

伝 熱

目 次

〈第 14 回国際伝熱会議〉

論文委員会報告・概要

日本地域論文委員会報告	宮内敏雄 (東京工業大学), 佐藤 勲 (東京工業大学)	1
第 14 回国際伝熱会議の概要	吉田英生 (京都大学)	3

レビュー

Conduction	鳥居修一 (熊本大学)	7
Jet Impingement	後藤田 浩 (立命館大学)	8
Melting/Solidification	高木洋平 (静岡大学)	9
Nano Interfaces and Misc. Nano	芝原正彦 (大阪大学)	10
Convection	中村 元 (防衛大学校)	11
Electronic Cooling	阿部宜之 (産業技術総合研究所)	13
Fuel Cells	宇高義郎 (横浜国立大学)	14
Boiling Heat Transfer	古谷正裕 (財団法人 電力中央研究所)	15
Heat Transfer Measurement Technology	丹下 学 (芝浦工業大学)	17
Heat Transfer Equipment 1 and 2	小田 豊 (大阪大学)	18
Bio Heat Transfer	小宮敦樹 (東北大学)	19
Combustion	酒井清吾 (横浜国立大学)	20
Natural Convection and Mixed Convection	辻 俊博 (名古屋工業大学)	22
Porous Media	中曾浩一 (九州大学)	23
Evaporation	永井二郎 (福井大学)	25
Radiation	赤堀匡俊 (長岡技術科学大学)	26
Thermodynamic Fundamentals and Systems	勝田正文 (早稲田大学)	28
Heat Exchanger	竹中信幸 (神戸大学)	29

〈特集：相変化する、ということ〉

相変化研究会の立ち上げと沸騰伝熱の話題	小泉安郎 (信州大学)	30
「沸騰現象の把握と新たな計測法」	門出政則 (佐賀大学)	33
プール沸騰における Rohsenow の HTC モデルと Zuber の CHF モデル	大川富雄 (大阪大学)	39
「西尾・田中の高熱流束プール沸騰モデル」の成り立ちとその評価	永井二郎 (福井大学)	45
原村・甲藤の限界熱流束モデルの概要とその特長	原村嘉彦 (神奈川大学)	49
プール沸騰における限界熱流束機構	坂下弘人 (北海道大学)	53
CHF に関する趙のマイクロ液膜モデル	鶴田隆治 (九州工業大学)	63

第 14 回国際伝熱会議：日本地域論文委員会報告

Report from the Japan Region Papers Committee of the
14th International Heat Transfer Conference

宮内 敏雄 (東京工業大学)
Toshio MIYAUCHI (Tokyo Inst. of Tech.)
e-mail: tmiyauch@mes.titech.ac.jp

佐藤 勲 (東京工業大学)
Isao SATOH (Tokyo Inst. of Tech.)
e-mail: satohi@mep.titech.ac.jp

1. はじめに

第 14 回国際伝熱会議 (以下, IHTC-14) は, 2010 年 8 月 8 日 (日) ~13 日 (金) に, 米国 Washington D.C. の The Omni Shoreham Hotel で開催された. IHTC-14 の運営は, 会議委員長 A. Bar-Cohen 教授, 同事務担当 J. Kim 教授 (いずれも Univ. of Maryland), 実行委員長 Y. Jaluria 教授 (Rutgers Univ.) をはじめとする実行委員会が担い, ASME, AIChE, カナダ機械学会がホスト学会を務めた. 日本地域からの論文については, 日本地域論文委員会 (委員長: 宮内, 幹事: 佐藤) がハンドリングにあたった. ここでは, 同委員会の活動をご報告する.

2. 論文投稿と査読プロセス

例年同様, IHTC-14 の発表論文は, 18 の地域別論文委員会が分担してハンドリングを行った. ただし今回の会議では, 国際論文委員会として地域間を網羅した全体的な活動はなく, 論文のハンドリングは一切, 各地域の論文委員会に一任された. また, 最終的なプログラム構成も, 各地域からの最終論文が出そろった段階で実行委員会がまとめて行い, 地域論文委員会はコミットしていない.

日本地域論文委員会は, 34 名 (日本 32 名, 台湾 2 名) のメンバーで, 「Japan, Pakistan, other East Asian countries not specified elsewhere」の地域からの論文について, 査読・採否判定を担当した. 第 12 回までの IHTC では, 地域ごとに採択論文数の上限が設定されていたが, 前回に引き続き IHTC-14 ではこうした制限はなく, 「target number of posters」として目標値が設定されたのみであった. 各地域の目標値と実際の発表論文数の対比を表 1 にまとめる.

日本地域には 90 編の論文発表が期待されていたが, 実際にはそれを上回る 103 件の発表がなされた. 90 件の目標値は開催国である米国の 110 件

に次いで多く, 日本地域, 特に我が国の伝熱研究に大きな期待が寄せられていることがわかる.

一方, 発表論文数の実績を地域ごとに見ると, 米国が多いことはよく理解できるが, 中国からの論文投稿が際だって多くなっている. 実行委員会がまとめた参加者の地域別割合 (北米 38 %, アジア 31 %, ヨーロッパ・ロシア 25 %, 中東 4 %, 南米 1.5 %, その他 0.5 % : 参考までに国別の参加者数を表 2 に示す) から見るとやや突出している印象があるが, これも採択論文数上限を撤廃した影響かもしれない. これを含めても日本地域からの論文発表数は 3 番目 (国別参加者数では開催国である米国に次いで 2 番目) に多い数で, 国際伝熱会議における我が国の寄与は引き続き矚目すべきものがあるといえる.

日本地域論文委員会では, 申し込みがあったアブストラクトをもとに, まず IHTC のスコープに合致しているかの視点で採否を決め (2009 年 10

表 1 地域別論文数 (目標値と実績)

地域	論文 (目標値)	論文 (実績)	基調講演 (割当数)
Australia	25	18	2
Brazil	10	21	1
Canada	25	29	1
China	30	149	2
France	45	34	2
Germany	35	39	2
India	10	18	1
Israel	15	7	1
Italy	15	31	1
Japan	90	103	3
Korea	20	30	1
The Netherlands	10	19	1
Portugal	2	3	1
Russia	35	53	2
South Africa	10	14	1
Switzerland	10	5	1
UK	50	64	3
USA	110	217	5
Total	547	854	31

表2 国別参加者数

国名	参加者数	国名	参加者数
Afghanistan	1	Lithuania	3
Australia	9	Malaysia	3
Austria	3	Mexico	1
Belgium	9	Morocco	1
Benin	1	Netherlands	7
Bermuda	1	Norway	2
Brazil	14	Poland	3
Canada	32	Portugal	2
China	88	Russia	37
Czech Rep.	2	Singapore	6
Egypt	1	Slovenia	1
Finland	3	South Africa	7
France	49	South Korea	34
Georgia	1	Spain	7
Germany	41	Sweden	5
Hong Kong	1	Switzerland	7
India	15	Taiwan	9
Iran	6	Thailand	4
Iraq	1	Tunisia	1
Ireland	8	Turkey	9
Israel	14	USA	317
Italy	22	UAE	2
Japan	120	UK	22
Lebanon	1	Venezuela	1

～11月), 採択されたものの論文に対して査読を実施した(～2010年4月). 今回のIHTCは, ホスト学会がASMEであることもあって, 発表申込から査読, 採否通知, 最終原稿提出までが「ASME WebToolBox」と呼ばれるオンラインシステムで実施された. 幹事がこのシステムに不慣れであったこともあり, 採否通知等の日程管理には苦しめられたが, 著者への通知等がややぶっきらぼうなところはあるものの基本的にはよく練られたオンライン査読システムであり, 概ね滞りなく採否決定を行うことができたと思っている.

これからのIHTC(に限らず多くの国際会議)でも, 発表申し込み・査読・原稿提出がオンラインで行われることになろうと思われるが, 開催国(ホスト学会)ごとにシステムが異なるのは, 著者の立場でも, 採否をハンドリングする論文委員会にとっても, あまり望ましいことではなく, 統一的なシステムの構築が期待されるところである.

3. 基調講演

地域論文委員会のもう一つのタスクに, 基調講演候補の選定がある. 基調講演数には地域ごとに割当数(表1参照)があり, 日本地域には米国に次いで多い3件が指定された.

日本地域論文委員会では, 論文査読開始前の2009年5月に基調講演候補4件を推薦し, 実行委員会で各地域からの提案に基づき分野等を調整の結果, 笠木伸英教授(東大), 丸山茂夫教授(東大), 河村 洋教授(理科大)・西野耕一教授(横国大)の3件が選定された. これらの基調講演はいずれも我が国の伝熱研究の進展と広がりを示す成果として論文委員会が一致して推薦したものであり, 日本の伝熱研究のプレゼンスを世界にアピールすることができたと確信している.

4. おわりに

今回の会議では, 国際論文委員会としての全体的な活動や調整がないなど, 国際伝熱会議としてのまとまりにやや欠けていたきらいがあるが, 論文を発表された皆様の優れた成果をもって我が国の伝熱界のアクティビティーを示すことができた. 改めて各位に感謝申し上げたい.

また, こうして日本地区論文委員会が大過なく任務を終えられるのは, 以下にお名前を挙げる委員(アルファベット順, 敬称略, 所属は着任時)の皆様に査読等でご尽力をいただいたおかげである.

委員: 青木和夫(長岡技科大), 近久武美(北大), 土橋 律(東大), 花村克悟(東工大), 飛原英治(東大), 平澤茂樹(神戸大), 菱田公一(慶應大), 井上剛良(東工大), 石塚 勝(富山県立大), 神永文人(茨城大), 片岡 勲(阪大), 勝田正文(早稲田大), 小林秀昭(東北大), 小森 悟(京大), 功刀資彰(京大), Duu-Jong Lee(国立台湾大), Tong-Miin Liou(台湾精華大), 牧野俊郎(京大), 圓山重直(東北大), 門出政則(佐賀大), 長坂雄次(慶應大), 中部主敬(京大), 中山 顕(静岡大), 岡崎 健(東工大), 大田治彦(九大), 小澤 守(関西大), 清水昭比古(九大), 武石賢一郎(阪大), 竹中信幸(神戸大), 瀧本 昭(金沢大), 谷下一夫(慶應大), 辻 俊博(名工大)

アセンブリー委員: 笠木伸英(東大), 吉田英生(京大)

さらに, 本委員会前委員長の笠木伸英教授, 同幹事の宇高義郎教授には, 地域担当論文委員会の活動方法等について丁寧なご指導をいただいた. ここに記して厚く御礼を申し上げる.

第 14 回国際伝熱会議の概要

An Overview of the 14th International Heat Transfer Conference

吉田 英生 (京都大学)

Hideo YOSHIDA (Kyoto University)

e-mail: sakura@hideoyoshida.com

1. はじめに

第 14 回の国際伝熱会議 (International Heat Transfer Conference, 以下 IHTC) が, 2010 年 8 月 8 日 (日) ~13 日 (金), 米国 Washington D.C. で開催された. 会場は F.D. Roosevelt 大統領以降, Washington での中心的な社交場としての伝統を誇る The Omni Shoreham Hotel (図 1) である. 筆者は, 4 年後に京都で開催予定の第 15 回国際伝熱会議 (IHTC-15) の実行委員会委員長を拝命していることから, 参加者の一人としての立場に加えて, これから 4 年後に主催側となる立場から今回の会議を観察した.

若い読者も多いと思うので, IHTC のあゆみを簡単に記しておこう. 表 1 に示すように, IHTC は第二次世界大戦後まもない 1951 年に始まった. 1966 年以降 4 年に一度開催されるようになり, 伝熱に関する最も大規模かつ権威のある会議, まさに伝熱分野におけるオリンピックとしての重要な役割を果たしてきた. オリンピックにたとえたついでに表 1 の右欄にはオリンピックの歴史も加えてみた. 科学技術に関する IHTC とスポーツに関するオリンピック — これらは本来別物であるはずだが, IHTC の開催都市とオリンピックの開催

都市を並べてみると, 意外にも結構な相関がある, すなわちオリンピックから少し遅れて IHTC が同じ都市あるいは近郊の都市で開催される場合が半数程度あることがわかる. その時々々の国の勢いがこれらの大きなイベントを招致する駆動力となると考えれば当然の結果ともいえよう.

今回は 4 年周期が定着してから数えても米国での 3 回目の開催となる. 議長は Maryland 大学の A. Bar-Cohen 教授, 幹事は同大学の J. Kim 教授, プログラム委員長は Rutgers 大学の Y. Jaluria 教授である. ホスト学会は, ASME の Heat Transfer Division, AIChE, Canadian Society for Mechanical Engineering である.

世界から多くの参加者を迎える国際会議では, 開催場所の魅力も無視できない要素である. その点, The White House, The Capitol Hill, The National Gallery of Art, The Smithsonian Institution などを擁する Washington は魅力十分であるが, 気候につい

表 1 IHTC とオリンピックの歴史

年	IHTC	年	Olympic
1951	1: London/ Atlantic City		
1961 1962	2: Boulder London	1964	東京
1966	3: Chicago	1968	Mexico City
1970	4: Paris Versailles	1972	München
1974	5: 東京	1976	Montreal
1978	6: Toronto	1980	Moscow
1982	7: München	1984	Los Angeles
1986	8: San Francisco	1988	Seoul
1990	9: Jerusalem	1992	Barcelona
1994	10: Brighton	1996	Atlanta
1998	11: Kyongju	2000	Sydney
2002	12: Grenoble	2004	Athens
2006	13: Sydney	2008	北京
2010	14: Washington	2012	London
2014	15: 京都	2016	Rio de Janeiro
2018	16: 北京	2020	



図 1 会場の The Omni Shoreham Hotel

ては猛烈な暑さで、4 年後の京都の暑さを気にしていた筆者は、正直なところホットしたことを付記する。

2. IHTC-14 の統計

開催直前の 8 日午前に開催された The Assembly for International Heat Transfer Conference のミーティングで、Bar-Cohen 議長がプレゼンテーションを行った資料から、統計を以下に列挙する。(詳細情報は本特集の『日本地域論文委員会報告(宮内敏雄委員長・佐藤勲幹事)』を参照されたい。)

- ・キーノート/記念講演：38
- ・一般論文：854 (米 217, 中 149, 日 103, 英 64, 露 53, 独 39, 仏 34, 伊 31, 韓 30, 加 29, 伯 21, 蘭 19, 豪 18, 印 18, …) BRICs の勢いは伝熱分野でも顕著である。
- ・参加者(8月5日現在):950名, 48カ国(米 317, 日 120, 中 88, 仏 49, 独 41, 露 37, 韓 34, 加 32, 英 22, 伊 22, 印 15, 伯 14, イスラエル 14, …) なお、閉会式での Bar-Cohen 議長の発表によると、当日受付も含めると最終的な参加者は 1100 名を超えたとのことである。

3. 参加登録料と配布物

参加登録料は ASME 関連学会メンバー/発表者(バンケット含む) 725 ドル, ASME 関連学会学生メンバー 250 ドル(バンケット含まず)だが、たいていの参加者にとっては早期登録で 100 ドル割引した 625 ドルなので、日本人にとっては円高の好条件も加わり納得できる価格設定であったと思う。

参加者には、名札、レターサイズのプログラム冊子(全 112 ページ)とアブストラクト集(全 208 ページ)、CD-ROM、そして ASME のカバンが渡される。問題を感じたのはプログラム冊子で、めりはりがなく文字だけが並んだページからは、スケジュール全体を見渡すことが難しく、さらに発表者とセッション番号の対応は索引でわかっても、そのセッションがいつどこで開催されるのかは、容易にはわからない。これはあまりにも不親切で、どうして準備段階で改善できなかったのか疑問が残る。

