れて頂いた関係者の皆様、また、懇切丁寧にご説明を頂いた方々には、本紙面をお借りし感謝の意を申し上げます。

ながの環境エネルギーセンターにて

見学会「川崎重工業株式会社 岐阜工場見学会」

第３技術委員会　早川 幸男
岐阜大学

2019 年 11 月 1 日(金)に、岐阜県各務原市にある川崎重工業株式会社・岐阜工場の場内見学を実施し、30 名の皆さまにご参加いただきました。

“川崎重工業株式会社”は陸・海・空はもとより遥かな宇宙から深海に至る多彩な製品の製造を行っている日本を代表するリーディングカンパニーの一つです。その中でも岐阜工場は、722,000 m^2 という広大な敷地を有し、官需、民需向けの航空機や分担製造品および宇宙機器の研究・開発、製造・修理を行っている航空宇宙システムカンパニーの拠点の一つであり、広大な敷地を北工場、中工場、南工場の三つの区画に区分けすることで効率的に航空宇宙に関連する製品の製造を行っています。

今回の見学においては、民間向け回転翼機の製造現場、三次元遷音速風洞試験場、自衛隊向け輸送機の製造現場を見学させていただきました。

回転翼機の製造現場はベルトコンベア方式を採用しており、製造工程ごとに作業スペースを区切り、工程に合わせて機体ごとベルトコンベアを使い移動させることで効率的に作業をおこなえる工夫が施されていました。また、塗装に関しては環境問題に配慮して、いち早くクロムフリーの塗料を採用したそうです。製造現場全体を通して、精密な寸法管理を行うために温調の一括管理も行っているそうです。

三次元遷音速風洞試験場では風洞内の見学をさせてもらいました。岐阜工場にある音速風洞は貯気槽に貯めた高圧乾燥空気を、トンネル内に吹き出して加速し、高速流を作りだす方式を採用しており、内部に航空機の模型を設置して 240～1710 km/h の様々な速度域における空力特性測定や気流特性を観察できるそうです。風洞試験と併せて、自社の数値流体力学（CFD）解析ソフトを用いて航空機の設計・開発を行っているとのことでした。

今回の見学を通して、徹底した生産管理と積み重ねられた精密な技術によって航空宇宙産業は支えられているのだなと改めて実感させていただきました。

最後に、本見学会にご参加いただいた方々ならびにご協力頂きました“川崎重工業株式会社・岐阜工場”の皆様に、この場を借りて深く御礼を申し上げます。

夏休み親子向けイベント企画「熱を体験してみよう」

第４技術委員会　内山 聖士
三機工業

次世代を担う児童たちに工学、機械やエネルギーに興味を持ってもらうために、2019 年 8 月 21 日に夏休み向け親子イベント「熱を体験してみよう」を神奈川県大和市にある三機テクノセンターで開催しました。

身近にあっても目に見えない「熱」の様々な性質を説明や体験キットにより知ってもらう体験型イベントです。本イベントは 2011 年から開催しており、今回は 9 回目です。小学校 1 年生から小学校 5 年生の児童に参加頂き、参加者数は 9 組 16 名でした。

体験学習は 90 分間で、3 つの実験を行いました。

はじめにヒートポンプ体験キットを使って空気の圧縮と膨張による空気の加熱と冷却の原理を体験しました。そのあとは熱で動くおもちゃのひとつである水飲み鳥（通称ハッピーバード）の工作と動作の仕組みを通じて気化熱を体験したり、エコカイロを使って物が固まるときに発熱することを体験したりと熱についての実験を楽しみました。

体験キットを用いて参加者が実際に手を動かすことで、身近にあっても目に見えない「熱」の性質を児童たちばかりでなく保護者の方々にも楽しみながら理解してもらうことができました。

また、体験学習の終了後には、三機テクノセンターの施設見学を行い、様々な工業製品を見学することで、工業製品が体験学習で学んだ「熱」の性質を利用して製作されていることも、理解してもらうことができました。

ご参加いただいた皆様からは好評をいただいており、今後も本イベントを継続していきたいと考えております。最後に、ご協力頂いた三機工業株式会社、関係者各位に感謝致します。

トピックス

日立の静音化技術を支える静音実験ラボ

渡部 眞徳・田部 洋祐
株式会社日立製作所　研究開発グループ　熱流体システム研究部

1. はじめに

我々人間は、地球という自然環境の中で生活しており、そこには様々な音が存在する。川のせせらぎや鳥のさえずりなどの自然の音もあれば、鉄道や家電製品などの人工の音もある。一般に、自然の音は音が大きくても不快にならないが、人工の音は騒音として不快に感じると言われている[1]。

そこで、日立では、持続可能な地球の音環境創りに貢献するために製品の静音化に取り組んでいる。近年では快適性の観点から、製品の騒音を低減するだけでなく音質を考慮した音響設計にも着手している。

本稿では、そういった静音化技術を実験や計測の面からサポートしている静音実験ラボについて紹介する。

2. 静音実験ラボ

表１に研究対象を示す。同表に示すように、日立では、鉄道車両を始めとして自動車機器や生活家電など、幅広い製品を製作しており、それらの静音化を担っているのが静音実験ラボである。静音実験ラボは、2005年に、機械研究所が土浦市からひたちなか市に移転した時に新設された静音化技術に特化した建屋である。

図１に静音実験ラボの計測室構成を示す。同図に示すように、無響室が５部屋、防音室が２部屋、残響室が１部屋で、残響室と無響室Ｄは連結されている。以下、主な計測室の仕様等を簡単に説明する。

