

伝 熱

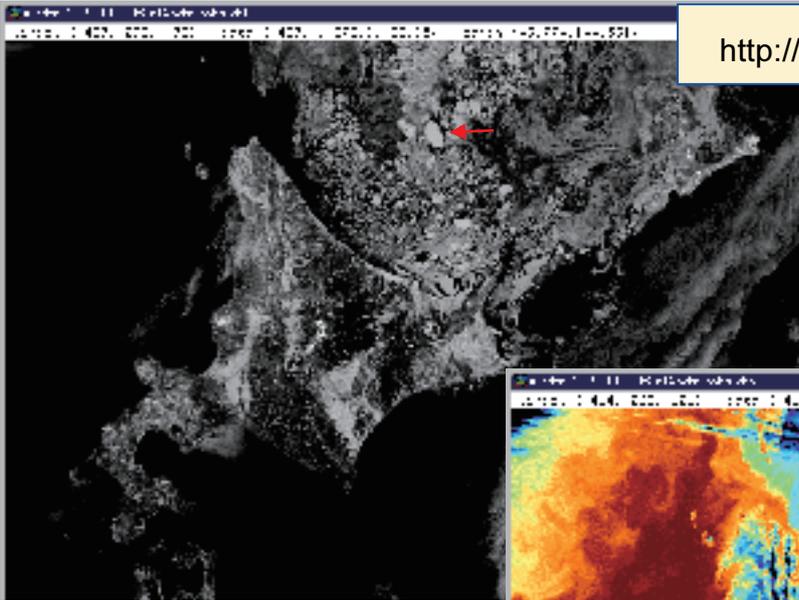
Journal of the Heat Transfer Society of Japan

ISSN 1344-8692 Vol. 47, No. 198
2008. 1

HTSJ

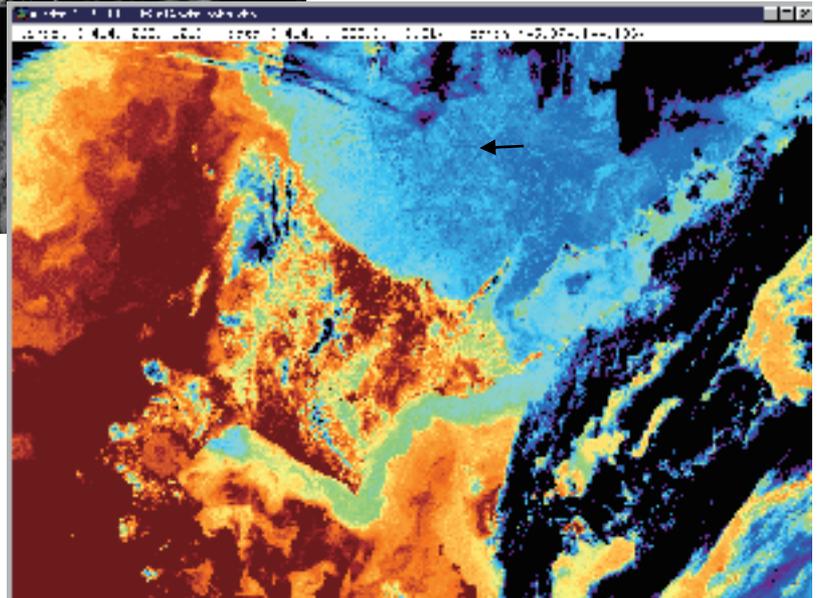
◆特集：バイオマス燃料◆

<http://www.htsj.or.jp/heat-page.html>



可視画像 (Ch-1)

赤外画像 (Ch-5 : 波長 11.5-12.5 μm)



オホーツク海の流氷の衛星画像

Drift Ice in The Sea of Okhotsk from a NOAA Satellite

佐々木 正史 (北見工業大学)

Masafumi SASAKI (Kitami Institute of Technology)

e-mail: sasaki-m@mail.kitami-it.ac.jp

流氷晩期 (1998年3月9日) の北海道周辺の衛星画像写真です。衛星はアメリカ海洋大気局 (NOAA) の NOAA 衛星で、AVHRR というセンサーを搭載しています。左側は可視画像 (Ch-1) で右側は赤外チャンネルの内のひとつ (Ch-5) の赤外画像です。可視画像では白くて雲か氷か区別が付きにくい場合でも赤外画像で見ると、黒い部分が最も低温で海上ではすべて上空にある低温の雲を示しており、明るい水色で表示されている流氷と明瞭に区別されます。網走沖にはサロマ湖を呑み込むほどの大きな流氷塊が浮かんでいるのが見えます (矢印)。茶色は最も温度が高い部分で、日本海は一様に高い水温であるのに対し太平洋沿岸はやや低水温に囲まれていることが分かります。これはオホーツク海の冷たい海水が根室水道を通じて太平洋に流出したためと思われます (塩分濃度が低いので低温でも浮き上がります)。実際の水温を知る場合には2つの赤外チャンネルデータ (Ch-4 と Ch-5) を演算して海水温を求める、MCSST (Multi-Channel Sea Surface Temperature) という手法が開発されています。

近年オホーツク海の流氷密接度 (流氷が海面を覆う面積割合) は減少の一途をたどり、最近 100 年間の沿岸気温に対して明瞭な負の相関が認められることから、流氷の減少は温暖化を示す指標とされています。沿岸気温があと 4°C 上昇するとオホーツク海 (日本近海) から流氷は消えると指摘する研究者もいます。ぜひ今のうちに流氷をご覧になることをお勧めします。

伝 熱

目 次

〈特集：バイオマス燃料〉

- リグノセルロース系バイオマスからのバイオ燃料製造技術の現状と今後の展開
 ……坂西欣也（（独）産業技術総合研究所） ……1
- リグノセルロースからのバイオエタノール製造
 —木材糖化・バイオマスリファイナリーの歴史・現状・新展開—
 ……寺本好邦，李 承桓，遠藤貴士（（独）産業技術総合研究所） ……5
- バイオマス燃料のガス化技術 ……吉川邦夫（東工大） ……11
- バイオディーゼル燃料 ……山根浩二（滋賀県立大学） ……16

〈プロジェクトQ〉

- きく8号搭載展開型ラジエータの開発 ……石川博章，野村武秀（三菱電機）
 ……大串哲朗（広島国際大学）
 ……野田浩幸，川崎春夫，矢部高宏（宇宙航空研究開発機構） ……22

〈International Letter〉

- スペイン研修（Vulcanus in Europe 2007 体験記） ……上野克憲（九州大学） ……28

〈国際活動・会議報告〉

- 第8回アジア熱物性会議（福岡） ……藤井丕夫（産総研） ……31
- 第22回国際冷凍会議 ……森 英夫（九州大学） ……33
- 「キッズ・エネルギー・シンポジウム2007」報告 ……山下博史（名古屋大学） ……34
- 東北支部秋季伝熱セミナー開催報告 ……高橋一郎，安原 薫（山形大学） ……36
- 「九州伝熱セミナー in 由布院」報告 ……河野正道（九州大学） ……37

〈Heart Transfer〉

- 秋田の杜氏と美人の麴（菌） ……日向野三雄（秋田県立大学） ……38
- 白い真冬の風物詩 ……島崎康弘・吉田篤正（大阪府立大学大学院） ……39
- マイクロ熱工学の世界 ……中別府 修（明治大学） ……40

〈巻頭グラビア：heat-page〉

- オホーツク海の流氷の衛星画像 ……佐々木正史（北見工業大学） ……表紙裏

| | |
|------------------------|----|
| 〈行事カレンダー〉 | 41 |
|------------------------|----|

〈お知らせ〉

| | |
|----------------------------|----|
| 「伝熱」の著作権の帰属について（公告） | 42 |
| 第 45 回日本伝熱シンポジウムのご案内 | 43 |
| 事務局からの連絡 | 47 |
| 編集出版部会ノート | 52 |

Vol. 47, No. 198, January 2008

CONTENTS

<Special Issue:>

| | |
|--|----|
| Present Status and Future Development of Production Technology for Bio-Fuels from Lignocellulosic Biomass Kinya SAKANISHI (AIST) | 1 |
| Bioethanol Production from Lignocellulose: History, Present, and New Developments of Wood Saccharification and Biorefinery Yoshikuni TERAMOTO, Seung-Hwan LEE, Takashi ENDO (AIST) | 5 |
| Gasification Technologies for Biomass Fuels Kunio YOSHIKAWA (Tokyo Inst. Tech.) | 11 |
| Biodiesel Fuel Koji YAMANE (The University of Shiga Prefecture) | 16 |

<Project Q>

| | |
|--|----|
| Development of Deployable Radiator for Use on Satellite KIKU-8 Hiroaki ISHIKAWA, Takehide NOMURA (MELCO), Tetsuro OGUSHI (Hiroshima int. Univ.), Hiroyuki NODA, Haruo KAWASAKI and Takahiro YABE (JAXA) | 22 |
|--|----|

<International Letter>

| | |
|--|----|
| Recounting the Experience of Vulcanus in Europe 2007 Katsunori UENO (Kyushu University) | 28 |
|--|----|

<Report on International Conference>

| | |
|--|----|
| The 8 th Asian Thermophysical Properties Conference (Fukuoka) Motoo FUJII (AIST) | 31 |
| The 22 nd International Congress of Refrigeration Hideo MORI (Kyushu University) | 33 |
| Report on the Kids Energy Symposium 2007 Hiroshi YAMASHITA (Nagoya University) | 34 |
| Tohoku Heat Transfer Seminar in Yamagata Ichiro TAKAHASHI, Kaoru YASUHARA (Yamagata University) | 36 |
| Report of Kyushu Heat Transfer Seminar in Yufuin Masamichi KOHNO (Kyushu University) | 37 |

< Heart Transfer >

A Chief Sake-Brewer and Aspergillus Oryzae in Akita
Mitsuo HIGANO (Akita Pref. University) 38

A Common Sight in the Winter in White
Yasuhiro SHIMAZAKI, Atsumasa YOSHIDA (Osaka Prefecture University) 39

World of Micro Thermal Engineering
Osamu NAKABEPPU (Meiji University) 40

< Opening-page Gravure: heat-page >

Drift Ice in The Sea of Okhotsk from a NOAA Satellite
Masafumi SASAKI (Kitami Institute of Technology) Opening Page

< Calendar > 41

< Announcements > 42

リグノセルロース系バイオマスからのバイオ燃料製造技術の現状と今後の展開

Present Status and Future Development of Production Technology for Bio-Fuels from Lignocellulosic Biomass

坂西 欣也 ((独)産業技術総合研究所)

Kinya SAKANISHI (AIST)

e-mail: kinya-sakanishi@aist.go.jp

1. はじめに

バイオマス資源は、現状では資源量の制約と収集コストが高い等の課題を抱えているが、カーボンニュートラルでかつクリーンな再生可能資源であることから、石炭、石油等の化石資源の利用によって起因している環境問題（SO_x、NO_x等の排出による酸性雨問題や炭酸ガス排出による地球温暖化）を軽減できる大きなポテンシャルを有している。このような観点から、環境負荷が大きい石炭や石油を代替するバイオマス資源のエネルギー利用の可能性が期待されている。

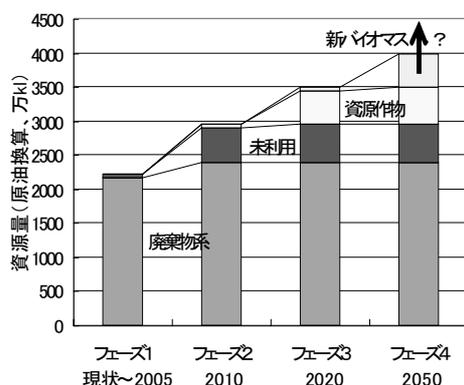


図1 バイオマス量と導入イメージ

図1に、バイオマス・ニッポン総合戦略におけるバイオマス量と導入イメージを示した。この総合戦略の大きな特徴は、廃棄物系バイオマス、未利用バイオマス（林地残材や非収穫部など）、資源作物（サトウキビなど）、新作物（海洋バイオマスや遺伝子操作など）の4つに分類し、導入時期を4つに分けたこと、カスケード利用によるバイオマスリファイナリーの実現を提案していること、技術開発や導入目標の数値目標を掲げたことなどにある。廃棄物系バイオマスには古紙、家畜排せつ物、食品廃棄物、建設発生木材、製材工場残材、

黒液（パルプ工場廃液）、下水汚泥、し尿汚泥などの廃棄物が含まれ原油換算で2400万klあると推計されている。未利用バイオマスは、稲わら、麦わら、もみ殻、林地残材（間伐材、被害木等）などの現在収穫していないものであり、550万klあると推計されている。資源作物は現在の未利用地や未利用森林を利用したバイオマスの積極的な生産を行うことで550万kl生産できると推計されている。新作物は将来の遺伝子改良作物などを含むが、量的規模は未定である。

バイオエタノールの利用は、アメリカやブラジルが先行していたが、我が国でもようやく2007年4月27日から首都圏の50カ所のガソリンスタンドで「バイオガソリン」の一般ユーザーへの販売がスタートし、2007年は日本のバイオエタノール元年と言える年となった。「バイオガソリン」は、エタノールとイソブテンの化合物であるエチルターシャリーブチル（ETBE）を7%含み、レギュラーガソリンと同程度の燃費で、石油元売り各社はレギュラーガソリンと同じ価格で販売している。我が国では、バイオエタノールとETBEが競合・混乱していると捉える向きもあるが、「バイオガソリン」の販売開始を、バイオ燃料普及の一步と前向きに評価したい。今回混入されたETBEは輸入された物であり、国産バイオ燃料増産に向けた研究開発、特にリグノセルロース系バイオマスからのバイオ燃料生産技術の進展が重要であろう。

2. バイオマスエネルギーの利用

バイオマスのエネルギー利用については、第一義的には、石炭、石油、天然ガス等を代替することによって化石資源の使用量を削減し、その結果として炭酸ガス排出量を低減することが必要である。バイオマス資源は、カーボンニュートラルであるものの、無制約で使用できる量がある訳ではなく、あくまでも未利用のエネルギー源としての

用途開発により化石資源の節約を図るべきである。

大量の炭酸ガスを排出する石炭火力発電所において木質バイオマスを混焼する場合、木質バイオマスのエネルギー利用のメリットを最大限に発揮し、デメリットを最小限にとどめるためのビジョンを策定することが、最も重要であると考えられる。例えば、石炭火力発電所で未利用の木質バイオマスを5～10%混焼することを念頭に置き、単純計算で5～10%のCO₂排出量の削減を達成することが可能であり、上述したような木質バイオマスの収集・輸送コストを考慮しても、そのメリットは十分に大きい。また、石油を中心とする化石資源がほとんどなく、エネルギー自給率が10%足らずの日本にとっては、このようなバイオエネルギーの導入によるエネルギー自給率の向上のみならず、森林資源の有効利用や地球環境保全の面からもプラス効果は大きいといえよう。一方、大規模火力発電所で主として用いられている石炭は、燃料としての価格は安いものの、化石資源の中で最もCO₂排出量が多く、しかもSO_x、NO_xのみならず、煤塵、微量有害金属の排出が危惧されていることから、その低環境負荷利用法の開発が進められており、既に石炭税が導入され、その利用に関わる環境コストが上昇している。

また、オンサイト型エネルギー変換利用する場合は、バイオマス発生量が10dry-t/d前後であることから、この規模のエネルギー変換方式として現時点で有力視されているのは、1) 木質バイオマスの直接燃焼による熱供給、2) 木質バイオマスの直接燃焼による蒸気タービン発電と熱供給、3) 固定床ガス化炉とガスエンジンによる発電と熱供給である。これらのうち、1) および2) については既に技術開発が終わっており、導入・普及レベルにあり、③については国内外でさまざまな技術開発が進められつつあり、実証レベルにあると考えられる。

大規模集中型の利用促進には、国家的コンセンサス、あるいは世界情勢に基づいた日本としての戦略的導入シナリオ、ならびに変換プロセス開発が不可欠である。これは、決して短期的なビジョンにとどまらず、日本におけるエネルギー需要見通しと地球環境保全（温暖化対策を含む）目標に基づいた、21世紀の炭化水素系エネルギー資源の安定供給を可能にするバイオマス全体の高効率利

用プログラムを策定し、今後の研究開発の優先順位を決定しておく必要があることを意味する。長期ビジョン（2050年頃を目標とする。例えば、海外、特に東南アジア地域からのバイオマス輸入も含めたトータルシステムの提案）を念頭に置いたバイオマス利用の促進シナリオも想定しておく必要がある。

このような状況の中で、大規模集中型の石炭・石油代替型の複合ガス化発電、液体クリーン燃料及びガス製造プロセスの設計・開発を進めておくことが、化石資源が枯渇する以前にバイオエネルギー利用を滞りなく実施する観点から非常に重要と考える。

また、バイオマスエタノールやバイオディーゼル燃料(BDF)に代表されるバイオマス由来の液体燃料の製造技術は、世界のエネルギー消費の太宗を占め、かつ日本は政治・経済的に不安定な中東地域への依存度が90%近くあることから、石油代替エネルギー開発の観点からも非常に重要である。特に、自動車燃料の大半を賄っているガソリン燃料へのエタノール添加、いわゆるE10、E5、あるいはE3（それぞれエタノール10、5、3%添加）によって、輸送用燃料から排出されるCO₂の削減に大きく貢献できると期待される。例えば、日本で年間約6000万KL消費されているガソリンにE10を実施すると仮定すると、日本のCO₂排出量が1%低減できると試算されている。BDFについても、日本で回収される廃食用油のみならず、植物由来の菜種油やパーム油等を積極的に利用することによって、その生産量を確保することによって、5%前後のディーゼル燃料を代替する見通しが示されている。

3. 産総研のバイオマスエネルギー研究開発

産総研・バイオマス研究センターでは、バイオマス資源の中で最も炭酸ガス固定化能の高い木質系バイオマスからのエタノール・ETBE(Ethyl Tertiary-Butyl Ether)製造、ならびにガス化・ホットガスクリーニング・FT(Fischer-Tropsch)合成・水素化分解からなるBTL(Biomass To Liquids)トータルシステム開発によるBTL-FTディーゼル燃料製造技術の開発を目指している。さらに、バイオマスからのクリーン燃料製造プロセスのシミュレーションによるシステム評価を行うことによ

り、石油を中心とする化石資源代替を促進し、かつ循環型エネルギー社会の構築に貢献できるバイオマス転換プロセスの実証を目指している。

木質系バイオマスの主要な構成成分はセルロース、ヘミセルロース及びリグニンである。木質系バイオマスからエタノール等液体燃料を製造するためには、セルロースやヘミセルロースを構成単糖にまで加水分解（糖化）し、発酵によってエタノールに変換する必要がある。従来、木質の糖化では硫酸法が用いられていたが、環境負荷が高く収率が向上しないという課題があり、低環境負荷・高収率が期待できる酵素糖化法によるエタノール製造技術の確立を目指している（図1参照）。

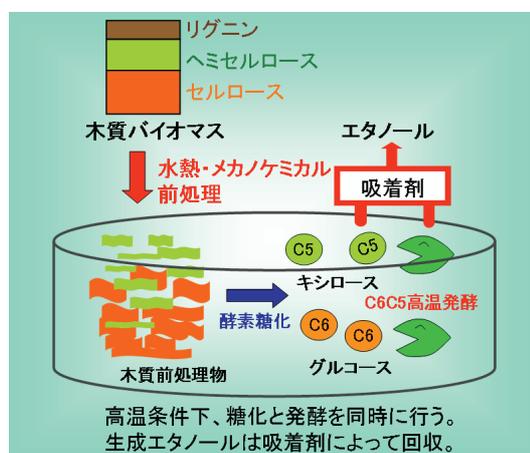


図2 木質バイオマスからの次世代型高効率エタノール製造スキーム

木質系バイオマスを酵素糖化するためには、木質の前処理技術が重要で、100℃以上の加圧熱水を用いた水熱処理およびメカノケミカル処理を複合化することにより、木質構成成分を分離して、低コスト・高効率での木質の活性化技術について研究開発を行っている。メカノケミカル処理した木質では、酵素糖化性が大きく向上する。酵素糖化法で得られた単糖は、セルロース由来のグルコースおよびヘミセルロース由来のキシロース等から構成されるが、エタノール発酵に用いられる微生物は通常キシロースをエタノールに変換できない。木質系バイオマスからのエタノール製造の高収率化を目指し、酵素糖化に最適な条件下、木質前処理物の糖化および生成したキシロースとグルコースの発酵が同一槽内で行える高温エタノール発酵

微生物の育種を行い、さらにエタノール吸着剤を用いて発酵中のエタノールを連続的に回収する、産総研独自の発酵リアクターの研究開発を行っている。また、海外バイオマスの日本への輸送を目指し、嵩高いバイオマス原料を産地で輸送用燃料を製造する BTL プロセス研究開発を行っている。関連する技術開発として、バイオマスのガス化により得られた合成ガスからのメタノールやジメチルエーテル製造についての検証がなされてきている。

さらに、種々のバイオマス資源の導入・普及には、経済的に成り立つトータルシステムの構築が重要である。従って、種々のバイオマス資源をデータベース化し、バイオマスシステムのプロセスシミュレーション技術を開発するとともに、シミュレータを用いた最適化と経済性・環境適合性評価を行うことにより実用化可能なバイオマストータルシステムを提案している（図3参照）。

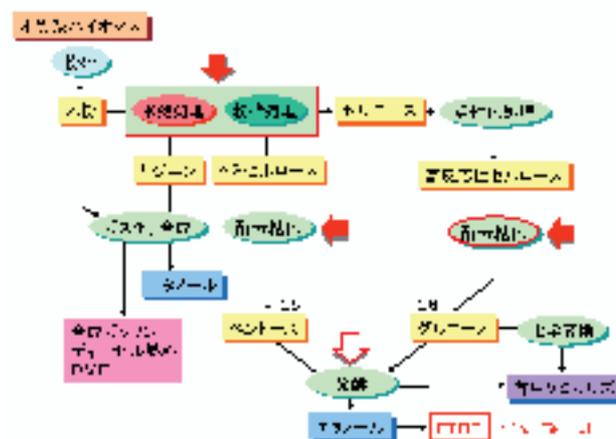


図3 木質バイオマスからのバイオ燃料生産トータルシステム

また、国内の地産地消型およびバイオマスアジア国際展開を含む循環型新産業のためのバイオマス全利用システムを図3に示している。このような国内外のバイオマスのトータルシステムの構築は、国産のバイオマス資源の高度有効利用を可能にし、農工連携に基づいた自然との共生とともに、日本の化石資源への依存度を低減しながら、アジアのエネルギー安定供給と地球環境保全を実現するための方策を提供すると期待される。

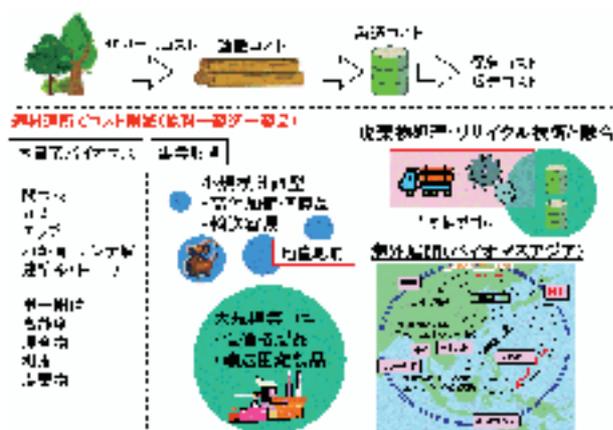


図4 循環型の木質バイオマス全利用システム

4. おわりに

京都議定書の第一約束期間を間近に控え、より一層の炭酸ガス削減が求められており、カーボンニュートラルのバイオマス由来の新燃料を導入することによって石油、石炭、天然ガス等の化石資源を代替する要請が高まっている。バイオマス資源は、未利用の木質系を中心に草本系の天然バイオマスや、農産廃棄物系、古紙、生ごみ、汚泥等の廃棄物系バイオマスに大別され、各地域で分散して存在するため、その効率の良い収集・運搬システムの構築も重要である。このようなバイオマス資源をエタノールやBDF、DME等の輸送用燃料に変換して利用することは、山間部を含む地域分散型のエネルギー供給システムを確立する上でも非常に重要である。また、このような取り組みは、単に日本だけの問題ではなく、アジア諸国や世界

