

伝 熱

Journal of the Heat Transfer Society of Japan

ISSN 1344-8692 Vol. 53, No. 224
2014. 7

HTSJ

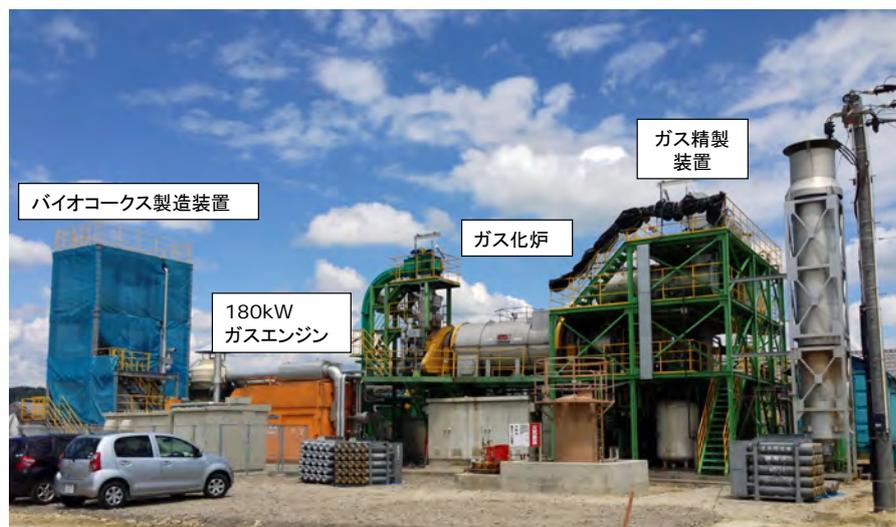
◆特集：バイオマスのエネルギー利用と伝熱



(a) 外熱多筒式キルン炉



(b) 稲わら



(c) 180kW バイオマスガス化発電設備

バイオマス トリジェネレーション システム

ロータリーキルン炉とは傾けた円筒形の反応筒の中に被処理物を入れて加熱処理する移動床炉である。筒の内部で処理物を直接燃やす内熱式と外部から加熱する外熱式がある。また、筒が1本だけの単筒式が一般的だが、バイオマスのガス化処理では小さな径の筒を複数本設けて伝熱面積を増やす外熱の多筒式で乾留ガス化を行う。木チップのような定形のものではなく、枝葉など不定形物の処理に向いている。

秋に収穫された稲わらは家畜の飼料用として保管されているが、福島第一原発の事故で放射性物質を被ったため使用できなくなった。比重が0.1程度と軽く嵩張るため、大きな保管体積が必要となり、この処理をどうするかは喫緊の課題である。

秋田県横手市で稼働中のバイオマスガス化発電設備は間伐材を原料に温水供給と廃熱によるバイオコークス（固形燃料）を製造する国内初のバイオマストリジェネレーションシステムである。宮城県南三陸町では同タイプの設備が震災瓦礫処理に使用されていた（南三陸町では処理業務が終了し、現在は撤去されている）。被災4県の中で福島県だけは放射性物質の影響で方針決定が遅れたため、処理そのものがまだ始まっていないのが現状である。

笹内 謙一（中外炉工業(株)）

Kenichi SASAUCHI (Chugai Ro Co., Ltd.)

伝 熱

目 次

〈巻頭グラビア〉

バイオマス トリジェネレーション システム ……笹内 謙一 (中外炉工業 (株)) ……表紙裏

〈新旧会長挨拶〉

第 53 期会長就任にあたって ……岡崎 健 (東京工業大学) …… 1

日本伝熱学会第 52 期を振り返って ……宇高 義郎 (横浜国立大学) …… 2

日本伝熱学会における最近の財務状況と会費等改定のお知らせ
 ……宇高 義郎 (第 52 期会長, 横浜国立大学) …… 3

〈第 26 回日本伝熱学会賞〉

平成 25 年度日本伝熱学会賞選考の報告

……………表彰選考委員会委員長 近久 武美 (北海道大学) …… 5

日本伝熱学会学術賞を受賞して ……蔵田 耕作, 福永 鷹信, 高松 洋 (九州大学) …… 6

日本伝熱学会学術賞を受賞して ……森 昌司, 奥山 邦人 (横浜国立大学) …… 7

日本伝熱学会技術賞を受賞して
 ……松村 昌義, 成川 裕, 足立 成人, 高橋 和雄, 猿田 浩樹 (神戸製鋼所) …… 8

日本伝熱学会奨励賞を受賞して ……小野 公德 (東北大学) …… 9

日本伝熱学会奨励賞を受賞して ……矢吹 智英 (九州工業大学) …… 10

優秀プレゼンテーション賞 受賞者 — 第 51 回日本伝熱シンポジウム —
 ……学生会委員会幹事 田部 豊 (北海道大学) …… 11

〈平成 26 年度文部科学大臣表彰〉

平成 26 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰

……………表彰選考委員会委員長 近久 武美 (北海道大学) …… 12

〈第 51 回日本伝熱シンポジウム〉

第 51 回日本伝熱シンポジウムの報告

……………中山 顕 (静岡大学), 桑原 不二郎 (静岡大学), 小澤 守 (関西大学),
 田部 豊 (北海道大学), 芹澤 良洋 (新日鉄住金) …… 13

〈瑞宝中綬章〉

叙勲 瑞宝中綬章 の報に接して

……………谷口 博 (名誉会員, 北海道大学名誉教授, 中国・浙江大学名誉教授) …… 18

〈特集：バイオマスのエネルギー利用と伝熱〉

放射性セシウムを含むバイオマスのガス化発電による減容化およびエネルギー回収笹内 謙一, 谷口 美希 (中外炉工業 (株)), 松生 隆司, 中島 卓夫, 大山 将 ((株) 鴻池組)	21
二重循環三塔型流動層ガス化炉による木質バイオマスのガス化に関する研究村上 高広 ((独) 産業技術総合研究所)	27
非食用バイオマスからのバイオエタノール製造技術五十嵐 実, 和泉 憲明 (川崎重工業 (株))	34
高温ガス化直接溶融炉におけるバイオークスによるークス使用量削減奥山 契一, 秋山 肇, 内山 武 (JFE エンジニアリング (株)), 田中 一嘉 (大阪府森林組合), 村田 博敏 (ナニワ炉機研究所), 井田 民男 (近畿大学)	38
バイオマスを利用したスターリングエンジン発電設備の実証試験大岩 徳雄 (中部電力 (株))	43

〈行事カレンダー〉	49
-----------------	----

〈お知らせ〉

公益社団法人 日本伝熱学会第 52 期 (平成 25 年度) 総会議事録	51
国際伝熱会議のご案内	54
日本伝熱学会関西支部ミニ国際セミナーのご案内	55
日本伝熱学会中国四国支部企画 第 26 回中四国伝熱セミナー・愛媛のご案内	56
事務局からの連絡	
・編集出版部会からのお知らせ	57
・新入会員一覧, 正誤表	58

〈編集出版部会ノート〉	61
-------------------	----

CONTENTS

< Opening-page Gravure:heat-page >

Biomass Tri-Generation System

Kenichi SASAUCHI (Chugai Ro Co., Ltd.) Opening Page

< New and Former President's Addresses >

Inauguration Address as the 53rd President

Ken OKAZAKI (Tokyo Institute of Technology) 1

Looking Back on the 52nd Term of HTSJ

Yoshio UTAKA (Yokohama National University) 2

General Information on Recent Financial Situation and Revision of Membership Dues in HTSJ

Yoshio UTAKA (the 52nd President, Yokohama National University) 3

< The 26th Heat Transfer Society Awards >

On Selection of Awards of the Heat Transfer Society of Japan, 2013

Takemi CHIKAHISA (Hokkaido University) 5

On Receiving Scientific Contribution Award of the Heat Transfer Society of Japan

Kosaku KURATA, Takanobu FUKUNAGA, Hiroshi TAKAMATSU (Kyushu University) 6

On Receiving Scientific Contribution Award of the Heat Transfer Society of Japan

Shoji MORI and Kunito OKUYAMA (Yokohama National University) 7

On Receiving Heat Transfer Society Award for Technical Achievement

Masayoshi MATSUMURA, Yutaka NARUKAWA, Shigeto ADACHI,
Kazuo TAKAHASHI, Hiroki SARUTA (KOBE STEEL, LTD.) 8

On Receiving Young Researcher Award of the Heat Transfer Society of Japan

Kiminori ONO (Tohoku University) 9

On Receiving Young Researcher Award of the Heat Transfer Society of Japan

Tomohide YABUKI (Kyushu Institute of Technology) 10

Best Presentation Award in the 51st National Heat Transfer Symposium of Japan

Yutaka TABE (Hokkaido University) 11

< The Commendation for Science and Technology by MEXT 2014 >

The Commendation for Science and Technology by the Ministry of Education, Culture, Sports,
Science and Technology 2014

Takemi CHIKAHISA (Hokkaido University) 12

< The 51st National Heat Transfer Symposium of Japan >

Report on the 51st National Heat Transfer Symposium of Japan

Akira NAKAYAMA, Fujio KUWAHARA (Shizuoka University),

Mamoru OZAWA (Kansai University), Yutaka TABE (Hokkaido University),

Yoshihiro SERIZAWA (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation) 13

< The Sacred Treasure Medium Decoration >

To have an order of the Sacred Treasure Medium Decoration

Hiroshi Taniguchi (Honorary Member, Professor Emeritus of Hokkaido University,

Professor Emeritus of Zhejiang University, China) 18

< Special Issue >

Volume Reduction and Energy Recovery of Biomass Contaminated by Radioactive Cesium

with Gasification and Power Generation System

Kenichi SASAUCHI, Miki TANIGUCHI (Chugai-Ro Co., LTD.), Takashi MATSUIKE,

Takuo NAKASHIMA, Sho OYAMA (Konoike Construction Co., LTD.) 21

Study on Gasification of Woody Biomass in a Fluidized Bed Gasifier with Triple-beds and Dual Circulation

Takahiro MURAKAMI (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) 27

Bio-Ethanol Process Technology from Non-food Biomass

Minoru IGARASHI, Noriaki IZUMI (Kawasaki Heavy Industries Co., Inc.) 34

Reduction of Coke Consumption by using Bio-coke at High-Temperature Gasifying and Direct Melting Furnace

Keiichi OKUYAMA, Hajime AKIYAMA, Takeshi UCHIYAMA (JFE Engineering

Corporation), Kazuyoshi TANAKA (Osaka-Prefecture Forestowners Association),

Hiroto MURATA (Naniwa Roki Co., Ltd), Tamio IDA (Kinki University) 38

Demonstration Test of Stirling Engine Power Plant Using Biomass Fuel

Norio OIWA (Chubu Electric Power Co., Inc.) 43

< Calendar > 49

< Announcements > 51

< Note from the JHTSJ Editorial Board > 61

第 53 期会長就任にあたって
Inauguration Address as the 53rd President



岡崎 健 (東京工業大学)
Ken OKAZAKI (Tokyo Institute of Technology)

このたび、第 53 期会長に就任致しました。伝統ある日本伝熱学会の発展と活性化に微力ながら尽くしていく所存ですので、どうぞよろしくお願い致します。私が東京工業大学修士課程 1 年の時、1973 年に仙台で開催された第 10 回日本伝熱シンポジウムに参加して以来、伝熱学会（当時は伝熱研究会）に育てていただいたので、恩返しをする役割だと思っています。

最近の伝熱学会のエポックは、何といたっても 2011 年の日本伝熱学会創立 50 周年記念式典であり、創立から 50 年間の華々しい発展を振り返るとともに、次の 50 年に向けて新しいスタートを切ったことです。これを機に、顕在化してきた諸問題を解決し、新しい時代の本学会の使命を明確化すべく、当時の第 50 期笠木会長の提案により将来検討委員会が設置され、2012 年 4 月に答申が出されました。第 51 期（門出会長）、第 52 期（宇高会長）では、その実行に注力され、産業界との連携を目指して特定推進研究が実施され、伝熱シンポジウムで活況を呈するまでになっています。国際化についても、本学会の国際賞である抜山記念賞が軌道に乗り、また、第 15 回国際伝熱会議が今年 8 月に京都で開催される運びとなっています。さらに、アジア地区の連携を強化し日本のリーダーシップとプレゼンスを発揮すべく、アジア地区委員会が設置されています。

これらに加え第 52 期では、赤字体質だった財政を健全化すべく、会費の値上げを平成 26 年度から実施に移す決定が行われました。また、これに伴う会員サービス向上の具体化や更なる産学連携の活性化による賛助会員増強について検討すべく、中長期検討委員会（委員長：藤岡前副会長）が設置され活動を開始しています。

第 53 期では、このような新しい改革を踏襲し、①財政基盤の強化、②国際展開、③産学連携・異分野連携と社会貢献、④会員増強と若手会員の活

性化について、中長期検討委員会に重点を置いて具体的に進めていく所存です。私と同世代の会員が 30 歳代の若かりし頃、重鎮と言われた蒼々たる大御所の学問的に厳しい先生方の前でも、活発な議論をさせていただいたことが、新分野へのチャレンジング精神を育てる大きなエネルギーになったと思っています。討論主体の伝統のある伝熱シンポジウムで、若手研究者がもっと積極的に討論に参加してほしいと感じています。

私自身、「伝熱」には、これまでに 10 回ほど寄稿してきています。「中堅・若手層はかく考える (Vol.31, No.120, 1992)」では、他分野の研究者との有機的な協力が大きなブレークスルーを生むことと夢（志）を持つことの大切さを、「伝熱・熱工学の研究の将来 (Vol.35, No.137, 1996)」では、化学反応を伴う伝熱の非平衡、界面およびマイクロ・ナノからのアプローチの重要さを、「成功・失敗談 (Vol.37, No.145, 1998)」では、研究が成功したと思った時のもう一步の踏み込みの重要さを、「産業界とのギャップ解消 (Vol.45, No.191, 2006)」では、具体的なニーズとシーズのマッチング無きところに意味のある産学連携や異分野連携は成立し得ないことを述べています。自分で言うのはおこがましいと思いますが、このような気持ちは今でも全く変わっていません。燃料電池内部のマイクロ現象解明を目指した研究を第 39 回伝熱シンポジウム（熊本, 1999）で発表した時、燃料電池関係の研究は全体で 1 件のみ、今では、3 日間ともほぼ終日、燃料電池のセッションが組まれています。伝熱分野の基礎の重要さを十分認識しつつも、新分野開拓の重要さを感じています。

あと 1 年足らずで東工大は定年ですが、これまでの「熱さ」を保ちつつ、副会長、理事、協議員、そして事務局の方々のご協力を得ながら、学会の運営に努めて行くつもりです。会員各位の積極的な御協力を、どうぞよろしくお願い致します。

日本伝熱学会第52期を振り返って

Looking back on the 52nd Term of HTSJ



宇高 義郎 (横浜国立大学)

Yoshio UTAKA (Yokohama National University)

第51期の門出政則会長の後を受け、第52期会長を担当して一年が経過いたしました。浜松で行われた伝熱シンポジウムの総会の後、退任のご挨拶を申し上げるとともに、岡崎健第53期会長に引き継ぐことができました。

1年前の本誌の就任挨拶では、伝熱学会50周年において、記念式典など多くの記念行事、抜山記念国際賞の創設、学会50年の研究総括などと同時に、伝熱分野の活動の推進を図る目的の将来検討がなされ、特定推進研究課題の推進と本学会の国際的なプレゼンスの向上などに係る具体的な提案が行われたことなど記しました。そのうち第51期から立ち上げられた特定推進研究課題は、3回の伝熱シンポジウムにて特別セッションが設けられ、その進展が報告されてきました。当初の4件に、さらに3件の提案が加わり、現在7件のグループが活動しています。いずれの課題も熱物質伝達を基礎としながら、他分野あるいは企業との連携・若手研究者との協調などが図られ、特定推進研究のねらいに沿ったで、順調に進展しております。それらのいくつかはまとめの段階にあり、社会に有用な公的研究課題につながっていくことが期待されます。引き続き、本会会員の皆様による新規課題の提案あるいは既課題への参加などを通じて、さらなる進展が期待されることです。

以上のように、本学会の将来にわたる積極的な活動が進行中である一方、門出前会長の「第51期を振り返って」(伝熱 Vol.52, No.220)に述べられているように、重要課題として財務の問題が残されていました。ここ数期にわたり、理事会を中心に本学会の効率的な運営に関する検討がなされ、いくつかの事項が実施されてきたにも拘わらず、ここ数年間赤字が続いてきました。総会にて具体的なデータを基に説明しましたように、関係基金

の取り崩しに伴って、これまでの蓄財も減少を続けてまいりました。私自身、4期にわたり理事として学会の状況を把握できる立場にあったこともあり、学会運営の基盤となる財務の抜本的な改革が不可避な、早急に解決すべき課題と認識しておりました。同時に、学会運営の全般的な体制を固める意味では、さらに会員資格・会員サービスなどの向上が必要との視点から、より広範な改善策を検討しました。年に4回の理事会において課題を期内にまとめるためには、計画的な遂行と理事の皆様のご協力を必要とします。第52期はその意味でも、副会長・理事をはじめとする運営に関わった皆様のおかげで会員資格・会費改定案を理事会にて作成することができました。詳しくは、別に本号に報告させていただきましたので、ご覧いただきたく思います。

さて、8月開催の京都 IHTC-15 が間近に迫っておりますが、関係の皆様により万全の態勢で準備が行われており、質の高い会議が実施される見込みとこのことを伺っています。就任の挨拶文にて、「もう一つは、国際展開についてです。・・・世界の中でも特に活発な熱関連の学会と自認している本会のパワーによって、アジアを中心に国際的なプレゼンスを高めてゆくことが急がれるところす。」と述べました。その京都 IHTC への論文数の動向などからも、伝熱分野の中心はアジアに移ってきています。その中における我が国の立ち位置・対応を検討し、京都 IHTC に引き続いて国際的な活動をさらに高めていくことが重要かと考えます。

最後に、1年間一緒に会務を実施してきた、長久、藤岡、佐藤副会長、理事、協議員および事務局の皆様、さらに会員各位のご理解とあたたかいご協力に御礼を申し上げ、退任の挨拶とします。

日本伝熱学会における最近の財務状況と会費等改定のお知らせ

General Information on Recent Financial Situation and Revision of Membership Dues in HTSJ

第52期会長 宇高 義郎 (横浜国立大学)
Yoshio UTAKA (52nd President, Yokohama National University)
e-mail: utaka@ynu.ac.jp

1. はじめに

本学会における財務の状況と、5月22日開催の総会において承認された会費および会員種別等の改定についてご報告いたします。

本学会においては、ここ数年にわたり創立50周年記念行事の実施、国際賞の設立、将来検討、新公益法人への移行など多くの事項が実施されてきました。また将来検討の提案に基づく特定推進研究課題が立ち上げられ、近年特に重要性を増している、エネルギー技術を中心とする本学会の研究成果の社会への発信が期待される所であり、さらに8月には、1974年の東京から40年の歳月を経て、我が国で国際伝熱会議が再び開催され、世界の伝熱コミュニティメンバーが一堂に会し、4年に一度の伝熱分野の発展が報告されます。

そのような学会活動の一方、本会の重要な課題として財務の健全化に関する課題が残されていました。新たな法人化への対応など学会の総務・事務機能の強化を目的に事務局の改革が行われて5年ほどが経ちます。その間に新事務体制が整えられてきました。しかし、ここ数年の収支において、赤字体質が顕在化しています。これまで理事会を中心に議論が続けられ、必要最小限の旅費出費とすること、伝熱シンポジウム講演論文集を電子版へ一本化することなど、経費削減の方策が審議・決定されてきました。しかし、次項に詳述するように、現状ではあと数年で蓄財を使い果たしてしまう可能性が生じてきています。また、将来検討委員会の指摘[1]にあるような30歳代の会員数の減少およびいわゆる団塊の世代を中心とするシニア層の退会への対応など、近未来の会員数の変化傾向を考慮する必要があります。

第52期理事会では、この厳しい財務状況を改善するための方策について慎重に検討を行いました。その結果、毎年の収支の黒字化を図ることが急務であるとの判断がなされ、会費の改定および会員資格

の一部追加変更を決定いたしました。同時に、会員サービスの向上を企画しました。

2. 財務状況と検討の結果

総務部会と財務部会作成の資料に基づき、本学会の財務状況およびその検討結果について示します。本会は、主として会費収入と本会発足時の資金により、会誌発行、学会表彰、会員管理・通信などの事業を運営しています。それらを恒常的な収支とする一方で、毎年の伝熱シンポジウム、4年に1回の国際伝熱フォーラムなどの講演会事業による若干の収益を加えています。

最近10年の財政状況の推移を図1および図2に示します。図1には会費収入、学会活動活性化基金学会財政の基礎収支を示しています。図2には、学会誌・事務管理費支出、伝熱シンポジウムの収支を示しています。会費収入は、会員数の減少に伴い漸減しています。また、学会の年収支は定常的に約300万円のマイナスとなっています。この補てんは学会活性化活動基金の取り崩しにより行われてきており、ここ1,2年程度で本基金が枯渇する可能性が大きいと推定しています。このため、学会誌・事務管理費など支出の低減、伝熱シンポジウムなどの収益の増加について検討されてきました。図2の学会誌・事務管理費と伝熱シンポジウムの収益の推移をみますと、学会誌・事務管理費は、出張旅費および事務機器リース費の削減などが行われ、低減されてきています。なお、事務局の一括外注化なども検討されましたが、経費減少は見込まれず断念されております。伝熱シンポジウムの収益向上に関しては、第53期より講演論文集の電子化を進めることにより実現させていく予定です。

しかしながら、前述のような、今後予想される周年事業等のための積立、今後の会員数の減少に伴う会費収入の低下に対応するためには、学会の基礎的収支を確実に向上させる必要があります。

