

伝 熱

Journal of the Heat Transfer Society of Japan

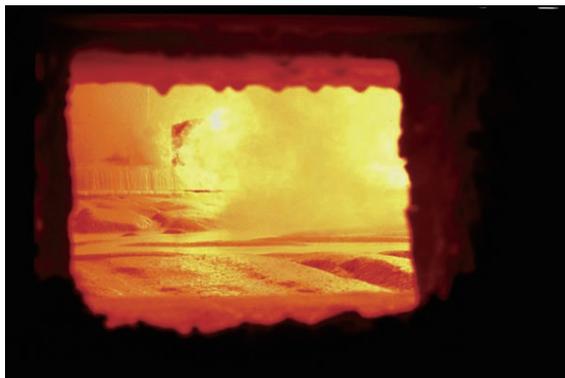
ISSN 1344-8692 Vol. 49, No. 207
2010. 4

HSTJ

◆特集：製造現場での熱マネジメント



(a) 板ガラスの連続成形



(b) ガラス溶融炉内部

図1 板ガラスの製造現場

板ガラスの製造現場

Manufacturing of Flat Glass

若月 博 (AGC 旭硝子株式会社)

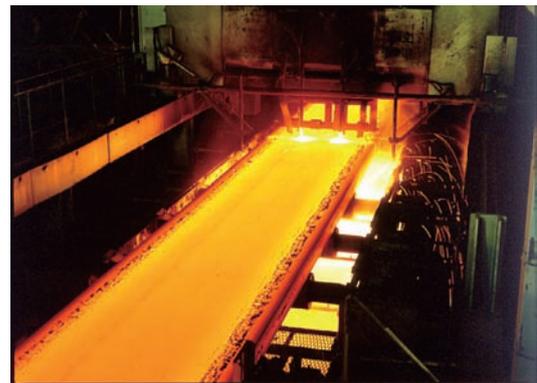
Hiroshi Wakatsuki (Asahi Glass Co., Ltd.)

e-mail: hiroshi-wakatsuki@agc.co.jp

図1に板ガラスの圧延ならびに溶融炉を示す。ガラスの主な原料である、珪砂 (SiO_2)、ソーダ灰 (Na_2CO_3)、苦灰石 ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$)などを調合した原料を一定のペースで溶解炉に投入し、約 $1,600^\circ\text{C}$ の高温で溶かす。溶かされた原料は、均質で透明なガラス素地になり、成形に適した粘度を持つ温度に操作された後、成形される。写真(a)は2本の水冷ロールの間に溶けたガラスを流して板状にするロールアウト法で、表面に型模様を彫りこんだ型板ガラスや、間に鉄線等を挟んだ網入りガラスなどを生産する手法である。一方、現在の主たる板ガラスの生産方式であるフロート法は、溶かしたガラス素地を溶融金属(錫)の上に浮かべて板状にするというもので、平坦度の高い板ガラスの生産が可能である。



(a) 出銑



(b) 連続 casting

図2 製鉄所の製造現場

製鉄所の製造工程

Manufacturing of Iron and Steel

福谷 和久 (神戸製鋼所)

Kazuhiisa Fukutani (Kobe Steel, Ltd.)

e-mail: fukutani.kazuhiisa@kobelco.com

図2に製鉄所の製造工程の写真を示す。(a)は高炉からの出銑、(b)は連続 castingの様子である。出銑とは、鉄鉱石がコークスとガスにより還元され、溶けた鉄(溶銑)を高炉下部から出すことである。日本では内容積 $4,000 \text{ m}^3$ 以上の高炉が主流である。溶銑の温度は約 $1,500^\circ\text{C}$ になる。連続 castingとは、転炉などで成分調整された溶鋼を鑄型に流し込み、表面から冷却し、凝固させながら連続的に castingする工程である。鑄塊の大きさ、 castingの速度は品種・用途などにより異なる。 casting後の温度は約 600°C になる。この後、圧延工程などを経て製品となる。いずれの工程でも鉄、鋼からふく射および対流伝熱により、雰囲気熱が放出される。日本の鉄鋼業は古くからエネルギー効率の向上に取り組んでおり、世界トップレベルの効率で操業されている。

伝 熱

目 次

〈特集：製造現場での熱マネジメント〉

地上デジタルテレビ送信用電力増幅器の省エネ・水冷技術大黒 崇弘 ((株) 日立国際電気)	1
火力発電プラントおよび需要家サイドにおける熱管理への取組み高橋 徹 ((財) 電力中央研究所)	7
ガラス熔融工程における省エネルギー技術酒本 修 (AGC 旭硝子株式会社) 伊勢田 徹 (ニューガラスフォーラム)	14

〈特集：燃料電池普及への鍵〉

「固体高分子形燃料電池 (PEFC) 用電解質と触媒の開発現状と今後について」吉武 優 (AGC 旭硝子株式会社)	19
--	----

〈海外レター〉

トロント大学留学記.....寺本 勝行 (京都大学)	29
----------------------------------	----

〈プロジェクトQ〉

プラグインハイブリッド電気自動車の開発	阿部 眞一 (トヨタ自動車株式会社)	33
---------------------------	--------------------------	----

〈国際活動・会議報告〉

第7回エネルギー変換工学に関する国際会議 [IECEC2009] 報告丸山 直樹 (三重大学)	39	
動力エネルギー国際会議 (ICOPE-09) 報告	浅野 等 (神戸大学)	40
第11回関西伝熱セミナーの報告功刀 資彰 ¹ , 河原 全作 ¹ , 岩井 裕 ¹ , 巽 和也 ¹ , 齋藤 元浩 ¹ , 南川 久人 ² , 浅野 等 ³ , 芝原 正彦 ⁴ (1 京都大学, 2 滋賀県立大学, 3 神戸大学, 4 大阪大学)	43	
九州伝熱セミナー in 由布院 報告	濱本 芳徳 (九州大学)	45

〈巻頭グラビア:heat-page〉

板ガラスの製造現場.....若月 博 (AGC 旭硝子株式会社)	表紙裏
製鉄所の製造工程.....福谷 和久 (神戸製鋼所)	表紙裏

〈行事カレンダー〉	47
------------------------	----

〈お知らせ〉

第 47 回日本伝熱シンポジウムのご案内	48
事務局からの連絡	72
編集部会ノート	77

Vol. 49, No. 207, April 2010

CONTENTS

<Special Issue>

Energy-saving and Water Cooling Technology of Electric Power Amplifier for Digital Terrestrial Television Transmitter Takahiro DAIKOKU (Hitachi Kokusai Electric Inc.)	1
Approach to Thermal Management of Thermal Power Plants and Demand Side Toru TAKAHASHI (CRIEPI)	7
Energy Conservation Technology for the Glass Melting Process Osamu SAKAMOTO (Asahi Glass Co., Ltd.) Toru ISEDA (New Glass Forum)	14

<Special Issue>

Present Status and Future of the Development of Catalysts and Electrolytes for PEFC Masaru YOSHITAKE (Asahi Glass Co., Ltd.)	19
---	----

<International Letter>

Study Report at University of Toronto“Graduate Education from Student's Viewpoint” Katsuyuki TERAMOTO (Kyoto University)	29
---	----

<Project Q>

Development of a Plug-in Hybrid Vehicle Shinichi ABE (Toyota Motor Corporation)	33
--	----

<Report on International Conference>

Report on 7th International Energy Conversion Engineering Conference & Exhibit Naoki MARUYAMA (Mie University)	39
Report of International Conference on Power Engineering 2009 (ICOPE-09) Hitoshi ASANO (Kobe University)	40
Report on the 11th Kansai Heat Transfer Seminar 2009 Tomoaki KUNUGI ¹ , Zensaku KAWARA ¹ , Hiroshi IWAI ¹ , Kazuya TATSUMI ¹ , Motohiro SAITO ¹ , Hisato MINAGAWA ² , Hitoshi ASANO ³ , Masahiko SHIBAHARA ⁴ (1 Kyoto University, 2 The University of Shiga Prefecture, 3 Kobe University, 4 Osaka University)	43
Report of Kyushu Heat Transfer Seminar in YUFUIN Yoshinori HAMAMOTO (Kyushu University)	45

< Opening-page Gravure:heat-page >

Manufacturing of Flat Glass

Hiroshi Wakatsuki (Asahi Glass Co., Ltd.) Opening Page

Manufacturing of Iron and Steel

Kazuhisa Fukutani (Kobe Steel, Ltd.) Opening Page

< Calendar > 47

< Announcements > 48

地上デジタルテレビ送信用電力増幅器の省エネ・水冷技術

Energy-saving and Water Cooling Technology of Electric Power Amplifier for Digital Terrestrial Television Transmitter

大黒 崇弘 ((株) 日立国際電気)

Takahiro DAIKOKU (Hitachi Kokusai Electric Inc.)

e-mail: daikoku.takahiro@h-kokusai.com

1. はじめに

地上デジタルテレビ放送(以下 地デジと略記)は、2003年8月から始まり、今日ではほぼ全国の地域で見られるようになった。そして、2011年7月24日で現在のアナログ放送は完全に終了し、地デジ放送に移行することが決められている。これに対して、弊社では放送開始に先立ち地デジ放送送信機の製品開発が進められた。以下、製品開発に当たり取り組んで来た熱設計のサーマル・マネージメントについて説明する。

まず最初に、本設備は公共放送設備であるため、第一に考慮した点は、1) 地球環境に優しく、耐環境性を確保すること、2) 運転コストを低減すること、3) 万全を期した高信頼・高性能な冷却システムを構築することなどである。これに基づき、冷却システムは、冷却媒体に純水を用いる水冷方式とし、高温になった冷却水は、外気で直接冷却す

る方式と決定した。このため、省電力を考慮しながら一年中外気で安定に冷却するには、1) 冬季での冷却水凍結・結露などを防止する技術、2) 夏季での高温水を効率よく冷却する技術、3) 外気温度変動に左右されにくい水温制御技術などの開発が必要になった。本稿では、これら開発課題に対してどのように取り組み省電力化を達成したかを機器冷却設計のサーマル・マネージメントの観点からこれらの技術を紹介する。

2. 地デジ放送用水冷装置の概要

2.1 地デジ放送システム

テレビ放送システムは、放送局内で編集した番組をスタジオから送信所にマイクロ波で送り、そして、送信所内で電力増幅し、テレビ塔から一般家庭にテレビ電波として送信する仕組みとなっている。

屋外設置の空冷熱交換器収容キュービクル



設置ホース



屋内設置のポンプユニット



PA筐体1号機

送信出力切替機

PA筐体2号機

PA筐体裏面

図1 地上デジタル放送送信機と水冷装置[1]

放送設備は、公共放送であるため、図1に示すように同じ電力増幅器（以下 PA と略記）が二式用意され、万が一にも稼働中のPAが故障しても、直ちに他方のPAに切り替えて放送が続けられる様になっている[1]。このため、両PAの真中に送信出力をアンテナ・ケーブルに繋ぎ替える切替機が設けられている。一台のPAユニットでは送信出力が小さいので、送信出力が数キロワットと大きい場合、PAはユニットを複数段並列接続して使用される。図1に示すシステムは、送信出力が3kWなので、余裕を持ってPA12台が並列接続されている。

通常、正常運転をしているPAに対して、他方のPAは、省電力化のため電力供給を停止して完全休止状態とし、周囲雰囲気温度と同レベルの低い温度になる。

2.2 水冷システム

局舎内に設置したPAの水冷システムは、図1に示す様に、ポンプ・ユニット内のポンプが運転を開始すると、同ユニット内の冷却水タンクから冷却水が流出し、局舎屋外のキュービクル内に設置した空冷熱交換器に送られ、空冷ファンにより外気で冷やされ、冷却されて低い温度になった冷却水がPA内の冷却管に入り、電力増幅半導体等を次々冷却する。そして、最終的に温度が高くなった冷却水が再び冷却水タンクに戻るシステムとなっている。

これらの基本構成は図2の系統図で示す。全ての機器は柔軟なホースのカプラー接続構成となっている。ここで、カプラー接続ホース配管方式を採用したのは、1) 水漏れさせない高信頼化、2) 短期間の組立施工、3) 事前の配管の洗浄、4) 機器保守交換性の向上、5) 配管内水流の低圧損化、6) 機器や配管の耐震性向上、7) システム構築の拡張性向上など種々特徴を持たせたためである。

なお、カプラー接続を切り離した場合でも冷却水が漏れないように、配管はエアレスカプラー構造（未接続時には密封され、接続時には開通する構造）を採用した。

3. 環境性向上（凍結・結露防止技術）

ここでは、省電力を考慮した冷却水の凍結・結露防止技術について説明する。

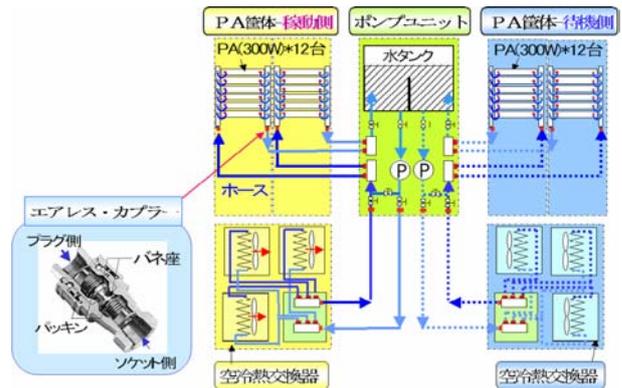


図2 水冷装置系統図

送信動作中の機器は通電されているので、消費電力によって機器は発熱し、冷却水タンク内の冷却水は高温になる。一方、片側の待機側の機器は省電力化のため通電されず、低い温度になっている。このため、冬季では、停止側機器の凍結や結露等の発生が心配される。そこで、稼働側の機器で発生した熱を停止側の機器に伝えることが出来れば、何も外部からの加熱などを使わずに停止側の機器を暖め、停止側の機器の凍結や結露等の発生を防止することが出来ると考えた。即ち、外部加熱器など使わずに、停止側の機器の省電力加熱が実現出来るわけである。

上記考案に基づき構築された機構を、図3、4に示す。第一の加熱方法は、稼働側の冷却水と停止側の冷却水を一つのタンクで共有して用いる方法である[2]。第二の加熱方法は、屋外に設置した熱交換器をキュービクル室に並列対面配置し、熱交換器のファン風とキュービクル室の換気ファン風とを制御する方法である[3]。

3.1 共有水タンクの省電力技術

共有水タンクの構造は、中央に仕切り壁を設けた二槽式である。しかし、二槽上部の空間は、共有の空間が存在する。タンクの水量は、中央の仕切り壁を充分乗り越える量が通常入っている。二槽内の冷却水は、稼働側の水流で常に攪拌され、停止側のタンク水も高温状態になっている。この状態で停止側の屋外機器が凍結・結露条件に近づくとき、温度センサーが働き、停止側のポンプが運転を開始する。これに伴い停止側の配管内に高温冷却水が流れ込み、停止側機器を暖め始める。

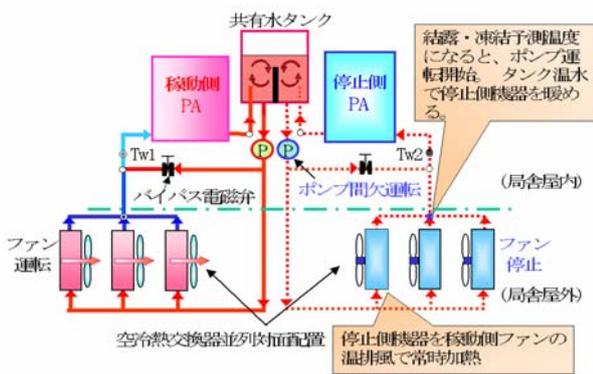


図3 共有タンク水による加熱

停止側機器の温度が規定温度に達すれば、ポンプは再び停止し、省電力状態に入る。この加熱動作は、間欠的に行われ、外気温度に依存し、外気が低くなる程頻繁に行われる。

機器の設置環境によっても影響を受けるが、ポンプ間欠運転は、外気温度が下がる約半年間続けられる。一回のポンプ作動時間は5~15分間程度である。ポンプが停止しても、機器の中で停留した温水は冷えるまで時間を要するので、次のポンプ運転に入るまで最低約1~2時間程度間隔が空き、ポンプは停止している。間欠動作する半年間の平均では、ポンプ運転時間は毎日累計40~50分程度である。なお、この温水加熱効果は、ポンプが消費電力1kWを使うだけであるが、加熱量は5~10kWヒータに相当するものである。

この共有水タンクは、稼働側の高温冷却水と停止側の低温冷却水とを直接混合させて、低温水を加熱する動作を行うので、いわゆる省エネ形直接熱交換器の役割を果たすものである。なお、共有水タンク内の仕切り壁は、万が一、一方の配管系から水漏れ事故が発生しても、水面制御を行い、水漏れの無い他方のタンク水側に動作を切替えて、冷却水が残っている方で必ず運転が続けられるように工夫したためである。絶対に放送停止事故が起きないようにしたものである。

3.2 屋外設置空冷熱交換器の省電力技術

一方、外気で冷却水を冷やす空冷熱交換器は、屋外のキュービクル室内に設置する。稼働側の空冷熱交換器と停止側の空冷熱交換器は、互いにファン風がぶつかり合う様に対面並列配置している。即ち、稼働側の熱交換器の高温排気風が停止側の

熱交換器に衝突し、暖める作用を行う。なお、停止側熱交換器のファンは当然停止している。

一方、キュービクル室の両側壁面には、外気取り入れルーバが設けられ、また、キュービクル室天井近傍の両側壁面には、室内空気を換気する換気扇が設けられている。これら換気扇は、天井近傍の気温センサーによって動作が制御され、外気温度が下がる冬季では、全て停止する。即ち、キュービクル室の気温が不必要に低下しないように工夫したものである。

上記の動作状態を熱流動シミュレーションによって調べ、その結果を図4に示す。最初に冬季を想定して、換気扇は全て停止し、稼働側に空冷熱交換器のファンだけが低速運転する。その結果、停止側熱交換器は、外気から16~22℃の範囲で温度上昇できることが分った。しかし、外気温度が一段と下がれば、3.1で記した様に、停止側ポンプが運転を開始し、低温状態の熱交換器と配管を高温水で間欠的に暖める動作に入る。

以上説明したように、停止側冷却水の凍結や結露等の発生を、外部加熱を使わずに稼働側の発熱を利用して防止する省電力技術が開発出来た。

一方、夏季での熱流動シミュレーション結果についても図4に合わせて示す。外気温度が高くなると、稼働側熱交換器の空冷ファンは高速回転動作に入り、かつキュービクル室内換気扇が作動し、外気を積極的に取り込み、熱交換器の冷却能力を高める。稼働側の熱交換器の外気吸気温度は、外気より1~2℃程度の温度上昇で済み、夏季の外気温度が高くなっても、充分高温冷却水を冷却することが出来る。

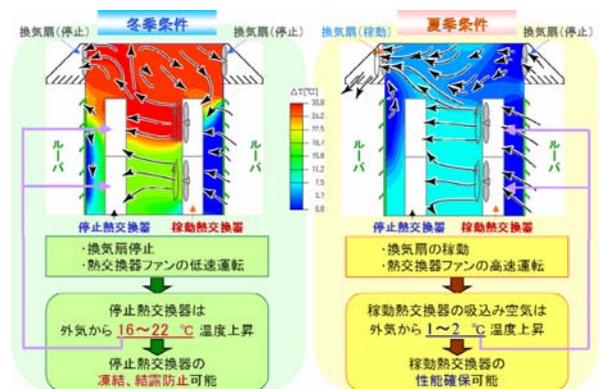


図4 キュービクル内の熱流動シミュレーション

なお、換気扇も小電力タイプの物を選定し、かつ、温度センサー制御によって不必要に動作しないようにさせた。

4. 機器の冷却性能向上技術

4.1 PAの冷却性能向上

図1に示したPA筐体のPA一段を抜き出すと、図5に示すPA構造[3]となる。上面の上部には、MOS-FET半導体が12個配置され、下部には電源が配置されている。更に、下部には、これら半導体などを冷却するため、継目なし水冷銅管を取り付けている。この水冷銅管もワンタッチ接続のエアレスカプラー接続となっている[1,4]。

半導体の冷却構造の断面は図6に示す。冷却管は扁平状とし、かつ扁平管は銅ベースにロー付けし、伝熱性能を高める工夫を施した[5]。ここで、図7に示すように、冷却管を扁平状にすると、圧力損失はある程度増加するが、熱伝達率を簡単に

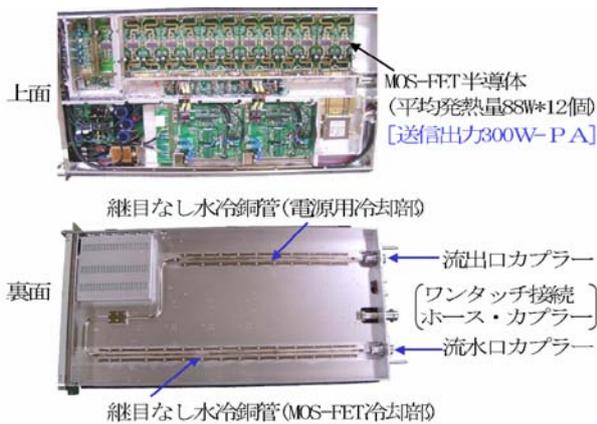


図5 PAユニット冷却[3]

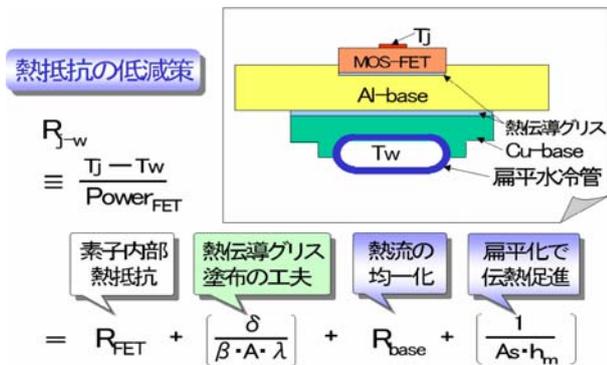


図6 水冷管の取り付け構造[4]

高めることが出来る。この構造により、半導体ジャンクションと冷却水入口間の熱抵抗は $0.6^{\circ}C/W$ (水流量 5L/min) を実現した。

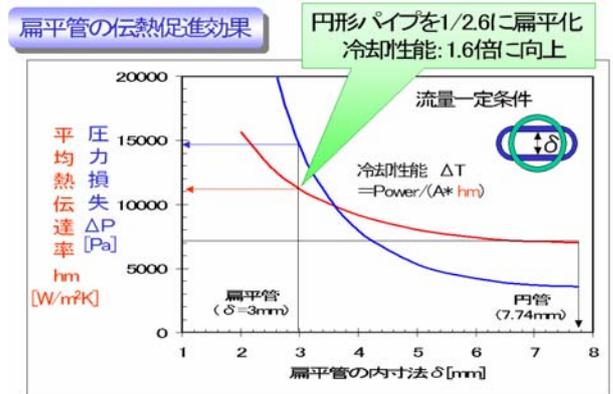


図7 扁平管の伝熱促進効果

4.2 空冷熱交換器の性能向上

高温冷却水を外気で冷やす際、水温と外気との温度差が小さいので、性能向上が重要である。熱交換器の冷却水配管配列を工夫して性能向上策を検討した。このため熱交換器の簡便な三次元熱設計法を考えた。

図8に示すように、空冷熱交換器は、銅製の温水配管の周りに薄いアルミ製の空冷フィンが取り付けられ、この温水配管が次々折り曲げられて配置されたものと仮定した。この仮定は、隣接する配管を繋ぐ空冷フィンのほぼ中間では互いにやりとりする熱移動量が小さいと見なし、簡便化させたものである。しかし、高温水と冷却風は下流方向に従って温度が変化して行くと計算する。

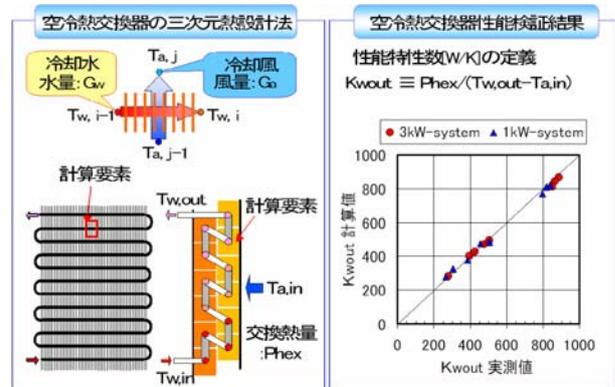


図8 空冷熱交換器の三次元熱設計法

上記の仮定に従えば、予め熱交換器の単位要素分割当りの温水 T_w と冷却風 T_a 間の熱通過コンダクタンス $AK[W/K]$ が分れば、冷却水側の熱バランスは近似的に式 (1) となる。

$$AK \cdot (T_{w,i} - T_{a,j-1}) = (\gamma_w \cdot C_{pw} \cdot G_w) \cdot (T_{w,i-1} - T_{w,i}) \quad (1)$$

一方、冷却風側の熱バランスは近似的に式 (2) となる。

$$AK \cdot (T_{w,i} - T_{a,j-1}) = (\gamma_a \cdot C_{pa} \cdot G_a) \cdot (T_{a,i-1} - T_{a,i}) \quad (2)$$

ここで、水量は G_w 、風量は G_a とすると、水側の無次元熱コンダクタンス C_w と風側の無次元熱コンダクタンス C_a は次式で定義する。

$$C_w = (\gamma_w \cdot C_{pw} \cdot G_w) / AK$$

$$C_a = (\gamma_a \cdot C_{pa} \cdot G_a) / AK$$

(3)

式 (1), (2) に上記無次元熱コンダクタンスを導入すれば、式 (4), (5) と書き直される。

$$-C_w \cdot T_{w,i-1} + (1 + C_w) \cdot T_{w,i} - T_{a,j-1} = 0 \quad (4)$$

$$C_a \cdot T_{a,j} - T_{w,i} + (1 - C_a) \cdot T_{a,j-1} = 0 \quad (5)$$

従って、熱交換器の水流方向、及び風の流れ方向に要素分割し、その分割総数分に従った一次元連立方程式が求まる。なお、温水配管が正三角形配列なら、要素分割した風下要素分割に入る風温は上流の二つ要素から排風される温度の平均値と設定した。

入口風温 $T_{a,in}$ と入口水温 $T_{w,in}$ 、及び冷却水配管一本当りの水量 G_w と要素分割当りの風量 G_a など境界条件を与えれば、内部各部温度と出口水温 $T_{w,out}$ 、及び交換熱量 Ph_{ex} などが求められる。

算出した結果を熱設計資料にするため、式 (6) で定義する放熱コンダクタンス $K_{wout}[W/K]$ を導入する。

$$K_{wout} \equiv Ph_{ex} / (T_{w,out} - T_{a,in}) \quad (6)$$

この放熱コンダクタンス K_{wout} は、当然熱交換器の形状、循環水量、冷却風量の関数であるが、一旦、熱交換器の形状仕様やポンプ循環水量仕様が決まってしまうと、冷却風量だけの関数になる。

冷却水を水温制御する場合、機器の発熱量とポンプの循環水量は一定だが、冷却ファンを回転制

御する場合、冷却風量と冷却水出口温度の関係を求める必要がある。この際、上記放熱コンダクタンス K_{wout} を用いると、式 (7) より簡単に求めることが出来る。

$$T_{w,out} = T_{a,in} + Ph_{ex} / K_{wout} \quad (7)$$

上記の熱設計法に従って熱交換器の出口水温が低くなる冷却水配管配列と熱交換器の大きさなどを決定した。図 8 は実測した K_{wout} 値と上記計算法に従った計算値 K_{wout} 値の比較検証した結果を示す。

熱交換熱量が違う二つのシステムで検証したが、非常に良好な一致が得られ、熱設計法の妥当性を確認した。

5. 組立・保守性向上

冷却水配管はホースを採用したと 2.2 で記したが、省電力の観点から説明する。

被冷却機器内で発生する水流圧力損失に対して、熱交換器への往復する冷却水配管の水流圧力損失は数倍と大きい。この圧力損失を小さくすれば、ポンプ電力も小さくなり、省電力化が達成出来る。金属製配管では、管継手部の圧損が大きい。それに対して、ホースは、継目無で配管長が長く取れ、かつ、曲がり部も大きく取れ、内面が滑らかなので、低圧損化が出来る。また、事前に設置建屋の構造が分れば、二式の送信機の冷却配管の圧力損失をほぼ等しくなるように、3次元 CAD でホースのルート設計を実施し、送信機を切替えた場合の冷却水循環水量の変動を無くすことが出来る。更に、ホースの洗浄も施工前に実施出来、組立・保守性も向上する。

6. 水温制御技術

最後に、稼働側の機器冷却の省電力水温制御技術について説明する。

発熱機器を冷却して高温となった冷却水は、外気で冷却するが、機器冷却を安定化するため、外気温度変動に対しても不必要な電力を使わずに、冷却水水温変動を小さくすることが大切である。

そのため、外気温度が高くなれば、水冷熱交換器の冷却ファンの回転数を大きくし、冷却能力を高めると共に、キュービクル室の換気扇を作動させ、水温上昇を小さくする。一方、外気温度が下

がれば、先に記した様に換気扇を停止し、水冷熱交換器の冷却ファンの回転数を小さくする。しかし、それでも外気温度が下がった場合、水温低下を抑えるために熱交換器の冷却能力を更に小さくする二つの工夫を施した。

第一点は、熱交換器の循環水量を低減させる方法である。即ち、熱交換器出入口間にバイパス流路を設け、水温を検知してバイパスを開閉させ、ポンプ循環水量が全て熱交換器に流れないようにする。

第二点は、熱交換器の空冷ファンを完全停止させる方法である。即ち、自然対流で冷却する方法である。外気温度が下がれば、自冷方式でも冷却が可能である。

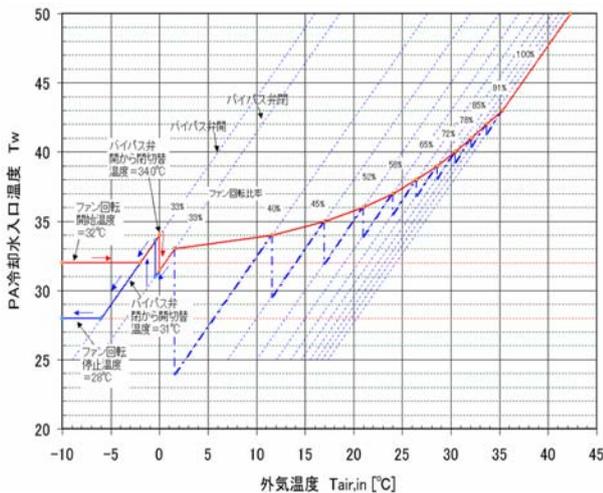


図9 水温制御特性

これら省エネ形の水溫制御技術による水溫制御設計値の一例を図9に示す。なお、バイパス動作開始と終了温度、及びファン停止温度などの設定値は、機器の設置環境を考慮して決定する。

7. おわりに

地球温暖化防止が大きく取り上げられている現在、機器の省電力化は非常に重要な課題である。地上デジタルTV放送が開始されるのに合わせ、公共放送設備機器の冷却装置開発を担当し、出来る限りの工夫を重ね、省電力化に取り組んだ。ここで紹介した熱設計のサーマル・マネージメントが各種機器に対して今後参考になれば幸である。

参考文献

- [1] 齋藤 彰, 地上デジタル送信機, 日立国際電気技報, No.4, 67 (2003)
- [2] 特許 3919621 号「電子装置用冷却装置及び冷却装置付電子装置」(2007.2.23)
- [3] 特許 3996907 号「電子装置用冷却装置及び冷却装置付電子装置」(2007.8.10)
- [4] 乙坂 修, 千地岩 誠, 森 浩之, 地上デジタルテレビ送信機用電力増幅器, 2003 年映像情報メディア学会冬季大会, 9-8 (2003)
- [5] 特許 4019058 号「電子装置用冷却装置及び冷却装置付電子装置」(2007.9.28)

火力発電プラントおよび需要家サイドにおける熱管理への取り組み

Approach to Thermal Management of Thermal Power Plants and Demand Side

高橋 徹 ((財) 電力中央研究所)
Toru TAKAHASHI (CRIEPI)
e-mail: toru-tak@criepi.denken.or.jp

1. はじめに

地球環境保護やエネルギー消費低減のために、火力発電プラントにおいては、新たな高効率発電システムの研究開発が重要であるが、実用化されるまでには長い期間が必要となるため、既存プラントの熱効率の維持・向上も重要であると考えられる。火力発電プラントの熱効率が低下した場合、その要因を早急に解明し、対策を講じることができれば、熱効率の維持につながる。そのためには、プラント全体の熱効率だけでなく、プラントを構成する要素機器の性能を簡便かつ適切に把握することが必要である。また、設備の改造、運用の変更が熱効率に与える影響を事前に定量評価できれば、有効な熱効率向上の検討が可能となる。そこで、当所では、既設火力発電プラントについて、運転データを用いた熱物質収支解析を可能とし、プラント内構成機器の性能を把握し、プラント熱効率の低下要因の解明や、設備の改造、運用の変更の事前評価を行ってきた。

一方、今後さらなる省エネルギーを推進するためには、エネルギーを供給する側の高効率化だけでなく、工場やビル、一般家庭などエネルギーを使用する需要家サイドにおいても省エネ性、環境性を向上させることが重要であると考えられる。そのためには、エネルギー使用の定量的な評価が必要であると考えられる。エネルギーの供給から最終的な負荷を賄うまでには、様々な経路、機器で構成され、複雑なエネルギー需給システムとなる。そこで、当所では、年間負荷データを用いた様々なエネルギー需給システムのエネルギー解析を可能とし、工場・プラントのエネルギー消費改善検討に取り組んでいる。

本稿においては、上記二つの取り組みについて、その概要と適用事例等を紹介する。

2. 火力発電プラントの熱効率低下要因解析

2.1 熱効率低下要因解析方法

現在の火力発電プラントにおいては、損失法や入出熱法による熱効率管理が行われている。ボイラ、蒸気タービンで構成される火力発電プラントでは、(1)式で定義されプラント全体の熱効率を示すプラント効率 η_p の他、(2)式または(3)式で定義されボイラの熱効率を示すボイラ効率 η_b 、(4)式で定義され蒸気タービン系の熱効率を示すタービン室熱効率 η_t 、またはその逆数のタービン熱消費率といった指標が用いられている。なお、(1)~(4)式の間には(5)式に示す関係が成り立つ。なお、 P は発電出力、 H_l は燃料低位発熱量、 Q は空気および燃料顕熱、 Q_s はボイラでの有効出熱、 L_l はボイラにおける損失合計である。

$$\eta_p = \frac{P}{H_l + Q} \times 100 \quad (1)$$

$$\eta_b = \frac{Q_s}{H_l + Q} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{または、} \eta_b = \left(1 - \frac{L_l}{H_l + Q} \right) \times 100 \quad (3)$$

$$\eta_t = \frac{P}{Q_s} \times 100 \quad (4)$$

$$\eta_p = \eta_b \times \eta_t / 100 \quad (5)$$

これらの式から分かるように、この方法および指標では、プラント熱効率が低下した場合、その原因がボイラ側かタービン系側か判別することは出来るが、事業用火力発電プラントの多くは、高圧蒸気タービン(HPT)、中圧蒸気タービン(IPT)、低圧蒸気タービン(LPT)の他、多くの給水加熱器(FWH)、ポンプ、各種熱交換器、復水器など数多くの機器で構成されており、それら機器の中のどの機器であるか特定することは困難となって

いる。さらに、これらの指標は、大気条件、海水温などの外的条件により大きく変動することから、十分な性能管理が難しいものとなっている。

そこで、火力発電プラントにおいて、機器個別の機器効率、たとえば各蒸気タービンではそれぞれの断熱効率、各給水加熱器ではそれぞれの端末温度差、初温度差あるいは熱貫流率などを把握できれば、プラント熱効率が低下した場合、その原因がどこにあるのか推測できるものとなる。

これらの機器効率を算出するためには、機器出入口作動流体の状態量が必要となるが、計測値だけでは不明な部分がある。たとえば、LPT 出口の蒸気は一部湿り域に入ってしまう、温度、圧力の計測値ではその湿り度を把握できず、したがって、その作動流体のエンタルピが不明であるため、断熱効率を算出することができない。また、一定負荷で静定された状態でも、プラント内部は流れの乱れ、外乱等により常に変動しており、状態は必ずしも一定ではなく、計測値にも誤差を含むため、ある瞬時値での比較では正しい性能の比較ではない場合がある。

さらに、それぞれの状態量や機器効率の変化がプラント熱効率に与える影響は異なるため、性能が最も大きく低下した機器が必ずしも最もプラント熱効率の低下を招いているとは限らない。たとえば、HPT, IPT, LPT のそれぞれの断熱効率が1%低下した場合、タービン出力はそれぞれによって異なるため、プラント熱効率に与える影響は異なる。したがって、個別の機器効率を把握するだけでは、プラント熱効率低下の主要因の特定には至らない。

そこで、プラント熱効率低下要因を解明するためには、図1に示すように、各時刻の計測された運転データを用いて熱物質収支計算を行い、計測が困難な場所の状態量を算出し、それらから各機器の機器効率を算出することが必要である。また、長期間、短間隔のデータを処理することで、ある程度の幅を持つものの、各機器効率の経年的な変化傾向を把握することが可能となる。さらに、変化した個々の機器効率を用いて熱物質収支解析を行い、その個々の機器効率の変化がプラント熱効率に与える影響を定量的に解析することで、どの機器の性能変化が熱効率低下に最も寄与しているかが解析できる。

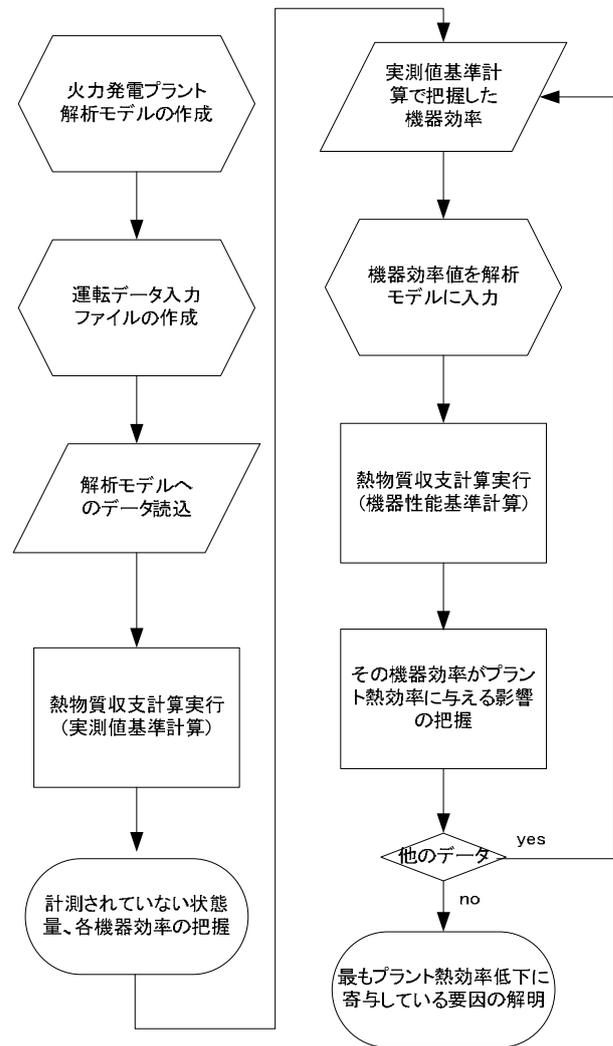


図1 発電プラントの熱効率低下要因解析方法

2.2 発電システム熱効率解析汎用プログラム概要

前節で示した熱効率低下要因解析を行うためには、大量の運転データを処理し、火力発電プラント全体の熱物質収支解析を行う必要がある。そのためのプログラムとして、「発電システム熱効率解析汎用プログラム」（以下、熱効率解析ソフト）を開発した[1]。熱効率解析ソフトは、様々な形態の火力発電プラントの熱物質収支解析をパソコン上で容易に行なうことのできる Windows アプリケーションとして開発した。その操作イメージを図2に示す。このようにマウス操作を中心とした簡単な操作でシステム構成図の作図から計算条件入力、熱物質収支解析の実行までを容易に行なうことができるものである。

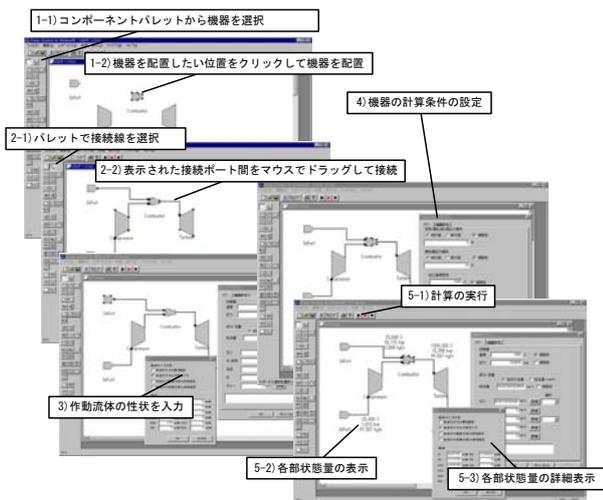


図2 熱効率解析ソフトの概要

当所で開発したアルゴリズムを採用することにより熱物質収支解析の計算速度が速く[2], 図3に示すように, 大量な各時刻の計測運転データをデータ入力ファイルから読み込みこむことができ, 高速に処理できる. また, 機器出入口の温度, 圧力等の状態量を入力して機器性能を算出することも可能であり, 一方, 入口の状態量と機器性能を入力して出口の状態量を算出することも可能である. したがって, 既存設備における計測値を用いた設備内部の状況把握だけでなく, 機器性能値を用いた熱効率へ影響評価も可能である.