無響室Ａは、有効寸法が4.2m(L)×4.0m(W)×4.3m(H)で、暗騒音を0dBまでに抑えた部屋であり、生活家電製品からＩＴ機器などの騒音レベルが低い製品まで幅広い製品の騒音計測に用いられる。

無響室Ｂは、有効寸法が6.0m(L)×3.8m(W)×5.0m(H)で、暗騒音は6dBであり、汎用無響室として活用している。

無響室Ｃは、無響室Ｂと同サイズ、同等暗騒音であるが、空調機器の測定に対応した部屋であり、騒音と流量などの流体性能が同時に測定でき、さらに温度と湿度のコントロールも可能である。

無響室Ｅは、防音室を改造して無響室化した計測室であり、有効寸法が6.6m(L)×5.0m(W)×3.6m(H)で暗騒音は14dBである。給排水設備を備えているため、洗濯機の測定に活用している。

表１　研究対象

製品分野	主な製品
鉄道車両	英国高速鉄道、新幹線
自動車機器	高圧燃料ポンプ、電動パワーステアリング
生活家電	洗濯機、掃除機
空調機器	ルームエアコン、業務用エアコン
その他	変圧器、圧縮機、産業用モータ

部屋	特徴	使用目的
無響室A	暗騒音0dB	超低騒音機器測定
無響室B	暗騒音6dB	汎用無響室
無響室C	騒音流量同時測定	空調機器測定
無響室D	カップルドルーム	吸遮音率測定
残響室		
無響室E	暗騒音14dB	洗濯機測定
防音室A	暗騒音20dB	流体機器測定
防音室B	暗騒音20dB	汎用防音室

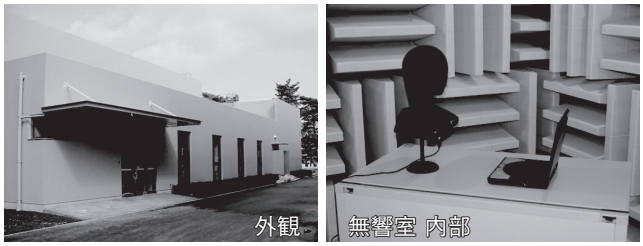


図１　静音実験ラボの計測室構成

残響室は、吸音率の測定に使用し、さらに、無響室Ｄと併用して試験片の透過損失の測定に用いられる。

3. 静音実験ラボでの取り組み事例

静音実験ラボでは、これまで振動騒音計測や音源探査など様々な実験や計測を通じて静音化に取り組んできた。ここでは、代表的ないくつかの事例について説明する。

3.1. 音源探査

ビームフォーミングや音響ホログラフィなどを使って音圧を可視化する音源探査装置により音源探査を実施している。音源探査装置とは、マイクアレイの中心にカメラを備え、カメラで撮影した画像にマイクアレイで測定した音圧分布をマッピングすることにより音圧を可視化する装置である。

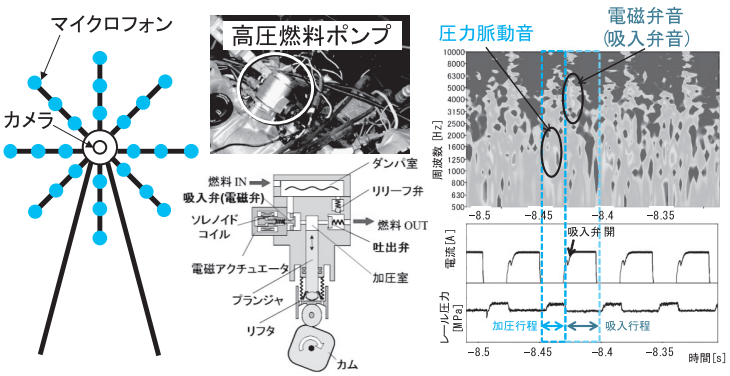


図 2　音源探査装置と適用事例（高圧燃料ポンプ）

弊社では、家電製品から自動車機器など幅広い製品に適用して成果を上げている。**図 2** に音源探査装置のイメージ図と適用事例を示す。自動車用の高圧燃料ポンプでは、まず、エンジンのテストベンチにおいて音源探査を実施し、音源を明らかにした。

次に、高圧燃料ポンプの音圧と筒内の圧力脈動を同時計測して短時間フーリエ等で分析することにより、騒音発生タイミングと発生部位を特定し、騒音の原因を解明した。その結果から、吐出弁の形状変更と電磁弁の電流制御を実施し、静音化を実現した[2]。

3.2. 静音チャンバ

冷却ファンが騒音源になっている例は数多くあり、それらの機器を効率よく静音化するには、流体性能と騒音を同時に測定することが必要である。

図 3 に無響室 C 内に設置された静音チャンバおよび適用事例を示す。静音チャンバの風量は 2～120 m^3/min で、サイレンサを利用した静音仕様になっており、暗騒音は 120 m^3/min 時で 24 dB(A) 以下である。

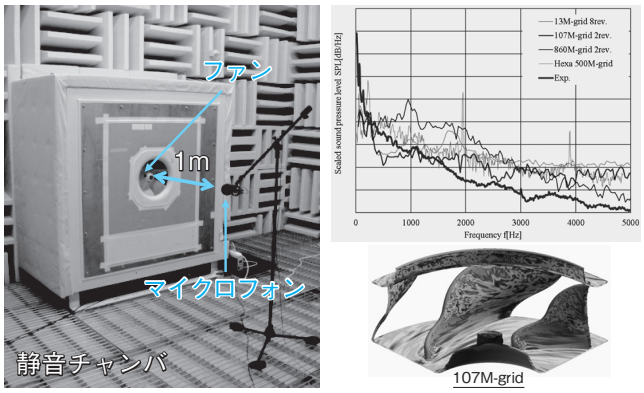


図 3　静音チャンバと適用事例（空調機用ファン）

空調機用ファンの開発では、まず、定常解析で流体性能を満足するファン形状を最適設計し、次に、大規模非定常乱流解析で空力音の発生メカニズムなどの現象解明を実施するとともに空力音を予測し、静音性を確認した。