なお、国際会議とはいうものの ASME の色がどうしても前面に出がちなのは否定しがたく、前

述の ASME 関連学会メンバー割引などの参加者に直接関係する事項に加え、その他の局面でも問題なしとはいかなかったようである。また、会場使用と参加者の一定数の宿泊をセットにして契約していることから、宿泊者数が伸び悩んだ開催直前に宿泊費がディスカウントされたため多少の混乱があったようだ。

いずれにせよ、世界のさまざまな国や人種を相手にして、読めない数字も多い中で、準備を行う主催者側の苦労は計り知れないと同情するとともに、次はわれわれがその番なのだ気を引き締める次第である。

4. セッションの構成

図 2 におおよそのタイムテーブルを示す(厳密には 5~10 分程度のズレがある箇所があるが無視していただきたい)。このような図がプログラム冊子には全くないため、参加者は全容を把握するのに困ったのである。

おおまかにいうと、ランチをはさんでキーノート・レクチャー、朝夕にポスター・セッションが配置されている。なお、ポスター・セッションではセッション開始時に部屋の一角で各論文当たり 1 分ずつのオーラル・プレゼンテーションの時間も設定された。IHTC-7 以来、すっかり定着したポスター・セッションではあるが、ポスターではや

	Mon. 9	Tue. 10	Wed. 11	Thu. 12	Fri. 13
8:30am	Opening			Pos. 6	
9:30am	KL 1	Pos. 3	Pos. 4		Pos. 8
10:30am	KL 2-4			KL 20-22	KL 29-31
11:30am	Pos. 1	KL 5-7	KL 11-13	KL 23-25	KL 32-34
0:30pm		KL 8-10	KL 14-16		
1:30pm					
2:30pm			KL 17-19	KL 26-28	KL 35-37
3:30pm	Pan. 1-3	Tours	Pan. 4-6	Pan. 7-9	KL 39-40
4:30pm			Pos. 5		Closing
5:30pm	Pos. 2			Pos. 7	
6:30pm					

図 2 タイムテーブル

(KL: Keynote Lecture, Pos.: Poster, Pan.: Panel)

はり会議の緊張感を持続しにくいと感じる。もちろん、オーラルもポスターもそれぞれ長所と短所があるが、次回 IHTC-15 では、なんとしてもオーラル主体で実現したいと意を強くした。

5. キーノート・レクチャー

オープニングでのキーノート・レクチャーは前回 IHTC 議長の指定席となっているので、New South Wales 大学の G. de Vahl Davis 名誉教授がライフワークである自然対流の研究を振り返られた。以降のキーノート・レクチャーは 3 件並列なので、最大でも 13 件しか聴けないという問題がある。並行する 3 件のキーノート・レクチャーを何度かはしごして“入り”を確認してみたところ、大きな偏りが見られたこともあった。

日本からは、笠木伸英東京大学教授、西野耕一横浜国立大学教授、丸山茂夫東京大学教授が、いずれもインパクトの強い立派な講演をされた。なかでも笠木教授は、今回創設された、最も優れたキーノート・レクチャーを行った個人に対して与えられる The William Begell Medal の初代受賞者となられ、誠に喜ばしいことであった (図 3)。

6. ポスター・セッション

まず、全セッション名を以下に列挙する。現象面あるいは応用面からのセッション分けが併用されており、各セッションのキーワードも、わが伝熱シンポジウムの場合と大きく変わることはない。Bio Heat Transfer, Boiling Heat Transfer, Combustion, Computational Heat Transfer, Condensation, Conduction, Convection, Electronic Cooling, Evaporation, Fuel Cells, Gas Turbines, Heat Pipes, Heat Transfer Measurement Techniques, Heat Transfer Equipment, Jet Impingement, Melting and Solidification, Microchannels, Nano, Nanofluids, Natural Convection, Natural/Mixed Convection, Nuclear, Phase Change Materials, Porous Media, Radiation, Solar, Spray Cooling, Sustainable Environment, Thermodynamic Fundamentals and Systems, Thermoelectrics, Two-Phase Flow

実際にセッション・ルームに入って誰しもまず気付くのはノー・ショーの多さである。会議幹事の Kim 教授が調査されたところ、約 20%に達していることが判明した。とりわけ中国のノー・シ



図 3 バンケットの席で Hewitt 教授から The William Begell Medal を授与される笠木教授

ョーが多かったので、X. Zhang 清華大学教授に確認したところ、今回の作業スケジュールでは米国への入国ビザの発行が間に合わなかったため、やむを得なかったとのことである。

先にポスター・セッションでの緊張感の不足を問題にしたが、最終日のポスター・セッションでも比較的多くの参加者があり活発に討論が行われていたことは評価してよいと思う。とりわけ、若い研究者が熱心に参加していたことは、ポスター・セッションの利点がうまく機能しているといえるだろう。

7. バンケット

会議の中日 11 日 (水) 夜にバンケットが開催された。会場は開会式・閉会式やキーノート講演 (の一つ) を行う Regency Ballroom である。フル・レジストレーションをした参加者はバンケット込みであるから、バンケット出席者は 1000 名前後の膨大な数になる可能性がある。実際、巨大な Regency Ballroom には 10 人が着座できる円卓が 80 卓置かれていたので最高 800 名は収容できる計算だが、空席もほとんどなかったことを考えると、遅れて来た人は気の毒にも出席を断念したのではないかと想像する。

Maryland 大学で機械工学とジャズを専攻中の学生が率いるジャズカルテットがいかにもアメリカ的な BGM を奏でるなか、各テーブルでそれぞれ適宜乾杯をして始まる自由なバンケット。全テ

ーブルで食事が始まったころ Bar-Cohen 議長による開会の挨拶だけがなされ、その後 1 時間半ほど経過してから、前述の The 2010 William Begell Medal, The 2009 Hartnett-Irvine Award, The 2008 Luikov Medal, The 2010 Max Jacob Memorial Award 各賞の授与があった。そして最後に 4 年後の IHTC-15 の組織委員会を代表して笠木伸英委員長、筆者(副委員長)、円山重直副委員長が順に一言ずつ歓迎の辞を述べた。

なお、先ほどプログラム冊子については不満を述べたが、このバンケットの各テーブルにあらかじめ配布されていたリーフレットでは、The Capitol Hill と桜の美しい写真を表紙として、各賞受賞者の紹介がなされ、さらに裏側のページにはわたしたちの IHTC-15 に関する最新の情報が記載されていた。このリーフレットを準備された方の細やかな配慮に感激するとともに、わたしたちももっと学ぶべき・考えるべきところがあるなど自戒を込めて肝に銘じた。

8. 国際会議における一見ささいな違い

蛇足かもしれないが、他に書く機会もなかなかないので、以下に若干書き添えさせていただく。

海外に出ると誰しも民族性の違いを大小さまざまところで感じる。もちろん、このことは国際会議においても例外ではない。

今回の会議は、もともとポスター・セッションが主体なので基本的にはセルフサービスということになるが、キーノート講演においても、照明は常に明るくもなし暗くもなしという中間レベルで無調整の一定、質問時には(日本でならアルバイトの学生諸君が身を小さくかがめて遠慮がちに小走りでマイクを届けるが)質問者にマイクのところまで来させて発言させる。筆者は、無調整の照明についてはスライドが見えにくい場合も多くて感心しなかったが、学会の質問のときは原則として質問者にマイクまで来させる方式でよいと思う(そして、アルバイトの日本人学生諸君ももっと堂々とふるまっていたらいい)。総じて、日本では心配りが細やかでサービスがよいのは美質でもあるが、反面、自分達自身が一旦受け身の立場になると、とことんどこされることに甘んじてしまう面があり、この弊害はいろんなところで及んで無視できないと思う。

一方で、日本人が(国内で)自然に表現できないのは、講演後の拍手ではなかろうか。短時間の一般講演の後の拍手というまでもなく、比較的長時間の基調講演の場合でも、司会者が気を利かして誘導しない場合には、拍手なしにいきなり質問に移って、すべてが終わって降壇時に拍手という場合も少なくない。音楽家の茂木大輔さんの著書に音楽会での『拍手のルール』というのがあったが、拍手は言葉を越えた人類の共通語だと思っているので、学会での拍手のルールについても、われわれが日々心していくべきではないだろうか。

そのほかにも、国際会議における一見ささいな違いは無数にある。それらは、どちらが正しいという性質のものでは必ずしもないが、どちらがよりよい影響を及ぼしていくかという潜在性の点から、ささいなことと無視せず見直していくことが重要ではないかと思う。

9. むすび — IHTC-14 から IHTC-15 に向けて —

IHTC-14 の閉会式は 100 名程度の参加者によって短く終わった。IHTC-14 は、Bar-Cohen 議長を中心とする多くの方々のご努力のおかげで、有意義かつ楽しいものであった。この IHTC ほど世界の伝熱関係者が一堂に会する機会是他になく、まずそのことだけでも目的の半分は達せられたといっても過言ではないと思う。それに言うまでもなく、発表内容も伝熱分野では最高レベルの会議であった。しかし、一方で IHTC の 60 年に及ぶ歳月の間に、周囲の状況変化を含めて、IHTC の存在意義が問われていることも事実であろう。

今や日本の伝熱研究は量的にも質的にも世界最高水準にあることは衆目の一致するところである。その日本で 4 年後に IHTC を再び開催するチャンスを得ることができたのは、他ならぬ日本伝熱学会の大先輩から現在の会員の皆様の総力によるものである。IHTC-5 (東京) 以来 40 年ぶりのチャンスを、今度は日本のというより世界の伝熱あるいは Thermal Science and Engineering を新時代に飛躍させるための場ととらえたいと思う。それが容易でないことは重々理解している。しかし、成熟度を増したどのような生命体や組織体も、それまでの流れを単に外挿するだけでは、いずれは死にいたることが必定である。日本伝熱学会の諸賢のご協力もお願いし、飛躍実現に邁進したいと思う。

Conduction

鳥居 修一 (熊本大学)

Shuichi TORII (Kumamoto University)

8 月 12 日午前に企画されたトピック「Conduction」は、19 件の研究成果で構成され、当日ポスターを示して紹介されたのは 16 件であった。2 時間の限られた時間でのポスターセッションであったが、見物客は絶えることなく各ポスターを前にして活発に議論を行っていた。以下に各研究の内容を大別して概要を述べる。

- The Wave Propagation Equation of Heat Conductive in Crystal
- Gaseous Conductivity Study on Silica Aerogel and its Composite Insulation Materials
- Ballistic Diffusive Heat Conduction Model
- Mass Nature of Heat and its Applications I: Motion of Thermomass Fluid and General Heat Conduction Law
- Mass Nature of Heat and its Applications II: Non-Fourier Heat Conduction in Carbon Nanotubes
- Mass Nature of Heat and its Applications IV: Thermal Wave and Periodic Temperature Oscillation in Metallic Films Heated by Ultra-Short Pulsed Lasers

上記の一連の研究は、非フーリエ熱伝導モデルの提案及びそのモデルを用いた数値解析を行っている。更に、パルスレーザー加熱によって電子温度振動が実験的に計測され、理論解析と比較検討している。

- Explosive Crystallization in Thin Amorphous Layers on Heat Conducting Substrates

アモルファスから結晶化する際の伝播速度が数値解析によって求められている。

- Numerical Determination of the Temperature Dependent Thermophysical Properties in Solid Materials: Experimental Instrumentation
- Integral Transforms, Bayesian Inference, and Infrared Thermography in the Simultaneous Identification of Variable Thermal Conductivity and Diffusivity in Heterogeneous Media

- Estimation of Location and Size of Defects in a Solid Body via Inverse Heat Conduction Problem

上記の一連の研究は、熱伝導の逆問題より、熱伝導率と比熱の温度依存性や固体媒体の精緻な検出サイズと位置を求める手法を提案している。

- The Application of Entropy Dissipation Theory in the Volume-to-Point Heat Conduction Problem
- On Uncertainty and Local Sensitivity Analysis for Steady-State Conjugate Heat Transfer Problems
- High Temperature Facility Under Vacuum for the Thermal Characterization of Anisotropic Materials
- Thermal Anisotropy in Injection Molded Polymer Composite Fins

上記の一連の研究は、非一様な熱源が存在する場合、定常状態のふく射と対流が複合する場合、材料やフィン内部が非等方性の場合の熱伝導問題を数値解析によって検討している。

- Influence of Surface Roughness on Contact Heat Transfer

接触熱抵抗における表面粗さが接触圧力を変えて実験され、経験式と比較検討されている。

- Thermal Conductivity of Biomorphic Porous SiC Based Ceramics
- Influence of Fiber Orientation and Aspect Ratio on the Effective Conductivity of Parallelepipedal-Cell Short-Fiber Composites
- Organic Compounds Thermal Conductivity in the Liquid Phase: A Prediction Method in the Temperature Range From the Melting Point to Near the Critical Temperature

- Preliminary Results for Estimating the Backside Heat Losses of a Composite Panel

上記の一連の研究は、セラミックベースのマイクロ構造の異なる多孔質体、カーボンファイバの方向性の異なった構造体、オーガニック複合体の熱伝導を計測している。

Jet Impingement
Single-Phase Jets

後藤田 浩 (立命館大学)

Hiroshi GOTODA (Ritsumeikan University)

e-mail: gotoda@se.ritsumei.ac.jp

衝突噴流の単相流に分類されたポスターセッションは、会議 2 日目 8 月 10 日(火)の午前(8:30-10:30)に行われた。概要集に記載されている 20 件のポスター発表が予定されていたが、実際に発表が行われたのは 14 件であった。発表が行われた論文数を国別にみると、アメリカ 3 件(論文番号 22170, 22684, 22695), 日本 2 件(論文番号 22581, 22997), 中国 2 件(論文番号 22040, 22353), ドイツ 2 件(論文番号 22305, 22805), アイルランド 1 件(論文番号 22860), イタリア 1 件(論文番号 23149), イギリス 1 件(論文番号 23372), 韓国 1 件(論文番号 22584), チュニジア 1 件(論文番号 23355)であった。ポスターセッションでは多くの活発な議論が行われていたように思われる。日本から発表された 2 件は、いずれも衝突噴流を対象としたものでなく、2 次元噴流もしくは旋回噴流の渦構造が発表されたものであった。以下に、ポスターセッションで発表された研究内容の概要を述べる。

論文番号 22040: 銅ナノ粒子を水噴流に添加し、平板に衝突させときの平板表面における平均熱伝達率が実験的に調べられ、銅ナノ粒子の添加が平均熱伝達率を増加させることが示されている。

論文番号 22170: 高温に保たれた平板に衝突する旋回噴流の渦構造が数値解析的に調べられ、高スワール数で生じる再循環流が熱伝達の促進に有効であることが議論されている。また、6 個角形に配列された旋回噴流群を衝突させる場合についても検討されている。

論文番号 22305: 台形筒の壁面に設けられた円孔を通過する空気噴流の温度と壁面温度の時間変化が実験的に調べられ、噴流と壁面の温度差と壁面における熱流束との関係が示されている。

論文番号 22353: 加熱された空気噴流が基盤表面に衝突したときに、ピン/プレートフィンヒートシンク内の強制対流の温度場が数値解析的に調べられ、数値解析に用いられた多孔質媒体モデルの

有効性が議論されている。

論文番号 22305: 2 次元噴流の渦構造に及ぼすノズルリップ長さの影響が実験的に調べられ、渦挙動はリップ長さを代表寸法としたストロハル数とレイノルズ数を用いて整理できることが示されている。

論文番号 22584: 移動する平板上に複数の液体噴流群を衝突させたときの平板表面の熱流束分布が数値解析的に調べられ、平板の移動速度の低下による平板上の液層厚みの増加が平均熱流束を低下させることが明らかにされている。