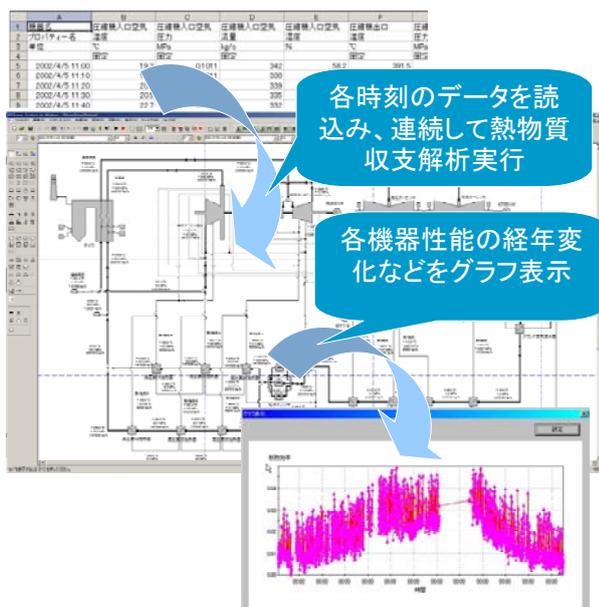


図3 既設火力発電プラントの解析

2.3 解析事例

2.3.1 実プラントの熱効率低下要因解析

実際の解析結果として, 営業運転開始から10年以上経過した1000MWの汽力発電プラントの事例を示す[3]. 近3年間でプラント熱効率が低下したため, その要因を解析した. まず, 比較年の同月の定格時運転データを用いて熱効率解析を行い, プラントを構成する各機器の機器性能を算出し比較した. 各蒸気タービンの断熱効率の変化を図4に, FWHの端末温度差(T.T.D)および初温度差(I.T.D)の変化を図5に示す. これら図から, 熱効率低下の因子として, 特に高圧タービン, 1A-FWHにおいて性能低下が著しいことが分かった. また, 他にも主蒸気管および再熱配管の熱損失の増加, 主蒸気圧力の低下, ボイラ給水ポンプタービン(BFPT)の駆動用蒸気流量の増加なども確認された.

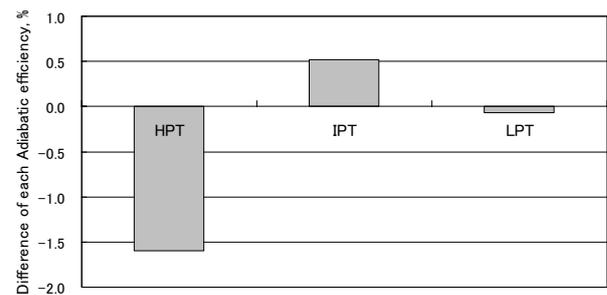


図4 各蒸気タービンの性能変化

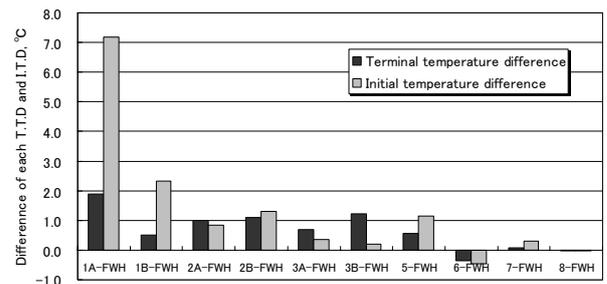


図5 各給水加熱器の性能変化

プラントは常に変動しているため, データ点数が短期間の少量のものである場合には, 機器効率等の変化がその変動の幅に入っている可能性がある. そこで, 長期間の多数のデータ点数を用いて解析することが必要である. 図6に3年間の定格出力時一時間毎の運転データによる熱効率解析から得られたHPTの断熱効率の経年変化を示す. こ

の図から、高圧タービン断熱効率は定期点検時において回復が見られるものの、長期間にわたっては経年的に低下していることがわかる。

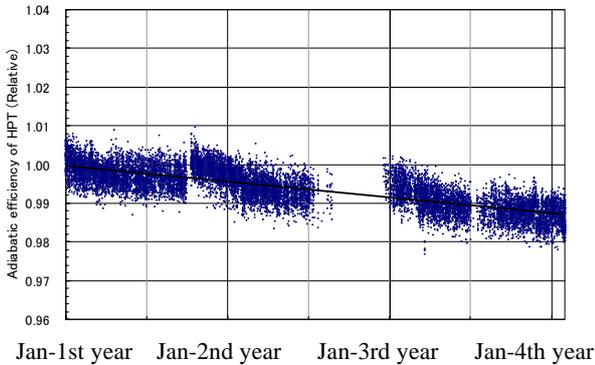


図6 高圧タービン断熱効率の経年変化

以上から、プラント熱効率の変化に影響を与えている因子を列挙することができた。しかしながら、機器によってその性能指標が異なり、また同種の機器であってもプラント熱効率に与える影響は異なる。そこで、これらの因子がプラント熱効率に与える影響を定量的に解析し、熱効率低下の主要因を特定した。

図1の手順に従って、個々の機器効率や運転条件の変化がプラント熱効率に与える影響を定量的算出した。その結果を図7に示す。図中全ての数値を合わせると全体のプラント熱効率低下の-0.3%になる。機器性能としては、1A-FWHの伝熱性能の低下が最も著しかったが、この図から、HPTの断熱効率の低下が全ての因子の中で最もプラント熱効率低下に影響を与えていることがわかった。

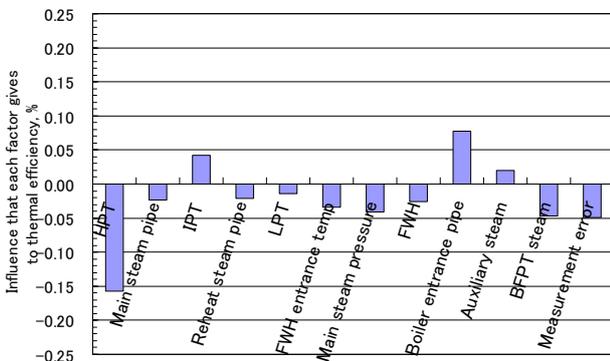


図7 各要因の熱効率への影響

以上のような結果を得ることにより、最も熱効率低下に影響を与えている因子が特定できる一方、修繕費と熱効率の向上による燃料削減費を比較することで、最もコストに見合った因子の検討にも有効であると考えられる。

2.3.2 系統変更による熱効率への影響の事前検討

既存プラントの系統変更した場合の事前検討として、シミュレーションを行い熱効率に与える効果を定量的に評価した事例を示す[4]。図8は実際の汽力発電プラントにおいて、蒸気式空気予熱器(SAH)ドレンの回収先を、第1給水加熱器から脱気器へ変更した場合の効果を検査した。

低負荷時にドレン温度が脱気器入口復水温度より高くなるため、熱源として脱気器へ回収が可能であり、低圧の抽気流量を減らせるため、表1に示すように低負荷時に効率向上に効果があることを定量的に示すことが出来た。

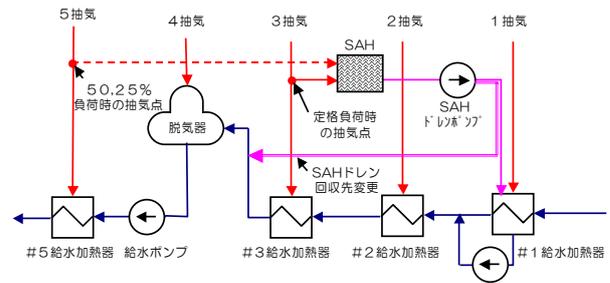


図8 ドレン回収廻りの復水系統

表1 解析結果

	定格	1/2 負荷	1/4 負荷
熱消費率相対向上量(%)	0.00	0.08	0.17

以上のような結果を得ることによって、前節と同様に、改造費と熱効率の向上による燃料削減費を比較することで、変更実施の検討に有効であると考えられる。

3. 需要家サイドにおけるエネルギー需給解析

3.1 エネルギー需給解析方法

省エネルギーを推進するためには、エネルギーを供給する側の高効率化だけではなく、工場やビル、一般家庭などエネルギーを使用する需要家サイドにおいても省エネ性、環境性を向上させることが重要であると考えられる。

エネルギー消費の指標として、「一次エネルギー消費」、「最終エネルギー消費」が良く使われる。

一次エネルギー消費は、一般的には系統電力および都市ガスなど化石燃料の一次エネルギー換算量を示すものである。省エネルギーという観点から評価するためには、この一次エネルギー消費が重要であり、全てのエネルギー消費はこれに遡って評価することが妥当である。

一方、最終エネルギー消費は、エネルギー利用機器で消費するエネルギー量であり、つまり電力量や燃料発熱量を示すものである。しかしながら、需要家が最終的に必要とするエネルギーは、この電力量やガス量ではなく、たとえば、居室の温度をある一定の温度に保つエネルギーや、居室を所定の明るさにするエネルギー、製造現場においては必要な温水、蒸気のエネルギーなど、「便益」を得るためのエネルギーである。これらの量を「最終エネルギー負荷」と呼び、この「最終エネルギー負荷」がエネルギー利用機器の性能やシステム構成に無関係な「真の需要」ということができる。需要家サイドにおける最終エネルギー負荷の形態（種類）は様々であり、照明や動力など一般電力、冷房、暖房、温水、蒸気、厨房などが挙げられる。

したがって、需要家サイドで省エネルギーを実現するためには、まずこれらの最終エネルギー負荷を低減することが挙げられる。一方、もうひとつの方法としては、その最終エネルギー負荷を賄うために必要な一次エネルギー消費を削減することが考えられる。同一の最終エネルギー負荷であっても、それを賄うための機器構成、機器性能、運用方法などによって一次エネルギー消費は異なる。したがって、仮に機器構成、機器性能、運用方法などを変更した場合に、どの程度一次エネルギー消費が削減できるか定量的に解析することが必要である。

各種最終エネルギー負荷から一次エネルギー消費計算の基本的な考え方を以下に示す。また、その手順を図9に示す。なお、式および図中の記号は以下を示すものである。

- t : 時刻 ($t=0 \sim Tend$)
- i : 最終エネルギー負荷種類 ($i=1 \sim Nd$)
- j : 機器の種類 (最終エネルギー負荷に近い機器から $j=1 \sim Nm_i$)
- $E_{end-demand,i}^t$: 時刻 t , 最終エネルギー負荷種類 i の最終エネルギー負荷
- $E_{use,i,j}^t$: 機器 j のエネルギー入力 (=機器 $j+1$

のエネルギー出力)

$E_{end-use,i}^t$: 最終エネルギー消費

$\eta_{mech,i,j}^t$: 機器 j の機器効率

$\eta_{unit-energy,i}^t$: 一次エネルギー源単位

時刻 t における、最終エネルギー負荷種類 i を賄う機器 1 のエネルギー入力は、次式で表される。

$$E_{use,i,1}^t = E_{end-demand,i}^t / \eta_{mech,i,1}^t \quad (6)$$

ここで、便宜的に

$$E_{use,i,0}^t = E_{end-demand,i}^t \quad (7)$$

とすると、エネルギー機器 j のエネルギー入力は次の一般式で表される。

$$E_{use,i,j}^t = E_{use,i,j-1}^t / \eta_{mech,i,j}^t \quad (8)$$

ここで、エネルギー需給システムの中には、貯湯槽や蓄熱槽などのようにエネルギーの入力と出力に時間差を生じるものがある（以下、エネルギー貯蔵機器）。その場合、式(8)は必ずしも成り立たない。そこで、エネルギーの入力時刻を T_{is} から T_{ie} 、エネルギーの出力時刻を T_{os} から T_{oe} であるとすると、エネルギー貯蔵機器 j のエネルギー入力合計、出力（損失を含む）合計は等しいので次式が成り立つ。

$$\sum_{t=T_{is}}^{t=T_{ie}} E_{use,i,j}^t = \sum_{t=T_{os}}^{t=T_{oe}} (E_{use,i,j-1}^t / \eta_{mech,i,j}^t) \quad (9)$$

左辺はエネルギーフローの上流側から決定される量であり、右辺は下流側から決定される量である。つまり、エネルギー消費量は必ずしも負荷側からのみ決まるものではないことが分かる。なお、エネルギー貯蔵機器 j へエネルギー出力を行うエネルギー機器 $j+1$ のその出力量を $P_{store,i,j}^t$ とすると、

$$E_{use,i,j}^t = P_{store,i,j}^t \quad (10)$$

であり、 $P_{store,i,j}^t$ は条件として設定される量である。

$j=1 \sim Nm_i$ までこれを繰り返すことにより、時刻 t における最終エネルギー負荷 $E_{end-demand,i}^t$ を賄う最終エネルギー消費 $E_{end-use,i}^t$ が決定される。つまり、それは機器 Nm_i のエネルギー入力であるので、次式で表される。

$$E_{end-use,i}^t = E_{use,i,Nm_i}^t \quad (11)$$

時刻 t において最終エネルギー負荷 $E_{end-demand}^t$ を賄う一次エネルギー消費 $E_{pri-energy}^t$ は、一次エネルギー原単位により次式となる。

$$E_{pri-energy}^t = E_{end-use}^t / \eta_{unit-energy}^t \quad (12)$$

時刻 t において全ての最終エネルギー負荷を賄う一次エネルギー消費 $E_{pri-energy}^t$ は最終エネルギー負荷種類 $i=1 \sim Nd$ の一次エネルギー消費 $E_{pri-energy}^t$ を積算することで得られる。

$$E_{pri-energy}^t = \sum_{i=1}^{Nd} E_{pri-energy}^t \quad (13)$$

したがって、時刻 1 から $Tend$ までの一次エネルギー消費 $E_{pri-energy}$ は、次式のようにこれを積算することで得られる。

$$E_{pri-energy} = \sum_{t=1}^{Tend} E_{pri-energy}^t \quad (14)$$

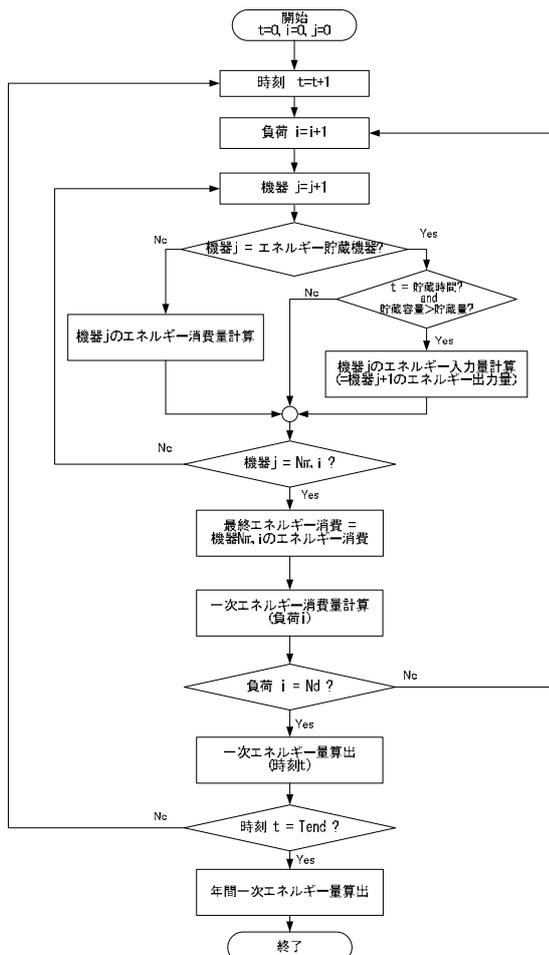


図9 解析フロー

3.2 需要家サイドエネルギー需給解析汎用プログラム概要

前節で示した解析方法を基に、様々なエネルギー需給システムの解析を汎用的に行うことができる「需要家サイドエネルギー需給解析汎用プログラム」を開発した。パソコン上のマウス操作で容易にシステム構成を作図し、構成機器の性能値や年間の負荷データを入力して、そのシステムのエネルギーの流れ、年間の一次エネルギー消費を算出できる Windows アプリケーションである。図10にプログラムの実行画面および主な機能を示す。本ソフトは、各時刻において構成機器毎にエネルギーバランス計算を収束するまで繰り返し、これを対象時間全てにわたって行う手法により、貯湯槽などのようにエネルギーの入出力に時間差の生じる機器や2種類のエネルギーを出力するコジェネ機などを含むエネルギー需給システムについても解析可能である。また、システム構成、機器の運転方法など条件変更が柔軟に行うことができる。

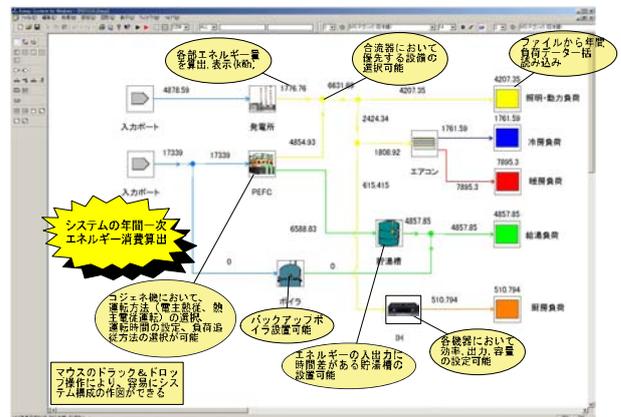


図10 エネルギー需給解析ソフトの実行例と主な機能

3.3 解析事例

解析事例として、図11に示すような自家発電コジェネシステム (CGS) を導入している工場において、運転モードの変更前後の比較を行った事例を示す。

コジェネシステムの場合、同一のシステム構成でも、電力の需要に合わせて運転を行う電主熱従運転、熱の需要に合わせて運転を行う熱主電従運転の運転パターンが考えられる。それぞれの運転モードでの算出結果およびその比較を表2に示す。

これら結果から各種原単位を用いることによりCO₂排出量，燃料流量，ランニングコストを算出し，それらを比較することも可能である。

電主熱従運転の際には，熱の需要よりCGSからの熱の供給量の方が多かったため熱を廃棄していたが，熱主電従運転を行うことにより，熱の廃棄がなくなったため，CGSを効率よく運転でき，エネルギー利用率が向上したことがわかる。

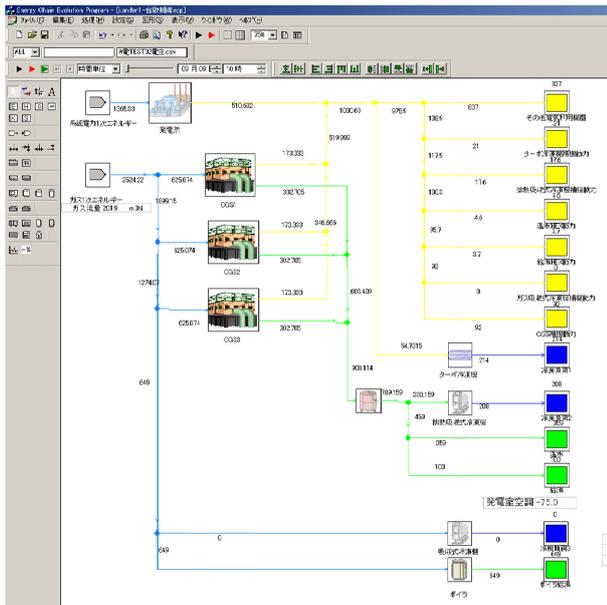


図 11 工場内のCGS構成

表 2 解析結果

	電主熱従運転	熱主電従運転
エネルギー 利用率(%)	75.5	80.2
CGS システム 総合効率(%)	56.5	60.8
CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /year)	635.0	615.1

エネルギー利用率 =
 (全最終エネルギー負荷) / (一次エネルギー消費)
 CGS システム総合効率 =
 (発電電力 + 給湯負荷 + 冷房負荷) / (CGS 消費燃料発熱量 + 補機動力)

4. まとめ

本稿では，火力発電プラントの熱効率低下要因解析および需要家サイドにおけるエネルギー需給解析について，その概要と解析事例を示した。

火力発電プラントの熱効率低下要因解析については，これまで多くの火力発電プラントにおいて数多くの実績を上げている。今後は，工場，その他プラント等における熱効率低下要因解明を行ってゆきたい。

エネルギー需給解析については，シミュレーションだけでなく，上記熱効率低下要因解析と組み合わせ，要素機器性能の解析からエネルギー需給システム全体までの解析評価，また，エネルギーを供給する側から使用する側まで解析評価を行うことを考えている。

参考文献

- [1] Koda, E., Takahashi, T., Development of general purpose software to analyze the steady state of power generation systems, *Energy Conversion and Management journal*, Vol.43 (1999), pp. 264-268.
- [2] Koda, E., Takahashi, T., Method of systems analysis, analyzation equipment using it and recording medium who can read computer that records systems analysis program, Japanese Patent Disclosure H11-275340 (1999)
- [3] Takahashi, T., Koda, E., Nakao, Y., Development of the Performance Deterioration Diagnosis Method to Thermal Power Plant Based on Heat and Mass Balance Analysis, *International Conference on Power Engineering 2009*, Vol.2, (November 2009), Kobe, Japan, pp. 407-410
- [4] 竹谷：「発電システム熱効率解析汎用プログラム」を用いたプラント運用改善について，(社)火力原子力発電技術協会四国支部 平成 17 年度調査研究発表会

ガラス溶融工程における省エネルギー技術 Energy Conservation Technology for the Glass Melting Process

酒本 修 (AGC 旭硝子株式会社), 伊勢田徹 (ニューガラスフォーラム)
Osamu SAKAMOTO (Asahi Glass Co., Ltd.)
Toru ISEDA (New Glass Forum)
e-mail: osamu-sakamoto@agc.co.jp
iseda-t@ngf.or.jp

1. 緒言

ガラス産業はエネルギー多消費型産業であり、我が国の全産業消費エネルギーの約 1%を消費している。また、消費エネルギーの大半はガラスの溶融プロセスで使用されており、その割合は、板ガラスで約 70%、びんガラスで約 51%と推定されている[1]。従って、ガラス産業において消費エネルギーを削減するには、ガラス溶融プロセスの省エネルギーが最も効果的であり、従来、さまざまな取り組みがなされてきている。本稿では、過去の取り組みと最近の技術開発について紹介する。

2. 溶融過程における消費エネルギー

2.1 シーメンス炉

現在の連続ガラス溶融プロセスのほとんどは、19 世紀後半にドイツのシーメンス兄弟が発明した蓄熱式平炉型の炉で化石燃料を燃焼させることによって加熱溶融している (Fig. 1) [2]。

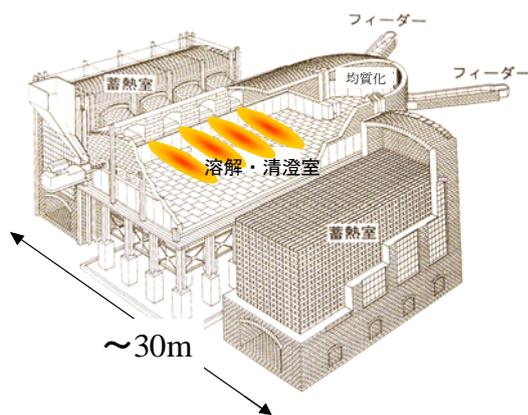


Fig. 1 Typical glass melting furnace.

このタイプの溶融炉では、原料を長方形の炉の一方から投入し、その上部を炉壁からのバーナー燃焼炎による直接輻射と天井を含む炉壁からの輻射とで加熱する。数種類から十数種類の融点の異なる粉体原料を加熱溶融するため不均質になりや

すく、ガラス融液の粘度が高いために反応生成ガスを作る泡が抜けにくい。そのために、高温場で長時間かけて炉内を進行させながら均質化と脱泡を行う。ガラスは熱伝導率が低く、一方で、透明性が高いために輻射熱による加熱が有効で、広い面で燃焼炎からの輻射を受けられるように、比較的広く、浅い炉となっている。使用する燃料は、かつては石炭の発生炉ガスであったが、今では、ほとんどが重油であり、一部天然ガスへの転換が進行中である。

板ガラスの場合、炉への投入エネルギーのうち 63%が燃料から、37%が蓄熱室で熱交換された予熱空気から供給される。その結果、17%がガラスへの有効熱として利用され、23%が炉壁放熱や水冷損失で失われ、23%が排ガスとして放出され、37%が予熱空気として再利用される。燃料の燃焼エネルギーから見ると、28.5%が有効利用されたことになる[3]。

2.2 酸素燃焼と天然ガスの利用

空気燃焼では、燃焼に寄与しない窒素ガスの加熱に余計なエネルギーが消費されてしまうため、その無駄を省くための酸素燃焼の開発および実用が進んでいる。酸素燃焼に必要な酸素製造には、PSA と呼ばれる酸素富化膜を使った酸素濃縮装置が使われるが、PSA で酸素製造するためには多量の電気が必要なため、電気代の安い米国での導入が先行しており、長繊維ガラス炉の 70%、びんガラス炉の 30%に適用され、約 1500 kcal/kg-glass の燃料原単位の報告例がある[4]。正しくは、この数値に酸素製造に必要な約 200 kcal/kg-glass のエネルギー消費を加味する必要があるが、それでも 1700 kcal/kg-glass であり、2100~2200 kcal/kg-glass (ガラス産業連合会及び経済産業省資料から算出) と推定されている我が国の全ガラス産業平均の溶融工程での消費エネルギーよりも少なく、酸素燃焼による省エネルギー効果が明らかである。

我が国は電気代が高いために酸素燃焼の導入が遅れていたが、近年では、原油の高騰と環境意識の高まりで、導入が進みつつあり、空気燃焼から酸素燃焼への転換で、平均的に30%程度のエネルギー消費及びCO₂排出量の削減に結びついている。

ガラス溶融の燃料としては、古くから重油が使われてきているが、最近では、CO₂ 排出削減の観点から、原油から天然ガスへの燃料転換が進みつつある。天然ガス転換によって、熱量当たりのCO₂ 発生量は重油の約2/3になる。しかしながら、一方で、天然ガス燃焼炎は重油燃焼炎よりも輝度が低いためにガラスへの輻射伝熱効率が下がってしまい、バーナー形状や火炎方向などに工夫が必要である[5]。

2.3 電気溶融

化石燃料の代わりに電気を加熱源とする全電気溶融炉も一部実用化されている (Fig. 2) [6]。

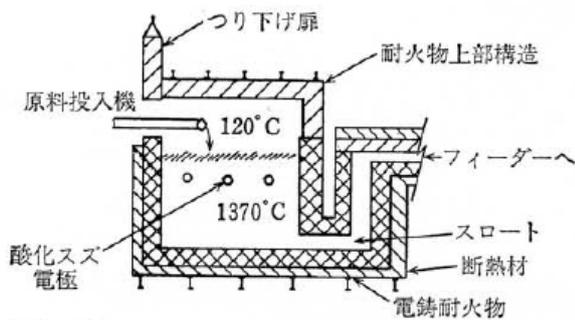


Fig. 2 Electric melting furnace.

成形され固化したガラスのほとんどは絶縁体であるが、溶融状態では電気が流れる。その性質を利用して、ガラス融液に電極を挿入してガラスに直接電気を流し、ジュール熱で加熱溶融する技術が全電気溶融である。全電気溶融炉のほとんどは、ガラス融液全面に原料バッチを散布し、その「冷たい」原料バッチで覆うことによって上面からの放熱を抑える cold top タイプの炉である。炉底または横壁からモリブデンや酸化スズなどの電極を挿入し、電極間に電気を流してその間のガラスを加熱する。ガラス自身への直接加熱であり、上面からの放熱を抑えているために炉としてのエネルギー効率は極めて高く、炉壁放熱や電極ホルダーの水冷損などを考慮しても、投入電気エネルギーの50%以上が有効熱として利用できる[7]。化石燃料を燃焼させないので、CO₂ 削減に対しては切り

札的技術であるが、炉をコンパクトに出来る反面、大型化が難しくガラス組成や生産量の変化への対応が難しい、などの難点があり、実用化例は数 t/d ~数十 t/d 規模の小型溶融炉がほとんどで、限定的である。

3. 新しい溶融技術による省エネルギー

3.1 液中燃焼 (Submerged Combustion Melter)

炉底部に燃焼バーナーを設置して、燃焼炎がガラス融液を貫通して吹きあがる時にガラス融液を激しく攪拌させ、熱伝達と均質化を促進する溶融方法である。1960年代~1970年代にかけて米国で、1980年頃に日本の大阪工業試験所で、それぞれ、研究が行われたが、溶融炉の煉瓦の浸食が激しく、実用化には至らなかった[8]。

その後、2003年9月から2006年9月にかけて、米国エネルギー省の産業技術プログラムとして、多くの有力な米国ガラス産業関係会社が参画して研究開発が再開された。この時には、煉瓦侵食の課題解決のために冷却壁を採用した (Fig. 3) [9]。

物理モデルとシミュレーションによる検討とともに、実験室規模の溶融装置でソーダ石灰ガラス及び液晶用無アルカリガラスの溶融実験を行い、泡を多量に含むガラスを得た。この技術は鉬物繊維製造で実用化され、75 ton/day 規模の設備が5基稼働しているが、ガラスへの実用展開には至っていない。

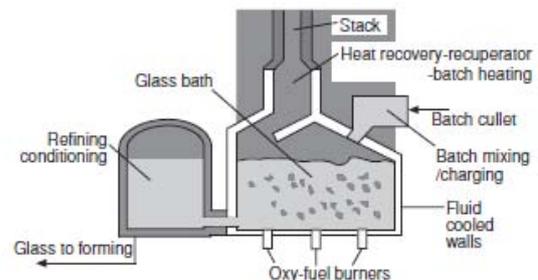


Fig. 3 Schematic of submerged combustion melter.

3.2 AGM (Advanced Glass Melter)

燃焼炎中に原料粉体を投入することにより、原料を炎中で加熱し、熱せられた原料が筒状体の側壁を流れ落ち、下方に設置されたコーン状耐火物の表壁でさらに熱せられることによりガラスを溶解する方法である (Fig. 4)。1980~1990年代にかけて米国 Gas Technology Institute が中心になり

(Avco 社, Vortec 社と) 開発した[10].

短繊維ガラス用に開発された 13 ton/day 規模の試験炉で実験し, 耐火物浸食と原料飛散が大きいことがわかったため, 後に, コーン状耐火物のない構造に改良した (Fig. 5) [11]. 原料粉体への熱伝達効率が良いため, エネルギー消費は 807 kcal/kg-glass 以下であり, 酸素製造エネルギーを加算しても 920 kcal/kg-glass (推定) 程度とエネルギー効率の高い溶融炉であったが, 品質が悪く, 実用化には至らなかった.