ファンを試作し、静音チャンバにより流体性能や騒音を測定し、解析での予測値と比較検証した。その結果、測定結果と傾向が概ね一致することが分かった[3]。

3.3. 吸遮音性能測定

静音化には吸遮音は常套手段であるので、音響データベースとして把握しておく必要がある。弊社では、鉄道車両用の床下吸音材の吸音率や構体や遮音パネルの遮音性能の測定を実施している。

測定可能周波数は 200～5 kHz で、測定試料の大きさは 1 m×1 m×100 mm（最小開口）～ 2 m×1.6 m×400 mm（最大開口）である。

図 4 に吸遮音測定装置と中空二重壁に適用した事例を示す。中空二重壁内部の気体に注目し、空気以外の気体を封入することで遮音性を向上できないか検討した。同図は、分子量が小さく比熱比が大きいヘリウムをアルミ風船に封入して、全反射効果を促進させることで透過損失の増加を狙ったものである。

その結果、ヘリウムなどの平均分子量が小さく比熱比が大きい気体を封入することにより、透過損失が増大することを確認した[4]。

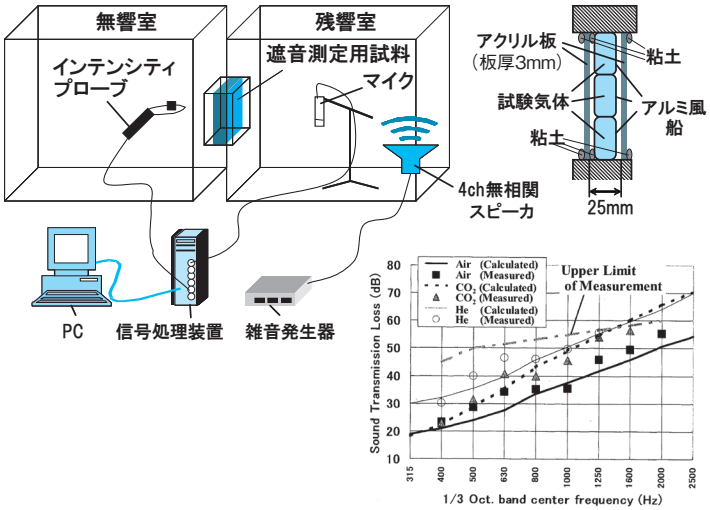


図 4　吸遮音測定装置と適用事例（中空二重壁）

4. おわりに

近年、お客様の製品騒音への要求は、騒音の低減から音質の向上へと変化してきている。従って、弊社では、そのようなニーズの変化にいち早く対応し、QoL（Quality of Life）の向上に貢献できる振動騒音技術の構築を目指している。

〔参考文献〕

[1] 大橋力，音と文明，岩波書店（2003）

[2] 渡部眞徳他，高圧燃料ポンプの静音化，騒音・振動研究会資料，N-2012-44（2012-10）

[3] Taku Iwase, Daiwa Sato et. al., Proceedings of the ASME-JSME-KSME 2019 Joint Fluids Engineering Conference, AJKFLUIDS2019

[4] 武藤大輔，高野靖，二重壁内部気体の音響特性が透過損失へ及ぼす影響，日本機械学会論文集（C 編）74 巻 746 号（2008-10）

トピックス

先進サステイナブル都市における一般廃棄物処理の有り方について

太田 智久
株式会社タクマ　技術企画部

1. はじめに

環境工学部門では、2008年度より「先進サステイナブル都市」を標語として分野横断的な活動を行っている。

2019年度では、機械学会の2019年度年次大会において「先進サステイナブル都市」としたセッションを開催した。第2技術委員会から2件の先進サステイナブル都市と廃棄物処理に関する報告を行った[1, 2]。その報告もとに、先進サステイナブル都市における一般廃棄物処理の有り方について考察する。

2. 都市における人口の割合と地方公共団体の職員数の推移

図1は、総務省が公表している三大都市圏および東京圏の人口が総人口に占める割合を示したグラフである[3]。日本の総人口の減少と同様に、三大都市圏以外の地域の人口は減少するが、三大都市圏、主に東京圏の人口は増加が想定されている。

このことは地方都市では人口減少に伴うスプロール化、スポンジ化、中心市街地の衰退が懸念される一方で、廃棄物分野では、人口減少、分散は、廃棄物、資源回収物（以下、廃棄物等と記す）の収集と、廃棄物処理の効率的な運用を妨げることとなる。

三大都市圏では、人口増加に伴う廃棄物等の増加による収集・処理コスト増加が懸念される。

図2は、地方公共団体の部門別職員数の平成6年から平成30年までの推移を表している[4]。**図2**より、警察、消防は組織基盤の充実・強化で増加傾向にあるが、一般行政部門の減少は大きく、特に清掃の分野では人数が半減していることがわかる。しかし、廃棄物等は人間活動により排出されるため、人口減少に関わらず、更に資源としても収集と処理・再資源化が必要となる。

3. 日本の一般廃棄物の処理の現状[1]