に共通する地球規模の重要な課題であることから、日本のバイオ燃料製造技術に関する研究開発や技術援助を通じて、このような地球環境問題の解決に資することが期待される。

木質バイオマスからのバイオエタノール生産技術の課題としては、硫酸を使用しない環境負荷の低い生産技術の研究開発があげられる。硫酸を使用しないと、金属腐食対策のための設備投資が軽減され、石膏などの産業廃棄物の削減が実現しよう。バイオエタノールが注目されている理由は、エネルギーセキュリティの問題もあるが、第一には地球温暖化対策があげられる。京都議定書では、バイオマス由来のバイオエタノールはカーボンニュートラルとして、その使用した分は二酸化炭素排出ゼロとカウントされる。バイオエタノールの生産過程の二酸化炭素排出量を計算した結果は、サトウキビや木質を原料とした場合が低く、サトウキビを原料とした場合は高い。また、生産設備の新旧や生産工程にも左右される。バイオマスの生産から利用までトータルの二酸化炭素排出量が低い、バイオ燃料技術が求められている。バイオ燃料生産は装置産業であるため、原料供給が許せば規模が大きい程有利である。国産バイオ燃料生産拡大には、経済的なバイオマス流通ネットワークの整備が前提となる。林地残材、間伐材、農産廃棄物など、流通ネットワークが整備されていないバイオマスは、従来のシステムで収集するとコスト高になるため、収集コスト低減に向けた斬新なシステムの構築が必要であろう。

リグノセルロースからのバイオエタノール製造 —木材糖化・バイオマスリファイナリーの歴史・現状・新展開—

Bioethanol Production from Lignocellulose: History, Present, and New Developments of Wood Saccharification and Biorefinery

寺本 好邦, 李 承桓, 遠藤 貴士 ((独)産業技術総合研究所)
Yoshikuni TERAMOTO, Seung-Hwan LEE, Takashi ENDO (AIST)
e-mail: teramoto-yoshikuni@aist.go.jp

1. はじめに

ガソリン代替燃料としてのバイオエタノールは、トウモロコシデンプン（米国）やショ糖（ブラジル）など農産物を原料として、それぞれ年間 1600 万トン以上生産され、既に市場化されている。これらはいずれも植物体の栄養貯蔵物質を原料としたものである。その一方で、近未来的には、植物体の構造支持を担う木材やその廃棄物などの木質バイオマス・リグノセルロースを原料とするのが望ましいことが、LCA 的な炭酸ガス発生量やエネルギー収支の評価[1]から指摘されており（論文中では牧草）、世界的に研究が進展している。

リグノセルロースからエタノールを製造するためには、セルロースとヘミセルロースをその構成糖に加水分解（糖化）し、得られた糖類をエタノール発酵する必要がある。そのために必要な技術は、木材糖化やバイオマスリファイナリー研究の流れを汲み、古くから綿密に検討されてきた。本稿では、木材資源の量的関係や木材糖化・バイオマスリファイナリーの歴史的背景を踏まえながら、バイオマスエタノールの製造にかかわる諸問題を概観し、特に糖化に至るまでに必要な木材の前処理技術に対する新しい視点を紹介したい。

2. バイオエタノールを木材から作る意義

バイオマスは元来、生態学の分野で生物量もしくは生物現存量を表す術語として用いられていた。オイルショックを契機に、化石資源を代替するエネルギー開発の推進が提唱されるようになってから、生態学の範疇を超えて「(エネルギー源・工業原材料として利用可能なほど) 一定量集積した動植物資源とこれを起源とする廃棄物から化石資源を除いたもの」と定義されることが多くなった。

バイオマスは、

- ・ 由来によって、森林系と農水産系
- ・ 利用形態により、生育産物（用材・パルプと

なる樹木等の林産物など）、廃棄物系（生物資源を利用した製品の廃棄物や製造・加工工程で生じる有機系副産物）、プランテーション系（エネルギー・工業原材料としての利用を目的に栽培された植物。成長の早いユーカリやヤナギなどの樹木、あるいはトウモロコシ、サトウキビ（ショ糖）やスイッチグラスなどで、エネルギー作物ともよばれる）

に大別される。

バイオマスをあくまでも植物体として観ると、細胞構造学的には、年輪ができる植物を木本類（樹木）、できない植物を草本類と定義できる。樹木とは、厚くなった細胞壁を持つ死んだ細胞により生体が支持されている植物であり、それを切り出したものが木材である。

著者らは、バイオマスをマスとして利用するためには、木材の利用が不可欠と考える。これは、食糧との競合を避けるという（倫理的な）理由からだけではない。構造支持を担う細胞壁の肥厚と縦横への伸長を旨とする樹木の成長様式が、単位面積当たりのバイオマス蓄積量の増大に直結するためである。

世界の森林面積は木材の伐採・利用あるいは耕作地開拓などによって減少しているものの、人工林の拡大によりそれが相殺され、森林面積減少速度は近年緩和されている。炭素量に換算すると、世界の森林は生物現存量として 2830 億トン蓄積しており、そのうち 11 億トン/年が減少し、成長量は 3 億トン/年である[2]。これは商業的な管理下におかれた利用しやすい森林のバイオマスは年間億トンオーダーの成長量を確保しうることを意味する。

森林を農地化して草本類のエネルギープランテーションに転用することは、森林に蓄積されていた炭素が放出されて寧ろ大気中の二酸化炭素濃度を増やす恐れがあり、得策とはいえない。しかも、

世界で必要とされる一次エネルギーを、単位面積当たりの蓄積量が小さい草本類のエネルギープランテーションからまかなおうとすると、全陸地面積の 1/6 以上を使わなければならないという試算もある。世界の森林面積は陸地のおよそ 1/3 であるから、半分以上を使うことになってしまう。さらに森林は生物多様性の保全や水源の涵養などの働きを担っていることにも注意する必要がある。

3. 木材の構造と構成成分

既述したように、樹木細胞壁は樹木の構造支持を受け持っている。構造面から観ると、樹木細胞壁は強固な結晶構造を有するセルロースを骨格とし、適度な疎水性・防腐性を持つリグニンの沈着により補強されている。木材をごく単純化して鉄筋コンクリートに例えると、セルロースは鉄筋、ヘミセルロースとリグニンは物理的および化学的に互いに入り組んだコンクリートの役割を担っている。その構成比は樹種に依存するものの、概ねセルロースが約 50%、ヘミセルロースが 20-30%、およびリグニンが 20-30% である。

セルロースはグルコースが β 1-4 結合により直線的に重合した剛直ポリマーである。植物体中でセルロース分子鎖は規則正しく積層して、水素結合や疎水結合を介したマイクロフィブリルを形成する。このマイクロフィブリル化によりセルロースは結晶性を示す。マイクロフィブリルのサイズ（幅）はセルロース分子鎖が 6 本×6 本程度集まった 3-5 nm と言われている。マイクロフィブリルはさらに集合して大きなフィブリルになり、それらが集まって木質繊維となる。規則正しい積層構造が強固であるために、セルロースは熱可塑性を示さず、水にも溶けず、溶剤も限定されている。同じくグルコースからなる植物体の栄養貯蔵物質であるデンプン（アミロース）は、 α 1-4 結合で重合しているためにらせん状分子となり、分子鎖の充填密度が低い。しかも周りはリグニン等に取り囲まれていない。そのため、植物体は発芽等のエネルギー源としてデンプンを比較的自由に取り出し、グルコースに変換して使用することができる。植物体から人工的にデンプンを取り出すのも容易である。

ヘミセルロースは単糖が重合した多糖の総称である。構成する単糖は樹種により異なり、加水分解によりキシロース、マンノース、ガラクトース、

アラビノースなどが得られる。グルコースは構成する炭素が 6 個であるため六炭糖（ヘキソース）であり、広葉樹から広く得られるキシロースは五炭糖（ペントース）である。清酒の醸造ではデンプンからのグルコースが酵母によりエタノールに変換される。一方、キシロースは微生物で分解・代謝されにくく、酵母でのエタノール発酵効率はきわめて低い。甘味料として使われるキシリトールはキシロース類似の物質で、甘くても口腔内の微生物では分解されにくいため虫歯になりにくい。

リグニンは複雑なネットワーク構造を持つ芳香族化合物である。現段階では直接燃焼による利用（主として製紙工程の黒液）以外の用途は少ないが、分解して香料、高分子材料、あるいはコンクリート添加剤とする利用方法もある。

4. バイオマスリファイナリー

化学工業の体系に巧妙に取り込まれている石油と同様に、バイオマスをエネルギーや化学製品原料として有効に利用しようとするシステムを「バイオマスリファイナリー」とよぶ。1975 年の Goldstein の試算[3]を嚆矢とするこのシステムでは、セルロースを加水分解（糖化）してグルコースを得、アルコール発酵によりエタノールに転換し、さらに脱水してエチレンやブタジエンなどのモノマー類を誘導することにより、化石資源由来の合成高分子のうち 95%が、森林バイオマスから得られることが示されている（図 1）。この試算では、1973 年の米国における合成高分子製品の

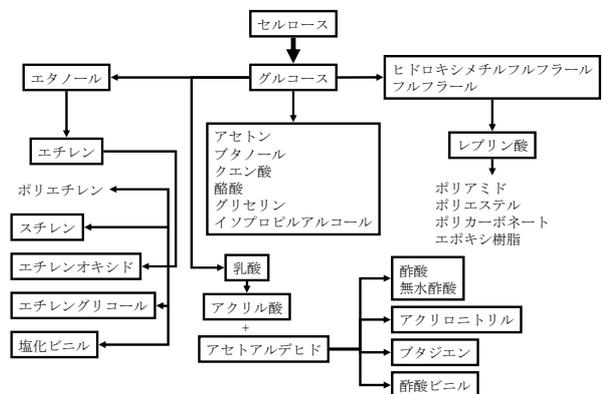


図 1 バイオマスリファイナリーによりセルロースから誘導される化学原料

生産量 1,800 万トンのうち 95%が木材 6,500 万トンから製造可能と見積もっている。既述したように年間の森林バイオマスの成長量が億トンオーダーであることを考えると、管理された森林育成が伴えば、森林バイオマス利用によりエネルギー・化成品等を代替することは量的には不可能ではない。このシステムのうち、糖化・発酵までを行ったものがバイオエタノールである。技術的にまず重要となるのは、セルロース成分の加水分解、すなわち糖化のステップである。

5. 木材の糖化法～酸加水分解と酵素加水分解～

リグノセルロースの糖化法には、鉱酸を触媒とする酸加水分解法と、微生物が生産するセルラーゼ系酵素を触媒とする酵素加水分解法がある。酸加水分解法は 20 世紀半ば頃まで、特に第二次世界大戦中に、木材を飼料（食糧）あるいは燃料用アルコールに転換する目的で、主に硫酸を用いて国内外で実用化された。酸加水分解法は苦難の歴史の中でプロセスの改良が重ねられ、ほぼ確立した技術であるが、石油工業の発展とともに需要が失われた。我が国では 1962 年に北海道で 100 トン/日の広葉樹の処理能力を持つグルコース製造プラントが建設されたが、施設・設備の維持コスト等の問題から 1 年で閉鎖された。酵素加水分解法は、酸加水分解法からの継続性は基本的に無く、オイルショックの影響で化石燃料に代わる燃料開発の必要性が認識されるようになった結果、1970 年代初頭より本格的に検討されるようになった。

近年再び、リグノセルロースからのバイオエタノール製造を目的として、濃硫酸法や希硫酸法による試験プラントでの実証試験が行われており、特に 1%程度の希硫酸加水分解と酵素糖化を組み合わせた方法が現実的なものとされ注目されている。濃硫酸法では、セルロースとヘミセルロースの双方が加水分解される。希硫酸法+酵素糖化法では、希酸で容易に分解されるヘミセルロースのみをまず酸加水分解し、固液分離の後、固形部に含まれるセルロースを酵素糖化している。酸加水分解法、特に濃硫酸法では、短時間（1-10 分程度）で終了するという利点があるが、一般に反応制御が困難である。分解が進みすぎると、生成した単糖が更に分解して過分解物が生成する。過分解物は少量でも酵母発酵を阻害することが知られてい

る。残渣として残るリグニンが重縮合して利用用途に乏しく、硫黄分を含むという問題もある。耐酸容器を必要とするほか、硫酸の回収や処理コストも課題である。

酵素分解法で用いられるセルラーゼはセルロースを加水分解する酵素の総称であり、これまでに 500 種類以上が発見されている。セルラーゼにはエンド型とエキソ型がある（この呼び方は、セルラーゼの専門家の間では最近あまり使われなくなった）。エンド型セルラーゼは、非晶性セルロースを糖化できる。エキソ型セルラーゼは結晶性セルロースを糖化し、セロビオース（グルコース 2 個が β 1-4 結合したもの）を与え、 β グルコシダーゼの働きによりグルコースを生成する。実際の酵素糖化では、これらの酵素やそれ以外の酵素を混合して用いることにより、相乗効果が生まれる。

木材セルロースの酵素加水分解における問題点は一般には主に 2 つある。1 つは細胞壁のセルロースがリグニンに包埋された状態で存在するため、セルラーゼがセルロースと接触できるようにリグニンによる包埋構造を破壊する前処理が必要なことである。もう 1 つは、規則正しく緊密に構成されたマイクロフィブリルの中にセルラーゼが直接侵入し、攻撃することが不可能なことである。とはいえ、前処理条件や酵素組成の最適化によって、温和な条件（50°C、大気圧、pH 4.8 など）の下で高い収率でグルコースを得られる点は、酵素糖化法の大きなメリットである。

6. 酵素糖化前処理

木材の酵素糖化のための前処理方法としては、蒸煮処理、爆砕処理、水熱処理、粉碎処理などがあり、これらを複合した処理も検討されている。

蒸煮処理は加圧した高温の蒸気（熱水）と薬品などで木材を煮る方法である。木材中のヘミセルロースやリグニンは分解して溶解するため、成分の分離が可能となる。類似の方法はパルプ製造の際に行われる。処理効率は樹種に依存し、廃液は燃料以外の用途はあまりない。製紙産業では、廃液（黒液）は効率的に燃料として使われている。

爆砕処理は、コメからポン菓子を作るのと同じ要領で、木材を高温高压の蒸気で蒸した後、一気に放出して大気圧に戻す方法で、繊維状物が得られる。針葉樹は特有の構造（縮合型構造）をした

リグニンを持つために効率が悪く、熱回収などの課題もある。

硫酸の使用に伴う諸問題を避けるために、水熱処理技術も注目されている。これは加圧により水の温度を 100℃以上（加圧熱水）にして、木材成分を加水分解する方法である。水熱処理は多くの場合 300℃以下で行われる。温度条件を変えることにより、水のみでセルロースやヘミセルロースを選択的に加水分解できる。しかしながら、分解反応は酸加水分解と類似しているため制御しにくく、過分解をゼロにすることは困難である。

粉碎処理は、ボールミルなどの機械により衝撃力で木材を微粉末にする方法である。セルロース分子の切断や結晶構造の破壊が起こり、古くから酵素糖化性が向上することが知られている。プロセス的には固液分離が不要であるというメリットはあるものの、モーターなどで電力を大量に消費し、コスト高となる点が課題である。

7. 前処理の新しい視点～必要十分な処理によって酵素をセルロースに接近しやすくする～

リグノセルロースからのバイオエタノール生産のための大きなプロジェクトが希硫酸法を中心に世界的に進行している一方で、前処理の最適化についての総説[4]が最近でもなお発表されていることは、革新的な技術の開発が未だ要請されていることを裏付けている。産総研バイオマス研究センターでは、硫酸使用に伴う種々の問題点を克服するために、非硫酸前処理の開発を命題としている。この命題の下で前処理の歴史を振り返ると、これまでは、セルロースの結晶性とリグニンによる包埋構造を過大評価する余り、過剰な処理が行われてきたと見なすことができる。

本節では、現在当センターで研究展開している、粉碎技術と化学的前処理に対する新しい考え方を紹介したい。これら前処理のコンセプトは、いずれも必要十分な処理によって、酵素をセルロースにアクセスしやすくするということである。前処理物の詳細なキャラクター化から、各種分析手法がどの程度の構造のスケールを得意としているのか？ということに特に注意が必要であることが明らかになりつつある。

7.1 粉碎～微細繊維化へ～

木材の粉碎による比表面積の増大とセルロースの結晶性低下は、酵素糖化への効果を直感的に理解しやすいため、影響因子の指標としてよく使われる。

レーザー回折式粒度分布計を使ってボールミルで粉碎したユーカリ木粉の粒度分布は、図2のように粉碎時間が1 h以上になると粒度分布ピークは 20 μm でほぼ一定となり、それより小さい微粒子はあまり生成しない。これは、粉碎により生成した一次粒子の再凝集が起こるためと考えられる。その一方で、木粉の酵素糖化性は、粉碎時間 1 h 以上でも、それと共に向上する。したがって、微粉化・比表面積の増大は、酵素糖化への効果の指標として単純に用いることは難しい。

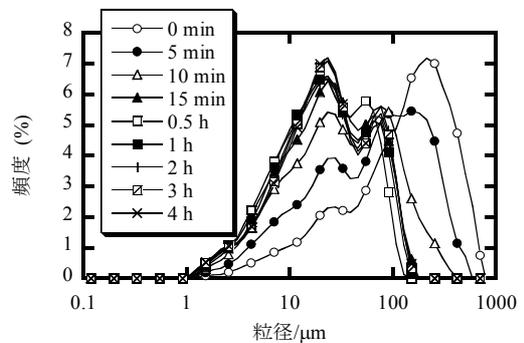


図2 粉碎に伴うユーカリ木粉の粒度分布の変化

図3では、粉末X線回折により調べたユーカリ粉碎物のセルロースの結晶化度と、24 h後の酵素糖化性を比較している。結晶性は急激に減少するが、グルコース生成量の増加は緩やかな曲線となる。

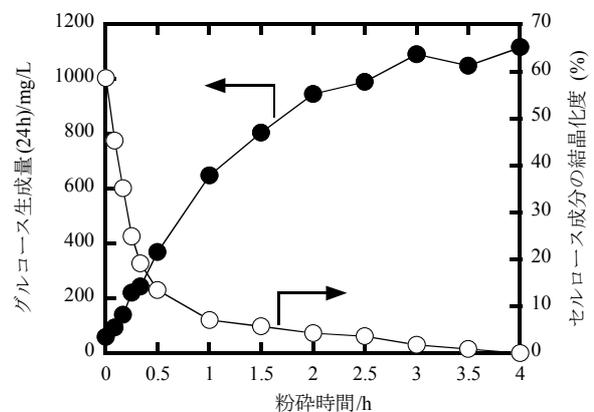


図3 X線回折により算出したユーカリ木粉中のセルロースの結晶性と酵素糖化性

る。したがって、結晶化度と酵素糖化性の間の直接的な相関は高くはないことが明らかとなった。広角 X 線回折で観測されるのは、数 nm 以下のマイクロフィブリル以下のスケールである。粉碎によるセルロースの非晶化とは、セルロース分子が完全にランダムな配置となることを意味するわけではなく、セルロース分子鎖の配向構造は依然として残存している[5, 6]。したがって、酵素糖化への効果の指標を単に広角 X 線回折で見積もられる結晶性のみを求めることは適切ではない。

赤外や固体 NMR などの分光測定を行うと分子構造変化を観測できるが、ボールミル粉碎による分子構造の破壊は観測されない。一方、固体 NMR により分子運動の緩和時間を求めると、ボールミル粉碎した木粉中のセルロース分子が、マイクロフィブリルのサイズ程度の約 5 nm の単位で分子運動していることが示された。この分子運動性の向上は、セルロース分子に酵素のサイズと同等のスケールでフレキシビリティがあることを意味しており、より酵素が接近しやすい状態にあるものと見積もることができる。

ボールミルとは異なり微粉化を目的としない別の粉碎様式を用いて木材の前処理を行うと、フィブリルがささくれ立った状態（微細繊維化）にすることが可能で、これによりセルロースの結晶性の低下を伴わずとも効率的に糖化が進行する。つまり、集合しているセルロースマイクロフィブリルがほぐれて、その間に酵素がいかに取り付きやすくなっているかがキーポイントであることがわかってきている。現在、粉碎からの新たなアプローチとして、セルロースの結晶性の低下に必要なほどのエネルギーを投入しなくても、必要十分な粉碎状態・微細繊維を得るための条件を見出すことを目的に、検討を進めている。

7.2 化学的な前処理～微細孔を形成させる～

化学的な前処理法では、通常の化学パルプ化法と同様に、脱リグニンと脱ヘミセルロースが酵素糖化性を解釈するために良く使われる指標である。しかしながら、酵素糖化だけを目的とする場合には、パルプの品質に直結する脱リグニンよりも、必要十分な成分分離度の見定めと投入エネルギーの低減を念頭におく必要がある。

著者らは、木材の酵素糖化性は微粉碎処理のみ

で 80%程度まで向上することから、高度の成分分離を伴わずとも温和な化学処理でセルロース成分を表面に露出させれば糖化性は上がるはず、と考え、「非硫酸・グリーン溶媒活性化法」を開発した（図 4）[7,8]。これは、リグノセルロースチップ（これまでにユーカリ、ベイマツ、およびバガスを検討）をカッターミルで mm オーダーに粗粉碎し、オートクレーブ中（180℃前後・1 MPa 以下）で水/エタノール/酢酸により蒸煮してから酵素糖化するプロセスである。セルロースは蒸煮液中に溶け出さず、リグニンとヘミセルロースは条件に応じて抽出される。使用したエタノールはバイオマス構成成分と結合しないので回収して再利用できる。

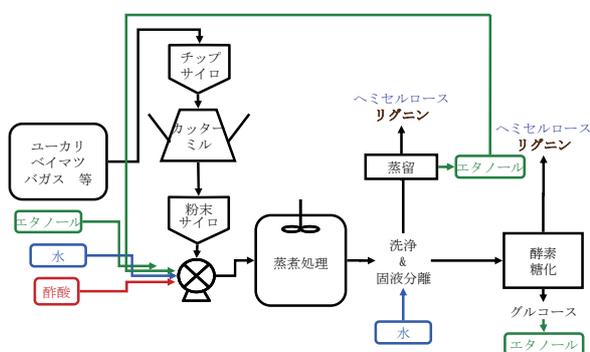


図 4 非硫酸・グリーン溶媒活性化法のスキーム

非硫酸・グリーン溶媒活性化法の特長は以下の通りである。

- 硫酸などを用いない低環境負荷型プロセス
- メイセラゼ存在下、10 FPU/g-substrate で高いグルコース収率（最大 100%）
- 発酵阻害因子となる糖類の過分解物の生成がごくわずか
- 蒸煮爆砕では困難な針葉樹でも高いグルコース収率（最大 100%）

この手法におけるエタノールの役割は、リグニンの溶出と糖類の過分解の抑制である。活性化溶媒中の水は、リグニンとヘミセルロースを加水分解するとともに、部分分解したヘミセルロースの溶媒となる。酢酸は、リグニンとヘミセルロースの加水分解を軽度触媒する。なお、「グリーン溶媒」とは、環境調和型溶媒の総称として近年よく使われる術語であるが、本研究では人間が食用・飲用可能なエタノールおよび酢酸を使用するという意味で用いている。

前処理物の酵素糖化性は、ヘミセルロースやリグニンの溶出量との相関性が低い。これは高度な成分分離、すなわち脱リグニン・脱ヘミセルロースが酵素糖化にとって最重要ファクターではないことを示すものである。他方、既述したように、前処理物の粒度やリグノセルロース中のセルロースの結晶化度も、酵素糖化のための重要ファクターではない。電子顕微鏡観察の結果、活性化処理によって数十 nm オーダーの微細孔が形成されることが確認された (図 5)。この結果は、微細孔の形成による酵素のアクセシビリティの向上が酵素糖化のための重要なファクターであることを示唆している。現在、酵素糖化性向上のための最適条件はほぼ確認できており、糖化性向上への影響因子を解明するための詳細な構造論的解析と共に、トータルシステム評価をおこなっている。

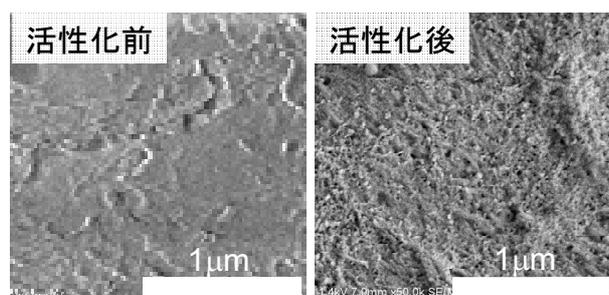


図 5 活性化処理による微細孔の形成

8. おわりに

バイオマスリファイナリー、中でもバイオエタノール製造の実用化に際しては、バイオマス処理の技術的な課題の他に、物質収支とエネルギー収支を評価し、処理装置の製造コスト、バイオマス原料費、人件費、外部からエネルギー供給を受けられる場合には電力コストを、各々計算する必要がある。我が国固有の事情としては、林地残材、間伐材、未利用樹を利用しようとする場合に収集コストが高いことが挙げられる。そのため、製材残材や建築廃材などの利用を考える必要がある。特に製材残材の場合、国内の大規模製材所で処理されている木材数百トン/日の約半分を利用できると想定すると、収集コストの安さとスケールメリットの点から実現性が比較的高い[9]。

コスト全般に関わる問題の克服のためには、これまでに木材を対象とするサイエンスのそれぞれ

の分野で綿密に検討されてきた研究成果を、森林系バイオマスリファイナリーの実現と資源・エネルギー問題の解決という命題の下で結集させることが重要である。木材を対象とするサイエンスの構造スケールの守備範囲は分子→分子集合体→細胞→繊維→繊維集合体→材のレベルからなり、分子と分子集合体の間には樹木が生物体としてもつ遺伝子もが入ってくる。従って、学術的には物理、化学のみならず遺伝子工学をカバーするほど幅広いものである。たとえば、分子育種によって樹木そのものを材や製紙としての用途のために最適化し、さらには高性能・高機能材料として利用するための高度変換技術開発を進め、それらのルートに乗らないものを糖化し、糖化後のリグニンリッチな残渣は熱分解するなど、無駄のないバイオマスのトータル利用システムを構築する冴えた視点が必要となるだろう。トータル利用システム構築のためには、もちろん化学工学や機械工学等からの観点も欠かせない。

バイオエタノール製造に際して、森林に由来するセルロースは、デンプン系、草本系セルロースに次ぐ、代替エネルギー源として位置づけられる。広大な農地の確保が容易でない我が国では、森林バイオマスの利用を近未来の目標とすることが理にかなっているという認識が産学官に渡って共有されつつあり、現在活発に研究開発が進められている。

参考文献

- [1] Farrell, A. E. et al. *Science*, **311** (2006) 506.
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2005) *Global Forest Resources Assessment*.
- [3] Goldstein, I. S. *Science*, **189** (1975) 847.
- [4] Mosier, N. et al. *Biores. Technol.* **96** (2005) 673.
- [5] Endo, T et al. (2006) *Proceedings of the Third Biomass-Asia Workshop*, Nov 15–17, Tokyo and Tsukuba. p 105.
- [6] Ago, T., Endo, T. et al. *Cellulose*, **11** (2004) 163.
- [7] Teramoto, Y. et al. *Biotechnol. Bioeng.* **99** (2008) 75.
- [8] Teramoto, Y. et al. *Biotechnol. Bioeng.* in press.
- [9] 福田, 黒田, 藤本, 佐々木, 坂西, 美濃輪, 矢部, エネルギー・資源, **27** (2006) 282.