論文番号 22684: ホロコーン、フルコーン、フラットファンの 3 種類の噴霧ノズルを用いた衝突噴霧の局所熱伝達率と局所圧力の相関関係が明らかにされている。

論文番号 22695: 加熱された空気噴流を透過性の繊維に衝突させたときの繊維表面の局所熱流束の時間変化が数値解析的に調べられている。

論文番号 22805: 加熱された油噴流を平板に衝突させたときの油噴流と周囲大気との界面の不安定挙動や平板上での衝突パターンが実験的に明らかにされている。

論文番号 22860: 加熱された旋回噴流を平板に衝突させたときのよどみ点軸上と半径方向のヌッセルト数の変化が実験的に調べられ、熱伝達の促進に及ぼすスワール数の影響が議論されている。

論文番号 22997: 密度差を伴う旋回噴流の渦挙動が実験的に調べられ、浮力が旋回噴流の渦構造に強い影響を与えることが示されている。

論文番号 23355: Cross flow 中に噴出された噴流の温度場に及ぼす噴流の個数の影響が数値解析的に調べられている。

論文番号 23372: 衝突液滴の変形に及ぼす平板温度の影響や、液体噴流の不安定化に及ぼす周囲大気の温度の影響が線形安定性理論によって明らかにされている。

Melting/Solidification

高木 洋平 (静岡大学)

Youhei TAKAGI (Shizuoka University)

e-mail: tytakag@ipc.shizuoka.ac.jp

Melting/Solidification セッションの研究発表内容を報告する。本セッションでは要旨提出が 11 件あり、そのうち最終投稿論文が 7 件[1-7]、さらにそのうちポスター展示が行われたのは 4 件[1,3,5,6]であった。投稿論文の多くが数値計算によるものであり、ポスター発表が行われた研究について概要を述べる。

IHTC14-22516[1]は X80 鉄鋼パイプラインに点熱源を与えたときの溶融プロセスにおける温度分布を数値計算によって求めている。計算は ANSYS の有限要素法を用い、溶融経路(溶融範囲)を数ブロックに分け、各ブロックの温度分布を加熱時間、溶融時間などから求めている。温度が 800°C から 500°C まで減少する冷却時間が重要であり、流入熱量と熱源からの距離に比例して冷却時間が長くなるという結論が得られている。

IHTC14-22663[3]は半結晶性高分子スラブを射出したときの凝固時間を 1 次元モデルから解析的に計算する研究である。この 1 次元モデルでは固液界面を含む有限領域を考え、固相領域端点の温度を固定し、液相領域端点を断熱条件で端点位置が移動するものとしている。固相・液相どちらにおいても熱伝導方程式を解き、固液界面の位置は熱バランス式から求めている(パラメトリックモデル)。さらに高分子の結晶化動力学を組み合わせた計算も行っている(カップリングモデル)。この二つの解析手法の誤差は 5%以下であり、前者のパラメトリックモデルを用いて簡易に凝固時間を計算できることが示されている。

IHTC14-23025[5]は筆者らの研究であり、シリコンゲルマニウム (SiGe) 半導体結晶を育成する Travelling Heater Method (THM) における融液内対流を数値計算によって解析している。融液内では濃度差・温度差対流が発生するが、るつぼ回転と磁場印加による外力効果をうまく組み合わせることによって均質な結晶を育成可能であることを

示した。

IHTC14-23048[6]は円柱状鉄鋼のキャスト成形における凝固過程を数値計算によって解析している。計算は有限要素法ソフトウェア ABAQUS を用いて行われ、エネルギーバランス式とフーリエの法則から鋳物に溶融鉄鋼がキャストされたときの温度分布が求められている。温度分布から液相の移動速度が計算され、鉄鋼中の結晶構造が columnar (柱状) から equiaxed (等軸) に遷移する凝固時間が重要であることが示されている。

最終投稿論文リスト

- [1] Tong, L. et al., "Numerical Simulation of Temperature Field in Multi-pass Compound Groove Weld for High Strength Pipeline Steel X80", IHTC14-22516.
- [2] Trabelsi, H. et al., "Simulation of Forced Convection Ice Slurry Flow in a Heated Turbine", IHTC14-22633.
- [3] Sobotka, V. et al., "Parametric Model for the Analytical Determination of the Solidification and Cooling Times of Semi-Crystalline Polymers", IHTC14-22663.
- [4] Egorov, B. et al., "Cluster Mechanism of New Phase Formation on a Surface of Solid-state Body", IHTC14-22852.
- [5] Takagi, Y. et al., "A Numerical Simulation Study on the Effect of Crucible Rotation and Magnetic Field in Growth of SiGe by the Travelling Heater Method", IHTC14-23025.
- [6] Wolczynski, W. et al., "Columnar Equiaxed Structure Transition in Solidifying Rolls", IHTC14-23048.
- [7] Yu-Ting, W. et al., "Experimental Study on Thermal Performance of Mixed Nitrate and Carbonate Salts", IHTC14-23081.

Nano Interfaces and Misc. Nano

芝原 正彦 (大阪大学)

Masahiko SHIBAHARA (Osaka University)

e-mail: siba@mech.eng.osaka-u.ac.jp

第 4 日目の午後に「18-1 Nano Interfaces and Misc. Nano」のセッションは行われた。座長の Professor Pamela Norris の指示によって個々の研究発表に対して PC を用いた各 1 分の発表内容概要説明が 25 分に渡って行われた。それに引き続き、95 分間のポスターセッションが行われた。本セッションに関しては、講演者の不在や No Show はほぼなかった。ポスターセッションの 95 分の間、個々のポスター前では絶え間なく見学者が訪れて、熱心にディスカッションが行われていた。なお、目次の分類では「Nano」関連のセッションとしては、本セッションの他に「18-2 Phonon Transport and Thermal Conductivity(19 件)」があった。また、別の分類で「19-1 Nanofluids (16 件)」があったが、個々の研究発表内容に対して適切なセッション分けが行われていたと考えられる。

本セッションの研究発表内容は実に多様であり、総括的に議論することは難しいために、以下にすべての発表の内容の概略を一言で記述する。

B56: 垂直配向炭素 CNT 列の光学特性 (CNT=炭素ナノチューブ)

B57: 固液界面熱抵抗へのナノ構造間隔の影響

B58: ナノ粒子のフィルター捕獲のモデリング

B59: 表面粗さと酸化層の界面熱抵抗への影響

B60: ナノ・マイクロ多孔質内の流動解析

B61: CVD 法による多層 CNT の成長条件

B62: 接触熱抵抗のモデリング

B63: メタマテリアルの近接場熱移動

B64: マイクロヒータのデザイン

B65: ナノ構造の接触熱抵抗の MD 解析 (MD=分子動力学解析)

B66: 加熱されたマイクロカンチレバーの特性

B67: 結晶内の挿入層が接触熱抵抗に及ぼす影響

B68: 接続処理後の CNT 列の特性

B69: フェムト秒レーザーによる金薄膜の相変化

B70: 単層グラフィンのナノリボンの熱抵抗

B71: ナノチューブ内の熱物質移動解析

B72: 低温低圧条件における単層 CNT の成長

B73: 金属と半導体における熱移動のモデリング

B74: AFM による熱と力の相互作用計測

B75: 銅薄膜の電子ビーム加熱シミュレーション

B76: ダイヤモンド熱電対のバッチ式作成

B77: 金属-ダイヤモンド界面熱抵抗の計測

このようにスケールに対してはナノメートルスケールの熱物質移動に関する研究である共通点はあるが、研究目的、研究内容、研究手法は多様である。あえて「Nano Interfaces and Misc. Nano」のセッションの 22 件の発表をおおまかに分類すると、研究対象と研究目的に関しては、ナノスケールの現象そのものを研究対象とする研究は 5 件、ナノスケールの現象とそれらが時空間平均された現象の関連に関する研究は 17 件であった。また、研究手法としては、実験や計測 9 件、解析やシミュレーション 13 件であり、それらの中でも実験と解析・シミュレーションのスケールの一致が見られるようになってきている。さらに、研究内容について分類すると、AFM 関連が 2 件、炭素ナノチューブ関連が 6 件、界面熱抵抗 (コンダクタンス) 5 件、分子動力学解析 6 件であった。発表者の地域別の分類は、日本: 4 件、ヨーロッパ: 2 件、インド、韓国、中国: 3 件、米国、メキシコ: 13 件となっており、やや米国からの発表が多い傾向となっている。

まとめると、本セッションでは、界面の微小スケールで生じる特異な現象が時空間平均された場合にどのような伝熱現象を生じせしめるかに観点をおいた研究が多くなっており、研究対象においては、固体中界面あるいは固液界面熱抵抗や炭素ナノチューブを対象にしたものが比較的多かった。また、実験と解析や MD シミュレーションのスケールが合致するようになっており、その結果の定性的一致もみられるようになってきている。

Convection

中村 元 (防衛大学校)

*Hajime NAKAMURA (National Defense Academy)**e-mail: nhajime@nda.ac.jp*

対流 (7. Convection) に分類された研究発表は、プログラム上では計 82 件、そのうち論文が DVD に収録されているものが計 71 件あった。本会議では、Convection の分類とは別に、Jet Impingement, Natural Convection, Natural/Mixed Convection という分類もあったので、ここでは主に強制対流 (衝突噴流以外) に関する研究がまとめられていた。ただし、分類はあまり厳密ではないようで、後述のように、他の分類に属すべき研究内容もいくつか含まれていた。なお、全ての発表を見て回ることが出来なかったことや、また筆者の理解力不足もあり、見落としや正確さに欠ける記述もあると思うが、その点はどうかご容赦いただきたい。

Convection の分類の中で特に多く見られた研究テーマは、渦発生による伝熱促進および抵抗低減に関するものであった。これらの研究は、以下に示すように 7-1 Enhanced Convection のセッションとしてまとめて発表された。これ以外の研究は、基礎的なものから実機への応用を主目的としたものまで非常に多岐にわたっていた。全体として数値計算を主とした研究が過半数を占めており、この分野の最近のトレンドを反映していたが、実験を主体とした研究も 24 件あり、比較的多く存在していたように思う。

論文数を第一著者の国別でみると、ロシア 13 件、日本 10 件、中国 8 件、米国 5 件、カナダ、イタリア、ブラジル、インドが各 4 件、南アフリカ 3 件、韓国、タイ、フランス、スペイン、トルコ、アラブが各 2 件、ドイツ、オランダ、イラン、エジプトが各 1 件と、非常に国際色豊かなセッションであった。

この分類は、さらに 7-1 から 7-4 までの 4 つの小分類に分けられ、それぞれ別の時間帯でポスターセッションが実施された。

Enhanced Convection (7-1)

このセッションは 3 日目 (8/11) の午前に実施

された。ここでは、渦発生体や流路の凹凸によって渦を発生させて伝熱促進や抵抗低減を行う研究が集められていた。発表された研究を伝熱促進法および実験/解析/数値計算に分類して以下に列挙する。なお、() 内に記した 5 桁の数字は論文番号 (IHTC14-□□□□□) を示している。

チャンネル底面にリブ列を設置した実験 (22367, 23219) および数値計算 (22048, 23224)、管路内に螺旋板を設置した実験 (22151, 22500, 22617) および数値計算 (22494)、チャンネル壁を波状にした数値計算 (22082)、壁面にディンプルを設けた実験 (22503) および数値計算 (22303, 22334)、チャンネル底面にウィングレットを設置した数値計算 (22216)、矩形フィンを設置した数値計算 (22670)、管路内のシート状ヒーターにねじりを付けた実験 (22978)、チャンネル底面におかれた凸型ヒーターの冷却の数値計算 (22906)、チャンネル内に脈動流を与えた数値計算 (22519)、管路内で物体を往復運動させた数値計算 (23028) などの研究発表が行われた。対象とされた流路形状や伝熱促進法は多種多様であったが、全般的に、形状や条件を何通りかに変化させ、その中で伝熱促進や抵抗低減が最適となる条件を調べる研究が多く見られた。

Non-Newtonian Convection (7-2)

このセッション(非ニュートン流体の対流伝熱)は、2 日目 (8/10) の午前に実施された。あいにく筆者のポスター発表と時間が重なったため、DVD に収録された論文を基に各研究発表の内容を列挙させていただく。

粘弾性流体によるキャビティー内の伝熱促進に関する数値計算 (22736)、粘弾性流体によるチャンネル乱流抵抗低減に関する数値計算 (23138)、粘弾性流体による円管内層流の伝熱促進の解析 (23224)、ポリマー混入による乱流抵抗低減に関する実験 (23197, 23199)、ノズル内の超臨界水の実験および数値計算 (22156)、超臨界 CO₂ の急拡

大流れの数値計算 (22464), 管路内の指数則流体の非定常解析 (22150), 磁場中における Oldroyd-B 流体の速度・温度場の解析 (22278) などの研究発表が行われた。

Single Phase Convection 1 (7-3)

このセッションは 1 日目 (8/9) の午前に実施された。ここでは強制対流の基礎研究が中心に発表されたが, 研究内容は非常に多岐にわたっていた。

高主流乱れがはく離流の熱伝達に及ぼす影響を調べた実験 (22154), 遷移領域におけるチャンネル内非定常流の解析および数値計算 (22291), 遷移領域における管路流れの伝熱促進実験 (22338, 22340), 円柱群の挿入された流路内の物質伝達の数値計算 (22399), 強制対流冷却におけるチャンネル形状の最適化の数値計算 (22230), 渦発生体により生成された縦渦の強さと伝熱促進の関係を調べた数値計算 (22269), 凹面による伝熱促進および抵抗低減の数値計算 (22390), 平行流路内に設置されたピンフィン列による伝熱促進の数値計算 (23205), 内壁が回転する環状曲面拡大流れの数値計算 (22403), 衝突噴流による移動壁面の熱伝達の数値計算 (22168), 移動壁面上の乱流境界層における流れ場と物質伝達を詳細に調べた実験 (22394), 超音速流壁面をガス噴射で冷却する実験及び数値計算 (22922), 傾斜チャンネル内の相変化対流熱物質伝達の数値計算 (22221), 竜巻の生成と安定性に関する実験 (22279), カオスによる流体混合の数値計算 (22797), 熱的境界条件に依存しない熱伝達パラメータ (一般化された熱インピーダンス) の解析的導出 (23019) などの研究発表があった。

個人的には, 23019 の熱インピーダンスの導出に大変興味を持った。元来, 熱伝達率は一様かつ定常な熱移動を前提として定義された値であるため, 熱伝達に分布や変動があると, 流れ場が同一であったとしても, 熱伝達率は熱的境界条件に依存して大きく変化してしまう。一方, 最近は物体表面の熱伝達分布に加えて熱伝達の時間的な変動を扱う研究が多くなってきているので, 熱的境界条件に依存しない熱インピーダンスの導入は非常に有用であると感じた。ただし, フーリエ変換やラプラス変換を用いて導出されるこの値が現実的に実験データや数値計算結果の整理に使えるかどうかは, まだ良く理解できていない。

Single Phase Convection 2 (7-4)

このセッションは 1 日目 (8/9) の午後に実施された。ここでは, 基礎から応用まで多彩な研究が含まれていた。また, Single Phase Convection の分類には入らない研究も多かった。

