

## 6. 熱工学部門

### 6.1 はじめに

熱工学部門は、「熱力学」を基盤学理として「伝熱工学」，「燃焼工学」，「熱物性学」などの熱に関連する専門分野を包括する日本機械学会の基幹部門である。基礎から創成される新たな技術と各専門分野をより発展・深化させるため，更にはそれらの専門分野の独自性を発揮するため，各専門分野の外部学会（例えば，日本伝熱学会，日本燃焼学会，日本熱物性学会）が並列的に機能し活動している。本部門は，それらの専門学会と調和あるいは融合しながら学術の普及と新しい産業分野が求める技術の発展を図っている。近年では「燃料電池」，「高エクセルギー効率燃焼技術」，「マイクロ・ナノ熱工学」，「生体熱工学」などの学究と技術開発を基に，冷凍空調システム，環境対策，宇宙・極限環境，マイクロデバイス，熱制御プロセス，医療などにおける広範な熱関連機器の高度化・創製への展開を図っている。また，併存する熱関連の各種学協会とも密接に連携しつつ，熱関連の研究に加えて，技術の啓発や，その普及と発展に寄与している。

ここでは，部門の最近 10 年のあゆみとして，本部門が包括する分野の技術動向と，それに付随しての部門の活動変遷について綴る。

### 6.2 技術動向

熱工学部門が包括する専門分野は上述の通り「伝熱工学」，「燃焼工学」，「熱物性」などの「熱」に関連する分野となっている。必然と，社会や産業界の中での「熱」をキーワードとする技術や事象によって，その動向が左右される。これらの分野における技術動向をまとめるにあたり，毎年部門が纏めている部門活動実績報告書に記載されている年毎のワークショップ名やオーガナイズドセッション名，および日本機械学会に掲載された機械工学年鑑の内容を参照した。

2007 年度は地球規模で気候の変動が顕著にあらわれた年であり，それに呼応して「地球環境問題に取り組む熱工学の最前線」と題したプレコンファレンスを部門主催で開催している。プレコンファレンスでは，エネルギーシステムに関する研究発表がなされ，燃料電池や新エネルギー利用技術といった話題が多く議論された。併せて省エネルギー化や脱石油社会の実現などの未来のライフスタイルを見据えた議論も行われた。続く 2008 年度には「洞爺湖サミット」が開催され，本部門においても社会で高まる環境問題・気候変動問題への関心に応えるべく，「地球温暖化防止策～アジアの環境保全は日本のエネルギー技術で！」というセミナー名でプレセミナーを開催した。併せて本部門から「温室効果ガス排出削減への展望」の講演の一つを，日本工学アカデミー共催の合同シンポジウムに提案している。2009 年度に入っても気候変動への関心は高く，この年の学術集会等では「燃料電池・水素技術の実用化に向けて」（年次大会），「熱機関・熱利用機器の新展開」（熱工学ワークショップ），「次世代の省資源・省エネルギーを支える熱工学」（プレコンファレンス）といった省エネ，代替エネルギーに関する議論が活発になされた。一方では，「生体熱工学」における議論も始まり，伝熱現象と伝熱制御技術を医工学に応用する動向も 2009 年度からみられるようになった。本部門では「医工学テクノロジー分科会」への参画がこの年に行われている。

翌年度の 2010 年度末である 2011 年 3 月 11 日午後 2 時 46 分に東日本大震災が発生し，本部門としてすべきこと，発信すべきことが大きく変わった。それは東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の放射線漏洩事故とその廃炉に向けたプロトコルの提案，また日本全体のエネルギー供給の問題など，「熱」に関する叡智の結集が喫緊の課題となった。このような中，2011 年度に開催された日本機械学会が協賛する日本伝熱シンポジウムでは，「東日本大震災に伴う福島第一発電所災害特別セッション」が設けられ，当部門登録研究者の多くが参加し，深い議論を行った。熱工学コンファレンスにおいては，「安全・安心」，「今後のエネルギー・熱工学技術」をキーワードとしたセッションが設けられ，これまでの「環境」を意識した技術へ

の関心から、「安全・安心社会」を強く意識した技術の発展を実現するための熱工学技術について活発な議論が行われた。翌2012年度に入ると、原子力発電を補完する発電システムと新たなエネルギー源の確保が動向の中心となり、本部門では熱工学ワークショップとして「次世代熱エネルギーシステム ～熱にかかわる新技術～」を実施している。また、若手の会員を中心に「深化・拡大する熱工学の研究最前線」をテーマとした講演・討論会が開催され、自動車からモーターなどのデバイス、そして高機能素材開発へと深化・拡大する熱工学分野の役割とその発展について活発な議論を行った。2013年度も引き続き、「震災復興に向けた熱工学の貢献」、「これからの人材育成 –企業・公的機関・大学の立場から–」の二つのテーマに関する講演・討論会が熱工学ワークショップとして開催され、震災復興や近年の学術、工業及び教育における熱工学分野の役割とその普及・発展について議論を行った。