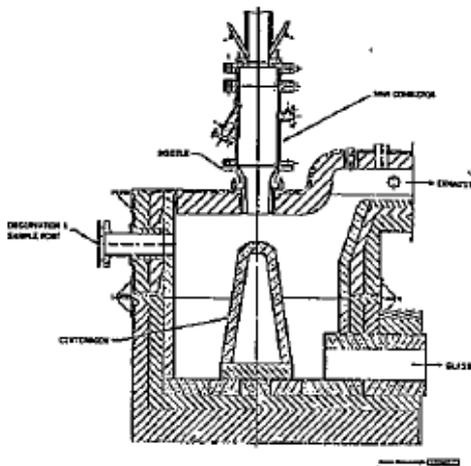


Fig. 4 Schematic of advanced glass melter (AGM)

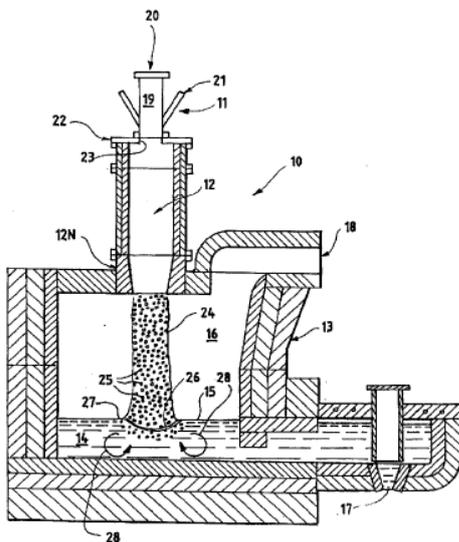


Fig. 5 Improved AGM.

3.3 プラズマ溶融

プラズマが作る 10000°C以上の超高温場を利用して短時間でガラスを溶融することによる省エネ

を目指した研究がおこなわれている.

1990年前後に米国 Johns Manville 社が 540 kg/h の短繊維ガラス用炉の開発を試みたが, 十分なガラス品質とプロセス制御がとれず中断した. その後, 1994年頃に英国環境省のプロジェクトとして, 60 kg/h のスルーポットのガラスのプラズマアーク溶融炉が設置され, 試験が行われた. このプロジェクトでは汎用の電気加熱との比較がなされ, プラズマは電極冷却によるエネルギーロス等で電気加熱 (1195 kcal/kg-glass, 発電効率を考慮すると約 3000 kcal/kg-glass) よりエネルギー効率が劣る結果であった.

最近, 米国エネルギー省のプロジェクトとして, Plasmelt Glass Technologies 社が中心となり, Johns Manville 社, AGY 社とともに, DC アークプラズマ加熱による炉を開発し (Fig. 6), 2003年7月~2006年7月の3年間試験を行った. E-ガラスをターゲットとしてパイロット試験を行い, 直径 10 μm 超の繊維紡糸が可能であった[12].

プラズマアーク電流がガラス融液の表層を流れるため熱伝達効率高く, 130 kg/h (3.1 t/d) の小規模な炉でありながら, 1900 kcal/kg-glass (発電効率を考慮すると約 4800 kcal/kg-glass) の比較的高いエネルギー効率を達成したが, 品質が悪く実用に至っていない.

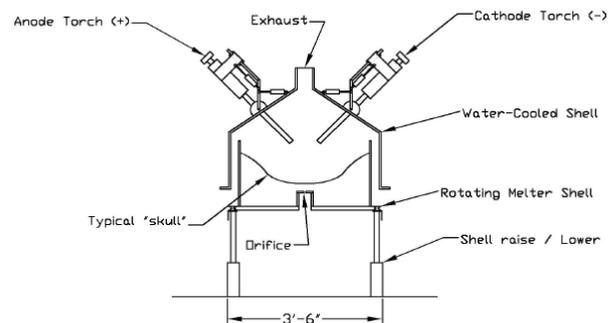


Fig. 6 Schematic of Plasmelt.

3.4 気中溶解 (IFM: In-Flight Melting)

ガラス原料を微粉化・調合・混合し噴霧乾燥法等により 100 μm 前後の粒径に加工した造粒体をプラズマ及び燃焼炎の高温雰囲気中に投入することにより, ガラス融液面に着地するまでのごく短時間の飛行中にガラス原料をほぼガラス化させる, 全く新しいガラス溶解の方法である[13]. 概念図を Fig. 7 に示す.

2005～2007 年度の独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）委託の先導研究プロジェクトとして、井上悟リーダー（物質・材料研究機構）のもと、東京工業大学の3研究室、旭硝子、東洋ガラス、ニューガラスフォーラムの5機関が中心となり、世界で初めての試みがなされた。その後、本格プロジェクトに格上げされ2008～2012年度 NEDO エネルギーイノベーションプログラムの中で革新的ガラス溶融プロセス技術開発プロジェクトとして取り組みが続けられている。

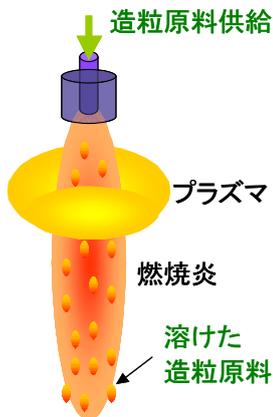


Fig. 7 Concept of IFM technology.

この IFM は、原料を高温場に投入する点で前述の AGM に似ているが、AGM と IFM では投入原料形態と高温場生成方法が異なる。AGM では通常の原料が火炎内飛翔中に加熱されるだけで、ガラス化反応は融液面に着地後に開始されるため、ガラスの均質化過程の効率化につながらない。一方、気中溶解では、ガラス組成になるように造粒した原料をプラズマなどが作る超高温場に投入して飛翔中に加熱するために、その過程でガラス化反応が進行し、融液面に着地する時点では、ほぼ均質な目的組成のガラス液滴になっている。すなわち、ガラス化と均質化が、融液面着地段階でほぼ終了している。従って、ガラス溶融プロセスを極めて小規模かつ短縮できることになる。

NEDO 先導研究プロジェクト成果の一部として、ソーダ石灰ガラス造粒体を酸素バーナーと多相アークプラズマとの複合加熱で気中溶解した粒子内部の SEM（走査電子顕微鏡）写真及び EPMA（X線マイクロアナライザー）による組成分析結果を Fig. 8 及び Fig. 9 に示す。図から明らかなように、

造粒体を気中溶解すると、内部に泡を残さずに、組成分布もほぼ均質なガラス液滴を作ることができる[14]。

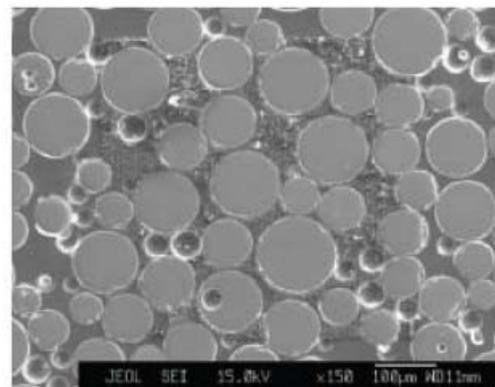
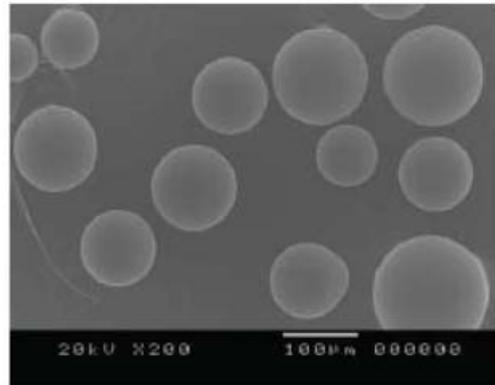


Fig. 8 SEM images of In-flight melted glass particles.

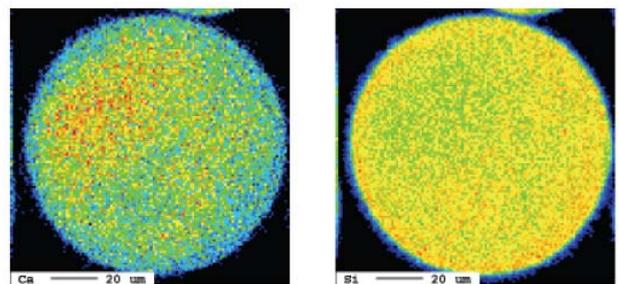


Fig. 9 Ca and Si distribution in the In-flight melted soda-lime glass particle.

NEDO 先導研究プロジェクトにおいては、1 ton/day 規模の溶解試験により、1369 kcal/kg-glass の気中加熱エネルギーで、ソーダ石灰ガラスを安定的に溶融できることを確認した。均質性は製品ガラスと遜色なく、泡欠点はびんガラスとして実用可能なレベルであった (Fig. 10) [15]。

この数値をもとに 100 ton/day 規模 (Fig. 11) をシミュレーション計算し、原料加熱エネルギーと清澄槽、酸素製造、原料粉碎等の付带的エネルギーをすべて合算しても 1267 kcal/kg-glass の消費エネルギーでガラス生産が可能と推定した[14].



Fig. 10 In-flight melted glass block.

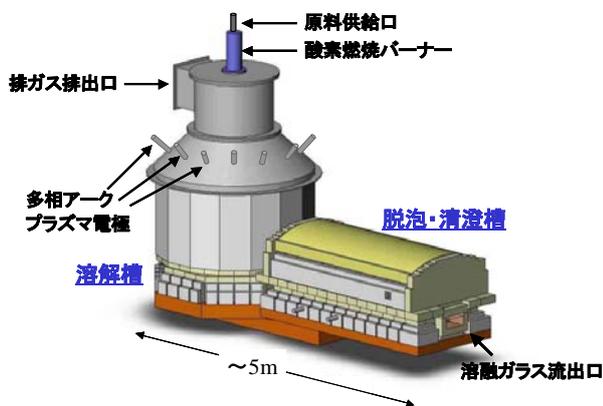


Fig. 11 Image of 100 t/d IFM furnace.

気中溶解技術は、板ガラス、びんガラスなどの汎用ガラスであるソーダ石灰ガラスのみならず、溶融が難しい液晶ディスプレイ用ガラス等にも適用できる、応用範囲の広い溶解技術である。溶解炉を劇的に小さくすることができるため、消費エネルギー及びCO₂排出量を削減できるだけでなく、溶融炉建設コストの削減や品種替えの時間短縮などの付随効果もある。

現在進行中の研究プログラムでは、①気中溶解

法を用いて短時間でのガラス原料溶解を実現する技術、②高速で高効率にカレットを加熱する技術、及び、③原料融液とカレット融液とを短時間で攪拌し均質なガラス融液とする技術の3つの技術開発を軸に、実用化に向けた取り組みがなされており、日本発の革新プロセスとしての早期な技術確立が期待されている。

参考文献

- [1] “Glass melting technology: A technical and economic assessment”, GMIC 資料 (2006).
- [2] S. Kawachi, Y. Kawase, *Glastech. Ber. Glass Sci. Technol.* **71-4** (1998) 83.
- [3] 山根ほか編集, *ガラス工学ハンドブック*, 朝倉出版 (1999) 303.
- [4] David M. Rue, James Servaites, Warren Wolf, “Industrial Glass Bandwidth Analysis”, Gas Technology Institute (2006).
- [5] 山北龍児, *マテリアルインテグレーション*, **21-4** (2008) 12.
- [6] 作花済夫編集, *ガラスの事典* (1985) 266.
- [7] 小川晋永ほか編集, *ガラス製造の現場技術*, 第2巻, 日本硝子製品工業会 (1993) 203.
- [8] 長岡欣之介ほか, *New Glass Technology*, **2-3** (1982) 21.
- [9] M. Greenman, *Am. Ceram. Soc. Bull.*, **83-4** (2004), 14.
- [10] Westra L. F., Donaldson L. W., Hnat J. G., *Chemi. Eng. Sci. Proc.*, **8-[3-4]** (1987) 237.
- [11] USP 672190 (1997).
- [12] High Intensity Plasma Glass Melter Project Final DOE Report (2006).
- [13] 井上悟ほか, *マテリアルインテグレーション*, **21-4** (2008) 6.
- [14] NEDO, 平成 17~19 年度成果報告書「直接ガラス化による革新的省エネルギーガラス溶解技術の研究開発」(2008).
- [15] 伊勢田徹, *NEW GLASS*, **23-4** (2008) 42.

「固体高分子形燃料電池 (PEFC) 用電解質と触媒の開発現状と今後について」

Present Status and Future of the Development of Catalysts and Electrolytes for PEFC

吉武 優 (AGC 旭硝子株式会社)

Masaru YOSHITAKE (Asahi Glass Co., Ltd.)

e-mail: masaru-yoshitake@agc.co.jp

1. はじめに

1980 年代の後半にカナダのベンチャー企業が短側鎖 PFSA (ペルフルオロスルホン酸, perfluorosulfonic acid) 膜を用いた高出力密度の PEFC (固体高分子形燃料電池, polymer electrolyte fuel cell) スタックを開発し, 電気自動車用電源としての可能性を示した[1]. 以来, 既に 20 年が経過した. その間, 日本では 1992 年度より, 電機会社や材料メーカー等が参画した NEDO のプロジェクトがスタートし, 基礎的な技術開発が進められた. 弊社は電解質膜メーカーとして, 膜および MEA (膜電極接合体, membrane electrode assembly) の評価・開発をミッションとして参画した. 日本における燃料電池開発の歴史は古く, 燃料電池開発情報センター (FCDIC) が 1986 年に設立されていた[2]が, 当時は化学系大学院卒業生でも燃料電池を知っているものは少なかった. 大手自動車会社が FCV(燃料電池車, fuel cell vehicle)の開発を始めるとマスコミ等の注目することとなり, 燃料電池は広く一般にも知られる存在になった.

燃料電池はカルノーサイクルの制約を受けることなく燃料の化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換するため変換効率が低い. 燃料電池は表 1 に示すように使用する電解質により分類される.

Table 1 Types of fuel cells

	アルカリ形 AFC	固体高分子形 PEFC	リン酸形 PAFC	溶融炭酸塩形 MCFC	固体電解質形 SOFC
電解質	KOH 水溶液	イオン交換膜	リン酸	炭酸 Li 炭酸 K	安定化ジルコニア等
イオン伝導体	OH ⁻	H ⁺ OH ⁻	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻
作動温度	50 ~ 150°C	70 ~ 100°C	170 ~ 200°C	600 ~ 700°C	600 ~ 1,000°C
熱効率	45 ~ 55%	30 ~ 40%	35 ~ 45%	45 ~ 60%	50 ~ 65%

現在の日本では, 電解質が固体である PEFC と SOFC (固体電解質形燃料電池, solid oxide fuel cell) に開発が集中している.

PEFC は純水素を燃料にするタイプ, メタン等の炭化水素を改質して得られる水素を燃料とするタイプとに大別される. DMFC (直接メタノール形燃料電池, direct methanol fuel cell) のように燃料を電極上で直接に反応させるタイプもポリマー電解質を用いるものは PEFC に含まれる.

PEFC は作動温度が低く, 高出力密度が容易に得られるため自動車用, 携帯機器用電源として期待され開発が進められてきた. 一方, 単なる技術開発だけでなく, 改質ガスを含む水素燃料やメタノールを使用するための規制解除・法令整備が官民挙げての協力体制によって推進された. 民間から国への政策提言を行う FCCJ (燃料電池実用化推進協議会) が 2001 年に設立されている[3]. また, μ 燃料電池など, 規格標準化については早くから国際的な取り組みがなされている.

また, 当初想定されたものと必ずしも同じ姿ではないが昨年より商業化が具体的になっている. 家庭用コジェネシステムとして各社共通の名称, “ENEFARM” が設定され販売されている. “量産” が開始された FCV は加圧水素ポンペを搭載し, 一回の水素充填で 500 km 以上の航続距離が得られている. また, モバイル機器充電用の DMFC の限定販売が開始された. 5V400mA の出力, 燃料 1 回注入で携帯電話を 2 回充電出来るとしている.

しかし, 本格普及に向けては以下のように多くの課題がある.

- 1) 水素の貯蔵体開発・コスト・インフラ整備,
- 2) 触媒の高性能化・低コスト化,
- 3) 膜の高性能化 (DMFC 用には低メタノール透過性, アニオン膜の高性能化等),
- 4) 電解質膜の低コスト化,
- 5) システムの簡素化・低コスト化を可能にする

るキーマテリアル（膜、触媒等）の高機能化（インテリジェント化）

自動車排ガス処理には運転条件の変動により Pd がペロブスカイト型酸化物担体への組込みと Pd 粒の発生を繰り返して自動的に再生するインテリジェント触媒が実用化されている[4]。PEFC においても、キーマテリアルである電解質と触媒には、単に高性能化、低コスト化だけでなく、運転条件の変動にも対応でき、従ってシステムの簡略化に対応できるタフな特性の獲得が求められていると言える。

以下、PEFC 電解質と触媒の開発動向について概略する。詳細については、多くのレビューや成書があるので参照されたい[5-8]。

2. 電解質開発の動向

2.1 はじめに

PEFC の原理図を図 1 に示す。厚さ 10~50 μm 程度の電解質膜の両側に、触媒とイオン交換樹脂の混合体等からなる多孔性の触媒層を接合した膜電極接合体 (MEA, membrane electrode assembly) が発電本体である。実際にはその外側にガス拡散層やガスを配流するセパレータが配置される。

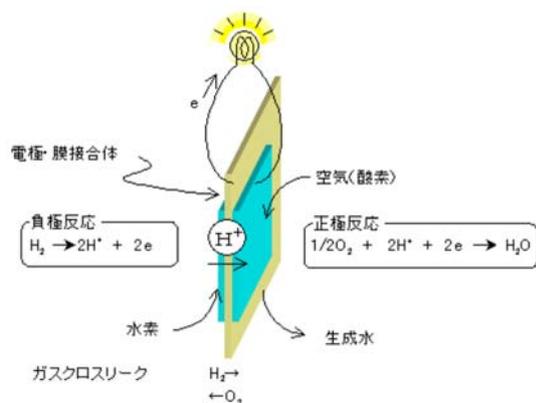


Fig. 1 Schematic illustration of PEFC

一方の電極に水素、他方に空気または酸素を供給し、負荷を介して両方の電極を接続すると、触媒の作用で水素分子は水素イオンと電子に解離し、対極では膜を透過してきた水素イオン、リードを通過してきた電子が酸素と結合し水を生成する。生成した水はカソードから直接系外に放出される他アノードへ向かって膜中を逆拡散する。理論起電力は約 1.2 V であるが、膜をクロスリークする水素が空気極を分極させるため、通常、OCV (open

circuit voltage: 開放起電力) は常圧では 1.0 V 程度である。

高イオン交換容量の短側鎖膜、サーペンタイン流路及びイオン交換樹脂溶液による触媒被覆などにより極めて高い出力密度が得られることが 1980 年代後半に示されて以来 PEFC 開発に火が付いたわけであるが、1996 年頃までには表 2 に示すような技術が開発され、水素を燃料とするスタックでは既にガソリンエンジンの出力密度(1kW/l)を凌駕し、現在も小型化が進展している。

Table 2 Basic technologies that contributed to the improvement of power density of PEFC

	技術項目	効果
1	イオン交換樹脂による触媒被覆	三次元界面の飛躍的拡大
2	サーペンタイン流路の採用	生成水の滞留抑止
3	高担持率触媒	電極層薄膜化による酸素拡散性向上
4	高プロトン伝導性膜の開発	セル抵抗低減
5	薄型補強膜技術	セル抵抗低減、水拡散性向上
6	[薄型触媒層+拡散層]構造	ガス拡散性、耐フラッディング性向上
7	薄型セパレータ	スタックサイズ低減

その後、システムの簡易化、低コスト化に向けた開発が進められる中で、低加湿条件下における電解質膜の劣化が報告され[9]、産官学挙げての検討がなされた。イオン交換膜水電解の開発初期にも問題になったことである[10]が、電解質膜を介して燃料（水素）と酸化剤（酸素）のクロスリークに起因するラジカル生成が大元の原因であり、水電解では電解質膜は十分に加湿された状態にあるのに対して、PEFC では低加湿・高温化では含水量が減少するため、影響が大きくなる。電解質だけでなく電極触媒との関連など幅広く解析が行われることで現象の理解が深まり、運転条件の見直し、ポリマー末端の安定化[11]、ラジカルクエンチャーの利用、MEA 構造の見直し、製法再検討など様々な対策が取られた。また、同時に新材料開発の成果が本格的に顕在化した。現在では 120°C・低加湿下で数千時間を超える運転が可能なフッ素系膜が報告されている[12]。一方、電解質膜の低コスト化に向けては、PFSA の製造工程を短縮する技術が報告されている[13]。詳細は文献を参照されたい。炭化水素系膜についてはスルホン化耐熱性高分子において性能向上が報告されて

いる。また、リン酸を含浸した PBI（ポリベンズイミダゾール）系の材料は 150°C 以上での運転という制約があるが、長期運転が報告されている。これらの開発の過程で電解質膜の使いこなしに関するノウハウが蓄積され、一定のシステム寿命が得られる見通しが得られた。本格商業化に向けては低コスト化、更なる低加湿・高温使用が可能なインテリジェントな素材が求められる段階に入ったと言える。

以下、最も代表的な電解質膜である PFSA 膜をベースに電解質膜の特徴や求められる特性を述べ、その後開発状況を概説する。

2.2 電極反応と電解質

電解質をセパレータとして隔離して、燃料の酸化と酸化剤の還元を別々の電極上で行わせることにより、外部に電力を取り出すのが燃料電池である。電解質膜に求められる基本的な役割は以下の通りである。

- ①水素イオン（プロトン）が自由に移動できること（プロトン伝導性）、
 - ②クロスリークが少なく、水素と酸素が直接反応することを防ぐこと（ガスバリアー性）、
 - ③水素極と酸素極と電子的に導通させないこと（電子絶縁性）、
 - ④高い化学的・電気化学的安定性、
 - ⑤高い機械的強度、寸法安定性、
 - ⑥高い水移動性、
 - ⑦電極反応を阻害しない、
 - ⑧耐熱性、
 - ⑨電極接合性、
- さらに本格普及を考慮すると、
- ⑩低コスト化、
 - ⑪ハンドリング性、
 - ⑫低温～高温・低加湿における幅広い条件における作動、
 - ⑬リサイクル性等
- も要求されている。

上記の要求特性を使用するセルシステムの中および適用運転条件のもとで許容されるコスト及び必要な寿命を確保した上で提供できなければ燃料電池の普及には至らない。

2.3 PFSA 膜の構造と特性

様々な PEFC 用電解質膜が提案されてきたが、イオン交換基とポリマーの結合安定性及び電極反

応への妨害が比較的少ないこと、製造のし易さ等の観点からスルホン酸膜が一般的である。以下、代表例である PFSA 膜について説明する。図 2 に示すように主鎖としてテフロン様骨格を、側鎖にスルホン酸基を有しており、非架橋構造である。化学的安定性、プロトン伝導性、水透過性が特に優れ、食塩電解用として多年に亘り使用されてきた実績もあり、システム開発に最も広く用いられている。

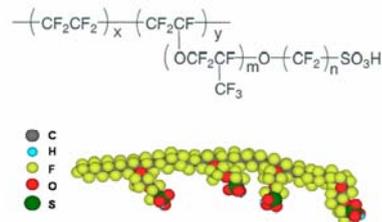


Fig.2 Chemical structure of PFSA membranes

パーフルオロスルホン酸膜は非架橋であるため、含水時にはスルホン酸基が集まり何らかの周期的構造を有する。これは、小角 X 線散乱 (SAXS) などの解析から推測されており、図 3 のようなクラスター構造が提案されている。プロトンや水はクラスターネットワークを通して移動すると考えられており、パーフルオロ膜の著しく大きな透水性はこの構造により説明される。

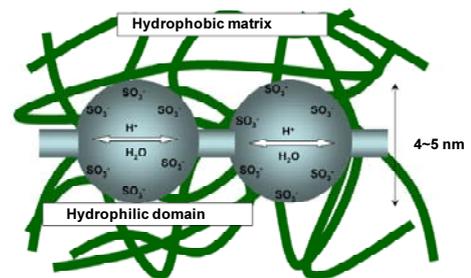


Fig.3 Schematic illustration of the cluster-network model

パーフルオロスルホン酸樹脂は超強酸であり、ゲル構造の電解質ながら含水時には硫酸水溶液並みのプロトン伝導度を示す。含水量と膜構造のイメージを図 4 に模式的に説明している。スルホン酸基と膜中水のモル比 λ が 2~3 の場合は vehicular model によるプロトン電導であるが、 λ が 4 以上の場合、Grotthuss model による電導となり、硫酸水

溶液並の伝導度が得られる。λが14以上の場合は、スルホン酸基による束縛を受けない自由水領域が現れる。高温下ではクリープを起こしやすくなる。

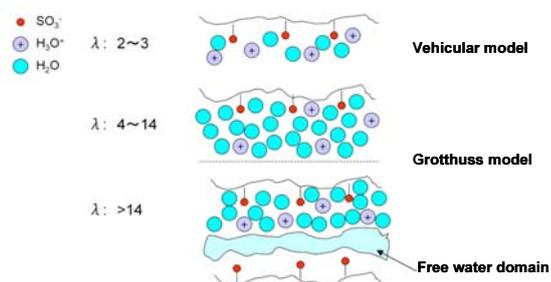


Fig.4 Cluster network model of PFSA

2.4 電解質膜の開発動向

FCVの開発等で、PEFCシステムの特性や耐久性については実用化レベルにあることが実証されて、更なる性能向上に加え、低コスト化が必須となっている。現在、PEFC発電装置の中でシステムコストの占める割合は40%程度と言われているが、これは現状では、電解質膜の加湿や触媒の保護のための手当が必要なためでもある。また、発電システムの効率向上の観点から、現状の70～80℃より高い温度、90～100℃以上で使用できる電解質膜が求められている。DMFCにはメタノール透過性が必須である。膜開発のトピックスは、低加湿・無加湿膜、薄膜補強技術、高温低加湿での劣化対策、低コスト化、高温膜、低メタノール透過性膜、アニオンであろう。一方、電解質膜の最終評価はMEA、単セル、スタック評価を待ってからとなるものの、膜単独での評価により開発の下流が見通せるに越したことはない。そのような意味で、膜評価条件の標準化や含水状態や化学的安定性の評価方法も重要なテーマとして採り上げられてきた。例えば、化学的安定性については、空气中、窒素中での加熱試験や過酸化水素に微量の鉄イオンを添加した強力な酸化剤であるフェントン試薬が用いられてきた。しかし、MEAの急速な劣化が問題となっているのは、低加湿・高温下であり、フェントン試験は実際の劣化条件とは異なることが指摘されていた。最近では温度と蒸気圧を制御した気相雰囲気での評価することが提案されている[14]。

以下、主な開発トピックスについて説明する。なお、詳細については参考文献を参照されたい。

2.4.1 低加湿・無加湿対応

自己加湿型膜：PEFC開発初期の頃であるが、イオン交換膜中に触媒とチタニア、シリカ等の酸化物を分散させた膜が提案された。クロスリンクしてくる水素と酸素を触媒上で反応させて生成する水を酸化物超微粒子に吸湿保水させて、膜を内部から加湿する。0.1A/cm²以上の電流密度、水素／酸素の系で高加湿の通常膜と同等のセル特性が報告されている。膜を保湿する技術は化学的安定性を確保する上でも重要であると考えられる。

2.4.2 補強薄膜：イオン交換容量を高くし、膜厚を30μm程度以下に薄くするとカソードで生成する水のアノード方向に向けての逆拡散が容易になるため、低加湿運転が可能になる。また、電流密度を上げた時のカソードのフラッシングが起こりにくくなる。プロトン伝導性に大きな影響を与えることなくハンドリング性、機械的強度を確保するためにPTFE多孔体やPTFEフィブリルによる補強が提案されてきた。PTFE多孔体にパーフルオロスルホン酸樹脂を含浸した膜を用いたMEAは多くのシステム開発に使用されている。

2.4.3 低コスト化

PFSA膜は一般的にはPTFEの原料であるテトラフルオロエチレン（別名四フッ化エチレン）とスルホン酸基の前駆体を含むモノマーを共重合させて得られるポリマーを成膜した後にアルカリ加水分解後、酸で処理することにより得られていたが、スルホン化ポリマー溶液をキャスト製膜すると工程が短縮できる。基本的にはモノマーの工程短縮が低コスト化に大きく貢献すると期待されている。一方、フッ素を用いない炭化水素系膜も低コスト化の一手段として幅広く検討された。基材である耐熱性高分子は現状必ずしも安価では無いが最終的にはスルホン化工程のコスト低減が重要になると思われる。

2.4.4 MEA劣化対策

既に説明したように、MEAの劣化については多くの機関による本格的な原因究明、対策が進められるようになった。電解質の劣化は基本的には機械的要因と化学的要因がある。80℃までの運転にはPTFE補強したパーフルオロ膜がセル特性向上に寄与した。PEFCの高出力密度化に貢献した今ひとつの技術は薄型触媒層＋カーボン拡散層の構成であるが、カーボン拡散層はカーボンペーパー

またはカーボクロスを用いており、膜へ不均一な圧力が加わる場合があり、劣化をもたらすことがあることが報告されている。また、100°Cを超える運転条件では新規な膜構造が提案されている。例えば、短側鎖型、バルキーなユニットを導入したパーフルオロ型スルホン酸膜はセル特性が報告されている。また、放射線等を用いてグラフト架橋構造を導入したもの、エンブラ系材料を用いるもの、多孔質基材にイオン伝導性材料を導入したもの、ガラス系材料など多くの電解質が報告されているが、多くは基礎段階にある。

化学的な劣化に対する基本的な考え方は炭化水素系膜を使用した高分子電解質水電解における膜を透過するガスに由来するラジカルや過酸化水素を原因とするモデルをベースに解析が進められてきた。過酸化水素濃度が高くなる低加湿条件、特にセルを開放した状態（OCV: open circuit voltage）や鉄イオンの存在下では劣化が加速される。対策としてはポリマー末端の安定化、ラジカルトラップ、鉄イオンのキレート捕捉を狙ったホスホン酸基の導入、膜中への触媒分散によるクロスリークガスの低減等が特許等で報告されている。過酸化水素の発生は電位、不純物イオン、触媒担持率などとの関係が調べられており、劣化現象は触媒の種類やMEA構造にも関係していることが分かってきた。電極上で発生する過酸化水素およびそれを起源とするラジカルによるポリマーの攻撃が原因として、ポリマーのどの部分が弱いかを検討することも報じられるようになってきた。スルホン化ポリアリルエーテルスルホンではOHラジカル耐性評価やトリマーについて量子科学計算が試みられ、ラジカル攻撃を受けやすい原子についての実験と推測の対比が試みられている。

ラジカル分解については、PFSA膜での詳細な解析が行われてきた。ポリマーの劣化機構を図5に示す。

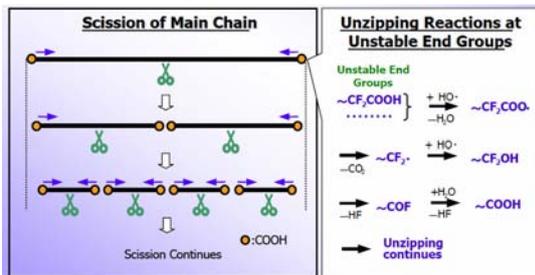


Fig.5 Degradation mechanism of PFSA membrane

反応開始点は末端だけでなく、中央部の断裂による分子量低下も引き起こす。ひとたび、安定なフッ素化末端が失われると、ジッパーを開くように分解反応が起こりやすくなる。ポリマー末端を化学的に極めて安定なトリフルオロメチル基（CF₃）になっていると高い安定性が得られる。また、側鎖のスルホン酸基もラジカルの攻撃を受けやすいことが判明しており、カチオン系ラジカルクエンチャーを導入することで図6に示すように極めて高い化学的安定性が得られるようになっている。

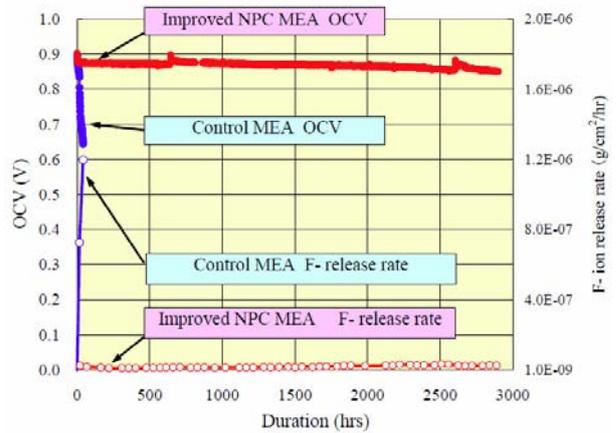


Fig.6 OCV durability of the newly developed MEA.

2.4.5 高温膜に向けた改良

商品化されているPFSA膜は、弾性率が急激に低下しはじめる軟化温度が80°C付近にあるが、それらよりも側鎖構造が短い短側鎖型のスルホン酸ポリマー（EW=800, IEC=1.25 meq./g）は軟化温度が125°C付近にあり、高温における機械強度保持の観点から従来膜よりも高温運転に適していると考えられている。最近、予め-SO₂F基を加水分解することにより、熱分解反応時の環化反応を防いで短側鎖型スルホン酸モノマーを得る方法など、従来法に比較して低コスト化が期待されるプロセスが報告されている。また、三元共重合による高温物性の改良も報告されている。テトラフルオロエチレンとスルホン酸モノマーに嵩高い第3成分を共重合することにより軟化温度が上述の短側鎖型ポリマーと同等の膜が得られている。

高温での乾燥によるプロトン伝導性の低下を防ぐため、保水性やプロトン伝導性を有する材料とパーフルオロスルホン酸ポリマーからなる複合膜が最近検討されている。シリカやリン酸ジルコニ

ウムとの複合膜は、130～140℃における発電特性が従来のパーフルオロスルホン膜よりも優れることが見出されている。ヘテロポリ酸を用いた改良も報告されている。100℃以上の高温で信頼性のある膜を得るためには以上のような耐クリープ性、伝導度確保の他、化学的安定性など多くの課題を克服する必要がある。詳細は明らかにされていないが、最近、フッ素系コンポジット膜において120℃でもフッ素イオンの生成が少なく、1,500～2,500時間を超える作動が可能なMEAが報告されるようになった。

MEAの微細構造解析技術も進歩しており、分析TEMを用いた、触媒成分、アイオノマ成分の分布に関する測定結果が報告されている。今後、ミクロ、ナノレベルでの材料解析、in situでの解析手法の開発技術の進展とともに、詳細な劣化メカニズムの解明、加速評価試験法、高耐久化技術の確立がなされていくものと期待される。

2.4.6 種々の新規な電解質材料

既に述べたようにパーフルオロスルホン酸膜は化学的安定性に優れるものの、コスト低減が求められている他、プロトン伝導性を示すのはスルホン酸基が水和した状態が必要であり、水蒸気圧を考慮すると120℃を越えると加圧のためのエネルギーが大きくなる。そのため、非パーフルオロ系の電解質の研究開発が精力的に進められている。ここでは代表的なものを採り上げて説明する。

2.4.6.1 部分フッ素化膜: ETFE, FEP等をベースフィルムとしスチレンなどをグラフト重合してスルホン化した膜であり、低コスト化、低メタノール透過性を狙った架橋膜として検討され4,000時間程度の運転結果が報告されている。しかし、化学的安定性は必ずしも充分ではなく経時的に官能基が減少する。

2.4.6.2 リン酸含浸耐熱性高分子: 耐熱性高分子であるポリベンツイミダゾール (PBI) をベースにリン酸をドーブした膜はリン酸の散逸対策、100℃以下では生成水によるリン酸の希釈の問題があるが、無加湿で高温作動が可能な膜として開発が進められている。作動温度120～200℃、動作時間5,000時間となっている。

2.4.6.3 スルホン化耐熱性高分子膜: PEEK, ポリイミド, ポリフェニレン, ポリアリレン, ポリアリレンエーテルスルホンなどをベースに、種々

の置換基を導入した耐熱性高分子フィルムをスルホン化して得られる。スルホン酸基の加水分解の抑制、およびブロック構造を導入し、主鎖と側鎖の機能分離などにより、安定性と低加湿下での電導度特性が向上している。80℃で数千時間の運転が報告されている。

2.4.6.4 常温溶融塩: 非水系プロトン伝導体として検討されている。一般的に、電極への吸着性が高く、触媒反応への影響が強いが、安定性と高伝導性を備えた電解質が報告されるようになって来た。例えば、diethylmethyllummonium trifluoromethanesulfonate [dema][TfO]では耐熱性200℃で、イオン伝導率、 $10^{-2} \sim 10^{-1} \text{S/cm}$ という高い値が得られ、セル特性評価も進められている[15]。

2.4.7 DMFC用電解質膜

DMFCでは空気極とともに燃料極の触媒活性が不十分であることが商業化に向けての最大の課題であるが、電解質膜のメタノール透過抑制も同様に重要な克服すべき課題となっている。メタノールが対極の空気極に到達すると電極触媒上で酸素と反応し電極電位が低下するため、単なる燃料ロス以上の損失を生ずることになる。PFSA膜はそのクラスター構造に起因するメタノールのクロスリークや膨潤が使用上の問題となった。そのため、膨潤しにくい構造の膜として、部分フッ素化グラフト重合膜、炭化水素系膜の他に多孔質マトリックスをベースにした材料が提案されてきた。これらの膜はPFSA膜に比べ膨潤が抑制され、メタノールの透過も数分の一から十分の一程度に低減している。また、最近では μm ～サブ μm に口径制御された連通多孔体(3-DOM膜)にスルホン酸電解質を充填した膜では高いプロトン伝導率を確保しながら、メタノール透過が数分の一から二桁程度低減した値が報告されている[16]。細孔壁表面と電解質との相互作用に着目したものであり、興味深い。PFSA膜のようなクラスター構造が無く、またイオンが逆方向に動くため、メタノールのクロスリーク低減が期待されるアニオン膜を用いたDMFCの研究例も多くなった。アルカリを加えることでかなり大きな出力が得られている。また、卑金属系触媒が使用可能である。課題は電解質膜の化学的安定性向上である。

2.5 MEA設計と電解質分散状態の解析

最初に述べたように今のPEFC開発ブームは燃

料電池の電気自動車への適用可能性が示されたことが契機となっている。2次元反応である電極反応は本来、高出力密度を得ることは難しいが触媒をアイオノマ溶液に分散させて得られるいわゆる触媒インクを用いて、3次元的な触媒層を形成することで高出力密度が得られている[17]。アイオノマの被覆を均一にすることで、低加湿でも大電流密度でも触媒の利用率を高めることが期待されるが、触媒インクは複雑であり分散状態に関する理解はあまり進んでいない。多くの場合、試行錯誤の繰り返しにより最適化している。しかし、アイオノマの分散構造については少しずつ解析が進んでいる。希薄水溶液中における小角 X 線散乱 (SAXS) や小角中性子散乱(SANS)[18]、動的光散乱 (DLS) などによる解析ではスルホン酸基が溶液側を向いた棒状モデルやその集合体が推定されている。実際に用いる濃厚溶液については、図 7 に示すような超音波減衰法 (UAS 法, ultrasound attenuation spectroscopy) を適用し、棒状モデルをベースに分散状態解析を試みた例がある[19]。

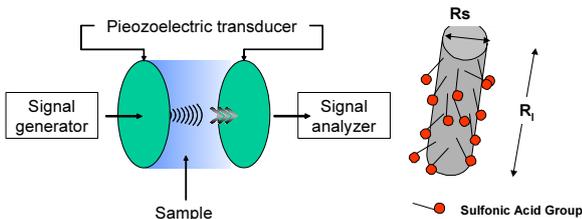


Fig.7 Principle of UAS method and radius profile of Flemion dispersion and basic figure assumed in the analysis.