3. 会員資格および会費の改定内容

新たな改定・新設を含めた会員種別・資格・会費を表1に示しました。その骨子は以下の通りです。

- (1) 本会の主たる会員層である正会員の会費を第2015年度から値上げします。
- (2) シニア正会員の会員資格を新設しました。定年退職などにより定職に就いていない正会員に、引き続き正会員の資格のまま在籍いただき、一層の貢献をお願いするものです。
- (3) 賛助会員の特典の充実と、さらに特典の大きな特別賛助会員を新設しました。

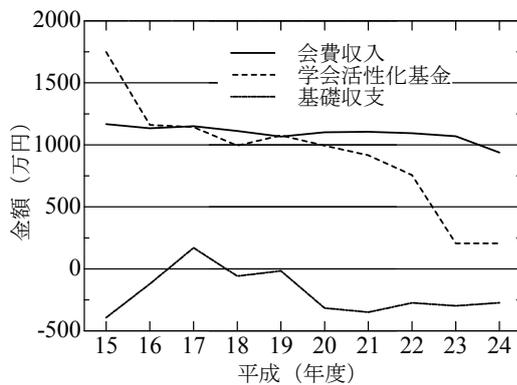


図1 学会の財務状況（会費収入，学会活性化基金，基礎収支【（会費収入＋補助収入）－（学会誌＋学会賞＋管理費）】）

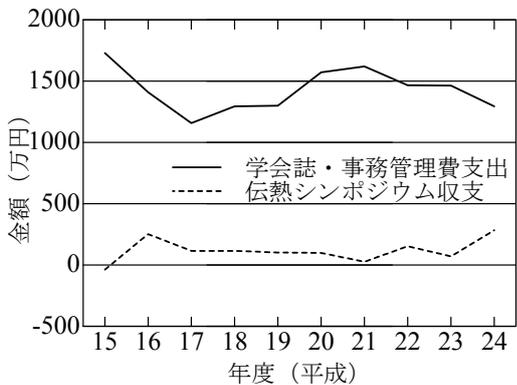


図2 学会財務主要費目の推移（学会誌・事務管理費支出，伝熱シンポジウム収支）

表1 会員種別・資格改訂の概要

会員種別	資格	会費(年額)
正会員	伝熱に関する学識経験を有する者で、本会の目的に賛同して入会した個人	9,600円
シニア正会員	65歳以上の正会員で原則として定職に就いていない個人	4,800円
永年正会員	65歳以上で学会に25年以上在籍した正会員またはシニア正会員で永年会費を納めた個人	なし
賛助会員	本会の目的に賛同し、本会の事業を援助する法人またはその事業所、あるいは個人	1口 30,000円
特別賛助会員	本会の目的に賛同し、本会の事業を援助する法人またはその事業所、あるいは個人	1口 100,000円

4. おわりに

50周年記念事業に伴う国際的な活動経費については、主に1974年に東京で開催された第5回国際伝熱会議の剰余を還元し、また他の周年行事については概ね本会の積み立て資金等により運営することができました。しかし、経常的な赤字体質のもと、これからの学会活動を維持し、さらに今後の備えが必要なことを考慮すると、会費改定は不可避であると判断しました。これまでの学会事務の変遷を振り返るに、伝熱研究会の時代から総務担当副会長を中心とする献身的な事務運営が行われてきました。しかし、法人化等による事務の増加、複雑化に伴って事務局方式による事務機能の充実が必要になるとともに、そのことによる経費の増大をどのように補填するかの課題が生じたものです。社会的な出費増加の折、会費の改定を行うことは心苦しいことではありますが、本学会の状況を会員の皆様と共有し、ご理解をいただきたくお願い申し上げます。

参考文献

- [1] 笠木伸英，将来検討委員会からの答申を受けて，伝熱，51-216(2012)3-16.

平成 25 年度日本伝熱学会賞選考の報告
On Selection of Awards of the Heat Transfer Society of Japan, 2013

表彰選考委員会委員長

近久 武美 (北海道大学)

Takemi CHIKAHISA (Hokkaido University)

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

平成 25 年度日本伝熱学会賞学術賞, 技術賞, 奨励賞および貢献賞について公募を行い, 所定の手続きにより慎重に審査した結果, 各賞の授賞対象者を下記のように決定した (授賞対象の記載は順不同). 表彰式は, 平成 26 年 5 月 22 日に浜松市 (アクトシティ浜松・コンgresセンター) で開催された学会総会において行われた.

1. 学術賞

Scientific Contribution Award of the Heat Transfer Society of Japan

- 1) 代表研究者: 藏田 耕作 (九州大学)
共同研究者: 福永 鷹信 (九州大学)
高松 洋 (九州大学)
「不可逆エレクトロポレーションの電場・温度場解析と生体組織の熱損傷に関する研究」
第 50 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 第 II + III 巻, 464-465 頁, 2013 年
Journal of Biomechanical Science and Engineering, 第 8 巻, 第 4 号, 306-318 頁, 2013 年

- 2) 代表研究者: 森 昌司 (横浜国立大学)
共同研究者: 奥山 邦人 (横浜国立大学)
「ハニカム多孔質体を用いた飽和プール沸騰の限界熱流束向上に関する研究」
第 45 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 第 2 巻, 537-538 頁, 2008 年
International Journal of Multiphase Flow, 第 35 巻, 第 10 号, 946-951 頁, 2009 年

2. 技術賞

Technical Achievement Award of the Heat

Transfer Society of Japan

- 1) 代表研究者: 松村 昌義 (神戸製鋼所)
共同研究者: 成川 裕 (神戸製鋼所)
足立 成人 (神戸製鋼所)
高橋 和雄 (神戸製鋼所)
猿田 浩樹 (神戸製鋼所)
「小形バイナリー発電機の開発」

3. 奨励賞

Young Researcher Award of the Heat Transfer Society of Japan

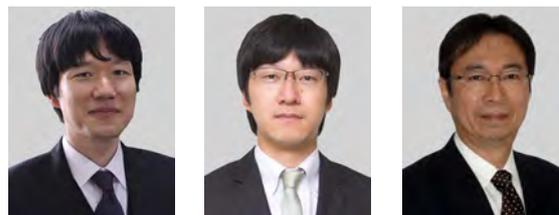
- 1) 研究者: 小野 公徳 (東北大学)
「カーボンブラックの形態制御を目指したシミュレーション手法の確立」
第 50 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 第 1 巻, 244-245 頁, 2013 年
- 2) 研究者: 矢吹 智英 (明治大学)
「MEMS センサを用いた水の孤立気泡沸騰熱伝達メカニズムの解明」
第 50 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 第 II + III 巻, 372-373 頁, 2013 年

4. 貢献賞

Contribution Award of the Heat Transfer Society of Japan

- 1) 受賞者: 小宮 敦樹 (東北大学)
受賞理由: 伝熱シンポジウム, 広報委員, 国際伝熱会議準備委員での多彩な活躍

日本伝熱学会学術賞を受賞して
On Receiving Scientific Contribution Award
of the Heat Transfer Society of Japan



藏田 耕作, 福永 鷹信, 高松 洋 (九州大学)

Kosaku KURATA, Takanobu FUKUNAGA, Hiroshi TAKAMATSU (Kyushu University)

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

このたび、浜松市で開催されました日本伝熱学会第 52 期総会におきまして、日本伝熱学会学術賞を頂きました。大変光栄に存じます。受賞研究は、「不可逆エレクトロポレーションの電場・温度場解析と生体組織の熱損傷に関する研究」と題するもので、腫瘍等の異常組織を低侵襲治療する方法に関する基礎研究です。ご推薦、ご選考下さった先生方に心からお礼申し上げます。

エレクトロポレーションは、細胞に電気パルスを加えて細胞膜を穿孔する技術です。普通では細胞内に入らない遺伝子や巨大分子は、この透過性の増した細胞膜を通して細胞内に拡散できます。そしてパルス印加条件が適切であれば、時間経過とともに細胞膜は自然に修復されて元の状態に戻ります。このような可逆的なエレクトロポレーションは、動植物の遺伝子組み換えの方法として世界中で使われている技術です。

このエレクトロポレーションにおいて電気パルスの印加条件がある閾値を超えると、細胞膜は修復することなく細胞は壊死します。これは避けるべき印加条件です。ところが、この不可逆的な膜破壊を積極的に用いて腫瘍除去に使用しようとするアイデアが 2005 年に提案されました (Davalos, R. V. et al., *Ann. Biomed. Eng.*). これが不可逆エレクトロポレーション (IRE; Irreversible electroporation) の有効利用の始まりと思われる。

現在の IRE では、生体内の標的組織に針状電極を穿孔して、あるいは体表面の組織を平板電極で挟んで、電気パルスの印加が行われます。このような低侵襲性に加えて、本方法の最大の利点は、標的組織の細胞外基質 (コラーゲン線維等のタンパク質) にならぬダメージを与えず、細胞のみを非熱的に穿孔して除去できることです。穿孔された細胞は生体の持つ自浄作用によって分解されるので、残った細胞外基質を足場として速やかな組

織再生が期待できます。これは、ラジオ波焼灼療法のような他の熱的な低侵襲治療法にはない特長です。

IRE に関するこれまでの研究にはない、我々の研究の特徴は次の 3 つです。1 つは、IRE による電極周囲組織の温度上昇を測定した点です。IRE でジュール熱が生じるのはパルス印加時の数十マイクロ秒オーダーの間であり、これに伴う温度上昇を穿孔した電極周囲で計測することは容易ではありません。「消せるボールペン」の感温性インクを使った温度計測がこの問題を解決しました。2 つ目は、施術後の細胞壊死範囲を予想できるような IRE シミュレーションを確立すべく、数値解析に加えて、細胞を分散させた生体擬似組織を用いた実験を行ったことです。単純な電場解析だけでは細胞壊死を予測することは難しく、複数回パルス印加による細胞膜ダメージの重畳や生体組織の電気的特性の変化をどのように考慮するのかが大きな課題として明らかになりました。最後は、電極を微小化した接触式 IRE を新たに提案した点です。現在の IRE では電極間に数 kV の電圧を印加するために、患者には全身麻酔が必要です。電極を小さくすれば電圧も小さくて済むので、麻酔は不要になります。皮膚疾患や歯肉炎などの表在疾患を接触式 IRE の標的と定め、IRE の新しい利用方法に関して研究を進めています。

本研究のような医工境界領域にあるテーマの最終的な目的は、患者さんを救うために医療の現場で使われることです。そのためには、技術の背後にある物理的メカニズムを学術的視点から明らかにしておく必要があります。実用に向けた臨床研究とそれを支えるサイエンス、この 2 つを両輪にしてこれからの研究を進めていきたいと考えています。日本伝熱学会会員の皆様からのご指導ご鞭撻をよろしくお願い申し上げます。

日本伝熱学会学術賞を受賞して
*On Receiving Scientific Contribution Award
 of the Heat Transfer Society of Japan*



森 昌司, 奥山 邦人 (横浜国立大学)
*Shoji MORI and Kunito OKUYAMA
 (Yokohama National University)*

この度、浜松において開催された日本伝熱学会第 52 期総会にて日本伝熱学会学術賞をいただきました。ご関係者の皆様に感謝いたしますとともに、大変光栄なことと存じます。

今回の受賞対象となった研究題目は、「ハニカム多孔質体を用いた飽和プール沸騰の限界熱流束向上に関する研究」です。

飽和プール沸騰の限界熱流束向上に関する研究は、1970 年代以降、浸漬沸騰冷却において、沸騰伝熱面にマイクロフィンなどのマイクロ加工、焼結や溶射により伝熱面に一様な多孔質層を形成させるなどし、限界熱流束を向上させる研究が活発に行われてきました。その多くは、有機溶媒や冷媒を用いていますので、限界熱流束の向上率は高くても、蒸発潜熱が小さいため、除熱できる絶対値は大きくありませんでした。水は、蒸発潜熱と表面張力が大きいので、毛管力を活用し限界熱流束を向上できれば、その絶対値も非常に大きい値になると考えられました。しかし、多孔質体を用いた従来法を用いて試したところ、限界熱流束を向上させることは困難でした。そんな時、私の居室の本棚に何気なくハニカム多孔質体（自動車の排ガス処理に使われる市販品）があるのに気づきました。これは本研究室の先代の先生が流体の流れを整流させるために購入していたようです。当時、研究室では多孔質体を用いた蒸気生成技術の研究をしていましたが、これを見て『ハニカム多孔質体には、毛管力による液体供給を行う多孔質部分と伝熱面で発生した蒸気を排出する孔があるので気液の循環が促進させられ性能が向上するのでは!？』、一方で『ハニカム多孔質体の多孔質部が伝熱面に接触している部分は約半分しかないので、伝熱面平均で見ると限界熱流束は向上しないのでは!？』とも考えられました。とりあえず実験してみよう！と実験してみると限界熱流束がいきなり、

裸面の場合の 1.5 倍にまで向上しました。学生が興奮して、データを見せてくれたのを今でも鮮明に覚えています。その後、色々検討した結果、大気圧・水の条件で限界熱流束は裸面の場合に比して 2.5 倍以上（伝熱面直径が 30mm の場合、2.5 MW/m²）向上させることが可能となってきました。本手法の特徴は、簡易な方法で大伝熱面・高熱流束をパッシブに除熱できる点です。また、第 50 回伝熱シンポジウムでは、さらに限界熱流束を向上させる手法についても発表しました。その内容は、ハニカム多孔質体上部に形成される合体大気泡の成長・離脱の非定常性を考慮し、合体泡滞留時にもハニカム多孔質体内部で液枯れが起きないように、液体保持用の多孔質体（透過率：大）と伝熱面に接する多孔質体部分は強烈な毛管力を期待できる緻密なハニカム多孔質膜により二層構造化することです。この他にも熱流体の特性をうまく活用することで、限界熱流束を向上させる余地は、まだ十分に残されていると考えています。本手法の適用先は、大伝熱面・高熱流束となる、例えば大型半導体の冷却や原子炉のシビアアクシデント時の炉心熔融デブリ炉内保持（IVR）技術などが考えられます。特に、大型次世代型原子炉（約 180 万 kW）を建設するという世界的な流れが現在ありますが、そのボトルネックは IVR 技術です。加えて本手法は既設の軽水炉にも簡単に導入でき外部電源が不要で作動するので安全対策向上技術としても有望です。一方、本研究は上記で述べたように応用面が強調されがちですが、本現象を素過程に分離してその詳細を把握することで、飽和プール沸騰の限界熱流束発生メカニズムなどの基礎現象の解明に示唆を与えることも可能ではないかと期待しております。それでは最後に、今後も研究に精進して参りますので、ご指導ご鞭撻の程宜しくお願いいたします。

日本伝熱学会技術賞を受賞して

*On Receiving Heat Transfer Society Award
for Technical Achievement*



松村 昌義, 成川 裕, 足立 成人,
高橋 和雄, 猿田 浩樹 (神戸製鋼所)

*Masayoshi MATSUMURA, Yutaka NARUKAWA, Shigeto ADACHI,
Kazuo TAKAHASHI, Hiroki SARUTA (KOBELITE, LTD.)*

このたび、浜松市で開催された第 52 期日本伝熱学会総会において、平成 25 年度日本伝熱学会技術賞を頂戴いたしました。受賞者一同たいへん光栄に思っております。ご推薦、ご選考賜りました日本伝熱学会の皆様方に厚く御礼申し上げます。

さて、今回受賞いたしましたのは、「小型バイナリー発電機の開発」です。私どものバイナリー発電機は、95℃程度の温水を加熱源として、低沸点の作動媒体 (HFC245fa) と熱交換することで作動媒体を加熱・蒸発させ、スクリー式のタービンを回転させて発電するものです。発電に使用した後の蒸発した作動媒体は、凝縮器で冷水と熱交換し、再びタービンに向かって循環します。この循環サイクルの中で、気化と液化、圧縮と膨張が熱交換器と膨張器によって繰り返されており、熱力学の教科書に掲載すればよいような、熱力学の基本原則をフルに利用した製品です。

私どものバイナリー発電機の特徴は、スクリー式のタービンを使用しましたので、熱源変動に高い応答性で追従することができ、高効率な発電が可能になりました。また、スクリー式のタービンを密閉されたケーシング内に収容したことにより、作動媒体の漏れを防止することができます。

私どものバイナリー発電機のもう一つの特徴は、主要構成機器である発電機、スクリータービン、蒸発器、凝縮器、作動媒体ポンプ等を、制御機器とともに、幅 2250×奥行 2600×高さ 2300 (mm) の小型の筐体の中に組み入れてパッケージしたことにあります。この小型の機械により、発電端出力で 72kW の発電をおこなうことができます。

現在、全世界的な課題となっている地球温暖化という問題に対して、私どものバイナリー発電機は、火力発電のように化石燃料を燃焼させて二酸化炭素を放出することもなく、工場廃熱・地熱・

バイオマスボイラによる蒸気、太陽熱による蒸気などを熱源として発電することができますので、クリーンなエネルギーの供給に資することができます。自負しております。

私どもは、小型バイナリー発電機の開発を、平成 21 年から開始し、約 2 年間という短期間で完了し、商品化いたしました。このように短期間で開発できましたのは、私ども神戸製鋼所が永年に亘って販売してきました空気圧縮機、冷凍機、ヒートポンプなどで使用されている技術要素をベースにしたからであり、私ども受賞者以外の多数の技術者の努力の上に成り立っているものと考えております。

さらに、このたび受賞しましたものは、95℃程度の温水を熱源とするものですが、昨年、130℃程度の蒸気を熱源とするタイプのもも販売開始いたしました。さらに、国土交通省の「次世代海洋環境関連技術開発支援事業」および、一般財団法人日本海事協会の支援を受けて、旭海運殿他のメンバーと共同して船用タイプのバイナリー発電機の開発をおこなっており、今後も引き続き伝熱工学をベースにした商品開発をおこなっていく所存であります。

このたび受賞いたしました小型バイナリー発電機の開発は、私ども受賞者以外の多数の技術者の努力や、私どもの機械をご使用頂いているユーザの方々の様々なアドバイスがベースになっており、決して私ども受賞者だけで開発を完成したものではありません。この場をお借りして、この開発に関係した方々に深く感謝いたします。

最後になりましたが、受賞者一同、日本伝熱学会の皆様方に感謝申し上げるとともに、今後の学会のいっそうのご発展を祈念申し上げます。

日本伝熱学会奨励賞を受賞して

*On Receiving Young Researcher Award
of the Heat Transfer Society of Japan*

小野 公德 (東北大学)

Kiminori ONO (Tohoku University)

e-mail: kiminori@tranpo.che.tohoku.ac.jp

アクトシティ浜松にて開催された日本伝熱学会第 52 期総会にて、名誉ある日本伝熱学会奨励賞を賜りましたこと、大変光栄に存じます。この場を借りまして、これまでにご指導を頂きました先生方ならびに関係者の方々、ご推薦頂きました先生、選考委員の先生方に心より御礼を申し上げます。

今回受賞対象となりました「カーボンブラックの形態制御を目指したシミュレーション手法の確立」は、東北大学三浦隆利名誉教授ならびに東北大学青木秀之教授のもとで行った研究であり、これまで経験的に制御されてきた気相法で生成されるナノ粒子の一つであるカーボンブラックの形態を、既報告の十件を対象にしたシミュレーションにより理論的に制御する手法を確立したものです。

カーボンブラックは、工業的に生産されるすすであり、古くからタイヤの補強材、導電材などとして用いられております。ナノスケールの形態がこれらの製品に大きく影響を及ぼすため、形態の制御が非常に重要となりますが、工業的には経験的に制御されているのが現状であります。近年では、耐摩耗性の向上や、リチウムイオン二次電池や燃料電池の導電材としての性能向上を見込み、より複雑な形態を持つカーボンブラックが求められています。そのため、経験的な制御には限界が生じてきており、私はシミュレーションによる理論的な形態制御に取り組んでいます。

カーボンブラックの反応条件は、1500–2000 K と非常に高い温度場かつ数ミリ–数百ミリ秒と短い滞在時間であり、非常に複雑です。同様に気相法で生成されるチタニアやシリカなどの無機ナノ粒子は、反応が限られておりますが、カーボンブラックやすすは、炭化水素の熱分解により様々な炭化水素や多環芳香族炭化水素 (PAH) が生成されるため反応経路が多岐にわたります。すすの分野で最も活発な議論がなされている粒子核の前駆体に関しては、無機ナノ粒子であれば単成分系で

あるため、古典的核生成理論が適用できるものの、カーボンブラックやすすは多成分系となるため、古典的核生成理論の適用が困難となり、未だ不明な点が多く残されております。

これに対し、私は 500 本以上の素反応を考慮し、百種類以上の化学種の濃度を算出可能な詳細化学反応機構を考慮し、粒径分布の保存にはセクショナル法を考慮することで化学反応を考慮しつつ体積相当径に関する粒径分布を算出しました。また、熱分解実験によりフィルタで得たカーボンブラックの TEM 像を取得し、画像解析によって各条件における形態変化を統計的に議論しました。両結果を比較することで、粒子核の生成速度や個数濃度が形態に大きな影響を及ぼすことを示し、複雑な形態を得るための適切な反応温度、滞在時間を示しました。

本解析を行うだけであれば、汎用シミュレーションソフトである CHEMKIN を用いて解析することもできますが、私は自作コードを用いております。その理由として、現在同時に開発を進めている Cluster-Cluster Aggregation (CCA) モデルとのカップリングにより熱分解から凝集体形状までを考慮可能なシミュレーションモデルを構築できるからです。CCA モデルは、従来計算コストが高かったのですが、空間分割法を改良したモデルの導入により 10 万個程度の粒子を現実的な計算時間で解析できるようになりましたので、間もなく両モデルのカップリングが可能となります。