日本の一般廃棄物処理量は、環境省が毎年公表している「日本の廃棄物処理」[5-7]より、2000年（平成12年）の5,483万トンをピークに減少し、2017年度（平成29年度）では4,289万トンと約22%減少している。

その一方で、ごみ処理事業経費は2001年度（平成13年度）の2兆6千億円[5]をピークに減少しているが、2017年度（平成29年度）ごみ処理事業経費は約2兆円で、国民1人当たり年間15,500円[7]支出している計算となる。

先進サステイナブルな一般廃棄物処理事業のためには経費抑制が求められるが、一般廃棄物処理の質を落とさないことも求められる。

表1は1998年度、2003年度、2008年度、2013年度、2017年度の「日本の廃棄物処理」[5-7]から抜粋したごみ処理事業経費の推移である。建設改良費は施設の整備に係る経費、人件費は市町村職員に係る経費、処理

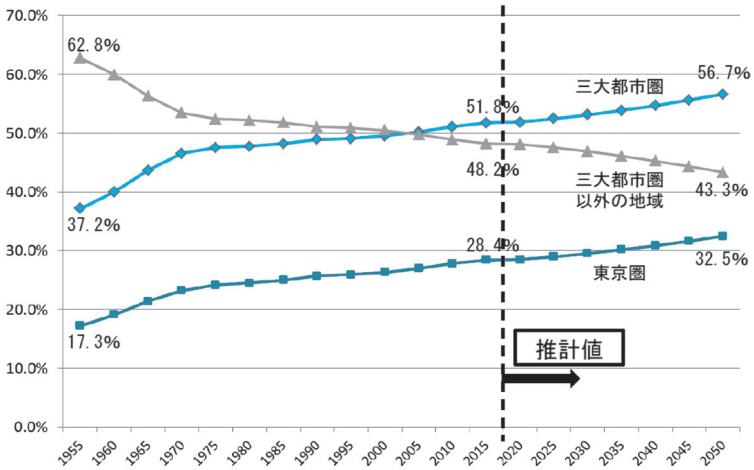


図1　三大都市圏および東京圏の人口が総人口に占める割合[3]

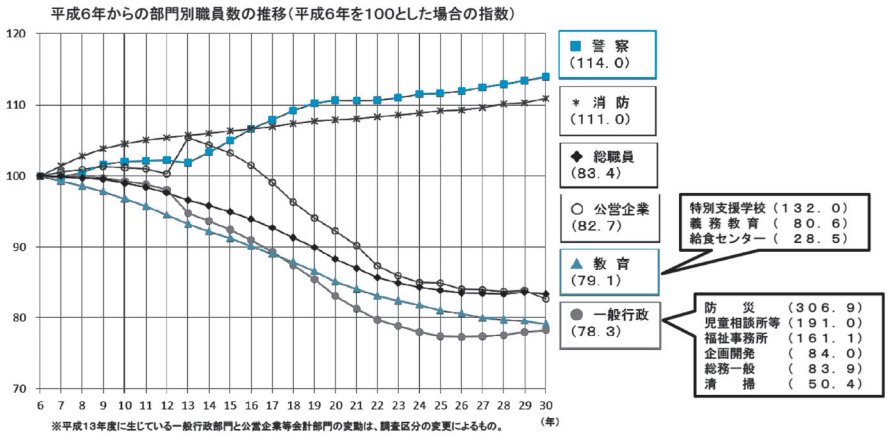


図2　地方公共団体の部門別職員数の推移（平成6年～平成30年）[4]

表１　ごみ処理事業経費の推移

（単位：百万円）

区分＼年度			1998年度	2003年度	2008年度	2013年度	2017年度
ごみ処理事業経費			2,249,039	1,960,037	1,816,944	1,851,007	1,974,451
建設改良費			733,412	342,052	179,696	257,470	359,695
処理及び維持管理費等	人件費		634,939	561,777	495,676	398,352	372,562
	処理費		353,834	391,043	386,103	357,689	325,467
	委託費	収集運搬	―	－	292,206	322,076	357,374
		中間処理	―	－	279,650	315,982	366,214
		委託費合計	403,036	545,482	640,152	711,287	798,578
小計			1,480,394	1,536,216	1,530,149	1,473,803	1,503,757
建設改良費+処理及び維持管理費等			2,213,806	1,878,268	1,709,845	1,731,273	1,863,452
１人当たりのごみ事業費用(円/人年)			17,800	15,400	14,200	14,400	15,500

費は人件費を除く燃料費、修繕費、光熱水費等の経費である。委託費とは、市区町村が構成員になっていない事務組合、または業者間において委託契約を締結し支出した経費である。委託費合計には、収集運搬、中間処理の他に、最終処分等を含む。

表１より、ごみ処理事業経費は1998年度から減少しているが、近年では増加傾向である。その要因として、更新時期を迎えた施設建設数の増加と、建設改良費の増加に加えて委託費の増加が上げられる。

委託費は1998年度と比較して約２倍、2008年度と比較しても1.24倍増加している。一方、2017年度の人件費は、1998年度比で約40%、2008年度比で15%減少している。これは市区町村が直営ではなく、事務組合や民間事業者に収集と処理を委託しているためと考えられる。今後、廃棄物・清掃部門に携わる地方公共団体の職員数は減少が予想されるため、この委託費は増加が想定される。