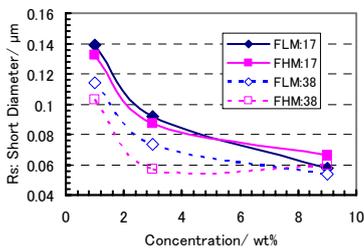


Fig.8 Influence of concentration of the two types of Flemion® on R_s (radius of dispersion particle) at 17 and 38 °C. FLH: higher molecular weight Flemion®, FLM: lower molecular weight Flemion®.

図 8 に示すように高濃度、高温条件で粒径が小さくなる結果となっている。中間濃度領域で粒径極大が予測されるが、 ζ 電位が低濃度領域、水-アルコール混合溶媒のケースで負の絶対値が大きくなるなどの挙動と合わせ、粒子内部に溶媒を取り込んだ分散形態が推定されている[19]。今後、これらの知見が MEA 調製条件にも反映されると期待される。

3. 触媒開発の動向

3.1 はじめに

燃料電池には 1830 年代の頃から白金が使用されて来た。最近ではアニオン膜を用いる例も報告されるが、多くは化学的安定性の高いスルホン酸膜を用いている。酸性溶液中では、空気極の反応、すなわち、酸素還元反応 (ORR, oxygen reduction reaction) が遅くなるため、耐酸性の高活性酸素還元触媒が必要である。また、高出力密度を得るためには反応領域である触媒層を薄くして反応種の拡散性を確保する必要がある。つまり、反応密度の高い触媒が求められる。現時点においてもこれらの条件を満足するベストな触媒は白金である。しかし、白金は希少元素である上に石油以上に生産国が偏在している。生産量の 78% が南アフリカ、14% がロシアでこの 2 カ国で 90% 以上のシェアである。そのため、低白金化技術の他に酸化物系触媒、カーボンアロイ触媒、錯体触媒などの非白金系触媒の開発が大いに注目を浴びている[20]。更に、FCV の本格商業化に向けて開発が期待されているのは頻繁な起動停止に対する耐性である。運転停止時に燃料電池内の水素燃料側を空気でパージすると電極電位が高電位に曝される。従って、触媒には高活性とともに高電位耐性が要求されている。

以下、各触媒系ごとに ORR 用触媒の開発状況を概説する。

3.2 低白金化技術

合金触媒や高担持率触媒に関する基礎技術は PAFC (リン酸形燃料電池) の開発において培われた。200°C 付近で運転される PAFC ではグラファイト化度の高い VulcanXC-72 を担体に用いたものが標準的であったが、高出力密度を特徴とする PEFC では担持率が 40~50% 以上が標準となっており、KB (ケッチェンブラック) のようなより比

表面積の大きなカーボンブラックに担持されるケースが多い。FCV 用触媒は現状の 5 倍以上の活性が求められているが、長寿命化の寄与等も含め、Pt 使用量 1/10 が目標となっている。また、FCV 用には頻繁な起動停止に耐えることが求められるが、その場合、カソード電位が 1.0V 以上、場合によっては 1.2~1.5V 以上に達することがあり、現在の Pt/C 触媒では耐久性が十分では無い。表 3 に FC 用触媒にしばしば用いられる元素の平衡電位と融点を示す。平衡論的には Pt より高電位で使える元素は限られるように見える。実際、PtPd/C 合金触媒や PtCo 等のコアシェル触媒は Pt/C の 2~3 倍の活性が得られるが、高電位での使用には制限がある。Au は Au/TiO₂ 等、ナノサイズ粒子を活用すると CO 酸化には高活性を示すことが知られており、ORR への適用も期待されるが、融点が低く微粒子化や応用上には調製上の制約が多い。それだけに FCV 用で期待されている、1V を跨いでの電圧変動に対する耐性の確保は一筋縄ではないが、逆に触媒屋には腕の見せ所とも言える。

Table3 Equilibrium potential and melting point of various elements.

	E ₀ /V	E _{C(M)=1ppm} /V	融点/°C
Au	1.50	1.382	1063
O ₂	1.23		
Pt	1.19	1.013	1769
Ir	1.16	1.042	2454
Pd	0.915	0.738	1552
C	~0.5		
Co	-0.287	-0.464	1495

低白金化技術については、多くの研究開発が進められているが、従来の合金化[21-22]は一段落し、Pt 粒径の均一化、耐酸化性担体の適用、コアシェル構造等により Pt 利用率を高める、アイオノマ被覆率向上による電気化学的な有効面積拡大などの方向が代表的である。

3.2.1 耐酸化性担体

熱処理によりグラファイト構造に近づけることにより、耐酸化性を向上したカーボン担体や化学

量論比よりずらせることで導電性を確保した金属酸化物やカーボンナノチューブを用いる方法が報告されている。一般的には従来の高比表面積のカーボンブラック (CB) に比較して、比表面積が小さくなるため、活性向上が課題である。また、平均直径 0.7 μm の高伝導性中空セラミックス担体に 3nm 程度の Pt 粒子を担持することも行われている。高比表面積の CB に酸化物ナノ粒子を担持した後に Pt を担持することによって、従来より高いセル電圧と CV 耐性を得た報告がある[23]。

なお、Pt/KB と同等の金属表面積を有する白金黒の調製が可能になっており、高電位保持には強いが、CV 耐性は不十分である。

3.2.2 担持方法

30~50%以上という、一般の化学触媒に比較すると 10~100 倍の高担持率が要求される PEFC 用触媒では、従来からコロイド保護剤など、何らかの触媒粒子の凝集抑制対策を施している。一方、触媒の安定化のためには均一粒径が有利であり、有機溶媒中に逆ミセルを分散させその中に触媒前駆体を閉じ込める、逆ミセル法が適用されている。この方法は多元系合金触媒にも適用できる。山梨大の“ナノカプセル法”ではグラファイト化担体上でも極めて粒径分布がシャープに制御できており、従来触媒より高い活性と CV 耐性が報告されている。

3.2.3 コアシェル型触媒

固体触媒の反応に直接関与するのは表面原子であり、Pt シェルをコア粒子表面に形成させた構造は Pt 原子の利用率を高めることになる。また、基体原子層との相互作用により、Pt の d-band center が変化することが DFT 計算により示されている。例えば、PtCo 触媒は PtCo コアの周囲に Pt 層が形成されており、Pt/C の 2~3 倍程度の活性が得られている。コアに Pd や Pd 合金を用いたものでは Pt/C の数倍~10 倍の活性が得られると報告されている。Pd よりも安定で、資源的にも有利な Au をコアに用いた系では同等以上の特性が示されている。現状は定電位法を含む調製プロセスとなっており、実用化には量産に適した製法の開発が必要である。

3.3 非白金系

酸性溶液中で使用可能な非白金系触媒の研究と言えば、従来は、ポルフィリン錯体触媒が中心であった。しかし、ここ数年で著しい進歩が見られ

たのがこの分野である。反応開始電圧はかなり高くなり、官学だけでなく、産業界からも注目が集まるようになった。とりわけ、カーボンアロイ系、酸化物系については重要課題として、産官学共同のコンソーシアムプロジェクトが NEDO の支援で進められている。反応メカニズムの解明、出力密度、高電位耐性の向上など、開発の進展が期待される。以下、頁数の関係もあり、最近のトピックスを略記する。詳細は参考文献[24-25]を参照されたい。

3.3.1 錯体・酵素系

酵素を電極触媒として用いる系は直接電子移動型とメディエータ型の2つに分類できる。酵素と電極を直接連結して電子移動を行わせるのが理想だが、反応中心が酵素の内部に位置することが多く、その場合は電子移動が困難である。一方、分子の酸化還元物質をメディエータとして、酵素-電極間の電子移動に介在させる方法はほぼ全ての酵素-電極系に適用できる。最近、安定で高い変換効率が得られると報告されているのは、銅を触媒活性中心にもつ酸素還元酵素（マルチ銅オキシダーゼ）である。条件にもよるが、完全4電子還元反応が可能であり、白金以上に高い変換効率が得られると報告されており、注目されている。

3.3.2 カーボンアロイ(CAC, carbon alloy catalyst)

窒化カーボンが酸素還元活性を示すことは古くから報告されていたが、ナノシェル系カーボンアロイ触媒の開発が契機となって、最近大いに注目されている。性能向上に繋がった主なブレークスルーは高分子金属錯体を利用して金属を細かく分散したことにある。従来は金属錯体と有機高分子に混合したものを炭素化していたが、凝集により大きな金属粒となり、ナノシェルのサイズも大きくなっていった。特に、窒素ドーパの系を中心に活性向上が著しく、調製条件の最適化等により反応開始電位は0.90Vに達したと報告されている。反応機構については高輝度放射光等による解析が進むとともに、グラフェンをモデルとした ORR 過程のシミュレーション解析も行われている。ジグザグエッジの谷の部位に窒素が導入されるとその両隣の炭素原子が活性化され、酸素分子を吸着することが示された。また、このカーボンアロイ触媒を用いた MEA が試作されており、OCV 0.98V、最大出力 0.53W/cm² という非貴金属触媒としては

最高値が報告されている。

3.3.3 酸化物系他

当初、光触媒の分野で検討されていた TaOxNy が ORR 活性を示すことが見いだされてから、急速に開発が進展した。Ta だけでなく、資源的に有利な Nb, Zr や Ti の系統なども広汎に検討が進められた。調製条件、組成の検討が進み、現状では出発物質として 1800°C で合成した結晶性の高いジルコニウム炭窒化物 (Zr-CN) を高温で部分酸化させて得られる Zr-CNO で最も高い活性が得られている。この触媒系も CAC と同様、NEDO のコンソーシアムプロジェクトとして、構造、反応機構の解析や評価技術、生産技術も並行して進められている。これまでに、Ta, Zr, Nb, Ti 系の反応開始電位は、それぞれ、0.96, 0.97, 0.90, 0.85V を達成している。反応機構は必ずしも明らかではないが、放射光を用いた解析等が鋭意進められている。MEA 化には、導電剤として KB を添加している。TaCNO 触媒を用いた MEA では加圧水素/酸素の条件ではあるが 0.2W/cm² を越える出力密度が得られている。今後、触媒特性の向上や MEA 設計の最適化により更なる性能向上が期待される。

4. おわりに

家庭用コージェネ、FCV、携帯機器用充電器等の市販が始まっている PEFC 用の最重要部材である電解質膜と電極触媒、特に空気極用触媒の開発状況と今後の展望について概説した。開発が始まったときには PFSA 膜と Pt 触媒しかなく、評価条件もバラバラであったが、現在では電解質と触媒に用いる素材は大きく広がった。また、評価・解析技術にも多くの分野の技術や人材が集まるようになった。今後、PEFC の本格商業化には、水素のインフラ整備とともに構成部材の単なる低コスト化・高性能化だけでなく、システムを最大限簡素化できるタフでインテリジェント化した部材開発が求められている。そのためには、新旧材料によらず基礎に立ち返って電解質や触媒の構成要素をより深く理解するとともに、MEA の使用条件を反映した評価を行うことが求められている。例えば、Pt は安定であるとともに様々な化学反応の触媒として利用されているがそれは電子雲に対する相対論の効果により表面原子の再配列が容易になっていることが一因であると説明されるようにな

って来た[26-27]が、今後はそのような知見を踏まえた触媒設計が求められるであろう。また、開発の効率化には評価方法の標準化が重要であるが、そのための参照サンプルの設定も有効と考えられ活動が開始されている[28]。今後、関係者の更なる連携強化により、開発が加速することを期待したい。

参考文献

- [1] D. Watkins, "Solid Polymer Fuel Cell Technology", 4th Annual Battery Conference, Long Beach, California(1989).
- [2] FCDIC, 燃料電池開発情報センターウェブサイト, <http://www.fcdic.com/>
- [3] FCCJ, 燃料電池実用化推進協議会ウェブサイト, <http://fccj.jp/>
- [4] Y. Nishihata, et al., "Self-regeneration of a Pd perovskite Catalyst for Automotive Emissions Control", *Nature*, **418** (2002) p.164.
- [5] M. Watanabe, "Design of Electrocatalysts for Fuel Cells", "Catalysis and Electrocatalysis at Nanoparticle Surfaces", edited by A. Wieckowski, et al, Marcel Dekker, Inc., (2003).
- [6] K. A. Mauritz and R.B. Moore, *Chem. Rev.*, **104**, (2004) 4535.
- [7] Y. Takasu, W. Sugimoto and M. Yoshitake, *Electrochemistry*, **75**, (2007) 105.
- [8] M. Yoshitake, A. Watakabe, "Perfluorinated ionic polymers for PEFCs (including supported PFSA)", *Advances in Polymer Science*, **215** (Fuel Cells I) (2008) 127.
- [9] 三洋電機 (株), 平成 12 年度固体高分子形燃料電池研究開発成果報告会要旨集, イイノホール, 東京(2001).
- [10] A.B.LaConti: Proc. of the Symposium on Electrode Materials and Process for Energy Conversion and Storage, **77**(6), (1977) 314.
- [11] 76) D.E. Curtin, R.D. Lousenberg, T.J. Henry, P.C. Tangeman, M.E. Tisack, *J. of Power Sources*, **111**, (2004) 41.
- [12] E. Endoh, *ECS Transactions*, **16**(2)(2008)1229.
- [13] T. Okazoe, E. Murotani, K. Watanabe, M. Itoh, D. Shirakawa, K. Kawahara, I. Kaneko, S. Tatematsu, *J. Fluorine Chem.*, **125**, (2004) 1695.
- [14] S. Hommura, et al., *J. Electrochem.Soc.*, **155**(1)(2008)A29.
- [15] H. Nakamoto and M. Watanabe, "Brønsted Acid-Base Ionic Liquids for Fuel Cell Electrolytes", *Chem. Commun.*, (2007) 2542.
- [16] H. Munakata, et al, *J. of Power Sources*, **178**(2008)596.
- [17] 藤田雄耕, 谷川郁夫, 「イオン交換樹脂膜—電極接合体の製造法」, 特開昭 61-67789, (1986).
- [18] P. Aldebert, B. Dreyfus, G. Gebel, N. Nakamura, M. Pineri, and F. Volino, *J. Phys. France*, **49**, (1988) 2101.
- [19] 吉武, 「UAS 法による PFSA 分散構造解析」, 第 58 回高分子討論会予稿集, W-08, 熊本 (2009).
- [20] NEDO 燃料電池・水素技術開発 平成 20 年度成果報告シンポジウム, (2009).
- [21] N.M. Marcovic, et al., "Physical and Electrochemical Characterization of Bimetallic Nanoparticle Electrocatalysts", "Catalysis and Electrocatalysis at Nanoparticle Surfaces", edited by A. Wieckowski, et al, Marcel Dekker, Inc., (2003)pp311-342.
- [22] M. Watanabe, "Design of Electrochatalyst for Fuel Cells", edited by A. Wieckowski, E. Savinova and C.G. Vaynes, (2003) pp.827-845.
- [23] 吉武他, 「PEFC 用ナノ構造化電極触媒の設計と予察的的評価」, 第 104 回触媒討論会討論会 A 講演予稿集, (2009)241. 又は, http://www.shokubai.org/meeting/topics/104_4F09.pdf
- [24] 機能材料, **29** (2009), 特集, 固体高分子形燃料電池の脱白金をめざした開発現状.
- [25] 中村潤児, 近藤剛弘, 表面科学からみた脱白金電極触媒の設計指針, 機能材料, **29** (2009) 58.
- [26] 村田好正, 相対論がプラチナを触媒にする, 岩波書店 (2006).
- [27] 村田好正, 表面科学, **29** (2008) 284.
- [28] 燃料電池関連触媒研究会, 「「参照触媒・評価法検討会」の活動」, 平成 21 年度触媒学会燃料電池関連触媒研究会第 2 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー—低白金化技術—講演要旨集, (2009).

トロント大学留学記
Study Report at University of Toronto
“Graduate Education from Student's Viewpoint”

寺本 勝行 (京都大学)

Katsuyuki TERAMOTO (Kyoto University)

e-mail: katsuyuki.teramoto@t05102517.mbox.media.kyoto-u.ac.jp

京都大学 大学院 工学研究科 航空宇宙工学専攻 熱工学研究室 修士1回生の寺本勝行と申します。昨年2009年の9月より1学期間、University of Toronto, Canadaへ京都大学からの交換留学生として留学し、Department of Chemical Engineering and Applied Chemistryにおいて勉強をさせていただきました。また、本伝熱学会の会員でもいらっしゃいます川路正裕先生の研究室に入れていただき、授業だけではなく現地での研究室生活も経験させていただきました。カナダでの5ヶ月弱の生活を、留学の位置づけ、現地での大学院生としての生活、授業、研究室という切り口で、日本との差異にも言及しながら、また制度を上から見る立場ではなくその中で学ぶ学生の視点に基づき、留学記としてまとめさせていただきたいと思います。

1. 留学の位置付けと意義

大学院での交換留学。本留学記を書くに際し、この位置付けだけはまずはっきりと説明をさせていただく必要があります。というのも、私がさせていただいたこの留学形態は、学部レベルにおいて授業を履修することを主とする交換留学でもなく、研究のみを行うことを目的とした研究留学でもない、そのどちらも兼ねたある意味でおいしいところ取りとも言えるものであったということです。従ってわずか5ヶ月弱という短期間ですが、修士課程1回生というこの時期だからこそできたものであり、その意義を客観的に考えて、来年以降の院生に対しても強く勧められるものであると思います。それはまず、自分の研究を一旦離れ少し違ったテーマを学ぶことで知識知恵の両方向からのbuild upが行えること。大学院ならではの分厚い授業（それについては後述します）により、研究と机上の学問を結びつける機会となること、同じ目標を持つ一方で異なった価値観を持つ学生たちとの出会いの中で、自身のキャリア設計を考

える大きなきっかけとなること、などが挙げられます。

少し話が飛躍してしまいましたが、こういった位置付けであったからこそ見ることの出来た教育と研究について、まずは実際の大学院生としての学生生活がどのようなものか、そこから述べていきたいと思えます。

2. 学生生活

留学先における大学院生としての生活がいったいどのようなものなのか、学生の立場からの具体的な情報は留学説明会などでもなかなか得られないかと思えます。答えはシンプル、枠組みは日本と変わりません。授業+研究です。朝研究室へ行き授業時間に授業へ。その他は研究室の自分の机で研究、勉強をする。強いて違いを挙げるのであれば、授業時間です。日本では通常1~5限目のタイムテーブルがあり、そこに授業がはめられると思います。京都大学では専門科目はほとんどが午前中、午後は研究にという形です。一方トロント大学では各授業が先生によって○曜日○時~○時のように1つずつ定められます。また多くは夕方~夜に行われていました。

では学生生活に違いはないのか。もちろんそんなことはなく、自身が所属する課程にもよりますが、一見似たような枠組みに見える中で、個々の要素である研究室、研究内容、授業。こういったものと学生の接点、また位置付けが大きく異なります。まずは課程の違いから、順々に検討していきます。

3. 各課程の修業要件とそこから見受けられる教育方針

修士1回生の前期を日本で勉強し海を渡った私にとって気になったのは、現地でのマスターコースでの修業要件です。実はここに大きな差があり、

これは授業の位置づけと合わせ、カナダと日本の教育方針の大きな違いだと感じさせられる部分でした。

というのも、京都大学における修士課程は授業10個(20単位)と研究が求められており、実際はその10個の授業の殆どを修士1回生の前期に履修するため、授業ばかりの前期と成らざるを得ないのが現状です。それに対しカナダではそもそもマスターコースが2つあり、Master of Applied Science (MASc)と Master of Engineering (MEng)に分けられます。前者は研究に主眼を置いており日本のマスターもこれに対応すると思うのですが、要求される授業数は3つです。後者は主に授業を取った証とも呼べ、授業10個のみまたは授業7個+3ヶ月の short research です。

研究の質と量で日本のマスターに相当する MASc がなぜ授業数3つのみでよいのか。また3つのうち1つは例えば経済学研究科の授業でもよいなどの幅広さも兼ね備えているのか。私が感じたこれに対する答え、それは日本では各人の専門分野に対しその関連知識を多くかつ深く持つことが強調されており、それを授業を通じてカバーしようとするのに対し、カナダでは各自の研究の基礎となる部分を分厚く持つことを授業でカバーし関連知識を学ぶ土台は作るが、関連知識や深い知識は必要に応じて各人が学習していくものと捉えている。一方で工学とは全く違う分野の視点を養うことも重視されているというものです。研究室の同僚の授業に対する姿勢と学習方法を見てもこれは感じたものであり、どちらが良い悪いではなく、高等教育の捉え方の違い、如いては文化の違いにも繋がっているのではないかと感じられるところでした。

4. 授業

ここでは私がカナダで履修した2つの専門科目、“Transport Phenomena”と“Efficient Use of Energy”を基に、私が感じた授業の質的な日本との差異について述べたいと思います。差異のキーワード。これは大きく二つあります。「先生方の授業に対する姿勢」と「授業が目指しているべきもの」。ここが異なりました。

姿勢、こういうと日本では先生方に授業に対する姿勢が消極的なのか?と誤解を招きそうですが、

もちろんそういうわけではありません。私自身今まで熱い先生、質の高い授業をいくつも経験してきました。ただカナダでは、先生が授業の準備に割いている時間が非常に大きいように感じました。講義、課題、その採点など枠組みがより明確で、細かなところにいたる資料までカバーされている。先生が「授業」というものを日本の一般的な価値観以上に重視しておられたように感じました。

もう一つは授業の目指すべきところ。これも私個人の印象ですが、日本において私自身が学部時代より4年半にわたって受けてきた多くの授業は、難しい理論や美しい体系が強調され、具体的に何が起きているのか掴みにくい。先生方が研究されている最先端の理論に到達することが強調され、実際の学生段階でのレベルを超越している。演習問題数が少ない。試験では授業や演習で学習した問題やその類題が出されることが多く、短い試験時間の中でその再現をするだけである。そのようなものが多かったように思います。それに対しカナダでは、抽象化しすぎた議論ではなく実際に起きていることをベースにした授業であった。学生のレベルとして必要などころに焦点を当てている。演習問題が非常に多く、しかも全てに解答が配布され、解きこむことでより現象の理解が深まる。変に抽象化されていない一方、必要にして十分などころをカバーし、分厚く勉強する。試験では大量の問題を解きこんだことを前提に、ある実際の状況を仮定し、それを長時間使って考えさせる。私が履修したものは専門ではたった2つであり一般化など到底できませんが、その他友人の話なども含めこのような印象を受けました。こういった授業内容の質的なスタンスの違いも、先に述べた高等教育に対する捉え方の違いを示しているように私個人には映りました。

5. 学生の授業への取り組み方と特徴

授業に対する学生の姿勢も非常に積極的でした。先生に対する質問の積極性とどまらず、学生間での議論も盛んであり、授業前などにも偶然隣に座った人からここはどう思う?など唐突に話しかけられることもあり、そこから議論になる。課題が出れば、自分の友人、友人の友人、またその友人など、自分の直接の知人でない人たちも含め、議論し検証していく。数式の解釈や物理現象の意

味など、人によって捉え方が違うものを皆がその違いや各人のアイデアを共有することで各々の理解を深めていく。こういったものの中心に授業がある。そんな印象でした。

学生の特徴を一般化するのは難しいですが、一つ全体的に言えることは「概念」に長けている人が多いということです。難しい、あるいは複雑な数式を追いかけていくことはどちらかというと苦手だが、何が起きているのか物理現象に対する概念は持っている。数式を通じてではなく、まずは直感でしかし正確に現象を掴む。こういった特徴を感じましたし、これは自分も含め日本における友人から感じられるものとの大きな違いでした。

6. 研究室と研究姿勢

それでは次に研究室に焦点を当てたいと思います。研究室という枠組みに対する学生の接し方、各学生の研究室における研究に対する姿勢。私自身が入らせていただいた川路先生の研究室と、知り合った友人達の研究室の様子から感じ得たキーワード、それは「自立」と「責任感」です。

まずは「自立」。これは、各学生が各々のペースで、各々の計画に基づき、各々考え、自分で研究を進めていく。その中で先生のアドバイス、指導を自分から求めていく。この姿勢です。当然ではないか？と思われるかもしれませんが、学生が自分で作っていく部分、その比重が日本の研究室よりも格段に多いと感じました。例えば日本で一般的な毎週定例の研究会のようなものもなく、そこでの発表のためにこの日までにあーだこーだ…というスタンスとは根本的に異なります。常に自身のキャリアデザインが頭にあり、何年で Ph.D. を取るにはいつまでにこれを…という計算を基にプラン立てが各自なされていました。これは日本との大きな違い、何年で学位がもらえて卒業できる（特に修士課程）という期間での区切りではなく、ここまで研究が進められれば学位が取れるという成果主義によるものではないかと思われます。

そういった意味での自立は、逆に日本での決められた研究会以上に他の学生の研究内容を共有し学ぶ機会となります。受身ではないからです。研究室の同僚が何を研究しているのか、どのような知識・技術を持っているのか、どういったアイデアを問題解決に用いているのかなど、自分から能

動的に動かないと情報は入ってきません。皆が自分のキャリアデザインを基に動き考え研究を進める中では、そういった能動性はあたかも当然であり、私が居た部屋においても、学生同士の知識の伝達、研究の相談、議論が日々行われていましたし、私もそこに混ぜていただき、質問もすれば逆にアイデアを求められ自分の知識と意見を発信する機会もありました。

もう一つのキーワード「責任感」。カナダで学生が持っていた研究に対する責任感、これは日本と質的に全く異なるものでした。日本での研究に対する責任感、先生と生徒のいわゆる師弟関係に基づくものと呼べるのではないかと思います。一方カナダでは研究を一つの仕事と捉え、実際にそれに対する対価、つまり給料が支払われるというシステムであり、これはより明確な責任意識を促していました。日本でも研究員の方々では当然かと思いますが、それが私と同じ修士課程でも行われているのは、話には聞いていましたが実際に見てみて明らかな差を感じました。事実、同じ修士 1 回生である研究室の同僚も、例えば授業の忙しさによる研究の進捗状況の遅れなどを気にする際に、お金をもらっているのにも関わらず申し訳ない…というビジネスマインドに起因する責任を感じているのがひしひしと伝わってきました。それは、学生であり学ぶ立場でありながら一方で研究者としての立場でもある、という自負と自覚を良い意味でもたらしているように感じました。

7. 学生に対する経済支援

研究に対して給料が支払われるというシステムは、研究者としての自覚や自負以外に人材育成という意味でも大きく貢献しているのではないかと意を抱きました。

日本では研究者を志す人を除き、一般的に博士課程は敬遠されがちです。事実一般的な企業への理系就職では修士課程の方が有利、あるいは有利とは言わなくとも博士課程がアドバンテージにならないという現状があります。これは社会的な通念や親が大学まで面倒を見ることを一般的とするアジア圏の文化の影響もあり別の議論となりますが、現在就職を志す修士 1 回生の私の立場としても、早く経済的に自立したい思いと自立しなければならぬ現状というものがあります。しかしカ

ナダではマスターや Ph.D.の学生として研究をしていることに給与が支払われるため、経済的な自立のために博士を敬遠するという状況は見られませんでした。事実、私の所属していた研究室でも Ph.D.の留学生が大半で、むしろマスターの方が少ないという現状でした。

日本では企業に入ってから教育、専門性+社会性の両面からの人材育成が成されるとの話も聞くので一概に言えないとは思いますが、カナダでのこのシステムは優秀な人材を育てる、また世界から集めるのに一役買っているのは間違いなく、そういった意味で日本でもそれについての検討がもっと成されるべきでは？と学生の立場ながら感じました。

またもう一つ経済的な自立を促すものとして、日本に比べ大学内での TA (Teaching Assistant) の制度がより整っていることが挙げられます。Ph.D.の学生のみならずマスターの生徒に対しても TA の仕事が多く提供されていました。これは特に海外からの優秀な学生を集めるのに大切ではないかと感じます。私個人は(独)日本学生支援機構(Japan Student Services Organization, JASSO)から奨学金を頂き何とか留学ができましたが、やはり経済面では厳しいものがありました。経済的な負担が大きな外国からの留学生にとって、またその国で学位を取るために数年間滞在するような学生にとっては、scholarship に加え TA システムの拡充は重要な意味を成すのではないかと感じました。

8. 組織内での役割

上述したTAの制度の拡充は、もう一つの側面、すなわちある人にはある仕事があり、またその人がその仕事を成すべきだ、という考え方が根本にあるよう感じました。これは、例えば試験監督というTAの仕事がある=先生方はその間研究や教育など先生方でしかできない仕事を行える、というものです。

留学生活においてこの考え方を掴むことは非常に重要だと思います。というのも例えば大学内において、このことはこの人の仕事、分からなければこの人に聞け。ということが明確です。事務的な作業から技術的な作業まで各人の仕事内容がはっきりしているため、研究において行き詰まった際や装置のことで相談したいことがあった際に、

誰に聞きに行くべきなのかがはっきりします。ある作業に対する事務手続きが複雑であってもそれを管理している人が明確であるため、あちらこちらに奔走し無駄な時間を取られることもありません。こういった各人の仕事と責任の明確化の本来の目的ではないかもしれませんが、これは研究の効率化と的確な知識見識の伝授に一役買っているように感じられました。

9. 結論

色々な切り口で学生の立場として留学というものを振り返って見ましたが、一見似たような枠組みの中に垣間見られる意識、捉え方、また役割の違いはやはり文化と価値観に起因するものだと思います。異なる価値観を持つ環境での学習と研究は、同一事象であっても、また結論が例え同じであっても解釈の差異をもたらす、それが学習と研究の幅を広げてくれる。そういった意味で留学の意味の大きさを感じています。この留学に際しお世話になりました川路先生をはじめとする先生方、留学生課の方々、家族、友人、皆に感謝の気持ちを大きく抱くとともに、今その留学で得られたものを自身の次に生かしていきたい、また自分の後輩たちにも伝えていきたい、そう考えています。



写真：工学部校舎内の展示の一角

トロント大学工学部にゆかりの有る先生方の業績が写真と共に展示・説明されていました。先人達を称え、またそれを伝承していく、という姿勢が強く感じられる一面でした。

プラグインハイブリッド電気自動車の開発

Development of a Plug-in Hybrid Vehicle

阿部 眞一 (トヨタ自動車株式会社)
Shinichi ABE (Toyota Motor Corporation)

1. はじめに

自動車の抱える課題として、CO₂ 排出による地球温暖化、排気ガスによる都市部大気汚染、石油資源の枯渇などが挙げられる。近年、上記課題に対してハイブリッド車（以降 HV と記述）が現実的な解として市場から高い評価を得ている。HV はモーターや電池を使い運動エネルギーを減速時に回収するなど、従来自動車に比べて大幅な低燃費・低排出ガスを実現することが可能である。また、車両としての使い勝手も従来車と変わらない為、市場に大量普及した。

一方、より低燃費・低排出ガスを実現するために電気自動車（以降 EV と記述）が注目を集めている。EV は外部電源から充電したエネルギーを使用して走行するため、走行時の CO₂ 排出や、大気汚染の原因となる排気ガスの排出をゼロとすることができる。しかし、EV の課題はその航続距離の短さにあり、最新のリチウムイオン電池を用いても、エネルギー密度は化石燃料に比べ 50 分の 1 程度に留まる。電池を大量に搭載すれば航続距離は延長できるが、室内空間や車両重量の増加を招き、車両としての使い勝手が劣り、大容量電池を短時間で充電するための大量のインフラ整備やその経済成立性の検証も必要になる。また、寒冷地等では室内空調のために航続距離が更に短縮されるなど、従来車と同一の性能を求めると、使い勝手は従来車に比べて大幅に劣る。このような理由から、EV のマーケットは都市内の短距離移動に特化した車両に限定され、従来車の代替にはならないと考えられる。

このような状況の中、EV の欠点である航続距離の不安を解消しつつ、電気の有効利用が可能なプラグインハイブリッド車（以降 PHV と記述）が注目を集めている。本稿では新たに開発した PHV の特徴や、車両、システム開発について述べる。

2. PHV の特徴

一般の乗用車の 1 日当たりの走行距離は比較的短いと言われている。この特徴を利用して電気の有効利用を図ったのが PHV である。PHV は HV と EV の利点のみを共有したもので、HV に対して電池を積み増し、外部電源からのエネルギー供給を可能にした車両である（図 1）。外部電源からの充電エネルギーを車両側電池に蓄えることで限られた距離以下であれば EV の特徴を有しているが、電池のエネルギーを使いきった後は HV 同様にガソリンエンジンのエネルギーで走行することが可能である（図 2）。一般的な乗用車の使われ方を想定すると、平日の通勤時は比較的短距離を EV 走行でまかない、週末の遠出時には、EV 走行が終了した後は、HV 走行で長距離の運転が可能である。このような PHV のコンセプトにより、EV の利点である電気利用を促進することが可能となり、また、HV の利点である航続距離や使い勝手の向上も可能となり、現在大量に普及している従来車の代替となり得る。