境界層の圧力勾配と熱伝達の間関係を調べた解析および数値計算 (22432), 曲がり矩形管路内伝達の数値計算 (22528), 鈍頭回転円板の強制対流熱伝達実験 (22558), くさび流れの熱伝達におけるプラントル数の影響の解析 (22955), 回転円柱の乱流物質伝達の数値計算 (23090), 部分的に加熱された二次元丘後流の速度場および温度場を詳細に調べた実験 (23117), 乱流促進体によるはく離流の熱伝達制御の実験 (22153), 管路内の周期的変動流の数値計算 (22696, 22858), 超音速流における凹面による伝熱促進実験 (22585), 透過壁上の境界層乱流熱伝達の数値解析 (22592), 瞬時の拡散場を可視化して物質拡散係数の濃度依存を評価する手法の開発 (22501), 熱物性値の温度依存を考慮した管路内乱流共存対流の数値計算 (22876), マランゴニ共存対流の解析 (22330), 発熱のある管路内における液体窒素の流れの解析および数値計算 (22897), ガスハイドレートの生成に関する解析 (22990), ヘリコプターのエンジン冷却に関する多因子分析 (23113), 化学蒸着 (CVD) 装置内の流れを想定した共存対流の実験 (22237), モンテカルロ法を基にした管路内の熱伝導の逆解析 (22462), 密閉容器熱対流による音響流の数値計算 (23376), 磁場によるプラズマ閉じ込めに関する実験 (22212) および数値計算 (22539), 反磁性流体の磁気熱対流に関する数値計算 (22781), 磁場中の多孔質チャンネル内導電性流体の解析および数値計算 (23323) などの研究発表があった。

雑感

国際伝熱会議では, 一般の発表はすべてポスター発表で行われるが, 口頭発表とは違い, 英語が苦手なもの同士であっても時間をかけてゆっくり話ができるというメリットがあり, 個人的には魅力を感じている。ただし, 最も興味のある発表が同一セッションに割り当てられることが多いため, 例えばセッションを前半と後半に分け, 半分は自分のプレゼンに専念し, 半分は自由に見て回れるといった工夫がなされると良いのではと感じた。

Electronic Cooling

阿部 宜之 (産業技術総合研究所)

Yoshiyuki Abe (AIST)

電子機器の冷却に関連した研究発表は、Boiling Heat Transfer, Convection, Heat Pipes, Microchannels 等の多岐に亘るセッションでなされたが、ここでは Electronic Cooling 1 および 2 の 2 つのセッションで発表された合計 38 件の研究内容に限定し、その概要のみを紹介する。ちなみに、他のセッションでは登録のみで発表、論文投稿がなされないケースが多数あったが、Electronic Cooling では、全件発表され、論文も投稿されていた。

研究発表の内容を大別すると、

- ・デバイス内熱問題 5 件
- ・ヒートスプレダー 3 件
- ・空冷ヒートシンク 13 件
- ・液冷ヒートシンク 9 件
- ・沸騰 2 相流 2 件
- ・サーモサイフォン 2 件
- ・データセンター等 4 件

発表論文の主要著者の国別では、米国 20 件、日本 6 件、アイルランド、韓国、中国各 2 件、スイス、ベルギー、フランス、南アフリカ、トルコ、台湾各 1 件となっている。

個々の発表内容(括弧内は論文番号)を見ると、デバイス内熱問題については、プリント基板をモデル化した複合材料の有効熱伝導率推算法(22870)、ハイパワーSi トランジスタアレイ内の 2 次元電力、熱分布(23010)、パワー素子における半田による接合状態の信頼性(23040)、MOSFET 内のマイクロ伝熱シミュレーション(23100)、GaN パワー素子内の伝熱現象等のモデル計算(23277)に関する報告があった。

ヒートスプレダーについては、CNT 被覆ナノ構造ウィックを有するペーパーチャンバー(22765)、CGA (Column Grid Array) インターコネクットの有効熱伝導率(22891)、高熱伝導性ナノ構造材料(グラフィンおよび CNT) を用いたヒートスプレダー(22918)に関する報告があった。

最も発表件数の多かった空冷ヒートシンクについては、大半が各種フィン構造(22136, 22347, 22728, 22808, 22890, 22968)、および空冷流路内伝熱(22146, 22786, 22898, 22979, 23326)に関する報告であり、この他、ピエゾ素子を用いたファン(22203, 22552)に関する報告もあった。

液冷ヒートシンクについては、磁性流体を用いた液冷ループ(22038)、パワー素子を対象とした液冷コールドプレートのモデル計算(22181)、マイクロチャネル流路パターンの評価(22234)、ホットスポットの冷却を目的とした SLC(Superlattice Cooler)とマイクロチャネルを組み合わせたハイブリッド冷却技術(23054)、液冷流路内マイクロピン・フィン効果(23171)、CMOS をターゲットとしたマイクロチャネル伝熱性能評価(23212)、3 次元構造マイクロチャネル流路の最適化、性能予測(22719, 22813)に関する報告があった。

沸騰 2 相流については、マイクロチャネル内沸騰熱伝達における冷媒種による寸法効果(22770)、沸騰 2 相流における不安定性のアクティブな制御手法(22919)、ホットスポット冷却用薄液膜蒸発を利用した冷却技術(23015)に関する報告があった。

サーモサイフォンについては、屋外通信基地での利用を想定したサーモサイフォンの過渡特性(22218)、蒸発部に銅を焼結させたウィック構造を有するサーモサイフォンの起動、過渡特性(22843)に関する報告があった。

データセンター等の熱制御については、サーバーームの CRAC フリー化を目指した液冷ネットワークシステム(22045)、地理的に離れたデータセンター間の運用に伴う熱制御の効率化(22912)、冷熱蓄熱とヒートパイプを組み合わせたデータセンター冷却システム(23128)、通信基地局における省エネ化を図ったブロワー運用手法(23280)に関する報告があった。

Fuel Cells

宇高 義郎 (横浜国立大学)

Yoshio UTAKA (Yokohama National University)

e-mail: utaka@ynu.ac.jp

第 14 回国際伝熱会議も半ばの 8 月 12 日(水)午後の 2 時間にわたり, Fuel cells セッションのポスター発表が行われた. 全セッションで共通に実施された 1 件あたり 1-2 分のオーラルショートプレゼンが, セッション開始時の約 30 分程度ポスター発表会場にて実施された.

予定された 20 件のポスターのうち, ショートプレゼン 12 件, ポスター 14 件の発表がなされた. 表 1 に, ポスター発表がなされず, かつ論文集に掲載されていない 1 件を除いた 19 件を示した. 左欄に各論文の著者, 国名および実施されたプレゼンの種類 (S: ショートプレゼン, P: ポスター発表) を, 右欄には論文番号, タイトルおよび括弧内に簡単な内容分類を示した. 著者欄には筆者のわかる限りの発表者を記したが, 他の場合には第一著者とした. いささか正確さを欠いている可能性がある点はお許しいただきたい.

国別には, 米国 8 件, 日本 5 件, 中国 3 件, 南アフリカ共和国, ポーランド, シンガポール各 1 件であった. 今回の会議全体で中国の発表件数が大きく増加したことが本セッションにも反映されている.

研究対象としている燃料電池形式としては, 固体高分子形 (PEFC) に関するものが 12 件, 固体酸化物形 (SOFC) 4 件, 直接メタノール形 (DMFC) 3 件と, 近年の傾向を示している. 内容別には, 熱および物質伝達, 水分・ガスの流動を中心としている場合が多く, ガス拡散層 (GDL), ガスチャネル, 計測法, 寒冷条件下の問題など多岐にわたっている.

表 1 Fuel cells セッションの論文リスト

著者 (国)	論文番号: 論文題目(分類)
Ya-Ling He (中国) P	IHTC14-22102: Modeling of Heat Transport in a Direct Methanol Fuel Cell with Anisotropic Gas Diffusion Layers (DMFC, GDL)
Chao Zhang (中国)	IHTC14-22180: Modeling on Transport Performance of Integrated-planar Solid Oxide Fuel Cell (SOFC,

	物質伝達)
Y. Utaka, I. Hirose (日本) S, P	IHTC14-22197: Microporous Layer Consisting of Alternating Porous Material with Different Wettability for Controlling Moisture in Gas Diffusion Layer of PEFC (PEFC, GDL)
Tunde Bello-Ochen de (南ア) P	IHTC14-22233: Thermodynamic Optimization of PEM Fuel Cell Stack Gas Channel for Optimal Thermal Performance (PEFC, ガスチャネル)
Kristopher Inman (米国) S, P	IHTC14-22478: Development of Optical Thermal Sensor for PEM Fuel Cell Temperature Measurement Using Phosphor Thermometry (PEFC, 温度計測法)
Masashi Kishimoto (日本) S, P	IHTC14-22495: Quantitative Evaluation of Transport Properties of SOFC Porous Anode and Their Effect on the Power Generation Performance (SOFC, 多孔体内移動特性)
Kazuyoshi Fushinobu (日本) S, P	IHTC14-22510: Potential Distribution Measurement in PEFC Electrolyte Membrane for Membrane Degradation Analysis (PEFC, 膜)
Partha Mukherjee, (米国) S, P	IHTC14-22703: Heat and Water Transport in a Polymer Electrolyte Fuel Cell Electrode (PEFC, 熱・水分移動)
Yutaka Tabe (日本) S, P	IHTC14-22757: Performance and Liquid Water Distribution in PEFCs with Different Anisotropic Fiber Directions of the GDL (PEFC, GDL)
Janusz Szmyd (ポーランド) S, P	IHTC14-22785: An Analysis of Heat Transfer Processes in an Internal Indirect Reforming Type SOFC (SOFC, 熱移動特性)
Agus Pulung Sasmito (シンガポール)	IHTC14-22787: Computational Study of Flow Reversal for Improved Thermal Management in a PEMFC Stack with Forced Air Convection Cooling (PEFC, 物質流動)
Katherine C. Hess (米国) S, P	IHTC14-22928: Micron-Scale Diagnostics for Through-Plane Phenomena in Porous Electrodes (PEFC, 多孔質電極)
Yun Wang (米国) S, P	IHTC14-23004: Cold Start Characteristics of Polymer Electrolyte Fuel Cells (PEFC, 寒冷スタート)
Yun Wang (米国)	IHTC14-23005: Transient Characteristics of Polymer Electrolyte Fuel Cell and Hydrogen Storage Tank (PEFC, 水素タンク, 過渡特性)
Yun Wang, Ken Chen (米国)	IHTC14-23006: Through-Plane Water Distribution in a Polymer Electrolyte Fuel Cell at Various Operating Temperatures (PEFC, 水分分布)
Hafez Bahrami, Amir Faghri (米国) S, P	IHTC14-23078: Methanol and Water Transfer Characteristics in a Passive DMFC Using Concentrated Methanol Solution (DMFC, 物質移動)
Fang Ye (中国)	IHTC14-23130: Two-Phase Flow in Anode Serpentine Flow Field of a Direct Methanol Fuel Cell (DMFC, 二相流)
Mina Nishi (日本) S, P	IHTC14-23182: Thermal and Electrochemical Cell Design and its Experimental Assessment for Micro SOFC System (SOFC, 熱・電気化学デザイン)
Daniel Cassar, Xia Wang (米国) S, P	IHTC14-23291: Design of a Climate Chamber to Study Transient Performance of a Proton Exchange Membrane Fuel Cell at Near Freezing Temperatures (PEFC, 人工気象室)

Boiling Heat Transfer

古谷 正裕 (財団法人 電力中央研究所)

Masahiro FURUYA (CRIEPI)

e-mail: furuya@crieipi.denken.or.jp

沸騰伝熱のポスターセッションでは、72 件の論文が発表された。図 1 に第一著者の所属機関の国別割合を示す。米国と日本が約 1/4 ずつを占め、次いで中国、ロシアの割合が大きい。

MEMS やナノ粒子コーティングなどにより伝熱面を微細加工し、沸騰熱伝達や限界熱流束を向上させる実験が増えている。また伝熱面の温度場を高い時間・空間分解能で計測する技術も提案され、沸騰熱伝達機構の考察が行われている。

流体は水以外の電子部品用途の冷媒が多く、二酸化炭素の伝熱研究が増えている。実験研究が大半であるが、数値解析との比較や伝熱モデルを検討している論文もあり、今後の進展が期待される。

表 1 に発表論文リストと概要を整理した。

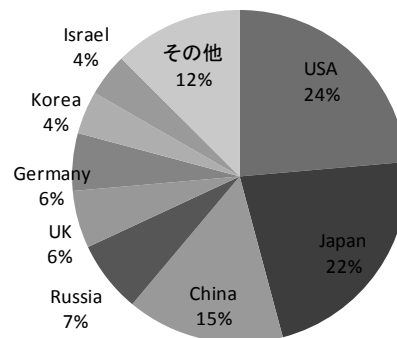


図 1 第一著者の所属機関の国別割合

表 1 発表論文リストと概要

No.	第一著者	題名	国名	概要
22024	Hai T. Phan	Flow Boiling of Water on Titanium and Diamond-Like Carbon Coated Surfaces in a Microchannel	France	マイクロチャンネル沸騰伝熱
22054	Oliver S. Knauer	Measurement of Concentration and Temperature Gradients at Binary Mixture Boiling Bubbles	Germany	二成分系沸騰気泡の温度分布
22060	Keiji Murata	Forced Convective Boiling of Refrigerant HCFC123 in a Mini-Tube	Japan	ミニ管路の二相圧損と沸騰伝熱
22062	Yaoyu Song	An Estimation Method of Electric Field Forces on a Single Bubble	China	孤立気泡の形状による電場測定法
22087	Yasuo Koizumi	Pool Boiling Characteristics of Heat Transfer Surface with Micro Structures Created by Using MEMS Technology	Japan	微細加工伝熱面による気泡生成メカニズムとプール沸騰伝熱
22108	Mohamed S. El-Genk	Saturation and Subcooled Boiling on Copper Nano-Dendrites Surfaces	USA	銅ナノ樹状面上の飽和およびサブクール沸騰伝熱
22129	Chao Liu	Molecular Dynamics Simulation of Bubble Nucleation in Superheated Liquid	China	過熱液相からの沸騰気泡の分子動力学解析
22142	Bo-Feng Bai	Vapor Embryo Nucleation in Near-Wall Region Under Pool Boiling Conditions	China	分子動力学によるプール沸騰伝熱面からの気泡生成解析
22202	Yury P. Ivochkin	Experimental Study of the Vapor Film Behavior on a Highly Heated Surface Immersed into Subcooled Water	Russia	半球伝熱面上の膜沸騰クエンチによる圧力変動
22215	Alexander T. Komov	Experimental Investigation of Boiling Heat Transfer and Pressure Drop in Swirl Flow under Conditions of One-Sided Heating	Russia	片側加熱旋回流の沸騰伝熱と限界熱流束、二相圧損
22225	Koichi Hata	Heat Transfer and Critical Heat Flux of Subcooled Water Flow Boiling in a SUS304-Tube with Twisted-Tape Insert	Japan	旋回流のサブクール沸騰伝熱と限界熱流束
22267	Saeid Vafaei	Critical Heat Flux During Subcooled Flow Boiling of Alumina Nanofluids in a Narrow Channel	UK	アルミナナノ流体の狭隙流路内限界熱流束
22282	Y. F. Xue	Experimental Study of Flow Boiling Heat Transfer Coefficient of FC-72 over Micro-Pin-Finned Surfaces	China	微小ピン伝熱面の強制対流沸騰熱伝達
22290	Alexei Kryukov	Non-Equilibrium Boundary Effects Influence on the Interface Surface Formation	Russia	半球伝熱面上の膜沸騰解析
22300	Ian A. Cosden	The Surface Tension of Nanobubbles and the Effect of the Potential Cutoff Radius	USA	分子動力学によるナノ気泡の表面張力効果
22339	Alexander Ustinov	Boiling Heat Transfer Enhancement by Controllable Tailoring of the TPL	Germany	微細加工伝熱面による沸騰伝熱促進
22349	Shoji Mori	Effect of Cell Size of a Honeycomb Porous Plate Attached to a Heated Surface on CHF in Saturated Pool Boiling	Japan	ハニカム板による飽和プール沸騰限界熱流束増大
22365	Sehwan In	Flow Boiling Heat Transfer of R123/R134a Mixture in a Micro-Channel	Korea	マイクロチャンネル内の二成分系沸騰伝熱
22376	Victor V. Yagov	Heat Transfer in Vapour-Liquid Flow at High Reduced Pressures	Russia	高換算圧力域の二酸化炭素の熱伝達整理式
22406	Manabu Tange	Boiling Heat Transfer Surface Capable of Transient Heating and Nucleation Control	Japan	局所加熱による発泡制御と温度分布計測
22458	Masahiro Furuya	Visual Observation of Fine-Scale Mixing Morphology During Vapor Explosion and Droplet Entrapping Processes	Japan	蒸気爆発と液滴エンタラップ現象における微細混合の可視化
22550	Junnosuke Okajima	Cooling Characteristics of Ultrafine Cryoprobe Utilizing Convective Boiling Heat Transfer in Microchannel	Japan	マイクロ流路を介した沸騰冷却特性
22560	Takeyuki Ami	Flow Pattern and Boiling Heat Transfer of CO2 at High Pressure in Horizontal Mini-Channels	Japan	水平ミニ流路内の二酸化炭素流動様式と沸騰伝熱
22565	Yan Sun	Subcooled Flow Boiling with Sintered Porous Coatings in Small Channel	China	焼結金属微少流路内のサブクール流動沸騰伝熱
22567	Mohammad N. Hasan	Homogeneous Nucleation Boiling During Jet Impingement Quench of Hot Surfaces	Japan	衝突噴流冷却下での均質核生成
22579	Chang-Nian Chen	Experimental Study on CHF Characteristics of R134a Flow Boiling in Horizontal Helically-Coiled Tubes	China	水平螺旋管内の限界熱流束
22586	Chang-Nian Chen	Study on Fluid-to-Fluid Modeling of CHF of R134a-Water in Horizontal Helically-Coiled Tubes	China	水平螺旋管内の限界熱流束の次元解析
22603	Kazem Arrdaneh	Study of Flow Instabilities in a Natural Circulation Boiling System	Iran	沸騰自然循環ループの安定性

