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.30 April 2019

2019年度部門長　就任挨拶
アジアの環境工学拠点となろう！

佐藤 岳彦
2019年度 部門長
（東北大学）

1. 環境工学部門設立の背景

環境問題は、古くはロンドンの大気汚染が知られているが、産業革命以後の工業の発展に伴い人体だけでなく経済や社会に害をなすようになり、世界各地において大きな社会問題となった。これらの環境問題は局所的なことが多く、各国において発生した問題を逐次解決することで対応してきた。しかしながら、このように先進国で解決されてきた環境問題は、開発途上国の経済発展の途上で繰り返し発生しており、技術的な解決だけでは対応が難しい状況が続いている。一方、地球温暖化に伴う海面上昇や異常気象、越境する大規模な大気汚染やオゾン層の破壊、広範な海洋汚染や湖川などの水質汚染、さらには動植物の絶滅などは、各国単位での解決は難しく、国際的な枠組みで取り組まれている人類全体に関わる問題となっている。これらの解決には長い道程を必要としている。

我が国の公害対策[(1)]は、工場地帯において顕在化した大気汚染や水質汚染、廃棄物処理、騒音・振動などに対し対処する形で進められた。高度成長時代においては、政策面から1967年に公害対策基本法が、1968年に大気汚染防止法、騒音規制法が、1970年に水質汚濁防止法が制定され、さらに自然保護と併せ1971年に環境庁が設置された。技術面においてもこの時期に脱硫・脱硝・集塵装置が開発され、「石灰－石こう法排煙脱硫技術」、「アンモニア接触還元法などによる排煙脱硝技術」、「電気集塵技術」などは現在でも世界中で利用されている我が国発の公害対策技術である。オイルショック以降は、産業公害型から都市・生活型の大気汚染が顕在化し、特に自動車の普及による排気ガスの汚染物質の低減が図られた。政策面では1978年に自動車排出ガス規制が実現し、技術面では、米国マスキー法をクリアする低公害なCVCCエンジンをホンダが開発し、低公害車の開発を世界に促すきっかけとなるなど、我が国の環境技術の高さが世界に浸透した。産業面では、省資源・省エネルギーへの取り組みによる環境負荷の低減などの取り組みが本格化した。1980年代後半になると、高度かつ広範な環境対策技術の導入が進み、集中立地型の産業公害は低減し、1987年には公害健康被害の補償等に関する法律による大気汚染の指定は全て解除された。しかしながら、二酸化窒素、浮遊粒子状物質（SPM）、光化学オキシダントなどは低減せず、1990年代に入ると自動車排出ガス規制が強化された。以上、我が国の大気汚染対策を主として紹介したが、廃棄物処理や騒音・振動においても精力的に取り組みがなされてきている。また、産業分野における省エネルギー技術も飛躍的に向上し、1974年と1990年では、鉱工業生産指数当たりエネルギー消費原単位が半分以下にまで低下している。さらに、1990年以降の国際社会では「持続可能な開発」が今後の継続的な発展のために人類共通の課題であると認識されるようになった。

このように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が必要となってきた。環境工学部門は1991年に設立されているが、このような背景のもと社会的要請もあり設立されたのではないかと考えている。これは、時機を得た設立であり、当時の研究者や技術者の意気込みを感じるところで、大いに励まされている。

2. 環境工学部門の現状

環境工学部門は、1991年に設立されてから今年度で

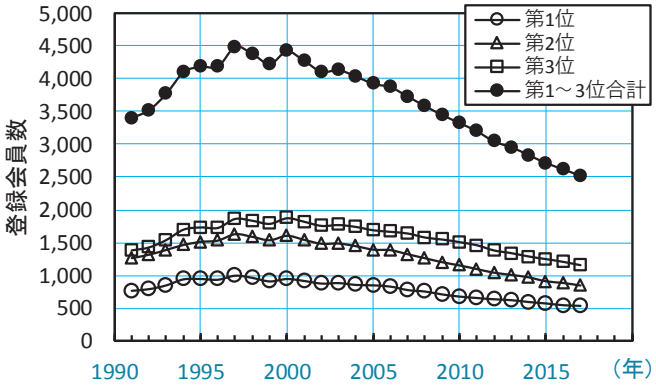


図１　環境工学部門の登録会員数の変化

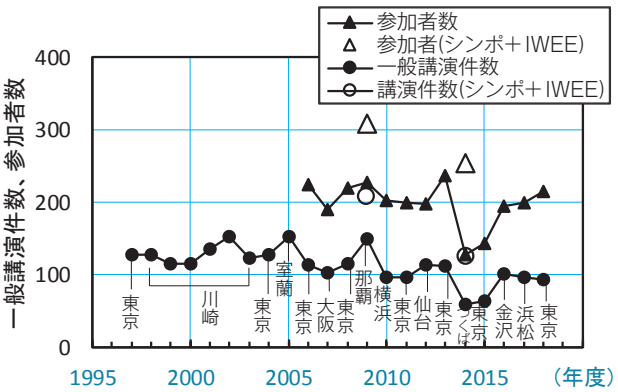


図２　環境シンポの講演件数と参加者数の変化

29 年目を迎える。1990 年以降の環境問題を巡る社会情勢は大きく変化し、1993 年には「公害対策基本法」を発展継承し、持続的な発展が可能な社会の構築を謳う環境基本法が制定されている。1997 年には第 3 回気候変動枠組条約締約国会議（COP3）が日本で開催され、京都議定書が採択されている。COP3 は地球規模の環境問題に対し世界が一致して対応することの大切さと共に各国の利害が絡む難しさも示した重要な会議であった。私自身もほんのわずかであるが、この会議に参加しあの熱気を感じることができたことは、思い起こすと幸運であった。この頃の環境問題への関心は社会においても大変高く、2001 年には環境省が発足し、現在につながる様々な施策を始めている。この社会情勢を反映して、**図 1** に示すように環境工学部門も第 1 位から 3 位までの部門登録者数が設立時に 3400 名であったのが、1997 年～2000 年にかけて最大 4500 名に達し、登録者数のピークを迎えている。その後は、現在に至るまで減少を続け、2017 年度では 2500 名となっている。これは、身の回りでは分かりにくい地球規模の環境問題への関心が低くなってきていることや、少子化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ている。一方、環境工学総合シンポジウム（環境シンポ）の一般講演の発表件数の変化は、1997 年から 2006 年までは概ね 115 件以上を保ち、2007 年以降から、100 件前後となってきている。参加者数はデータのある 2006 年以降は概ね 200 名前後を維持し続けている。登録者数が減少しても参加者数が維持できている理由は、環境シンポの魅力が登録されている方に伝わっているからと考えられ、歴代の実行委員会や関係者の努力の賜である。さらに魅力を伝える努力をして参加者数の増加に結びつけたい。

さて、環境工学部門では、環境シンポの開催の他、特別講演会、講習会、見学会、子供向けイベントを毎年開催している。2018 年度は 11 件、2017 年度は 13 件、2016 年度は 12 件と多数開催し、環境問題の理解や解決に向けた取り組みを継続的に進めている。これらの企画・実施は、1. 騒音・振動評価・改善技術分野、2. 資源循環・廃棄物処理技術分野、3. 大気・水環境保全技術分野、4. 環境保全型エネルギー技術分野の 4 技術委員会毎に行っており、環境工学部門の企画行事の多さの原動力となっている。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」について取り組んでいる。その他にも、部門活動のための委員会が設置され継続した活動を進めている。

3. アジアの環境工学拠点となるために

環境工学部門の背景と現状から、環境工学部門が今後社会において果たす役割は、今まで取り組んできた国内の研究・技術の情報提供や交流、社会貢献に加え、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急速に発展している開発途上国における環境問題への対応など、アジアにおける環境工学拠点となることを目指すことではないかと考えている。指針として、(1)国際ネットワークの構築と強化、(2)情報発信の強化、(3)部門活動の拡充・強化、(4)ビジョン・ロードマップ作成の 4 つを掲げたい。

具体的には、2018 年度から部門として取り組んでいる以下の活動を推進する。(1)＆(2) 環境工学国際ワークショップ（IWEE）を 5 年毎から 3 年毎に開催間隔を短くし、継続的な国際交流と情報発信を行えるようにする。2019 年は、その起点となるべく、沖縄の万国津梁館にて、6 月 25～28 日に IWEE 2019 と第 29 回環境シンポを開催することにした。20 名程度の基調講演・招待講演を世界 12 カ国から招聘し、国際委員会を設置し今後も継続的に参加頂くことを計画した。また、開催場所に、2000 年に開催された第 26 回主要国首脳会議（九州・沖縄サミット）の会場である万国津梁館を選び、見学会、バンケット、エクスカーションも充実させ、沖縄の伝統文化や自然も楽しめる企画とする等、開催場所の魅力による参加者増と交流の促進を狙った。(3) 機械学会年次大会において環境工学部門単独で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既存委員会の協力

を得て、新たに企画した。(4)部門の技術ロードマップも参考にし、アジアの環境工学拠点形成に向けたビジョンとロードマップの作成を行う。

最後に、現在機械学会部門協議会で検討している部門再編については、環境工学部門の位置付けをはっきりさせ、部門活動を強化することで、再編に向けて主導できるような立ち位置を確保していきたいと考えている。2019年度部門長としての抱負を述べたが、皆様と一緒に、IWEE/環境シンポ、年次大会、ビジョン・ロードマップ作成、そして、アジアの環境工学拠点の形成を一緒に成し遂げていきたい。

〔参考文献〕 (1)(独)環境再生保全機構ウェブサイト
(https://www.erca.go.jp/index.html)

2018年度環境工学部門の活動を振り返って

松山 智哉
2018年度 部門長
(三機工業株式会社)

1. はじめに

就任時のあいさつで触れさせていただきましたが、この数十年の間に日本や世界をとりまく情勢は刻々と変化しており、そして社会に求められる技術も同時に変化するとともに発展してきました。

そのような中で学会における活動についても変化に対応していく必要があり、就任時の抱負として、より魅力のある部門活動をしていくことについて、具体的に3つの課題を挙げました。