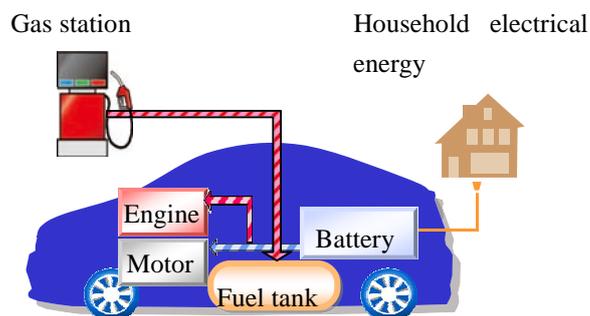


図 1 PHV コンセプト

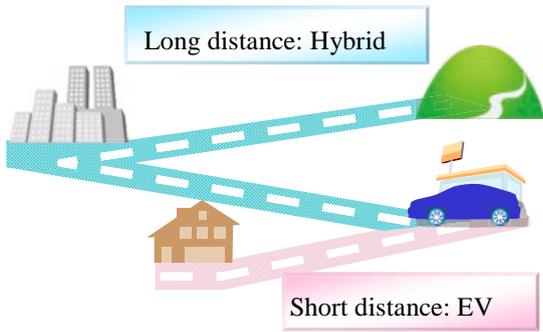


図2 Example usage scenarios of Toyota PHV

図3にバッテリーの充電状態(SOC)の変化を、HVとPHVの比較で記す。HVは外部からの充電が無いため、SOC状態に関係なく、任意のSOCを中心となるように電池エネルギーを制御する。外部充電可能なPHVはSOCによって2つの走行モードが存在する。1つ目はCharge Depleting(CD) Modeで、SOCが任意の値より上である場合にはEV走行を多用し、外部充電エネルギーを優先的に使用するためSOCを減らしながら走行する。2つ目はCharge Sustaining(CS) Modeで、SOCが任意の値に到達した後は、HV同様にSOCを保つように走行しHV並みの航続距離が実現できる。このようにHVをベースとして電池容量を拡大し、PHVのSOCをバッテリーの残量に応じて制御するだけで、EVとHVの利点を容易に実現できる。

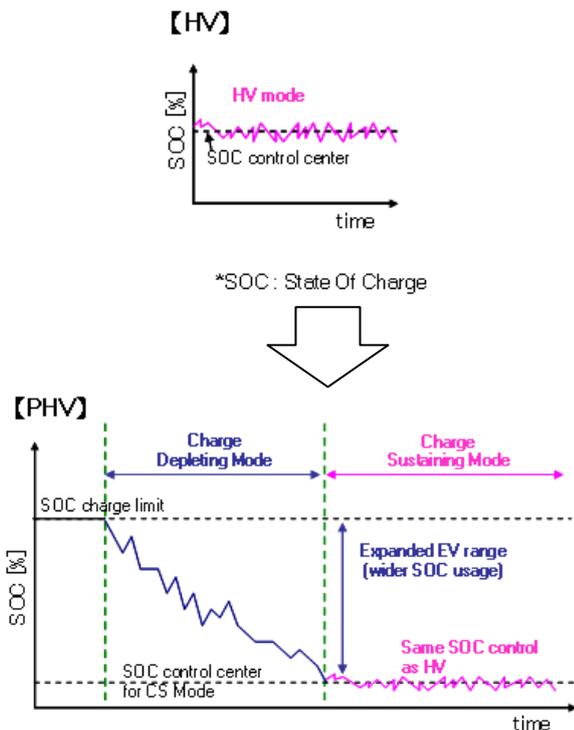


図3 SOC挙動比較

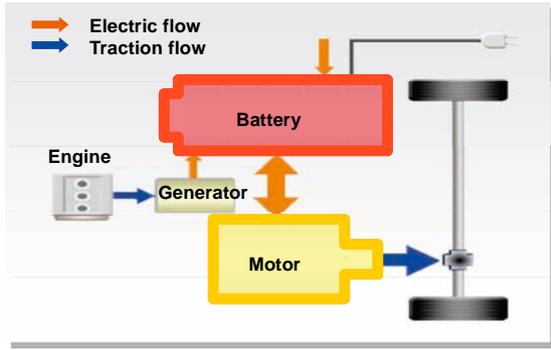
3. 開発の狙い

今回開発したPHVは600台程度を各国の特定ユーザにリース販売する目的で開発をした。前述のように乗用車の一日当たりの走行距離は比較的短く、短距離はEV走行でまかなうというPHVのコンセプトが妥当であるかを検証する事や、従来HVには無い外部充電装置の各国適合性を検証し、2年後の一般大量販売を目指すフェーズインの位置付けである。このため、既存のHVシステムをベースに、エンジン、モーター、パワーコントロールユニット(PCU)等のHV構成部品の変更規模を最小限にし、将来の大量普及につながるPHVシステムを開発した。

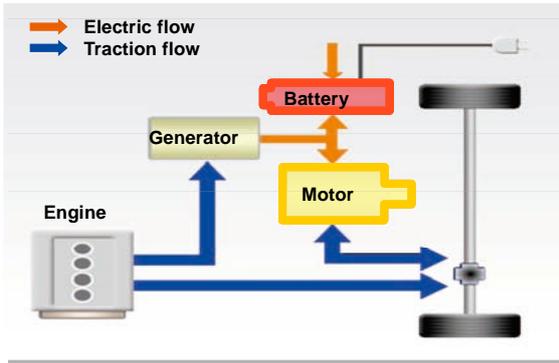
4. システム設計

4.1 PHVのタイプ

PHVにも様々な方式が考えられるが、電気による駆動力と内燃機関による駆動力の使い方により大きく2つに分けることができる。一つ目は外部電源より蓄えたエネルギーで走行している間は電池のエネルギーのみで走行し、電池の残存エネルギーが所定以下となった後にエンジンを始動するAER(All Electric Range)タイプである。もう一つは、電池のエネルギーの状態に依存せず、ドライバーの駆動力要求や車速の状況によっては電気と内燃機関による駆動力を足し合わせて走行するBLENDEDタイプである。これらのタイプの構成の一例を図4に示す。また、それぞれのタイプの特徴を表1に示す。同じ車両性能を実現することを考えると、BLENDEDタイプの方が車両を低コスト、小体格で実現することが可能であり、市場適合性があると考えられる(文献[1])。独自に実際に小型のPHVにより市場調査を実施した結果を図5に示す。図5から、最大パワーとしては稀に最大出力(100kW程度)を必要とすることもあるが、90%以上は30kW以下のパワーで走行していることがわかる。このことから、30kW程度の電池を積んだBLENDEDタイプのPHVでも十分に市場適合性があると考えられる。また、既存のTHSシステムからの変更点もBLENDEDタイプの方が小規模となり、この意味でも低コストでPHVを実現することが可能となる。



AER type (EV base) PHV



Blended type (HV base) PHV

Mode	AER type	Blended type
Charge Depleting	Battery only	mainly battery + Engine if need
Charge Sustaining	mainly Engine	mainly Engine + Battery if need

図 4 PEHV システム比較

表 1 PHEV 比較

	EV	PHV (AER, EV base)	PHV (Blended, HV base)	HV
CO2 reduction	++	+ / ++	+ / ++	+
Driving distance	-	+	++	++
Charging time	-	+ -	+	++
Special infrastructure	- (need)	- (need)	+	++
Cost	--	-	+	++

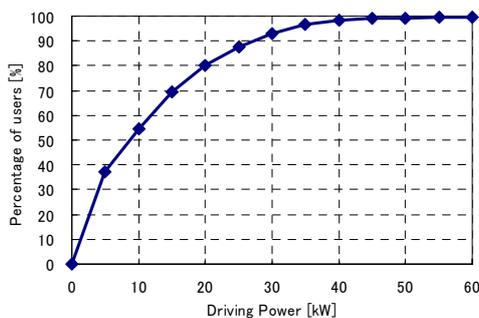


図 5 EV Power Usage

4.2 EV 距離

図 6 に各地域での一般的なユーザの走行距離と頻度の分布を示す。日本、欧州では半数のユーザが一日の走行距離が 20km 以下であり、北米でも約 40%のユーザが一日の走行距離が 20km 以下であることがわかる。また、2007 年から 2009 年にかけて、小型の PHV で市場調査を実施した結果からも、20km 程度の EV 走行距離があれば日常の利用に十分であると考えた。搭載する電池を増やせば EV 走行距離は伸びるが、車両重量や価格のアップ、荷室容量の縮小等の影響を考慮し、トータルの商品性も踏まえた EV 距離を設定した。

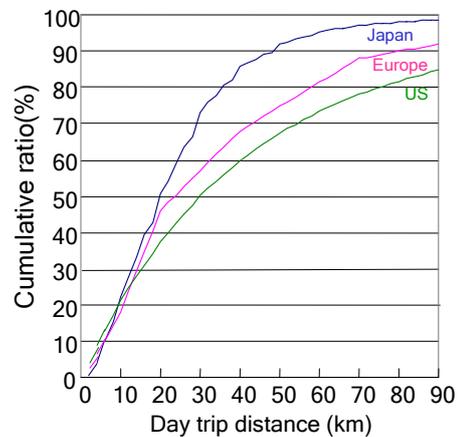
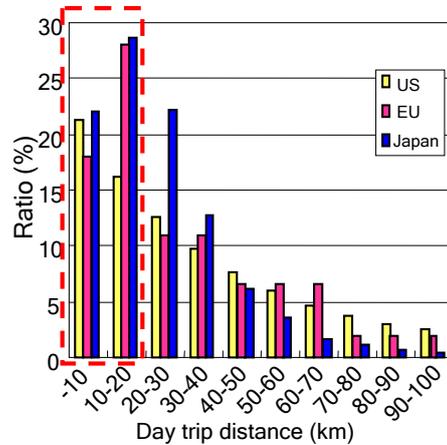


図 6 ユーザー走行頻度分布

4.3 システム構成

Prius とのシステム構成の比較を図 7.9 に示す。主な変化点を以下に記す。

- ・リチウムイオン電池
- ・100V/200V 充電器
- ・低圧密閉燃料タンク

基本的なシステムは Prius そのままに、Prius

Plug-in Hybrid は電池のパワー，エネルギーを増加し，外部充電機能を搭載した．それぞれの変化点の詳細について以下に説明する．

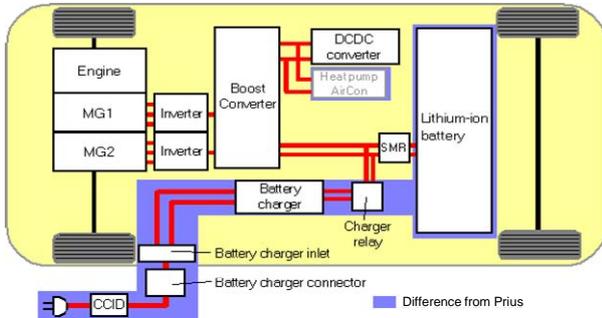


図7 プリウスからの変更点

5. コンポーネント諸元

5.1 Li 電池

PHV 用にリチウムイオン電池を開発．軽量化，小型化，高出力化を実現した．HV 用の電池としては NiMH でも十分に市場適合性はあるが，PHV 用の電池としてはよりエネルギー密度の高いリチウムイオン電池が必須であると考えた (図8)．

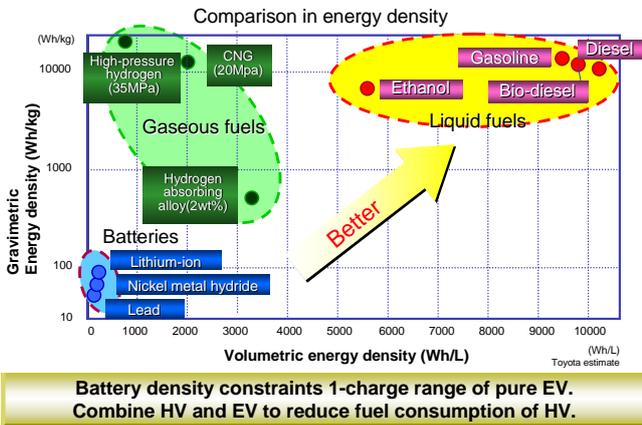


図8 エネルギー比較

表2 電池特性

	HV	PHV
Nominal Voltage (V)	202.6V	345.6V
Nominal Capacity (kWh)	1.3kWh	5.2kWh
Weight (kg)	42kg	160kg

リチウムイオン電池は経年による容量低下が大きな課題の一つであるが，定圧拘束構造の採用や冷却性能の向上などにより性能を向上させることが可能となった．また，電池の使い方を PHV 用に考え直すことで，電池エネルギーをより効果的に取り出すことが可能となった．また，PHV の大型電池用に電池パック構造を見直すことにより，各国の厳しい衝突安全基準を満足することができた．

5.2 充電システム

5.2.1 充電コネクタ

車両側の充電インレットと勘合することにより AC 電力を車両に給電する機能を有し，また，充電コネクタとインレットとの勘合状態を検知するためのスイッチを内蔵している．

5.2.2 充電インレット

充電コネクタと勘合することにより AC 電力を充電器へ給電する．また，CCID(Charging Circuit Interrupter Device)からの信号を ECU に通知する機能を有する．本充電インレットは充電コネクタと同様，小型・軽量化により搭載性向上を図っている．

5.2.3 充電器

充電器は家庭用電源から供給される AC 電力を DC 電力に変換しバッテリーに充電する．また，変換時に発生する熱の冷却は充電器内の FAN にて空冷する方式を取った．充電器は運転席シート下に搭載するために従来の充電器と比べてサイズを大幅に小型化した．

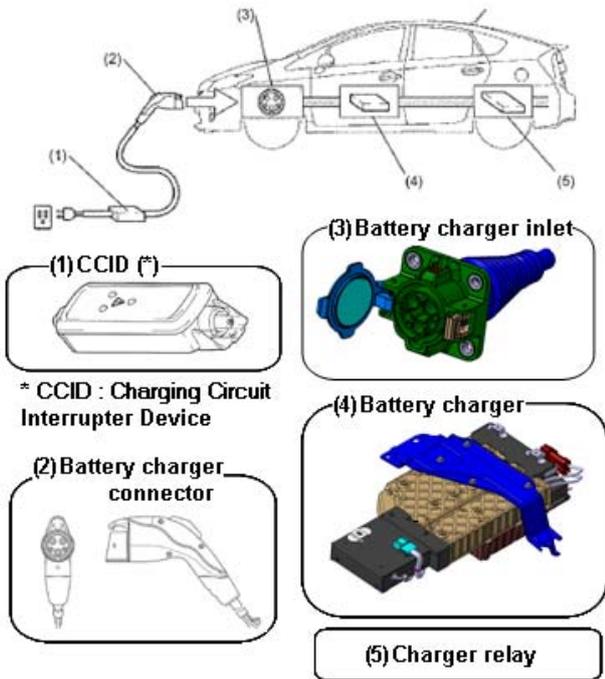


図9 プリウスからの追加要素

6. 車両性能

6.1 PHV 燃費

Prius に比べ 150kg 程度の車重増となるが、CS モードにおいても電池の回生パワー拡大、電圧アップによる昇圧時のスイッチング損失の低減などで、積み増した電池の性能を最大限に活かし、ベース HV 同等の低燃費を実現した。CD モードが加味された各国の PHV の認証試験の結果（表 3）においても、ベース HV に対して大幅に燃費が向上していることがわかる。

表 3 モード燃費比較

	ベースHV	PHV*
USA(CITY)	51mpg	表示法未決定
Europe(EC)	89g/km	59g/km
Japan(JC08)	32.6km/L	57km/L

* Combined FE of Plug-in EV mode and HV mode.

USA(City)の燃費を基に満充電状態からの走行距離と燃費の関係を計算した結果を図 10 に示す。実線は開発した PHV の燃費、破線はベース HV の燃費を示す。ここから、CD モード終了後でも走行開始からの燃費で PHV が優位性を保っている

ことがわかる。例えば、図 6 の市場での実走行距離で考えても、50%の人（走行距離 30km 以下）は 2.4 倍以上の低燃費となり、90%の人（走行距離 100km 以下）でも 1.2 倍程度の低燃費となることができる。

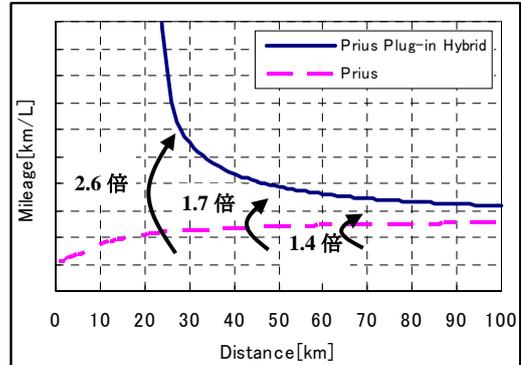


図 10 燃費効果

また、発電時の CO₂ 排出も含めた総排出 CO₂ 量で比較しても、PHV はベース HV と比べて優位性があることが図 11 よりわかる。

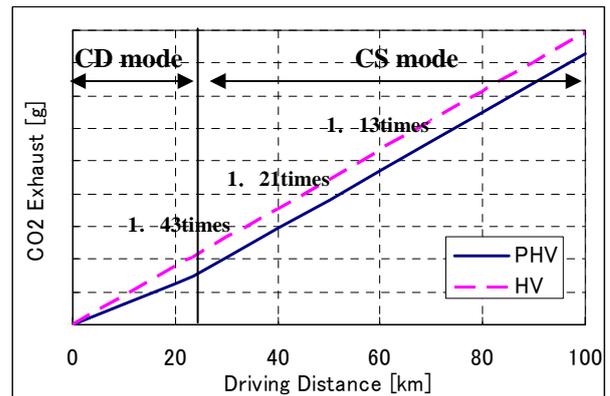


図 11 走行距離と CO₂ 排出量

本 PHV システムでは、実路での CO₂ 排出量を減らすための工夫も実施している。図 12 に示すのがそのための表示であるが、これによりユーザは現在の走行パワーとエンジンを始動させるパワーの関係を一目で知ることができ、これにより CD モード中は必要時以外はガソリンのエネルギーを使わず電池エネルギーのみを使って走行することができる。その結果、実走行で排出する CO₂ や大気汚染ガスを減らすことが可能となる。

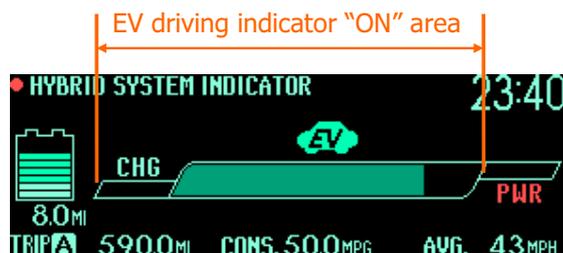


図 12 ハイブリッドシステムインジケータ

6.2 EV 距離

表 4 に示すように、北米、欧州、日本の各代表走行パターンにて目標としていた 20km 以上の EV 距離を実現することができた。

表 4 EV 距離 (認証モード)

	EV Distance
USA(CITY)	14mile(*)
Europe(EC)	21.9km (**)
Japan(JC08)	23.4km (*)

* : Equivalent All Electric Range

** : Off Vehicle Charge Range

6.3 エミッション

排気浄化性能として触媒暖機制御の従来 HV からの改良, 密閉タンクシステムの採用などにより, CD/CS モード共に Prius 同等以上の性能を達成することができた。これは北米、欧州、日本でそれぞれ最高クラスの排気性能であることを意味する。

表 5 排気対応規制

	HV	PHV
USA	AT-PZEV	AT-PZEV
Europe	Euro5	Euro5
Japan	J-SULEV	J-SULEV

7. 将来展望

エネルギーセキュリティ、CO₂ 低減、エミッション低減の観点から、車両への電気利用の促進は将来必要になる。EV はこの電気利用の解とし

て有効であるが、航続距離、電池コスト、電池寿命、車両パッケージ、充電時間、充電インフラなどの解決すべき課題が多い。このため、都市部の短距離移動に限定され車両に留まり、大量普及にはまだ時間を要すると考えられる。

一方 PHV は、現在大量に普及している乗用車の一日当たりの走行距離は比較的短いという特性を利用し、EV の利点である電気利用の促進が可能で、HV の利点である長い航続距離や寒冷地等を含めた車の使い勝手の良さを併せ持つ車両である。また、現在大量に普及しつつある HV をベースとし、電池容量の拡大により簡単に構成できるため、低コストなシステム構成が可能である。

以上のことから、PHV は電気利用の現実解と考え、2 年後の量産販売を目指し開発を継続している。更に将来的には、再生可能エネルギーによる発電と、バイオ・合成燃料との組み合わせにより、持続可能な車社会の一つの解となり得ると考えられる。

8. まとめ

- PHV は EV の利点である電気利用の促進と HV の利点である長い航続距離の両立が可能。
- 従来 HV をベースにシステム変更を最小限にした PHV を開発した。
- この PHV は車両パッケージ等、従来車の性能を犠牲にすることなく、20km の EV 走行が可能である。
- ベース HV に対して 75% の燃費向上を実現した (日本、JC08 モード)。
- エミッションは各地域の最も厳しいレギュレーションに対応させた。
- PHV は電気利用の現実解として大量普及するポテンシャルを有する。

9. 参考文献

- [1] Masayuki Komatsu et al. : Study on the potential benefits of Plug-in hybrid systems, SAE 2008-01-0456 (2009)
- [2] Takuji Matsubara, Hideaki Yaguchi, Toshifumi Takaoka, Kunihiko Jinno: Development of New Hybrid System for Compact Class Vehicles, SAE2009-01-1332

第7回エネルギー変換工学に関する国際会議〔IECEC2009〕報告

Report on 7th International Energy Conversion Engineering Conference & Exhibit

丸山 直樹 (三重大学)

Naoki MARUYAMA (Mie University)

e-mail: naoki@mach.mie-u.ac.jp

2009年8月2日から5日に、米国コロラド州デンバーにてアメリカ航空宇宙学会(AIAA)主催の7th International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC2009)が開催された。2003年にバージニア州ポーツマスで開催されて以来、第7回を迎えることになった。今回は、AIAA/ASME/SAE/ASEEのJoint Propulsion Conference & Exhibit(JPC)と同時開催となった。AIAAの主催であるが、航空宇宙分野に限らず、地上を含めた広い領域のエネルギー変換技術ならびにその応用に関する国際会議である。開催日程は、日本からの申し出や各種行事との兼ね合いにより、これまで6月から8月にかけて時期を変えつつ開催されてきたが、ここ数年、7月最終週から8月第1週に落ち着いてきた。

期間中、一般講演に加え9件のキーノートと8件のパネルディスカッションが組まれた。一般講演は、表1に示す6つのトピックスから成り、更に詳細なセッションで構成された。この中、日本からは6件の発表があった。各講演室では、時間もあまり気にせずディスカッションがされていた。会議の名称にもあるように、エネルギー変換に関するものが多いが、環境影響評価に関する発表もあった。参加者の多くは米国からで、米国外からの参加者は多くはなかった。本国際会議は、かつてのIECECに対して、より多くの海外からの発表

を期待して開催されるようになったが、参加者も徐々に固定化し、とくに海外からの参加者は毎年同じ顔ぶれになりつつある。会期中に開催されたIECEC運営委員会では、次年度以降の開催について検討された。論文の質を向上させつつも論文数、参加者数の増加、とくに“International”の文字にふさわしく日本、アジアをはじめとする米国外からの研究者、技術者の参加が期待されている。このため、運営委員それぞれが各地域でより綿密な情報提供を行うことになった。

しかしながら、今回よりJPCとの同時開催となったため、従来に比べて申込期日が約2ヵ月早まった。このため、会議開催から次回申し込みまで数ヶ月しかなく、会議の案内など、若干慌ただしさを感じるようになった。

なお、本国際会議には、日本伝熱学会にご協賛を戴きました。ここに記してお礼申し上げます。

2010年度は、以下のようにNashvilleで開催されます。ご関連分野の方々にはぜひご参加下さいますよう、併せてご案内申し上げます。

8th International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC2010)

開催日：25-28 July, 2010

開催地：Hilton Nashville Downtown

Nashville, Tennessee, USA

<http://www.iecec.org>

表1 トピックスと発表件数

トピックス	発表件数
Energy Conversion	28
Energy Storage	22
Fuels, Combustion and Terrestrial Energy Systems	21
Aerospace Power Systems	21
Energy Policy, Environmental and Historical Perspective	14
Thermal Management	18
計	124



図1 会場となった Colorado Convention Center.

動力エネルギー国際会議 (ICOPE-09) 報告

Report of International Conference on Power Engineering 2009 (ICOPE-09)

浅野 等 (神戸大学)

Hitoshi ASANO (Kobe University)

1. ICOPE について

動力エネルギー国際会議 (通称, 英文名を略し ICOPE とされる) は, JSME, ASME, 中国動力工程学会 (CSPE) 共催の動力エネルギー技術に関する国際会議であり, JSME では動力エネルギーシステム部門が担当している. この会議は隔年の開催であり, 日本, 米国, 中国の順で開催幹事国となり, 2009 年に ICOPE-09 として, 日本 (神戸) で開催された.

ICOPE は 1993 年に JSME-ASME Joint Int. Conf. on Power Engineering (ICOPE - 93) として東京で開催されたのが最初であり, 2 年後には CSPE が参加して上海で第 2 回 (ICOPE-95) が, 以降隔年で東京 (1997), サンフランシスコ (1999), 西安 (2001), 神戸 (2003), シカゴ (2005), 杭州 (2007) で開催され, 今回が第 9 回であった.

会議の対象は動力エネルギー一般であるが, 原子力エネルギーについては, 別に JSME 共催の ICONE があるので, 対象外とされている. 講演募集でのトピックを以下に示す.

1. Power systems, 2. Distributed energy systems, 3. Fuel production and utilization, 4. Advanced combustion technology, 5. Boilers, 6. Steam turbines, 7. Gas turbines, 8. Generators, 9. Components, equipment and auxiliaries, 10. Operations and maintenance, 11. New materials for energy systems, 12. Environmental protection, 13. Renewable energy, 14. Energy storage and load leveling, 15. Heat pump systems, 16. Hydrogen and fuel cells, 17. Economic and environmental aspect, 18. Safety and security, 19. Experimental and measuring technique, 20. Others



物理現象より対象機器による分類が主であり, 応用研究から機器開発, システム開発に近い講演が多く, 企業からの講演・参加者が多いのが特徴である. 動力エネルギーの中でも大型火力が主であったため, Gas Turbine, Steam Turbine, Boiler, Combustion が多かったが, 近年の傾向として, Renewable Energy, Hydrogen & Fuel Cell, Environmental Protection が増える傾向にある.

2. ICOPE-09 の概要

ICOPE-09 は関西大学 小澤 守 先生を実行委員長として 2009 年 11 月 16 日~19 日 神戸国際会議場で開催された. 会議は 3 日間であり, 初日の午前中は 1 室で 3 件の Plenary Keynote Speeches があった. 日・米・中, 3 カ国から 1 件ずつの講演があり, 日本からはクリーンコールパワー研究所の長井 輝雄 氏が石炭ガス化複合発電システム (IGCC) について講演された. これは, 福島県勿来で行われている IGCC 実証プラントに関するものであり, 実証試験結果や開発目標が示された. エネルギーセキュリティーの観点から石炭の利用は我が国にとって避けられず, 石炭火力の高効率化は重要である. また, 中国においてもエネルギー源の多くを石炭に頼っており, 講演後も活発な討論がなされた. 中国からは Zhejiang University (浙江大学) Gao 教授による 石炭火力発電所からの排気ガス中の汚染物質に関して講演された. 中国での大気汚染は周知の事実であり, 筆者も 2 年前, 上海近くの杭州を訪問したが, 晴天でも霞んでいる状態であった. 彼らも, いよいよ本気で考えるようになったかと思いたいところである. 米国からは Sargent Lundy LLC というプラントメンテナンス企業の Stenzel 氏が講演された. Stenzel 氏は長年米国側の代表を務めており, 講演内容は米国の電力事業の近況報告のようなものであった.

初日の午後からは 6 室に分かれ 3 日間にわたり 67 の Technical Session が開かれた. 発表された講演数は 222 編で, 大型火力・コンバインドサイクルから分散型電源, さらに環境保護, 代替エネル

ギーまで多岐にわたるエネルギー分野の発表が行われた。分野別・国別の講演件数を表1に示す。水素・燃料電池、再生エネルギー、環境保護で55編と全体の約2割であった。中国からの講演では、Plenary Lectureにもあったが、石炭火力に関する講演が多かった。

Table 1

国別講演件数 (参加者数)	
Japan: 127 (271)	China: 80 (77) USA; 2 (4)
Korea; 4 (9)	Taiwan; 2 (2) Poland; 2 (3)
Thailand; 4 (5)	Finland; 1 (3) Denmark; 1 (1)
Germany; 1 (2)	Belgium; 0 (1) India; 1 (2)
Saudi Arabia; 0 (1)	
分野別	
Power System	10
Distributed Energy Systems	9
Fuel Production and Utilization	3
Advanced combustion technology	33
Boilers	11
Steam Turbines	19
Gas Turbines	23
Generators	3
Components, Equipments and Auxiliaries	14
Materials for Energy System	6
Environmental Protection	16
Renewable Energy	25
Energy storage and load leveling	4
Heat pump systems	9
Hydrogen and fuel cells	14
Thermal Hydraulics	19
Diesel Engine	4

国別の講演件数をみると、日中で全体の約9割であり、会場を見渡しても英語で話す必要があるのかためらうときもあった。今後は、近隣アジア諸国を含む環太平洋の各国、欧州各国からの参加数を増やすさらなる努力が必要かと思う。

筆者は、ICOPE-09において論文委員会幹事としてプログラム編成に携わったが、中国からの投稿で予想外の出来事があった。論文募集の段階から実行委員会で問題とされていたのは、論文は投稿するが当日会場に現れない No-show であった。ICOPEに関わらず他の国際会議でも中国講演者の No-show が多いと聞いており、前回、日本で開催された ICOPE-03 でも多かったが、中国の講演をセッションの後ろにまとめていたため運営への支障は大きくなかった、と聞いていた。ICOPEでは、論文収集と審査は JSME, CSPE, ASME が独立して行っており、CSPEからの報告ではアブストラクトの段階で140編投稿であった。これはその時点で全体の半分、No-showが多くては会議どこ

ろではないと危惧した。そのため、著者の事前参加登録がない場合、論文を Proceedings に掲載しないこと、査証手続を早めに済ませることで対応しようとした。しかし、ふたを開けてみれば、これらは取り越し苦労であり、フルペーパー提出の段階で80編にまとめられ、8月末には講演者77名の参加登録を完了し、事前登録費も銀行振り込み即金でまとめて支払われた。中国側幹事によることも大きい、中国の経済状況が格段によくなっているものと考えられる。No-showも2件だけであり、講演室にも多数参加し、活発な議論で盛り上げてもらった。バンケットでは、複数のグループがカメラ片手に記念撮影で盛り上がっていたのは言うまでもない。

それとは対照的に問題なのは ASME である。ASME 側幹事への働きかけもむなしく、1編であった。ASME 幹事は、要因はリーマンショック、と言っているが、毎回、米国以外の開催では1桁の投稿件数であること、7月にこちらが気付くまで ASME の行事カレンダーに ICOPE が掲載されていなかったことから、ASME Power division との連携が全くなされていなかったようである。ICOPE の運営は、International Advisory Committee (IAC) で議論されているが、CSPE, ASME の代表者は私の知る限り、この10年は交代していない。CSPE の場合、今回、事務局が来ていたが、ASME の場合は、連絡すらしていなかったかも知れない。次回は米国開催ではあるが、おそらく ASME Power に併催される形となり、ICOPE としての枠組みを無視されかねない。今後、ASME Power division に働きかける必要があるだろう。



IAC ミーティング後の集合写真

会議の翌日にはテクニカルツアーがあり、大阪ガスの泉北発電所、関西電力の堺 LNG 基地と日本人にとってもユニークな企画があった。こちら

も、定員いっぱいの申し込みがあり、中国からの方々も多数参加し、喜んでいただけたようである。

3. おわりに

地球温暖化問題については、地球温暖化ガス排出量を2020年までに1990年比で25%削減すると、鳩山首相が国連で表明したが、排出量取引など不透明な部分も多い。しかし、エネルギー資源を持

たない日本にとってはエネルギー利用の高効率化を推進することが必須であり、このようなアプリケーションの面から広く動力エネルギーを扱った国際会議での意見交換、議論は重要であると考えます。動力エネルギー技術では伝熱に関わるものが多いので、次回開催の際には是非参加を検討いただきたいと思います。

第 11 回関西伝熱セミナーの報告

Report on the 11th Kansai Heat Transfer Seminar 2009

功刀資彰¹, 河原全作¹, 岩井 裕¹, 巽 和也¹, 齋藤元浩¹
南川久人², 浅野等³, 芝原正彦⁴

(1 京都大学, 2 滋賀県立大学, 3 神戸大学, 4 大阪大学)

Tomoaki KUNUGI¹, Zensaku KAWARA¹, Hiroshi IWAI¹, Kazuya TATSUMI¹, Motohiro SAITO¹

Hisato MINAGAWA², Hitoshi ASANO³, Masahiko SHIBAHARA⁴

(1 Kyoto University, 2 The University of Shiga Prefecture, 3 Kobe University, 4 Osaka University)

関西伝熱セミナーは 1989 年（平成元年）から関西で 2 年に 1 度開催しており、これまでに第 1 回六甲山上（1989）、第 2 回芦屋奥池（1991）、第 3 回神戸住吉（1993）、第 4 回神戸（1995）、第 5 回大津（1997）、第 6 回和歌山（1999）、第 7 回芦屋奥池（2001）、第 8 回京都貴船（2003）、第 9 回奈良（2005）、一昨年（2007）に第 10 回を高野山で開催しました。

今回の第 11 回関西伝熱セミナーは、平成 21 年 9 月 11 日（金）～12 日（土）、滋賀県長浜市の北ビワコ・ホテル・グラツィエにおいて関西支部が主催し、京都大学グローバル GCOE プログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」の共催および 12 学協会・支部組織の協賛を得て開催いたしました。ご多用中にもかかわらずご参加・ご協力を賜りました皆様には心から御礼申し上げます。

会告等でもご案内申し上げましたように、今回は日本最大の淡水湖である滋賀県琵琶湖のほとり竹生島を望む長浜市で開催する伝熱セミナーということで、開催地の琵琶湖に関連したエネルギー・環境・気象に関する話題、地球温暖化防止に向けた京都大学 GCOE の取り組みや隣接する福井県敦賀市で進められている原子力開発の進捗、あるいは最近のミクروسケールに着目した環境負荷低減・浄化技術など、地球環境問題からマイクロバブルまで多階層スケールでの様々なテーマについて、「琵琶湖・環境・エネルギー」というキーワードで 8 名の講師からオムニバス形式で興味深いお話を伺いました。多階層スケールに亘る様々な自然と環境とエネルギーの繋がりを考える絶好の機会となりました。

参加者は 2 日間合計で 60 名（一般 34 名、学生 26 名）でした。それぞれのテーマについて質疑込

みで 50 分という講演時間を設定したため、広範な講演内容と十分な質疑を行うことが出来、極めて有意義なセミナーになりました。

以下に、セミナープログラムを掲載します。

9 月 11 日（金）

13:00 開会挨拶 功刀資彰（京都大学）

13:05 グローバル COE プログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」におけるシナリオ策定研究について 手塚哲央（京都大学）

13:55 滋賀県におけるエコ村計画とエネルギーの地産地消 仁連孝昭（滋賀県立大）

14:45 大気と陸面（水面）間のエネルギー交換 石川裕彦（京都大学）

15:35 休憩

15:55 地球温暖化対策としての高速増殖炉開発 塚 公明（日本原子力研究開発機構）

16:45 ふく射環境伝熱 牧野俊郎（京都大学）

18:00 夕食会

9 月 12 日（土）

9:00 日本海沿岸における冬季雷活動時の放射線挙動と雷放電発生メカニズム

鳥居建男（日本原子力研究開発機構）

9:50 エマルジョン燃料の各種性状が噴霧火炎構造に及ぼす影響 淵端 学（近畿大学）

10:40 休憩

11:00 マイクロバブルを利用した環境浄化技術 南川久人（滋賀県立大）

11:50 閉会

また、初日夜の懇親会はホテルの宿泊との関係から夕食会と銘打って実施しました。今回は京都

大学 GCOE から共催金が頂けましたので、例年に無く豪華な夕食会メニューでした。夕食会に引き続いて2次会も会場ホテルのレストランで開催し、20名程度の先生方にご参加頂き、大変に楽しい夕べとなりました。



セミナーテキストの表紙（写真は南川先生撮影）



セミナーの様子。大きなスクリーンでした。



セミナー参加者の記念写真

九州伝熱セミナー in 由布院 報告

Report of Kyushu Heat Transfer Seminar in YUFUIN

濱本 芳徳 (九州大学)

Yoshinori HAMAMOTO (Kyushu University)

e-mail: y-hama@mech.kyushu-u.ac.jp

紅葉を終え、深秋の時節、冬支度に向かう風情の中、2009年11月27日(金)、28日(土)に九州支部主催の「九州伝熱セミナー」が、「熱流体計測から物性計測まで—計測のノウハウと勘どころ—」と題し、大分県の由布院温泉で開催された。