バイオマス燃料のガス化技術 Gasification Technologies for Biomass Fuels

吉川 邦夫 (東工大)
Kunio YOSHIKAWA (Tokyo Inst. Tech.)
e-mail: yoshika@depe.titech.ac.jp

1. はじめに

新エネルギーにバイオマスが新たに加えられ、平成 14 年末に、「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定されてから、にわかにバイオマスのエネルギー利用が注目されるようになった。最近では、政府予算でも、バイオマスの利活用に相当な予算が配分されている。しかし、予算がついたからと言って、バイオマスを実格的に利用するためのファンダメンタルズに何か変化が起こっているわけでは決してない。わが国の場合、「広く、薄く」存在するというバイオマス資源の特性を考えると、バイオマスを実格な新エネルギーとして利用する場合、中小規模のプラントでのエネルギー利用しかありえない。したがって、大規模化による経済性向上は期待できないことから、新エネルギーとしてのバイオマスが経済性を持ち得るには、製造される電力などのエネルギーを高く買い取る仕組みを整備するか、処理費がもらえる廃棄物系バイオマスを利用するしか方法はない。前者については、欧州では再生可能エネルギーからの発電電力に対して、電力会社に高い価格での買い取りを義務付けていることから、風力発電やバイオマス発電が相当程度普及してきている。しかしわが国の場合、ようやく RPS 法が制定されたものの、まだまだ新エネルギーの買い取り価格は低く、当面は、廃棄物系バイオマスの利用に重点を置かざるを得ないと考えられる。

バイオマスを含め、これまで一般的な廃棄物発電技術は、焼却炉/ボイラー/蒸気タービンの組み合わせである。図 1 に示すように、こうしたシステムの場合、廃棄物の処理量が 300 トン/日程度以上あれば、20%以上の高い発電効率が得られるが、それよりも処理量が少なくなると徐々に発電効率は低下し、100 トン/日以下では、発電効率が大幅に低下し、経済的に成り立たなくなる[1]。しかし、バイオマスの場合、100 トン/日以上規模の施設

を建設することは資源量の確保の観点から適用が限定され、より小規模でも高い発電効率が得られる発電システムが望まれている。そこで、バイオマスを一旦ガス燃料に転換(ガス化)し、そのガス燃料でエンジン発電機を駆動するいわゆるガス化発電技術が注目されている。冷ガス効率と呼ばれる、固体燃料からガス燃料への転換効率が約 70%であり、規模が小さくてもエンジン発電機の効率が約 30%と高いことから、両者を掛け合わせて、小規模なシステムでも 20%の発電効率が得られることになる。

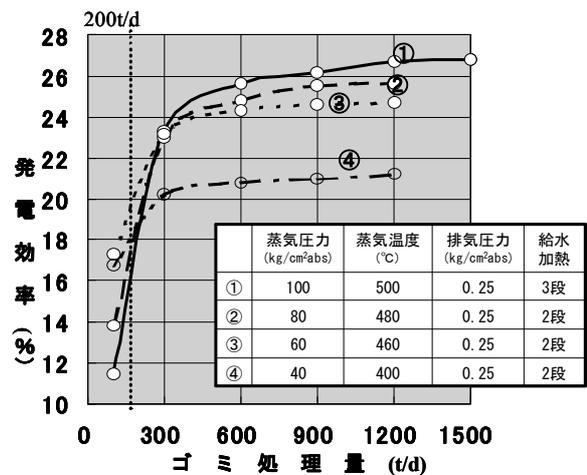


図 1 廃棄物発電の発電効率

2. ガス化技術

2.1 ガス化の原理

例えば炭素 1 モルを完全燃焼させると、二酸化炭素が 1 モル生成され、炭素が持つ化学エネルギーの全量である 394kJ の熱エネルギーが放出される。一方、完全燃焼に必要な半分の酸素量で炭素 1 モルを部分燃焼させると、一酸化炭素が 1 モル生成され、111kJ の熱エネルギーが放出される。この一酸化炭素が持つ化学エネルギーは 283kJ であり、結果的に、 $283/394=0.72$ の効率で炭素という固体燃料が、一酸化炭素というガス燃料に変換

されたことになる。これが、部分燃焼方式のガス化の原理であり、この変換効率を冷ガス効率という。また、ガスに変換された炭素の割合を炭素転換率と呼び、この二つの効率がガス化プロセスを評価する上での基本的な指標となる。実際のバイオマスや廃棄物は、炭素以外に水素も含むため、水素や炭化水素も同時に生成されることとなる。この部分燃焼方式のガス化では、酸化剤として空気又は酸素を用いる。空気を酸化剤として用いる場合には、空気中の窒素がそのまま燃料ガス中に含まれ、燃料ガス組成の半分以上が窒素や二酸化炭素などの不活性ガスとなって、発熱量が 4~6MJ/Nm³程度の低カロリーガスとなる。一方、純酸素を酸化剤として用いれば、一酸化炭素や水素を主成分とする、発熱量が 8~12MJ/Nm³程度の中カロリーガスが得られるが、酸素の製造に動力を要することから、中小規模のガス化システムには酸素吹きガス化は不向きである。そこで、筆者らは、1,000 程度の高温に予熱された空気によって生成ガスの発熱量を向上させるべく、高温空気吹きガス化を提案し、実証プラントによって、その技術的実現可能性を実証した[2]。

一方、中小規模のガス化プロセスで、高い発熱量の燃料ガスを得る方策として、熱分解方式のガス化技術がある。固体燃料を無酸素状態で加熱すると(いわゆる蒸し焼き)、熱分解という現象が生じて、ガス、タール及び炭化物が生成される。ガスは常温でもガス状の物質、炭化物は高温でも固体状の物質と定義され、その中間物質がタールと呼ばれる。タールは多数の有機物質の集合体であり、高温ではガス状であるが、温度の低下と共に、液状、固体状と変化する。したがって、ガス化炉出口ではガス状であったタールが、下流機器を通過する過程で冷却・凝縮し、下流機器の閉塞など様々な問題を引き起こす。バイオマスガス化技術の歴史は、タールトラブルとの戦いの歴史であると言っても過言ではなく、タール含有量の少ない燃料ガスを得るために、種々のガス化炉やガス化システムが考案され、実証されてきた。

2.2 各種ガス化炉の比較[3]

バイオマスガス化炉は、表 1 に示す 4 つの方式に大別できるが、それぞれ、以下のような特徴を有している。

- ・ 固定床ガス化炉は、50~500kW の小規模発電向

きで、シンプルで設備費が安い。固定床ガス化炉は、ガス化剤の空気が下向きに流れるダウンドラフト型と上向きに流れるアップドラフト型に分かれ、前者はタール分の生成が少ないが燃料の性状に制約があるのに対して、後者は、生成ガス中のタール濃度が高くなるものの、多様な燃料に対応可能である。生成ガス中からのタールの除去については、後述する高温改質が有効である。

- ・ 循環流動床ガス化炉は、1,000~10,000kW の中規模発電向きで、タール分の生成が少ないという特長がある。
- ・ 内部循環流動床炉は、ガス化剤として水蒸気を使用することから、酸素を使用せずに中カロリーガスが得られるという特長がある。ガス化炉内で水蒸気との反応によって生成される炭化物がベッド材と共に燃焼炉に送られ、そこでの燃焼熱によってベッド材が加熱されて再度ガス化炉に送られ、水蒸気ガス化に必要なエネルギーをベッド材が供給する仕組みとなっている。
- ・ 噴流床ガス化炉は、微粉碎や炭化等のバイオマスの前処理が必要であるが、部分燃焼方式の高温ガス化であるため、タールの発生がないという特長を持つ。処理量が大きく、10,000kW 以上の大規模発電(特に IGCC)に向く。
- ・ その他の形式のガス化炉としては、外熱式ロータリーキルン炉がある。基本的にはこれは熱分解炉であり、窒素による希釈のない高カロリーのガスが得られるがタール含有量は多くなる。キルンの外熱源としては、生成ガスや炭化物の燃焼ガスが用いられる。

表 1 バイオマスガス化炉の分類[3]

| | 固定床ガス化炉 | 循環流動床ガス化炉 | 内部循環流動床炉 | 噴流床ガス化炉 |
|---------|---|---------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 概念図 | | | | |
| 特徴 | 燃料を荒く破碎した状態で供給し、時間をかけてガス化 | 燃料を細かく破碎した状態で供給し、流動場でガス化 | 燃料を蒸気で熱分解、未燃炭素を炉で燃焼高温ベッド材を戻す | 液体燃料、微粉碎燃料を供給し、瞬時にガス化 |
| 生成ガス性状 | 900~1,400kcal/m ³ タール分やや多い | 900~1,600kcal/m ³ タール分少 | 2,500~3,500kcal/m ³ タール分少 | 3,000kcal/m ³ タール分無し |
| 代表的メーカー | IISc(印) SPC(日) パイロフォース(スイス) フェルント(典) | ルルギ(独) テルミスカ(瑞) カルボナ(瑞) | ギュッシング(独) 荏原製作所(日) FERCO(米) | コーレン(独) フューチャーエナジー(独) 三菱重工(日) |

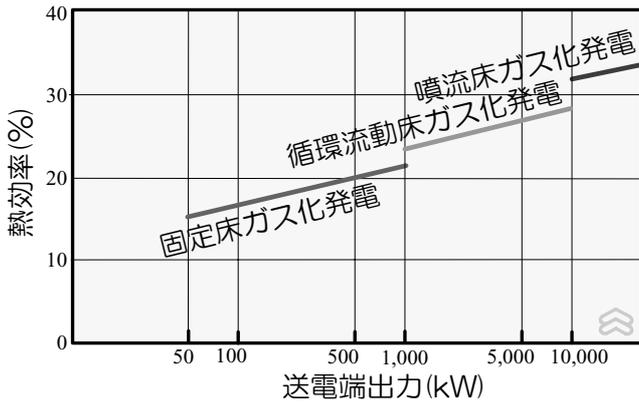


図2 バイオマスガス化発電の出力と熱効率[3]

図2に、各種バイオマスガス化発電の出力と熱効率の関係を示す。

3. 発電技術

バイオマスガス化プロセスでは、得られる燃料ガスの発熱量は4~12MJ/Nm³と、天然ガスに比べてかなり低い。しかも、投入するバイオマス燃料の性状の変化に応じて、発熱量にある程度の変動がある。こうした特殊な燃料ガスから高効率の発電を行うためには、従来の火花点火エンジンあるいは圧縮着火エンジンに工夫を施す必要がある。そうしたエンジンとして、以下のようなものがある[4]。

- 直接火花点火：このエンジンは、点火プラグで発生する電気火花を着火源として、主燃焼室内の希薄混合気に点火するものであり、発熱量の低い燃料ガスに対しては、特別な調整が必要となる。
- 予燃焼室火花点火：このエンジンは、主燃焼室と、シリンダヘッドに設けられた予燃焼室の二つの燃焼室により構成される。予燃焼室内に点火プラグが装着され、これを着火源として予燃焼室内に充填された混合気（通常は天然ガスやプロパンガスなどの発熱量の高いガスを使用）が燃焼する。予燃焼室内の燃焼ガスは、火炎ジェットとなって主燃焼室へ噴出し、主燃焼室内の希薄混合気を燃焼させる。補助燃料を必要とすることが問題点としてあげられる。
- マイクロ・パイロット：予燃焼室内にパイロット燃料噴射弁が装着される。この噴射弁により熱量比1%程度の微量燃料油（軽油または

A重油）が予燃焼室内に噴射され、予燃焼室内で圧縮着火する。予燃焼室内の燃焼ガスは火炎ジェットとなって主燃焼室へ噴出し、主燃焼室内の希薄混合気を燃焼させる。

- デュアルフェューエル：このエンジンは、通常の圧縮着火ディーゼルエンジンの燃焼空気に低カロリーガスを予混合させることで、軽油の消費量を減らし、入力エネルギーのうちの8~9割を低カロリーガスで、残りの1~2割を軽油（またはA重油）で供給する。低カロリーガスの発熱量に変動がある場合は、それに応じて軽油の供給量を自動制御することで、発電出力を一定に維持することができる。このエンジンは、補助燃料を必要とするものの、上述の各エンジンが燃料ガスの発熱量の低下に伴って発電出力が低下するのに対して、一定出力を維持できるところに特長がある。

これらのエンジンでバイオマスガス化プロセスで生成される燃料ガスを燃焼させる場合、天然ガスや軽油（又はA重油）を燃料する場合に比べて、火炎温度の低下や酸素濃度の低下によって、NO_x排出量は大幅に低減するものの、燃料ガス中のCOを完全に燃焼させることは困難であり、エンジンの排気ラインに触媒燃焼器を設けて、COの排出抑制を図らねばならないことが多い。

4. バイオマスガス化発電の実施例

バイオマスガス化発電の先進地域である欧州や、わが国に設置されている設備のほとんどが、木質バイオマスを対象としており、技術的にはほぼ成熟してきていると言える。しかし、欧州に比べて、わが国は、経済的に成り立たせるのが極めて困難である。その理由としては、1)熱需要が少なく、コージェネが成り立ちにくい；2)電力会社の電力買取価格が欧州に比べて低い；3)木質資源が山間部にあり、収集・運搬にコストがかかる、などがあげられる。したがって、わが国で木質燃料を用いたバイオマスガス化発電が経済的に成り立ちうるのは、建設廃材等の処理費がもらえる燃料を使用する場合か、製材所のように、木質燃料を集める必要がなく、生成される電力や熱を自ら消費できる場所に限られ、大きく普及するとは考えにくい。一方で、畜糞や下水汚泥のように、処理に困っ

ており、特に悪臭の問題から、近隣の苦情を受けやすいバイオマス資源については、単なる経済性以外に、ガス化発電を受け入れる別の要因がある。

そこで、本稿では最後に、筆者が研究開発と実用化に関わっている、鶏糞を燃料とするガス化発電システムの実施例を紹介したい。

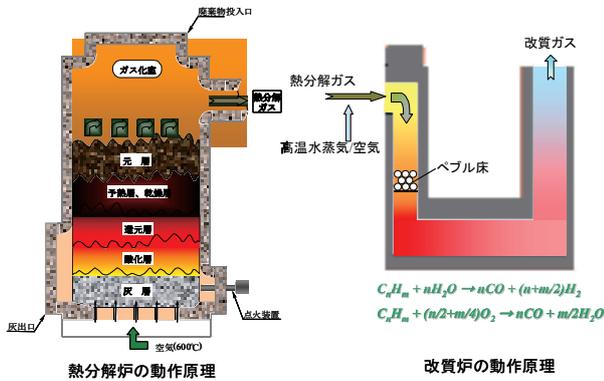


図3 固体燃料の熱分解・改質ガス化の原理

バイオマスや廃棄物などの固体燃料のガス化については、前述のように固定床炉、流動床炉、噴流床炉など様々な形式のものが開発されているが、利用できる固体燃料の形状の自由度が大きいことや、ガス化効率が高いことから、私の研究室では、シャフト炉と呼ばれる固定床炉に焦点を当てて、開発を行ってきた。図3に、シャフト炉型の熱分解炉の動作原理を示す。炉の上部から固体燃料が連続的に投入され、炉の下部からは予熱された空気が供給される。投入された固体燃料は、下方に移動しながら温度が徐々に上昇し、乾燥・熱分解・還元の各プロセスを経て、炭化物となり、最後に炉底部において供給される空気によって、1,000以上の高温で燃焼され、灰となる。この燃焼温度が灰の融点を超えれば溶融炉となる。空気中の酸素はこの燃焼反応によって消費され、低酸素濃度の高温燃焼ガスによって固体燃料の熱分解が行われることとなる。この熱分解ガスでエンジンが直接駆動できれば話は簡単であるが、熱分解ガス中に含まれるタール分がエンジン手前で冷却される際に凝縮し、様々なトラブルを引き起こす。そこで、図3に示すように、熱分解ガスを改質炉に導いて、約1,000に予熱された高温水蒸気と改質反応させることによって、900程度以上の高温下で、タール分を一酸化炭素と水素に改質する。ただし、この改質反応は吸熱反応であるため、高温水蒸気

中に空気も加えて、熱分解ガス中の可燃分の部分燃焼反応によって、必要な熱を供給する。また、改質炉にはセラミックスボールの充填層を設け、熱分解ガスと高温水蒸気/空気との混合を促進している。

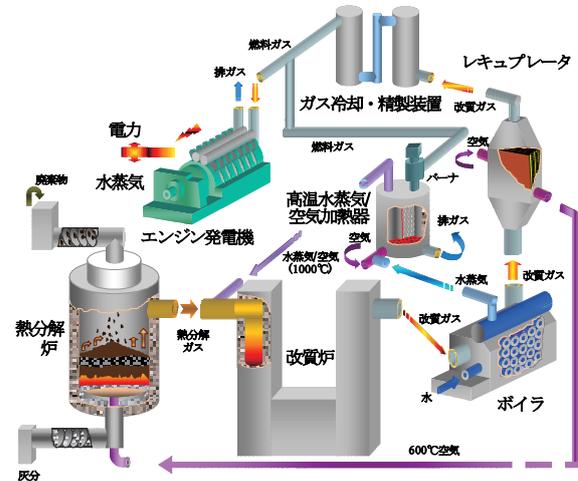


図4 STAR-MEET システム

図4に、ガス化発電システムである、STAR-MEET (**ST**eam/**A**ir **R**eforming type **M**ulti-staged **E**nthalpy **E**xtraction **T**echnology) システムの構成例を示す。固体燃料は熱分解炉に供給され、約600の予熱空気で熱分解ガス化される。熱分解ガス中にはタール分が含まれているため、800～1,000に加熱された高温空気/水蒸気を注入して、900以上の高温下で、タール分を一酸化炭素および水素へと改質する。同時に熱分解ガス中のダイオキシン類も完全に分解される。改質後のガスは熱回収しながら冷却・精製し、精製ガスの一部を燃焼させて高温空気/水蒸気を発生させ、残りの精製ガスを燃料として、エンジン発電機で発電を行い、必要に応じてエンジン排熱も温熱あるいは冷熱として利用する。

STAR-MEET システムの場合、基本的に空気吹きガス化であり、得られる燃料ガスの発熱量は4MJ/Nm³程度と低い。また、投入する固体燃料の性状の変化に応じて、発熱量に相当程度の変動がある。そこで、こうした変動の大きな低カロリーガスでも一定の発電出力を得るために、複数の企業とデュアルフューエルディーゼルエンジンを開発した。図5に、デュアルフューエルディーゼルエンジンの動作原理と発電効率および排ガス中のNOx濃度の実測値を示す。実測データより、最高

で8割まで低カロリーガスを入れてもエンジンは発電効率の大幅な低下なしに動作し、排ガス中のNOx濃度は低カロリーガスの投入によって大幅に低下することがわかる。

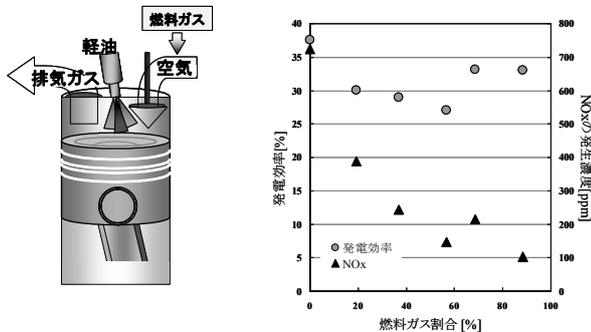


図5 デュアルフューエルディーゼルエンジン



図6 鶏糞用 STAR-MEET 商用プラント

本技術の適用例を図6に示す。これは、岐阜県にある養鶏場に共同研究を行っている会社が設置した設備で、乾燥鶏糞2トン/日から、前述したデュアルフューエルディーゼルエンジン発電機を用いて65kWの発電を行う。この養鶏場では、全鶏糞の約1/3をこの発電燃料として利用しているが、仮に鶏糞全量を発電に利用すれば、ほぼこの養鶏場が使用する電力をまかなうことができる。排熱は、鶏糞の乾燥に利用される。鳥インフルエンザが大きな社会問題となり、鶏糞も養鶏場からなるべく外に出さないようにすることが望まれている今日、この設備は鶏糞の処理と発電が行える、正に一石二鳥の設備であると言える。木質燃料に比べて、鶏糞は灰分の含有量が多く、その分、発熱量が低いため、安定した燃料ガスの製造は容易で

はない。また、窒素含有量が多いことから、エンジン内での燃焼時に Fuel NOx の発生源となるアンモニアやシアン化水素などの窒素化合物の燃料ガス中の含有量を低減させる必要がある。本設備のガス化部分については、昨年春に90日間連続運転が達成され、3~4MJ/Nm³の発熱量を持ち、改質炉での窒素化合物の分解によって窒素化合物の含有量が少ない燃料ガスの安定的な生成に成功し、タール等による下流機器の閉塞も特に見られていない。また、昨年秋には、デュアルフューエルディーゼルエンジンの90日間連続運転にも成功しており、今年中には商業販売が開始される予定である。

5. おわりに

バイオマスガス化発電に経済性を持たせるには、1)なるべく運搬・収集のいらぬ中小規模のシステムの構築、2)処理費や売電の収入が得られるか、処理費や電力購入費の低減が可能か、バイオマス資源の重点的開発、3)設備費および保守・運転費の大幅な低減、が重要であり、補助金がなければ成り立たないシステムでは、普及は望むべくもない。京都議定書への本格的な対応が迫られている現在、民間事業としてのバイオマスガス化発電の利用を普及させるためには、省庁間の壁を突き破って、国や地方自治体がトップダウン方式で本腰を入れて取り組むことが不可欠であろう。

参考文献

- [1] 小川紀一郎, 日本における廃棄物発電技術の動向, 第3回高効率廃棄物発電技術に関するセミナー「高効率小規模ごみ発電の実現と今後の課題」予稿集 (2003)
- [2] 杉山しのぶ, 吉川邦夫, 石井徹, 木質系バイオマスの高温空気吹きガス化および発電特性, 日本機械学会論文集 B 編, **70-701**(2005) 264.
- [3] 森塚秀人, ガス化発電技術の海外動向, バイオマス発電の最新技術, シーエムシー出版 (2006) 63.
- [4] 後藤悟, ガスエンジン, バイオマス発電の最新技術, シーエムシー出版(2006) 160.