これらの課題を踏まえながら今年度の部門活動について振り返ってみたいと思います。

2. 部門活動

まず、第1に部門の最大のイベントである環境工学総合シンポジウムについては、7月11日から12日に早稲田大学にて実施しました。

昨年の参加者数を上回る210名の参加者があり盛況のうちに終えることができました。今年度は、タイムリーな技術分野におけるOSの設置、英語講演の推奨、講演時間の短縮や受付手続きの簡略化、また、例年通りの先進サステナブル都市ワーキンググループ主催の特別講演のほかに、今年度新設した規格規制委員会主催のワークショップを開催するなど様々な新たな取組を行いました。

実施した取組みにはそれぞれどの程度の効果があり課題がどうなのか、簡単に検証できるものではなく、今後引き続き掘り下げた検証を継続していくことが重要であると考えています。

講演会については、4月に「第52回空気調和・冷凍連合講習会」、5月に「第31回環境工学連合講演会」、11月に「第4回若手研究者のための熱利用・環境技術ワークショップ」を共催で開催しました。

講習会としては、6月に「静粛設計のための防音・防震技術」、10月に「空力音・液体騒音のメカニズムと静粛化」を実施しました。

夏休み期間には子供向けイベントして、「手作りで音を楽しもう」、「熱を体験してみよう」という親子向けイベントも開催しています。

このほか、「今治市クリーンセンター」や「四日市市クリーンセンター」等の最新鋭の技術を導入した清掃工場の見学会や、「世界淡水魚園水族館 アクア・トト岐阜」のバックヤードツアーなど普段見ることのできない環境関連施設の見学会を企画し開催しました。

いずれも多くの方々に参加いただき盛況のうちに終えることができました。

また、次期部門長である東北大学の佐藤岳彦先生を中心に来年度は沖縄で国際ワークショップを開催する準備を進め、無事に6月26日～28日に開催する運びとなりました。

3. 表彰者の紹介

部門活動に貢献いただいたみなさまや前年度の環境工学総合シンポジウムで優れた発表を行った方々に対し、毎年表彰を行っています。2018年度は以下の方々が受賞されました。(以下、敬称略)

【部門賞】

功　績　賞：川島 豪　(神奈川工科大学)
研究業績賞：粥川 洋平(産業技術総合研究所)
技術業績賞：吉澤 尚志(㈱日立製作所)

【部門一般表彰】

環境工学総合シンポジウム研究奨励表彰：
田淵 聡　(㈱神戸製鋼所)
井上 尚子(㈱神鋼環境ソリューション)
及川 港基(早稲田大学)
八木 勝也(早稲田大学)

【若手優秀講演フェロー賞】

田畑 まどか(名古屋工業大学)

4. おわりに

環境工学部門は環境保全を守りつつ快適環境の追求を求める、環境に関わる数多くの研究者、技術者の集団であると思います。

日本はもとより世界における社会情勢が変化する中で、地球の環境保全に対して非常に重要な役割を担っているのは間違いないと思います。

機械学会全体としても、持続可能な未来社会の構築に必要な技術など、社会が要請する課題に対応するために広い視野にたったテーマ設定や機械学会のポテンシャルを最大限発揮するために、横断性の強化を図るべく部門組織の改革について検討しているところです。まさに、今環境工学部門が直面している横断的な技術の融合テーマの設定や活動が非常に重要であることを再認識したところでもあります。

今後は、部門内の活動にとどまらず、年次大会における部門横断的な活動などを積極的に行い、機械学会の全体の活動にも貢献していきたいと考えております。

1年間という短い就任期間ではありましたが、今後とも本部門および機械学会の活性化と発展に微力ながら協力して参りたいと思いますので、引き続き皆さまのご協力をどうぞよろしくお願いいたします。

部門賞　受賞者の紹介

環境工学部門功績賞を受賞して

川島 豪
神奈川工科大学
機械工学科

この度は功績賞を賜り、誠にありがとうございました。大変光栄に存じます。環境工学部門において共に活動していただきました皆様に感謝申し上げます。

環境工学部門と私の縁は、部門創設に関わりました故下郷太郎先生のお誘いで、環境工学総合シンポジウムで発表させていただいたときから始まります。当時は川崎市産業振興会館で開催されていたと記憶しております。

その後、振動分野、特に心地よい振動に関する研究成果を発表させていただいていくうちに第1技術委員会に入れていただきました。

第1技術委員会委員長などの様々な仕事をさせていただき、2012年度に部門長を務めさせていただきました。その時のシンポジウムは東日本大震災の1年後で、前年に開催予定であった東北大学で、震災の傷跡が残る中、今期部門長の佐藤先生のご尽力で開催させていただいたのは記憶に新しいところです。

環境工学部門は、日本機械学会の中でも、材料力学、流体工学、熱工学、機械力学のような確立された分野の部門でなく、横断的な部門であり学会の横糸のような存在と考えております。

部門の設立・運営をされてきました諸先輩の先見性へ敬意を表するとともに、これからの部門を、部門の特徴を活かして進化させていかれる皆様の更なるご活躍をお祈りいたします。

環境工学部門研究業績賞を受賞して

粥川 洋平
産業技術総合研究所
計量標準総合センター

この度は、栄えある環境工学部門研究業績賞を賜り、まことに名誉なことと、関係者の皆様には厚く御礼申し上げます。

対象となったのは、高温ヒートポンプ用の作動媒体としても期待される、イソペンタンの熱力学性質に関する精密測定です。

同物質に関する再現性の高い熱力学状態方程式の開発には、高精度な物性値の測定が欠かせません。イソペンタンのような炭化水素は、多くのデータの測定年代が古く、炭素数が5のイソペンタンはプロパンやブタンに比べて測定報告も少ない状況でした。

特に、イソペンタンは蒸気圧が低いため気体の密度が小さく、小さい相対不確かさで測定することは非常に難しい物質です。

筆者は、産総研の計量標準の開発と供給ミッションの一環として磁気浮上密度計と呼ばれる非常に高精度な密度計測技術を用いたPVT性質（任意の温度・圧力における密度）測定装置を2015年に開発しました。この計測技術には、今年5月から施工される新しい国際単位系（SI）で採用される質量の定義のもとになった、シリコン単結晶の密度測定技術が利用されています。

イソペンタンの測定に関しては、昨年この賞を受賞され、筆者と同窓でもある日本大学・田中 勝之 教授の研究室から技術研修生として産総研に来ていた修士課程の学生さんとともに実験を行いました。測定上の困難にもめげず、辛抱強く測定を積み重ねた結果が報われたことを喜びたいと思います。

今後もこの計測技術をヒートポンプ・冷凍空調機器をはじめとする作動媒体の熱物性の解明に役立て、環境工学分野へのさらなる貢献に繋げていきたいと考えています。今後ともよろしくお願いいたします。

環境工学部門技術業績賞を受賞して

吉澤 尚志
株式会社日立製作所
研究開発グループ

この度は、栄誉ある賞を賜り、誠にありがとうございます。環境工学部門の皆様をはじめ、これまでに多大なるご支援、ご指導を頂いた方々に厚く御礼を申し上げます。

今回、技術業績賞の対象となったのは、「音線法を用いた鉄道車両の車内音解析手法の検討」に関する一連の研究です。

鉄道車両のような公共性の高い乗り物において、車内静音化は車内環境の向上にとって必要不可欠な要素の一つですが、車両の速度向上や軽量化などに伴って車内音は増加する傾向にあるため、設計段階での車内音予測・低減の重要性が増しています。

本研究では、建築音響の分野では知られている音線法という幾何音響的な手法を取り入れ、鉄道車両という大規模構造物の車内音を、なるべく短い計算時間で、できるだけ高精度に予測しようと試みました。

今後、本研究で得られた知見を活用して、静音化と軽量化など背反する性能を高度に両立する鉄道車両の開発に貢献していきたいと考えております。今後とも、皆様方のご支援、ご指導を賜りたく、よろしくお願い申し上げます。

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：森下 達哉
東海大学

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。2019 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「空力音・流体騒音のメカニズムと静粛化」をテーマに開催し、それぞれ 37 名、42 名の技術者に受講をいただきました。

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―

小学生に音や振動に関する体験を通じて理科系に興味関心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、体験型イベントを実施しています。

7 月に東芝未来科学館（川崎）にて開催し、52 名の参加がありました。本イベントについては、毎年大変好評を得ています。2018 年度は節目の第 10 回開催となったため、拡大版イベント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 回程度行っています。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 12 月には千代田化工建設グローバル本社を会場としてご提供頂き第 20 回研究会を開催し、技術委員のレベルアップを図っています。

第２技術委員会の活動報告と計画

委員長：太田 智久
株式会社タクマ

第２技術委員会は、資源循環・廃棄物処理技術分野を対象とし、学識者、技術者を中心に約 20 名の委員にて構成された委員会です。

2018 年度は先進施設の見学会を２回、技術委員会を３回開催しました。

▶「今治市クリーンセンター」見学会

開催日：2018 年９月 27 日（木）　参加者 19 名
見学先：今治市クリーンセンター「バリクリーン」
施設規模：可燃ごみ処理施設
174t/日（87t/日×２炉）
リサイクルセンター
41t/5h（破砕・選別等）
施設特徴：最新の廃棄物処理技術を用いて廃棄物の適正処理、高効率発電による熱回収を行っている。さらに、地域に親しまれる施設として各種研修室、多目的室等を備えており、地域の皆様に日々利用されている。また、これらの施設は、災害時には避難所等として利用できる機能を備え、地域を守る防災拠点としての役割を果たしている。

▶「四日市市クリーンセンター」

開催日：2018 年 12 月 13 日（木）　参加者 23 名
見学先：四日市市クリーンセンター
施設規模：可燃ごみ処理施設
336t/日（112t/日×３炉）
破砕処理施設　32t/5h
施設特徴：最新の焼却・排ガス処理システムを採用して、廃棄物の適正処理、高効率発電による熱回収を積極的に行っている。また、環境啓発にも積極的に取組む施設で、オリジナルシナリオ、プロジェクションマッピング、ネオン照明等、施設見学者を飽きさせない工夫が随所に有り、見て、聞いて、触れられる、五感で学べる施設である。