2014年度初頭にはエネルギー基本計画が閣議決定され、本部門としては2016年度に至るまで、東日本大震災以降のエネルギー国内情勢とその動向に即した活動を展開している。若手研究者を中心に「地球・環境・熱」のテーマに関する講演・討論会を開催し、地球環境問題を熱工学の観点から捉えることを目指して、大気や海洋、地殻を対象とした、地球上で生じている大規模な熱問題に関する話題と利用できる技術について議論を進めてきている。さらに、「バイオマスを中心とした再生可能エネルギー」に関する技術動向にも着目し、2015年度のワークショップでは、今後ますます重要性を増す再生可能エネルギーのなかでも特にバイオマスに着目した講演会を開催している。

このような技術動向の中、本部門としては引き続き「伝熱工学」、「燃焼工学」、「熱物性」の学問を基礎とする「エネルギー」、「環境」といったキーワードに付随する技術を注意深く着目していかなければならない。

### 6.3 部門活動の変遷

部門活動の主たる目的は、熱工学を基礎とする学術・技術の振興と産業界への普及、各種学術的サービスや新分野の創出財提供である。この目的達成のため、当部門ではこの10年にわたって以下の項目を中心に諸活動を行ってきた。

#### (1) 研究発表会の開催

定期的な研究発表会として、熱工学コンファレンス（討論・情報交流を重視）、日米熱工学合同会議（米国機械学会伝熱工学部門との共催）、日韓熱流体工学合同会議（韓国機械学会との共催。流体工学部門も共催）を実施し、継続的に取り組んできた。

#### (2) 部門主催セミナーの開催

部門の研究発表会の場である熱工学コンファレンスに併設したセミナーを継続的に開催しており、「熱工学の新領域や技術」や「研究の動向」、更には若手会員の育成などの企画を行ってきた。

#### (3) 講習会の開催

講習会として、実装機器を想定した熱工学などの産業界のニーズに沿った講習会の実施や、他部門と連携した熱流体計算技術向上のための講習会と技術者資格認証を進めてきた。

#### (4) 出版活動

出版企画として、「伝熱工学資料」や「熱力学」のテキストおよび演習書の出版を行ってきた。また、「伝熱工学」のテキストおよび演習書の出版も行ってきた。

#### (5) 研究分科会活動

研究分科会活動として、エネルギー・環境分野の研究分科会を継続的に運営している。部門横断的分科会活動として、「熱・エネルギーシステムのエクセルギー評価研究会」、「相変化研究会」を実施してきた。

#### (6) 国際活動

各専門学会と連携しながら日米熱工学会議や日韓熱工学会議をアジアの国々、特に中国を含み熱工学会議へと発展させることを視野に入れた検討を進めてきた。

### 6.3.1 研究発表会の開催

部門の重要行事である熱工学コンファレンス，日米熱工学合同会議および日韓熱流体工学会議において，その年の技術動向に呼応した数多くのオーガナイズドセッションを企画実施し，併せて将来の学術的発展が期待される分野の掘り起こしを継続的に行ってきた。従来からの「エネルギー」，「環境」などのコア領域に加え，マイクロ・ナノ・バイオなどの異分野との境界領域においても，新しいニーズにフィットした技術とそれを支える学術の発信がより重要となってきたことから，コア領域，先端領域の現状を俯瞰するとともに，熱工学分野の発展について活発な議論を行ってきた。

山口で開催の2009年度熱工学コンファレンスは144件の学術講演があり，291名が登録参加して活発な議論がおこなわれた。長岡開催の2010年度熱工学コンファレンスは，198件の学術講演があり，363名の参加登録，浜松で開催された2011年度熱工学コンファレンスは，209件の学術講演があり，368名の参加登録があった。熊本で開催された2012年度熱工学コンファレンスは，264件の学術講演と465名の参加登録，弘前開催の2013年度熱工学コンファレンスは，225件の学術講演があり，398名が登録参加して活発な議論がおこなわれた。2014年度は芝浦工業大学豊洲キャンパス（東京都）にて開催し，216件の学術講演と433名の参加登録があった。2015年度には大阪大学 吹田キャンパス（大阪府）にて開催し，227件の学術講演と460名の参加登録者があり，2016年度は愛媛大学 城北キャンパス（愛媛県）にて開催し，233件の学術講演と413名の参加登録者があり，活発な議論が行われた。このように，討論や情報交流を目的とした研究発表会としての活動は，開催を重ねるごとに参加者が増加し，部門を代表する重要な活動として位置づけられるようになった。