バイオディーゼル燃料

Biodiesel Fuel

山根 浩二 (滋賀県立大学)

Koji YAMANE (The University of Shiga Prefecture)

e-mail: yamane@mech.usp.ac.jp

1. はじめに

石油の高騰への対応と地球温暖化防止の両面から、バイオマスエネルギーが注目されてきている。バイオマスエネルギーは、その燃焼で排出された二酸化炭素は、原料である植物を栽培することによって、その過程での炭酸同化作用により二酸化炭素が吸収されるため、大気中の温室効果ガスである二酸化炭素濃度の増加にカウントされない。このことを、「カーボンニュートラル」(CO₂ニュートラルとも言う)と呼んでおり、化石燃料のエネルギーの一部をバイオマスエネルギーに代替することによって二酸化炭素排出量の低減に直接つながる。

欧州では、欧州連合指令において、2005年に輸送用動力源の燃料の2%以上を、2010年に5.75%以上をバイオ燃料で賄う取り決めがなされている。また、欧州自動車工業会 ACEA は、新車に対する二酸化炭素排出量の自主規制値を設けており、2008年までに140g/kmを、2012年までに120g/kmを各自動車メーカーが達成する必要がある。このためには、バイオ燃料のようなCO₂ニュートラルな燃料への代替が不可欠となってくる。我が国では京都議定書目標達成計画において、2010年までにバイオエタノール由来のETBE(エチルターシャリーブチルエーテル)21万kLを含め、全体として輸送用燃料にバイオマス由来燃料を原油換算で50万kL導入することが目標とされている。バイオ燃料の中でも、ガソリン機関にはバイオエタノールが、ディーゼル機関にはバイオディーゼル燃料が世界的に利用され普及しつつある。

広義のバイオディーゼルとは、バイオマスを原料としたディーゼル燃料を指す。したがって、油脂の脂肪酸メチルエステル(FAME, Fatty Acid Methyl ester)や、油脂の水素化脱酸素処理油, BTL(Biomass-to-Liquids)軽油,あるいは油脂の直燃料(SVO, Straight Vegetable Oil)も含まれる。なお、

脂肪酸メチルエステルを第一世代バイオディーゼルとすると、水素化脱酸素処理油を第二世代バイオディーゼル, BTL軽油を第三世代バイオディーゼルと呼ぶこともある。以下では、第一世代バイオディーゼルである脂肪酸メチルエステルに関して、その製造方法や活用などについて述べる。

2. FAMEの製造方法

脂肪酸メチルエステル(FAME: Fatty Acid Methyl Esters)は、3分子の脂肪酸に1分子のグリセリンが結合したトリグリセリドを、アルコール(一般にメタノール)でエステル交換あるいはトリグリセリドから遊離した脂肪酸をアルコールでエステル化した液体である。バイオディーゼルを油脂から製造するためにはトリグリセリドとメタノールなどのアルコールとのエステル交換反応,あるいは遊離脂肪酸とメタノールとのエステル化反応を起こさせる必要がある。

2.1 触媒法

エステル交換反応を促進するために、種々の触媒が研究・開発されている。均一相触媒として知られているのが、アルカリ触媒や酸触媒であり、後者は、遊離脂肪酸の多い原料油の1段目反応として用いられる。不均一相触媒としては固体触媒などがあり、触媒の残留がなく、再利用が可能な利点があるが、反応速度の速いプロセスでは高温高圧処理が必要であり、温和な条件を選択するプロセスでは反応が遅くエステル化収率が低い点が欠点であり、製造条件によって適切なプロセスを選択する必要がある。以下は代表的な触媒をまとめたものである。

- 均一系アルカリ触媒(水酸化ナトリウムや水酸化カリウムなど)
- 均一系酸触媒(硫酸, フッ酸など)
- 固体触媒(金属酸化物, ゼオライト, イオン交換樹脂など)

- ・ 生物系触媒（リパーゼ脂肪分解酵素、酵母菌体など）

このうち、現行の商用プロセスで主として用いられているのはアルカリ触媒法である。図1は筆者が用いているアルカリ触媒方式である^[1]。アルカリ触媒法では、製品中への触媒由来のアルカリ塩の残存、精製時に使用する大量の洗浄水の後処理コスト等の問題があるため、不均一触媒（固体触媒）の研究開発が種々検討されている。エステル交換のための固体触媒としてはイオン交換樹脂、ゼオライト、金属酸化物等が検討されている。

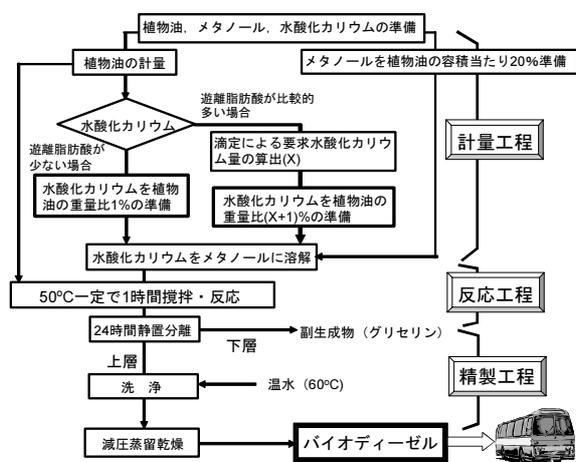


図1 筆者が用いているアルカリ触媒法によるバイオディーゼルの製造過程^[1]

固体触媒に関しては、フランスの Axens が France IFP の開発した固体触媒法による新規 FAME 製造プロセス (Esterfip-HTM) を提案している^[2]。固体触媒としては、金属酸化物を選択し、製品 FAME 純度 99%、副生グリセリン純度 98% 以上を達成している。この方法では従来アルカリ法と比較して高温高压が必要であるが、触媒の連続使用が可能であり、精製プロセスが簡便化するため、大量製造時には有利となると考えられる。

一方、国内では、愛媛大学の川嶋ら^[3]が、マンガンやバナジウムなどのアルカリ金属を配置した分子構造をもつ塩基触媒を開発し、通常の KOH などのアルカリ触媒とほぼ同一条件でメチルエステルが得られることを報告している。また、東北大学がイオン交換樹脂を用いた新規製造方法を提案している^[4]。この方法は、イオン交換樹脂のエステル交換活性を利用したもので、遊離脂肪酸の

除去処理が不要でメチルエステルへの変換も可能なことや、50℃、大気圧下で反応するものの、反応速度は速いことが特徴である。

生物系触媒方式としては、リパーゼ酵素を反応触媒に利用する方法がある。この方法は、反応条件が温和で、副生グリセリンの回収が容易であり、油脂中の遊離脂肪酸の影響を受けずにエステル交換できる。しかし、リパーゼ酵素そのもののコストが高いこと、反応速度が遅いことが実用化の障害となっている。そこで、最近では微生物細胞内に蓄積したリパーゼ酵素や、細胞の表層に提示したリパーゼ酵素を微生物菌体のまま直接利用する「whole cell biocatalyst (全菌体生体触媒)」が開発されている^[5]。この方法では、培養後、微生物菌体を遠心分離機などの分離によって回収後、直ちに反応に使用できるため、複雑な工程がほとんどなく酵素の製造コストが著しく低減される。

2.2 無触媒法

無触媒下で、メタノールを高温・高压にすることによってエステル交換を行う方法も開発されている。廃食油を原油にアルカリ触媒を用いてエステル交換を行う場合、遊離脂肪酸が新油より多いため、触媒投入量を新油の場合よりも適度に増やす必要がある。この遊離脂肪酸をメタノールによってエステル化することによって脂肪酸メチルエステルを得ることもできる。とくにメタノールの臨界点 (摂氏 239 度, 8.09MPa) を超える状態で反応させる方法を「超臨界法」、臨界点以下で反応させる方法を「亜臨界法」と言う。超臨界メタノール法では、メタノール自身が触媒効果をもち、遊離脂肪酸のエステル化(Esterification)とともに、トリグリセリドのエステル交換を促進する。

図2および図3は、京都大学の坂ら^[6]が開発した二段階超臨界法の反応スキームとプロセスのフローを示している。この方法は、初段で原料油を亜臨界水によって加水分解してトリグリセリドをすべて遊離脂肪酸に分解し、グリセリンを分離させてしまう。二段目で一段目の反応で生成した遊離脂肪酸を超臨界メタノールでエステル化反応させる。なお、この方法によれば、副生グリセリンは、アルカリ触媒方式の場合のようにアルカリ触媒の残留がないので、グリセリンの精製コストが安くなる利点がある。

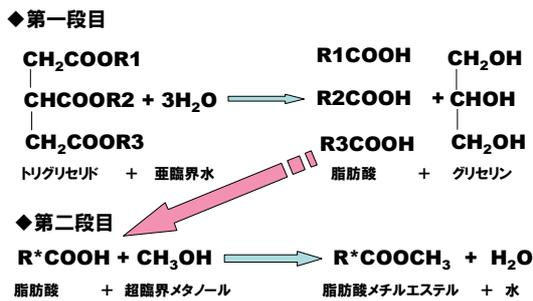


図2 トリグリセリドの加水分解およびメチルエステル化の二段階反応スキーム^[6]

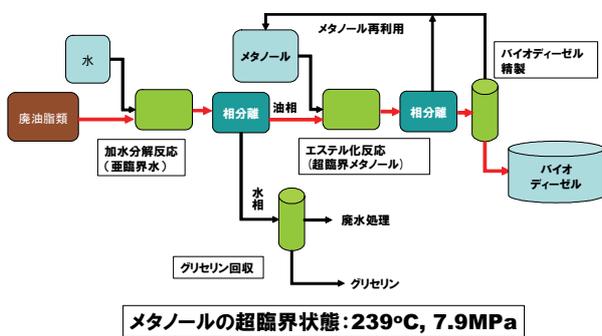


図3 超臨界メタノールによるバイオディーゼル燃料製造プロセス^[6]

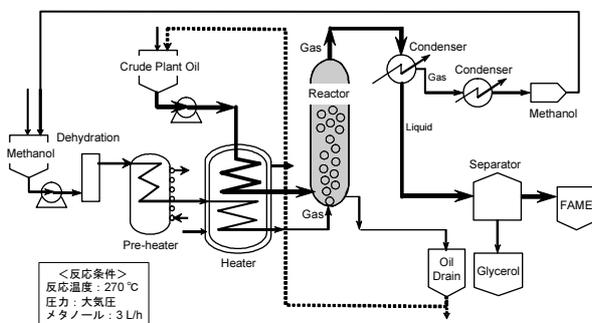


図4 常圧での無触媒アルコールシス反応によるバイオディーゼル製造プロセス^[7]

一方、大気圧での亜臨界メタノールを用いてエステル交換反応を行う方法もある^[7]。これは図4に示すように、メタノールを気化し、反応塔で高温の植物油中をバブリングすることによって気液接触反応させるもので、生成した脂肪酸メチルエステル(FAME)を副生グリセリンとともにコンデンサーで凝縮し、その後、静置分離させる。過剰のメタノールは2段目のコンデンサーで凝縮され

再利用される。

表1は、主な製造方法の比較である。このようなアルカリ触媒方式に代わる新たな製造方法が開発されつつあるが、対象とする原料油脂の価格、廃水処理設備、副生グリセリンに利活用方法などを総合的に考慮して、見合った適切な製造方法を選択する必要がある。たとえば、比較的初期コストが高い超臨界メタノール方式は、原料油脂の質をあまり問わないため、アルカリ触媒方式では対象にできない、原料油脂が安価な極度に遊離脂肪酸が多い廃食油やダーク油のエステル化に向いている。一方、バージン菜種油や大豆油を対象とする場合には、比較的油脂価格が高いため、従来の均一系アルカリ触媒方式ではなく、燃料単価を抑えることが可能な固体触媒方式が適切である。

表1 FAMEの主な製造方法に比較

| | 触媒法 | | | 無触媒法 | |
|-------|---------------|----------|--------------------|----------------|--------------|
| | アルカリ触媒法 | 酵素法 | 固定触媒法 | 超臨界 | 亜臨界 |
| 反応条件 | 常圧 50~60°C | 常圧 室温 | 常圧又は高圧 60~300°C | 8MPa >240°C | 常圧 >270°C |
| 反応時間 | 1時間 | 数日 | 数時間 | 数分 | 数時間 |
| 触媒 | NaOH, KOH | リパーゼ | 固体酸または塩基 | なし | なし |
| 遊離脂肪酸 | エステル交換阻害 | エステル化 | 強酸触媒ではエステル化 | エステル化 | エステル交換への影響無し |
| 精製処理 | 必要 | 必要 | 不要 | 不要 | 不要 |
| 操作 | 単純 | 煩雑 | 単純 | 単純 | 単純 |
| 設備 | 通常 | 通常 | 通常 | 重装備 | 通常 |
| 初期コスト | ○ | ○ | ×--○ | × | △ |
| 運転コスト | △ | △ | ○--◎ | ○ | ◎ |

3. バイオディーゼルの品質と活用状況

我が国では、自治体やNPOなどの地産地消によってこれまで自己責任においてバイオディーゼルが利用されてきたが、2007年3月31日から、表2のように「揮発油等の品質の確保等に関する法律に基づく軽油の強制規格及び標準規格」（通称、軽油品確法）が改正され、低濃度（脂肪酸メチルエステル含有量：5質量%）での軽油混合使用がやっと可能となっている。この法令はあくまで軽油の販売を伴う場合に遵守する必要があり、販売を伴わない、これまでのような地産地消や自家消費などに関しては適用されない。

また、軽油混合用を前提としたニート規格（JASO規格 [M] 材料・表面処理 M360-06自動車燃料-混合用脂肪酸メチルエステル(FAME)）も2006年10月に発行されている。なお、この規格

は FAME 製造者の遵守義務はないが、製造者が品質を検査するさいの目標値となる。また、軽油引取税に関しては、ニート使用では課税対象外となるものの、混合使用においては課税されるため、5%混合分は課税されて販売される。

表2 揮発油等の品質の確保等に関する法律に基づく軽油の強制規格及び標準規格

| 規制項目 | FAME混合軽油 | 非混合軽油 | |
|------|---------------|---------------|------------|
| 既存項目 | 硫黄分 | 0.001質量%以下 | 0.001質量%以下 |
| | セタン指数 | 45以上 | 45以上 |
| | 90%留出温度 | 360℃以下 | 360℃以下 |
| 追加項目 | 脂肪酸メチルエステル含有量 | 5.0質量%以下 | 0.1質量%以下 |
| | トリグリセリド含有量 | 0.01質量%以下 | 0.01質量%以下 |
| | メタノール含有量 | 0.01質量%以下 | |
| | 酸価 | 0.13mgKOH/g以下 | |
| | ギ酸、酢酸、プロピオン酸 | 計0.003質量%以下 | |
| | 酸化安定性(酸価増加分) | 0.12mgKOH/g以下 | |

一方、世界燃料憲章 (WWFC, World Wide Fuel Charter) [8]においては、カテゴリー3の燃料として「B5」が容認されている。これは、5体積%までの混合を許容しており、我が国の軽油強制規格での5質量%と違う。我が国の規格では容積で約4.7%にとどまる。なお、FAMEはEN14214やASTM D6751-07aに適合した燃料の混合が前提とされている。

バイオディーゼルの世界全体の生産量は、2006年度には、約540万kLに達しており、2003年度の180万kLから、この3年で約3倍と急激に増加している。この量は、車両用軽油の世界の消費量の約1%に相当する。生産国の内訳は40%がドイツ、13%が米国、10%がフランスとイタリアとなっており、我が国の生産量は、2006年度で約0.4万kLと少ない。

欧州では、菜種油がバイオディーゼル製造の主な原料になっている。2010年には菜種油を年間990万kL生産することを計画しており、このうち700万kLをバイオディーゼル燃料に利用する計画である。これらの大幅な増加は、欧州域内での作付け面積を62%、収量を24%増加とした場合である。この収量増加には油分の増加した菜種の新種改良が見込まれている。さらに、欧州では遺伝子組み換え菜種の輸入が承認されていないため、

近年、パキスタンやバングラデシュ、UAE、トルコなどがカナダ産菜種を大量に輸入し搾油しており、その原油を欧州が輸入することで計画量を達成させるシナリオである。

世界全体で菜種油の生産は順に中国、欧州連合、カナダ、オーストラリアが大きな生産国であるが、中国と欧州連合は基本的に生産=消費となるため、輸出余力がない。よって、日本への供給国はカナダとオーストラリアに絞られている。大豆油に関しては、米国、ブラジル、アルゼンチンと非常に広範囲になってきており、収穫時期、気候条件が各地で異なり、それぞれの生産地が相互に安全弁として機能し、供給の安定性をもたらしている。需要面からみると、中国も主な生産国でありながら自国消費が多いため、日本と同様に米国からの輸入大国となっている。パーム油は、比較的天候に左右されにくい安定した生産が期待できる油脂原料であり、年間を通じて生産量が見込めることは、他の油糧作物にはない特徴である。生産量の上位であるマレーシア、インドネシア両国とも、作付け面積の増加を国策としている。

4. 原料油脂と燃料品質における課題

4.1 食料との競合

菜種油、大豆油、パーム油などの食用油脂を原料とすると、余剰生産の調整用にバイオディーゼルに変換して活用するのは良いが、食用農地をバイオディーゼル燃料用の作物として生産すると必ず食料価格の高騰を招く。そのため、毒性を有し食用に向かないヤトロファクルカス (学名 *Jatropha Curcas*) などを耕作に適さない土地で栽培し、この油脂を原料とすることが望ましい。ヤトロファ油はまだ栽培面積が低いものの、表3に示すように油単収がパーム油よりも高いため、生産効率が高く、食料とは競合しないので有望と言える。

表3 主な油脂作物の単収の比較

| 油脂原料 | 国 | 単収 (kg/ha) | 油単収 (kg/ha) |
|--------|-------|------------|-------------|
| 大豆油 | 米国 | 375 | 65~75 |
| 菜種油 | 欧州 | 1000 | 380~400 |
| 米油 | 日本 | 5000(食用米) | 50~100 |
| ヤトロファ油 | インド | 6000 | 2400~3600 |
| パーム油 | マレーシア | 13000 | 2000~2600 |

また、エネルギーセキュリティの観点から、本来、原料は自国産のものを利用することが望ましい。日本の場合、廃食用油がバイオディーゼルの主な原料となっているが、廃食用油の源である食用油の原料（菜種、大豆、コーン、パーム）のほとんどが輸入であることから、国産の原料は皆無と言える。今後は、バイオエタノール用の多収穫米（工業米）の栽培に伴う副産物としての米油など、純国産の原料の開発も必要と考えられる。表3には食用米の単収が示されているが、多収穫米の場合は、食用米の2～3倍の単収が得られることがわかっている。

4.2 酸化安定性と低温流動性

FAMEはオレイン酸やリノール酸など原料油脂の組成をそのまま受け継ぐため、不飽和脂肪酸の含有率の高い油脂からのメチルエステルは、食用油と同様に酸化劣化し易い。図5は、FAMEの酸化劣化の要因と劣化燃料によって引き起こされるエンジン機器の不具合をまとめたものである。燃料に対する注意を怠り、最悪の場合、エンジンが停止する可能性もある。

また、FAMEは貯蔵安定性にも課題があり、貯蔵条件によっても短期間に劣化してします。図6はその一例であり、冷蔵庫内など涼しく太陽光を遮断した条件で保管された燃料に比べて、太陽光にさらされた状態では、約4倍の早さで图中的IP（過氧化物誘導期間）が低下しており、劣化が急速に進むことがわかる。

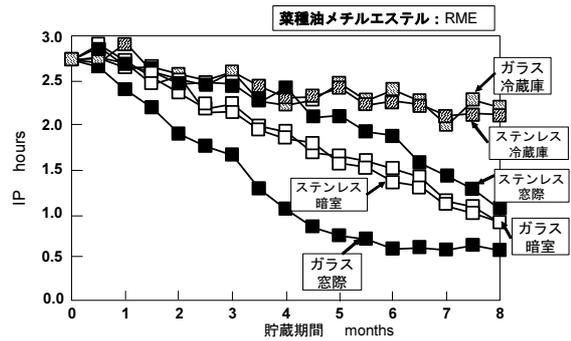


図6 貯蔵条件が酸化安定性に及ぼす影響^[10]

なお、BHT(Butylated Hydroxytoluene)などの抗酸化剤の添加は、燃料の酸化劣化速度を遅くする効果があるが万能ではない。たとえば、貯蔵安定性に効果がある抗酸化剤でも、最高140℃くらいに達するエンジンの燃料噴射系における過酸化物の分解・重合を防止できるとは限らない。また、抗酸化剤は油脂の身代わりとなって酸化するため、抗酸化剤がすべて機能を失うと直ちに燃料の酸化が生じる。

FAMEをディーゼル機関の燃料に使用する場合、軽油と同等の低温流動性が必要となってくる。軽油の低温流動性は、流動点、目詰まり点、曇り点によって表されるが、JIS K2204規格の軽油の分類では、流動点と目詰まり点によって、夏季用の特1号、1号、冬季用の2号、3号、寒冷地用の特3号の5つのグレードに分かれている。特1号は流動点が+5以下で、特3号は-30℃以下が要求される。FAMEの場合、図7に示すように、パーム油メチルエステルと菜種油メチルエステルでは低温流動性が大きくことなる。パーム油はパルミチン酸やステアリン酸など飽和脂肪酸の含有率が菜種油より多いため低温での結晶化が起こりやすい。図はJIS 2号に混合した場合の流動点と目詰まり点を示している。パーム油メチルエステルでは、軽油に5vol%混合しただけで、JIS 1号軽油まで流動点が上昇してしまう。このため、利用地域によってFAMEの原料油脂を把握して利用する必要がある。なお、廃食用油を原料とするFAMEの場合には、パーム油や動物脂が混ざっているため、低温流動性は、菜種油などの単一油脂のFAMEよりも劣る。低温流動性の向上を目的とした添加剤もあるが、飽和脂肪酸含有量の多い燃料には数%ほどの添加量ではほとんど効果がない。

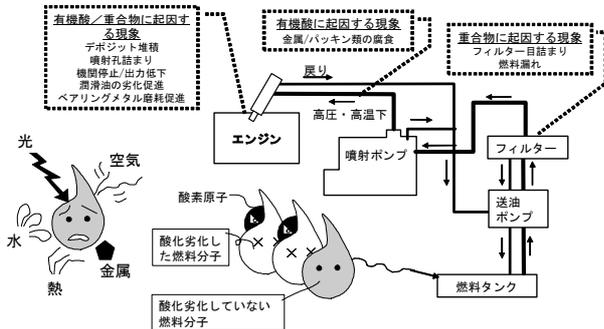


図5 燃料の酸化劣化に起因して生じるエンジン各部の不具合^[9]

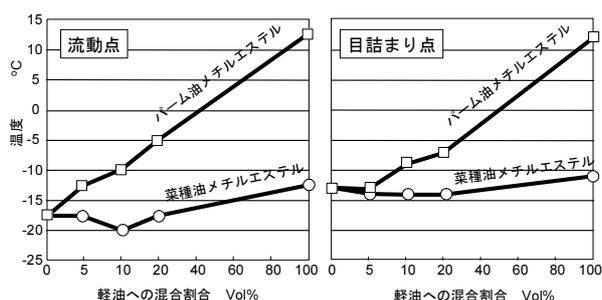


図7 バイオディーゼル混合軽油の低温流動性 (JIS 2号軽油に対する混合) [11]

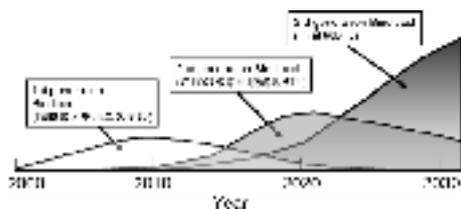


図8 将来のバイオディーゼル燃料

5. おわりに

図8は広義のバイオディーゼルの将来を描いたものである。現在のFAME(脂肪酸メチルエステル)は第1世代バイオディーゼルと呼ばれている。これは先に述べた酸化安定性や低温流動性など燃料としての課題に加えて、製造段階で必ず副生グリセリンが生じ、この有効利用が課題となっている。純度も50%以下のため工業原料としては向かず、世界的にもグリセリン相場は下落していることもあり、画期的な有効活用の開発が迫られている。たとえば、堆肥化、メタン発酵槽での発酵促進、ガス化などが試験的に行われている。

そこで、油脂を水素化処理し脱酸素化してパラフィン系炭化水素、プロパン、水を得る方法である第2世代バイオディーゼルの研究開発が進められている^[12-13]。水素化・脱酸素化のプロセスには、トリグリセリドのほか、遊離脂肪酸や遊離グリセリンも利用できるため、第1世代のような副生グリセリンが発生せず、出来上がった液体燃料は既存の石油と同じ炭化水素であるので、酸化劣化の問題も起こりにくい。ただし、直鎖炭化水素であることから低温流動性に難がある。なお、この水素化処理は、石油原油のリファイナリー施設で行うため、FAMEのように地産地消のエネルギーとしての位置づけが失われる。

第3世代バイオディーゼルは、全てのバイオマス資源から一酸化炭素と水素の合成ガスを生成し、フィッシャートロプシュ (FT) 合成法によって液体炭化水素燃料を得るBTL (Biomass-To-Liquids) である^[14]。この利点は、油脂以外のバイオマス、とくに廃棄されている木質系もすべて合成液体燃料として利用可能な点で、すでに車両での実証試験は進んでいる。しかし、製造コストが高いため、現在のFAMEに代わるにはさらなる技術開発が必要とされている。