（※ 2019 年度も２回の施設見学を予定しています。）

資源循環･廃棄物処理分野の動向として、プラスチック製容器包装・製品の有り方が注目されています。

今後プラスチック資源の利用を徹底的に減らすとともに、原料を再生材や再生可能資源に適切に切り替えた上で、できる限り長期間使用し、使用後は、効果的・効率的なリサイクルシステムを通じて、持続可能な形で、徹底的に分別回収し、循環利用（熱回収によるエネルギー利用を含め）を図る動きが推測されます。

一方で、効率的運用、人手不足などから、資源循環・廃棄物処理分野へ、AI・IoT 技術導入も盛んに議論されています。

第２技術委員会は、機械工学の視点から社会から要求される技術の有り方についての議論を深めるとともに、資源循環・廃棄物処理分野の今後の有るべき姿についても皆様と議論を重ねたいと考えています。

多数のご参加をお待ちしています。

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・水環境分野の研究開発を対象としており、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（平成 30 年は 23 件）、大気・水関連施設の見学（平成 30 年 11 月 26 日、No.18-140 世界淡水魚園水族館“アクア・トトぎふ”施設見学・バックヤードツアー）、最新の大気・水環境講演会（平成 31 年３月開催予定）の３つのイベントの企画・運営を行なっている。

また、本年度より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、第 32 回講演会（2019 年５月 21 日開催）に向けた準備をしている。

研究報告においては、放電（プラズマ）による水処理・殺菌技術、接着技術、水素製造、流動層への応用技術や光（紫外線）利用の脱硝技術のほか、環境負荷削減効果を「見える化」するLCA 評価手法や定量シュリーレン瞬間三次元 CT 計測など、新しい切り口での研究報告があり、活発な議論がなされた。

シンポジウム期間中に開催した委員会では、２名の新委員が選出された。また、International Workshop on Environmental Engineering 2019（6月25～28日、沖縄）に向けた意見交換を行なった。

世界淡水魚園水族館“アクア・トトぎふ”の見学会は 20 名が参加し、盛会であった（詳細は、別掲載記事を参照）。

第 32 回環境工学連合講演会に向けては、超低炭素社会構築のリアリティーとチャレンジと題して、再生可能エネルギーを主力電源とする超低炭素社会構築に関し、現行技術での限界とチャレンジすべき重要課題について、日本機械学会の観点で講演を行なう予定としている。

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技術委員会は、環境保全型エネルギー技術が主なテーマとして挙げられ、具体的にはエネルギーの有効利用のためのヒートポンプの活用や新エネルギーの開発、エネルギーシステムの最適化等の分野に関して活動しています。

2018 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」

第４技術委員会に関連して、小学生と中学生にエネルギーを体感してもらうため、複数の“熱”をテーマとした実験を用意し、技術委員会委員が解説しながらおこなうものであります。

2018 年度は７組 11 名の親子に参加していただきました。2019 年度は新たな熱の実験を加える計画がされており、これまでの参加者からのリピーターも期待しています。

(2) 見学会「大崎クールジェン IGCC（石炭ガス化複合発電）実証試験発電所」

環境保全型エネルギー技術に鑑み、2018 年度は CO_2 分離・回収を付設する石炭ガス化複合発電に着目し、広島県の大崎上島町にある大崎クールジェン㈱の石炭ガス化複合実証試験発電所を見学しました。

その他、第４技術委員会主催の部門所属研究会が４つ活動しております。いずれのテーマにおいても環境・エネルギー問題を解決する取り組みであり、第４技術委員会の今後を支えるテーマであると共に、他の技術委員会や研究会、他学会からも参加を呼びかけ、様々な分野の横断的な活動を期待しています。

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：佐々木 正信
東京電力エナジーパートーナー㈱

環境工学部門は、「騒音・振動評価・改善技術分野」、「資源環境・廃棄物処理技術分野」、「大気・水環境保全技術分野」、「環境保全型エネルギー技術分野」の４つの技術委員会から成り立っていますが、４技術委員会の横断的活動として、「先進サステナブル都市・ロードマップ委員会」を立ち上げています。

本年度は環境工学総合シンポジウムにおいて、先進サステナブル都市に関連する基調講演を企画し、２講演を実施しました。

産総研 安全科学研究部門 副研究部門長の玄地様からは「LCA で考える環境性能」との題目で、ライフサイクル全体の環境性能を定量的に算定するための、日本 LCA 学会「温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン」を紹介して頂き、SDGs のような様々な指標が多数存在し、最適解探索が困難な現状においては、どの対策案を採用するかを「検討するプロセス（コミュニケーション）」が重要となることをご指摘頂きました。また、私からも「EV 時代における電力供給」という題目で、将来の系統電力制御への EV 充放電制御の活用可能性について発表させて頂きました。

技術ロードマップ関連に関しては、日本機械学会イノベーションセンター 技術ロードマップ委員会のワークショップに参加し、「2050 年のものづくりに向けた２つの将来ビジョン（健康いきいき幸せ社会、Connected Planets）」のロードマップ作成について議論しました。

この議論においても、SDGs のどの課題解決への貢献を目指すか、キーテクノロジーの実現・普及タイミング等について、様々な部門代表者等が活発な議論を行いました。なお、本成果については学会誌への掲載も検討しております。

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1回のみの開催で、日置様のご尽力により千代田化工建設グローバル本社で12月に開催しました。

日置様、磯部様による会社紹介の後、3題の話題提供、甲斐様（千代田化工建設）の「Acoustic Emissionを用いた非開放検査によるタンク底部鋼板の腐食診断」、土肥様（小林理学研究所）の「超低周波音源の位置推定に関する検討―音源領域を囲うマイクロホンの配置についての屋外実験―」、森下先生（東海大学）の「管路系消音器構造を用いたトンネル発破音の抑制」を聴講し、活発な意見交換をしました。

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

2018年9月10日に関西電力本社ビルにおいて、第22回NEE研究会を開催した。

NEEとは、Numerical Environmental Engineeringの略称で、NEE研究会は、環境分野の研究に数値計算を用いている幅広い研究者が集えるような場所を提供することを目的に、年1～2回を開催している。

今回の研究会のキーワードは、地域冷暖房とした。講演会の前に、河川水を利用した大阪中ノ島2･3丁目地区地域冷暖房施設を見学した。更に、関西電力本社ビルの省エネの見学と説明を受けた。

その後、関西電力の木虎久隆様から、「河川水を利用した大阪中ノ島2丁目地区地域冷暖房の運転実績」について、大阪エネルギーサービス㈱の坪田圭司様と㈱三菱地所設計の高田修様から、「大阪駅ノースゲート地域冷暖房の最適設計と運用」について、㈱OGCTSの井出良一様から、「岩崎エネルギーセンターにおけるスマートエネルギーネットワークの取り組み」について、ご講演を頂いた。

大阪市の主要な3つの地域冷暖房施設について丁寧な説明を頂き、大変有益な研究会であった。今回の講演会の参加者は25名であり、その内15名が懇親会にも参加頂き、大いに盛り上がった。

NEE研究会は、数値計算を研究に応用している研究者のサロン的な役割を目的とし、環境という幅広い分野の講演を企画しています。日頃聞くことが出来ない研究について触れる機会を得ることが出来ますので、多くの方の参加を歓迎いたします。

なお、今までのNEE研究会の講演概要は下記HPから見ることが出来ます。

［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

熱システムの解析には、構成する要素内部の物理現象を考慮したモデルのみならずシステム全体の特性を考慮したモデルなど、レベル・規模別に分類し構築した数値解析が大いに有効である。

各大学・企業・研究機関が各自解析コードで行われている計算評価より公正かつ一般化された統合解析コードを作成し、共有すれば信頼性のある解析結果を持つシステム解析に大いに貢献できる。

本年度には、汎用解析ツールの応用に関する議論をさらに活発させ、圧縮式、吸収式システムの解析コードに関する議論のみならず、伝熱・数学を融合したモデルの考え方やAI技術による熱システムの高効率化に関する汎用モデル解析ツールの活用等に取り組んできた。

その成果を研究会のメンバーから協力も得て、平成30年7月11日（水）～12日（木）に、早稲田大学で開催された『第28回環境工学総合シンポジウム』で報告を行った。

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の活動報告

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。

平成30年度は、11月5日(月)～6日(火)の2日間、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。

今回が第4回目とな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、今回は第1回、第2回を開催した八王子セミナーハウスにて合宿形式で実施しました。

研究者による講演では、地中熱源ヒートポンプのコスト削減（佐賀大・仮屋先生）、化学蓄熱・ヒートポンプの平衡論と速度論（名古屋大・窪田先生）、エンジン排熱回収による熱効率向上（工学院大・小林先生）、Renewable Heat の活用（九州大・宮崎）について最新の研究成果を交えてご紹介頂いたほか、参加学生によるグループディスカッションや機械系と化学工学系の2グループに分かれての演習も実施し、密度の濃いワークショップとなりました。

参加者は、学生20名および大学教員・社会人8名（講師4名を含む）の合計28名でした。

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報告

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

本研究会は、ヒートポンプ・冷凍空調機器や発電システムに用いられる作動媒体や水素、バイオ燃料などの再生可能エネルギーに関連する流体などの物性を中心に、機械工学から熱物性、化学工学までの横断的な議論を深めることを目的として昨年度に立ち上げられた。

今年度も、11月に名古屋で開催された日本熱物性シンポジウムにタイミングを合わせてワークショップを開催した。

テーマを「アンモニアとその水溶液」に絞り、長年アンモニア水溶液の最大密度に関する研究を続けて来られた神奈川工大・小口先生に話題提供をいただいた他、新しい熱力学状態方程式の情報や国内の研究状況、地球環境への影響などについても情報提供を行った。

アンモニア水溶液は、吸収冷凍機の作動媒体として広く用いられているが、ランキンサイクル・逆ランキンサイクルの作動媒体としての応用例は、ごく少ないため、流体熱物性研究の対象に中心にある物質とは言えない。しかしながら、水のように水素結合を構成する数少ない物質のひとつであることから、一定条件下では会合性を有し、これが特異な熱力学的振る舞いとして表れる。