4. 先進サステイナブル都市における一般廃棄物処理の有り方

財政状態が厳しい中、先進サステイナブルな一般廃棄物処理事業のために今後求められることは、現状の分別収集が可能な都市は良いが、人口減少等で収集効率が低下する都市では、収集において、「混ぜればごみ、分ければ資源」と言われているが、収集回数削減のため、家庭からは缶、瓶、プラスチック等は分別せず排出し、選別施設内で機械により分離・回収することも考えられる。その為には、安価で高性能な選別装置が求められる。

一般廃棄物施設更新時において、一般廃棄物施設は、単純焼却ではなくエネルギー回収が可能な施設規模であることが必須であるが、エネルギー回収が難しい小規模施設の場合、近隣市町村と広域化、集約化が出来ないか検討することが求められる。

さらに、広域化・集約化は時間がかかると共に、収集範囲の拡大による収集運搬費の増加を招く恐れも有る。

先進サステイナブルな一般廃棄物処理施設とするためには、衛生的な廃棄物処理を行う一般廃棄物処理施設を市街地に建設できれば、平時は地域のエネルギーセンターとして周辺施設等に電気・熱エネルギーを供給するとともに、地域の環境教育・環境学習の場として、さらに地域コミュニティ交流の場として活用できる。災害時には防災拠点としての利用が可能となる。

さらに、郊外に一般廃棄物処理施設を建設する場合でも、電気・熱以外に二酸化炭素を近隣の農業施設等へ供給利用するなど、一般廃棄物処理施設のもつ価値を最大限生かし、社会インフラ機能を高めた低炭素な一般廃棄物処理施設が求められる。

最後に、我々も先進サステイナブル都市の一員として、廃棄物発生抑制に努める生活スタイルへの転換も須要である。

〔引用文献〕

1）太田智久：先進サスティナブル都市における廃棄物処理の今後のあり方について，日本機械学会2019年度年次大会（2019）
2）太田智久：先進サスティナブル都市における一般廃棄物処理施設のあり方，日本機械学会2019年度年次大会（2019）
3）総務省：広域連携が困難な市町村における補完の有り方に関する研究会（第１回）資料７（2016）
4）総務省：地方公共団体定員管理研究会（第１回）資料（2019）
5）環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課，日本の廃棄物処理　平成10年度版（2001）
6）環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課，日本の廃棄物処理　平成20年度版（2010）
7）環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課，日本の廃棄物処理　平成29年度版（2019）

トピックス

超低炭素社会構築のリアリティーとチャレンジ

神原 信志
岐阜大学大学院　工学研究科

1. はじめに

パリ協定（2020年以降の気候変動に係る国際枠組み）の批准により、わが国は2030年度までに2013年度比で温室効果ガスの26%削減が目標となった[1)]。

さらに、平成31年4月2日開催のパリ協定長期成長戦略懇談会においては、今世紀後半の早い時期に脱炭素社会（CO_2排出ゼロ）を実現するという提言がまとめられた。

脱炭素社会の実現には、再生可能エネルギーの利用率向上はもとより、特に業務、家庭、運輸部門におけるCO_2フリー社会の構築と普及が鍵となる。

CO_2フリー利用社会の構築に向けた技術開発は、様々な国家プロジェクトがけん引役となり、現在では家庭用・業務用の燃料電池や水素ステーション、燃料電池車、燃料電池フォークリフトを代表とする製品が開発され、導入されはじめている。しかしながら、普及を加速するためには、特にコストの観点で解決すべき課題が多い。

本トピックスでは、CO_2フリー社会構築の現状（リアリティー）と課題、それを解決するためのチャレンジ（研究開発）について述べる。

なお、本稿は、令和1年5月21日に開催された日本学術会議／環境工学連合小委員会が主催する第32回環境工学連合講演会および令和1年9月9日に開催された日本機械学会年次大会での講演内容をまとめたものである。

2. 水素関連技術の現状（リアリティー）

水素・燃料電池戦略ロードマップ（平成31年3月12日）～水素社会実現に向けた産学官のアクションプラン～に水素関連技術の現状と将来の目標をみることができる。

水素エネルギーシステムは、製造、貯蔵、輸送、利用の技術分野に分けられるが、現有技術で水素エネルギーシステムを構築することができる。

例えば、製造では太陽光発電と水電解、貯蔵・輸送では圧縮ボンベや液化水素タンク、利用では燃料電池発電が挙げられる。しかし、現状ではどの技術分野においても化石燃料に比較してコストが高いため、水素エネルギーシステムが普及するに至っていない。前記アクションプランでは、各技術分野でのコスト大幅減が2030年までの新規目標として掲げられている。

3. 水素社会実現へのチャレンジ

大幅な低コスト化実現へのアプローチは、現有技術の効率向上や量産が一般的な手段であり、他方、新しい原理に基づく革新的技術の開発（イノベーション）がある。また、見落とされがちであるが完成技術のリニューアルという手段もある。