講演会場・宿泊施設は、由布岳の麓、昨年に引き続き西部ガスの社員用保養施設である「ゆふトピア」を利用させて頂いた。セミナーのスケジュールを右枠内に示す。富村支部長の発案により1日目は、計測機器開発メーカーの研究者・技術者による熱流体計測のコツを伝授するセミナーを、2日目は九州に拠点をおいてご活躍中の研究者による最先端計測の研究講演会を開催した。参加者数は73名(教員・研究者37名、学生36名)であり、応募定員を上回るご参加を得ることができた。

通常の機器展示では聞けない「知っていると便利な方法」や「裏技」の紹介、教員・学生や所属機関の垣根を越えて深夜まで続いた懇親会、研究中の苦労話などを織り交ぜた講演会、これらに由布院温泉の効能を加えた本セミナーは、参加者の皆様に十分に堪能して頂けたと思う。

最後に、ご講演を快諾下さった皆様、製品宣伝を控えて頂くことにご同意頂いたメーカーの方々、セミナー運営に協力して下さいました教職員と学生さん、そしてセミナー参加者の皆様に、九州支部長・事務局・評議員一同、心よりお礼申し上げます。

なお、ご講演資料やセミナー風景写真は、支部 HP http://heat.mech.kumamoto-u.ac.jp/htsj_kyushu/index.html にて公開中ですのでアクセスをお待ちします。

11月27日(金)

13:15~18:00 計測機器セミナー

- ・ 桑原 譲二 (フォトロン)
「高速度カメラを利用した様々な計測ソリューション」
- ・ 安木 政史 (西華産業)
「最新レーザー技術による流体計測手法とその動向」
- ・ 有本 功 (アンシス・ジャパン)
「FLUENT/CFX による流動・伝熱に関する解析手法および事例のご紹介」
- ・ 宮川 修一・立川 敦隆 (NECAvio 赤外線テクノロジー)
「赤外線サーモグラフィによる熱計測の応用」
- ・ 平方 宏治 (英弘精機)
「熱流計概論」
- ・ 羽鳥 仁人 (ベテル)
「微小な領域の熱物性測定法」

18:30~ 夕食・懇親会

11月28日(土)

9:00~12:00 講演会

- ・ 光武 雄一 (佐賀大学)
「熱伝導逆問題解を用いた温度伝導率と熱伝導率の同時測定法」
- ・ 諸江 将吾 (九州大学)
「非定常短細線法による気体の熱伝導率測定」
- ・ 伊藤 衡平 (九州大学)
「固体高分子形燃料電池の温度分布計測」

12:00 解散

セミナーのスケジュール



図1 セミナー参加者(裏技やノウハウの知見を得て、充電完了の様子)

行事カレンダー

本会主催行事

開催日	行事名	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2010年					
5月	26日(水) ～ 28日(金)	第47回日本伝熱シンポジウム			

本会共催、協賛、後援行事

開催日	行事名	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2010年					
5月	26(水) ～28(金)	第15回計算工学講演会 (開催場所：九州大学医学部)	2010.1.29	2010.4.9	計算工学講演会事務局 〒101-8449 東京都千代田区神田錦町 3-24 住友商事神保町ビル 株式会社 ICS コンベンションデザイン 気付 Tel. 03-3219-3541 Fax. 03-3292-1811 E-mail: jscses@ics-inc.co.jp
6月	8(火) ～10(木)	理論応用力学講演会(第59回) (開催地：東京都港区)			
7月	17(土) ～19(月) 18(日)	日本混相流学会年会講演会 2010 第29回混相流シンポジウム (開催場所：静岡大学浜松キャンパス)	2010.3.1	2010.5.21	真田俊之(実行委員長) 〒432-8561 浜松市城北 3-5-1 静岡大学工学部機械工学科 日本混相流学会年会講演会 2010・第29回混相流シンポジウム実行委員会事務局 Tel & Fax: 053-478-1605 Email: djsmf10@ipc.shizuoka.ac.jp http://www.eng.shizuoka.ac.jp/~JSMF2010/index.html
7月	25(日) ～28(水)	8th International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC2010) (開催地：Nashville, Tennessee, USA)	2009.11.19	2010.7.8	http://www.aiaa.org/content.cfm?pageid=230&lumeetingid=2348&viewcon=other1144&id=1144
11月	4(木) ～7(日)	The 5th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (開催場所：龍谷大学 大宮キャンパス)	2010.5.10	2010.6.30	Takashi Yokoyama Department of Mechanical Engineering, Okayama University of Science 1-1 Ridai-cho, Okayama 700-0005 Tel. 086-256-9580 Fax. 086-255-3611 E-mail: yokoyama@mech.ous.ac.jp

第 47 回日本伝熱シンポジウムのご案内

第 47 回日本伝熱シンポジウム実行委員会
委員長 近久武美
幹事 田部 豊

- 開催日：平成 22 年 5 月 26 日 (水) ～ 5 月 28 日 (金)
シンポジウムテーマ：エネルギーフロンティア
会場：札幌コンベンションセンター (<http://www.sora-scc.jp/index.php>)
所在地 〒003-0006 札幌市白石区東札幌 6 条 1 丁目 1-1, Tel. 011-817-1010
行き方 大通駅から地下鉄東西線で約 5 分, 東札幌駅で下車, 徒歩約 8 分
<http://www.sora-scc.jp/access.php>
- 産学連携フォーラム：5 月 26 日 (水) 17:30～20:30 (大ホール A)
(詳細は本シンポジウムのホームページをご参照ください.)
- 特別講演：5 月 27 日 (木) 15:10～16:10 (大ホール A)
植松 努 (株式会社植松電機 専務取締役)
「思うは招くー夢があればなんでもできる」
ーCAMUI ロケット打上げー
- 総会：5 月 27 日 (木) 16:20～17:50 (大ホール A)
- 協賛企画：5 月 25 日 (火) 14:00～18:00 (104, 105 会議室)
「沸騰伝熱についての徹底討論 VII」
～沸騰伝熱研究の過去, 現在を整理し, 未来を語る礎に～
(詳細は本シンポジウムのホームページをご参照ください.)
- 事前参加申込締切：平成 22 年 4 月 16 日 (金)
- ホームページ URL：<http://hermes-me.eng.hokudai.ac.jp/nhts2010/index.htm>

【シンポジウムの形式】

- ・講演発表形式として,
 - a) 一般セッション (口頭発表)
 - b) オーガナイズドセッション (口頭発表)
 - c) 学生および若手研究者を対象とする優秀プレゼンテーション賞セッションを実施します.
- ・1 講演あたりの割当時間は, 一般セッションでは 15 分 (発表 10 分, 個別討論 5 分) で, 各セッションの最後に総合討論の時間 (5 分×セッション内の講演件数) を設けます. オーガナイズドセッションについては, オーガナイザーの指定に従って下さい.
- ・優秀プレゼンテーション賞セッションについては, 本号掲載のお知らせ「優秀プレゼンテーション賞について」をご参照下さい.

【参加費等】

- ・シンポジウム参加費
 - 一般 (事前申込：12,000 円, 当日申込：14,000 円)
 - 学生 (事前申込：5,000 円, 当日申込：6,000 円)
- ・講演論文集
日本伝熱学会会員：無料 (電子版は J-STAGE 上で事前に公開します. 参加者には当日に冊子体・CD-ROM を配布します. 不参加者のうちの希望者には, CD-ROM を事後にお送りしますので, 開催後 1 ヶ月以内に, 日本伝熱学会宛てにご氏名・送付先を明記の上,

メールにてお申し込み下さい.)

非会員:8,000円(冊子体).会場受付にて日本伝熱学会に入会を申し込まれる場合は,無料になります.

【懇親会】

- ・開催日:平成22年5月27日(木) 18:00~20:00
- ・会場:札幌コンベンションセンター(大ホールB)
- ・懇親会費
 一般(事前申込:8,000円,当日申込:10,000円.同伴配偶者無料)
 学生(事前申込:4,000円,当日申込:5,000円)

【参加費等の支払い方法】

- ・シンポジウムのホームページから事前参加登録を行った後に,学会誌2010年1月号に挟み込まれた「払込取扱票」を用い,以下の記入例を参考にしてお支払い下さい.
- ・払込みをもって「事前申込完了」とします.ホームページからの登録だけでは「完了」ではありません.払込みが4月17日以降になった場合は当日申込扱いといたします.
- ・4月17日以降も5月18日までは,当日申込の参加費等の扱いでWebページからの参加登録および払込みを受け付けます.当日に受付でお渡しすべきものを予め準備しておく等の作業を行いますので,できるかぎりWebからの登録および事前の払込みを行っていただけますようご協力をお願いいたします.なお,例年のように,シンポジウム当日の参加申込もできます.
- ・銀行より振込まれる場合は,下記のゆうちょ銀行口座にお振込み下さい.その際,必ず1件ずつとし,氏名の前に参加登録ID番号を付けて下さい.

店名(店番):二七九(ニナナキユウ)店(279)
 預金種目:当座
 口座番号:0066192
 口座名称(漢字):第47回日本伝熱シンポジウム実行委員会
 口座名称(カナ):ダイオンジュウナナカイニホンデンネツシンポジウムシ

- 記入例 -

登録IDは参加申込時に発行される「4桁数字」です。

お支払いいただく項目に○をつけて下さい。

振込手数料はご負担下さい。

「通信欄」の合計金額をこちらにご記入下さい。

払込取扱票		振替払込請求書兼受領証																					
口座記号・番号はお間違えないよう記入してください。 口座記号: 02740-4 口座番号(右詰めで記入): 66192 金額: ¥34000		口座記号番号: 02740-4 加入者名: 第47回日本伝熱シンポジウム実行委員会 金額: ¥34000																					
加入者名: 第47回日本伝熱シンポジウム実行委員会 料金額: 備考:		加入者名: 第47回日本伝熱シンポジウム実行委員会 おなまえ: 伝熱太郎 (伝熱大学)																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>参加登録ID</th> <th>参加者氏名</th> <th>内容(該当に○)</th> <th>金額</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0001</td> <td>伝熱太郎</td> <td>シンポ、懇親会</td> <td>20,000円</td> </tr> <tr> <td>0002</td> <td>札幌花子</td> <td>シンポ、懇親会</td> <td>9,000円</td> </tr> <tr> <td>0003</td> <td>岡山次郎</td> <td>シンポ、懇親会</td> <td>5,000円</td> </tr> <tr> <td colspan="3">事前払込済切 4月16日(金)</td> <td>合計金額 34,000円</td> </tr> </tbody> </table>		参加登録ID	参加者氏名	内容(該当に○)	金額	0001	伝熱太郎	シンポ、懇親会	20,000円	0002	札幌花子	シンポ、懇親会	9,000円	0003	岡山次郎	シンポ、懇親会	5,000円	事前払込済切 4月16日(金)			合計金額 34,000円	振替払込請求書兼受領証 金額: ¥34000 おなまえ: 伝熱太郎 (伝熱大学)	
参加登録ID	参加者氏名	内容(該当に○)	金額																				
0001	伝熱太郎	シンポ、懇親会	20,000円																				
0002	札幌花子	シンポ、懇親会	9,000円																				
0003	岡山次郎	シンポ、懇親会	5,000円																				
事前払込済切 4月16日(金)			合計金額 34,000円																				
〒0×△-○×□× 北海道札幌市○○○△△△ 伝熱大学 理工学部 伝熱工学科 伝熱太郎 (ご連絡先電話番号) ○××-△△○-×□△○		振替払込請求書兼受領証 金額: ¥ おなまえ: 代表者の方のお名前をご記入下さい。																					
裏面の注意事項をお読みください。(ゆうちょ銀行) これより下部には何も記入しないでください。		1枚の用紙で複数の参加者の登録が可能です。本登録の代表者の方のご所属の連絡先・お名前・電話番号を「ご依頼人」の欄にご記入下さい。																					

【講演論文集（電子版）】

- ・講演論文集（電子版）は、日本伝熱学会会員（2010年度会員）の皆様に対し、ホームページにリンクされた J-STAGE のサイトを通じて公開します。公開日は 2010 年 5 月 19 日（水）を予定しています。特許に係わる公知日もこの日になります。
- ・電子版は、ホームページのトップページ（日本伝熱学会のホームページからもリンクが張られています。この場合には、日本伝熱シンポジウム） → 講演論文集（電子版）、と辿っていただき、J-STAGE の当該ページに入り、以下の購読者コードとパスワードを用いてログインの上、ダウンロードすることができます。なお、このサイト上での講演論文公開は、従来から行ってきました日本伝熱学会会員への郵送による講演論文集 CD-ROM 事前配布に代わるものです。
- ・J-STAGE 購読者コード：nhts47、パスワード：sapporo10
- ・シンポジウムで座長をご担当下さる先生方には、この電子版をもって当日のセッションの参考資料として下さい。

【講演論文の公開日】

- ・講演論文は、会員を対象に、シンポジウム開催日の 1 週間程前から J-STAGE 上で公開します。
- ・したがって、特許に関わる公知日は、シンポジウム開催日よりも早くなりますのでご注意ください。

【交通と宿泊】

- ・交通と宿泊につきましては、本シンポジウムのホームページをご参照ください。

【ご注意】

- ・口頭発表用として実行委員会が準備する機器は、原則として液晶プロジェクタのみとさせていただきます。パーソナルコンピュータは各自ご持参下さい。
- ・参加費、懇親会費等は参加取消の場合でも返金いたしません。
- ・変更事項については、随時ホームページ上に掲載しますので、ホームページをご参照下さい。
- ・その他、ご不明な点がございましたら、実行委員会に E-mail または Fax でお問い合わせ下さい。

【お問い合わせ先】

第 47 回日本伝熱シンポジウム実行委員会
北海道大学 大学院工学研究科 エネルギー環境システム専攻内
E-mail: nhts47@eng.hokudai.ac.jp
FAX: 011-706-7889

優秀プレゼンテーション賞（第47回日本伝熱シンポジウム）について

日本伝熱学会 学生会委員会
委員長 宮良明男

第47回日本伝熱シンポジウムでは、下記の要領で学生・若手研究者を対象とした優秀プレゼンテーション賞セッションを設けます。企業・大学・研究機関等の多数の皆様にご参加いただきたく、お願いいたします。

開催日：平成22年5月26日（水） 15:00～17:20

発表形式：発表者1名あたり3分のショートプレゼンテーション（SP）とポスタープレゼンテーション（PP）を行っていただく予定です。各セッションは、以下の形式を予定しています。

○ショートプレゼンテーション（SP）

- ・1人あたりの発表時間は3分です。スケジュールがタイトなため、発表時間厳守ですので注意してください。なお、質疑応答の時間は設けません。
- ・発表資料はPDFファイル（動画不可、上限3MB/人）を事前提出していただきます。学生会委員会側でノートパソコンを用意し、その中にファイルをコピーして発表時に使用する予定です。なお、PDFファイルのページ送りは学生会委員会委員が担当する予定です。

○ポスタープレゼンテーション（PP）

- ・ポスターを貼るパネルは、大きさが縦2100mm×横900mmで、縦長に設置されています。

対象：企業・大学・研究機関等の技術者・研究者で、平成22年3月31日現在で28歳以下の者、または、申込当日に学生である者（ただし、社会人大学院生を除く）。

応募資格：発表時（＝審査時）に、日本伝熱学会の会員（正員・学生会員）、または入会申込中であること。注：応募資格を満足していない場合は発表できません。また、過去に本賞を受賞された方は応募できません。シンポジウム当日の入会も可能です。

審査・選考方法：複数名の審査員による評価に基づいて選考し、受賞者を決定します。

表彰：受賞者はシンポジウム第2日の学会総会で表彰します。

<最新情報はシンポジウムのホームページに公開します>

第47回日本伝熱シンポジウム[札幌]

タイムテーブル[第1日: 5月26日(水)]

A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室	J室
A11 OS3 水素エネルギー技術1 9:30-10:50	B11 反応・燃焼1 9:30-10:50	C11 自然エネルギー1 9:50-10:50	D11 マイクロ伝熱1 9:50-10:50	E11 多孔質体の伝熱1 9:50-10:50	F11 ヒートポンプ・空調1 9:50-10:50	G11 バイオ伝熱1 9:30-10:50	H11 混相流1 9:30-10:50	I11 ヒートパイプ1 9:30-10:50	J11 OS1 電子機器の信頼性を支える熱設計と冷却技術1 9:50-10:50
A12 OS3 水素エネルギー技術2 11:00-12:20	B12 反応・燃焼2 11:00-12:20	C12 自然エネルギー2 11:00-12:20	D12 マイクロ伝熱2 11:00-12:20	E12 多孔質体の伝熱2 11:00-12:20	F12 ヒートポンプ・空調2 11:00-12:20	G12 バイオ伝熱2 11:00-12:20	H12 混相流2 11:00-12:20	I12 ヒートパイプ2 11:00-12:20	J12 OS1 電子機器の信頼性を支える熱設計と冷却技術2 11:00-12:20
A13 OS3 水素エネルギー技術3 13:50-14:50	B13 反応・燃焼3 13:50-14:50	C13 自然エネルギー3 13:50-14:50	D13 マイクロ伝熱3 13:50-14:50	E13 多孔質体の伝熱3 13:50-14:50	F13 ヒートポンプ・空調3 13:50-14:50	G13 沸騰1 13:50-14:50	H13 混相流3 13:50-14:50	I13 ヒートパイプ3 13:50-14:50	J13 OS1 電子機器の信頼性を支える熱設計と冷却技術3 13:50-14:50
		SP1 優秀プレゼンテーション賞 ショートプレゼンテーション 反応・燃焼 15:00-15:50	SP2 優秀プレゼンテーション賞 ショートプレゼンテーション マイクロ・ナノ 15:00-15:50				SP3 優秀プレゼンテーション賞 ショートプレゼンテーション 沸騰・混相流 15:00-15:50	SP4 優秀プレゼンテーション賞 ショートプレゼンテーション 計測・熱機器 15:00-15:50	
16:00-17:20		優秀プレゼンテーション賞 ポスターセッション(大ホールB)							
17:30-20:30		産学連携フォーラム(大ホールA)							

第47回日本伝熱シンポジウム[札幌]

タイムテーブル[第2日: 5月27日(木)]

A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室	J室
A21 OS3 水素エネルギー技術4 9:30-10:50	B21 反応・燃焼4 9:30-10:50	C21 噴流 9:30-10:50	D21 強制対流1 9:30-10:50	E21 ふく射伝熱1 9:50-10:50	F21 計測技術1 9:30-10:50	G21 沸騰2 9:30-10:50	H21 混相流4 9:30-10:50	I21 ヒートパイプ4 9:30-10:50	J21 OS1 電子機器の信頼性を支える熱設計と冷却技術4 9:30-10:50
A22 OS3 水素エネルギー技術5 11:00-12:20	B22 相変化を伴う伝熱1 11:00-12:20	C22 熱物性1 11:00-12:20	D22 強制対流2 11:00-12:20	E22 ふく射伝熱2 11:00-12:20	F22 計測技術2 11:00-12:20	G22 沸騰3 11:00-12:20	H22 混相流5 11:00-12:20	I22 ヒートパイプ5 11:00-12:20	J22 マイクロ伝熱4 11:00-12:20
A23 OS3 水素エネルギー技術6 13:50-14:50	B23 相変化を伴う伝熱2 13:50-14:50	C23 分子動力学1 13:30-14:50	D23 強制対流3 13:30-14:50	E23 ふく射伝熱3 13:50-14:50	F23 計測技術3 13:50-14:50	G23 沸騰4 13:50-14:50	H23 自然対流・複合対流1 13:30-14:50	I23 生産加工技術 13:50-14:50	J23 マイクロ伝熱5 13:50-14:50
15:10 - 16:10				特別講演会(大ホールA)					
16:20 - 17:50				総会(大ホールA)					
18:00 - 20:00				懇親会(大ホールB)					

第47回日本伝熱シンポジウム[札幌]

タイムテーブル[第3日: 5月28日(金)]

A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室	J室
A31 OS3 水素エネルギー技術7 9:30-10:50	B31 相変化を伴う伝熱3 9:30-10:50	C31 熱物性2 9:30-10:50	D31 分子動力学2 9:30-10:50	E31 OS2 非線形熱流体現象と伝熱1 9:30-10:50	F31 熱機器・熱交換器1 9:50-10:50	G31 沸騰5 9:30-10:50	H31 自然対流・複合対流2 9:30-10:50	I31 物質移動1 9:50-10:50	J31 電子機器冷却1 9:50-10:50
A32 乱流1 11:00-12:20	B32 相変化を伴う伝熱4 11:00-12:20	C32 熱物性3 11:00-12:20	D32 分子動力学3 11:00-12:20	E32 OS2 非線形熱流体現象と伝熱2 11:00-12:40	F32 熱機器・熱交換器2 11:00-12:20	G32 沸騰6 11:00-12:20	H32 自然対流・複合対流3 11:00-12:20	I32 物質移動2 11:00-12:00	J32 電子機器冷却2 11:00-12:20
A33 乱流2 13:50-15:50	B33 相変化を伴う伝熱5 13:50-15:10	C33 熱物性4 13:50-15:10	D33 分子動力学4 13:50-15:10		F33 熱機器・熱交換器3 13:50-14:50	G33 沸騰7 13:50-15:30	H33 自然対流・複合対流4 13:50-15:30		J33 電子機器冷却3 13:50-14:50

第 47 回日本伝熱シンポジウムプログラム (暫定版)

(このプログラムは 2 月 17 日現在の暫定版です。最新版は、シンポジウムホームページをご覧ください。)

第 1 日 5 月 26 日 (水)

< A 室 >

A11 9:30-10:50 OS3-1 水素エネルギー技術 1
—水素物性—A111 水素の PVT 性質測定とビリアル状態方程式の
開発*迫田 直也(九州大), 進藤 健太, 本村 晃
一, スプリアトノ, 新里 寛英(産総研),
河野 正道(九州大), 高田 保之, 藤井 丕
夫(産総研)A112 30MPa における KOH 水溶液に対する水素溶解
度の計測*田島 功基(九州大), 城田 農(弘前大),
迫田 直也(九州大), 高田 保之, 伊藤 衡
平A113 水素の熱伝導率に及ぼすオルソ・パラ存在比
率の影響*諸江 将吾(九州大), 木村 浩一, ウッド
フィールド ピーター(グリフィス大), 深
井 潤(九州大), 新里 寛英(産総研), 河野
正道(九州大), 藤井 丕夫(産総研), 高田
保之(九州大)A114 Measurement of Hydrogen Gas Viscosity by
Capillary Method at High Pressure and High
Temperature—Challenge of high accuracy measurement
for differential pressure transducer—*Elin Yusibani (Kyushu Univ.), Yosuke
Nagahama, Kanei Shinzato (AIST), Fujii
Motoo, Kohno Masamichi (Kyushu Univ.),
Takata Yasuyuki, Peter Lyod
Woodfield (Griffith Univ.)A12 11:00-12:20 OS3-2 水素エネルギー技術 2
—物質移動・電流分布—A121 低加湿運転 PEFC のアノード電極内における
反応分布の予測*横井 陽馬(京都工繊大), 梅田 一雅, 西
田 耕介, 津島 将司(東京工大), 平井 秀
一郎A122 微細金属線による固体高分子形年流電池内の
電流密度分布計測*長 大介(早稲田大), 中垣 隆雄, 吉村 祐
哉, 宮地 大樹, 久保 則夫(日産自動車),

福山 陽介, 鈴江 祥典

A123 PEFC 単セル内温度・物質分布の支配因子解明
とそれら因子が発電性能に及ぼす影響評価*西村 颯(三重大), 森本 淳志, 田中 成季,
大島 淳, 廣田 真史, 成田 雅彦(東邦ガス)A124 周囲境界条件が PEFC ガス拡散層の物質輸送
特性へ与える影響*太田 公一(横浜国大), 金子 春樹, 荒木
拓人A13 13:50-14:50 OS3-3 水素エネルギー技術 3
—PEMFC 触媒層—A131 固体高分子形燃料電池性能に関わる触媒層構
造の主要影響因子解析

*西野 昌芳(北海道大)

A132 二次元アグロメレート触媒層モデルを用いた
PEFC 非定常解析*阿江 朋暁(横浜国大), 上村 有輝, 官林
亮, 荒木 拓人A133 PEFC の零下起動時における触媒層内のフロ
スト生成に及ぼす極間水輸送性の影響*高橋 真一(日産自動車), 福山 陽介, 田
渕 雄一郎, 久保 則夫

< B 室 >

B11 9:30- 10:50 反応・燃焼 1

B111 乱流予混合火炎における二平面 CH PLIF, 一
平面 OH PLIF 及び波長型二平面ステレオ PIV
同時計測*志村 祐康(東京工大), 上田 哲司, 店橋
護, 宮内 敏雄B112 高圧予混合メタン空气中を伝播する火炎によ
る壁面熱流束に関する実験的研究*延谷 義晴(コベルコ科研), 松岡 寛和,
川西 秀樹, 満田 正彦, 徐 世中(産総研),
古谷 博秀B113 石炭酸素燃焼における NO_x 生成に及ぼす CO₂
濃度の影響*丸毛 孝(東京工大), 山本 潤一郎, 渡部
弘達, 岡崎 健B114 燃焼室内の燃料濃度分布を考慮した PCCI 燃
焼の非定常数値解析*松尾 直茂(大阪大), 山田 賢一, 吉田 憲
司, 谷村 利伸, 高山 武盛, 片岡 勲

- B12 11:00 - 12:20 反応・燃焼 2
- B121 三次元閉空間内における乱流予混合火炎伝播の DNS
*福島 直哉(東京工大), 常見 明彦, 沈 永三, 店橋 護, 宮内 敏雄
- B122 水素・空気乱流予混合噴流火炎の直接数値計算
*沈 永三(東京工大), 山脇 孝明, 福島 直哉, 志村 祐康, 店橋 護, 宮内 敏雄
- B123 閉空間内におけるメタン・空気予混合気の自着火の直接数値計算
*片山 牧人(東京工大), 福島 直哉, 志村 祐康, 店橋 護, 宮内 敏雄
- B124 高温予混合火炎の数値解析: エンタルピー一定条件下における火炎面の不安定性
*門脇 敏(長岡技科大), 八幡 将史, 小林 秀昭(東北大)
- B13 13:50 - 14:50 反応・燃焼 3
- B131 伸張を受ける拡散火炎間の干渉に関する研究
*野崎 亮佑(北海道大), 中村 祐二, 北島 暁雄(産総研)
- B132 温度分布制御型マイクロフローリアクタにおける PRF/空気予混合気の着火燃焼特性
*堀 幹人(東北大), 山本 晃, 押部 洋, 手塚 卓也, 長谷川 進, 中村 寿, 丸田 薫
- B133 熱分解時における木質系バイオマス内部の移動現象および反応機構
*渡部 弘達(東京工大), Pattanotai Teeranai, Okekunle Pious, 岡崎 健
- < C室 >
- C11 9:50 - 10:50 自然エネルギー 1
- C111 植物シュート形態を伴う受光システムの開発
*小原 伸哉(北見工大), 清水 良平, 直江 隆文
- C112 平板型太陽熱コレクターの真空断熱による集熱効率向上の実験
*平澤 茂樹(神戸大), 川南 剛, 松山 皓昭, 中内 俊作(国際技術開発), 田中 忠良(省エネルギーセンター)
- C113 バイオマスと太陽追尾熱利用による熱電変換システムの評価
*矢野 歳和(宮城大), 穂山 香奈, 石井 優希, 杉目 覚, 折笠 貴寛, 新野 正之(JAST), 鈴木 一行, 木皿 且人(JAXA), 石川 東一郎
- C12 11:00 - 12:20 自然エネルギー 2
- C121 螺旋管型地中熱交換器方式の採熱性能
*作田 光(秋田大), 田子 真, 赤田 拓丈
- C122 排煙からの排熱回収・発電に関する実験的研究
*星 朗(一関高専), 赤澤 拓也, 藤本 勲(関西電力), 菊岡 泰平
- C123 アラスカの雷発生
*早坂 洋史(北海道大), ムラッド アハメッド ファルク
- C124 宇宙利用を目指した熱電変換システムの研究開発
*岩田 直子(JAXA), 小川 博之
- C13 13:50 - 14:50 自然エネルギー 3
- C131 穴開き暗渠採熱管による雪山冷熱採取
*横山 孝男(山形大), 芹澤 尚宜, 間宮 明(尾花沢市)
- C132 室内縮小浸透性舗装体による融雪浸透水挙動と伝熱解析
横山 孝男(山形大), *設楽 貴彦, 山口 正敏(日本地下水開発)
- C133 園芸療法のための積雪寒冷地における省エネ温室の開発
*三木 康臣(北見工大)
- SP1 15:00 - 15:50 学生優秀プレゼンテーション賞 1 - 反応・燃焼 -
- SP101 マイクロ波液中プラズマの点火位置に対する熱的影響
*服部 吉晃(愛媛大), 向笠 忍, 野村 信福, 豊田 洋通
- SP102 触媒を利用した高温空気燃焼における火炎挙動・NO_xの排出特性に関する研究
*山田 兼司(慶應大), 廣岡 龍, 藤岡 沙都子, 植田 利久, 横森 剛
- SP103 高温高圧水中でのグルコース分解に関する反応熱の決定
*小西 拓郎(広島大), 松村 幸彦
- SP104 高温場滞在時間がフラーレン・PAHの燃焼生成に及ぼす影響
*雑賀 達也(大阪大), 崎田 容平, 芝原 正彦
- SP105 燃焼火炎の赤外分光計測 - 赤外発光スペクトルの同位体効果 -
*八橋 愛(名古屋大), 森田 成昭, 北川 邦行
- SP106 ニューラルネットワークを用いた希薄予混

- 合ガスタービン燃焼の圧力変動の短期予測
*井川 拓哉(立命館大), 天野 真仁, 後藤 田 浩, 宮野 尚哉, 立花 繁(JAXA)
- SP107 マイクロセラミック燃焼器におけるメタン・白金触媒燃焼に関する研究
*石田 啓(東京大), 鈴木 雄二, 笠木 伸英
- SP108 生成条件がカーボンブラックの性状に及ぼす影響に関する実験的検討
*小野 公德(東北大), 渡部 諒, 庄子 正和, 松下 洋介, 青木 秀之, 三浦 隆利, 山田 浩(ブリヂストン), 福田 興照(旭カーボン), 山口 東吾
- SP109 プラズマアクチュエータを用いた同軸噴流制御におけるせん断層誘起位置が渦生成に与える影響
*大庭 雄二郎(東京大), 溝田 裕樹, 笠木 伸英, 鈴木 雄二
- SP110 湿度非平衡環境下における電解質膜水分輸送に及ぼす触媒層の影響
*鈴木 崇弘(東京工大), 田淵 雄一郎, 津島 将司, 平井 秀一郎, 久保 則夫(日産自動車), 青谷 幸一郎
- SP111 マウスを用いた蛍光トモグラフィーの研究
*三井 陽平(電気通信大), 内田 和希, 大川 晋平, 星 祥子(東京都精神医学総合研究所), 黄田 育宏, 山田 幸生(電気通信大)
- SP112 ループ管熱音響エンジンの出力特性
戸倉 郁夫(室蘭工大), 鈴木 淳, *高橋 望
- D122 温度勾配を有する基板上での先行薄膜形成過程
*上野 一郎(東京理大), 猪狩 玄基
- D123 マイクロバブルを利用した中空ポリ乳酸マイクロカプセルの製造に関する研究
*モリノ ジェイ(東京大), 大宮司 啓文, 竹村 文男(産総研)
- D124 マイクロバブルを利用した中空高分子電解質マイクロカプセルの製造に関する研究
*松岡 英太郎(東京大), 大宮司 啓文
- D13 13:50 - 14:50 マイクロ伝熱3
- D131 ジメチルエーテルを用いた単層カーボンナノチューブ膜の CVD 合成
*井ノ上 泰輝(東京大), 岡部 寛人, 侯 博, 千足 昇平, 渡辺 誠, 塩見 淳一郎, 丸山 茂夫
- D132 ナノサイズのダイヤモンド触媒を用いた単層カーボンナノチューブの直径制御合成
*千足 昇平(東京大), 平松 典大, 本間 芳和(東京理大), 丸山 茂夫(東京大)
- D133 メタン CCVD によるルテニウム含有カーボンナノチューブ合成法の検討
*伊藤 恭平(広島大), 井上 修平, 松村 幸彦
- SP2 15:00 - 15:50 学生優秀プレゼンテーション賞2 —マイクロ・ナノスケール現象—
- SP201 ナノ・マイクロ構造面における液滴の濡れ特性
安藤 隆治(九州工大), *水本 和也, 長山 暁子, 鶴田 隆治
- SP202 DMA を用いてサイズ分級した金属ナノ粒子による CNT 生成
*友田 正裕(九州大), 川原 鉄平, 田崎 陽平, 河野 正道, 高田 保之
- SP203 欠陥を有する低次元材料を用いた熱整流作用に関するシミュレーション
*林 浩之(九州大), 伊藤 洋平, 高橋 厚史
- SP204 非侵襲細胞状態判別を実現するエバネッセント波照射屈折率差計測法の開発
*栗山 怜子(慶應大), 田中 雄太, 佐藤 洋平
- SP205 プラズマ CVD におけるカーボンナノチューブ成長モード(単層/多層)の圧力依存性
*吉田 晋平(東京工大), 唐津 拓也, 野崎 智洋, 岡崎 健
- SP206 矩形管内脈動流の熱・物質輸送特性
—第2報 脈動振幅が管内に設置された平板
- <D室>
- D11 9:50 - 10:50 マイクロ伝熱1
- D111 ラマン分光を用いた垂直配向単層カーボンナノチューブ膜の熱伝導率計測
*石川 桂(東京大), 千足 昇平, テウラキットセーリー ティーラボン, 堀 琢磨, 項榮, 渡辺 誠, 塩見 淳一郎, 丸山 茂夫
- D112 カーボンナノチューブと固体間の界面熱抵抗
*廣谷 潤(九州大), 生田 竜也, 高橋 厚史
- D113 水晶基板表面上でのカーボンナノチューブ配向メカニズムの研究
岡部 寛人(東京大), 千足 昇平, 塩見 淳一郎, 佐藤 忠(京セラ), 河野 修一(京セラキンセキ), 寺澤 正巳, *丸山 茂夫(東京大)
- D12 11:00 - 12:20 マイクロ伝熱2
- D121 SBA-16 薄膜内部のイオン移動現象
*高橋 飛鳥(東京大), 中山 大輔, 大宮司 啓文, 片岡 祥(産総研), 遠藤 明

- 面の熱伝達に及ぼす影響—
*松尾 斉(崇城大)
- SP207 多孔体壁面上におけるはく離・再付着乱流への壁面透過性の影響
*富永 聡(大阪府大), 森 基泰, 金田 昌之, 須賀 一彦
- SP208 光熱マランゴニ効果を用いた微小気泡操作へ及ぼす流路の影響
*星 麻美(東京理大), 竹内 洋之, 元祐 昌廣, 本阿弥 眞治
- SP209 DSMC 法によるフォノンダイナミクスの研究
*正尾 裕輔(京都大), 松本 充弘
- SP210 粉体材料の乾燥過程における熱・水分移動特性評価
*室屋 陽平(大阪府大), 木下 進一, 吉田 篤正
- SP211 固体高分子形燃料電池の負極被毒の抑制における温度と水の影響
*荒井 隼人(名古屋大), 森田 成昭, 宮田 康史(名古屋市工研), 北川 邦行(名古屋大)

< E室 >

- E11 9:50 - 10:50 多孔質体の伝熱 1
- E111 CO₂ 地中隔離における高空間分解能 X 線 CT 計測
*深堀 大地(東京工大), 植村 豪, 津島 将司, 平井 秀一郎
- E112 超臨界・液体 CO₂ の高圧砂岩内 X 線 CT 計測—地中隔離における CO₂ 挙動の可視化解析—
*植村 豪(東京工大), 片岡 亮人, 津島 将司, 平井 秀一郎
- E113 多孔質体の機械的分散の画像処理
寒川 哲幹(静岡大), *桑原 不二郎, 中山 顕
- E12 11:00 - 12:20 多孔質体の伝熱 2
- E121 多孔質体で被覆された固体角柱まわりの熱流動特性
*柿本 益志(静岡大), 岡村 鮎夢, 増岡 隆士(北九州市大)
- E122 Crossflow-Tubular 熱交換器の熱分散
*佐野 吉彦(静岡大), 桑原 不二郎, 本山 英明, 中山 顕
- E123 Forced Laminar Convective Condensation in Porous Media
*Eko SISWANTO(Yamaguchi Univ.), Yasuo KATO, Hiroshi KATSURAYAMA
- E124 体積平均理論による多孔質体の有効よどみ熱

伝導率の算出

*Yang Chen(静岡大), 中山 顕

E13 13:50 - 14:50 多孔質体の伝熱 3

- E131 微細多孔体内の X 線ラジオグラフィによる液水挙動可視化と酸素拡散特性の同時計測
*大徳 忠史(横浜国大), 荒木 拓人, 近藤 俊介, 大森 康由, 太田 公一, 金子 春樹, 上杉 健太郎(高輝度光科学研究センター), 宇高 義郎(横浜国大)
- E132 含水時の炭素繊維質多孔体の熱伝導率測定と PEFC 内局所温度測定
*遠藤 亮将(横浜国大), 荒木 拓人, 大洞 健治, 橘 伸佳
- E133 板状金属多孔質体の気流熱伝達係数測定装置の開発
*竹歳 尚之(産総研), 山下 雄一郎, 新田 詠子, 小林 謙一, 馬場 哲也

< F室 >

F11 9:50 - 10:50 ヒートポンプ・空調 1

- F111 収着剤ロータへの二重通風除湿における通風経路の影響
堀部 明彦(岡山大), 春木 直人, 高木 貞男, *仁科 裕貴
- F112 湿度操作による空気清浄の研究 —第3報: ナノサイズ粒子状物質の低減効果—
*小野田 渚(明治大), 中別府 修
- F113 ケミカル調湿における除湿剤循環システムの開発
*白井 浩一(広島大), 松村 幸彦, 北原 博幸(トータルシステム研究所)

F12 11:00 - 12:20 ヒートポンプ・空調 2

- F121 二酸化炭素-潤滑油混合物の水平管内沸騰熱伝達に関する研究
*齊藤 泰司(京都大), Kind Matthias(カールスルーエ工大)
- F122 水素吸蔵合金タンクの熱物質輸送計算 —反応熱利用と複数タンクの連携運転—
*丹下 学(東京大), 筒井 陽子, 前田 哲彦(産総研), 中納 暁洋, 増田 正夫(高砂熱学), 川上 理亮
- F123 Theoretical Prediction of Ground Temperature Profile In Japan
*Lotfi SEGHOUBANI(AIST), Naoki ENDO, Koji MORITA, Satoshi HIRANO
- F124 往復振動流中の熱伝達に関する数値解析

*小清水 孝夫(北九州高専), 笠尾 大作,
久保田 裕巳(九州大), 高田 保之

F13 13:50 - 14:50 ヒートポンプ・空調3

F131 吸収液/微細吸着剤スラリーを用いる吸収式
ヒートポンプ特性に関する研究

*市橋 伸久(名古屋大), 蔡 杰, 小林 信介,
板谷 義紀

F132 昇温型吸収ヒートポンプを用いたメタノール
水蒸気改質システムの評価

*川崎 俊祐(東京工大), Wijaya Willy
Yanto, 渡部 弘達, 岡崎 健

F133 STUDY ON THE COMPACT GSHP UNIT FOR
RESIDENTIAL PURPOSE

*DAVID LEONARDO BLANCO
CHAPARRO(Hokkaido Univ.)