現在は、博士課程後期 3 年として、粒子核の前駆体の解明や粒子核の生成モデルの改良、新たな反応モデルの構築に取り組んでおります。若輩者ではございますが、今後も微力ながら伝熱研究ならびに炭素化学の発展に貢献したいと考えておりますので、これからもご指導・ご鞭撻の程、よろしくお願い申し上げます。

日本伝熱学会奨励賞を受賞して

*On Receiving Young Researcher Award
of the Heat Transfer Society of Japan*



矢吹 智英 (九州工業大学)

Tomohide YABUKI (Kyushu Institute of Technology)

e-mail: yabuki@mech.kyutech.ac.jp

このたび、アクトシティ浜松で開催された日本伝熱学会第 52 期総会におきまして、荣誉ある日本伝熱学会奨励賞をいただきました。御推薦、御選考下さいました先生方ならびに関係者の方々、これまで伝熱シンポジウム等の学会の場を通じて議論させていただいた皆様にこの場をお借りして深く感謝の意を表します。

受賞対象となった「MEMS センサを用いた水の孤立気泡沸騰熱伝達メカニズムの解明」は、私が学生時代に明治大学、中別府修先生のもとで行った研究であり、複数の薄膜温度センサや気泡核生成用トリガー、ヒーターをシリコン基板上に集積した MEMS センサを用いて、孤立気泡が発生する低熱流束域の水の沸騰熱伝達メカニズムを調べた研究です。

これまでの半世紀以上に渡る沸騰研究により単一の沸騰気泡にかかわる伝熱素現象として、気泡下に形成されるマイクロ液膜の蒸発、三相界線伝熱、ドライパッチのリウエットングの際に生じる非定常熱伝導、気泡運動が誘起する強制対流熱伝達などが提唱されてきました。沸騰が内包するこれらの伝熱素現象は時間的にはマイクロ秒からミリ秒、空間的にはナノメートルからミリメートル程度と非常に小さな時空間スケールで生じるために、従来計測技術では分解能の不足によって精密な計測が困難でありました。これが主たる要因となって沸騰熱伝達メカニズムが十分に解明されていません。将来的な、熱伝達性、制御性に優れた高性能沸騰伝熱面の創製や数値計算による沸騰熱伝達予測技術の発展には沸騰熱伝達メカニズムの正しい理解が不可欠であると考えられます。そこで、本研究では、MEMS 技術で加工した小さな温度センサを駆使して高速な伝熱素現象を捕捉し、計測した温度データを用いた伝熱解析によって熱伝達メカニズムを調べることを方針といたしました。

研究を始めた当初はセンサが製作できない、苦

労して作ったセンサを沸騰実験にたどり着く前のセンサへの配線やセンサ校正の段階で破損させてしまう、気泡が狙っていない位置から発生してしまう、計装アンプなどの自作の周辺電子機器がうまく動作しない、温度データがノイズに埋もれてしまうなど、数多くの失敗がありました。いずれの問題も何かのスマートな理屈によるというよりは、実験技術の習熟やノウハウの蓄積によって克服し、最終的には満足のいく実験データの取得に至りました。

空間分解能 $20\mu\text{m}$ 、計測周波数 50kHz で計測した温度データからはマイクロ液膜の蒸発やドライパッチのリウエットングなどの気泡底部で生じるダイナミックな伝熱素現象が明瞭に観察されました。計測データを用いた伝熱解析の結果として、マイクロ液膜の蒸発が $1\text{MW}/\text{m}^2$ を超える高熱流束を輸送し壁面の熱伝達に重要な役割を担うこと、マイクロ液膜蒸発の気泡成長に対する寄与は過熱度によらずに約 50% であることなどの沸騰伝熱特性が明らかとなりました。また、沸騰のようなマイクロスケールの熱流体现象の計測に対する MEMS 熱センシング技術の有効性も示すことが出来ました。本研究で得られた知見は“孤立気泡域”の沸騰熱伝達メカニズムに関するもので、気泡間の干渉により様相が複雑化する高熱流束域の沸騰にどの程度当てはめることが出来るか不明です。今後は、MEMS 計測技術を用いて、工業的な重要性が高く、学術的にも魅力の多い高熱流束域の沸騰に実験対象を拡張していきたいと考えています。

今年四月より、九州工業大学の助教に着任し、沸騰の研究を継続しております。宮崎康次先生の研究室に所属し、新たに熱電変換やふく射に関わるマイクロ・ナノ伝熱研究に取り組めることに非常にわくわくしております。伝熱工学の進展に貢献できるよう、力をつけてまいります。皆様どうぞ今後ともよろしくお願いいたします。

優秀プレゼンテーション賞 受賞者
— 第 51 回日本伝熱シンポジウム —

*Best Presentation Award in the 51st National Heat Transfer
Symposium of Japan*

学生会委員会幹事
田部 豊 (北海道大学)
Yutaka TABE (Hokkaido University)

平成 26 年 5 月 22 日に浜松市 (アクトシティ浜松) で開催されました学会総会において、第 51 回日本伝熱シンポジウム (浜松) 優秀プレゼンテーション賞セッションにて発表を行い、見事優秀プレゼンテーション賞を受賞された方々の表彰式が行われました。受賞者および優秀プレゼンテーション賞セッションと表彰式の様子をご紹介します。

2014 年度 受賞者

- ◆ 溝部 雅恭 (明治大学)
「走査型熱顕微鏡による局所温度計測の研究(デジタルフィードバックシステムの開発)」
- ◆ 桑田 祐丞 (大阪府立大学)
「微視的多孔体内乱流シミュレーションに基づく乱流モデルの構築」
- ◆ 中山 開 (京都大学)
「蛇行流路内粘弾性流体流れの伝熱特性に関する数値解析」
- ◆ 高原 教揮 (同志社大学)
「熱音響システムにおけるアルミナボールスタックに関する検討」
- ◆ 松浦 弘明 (慶應義塾大学)
「ソーラー強制レイリー散乱法による物質輸送現象センシング装置の開発 -有機薄膜太陽電池の塗布成膜系における拡散係数及びソーラー係数の測定-」
- ◆ 庄司 衛太 (東北大学)
「高速位相シフト干渉計の開発と加熱細線周りの非定常熱伝導の高精度可視化計測」

(順不同)



溝部さん



桑田さん



中山さん



高原さん



松浦さん



庄司さん



優秀プレゼンテーション賞ポスター会場風景



優秀プレゼンテーション賞受賞者との記念撮影

平成 26 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰

The Commendation for Science and Technology by the Ministry of
Education, Culture, Sports, Science and Technology 2014

表彰選考委員会委員長

近久 武美 (北海道大学)

Takemi CHIKAHISA (Hokkaido University)

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

平成 25 年 5 月に表記の大臣表彰候補者について公募があり、本学会では表彰選考委員会での選考を経て候補を推薦した。その結果、下記の若手科学者賞の 1 件について授賞が決定された。委員会としても喜ばしい限りである。

平成 26 年 4 月 15 日に文部科学省において表彰式が執り行われ、本学会においては第 51 回日本伝熱シンポジウム (浜松) の総会において、受賞者に登壇してもらい、受賞の披露を行った。以下に受賞対象に関連する業績概要を紹介する。なお受賞者一覧などは

http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/26/04/1346090.htm

をご参照いただきたい。



後藤田 浩 氏

【若手科学者賞】

The Young Scientist's Prize

複雑系数理学による反応系熱流体ダイナミックスの解明の研究

後藤田 浩 (立命館大学)

業績内容

流動、熱・物質拡散、化学反応が相互に作用し合った反応系熱流体では、その強い非線形性が複雑なダイナミックスを生み出す。そのため、複雑なダイナミックスを有する反応系熱流体現象の基礎学理や最適な制御技術の構築は熱エネルギー分野において重要な研究課題である。

受賞者は、力学系理論やニューラルネットワークなどを取り扱う複雑系数理学の視点から、反応系熱流体の複雑なダイナミックスの解明とその工学的な応用を模索する独自の研究を着想した。特に、電磁熱流体場から燃焼場に至るまで、多岐にわたる複雑な非線形ダイナミックスに潜む決定論的な特徴を抽出し、工学的な応用の可能性を明らかにした。

本研究成果は、反応系熱流体力学の学術的体系化のみならず、熱エネルギーシステムの能動的制御技術に寄与することが期待される。

主要論文:

" Low-dimensional dynamical system for Rayleigh-Benard convection subjected to magnetic field ", Journal of Applied Physics, vol. 113, 124902 (13 pages), 2013 年 3 月発表.

" Characterization of complexities in combustion instability in a lean premixed gas-turbine model combustor ", Chaos, vol. 22, 043128 (8 pages), 2012 年 12 月発表.

第 51 回日本伝熱シンポジウムの報告

Report on the 51st National Heat Transfer Symposium of Japan

中山 颯 (静岡大学), 桑原 不二朗 (静岡大学), 小澤 守 (関西大学),
田部 豊 (北海道大学), 芹澤 良洋 (新日鉄住金)

Akira NAKAYAMA, Fujio KUWAHARA (Shizuoka University), Mamoru OZAWA (Kansai University),
Yutaka TABE (Hokkaido University), Yoshihiro SERIZAWA (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation)

1. シンポジウム概要

第 51 回日本伝熱シンポジウムが、平成 26 年 5 月 21 日 (水) から 23 日 (金) にかけて、静岡県浜松市 (会場: アクトシティ浜松・コンgresセンター, 図 1 参照) で開催されました。東海地区で伝熱シンポジウムが開催されるのは 1967 年の第 4 回シンポジウムから数えて 7 回目となりますが、浜松での開催は今回が初めてとなります。

浜松は東京と大阪のほぼ真ん中に位置しておりますが、浜松に停車する新幹線ひかりの本数が限られていること、また、空からのアクセスが難しいことなどから、皆様にご迷惑をおかけしないかと心配しておりました。結果として、参加者総数は約 820 名と、予想を上回るご参加を頂き、盛会のうちに終えることができました。



図 1 シンポジウム会場

講演論文数も 384 件ののぼり。例年通り 3 日間の日程で、3 日目の第 4 セッションまでフルに設けることで、何とかプログラムを組むことができました。まず、初日の午後には、企画部会学生会

及び交流部会の先生方の協力のもと、優秀プレゼンテーション賞セッションおよび産学交流セッションが行われました。2 日目には、特定推進研究特別セッションが開催され、基調講演および特定推進研究の 4 テーマについての活動報告が行われ、活発な議論が繰り広げられました。

午後はトヨタ自動車の FC 開発部部長小島 康一氏による特別講演「トヨタ自動車における燃料電池車開発の課題と今後」が開催されました。この特別講演会には 400 名を超える皆様にお越し頂きましたが、小島氏からは、ムービーを交え、2015 年量産発売に向けた燃料電池車に関する最新の興味深い情報が提供されました。



図 2 懇親会

特別講演会・総会に続き、会場をホテル・クラウンパレス浜松に移し、320 名強の方々に参加を頂き、恒例の懇親会が開催されました。宇高伝熱学会長のご挨拶、荒木静岡理工科元大学長の乾杯に始まり、静岡大学浜松キャンパスの学生ジャズバンド Jazz Phenomena の演奏が流れる中で、楽しい時をお過ごし頂けたかと思えます。

また、今年も例年と同様、多くの関連企業の皆様から、機器展示また広告のお申し込みを頂きました。ご協力頂きました企業各社には心から御礼

申し上げます。

以上、第 51 回日本伝熱シンポジウムの概要をご報告させて頂きました。シンポジウムの運営状況や各行事についての詳細については、各担当者による以下の記事をご覧ください。

(実行委員長 中山顕)

2. プログラム

今回のシンポジウムの発表件数の総数は 384 件で、前回の仙台 (351 件) や前々回の富山 (371 件) を上回る発表件数となりました。いずれのセッションにおいても、例年に劣らぬ熱い討論が交わされました。オーガナイズド・セッションは、これまでの 4 セッションから 5 セッション (「水素・燃料電池・二次電池」, 「燃焼研究の最前線」, 「非線形熱流体現象と伝熱」, 「蓄熱・ヒートポンプ技術の開発および実用化のための技術的問題点」, 「ナノスケール伝熱の学理と技術および応用への展望」) に増え、103 件の発表が組み込まれました。オーガナイザーとしてご尽力いただきました皆様には感謝申し上げます。

オーガナイズド・セッションおよび優秀プレゼンテーション賞セッションのプログラムはそれぞれオーガナイザーおよび学生会委員の皆様にお越しをお願いし、実行委員会においては一般セッションについて編成を行いました。講演者の方々には申し込み際に希望セッションを選んでいただき、それを尊重する形で編成させていただきました。発表件数が多いため、室数に限りがある中で、3 日目の午後の最終セッションまでの編成となってしまいました。プログラムの全体的なバランスについては、実行委員会のプログラム担当委員の間で意見を出し合い、参加者になるべく一部屋に集中しないよう配慮させていただきました。今回、各会場の人数をセッションごとに記録することで、次回以降のシンポジウムのプログラム編成と会場割り振りの参考にしていただければと考えております。プログラムの取りまとめおよび論文集の準備においては、保浦・服部両実行委員 (名工大) に多大なご尽力いただきました。また、各セッションの座長選出に関しましては、多くの皆様にご協力をいただきました。厚く御礼申し上げます。

(桑原不二朗)

3. 講演論文集 CR-ROM 版・プログラム冊子

学会理事会での決定に沿って、本年より論文集については冊子体の製作は行わず、CD-ROM 版及びプログラム冊子のみの製作に限らせていただきました。CD ケースおよびプログラム冊子の表紙には浜松市を象徴する富士山・バイク・鍵盤から成るデザインを採用させていただきました。今回より講演論文集 (冊子体) の配布はなくなりましたが、事前に会員向け Web 公開をご利用いただいたこと、また会場での Web 環境が良好であったことから、特に大きな問題は発生しませんでした。

(桑原不二朗)

4. 会場・受付

前回、東海地区が担当したのは 8 年前で第 43 回シンポジウムですが、収容能力の大きい名古屋国際会議場での開催でした。今回は多少小さめではありますが、アクセスの良さを優先し JR 浜松駅に隣接する「アクトシティ浜松コンgresセンター」の全館を使い同一建物内で開催することといたしました。また、総会・講演会用として、収容人数の大きいコンサート用中ホールも確保いたしました。

初日の受付では、8 時から 9 時の間に多くの参加者が来られることから、これに対処すべく事前登録受付者用の名札に領収書とともにシンポジウム資料引換券を付け、名前順に並べることにしました。これにより、事前受付の対応を確実に簡略化することができました。当日登録の受付を 3 箇所、事前申し込みの未送金者に対する特別受付も隣接させることで、大きな混雑もなく初日の受付業務を終えることができました。

同一会場を借り切った開催とすることができましたが、初日は会場へのアクセスが分かりにくく、案内不足でご迷惑をお掛けいたしました。また、付帯会議場への案内にも問題がありましたことを、お詫び申し上げます。

(桑原不二朗)

5. 機器展示・カタログ展示・広告

従来のシンポジウムと同様に、機器展示・カタログ展示・プログラム冊子広告掲載に多くの企業からお申し込みをいただきました。以下に、ご紹介いただいた企業をご紹介します。

(敬称略・順不同)

【機器展示】

- ・ 株式会社ナックイメージテクノロジー
- ・ 日本カノマックス株式会社
- ・ 株式会社ナルコ岩井
- ・ 株式会社アドバンスドナレッジ研究所
- ・ 西華デジタルイメージ株式会社
- ・ ダンテック・ダイナミクス株式会社
- ・ 株式会社菱化システム
- ・ 株式会社フォトロン
- ・ 株式会社西山製作所
- ・ 株式会社ディテクト
- ・ サイバネットシステム株式会社

【カタログ展示】

- ・ 株式会社西山製作所

【広告掲載】

- ・ 株式会社ファンクショナル・フルイッド
- ・ 三菱自動車工業株式会社
- ・ 株式会社アドバンスドナレッジ研究所
- ・ 三菱重工業株式会社 冷熱事業本部
- ・ 株式会社デンソー
- ・ GAC 株式会社
- ・ 日東工業株式会社
- ・ 株式会社豊田自動織機
- ・ ダンテック・ダイナミクス株式会社
- ・ キャリオ技研株式会社
- ・ 富士電機株式会社
- ・ 三浦工業株式会社
- ・ 三井・デュポンフロケミカル株式会社
- ・ トヨタ自動車株式会社
- ・ スズキ株式会社

機器展示は会場の 4 階ロビーで行って頂きましたが、休憩スペースを設けることで、休憩時間には、多くの方に利用いただくことができたかと思えます。皆様のご協力に心から感謝申し上げます。なお、本件は、中山（中電）・安部井（デンソー）両実行委員を中心に、ご担当いただきました。

(桑原不二朗)

6. 日本伝熱学会特定推進研究特別セッション
「エネルギー・環境戦略と特定推進研究による伝熱研究の展開」

本年 4 月に新たなエネルギー基本計画が閣議決

定され、Post-Fukushima のエネルギーおよびエネルギーセキュリティに関する基本的な枠組みが出来上がったとはいえ、具体的な政策立案はこれからという状況です。その意味で今後、新たな技術提案、開発はますます重要になってくるでしょう。本学会は、エネルギー利用に関する基幹学会であり、エネルギーの高効率利用、省エネルギーは勿論のこと熱科学・熱技術の新たな展開にも責任を負うべき立場にあるとの認識のもと、すでに独自の特定推進研究を選定し、研究活動を開始しています。本特別セッションでは昨年度に引き続き、エネルギー、環境分野でご活躍の講師に加えて、すでに進行している特定推進研究や今回新たに立ち上げられた研究グループの代表者から各課題の概要などについてご紹介を頂き、ご参加の皆様とともに伝熱研究の将来像などについて意見交換を行いました。本特別セッションにおいて提供された話題は以下の通りです（敬称略）。

基調講演

- ・ 「省エネの推進とコベネフィット」
村上周三（建築環境・省エネルギー機構 理事長）

新規特定推進研究の紹介

- ・ 「ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望」
塩見淳一郎（東京大学）
- ・ 「次世代鉄鋼材料創製技術の研究」
門出政則（九州大学）
- ・ 「将来世代コンピュータのための超長マイクロチャンネル冷却」
中山 恒（名誉会員）

特定推進研究課題中間報告

- ・ 「波長選択ふく射輸送とエネルギー変換」
花村 克悟（東京工業大学）
- ・ 「エネルギー極限利用のための大フラックス輸送ダイナミクス」
鹿園 直毅（東京大学）
- ・ 「気候モデルにおける重要要素に関する基礎的検討と非専門家への翻訳、さらにその予測精度の評価に向けた検討会」
吉田 英生（京都大学）
- ・ 「伝熱工学が作る医療機器の新展開」
円山 重直（東北大学）

各講演者から大変熱のこもった、また貴重な話題が語られ、非常に有意義な会合になったと思

ます。本セッションは伝熱シンポジウムの中でもかなり大きい会場（定員 180 名）を使わせていただきましたが立ち席が出る状況で、用意しました配布資料 200 部がごく少数を残してほとんど出払う状況になりました。他の部屋では通常のセッションが並列して進行していたにも関わらず、このように多数の方々に参加いただいたことは、伝熱研究の将来のあり方にご関心を持たれている方が多いことの傍証でもあらうと推察しております。本特別セッションを企画いたしました特定推進研究企画委員会といたしまして、ご参加いただきました各位に心より感謝する次第です。

最後になりましたが、中山先生を始めとする伝熱シンポジウム実行委員会の皆様並びに本企画にご賛同いただきご登壇いただきました関係各位に心より感謝申し上げます。

なお、本特別セッションにおきまして配布いたしました資料につきましては本会ホームページに掲載しておりますので、当日、ご参加いただけなかった方々にも是非一度ご覧いただければ幸いです。

（特定推進研究企画委員会 小澤 守）

7. 優秀プレゼンテーション賞セッション

本セッションは、本学会会員である学生や若手研究者をエンカレッジする場として、毎年、シンポジウムの場を借り、学生会委員会（現委員長：桑原不二朗）が企画・運営しているものです。今期の講演申込みは 37 件でありました。昨年度からは 2 件の微増、安定して継続できており、さらなる盛り上げりのための方策も学生会委員会で検討していきたいと考えております。

シンポジウム初日、4 室に分れたショートプレゼンテーション（各講演 3 分）とそれに続く 80 分間のポスターセッションの形式で例年通りに行われました。両セッションともに大盛況で、特にポスター会場では大勢の方々の熱気で会場の温度も上昇しておりました。最後の最後まで大勢の参加者でいっぱいの中、発表者も時間を忘れて真摯にかつ熱心に自分の研究を説明していました。

発表について、審査員スコアおよびポスター会場における投票を学生会委員会にて慎重かつ厳正に検討した結果、溝部雅恭（明治大学）、桑田祐丞（大阪府立大学）、中山開（京都大学）、高原教揮

（同志社大学）、松浦弘明（慶應義塾大学）、庄司衛太（東北大学）、（敬称略／順不同）以上の 6 名が優秀プレゼンテーション賞を受賞しました。今年度は近年になく審査結果が均衡しており、受賞者の選出は困難を極めました。惜しくも受賞に至らなかった発表者も受賞に値する良い発表が多く見られたと思います。

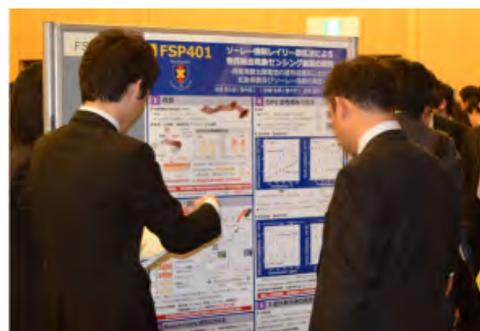


図 3 ポスターセッション

末筆ながら、お忙しい中、困難な審査を長時間にわたり親切かつご丁寧に行っていただいた審査員の皆さまに、そして多大なご協力をいただいたシンポジウム実行委員会に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