この特徴を良好に表現する状態方程式の関数形が近年ようやく開発され、アンモニアの熱力学状態方程式のパフォーマンスが一挙に向上したが、これは代替冷媒R32のように会合性を持つと考えられる冷媒の状態方程式にも応用可能な知見である。

このようにアンモニアを切り口として、多岐にわたる白熱した議論が交わされ、ワークショップは盛況のうちに終了した。

流体熱物性の研究者が一堂に会する機会はそう多くなく、開催回数が限られていることが課題であるが、今後も年1、2回を目標として中身の濃い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―（10周年記念）

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1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、今回で10周年を迎え、例年と比べて内容を一部変更した特別版として実施しました。

今年度は、7月27日(金)の午後に開催し、小学校1年生～4年生の親子52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」では、紙皿とペットボトルの蓋で作る「紙皿カスタネット」、紙コップと細長い風船で

作る「風船電話」、紙コップとつまようじだけで和紙が回る「声コプター」を各自製作し、音が出る仕組みや、自分で工作する楽しさを体験してもらいました。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。更に今年は、立体音響のデモストレーションを全員に体感してもらいました。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。今年は、例年実施している音ビンゴに加えて、映像を見ずに何の音かを子供に答えてもらう企画に変更したところ、ほとんどの音を当てることができ、子供は大人が思っているよりも「音」に関心を持っている可能性を示唆する結果となりました。終了時には、全員で10周年の記念撮影を行い、大盛況な所でイベントは終了となりました。

最後に、機械工学振興事業資金より助成を頂いたこと、また、10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。

見学会「今治市クリーンセンター（バリクリーン）」

第２技術委員会　豊武 秀文
月島環境エンジニアリング

晴天の2018年9月27日(木)、1大学、8企業から合計21名に御参加いただき、施設見学会を実施いたしました。

松山空港からバスで、高速道路を使用せずに、約1時間15分。途中、太陽石油の一大基地や新来島どっく大西工場の10本ほどの巨大クレーンと大きなドックを横目に現地に到着。施設の稼働が今年の4月なので、施設の新鮮さと大きなアーチを設置したモダンなデザインが目を引きました。

到着後、クリーンセンター管理事務所・所長の矢野様と所長補佐の村上様、そしてキャラクターの“あーるん”からの概要説明がありました。

本施設は、施設の建設だけでなく、20年の維持管理も含めて株式会社タクマ様が受注したもので、今治の陸地部だけでなく、大島、伯方、大三島の島しょ部からのゴミも集約する焼却設備と、リサイクルセンターからなり、焼却炉の熱を利用して発電した電気の余剰分は、隣接する公園の電力に使用する以外は電力会社に売電しております。

写真１　施設全体

施設の機能は、“防災拠点・高効率発電・環境啓発の発信”であり、中でも最大の特長である防災機能は、市民320名の1週間分の食糧を備蓄している上、避難所に出来る大研修室（体育館）や会議室を有しております。

説明後、順路に従っての施設見学です。発電体感の出来る見学者ホールから始まり、

① 9つのゲートを持つプラットホーム
② パッカー車1000台分のピット
③ 87ton/日×2系列のストーカ式焼却設備
④ 3800kW出力のタービン発電機
⑤ 5時間で41ton処理できるリサイクル設備
⑥ 操作端末6台とモニター10台を有する中央操作室

と移動し、最後は防災施設である大研修室（体育館）と併設する備蓄倉庫を見ることが出来ました。

途中、西側の山の中腹に“加計学園が運営する岡山理科大学獣医学部”を遠くに見ることが出来、一同より、「なんてタイムリー！」とのコメントが出ました。

見学後の質疑応答では、諸事情により、計画当初の場所とは異なり、前焼却施設隣の場所に設置することになったというお話も聞け、改めて、こういった施設設置の困難さがうかがえました。最後に、本見学会にご協力頂きました、今治市様、施工主の株式会社タクマ様、維持管理会社の今治ハイトラスト株式会社様にこの場をお借りしてお礼申し上げます。

写真２　集合写真

見学会「アクア・トト ぎふ バックヤードツアー」

第３技術委員会　小林 信介
岐阜大学

2018 年 11 月 26 日(月)に、岐阜県各務原市にある世界淡水魚園水族館“アクア・トトぎふ”の施設見学およびバックヤードツアーを実施し、20 名の皆さまにご参加いただきました。

“アクア・トトぎふ”は世界最大級の淡水魚の水族館で、年間約 50 万人が訪れる人気水族館です。施設は木曽川河川の環境楽園内に移置し、周辺には多数の研究施設もあり、河川環境学習ゾーンが形成されています。展示は長良川水系の淡水魚だけではなく、日本各地、またアジア、アフリカ、南アメリカの川や湖に生息する様々な種類の淡水魚です。そのため、地域の淡水魚に合わせた様々な水処理設備や飼育ノウハウを有しており、今回のバックヤードツアーにおいては、水槽の管理だけではなく、淡水魚に与える餌の管理についても詳しくお話を伺いました。

この施設において使用している水は、地域ごとの特別な水ではなく、全量地下水を利用しており、水槽内の水はろ過装置を通して循環させ、不足分を地下水より補給しています。水槽規模にもよりますが、各水槽に砂濾過装置が取り付けられてれており、数時間ごとにすべての水槽内の水が濾過できるようになっています。それでも、微生物の繁殖により水槽内面が汚れることから毎朝必ず数時間かけて水槽内面の掃除を行う必要があるとのことでした。

様々な地域の淡水魚を飼育していることから、水質の管理とともに水の温度管理も重要であり、淡水魚の生息地域に合わせた水温管理を熱交換器により行っています。ただし、季節ごとに水温を変えるのではなく、基本的には年間通じて一定の水温に制御しているそうです。

生き物であることから水の管理だけではなく、淡水魚に与える餌の管理も重要であり、種類によっては生きている餌しか摂取しない生物もいることから、アリやコウロギなどの虫の飼育も行っています。

展示物の楽しさに、バックヤードでの苦労は忘れ去られがちですが、多くのスタッフが水環境や食の管理に莫大なエネルギーを費やしており、生物にとって生きる環境の重要さを改めて学ばせていただきました。

最後に、本見学会にご協力頂きました“アクア・トトぎふ”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」の開催

第４技術委員会　内山 聖士
三機工業株式会社

次世代を担う子供たちに機械や工学、エネルギーに興味を持ってもらうために、2018 年 8 月 23 日(木)に夏休み親子向けイベント「熱を体験してみよう」を東京都中央区にあるヒートポンプ・蓄熱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 8 回目です。小学校 4 年生から中学校 2 年生と幅広い世代の子供に参加頂き、参加者数は 7 組 11 名でした。

イベントは、ヒートポンプ・蓄熱センターにて 14 時 30 分より行いました。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することで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」の性質や圧縮、膨張、気化熱、凝固熱と言葉のみの説明ではわかりにくい用語を子供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、身近な工業製品がこれらの「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、ご協力頂いたヒートポンプ・蓄熱センター、関係者各位に感謝致します。

トピックス

音環境に新たな空間価値を創生する スマートサウンドデザイン

戸井 武司
中央大学 理工学部

1. はじめに

我々は自然の音から風情や情緒を感じて生活しており、また鹿威しのように音により静寂を感じることもある。環境基準や規制を超える大きな騒音に対する低騒音化は有効であるが、無音と静けさを感じる環境は同じではない。近年、住宅、オフィスや自動車車室内などは外部からの遮音性が向上し、また内部の低騒音化により静粛な音環境が実現する一方で、自動車では「運転しづらい」や「迫力がない」など静音化の弊害や、従来気にならなかった小さな騒音が顕在化している。ここで更なる低騒音化は得策ではなく、音環境のバランスを考慮した快音設計が必要となる[1-2]。本稿では、音環境に新たな空間価値を創生するスマートサウンドデザイン[3]について事例を交えて紹介する。

2. スマートサウンドデザインとは

生活空間における音は、マイナス要因として低騒音化により目立たない対策が施されるが、諸々の情報やその場の雰囲気を形成する重要な要素なので、プラス要因として活用することが望まれる。例えば、トイレの洗浄時に大きな泡の発生により低周波数のゴボゴボと汚らしい音が生じるが、配管形状の工夫により小さな泡で高周波数の小さい音圧として小川のせせらぎを連想させる爽やかな洗浄音に変更できる。製品の機能価値は同一であっても音質に拘った快音設計は、生活の質感を著しく向上させ、新たな空間価値を生みだす。

図1に示すように、家庭、自動車車室内など様々な生活空間において、リラクセーションやコミュニケーションなど、人々の活動を機能的な音環境で支援するスマートサウンドデザインが進展している。

エアコン動作音では、**図2**に示す低周波数の増加で暖かく、高周波数の増加で涼しく、温感や冷感の体感温度を変化させる音温度がある（特許第6161055号）。また、覚醒に作用する動作音により、就寝時の入眠や起床時の目覚めに効果的に活用できる。これらは、エアコン風路の切り替えやASC（アクティブサウンドコントロール）による音質変更で実現できる。

一方、浴室シャワーは心地よい十分な水量とすると、給湯のエネルギーや下水の環境負荷が増大する。そこで、シャワー吐水音の音圧と快適性の関係、および心理音響評価量の甲高さを示すシャープネスと流量感の関係より快適で体感水量が多いシャワーヘッドが実現できる（特許第6292666号）。