参考文献

- [1] 山根浩二, 改訂新装版 バイオディーゼル -天ぷら鍋から燃料タンクへ-, 東京, 東京図書出版会, (2007)39
- [2] 6th European Fuels Conference, 14-16 March (2005), Paris, France
- [3] 川嶋文人ほか, バイオディーゼル燃料製造のための固体塩基触媒の開発研究, 第13回日本エネルギー学会講演会論文集, (2004)180
- [4] 米本年邦, イオン交換樹脂を固体培養した新規なバイオディーゼル燃料製造技術の開発に世界で初めて成功, 東北大学工学研究科プレスリリース, (2005.10)
- [5] 植田充美, 近藤昭彦 監修, エコバイオエネルギーの最前線, シーエムシー出版, (2005)277
- [6] 坂志朗, ダダン クスディアナ, Jasco Report 超臨界最新技術特集, 第7号, (2003)10
- [7] 山根浩二ほか, 自動車技術会論文集, Vol.37, No.6 (2006)103
- [8] WWFC:Worldwide Fuel Charter, Fourth Edition (2006.9)
- [9] 山根浩二ほか, 自動車技術会論文集, Vol.36, No.6 (2006)105
- [10] 山根浩二ほか, 自動車技術会論文集, Vol.38, No.4 (2007)109
- [11] 河野尚毅ほか, 自動車技術会 2005年秋季学術講演会前刷集, No.117-05 (2005)25
- [12] 小山成ほか, 自動車技術会 2006年秋季学術講演会前刷集, No.119-06(2007)5
- [13] NExBTL, Neste Oil Co., <http://www.nesteoil.com>
- [14] Sundiesel, CHOREN Co., <http://www.choren.com>

きく8号搭載展開型ラジエータの開発

*Development of Deployable Radiator for Use on
Satellite KIKU-8*

石川 博章, 野村 武秀 (三菱電機), 大串 哲朗 (広島国際大学),
野田 浩幸, 川崎 春夫, 矢部 高宏 (宇宙航空研究開発機構)

Hiroaki ISHIKAWA, Takehide Nomura(MELCO), Tetsuro OGUSHI(Hiroshima int. Univ.),

Hiroyuki NODA, Haruo KAWASAKI and Takahiro YABE (JAXA)

e-mail: Ishikawa.Hiroaki@bp.MitsubishiElectric.co.jp

1. はじめに

通信機器, 観測装置, 高速情報処理装置などの高速・大容量化にともない, 衛星内部に搭載される電子機器の使用電力が大幅に増大しつつある。これらの電力増加に比例して電子機器からの排熱量も増大するため, 衛星から宇宙空間への排熱能力増大が求められている[1]。そのため, 打ち上げ後宇宙空間でラジエータパネルを展開して衛星の実効放熱面積を増加させる展開型ラジエータが重要な衛星の熱制御技術となっている。この展開型ラジエータには, 衛星内の熱を放熱面であるラジエータパネルへ輸送する必要があるため, ラジエータを展開するためのヒンジ部において, 柔軟な配管を介して熱を輸送できる熱輸送素子が必要不可欠である[2]-[9]。これらの要求にこたえる熱輸送装置として, これまでキャピラリーポンプルーブ (CPL) やループ型ヒートパイプ (LHP) が開発されてきた。これらは両者とも, 蒸発器のみに作動液体を駆動するための毛管圧力を発生するウイックを用いており, 蒸発器から凝縮器へ, フレキシブルな配管を利用して熱輸送を行うことができることが特徴である。

ここでは, きく8号 (ETS-VIII) に搭載の展開型ラジエータおよびそれに用いられるリザーバ内蔵ループ形ヒートパイプ (RELHP : Reservoir Embedded Loop Heat Pipe) において, 開発モデルによる動作特性検証から地上試験, 打ち上げ後の軌道上評価までの概要について紹介する。

2. 展開型ラジエータの概要

図1に展開型ラジエータの概念図およびRELHP蒸発器の断面図を示す。展開型ラジエータの放熱面となるラジエータパネル(Radiator Panel)の寸法は1.8m×0.49mであり, 軽量化のためのアルミ製のハニカムコアと剛性向上のための高弾性炭素繊維強化樹脂 (CFRP : Carbon Fiber Reinforced

Plastic)製の表皮で構成されている。ラジエータパネルの内部にはRELHPの凝縮器(Condenser)が埋め込まれており, ラジエータパネルの表面には, 太陽光による入熱を阻止しつつ, 放熱を促進するため, 太陽光吸収率が小さく, 半球放射率が大きい太陽光反射板 (OSR : Optical Solar Reflector) が貼られている。一方, 裏面は断熱のため, 多層断熱材 (MLI : Multi Layer Insulation) で被覆されている。RELHPの蒸発器(Evaporator)はステンレススチール製の多孔金属からなるウイック(Wick, 気孔直径1 μ m相当)を内包し, 蒸気管 (Vapor line), 液管(Liquid line), フレキシブル管(Flexible line)を介して凝縮器とループ状に連結されている。なお, 図1(b)に示すように, 蒸発器内のウイック内側は液ため機能を持つリザーバとなっており, 液管から流入した作動流体の液がベイオネット管 (Bayonet tube)を通った後に溜め込まれ, 再びウイックに浸透する構造となっている。

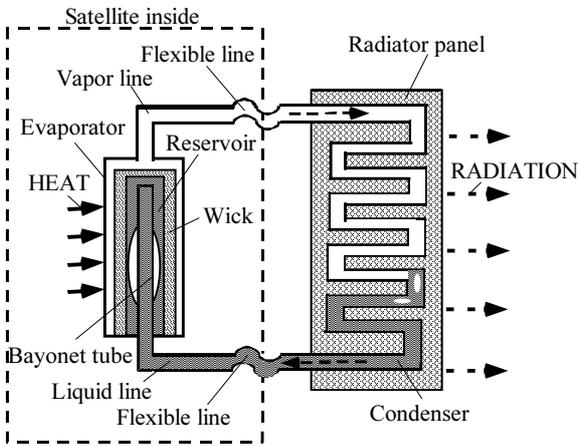
以上のような構成の展開型ラジエータにおける放熱動作は次のようにおこなわれる。衛星内に配置された蒸発器に搭載機器による熱が加えられると, ウイック外表面から作動流体のアンモニアの蒸気が発生し, 蒸気管を通して凝縮器に輸送される。輸送された蒸気は, ラジエータパネルに埋め込まれた凝縮器内で放熱により凝縮し, 過冷却液として蒸発器へ戻る。このような作動流体の相変化を含む流動により衛星内の熱が宇宙空間へ放熱される。

RELHPの主な特長は以下である。

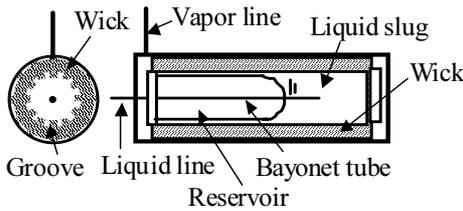
- (1)ウイックの気孔直径を, 従来のLHPと比べて1 μ m程度まで小さくすることにより毛管力が大きくなり, ヒンジ部などのループ内配管の高圧損に対応できる。
- (2)液体を貯留するリザーバを蒸発器に内蔵し, さらにウイック内壁面側にも軸方向溝を形成することにより, 宇宙空間の無重力下においても, 常に

作動液体をウイックに供給することができ、LHP としての動作の信頼性を向上できる。

さく 8 号搭載の展開型ラジエータの軌道上での主な仕様を表 1 に示す。



(a) 展開型ラジエータと RELHP



(b) RELHP 蒸発器断面図

図 1 展開型ラジエータと RELHP の概略図

表 1 展開型ラジエータの軌道上での目標仕様・性能

| 項目 | 仕様 |
|------------|---|
| 排熱能力 | 300W 以上 (春秋分時) (ただし、RELHP 単体の熱輸送能力は 1kW 以上、 -5~+65°C であること) |
| 熱伝達率 | 蒸発器蒸発熱伝達率 1500W/m ² /K 以上 凝縮器凝縮熱伝達率 3000W/m ² /K 以上 (300W 熱輸送時) |
| 起動特性 | 蒸気温度 -40°C の環境から 100W 以上の熱入力 で起動すること |
| 動作温度 範囲 | -40~+85°C (動作時) |

3. RELHP 開発モデルでの動作検証

3.1 動作実証実験

RELHP の開発にあたって、まず RELHP の特長であるリザーバを蒸発器に内蔵した構造で、ヒートパイプとしての動作実証実験を行った。これはリザーバを内蔵すると、蒸発器への熱入力によ

て直接リザーバが加熱されるため、動作が不安定になり、動作しないのではないかという指摘もあったからである。実験装置を図 2 に示す。蒸発器の外形は 110mm × 110 × 80mm のステンレス容器の直方体からなり、内部は加熱板、ウイック、アキュムレータからなる。リザーバ上部はガラス板とし、リザーバ内部が観察できるようにした。蒸気管、液管には透明なポリエチレン管を使用し、内部の作動液体の流動状況を観察した。ウイックには気孔径 0.8 μm、厚さ 3mm の延伸多孔質ポリテトラフルオロエチレン (EPTFE) 製ウイックを使用し、作動流体は R-134a である。

透明な液管での液体の流動状況および温度分布から、リザーバ内蔵方式 RELHP の動作は正常におこなわれていることが確認でき、これによって初めて基本構成についての動作実証ができた。

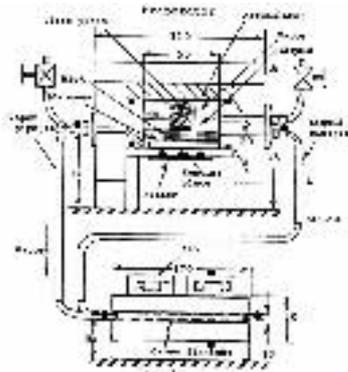


図 2 RELHP 基礎モデル実験装置概略

3.2 微小重力実験動作実証実験

次に、RELHP 内の流れは気液二相流であるため、無重力環境においても正常に動作することの確認が必要であった。そのため、蒸発器形状を、実用時の作動流体であるアンモニアの高圧に耐える円筒型とし、航空機による微小重力環境下での RELHP の動作特性把握を行った。これは、これまでトロント大とヒートパイプに関する微小重力実験の共同研究を継続して行っていたので、容易に実験を行うことができた。実験は 1998 年 2 月に米国ヒューストンにある NASA の微小重力実験専用航空機 KC-135 内において行った。

RELHP は外径 25.4mm、長さ 250mm の蒸発器を用いた。ここでは、図 3 に示すように蒸発器では外側、内側の 2 種のウイックを使用し、内側ウイックの内側空間が液体リザーバとなる構成とし

た。外側ウィックには気孔径 $1.2\mu\text{m}$ の微細な気孔をもつ延伸多孔質ポリテトラフルオロエチレン (EPTFE) 製のウィックを使用し、内側ウィックには重力下でリザーバ底部に偏って溜まる液体 (液体パドル) から液を周方向へ浸透させるための気孔径 $12\mu\text{m}$ のポリエチレンウィックを使用した。ウィックの内外面には2種の軸方向溝を設けた。この軸方向溝の構成は、後述する、きく8号搭載の RELHP にも適用された。内部ウィックの内面の軸方向溝は、微小重力下でリザーバの両端に形成される液体スラグから、軸方向へ液体を供給する作用をもっている。実験時の重力加速度 $G(=g/g_0, g_0=9.8\text{m/s}^2)$ および温度変化を図4に示す。航空機においては $0.01\sim 1.8G$ の範囲で重力加速度が変化するが、10回の重力加速度変化毎に加熱量を $78\text{W}\sim 399\text{W}$ へと 80W 幅で段階的に増大させた。157W以上の熱輸送量では、ヒータ入力変化後200秒で定常動作を示した。重力加速度が $0.01\sim 1.8G$ で変化しても RELHP 各部の温度は変化せず、RELHP の動作が重力加速度の影響を受けないことが初めて確認できた。しかしながら、微小重力環境の継続時間は約20秒と短いため、きく8号での軌道上での実証は不可欠であった。

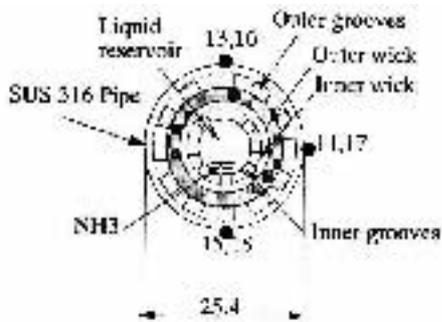


図3 微小重力実験 RELHP 蒸発器断面図

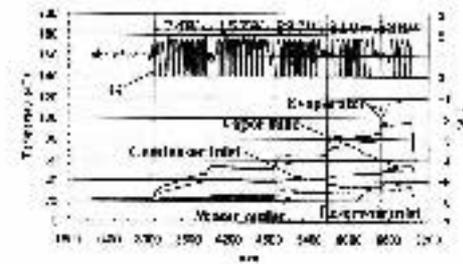


図4 実験時の重力加速度 $G(=g/g_0, g_0=9.8\text{m/s}^2)$ および温度変化

4. 実機モデルでの地上試験

4.1 試験フロー

図5にきく8号搭載される展開型ラジエータの地上試験フローを示す。RELHP 単体で熱性能を試験した後、展開型ラジエータとして組み立てし、その後、展開試験や音響/振動試験などを実施した後、熱真空/熱平衡試験を実施した。なお、並行して RELHP 単体でアレニウス則を用い、高温にて連続動作をおこなう加速寿命試験も実施し、必要な10年以上の寿命を有することを確認した。

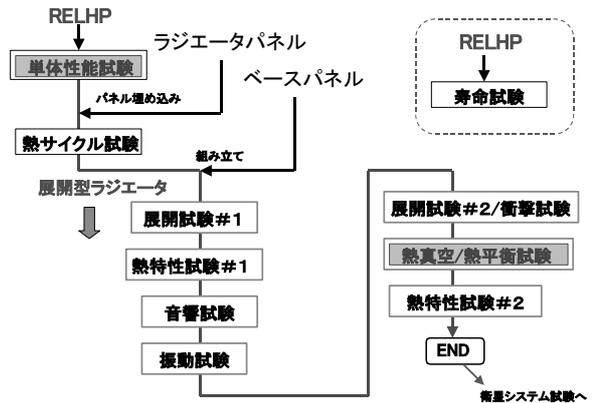


図5 展開型ラジエータの地上試験フロー

4.2 RELHP 単体性能試験

次に、きく8号搭載用の RELHP を製造し、地上試験の始めとして、その熱輸送特性の検証試験をおこなった。図6に試験装置の概略を示す。蒸発器はアルミ製の外管および外管に内接した蒸気流路のための軸方向溝をもつ円筒状のステンレス製ウィック (有効毛管直径 $1\mu\text{m}$) からなり、円筒内側は液溜め機能をもつリザーバとなっている。ウィックにステンレスを用いた理由は、宇宙線やアンモニアに強いこと、有効毛管直径 $1\mu\text{m}$ が得られること、さらにリザーバへの熱の侵入量を小さくするため、比較的熱伝導率が小さい材料であることなどである。蒸発器外管には加熱用ヒータを設け、凝縮部配管には冷却用配管 (冷媒: メタノール) を密着して設けた。作動流体はアンモニアを用いた。試験においては吸熱源温度および重力の影響を調べるため冷却用液体入口温度 T_{wi} および蒸発器と凝縮器の高低差 H_e-H_c ($\pm 351\text{mm}$) を変化させた。同時に熱流体管路網法による解析モデルを構築した。この解析モデルは後の熱真空/

熱平衡試験や軌道上検証をおこなう上で、不可欠のものであった。解析と実測の比較を図7に示す。熱輸送量を 50W~1,200W と変化させたが、熱輸送量が RELHP 単体での仕様値 1kW 以上まで正常な熱輸送動作が得られていることが確認できた。

試験において特に重要な項目の一つは宇宙環境での低温から正常に起動するかであった。そのため、-40℃の低温環境からの起動試験も実施した。供試体全体を低温恒温槽の中に配置し、多ケース計測した。図8に蒸発器への熱入力 100W の起動特性の例を示す。図のように温度は定常となり、正常起動を確認した。なお、全てのケースにおいて RELHP は正常に起動し、信頼性が確認できた。

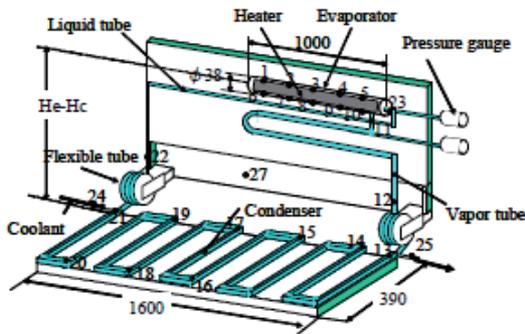


図6 RELHP 単体試験

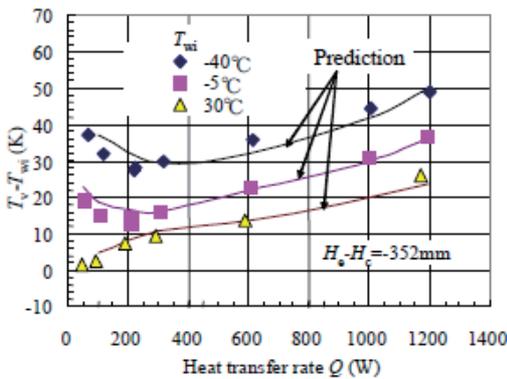


図7 RELHP 単体試験結果

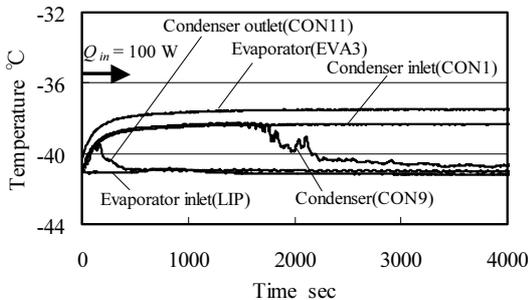


図8 -40℃環境からの起動特性

4.3 熱真空/熱平衡試験

きく8号へ搭載される展開型ラジエータの写真を図9に示す。展開型ラジエータ地上試験の最終段階として、スペースチャンバを用いた熱真空/熱平衡試験を IR 法(Infrared Radiation Method)にて実施した。図10に試験装置の概略を示す。熱真空/熱平衡試験は展開型ラジエータとしての熱性能を初めて検証するための試験であった。軌道上の熱環境を模擬するため、展開型ラジエータのラジエータパネルおよびベースパネルにヒータパネルおよびロッドヒータを近接設置し、温度制御した。さらにベースパネルを衛星構体内の温度環境を模擬した試験治具に取り付けた。試験はスペースチャンバシュラウド温度を 100K 以下、真空圧力を 1.33×10^{-3} Pa 以下として実施した。展開型ラジエータとしての仕様 300W 以上となる 400W まで熱入力において、温度は定常となり、さらに図11のように宇宙環境での最低動作温度である 100W の熱入力によって、約-40℃の低温環境下から正常に起動することが確認できた。さらに解析と実測とは良く一致したことから、展開型ラジエータとしての動作が初めて実証された。

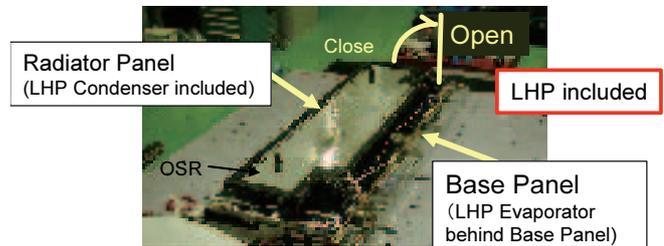


図9 きく8号搭載展開型ラジエータ

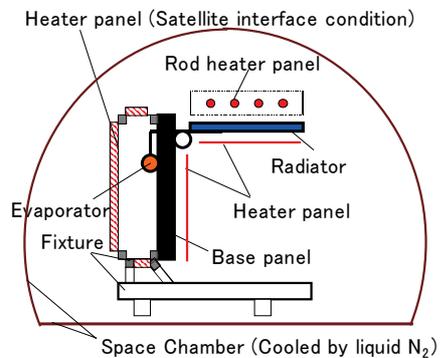


図10 熱真空/熱平衡試験コンフィギュレーション

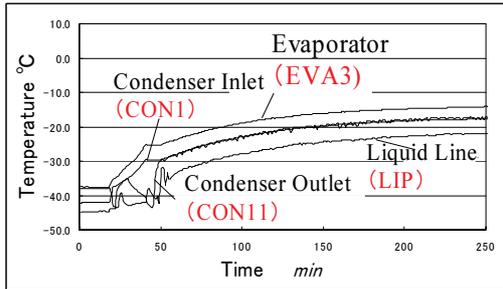


図 11 熱真空/熱平衡試験での起動特性

5. 軌道上動作実証[10]-[11]

5.1 打ち上げと展開

長い時間をかけて開発および全ての地上試験を完了し、きく 8 号に搭載された展開型ラジエータを図 12 に示す(図中央で保護用の青シートを被覆している部分)。

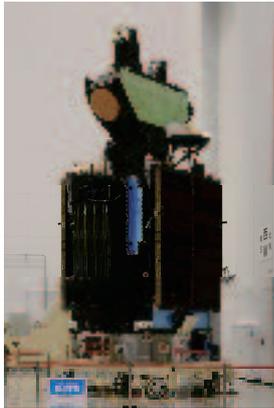


図 12 きく 8 号搭載後の展開型ラジエータ

きく 8 号および展開型ラジエータを載せた H-IIA ロケット 11 号機 (H-IIA・F11) は 2006 年 12 月 18 日 15 時 32 分 (日本時間) に、種子島宇宙センターから打ち上げられた。衛星はロケットから分離後、無事トランスファ軌道に投入された。

その後、きく 8 号は、軌道制御を行いつつ、2007 年 1 月 8 日 20 時に、静止位置東経約 146 度の所定の静止軌道に投入された。展開型ラジエータは 2007 年 1 月 18 日 18 時に展開保持機構の火工品に点火してラジエータパネルを展開した。ラジエータパネルの展開の確認はラッチ信号のほか、展開時の打ち上げ環境・展開モニタ装置 (LEM) の加速度計振動波形およびラジエータ温度変化からも確認できた。ラジエータパネルの展開所要時間は図 13 の振動波形から約 21 秒であり、展開要求仕

様の 3 分以内を満足している結果がえられた。また展開時のラジエータパネルの温度変化と、展開前日の同じ時刻の温度変化を図 14 に示す。展開前までは、前日と同じ温度変化をするが、展開後は、ラジエータパネル温度が低下し始め、やがてラジエータパネル保温ヒータの制御によって、-30°C から -40°C の範囲で温度変化した。これは、ラジエータが、太陽光が入射しにくい面 (北面) に正しく展開していることを示している。また、展開前後 3 時間の蒸発器温度変化は 2°C 以下の小さな変化しか見られなかった。このことから、ラジエータパネルの温度が急激に低下した場合でも、RELHP は勝手に起動しないことが確認できた。

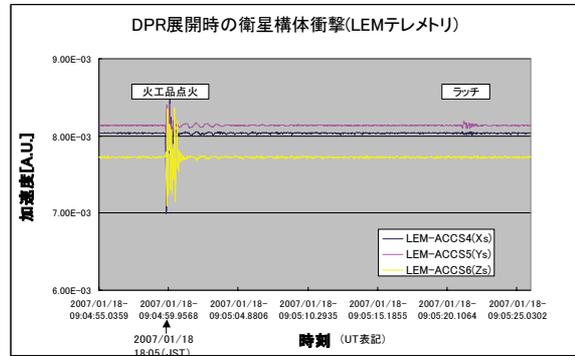


図 13 展開時の打ち上げ環境・展開モニタ装置 (LEM) の加速度計振動波形

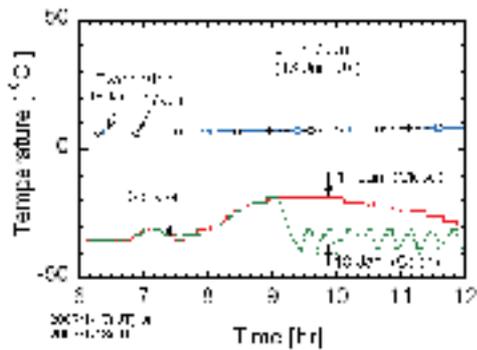


図 14 ラジエータ展開前後のラジエータ面温度と蒸発器温度

5.2 RELHP の起動確認

展開型ラジエータ展開後の約 8 時間後に蒸発器に貼られたヒータを用いて RELHP を起動し、動作を確認した。RELHP の起動は、RELHP 系内のアンモニア気液の分布に大きく依存することが報告