表1 発表論文リストと概要(続き)

No.	第一著者	題名	国名	概要
22608	K. Spindler	Single Phase and Flow Boiling Heat Transfer of Water and Ethanol in a Mini-Channel Array	Germany	ミニ管路内の水とエタノールの単相・沸騰伝熱
22650	Mordechai Baikin	Flow Rate Maldistribution in Multi Heated Parallel Pipes	Israel	並列管の流量分配
22656	Saptarshi Basu	Heat Transfer Characteristics of Flow Boiling of R134a in Uniformly Heated Horizontal Circular Microtubes	USA	水平細管内沸騰伝熱
22657	Payam Delgoshaei	Microscale Heat Transfer Measurements during Subcooled Pool Boiling of Pentane: Effect of Bubble Dynamics	USA	基盤状加熱・測水面によるブール沸騰気泡下の熱伝達
22660	Jong-Taek Oh	Characteristics of Two-Phase Flow Boiling Heat Transfer and Pressure Drop of NH ₃ , C ₃ H ₈ and CO ₂ in Horizontal Circular Small Tubes	Korea	水平細管内沸騰伝熱と圧力損失
22661	Saptarshi Basu	Study of CHF Condition for Flow Boiling of R134a in Circular Microchannels	USA	水平再管の限界熱流束
22664	Alexey A. Eronin	The Influence of External Electric Field on Heat Transfer at Boiling on Non-Uniform Surfaces	Russia	複雑形状伝熱面への電場が沸騰伝熱に及ぼす影響
22682	Rishi Raj	Heater Size and Orientation Effect on Pool Boiling of FC-72	USA	伝熱面姿勢と加熱面積が沸騰に与える影響
22723	Kripa K. Varanasi	Controlling the Nucleation of Water Using Hybrid Hydrophobic-Hydrophilic	USA	親水面と撥水面の組み合わせによる発泡点制御
22725	David M. Christopher	Bubble Growth during Nucleate Boiling in Microchannels	China	沸騰気泡成長のVOF解析
22735	Tailian Chen	Enhanced Heat Transfer for Boiling of a Refrigerant on a Micro-Structured Cylindrical Surface and Effect of Saturation Temperature	USA	積層円筒伝熱面による沸騰伝熱向上
22737	Takashi Sakai	Heat Transfer Enhancement Observed in Nucleate Boiling of Alcohol Aqueous Solutions at Very Low Concentration	Japan	低濃度アルコール水溶液での伝熱向上機構
22741	S. J. Penley	Sub-Atmospheric Pressure, Sub-Cooled, Flow Boiling of Water on Screen Laminated Enhanced Surfaces	USA	網状伝熱面での減圧下サブクール流動沸騰伝熱
22750	Chin Pan	Mechanism of Critical Heat Flux for Convective Boiling of FC-72 in a Diverging Microchannel Heat Sink	Taiwan	マイクロ拡大流路での流動沸騰限界熱流束
22773	Carlo Bartoli	Heat Transfer Enhancement From a Circular Cylinder to Distilled Water by Ultrasonic Waves at Different Subcooling Degrees	Italy	超音波照射によるサブクール沸騰伝熱促進
22779	Satoru Momoki	Experiments on Flow Boiling Heat Transfer of Ammonia/Water Mixture Inside an Internally Spirally Grooved Horizontal Tube	Japan	螺旋溝付き水平伝熱管内の二成分系沸騰伝熱
22794	Tomohide Yabuki	Study on Heat Transfer Mechanism of Isolated Bubble Nucleate Boiling with MEMS Sensors	Japan	微細温度計測による孤立気泡の熱伝達機構
22809	T. Netz	Incipient Flow Boiling in a Vertical Channel with a Wavy Wall	Israel	波状鉛直流路の沸騰開始点
22840	X. Yang	Pool Nucleate Boiling of Acetone and Acetone/Ethanol Mixture on Magnesium Alloy Surface	UK	二成分系ブール核沸騰伝熱
22863	Hiroyasu Ohtake	Mechanism and Modeling of Rewetting Initiation of Hot Dry Surface in Saturated and Subcooled Film Boiling	Japan	膜沸騰における乾き面からの濡れ開始機構
22866	Masroor Ahmad	Effect of Heat Flux on Droplet Entrainment Using Annular Flow Dryout Model	UK	管状流ドライアウトモデルに基づく液滴エントレインメントの熱流束影響
22887	A. Luke	Heat Transfer Mechanisms of Propane Boiling on Horizontal Steel Tubes with Smooth and Enhanced Surfaces	Germany	水平管外部流れの表面形状と沸騰伝熱機構
22921	Vijay Sathyamurthi	Dynamics of Pool Boiling on Plain and Nanotube Coated Silicon Surfaces	USA	沸騰伝熱面温度の時系列解析による非線形特性
22926	Saeil Jeon	Investigation of Flow Boiling on Nanostructured Surfaces	USA	カーボンナノチューブコーティング伝熱面のブールおよび流動沸騰伝熱
22950	Aravind Sathyarayanan	Pool Boiling of Mixtures for Electronics Thermal Management	USA	銅ナノワイヤー伝熱面のブール沸騰伝熱
23024	In-Cheol Chu	Bubble Lift-Off Diameter in Forced Convective Boiling Flow	Korea	流動沸騰系の気泡離脱系
23072	Ziad Nahra	Pool Boiling Heat Transfer of Dowtherm-A and Dowtherm-J on Smooth and Roughened Vertical Heater Surfaces	Norway	熱媒Dowthermの垂直伝熱面ブール沸騰伝熱
23091	G. Hetsroni	Bubble Growth in Surfactant Solutions	Israel	界面活性剤添加による沸騰気泡径の変化
23107	Arif B. Ozer	A Method of Concurrent Thermographic-Photographic Visualization of Flow Boiling in a Minichannel	USA	サーモグラフィと高速度カメラによるミニチャンネル内温度・流動同時計測
23120	Bruno Panella	Test Facility to Study the Chill Down Phase of a Liquefied Gas Flow	Italy	液体窒素流動による冷却特性
23140	Yu Y. Jiang	Wall Thermal Conductivity Effects on Nucleation Site Interaction during Boiling: An Experimental Study	Japan	銅およびステンレス鋼キャピタリーからの発泡特性
23145	Kunihito Matsumura	Nucleate Boiling Performance of Azeotropic Binary Mixtures in a Saturate Pool Boiling System	Japan	二成分系のブール沸騰伝熱と限界熱流束
23163	Deoras Prabhudharwadkar	Assessment of Components of the Subcooled Boiling Model for CFD Simulations	USA	二流体モデルと気泡生成相関式に基づくサブクールブール沸騰解析
23167	Xi-Hui Sun	Investigation of Carbon Dioxide Explosive Boiling in Single Evaporator of a Two-Phase Mechanically-Pumped Thermal Control Loop	China	蒸発管内での二酸化炭素の突沸現象
23189	Chaobin Dang	Study on Flow Boiling Heat Transfer of Carbon Dioxide with PAG-Type Lubricating Oil in Pre-Dryout Region Inside Horizontal Tubes	Japan	水平管内での二酸化炭素の沸騰伝熱に及ぼす潤滑油添加の影響
23235	Mehmed R. Özdemir	Boiling Heat Transfer in Microtubes at High Flow Rates	Turkey	細管内の高流速サブクール沸騰熱伝達
23272	Chuanhua Duan	Evaporation Induced Cavitation in Nanochannels	USA	ナノ管路内の水のキャビテーション気泡成長
23276	David M. Sykes	Critical Heat Flux in Cooling Channels for Flow-Field Probes	USA	高温場計測管内冷却水流の限界熱流束
23330	Yu Gan	An Exploration of the Effects of Dissolved Ionic Solids on Bubble Merging in Water and its Impact on the Leidenfrost Transition	USA	気泡合体に及ぼす塩添加効果の実験と分子動力学解析
23336	Yuan Wang	Pressure Drop and Two Phase Flow During Boiling of FC-72 in a High Aspect Ratio Micro-Channel	UK	高アスペクト比マイクロチャンネル内沸騰流の圧力損失と圧力変動
23386	Irakli G. Shekrladze	Investigation of Duration-Dependent Multifactoring During Boiling on Down-Facing Heating Surface	Georgia	下向き伝熱面の発達した核沸騰伝熱
23401	Dariusht Rostamifard	The Prediction of CHF at Near Critical Pressures by High Order Neural Network (HONN)	Iran	ニューラルネットワークによる亜臨界域の限界熱流束予測
23415	Chang-Nian Chen	Dry-Out CHF Characteristics of R134a Flow Boiling in Horizontal Helically-Coiled Tubes	China	水平螺旋管内限界熱流束
23417	Chang-Nian Chen	Fluid to Fluid Modeling Scaling Factors of R134a-Water for Critical Heat Flux	China	水平螺旋管内限界熱流束の次元解析

Heat Transfer Measurement Technology

丹下 学 (芝浦工業大学)

TANGE Manabu (Shibaura Institute of Technology)

e-mail: tange@shibaura-it.ac.jp

熱物質輸送現象の新しい計測法に関するポスターセッションである「Heat Transfer Measurement Technology」には、発表取り止めになった 2 件を除き、15 件の発表があった。計測原理および計測対象が多岐にわたるため、以下では各ポスターについて概要を述べる。

IHTC14-22449 I. Rudolph et al. (ドイツ)：サーモグラフィの温度分布から壁面剪断応力を求めている。壁面全体を加熱し強度分布を求める方法と、微小領域を加熱し方向を求める方法が示された。

IHTC14-22504 S. Someya et al. (東大)：蛍光粒子とパルスレーザーを用い、寿命法によって温度場を、PIV によって速度場を、1 台のカメラで同時に計測している。

IHTC14-22672 T. Pierre et al. (フランス)：紫外から可視光までの波長を用いて温度を計測する方法を提案し、実験との比較を行っている。

IHTC14-22674 C. Ariyaratne et al. (UK)：熱線流速計を用いて非定常流れにおける壁面剪断応力を計測している。特に流速が増加した瞬間の壁面剪断応力の増加を計測している。

IHTC14-22726 H. Kyu Hyun et al. (韓国)：温度と湿度の予報から、翌日の冷房による負荷を予測する簡易な数理モデルを提案している。病院と研究機関での実際の負荷と良い一致を示している。

IHTC14-22753 H. Nakamura (防衛大)：サーモグラフィを用いて、後ろ向きステップにおける剥離・再付着流れの壁面における熱伝達率分布を計測している。

IHTC14-22774 D. Schmeling et al. (ドイツ)：感温液晶を PIV 粒子として用い、気体流れを対象として、カラー CCD カメラ画像の色情報から温度を、粒子の動きから速度場を求めている。

IHTC14-22884 M. Kim and M. Yoda (米国)：二つの蛍光染料の強度比から 1mm 角チャネルの定

常流における壁面温度とバルク流体温度を計測している。

IHTC14-22885 M. Kim and M. Yoda (米国)：シリコンデバイス内部の冷媒温度計測を背景に、シリコンが赤外光を透過することを踏まえ、温度に依存して近赤外光を発する半導体量子ドットを用いて液相温度を計測する手法を提案している。

IHTC14-22917 C. Weinschenk et al. (米国)：Directional Flame Thermometer を用いた火炎の熱流束計測を行っている。特に求める結果に誤差を許すことで熱流束の計算を簡単にし、実時間計測を可能にしている。

IHTC14-22969 J. Christofferson et al. (米国)：CCD を用いた 800 ピコ秒時間分解能を持つ温度分布計測装置を開発し、パルス加熱による温度分布の時間変化を示している。

IHTC14-23074 C. Kim et al. (韓国)：径の異なる二つの熱電対が異なる放射特性を持つことを利用し、放射冷却の影響による温度計測バイアスを修正する方法を提案し、高温ガス流れの計測実験によって、その影響を議論している。

IHTC14-23220 J. Castro et al. (スペイン)：PLIC-VOF 法における新しい表面張力項モデルを提案し、既存モデルと比較している。極座標系を用いた曲率の計算とカーネル関数を用いた界面のスムージングを行っており、検証のための計算対象は液滴および気泡である。

IHTC14-23286 C. Herman (米国)：熱音響効果による共鳴管の温度変化を高速カメラを用いたホログラフィ干渉法によって計測している。また、圧力がホログラフに与える影響を取り除く方法について検討している。

IHTC14-23129 A. L. de Ramos and P. Vargas (ベネズエラ)：食品を急激に加熱・冷却した際の温度応答に食品の物性値が与える影響について、数学モデルを構築し感度解析を行っている。

Heat Transfer Equipment 1 and 2

小田 豊 (大阪大学)

Yutaka ODA (Osaka University)

e-mail: oda@mech.eng.osaka-u.ac.jp

下記に列挙する通り、本セッション（以下、HTE-1, 2）の対象は、製鋼プロセス、熱交換器（特にスケール付着）、冷却塔、各種炉内の伝熱・乾燥・燃焼・化学反応過程など広範囲にわたるため、専門の研究者・技術者が内容を推測し得るであろう最小限の情報をご提供することをレビュー方針とした。以下では、DVD 論文集で参照可能な論文 ID 「IHTC14-2****」の下四桁の数字と第一著者（or 発表者）の所属国略称で各論文を引用させて頂く。また、計 37 件のうち No show が 9 件（多くはポスターのみの登録）あり、対象外とさせて頂いた。