（学生会委員会 田部豊）

8. 産学合同交流会

産学合同交流会は、伝熱シンポジウムの初日午後に、学生ポスターセッション会場に隣接して実施しました。本交流会は、産学の交流活性化を目的とし、学生と企業、教員と企業の交流・コネクションづくりを目指し、学生会委員会の協力の下、産学交流委員会が企画したものです。学生会委員会主催の優秀プレゼンテーション賞セッションに続いて、12 社が参加した企業ポスター展示と交流会を実施しました。

約 110 名の参加者が集まり、フリードリンクと軽食を手に、各企業ブースにて日本の先進技術を支えている伝熱技術の開発状況、産業への活用状況が紹介され、活発な議論が行われました。学会などではほとんど発表されることのない企業の実際の研究開発活動が見えるため、参加者の関心は高く、活発な質疑応答がなされ、盛況のうちに終了しました。

閉会後も、今回の交流会で親睦を深めたグループは、懇親会を行い、学会初日から大変に盛り上がりました。

開催にご尽力頂いた企業出展者の皆様、伝熱シンポ事務局、理事会・企画部会、学生会委員会の先生方に深く感謝し、報告とさせていただきます。

(産学交流委員会 芹澤良洋, 新隆之, 岩城千賀子, 岩本薫)



図 4 産学合同交流会

9. あとがき

今回、伝熱シンポジウムを東海地区でお引き受けするにあたり、名古屋地区以外での初の開催、論文冊子体の廃止など、不安要素を抱えながらの準備作業でしたが、中山実行委員長の指揮のもと、多方面の先生方からご指導を賜り、また、ご参加いただきました皆様のご協力によって、5月23日17時に撤収作業も含め無事にシンポジウムを終えることができました。厚く御礼申し上げます。

東海地区の実行委員会委員の皆様には、プログラム編成、Webページの作成・運営、懇親会イベントの依頼、当日の会場係としての活動等、実行委員会事務局からの依頼に対して快く引き受けてくださり、かつ迅速な対応をしていただき、大変感謝しております。また、前日の準備からアルバイトとして働いてくれた学生諸君は、自ら仕事を見つけて積極的に動いていただき、とても感謝しています。お礼を申し上げます。

現在、シンポジウムの後処理があり、まだまだ落ち着くことはできませんが、今回のシンポジウムで培ったこと、次回へ繋げるべきことを整理し、第52回の福岡メンバーへバトンタッチしたいと思います。

(桑原不二朗)

第 51 回日本伝熱シンポジウム実行委員会

委員長	中山 顕 (静岡大学)
総務幹事	桑原 不二朗 (静岡大学)
顧問	荒木 信幸 (静岡理工科大学/ 静岡大学)
	加藤 征三 (三重大学)
	長野 靖尚 (名古屋産業科学研究所/ 名古屋工業大学)
	藤田 秀臣 (名古屋大学)
	森田 昭生 (三浦工業 (株))
	大原 敏夫 ((株) デンソー)
	辻 俊博 (名古屋工業大学)
監査	檜和田 宗彦 (岐阜大学)
	熊田 雅弥 (岐阜大学)
委員	北村 健三 (豊橋技術科学大学)
	中川 勝文 (豊橋技術科学大学)
	山下 博史 (名古屋大学)
	長野 方星 (名古屋大学)
	板谷 義紀 (岐阜大学)
	廣田 真史 (三重大学)
	丸山 直樹 (三重大学)
	三本 亮 (トヨタ自動車 (株))
	佐藤 英明 ((株) デンソー)
	安部井 淳 ((株) デンソー)
中山 浩 (中部電力 (株))	
青木 修一 (東邦ガス (株))	
柿本 益志 (静岡大学)	
益子 岳史 (静岡大学)	
朱 寧 (静岡理工科大学)	
高野 孝義 (豊田工業大学)	
田川 正人 (名古屋工業大学)	
保浦 知也 (名古屋工業大学)	
飯田 雄章 (名古屋工業大学)	
服部 博文 (名古屋工業大学)	

叙勲 瑞宝中綬章 の報に接して

To have an order of the Sacred Treasure Medium Decoration

谷口 博 (名誉会員, 北海道大学名誉教授, 中国・浙江大学名誉教授)
*Hiroshi TANIGUCHI (Honorary Member, Professor Emeritus of Hokkaido University,
 Professor Emeritus of Zhejiang University, China)*
e-mail: elpw.taniguchi@r9.dion.ne.jp

1. はじめに

この度、叙勲の榮に浴すことになり、瑞宝中綬章を頂戴して参りました。振り返ってみますと、私の伝熱分野における教育研究が評価され、北海道科学技術賞と北海道功労賞のダブル受賞となりましたので、その成果も考慮した北海道大学からの推薦が功を奏した結果と存じている次第です。従いまして、皆様方のご指導とご鞭撻の賜物と感謝申し上げます。

私の生まれた 1930 年頃には、ふく射伝熱に関する新しい知見が発表されており、それまでは無視されていたガスふく射の伝熱効果が重要であることが分かったのです。その当時から、固体ふく射伝熱についての数値解析は進展しており、2 次元を対象とする種々の伝熱効果も解析できるようになっておりましたので、伝導・対流複合伝熱の 2 次元を対象とする解析も行うことが可能でしたが、ガスふく射伝熱については温度一定 (0 次元) の解析から一步も出ていなかったと思います。その後、伝熱分野の研究が進展しましたので、私もふく射伝熱の数値解析について勉強させて頂き、その研究成果により多少の貢献はできたと思っております。従って、僭越ではございますがその経過の一端を紹介させて頂きますので、参考になれば幸いです。

2. 企業における研究テーマの模索

1953 年に旧制大学での教育を終えて、三菱日本重工 (現在の三菱重工) に入社してボイラ・燃烧炉の開発設計に携わることになり、伝熱解析の重要性を知ることになりましたが、当時在籍した大学の教育科目には伝熱工学が存在せず、熱機関学の一部としての伝熱教育を受けただけでした。しかし、社内では一足飛びに伝導・対流・ふく射伝熱の応用であるボイラ・燃烧炉の新しい開発分野に携わることになり、大いに面食らったことを覚



図 1 瑞宝中綬章.



図 2 宮中からホテルへの帰り道にて.

えています。

早速、技術提携先である米国 CE (Combustion Engine) 社の表題が Combustion Engineering という英文書を渡され、ボイラ・燃烧に関する勉強を始めることになりました。一方、ASME 論文なども調べて、燃烧炉内のふく射伝熱は温度一定条件の

解析であることを知り、伝導・対流伝熱はすでに2次元解析が常識化している実態との違いに驚いたのです。とくに、ボイラの伝熱解析は燃焼炉から始まるので、与えられたCE社の設計資料を見ると、過去の膨大な製造実績をまとめた燃焼炉の設計基準があり、経験に基づいた燃焼炉内温度の計算図表が用意されていました。しかし、温度一定の条件ですから、燃焼炉内の温度分布など予測できず、炉壁との伝熱分布を知る手掛かりにはならないのです。

ボイラの伝熱解析は、燃焼炉・過熱器・対流伝熱面・節炭器・空気予熱器に分かれています。対流伝熱面にはガスふく射伝熱の効果は多少あっても無視でき、節炭器・空気予熱器とともに対流伝熱の解析で可とされていました。従って、過熱器のない小型・中型ボイラでは問題ないものの、過熱器付きのボイラではガスふく射伝熱を考慮した限界設計（余裕のある安全設計では蒸気温度が上昇し、不足の設計では蒸気温度が低下する）が必要となり、極めて難しい設計対象になるので、大型ボイラでは水噴射・ガスバイパス等による蒸気温度制御が欠かせないのです。しかし、過熱器付きの小型・中型ボイラでは蒸気温度制御なしでの設計対象となり、試運転後の改造を覚悟での製造が多かったと云えます。

3. 大学における教育・研究

10年間の三菱日本重工での勤務の後、1963年には北海道大学に機械工学科の助教授として戻ることになり、1979年には教授に昇任させて頂いたが、温度一定(0次元)のふく射伝熱解析から伝導・対流伝熱と同様の2次元解析へと進展させる必要があると考え、燃焼炉解析に必須となる2次元ガスふく射伝熱をテーマに選び、大学における教育・研究への途を進むことにしました。よく調べてみますと、米国テキサス大学のハウエル教授(後日、学術振興会の費用で北海道大学に来て頂く)のモンテカルロ法による2次元ふく射伝熱数値解析の研究成果がありまして、3次元ふく射伝熱解析も可能であることが分かったのです。早速、灰色ガスふく射伝熱のみならず非灰色ガスふく射伝熱および非等方散乱現象(等方散乱現象はガスふく射伝熱と同じ解析手法で可)にも適用できる初期の2次元コンピュータソフトを開発して、第2

回伝熱シンポジウムにて発表させて頂いたのです。これが伝熱学会(当時は伝熱研究会)との出会いで、今日までご縁が続くことになりました。

一方、私が助教授として所属した講座を担当されていた斉藤武教授の友人であるミシガン大学のヤン教授(後日、文部省在外研究員としてお世話になり、Advances in Heat Transfer Vol. 27およびモンテカルロ法による放射伝熱解析の共著者となる)を紹介して頂き、海外への目を開くことができました。モンテカルロ法による3次元ガスふく射伝熱の数値解析は、工藤助教授(後日、私の後任教授となり、芝浦工業大学教授を経て、現在は東京電機大学教授)の尽力によって国内外で認められ、Numerical Method in Engineeringに論文が掲載されるようになったのです。その間、文部省長期在外研究員に選ばれて米国ミシガン大学のヤン教授・カリフォルニア大学のギート教授のお世話になり、共同研究を始めることができましたが、同じ時期に東京農工大学の望月教授がヤン教授の研究室におられ、またミシガン大学のアルパシ教授からガスふく射伝熱解析についての出版前の原稿を提示されるなど、思い掛けない体験をさせて頂きました。帰国の途上で、英国インペリアルカレッジのスポルディング教授に会うことができ、20名余の留学生による研究発表にも参加しましたが、北海道大学におけるモンテカルロ法によるガスふく射伝熱解析にも興味を示されたことを覚えています。

北海道大学を定年後の1994年に、北海学園大学には工学部教授としてお世話になりましたが、建築学科であり空気調和・環境・エネルギー関連の教育研究に携わることになり、伝熱学会とは多少疎遠になっていたのです。しかし、国家プロジェクトである高温空気燃焼の技術開発に参加して、3次元非灰色ガスふく射伝熱および非等方散乱現象の数値解析にも携わることになり、環境関連でも地球温暖化へのCO₂熱遮蔽効果(H₂O熱遮蔽効果も含めた波長特性の考慮が必要)を検討する必要もありまして、High Temperature Air Combustionおよびエネルギー・環境への考え方の出版にも携わることができたのです。

4. 数値解析への今後の期待

思い出しますと、伝熱学会の前身である伝熱研

研究会に入会させて頂いてから、50年以上を経過したことになりますが、旧制大学最後の卒業生として海外との交流もままならない時期、海外からの留学生を受け入れるなど夢であった時期、産学交流の疑問視された大学紛争の時期を経て、伝熱研究の国際化が常識化されるようになった今日まで、多くの人々によるご苦労があったと記憶しております。しかし、多くの研究分野が競いあっている現状を考えますと、若い人々を引き付けるのは難しいとは思いますが、英語表現の Heat and Mass Transfer が伝熱であることを知るならば、一歩進めて伝熱・流動・化学変化を総合した分野としての伝熱研究の発展を期待したいのです。

私の夢であった燃焼場での伝熱・流動・化学変化の数値解析コンピュータソフトは私の息子（谷口正行、現在は三菱日立パワーシステムズ勤務）のグループによって実用段階になり、燃焼炉内の温度分布・伝熱分布・NO_x分布などを予測できるようになりました。また、室内の暖冷房へのふく射効果（大森敏明、北海道大学の博士学位請求論文に掲載）についても、人体形状を考慮して解くコンピュータソフトが市販されており、窓辺での寒さなどを定量的に予測できるのです。勿論、省エネルギー効果抜群の高温空気燃焼による加熱炉の状況把握も可能になり、これを導入した鉄鋼業における省エネルギー効果を確認できますので、伝熱学会の活躍の場が大いに広がると期待しております。

5. まとめ

大型コンピュータからパソコンの時代へと移り変わり、コンピュータソフトを自作した時代から市販品の時代が到来したようですが、バランスの取れたソフトの内容であることを確認せずに（燃焼炉の数値解析ソフトで、ふく射効果を簡略化あるいは削除の例あり）、安易な導入をすることもあるようです。従って、重要なコンピュータソフトを情報分野に一任するのではなく、ハードを周知

している分野との共同開発へと誘導する必要があります。私の北海学園大学での社会人博士課程における指導経験の例ですが、その社会人が阪神淡路大震災後の建築基準法改正に係わりのある木造建築のコンピュータ設計ソフトの必要性を予測しており、情報専門会社を指導してソフト開発を行い学位請求論文に加えしたので、その成果により企業の飛躍的な発展に寄与することができたと聞いております。また、筆者は汎用として利用されている実験式の作成ソフト（10種類の多項式から自由に選定）、モンテカルロ法による2次元等値グラフ作成ソフト・3次元等値面作成ソフトなどを公表していますので、各分野の方々にも少しは役立つことをしたと思っている次第です。

狭い分野に限定することなく、大学での教育研究の幅を広げて頂き、今後の情報社会へと溶け込むことによって、学会活動の発展に寄与できると期待しております。関係各位の今後における活躍をお願いいたします。

参考文献

- [1] 谷口博, W. J. ヤン, 工藤一彦, 黒田明慈, 持田明野, パソコン活用のモンテカルロ法による放射伝熱解析, (1994), コロナ社.
- [2] Wen Jei Yang, Hiroshi Taniguchi, Kazuhiko Kudo, Radiative Heat Transfer by the Monte Carlo Method, Advances in Heat Transfer, Vol. 27 (1995), Academic Press.
- [3] Japan Industrial Furnace Manufacturers Association under the sponsorship of NEDO, High Temperature Air Combustion from Energy Conservation to Pollution Reduction, (2003), CRC Press.
- [4] 谷口博, 三浦隆利, 毛利邦彦, 谷口正行, 黒田明慈, エネルギー・環境への考え方 (その提言と問いかけ), (2008), 養賢堂.

放射性セシウムを含むバイオマスのガス化発電による減容化およびエネルギー回収 Volume Reduction and Energy Recovery of Biomass Contaminated by Radioactive Cesium with Gasification and Power Generation System

笹内謙一, 谷口美希 (中外炉工業 (株)), 松生隆司, 中島卓夫, 大山将 ((株) 鴻池組)
Kenichi SASAUCHI, Miki TANIGUCHI (Chugai-Ro Co., LTD.),
Takashi MATSUIKE, Takuo NAKASHIMA, Sho OYAMA (Konoike Construction Co., LTD.)
e-mail: Kenichi_Sasauchi@n.chugai.co.jp

1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故に伴い、広範囲にわたって放射性セシウムが拡散した。福島県を中心とする放射性セシウムに汚染された地域では除染作業が進められ、それに伴って放射性セシウムを含むバイオマスが大量に発生している。これらの除染作業により発生したバイオマスは、最終的には焼却処理などの減容化処理が図られることになっている。一方、生活圏より離れた森林などは、人への被ばくの影響が小さく除染コストが膨大となることから、現時点では除染の対象となっていない。しかし、豪雨による流水などにより放射性セシウムが拡散し、一度除染した地域を再汚染する可能性もあることから、森林においても可能な限り放射性セシウムの回収を図ることが望まれる。

事故発生時直後、拡散した放射性セシウムは、いったん木の表皮や葉、枝などに付着するとともに、その一部は降雨や落葉によって、土壌表面部に移行していると考えられる。したがって、森林において放射性セシウムを回収するには、下草や落葉の回収が有効である。また、林業の活性化や環境保全の面からすると、間伐材や林地残材を合わせて回収するのが望ましい。森林は広範囲にわたって存在するが、日本特有の急峻な地形のため、大量のバイオマスを一か所に収集することは極めて難しい。また、今回のように放射性セシウムを含む場合には、収集したバイオマスの移動や集積に対して住民の反発が生じることも懸念される。そのため、これらのバイオマスを処理するには、比較的小規模で、土砂などの夾雑物の存在も許容しながら、適切に処理できることが望ましい。

バイオマスはエネルギーとしても有用な資源であり、単に焼却処理するのではなく、エネルギー回収すれば、経済的で効果的な除染減容化を進めることができる。当社は、これまでロータリーキルンをベースとしたバイオマスガス化発電システム

の開発を進めてきた[1]。ガス化発電方式は燃焼・ボイラ発電方式と比較すると、小規模の場合にはエネルギー回収効率が高い。また、ロータリーキルンは、原料の受け入れ範囲が広いことが特徴であり、今回のような夾雑物が多いと予想されるバイオマスの処理には適していると考えられる。

本研究では、放射性セシウムを含むバイオマスをガス化発電システムで処理することを想定し、処理過程（ガス化時および燃焼時）の放射性セシウムの挙動を把握するとともに、その減容効果、設備導入時の経済性について検討を行った。

2. ガス化発電システム

2.1 ロータリーキルン

当社のロータリーキルンの概形図を図1に示す。当社のキルンは多筒型外熱式で、複数のレトルト（炉筒）で構成されており、単筒型と比べると同じ設置面積でも大きな表面積をとることができることが特徴である。原料がレトルトの内側を、熱風が外側を通過することで、間接的に原料を加熱することができる。ガス化炉の種類によっては、バイオマスの部分燃焼によって熱源を確保するが、前述のとおり、間接加熱方式のため、無酸素雰囲気下で原料を処理することが可能となる。



図1 多筒型ロータリーキルン

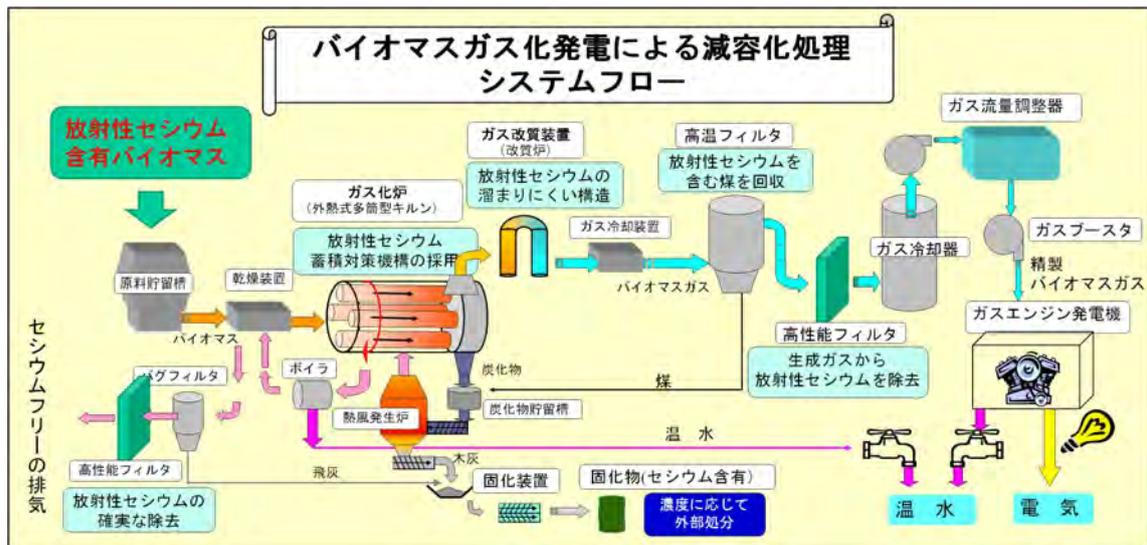


図2 バイオマスガス化発電システム

2.2 ガス化発電システム

放射性セシウムを含むバイオマスを処理することを想定したガス化発電システムのシステムフローを図2に示す。原料は乾燥装置で水分を調整した後、ガス化炉であるロータリーキルンに投入される。ロータリーキルン内において、原料は間接的に加熱され、無酸素雰囲気下での熱分解によりガスと炭化物が発生する。発生した炭化物は熱風発生炉へ、ガスは改質炉にそれぞれ供給される。改質炉では酸素を付加して約 1100℃の高温にすることにより、ガス中のタール分が分解除去される。ガス化および改質の過程で発生したダストをフィルタで除去した後、冷却してガスエンジン発電機に供給する。一方、炭化物とフィルタで回収したダストは、熱風発生炉で燃焼処理し、その燃焼排ガスをロータリーキルンおよび乾燥装置の熱源として利用する。

本システムで最終的に系外に排出されるのは、エンジン排ガス、乾燥装置排ガス（熱風発生炉排ガス）、燃焼灰の3つである。なお、ガス冷却塔において冷却水を用いているが、その大部分は循環利用し、一部を熱風発生炉にて蒸散処理することにより清浄度を維持しているため、本システムにおいて廃水は発生しない。

放射性セシウムを含むバイオマスを本システムで処理する場合には、処理過程での放射性セシウムの挙動を把握し、設備内での蓄積、排出への対策方法を検討しておく必要がある。

3. ガス化・燃焼実験

バイオマスガス化発電システムにおいて、その処理過程（ガス化、炭化物燃焼）における放射性セシウムの挙動を把握するため、小型のバイオマスガス化装置を用いて、ガス化、燃焼試験を実施した。

3.1 試験装置

試験装置の全景写真を図3に、主要な構成機器の仕様を表1に、システムフローを図4に示す。

ガス化炉で発生したガスは、改質炉で高温処理された後、冷却される。冷却後のガスは、プレフィルタおよびHEPAフィルタでダスト除去され、フレアスタックで燃焼処理する。ガス化炉出口の圧力は、誘引ブロワの出力により制御している。