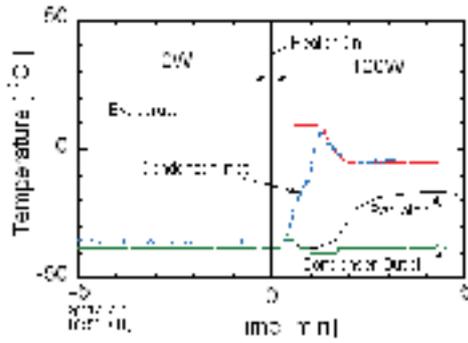
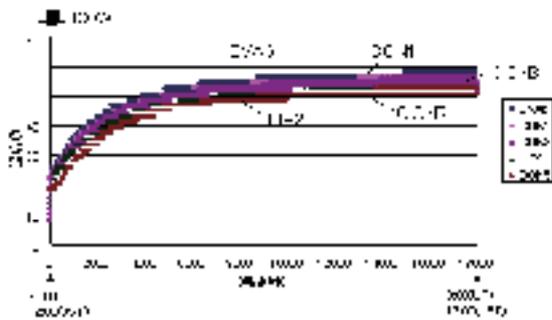
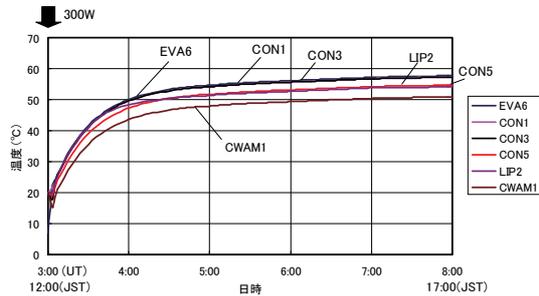


図 15 軌道上での軌道特性 (蒸発器 100W 入力)



(a) 実測



(b) 解析

図 16 300W 入力時の起動特性

されていることから、特に軌道上での最初の RELHP の起動に着目した。ここでは、100W での起動を確認した。その結果を図 15 に示す。起動前は、アンモニアが循環していないため、蒸発器温度が常温近辺で安定し、凝縮器入口出口部の温度は、約-40℃で一定である。100W 投入後、30 秒程度で、凝縮器入口温度が上昇し、やがて蒸発器温度と等しくなった。その後、蒸発器温度と凝縮器入口温度が低下し始め一定となった。蒸発器で発生した蒸気が、凝縮器に流れこみ、凝縮器内部に滞留していた液を蒸発器に押し出したためである。

やがて、蒸発器温度が安定することが確認された。

この結果より本 RELHP が低入力でも 1 分 30 秒程度ですばやく起動ができることが確認できた。その後、熱入力を 200W, 300W に変化させ、安定した動作を確認した。蒸発器熱入力 Q_{in} が 300W の場合には、解析結果と実測結果とを比較した。図 16 に結果を示す。温度上昇の曲線も実測に類似しており、軌道上での展開型ラジエータの動作は正常であることが初めて確認された。

6. おわりに

ここでは、きく 8 号 (ETS-VIII) に搭載の展開型ラジエータおよびそれに用いられる RELHP において、開発モデルによる動作特性実証から地上試験、打ち上げ後の軌道上実証までの概要について紹介した。きく 8 号での軌道上での評価は 2007 年 1 月より行われ、現在も継続中であり、今後も継続していく予定である。

参考文献

- [1] Akira Yao and Yasushi Sakurai, AIAA-98-1391, (1998).
- [2] F.J.Stenger, NASA TMX-1310 (1966).
- [3] D.A.Wolf, et al, Proc. of 24th Int. Conf. On Environmental Systems, 941575, (1994).
- [4] 大串, 村上他, 日本機械学会講演論文集 No.974-1,(1999),5-13,14.
- [5] 大串, 矢尾他, 日本機械学会論文集, B 編, Vol66-No646,(2000),1488-1493.
- [6] Hiroaki Ishikawa, Akira Yao, Teturo Ogushi, Seiji Haga, Akihiro Miyasaka and Hiroyuki Noda 31st ICES 2001-01-2341(2001).
- [7] Tetsuro Ogushi, Seiji Haga, Hiroaki Ishikawa, Akira Yao, Akihiro Miyasaka and Hiroyuki Noda, 31st ICES 2001-01-2239(2001).
- [8] 石川, 大串他, 第 42 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (2005-6) ,203-204.
- [9] 石川, 大串他, 日本機械学会論文集, B 編, Vol72-No720, (2006-8) ,2010-2017.
- [10] 川崎他, 第 51 回宇宙科学技術連合講演会アブストラクト集, (2007), 177.
- [11] 石川他, 第 51 回宇宙科学技術連合講演会, アブストラクト集, (2007), 176.

スペイン研修

(*Vulcanus in Europe 2007* 体験記)

Recounting the Experience of Vulcanus in Europe 2007

上野 克憲 (九州大学)

Katsunori UENO (Kyushu University)

1. はじめに

日欧産業協力センターの *Vulcanus in Europe 2007* というプログラムにより、2007年4月からスペインでの4ヶ月の語学研修とその後8か月の *IDIADA Automotive Technology S.A.* 社でのインターンシップ、計1年間の海外研修を行っています。これを機会にプログラム内容、スペイン・バルセロナ市内の紹介をさせていただきます。

2. *Vulcanus* プログラムの紹介

Vulcanus プログラムは東京とベルギーのブリュッセルに事務所のある、日欧産業協力センターにより行われている、日本とヨーロッパの理系学生を対象とした交換インターンシッププログラムです。私が参加している *Vulcanus in Europe* は、日本の学生をヨーロッパの各国で研修させるプログラムで、今年は私を含めて22人の日本全国からの学生が参加しております。スペインでは同じ企業でもう2人の学生が研修を行っています。3日間のブリュッセルでの欧州連合の歴史、経済等の研修、4ヶ月の現地語の研修と8ヶ月のヨーロッパ企業での研修で構成されており、研修中は奨学金が支給されます。これとは正反対のプログラムでヨーロッパの学生を日本に派遣する *Vulcanus in Japan* というプログラムもあります。

3. 語学研修

3.1 スペイン語研修

4月から7月末まではスペイン語2ヶ月、英語2ヶ月の語学研修をバルセロナ市内の *Eurocenter* で行いました。語学研修中はホームステイをすることがプログラムの中で決められており、ホストマザー1人、アメリカ人の留学生2人と暮していました。スペイン語は、このプログラムに参加することが決まってから自分で勉強していましたが、初歩の文法を少し覚えていたほどで、殆ど0からのスタートでした。ホストマザーは英語が話せない

ので最初のうちは全然コミュニケーションが取れませんでした。夕食を一緒に食べるので毎日行ったことを予めノートに書いておき、それと辞書を片手になんとか会話をしようと努力していました。スペインでは街中でも英語を話せる人が少ないので、ビザ等の各種書類の申請もほとんど全て覚えてたてのスペイン語で行いました。

このように、全然スペイン語が話せない、読めない、理解できない状態だったので、プログラムの同期2人と共に一番下のクラスに入りました。そのクラスには、スペイン語の全く話せない私達日本人3人しか生徒はいなかったのですが、語学学校の先生方の指導は大変すばらしく、授業中は英語を全く使わずに、スペイン語だけで非常に丁寧に、しかも楽しく教えて頂きました。毎日膨大な量の単語が出てきて覚えるのは大変でしたが、0からのスタートだったので、毎日伸びを実感することができ、楽しくすごい勢いでスペイン語を伸ばすことができました。また、私費留学で同じ語学学校のもっと上のクラスで学んでいた日本人や各国からの学生達と週末にバーに行き、スペイン語を教えてもらいながら会話をして、伸ばしていききました。2ヶ月後のスペイン語の研修が終了するときを受けたテストで、私達3人は10段階のうちのレベル3を獲得することができました。ヨーロッパでは各言語ごとにこのようにレベルが設定されており、このレベルがそのまま資格になります。

3.2 英語研修

6月からは同じ学校で英語研修を行いました。英語はクラスが細かく分かれており、私達3人は下から6番目、上から3番目のクラスに入りました。バルセロナで英語を学ぶというのは変に聞こえるかも知れませんが、先生方はアメリカ、オーストラリア、イギリス、アイルランドからのネイティブで、スペイン語と同様非常に丁寧に教えていた

だきました。英語の文法は中学、高校、大学と TOEIC 等の勉強で全て知ってるつもりでしたが、語学学校で習ってみると、結構忘れていた文法もあり、さらに今までに習っていた文法が主にリーディングのための文法であったことがわかりました。それでも、スペイン語よりは遥かに単語、文法がわかっていたので、毎日環境、経済、文化等の様々なテーマについてのディスカッション等を行い、少しずつ言いたいことが言えるようになっていきました。

4. インターンシップ

8月からはバルセロナから100kmほど離れたタラゴナ県に位置する *IDIADA Automotive Technology S.A.* 社（以下 *IDIADA*）という自動車試験会社での8ヶ月間のインターンシップが始まりました。現在はちょうど4ヶ月が過ぎたところです。私は *Passive Safety* 部門に所属しており、ヨーロッパ車の衝突安全試験、性能評価を行います。*IDIADA* は日本を含め世界各国に支社を持っており、私は主に日本車の衝突試験を担当しております。

さて、大学では機械工学、主に熱工学を勉強していたのですが、自動車工学については大学の授業でエンジンや燃焼について少しばかり勉強したくらいで、これもまたスペイン語同様ほとんど0からのスタートでした。しかしながら、8月は多くの社員がバカンスで3週間ほど休みを取る時期で、この期間に上司が様々な資料をトレーニング用に渡してくださいました。幸い社内の資料はスペイン語ではなく英語ですので、時間はかかりました

が、専門用語とバックグラウンドをこの期間中に少し身につけることができました。しかしながら、生の英語の文章に触れることの必要性を思い知らされた時期でもありました。

上で述べた用に *IDIADA* は日本の自動車会社の取引も行っています。そこで、日本企業から依頼を受けた衝突試験の日には、その企業から日本人エンジニアの方々がよくいらっしゃいます。その時は、そのエンジニアの方々と私の上司達とメカニック達に交じって私も衝突試験の準備、実行、そして、その後評価の担当をします。試験の一部始終を見れるので、仕事が一番忙しいけれども一番やりがいを感じる事ができる時です。日本のエンジニアの方々、私の上司達は英語で会話されるので、そのコミュニケーションの補助も行っています。また、日本人の方々とメカニックとの間のコミュニケーションは私がスペイン語で通訳します。また、同時にこの期間は日本のエンジニアの方々からお仕事の内容や企業の情報、専門的な内容を詳しく教えていただけるので、就職活動や今の仕事の理解を深めるのに大変助かります。

Passive Safety 部門の担当する衝突試験はもちろん日本車だけではなく、ドイツに代表されるヨーロッパの様々な自動車会社から韓国や中国の自動車会社の様々なヨーロッパ仕様車の試験を行います。そのため、部署内にはスペイン人だけでなく、ドイツ人、フランス人、イギリス人、イタリア人などの外国人も多く働いており非常に多国籍です。さらにそれぞれが英語、スペイン語、ドイツ語、フランス語など3、4ヶ国語を自在に操るので、彼らのコミュニケーション能力の高さには本当に驚かされます。ヨーロッパでエンジニアとして働くには英語だけでは不十分で、他にも1、



IDIADA proving ground



オフセット衝突試験

2ヶ国語が必要とされるようです。採用のページに3カ国語必須と書かれてあるくらいです。そのためか、ヨーロッパでは大学のカリキュラムの一環として、他国で1年～2年インターンシップをするのが一般的なようです。Passive Safety の部署にもフランス人、ドイツ人、オランダ人、インド人、そしてスウェーデンの大学の学生である中国人がインターンシップをしています。当然彼らは英語をノンネイティブのレベルとしては完璧に操るわけで、日々自分の英語力の低さに恥ずかしい思いをさせられますが、彼らのおかげでインターンシップを始めたころはまだ聞き取れず、喋れなかった英語が、たいぶ聞き取れ、喋れるようになってきています。

衝突試験以外の私の仕事としては、試験準備内容をメカニックとのコミュニケーションソフトウェアに打ち込んだり、試験後のそのソフトを元にレポートを書いたり、プレゼンテーション用の資料を作ったりします。大学の研究がかなり学術的であったのに対し、今の仕事はそれとはかなり違っており、別の楽しみを享受できます。プロジェクト事体も研究とは違って数か月単位であり、さらに一度に複数のプロジェクトを行うので効率が大きく求められます。

5. アクティビティ

これまでの研修期間中に普段の生活やイベント等で様々なアクティビティを楽しみました。これらを少し紹介したいと思います。

バルセロナと聞いて真っ先に思い浮かぶのはサグラダファミリアではないでしょうか？バルセロナにはガウディに代表される数々もの美しい建築が多くみられます。そのほとんどが街を歩いていると突然現れてくるように、街と一体化しています。サグラダファミリアはメトロの Sagrada Família 駅を出ると目の前に現れます。そして、その塔からバルセロナを見下ろすと、バルセロナが北海道の街並みのように碁盤目状に作られていることがよくわかります。

個人的に一番眺めが良いと感じるところは、モンジュイックの丘です。歩いても登れますが、ロープウェイが完備されており、頂上まで登ることができます。頂上には要塞（モンジュイック城）があり、中は軍事博物館となっています。この丘の上からの眺めは抜群でバルセロナの街を一望できます。9月はトレニングでよく丘の上まで走って

昇っていました。

また、スペインの有名な画家であるピカソの美術館はゴシック地区の少し入り組んだところにあります。ここでは、もっとも有名な表現主義の作品であるゲルニカこそ見られないものの、彼の若いころの絵からキュビズムの絵までを楽しむことができます。



Sagrada Família

6. おわりに

スペイン研修の体験記として、Vulcanus プログラムの紹介をさせていただきました。この1年間は就職前に自分を見つめ直す非常にいい機会だと思います。今のところ、専門的な内容の勉強よりも語学の勉強の方がウェイトを占めていますが、海外で働きたいという希望を実現するのに、最適な研修だと思っています。海外に興味のある理系の方は是非応募してみるといいのではないのでしょうか？

参考 Web サイト

- [1] 日欧産業協力センター
<http://www.eu-japan.gr.jp/>
- [2] IDIADA Automotive Technology S.A.
<http://www.applus.idiada.com/>

第8回アジア熱物性会議（福岡）

The 8th Asian Thermophysical Properties Conference (Fukuoka)

藤井 丕夫（産総研）

Motoo FUJII (AIST)

e-mail: fujii-motoo@aist.go.jp

1. はじめに

第8回アジア熱物性会議（ATPC）が、2007年8月21日から24日にかけて、福岡市で開催された。この国際会議はヨーロッパ熱物性会議（ECTP）およびアメリカ熱物性シンポジウム（ASTP）と並んで熱物性に関する世界三大国際会議の一つで、1986年に中国北京で第1回会議が開催されて以来、札幌、北京、東京、ソウルなどと場所を変えながら3年毎に開催されている。前回、第7回ATPCは、2004年8月に中国の合肥で開催されたが、その折に第8回は日本で開催することが決められた。日本国内のどこで開催するかについては、日本熱物性学会の幹事会で検討され、結果的に福岡市で開催することになった。実行委員長を務めた立場、観点から、ATPC'2007の概要について簡単に報告する。

2. 会議の概要

2.1 実行委員会

ATPCはInternational Organizing Committeeの主導のもとで開催され、具体的な準備および会議の運営は開催国に設置されるLocal Organizing Committee（実行委員会）およびInternational Program CommitteeのMemberによって行われる。今回の実行委員会は、九大をはじめ、九工大、福大、福岡工大、長崎大、さらに産総研や日本熱物性学会の理事の方々によって構成された。

2.2 会場および参加費等

福岡には国際会議の開催が可能なところはいくつかあり、会議の開催規模、講演会の部屋数および借料等によって選択の余地がある。色々と吟味をしたうえで、最終的に九州大学医学部百年講堂を使うことに決めた。ここは収容人数500人程度の大講堂が1室、120人程度の中会議室が3室という規模の会議場で、大講堂は大きすぎて一般の講演会場としては使いにくく、プレナリーおよび

キーノート講演会場とした。

参加費は事前申し込みの場合、一般30,000円、学生は10,000円とした。これらの金額には懇親会費も含んでいる。これは中国やインドなどの国からできるだけ沢山の参加者を募るためと、若手の研究者や学生も参加し易くするためであった。収支のバランスの観点からはかなりの冒険をしたことになったものの、学振の国際研究集会への補助金申請に際して、主要な申請理由となった。結果的に補助金は申請額満額（350万円）での配分がなされ、赤字の心配はなくなった。

2.3 プログラム

会場の規模および各部屋の使用方法を考慮して、講演会のプログラムの概要について検討した結果、3日間の講演会はそれぞれ同じパターンで進行することとし、午前中は大講堂を使用して、プレナリーおよびキーノート講演を行い、午後は中会議室3室を使用して、1件当たり3分の口頭発表を伴うポスターセッションを平行に行うことにした。ポスターセッションのこの形式は最近、他の講演会でもしばしば見られるものである。この様なプログラムにすることで、午前中の講演会では参加者全員が一室に集合することになり、午後は隣り合う3室の中会議室でポスター発表があるので、参加者は各部屋を自由に往き来ができることになる。

プレナリー講演はテーマと国籍を考慮して講演者の人選を行った。米国からは水素の熱物性に関してNISTのDr. Huber, M., 中国からは代替冷媒に関して西安交通大学のProf. Liu, Z., そして日本からは放射物性に関して京大の牧野教授に講演していただいた。またキーノート講演は午後のポスターセッションのセッションテーマとできるだけ関連した話題とすることにして講演者を選んだ。セッションテーマはアブストラクトの投稿状況から、各セッションの発表件数がほぼ均等になるように

以下のように分類した。

第1日目：

A室：冷媒，吸収・吸着

B室：光物性，放射物性，電子機器，生体

C室：食品工学，環境，代替燃料，新燃料

第2日目：

A室：シミュレーション，マイクロ／ナノ構造

B室：測定装置，測定技術

C室：固体および液体の輸送性質，熱膨張，弾性

第3日目：

A室：マイクロ／ナノ薄膜，

B室：熱力学，物理化学

C室：宇宙機器，固体の輸送性質，カロリメータ

なお，最終的な各セッションでの発表件数はそれぞれ凡そ20件であった。外国からの参加者は中国，インドなど13ヶ国69人，国内参加者は151人で，総参加者数は220人であった。

2.4 懇親会

懇親会は23日の夕方に行った。講演会場をそのまま使うことはできず，と言って会場から適当なホテルなどの懇親会場への交通の便は良くない。夏の暑い時期でもあり，色々と検討した結果，マリエラ号という博多湾周遊の遊覧船を借り切ったの船上パーティにすることに決めた。ただ，台風の襲来については本当に心配した。福岡には例年だと8月に一度は台風がやってくる。台風が来れば，懇親会だけでなく，ATPC そのものが開催できなくなる可能性もある。しかし，ずいぶん心配した甲斐があって会期中は尋常ではないほど暑い日々が続いたものの，多少雨が降ったことを除きまずまずの天気で，船上の懇親パーティもかなり蒸し暑いなか，参加者の皆さんは和やかな雰囲気のもとで国際的な会話を楽しんでおられた。

3. 反省すべきことなど

会議を終えて多くの反省点もある。以下思いつくままに挙げておく。

- ATPC としては初めての試みである一般講演をポスター＋ショートオーラルプレゼンテーションとする形式は想像以上に評判はよかった。ただし，オーラルの時間が短いか座長のコメント位はあった方がよいという意見も少なく

なかった。

- ATPC の会期は他の国際会議や国内の関連講演会について事前調査を行い，重複しないように決めたはずなのに，同じ時期の23日から26日にかけて中国で冷凍関係の国際会議が開催されることがわかり，双方の主催者が両方の会議に参加予定の方の講演日時を調整する必要に迫られた。さらに，今年は突然の学年歴の変更で九大大学院の入学試験がATPCの会期とぴったり重なった。実行委員には九大の教官が多く，受け付けや会場への人員配置の調整に苦労することになった。
- 参加受付，レジストレーション業務を地元の旅行業者に委託した。ところがレジストレーションに際して，参加費の二重払いなど多くのトラブルが発生した。外部委託をする時にはレジストレーションや参加費の受け取り方法などに関して事前に綿密な打ち合わせが必要なことを痛感した。
- 中国からの参加者にはビザの取得が必要で，取得のためには正式の招聘状のみでなく，在中国日本大使館へ提出する日本語で書かれたいくつかの文書も要求される。このような事情はインドやロシアなどの国々からの参加者に対しても同様で，日本語文書の説明など，かなり面倒な手続きを必要とした。
- アフリカから参加申し込みがあり，招聘状の要求があったので送付したところ，会議の初日，成田に入国した2人が管理官に調べられ，所持金不足で強制送還されるという事件もあった。途上国からは日本で開催される国際会議に便乗して，目的外の入国を図る人々もいることを知った。

4. おわりに

最後に第8回ATPCを準備・開催するにあたり，終始ご指導とご助言をいただいた日本熱物性学会の役員の方々，プレナリーやキーノート講演の講師の皆さん，ポスター発表者や参加者の皆さん，そして会議の成功のために努力を惜しまれなかったLocal Organizing Committeeのメンバーの皆さんに心から感謝し，お礼申し上げます。

第 22 回国際冷凍会議

The 22nd International Congress of Refrigeration

森 英夫 (九州大学)

*Hideo MORI (Kyushu University)**mori@mech.kyushu-u.ac.jp*

中華人民共和国の首都北京で、第 22 回国際冷凍会議 (ICR2007) が、2007 年 8 月 21 日(火)から 26 日(日)にかけて、開催された。国際冷凍会議は、国際冷凍学会 (IIR : International Institute of Refrigeration) の主催で 4 年に 1 回開催される冷凍技術に関する世界最大の国際会議で、総会などの事務的会議と講演発表の講演会とが一緒に開催される。以下、第 22 回国際冷凍会議の概要について報告する。

事務的会議では、IIR の活動報告、執行委員会 (EC : Executive Committee) と科学技術審議会 (STC : Science and Technology Council) の委員の選出などを行う総会のほか、EC や STC、また STC を構成する 10 の部門委員会や運営委員会などの各種の委員会、ならびに出版分科会などが開催された。

講演会は、5 つの Plenary Session のほか、口頭発表とポスター発表からなる多くの Technical Session と Technical Seminar が、STC の 5 つの部門 A~E の各 2 つの委員会 (部門名の後に 1 あるいは 2 の数字が付されている) の構成にそってわかれて、行われた。各委員会の内容を以下に示す。

- A1 : 極低温物理, 極低温工学
- A2 : ガスの液化と分離
- B1 : 熱力学, 熱および物質の移動
- B2 : 冷凍機械
- C1 : 低温生物学, 低温の医療への応用, 凍結乾燥
- C2 : 食品の科学と技術
- D1 : 冷凍貯蔵
- D2 : 低温輸送
- E1 : 空気調和
- E2 : ヒートポンプとエネルギー回収

これらの講演発表の内容は、印刷物の Abstract 集のほか、CD-ROM の Proceedings で配布された。各部門の講演発表については、概略が日本冷凍空

調学会誌「冷凍」12月号に掲載してあるので、興味のある方はそちらを参照いただきたい。

このほか、会議では、Welcome Reception, Acrobat Show の見学ツアー、Awards Banquet が開催され、さらに 11 の Technical Tour (北京市ならびに近郊の大学および企業の施設見学など) と 5 つの同伴者のための Tour (天安門と紫禁城、万里の長城、などのツアー) が実施された。

本会議の参加者は、事前登録が約 1,200 人で、最終的には 55 カ国から 1,300 人を超える参加者があった。いずれの行事も参加者は多く、大変盛況であった。講演会では狭い部屋での満員立ち見の状況と広い部屋でののらりながらの状況が同時に見られることもあったが、全体的には会議運営は上手に行われ、開催国である中国側 (中国冷凍学会) の熱意が感じとれた。

会場は、北京市北部に位置する北京国際会議場 (BICC : Beijing International Conventional Center) で、2 つの国際ホテルが隣接する。外国からの参加者の多くはこの 2 つのホテルに宿泊しており、夕食後あちらこちらで歓談の声が聞こえていた。

また、会場の BICC は 2008 年開催のオリンピックのメインスタジアムとなる国家体育場 (愛称 : 鳥の巣) のすぐ隣に位置し、周囲の道路の多くは工事中で、競技施設もいくつか建設中であった。あの会場周辺を歩くオリンピック選手や観客の姿を想像すると感慨深く、すばらしいオリンピックの開催を期待したい。ただ、タクシー運転手に英語が全く通じなかったのは心配であり、また北京の自動車の運転はかなり強引である (一緒に行った日頃ラリーに参加する自動車部の学生が、ここで運転するのはこわいと言っていた) ので、行かれる方はご用心を。

次回の国際冷凍会議は 2011 年 8 月にチェコ共和国プラハで開催される。皆様には是非参加をご予定いただければ幸いです。

「キッズ・エネルギー・シンポジウム 2007」報告

Report on the Kids Energy Symposium 2007

山下 博史 (名古屋大学)

Hiroshi YAMASHITA (Nagoya University)

e-mail: yamashita@mech.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

日本伝熱学会主催で、科学研究費（研究成果公開促進費）の補助のもとで開催されている「キッズ・エネルギー・シンポジウム」も今回で9回目を迎え、各支部での開催が一巡し、東海支部が平成13年に担当して以来の2回目の開催となった。今回は東海地区の大学・研究所や企業の研究者に実行委員をお願いした。名古屋市科学館には共催していただき、立派な会場のご提供と、参加者募集でのご支援をいただいた。また、日本機械学会東海支部および東海流体熱工学研究会にご協賛いただいた。今回は平成19年11月10日（土）の午後に名古屋市科学館で開催した。テーマは「大切なエネルギーについて考えよう！」とし、エネルギーの利用方法や課題について易しく説明しながら、実験を行い、科学技術の「面白さ」や「不思議さ」などを体験していただき、エネルギーや環境問題に関心を持つきっかけになることを期待した。