<G室>

G11 9:30 - 10:50 バイオ伝熱1

G111 二つの死滅モードが共存する場合の細胞損
傷・死滅の数学モデルの提案

—反応速度論的モデル化の適用—

石黒 博(九州工大), *野澤 正和(東北大)

G112 白色脂肪組織とその周辺組織の凍結様相の解
明

*石黒 博(九州工大), 梶ヶ谷 博(日本獣医
生命科学大), 清水 匡(北海道大)

G113 魚肉組織の冷凍保存に関する数値シミュレー
ション

*奥 祐一郎(九州工大), 谷川 洋文, 鶴田
隆治

G114 皮膚凍結手術における組織致死温度の測定と
評価

*武田 洋樹(東北大), 岡島 淳之介, 小宮
敦樹, 相場 節也, 円山 重直

G12 11:00 - 12:20 バイオ伝熱2

G121 エレクトロポレーションを用いた組織の細胞
膜電壊療法に関する研究

*野村 征爾(九州大), 藏田 耕作, 内田 悟,
高松 洋

G122 人体熱負荷による全身及び局所温冷感の評価

*島崎 康弘(大阪府大), 吉田 篤正, 鈴木
良太, 和田 慎平, 木下 進一

G123 鼻腔内気流のボクセルシミュレーション

*木村 真也(千葉大), 坂田 拓也, 田中 学,
世良 俊博(理化学研究所), 覚正 信徳, 横
田 秀夫, 小野 謙二, 高木 周

G124 微細藻類利用によるCO₂吸収および新エネ
ルギ開発

*瀬名波 出(琉球大), 上原 真二(沖縄電
力), 嵐田 亮(ユーグレナ), 永松 和成(海
の研究舎), 大金 良彦(沖縄 TLO)

G13 13:50 - 14:50 沸騰1

G131 ナノ流体および塩水の蒸発とクエンチ特性

*新井 崇洋(電中研), 古谷 正裕

G132 高温面上への液滴衝突時の急速蒸気生成過程

*光武 雄一(佐賀大), 門出 政則, 西田 拓
弥

G133 スプレー冷却における水温と液滴径が極小熱
流束に及ぼす影響

*中世古 誠(JFE スチール)

<H室>

H11 9:30 - 10:50 混相流1

H111 水平平滑管における HFC32
及び HFC32-HF01234y f 混合冷媒の流動沸騰
の実験的研究

*李 敏霞(東京大), 汪 琳琳, 党 超鋈, 飛
原 英治

H112 HCFC123 の水平内面ら旋溝付銅管内蒸発流に
おける伝熱と流動様相に関する実験

*桃木 悟(長崎大), 向野 浩太郎, 荒砂 直
道, 茂地 徹

H113 ワイヤメッシュセンサの気泡流動計測適用性

*金井 大造(電中研), 古谷 正裕, 新井 崇
洋

H114 液膜流動の高速多次元計測手法の開発 —電
気化学インピーダンス法による計測条件の最
適化—

*古谷 正裕(電中研), 新井 崇洋, 金井 大
造

H12 11:00 - 12:20 混相流2

H121 微細管内での沸騰熱伝達と流動特性に関する
研究

*瀬古沢 将生(茨城大), 神永 文人, 松村
邦仁, 飯田 匠

H122 マイクロ管内スラグ流強制対流沸騰における
薄液膜厚さ

*韓 栄培(東京大), 鹿園 直毅

H123 単一細管内の強制流動沸騰熱伝達に及ぼす管
径の影響

*馬場 宗明(九州大), 澤田 健一郎, 久保
田 知里, 井上 浩一(北九州市大), 河南 治

- (兵庫県大), 浅野 等(神戸大), 大田 治彦(九州大)
- H124 偏平ミニチャンネル内流動沸騰熱伝達と二相流圧力損失に関する研究
*佐藤 健(工学院大), 大竹 浩靖, 小泉 安郎(信州大)
- H13 13:50 - 14:50 混相流 3
- H131 高速噴霧流を対象とした気液二相流解析手法に関する検討
*児島 芳徳(東北大), 鎌田 美志, 星野 雄将, 新山 智史, 庄子 正和, 松下 洋介, 青木 秀之, 三浦 隆利
- H132 高温ワーク材を対象とした微細ミスト冷却の熱流体解析
*桑原 卓也(九州大), 山本 剛, 深井 潤
- H133 2相流モデルを用いた燃料貯蔵型気化供給DMFC内の熱物質輸送現象の数値解析
*鈴木 祐二(東京工大), 秋田 智行, 井上 剛良
- SP3 15:00 - 15:50 学生優秀プレゼンテーション賞 3 —沸騰・混相流—
- SP301 微細円管内気液二相流の流動様相の観察
*榎木 光治(九州大), 宮田 一司, 森 英夫, 濱本 芳徳
- SP302 フラッシング噴流における熱拡散のモデリング
*ムテール サミー(佐賀大), 池上 康之
- SP303 ブタノール水溶液の限界熱流束に関する研究 —濃度及びサブクールの影響—
*西口 昇太郎(神奈川大), 埜村 恭平, 豊田 光希, 原 創太, 庄司 正弘
- SP304 マイクロ管内環状流の液膜厚さに関する研究
*菅野 普(東京大), 韓 栄培, 鹿園 直毅
- SP305 極細クライオプローブ内における冷媒の沸騰熱過程の解析
*岡島 淳之介(東北大), 武田 洋樹, 小宮 敦樹, Jeong Sangkwon(KAIST), 円山 重直(東北大)
- SP306 エジェクタのノズル出口に発生する二次元二相流衝撃波に関する研究
*原田 敦史(豊橋技科大), 中川 勝文
- SP307 MEMS センサによる核沸騰熱伝達機構の研究 —マイクロ液膜挙動の抽出—
*矢吹 智英(明治大), 中別府 修
- SP308 蒸散を用いた省エネルギー空調技術に関する基礎研究
- *長谷川 朋美(慶應大), 坂部 高士, Huynh Thu, 佐藤 春樹
- SP309 局所的な強制対流冷却を伴う薄型筐体内の熱設計への流体節点法の適用
*福江 高志(富山県大), 石塚 勝, 山崎 健太, 畠山 友行, 中川 慎二, 中山 恒(ThermTech International)
- SP310 旋回流を伴うシェイプトフィルム冷却に関する研究
*近藤 慎平(大阪大), 武石 賢一郎, 永川 悠太, 北村 剛
- SP311 往復動式内燃機関における燃焼室壁面への熱損失の計測に関する研究
高野 孝義(豊田工大), *宇賀神 博行
- < I 室 >
- I11 9:30 - 10:50 ヒートパイプ 1
- I111 酸化銅・アルミナナノ流体を作用液に用いた平板型ヒートパイプの研究 —沸騰実験による作用液伝熱特性の検証—
勝田 正文(早稲田大), 池田 匡視(古河電工), 海老原 健介(早稲田大), *中嶋 拓
- I112 フラットヒートパイプ型ヒートスプレッドの熱伝達特性について
*水田 敬(鹿児島大), 福永 倫康(モレックス喜入), 筒井 俊雄(鹿児島大)
- I113 平板状サーモサイフンの伝熱特性 —ヘッド流路形状による伝熱特性変化—
*安達 昭夫(富士電機システムズ), 江口 直也
- I114 ループ型熱サイフン冷却システムに対する非凝縮ガスの影響
*豊田 浩之(日立製作所)
- I12 11:00 - 12:20 ヒートパイプ 2
- I121 単円管内自励振動流による熱輸送特性
*八尾 佳弘(千葉大), 大宮 諒, 田中 学
- I122 自励振動ヒートパイプの自律熱輸送制御
*小川 博之(JAXA), 岩田 直子, 宮崎 芳郎(福井工大)
- I123 直管型自励振動ヒートパイプにおける設置角度の影響
奥山 邦人(横浜国大), 久保田 将史, *加藤 俊介, 森 昌司
- I124 Self-Rewetting 溶液による自励振動型ヒートパイプの性能向上に関する研究
*麓 耕二(釧路高専), 川路 正裕(ニューヨーク市大), 川南 剛(神戸大)

- 113 13:50 - 14:50 ヒートパイプ3
- 1131 ヒートパイプ BACH を用いた防火水槽融雪システムの検討
*永井 二郎(福井大), 鈴木 健介, 前川 義和(ホクコン), 谷口 晴紀
- 1132 Data center energy conservation by utilizing a heat pipe based cold energy storage system
*Gerald Cabusao(Fujikura), Masataka Mochizuki, Koichi Mashiko, Tetsuya Kobayashi, Randeep Singh, Thang Nguyen, Xiao Ping Wu
- 1133 リザーバ内蔵ループ形ヒートパイプの軌道上熱特性
*石川 博章(三菱電機), 野村 武秀, 斉藤 康之(三菱電機エンジニアリング), 川崎 春夫(JAXA), 岡本 篤, 畠中 龍太
- SP4 15:00 - 15:50 学生優秀プレゼンテーション賞4 —計測技術・熱機器—
- SP401 温度センシング用多色発光蛍光粒子の開発
*石和田 尚弘(慶應大), 藤岡 沙都子, 植田 利久, 横森 剛
- SP402 ソーレー強制レイリー散乱法による3成分ポリマー溶液の物質拡散係数の測定
—CAB/Styrene/MEK 溶液の交差拡散現象の研究—
太田 雄三(慶應大), *小場 健太郎, 長坂 雄次
- SP403 近接場蛍光を用いたナノスケール温度センシング技術の開発
—融着型近接場ファイバプローブによる蛍光寿命測定の高感度化—
岡 巧(慶應大), *藤井 拓郎, 田口 良広, 齋木 敏治, 長坂 雄次
- SP404 マイクロ波加熱ポリオール法によって合成した均一分散銀ナノ流体の有効熱伝導率
*三橋 国直(宇都宮大), 佐藤 正秀, 鈴木 智裕, 阿部 宜之(産総研), 飯村 兼一(宇都宮大), 大田 治彦(九州大), 新本 康久, 深萱 正人(SOHKi), 古澤 毅(宇都宮大), 鈴木 昇
- SP405 人の皮膚の広波長域ふく射物性計測装置の開発
*福井 俊矢(芝浦工大)
- SP406 HFC-32+HF0-1234yf 混合冷媒の気液平衡性質の測定
荒川 宜彬(東京大), *上赤 匠, 党 超鋺, 飛原 英治
- SP407 含浸法による高熱伝導性潜熱蓄熱コンポジットの開発
*大矢 哲平(北海道大), 能村 貴宏, 沖中 憲之, 秋山 友宏
- SP408 Excel を使った熱回路網法による伝熱設計ツールの開発
*野澤 戒(明治大), 小林 健一
- SP409 低・中アスペクト比における液柱内温度差マランゴニ対流の研究
*矢澤 紗織(諏訪東京理大), 河村 洋
- SP410 PEMFC 用 GDL 内における液水蒸発挙動解析
*村木 渉(九州大), 井上 元, 松隈 洋介, 峯元 雅樹, 青木 敦(日産自動車), 田淵 雄一郎
- SP411 Effect of Anisotropic GDL Fiber Directions on PEFC Performance and Liquid Water Distribution Analysis with Freezing Method
*Kyaw Swar Soe Naing(Hokkaido Univ.), Yutaka Tabe, Takemi Chikahisa
- <J室>
- J11 9:50 - 10:50 OS1-1 電子機器の信頼性を支える熱設計と冷却技術1
- J111 サブクール沸騰を用いる小型高熱流束冷却デバイスの提案
*鈴木 康一(山口東京理大), 結城 和久, 洪 定杓(東京理大)
- J112 ハイブリッド型金属多孔質体を用いた1000W/cm²クラス冷却デバイスの開発
*結城 和久(山口東京理大), 鈴木 康一
- J113 サブクールプールに射出した蒸気泡の凝縮・崩壊過程
*上野 一郎(東京理大), 服部 安祐, 細谷 亮太
- J12 11:00 - 12:20 OS1-2 電子機器の信頼性を支える熱設計と冷却技術2
- J121 プリント基板の面方向熱抵抗計測手法の検討
*畠山 友行(富山県大), 中野 雄太, 石塚 勝, 中川 慎二, 富村 寿夫(熊本大), 廣川 正孝(沖プリンテッドサーキット)
- J122 プリント基板の有効熱伝導率評価に関する実験的研究
*富村 寿夫(熊本大), 塩津 吉洋, 小糸 康志, 石塚 勝(富山県大), 畠山 友行
- J123 電子機器基板の有効熱伝導率評価法に関する理論的研究
*小糸 康志(熊本大), 富村 寿夫

- J124 層間接続バンプを含んだ基板の熱抵抗測定
*中野 雄太(富山県大), 高桑 貞一, 石塚 勝, 島山 友行, 中川 慎二, 富村 寿夫(熊本大)
- J13 13:50 - 14:50 OS1-3 電子機器の信頼性を支える熱設計と冷却技術 3
- J131 導電性接着剤の測定装置の開発 - カートリッジ方式一方向熱流定常比較法の不確かさ解析 -
*大串 哲朗(広島国際大), 田中 浩和(エスペック), 平田 拓哉, 柳浦 聡(三菱電機), 渡邊 聡(藤倉化成)
- J132 導電性接着剤の熱伝導率測定装置の開発 - カートリッジ方式一方向熱流定常比較法の各種測定条件の検討 -
*平田 拓哉(エスペック), 田中 浩和, 柳浦 聡(三菱電機), 渡邊 聡(藤倉化成), 大串 哲朗(広島国際大)
- J133 周期加熱サーモリフレクタンス法を用いた半導体デバイス内部におけるマイクロスケール熱抵抗評価技術の開発 - 界面熱抵抗の異なる Au-Si 2 層試料の測定 -
秋葉 洋(慶應大), *大坪 慶貴, 田口 良広, 長坂 雄次

第 2 日 5 月 27 日 (木)

< A 室 >

- A21 9:30- 10:50 OS3-4 水素エネルギー技術 4 - 計測・可視化 -
- A211 燃料電池の分光計測 [14] 近赤外レーザーを用いた燃料電池電解質膜の水分可視化
*森田 成昭(名古屋大), 城島 悠樹, 宮田 康史(名古屋市工研), 北川 邦行(名古屋大)
- A212 50 μ m 電解質膜内水分分布の高分解能 MRI 計測
*沈 宰暎(東京工大), 津島 将司, 平井 秀一郎
- A213 NMR センサーによる PEM 内含水量と燃料電池発電電流の空間分布および時間変化の計測 - 燃料ガスの相対湿度と利用率の影響 -
*横内 康夫(慶應大), 小川 邦康, 拝師 智之(MRTechnology), 伊藤 衡平(九州大)
- A214 ゴムに対する水素ガスの溶解度および拡散係数の NMR 法による計測
*栗屋 大樹(九州大), 村松 秀隆, 滝田 千夏(産総研), 藤原 広匡, 西村 伸(九州大),

- 小川 邦康(慶応大), 高田 保之(九州大), 伊藤 衡平
- A22 11:00- 12:20 OS3-5 水素エネルギー技術 5 - PEMFC セパレーター影響 -
- A221 オゾン光吸収による燃料電池流路内非シート型速度計測
*野田 豊人(東京工大), 津島 将司, 平井 秀一郎
- A222 高電流密度時のセル性能に及ぼすリブ・チャネルの影響
*田淵 雄一郎(日産自動車), 塩見 岳史, 青木 敦, 久保 則夫
- A223 可動型セパレーターリブを有する固体高分子形燃料電池の発電特性
*谷川 洋文(九州工大), 博多屋 龍司, 鶴田 隆治
- A224 Analysis of liquid water discharge performance in a channel of PEM fuel cells using lattice Boltzmann method
*Ben Salah Yasser(Hokkaido Univ.), Yutaka Tabe, Takemi Chikahisa
- A23 13:50- 14:50 OS3-6 水素エネルギー技術 6 - 各種燃料電池 -
- A231 高濃度メタノール発電のための DMFC 内物質輸送の解析と制御
*津島 将司(東京工大), 細谷 友麿, 藤井 義喜, 平井 秀一郎, 柿本 誠三(シャープ)
- A232 トポロジー最適化手法に基づく SOFC 電極-電解質界面の形状制御
*岩井 裕(京都大), 黒柳 篤史, 齋藤 元浩, 吉田 英生, 山田 崇恭, 西脇 眞二
- A233 多孔質触媒を用いた木質バイオマスの熱分解及び水蒸気ガス化
*佐藤 翔(東京工大), 青木 一晃, 花村 克悟
- < B 室 >
- B21 9:30- 10:50 反応・燃焼 4
- B211 気相燃焼法によって合成された Y2O3:Tb 蛍光ナノ粒子の粒子特性
*松田 優(慶應大), 植田 利久, 横森 剛, 藤岡 沙都子
- B212 カーボンナノ物質の燃焼合成に及ぼすガスの検討
*奥山 正明(山形大), 富村 寿夫(熊本大)
- B213 高周波水中プラズマにおける水分解反応に対

- する気泡挙動の影響
*向笠 忍(愛媛大), 野村 信福, 豊田 洋通,
山下 浩, 前原 常弘
- B214 大気圧放電によるオゾン生成に及ぼす細管反
応器内での光触媒反応の効果
*石丸 和博(岐阜高専), 前田 宗大

B22 11:00 - 12:20 相変化を伴う伝熱 1

- B221 疎水性冷却液が滲出する多孔質面上への水噴
霧による構造H水和物生成
花田 純一郎(慶應大), *佐田 圭史, 森 康
彦
- B222 炭化水素系混合ガスからのクラスレート水和
物生成 — 生成器内気相の組成変化挙動—
小川 裕之(慶應大), *近藤 航, 大村 亮,
森 康彦
- B223 微細管内蒸気凝縮流れの伝熱流動特性に関す
る研究
*飯山 浩司(筑波大), 金子 暁子, 阿部 豊,
鈴木 裕(WELCON)
- B224 マランゴニ滴状凝縮における伝熱面温度勾配
下の表面張力差液体移動機構 (続報)
*陳 志豪(横浜国大), 宇高 義郎, 田口 岳
志

B23 13:50 - 14:50 相変化を伴う伝熱 2

- B231 微小重力環境を用いた単一液滴蒸発実験にお
ける実験誤差に関する数値解析
*鈴木 芳行(東北大), 原田 拓自, 渡部 弘
達, 庄子 正和, 松下 洋介, 青木 秀之,
三浦 隆利
- B232 高温面に衝突する微小液滴の熱伝達に関する
研究 — 液滴径, 液滴速度, 表面性状および
材質の影響—
*田頭 圭祐(九州大), 石原 寛也, 日高 澄
具, 河野 正道, 高田 保之
- B233 狭隘間隙沸騰系における薄液膜形成機構と特
性
*張 耀華(横浜国大), 宇高 義郎, 田中 翔

< C室 >

C21 9:30 - 10:50 噴流

- C211 衝突噴流の流れ場と温度場の同時測定
*松田 昇一(琉球大), 佐事 尚道, 瀬名波
出, 加藤 純郎
- C212 高発熱素子の直接噴流水冷におけるナノ粒子
混入の影響
*石田 勤(日本大), 松島 均

- C213 ノズルリップによる平面噴流の非対称制御
*村山 泰祐(同志社大), 舟木 治郎, 平田
勝哉

- C214 3-D 3-C PIV を用いた二次元噴流の三次元計
測
*江田 真英(宇都宮大), 武関 峻矢, 二宮
尚

C22 11:00 - 12:20 熱物性 1

- C221 廃油バイオディーゼル燃料および脂肪酸メチ
ルエステルの熱物性
*春木 直人(岡山大), 堀部 明彦, 中島 啓
伍
- C222 添加剤による超臨界流体の物性と構造の変化
*山本 貴大(京大)
- C223 超臨界水中反応熱の決定における誤差低減
*松村 幸彦(広島大), 辻本 剛
- C224 固体と液体の比熱と電磁波吸収の相関
*田中 修(三木再生エネルギー開発研究
所)

C23 13:30 - 14:50 分子動力学 1

- C231 Growth control of single-walled carbon
nanotubes by alcohol catalytic CVD method:
— Influence of catalyst reduction
temperature on nanotube diameters—
*Theerapol Thurakitserree(The Univ.
Tokyo), Erik Einarsson, Rong Xiang,
Shohei Chiashi, Junichiro Shiomi, Shigeo
Maruyama
- C232 カーボンナノコイル生成に関する分子動力学
的研究
*香川 勝(大阪大), 山口 康隆, 平原 佳織,
中山 喜萬
- C233 分子動力学法によるカーボンナノチューブの
管摩擦測定
*木村 達人(神奈川大)
- C234 単層カーボンナノチューブと周囲流体の界面
熱コンダクタンス
*車 振赫(東京大), 塩見 淳一郎, 千足 昇
平, 丸山 茂夫

< D室 >

D21 9:30- 10:50 強制対流 1

- D211 波状下壁面を有する傾斜ピンフィン流路内の
乱流熱伝達のLES
*小田 豊(大阪大), 武石 賢一郎, 森合 秀
樹(三菱重工), 始田 祐輔(大阪大)

D212 デルタ翼列を用いた T 形合流管における乱流混合の促進

藤永 紘基(名古屋大), 宮越 智也(三重大),
*廣田 真史, 浅野 秀夫(デンソー), 丸山直樹(三重大), 西村 颯

D213 リブを設置したチャンネル乱流熱伝達の空間発展型 DNS

*三浦 貴広(新潟大), 松原 幸治, 永井 貴之, 櫻井 篤

D214 密に配置された正方形リブの伝熱特性

石田 克彦(川崎重工), 葉狩 智子, *前田秀剛(大阪大), 武石 賢一郎, 小田 豊, 前田 健吾

D22 11:00 - 12:20 強制対流 2

D221 内壁回転と貫流が有る凹型, 凸型, 円錐型環状拡大流路内流れの 2 次元 PTV 計測

*齋藤 博史(東京農工大), 村田 章, 池谷拓巳, 岩本 薫

D222 脈動流を伴う気流デフレクタを持つ触媒コンバータ内の速度分布

*太田 匡哉(同志社大), 谷川 博哉(舞鶴高専), 舟木 治郎(同志社大), 平田 勝哉

D223 ペブル充填管における高プラントル数流体の伝熱流動実験

*清水 克矢(東北大), 江原 真司, 橋爪 秀利, 結城 和久(山口東京理大), 相良 明男(核融合研)

D224 過渡応答法によるディンプル面熱伝達率計測における壁内部三次元熱伝導補正

*西田 怜美(東京農工大), 村田 章, 齋藤博史, 岩本 薫

D23 13:30 - 14:50 強制対流 3

D231 矩形断面波状流路の流動挙動と熱伝達に関する研究

*篠崎 健(三菱電機), 吉瀬 幸司, 高田 勝, 外川 一

D232 狭い二次元流路内の伝熱促進

*一法師 茂俊(三菱電機), 小林 裕, 松岡宏明

D233 環状流路より円形伝熱面に流入する作動流体の熱伝達特性

森田 慎一(米子高専), *門脇 拓己, 早水庸隆

D234 Na 冷却高速炉における大口径配管の流力振動評価に関する研究

*小野 綾子(原子力機構), 木村 暢之, 上出 英樹, 飛田 昭

< E 室 >

E21 9:50- 10:50 ふく射伝熱 1

E211 射度法を用いた放射熱平衡に関する一考察

*近藤 良夫(日本ガイシ), 山下 博史(名古屋大)

E212 乱流中におけるふく射輸送現象に関する基礎的研究

*櫻井 篤(新潟大), 松原 幸治, 円山 重直(東北大)

E213 近接場光起電力発電の高密度化に関する研究

*浅野 雅夫(東京工大), 深井 尋史, Elaiyaraaju Srinivasan, 花村 克悟

E22 11:00 - 12:20 ふく射伝熱 2

E221 単分散霧粒子の成長速度を考慮した夜間大気
のふく射伝熱数値解析

*酒井 清吾(横浜国大), 馬場 友彦, 円山重直(東北大)

E222 宇宙用多層断熱材の実効輻射率の温度依存性

*川崎 春夫(JAXA), 村上 正秀(筑波大)

E223 ナノ粒子散布による地球温暖化防止策の提案と粒子の最適化

*円山 重直(東北大), 長山 岳史, 小宮 敦樹

E224 ウォーターカーテンハウスにおける遮熱効果の実証試験

*伊吹 竜太(宮城大), 岩崎 泰永(豊橋技科大)

E23 13:50 - 14:50 ふく射伝熱 3

E231 矩形導波管を用いたマイクロ波加熱に及ぼす表面構造の影響

*赤堀 匡俊(長岡技科大), 青木 和夫, 小林 健

E232 熱反射コーティングを利用した熱輻射エネルギー制御

*松村 功德(東京大), 池上 将英, 香川 豊

E233 加齢によるキメ構造の変化が皮膚の反射性質に与える影響

*小川 達弥(芝浦工大)

< F 室 >

F21 9:30 - 10:50 計測技術 1

F211 過渡レンズ効果における光・物質・温度場相互作用の基礎研究 - 2次元温度場における光伝播特性

- *ドアン ホン ドク(東京工大), 千々岩 宗弘, 伏信 一慶, 岡崎 健
- F212 FDTD 法による短パルスレーザー光の媒質内伝播特性の解明
*千々岩 宗弘(東京工大), 伏信 一慶, 岡崎 健
- F213 光ファイバー型湿度センサーに関する研究
*党 超鋌(東京大), 巖 維娜, 飛原 英治
- F214 誘電特性を利用した生体の水分率測定
*白樫 了(東京大), 利根川 明宏(芝浦工大), 山田 純

F22 11:00 - 12:20 計測技術 2

- F221 ステレオ画像と数値計算の併用による横風を受ける噴流の温度・濃度場推定法
*西村 瑛子(慶應大), 中谷 恵三, 菱田 公一
- F222 細線熱電対列プローブによる流体温度場スキャナの開発
稲葉 貴久(名古屋工大), 貝吹 和秀, 保浦 知也, *田川 正人
- F223 マイクロ蛍光偏光法を用いた流路内の流体温度計測 (第2報)
遠崎 晃久(京都大), *巽 和也, 中部 主敬
- F224 PEFC 用 MEA の熱抵抗及び発電中の MEA 内温度の計測
*高田 慎一郎(早稲田大), 吉村 祐哉, 足立 拓也, 草鹿 仁, 中垣 隆雄, 久保 則夫(日産自動車), 鈴江 祥典

F23 13:50 - 14:50 計測技術 3

- F231 耐熱細線群の赤熱を利用した乱流火炎の瞬間多次元温度分布の計測手法の開発
*樋口 洋介(名古屋工大), 今枝 隆浩, 永野 陽也, 齋木 悠, 石野 洋二郎, 大岩 紀生
- F232 微粉炭燃焼場における硫黄化合物の in situ 分光計測
*長坂 拓哉(名古屋大), 児玉 憲治, 北川 邦行, 石川 明(中部電力), 成川 公史, 大島 敏弘
- F233 位相ロック OH-PLIF 計測によるマイクロ流路内振動火炎の非定常温度計測
*范 勇(東京大), 鈴木 雄二, 笠木 伸英

< G室 >

- G21 9:30 - 10:50 沸騰 2
- G211 過熱面上に液滴衝突時の固液接触状況の観察

と諸量の計測

- *永井 二郎(福井大), 山田 哲也, 奥野 敬太
- G212 高温面の急速冷却で発生する均一自発核生成について
*モハマド ハッサン(佐賀大)
- G213 HF01234yf の水平細管内沸騰熱伝達の研究
*斎藤 静雄(東京大), 中村 欣貴, 党 超鋌, 飛原 英治
- G214 プラスチック用いた減圧沸騰多重効用型蒸留器の開発
*斎藤 皓介(慶應大), 森川 和己, 佐藤 春樹

G22 11:00 - 12:20 沸騰 3

- G221 低流量条件における水平マイクロ管内限界熱流束
*斉藤 雄介(東京大), 鹿園 直毅, 八束 真一(デンソー), 新山 泰徳, 福田 健太郎
- G222 低圧・低質量流束条件下における周方向非均一加熱管の限界熱流束 - 加熱長さの影響 -
*網 健行(関西大), 廣瀬 拓哉, 堀田 一成, 梅川 尚嗣, 小澤 守, 三島 嘉一郎(原子力安全システム研究所), 齊藤 泰司(京都大)
- G223 ハニカム多孔質体を用いた飽和プール沸騰 CHF 向上メカニズムの検討
森 昌司(横浜国大), *沈 ロージェ, 奥山 邦人
- G224 細線の限界熱流束の線径依存性に関する研究
*尾形 誠(神奈川大), 檜山 翼, 諸隈 崇幸, 山岸 陸英, 内田 達也, 庄司 正弘

G23 13:50 - 14:50 沸騰 4

- G231 ぬれと乾きが共存する伝熱面における熱流束分布
*原村 嘉彦(神奈川大)
- G232 2-プロパノール水溶液のプール沸騰高熱流束域における伝熱面近傍の温度場の測定
*坂下 弘人(北海道大)
- G233 沸騰における伝熱面表面温度・表面熱流束の計測
*劉 維(原子力機構), 高瀬 和之

< H室 >

- H21 9:30 - 10:50 混相流 4
- H211 濡れ性の異なる基板上での液滴蒸発挙動の格子ボルツマンシミュレーション
*両角 仁夫(高知工科大), 李 榮娟

- H212 分子動力学法と格子ボルツマン法の連成計算による微小気泡の解析
*並河 遼(京都大)
- H213 サブクール・ブール沸騰における伝熱面からの気泡離脱に関する数値的検討
*小瀬 裕男(京都大), 功刀 資彰
- H214 細管内を上昇する単成分二相流における気泡成長の熱流動解析
加見 祐一(京都大), 岩井 裕, *齋藤 元浩, 吉田 英生
- H22 11:00 - 12:20 混相流 5
- H221 高熱流束除熱法としてのマイクロ液-液スラグ流の評価 - 圧力損失と熱伝達率の測定 -
*山本 彬(東京大), 長谷川 洋介, 笠木 伸英, 鈴木 雄二
- H222 相変化スラリーの流動特性に関する研究
*熊野 寛之(信州大), 平田 哲夫, 工藤 智也, 小路 遼太, 萩原 陽介
- H223 分岐管を用いた固液二相流の分配特性 - 異なる粒子の場合 -
田上 隆二(福井大), *新田 高士, 田中 裕光, 太田 淳一
- H224 加圧溶解法により生成されたマイクロ・ナノバブルの帯電特性
神岡 紀明(東京工大), *川口 達也, 佐藤 勲, 齊藤 卓志
- H23 13:30 - 14:50 自然対流・複合対流 1
- H231 円筒容器内の水平な加熱回転円板上の共存対流熱伝達特性
*織江 潤一(岩手大), 佐藤 翔平, 小野寺 高之(ミウラセンサー研究所), 廣瀬 宏一(岩手大)
- H232 ソルボサーマル法による単結晶育成時の自然対流熱伝達に関する数値解析
*増田 善雄(産総研), 鈴木 明, 三川 豊(三菱化学), 鏡谷 勇二(東北大), 石黒 徹, 横山 千昭, 塚田 隆夫
- H233 ブラフボディ周りを通過する浮力ブルームのラージェディシミュレーション - 流れの発達に及ぼす物体発熱の影響 -
*須藤 仁(電中研), 服部 康男
- H234 自動車室内の熱設計数値シミュレーターの開発
*若嶋 振一郎(一関高専)
- 1211 ループヒートパイプの過渡熱流動モデルに関する研究
*西川原 理仁(名古屋大), 長野 方星
- 1212 平板型ループヒートパイプの熱輸送特性
*塩賀 健司(富士通研究所), 尾形 晋, 長岡 秀明, 内田 浩基, 青木 重憲
- 1213 ループヒートパイプ(LHP)設計ツールの開発
*田中 清志(機械振興協会), 大川 清一郎(NEC 情報システムズ), 河田 道人
- 1214 PTFE 多孔質を用いた小型ループヒートパイプの基本特性および温度制御性
*福吉 芙由子(JAXA), 長野 方星(名古屋大), 小川 博之(JAXA), 永井 大樹(東北大)
- 122 11:00 - 12:20 ヒートパイプ 5
- 1221 Oscillating Heat Pipe Simulation using Bubble Generation Model
*Senjaya Raffles(Tokyo Inst. Tech.), Suzuki Yuji, Inoue Takayoshi
- 1222 可変コンダクタンスヒートパイプの蒸発部温度制御の実験的研究
*岡崎 峻(JAXA), 小川 博之
- 1223 Effect of Tube Length and Liquid Filling Ratio on Performance of Parallel-Tube Heat Transport Device
*Thanh-Long PHAN(Tokyo Univ. A&T), Akira MURATA, Kaoru IWANMOTO, Hiroshi SAITO
- 1224 濃度差マランゴニ効果を考慮した角型流路内の液流れ
*倉前 正志(北海道大)
- 123 13:50 - 14:50 生産加工技術
- 1231 研削加工時における水ミスト冷却が被加工物へ及ぼす効果に関する研究 - 水溶性潤滑の冷却効果について -
*磯部 佳成(山口県産業技術センター), 弓立 一哉, 加藤 泰生
- 1232 レーザー照射による高分子材料への導電性付与
*齊藤 卓志(東京工大), 宮川 紘一, 川口 達也, 佐藤 勲
- 1233 ランプ急速熱処理プロセスにおける昇温速度の高精度制御方法の実験的検討
*瓜本 哲也(神戸大), 平澤 茂樹, 川南 剛, 森本 直樹

< I 室 >

I21 9:30- 10:50 ヒートパイプ 4

< J 室 >

J21 9:30 - 10:50 OS1-4 電子機器の信頼性を支

える熱設計と冷却技術 4

晴, 浅古 豊(首都大東京), 鈴木 康一(山口東京理大), 上野 一郎(東京理大)