なお、燃焼試験時にはガス温度降下に伴う放射性セシウムの付着状況を確認するため、改質炉出口に徐冷管を設けた。



図3 試験装置全景写真

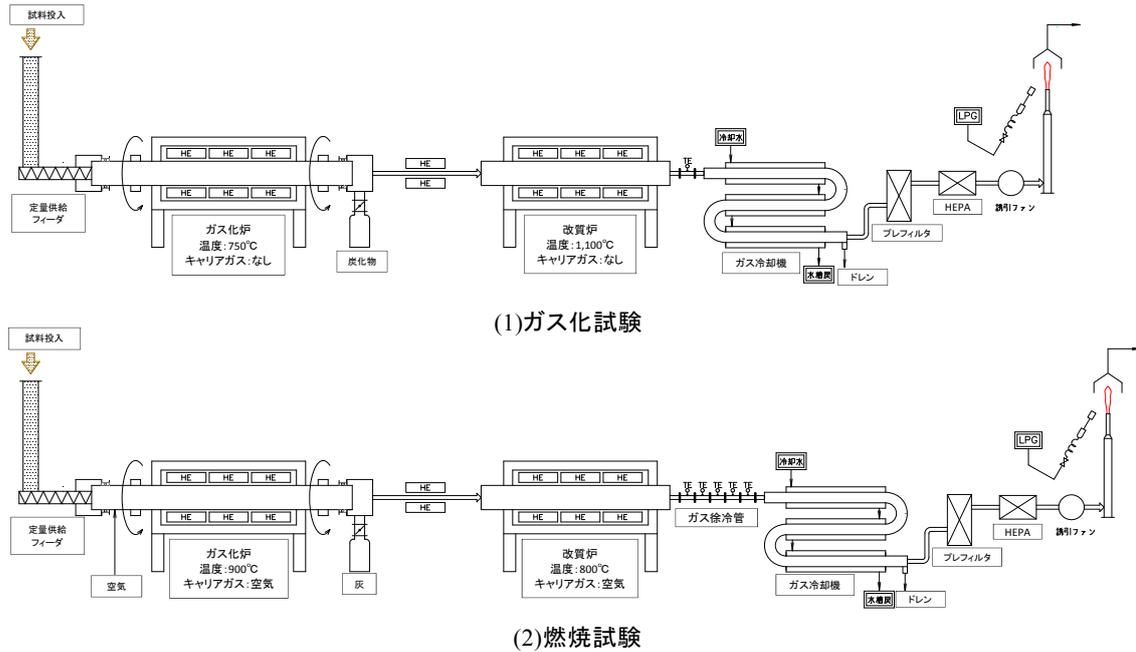


図4 試験装置のシステムフロー

表1 主要構成機器の仕様

名称	仕様
1 ガス化炉	中外炉工業製電気ヒータ式キルン炉、電気容量25kW L=4,700mm × W=1,044mm × H=1,470mm 加熱部延長 2,500mm
2 接続管	40A、外部600°Cヒーター保温
3 改質炉	中外炉工業製電気ヒータ式マッフル炉、電気容量25kW L=2,650mm × W=1,344mm × H=1,620mm 加熱部延長 1,950mm
4 徐冷管	40A、空冷配管、L=300mm × 5本
5 ガス冷却機	中外炉工業製ジャケット式水冷ガス冷却機
6 ガスフィルタ	流機エンジニアリング製ガスフィルタ プレフィルタ: RE-20P エアパルス付 φ400mm × h1000mm 不織布+表面加工、捕集効率0.3μm × 99% HEPAフィルタ: 日本無機 □305mm × 105mm
7 プロウ	昭和電機 MD-U75-3-R313 耐圧防爆形 0.5kw 2P 8.3m ³ /min × 3.1kPa
8 ガス流量計	日本フローセル NSP-1型 1~10m ³ /h

表2 供試試料

内容	木チップ (杉間伐材)		牧草		木チップ (杉の枝葉)	
Cs濃度	Bq/kg	84	1968	1708		
含水率	%	13.14	10.27	18.7		
強熱減量	%	99.5	88.63	97.64		
元素成分	C	%	48.9	40.7	48.4	
	H	%	6.6	6.1	7	
	N	%	0.14	1.4	0.83	
写真						

3.2 供試試料

試料は、岩手県奥州市内で採取した放射性セシウムを含む木チップ（間伐材、枝葉）および牧草の3種類を用いた。それぞれの試料は、事前に15mm以下に裁断し、十分に均質化したものを供試試料とした。試料の種類と性状をまとめて表2に示す。なお、燃焼試験にはガス化試験において回収したこれらの3種類のバイオマス原料の炭化物を混合したものを試料として用いた。

3.3 試験条件

試験条件を表3に示す。処理条件は当社のガス化発電システムでの処理条件を考慮して設定した。

試料は、表3に示した温度条件まで昇温してから、ガス化炉に供給し、運転が安定した後、ガスのサンプリングを行った。ガス化試験においては、運転終了後に窒素パージして装置を立ち下げ、十分に炉温が下がってから、ガス化炉出口に設けた残渣受箱から残渣（炭化物または主灰）を回収した。

表3 試験条件

試料	ガス化試験(炭化処理)			燃焼試験
	木チップ (杉間伐材)	牧草	木チップ (杉の枝葉)	炭化物
処理量	kg/h	2		0.8
	kg	12	11.7	12
ガス化炉	温度	750		900
	滞留時間	30~60(固形物)		-
改質炉	温度	1100		800
雰囲気		無酸素(窒素パージ)		空気

また、各装置の付着物についてはそれぞれ拭取り清掃することにより回収し、放射性セシウムの追跡を行った。

3.4 試験結果

3.4.1 放射性セシウムの挙動

ガス化試験、燃焼試験における放射性セシウムの収支を表4に示す。

炭化処理（ガス化）時の炭化物へのセシウムの移行率は88.8～94.9%と高くなったが、一方で燃焼処理時の主灰へのセシウムの移行率は21.9%となった。ガス冷却器やフィルタでの回収量が多くなっていることから、炭化物中のセシウムは燃焼過程で揮発し、飛灰として冷却過程において、結露して装置内部や配管内に付着もしくはフィルタによって捕捉されたものと考えられる。なお、排出ガスから放射性セシウムは検出されなかった。

ガス冷却器出口の付着物写真を図5に示す。付着物は、白色～灰白色の粉状で、簡単に拭取り除去することができた。燃焼処理時における徐冷管で

表4 放射性セシウムの収支

試料	単位	炭化処理			燃焼処理	
		木チップ (間伐材)	牧草	木チップ (枝葉)		
投入量	Bq	1008.0	23033.5	20496.0	622.4 9040.0 11968.0	
投入合計	Bq	1008.0	23033.5	20496.0	21630.4	
固形分 回収	炭/灰	Bq	874.7	19299.3	18077.7	4595.2
	ガス化炉内回収	Bq	63.9	369.6	947.0	2892.6
	接続管付着物	Bq	1.9	292.1	34.2	577.2
	改質炉内回収	Bq	0.6	23.4	10.8	2897.4
	接続管	Bq	7.3	93.7	48.9	882.9
	徐冷管	Bq				1339.9
	ガス冷却部	Bq	28.7	150.0	131.3	2744.4
	プレフィルタ回収	Bq	8.3	115.3	118.4	5050.5
	HEPAフィルタ	Bq				0.0
	回収合計	Bq	985.4	20343.4	19368.3	20980.1
回収率	%	97.8	88.3	94.5	97.0	
分布	炭/灰	%	88.8	94.9	93.3	21.9
	ガス化炉内	%	6.5	1.8	4.9	13.8
	接続管	%	0.2	1.4	0.2	2.7
	改質炉内	%	0.1	0.1	0.1	13.8
	接続管・徐冷管	%	0.7	0.5	0.2	4.2
	徐冷管	%	0.0	0.0	0.0	6.4
	ガス冷却	%	2.9	0.7	0.7	13.1
	プレフィルタ	%	0.8	0.6	0.6	24.1
	HEPAフィルタ	%	0.0	0.0	0.0	0.0
	合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0



図5 ガス冷却器出口の付着物

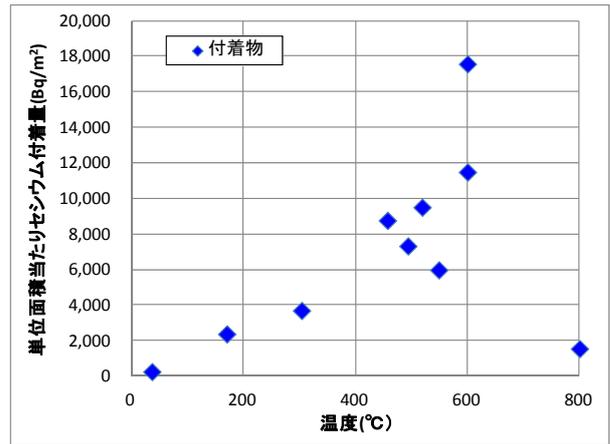


図6 ガス温度と放射性セシウム付着量

のガス温度とセシウム付着量の関係を図6に示す。ガス温度が400℃～600℃付近で付着量がやや高くなる傾向がある。高温側が上流側で、通過するガス濃度も濃いことから、温度が低下し始める箇所においてガス状から固体状になったセシウム化合物が析出し、付着量が多くなったのではないかと考えられる。

この付着物は、蛍光X線分析により塩化カリウムが主体であるとわかったが、塩化セシウムが塩化カリウムと同様の挙動を示すと考えられることから、放射性セシウムも塩化セシウムの形態となって、装置や配管の内部に付着したと推定される。この結果は国立環境研究所における廃棄物焼却過程における放射性セシウムの挙動に関する研究成果と一致する[2]。

3.4.2 減量化・減容化の効果

ガス化、燃焼および灰の固化処理に伴う減量化・減容化の効果について、表5にまとめる。なお、減容化率および減量化率は下式で定義する。

$$\text{減容化率} = (\text{原料バイオマスの容積} - \text{処理後物の容積}) / \text{原料バイオマスの容積}$$

$$\text{減量化率} = (\text{原料バイオマスの重量} - \text{処理後物の重量}) / \text{原料バイオマスの重量}$$

装置や配管内部への付着物（飛灰）はガス化炉出口で回収された灰（主灰に相当）に比べるとほとんど発生していないため、重量（容積）としては積算していない。また、灰の固化処理では、最終処理における飛散・溶出防止の観点からセメントによる固化を検討したが、固化処理は本試験で回収した主灰のみを試料として行った。

炭化処理（ガス化）に伴う減容化率は63.5～74.9%であり、概ね1/3～1/4程度の減容効果が認

められた。また、炭化物の燃焼処理では牧草由来の灰が多く発生したが、原料換算での減容化率は99.6%であった。セメント固化処理においては、普通ポルトランドセメントを灰に対して20%添加し、水を40%、溶出抑制のためにベントナイトを灰の1%添加した配合において、減量化率は94.6%となったが、固化処理によって見かけ密度が大幅に増加することから、減容化率としては99.6%を達成し、最終的に当初の1/250まで減容することができた。

表5 減量化・減容化の効果

項目	単位	ホチップ (間伐材)	牧草	ホチップ (枝葉)	備考	
炭化処理時						
処理前	投入量	kg	10,423	10,502	9,756	乾重量
	Cs濃度	Bq/kg	97	2,193	2,101	乾重量ベース
	容積	L	107.1	165.3	82.6	
処理後	排出炭量	kg	2,359	3,437	2,427	乾重量
	Cs濃度	Bq/kg	390	5,651	7,480	乾重量ベース
	Cs回収率	%	97.7	88.3	94.5	付着物含む、灰中Cs/回収Cs=88.8~94.9%
	容積	L	30.7	60.4	20.7	
減量化率	%		77.4	67.3	75.1	(処理前重量-炭重量)/処理前重量
減容化率	%		71.3	63.5	74.9	(処理前容積-炭容積)/処理前容積
炭燃焼後						
処理前	炭投入量	kg-wet	1.6	1.6	1.6	
	重量	kg	7,053	4,888	6,431	投入炭量+原料投入-排出炭量、乾重量ベース
	容積	L	72,475	76,960	54,481	換算投入セシウム総量=21,630Bq
処理後	合計容積	L		203,917		
	灰重量	kg		0,718		ガス(炭灰相当)は少量のため計算から除外
	Cs濃度	Bq/kg		6,401		灰中Cs総量=4,595Bq
	Cs回収率	%		97.0		付着物含む、灰中Cs/回収Cs=21.9%
	容積	L		0,803		
減量化率(灰)	%			96.1		(原料換算重量-灰重量)/原料換算重量
減容化率(灰)	%			99.6		(原料換算容積-灰容積)/原料換算容積
固化処理後						
固化 処理後	重量	kg-wet		1,156		水約20%、水40%、ベントナイト1%添加時
	湿潤密度	kg/L		1,610		28日試験時
	容積	L		0,718		
減量化率(固化体)	%			94.6		(原料重量-固化体重量)/原料重量、湿ベース
減容化率(固化体)	%			99.6		

4. 実用化への課題

4.1 設備への放射性セシウムの蓄積

放射性セシウムの収支結果をもとに、灰として排出される割合や設備内部への付着蓄積割合を想定し、一定量(2000Bq/kg)の放射性セシウムを含むバイオマスを一定期間(連続運転時間:12.5日)処理した場合における装置周辺の空間線量率を算出し、放射性セシウムの蓄積対策と遮蔽効果を検討した。算出結果を表6に示す。ここで、空間線量率低減効果は、以下の式のとおり定義した。

$$\text{空間線量率低減効果}(\%) = (A-B) / A \times 100(\%)$$

A: 放射性セシウムの対策を講じていない実処理設備周辺の想定空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

B: 放射性セシウムの対策を講じた処理設備周辺の想定空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

蓄積・遮蔽対策としては、熱風発生炉およびガス化炉に耐熱金属板の内張りすることによる断熱

材へのセシウム蓄積防止や熱風発生炉へのコンクリート壁設置による遮蔽などを行った。その結果、これらの遮蔽対策を講じた場合の建屋内の空間線量率低減効果は63%となった。一方、機械設備周辺部では対策を行わない場合の平均空間線量は6.32 $\mu\text{Sv/h}$ で、特定線量下業務の基準(2.5 $\mu\text{Sv/h}$)を超えてしまうが、対策を講じることにより2.47 $\mu\text{Sv/h}$ と基準範囲に収まり、空間線量率低減効果は61%となった。

表6 空間線量率低減効果

	建屋内平均	機械周辺平均
対策無 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.55	6.32
対策あり ($\mu\text{Sv/h}$)	0.95	2.47
空間線量率低減効果	63%	61%

上記の結果から、バイオマスガス化発電システムを操業するためには、放射性セシウムの蓄積対策および遮蔽対策を講じることが必要であることがわかった。逆に言えば、これらの対策を適切に講じ、定期的にメンテナンスをすれば、連続操業は十分可能である。

4.2 経済性

4.2.1 試算条件

バイオマス処理量が88t-wet/日となる送電端出力1,200kWクラスの設備(600kW×2台)を年間300日-24時間運転(ただし連続運転期間は12.5日)として、年間26,400tを処理するケースを想定し、その売電収入および熱供給に伴う燃料用重油削減費用を収入として、設備の経済的な自立の可否を検討した。なお、原料バイオマスの価格は放射性セシウムを含んでいることを考慮し、市場価格の1/2~1/3程度の価格帯となる5000円/t-dryを想定した。検討において、設備費用に50%の補助金を用いるケースとFIT制度(再生可能エネルギー固定価格買取制度、買取価格(税抜き)を32円/kWhとする)を用いるケースを想定して比較を行った。

4.2.2 試算結果

試算結果を表7に示す。上記条件で試算した結果、FIT制度を適用した場合、初期投資を含め15.9年で回収可能であり、この場合には処理費用なしで放射性セシウム含有バイオマスの減容化することが可能となった。一方、補助金を用いた場合には、売電単価(15円/kWh)では事業として成立しなかった。なお、売電せず、減容化処理施設(廃

棄物処理施設)として運用した場合にかかる処理コストは12,000円/tであった。

表7 試算結果

		補助利用	FIT利用	
1. 建設費				
ガス化発電設備一式	千円	2,299,700	2,299,700	
公的補助 補助率	%	50	0	
初期投資額	千円	1,149,850	2,299,700	
2. 年間維持管理費				
資本費	千円/年	86,699	155,690	減価償却(90%,15年定額)および固定資産税
バイオマス代	千円/年	68,000	66,000	5千円/tと仮定
メンテナンス費	千円/年	70,231	70,231	15年間平均
ユーティリティ費	千円/年	64,223	64,223	
灰処理費	千円/年	3,168	3,168	10千円/t(固化処理原材料費)
人件費他	千円/年	28,800	28,800	常時2名
	千円/年	319,121	388,112	
3. バイオマス導入による経済メリット				
売電収入	千円/年	129,600	276,480	※以下の条件は弊社推定値 15円/kWh(FIT不使用) 32円/kWh(未利用木材バイオマス扱い)
重油削減効果	千円/年	117,852	117,852	80円/L、ボイラ効率90%
導入メリット(上記合計)	千円/年	247,452	394,332	
年間収入	千円/年	-71,669	6,220	
償却年数	年	(成立せず)	15.9	

4.3 灰の安定化処理

放射性セシウムを含む灰は、飛散防止や溶出抑制のための安定化を図る必要がある。本研究では、主灰のセメントによる成形固化を試み、普通ポルトランドセメント(OPC)、水、ベントナイトを配合した灰固化体について、一軸圧縮強度と放射性セシウム溶出率を計測した。試験結果を表8に示す。

表8 セメント固化試験結果

ケース	項目	質量比率	一軸圧縮強度 MPa			溶出率* %		
			材齢7日	28日	1年	材齢7日	28日	1年
処理前			36.5					
配合①	灰	100%	3.14	5.65	9.68	11.6	8.8	5.2
	OPC	20%						
	水	40%						
配合②	灰	100%	4.09	7.20	10.3	9.1	8.0	5.5
	OPC	25%						
	水	40%						
配合③	灰	100%	6.33	8.83	11.2	8.6	7.8	5.4
	OPC	30%						
	水	40%						
配合④	灰	100%	2.67	5.05	9.08	8.6	8.1	6.1
	OPC	20%						
	水	40%						
	ベントナイト	1%						

* 溶出率:希釈(セメント・水・ベントナイトの添加)を考慮した含有量(換算値)から算出

セメント固化処理による灰固化体の一軸圧縮強度は平成24年環境省告示第14号で特定廃棄物の固型化に要求される0.98MPa以上の強度を発現し、長期的にも強度が増加することが確認された。一方、JIS K 0058-1 有姿攪拌試験による放射性セシウム溶出率は、36%から5~12%程度まで低減し、

材齢の進行に伴って溶出率も低下する傾向が確認された。この結果から、セメント成形固化処理により灰からの放射性セシウム溶出低減効果が示唆された。

5. 結言

放射性セシウムを含むバイオマスの処理方法として、ガス化発電システムの適用を想定し、放射性セシウムを含む木チップ(間伐材、枝葉)および牧草を用いてガス化試験および炭化物の燃焼試験を実施した。その結果、放射性セシウムは、ガス化時には炭化物に、燃焼時には飛灰に移行しやすいことがわかった。また、ガス化による減容率は1/3から1/4程度、燃焼および灰固化による減容率は99.6%となった。放射性セシウムの蓄積防止、放射性セシウムを含む灰の固化処理および必要な個所の遮蔽措置を講じたガス化発電設備を適用することにより、周辺環境中へのセシウム拡散を生じることなく、FIT制度の利用により経済的に放射性セシウムを含むバイオマスのエネルギー利用と減容化を図れることが示唆された。

なお、本研究は岩手県奥州市の協力のもと、環境省「平成23年度除染技術実証事業」のうち、「除染に伴い発生する有機物のバイオマスガス化発電による減容化及びエネルギー回収」[3]として実施した成果およびその後の追跡調査の結果を取りまとめたものである。

参考文献

- [1] 谷口美希, 西山明雄, 笹内謙一, ロータリーキルンを用いたバイオマスガス化システムの現状と展望, 日本エネルギー学会誌, **1024-1029(2012)91**.
- [2] 国立環境研究所, 放射性物質の挙動からみ他適切な廃棄物処理処分(技術資料:第三版), **64-70(2012)**.
- [3] 株式会社鴻池組, 環境省「平成24年度(平成23年度からの繰越分)除染技術実証事業(その1):除染に伴い発生する有機物のバイオマスガス化発電による減容化およびエネルギー回収」実証試験報告書(2012).