2. 開催準備

シンポジウムの案内のためにポスターを6,000部作成し、名古屋市内の小中学校を中心に配布した。しかしながら、参加申込者は予定よりかなり少なかったため、予定していた学年の範囲を広げ、また、参加者にはお土産と修了証書が用意されていることを宣伝し、参加申込者には友人や兄弟を誘っていただくように案内した。特に、中学生の理科離れが進行していることを実感した。また、開催日は土曜日であったが、学校によっては学内の行事と重なっていることもあった。

公開実験の担当の方々には、実験装置等を学生等の手伝いにより手作りで製作していただき、消耗品費をかなり節減していただくことができた。その他、参加者全員の傷害保険への加入、当日の会場案内ビラ、修了証書への名前書き、参加者名簿・名札等の用意を行った。

3. プログラムと概要

参加人数は、当日の参加キャンセルもあり、結局、73名（小学生36名、中学生17名、父兄20名）であった。プログラムはほぼ予定通り、表1のように実施した。お話や各実験の様子は次頁の写真をご覧ください。

表1. プログラム概要

| | |
|-------------|--|
| 12:30~13:00 | 受付 |
| 13:00~13:10 | 開会の挨拶、実施方法の説明 |
| 13:10~13:30 | お話 「大切なエネルギーについて考えよう！」 (山下博史・名大) |
| 13:50~15:50 | キッズおもしろ実験 ◎小学生対象の実験 「光のエネルギーで風車を動かしてみよう」 (辻俊博・名工大, 廣田真史・三重大) 「風の力を電気エネルギーに変えよう」 (桑原不二朗・静岡大, 丸山直樹・三重大) 「いろいろなエンジンを調べてみよう」 (石野洋二郎・名工大, 保浦知也・名工大) ◎中学生対象の実験 「環境保護に対応する技術を調べてみよう」 (田川正人・名工大, 山本和弘・名大) 「捨てる熱で冷水を作ろう」 (板谷義紀・名大, 小林敬幸・名大) 「光エネルギーを電気エネルギーに変えよう」 (曾我哲夫・名工大, 林靖彦・名工大) |
| 16:00~16:20 | 閉会の挨拶、修了証授与 |
| 16:20~16:50 | 科学館内見学 自由行動 |

4. おわりに

シンポジウムは事故もなく無事に終わり、全体として、子供たちにも保護者の方にも好評であった。

公開実験でお世話になった上記の先生方以外にも、岐阜大学の三松順治先生、名古屋市科学館の馬渕浩一様、名古屋市工業研究所の濱田幸弘様、中部電力(株)の中山浩様、各大学の学生の皆様、研究室の林直樹先生、水谷莉紗様にもご協力いただいた。また、前回の開催地の長岡技術科学大学の青木和夫先生からは実施に際しての貴重なアドバイスをいただいた。皆様に深く感謝申し上げます。



「大切なエネルギーについて考えよう！」



「環境保護に対応する技術を調べてみよう」



「光のエネルギーで風車を動かしてみよう」



「環境保護に対応する技術を調べてみよう」



「風の力を電気エネルギーに変えよう」



「捨てる熱で冷水を作ろう」



「いろいろなエンジンを調べてみよう」



「光エネルギーを電気エネルギーに変えよう」

東北支部秋季伝熱セミナー開催報告

Tohoku Heat Transfer Seminar in Yamagata

高橋 一郎, 安原 薫 (山形大学)

Ichiro TAKAHASHI, Kaoru YASUHARA (Yamagata University)

e-mail: it@yz.yamagata-u.ac.jp, caoru@yz.yamagata-u.ac.jp

毎年、熱い討論があって、教員と学生の親交を深める催しとなる、東北支部秋季伝熱セミナーが、本年度は山形県白鷹町で開催された。

白鷹町は養蚕業の町として知られ、現在もその面影と雄大な自然を残す温かい土地である。開催会場となった鷹野湯温泉パレス松風は小高い山の中にあり、松林の間を縫って白鷹山や田園風景を望むことができ、露天風呂とともに地元の人々に愛される憩いの場となっている。

本年度の秋季伝熱セミナーは、これまでとは趣向を変え学生達を前面に出すセミナーを企画した。以下にスケジュールを掲載する。

10月20日(土)

13:00 受付開始

13:15 学生激論セミナー(1)

- ・武田祥樹 東北大学 博士後期課程1年
「ペルチェクライオプローブによる凍結手術の能動伝熱制御に関する研究」
- ・柴田稔大 山形大学 博士前期課程1年
「固体熱物性テスターによる樹脂成形加工品の劣化検出技術」
- ・加藤和憲 山形大学 博士後期課程3年
「熱物性テスターによる金属材料の劣化診断技術に関する研究」
- ・佐藤行毅 秋田県立大学 学部4年
「磁気熱風の流動特性について」

15:00 学生激論セミナー(2)

- ・菅野他人男 山形大学博士後期課程3年
「惑星摂動による伝熱学的天候予測法」

15:40 特別講演の部 (1)

- ・小室秀一 山形大学工学部百年史編纂員
「ディーゼルエンジン開発四方山話」

16:20 特別講演の部 (2)

- ・大平勝秀 東北大学流体科学研究所 教授
「液体水素およびスラッシュ水素技術の開発と環境問題への応用」

17:00 入浴/散策

18:00~ 交流会

10月21日(日) 8:00 朝食後 自由解散

当日の参加者は67名、うち約2/3は学生が占めていた。最初は緊張した面持ちで講演会を聴いていた学生も、次第に活発に質問や意見を交しあい、結果的には文字通り激論セミナーとなった。その後の特別講演では、小室秀一氏にはディーゼルエンジンの排ガス対策を内燃機関のエンジニアとしての体験談を交えて語っていただき、また東北大学の平勝秀教授にはエネルギー問題の要といわれる水素利用技術に関してご講演いただいた。お二方の熱のこもったご講演は、学生激論セミナーとは一味もふた味も違い、聴講者は時の経つのを忘れて引き込まれていった。

(写真は講演会場でのひとコマ)

交流会では、東北六県の皆様方に持ち寄っていただいた、取って置きの日本酒を酌み交わしながら、普段は見られない表情で語りあう教員と学生の姿がとても印象的であった。さらに、横山孝男教授が先導しての研究室の学生23名による笠廻し音頭(花笠音頭のルーツ)、その一糸乱れぬ見事な男踊りが披露され、よりいっそうの華を咲かせて、今年の伝熱セミナーがその幕を閉じた。

なお、日本伝熱学会東北支部(日向野三雄支部長)、伝熱懇話会(日向野三雄会長)、米沢工業会(今井昭二理事長)からご支援を賜り、おかげさまで充実した内容のセミナーになりましたことを報告申し上げます、ここに改めて御礼申し上げます。



「九州伝熱セミナー in 由布院」報告

Report of Kyushu Heat Transfer Seminar in Yufuin

河野 正道 (九州大学)

Masamichi KOHNO (Kyushu University)

e-mail: kohno@mech.kyushu-u.ac.jp

本年度の九州伝熱セミナーが11月9日(金)と10日(土)の両日に渡り大分県の由布院温泉で開催されました。参加者は46名(教員・研究者17名, 学生29名)でした。講演会場・宿泊施設となった「ゆふトピア」は西部ガスの社員用保養施設ですが、西部ガスさんのご厚意により利用させて頂きました。この施設は料理が美味しいうえに温泉も素晴らしいことから、九州伝熱セミナーの開催施設としての人気が高く、過去4年の九州伝熱セミナーのうち3回が「ゆふトピア」で開催されています。

昨年までのセミナーでは講演会のテーマが設定されていましたが、もともと九州伝熱セミナーの大きな目的が、他大学で行われている研究を知り、教員・学生同士の親睦を深めることであることから今回は特定のテーマを設定せず、若手研究者による研究紹介を中心としたセミナーに致しました。またこれに加えて昨年度まで九州支部長を務められた小山先生(九大)より特別講演を頂きました。講演題目と講演者名は以下の通りです。講演をお引受下さった講師の皆様にはあらためて御礼を申し上げます。

「微細構造による熱ふく射制御」木原正裕氏(九州工大), 「ペーパーチャンバーを利用したサーマルマネージメント」小糸康志氏(熊本大), 「地中熱利用ヒートポンプのための熱交換システムに関する研究」椿耕太郎氏(佐賀大), 「凸底面を有する垂直円柱まわりのプール膜沸騰」豊田香氏(長崎大), 「高圧水素熱物性の研究」迫田直也氏(九州大), 特別講演の小山先生からは「凝縮熱伝達研究の現状と今後の展開」というタイトルでお話を頂きました。凝縮熱伝達の基礎から応用まで非常に濃い内容で、久々に講義を聴く学生の気分になることが出来ました。

講演会終了後は夕食とそれに引き続き懇親会(管巻き会)となりましたが、親睦を深める観点

からは、ここからが本番?とも言えなくもありません。教員・研究者にとっても他大学の学生さんと気軽に話が出来る良い機会ですし、学生さんもアルコールの力を借りて他大学の先生方との会話が弾んでいました。もちろん温泉の方も皆さん満喫されていた様子でした。

2日目は大分県玖珠町にある風力発電の「玖珠ウインドファーム」(写真), および日田市の「いいちこ日田蒸留所」の見学を行いました。玖珠ウインドファームには11基の風車が設置されており1基あたりの発電量は1,000kWとなっています。風車のタワーの高さは68m, プロペラは直径61.4mの大きさです。当日は風車の真下まで行き、その大きさを実感することが出来ました。



玖珠ウインドファームの風車

さて本題から話が逸れますが、「由布院」と「湯布院」の違いをご存知でしょうか? 高速道のインターは「湯布院インター」でJRの駅は「由布院駅」となっており非常に複雑です。筆者もよく分からなかったもので、これを機会にネットで調べてみました。温泉地の名称としては「由布院温泉」が正しいようです。この様に複雑な状況になったのは、市町村合併に起因するようですが、由布市の中に湯布院町があり、湯布院町の中に由布院温泉があるという非常に複雑な状況となっています。

秋田の杜氏と美人の麴（菌）

A Chief Sake-Brewer and Aspergillus Oryzae in Akita

日向野 三雄（秋田県立大学）

*Mitsuo HIGANO (Akita Pref. University)**e-mail: higano@akita-pu.ac.jp*

昔むかし、ある所に仲の良い杜氏さんと麴さんが住んでいました。杜氏は無口な麴の気持ちをととても大切にしていたので、言い尽くせないほど美味しい酒が醸し出され、村人を大いに楽しませていました、しかし冬が何度も来るうちに、美味しいはずの酒に雑味が感ぜられるようになり、二人は困った、困ったと頭を抱えていました。

そこへ旅のお坊さんが一夜の宿を請いました。寒風の厳しい夜のこと、般若湯ですと勧められた坊さん、一口が二口、そして三口と生まれて初めて味わう美酒、否、般若湯にすっかり酔いしれて、旅の疲れも何処かに飛んで行きました。夢見心地で美味しい酒の造り方、そして二人の悩みを炉辺で聞いている内にすっかり寝込んでしまいました。

翌朝、物音で目を覚ました坊さん、外に出ると空は久々に青々と晴れ渡り、隣の小屋からは湯気が立ち昇っています。そう、二人は酒造りのため、酒米を蒸して麴に混ぜ、麴造りの真最中。蒸米を引っ繰り返り、こっちの蒸米をあっちへ、あっちのをこっちへと汗水垂らして手作業中。これを見て、昨夜の話を思い出しました。確か、この作業が酒の風味の決め手であり、蒸米一粒一粒の乾き具合を同じにしないと雑味が出るようだ、と。

その時、一筋の朝日が坊さんの頭に当たりました。すると坊さん、忽ち閃きました。お寺の梵鐘を逆さまにして蒸米を入れ、蓋をして甕（ふいご）で中の湯気を抜けば良いのだ！

この様にして造った酒は見事、昔どおりのスッキリした美酒になりました。めでたし、めでたし。

そんな昔話になりそうな体験を皆さんにご披露したい。「酒」、「さけ」。厳密な呼称は、国税庁に因れば「清酒」。最近の日本人には「日本酒」と云わねば通ぜず、また「冷酒」＝「高級酒」等と誤解されている。そんな代物に縁あって機械屋の私がハマってしまい、試験醸造3年目、平成19年の春、桜の季節に華々しく発売開始した産学連携に

よる純米吟醸酒「雪の想いで」の話である。

秋田県は米作中心の農業県で、米の高付加価値商品：清酒の醸造業は44蔵あるが、販売不振で経営は苦しい。そこで、仕込水と米麴だけで醸し出す本来の日本酒：純米酒や風味が良く、香り高い純米吟醸酒の「新しい醸造法」が模索されている。

酒造りは杜氏を最高責任者とする蔵人集団の勘と経験に裏打ちされた職人技の世界であり、一見「ローテク」であるが、美酒を生み出す摩訶不思議なバイオの世界でもある。ここに登場する高橋藤一杜氏は自らを1/44の変人と云う。理由は、酒タンク内の醪（もろみ）の醗酵中、櫛を入れ攪拌するのが通例なのを自分にはしないからだ、と言う。しかし賢明な読者はもう、お解りだろう。醸造は発酵熱を伴う化学反応工程であり、タンク内部に温度分布が形成され、ゆっくりした強力な自然対流が存在し、攪拌の必要がない！しかし伝統と称して従来手法に盲従し、現場観察や科学的考察を怠る杜氏ほど、彼を変人扱いする傾向がある。

この合理的な杜氏がある時、「蒸米の水分調整に真空が使えないか？全部の蒸米が同じ含水率になって理想的な麴が出来ると思うのだが？」と「ハイテク」を語った。産学連携・共同研究が成功するには、相手側がしっかりした問題意識を持ち、こちらは解決技術を持っていることが大切である。20数年間、熱ふく射率測定で真空技術に慣れてきた筆者は、気魄溢れる杜氏魂に惚れ込んで、即座に「試してみよう！」と答えてしまった！

運良くハッピーな成果を得たが、未だ酒質向上のメカニズムは全く不明である。心優しい麴（菌）と対話できる同好の士の名乗りを熱望している。

参考

*産学連携による純米吟醸酒「雪の想いで」。

<http://www.akita-pu.ac.jp/stic/index.html><http://www.yukinobousha.jp>

白い真冬の風物詩

A Common Sight in the Winter in White

島崎 康弘・吉田 篤正 (大阪府立大学大学院)

Yasuhiro SHIMAZAKI, Atsumasa YOSHIDA (Osaka Prefecture University)

e-mail: shimazaki@me.osakafu-u.ac.jp

記録的に暑かった夏も姿をひそめ、短い秋はあっという間に通り過ぎた。今度は寒さが本番である。気温・湿度が下がり、風邪やインフルエンザの流行を耳にする。ひとまとまりに考えられがちな風邪とインフルエンザだが、症状や原因は異なるという[1]。

まず、インフルエンザは流行性疾患であるということ。そして強い感染力と高熱、全身症状が特徴である。さらに、肺炎など重症化の恐れもあり最悪の場合は死に至ることもある。また、近年、鳥インフルエンザの流行を含め新型インフルエンザへの関心も高まっているといえるだろう。

インフルエンザはウイルスに起因する疾患であり、くしゃみや咳といった飛沫を介した感染に加え、空気中をウイルスが漂い喉から感染する空気感染もあると考えられている。飛沫の形で飛散する場合、通常1~2m程度で落下する一方で、飛沫の水分が蒸発するなどして非常に微小な軽いエアゾル粒子となった場合、空中に長時間浮遊、また空気の流れに乗って長距離まで到達することもある。筆者らは数値解析手法を用いて、室内空気汚染やウイルス挙動の解析を行っているので参考にして欲しい[2], [3]。

冬になるとマスクをした人の姿を多く見かけるようになる。冬の見慣れた光景である。空気が乾燥すると、のどの粘膜の防御機能が低下しインフルエンザにかかりやすくなる。そこで加湿器の利用やマスクの着用は有効といえる。一言にマスクといっても実に幅広い。ここでは健康管理・感染予防のためのマスクのみに限定するが、たかがマスクと侮ることなかれ。グラフト重合技術を用いたものもあれば、帯電性化学繊維を用いたもの、ファッションマスクなるものまで存在する。マスクは元々、防塵用として作られたものである。し

たがって、人間の呼吸により同時に外部環境から侵入するウイルスを防ぐ効果があるのは言うまでもない。最近のマスクはその防御性能は保ち高気密性でありながら呼吸は楽というからすごい。

マスクには他にも忘れてはならない重要な役割がある。咳によって吐出されるウイルスを低減する効果である[4]。厚生労働省は本年度のインフルエンザ総合対策として<ひろげるなインフルエンザ ひろげよう咳エチケット>という標語を掲げている[5]。マスクは感染リスクを減らすとともに、自分自身や周囲への二次感染を防ぐことにもなることを心に留めておいていただきたい。

さらに、マスクをしていると、自分が吐く息の水分が体内に入ってくる事により保湿効果が望める。乾燥した場所、たとえば、航空機内やオフィスの中に長時間いるときはマスクを使用すると、のどに優しいのはこのためである。冬場には保温効果も得られる。

最後に、マスクは完全なものではなく、手洗いうがいの遂行とともに、水分や栄養、十分な休養をとることが最も重要なインフルエンザ対策であるということをつけ加えておきたい。

参考文献

- [1] 国立感染症研究所ウェブサイト
<http://idsc.nih.go.jp/disease/influenza/index.html>.
- [2] Shimazaki, Y. et al., *Journal of Environment and Engineering*, Vol.2, No.1 (2007) pp.47-55.
- [3] 島崎ら, 日本機械学会第17回環境工学総合シンポジウム講演論文集 (2007) pp.226-229.
- [4] 山内ら, *環境感染*, Vol.21, No.2 (2006) pp.81-86.
- [5] 厚生労働省ウェブサイト
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kekaku-ka nsenshou01/>.

マイクロ熱工学の世界 World of Micro Thermal Engineering

中別府 修 (明治大学)
Osamu NAKABEPPU (Meiji University)
e-mail: onakabep@isc.meiji.ac.jp

助手になって少しした頃、年配の先生から伝熱の実験(研究室)は学生に敬遠されがちと伺った。理由は、装置の熱時定数が大きく、すぐにデータを取れないから。比べて流体はすぐに定常状態が得られ、実験時間が短く、学生に受けが良いと。なるほどと思ったが、その後はじめたマイクロ・ナノが付く伝熱研究では、伝熱に与えられている印象(遅い、鈍感、退屈!?)とは随分違う経験をすることが多々あった。SThMによるサブミクロンスケールでの温度計測、薄膜熱電対の10kHzの応答速度や微小なカンチレバー型プローブ上で行なう超高速(10,000K/s以上)熱分析など、桁違いの現象に理屈ぬきで面白さを感じている。そこで、このコラムでは、オォ!?!と思ったマイクロ伝熱の話題をお伝えしたい。

温度はどの程度まで細かく測れるのか?微弱な熱現象を測る研究の中で、アルミ筐体内に設置した電気抵抗に熱電対を接着し、調べたことがある。結果は、直流アンプとローパスフィルタを使うと5mK程度の温度分解能が、また、ロックイン計測では1mK以下の温度変動が計測された。実は驚いたのはこの結果ではなく、実験中に筐体に触れたときの反応である。筐体に指が触れるとすぐに熱電対が反応し、まさに熱伝導が実感された。実験室の気温の変動など、温度の外乱を防ぐために、抵抗と熱電対をアルミ筐体に入れてあったのだが、指から筐体へ幾ばくかの熱が伝わり、筐体から電流導入端子、さらにリード線を通り抵抗体へ熱が伝導し、熱電対がその温度変化を出力していたのである。高感度な計測により、熱(温度)も高速に伝わっていることが見え、フーリエの法則が持つ瞬時に温度情報が遠方へ伝わるという性質を実感した瞬間であった。(半無限物体の非定常熱伝導問題で、表面の温度変化の1/1,000の変化が検出可能とすると、高熱伝導金属では、5cmの位置で数秒で温度変化が観察されることとなります。)

次に、熱量はどこまで細かく測れるのか?に關連し、普段は考えていない微小レベルの熱の話題。筆者は、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術で薄膜熱電対を集積した高感度サーモパイルを開発し、生体細胞の代謝熱を計測する研究を行っている。平均的な細胞1個の代謝熱は10pW程度と言われており、これをターゲットに、微小な熱量計測にチャレンジしている。これまで酵母菌の増殖活動を対象に、100nWレベルの熱量計測技術を確認している。同時に、1 μ W以下の熱量は想像を超えた小ささであることも感じている。

例えば、センサは多重恒温槽内に設置し、熱的外乱を減衰させているが、先の話題のように、センサのリード線やセンサ付近に設置した熱電対の導線が無視できない量の熱量を伝える可能性がある。直径100 μ m、長さ10cmの銅線2本でセンサと装置外部をつなぐと、外界の温度変動1度に対して、最大60 μ Wもの熱がセンサ部へ出入りすることになる。リード線を恒温槽の各階層で熱平衡状態にさせ、装置には触らないなど、外乱となるセンサーへの熱進入を十分に低減するノウハウが必要となる。また、pWレベルの熱量は、さらに想像を絶する。例えば、培養液が流れると粘性散逸で発熱が生じる。その量は容易に1nWレベルを超え、細胞1個の代謝熱を覆い隠すのに十分すぎる。

現在、この研究では、絶望的に小さな熱量計測から、熱を通じて生体の活動を観察することに若干興味に移りつつある。酵母菌や乳酸菌などの増殖過程やブラインシュリンプの孵化過程の観察など、実に面白いのである。マイクロ・ナノ技術の導入で、伝熱・熱工学が見通せる対象、操作できる対象は格段に広がり、面白さが増していくものと思う。機会があれば、会員の多くの方にもナノテクを導入し、面白さに触れて頂くことをお勧めする。

行事カレンダー

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 |
|-------|-----------------------|---|-----------|----------|---|-----|
| 2008年 | | | | | | |
| 5月 | 21日(水) ～ 23日(金) | 第45回日本伝熱シンポジウム | '08.1.20 | '08.3.13 | 第45回日本伝熱シンポジウム実行委員会 東京理科大学理工学部機械工学科内 E-mail: nhts45@rs.noda.tus.ac.jp 委員長 河村 洋, 事務局長 川口靖夫 | |
| 9月 | 17日(水) ～ 19日(金) | 2nd International Forum on Heat Transfer (IFHT2008) | '07.12.31 | '08.3.31 | Professor Masaru Ishizuka, Dept. of Mechanical Systems Engineering Toyama Prefectural University, 5180 Kurokawa, Imizu, Toyama 939-0398, Japan TEL: 81-766-56-7500 Ext.387, FAX: 81-766-56-6131 E-mail: ishizuka@pu-toyama.ac.jp | |

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 |
|-------|-----------------------|--|----------------------|----------|--|-----|
| 2008年 | | | | | | |
| 1月 | 24日(木) 25日(金) | 第36回GTSJ ガスタービンセミナー | | | 社団法人日本ガスタービン学会 〒160-0023 東京都新宿区西新宿7-5-13 第3 工新ビル4階 TEL/FAX: 03-3365-0095/0387 | |
| 1月 | 29日(火) 30日(水) | 自動車空調技術総合レビュー2008 | | | 事務局: 社団法人自動車技術会 学術チーム 増田 TEL: 03-3262-8214 FAX: 03-3261-2204 | |
| 2月 | 5日(火) 6日(水) | 14th Symposium on "Microjoining and Assembly Technology in Electronics" | | | 社団法人溶接学会 〒101-0025 東京都千代田区神田佐久間町 1-11 TEL/FAX: 03-3253-0488/3059 | |
| 5月 | 19日(月) ～ 21日(水) | 第13回日本計算工学会講演会 | '08.1.31 | '08.4.10 | 〒101-8449 千代田区神田錦町 3-24 住友商事神保町ビ ル(株)ICS コンベンションデザイン気付 日本計算工学会講演会事務局 TEL: 03-3219-3541 FAX: 03-3292-1811 E-mail: jscs@ics-inc.co.jp | |
| 6月 | 10日(火) ～ 12日(木) | 第57回理論応用力学講演会 | '08.2.21 | '08.4.17 | 日本学術会議事務局参事官(審議第2担当) TEL/FAX: 03-3403-1056/1640 E-mail: s253@scj.go.jp" | |
| 6月 | 18日(水) ～ 20日(金) | e-Therm 2008 (1st International Symposium on Thermal Design and Thermophysical Property for Electronics) | '08.1.15 | | 〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第3 独立行政法人 産業技術総合研究所 計測標準研究部門 物性統計科 担当: 宮崎綾子 TEL/FAX: 029-861-4053/4236 E-mail: e-therm@m.aist.go.jp | |
| 8月 | 8日(金) ～ 10日(日) | 日本混相流学会年会講演会 2008 | '08.2.4 ～ 3.31 | '08.6.6 | 〒965-8580 会津若松市一箕町鶴賀 会津大学 コンピュータ理工学部 日本混相流学会年会講演会 2008 実行委員 会事務局 担当: 兼本茂 TEL/FAX: 0242-37-2501/2745 E-mail: kanemoto@u-aizu.ac.jp Web: http://toptor.co.jp/conv/3218/jsmf2008/ | |
| 8月 | 9日(土) | 第27回混相流シンポジウム | | | 〒965-8580 会津若松市一箕町鶴賀 会津大学 コンピュータ理工学部 日本混相流学会年会講演会 2008 実行委員 会事務局 担当: 兼本茂 TEL/FAX: 0242-37-2501/2745 E-mail: kanemoto@u-aizu.ac.jp Web: http://toptor.co.jp/conv/3218/jsmf2008/ | |