どのアプローチも水素社会実現へのチャレンジであるが、低コストを目標とする場合には、製造・貯蔵・輸送・利用の各技術分野でアプローチ法が異なってくる。

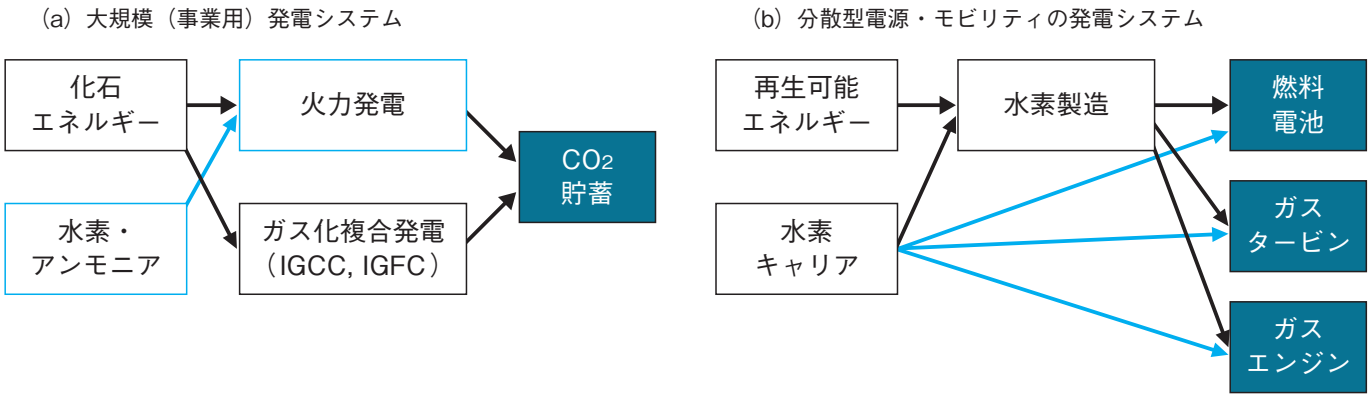


図1　CO_2フリー発電システム

図１に、CO_2フリー発電システムのフローを示す。大規模な事業用発電システム（a）と中小規模の分散型発電システムまたはモビリティ用発電システム（b）の２つに分類して示した。

事業用発電システムでは、燃料の一部をCO_2フリー（グリーン）水素やグリーンアンモニアを利用するとしても、エネルギー量の観点で化石エネルギーの利用は避けられない。

したがって、低コスト化を図るべき技術の要は、CO_2分離・貯留・利用技術およびそれに適する発電システムであるガス化複合発電（IGCC, IGFC）である。ただし、大規模発電は既存発電所のスクラップ＆ビルドに長い時間を要するため、2030年のCO_2削減目標に貢献できる量は限られている。

比較的速い普及を見込めるのは、中小規模の分散型発電システムまたはモビリティ用発電システムである。このシステムでは、再生可能エネルギーまたはアンモニア等の水素キャリアから水素を製造し、燃料電池やガスタービン、あるいはガスエンジンで発電するシステムである。低コスト化を図るべき技術の要は、水素製造装置と発電装置にある。

図２は水素製造法別に概算した水素価格である。

太陽光発電と水電解の組み合わせは、理想的なグリーン水素製造法（Power to Gas）であるが、太陽光発電の利用率の低さと水電解装置の消費電力高および装置費用高が水素価格を押し上げており、低コスト化へのハードルは非常に高く、新しい原理に基づくイノベーションが必要とされる。

一方、グリーンアンモニアや回収アンモニアを触媒で水素に改質し、純水素に精製する方法は比較的低コストであるが、水素基本戦略の第一目標である30円/Nm^3-H_2をクリアするには、もう一段の工夫が必要である。

モビリティのCO_2フリー発電システム（燃料電池車または電気自動車用レンジエクステンダー）は、低コスト化はもちろん、小型化も要求されるため、新しい原理に基づくイノベーションが必要とされる。

発電装置においては、その装置コストが直接、発電コストに影響する。現状では燃料電池の装置コストは非常に高く、したがって発電コストも高い。この技術分野では低コスト化へのハードルは非常に高い。

一方、ガスタービンやガスエンジンといった内燃機関は、熱効率が低いもののほぼ完成された技術であり、kWあたりの装置コストは安価である。

低コストのCO_2フリーエネルギーシステムを早期に構築するためには、低コストの燃料電池が上市されるまでの間、内燃機関を利用するという考え方もあろう。

内燃機関でグリーン水素あるいはグリーンアンモニアを燃料とする場合には、各々の燃焼特性の違い（水素は燃焼速度が極めて速く、アンモニアは逆に非常に遅い）を考慮する必要があり、水素とアンモニアの混合燃料を利用できるガスタービンやガスエンジンをリニューアルする研究開発が必要とされる。

4. おわりに

CO_2フリーエネルギーシステムの早期社会普及を考えるとき大幅な低コスト化が必要であり、これまでのシステム構成を再構築する必要がある。

〔参考文献〕

1）主要国の約束草案（温室効果ガスの排出削減目標）の比較（環境省）
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2020.html

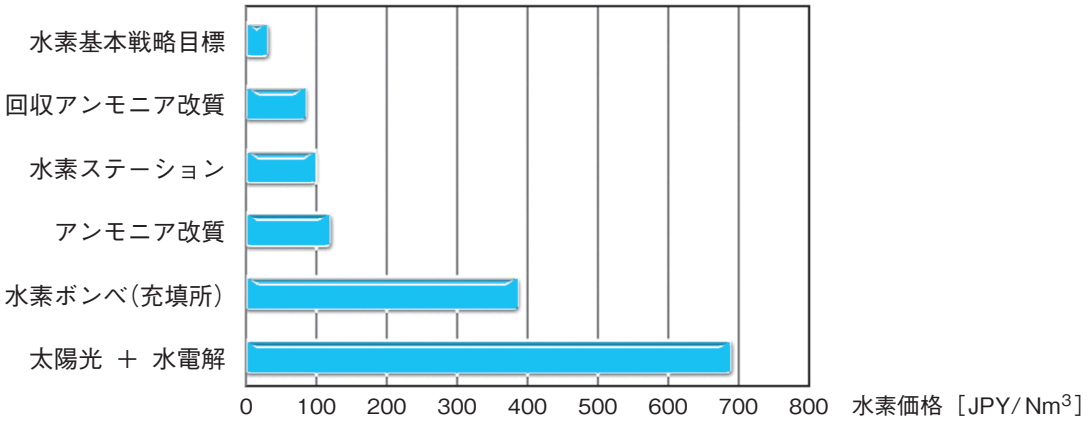


図２　水素製造法別の水素価格（概算）

トピックス

ヒートポンプ技術の転換期

山口 誠一
早稲田大学

1. はじめに

ヒートポンプという技術がある。熱は、ふつう何もしなければ、温かい方から冷たい方へ流れるものであるが、ヒートポンプを使えば、熱を冷たい方から温かい方へと移動することができるのである。