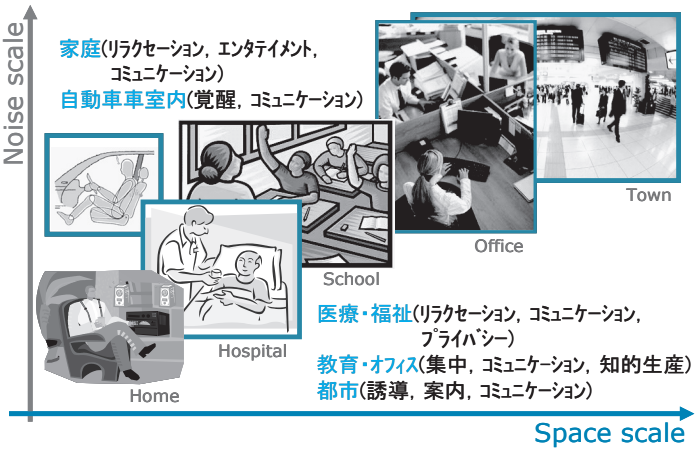


図1　様々な環境のスマートサウンドデザイン

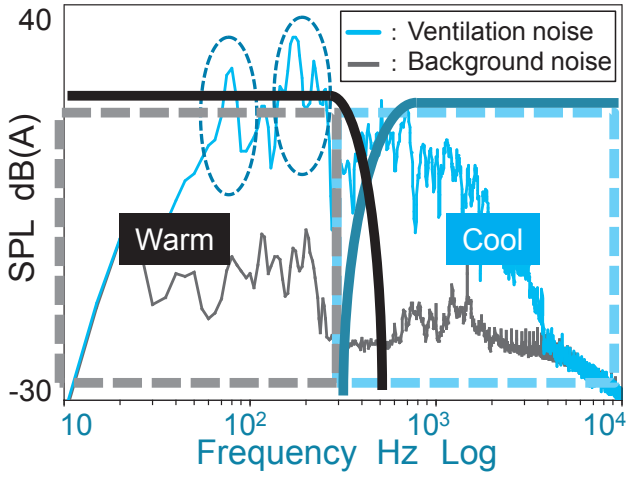


図2　エアコン動作音による体感温度の変化

また、オフィスの事務機では、モータやファンなどの定常音に加え、印刷時に過渡音が発生する。そこで、連続印刷時の周期音に着目し、リズム感と知的生産性との関連を調査している。**図3**は設問調査に基づく主観的な音質評価と、生体情報の心拍変動から自律神経のバランスを推定するLF/HFに基づく客観的な音質評価である。平常時の心拍数を0%で基準化すると、動作音のリズム感を−10%程遅くした場合にそれぞれ音質評価から快適と推察でき、リズム感が少し速まると快活な印象となり効率的な行動が誘発できる。

さて、空間内に異なる音環境が望まれる場合、複数のスピーカを配置して多領域音場制御により音環境を

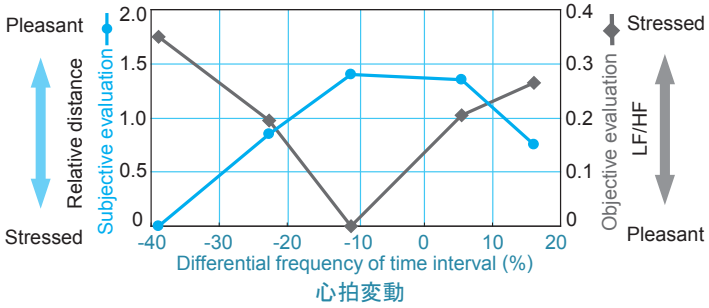


図 3　事務機動作音のリズム感変化による快適性

図 4　複数スピーカによる自動車車室内のサウンドパーティション

分離するサウンドパーティションが開発されている。住宅、オフィスや図 4 に示す自動車車室内などに適用することで、領域毎に異なる音環境を実現し、各個人の活動支援が可能となる（特許第 6348769、6452377）。自動車車室内では、漫然運転を防止するため覚醒水準の維持に効果的な機能音を運転席に提示して安全性を高め、同時に後席での快適性が担保できる。

3. 五感の相互作用を考慮した快音設計

快適な動作音とする快音設計は、聴覚のみでなく、触覚や視覚などとの相互作用を考慮する必要がある。一眼レフカメラカメラでは、ピンボケでなく高精度を連想させるシャッタ音が望まれるが、シャッタや絞りの開閉、光路切替ミラーなどの動作、レンズ交換による重量変化で操作音や振動が変動する。図 5 はカメラ振動特性の変更前、変更後の操作音を単刺激でヘッドフォン視聴した評価（Ds, Es）に対して、カメラを手に持ち操作感のある状態でそれぞれの操作音を複合刺激で評価（Dsf, Esf）である。聴覚のみの単刺激と複合刺激でそれぞれ異なる印象となり、カメラを設計変更後の手に伝わる振動を低減することで、所望の歯切れが良く迫力のあるシャッタ音が実現する。

また、カメラのボディ色や形状など視覚に対応した動作音が期待される。そこで、図 6 に示す機械音のサウンドデザインに加え、内蔵スピーカから自由度の高い電子音により過不足分を機能音として付加し、適切なシャッタ音が生成でき、上質感の演出が可能となる。これは、料理の塩コショウと同様に個人の嗜好に合わせるサウンドオプションの手段として有益である。

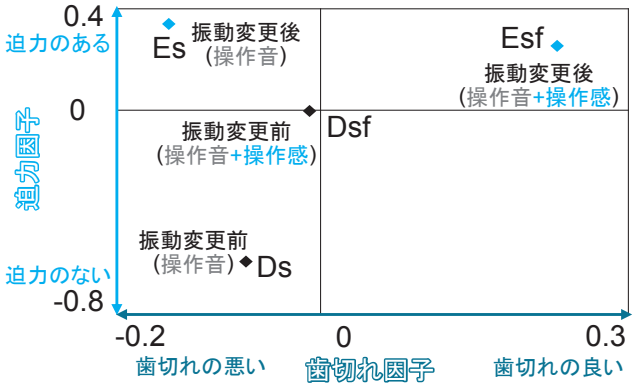


図 5　操作感によるカメラシャッタ音の印象変化

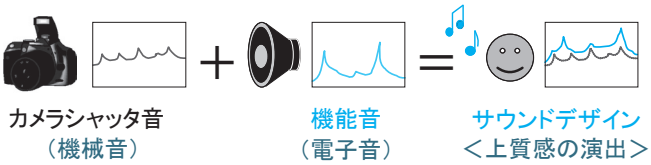


図 6　機能音を用いたサウンドデザイン

同様に、スポーツ用具では材質や構造変更により基本性能を向上させるが、使用時の感覚は重要である。ゴルフ打球時に生じるヘッドからの打球音と、シャフトからの打振動を考慮してプレーヤの爽快感が高められる。また、自動車では加速音や振動を適切に設計することで、加速感の創出が可能となる。

一方、カーナビやスマートフォンなどの画面操作のフィードバックは視覚情報に加え、操作音による聴覚や振動による触覚のクロスモーダルを考慮することで、確実な操作感が得られる。VR 環境では力や振動などに加え、適切な動作音によりリアリティの増加や、新たな感覚が創生できる。

音に対する認識は過去の経験や心理状態で異なるが、普遍的な固定要素と、個人の嗜好や製品の等級などに応じた変動要素を適切に組み合せ、システム全体の統制によりサウンド・ブランディングが実現する。

4. おわりに

日本の繊細で緻密なものづくりを支える匠の技は、音としても表現され、色、材質、形状など視覚の印象に合致した音創りは、違和感の削減のみならず、日本らしい上質感やプレミアム感の演出に効果がある。

今後のスマートサウンドデザインの更なる進展が期待される。

〔参考文献〕

[1] 田中基八郎, 戸井武司, 佐藤太一, 静音化 & 快音化設計技術ハンドブック, 三松, 2012
[2] 戸井武司, 感性価値を高める快音設計, 設計工学, 53(9), 653-658, 2018
[3] 一般社団法人 スマートサウンドデザインソサエティ（SSDS）https://ssds.or.jp/

トピックス

シャフト炉式ガス化溶融炉の最新技術

小野 義広
新日鉄住金エンジニアリング株式会社　環境ソリューション事業部

1. はじめに

相次ぐ自然災害によって発生する災害廃棄物の処理や、長期的かつ喫緊の課題である最終処分場不足への対応、などのニーズに対し、当社はシャフト炉式ガス化溶融炉によって多種多様な廃棄物を高品質なスラグとすることで循環型社会の構築に貢献をしてきた。この機能にはコークスによる高温還元雰囲気の形成が大きな役割を果たしているが、一方で温暖化対策としてコークス使用量削減や発電量 UP による温室効果ガス排出削減が強く求められている。このような背景のなか、当社は低炭素シャフト炉によるコークス使用量の大幅削減、欧州で Steinmüller Babcock Environment GmbH 社（以下 SBE_{NG} 社）が培ってきた高効率発電技術の国内適用、ボイラ水管のショットクリーニングによる総発電量 UP、総合的な操業安定化による消費電力原単位削減等に取り組んできた。本稿では、その最新技術を紹介する。

2. 低炭素型シャフト炉[1]

2.1 低炭素型シャフト炉の構造

従来型炉と低炭素型シャフト炉の概要を図 1 に示す。シャフト炉では炉下部に形成されるコークスベッドによる高温還元雰囲気によって多種多様な廃棄物を完全に溶融し高品質なスラグを産出する。低炭素型シャフト炉では炉下部に直接コークスを投入することで、従来型シャフト炉において、乾燥ゾーンや熱分解ゾーンにおけるコークスの一部消費をなくすことでコークス使用量の min 化を図ったものであり 65 t/日規模の施設での長期運転において平均的なコークス使用量はごみ 1 トンあたり 15 kg となっている。

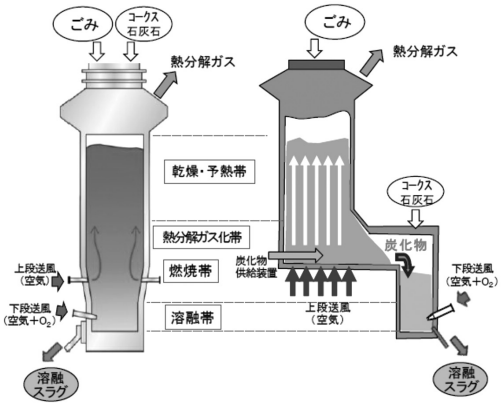


図 1　従来型炉と低炭素型シャフト炉

2.2 低炭素型シャフト炉による安定化

低炭素型シャフト炉では従来型炉では側面から行っていた上部送風をシャフト下部全面から均一送風を行えるように改良されている。

これによりシャフト部におけるガス流れが均一化され、シャフト炉から発生する熱分解ガスの性状を従来より均一に保つことが可能になり、後段の燃焼室での安定した低空気比燃焼の実現、発電量の安定化に寄与するボイラ回収熱量の安定化が実現されている。