また，1983年以来4年毎に開催している日米熱工学合同会議(AJTEC)については，東日本大震災直後の2011年3月に第8回目をホノルルで開催し，発表430件，参加者434名の規模での開催となった。同会議の参加者は日米だけでなく，韓国，中国，欧州をはじめ，アジア・アフリカ諸国からも多数参加者があり，国際会議としての認知度が回数を重ねるたびに上がっている。2015年度には第9回目の開催をする予定であったが，米国側の組織の改編により，日本側の組織である熱工学部門が主体となって，新たな国際会議（環太平洋熱工学会議：PRTEC）を立ち上げ，一年遅れの2016年度内に開催した。発表件数は424件で参加登録者数は530名と，これまでの合同会議の規模が縮小することなく新たな国際会議へと移行していった。

韓国機械学会（KSME）との共催で開催している日韓熱流体工学会議においては，2008年度の札幌開催では690名の参加があり，2011年度の仁川開催では626名の参加があった。この国際会議の歴史は古く，ここ10年内の活動においても600人を超える参加者が集い，熱工学における日韓の連携を深める重要な会議として位置付けされてきた。今後もアジア諸国の各専門学会等と連携しつつ，新興著しいアジア・環太平洋の国や地域を含む熱工学関連の合同国際会議等を開催することで，当分野の世界的発展を目指すことを視野に入れた活動を行う予定であり，継続的に本国際会議の企画・開催を進めている。

### 6.3.2 部門主催セミナーの開催

部門活性化のためのワークショップ（熱工学ワークショップ）を2008年度から開催し，「熱工学の新領域や技術」や「研究の動向」について，若手を中心としたワークショップ参加者が徹底して議論できるフレームワークを整えてきた。2009年度は産官学からの33名の参加者が泊まり込みで「熱機関・熱利用機器の新展開」および「産・学が求める熱工学の基礎素養と教育」とのテーマで活発な議論を行い，熱工学のコア領域，同分野の人材育成と需要の現状を俯瞰する議論を行った。2010年度には23名の参加者が集い，「人工物と‘なまもの’の温度管理と熱工学」および「熱工学にかかわる技術者教育」というテーマの下，熱工学分野の発展について議論を行った。2011年度には学生を含めた26名が参加し，「安全・安心」と「今後のエネルギー・熱工学技術」というテーマでの講演・討論会を行った。安全・安心社会を実現するための熱工学技術や，2011年3月の東日本大震災と福島第一原発事故をうけた熱工学分野の役割とその発展について議論を行った。翌2012年度は40名の参加者が泊まり込みで「深化・拡大する熱工学の研究最前線」をテーマとした講演・討論会に参加し，自動車からモーターなどのデバイス，そして高機能素材開発へと深化・拡大する熱工学分野の役割とその発展について議論を行った。2013年度は，これまで継続的に開催していたワークショップおよび熱工学コンファレンス・プレセミナーを，当分野における情報交換・人材交流のさ

らなる発展の場とすることを目的として統合し、「熱工学コンファレンス・プレコンファレンスワークショップ」として開催した。学生を含め産官学からの41名の参加者が泊まり込みで「震災復興に向けた熱工学の貢献」「これからの人材育成 一企業・公的機関・大学の立場から」の二つのテーマに関する講演・討論会に参加し、震災復興や近年の学術、工業及び教育における熱工学分野の役割とその普及・発展についての意見交換を行った。2014年には、部門特別講演会としての位置付けも付加し、ホテルシーサイド江戸川（葛西臨海公園内、東京都）にて開催した。学生や若手研究者を含め20名が参加し、「地球・環境・熱」のテーマに関する講演・討論会に参加した。2014年度のテーマは、近年、益々重要となっている地球環境問題を熱工学の観点から捉えることを目指し、大気や海洋、地殻を対象とした、地球上で生じている大規模な熱問題に関する話題を講演者に提供していただき、加えて、近年の学術、工業及び教育における熱工学分野の役割とその普及・発展について議論を行った。2015年度は23名参加のもと、「バイオマスを中心とした再生可能エネルギー」に関する講演・討論会を行った。今後ますます重要性を増す再生可能エネルギーのなかでも特にバイオマスに着目し、固体・液体・気体それぞれのバイオマス由来燃料について話題提供をいただいた。いずれの講演でも二酸化炭素の排出抑制や省資源に資するバイオマスエネルギーの最新動向について分かり易い説明があり、参加者にとっても興味深いだけでなく理解が進んだことは、講演後の活発な質疑からも伺うことができた。2016年度は、これまでのような泊まり込み形式での開催では参加者の増加が見込めないことから、熱工学コンファレンス開催期間の昼食休憩時におけるランチョン形式としての開催とした。このワークショップでは、熱工学に関する最先端の問題および解決すべきトピックを、予稿集などに残さない形式で参加者のみが共有できるものとし、企業から3名の講師を呼び、講演をいただいた。講演では産業界が現在直面している熱工学に関する諸問題の説明があり、100名を超える参加者にとっても興味深いだけでなく、熱工学部門が社会に貢献でき得る研究のテーマと方向性について理解が進んだことと思われる。