J211 中性子ラジオグラフィによるループヒートパイプの可視化

*岡本 篤(JAXA), 畠中 龍太, 間瀬 勇樹(筑波大), 村上 正秀

J212 相変化マイクロカプセル懸濁液を利用した電子機器冷却の基礎研究 - (循環型実験装置における微細円管内強制対流熱伝達特性) -

*林 達也(富山県大), 中川 慎二, 橋本 武裕, 畠山 友行, 石塚 勝

J213 マイクロチャンネル内の電気浸透流による伝熱促進

*山本 明宏(九州工大), 武末 晋治, 松野 友彦, 宮崎 康次

J214 電子機器熱設計のための空冷ファンモデル - 軸流ファン出口における旋回流のモデル化 -

*中村 元(防衛大)

J22 11:00 - 12:20 マイクロ伝熱 4

J221 マイクロマニピュレータチップにおける付着力の熱制御

*加藤 達彦(明治大), 中別府 修

J222 LBMとMDによるナノ多孔体内流れのシミュレーション

*伊東 敬彦(大阪府大), 竹中 奨, 金田 昌之, 須賀 一彦

J223 窒化アルミニウムのレーザーマイクロ溝加工に及ぼすレーザー波長の影響

*河野 正道(九州大), 乙藤 拓人, 森 竜宏, 高田 保之

J224 マイクロ気固界面による気体選択的透過制御デバイスの開発 - PDMS表面加工性状による透過性変化の評価 -

*酒井 啓太(慶應大), 三島 耕治, 一柳 満久(東京大), 柿沼 康弘(慶應大), 佐藤 洋平, 菱田 公一

J23 13:50 - 14:50 マイクロ伝熱 5

J231 電気物性の温度依存性を利用したマイクロ流体輸送

*土岐 光(東京理大), 阿久津 大, 元祐 昌廣, 本阿弥 眞治

J232 マイクロチャンネル形状に基づく非一様電界における交流誘電泳動および電熱効果によるナノ粒子連続分離技術

伏見 光明(慶應大), 嘉副 裕, *佐藤 洋平

J233 マイクロチューブを流れるガスの伝熱特性

*洪 定杓(東京理大), 内田 祐樹, 山本 貴

第3日 5月28日(金)

< A室 >

A31 9:30 - 10:50 OS3-7 水素エネルギー技術7 - PEMFC凝縮水挙動 -

A311 軟X線によるPEFC多孔質内液水輸送の高分解能可視化

*笹部 崇(東京工大), 津島 将司, 平井 秀一郎

A312 PEFCカソード電極内水分輸送におけるMPLの有効性評価

*谷口 僚(京都工繊大), 西田 耕介, 津島 将司(東京工大), 平井 秀一郎

A313 液水存在下におけるガス拡散層内の酸素輸送抵抗評価

*久保 則夫(日産自動車), 宮崎 真一, 小高 敏和, 田渕 雄一郎

A314 GDLの液水滞留状態と酸素拡散性に及ぼす撥水処理の影響

*井上 元(九州大), 村木 渉, 城ノ上 健太, 石部 直之, 松隈 洋介, 峯元 雅樹, 青木 敦(日産自動車), 田渕 雄一郎

A32 11:00 - 12:20 乱流 1

A321 前方ステップを通過する温度成層境界層の乱流構造

*服部 博文(名古屋工大), 田川 正人, 長野 靖尚

A322 2次元加熱丘周りの温度場乱流多層構造に関する研究

*保浦 知也(名古屋工大), 草野 文彦, 田川 正人, 長野 靖尚

A323 多孔体界面を流れる乱流渦生成機構の実験的解明に関する研究

*森 基泰(大阪府大), 富永 聡, 金田 昌之, 須賀 一彦

A324 球状固体粒子を含む一様乱流の直接数値シミュレーション

*松原 幸治(新潟大), 太田 智, 櫻井 篤

A33 13:50 - 15:50 乱流 2

A331 ポリマー放出型船底防汚塗料の開発と性能評価 - 塗膜表面の流れのLDV計測 -

*本澤 政明(東京理大), 亢 力強(北京師範)

- 大), 安藤 裕友(海技研), 芦田 利彦(中国塗料), 千田 哲也(海技研), 川口 靖夫(東京理大)
- A332 粘弾性流体チャンネル乱流の DNS による熱伝達低減効果の解析
*塚原 隆裕(東京理大), 石神 隆寛, 蔵野 順哉, 川口 靖夫
- A333 高レイノルズ数 MHD 乱流における高プラントル数熱伝達
*山本 義暢(京都大), 功刀 資彰
- A334 壁面温度変化を伴う安定成層ポアズイユ乱流の構造
*高島 宜裕(名古屋工大), 飯田 雄章, 長野 靖尚
- A335 壁面からのポリマー溶液滲出による乱流摩擦抵抗低減の実験的研究 - 滲出壁面近傍の流れの PIV 計測 -
*石塚 翔太(東京理大), 徐 鶴寧, 本澤 政明, 岩本 薫(東京農工大), 安藤 裕友(海技研), 千田 哲也, 川口 靖夫(東京理大)
- A336 壁面からのポリマー溶液滲出による乱流摩擦抵抗低減の実験的研究 - 滲出壁面近傍のポリマー濃度分布 -
*徐 鶴寧(東京理大), 黒澤 太希, 本澤 政明, 岩本 薫(東京農工大), 安藤 裕友(海技研), 千田 哲也, 川口 靖夫(東京理大)
- < B室 >
B31 9:30 - 10:50 相変化を伴う伝熱 3
- B311 霜結晶の成長に及ぼす冷却面表面性状の影響
大久保 英敏(玉川大), 矢島 健史(東京電力), *池本 駿(玉川大), 上野 雅之
- B312 水溶液凍結時の冷却壁面上に形成される板状氷結晶群
*堀 高誌(古河電工), 寺岡 喜和(中央大), 松本 浩二, 福野 良
- B313 固体表面制御の氷の付着力へ及ぼす影響に関する研究 - シランカップリング剤により生成された薄膜の効果の検討 -
*諸星 道孝(三菱重工), 松本 浩二(中央大), 寺岡 喜和, 稲場 浩之
- B314 高温加熱物体周りを流れる相変化スラリーの伝熱特性
*富樫 憲一(神戸大), 川南 剛, 平野 繁樹(北海道工試), 麓 耕二(釧路高専), 平澤 茂樹(神戸大)
- B32 11:00- 12:20 相変化を伴う伝熱 4
- B321 シクロペンタン水和物の熱伝達率
- *中島 雅祐(IHI), 平田 淳
- B322 積層湾曲板型潜熱蓄熱槽の蓄熱性能
小泉 博義(電気通信大), *金 云海, 岩本 寛武
- B323 膨潤をともなう高分子ゲルを用いた凍上機構の解明
青木 和夫(長岡技科大), 赤堀 匡俊, 中村 賢二郎, *今井 良樹
- B324 舗装体内部の融雪浸透水挙動を念頭に置いた融雪舗装体の稼動シミュレーション
*山口 正敏(日本地下水開発), 横山 孝男(山形大), 沼澤 喜一(日本地下水開発), 堀野 義人, 安原 薫(山形大), 設楽 貴彦
- B33 13:50 - 15:10 相変化を伴う伝熱 5
- B331 プロパンハイドレートの核発生に関する研究
*鈴木 孝典(青山学院大), 浅岡 龍徳, 岡田 昌志
- B332 不凍タンパク質水溶液中の氷の均質核生成
*稲田 孝明(産総研), 小山 寿恵, 後藤 文俊(金沢大), 瀬戸 章文
- B333 クライオプローブを用いたウシ肝臓の in vitro 凍結実験
*田中 雄樹(九州大), 内田 悟, 蔵田 耕作, 高松 洋
- B334 廃食用油バイオディーゼル燃料の融解挙動
須知 成光(秋田県大), *加藤 慎也, 日向野 三雄
- < C室 >
C31 9:30 - 10:50 熱物性 2
- C311 スタンプ型センサによる固体の熱輸送性質の接触測定に関する研究
*西谷 守(九州大), 大和田 知希, 内田 悟, 蔵田 耕作, 高松 洋
- C312 マイクロビームセンサによる液体試料の熱伝導率測定に関する研究
*古屋 悠作(九州大), 田中 利幸, 内田 悟, 蔵田 耕作, 高橋 厚史, 高松 洋
- C313 フォトサーマル赤外検知法を用いた超伝導薄膜(YBCO)の熱伝導率と温度伝導率の同時測定
*安藤 哲(慶應大), 田口 良広, 長坂 雄次
- C314 MEMS を用いた複合熱分析法の研究 - 空気の影響と熱・質量同時分析 -
*杉本 拓也(明治大), 宮川 幸弘, 早川 裕樹, 中別府 修
- C32 11:00 - 12:20 熱物性 3

- C321 火炎断層計測のための Two-Way 線形後退投影 CT スキーム
*村井 祐一(北海道大), 田中 大樹, 田坂 裕司, テイラー アレックス(インペリアルカレッジ)
- C322 UV ナノインプリント法による表面微細周期構造の熱光学特性
*戸谷 剛(北海道大), 石川 直幸, 脇田 督司, 永田 晴紀
- C323 生活空間を構成する表面の垂直入射吸収率スペクトルと全半球放射率の測定
*若林 英信(京都大), 牧野 俊郎
- C324 熱ふく射の近接場成分計測に関する研究
平島 大輔(東京工大), *黒田 圭佑, 花村 克悟
- C33 13:50 - 15:10 熱物性 4
- C331 The effect of copper and copper oxide pigment particles on aesthetic and thermal characteristics of pigmented coating
*Mehdi Baneshi (Tohoku Univ.), Shigenao Maruyama, Atsuki Komiya
- C332 導体矩形マイクロキャビティの指向性単色放射率に関する放射シミュレーション
*平島 大輔(東京工大), 花村 克悟
- C333 ブラックセラミックスの熱輻射特性
*香川 豊(東京大), 松村 功德, 中田 幸宏
- C334 マイクロ球自己組織化構造の非周期性とその熱ふく射特性
*池町 希(九州工大), 脇田 健太郎, 宮崎 康次
- < D室 >
D31 9:30 - 10:50 分子動力学 2
- D311 分子動力学法を用いた非対称ナノ構造の熱伝導解析
*永井 大資(九州工大), 城戸 陽平, 宮崎 康次
- D312 SAM-溶媒界面の熱輸送特性に対する親水性・疎水性の影響
*菊川 豪太(東北大), 小原 拓, 川口 暢(東京大), 杵淵 郁也, 松本 洋一郎
- D313 高分子電解質膜内におけるプロトン輸送特性の解析
*吉田 大樹(東北大), 徳増 崇
- D314 ナノ構造が固液界面熱抵抗に及ぼす影響に関する分子動力学的研究
*芝原 正彦(大阪大), 竹内 清
- D32 11:00 - 12:20 分子動力学 3
- D321 バイオディーゼル燃料の蒸発係数に関する分子論的研究
*水口 博貴(九州工大), 長山 暁子, 鶴田 隆治
- D322 気液界面の分子境界条件と反射分子の適応係数
*徳永 敦士(九州工大), 長山 暁子, 鶴田 隆治
- D323 固液界面の微視的構造に及ぼす壁面電荷の影響に関する分子動力学解析
小川 和也(大阪大), スルブリス ドナタス, *山口 康隆, 黒田 孝二(大日本印刷), 中島 但, 藤村 秀夫
- D324 金属ナノ粒子融解凝固過程の分子動力学
*澁田 靖(東京大), 鈴木 俊夫
- D33 13:50 - 15:10 分子動力学 4
- D331 脂質二重膜の熱伝導特性に対する炭化水素鎖長による影響
*中野 雄大(東北大), 菊川 豪太, 小原 拓
- D332 多体ポテンシャルによる金属・炭素クラスタの分子動力学的研究
*井上 修平(広島大), 吉田 慎佑, 松村 幸彦
- D333 気泡ダイナミクス解明のための液膜の不安定性解析
*松本 充弘(京都大), 川島 達生, 末松 公輔
- D334 ナノ細孔を持つ薄膜の厚さの違いにおける一本鎖のDNA転座によるヌクレオチド同定の可能性についての研究
*ゾロツキヒナ タチアナ(富山大)
- < E室 >
E31 9:30 - 10:50 OS2-1 非線形熱流体現象と伝熱 1
- E311 液体金属中の熱プルームとは?
*田坂 裕司(北海道大), 熊谷 一郎, 矢野 可南子, 村井 祐一, 武田 靖, 柳澤 孝寿(海洋研究開発機構)
- E312 高 Pr 数における出発プルームの挙動に関する熱源サイズの影響
*熊谷 一郎(北海道大), Davaille Anne(Universite Paris-Sud), Limare Angela(Institut de Physique du Globe de Paris)

- E313 旋回流予混合火炎のカオスの挙動
*後藤田 浩(立命館大), 宮野 尚哉,
Shepherd Ian(米国ローレンスバークレー
国立研究所)
- E314 環状プール内の軸対称表面張力対流の安定限界
*今石 宣之(九州大), Ermakov
Michael(Inst. Problems Mechanics RAS),
石 万元(重慶大)
- E32 11:00 - 12:40 OS2-2 非線形熱流体现象と
伝熱 2
- E321 マイクロバブを用いた高感度流れ制御
*渡村 友昭(北海道大), 田坂 裕司, 村井
祐一, 武田 靖
- E322 入力ひずみ速度に対する分散気泡流の実効粘
度増減条件
*桜井 康介(北海道大), 田坂 裕司, 村井
祐一, 武田 靖
- E323 静磁場印加マランゴニ対流におけるディスク
壁の導電性の影響
齊藤 大輔(首都大東京), *田川 俊夫
- E324 温度差マランゴニ効果による自由薄液膜内対
流
*上野 一郎(東京理大), 渡辺 俊貴
- E325 温度勾配を付加した自由薄液膜内対流と静
的・動的変形
*勝田 健史(東京理大), 渡辺 俊貴, 上野
一郎
- < F室 >
- F31 9:50 - 10:50 熱機器・熱交換器 1
- F311 ウイングレットを用いた高性能空調用熱交換
器の開発
藤野 宏和(ダイキン), 金 鉉永, *鎌田 俊
光, 川添 政宣
- F312 水圧を用いたスケール付着抑制効果
*矢瀧 健史(東京電力), 細木 哲郎(コベル
コマテリアル銅管)
- F313 水平管外を流下する LiBr 水溶液への水蒸気
吸収に及ぼす管形状と界面活性剤の影響
*長崎 孝夫(東京工大), 塚田 悠太(トヨタ
自動車), 伊藤 優(東京工大), 佐々木 直
栄(住友軽金属)
- F32 11:00- 12:20 熱機器・熱交換器 2
- F321 渦発生体付設によるフラットチューブ熱交換
器の高性能化
- *大西 元(金沢大), 米倉 永, 多田 幸生,
瀧本 昭
- F322 極細管群の流れと熱伝達
*勝田 温(工学院大), 大竹 浩靖, 小泉 安
郎(信州大)
- F323 斜交波状フィン熱交換器の試作評価
*鹿園 直毅(東京大), 井上 満, 澄野 慎二,
斉藤 雄介, 矢部 充男(コマツ), 大澤 昭
浩
- F324 ワイヤ型 JT マイクロ冷凍機の基本特性
*ウィジャバラガ アディカ(九州大), 鍛本
将志, 迫田 直也, 久保田 裕巳, 河野 正
道, 高田 保之
- F33 13:50 - 14:50 熱機器・熱交換器 3
- F331 熱交換器一体型遠心ファンの熱流動特性 -
ファン径が伝熱性能に及ぼす影響 -
*川口 清司(富山大), 竹田 知弘, 橋本 圭
佑, 渡辺 大輔
- F332 フィン付回転円板の冷却性能向上
小倉 英輔(九州大), *吉田 敬介, 坂口 篤
司(住友金属), 野上 裕, 田坂 誠均
- F333 腐食性排ガス用熱交換器の伝熱促進の効果
*三谷 洋喜(九州大), 中曾 浩一, 中川 二
彦(岡山県大), 深井 潤(九州大)
- < G室 >
- G31 9:30 - 10:50 沸騰 5
- G311 短い垂直円管内水の強制対流サブクール沸騰
熱伝達 - その 2. 高レイノルズ数域 -
*畑 幸一(京都大), 増崎 貴(核融合研)
- G312 高濃度 LiCl 水溶液のプール核沸騰における
沸騰挙動と伝熱特性
*嶋志田 隼司(芝浦工大)
- G313 人工キャビティによる沸騰面での発泡点間干
渉効果の実験的研究 - 第 1 報: 伝熱面材質の
影響
*姜 玉雁(豊田中研), 長田 裕司, 稲垣 昌
英, 堀之内 成明
- G314 沸騰に及ぼす加熱面性状に関する研究
*田中 信宏(神奈川大), 藤田 和久, 井坂
智知, 庄司 正弘, 渡辺 誠(東京大)
- G32 11:00 - 12:20 沸騰 6
- G321 水の核沸騰過程におけるマイクロ液膜測定
柏原 雄貴(横浜国大), 宇高 義郎, *尾崎
美智央
- G322 水の核沸騰過程におけるマイクロ液膜蒸発特性

- *柏原 雄貴(横浜国大), 宇高 義郎, 尾崎 美智央
- G323 気泡微細化沸騰に及ぼす系圧力の影響
*高橋 基嗣(神奈川大), 泉 翔太, 佐藤 拓也, 庄司 正弘
- G324 ブタノール水溶液中の気泡生成挙動 – 沸騰熱伝達に関連して –
西口 昇太郎(神奈川大), 宍戸 達哉, 吉田 潤一, *庄司 正弘
- G33 13:50 - 15:30 沸騰 7
- G331 浸漬沸騰式改質器におけるシクロヘキサンの脱水素化反応促進
*山城 光(沖縄高専)
- G332 非線形ブタノール水溶液のミニチャンネル内衝突流沸騰への適用
*小野 直樹(芝浦工大), 大坪 雄太, 大曲 啓明, 遠原 晃一
- G333 フィン間狭あい流路内強制流動沸騰における熱伝達特性
*梶本 和利(九州大), 三浦 進一, 芳井 晋作, 小林 寛幸, 新本 康久, 大田 治彦
- G334 内面溝付き管のCO₂蒸発器への適用評価
*橋本 克巳(電中研), 佐々木 直栄(住友軽金属), 水田 貴彦
- G335 プレート式蒸発器の表面微細加工によるアンモニア沸騰熱伝達促進
*松尾 伸彦(佐賀大), 有馬 博史, 岡本 明夫(神戸製鋼), 執行 啓太(佐賀大), 池上 康之
- < H室 >
- H31 9:30 - 10:50 自然対流・複合対流 2
- H311 高アスペクト比の鉛直流体層内自然対流の不安定挙動と熱伝達特性
*伊藤 宏和, 増岡 隆士, 井上 浩一, 柿本 益志
- H312 側壁に発熱体を有する密閉空間内の自然対流熱伝達に及ぼす内部物体の影響
*北 享幸(富山県大), 舟渡 裕一
- H313 鉛直流体層内の2成分気体混合過程に関する研究
*武田 哲明(山梨大), 花沢 大樹, 磯見 宙孝
- H314 立方体キャビティ内非定常熱対流の諸特性
*藤田 識司(同志社大), 谷川 博哉(舞鶴高専), 舟木 治郎(同志社大), 平田 勝哉
- H32 11:00 - 12:20 自然対流・複合対流 3
- H321 ダウンバーストに代表される非定常浮力噴流の数値解析
*今井 真史(明治大), 小林 健一
- H322 二重円管内密度成層中での自然対流熱伝達に及ぼす初期温度の影響 – 初期温度を変化させた場合の詳細な検討 –
*姫野 修廣(信州大), 杉本 太郎, 加藤 文晃
- H323 水平加熱円板上自然対流境界層のよどみ点近傍における伝熱流動特性
服部 康男(電中研), *須藤 仁
- H324 高 Ra 数領域における自然冷却システムの研究 – 縮小模型試験による適用範囲検討 –
*鬼塚 久和(IHI), 松野 伸介
- H33 13:50 - 15:30 自然対流・複合対流 4
- H331 側壁加熱・冷却される水平矩形流路内の複合対流熱伝達に及ぼす流路断面縦横比の影響
*鳥山 孝司(山梨大), 一宮 浩市, 金子 真和(三菱電機)
- H332 鉛直加熱平板に沿う水の共存対流境界層の直接数値解析
*アベディン モハマド ジョイナル(名古屋工大), 辻 俊博, 浜館 潤一
- H333 横風を受けるプリューム内の渦対の形成メカニズム(2)
*篠原 雅彦(消防研究センター)
- H334 2次元上向き加熱くさびまわりの強制-自然共存対流の流動と伝熱
*北村 健三(豊橋技科大), 大畑 亮祐, 光石 暁彦, 木村 文義(兵庫県大)
- H335 水平加熱正方形柱まわりの強制-自然直交流共存対流の流動と伝熱
*木村 文義(兵庫県大), 車 洋介, 北村 健三(豊橋技科大)
- < I室 >
- I31 9:50 - 10:50 物質移動 1
- I311 PEFC カソード触媒層構造の発電特性に及ぼす影響 – 触媒担持濃度と反応場の関係解明 –
*松田 秀俊(東京工大), 大間 敦史, 伏信 一慶, 岡崎 健
- I312 PEFC 電解質膜劣化現象解明のための膜内電位分布計測
*大石 誠人(東京工大), 岡野 雄生, 大間 敦史, 伏信 一慶, 岡崎 健
- I313 透湿過程における電解質膜内の含水分布及び

水輸送特性の評価

勝田 正文(早稲田大), 渡邊 和也, *酒井
隆志, 青谷 幸一郎(日産自動車), 久保 則
夫

*石井 美里(富士電機ホールディングス),
安達 昭夫(富士電機システムズ), 金子 公
寿(富士電機ホールディングス), 山本 勉

I32 11:00 - 12:00 物質移動 2

I321 MRI を用いた固体高分子電解質膜内の水分分
布計測と濃度差拡散係数の含水量依存性
最上 明德(慶應大), *小川 邦康, 伊藤 衡
平(九州大)

I322 Phase change in the cathode side of a PEM
fuel cell
*Navvab Khajeh Hosseini Dalasm(Tokyo
Inst. Tech.), Kazuyoshi Fushinobu, Ken
Okazaki

I323 シャワークリーニングによる環境汚染物質除
去に関する実験的研究 -水蒸気添加効果の
検討-
姫野 修廣(信州大), *深見 清貴, 山本 祐
二郎

J33 13:50 - 14:50 電子機器冷却 3

J331 電子素子冷却用の小型蒸気圧縮冷却装置の設
計

*伊藤 健(東京大), 白樫 了, 西尾 茂文

J332 パワー型 LED の熱抵抗低減と熱設計のための
基礎実験

勝田 正文(早稲田大), 渡部 拓司, *原田
優作

J333 データセンタ省エネのための先進サーバ冷却
ネットワークシステムの研究開発

阿部 宜之(産総研), *大内 真由美, 深萱
正人(SOHKi), 北川 隆(河村電器産業), 大
田 治彦(九州大), 新本 康久, 佐藤 正秀
(宇都宮大), 飯村 兼一

< J室 >

J31 9:50 - 10:50 電子機器冷却 1

J311 ピエゾファン(DCJ)による薄型ノート PC の冷
却技術

*ジャリルバンド アハマド(フジクラ), 望
月 正孝, 齋藤 祐士, 川原 洋司, 曾 國浩

J312 ピンフィンヒートシンクのベース面熱伝達寄
与に関する検討

*堀内 敬介(日立製作所), 安田 陽介, 鈴
木 敦, 西原 淳夫

J313 感温塗料を用いた狭隘ダクト内円筒の局所熱
伝達率評価

*安田 陽介(日立製作所), 堀内 敬介, 鈴
木 敦

J32 11:00 - 12:20 電子機器冷却 2

J321 取り外し可能な熱コネクタの伝熱性能に関す
る要素検討

*近藤 義広(日立製作所)

J322 スリム型 BD ドライブ用光ピックアップの放
熱検討

*佐藤 航(日立製作所)

J323 発熱特性が異なる並列配置電子機器の高効率
冷却技術

*加藤 健次(三菱電機), 一法師 茂俊, 田
中 利貴

J324 水冷ヒートシンクの熱伝達促進に関する検討



編集出版部会からのお知らせ —各種行事・広告などの掲載について—



インターネットの普及により情報発信・交換能力の比類ない進展がもたらされました。一方、ハードコピーとしての学会誌には、アーカイブ的な価値のある内容を手にとって熟読できる点や、一連のページを眺めて全貌が容易に理解できる点など、いくら電子媒体が発達してもかなわない長所があるのではないかと思います。ただし、学会誌の印刷・発送には多額の経費も伴いますので、当部会ではこのほど、密度のより高い誌面、すなわちハードコピーとしてぜひとも残すべき内容を厳選し、インターネット（HP：ホームページ、ML：メーリングリスト）で扱う情報との棲み分けをした編集方針を検討いたしました。

この結果、これまで会告ページで取り扱ってきた各種行事・広告などの掲載につき、以下のような方針で対応させていただきたく、ご理解とご協力をお願いする次第です。

対 象	対 応	具体的な手続き (電子メールでの連絡を前提としています。)
本会（支部）主催による行事	無条件で詳細を、会誌とHPに掲載、MLでも配信	申込者は、総務部会長・編集出版部会長・広報委員会委員長・総務担当副会長補佐評議員に記事を同時送信してください。
関係学会や本会会員が関係する組織による 国内外の会議・シンポジウム・セミナー	条件付き掲載 会誌：1件当たり4分の1ページ程度で掲載・(無料) HP：行事カレンダーに掲載しリンク形成・(無料) ML：条件付き配信(無料)	申込者は、まず内容を説明する資料を総務担当副会長補佐評議員に送信してください。審議の結果、掲載可となった場合には総務担当副会長補佐評議員より申込者にその旨通知しますので、申込者は記事を編集出版部会長（会誌担当）と広報委員会委員長（HP担当）に送信してください。
大学や公的研究機関の人事公募（伝熱に関する分野に限る）	会誌：掲載せず HP：条件付き掲載(無料) ML：条件付き配信(無料)	申込者は、公募内容を説明する資料を総務担当副会長補佐評議員に送信してください。審議の結果掲載可となった場合には総務担当副会長補佐評議員より申込者にその旨通知しますので、申込者は記事を編集出版部会長（会誌担当）広報委員会委員長（HP担当）に送信してください。
一般広告 求人広告	会誌：条件付き掲載(有料) HP：条件付き掲載 (バナー広告のみ、有料)	申込者は、編集出版部会長（会誌担当）または広報委員会委員長（HPバナー広告担当）に広告内容を送信してください。掲載可となった場合には編集出版部会長又は広報委員会委員長より申込者にその旨通知しますので、申込者は原稿を編集出版部会長または広報委員会委員長に送信してください。掲載料支払い手続きについては事務局からご連絡いたします。バナー広告の取り扱いについては http://www.htsj.or.jp/banner.pdf をご参照下さい。

【連絡先】

- ・総務部会長：原村嘉彦（神奈川大学）：haramy01@kanagawa-u.ac.jp
- ・編集出版部会長：花村克悟（東京工業大学）：hanamura@mech.titech.ac.jp
- ・広報委員会委員長：佐藤洋平（慶應義塾大学）：yohei@sd.keio.ac.jp
- ・総務担当副会長補佐評議員：酒井清吾（横浜国立大学）：sakai@ynu.ac.jp
- ・事務局：倉水裕子：office@htsj.or.jp

【注意】

- ・原稿はWordファイルまたはTextファイルをお願いします。
- ・HPはメンテナンスの都合上、掲載は申込月の翌月、また削除も希望掲載期限の翌月程度の時間遅れがあることをご了承願います。
- ・MLでは、原則としてテキスト文の送信となります。pdf等の添付ファイルで送信を希望される場合ご相談ください。

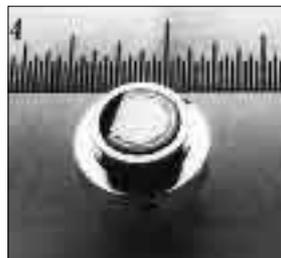
第 48 期新入会員（2009.12.15～2010.2.4）正 5 名

資	氏名	所属	資	氏名	所属
正	福本 一生	立命館大学工学部機械工学科	正	松村 功德	東京大学大学院工学系研究科
正	寺田 好夫	日東電工株式会社	正	鳥取 章二	(財)若狭湾エネルギー研究センター
正	小高 得央	株式会社アテクト			

熱流束センサー

熱流束センサーは、熱エネルギーの移動密度 (W/cm^2) に比例した直流電圧を出力します。弊社の製品は米国バージニア工科大学が開発した新しい技術をVatell社で商品化したもので、大変手軽に高速・高精度で熱流量の測定をすることができます。特に応答速度の早いこと、センサーからの出力レベルが高いことが特徴で、熱流束マイクロセンサー (HFM) では、応答速度最高6マイクロ秒を達成しています。

熱流束マイクロセンサー



特徴

- 最高速の応答 (約 6μ 秒)
- $850^{\circ}C$ まで外部冷却不要
- 低雑音 / 高感度
- 熱流束と温度を測定
- 伝導、対流、輻射に等感度

使用例

- エンジン内壁の熱伝達状態観察
- ロケットエンジンのトラバース実験
- タービンブレード熱風洞試験
- 自動車用エアバッグ安全性試験
- ジェットエンジンバックファイヤー試験

ガードン型円形フォイルセンサー

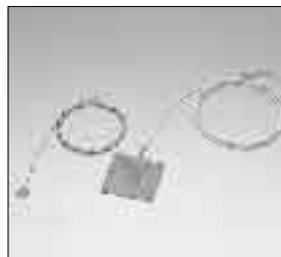


センサー本体の構造は、薄膜フォイル・ディスクの中心と周囲の温度差を測定する、差動型熱電対をとっています。フォイル・ディスクはコンスタンタンで作られており、銅製の円柱形ヒートシンクに取り付けられています。水冷式は取付け場所の自由度が高く長時間の測定が可能です。

使用例

- 焼却炉・溶鉱炉の熱量測定
- 火災実験の際の輻射熱ゲージ
- バーナーなど熱源の校正用基準器
- 着火性・燃焼性試験 (ISO5657,5658,5660)
- 米国連邦航空局のファイヤー・スモークテスト

シート状熱流束センサー



センサーは銅とニッケルのサーモパイルから構成されており、測定対象物に貼付けて使います。センサーは厚さが0.2mmと薄いので、柔軟性に富んでおり、直径1インチの円筒形に湾曲させる事が出来ますので、パイプなどに貼り付けてお使いになるには最適です。

使用例

- 電気・電子機器内の発熱・放熱状態測定
- 熱交換器の効率測定
- パイプの放熱状況測定

熱流束センサー 校正サービス

熱流束センサーの校正作業をお引き受けいたします。校正証明書は米国基準局NISTにトレーサブルです。校正設備の物理的な制約で、お引き受けできない場合もあります。ご相談ください。

センサテクノ株式会社

〒106-0031 東京都港区西麻布3-24-17 霞ビル4F
TEL: 03-5785-2424 FAX: 03-5785-2323

URL www.senstech.jp

E-mail senstech@td6.so-net.ne.jp

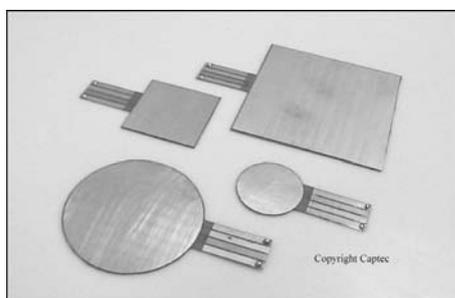
テクノオフィスは、独自の高度技術を持つ海外メーカーの

熱流計／熱流束センサーをご紹介します。

CAPTEC 社 (フランス)

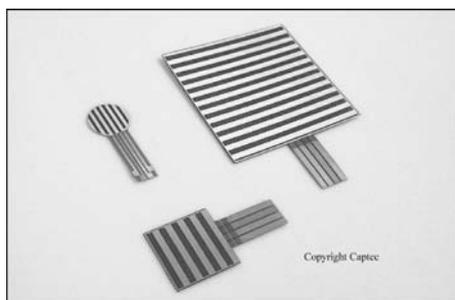
CAPTEC 社は、独自の高度技術により、低熱抵抗で高感度な熱流束センサーを開発・製造致しております。環境温度が変化しても感度は常に一定で、熱流束値に比例した電圧を高精度に出力します。輻射センサーは、輻射熱のみを計測する画期的なセンサーです。特注形状も承っております。

熱流束センサー



サイズ: 5×5～300×300 [mm] (厚み:0.4 [mm])
 熱抵抗値: 0.00015 [°C/(W/m²)]
 熱伝導率: 2.7 [W/mK]
 温度範囲: -200～200 [°C]
 応答速度: 約 200 [ms]
 柔軟性: フレキシブルー直径 30 [mm] に彎曲
 リジッドー平面用
 オプション: 温度計測用 T 型熱電対内蔵
 特注品: 最高温度 350 [°C]または 380 [°C], 防水加工

輻射センサー



サイズ: 5×5～50×50 [mm]
 厚み: 0.25 [mm]
 温度範囲: -200～250 [°C]
 応答速度: 約 50 [ms]
 柔軟性: 直径 30 [mm] に彎曲
 オプション: 温度計測用 T 型熱電対内蔵
 特注品: 最高温度 350 [°C]または 380 [°C]
 波長領域: 広帯域(可視+赤外)／標準(赤外)

【アプリケーション】

◇伝熱一般 ◇温熱環境 ◇サーマルマネキン ◇食品／調理ー焼成オーブン ◇コンクリート・地中埋設

○当社では、CAPTEC 製品に最適なデータロガーも取扱っております。お気軽にお問い合わせ下さい。

有限会社 テクノオフィス (CAPTEC 社日本総代理店)

URL: <http://www.techno-office.com/>

本社: 〒225-0011 神奈川県横浜市青葉区あざみ野 3-20-8-B

TEL. 045 (901) 9861 FAX. 045 (901) 9522

編集出版部会ノート Note from the Editorial Board

わが国で消費されるエネルギーのおよそ3分の1は産業用である、といわれています。特に鉄鋼業、ガラスを中心とする窯業、アルミ産業といった部門での消費が大きく、その省エネ技術は、古くから取り組まれており、世界でもトップクラスといわれています。そうした製造現場での熱マネジメントについての特集を企画しましたが、以外にも、それぞれの分野において、品質管理には着目しているものの、全体の熱マネジメントを把握している部署や管理者が少なく、十分な記事を集めることができませんでした。最先端の素材開発や品質の確保とともに、高効率のエネルギー利用や熱回収にもまだまだ取り組まなければならないと思います。例えば、本号のグラビアに示したガラス窯業現場や鉄の連続鋳造現場においては、見学コースを歩いていると“暖かい”としか感じないものですが、熱ふく射や対流による大量の放熱があることが写真から見て取れます。一方、携帯電話など生活に便利な機器が手軽に入手できるようになり、その膨大な生産台数とともにエネルギー需要や放熱量も増大しています。様々な分野での熱マネジメントの取り組みが必要に思います。また、前号（2010年1月号）に掲載できなかった、燃料電池の材料に関する記事も本号に掲載させていただきました。併せて皆様の議論のきっかけになれば幸いです。

引き続きご支援賜りますようお願いいたします。

花村 克悟（東京工業大学）

Katsunori Hanamura (Tokyo Institute of Technology)

e-mail: hanamura@mech.titech.ac.jp

副会長 山田幸生（電気通信大学）

部会長 花村克悟（東京工業大学）

委員

（理事）石塚 勝（富山県立大学）

藤岡恵子（(株)ファンクショナル・フルイッド）

板谷義紀（名古屋大学）

橋本律男（広島大学）

深川雅幸（三菱重工）

（評議員）一法師茂俊（三菱電機）

久角喜徳（大阪ガス）

福谷和久（神戸製鋼所）

白樫 了（東京大学）

齊藤卓志（東京工業大学）

宗像鉄雄（NEDO）

大村高弘（ニチアス）

田崎 豊（日産自動車）

（オブザーバー）

黒坂俊雄（神鋼リサーチ）

富村寿夫（熊本大学）

TSE チーフエディター 門出政則（佐賀大学）

編集幹事

石田賢治（佐賀大学）

編集出版事務局：

東京工業大学炭素循環エネルギー研究センター 花村克悟

〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 11-24

Tel&Fax: 03-5734-3705, hanamura@mech.titech.ac.jp