図 2 に 65 t/日規模の低炭素シャフト炉におけるボイラ蒸発量の変動等を示す。

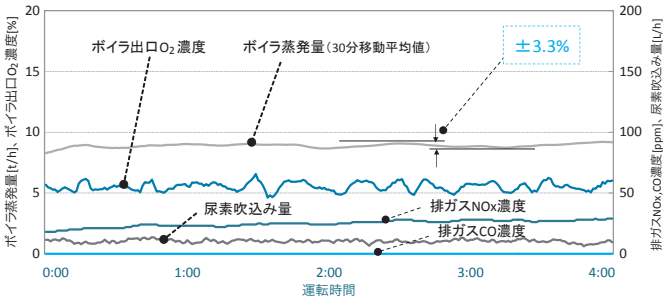


図 2　低炭素型シャフト炉のボイラ蒸発量等の変動

これらのデータは、従来タイプの燃焼バーナをそのまま用いたものであり、低炭素型シャフト炉に適したバーナ構造とすることで一層の機能向上が期待できるものと考えている。

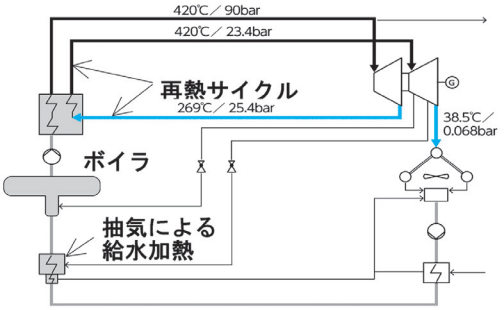
3. 廃棄物発電の高効率化

3.1 高温高圧ボイラへの取り組み

再生可能エネルギー活用の先進地である欧州を主要マーケットとする SBE_{NG} 社では、高効率発電にも積極的に取り組んでおり、①蒸気の高温高圧化による高効率発電では、イタリア・ナポリの施設にて、500℃、9 MPa、②蒸気サイクルの高度化としての再熱再生サイクルによる高効率発電（図 3）では、ドイツ・リューダースドルフにて、発電効率：29.9％を達成している。

特に、再熱再生サイクルは、図 3 に示されるように、システムそのものは複雑にはなるものの、蒸気温度が低く、過熱器の腐食対策、交換等の維持管理が、従来並みで済む可能性もあり、大型の施設においては有望な技術と考えられる。

図 3
再熱再生
サイクル



3.2 ショットクリーニング[2]

これまで日本における廃棄物発電設備でのダスト除去装置はスートブローが一般的に採用されてきたが、スートブローは広い設置空間が必要であり、また、ダスト除去に高圧蒸気を使用するため作動時に発電量が低下する欠点があった。これらの課題を解決するために古くから火力発電所の低温熱交換器で使用されてきたショットクリーニング装置に着目し、廃棄物発電設備ボイラの高温域まで適用範囲を拡大したダスト除去技術を確立した。**図 4** にショットクリーニング装置の概略フローを示す。

特に小規模施設においては、高圧蒸気を使用しないことでスートブロー運転時に起こり易い発電量低下に伴う買電発生を回避できる場合もあり、経済的な効果が高い。

岩手沿岸南部クリーンセンターでは施設の運転を開始した 2011 年からショットクリーニング装置が稼働しているが、ボイラ内部は定期清掃を行わなくてもきれいに伝面が維持されている。

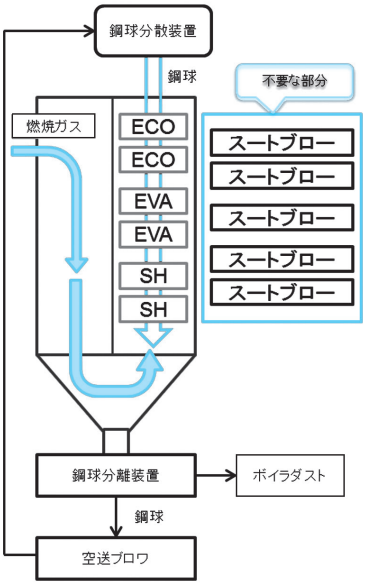


図 4　ショットクリーニング装置
概略図

4. ビッグデータ活用による安定操業への取組[3]

発電施設としてごみ処理施設を考えた場合、安定した操業の実現に加え、施設としての計画的な稼働が求められる。当社は、約 20 年前から操業実績データの解析に基づく操業支援を行っており、近年では**図 5** に示すような、リアルタイム遠隔監視ツール PlantPAD® を開発し、2011 年より弊社納入施設への導入を進め、操業会社本社からの遠隔監視・支援に活用している。

PlantPAD® は、①リアルタイムで実機と同様の操業画面や ITV 画像などを監視可能、②運転データのみならず、設備の点検データなども含め、過去から現在にわたり蓄積・活用可能なシステムであり、操業支援に効果を発揮している。

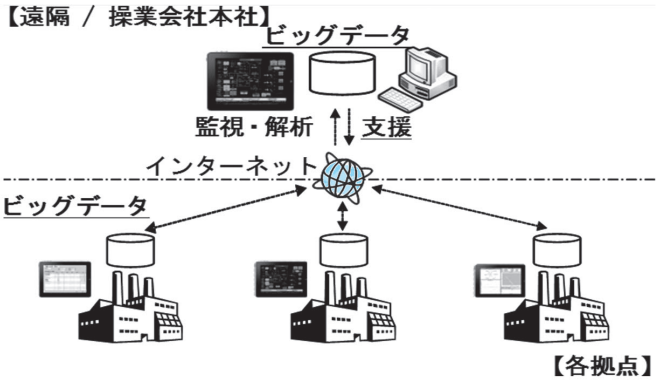


図 5　PlantPAD® による遠隔監視・操業支援

現在では、さらなる安定操業への取組として、操業のビッグデータを活用し、プラントの過去の傾向と現在の状態の把握、さらには将来の状態を予測し、適正に操業条件の設定変更を行うシステムの構築に取り組んでいる（**図 6**）。このシステムを活用しコークス量の適性量設定を行っているほか、設備点検整備の効率化によるトラブルの予防保全に向けてデータ蓄積を行っている。

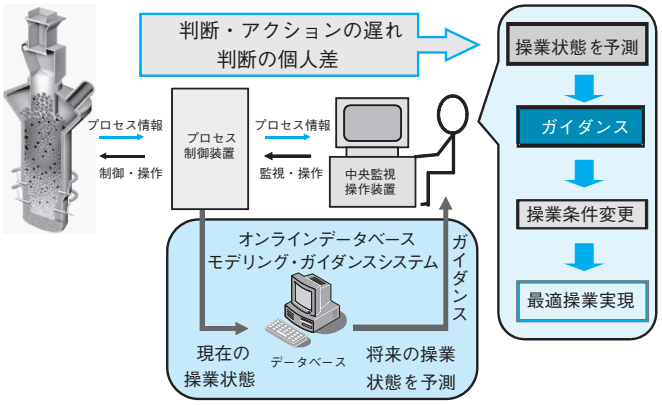


図 6　操業条件設定変更ガイダンスシステム

5. おわりに

シャフト炉式ガス化溶融炉は幅広いごみ質への対応と高品質なスラグ産出による極めて高い資源化効率で循環型社会の構築に貢献してきた。一方で地球温暖化対策は喫緊の課題である。

当社ではシャフト炉としての機能を維持しつつ、コークス使用量の削減や発電効率 UP に加え、操業の安定化による発電量 UP、使用電力 DOWN 等、施設全体として温暖化対策を進めている。今後もあらゆる視点から温暖化対策に取り組む所存である。

〔参考文献〕

(1) 谷口 他：低炭素型シャフト炉における燃焼安定性の向上 第 26 回廃棄物資源循環学会研究発表会（2015）
(2) 川田 他：ショットクリーニングによる廃棄物ボイラダスト除去技術　第26回廃棄物資源循環学会研究発表会(2015)
(3) 富岡 他：ビッグデータ活用による操業支援の高度化への取り組み　第 26 回廃棄物資源循環学会研究発表会（2015）

トピックス

将来技術の LCA 評価

河尻 耕太郎
産業技術総合研究所

1. はじめに

ライフサイクルアセスメント（LCA）は、様々な製品や技術の環境影響をライフサイクル全体で評価するための手法である。LCA の起源は、1969 年のミッドウエスト研究所による、コカ・コーラ社のリターナブル瓶とペットボトルの評価にまで遡る[1]。使用済みのビンを回収し再利用する場合と、ペットボトルを使い捨てる場合、どちらがトータルの環境負荷が小さいのか、その比較検討を行うことが目的であった。

当時の推計では、一般的な条件ではリターナブル瓶の方が環境負荷が小さいが、輸送距離が長い場合など、条件によっては結果が逆転するという結果であった。それから時を経て、LCA の方法論は ISO 14040, 14044 として規格化された。

また、各プロセスにおける素材やエネルギーの投入量（インベントリ）や、各素材・エネルギーの環境負荷原単位（インパクト）はデータベース化されている。さらに分析用のソフトウェアも充実し、LCA 実施者の作業負担は格段に少なくなり、産業界への普及も進んだ。現在は、様々な企業において、自社の製品の環境影響を自ら LCA 評価できる体制が整えられつつある。

2. 産総研における LCA 研究

産業技術総合研究所（産総研）は、2001 年 4 月に LCA センターを設立し、日本における LCA の研究を先導してきた。現在 LCA センターは安全科学研究部門に統合され、現在も LCA に関する研究開発は継続されている。