二重循環三塔型流動層ガス化炉による木質バイオマスのガス化に関する研究
Study on Gasification of Woody Biomass in a Fluidized Bed Gasifier with Triple-beds and Dual Circulation

村上 高広 (独立行政法人 産業技術総合研究所)

Takahiro MURAKAMI (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

e-mail: takahiro-murakami@aist.go.jp

1. はじめに

我が国では、エネルギー資源開発の重点技術の内、再生エネルギーの導入拡大としてバイオマス、エネルギーセキュリティの向上として石炭の高度利用が掲げられている。これら燃料をエネルギーに変換する技術の一つとして、ガス化が挙げられる。ガス化は、燃料をガス状の物質に変換する技術であり、製造した合成ガスは、水素および液体燃料製造、発電など広範に利用できるキーテクノロジーである。ガス化反応させる炉の中でも流動層炉は、燃料のハンドリングが良く、低温で運転でき、メンテナンスコストも安い。国内においても、図1に示すような二塔式流動層ガス化炉が、実用化に向け開発中である[1]。本炉の特徴として、ガス化炉と燃焼炉が完全に分離しているため、ガス化炉で生成した合成ガス中に燃焼排ガスが混入することはなく、結果として純度の高いガスを製造できる。本炉内では、流動媒体として一般的に使用されている珪砂が循環することにより、温度が維持される。しかしながら、低温運転のために合成ガスとともにタールが生成し、これがガス化炉外へ排出されると、炉の後段のガス冷却過程で配管に付着するなどトラブルの原因となる。タールの処理法として、ガス化炉の後段に高温改質炉、スクラバおよび活性炭を設置するシステムが挙げられる。中でも高温改質炉は、プラントコストがかかり、改質炉運転温度を維持するために、生成した合成ガスの一部が燃焼に利用されるなど、システムを運用する上で大きなロスとなる。ガス化炉内でタールを処理するために、多孔質アルミナをタール吸収粒子として利用した研究が行われてきたが[2]、珪砂の代わりに流動媒体として適用することは、ランニングコストの観点から実用化困難であった。

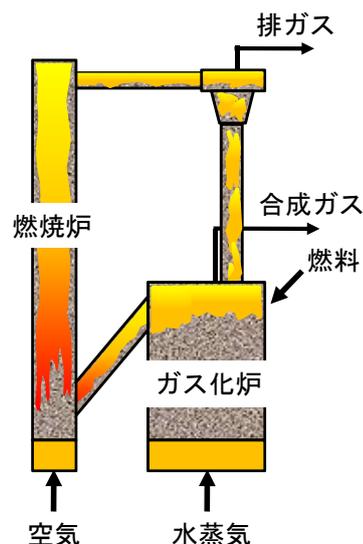


図1 二塔式流動層ガス化炉の概略図

そこで本研究では、固体燃料を高効率でガス化させ、ガス化炉内でタール吸収粒子によりタールを処理でき、さらに、珪砂よりも高価なタール吸収粒子を長期間使用できる構造をもつ新たなガス化炉を提案した[3]。概略図を図2に示す。特徴として、燃料および珪砂が循環する系(本図中下段)とタール吸収粒子が循環する系(本図中上段)とをそれぞれ独立させた。本炉構造により、運転中、燃料反応後のボトムアッシュは珪砂の循環する系に蓄積されるため、炉下部からそれを抜き出す際に、タール吸収粒子と一緒に抜き出す必要はない。したがって、タール吸収粒子の長期間の利用が可能となる。また、ガス化炉に相当する部分を二段流動層炉構造として、下段での反応後に生じるタールを上段のタール吸収粒子に吸収させることにより、ガス化炉内でタールを処理できる。本ガス化炉を二重循環三塔型流動層ガス化炉と名付けた。

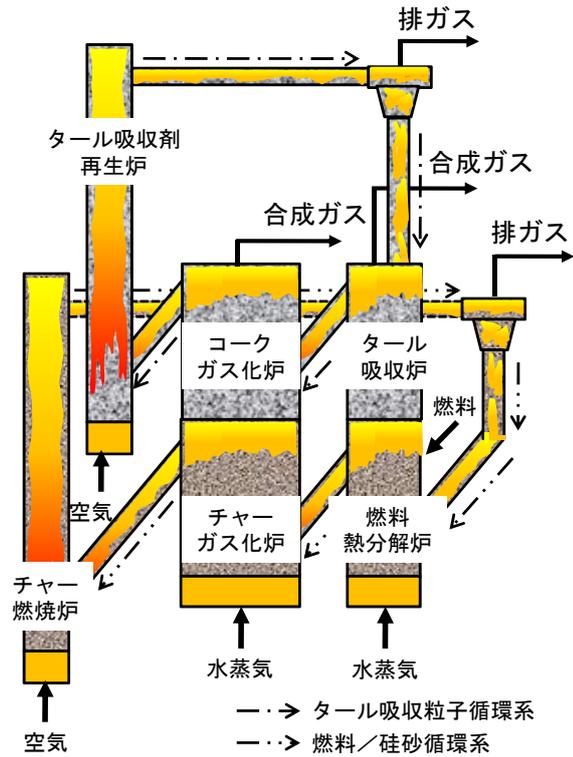


図2 二重循環三塔型流動層ガス化炉の概略図

本研究では、提案したガス化炉を開発するために、対象燃料は木質バイオマスとし、まず、二段流動層を模擬した小型流動層ガス化実験装置により、熱分解および水蒸気ガス化実験を実施し、ガス化の基礎特性を明らかにした[3]。つづいて、得られた実験データを基に、熱バランス計算を実施し、熱的に自立運転可能な粒子循環量および冷ガス効率（反応後に生成した合成ガスの化学エネルギーと木質バイオマス原料の化学エネルギーとの割合で定義）を算出した[4, 5]。つぎに、粒子の挙動を目視観察できる二重循環三塔型流動層ガス化炉を模擬した実験室規模のコールドモデル実験装置を製作して粒子循環量を取得し、熱バランス計算で得た値と比較した[6]。

2. 基礎ガス化実験

2.1 実験装置および方法

実験装置の概略図を図3に示す。流動層となる反応管は、石英ガラス製である。内径は、下段：48mm、上段：44mmからなり、流動媒体として、下段に珪砂（平均粒径：約0.15mm）、上段にター

ル吸収粒子として多孔質アルミナ（水澤化学工業（株）製、平均粒径：約0.1mm、細孔容積：0.44cm³/g、比表面積：200m²/g）を使用し、静止層高で下段：20mm、上段：30mmとなるようそれぞれ充填した。流動ガスは、熱分解実験ではアルゴンガス、水蒸気ガス化実験では主に水蒸気を供給した。反応管を電気炉により昇温し、所定温度到達後、表1に示す杉のおが粉燃料（粒径：0.5-1.0mm）を、スクリーフィーダにより下段の流動層上へ連続供給した。

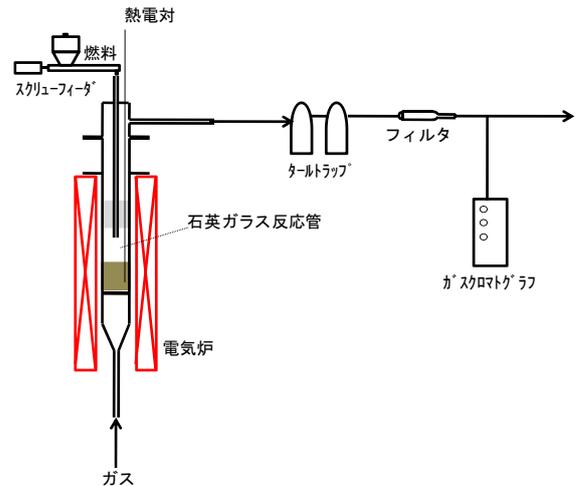


図3 小型二段流動層ガス化実験装置の概略図

表1 燃料性状

工業分析 [wet, wt.%]	水分	3.9
	揮発分	77.4
	固定炭素	18.4
	灰分	0.3
元素分析 [dry, wt.%]	C	53.88
	H	5.87
	N	<0.01
	Comb. S	<0.01
	O	39.94
高位発熱量 [MJ/kg]		20.13

実験条件を表2に示す。全ての条件において、燃料は40分間連続供給した。本表中の(a)は、珪砂のみを流動媒体とした一段流動層で実施し、他の条件は、下段に珪砂、上段に多孔質アルミナを

流動媒体とした二段流動層で実施した。(d)および(e)は熱分解の後、燃料供給を停止し 40 分間、水蒸気ガス化させた。ただし、(e)は(d)より水蒸気ガス化温度を 100℃高くした。反応後のガスは、ターレットラップによりターレットを捕集し、さらに、円筒濾紙で微粒子を捕集した後、ガスクロマトグラフ (CP-4900 Varian Inc., CA) によりガス成分を分析した。

表 2 実験条件

	ガス化条件	温度 [K]
(a)	熱分解 (硅砂のみ)	973
(b)	熱分解	973
(c)	水蒸気ガス化	973
(d)	熱分解 → 水蒸気ガス化	973 → 973
(e)	熱分解 → 水蒸気ガス化	973 → 1073

2.2 実験結果および考察

基礎ガス化実験により得られたガス収率の比較を図 4 (本図中の(a)-(e)は、表 2 の条件に対応) に示す。まず熱分解におけるガス収率を比較すると、(a)の硅砂のみを流動媒体とした条件では、CO が最も高くなる一方、多孔質アルミナを使用した(b)の条件では、H₂が最も高くなった。下段の硅砂中に供給された燃料が熱分解反応によって燃焼ガスと同時にターレットも生成する。これらが上段の多孔質アルミナ粒子層を通過する際に、ターレットはアルミナ粒子に吸収されるが、触媒効果でその一部はガスに改質 (クラッキング) される。H₂生成量が高くなったのはこのためと考えられる。

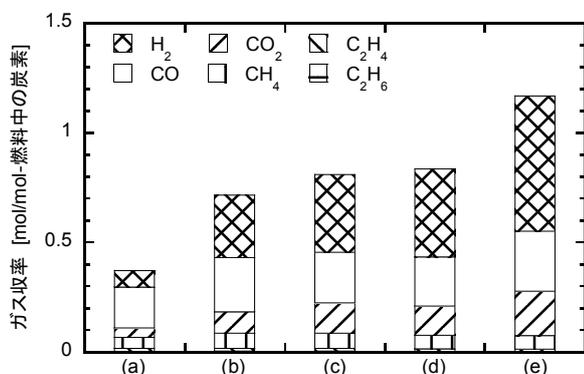


図 4 ガス収率の比較

つづいて(c)の水蒸気ガス化では、熱分解よりも H₂および CO₂の生成量が向上している。これは水蒸気による改質および水性ガスシフト反応(式(1)および(2))が起こることによる。つぎに、(c)と(d)を比較すると、低温のために顕著な差異は生じなかったが、(e)のように水蒸気ガス化温度を(d)よりも 100℃高くすることで、前述の反応が促進され、H₂生成量は顕著に増加した。全ての条件において、C₂H₄は若干量、C₂H₆はほとんど生成しなかった。



3. 熱バランス計算

3.1 計算条件および方法

プロセスモデルを図 5 に示す。ガス化炉の規模は 5t/日とし、温度条件は、熱分解炉に相当する燃料熱分解炉およびターレット吸収炉は 973K、ガス化炉に相当するチャーガス化炉およびコークガス化炉は 1073K、燃焼炉に相当するチャー燃焼炉およびターレット吸収粒子再生炉は 1173K とした。燃料や流動媒体は、基礎ガス化実験と同様とし、熱分解および水蒸気ガス化によって得られるガス転換率や組成などは、基礎ガス化実験データを活用した。各々の炉で生成したガスは高温であるため、炉の後段で 473K まで熱交換し、炉へ供給するための空気および水蒸気を予熱するために利用した。本図の詳細に関しては、文献[4]を参照いただきたい。

3.2 計算結果および考察

計算結果のフローチャートを図 6 に示す。本図より、各々の設定温度を維持するのに必要な粒子循環量は、燃料循環系で約 5.8t/h、ターレット吸収粒子循環系で約 3.1t/h であることが明らかになった。ただし本条件では、熱分解炉よりもガス化炉の方を 100℃高く設定しているため、各々の燃焼炉で再加熱された流動媒体粒子の一部を、チャーガス化炉およびコークガス化炉それぞれのガス化炉へ直接再循環させることで、温度を維持させる必要がある。本条件による冷ガス効率、熱分解炉で約 57%、ガス化炉で約 17%であることにより、70%以上の高い効率を得られる可能性があることを明らかにした。

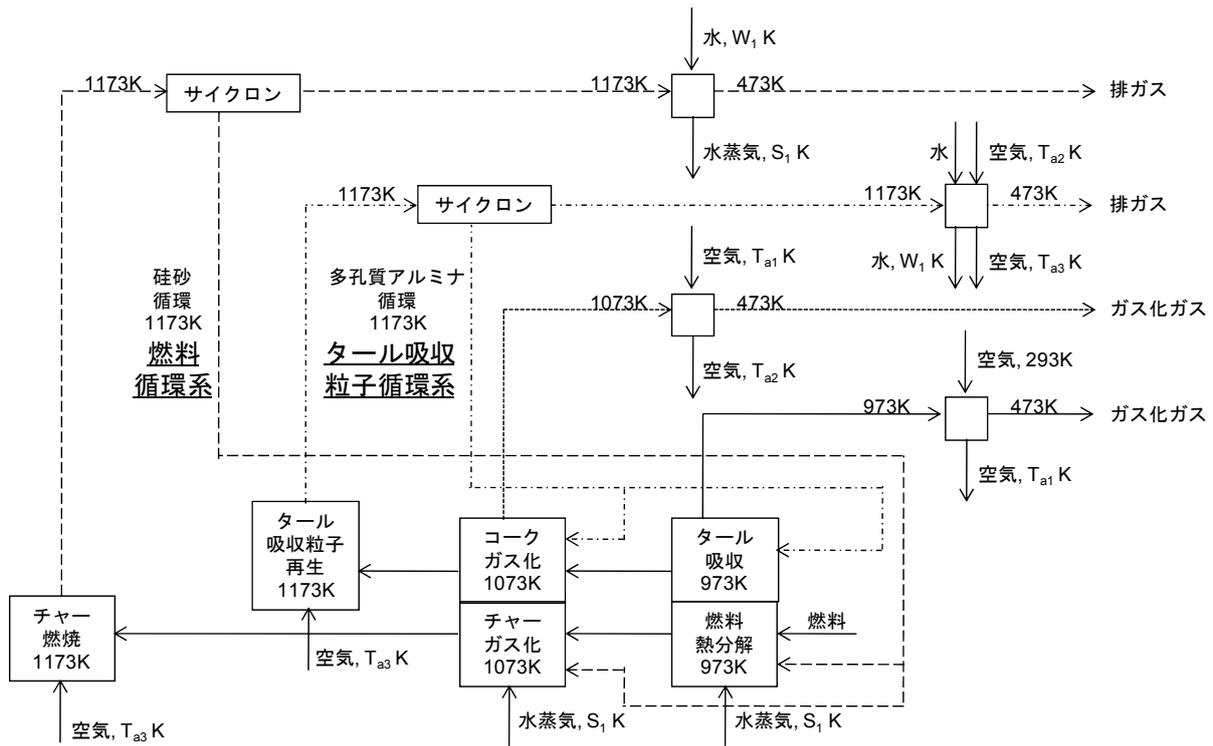


図5 熱バランス計算のプロセスモデル

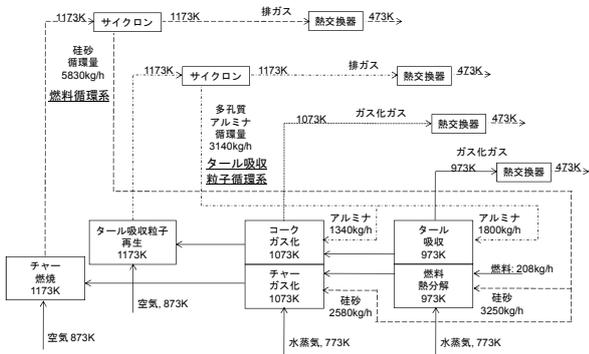


図6 計算結果のフローチャート

4. 粒子循環実験

4.1 実験装置および方法

実験室規模のコールドモデル実験装置の概略図を図7に、仕様を表3にそれぞれ示す。本装置は常温で運転するため、燃料を供給しないのでガス化反応は起こらない。したがって、熱分解炉およびガス化炉の上下段のガス量に変化はないため、内径は同じとした。燃焼炉は、チャーの燃焼時間も考慮し、下部をバブリング流動層とした。炉間の連通部は、サイクロンから熱分解炉、熱分解炉からガス化炉をLバルブ、ガス化炉から燃焼炉を

Jバルブとし、フレキシブルホース (TOYOX 製) を使用した。

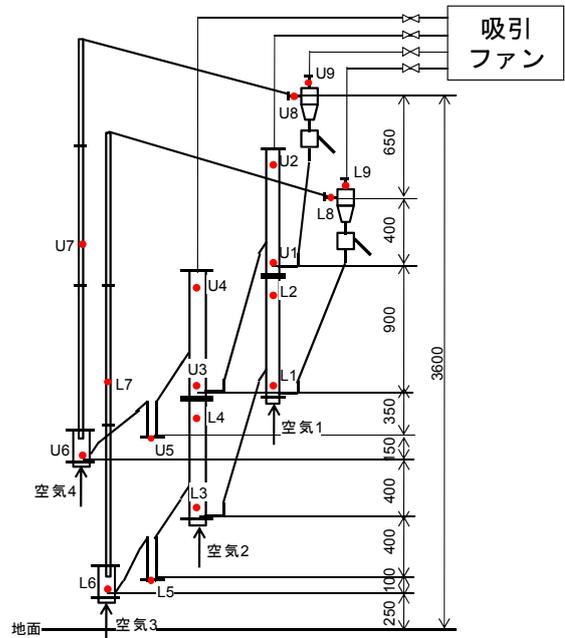


図7 コールドモデル実験装置の概略図

表3 コールドモデル実験装置の仕様

内径	[mm]
熱分解炉	40
ガス化炉	68
燃焼炉	
バブリング	68
ライザー	16
各炉間の連通部	14
分散板ノズル	0.5
粒子出口の高さ（分散板から）	[mm]
熱分解炉	140
ガス化炉	205
静止層高	[mm]
熱分解炉	110
ガス化炉	160
燃焼炉	30
分散板ノズル数	
熱分解炉	16
ガス化炉	24
燃焼炉	28

流動媒体は、上下段の循環系とも多孔質アルミナを使用した。流動ガスは、表4に示す空気を供給し、本図中において空気1および2の空気量は一定とし、空気3および4の空気量を変化させた。また、粒子が炉間の連通管で滞留しないように、各LおよびJバルブには少量の空気を供給した。各炉の出口にはバルブおよびファンを設け、バルブの開閉により出口圧を調整した。本図中に示すように、実験中は上/下段で各9点（図7中のU1~9 / L1~9）の圧力を圧力センサ（GC62, KL76, 長野計器（株）製）により測定した。なお、各々の循環系のサイクロン下部にY型弁（図8）を設置することにより、粒子タンクへ所定時間に溜まった粒子量から粒子循環量を算出した。

表4 実験条件

流動媒体	多孔質アルミナ
空気量 [m ³ N/h]	空気 1: 0.1
	空気 2: 0.3
	空気 3: 1.8 - 3.0
	空気 4: 1.8 - 3.0

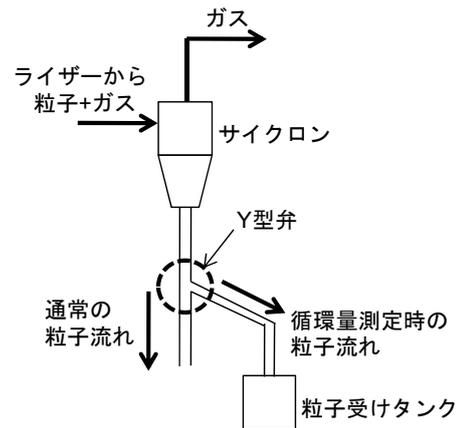
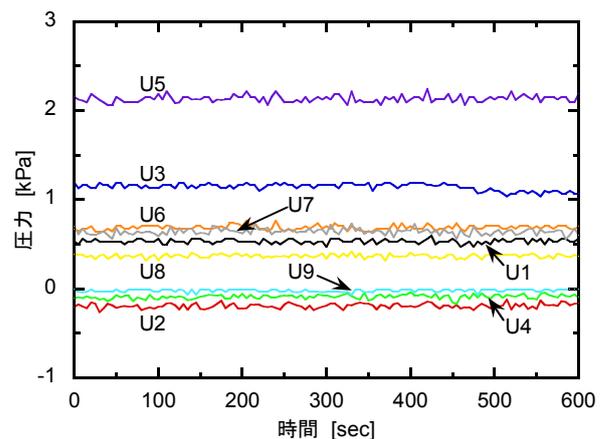


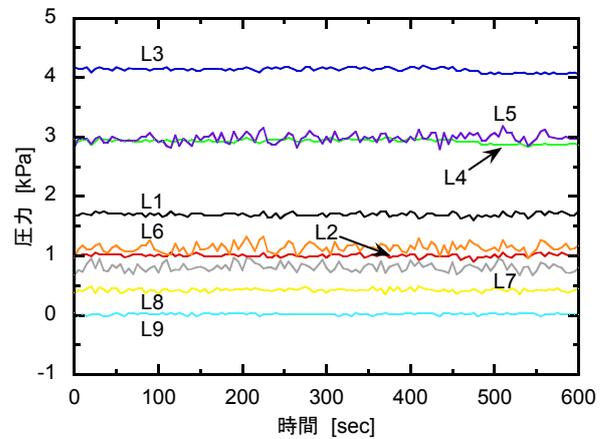
図8 粒子循環量測定法の詳細図

4.2 実験結果および考察

連続運転した場合の圧力の経時変化の一例を図9に示す。空気3および4の空気量は、3.0m³N/hの条件である。本図の測定結果より、上段/下段において安定した運転が行えたといえる。



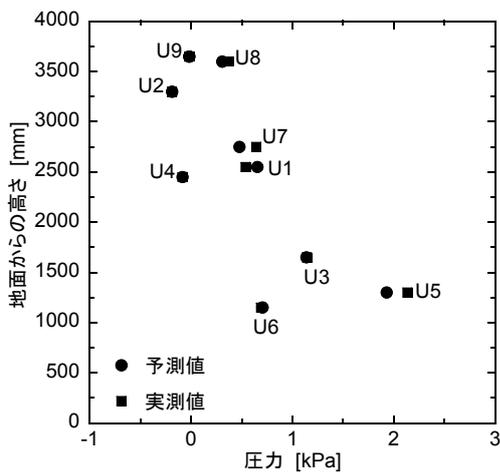
(a) タール吸収粒子循環系



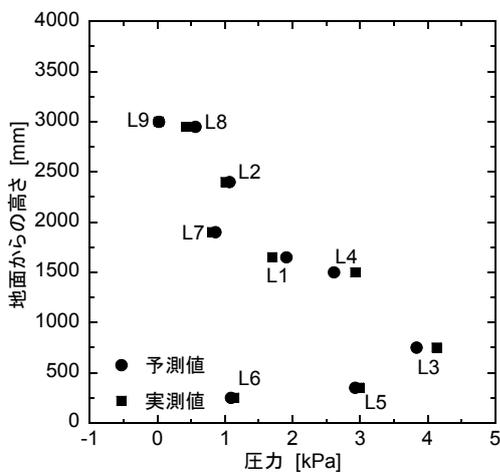
(b) 燃料循環系

図9 圧力の経時変化

また、表3に示す仕様に基づき計算した圧力の予測値と測定値との比較を図10に示す。本図より、各ポイントにおける計算値ならびに実験値は類似しており、ガス化炉内の圧力値を予測できることを明らかにした。詳細については、文献[6]を参照していただきたい。