一般的に使われているヒートポンプは、蒸気圧縮式冷凍サイクルを採用しており、その理想極限に逆カルノーサイクルを持っている。

このヒートポンプ技術は、その高い理論成績係数（効率のようなもの）や高い汎用性などを理由に、省エネルギー社会実現への中核技術の一つと言われている。その用途は、冷凍、空調、給湯、産業用途など多岐にわたっており、社会へのインパクトも非常に大きい。身近な例をあげれば、皆さんのご家庭にあるエアコンがヒートポンプそのものである。ここでは一般的なエアコンを例にとって話をしたい。

2. 従来の考え方と課題

上述のように、ヒートポンプは省エネルギー社会実現に向けた必要不可欠な技術の一つであり、今後ますます活躍する技術といってもよい。

しかしながら、実はこのヒートポンプの性能は、研究者や技術者の努力により、現在の評価基準においては、限界に近付きつつあると言われている。

現在の評価基準というのは、専門的な説明は横において言えば、例えば、定常かつほぼ無制御状態でいくつかの実験データを取得し、そこから通年利用を想定した年間性能を算出するというものである。

定常というのは、決まった条件下で一定の運転状態を保ちながら静かに機械が動いている状態であり、無制御というのは、一定で動くための制御や、機械の保護するための様々な制御を行わないということだ。

これを考えるとき、実際にヒートポンプが使われる環境（実負荷環境）は、そんなに単純ではないというのは誰でも容易に想像できるだろう。これについて、(1) 実負荷環境の多様性、(2) 実負荷環境の非定常性、(3) 実負荷環境そのものの変化、の 3 つの視点から考えよう。

(1) 実負荷環境の多様性

家庭用エアコンでいえば、部屋の大きさ、何人が生活しているのか、そこにいる人の行動パターンはどのようなものか、どんな生活スタイルか、温かさや寒さの感じ方の違い、などによって実負荷環境は全く異なるのである。

国内にある稼働中の家庭用エアコンは数百万台と言われており、そのすべてが異なる環境で動いていると言ってもいいだろう。もちろん、そのすべての異なる条件において、個別に最適な性能を発揮するのが理想的であるが、少なくともこれまでは難しかった。

(2) 実負荷環境の非定常性

また、実負荷環境はというのは、負荷の変動、外乱、ユーザーによる自由な設定変更（設定温度や風量を変えるなど）により、常に時間的に変化しているものである。

機械はその状況を適切に処理し、ユーザーにより設定された状態を維持するために、ほぼ常に自分自身や環境などの状態を監視し、制御しようとしている。

したがって非定常的な運転状態が占める時間は、現在の評価の考え方よりもずっと多いと言えるのだ。当然、このような非定常的な制御をうまく行えないなら性能は落ちる一方である。

(3) 実負荷環境そのものの変化

さらに、省エネルギー社会実現へ向けた社会の大きな変化により、将来的には実負荷環境そのものが変化して行くと予想される点も注意しなくてはならない。

例えば、建物の断熱性が向上したり、ゼロエネルギービルディングやゼロエネルギーハウスといった考え方が登場し、それらがゆっくりではあるが社会に広がっていく中で、空調空間における負荷や、そもそも人が環境に何を求めるのかということさえも同時に変化していくということである。

大雑把に言えば、室内の負荷は小さくなる方向に行くと予想され、一方、非定常的な挙動の割合などはどうなるかさえ分からない。

3. ヒートポンプ技術の転換期

冒頭で述べたように、ヒートポンプは非常に高いポテンシャルを持った機械である。しかし、その性能を個々の状況に応じた形で十分に発揮できていないのは上述の通りである。

このことは、逆に言えば、ヒートポンプにはさらなる高性能化への余地が十分にあるとも言えるだろう。つまり従来の考え方にとらわれず、実負荷環境を十分に考慮した新しい評価基準のもとで、ヒートポンプの評価・設計・制御を行うことができれば、まだまだ性能は向上するということだ。しかし、このような検討を進めていくには、従来の延長線上にはない、いくつか発想の転換と、技術的な進歩が必要である。

発想の転換という観点から一例をあげるとすれば次のようなことがあげられる。

これまでのヒートポンプ関する研究や開発においては、その内部で生じる局所的な現象の解明と、それら現象から成り立つシステム全体の制御手法の構築などに関する検討が、かなりの部分において分断されてしまっていた。

従来の評価基準においてほぼ無視されていた非定常的な挙動やその制御について考えるためには、ヒートポンプの非定常特性に大きな影響を及ぼすヒートポンプ内部の、例えば、気液二相流現象や伝熱現象（の非定常的な特性）をよく理解しなくてはならないし、多種多様な実負荷環境においてより良い制御を実現していくためには、そのような現象のシステムの特性解明に適用可能な一般理論化が必要不可欠である。