HTE-1 では、溶鋼を模擬した定常通過流を有するガス攪拌式の取鍋内の気泡混合挙動を実験・理論的に調べたもの[2115, 米/日], Entransy 消散理論と遺伝的アルゴリズムに基づく熱交換器の最適化[2314, 中], 吸着天然ガス(ANG)充填容器内の吸着・脱着過程の数学モデルと無次元数の提案[2400, 伯], 製紙工場の乾燥過程に赤外ヒータを導入する新プロセスの提案と経済性評価[2727, 米], 周期加熱により誘起される部分混和性溶媒の相転移を利用した汚染堆積物の浄化法に関する実証研究[2856, Israel], 急速加熱処理時の薄膜太陽電池の周期加熱過程に関する解析モデルの提案[2927, 仏], 平面型のラビリンス流路を利用したマイクロミキサーに関する実験[2957, 米], 弾薬内の化学物質処理時の蒸発過程に関する解析モデルの提案[2964, 米], 強制通風冷却塔で生じる水蒸気からの水回収の実現可能性に関する数値解析と実験[3162, 伯], 製鉄・製鋼プロセスに関する CFD 結果の VR (Virtual Reality)による可視化の研究[3180, 米], 海水を用いた向流型冷却塔の性能評価を最新の海水物性値を用いて行った解析[3200, 米], 回転式冷却装置内の焼結金属粒子の冷却過程に関する解析モデルの構築[3278, 米]などがあつた。

HTE-2 では、熱交換器伝熱面へのスケール付着に対する表面エネルギーの影響を伝熱面（銅・ス

テンレス）上に PTFE 膜や単分子膜を形成して検討したもの[2058, 米], 直火式ロータリーキルン内の局所伝熱過程に関する解析モデルの構築と石英砂や銅ペレットを用いた実験[2086, 独], 流動層内の石炭粒子のガス化過程について二流体モデルに基づく解析モデルの構築を行ったもの[2123, 英], 充填粒子層の粒子に感温色素を塗布した実験と DEM（離散要素法）による解析により粒子の熱緩和過程を検討したもの[2200, 独], 流動層での固体粒子の乾燥過程について DEM に基づくオイラー・ラグランジアン法によって粒子内部の温度・含水量分布を含めて解析した研究[2292, 英], 伝熱面上のスケール形成に及ぼす金属イオンの影響について X 線回折と SEM による結晶構造、形態学的特徴の解析により検討したもの[2312, 中], 伝熱面の fouling 特性に及ぼす表面粗さや酸化膜の影響を実験的に検討し、酸化膜の形成を防止することが fouling の抑制に有効とした研究[2313, 中], 伝熱面への鈹物付着の緩和にパルス火花放電を適用し、X 線回折と SEM 観察によって効果を検討したもの[2392, 米], 冷却塔に用いるらせん状リブ付銅管の fouling 特性を記述するための、 j 因子と f 因子を含む半経験的モデルの構築[2529, 中], 回転式ライムキルン内の鎖部の一次元伝熱モデルの構築とキルン内部のガス・壁面・石灰泥の温度予測[2531, 加], 石油パイプライン内壁でのワックス状物質の堆積に対してレオロジー特性が及ぼす影響をビンガム流体を仮定したワックス堆積 CFD により検討したもの[2952, 伯], 煨焼石油コークス炉の排ガスに含まれる炭素系物質の燃焼シミュレーション[3053, 米], シェルアンドチューブ熱交換器内の原油 fouling を予測するための解析モデルの提案と妥当性の検討[3158, 英], 回転式キルン内の過熱蒸気による食品乾燥過程のシミュレーション[3201, 印] などがあつた。

日本、韓国の発表が少ないのが印象的であつた。

Bio Heat Transfer

小宮 敦樹 (東北大学)

Atsuki KOMIYA (Tohoku University)

e-mail: komy@pixy.ifs.tohoku.ac.jp

1. はじめに

生体伝熱セッションは前回のシドニーでの会議 (IHTC-13 in Sydney) のときに初めて設けられ、今回で 2 回目の開催となる。セッション自体は会議 3 日目の 8 月 11 日午前中に組み込まれ、約 20 件のポスター発表が行われた。朝一番のセッションではあったが、8 時 30 分のショートプレゼンテーション開始時刻には多くの聴衆が集まり、1-2 分の口頭発表を聴講していた。口頭発表後は各ポスターの前で、著者の詳細な説明および議論があった。本報告では 20 件のポスターセッションの概要と、筆者が感じた Bio Heat Transfer の動向について以下に記していく。

2. 発表の概要

まず発表件数であるが、前回のシドニー会議では 9 件のポスター発表であったが、今回のワシントン会議では 20 件のポスター発表と増え、この分野の発展の度合いが注目される結果となった。発表のあった 20 件の国別内訳を以下の表 1 にまとめる。表から明らかなように、中国からの発表数が他と比べて多く、この分野での中国の進展具合が評価される。また開催国の US を除けば、日本が中国に次いでこの発表数となっていた。その他、インド、韓国、イタリアからは 1 件の発表となった。発表内容は生体組織内の伝熱現象をモデル化する研究から医療応用に至るまで、多岐にわたっており、医工学にとどまらず、医療応用に関する研究発表もあった。

表 1 生体伝熱セッションでの国別発表数

China	7
India	1
Italy	1
Japan	5
Korea	1
US	5

これまで多くの研究発表においては、生体組織内の伝熱現象の記述には Pennes による生体伝熱方程式が主として使われてきているが、血流による項および発熱項を新たな視点からモデル化する研究発表も散見されるようになってきた。数値シミュレーションの技術が進歩したことにより、より詳細な数値計算の設定ができるようになった結果であると考えられる。つまりは、仮定を多く含んだこれまでのモデルに代わって、より精緻化したモデルを採用し、生体組織内伝熱現象を詳細に表現すべく研究に移行しつつあるということである。

医療応用に関する研究では、やはり冷凍治療、レーザー治療に関する研究が多く発表されていた。また超音波を利用した生体組織内への氷結晶生成や、ナノ粒子を用いたイメージング技術に関する詳細検討など、種々の医療技術に関する研究発表も行われていた。

さらには、人体の熱収支バランスの評価や、衣服の熱伝導を考慮した、『快適さ』を追求する生体伝熱の研究発表があった。

3. おわりに

生体伝熱というセッション名でのポスター発表であったが、生体内部組織の伝熱現象を扱っている研究もあれば、生体と環境の熱のやり取りに特化した発表もあり、一概に生体伝熱という言葉では表現しきれない研究発表が集まったセッションとなった。MEMS/NEMS 技術が進展する今、複雑な生体組織の非定常熱伝導を、これまで以上に正確に把握すべく実験的/数値解析的研究が展開されつつあることを実感することができたセッションであった。4 年後の IHTC-15 は京都開催が決定している。是非、生体伝熱という分野において、日本がリーダーシップをとっていけるよう、今後の研究展開を願っていききたい。

Combustion

酒井 清吾 (横浜国立大学)

Seigo SAKAI (Yokohama National University)

e-mail: sakai@ynu.ac.jp

1. はじめに

燃焼のポスターセッションは、会議 2 日目の 11:00～13:00(3-1 Combustion 1)および 16:00～18:00(3-2 Combustion 2)の 2 回に分けて行われた。会議 1 日目はウェルカム・レセプションのみのため、会議 2 日目が本格的なセッション開始であり、キーノート・レクチャー後最初のポスターセッションということで、多くの参加者が訪れた。

3-1, 3-2 ともに 18 件の発表が予定されていたが、3-1 では 6 件、3-2 では 7 件、合計で 13 件の欠席があった。論文のファースト・オーサーの国別の内訳(カッコ内は欠席数)は、日本 8(0)、中国 7(4)、米国 6(3)、ロシア 4(3)、フランス 3(0)、ベルギー 1(0)、スペイン 1(0)、メキシコ 1(0)、ドイツ 1(0)、英国 1(0)、韓国 1(1)、インド 1(1)、インドネシア 1(1)であった。

2. 発表の概要

発表のあった各論文の番号と概要を以下にまとめる。

IHTC14-22116 では、垂直円管ノズルにより形成される亜音速の水素噴流拡散火炎でのリフトオフ抑制に関する実験および数値解析を行い、円管-燃料噴射ノズル間の距離が火炎のリフトオフ抑制に影響することを示した。

IHTC14-22420 では、小型メタン改質器の燃焼ダクトにおける輸送現象および化学反応に関する 3 次元数値解析を行い、触媒燃焼反応は燃焼ガスの流れるダクトに近い極薄い多孔質触媒面に限定されること、燃料ガス種の輸送現象と温度分布は反応により大きく影響を受けることを示した。

IHTC14-22424 では、改良型オイル燃焼ボイラにおけるガス・オイルの同時燃焼過程およびサーマルノックス生成に関する数値解析を行い、空気過剰率 1.1 において燃焼効率、NO_x 生成ともに最高値を取ることを示した。

IHTC14-22438 では、水素燃料の火花点火エンジンにおける熱移動モデルの計測による評価を行い、Annand および Woschni のモデル双方には、水素を燃焼させた場合の熱移動プロセスに影響を及ぼすガス又は燃焼の物性が欠如していることを示唆した。

IHTC14-22440 では、Cu/ZnO/Al₂O₃ 触媒を用いたエタノール蒸気改質における流量および反応温度の影響について実験を行い、この触媒は従来に比べて低い温度でも高い性能を示すことなどを示した。

IHTC14-22446 では、束ねられた電気ケーブルの火災の危険性を把握するための実験を行い、熱放出率、火炎の広がりといった危険性を示す特性を測定して、それらの結果がより現実的なケーブル火災のモデル化に有効であることを示した。

IHTC14-22509 では、多孔質表面上の境界層における燃焼は多孔質板を介して供給される燃料と板周囲を流れている酸化剤の流速との比で特徴付けられるため、水素を燃焼させた場合、層流でのこの比に対する火炎前面の位置、熱物質移動および火炎の安定性の影響を実験的および数値解析的に調べた。

IHTC14-22553 では、セラミックス床上での不完全燃焼を用いた有機物熱分解に関して実験を行い、提案した熱分解機構が安全かつ経済的で、環境的に低エミッションであることを示した。

IHTC14-22658 では、現実的な運転条件における 2 サイクル内燃機関の環状フィンおよび球状フィンの最適化を 2 次元数値解析により検討し、エンジン諸元の小型化に取り組んだ。

IHTC-22742 では、部分酸化反応に注目してセラミックハニカムブロックを利用した熱再生による小型の管状メタノール改質器の実験を行い、効率の向上を示したことから、ハニカム構造の有用性を示した。

IHTC14-23121 では、水素改質炉において触媒管の温度制御が重要なことから CFD シミュレーションを行い、触媒管に過熱されている個所があり熱疲労をもたらすこと、バーナーの位置および触媒管の配置が熱疲労に大きく影響することを示した。

IHTC14-23155 では、CFD を用いて燃料組成の変化を考慮した combustor-transition piece 内の流れ解析を行い、transition piece 出口での流速分布および温度分布を求め、系に沿って熱くなる傾向にあることを示した。

IHTC14-22093 では、降下する燃料薄膜マイクロコンバスタの壁における煤堆積を数値解析的および実験的に調べ、空気の流れの主要燃焼室への管径や入口の方向を変化させ、流れ場の改良を行った。

IHTC14-22138 では、石炭チャーの炭素-灰分合成粒子雲における不均一なふく射特性を評価し、燃焼またはガス化において熱移動を予測するには石炭チャーもしくは灰分どちらのふく射物性が重要かを評価した。

IHTC14-22263 では、動いている石炭粒子 1 個の部分酸化におけるレイノルズ数の影響を数値解析的に評価し、粒子周囲の CO 分布を、ガス化、遷移、火炎シートの 3 つに特徴付けした。

IHTC14-22320 では、近年開発された、燃料油滴の加熱および蒸発を流体力学的にモデル化する手法および動的にモデル化する手法を検証し、ディーゼルエンジンへの応用を考えれば、油滴の加熱と蒸発に関する広い問題に応用可能であることを示した。

IHTC14-22668 では、燃焼している油滴の相互作用での熱移動における油滴間距離の影響を実験的および数値解析的に評価し、単一油滴のモデルと比較して、相互作用することで油滴の対流伝熱が大きく減少することを示した。

IHTC14-22777 では、バイオマス粒子内部の熱移動に着目してバイオマスの熱分解プロセスの実験的および数値解析的な研究を行い、粒子内部の熱移動のメカニズムは、低い加熱速度の場合と高い加熱速度の場合とで大きく異なることを示唆した。

IHTC14-22800 では、一定体積容器内の乱流予混合火炎の火炎-壁面間の相互作用と熱移動に関する DNS を行い、熱損失およびクエンチングを評価

した。側壁において壁面熱流束は最大値を示すが、全熱流束に対する側壁の寄与は小さかった。

IHTC14-22819 では、乱流火炎における煤生成とふく射熱移動のモデル化法を提案し、1 次元予混合層流火炎における燃焼反応と煤生成の詳細なモデリングの検証を行った。

IHTC14-22832 では、アルコールを添加した燃料ベースのエマルジョンの熱移動特性を実験的に評価した。低い沸点成分の拡散相としてエマルジョン化した水は、沸点より高い極近傍での熱移動を促進し、攪拌状態が良い場合には熱移動の促進は明確には現れないことなどを示した。

IHTC14-22938 では、メタン/空気の非予混合火炎の安定性に対する反応剤の予熱効果について実験を行った。火炎の付着高さは温度とともに大きく増加すること、安定性解析を行うことで火炎持上げの限界が大きく修正されることなどを示した。

IHTC14-23268 では、液体ナトリウム火炎の熱的挙動の理解について実験を行った。金属の火炎は、通常の火炎と異なり、一次生成物が金属表面に影響を与える金属酸化物であることから、その効果をモデル化し、液体ナトリウムとその周囲環境との熱的相互作用に着目したところ、既往の研究で用いられる断熱状態とは大きな差があることを報告した。

3. まとめ

以上、燃焼を専門としない筆者から研究概要を見ると、発表全体については、実験、数値解析双方において、基礎的な現象を対象としたいわゆるきれいな燃焼を扱うものが多く、身の回りで見られるような実現象を対象としたきれいでない燃焼に関する研究が少ないように感じられた。なお、前回の IHTC-13 の Combustion and Fire のセッションの報告と比較すれば、発表予定件数は大きく増加したものの、実際の発表件数はそれほど変わっておらず、欠席数が増加したことを意味する。今回のセッション参加者も多く、活発な議論が行われていたことから、非常に残念に感じられた。他のセッションの動向も見ることがあるが、次回の京都での会議においては、発表件数が増えるだけでなく、欠席者数も減少して、今回以上に多岐にわたる研究内容について更なる活発な議論が行われるよう期待したい。

Natural Convection and Mixed Convection

辻 俊博 (名古屋工業大学)

Toshihiro TSUJI (Nagoya Institute of Technology)

e-mail: tsuji.toshihiro@nitech.ac.jp

会議初日の 8 月 9 日 (月) に、オープニングセッションとして、New South Wales 大学の Graham de Vahl Davis 氏による自然対流のレビューが行われたが、内容的には黎明期のコンピュータの話を含めて、氏自身のこれまでの研究経緯を中心に解説したものであった。その後、自然対流に関するポスターセッションが午前 (Natural Convection 1) および夕刻 (Natural Convection 2) に開催された。これらのセッションでは 27 件の発表が予定されていたが、実際にポスターが掲示されたのは 20 件であり、前回の会議 (Sydney) から半減した発表件数であった。