(a) タール吸収粒子循環系



(b) 燃料循環系

図10 圧力プロファイルの比較

粒子循環量とライザー圧損との関係を図11に示す。熱バランス計算により得られた燃料系およびタール吸収粒子循環系のそれぞれ必要な粒子循環量は、図11中の破線に示す値である(それぞれの燃焼炉のライザー径を360mmとし、循環量と断面積との割合で表記)。ライザー圧損は、高速ライザー(U7あるいはL7)とサイクロン入口(U8あるいはL8)の差圧で定義している。本図より、

燃料系およびタール吸収粒子循環系それぞれの目標値を含む広範な粒子循環量を得ることができた。また循環量は、ライザー圧損と正の相関関係にあり、ライザー圧損値が分かれば、粒子循環量を予測できるといえる。

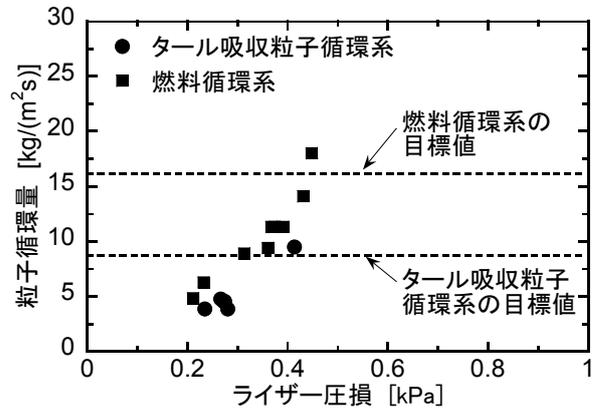


図11 粒子循環量とライザー圧損との関係

5. おわりに

本稿では、新規提案した二重循環三塔型流動層ガス化炉の研究開発の成果の一部を紹介した。本研究では、つぎのステップとして、提案したガス化炉を模擬した実験室規模のステンレス製ホットモデル実験装置を製作し、70%以上の冷ガス効率を得られる条件を実験的に明らかにした。さらに、タール吸収粒子によりガス化特性を比較し、その性能に関しても明らかにした。本内容については、文献[7]および[8]を参照いただきたい。

謝辞

本研究は、林野庁からの委託事業「森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業(小規模分散型製造システム:マイクロ波応用液化タイプ)」の一環として実施したものである。ここに記して、謝意を表す。

参考文献

- [1] 須田俊之ら, 粉体工学会誌, 46 (2009) 436-441.
- [2] K. Matsuoka *et al.*, Energy Fuels, 22 (2008) 1980-1985.
- [3] T. Murakami *et al.*, Adv. Powder Technol. 22 (2011) 433-438.
- [4] T. Murakami *et al.*, Adv. Powder Technol., 22 (2011) 449-452.

非食用バイオマスからのバイオエタノール製造技術

Bio-Ethanol Process Technology from Non-food Biomass

五十嵐 実, 和泉 憲明 (川崎重工業)

Minoru IGARASHI, Noriaki IZUMI (Kawasaki Heavy Industries)

1. はじめに

バイオマス資源をエネルギーへ転換する技術として、リグノセルロースが主成分である非食用の植物等からエタノールを得る方法がある。現在までに研究されているリグノセルロースの糖化手法としては、硫酸を使用する方法（硫酸法）および酵素を使用する方法（酵素法）等がある。硫酸を使用する場合は硫酸の回収や耐腐食性容器等の使用が、酵素を使用する場合は現状まだ酵素の値段がコストアップの要因となっている。本研究では、硫酸を使用しない熱水による糖化技術を用いて、リグノセルロースから効率良くエタノールを製造し、化石燃料と競争的価格を達成できるエタノール製造技術の確立を目的としている。

川崎重工業（株）（以下、当社）では、サトウキビの絞り粕であるバガスからバイオエタノールを製造する技術開発を、2006年度から2008年度までNEDOとの共同研究として実施した。その後、この技術をベースに稲わらからバイオエタノールを製造する実証事業を、2008年度後半から2012年度まで、農林水産省の補助事業として秋田県の支援のもと（社）秋田県農業公社とともに実施した。

本稿では、この実証事業におけるバイオエタノール製造技術を中心に紹介する。

2. バイオエタノール製造技術の概要

農林水産省では「ソフトセルロース利活用プロジェクト」を補助事業として、2008年度から開始し全国で4件を採択した（秋田地区以外は北海道、兵庫、柏の葉）。本事業は、国産バイオエタノールの輸送用燃料利用促進を図るために、研究開発等の取り組みを行っており、食料と競合しない稲わら・麦わら等のソフトセルロースを原料とした技術実証が目的である。

本実証事業で、当社はバイオ燃料製造実証およ

び走行実証を担当した。バイオ燃料製造設備は、原料となる稲わらの受け入れから無水エタノール製造までの全工程を対象としており、当社では設計・製作および運転を担当することで、エタノール製造技術を実証するとともに設備の課題を抽出することを目的とした。

バイオ燃料製造設備は、2008年度末から2009年度にかけて、秋田県潟上市の工業団地内に建設した。設備の全景を写真1に示す。バイオエタノール製造能力は200L/日である。

バイオエタノールの製造フローを図1に示す。ロール状で保管されている稲わらを受け入れ、粉碎、スラリー化を経て、糖化、濃縮、発酵、蒸留、無水化の手順で製品エタノールを製造する。本設備における糖化工程は、熱水条件を変えてヘミセルロース、セルロースのそれぞれを対象に2段階で実施している。発酵は天然酵母を使用して、ヘミセルロースを糖化して得られるキシロース、セルロースを糖化して得られるグルコースを別々に発酵させている。発酵液は蒸留後にゼオライト膜での蒸気透過膜法により脱水して、エタノール濃度99.5vol%の無水エタノールとする。各工程で得られる生産物を図2に示す。



写真1 バイオ燃料製造設備全景

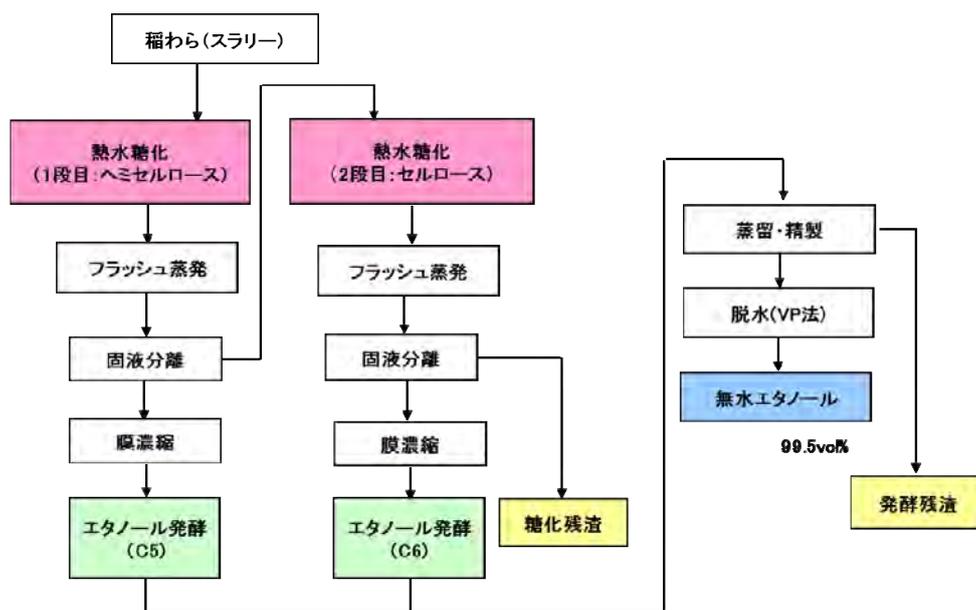


図1 概略システムフロー

3. 熱水糖化プロセスの概要

本システムにおける糖化技術は、セルロースやヘミセルロースを水と混ぜて高温、高圧にすると、ある温度域で熱水の酸化作用が非常に強くなり、高分子化合物の結合を切断分解（糖化）できるという性質に着目したものである（図2参照）。本システムの糖化は、前述のとおり2段階で実施する。1段目は約160℃、0.7MPaの熱水でヘミセルロースをキシロースとオリゴ糖に分解し、2段目では約260℃、5MPaでセルロースをグルコースに分解する。実証試験での糖化反応器は、シェルアンドチューブタイプを使用しており、管内をスラリー化した粉碎稲わらを通して、外側から蒸気で所定の温度条件まで加熱する。それぞれ、所定の滞留時間後にフラッシュ蒸発にて急冷させ、糖化液の過分解を防いでいる。過分解物は発酵阻害物質になることから、滞留時間の設定は重要となる。本手法における糖化率は、前述の硫酸法や酵素法に比べ低くなるが、ランニングコストも含めた全体のエタノール製造コストを抑えることが可能となる。また、熱水による糖化では、バイオマスの種類が変更になった場合でも、熱水条件を変更するだけで対応が可能であり、システムを大幅に変更する必要はない。



図2 各工程生産物

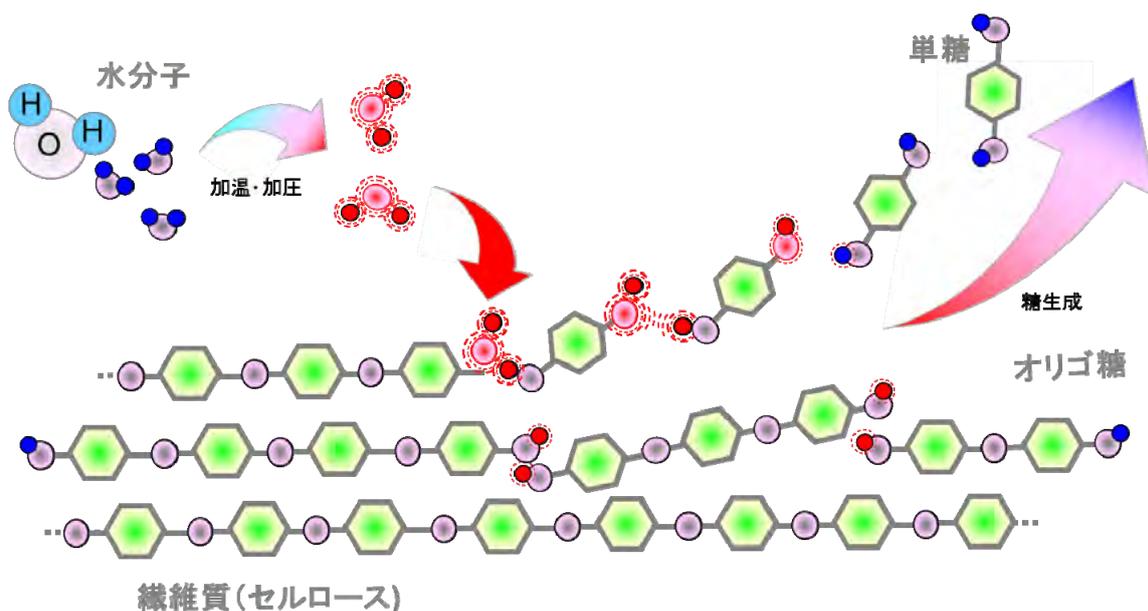


図2 熱水糖化プロセスの概念

4. 発酵プロセスの概要

バガスを対象とした NEDO との共同研究では、セルロースを糖化して得られるキシロースと、セルロースを糖化して得られるグルコースを同時にエタノール発酵させるために、遺伝子組換え菌を使用していた。これは、遺伝子組換え技術により酵母にキシロース資化性を賦与し、さらに、酵素を表層提示させることによりオリゴ糖を表層で単糖に分解させ、酵母の単糖代謝経路を利用してエタノール発酵させる技術である。この酵母の開発は、神戸大学に再委託して実施して頂いた。なお、秋田での実証事業では、遺伝子組換え菌は使用せず天然酵母による発酵を行ったことから、キシロース、グルコースを別々に発酵させている。

5. バイオ燃料製造実証結果

2009年度は実証設備の試運転等を実施し、本格的なバイオ燃料製造実証試験は2010年度から開始した。本設備による1回の試験期間は、試験準備および後処理を含めて、約1ヶ月程度となる(設備の連続生産日数は最大7日)。その後、試験結果の分析および結果の検討を行うことから、試験は2ヶ月程度のサイクルで実施した。このため、1年で実施する実証試験の回数は6回程度であった。本実証試験では、エタノールの生産量を求めるも

のではなく、技術の実証を目的としていることから上述の試験スケジュールとなっている。

バイオ燃料製造の試験結果を表1に示す。実証試験で製造したエタノールの総量は約2,600L(100%エタノール換算)である。最終年度で得られた糖化率および発酵効率を表2に示す。ここで、C5、C6はそれぞれヘミセルロース、セルロースからの糖化液のことである。セルロースの糖化率は目標値に対して若干低い値となった。これは、反応器内の不均一な温度分布、糖の過分解が原因と考えられる。この点に関しては、実機における最適化で対応可能と考えている。これらの結果から本技術にて、稲わら1dry-tonから150Lのバイオエタノールを製造する技術が確立できた。

製造したエタノールの品質分析結果を表3に示す。自動車燃料用として使用するエタノールの品質に関しては、JIS規格で規定されている。製造したエタノールは、JIS規格を満足するものとなっている。実証事業では、この稲わらから製造したバイオエタノールを使用して走行実証も実施している。ここでは、E100(バイオエタノール100%)を燃料として、FFV(フレックスフューエルビークル)を非公道である大潟村ソーラースポーツラインにて実施し、走行に支障がないことを確認している。

表1 各年度試験結果

	2009年度	2010年度
製造量[L/年]	7	1158
製造効率[L/t-dry]	—	—
連続生産日数[日]	4	4
品質適合度[%]	30	100
	2011年度	2012年度
	610	823
	122	153
	7	7
	100	100

注)・製造量は100vol%換算値

- ・製造効率に蒸留、無水化のロス含まず
- ・連続生産日数は糖化基準の日数
- ・品質適合度はエタノール濃度99.5vol%以上を100%

表2 糖化率および発酵効率

	目標値	2012年度結果
セルロース糖化率[%]	50	44
ヘミセルロース糖化率[%]	50	70
C5発酵効率[%]	60	66
C6発酵効率[%]	80	82

表3 エタノール品質分析結果

項目	単位	結果	JIS規格
外観	—	無色	無色透明
エタノール分	vol%	99.8	≥99.5
メタノール	g/L	1.0	≤4.0
水分	Wt%	0.35	≤0.70
有機不純物	g/L	5.6	≤10
電気伝導度	μS/m	10	≤500
蒸留残分	mg/100mL	0.2	≤5.0
銅	mg/kg	<0.10	≤0.10
酸度	wt%	0.0031	≤0.0070
pHe(参考)	—	5.2	(※)
硫黄分	mg/kg	<1	≤10

※ 受渡当事者間の合意による

6. 低コストバイオエタノール製造方策

バイオマスを利用してバイオエタノールを製造する場合には、熱、水の有効利用およびバイオマス由来の熱源は不可欠になると考えられる。今回の実証事業では、エタノール収率を上げることを当面の目標にしていたことから、これらの方策は実施していない。商用設備にする段階では以下の方策を実施する予定である。

- ・熱水糖化反応におけるフラッシュ蒸気を、反応器入口の予熱に使用
- ・糖化液膜濃縮における排水をスラリー用供給水に使用
- ・蒸気発生用のボイラ燃料として、製造工程残さおよびもみ殻(バイオマス種として稲わらを使用する場合)等の使用

これらの方策を実施することで、化石燃料と競争可能な価格を実現できる可能性がある。

7. おわりに

近年、自動車用燃料としてのバイオエタノール利用は増加傾向にある。一方で、原料として農産物が使用される(第一世代バイオエタノール)ことへの問題が大きくとりざたされている。当社が取り組んできた本実証事業では、非食用である稲わらを原料(第二世代バイオエタノール)として、熱水糖化技術によりバイオエタノールを製造する技術を実証することができた。実用化に向けては克服すべき課題も残されているが、この技術を活用して、第二世代のエタノールの普及に貢献できるよう、当社ではさらなる研究開発を実施していく予定である。

本事業の実施にあたり、農林水産省、東北農政局、JARUS*および秋田県の関係者の方々にご協力頂いたことに感謝致します。

* (社) 地域環境資源センター

高温ガス化直接溶融炉におけるバイオコークスによるコークス使用量削減

Reduction of Coke Consumption by using Bio-coke at High-Temperature Gasifying and Direct Melting Furnace

奥山 契一, 秋山 肇, 内山 武 (JFE エンジニアリング),
 田中 一嘉 (大阪府森林組合), 村田 博敏 (ナニワ炉機研究所), 井田 民男 (近畿大学)
*Keiichi OKUYAMA, Hajime AKIYAMA, Takeshi UCHIYAMA (JFE Engineering Corporation),
 Kazuyoshi TANAKA (Osaka-Prefecture Forestowners Association),
 Hirotoshi MURATA (Naniwa Roki Co., Ltd), Tamio IDA (Kinki University)*
e-mail: okuyama-keiichi@jfe-eng.co.jp

1. はじめに

JFE 高温ガス化直接溶融炉設備は、廃棄物をガス化するとともに、コークスを使用し灰分を溶融させるため、一般廃棄物をはじめ、産業廃棄物、焼却灰、掘り起こしごみ、アスベストなど多様な廃棄物を処理でき、2003年の初号機竣工以降10プラントの納入実績がある[1-6]。昨今、CO₂排出量削減に関する社会的要望が強まっている中、当社ではコークス使用量の削減により、CO₂排出量を削減する方策について、鋭意検討を進めている[7, 8]。その一環として、バイオマス由来の固体燃料を使用することにより、通常使用している化石燃料由来のコークス（以下、通常コークスと称す）の使用量を削減する実機試験を実施してきた[8-10]。バイオマス原料の入手性は地域により異なるが、容易に確保できる原料にコークス代替機能を与えて適用することで、環境負荷の低い操業を実現できる。

各種バイオマスを半炭化温度よりも低温度領域で高密度に加熱成型した燃料が近畿大学により開発され、バイオコークスと称されるこの次世代燃料の商用利用が進められている[11, 12]。本研究では、入手容易な木屑を原料としたバイオコークス（以下、木屑バイオコークスと称す）を高温ガス化直接溶融炉に適用することにより、大幅な通常コークス使用量の削減を行った。更に一般ごみを原料としたバイオコークス（以下、ごみ固形化バイオコークスと称す）を用いて通常コークスを削減し、廃棄物に溶融熱源の機能を与えて利用できることを確認した。

2. 高温ガス化直接溶融炉の概要

図1にJFE高温ガス化直接溶融炉の炉内断面を示す。本装置は炉頂から廃棄物、コークスおよび石灰石を投入する。廃棄物層の上段では、水分の蒸発、可燃分の熱分解が進行する。廃棄物中の固

定炭素と灰分は、投入したコークス、石灰石とともに溶融炉内を予熱されながら下降し、炉下部に到達する。炉下部ではコークス充填層が形成され、主羽口から供給した酸素富化空気によりコークスと固定炭素を燃焼し、その燃焼熱で灰分を溶融する。石灰石は灰分の融点を下げ、生成した溶融スラグの粘性を低下させる。溶融スラグは出滓口から連続的に排出する。炉下部から廃棄物層にかけて発生した可燃性ガスは、溶融炉後段の二次燃焼室で完全燃焼する。完全燃焼したガスは、ボイラーで熱回収し、排ガス処理系を経由し排出する。

3. バイオコークス使用試験

3.1 バイオコークスの性状

3.1.1 外観と分析値

バイオコークスは、バイオマス原料を炭化や半炭化の生じる温度より低い温度領域で熱軟化させ圧縮成型したもので、原料の持つ揮発成分を保持した高密度・高強度の成型燃料である[11]。

木屑バイオコークスは、大阪府森林組合が間伐

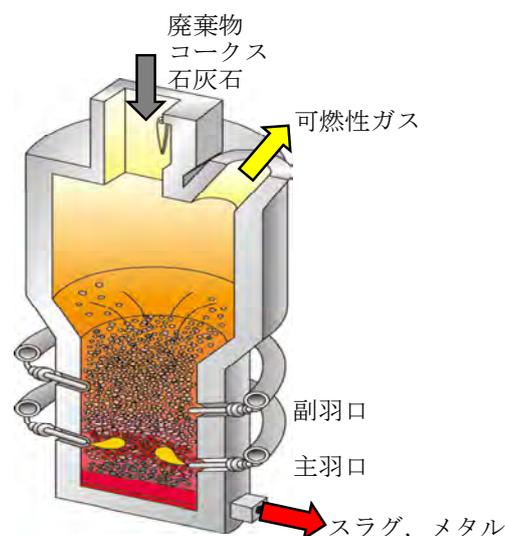


図1 高温ガス化直接溶融炉

材等を原料として製造したもので[11]，直径100mm，長さ50～100mmの円柱形であり，見掛密度は1.41g/cm³であった．この外観を図2に示す．



図2 木屑バイオコークスの外観

試作したごみ固形化バイオコークスは，一般ごみを乾燥，押出成型して製造した直径15mmのごみ固形燃料（RDF）を中間原料として用いた．これをバイオコークス量産試験機[12]に投入し，190℃で加圧し再成型した後，所定長さに切断した．成型品は，直径100mm，長さ40～100mmの円柱形であり，見掛密度は1.38g/cm³であった．ごみ固形化バイオコークスの外観を図3に示す．