LCA の作業の大枠は、ISO 14040 等に規定されるとおりであるが[2]、中でも分析作業の負荷が大きいのは、インベントリ分析とインパクト（影響）評価である。インベントリ分析とは、製品を製造するための各プロセスにおける素材やエネルギーの投入量（インベントリ）を収集し、各プロセスで生じる環境負荷物質の入出量を分析する作業である。

インパクト評価とは、インベントリ分析で得られた各プロセスで生じる環境負荷物質の入出量から、具体的な環境影響を評価する作業である。産総研では、インベントリ分析のための各プロセスにおける原材料やエネルギー消費の投入量をデータベース化し、日本標準のインベントリデータベースである IDEA を開発した。また、各環境負荷物質によって生じる最終的な環境影響についてもデータベース化し、日本標準のインパクトデータベースである LIME を開発した。

現在、当時の開発担当者の伊坪氏は、現在東京都市大学に転籍され、そちらで開発が継続されている。前述のような各種データベースを開発する一方で、産総研では、各種評価手法の開発や、国内外のプロジェクトにおいて様々な製品・技術に関するケーススタディを実施しており、現在も活発に研究開発を行っている。

3. 将来技術評価

手法開発という側面から、現在の LCA の課題について述べたい。現在、大学、企業、公的研究機関等の様々な機関から、環境負荷削減に効果のある将来技術の環境影響を、研究開発段階で評価してほしいという依頼を受けている。早い段階で技術の効果を評価できれば、早くから技術の有効性をアピールし、研究開発費などを獲得できる。一方で、投資サイドからすれば、早い段階で有望な技術を定量的に選定し、費用対効果の高い技術に研究開発投資ができる。したがって、研究開発サイド、投資サイドの両側面において、早い段階で技術を評価するメリットが存在する。さらに、環境負荷削減に有望な技術の実用化が促進できれば、社会全体という観点からも意義は大きい。

一方で、学術的な観点からも、研究開発段階の技術を評価することの必要性が生じている。LCA の本来の役割は、新しい技術の環境影響を事前に評価することであり、それゆえにケーススタディが重視されている。しかしながら、前述のとおり、LCA の普及により、既存の実用化された製品や技術の環境影響は評価されている。そのため、現在は徐々に、ケーススタディの評価テーマが枯渇しているように思われる。

筆者は、日本 LCA 学会研究発表会の副実行委員長を 2 期務め、研究発表会のコマ割りなどを行ったが、ケーススタディ研究が非常に少なく、評価テーマの枯渇を実感した経緯がある。したがって、研究開発段階の技術も評価対象とすることで、新たな評価テーマを探索する必要が生じている。現に、国外の学会では、Emerging technology が LCA 分野のホットトピック

になりつつあり、研究テーマのフロンティアが、既存技術から将来技術へと移りつつあるように感じる。

しかしながら、研究開発段階の将来技術をLCA評価するためには、課題が存在する。大学や、企業の研究室であっても、基礎研究段階では小型（ラボスケール）の装置が用いられており、装置の効率が著しく悪い。そのため、ラボスケールの原材料やエネルギー消費量等のデータをそのまま用いて評価をすると、将来技術の環境負荷が著しく過大に評価されてしまい、既存技術と比較した時に、逆に環境負荷が増大してしまう。したがって、将来技術の環境負荷を既存技術と比較するためには、将来技術が大規模実用化された状況を想定して評価する必要がある（**図1**参照）。

なお、一般的なLCAでは、コスト評価を行うことは少ないが、原材料の投入量に環境負荷原単位を乗じる代わりに、コストを乗じることで、LCAと同様の方法論でコスト評価を行うことも可能である。

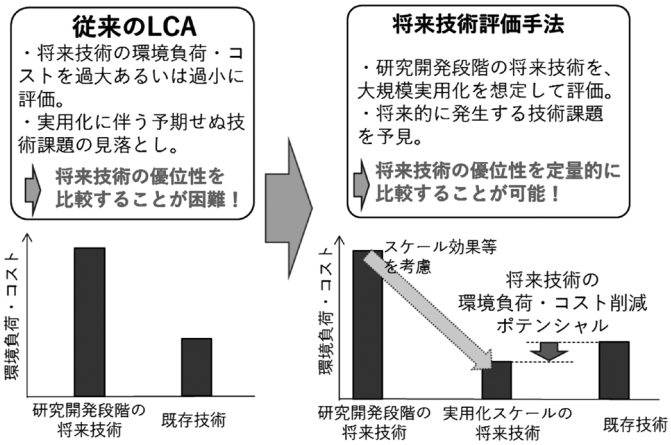


図1　将来技術環境影響評価手法

4. スケール効果

大規模実用化を想定するうえで、製造スケールの変化は極めて重要な影響を与える。

図2にスケール効果を示すが、スケールSと原材料投入量mの関係は、一般的に“$m = cS^{SF}$”の式で表現できることが知られている（cは係数、SFはスケールファクター）。スケール効果がなければ、SF＝1であり、図に示される通りスケールの増加に伴って線形的に原材料投入量が増加する。

しかしながら、例えば製造装置における消費エネルギーは、一般的にSFが0.4～0.7であることが多く、装置容量が10^6倍（mlスケールからtonスケールへの変化を想定）に拡大した時に、線形に増加した場合と比較して、消費エネルギーは1/100～1/1000程度小さくなる（**図2**中グレー領域）。

実際に、ラボスケールのインベントリをそのまま評価すると、環境負荷の99%以上は、製造装置に由来する消費エネルギーによって占められることが多いが、大規模スケールでは、スケール効果によって製造装置の消費エネルギーが小さくなり、原材料等による環境影響が相対的に大きくなる。

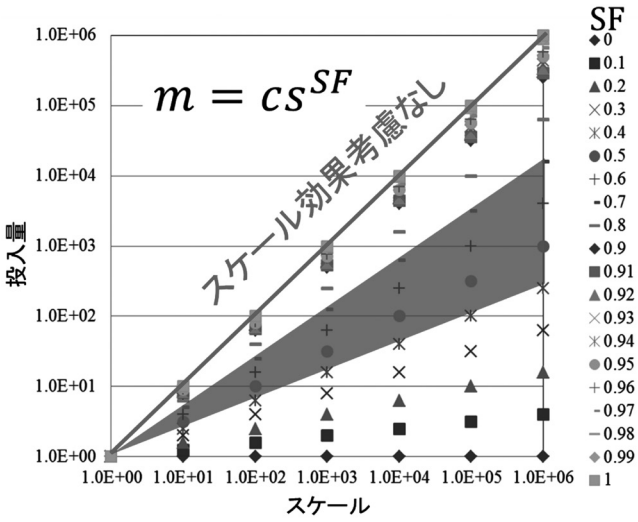


図2　スケール効果

5. 将来展望

以上のとおり、大規模実用化を想定するうえで、スケール効果の影響は極めて大きいが、大規模実用化の際には、スケール効果以外にも様々な想定を行う必要がある。

我々のグループでは、過去に実施された様々なケーススタディを通じて、現場のLCA実施者が簡易に研究開発段階の将来技術を評価するための手法やデータを開発中である。また、日本LCA学会において、「将来技術環境影響評価手法研究会」を設立し（主査：河尻耕太郎）、手法の確立、マニュアル化に向けて活動を行っている[3]。

今後は、前述の手法の確立、ツールの開発等を行うとともに、様々な将来技術のケーススタディを実施していきたい。なお、過去に我々がLCA評価を実施したアメリカの燃料電池に関するベンチャー企業は、その後APRA-Eプログラムに採用された。我々産総研における環境分野の研究者のミッションは、有望な将来技術の実用化を支援することであると考えており、今後もアカデミックな活動を超えて、現実社会への貢献を第一の目標として、活動していきたい。

6. 謝辞

本研究は、平成26年産業技術総合研究所領域イノベーション推進予算、つくば市の支援等を受けて研究を行った。ここに謝意を表する。

〔参考文献〕

[1] 伊坪, 田原, 成田,「LCA概論」, 2007.
[2] ISO 14040, 2006.
[3] 日本LCA学会：将来技術環境影響評価手法研究会, https://ilcaj.org/lcahp/kenkyukai-12.php

トピックス

MEMS ランキンサイクル発電機の開発に向けて

田中 勝之
日本大学　理工学部　精密機械工学科

1. はじめに

エネルギーの有効利用のため、これまでに筆者は製鉄所の廃熱を用いたオーガニックランキンサイクル発電機の開発に伴う作動流体の熱物性計測をしてきた。ランキンサイクルは、火力発電所などの高品位な熱源から水を作動流体として動力を得るシステムであり、製鉄所の廃熱利用では 200～300℃程度の低品位な熱源であるために作動流体として沸点が水よりも低い常温付近の有機物質を利用しているので、オーガニックランキンサイクルと呼ばれている。

この有機物質には、冷凍サイクルの冷媒のようにフッ素化合物が候補となっており、様々な種類の物質が提案されているので、筆者はそれらの熱力学性質を臨界点や PVT 性質、比熱等の測定をおこなってきた[1]。同時に様々な温度の熱源に応じて物質の選定が可能となり、工場排熱や温泉熱、太陽熱などのより低品位な熱源の利用と、発電機の小型化がされている。しかしながら、オーガニックランキンサイクル発電機の最も小型なものでも、数 kW の出力があり、規模も数メートルサイズである。

MEMS は、Micro Elector Mechanical Systems の略であり、本研究の規模はミリメートルサイズである。MEMS 小型発電機の需要として、IoT（Internet of things）機器の電源がある。IoT 機器は、センサーや送受信などの電力を必要とし、現状では主として電池で賄っているが、機器の増加に伴い電池を交換する必要も出てくるため、小型の発電機が求められている。このため、太陽光や振動、熱を利用した環境発電（エネルギーハーベスティング）の研究開発が盛んであり、圧電素子や熱電素子などの半導体による発電機の開発が多い。しかしながら、半導体による発電は、素子の内部抵抗が大きく、大きな出力が得られず、熱電素子でも比較的大きな出力は出るが、素子内の温度差を維持することが難しいことなど問題点も多い。