### 6.3.3 講習会の開催

部門として、実装機器を想定した熱工学などの産業界からのニーズに応えるべく、また若手エンジニア育成を目的として複数の講習会企画・実施をこの10年で推進してきた。この活動は部門が単独で行う以外にも、流体工学部門および計算力学部門と連携した講習会などを開催し、発展・統合的な観点を踏まえた上での講習会の在り方を追求してきた。具体的には、伝熱工学資料、伝熱ハンドブックなどの出版活動に付随して、研究者・技術者の支援を行っており、熱技術者向けの講習会として、「伝熱工学資料の内容を教材にした熱設計の基礎と応用」を実施してきている。この講習会は定員を50名としているが、例年40-50名程度の固定した参加者数となっており、社会からのニーズがこの10年においても変わることがないことを示していると言える。引き続き部門としても、産業界からのニーズにこたえるべく活動を推進していく予定である。

流体工学部門および計算力学部門との連携による合同企画講習会としては、この10年間を通して計算力学技術者2級（熱流体力学分野の解析技術者）認定試験対策講習会を全国の複数会場で開催してきている。当初は全国4会場での開催であったが、近年は関東および関西の2会場にて開催しており、合せて約80名の受講者が集まる講習会となっている。3部門間では幹事部門を各年度で持ち回り担当し、講師などが特化した分野などに偏らないよう配慮し、継続的な講習会開催に努めてきた。また、2011年には新たに流体工学部門との合同企画による講習会「CFDの基礎とノウハウ」を企画し、両分野の共通基盤的内容について幅広い会員各位へのサービス提供を行ってきた。

### 6.3.4 出版活動

JSME International Journalの廃止にともない、2006年から一般社団法人日本伝熱学会と合同で編集を行う英文電子ジャーナル（Journal of Thermal Science and Technology）の出版を、継続的に行ってきた。2008年12月時点では総投稿数は135件であったが、2017年3月現在での総掲載論文数は412件で、国際的に認知度の高い英文ジャーナルとして成長・発展してきている。本英文ジャーナルのコンテンツとして、この10年間は積極的に熱工学に関する国際会議の特集号を企画することに取り組んできた。これは本会もしくは本部門主催の国際会議に限らず、関連する諸団体の国際会議も含めて企画してきている。このよ

うに「熱工学」をキーワードとした裾野の展開により、多くの研究者やエンジニアの目に触れることのできるジャーナルにしてきた。また、本英文ジャーナルは本会発行の論文集の先駆けとして Impact Factor を取得しており、トムソン・ロイターによる Impact Factor は、2009 年では 0.200 であったが、2015 年には 0.611 と年を経るごとにその値は上昇している。2014 年度からは、さらなるジャーナル活性化の一環として、熱工学分野の第一人者による Review Paper の掲載を行い、掲載論文は内外の技術者にとっても有益な知見や情報を提供するものとなっている。

一方では、四つの新学術誌 (Mechanical Engineering Reviews, Mechanical Engineering Journal, 日本機械学会論文集 (Transactions of the JSME), Mechanical Engineering Letters) が 2014 年 1 月より続けて発刊されたが、これらの学術誌の活性化における部門としての取り組みは、本部門は動力エネルギーシステム部門とエンジンシステム部門の 3 部門の合同カテゴリーである、Thermal, Engine and Power Engineering (TEP) として編集に携わっている。