自然対流の研究テーマ (数字はポスター番号) を以下に列挙するが、殆どが数値解析で実験的研究は少なかった。Natural Convection 1 では、有限厚さの壁を持つ閉空間における熱と物質の二重拡散対流 (22335)、開放面を有する 2 次元空間の自然対流換気 (22404)、下面加熱の容器内非定常対流の特性と構造 (22439)、非定常ベナール・マランゴニ対流における遷移の初期条件に対する依存性 (22600)、正方形空間内の円柱状熱源からの浮力流の遷移と分岐 (22648)、円筒と回転円錐の隙間に生じる流れのパターン変化と熱伝達 (22648)、下面加熱された正方形キャビティ内の自然対流におけるエントロピー生成に及ぼす熱的境界条件の影響 (23112)、容器内の乱流自然対流に関する DNS と簡略方程式による解析の比較 (23267)、等温加熱面に沿う自然対流の乱流遷移における 3 次元乱れの成長 (23300) などの発表があった。

Natural Convection 2 では、レーザ干渉計による乱流自然対流の時間平均熱伝達率の測定 (22036)、空隙内の自然対流における薄膜蒸留プロセスの影響 (22083)、粒子の沈降を伴う懸濁液の自然対流 (22141)、鉛直加熱平板に沿う熱駆動流に対する主流速度の影響 (22167)、壁に埋め込まれた窓に沿う層流・乱流自然対流に及ぼす水平窓枠材の影

響 (22447)、鉛直等温壁面上の点熱源からの自然対流 (22508)、断熱面に取り付けられた傾斜等温正方形柱からの自然対流熱伝達 (22846)、等温水平円柱周りの自然対流に関する時間分解された熱伝達と流動特性 (22896)、加熱円盤上の自然対流の乱流特性 (23001)、ブルームによる汚染物質輸送に関する実験的特性評価と解析 (23151)、自然対流と輻射が複合する数値計算の並列化 (23211、ポスターのみ) などが発表された。

また、8 月 11 日 (水) の夕刻には、共存対流のポスターセッションが開催された。11 件のポスターが掲示され、実験的研究が比較的多かった。研究テーマは、ポアズイユ・レイリー・ベナード対流の不規則励起下の線形・非線形安定性解析 (22256)、閉空間内の水平加熱正方形柱周りに発生する浮力流の不安定性 (22259)、湿気を帯びた布で被覆した垂直加熱円筒とそれに直交する一様な流れの共存対流に関する水分輸送の効果 (22342)、加熱壁と断熱壁を持つ鉛直流路内の遷移・乱流共存対流におけるヌセルト数の整理 (22428)、市販解析コードによる鉛直等温加熱平板上の層流・乱流共存対流の熱伝達特性 (22428)、室内換気に関するベンチマーク問題に対する変物性を考慮した相似理論の適用 (22457)、DNS による平面流路内の共存対流の第 2 法則解析 (22619、ポスターのみ)、対向流を伴う傾斜平面流路内の共存対流に関する層流・乱流遷移域の熱伝達 (22871)、鉛直ダクト内の層流共存対流の圧力降下 (22923)、高レイノルズ数の鉛直円管内の共存対流 (23266)、直交流によって生じるブルームの逆方向回転渦対の形成 (23283) などの発表があった。

なお、他のポスターセッションでも、自然・共存対流に関するものはいくつかあった。例えば、千鳥配置の円管群における浮力流と熱伝達の数値モデル化 (22640)、鈍頭物体を過ぎる浮力ブルームに関する LES (22761) などが発表された。

Porous Media

中曾 浩一 (九州大学)

Koichi NAKASO (Kyushu University)

e-mail: knakaso@chem-eng.kyushu-u.ac.jp

1. 概要

本セッションは全部で 21 件の発表が 2 部に別れて行われた。後半のセッションは開催最終日であったため参加者は若干少なかったものの全体として活発な議論が行われていた。発表形式は発表者全員が 1 分間のショートプレゼンテーションで概略を説明した後、ポスター発表が行われた。

2. 分類と内容

表 1 に Porous Media のセッションで発表されたポスターのリストを示す。左側に論文番号と第一著者、右欄の論文題目および概略を示した。全体として多孔質体内の熱・物質移動に関する基礎研究、および多孔質体の実利用に関する内容が発表され、基礎から実利用と幅広い内容であった。

基礎研究では多孔質体の複雑な構造をモデル化して考慮し熱物性値を予測した研究が数多くみられた (IHTC14-22692, IHTC14-22209, IHTC14-22983, IHTC14-22792 など)。なかでも IHTC14-22209 は有効熱伝導率や透過率といった熱物質移動特性を求めるだけでなく、ヤング率や比誘電率を予測するなど非常に興味深い発表であった。一方、温度測定と圧力損失の実験結果に基づいて熱物質移動の相似性について議論を行った IHTC14-22037 は基礎研究に限らず多孔質の実利用に対しても大変有意義な研究である。

多孔質体の実利用に関する研究では、近年のエネルギー問題に関連して CO₂ の地下貯蔵に関する研究 (IHTC14-23365, IHTC14-23132) や水素吸蔵合金による水素貯蔵の研究 (IHTC14-22561)、粒子充填層内の伝熱促進 (IHTC14-23175)、廃タイヤを原料とした合成ガス製造に関する研究 (IHTC14-22190) などが発表され、これらの研究には、IHTC14-23132, IHTC14-22190 のようにコンピュータ断層撮影 (CT) を利用した多孔質体内部の構造の可視化に関する研究も見られた。特に

IHTC14-22190 は、廃タイヤを高温で処理する際の反応の進行によって変化する物性や空隙率などの影響を考慮するため、試料を熱処理して CT 計測を行い、その結果を基に多孔質体内部の空隙をモデル化し移動現象の特性を予測するなど大変興味深い発表であった。

表 1 Porous Media での発表論文

論文番号 第一著者	論文題目, 概略
IHTC14-22037 B. Dietrich	The L�v�que Analogy: Does it Work for Solid Ceramic Sponges Too? (多孔質体の熱物質移動の相似性)
IHTC14-22130 M. de Lemos	Laminar Heat Transfer on a Wall Covered With a Layer of Porous Material Simulated With a Two-Energy Equation Model (多孔質体に覆われた面に対する噴流の熱伝達解析)
IHTC14-22133 M. de Lemos	Simulation of a Moving Porous Bed Reactor With a Two-Energy Equation Model (移動する多孔質体内での乱流の熱伝達解析)
IHTC14-22155 P. Vadasz	Nusselt Number Data Scattering in Natural Convection in Porous Media (多孔質体内の自然対流伝熱)
IHTC14-22160 N. Dukhan	Convection Heat Transfer Analysis for Darcy Flow in Porous Media: A New Two-Dimensional Solution (多孔質体を流体で冷却する系の伝熱)
IHTC14-22171 P. Vadasz	Weak Turbulence in Small Prandtl Number Convection in Porous Media (多孔質体内での低プラントル数流体の弱乱流に関する解析)
IHTC14-22354 D. J. Geb	Non Intrusive Heat Transfer Coefficient Determination in a Packed Bed of Spheres (粒子充填層内の熱伝達実験)

IHTC14-22561 D. Lazarev	Numerical Simulation of Heat and Mass Transfer in Metal Hydride Hydrogen Accumulators of Different Complex Designs (水素吸蔵合金による水素貯蔵槽内の熱物質移動実験と解析)
IHTC14-22764 S. Mancin	Convective Air Heat Transfer Through 10 PPPI Aluminum Foams (アルミニウム発泡体内を通過する流体の圧力損失と熱伝達の実験)
IHTC14-23132 S. Uemura	X-Ray Computed Tomography of CO ₂ Behavior in Water Saturated Sandstone for Geological Storage (水で飽和した砂岩内での CO ₂ の X 線 CT 計測)
IHTC14-23175 K. Nakaso	Effects of Fin Configuration on Heat Transfer Rate in Packed Bed Reactors for Improvement of Their Thermal Characteristics (粒子充填層内の伝熱促進解析)
IHTC14-22190 S. Haussener	Tomography-Based Determination of Effective Transport Properties for Reacting Porous Media (多孔質内の熱物質移動特性解析)
IHTC14-22209 M. Wang	Modeling of Thermal Transport Properties of Multiphase Porous Materials (多孔質体の熱物質移動およびその他の特性の解析)
IHTC14-22297 U. Gross	Study on the Effective Thermal Conductivity of Macro, Mirco and Nano Porous Materials in the Light of the Knudsen Conduction/Radiation Coupling Effect (多孔質体有効熱伝導率に及ぼすポアサイズと放射伝熱の影響, 実験)

IHTC14-22456 D. Liang	Unsteady helical flows of a generalized Oldroyd-B fluid with fractional derivative in porous medium (多孔質体中の Oldroyd-B 流体の螺旋流れ解析)
IHTC14-22532 P. De Jaeger	A Transient Technique to Determine Thermal Conductivity and Thermal Contact Resistance of Porous Materials (多孔質体の有効熱伝導率と接触熱抵抗の測定)
IHTC14-22692 J.M. Hugo	From Pore Scale Numerical Simulation of Conjugate Heat Transfer in Cellular Material to Effectives Transport Properties of Real Structures (多孔質体の熱物質移動特性の解析)
IHTC14-22792 O. M. Alifanov	Mathematical Model of Heat Transfer in High-Porous Materials (多孔質体の有効熱伝導率および光学特性に関する実験と解析)
IHTC14-22983 M. Hadavand	Two Dimensional Simulation of Magnetohydrodynamic Two-Phase Flow in Random Porous Media Using the Lattice Boltzmann Method (多孔質体内へ流入する磁性流体の流れ場解析)
IHTC14-23070 Ra. Gorla	Mixed Convection of Water at 4°C along a Wedge with a Convective Boundary Condition in a Porous Medium (多孔質体内の自然対流および強制対流の解析)
IHTC14-23365 H.S. Choi	The Characteristics of CO ₂ Flow and Thermal Field in a Porous Media (多孔質中の CO ₂ 流れ・熱移動解析)

Evaporation

永井 二郎 (福井大学)

Niro NAGAI (University of Fukui)

e-mail: nagai@u-fukui.ac.jp

1. 蒸発セッションの概要

会議期間 5 日間の最終日 (金曜日) の午前に最終ポスターセッション 8 が行われた。6 つの小セッションが並行して行われ、その内の 1 つが“Evaporation Heat Transfer”である。セッション冒頭には、持ち時間 1 分の short presentation が行われ、論文概要が紹介された。筆者はその座長を仰せつかった。最終日ということもあり来場者が少ないだろうと心配していたが、他のセッションと同程度の活況を呈した。なお、従来蒸発の研究は沸騰のセッションに含まれていたように思うが、なぜ今回別分類になったのかは分からない(元々、筆者の論文は manufacturing に分類されていた)。

この蒸発セッションには、プログラム上 19 件の論文が分類されたが、残念ながら内 2 件は“Poster Presentation Only (Abstract 集には載るが、Full paper が Proceeding DVD に載らない)”となってしまった。ところが、当日これら 2 件は short presentation も poster 発表もちゃんとなされていたのに対し、(どれとは言わないが) 別の 3 件が当日発表無しであった。

2. 論文リストと内容・コメント

表 1 に蒸発セッションの全論文をまとめた。最も目立ったのは、三相界線近傍の蒸発現象把握と MEMS 技術を活用した実験的研究 (22280, 22362, 22562, 22635, 22677, 22722, 22746, 22905, 23306) である。蒸発現象の応用を直接念頭においた研究も含まれるが、大多数は沸騰の基礎研究としての位置付けであるように思う。セッション分類分けの作業は難しいが、これらの論文は沸騰の基礎研究と同じ場で議論されると better のように感じた。他にも流下液膜蒸発 (22064, 22174, 23222) や溶液滴の蒸発 (23178, 22597) 等の研究も見られた。

三相界線蒸発や MEMS に関連して MIT の発表が 3 件もあり、Co-chair を務めた E.Wang 先生(MIT) に「一連の研究の goal と applications」について尋ねたが、「面白いから！」ということであった。研究者にとって最も大切な driving force を再確認させられ、個人的に有意義なセッションであった。

表 1 蒸発セッションのポスター発表リスト

発表著者(国)	論文番号: 論文題目
Georg Dietze (Germany)	IHTC14-22064: Capillary Flow Separation in 2- and 3-Dimensional Laminar Falling Liquid Films
Aleksandr N.Pavlenko (Russia)	IHTC14-22174: Decay of the Falling Wavy Liquids Films at Nonstationary Heat Release
Benjamin Sobac (France)	IHTC14-22185: Heat Transfer and Flow Instabilities in Ethanol Sessile Drops under Evaporation
Khalid Ibrahim (Germany)	IHTC14-22280: Experimental Investigation of Micro-Scale Heat Transfer at an Evaporating Moving 3-Phase Contact Line
Ming Hu (Switzerland)	IHTC14-22362: Surface Functionalization Mechanisms of Enhancing Heat Transfer at Solid-liquid Interfaces
Fei Duan (Singapore)	IHTC14-22408: Experimental Study on Water Evaporation Enhanced by Surface Heating
Xavier Nicolas (France)	IHTC14-22467: Transient Evaporation of Liquid Water Films and Condensation of Humid Air at the Isothermal Walls of a Square Cavity
Loic Tachon (France)	IHTC14-22562: Experimental Investigation of a Contact Line Dynamic Induced by Liquid Evaporation Heat and Mass Transfer
Niro Nagai (Japan)	IHTC14-22597: Liquid-Solid Contact at Evaporation of Water Liquid Droplet Emulsified with Lubricant and Its Adhesion Situation
Ichiro Ueno (Japan)	IHTC14-22635: Precursor Film Formation of Spreading Droplet
Joel Plawsky (USA)	IHTC14-22677: A Boundary Value Model for the Evaporation Meniscus on Rough Surfaces
Kripa Varanasi (USA)	IHTC14-22722: Wetting Hysteresis and Impact Phenomena on Textured Hydrophobic Surfaces
Beibei Zhu (China)	IHTC14-22746: Molecular Dynamics Simulation for the Impact of N-decanol Surfactants on the Liquid-Vapor Interface of Lithium Bromide Aqueous Solution
Rong Xiao (USA)	IHTC14-22905: High-flux Thin Film Evaporation on Nanostructured Surfaces
Carlo S. Iorio (Belgium)	IHTC14-22916: Heat and Mass Transfer Control by Evaporative Thermal Patterning of Thin Liquid Layers
L. Tadrist (France)	IHTC14-23029: Numerical Simulation of Heat and Mass Transfer of an Evaporating Pinned Sessile Drop: Influence of the Substrate Thermal Conductivity
Koichi Nakaso (Japan)	IHTC14-23178: Internal Flows in Microscopic Polymer Solution Droplets Evaporating on Flat Surfaces
Dmitry Zaitsev (Russia)	IHTC14-23222: Viscosity Effect on Thermocapillary Rupture of Falling Liquid Films
Jacob Chung (USA)	IHTC14-23306: Effect of Nano-structured Surface on Meniscus Evaporation at Nanoscale

Radiation

赤堀 匡俊 (長岡技術科学大学)

Masatoshi AKAHORI (Nagaoka University of Technology)

e-mail: makahori@nagaokaut.ac.jp

1. セッションの概要

ふく射のポスターセッションは 8 月 11 日 (水) 午前の Poster Session 4 と 8 月 12 日 (木) 午前の Poster Session 6 の中で行われた。22 件の研究発表が予定されていたが、そのうち 2 件が欠席であった。発表論文のファースト・オーサーの国別の内訳は、中国から 4 件、日本、米国から各 3 件、ロシア、フランス、カナダ、インドから各 2 件、台湾、スペイン、ポルトガル、イランから各 1 件であった。内容的に大別すると、ふく射物性が 7 件、ふく射輸送・ふく射伝熱が 10 件、ふく射逆解析が 3 件であり、ふく射物性からふく射輸送までの広範囲にわたる研究発表が行われた。以下に発表された論文の内容を簡単に紹介する。