そこで、熱エネルギーを高密度な潜熱で蓄えられ、低品な熱源も利用可能なオーガニックランキンサイクルをこの分野に利用できないか考えた。

筆者の専門分野は流体熱物性計測であるが、所属する日本大学理工学部精密機械工学科は、MEMS を専門とする教員がおり、発電機全体を開発するとなると幅広い分野の知識が必要となるが、14 学科ある日本大学理工学部の総力と研究助成金で対応できると考えた。実際に、マイクロマシンを専門とする精密機械工学科の金子美泉、流体工学を専門とする機械工学科の関谷直樹、電力工学を専門とする電気工学科の辻健太郎の 4 名でプロジェクトを立ち上げ、日本大学理工学研究助成金による開発がスタートした。

テーマは、「IoT デバイスのための低品位な熱源を利用した超スマート発電機の研究開発」と題し具体的には本題のとおり、MEMS ランキンサイクル発電機の開発である。

2. MEMS ランキンサイクル発電機の開発テーマ

ランキンサイクルの機器は、膨張器（タービン）と加圧ポンプ、蒸発器、復水器からなり、タービンに発電機を取り付ける。

マイクロマシンを専門とする金子らによって、これまでに圧縮空気で稼働させた MEMS タービンを利用する[2]。この MEMS タービンは、一辺が約 5mm であり、発電機も MEMS 技術で一体型としている。

図 1 に MEMS タービン発電機の外観を示す。

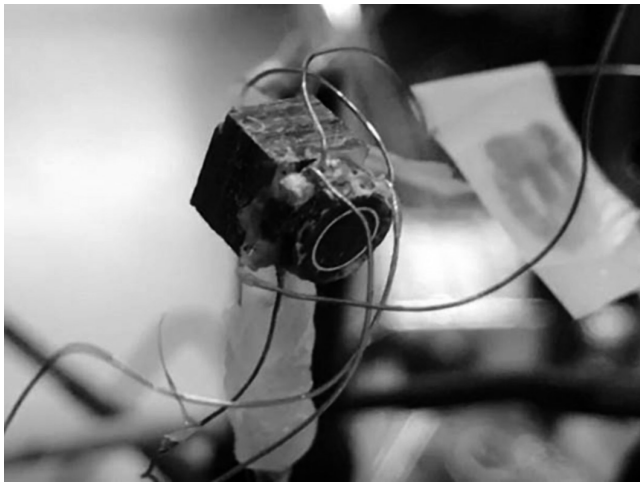


図 1　MEMS タービン発電機の外観

小型なため、ウェアラブルとすることも想定でき、体温を熱源として利用したいと考えている。したがって、作動流体の選定も沸点が低い有機物となるが、これまでの筆者の研究成果を参考にできる。

ただし、有機物の作動流体は、圧縮空気と比べて粘

性などが大きく、特に MEMS レベルになるとその影響は大きい。そこで、流体工学を専門とする関谷によって、マイクロ流路における流体解析を ANSYS によりおこない、タービンの設計にフィードバックする。また、発電機はタービンの軸に超小型の磁石を取り付け、その周囲は MEMS 技術で積層したコイルになっており、回転運動から交流の電力を取り出す。

MEMS タービンの回転数は数万 rpm になるため、コイルの最適化や計測については、電力工学を専門とする辻がおこなう。まずは、タービン発電機のみで評価をおこない、その後に MEMS 加圧ポンプや蒸発器・復水器などの熱交換器の開発を進める予定である。

MEMS ランキンサイクル発電機の全体像は、**図 2** に示したとおりであり、一辺が 20mm 程度になることを想定している。

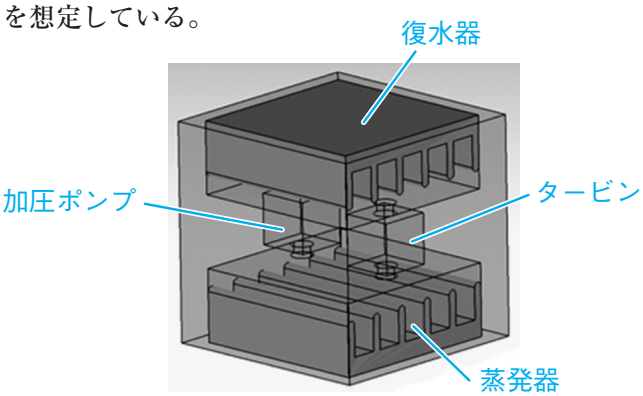


図 2　MEMS ランキンサイクル発電機の全体像

MEMS による手のひらサイズのランキンサイクル発電機の開発を目指しているが、各機器の評価やシステムのノウハウを掴むために、デスクトップサイズのランキンサイクル発電機も並行して製作している。

学内の研究プロジェクト助成金では、樹脂材料の 3D プリンタ、MEMS 製作用機器備品、電力計測機器類、流体解析ソフトウェア、加圧ポンプおよび膨張器の性能評価装置用計測機器を整備した。

具体的には、コリオリ式液体流量計、差圧式気体流量計、パワーアナライザ、電子負荷装置、デジタルマルチメーター、高圧注入電磁流量ポンプ、循環式恒温槽、小型ポンプ、配管・弁類、温度・圧力センサー類である。また、3D プリンタの導入により、タービン、ポンプ、熱交換器の設計製作が可能である。

未だ MEMS タービン発電機の開発のみであるが、小型化する上で、作動流体の使用量も少なくなるため、なおかつ有機物を使用するため、試料の漏洩はしない構造とすることが必須である。

その点も踏まえ、MEMS サイズの前に一回りでも大きい機器の製作が必要である。**図 3** にラボサイズで製作したサイクルの外観を示す。市販品の加圧ポンプを利用し、膨張部分は弁とし、熱交換器は単純な二重管型にしている。

図 3　ラボサイズで製作したサイクルの外観

3. おわりに

Society 5.0 社会の実現に向けて、次世代の IoT 機器に必要とされる電源として小型発電機が必要とされている。

本研究によって、低品位な熱源を用いたミリメートルサイズの高出力なランキンサイクル発電機が開発されることにより、IoT 機器の電源配線の不要化やバッテリーレス化、ウェアラブル機器用の電源としての利用やドローンの補助電源として飛距離を伸ばすことに役立つことが考えられる。また、小型で持ち運びが可能であれば家庭内にも導入しやすく、調理場からの排熱利用や、お風呂の残り湯、パソコンやプロジェクタからの排熱利用も期待できる。

〔参考文献〕

[1] K. Tanaka, R. Akasaka, E. Sakaue, J. Ishikawa, K. K. Kontomaris, “Thermodynamic Properties of cis- 1,1,1,4,4,4-Hexa-fluoro-2-butene (HFO-1336 mzz(Z)): Measurements of the $p\rho T$ Property and Determinations of Vapor Pressures, Saturated Liquid and Vapor Densities, and Critical Parameters”, J. Chem. Eng. Data, 2016, 61 (7), pp 2467-2473

[2] K. Kudo, K. Ebisawa, K. Mishima, M. Takato, K. Saito and F. Uchikoba, “Development of MEMS Air Turbine Micro Generator with Ball Bearing Mechanism and Magnetic Material”, Journal of Physics : Conf. Series, 1052 (2018)

環境工学国際ワークショップ 2019（IWEE2019）および第29回 環境工学総合シンポジウムのご案内

2019年6月25日～28日に環境工学総合ワークショップ2019ならびに第29回環境工学総合シンポジウムを沖縄県名護市万国津梁館にて開催をいたします。環境工学に関する技術の国際的な情報交換ならびにネットワークの構築を通じ、自然環境と調和する安心・安全な快適環境の形成やサステイナブル社会の実現への議論を深め、将来に向けた提言や情報発信を行うことを目的としています。トピックは、環境工学技術全般を対象とし、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セッションを設けています。構成は、プレナリー講演や招待講演、一般講演、ポスター講演、企業展示、見学会、バンケット、エクスカーションなどを予定しており、若手研究者向け講演表彰ならびに学生向けのポスター賞などの表彰制度も設けております。

環境工学部門では、環境工学についてアジアを中心に世界各地からの研究者と国際的に討論できる場を醸成し、国際的視点から環境問題の解決を行う中心的役割を担うことを目指したいと考えております。本年は、その起点となるため、過去から積み上げてきた国際ワークショップを土台に、アジア各地からアクセスが良く知名度も高い沖縄を会場に選び、招待講演者を多数招聘し、アジアの環境工学拠点に今後発展するように工夫をいたしました。本会議では、世界各国における多様な環境問題についての取り組み、研究開発についての情報発信や討論をするだけでなく、沖縄の風光明媚な自然や伝統文化に囲まれた中、サステイナブル社会の醸成ならびに環境工学の未来について考える絶好の機会となると考えております。皆様の積極的なご参加をお待ちいたしております。詳細についてはウェブサイトをご参照願います。

万国津梁館（会場）の上空からの眺め

http://www.jsme.or.jp/env/iwee/2019/
http://www.jsme.or.jp/env/see/2019/

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」といったそれぞれの分野の問題解決のために、4つの技術委員会が精力的に活動を行っています。その活動の様子の一端を、このニュースレターでご体感ください。各技術委員会の推薦でご執筆いただいた「トピックス」は、バラエティーに富んだ内容で、環境工学部門の“守備範囲”の広さを感じていただけるかと思います。

過去の「環境と地球」も、環境工学部門ホームページから閲覧できますので、職場などの身近な方々にもご紹介ください。また、紙面を通してだけでなく、「環境工学総合シンポジウム」や「環境工学国際ワークショップ（IWEE）」などの講演会会場、見学会等のイベント、各種研究会の場でお会いできることを楽しみにしています。

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。

（石野 洋二郎：名古屋工業大学）

環境と地球　編集室

環境と地球 No.30　2019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/

©2019　一般社団法人　日本機械学会

委員長
富田 康弘　（三井E＆Sエンジニアリング）

副委員長・ニュースレター編集長
石野 洋二郎（名古屋工業大学）

委員
北村 敏也　（山梨大学）
小野 義広　（新日鉄住金エンジニアリング）
豊島 正樹　（三菱電機）