### 6.3.5 研究分科会活動

本部門における研究分科会活動としては、この 10 年を通して、「相変化研究会」「熱・エネルギーシステムのエクセルギー評価研究会」などのエネルギー・環境分野の研究分科会を継続的に運営してきている。また、部門横断的分科会活動として、「マイクロ・ナノ工学専門会議」、「医工学テクノロジー分科会」へ参画し、部門横断的な融合領域へ貢献するなど、専門領域の深化と学際領域の広がりが進む中、部門主導の研究分科会、プロジェクト立案などを積極的に行っている。2010 年度には、研究分科会活動と連動したオーガナイズドセッションを本部門の講演会である熱工学コンファレンスにて開催し、研究分科会活動の成果報告をするに至った。以降、毎年熱工学コンファレンスにおいて、積極的にオーガナイズドセッションを企画し、研究分科会における研究成果の発信とそこからの新たな研究コミュニティの広がりを示し続けている。2014 年には部門横断的分科会活動として、「高度物理刺激と生体応答に関する研究分科会」へ参画し、さらなる部門横断的な融合領域への貢献を進めてきた。

この 10 年間、継続的に活動を進めてきた「相変化研究会」では、2015 年度開催の International Workshop on Phase Change and Wetting Phenomena に共催団体として貢献し、併せて熱工学コンファレンスにおけるオーガナイズドセッション「沸騰・凝縮伝熱および混相流の最近の展開」を企画し、成功裏に実施した。この研究分科会の活動期間は 2016 年度で終了となり、今後は成果を最終報告書として出版することになっている。なお、当該研究会はいったん終了するが、残された課題を検討するために、次年度以降は新たに研究会を立ち上げ、継続的に研究会活動を行っていくこととなった。

### 6.3.6 国際活動

本部門では、この 10 年の主たる国際活動として、日米韓 3ヶ国の機械学会熱工学部門間での国際協力活動に注力してきた。とりわけここ数年の部門としての取り組みとして、日米韓の熱工学関連合同会議の再編や、日本伝熱学会との合同編修による英文誌の発刊など、発展・統合的な観点を踏まえた上での国の枠を超える制度的な取り組みを行ってきた。6.3.1 節に記述のように、日米熱工学合同会議 (米国機械学会伝熱工学部門との共催) や日韓熱流体工学合同会議 (韓国機械学会との共催、流体工学部門も共催) という二つの軸による合同会議を定期的で開催しており、参加国間の機械学会会員および合同会議参加者の交流促進に大きな貢献を果たしてきた。近年では、本部門が培ってきたこの国際交流の 2 軸をまとめ、日米熱工学合同会議と日韓熱流体合同会議の開催や運営方法について、日米韓を中心とした環太平洋に向けての取り組みについて検討を行ってきた。具体的な取り組みとして、日米韓 3ヶ国機械学会の熱工学および流体工学関連部門間で相互間の合同会議の枠組み再編を行い、2015 年度に日米韓熱工学部門合同で国際会議 (環太平洋熱工学合同会議 (PRTEC2016)) を開催する流れを興した。この会議は新興著しいアジア・環太平洋の国や地域を広く含む熱工学合同会議へと発展させることが目的となっており、2016 年 3 月に開催した PRTEC2016 に数多くの参加者を集め、合同会議を成功裏に実施した。日本側がリーダーシップをとり、この流れを今後も続けてゆく活動方針のもと、2019 年度の同会議開催に向けて、担当委員会が準備を開始している。

## 6.4 おわりに

先にも述べたように、本部門は「熱力学」を基礎学理とし、「伝熱工学」、「燃焼工学」、「熱物性学」などの、熱に関連する専門分野を包括する日本機械学会の基幹部門であり、さまざまな分野の専門学会と調和あるいは融合しながら、学術の普及と新しい産業分野が求める技術の発展を図っている。近年、本部門がカバーする範囲は大いに変化している。従来からの「エネルギー」、「環境」などのコア領域においても、社会からの新たなニーズに即応した技術とそれを支える学術の発信がより重要となってきた。一方で、マイクロ・ナノ・バイオなどの異分野との境界領域では、熱工学で培ってきた解析手法や理論が有効である場合も多い。機械学会の中においては、これらの新しい方向性を支える基幹部門として、内容を時代に合わせて柔軟に対応させることができる組織体質となっているかどうか、今後問われていくことになるであろう。本部門の使命は、熱工学を基礎とする学術・産業の活性化および新分野の創出、部門登録者のポテンシャルアップの場の提供や各種学術的サービスの提供である。このため、(1) 基礎から応用までの幅広い情報交換と相互刺激のための魅力的な場の提供、(2) 専門領域の深化と学際領域の広がりに対応した柔軟な新分野の創出、(3) 学術・産業の活性化、という具現化された活発な部門活動を今後も維持していかなければならないことを再認識できる。このような学術普及・発展活動、対外的部門活動、部門活性化活動を通してこれまで社会貢献に努めてきているが、今後も堅実に日本機械学会の基幹部門としての役割を担っていくことが重要であると考える。

[花村 克悟 東京工業大学]