2. 発表論文の概要

IHTC14-22049(Y. Xuan et al., China)は、プロブスカイト酸化物(LSMO)製の三次元規則配列(3-DOM)マイクロ多孔体の放射特性を解析的に検討している。特に、3-DOM LSMO の表面構造パラメータの違いによる吸収率のスペクトル分布、さらには、単色吸収率の入射角依存性などを検討している。

IHTC14-22050(Y. Xuan et al., China)は、Ag/MgF₂/Ag(Metal/Insulator/Metal)の多層構造を有する二次元矩形ホール配列(2DHAs)のスペクトル特性を解析的に検討している。特に、スペクトル特性に及ぼす周期構造、ホール比、フロント層(Ag)およびコア層(MgF₂)の厚さ、入射角などの効果を検討している。

IHTC14-22157(L. A. Dombrovsky et al., Russia)は、原子炉(軽水炉)での仮想事故に関連する研究である。水中において炉心溶解が生じる場合の複雑な現象に対する新たな熱ふく射モデル(LCRM)が提案され、その現象が解析的に検討されている。

IHTC14-22179(P. Khantikomol et al., Japan)は、多

層オープンセルラー多孔質材料を用いたガスエンタルピー-ふく射変換の性能向上を目的とした理論的および実験的研究である。多層の多孔質プレートを用いた変換性能は単一の場合と比較して高性能であることが示され、また、ふく射輸送方程式に P₁ 近似を仮定した温度場解析の妥当性が実験データとの比較により検討されている。

IHTC14-22194(L. A. Dombrovsky et al., Russia)は、多次元異方性散乱媒体内のふく射伝達を解析する手法として、輸送近似を伴う P₁ およびモンテカルロ法を併用した 2 段階解析法を提案している。この精度を検討するため、輸送近似を伴うモンテカルロ法および異方性散乱特性を直接用いた完全モンテカルロ法との比較検討がなされている。

IHTC14-22226(A. Ambirajan et al., India)は、相互に照射・伝導するフィン性能に及ぼす指向放射表面物性の効果を解析的に検討している。金属表面(アルミニウムコート)と誘電体表面(酸化アルミニウムコート)の二つの異なる表面性状の効果が調査されるとともに、それら表面の表面粗さと二乗平均傾斜がフィン性能に与える影響についても検討されている。

IHTC14-22228(K. S. Ramanujam et al., India)は、雨の垂直方向構造のセンシングや降雨量の評価と関連した研究である。この論文では、逆解析の手法として、ニューラルネットワークを用いた ANN 法および AFFM 法を用いて、高速偏光マイクロ波放射モデルによる降雨状態を予測するための検索アルゴリズムが開発されている。また、実際の気象データを用いて、アルゴリズムのトレーニングおよびテスト解析がなされている。

IHTC14-22299(V. P. Solovjov et al., USA)は、非グレーのすすを伴う非等温・非均質ガス混合物におけるふく射熱伝達モデル(SLW-1)を新たに提案し、ベンチマーク解を用いて、既存の line by line 法、SLW 法および SNB 法との比較検討を行っている。

IHTC14-22301(A. Soufiani et al., France)は、大気圏再突入時に生じる衝撃層から宇宙船表面への放射に対する熱保護問題などと関連して、 $\text{CO}_2\text{-N}_2$ プラズマの局所熱非平衡 2 原子分子におけるふく射伝達のための統計的ナローバンドモデル(SNB)を提案している。局所熱平衡および局所熱非平衡条件の下で SNB モデルの精度が調査されるとともに、既存のモデルとの比較により SNB モデルの妥当性が検討されている。

IHTC14-22461(P. J. Coelho, Portugal)は、乱流流れにおける時間平均ふく射輸送方程式のモデル化を理論的に検討している。このモデルが乱流ジェット拡散火炎(SANDIA flame D)に適用されるとともに、既存の OTFA を用いたモデルと比較検討されている。

IHTC14-22499(L.P. Wang et al, USA)は、非一様温度分布を有する多層構造体からの熱放射を解析的に検討している。非一様温度分布を有する多層構造体として非対称 Fabry-Perot 共振キャビティを解析対象としている。放射率解析のために、直接法および間接法の二種類の解析法が提案されるとともに、両解析法の等価性についても検討されている。

IHTC14-22538(Chang-Da Wen, Tainan)は、アルミニウム合金の放射率測定と多重スペクトル放射温度測定(MRT)の応用に関する研究で、五種類のアルミニウム合金の単色垂直放射率が測定されている。また、アルミニウム合金を対象として、LEM および LLE 放射率モデルを用いた多重スペクトル放射温度測定が実験的に検討されている。

IHTC14-22554(Q. Zhu et al., China)は、太陽熱収集器内におけるナノ流体のふく射輸送と熱伝達に関するモデル化を理論的に検討している。 $\text{SiO}_2\text{-water}$ 系および $\text{TiO}_2\text{-water}$ 系のナノ流体を用いて、ナノ流体の吸収係数および温度分布が解析されるとともに、前報で得られた実験データとの比較検討が行われている。

IHTC14-22621(O. Balima et al, Canada)は、周波数領域における光トモグラフィの応用に関する研究である。周波数領域での平行照射の条件における逆解析法の開発のために、L-BFGS 法に基づく最小二乗有限要素定式化が提案されている。複雑な形状を有する場を対象に、ノイズを含まないデータおよび含むデータを用いた逆解析が実行される

とともに、定式化の検証もなされている。

IHTC14-22665(J. P. Luna-Abad et al., Spain)は、自由空間へ放射する矩形フィンの最適化に関する研究である。同一体積有する矩形フィンの最適形状を得るため、一次元および二次元モデルを用いて矩形フィン形状の最適化を解析的に検討している。

IHTC14-22718(T. Makino et al., Japan)は、熱ふく射におけるキルヒホッフの法則を実験的に検証することを目的とした研究であり、垂直入射半球反射率 R_{NH} と垂直放射率 ϵ_{N} のスペクトルを同時に測定することにより、非平衡システムでの $\epsilon_{\text{N}} + R_{\text{NH}} = 1$ の妥当性を検討することで、熱ふく射におけるキルヒホッフの法則を検証している。

IHTC14-22818(J. Boulanger et al., Canada)は、空間的に屈折率が変化する半透明媒体内の屈折率分布を予測するための逆問題に関する研究である。完全非定常ふく射輸送方程式(tRTE)を利用した逆解析法が提案されるとともに、半透明媒体中の屈折率分布が解析されている。

IHTC14-22967(A. C. Mossi et al., Brazil)は、二次元軸対称拡散火炎を研究対象として、燃焼過程でのふく射ソース項に及ぼすスペクトルガス吸収係数モデルの効果を解析的に検討している。この論文では、ふく射熱流束の発散が、(1)gray gas model, (2)WSGG, (3)SLW, (4)CW の四種類のモデルを用いて解析されるとともに、それぞれのモデルの比較検討がなされている。

IHTC14-23215(M. Akahori et al., Japan)は、我々の論文であり、矩形導波管内に形成される電磁場モードと表面構造の空間的な位置関係に着目して、マイクロ波加熱に及ぼす表面構造の効果を解析的に検討している。特に、表面凹凸構造の配列方向の違いがマイクロ波加熱に大きな影響を与えることを明らかにしている。

IHTC14-23218(B. Rousseau et al., France)では、所定の特性を有する仮想ポーラスアルミナセラミックスの熱放射特性（反射率、透過率、吸収率）を予測するために、モンテカルロレイトレーシング(MCRT)に基づく解析モデルが提案されている。アルミナセラミックスの空隙率や気泡サイズをパラメータとして、 $2\mu\text{m}\text{-}25\mu\text{m}$ のスペクトル範囲の放射特性が解析されている。

Thermodynamic Fundamentals and Systems

勝田 正文 (早稲田大学)

Katsuta MASAFUMI (Waseda University)

8 月 12 日 (木) 午後 4 時半から 6 時半

セッション座長 Laurent Pilon, UCLA, Calif. USA

同 Mingtian Xu, Shandong University, China

このセッションでは、当初 12 件のポスター発表が行われる予定のところ、2 件 (論文 ID IHTC14-22027, 22350) がキャンセルとなり、計 10 件の発表となった。国別では、ドイツ 1 件、アメリカ 2 件、日本 3 件、中国 4 件であり、バンケットが前日夜であったにも拘らず、多くの参加者が訪れ、盛況であった。内容別に整理する。

① REYNOLDS, MAXWELL, AND THE RADIOMETER. REVISITED- Holger Martin-KIT Universitaet Karlsruhe, Germany

② FROM THE EXTREMUM PRINCIPLE OF ENTRANSY DISSIPATION TO STEADY BALANCE EQUATIONS OF FLUID MECHANICS-Mingtian Xu, Shandong Univ., China

③ Influence of Thermal Effects during Fast Filling Operations on Adsorption Capacity in a Hydrogen Cryo-adsorption Storage Tank, Petar Aleksic, NTNU, Norway

④ MASS NATURE OF HEAT AND ITS APPLICATION VII : COUPLED HEAT AND MASS TRANSFER OPTIMIZATION BASED ON THE ENTRANSY THEORY, Qun Chen, Tsinghua Univ., China

⑤ THE DEVELOPMENT OF PERFORMANCE PREDICTION METHODS FOR AN AUTOMOTIVE CO₂ AIR CONDITIONING CYCLE-M. Katsuta, Waseda Univ., Japan

⑥ PERFORMANCE OF HEAT - DRIVEN - TYPE WATER COOLER USING METAL HYDRIDE, Sangchul Bae, Waseda Univ., Japan

⑦ EXPERIMENTAL ANALYSIS OF AN AIR DEHUMIDIFICATION SYSTEM WITH LIQUID DESICCANT, Li Zhang, U-Tokyo, Japan

⑧ QUANTITATIVE STUDY ON MODEL AND BASIC CONCEPTS FOR THERMODYNAMIC SYSTEM, Zhiguo Wang, Daqing Petroleum Institute, China

⑨ OPTIMIZATION OF A PYROELECTRIC ENERGY CONVERTER FOR HARVESTING WASTE HEAT, Ashcon Navid,

UCLA, US

⑩ IMPROVED PYROELECTRIC ENERGY CONVERTER FOR WASTE HEAT ENERGY HARVESTING USING CO-POLYMER P(VDF-TrFE) AND OLSEN CYCLE. Hiep NGUYEN, UCLA, US

日本からの 3 件は、いずれも冷凍サイクルに関する性能予測 (冷凍機オイルと二相流分岐効果を考慮できる) の提案、水素吸蔵合金 (MH) による冷凍能力の炭素繊維混入による改善、東京大学は湿式 (リチウムクロライド溶液) デシカント法の伝熱と夏季および冬季の除湿効率についての報告であった。プログラムからも分かるように、中国の発表のキーワードは ENTRANSY である。今回の発表だけで筆者は十分理解したとは言いがたいが、GUO らによって最近提唱されている物理量で、物体の伝熱性能を表しうるものとして定義されている。この物理量を、例えば熱と物質移動の同時最適化への応用など、様々な展開および適用を提唱する発表であった。アメリカからは UCLA が中心になって開発している Pyroelectric Material を用いた廃熱利用直接発電の数値解析による発電予測と、Olsen cycle による電荷対電圧表示および新材料による実験的な結果が報告された。ドイツカールスルーエからは Crookes の radiometer に関して creeping flow による現象説明を学生実験及び教育に応用しようとする試みが紹介された。

全体に 1 分間スピーチで研究内容を紹介し、その後訪問者を待ち議論を深めていく形式がとられていたが、ポスター形式では双方の緊張感の持続が 2 時間持つかと言うと、なかなか難しく、今後の (京都では) 改善の必要性を感じている。このセッションは、比較的淡々と進んで訪問者も多数あったように思う。

以上

Heat Exchanger

竹中 信幸 (神戸大学)

Nobuyuki TAKENAKA (Kobe University)

e-mail: takenaka@mech.kobe-u.ac.jp

本稿は、第 14 回国際伝熱会議で、8 月 9 日の午前の 14-3 Single Phase Heat Exchangers 1, 午後の 14-4 Single Phase Heat Exchangers 2 と 8 月 11 日午前の 14-5 Two-phase Heat Exchangers の 3 つのセッションにおいてポスターでなされた熱交換器に関する発表の報告である。

今回のプログラムでは、Convection や Jet についても Single phase, Two-phase という分類がなされていた。

予稿集では、14-1 Heat Transfer Equipment 1, 14-2 Heat Transfer Equipment 2 と合わせて、Heat Transfer Equipment の項目で掲載されている。ボード番号はついているが、ポスター発表のセッション毎のナンバーリングがなされておらず、さらに予稿集は、Heat Transfer Equipment 全体で論文番号順であるので、両者が入れ混じっているが、14-3~14-5 のセッションについての報告となる。Heat Transfer Equipment 14-1, 14-2 については、別の報告があるものと思う。今回の会議のプログラムは、その日の企画を時刻順に見ていく分にはあまり支障はないが、全体としては、甚だ見通しの悪いものである。

熱交換器 3 つのセッションの論文数は 14-3, 14-4 が各 18 編、14-5 が 16 編で、合計 52 編と多数になるので、全体の内容を報告することは、与えられた紙数では不可能である。今回発表の熱交換器研究の統計と興味をもった研究についての簡単な報告をする。

発表論文 52 編の国別の統計では、中国 15 編、アメリカ 7 編、ドイツ 6 編、南アフリカ 5 編で半数を超える。第 13 回国際伝熱会議での発表数は、京都大学の岩井氏の報告では、38 編中、韓国 8 編、アメリカ 7 編、中国 6 編、ドイツ 5 編、等であり、今回、韓国の発表は 1 編だけで、プログラム編成の仕方によると思うが、中国の増加と韓国の減少が際立っている。KAIST の教授に訊ねてみると、

韓国で熱交換器に関する研究が減ったわけではないが、ファンドや大学での研究は減って、企業の研究が多くなっており、企業の研究者が、この会議に興味を示さなかったからではないか、ということであった。中国の発表の多くがファンドによる大学での研究であり、次回の国別の統計は、変わったものになっているかもしれない。

オーソドックスな熱交換器に関する研究発表がほとんどであり、発表論文を研究対象の熱交換器の種類で大別してみと、単相流の研究では、プレート式が 7 編、シェルアンドチューブ式が 5 編、フィン付、フィン無、バンドルを含めたチューブ式が 11 編であり、二相流の研究では、プレート式が 3 編、シェルアンドチューブ式が 1 編、チューブ式が 4 編とサーモサイフォンが 2 編、クーリングタワーが 3 編であった。

単相流の研究では、実験では困難と思われる LES によるプレートフィン式熱交換器の温度分布計算(22030)、プリント基板で作製された超臨界二酸化炭素用熱交換器の実験(22880)、パワープラントでの実際の熱交換器に対する風の影響を評価した実験(23250)、二相流の研究では、冷媒を用いたプレート式熱交換器の性能特性(22095)、チューブバンドルで非凝縮性ガスの沸騰・凝縮熱伝達への影響に関する実験(22826)、クーリングタワーの特性に関するかなり詳細な研究(22789, 22791, 22793)に興味を持った。ただ、クーリングタワーに関する研究は南アフリカの同じ研究者による発表で、3 枚のポスターがボード番号を無視して並べられており、国際伝熱会議も随分様変わりしたものだと思う。

3 つのポスターセッションは、全て Ambassador 室で行われたが、地下一階であることから、ホテルの客室の温度設定 72°F (22.2°C) より、さらに温度が低いように感じられ、クールビズでは随分寒いおもいをした。