つまり従来において別々に行われていた、現象解明やシステム制御検討を、統一的な枠組みの中で考えていく必要があるのだ。

4. 技術の革新

近年、ヒートポンプを考えるうえで有用な技術的・学問的な進歩により、この発想の転換を行える素地が整いつつあると考えられている。

技術的・学問的な進歩とは、例えば、数値シミュレーション技術の進歩（コンピュータの処理速度の向上ということも含めて）、計測・可視化技術の発展、データサイエンスによる分析・判断能力の大幅な向上、などがあげられる。

このような力は、ヒートポンプの研究開発のさまざまなフェーズにおいて、また、先に述べた現象解明からシステム制御検討を統一的に理解し、理論化していく上では必ず必要になってくると考えられる。

5. おわりに

ここでは、ヒートポンプ技術のさらなる発展にはいくつかの大きな課題があり、しかし、その課題を克服できる状況が整いつつある、ことについて述べた。

少し話が発散気味ではあったが、これが発想の転換の一助となれば幸いである。

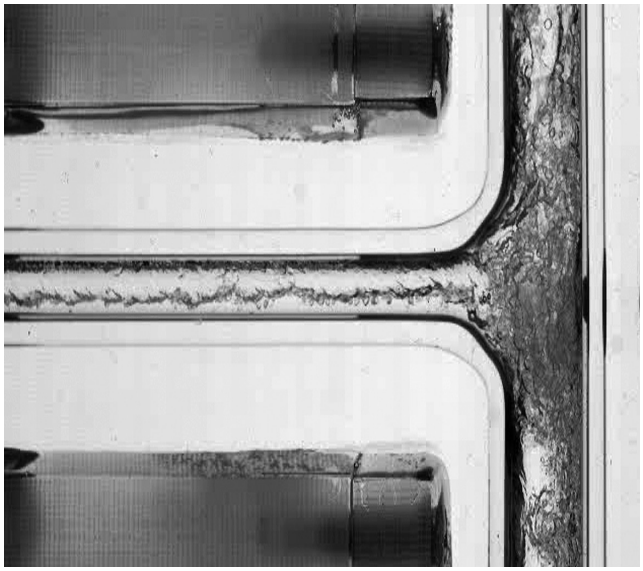


図１　ヒートポンプ内部の蒸発器上流部における
気液二相量流の分流・相分離現象の可視化画像

図２　フィンチューブ熱交換器内部における
着霜分布の二値化画像

第30回 環境工学総合シンポジウム 2020 のご案内

■企　　画：環境工学部門
■開 催 日：2020 年 6 月 24 日(水)～6 月 26 日(金)
［6 月 24 日(水)は見学会のみ開催］
■開 催 地：高野山（普賢院、無量光院）
〔和歌山県伊都郡高野町〕
■開催趣旨：日本機械学会環境工学部門を構成する騒音・振動改善技術、資源循環・廃棄物処理技術、大気・水環境保全技術、環境保全型エネルギー技術などの先端技術を駆使することにより、自然環境と調和する安心・安全な快適環境を実現するための情報提供、および専門家による最先端の研究・技術開発成果の発表と討論を通してサステナブル社会へのブレークスルーのきっかけを見出していただくことが目的です。
皆様の積極的なご参加をお待ちしております。また、各種表彰制度により、環境工学の発展を加速する機会ともなっております。奮ってご参加下さい。

■見 学 会：6 月 24 日(水)　(※各回 15 名まで)
第 1 回 14:00 過ぎ～
第 2 回 15:00 過ぎ～
第 3 回 16:00 過ぎ～
「南海鋼索線（高野山ケーブルカー）施設見学」
(集合場所：高野山駅)
■特別講演：6 月 25 日(木) 16:45 ～ 17:45（予定）
「微細藻類ユーグレナによる持続可能な社会実装に向けた取組み（仮題)」
―― 島根大学 生物資源科学部 生命科学科 教授　石川 孝博 氏
■Online 参加登録期限：
(早期登録) 4 月 27 日(月)〔予定〕
■問合せ先：環境工学部門
(担当職員：遠藤 貴子)
E-mail：endo@jsme.or.jp
TEL (03) 5360-3506
FAX (03) 5360-3509

編集後記

環境工学部門では、「騒音・振動改善技術」「資源循環・廃棄物処理技術」「大気・水環境保全技術」「環境保全型エネルギー技術」の 4 つの技術委員会を中心にして、幅広い活動を行っています。

その活動の様子の一端を、本ニュースレターでご紹介させて頂きました。環境工学部門ホームページでは、過去の「環境と地球」やトピックスなどのイベント情報を閲覧できますので、是非一度ご覧ください。

各技術委員会では、今後も見学会、研究会などのイベントを計画しており、部門全体では 6 月に「環境工学総合シンポジウム」を計画しております。ご興味を持たれた方は各種行事にご参加、ご協力いただければ幸いです。

最後になりましたが、本ニュースレターの発行に際して、ご協力いただいた執筆者ならびに関係の皆様にこの場を借りて御礼申し上げます。

(豊島 正樹：三菱電機)

環境と地球　編集室

環境と地球 No.31　2020 年 4 月 10 日発行
日本機械学会環境工学部門　広報委員会
〒 160-0016
東京都新宿区信濃町 35　信濃町煉瓦館 5F
電話 03-5360-3500／FAX 03-5360-3508
部門ホームページ：http://www.env-jsme.com/

©2020　一般社団法人　日本機械学会

委員長
石野 洋二郎（名古屋工業大学）

副委員長・ニュースレター編集長
豊島 正樹　（三菱電機）

委員
山極 伊知　（神戸製鋼所）
豊武 秀文　（月島環境エンジニアリング）