「伝熱」の著作権の帰属について (公告)

(社) 日本伝熱学会会長 柘植綾夫

(社) 日本伝熱学会は(独立行政法人) 科学技術振興機構の支援を受けて学会誌「伝熱」およびその前身の「伝熱研究」を創刊号にさかのぼって電子化することになりました。これらの刊行物を電子化するに当たっては、著者より著作権(複製権、公衆送信権を含む)の委譲を受けていることを明確にする必要があります。そこで当該著作物の著作権者の方々に、以下の1~3項目について了承を得たいと考えております。

1. (社) 日本伝熱学会は、学術目的のため、該当する著作物の全部または一部を複製する権利および公衆送信する権利を有する。
2. (社) 日本伝熱学会は、学術目的のため、第三者に上記1と同様の権利を行使させる権利を有する。
3. 上記1, 2の行為により収入がある場合は、この収入を本会の運営費用に充てる。

著作権の委譲を本会が受けましても、著者自身の利用を妨げるものではないことは現状と変わりません。該当する著作物の著者または相続権を持つ遺族の方の中で、この処置にご不審をお持ちになる方がいらっしゃる場合は、2008年3月末日までに下記にお申し出ください。また、期限後にあっても、お申し出いただいた時点で可能な限り速やかに、当該論文の電子出版ならびに公開を停止いたします。なお、お申し出の無い場合はご了承をいただけたものとし、(独) 科学技術振興機構の電子ジャーナル「Journal@chive」において公開する作業を進めさせていただきたく思いますので、ご理解のほどをお願いいたします。

問合せ先:

(社) 日本伝熱学会事務局
〒113-0034 東京都文京区湯島 2-16-16
Tel/Fax. 03-5689-3401, E-mail: office@htsj.or.jp
または
編集出版部会長 近久武美
〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目
北海道大学工学研究科エネルギー環境システム専攻
Tel. 011-706-6785, Fax. 011-706-7889, E-mail: takemi@eng.hokudai.ac.jp

第 45 回日本伝熱シンポジウムのご案内

- 開催日：** 平成 20 年 5 月 21 日 (水) ～ 5 月 23 日 (金)
シンポジウムテーマ： ー熱・サイエンス・ひと・未来ー
会場： つくば国際会議場
(つくばエクスプレス (TX) つくば駅 (秋葉原から快速で 45 分) + 徒歩 10 分)
(〒305-0032 茨城県つくば市竹園 2-20-3, Tel. 029-861-0001, <http://www.epochal.or.jp/>)
特別講演： 宇宙飛行士 毛利衛氏 「宇宙から見た新しい地球圏」

懇親会会場は、プログラムの関係上、下記のとおりシンポジウム会場内のホールに変更させていただきます。

- 研究発表申込締切：** 平成 20 年 1 月 20 日 (日)
論文原稿締切： 平成 20 年 3 月 13 日 (木)
参加事前申込締切： 平成 20 年 4 月 14 日 (月)

ホームページ URL： <http://www.rs.noda.tus.ac.jp/~nhts45/index.html>

【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 (通常の口頭発表)
 - b) 特別セッション (オーガナイズド形式の口頭発表)
 - c) 優秀プレゼンテーション賞セッション (学生および若手研究者を対象。短時間の口頭発表とポスター発表)を実施します。優秀プレゼンテーション賞セッションでは、企業、大学、研究所等の技術者・研究者で若手の方、または発表申込み時点で学生の方が発表できます (詳しくは本号掲載の「優秀プレゼンテーション賞について」をご参照ください)。指導教員または研究グループ長等は奮って 1 名の代表をご推薦くださるようお願いいたします。
- ・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) を設ける予定です。発表数によっては、若干の調整をさせていただく場合があります。特別セッションでは、オーガナイザーの指定によります。

【参加費用等】

- ・シンポジウム参加費
 - 一般 (事前申込：10,000 円、会場申込：12,000 円)
 - 学生 (事前申込：5,000 円、会場申込：6,000 円)
- ・論文投稿整理費 今回は申し受けません。
- ・講演論文集
伝熱学会会員：無料 (電子版は J-STAGE 上で事前に公開します。印刷版・CD-ROM はシンポジウム参加者に当日配布いたします。非参加者のうち希望者には CD-ROM を事後に郵送します。)
非会員：8,000 円 (会場受付で伝熱学会に入会申込される場合は、無料になります。)

【懇親会】

- ・開催日： 平成 20 年 5 月 22 日 (木)
- ・会場： つくば国際会議場、多目的ホール

(〒305-0032 茨城県つくば市竹園 2-20-3, Tel. 029-861-0001, <http://www.epochal.or.jp/>)
懇親会会場は、プログラムの関係上、シンポジウム会場内のホールに変更させていただきました。

・参加費

一般（事前申込: 8,000 円, 会場申込: 10,000 円. 同伴配偶者無料）

学生（事前申込: 4,000 円, 会場申込: 5,000 円）

【交通と宿泊について】

- ・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。
- ・つくば市は規模が小さいため、ホテルの数が多くはありません。直前の宿の予約が困難になると予想されます。シンポジウム事務局でも一定数の部屋を確保しておりますので、上記のシンポジウムホームページから、お早めに手配されることをお勧めいたします。

講演申込方法、講演論文集、執筆要綱

【講演申込方法】

- ・原則として Web による申込みに限らせていただきます。本シンポジウムのホームページから必要なデータを入力ください。Web による申込みができない場合には本シンポジウム実行委員会事務局にお問い合わせください。
- ・一般セッション、特別セッション、優秀プレゼンテーション賞セッションのいずれで発表するかを必ず選択してください。優秀プレゼンテーション賞セッションにお申込みの場合には、指導教員あるいは研究グループ長等の氏名を必ず入力ください [なお、指導教員・研究グループ長等ごとに応募者を 1 名 (1 件) とします]。
- ・発表申込時に、論文のアブストラクト（日本語で 200~250 字）を入力ください。講演論文集の抄録として科学技術振興機構（JST）のデータベースに登録されます。
- ・講演発表申込みは、講演者 1 名につき 1 題目とさせていただきます。
- ・発表の採否およびセッションへの振分けは、実行委員会にご一任願います。

【講演論文集】

- ・講演論文集として、オフセット印刷版（白黒）と電子版（カラー可）を作成します。電子版論文集は Web 上における J-STAGE からの公開をメインとし、パスワードを会員に配布して、電子版を Web 上で閲覧できるようにします。なお、会員が当該論文をのちに原著論文として学会誌等に投稿されることを考慮し、本講演論文集が限られた範囲に配布されたものであることを明確にするために、パスワードは、近い将来には解除致しません。
- ・電子版論文集の CD-ROM も作成し、参加者に会期中に配布します。非参加の会員にも、希望があれば無料配布しますので、開催後に事務局にお申し込み下さい。
- ・オフセット印刷版の講演論文の長さは 1 題目あたり A4 サイズで 2 ページとします。
- ・電子版には、オフセット印刷版と同じものか、または 8 ページ以内のフルペーパーを掲載することができます（様式は印刷版と同じですが、カラーの使用が可能です。ファイル容量は最大で 2 MB までとし、アニメーションを挿入することはできません）。
- ・本シンポジウムの電子版に掲載された論文は、本学会の論文誌 “Thermal Science and Engineering”（以下 TSE）へそのまま投稿することができます。希望される場合、Web 投稿時にチェックボックスを ON にしてください。その際、TSE 投稿規程をご一読願います。査読は、電子版に掲載された論文をもとに TSE 編集委員会において担当エディターを定め、通常の手続きに従って行われます。オフセット印刷版と同じ 2 ページでも TSE 投稿原稿として受け付けられますが、8 ページ以内でより詳細に執筆されるほうが、その後の査読が円滑に進みます。掲載可になった後に、TSE のテンプレートに従って書き直しの指示があります。なお、本システムで TSE へ投稿された場合、論文受理日は伝熱シンポジウム実行委員会での受付日になります。

- ・本シンポジウムでは、講演論文を電子化するために、論文原稿を原則として PDF ファイルで提出していただきます。PDF ファイルで提出できない場合には、別途変換作業料（1 件につき 3,000 円）を申し受けて、実行委員会が PDF 化を代行します。
- ・講演受付は J-STAGE 上で行います。
- ・原稿提出締切までに提出されなかった論文は論文集（オフセット印刷・CD-ROM）および J-STAGE に掲載されません。J-STAGE の締め切りは厳密ですので、十分ご注意ください。

【執筆要綱】

講演論文は以下に示す要項に従って作成してください。また、詳細はシンポジウムホームページをご参照ください。

表題パート：表題パートは、下図に示すように和文表題、和文副題、英文表題、英文副題、和文著者名（会員資格、著者名、所属の略記）、英文著者名、英文所属機関・所在地、英文アブストラクト、英文キーワードを、段組せず幅 150mm に収まるようにレイアウトしてください。連名者がある場合には、講演者の前に*印をつけてください。英文の所属機関・所在地は、複数の場合には上付き数字で区別してください。論文表題および著者名は、講演申込データと同じものを同じ順序でお書きください。講演申込データと異なる場合は目次や索引に反映されないことがあります。

| |
|---|
| <p style="text-align: center;">第 45 回伝熱シンポ原稿の書き方（和文表題：Gothic 14 ポイント） MS-Word の場合（和文副題：Gothic 12 ポイント） Guide for the manuscripts (English Title: Times New Roman 12pt) The case of MS-Word (English Subtitle: Times New Roman 12pt) (1 行あける) 伝正 *伝熱太郎（東理大）（会員資格 著者名[発表者には*印]（所属略称）：明朝体 12 ポイント） (1 行あける) Taro DENNETSU (English Authors : Times New Roman 10pt) Dept. of Mech. Eng., Tokyo Univ. of Science, 2641 Yamazaki, Noda-shi, Chiba 278-8510 (1 行あける) (5 文字あける) English abstract. (英文アブストラクト：Times New Roman 10pt, 100 語程度) (1 行あける) Key Words : Heat Transfer (英文キーワード：Times New Roman 10pt, 3~5 個程度) (1 行あける) 本文パート (9 ポイント, 2 段組)</p> |
|---|

表題パートの見本

本文パート：本文は 1 ページ目を 9 ポイント明朝体の 2 段組（片側 1 行 26 文字程度）で作成してください。2 ページ目は、先頭から 2 段組とし、片側 60 行程度を目安として作成してください。

図表：図表中の記号およびキャプションは英語でお書きください。CD-ROM 版はカラーですが、オフセット印刷版は白黒になることを考慮して作成してください。

文献：文献を引用する場合には、本文中の引用箇所の右肩に小括弧をつけた番号⁽¹⁾で表し、本文の末尾に下記のようにまとめて文献を列記してください。

(引用番号) 著者名, 雑誌略称, 巻-号(発行年), 先頭ページ番号.

例：(1) 伝熱・他 2 名, 機論(B), 12-345(2006), 1234.

【講演論文集の発行日】

- ・事前参加登録された方を対象に、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。

【ご注意】

- ・講演申込後の取消および論文原稿の差替は、準備と運営に支障をきたしますのご遠慮ください。
- ・論文題目と著者名が講演申込時と論文提出時で相違しないように特にご注意ください。
- ・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ください。
- ・参加登録費、懇親会費等は取消の場合でも返金いたしません。
- ・会期中の安全には十分注意を払いますが、原則として、参加者の責任でご参加下さい。
- ・その他ご不明な点がありましたら、下記の実行委員会事務局に FAX または E-mail でお問い合わせください。

【振込取扱票の記入方法】

- 記入例 -

払込取扱票

各号1Dは参加申込時に発行される「R 4桁数字」です。

お支払いいただく項目に○を付けてください。

振込手数料はご負担下さい。

「送信欄」の○金額をともにご記入下さい。

郵便振替払込請求書未受領証

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 00 | 001601 | 632121 | 000000 |
| 001601 | 632121 | 000000 | |
| 001601 | 632121 | 000000 | |

第45回日本伝熱シンポジウム実行委員会

| 振込先 | 振込金額 |
|----------------------|---------|
| 1. RIKEN1 | 18,000円 |
| 2. R0002 | 9,000円 |
| 3. RIKEN3 | 5,000円 |
| 4. 東京理科大学 理工学部 機械工学科 | |
| 合計金額 | 32,000円 |

お名前: 伝熱太郎 (伝熱大学)

代表者の方のお名前をご記入下さい。

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「依頼人」の欄に「記入下さい」。

【お問い合わせ先】

第45回日本伝熱シンポジウム実行委員会
 東京理科大学理工学部機械工学科内
 FAX: (04) 7123-9814
 E-mail: nhts45@rs.noda.tus.ac.jp

第45回日本伝熱シンポジウム実行委員会
 委員長 河村 洋
 事務局長 川口靖夫



編集出版部会からのお知らせ ー各種行事・広告などの掲載についてー



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） | 申込者は、まず内容を説明する資料を総務部会長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部会長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（伝熱に関係のある分野に限る） | 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、公募内容を総務部会長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部会長より申込者にその旨通知しますので、申込者は記事を広報委員会委員長（HP担当）・総務担当副会長補佐評議員（ML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また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：山田 純（芝浦工業大学）：jyamada@sic.shibaura-it.ac.jp
- ・編集出版部会長：近久武美（北海道大学）：takemi@eng.hokudai.ac.jp
- ・広報委員会委員長：芝原正彦（大阪大学）：shiba@mech.eng.osaka-u.ac.jp
- ・総務担当副会長補佐評議員：小川邦康（慶應義塾大学）：ogawa@mech.keio.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ファイルでお願いします。
- ・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で添付ファイル配信する場合は、pdfあるいはjpgファイルで2MB以下にお願いします。

46期新入会員 (2007. 9. 26~2007. 12. 28) 正9名・学生1名

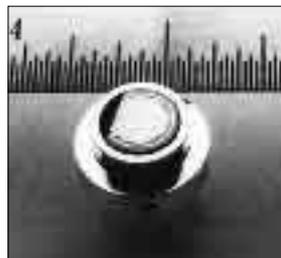
| 資 | 氏名 | 所属 | 資 | 氏名 | 所属 |
|---|-------|-------------------|---|--------|-----------------|
| 正 | 井上 元 | 九州大学大学院工学研究院 | 正 | 伊藤 悟 | 東北大学大学院工学研究科 |
| 正 | 大久 博充 | NEC パーソナルプロダクツ(株) | 正 | 吉田 孝 | 株式会社 アースリソース |
| 正 | 須知 成光 | 秋田県立大学 | 正 | 大藪 勲 | 大藪技術士事務所 |
| 正 | 亀谷 雄樹 | 株式会社 I H I | 学 | 竹内 彰彦 | 名古屋工業大学大学院工学研究科 |
| 正 | 迫田 直也 | 九州大学 | 正 | 小松 富士夫 | (株)前川製作所 技術研究所 |



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 6 μ 秒)
- 850°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
- タービンプレード熱風洞試験
- 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

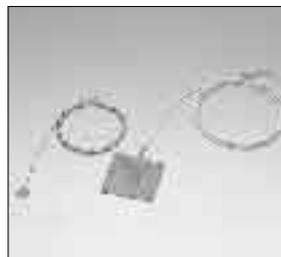


センサー本体の構造は、薄膜フォイル・ディスクの中心と周囲の温度差を測定する、差動型熱電対をとっています。フォイル・ディスクはコンスタンタンで作られており、銅製の円柱形ヒートシンクに取り付けられています。水冷式は取付け場所の自由度が高く長時間の測定が可能です。

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、測定対象物に貼り付けて使います。センサーは厚さが0.2mmと薄いため、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

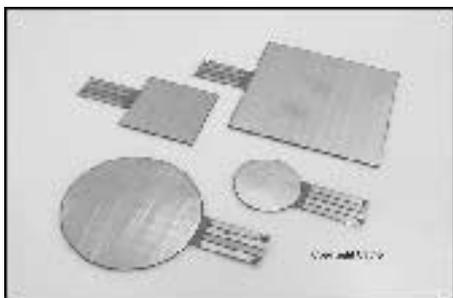
テクノオフィスは、独自の高度技術を持つ海外メーカーの

熱流計／熱流束センサーをご紹介します。

CAPTEC 社 (フランス)

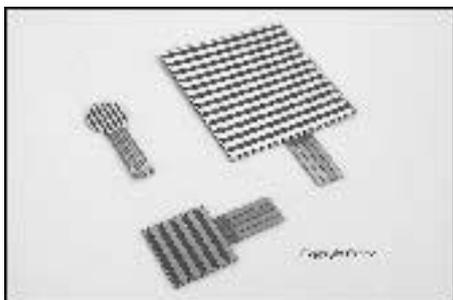
CAPTEC 社は、独自の高度技術により、低熱抵抗で高感度な熱流束センサーを開発・製造致しております。環境温度が変化しても感度は常に一定で、熱流束値に比例した電圧を高精度に出力します。輻射センサーは、輻射熱のみを計測する画期的なセンサーです。特注形状も承っております。

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)

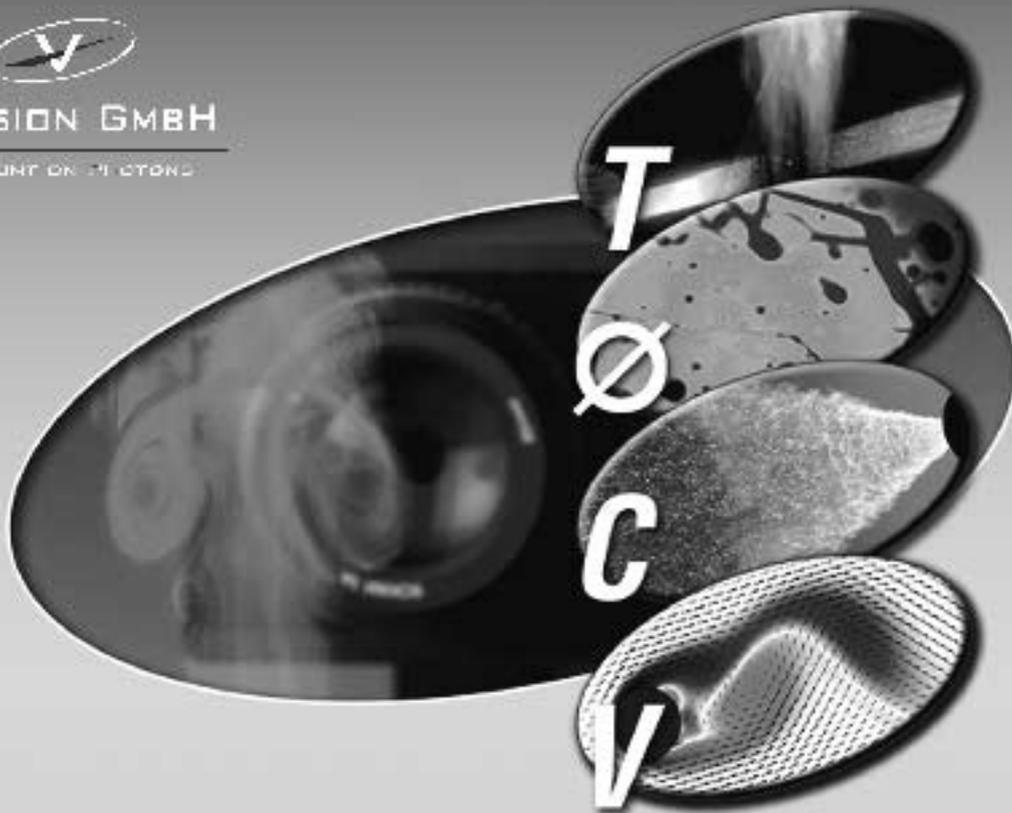
URL: <http://www.techno-office.com/>

● 本社: 〒225-0004 神奈川県横浜市青葉区元石川町 3712-3-206
 ● 神戸出張所: 〒655-0031 兵庫県神戸市垂水区清水が丘 3-14-15-208

TEL. 045 (901) 9861 FAX. 045 (901) 9522
 TEL. 078 (787) 4351 FAX. 078 (787) 4352

LaVision社レーザーイメージング製品の 日本総代理店になりました

PIV、LIF、Raman、Rayleigh、LII、等の技術を組み合わせた複合計測システムを構築し、種々のアプリケーションでのソリューションを提供します。



Laser Imaging Solution

| アプリケーション | Laser Imaging Techniques | | | | | | 計測システム |
|-------------------|--------------------------|-------------------|------|-------------|--------------|-----|-----------------------------|
| | Mie | LIF | PIV | Raman | Rayleigh | LII | |
| 流れ 流体力学 | 流れ構造 パターネーション | 流れの可視化 ミキシング | 流れ場 | 組成 温度 | 気体濃度 気体温度 | | FlowMaster FluidMaster |
| 噴霧 | 液滴 パターネーション | 液体(燃料)質量 液体/蒸気 | 流れ場 | 液体/蒸気 温度 | | | SprayMaster SizingMaster |
| | | プレーナー液滴サイズ計測 | 質量流束 | | | | |
| 燃焼 エンジン | 粒子 液滴 | ラジカル、燃料 化学プロセス | 流れ場 | ガス組成 温度 | 気体濃度 気体温度 | すず | FlameMaster EngineMaster |
| プラズマ | 粒子 生成 | 種 反応画像 | 流れ場 | | | | PlasmaMaster |
| 材料試験 表面変形 | 高度画像相関 | | | | | | StrainMaster |
| | 2次元&3次元の変形、歪み場、応力 | | | | | | |
| 上記全ての アプリケーション | (超)高速イメージング | | | | | | High-Speed Master System |
| | 過渡現象、時-空間相関の時系列過程 | | | | | | |

本広告の製品仕様は改善のため予告無く変更する場合があります



KANOMAX

日本カノマックス株式会社
流体計測ディヴィジョン

お問い合わせは、カスタマーサービス窓口へ

Email fluids@kanomax.co.jp

TEL. (03)6825-9090 FAX. (03)5371-7680

URL <http://www.kanomax.co.jp/fgroup.html>

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

年が変わり、47巻の発行となりました。1962年に「伝熱研究」として第1巻が発行されて以来、脈々と続いております。この間、「伝熱」が取り扱う研究領域は大きく変化しており、多種多様な研究発表がなされるようになってきております。昨今は地球温暖化問題がクローズアップされており、今後、伝熱研究領域が果たす役割は益々広がっていくものと思います。学会誌も従来の範囲を超えて、広い領域から記事を集めて参りたいと思っております。そのひとつとして、今回はバイオマスエネルギーを取り上げました。本誌への原稿の投稿、ご意見やご要望など、忌憚無くお寄せいただければ幸いです。

前号でも申し上げましたが、本会誌は J-STAGE において創刊号から始まるバックナンバーを公開・閲覧できることとなりました。作業に1年程度を要するようですが、これによりさらに世界からも注目をいただける会誌となりますので、ご期待ください（ただし、言語は日本語のままです）。この作業に当たり、過去の記事に対する著者からの著作権委譲が必要となります。そこで、前号と本号において、著作権委譲のお願いと手続きをとらせていただきます。これは著作権委譲に同意出来ない場合にご連絡を頂くというもので、連絡が無ければ自動的に委譲されたと見なすものです。多少身勝手な手法ですが、他にも一般的に行われているようですので、よろしくご理解ください。

では、今後ともよろしくお願いいたします。

近久武美（北海道大学）

Takemi Chikahisa (Hokkaido University)

e-mail: takemi@eng.hokudai.ac.jp

副会長 門出政則（佐賀大学）

部会長 近久武美（北海道大学）

委員

（理事）姫野修廣（信州大学）

吉田篤正（大阪府立大学）

村上幸一（愛媛大学）

森 英夫（九州大学）

（評議員）黒坂俊雄（神鋼リサーチ）

加賀邦彦（三菱電機）

大黒崇弘（日立国際電気）

角口勝彦（産業総合研究所）

鹿園直毅（東京大学）

中別府 修（明治大学）

長谷川達也（名古屋大学）

TSE チーフエディター 河村 洋（東京理科大学）

編集幹事 佐竹信一（東京理科大学） 岩本 薫（東京農工大学）

編集出版事務局：

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 近久武美

〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目

Tel: 011-706-6785 Fax: 011-706-7889

takemi@eng.hokudai.ac.jp