図3 ごみ固形化バイオコークスの外観

木屑バイオコークスおよびごみ固形化バイオコークスの性状分析結果を，通常コークスと比較して表1に示す．いずれも通常コークスと比較して固定炭素が少なく，揮発分が多い．これは製造過程で，揮発分放出を伴う乾留処理をしていないためであり，原料の保有していた熱量を炉内熱源として有効利用することが期待される．

3.1.2 強度試験

木屑バイオコークスおよびごみ固形化バイオコークスの強度を，コークス強度の測定手段として用いられる試験方法であるドラム強度およびCO₂反応後強度により評価した．

ドラム強度DI³⁰₁₅はJIS K 2151に定められたものであり，規定のドラムに試料を投入し所定回転数で30回転させ，15mmの篩上に残る試料の重量比率として求めるものである．各バイオコークスについては，入手したままの試料の測定に加え，炉内で揮発分が脱離した後の強度の指標として，950℃で18hの乾留処理を施した試料についても測定を行った．

CO₂反応後強度CSR(+9.5mm)は，20mmに整粒した炭化物試料200gを1,100℃で2時間CO₂と反応させた後，常温下でI型ドラムに投入して20min⁻¹で600回転させ，9.5mmの篩上に残る試料の重量比率として求めるものである．各バイオコークスについては，炭化物試料と同条件で整粒を行うために，整粒操作の前に950℃で18hの乾留処理を行った．

測定結果を表2に示す．表2より，いずれのバイオコークスについても，乾留前のドラム強度は高く，一般のコークスと遜色ない値を示した．木屑バイオコークスでは乾留処理により強度が低下

表1 バイオコークスの性状

		木屑 バイオ コークス	ごみ 固形化 バイオ コークス	通常 コークス
水分	wt%	10.4	4.1	5.0
灰分	乾 wt%	2.0	13.0	12.6
揮発分	乾 wt%	76.6	74.6	1.6
固定炭素	乾 wt%	21.4	12.4	85.8
低位発熱量	MJ/kg	16.2	17.4	29.3

表2 バイオコークスの強度

		木屑 バイオ コークス	ごみ 固形化 バイオ コークス
ドラム強度 DI ³⁰ ₁₅ [%]	乾留前	98.7	94.9
	乾留後	40.3	0.0
CO ₂ 反応後強度 CSR(+9.5mm) [%]		0.0	3.5

したが、ドラム強度試験で40%を篩上に残す形状を保っていた。一方、ごみ固形化バイオコークスでは乾留処理により強度を失い、ドラム強度はゼロとなった。

ごみ固形化バイオコークスは、原料を一旦RDFに成型して輸送し、バイオコークスに再成型している。バイオコークスの内部にはRDFの構造が残っていたため均一な組織とならず、乾留後に低強度の部分から崩壊が生じたものと考えられる。

木屑バイオコークスのCO₂反応後強度はゼロである。ごみ固形化バイオコークスではわずかな数値が出ているが、原料ごみ中に含まれる金属片等が崩壊後も篩上に残ったことによるものである。

これより、これらのバイオコークスは炉下部で長時間の強度は保たず消費され、良好なスラグの流下を維持するため炉底に形成されるコークスベッドの代替機能は果たさないことが示唆される。期待される効果は、高い初期強度を維持し崩壊せず、速やかに炉底に到達して灰分を熔融するための熱量を放出することである。

3.2 試験方法

実機試験は、処理量80t/dの高温ガス化直接熔融炉において実施した。木屑バイオコークスを使用した試験ではコークス削減率50%を目標とし、ごみ固形化バイオコークスを用いた試験ではコークス削減率30%を目標とした。

バイオコークスの使用により通常コークス使用量を削減する場合、置換比率が適正でなく炉下部においてスラグを熔融させる熱が不足すると、スラグの熔融および排出が困難となる。そこで本試験では、各バイオコークスの使用量を増加させながら、スラグの出滓^{しゅっさい}状況を確認し、スラグ温度が基準値を下回らないように、通常コークス使用量を削減した。

3.3 試験結果と考察

3.3.1 コークス削減の評価指標

本試験結果を評価するにあたりバイオコークス使用率 $R_B(\%)$ および通常コークス削減率 $R_{\Delta C}(\%)$ を以下と定義する。

$$R_B = B / C_0 \times 100 \quad (1)$$

$$R_{\Delta C} = (C_0 - C) / C_0 \times 100 \quad (2)$$

ここで、 C_0 はベース条件（通常コークスのみによる操業）における通常コークス原単位（kg/t-ごみ）、 C は本試験中の通常コークス原単位（kg/t-ごみ）、 B は本試験中のバイオコークス原単位（kg/t-ごみ）を示す。

$R_{\Delta C}$ と R_B との関係から、バイオマスコークスによる通常コークスの削減率と置換効率を評価した。

3.3.2 木屑バイオコークスのコークス削減効果

木屑バイオコークスを使用した場合の通常コークス削減率 $R_{\Delta C}$ とバイオコークス使用率 R_B との関係につき、試験結果を図4に示す。バイオコークス投入量の増加すなわち R_B の増加と共に通常コークス削減率 $R_{\Delta C}$ は増加した。本試験での最大コークス削減率は、56.6%であった。このことから、木屑バイオコークスを使用することにより、50%以上の通常コークスが削減可能であることを確認した。

図4には、 R_B に対し、投入したバイオコークスと同じ熱量の通常コークスが削減されたと仮定した場合の関係を直線で示した。各プロットは、ほぼこの直線に沿って増加しており、等価熱量での置換が行われたことがわかる。

また、ベース条件における通常コークスによる供給熱量を100とした場合の、試験時の通常コークスおよびバイオコークスによる供給熱量合計を供給熱量指数と定義し、 R_B が83%の場合の値を図5に示す。木屑バイオコークス使用時の供給熱量指数は100以下であることから、木屑バイオコークスは通常コークスと同等もしくはより効果的に熱量が使われていることが示された。

以上のことより、木屑バイオコークスの揮発分由来の熱量がコークス削減に寄与しており、さらに木屑バイオコークスの持つ熱量が、通常コークスと同等またはそれ以上に、炉下部において灰分の熔融に有効に作用するものと考えられる。JFE高温ガス化直接熔融炉の場合、このような熱量の有効利用に関しては、他のバイオマス固体燃料についても同様の効果が期待できる。

なお、今回の試験では、バイオコークスにより通常コークスを56.6%削減できることを確認したが、スラグの出滓状況を含めて運転は安定しており、更なる通常コークスの削減も可能と考えられる。

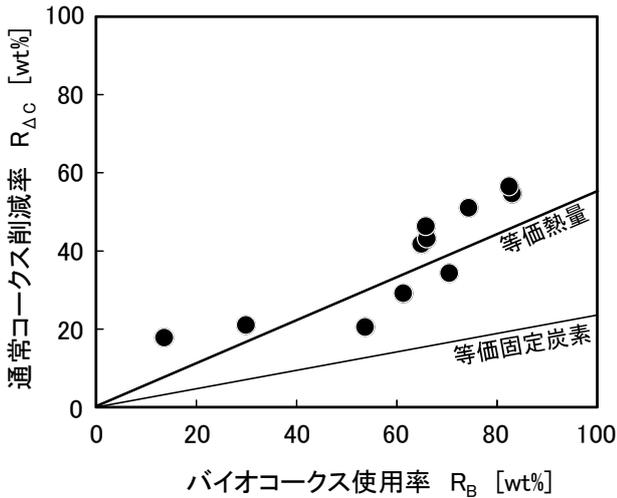


図4 木屑バイオコークス使用時の通常コークス削減率

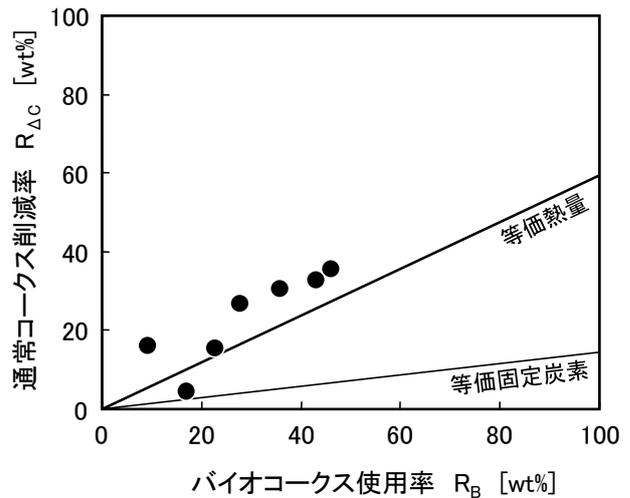


図6 ごみ固形化バイオコークス使用時の通常コークス削減率

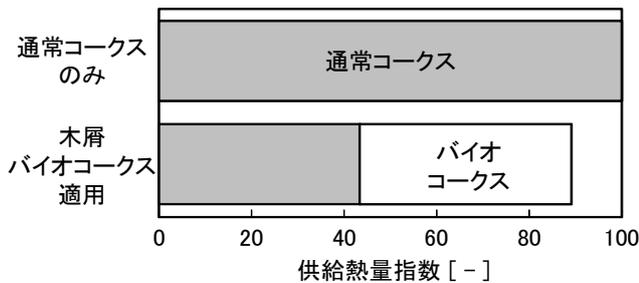


図5 木屑バイオコークス使用時の供給熱量指数 ($R_B = 83\%$)

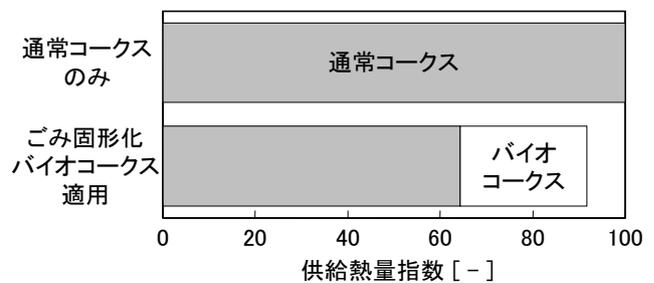


図7 ごみ固形化バイオコークス使用時の供給熱量指数 ($R_B = 46\%$)

3.3.3 ごみ固形化バイオコークスのコークス削減効果

ごみ固形化バイオコークスを使用した場合の通常コークス削減率 $R_{\Delta C}$ とバイオコークス使用率 R_B との関係につき、試験結果を図6に示す。バイオコークス投入量の増加すなわち R_B の増加と共に通常コークス削減率 $R_{\Delta C}$ は増加した。本試験での最大コークス削減率は、35.7%であった。このことから、ごみ固形化バイオコークスを使用することにより、35%以上の通常コークスを削減可能であることが確認された。

図6にも、 R_B に対し、投入したバイオコークスと同じ熱量の通常コークスが削減されたと仮定した場合の関係を直線で示した。各プロットは、ほぼこの直線に沿って増加しており、等価熱量での置換が行われたことがわかる。

また、ベース条件と比較した、 R_B が46%の場合

の供給熱量指数を図7に示す。ごみ固形化バイオコークス使用時の供給熱量指数は100以下であることから、ごみ固形化バイオコークスは通常コークスと同等もしくはより効果的に熱量が使われていることが示された。

以上のことより、ごみ固形化バイオコークスにおいても揮発分由来の熱量がコークス削減に寄与しており、さらにごみ固形化バイオコークスの持つ熱量が、通常コークスと同等またはそれ以上に、炉下部において灰分の熔融に有効に作用するものと考えられる。ごみ固形化バイオコークスの乾留後ドラム強度はゼロであったが、バイオコークスに加工する前の一般ごみとは異なり、揮発分を含む熱量が効率的に作用し、通常コークスを代替する機能を有することがわかった。ごみ固形化バイオコークスは、乾留が進行する前に炉下部に到達し熱源として機能するものと考えられ、バイオコ

ークス化が一般ごみにこの機能を与えたといえる。

なお、今回の試験では、スラグの出滓状況を含めて運転は安定しており、更なる通常コークスの削減も可能と考えられる。

また、これまでバイオコークスは木屑など単一の原料から製造していた[11, 12]が、ごみ固化バイオコークスでは、バイオマスやプラスチック等の混合物を原料としている。このコークス代替効果を実証したことから、バイオコークスの可能性を広げる結果を得た。

3.3.4 スラグ温度と品質

一連の試験において、スラグ平均温度は、安定操業の目安となる 1,400°C と同等レベルを維持し、連続出滓状況も良好であった。

バイオコークスを使用した各試験で排出されたスラグを採取し、鉛の溶出試験を実施した結果、いずれも定量下限値以下となり、木屑バイオコークスやごみ固化バイオコークスを使用した場合でもスラグの鉛溶出量に影響を及ぼさないことを確認した。

4. 結言

CO₂ 排出量削減に対する社会的要望が強まっている中、高温ガス化直接溶融炉において、バイオコークスの使用により、通常コークス使用量を削減する実機試験を実施した。バイオコークスとしては、入手しやすい木屑を原料として商業生産が行われている木屑バイオコークスと、炉の処理対象物である一般ごみを原料として試作したごみ固化バイオコークスを使用した。

この結果、いずれのバイオコークスも固定炭素分だけではなく揮発分を保持したまま炉下部に到達し、廃棄物灰分の溶融に有効に利用できることが示された。通常コークスは等価熱量の各バイオコークスで代替可能であった。木屑バイオコークスでは 50% 以上の通常コークス削減、ごみ固化バイオコークスでは 35% 以上の削減を達成した。

また、ごみ固化バイオコークスを用いた試験では、廃棄物を利用したコークス削減が可能であることを実証した。JFE 高温ガス化直接溶融炉の場合、他の多様なバイオマスを原料としたバイオコークスにおいても、効率的なコークス削減効果が期待できる。

地域によりコークス代替燃料となりうるバイオマス原料の入手性は異なるため、入手容易な原料にコークス代替機能を付与する方法を見出すことにより高温ガス化直接溶融炉の環境負荷を低減し、本炉の更なる普及を図っていきたい。

参考文献

- [1] 松平恒夫, 須藤雅弘, 山川裕一, JFE 高温ガス化直接溶融炉の実機操業結果, JFE 技報, **3** (2004) 14.
- [2] 須藤雅弘, 半澤祐幸, JFE 高温ガス化直接溶融炉の稼動状況, 環境浄化技術, **3-1** (2004) 21.
- [3] 稲田武彦, 松平恒夫, 石関幸二, 高温ガス化直接溶融炉による高効率 RDF 発電, JFE 技報, **6** (2004) 49.
- [4] 吉田朋広, 篠崎克己, JFE 高温ガス化直接溶融炉の産廃への適用～エコフロンティアかさまの稼動状況, 環境浄化技術, **5-11** (2006) 15.
- [5] 明石哲夫, 多田光宏, 内山武, 高温ガス化直接溶融炉による飛散性アスベスト廃棄物の溶融無害化処理, JFE 技報, **25** (2010) 7.
- [6] 内山武, 秋山肇, 高温ガス化直接溶融炉におけるプラスチック混合廃棄物の処理, プラスチックス, **11** (2011) 82.
- [7] 内山武, 秋山肇, 高温ガス化直接溶融炉におけるコークス使用量削減, 産業機械, **729** (2011) 19.
- [8] 内山武, 奥山契一, 秋山肇, 高温ガス化直接溶融炉におけるコークス使用量削減, JFE 技報, **32** (2013) 67.
- [9] 内山武, 秋山肇, 高温ガス化直接溶融炉におけるバイオコークス使用による CO₂ 排出量削減, 産業機械, **740** (2012) 9.
- [10] 内山武, 奥山契一, 秋山肇, 高温ガス化直接溶融炉におけるバイオマス固体燃料使用によるコークス使用量削減, 環境浄化技術, **12-2** (2013) 75.
- [11] 井田民男, バイオマス事業と固型バイオマス転換技術の研究成果, スマートプロセス学会誌, **3-1** (2014) 40.
- [12] 井田民男, 非炭化転換技術による次世代コークス代替燃料「バイオコークス」の製造技術開発, 日本エネルギー学会誌, **90-1** (2011) 2

バイオマスを利用したスターリングエンジン発電設備の実証試験

Demonstration Test of Stirling Engine Power Plant using Biomass Fuel

大岩 徳雄 (中部電力)

Norio OIWA (Chubu Electric Power Co., Inc.)

1. はじめに

バイオマス発電は、再生可能エネルギーの中で最も安定的に発電できる電源の一つとして期待されている。しかし同時に再生可能エネルギーの中で唯一燃料調達が必要であるため、安定的な発電には燃料の安定調達が重要となる。間伐材や林地残材といった木質系バイオマスは山間部に広く分布しており、このようなバイオマスを大規模発電で利用するには、安定供給のみならず経済的な収集・輸送の面でもリスクが高くなる。そのため、バイオマス発電には中小規模が適しているケースも多い。

バイオマス発電の方式は様々ある中で、木質バイオマスを直接燃焼する蒸気タービン発電方式は最も導入実績が多い。しかしながら、この方式は規模が小さくなると大きく発電効率が低下する傾向があるため、中小規模バイオマス発電として

ガスエンジンなどを電源としたバイオマスガス化発電技術への取り組みが進められている。この発電方式では、バイオマスをガス化する必要があるが、タール除去等のガス処理装置をはじめ、直接燃焼方式に比較して設備が複雑化し、設備単価の増加さらには複雑な運転、運用などによる運転経費の増大などが懸念される。

そこで、外燃機関であるスターリングエンジン(以下 STE という)に着目し、STE を用いたバイオマス発電システムの開発に取り組んできた。STE は小規模でも比較的高い発電効率が得られ、燃焼ガスや工場排熱、太陽熱など様々な熱によって動作させることができる。そのため、STE のバイオマス発電への利用においては、ガス化・精製装置などの複雑な装置を用いることなく、バイオマスの燃焼排ガスを直接利用したシンプルで低コストな発電システムの構築が期待できる。

ここでは、2009年11月から2012年9月まで「あいち臨空新エネルギー実証研究エリア」(愛知県常滑市りんくう町3-6-3)^[1]にて実施した実証試験の結果を中心に、STE を利用した小規模バイオマス発電システムへの取り組みについて紹介すると共に、排熱利用の観点から STE の発電特性について述べる。図1は、実証試験を行った32kWのSTE利用バイオマス発電実証プラントの外観である。

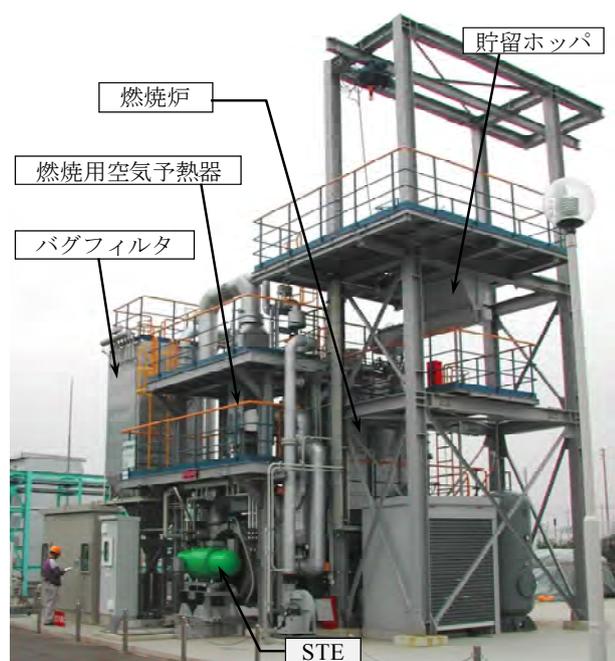


図1 STE利用バイオマス発電実証プラント

2. 30kW級スターリングエンジン利用バイオマス発電システムの概要

2.1 スターリングエンジン性能

実証プラントで導入したデンマークの Stirling DK社(以下 SDK社)製 STE は、4気筒タイプで、32kW(60Hz)の発電能力を有しており、木質バイオマス燃料用として開発されたものである。図2に示すエンジン外観でもわかるように、受熱部(ヒーター)は、チューブ・フィン構造となっており、4つのシリンダ毎にブロック分けされている。

チューブおよびフィンの間隔が広がっている（それぞれ約10mm）ため、灰等による閉塞は起こり難い。チューブ間隔が広がることで伝熱

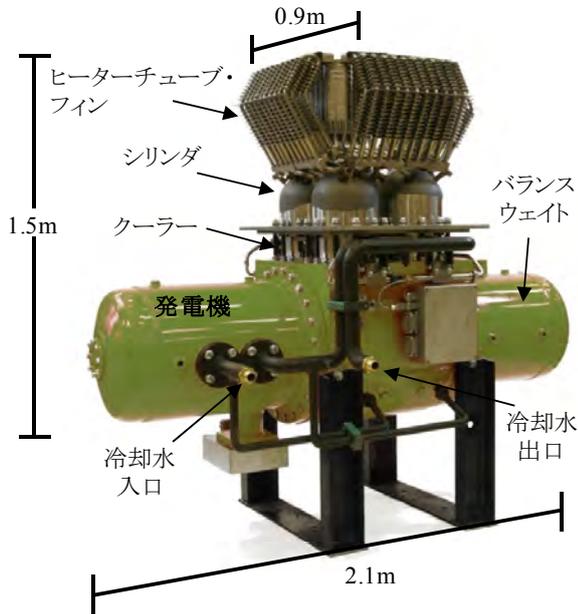


図2 SDK社製 STE

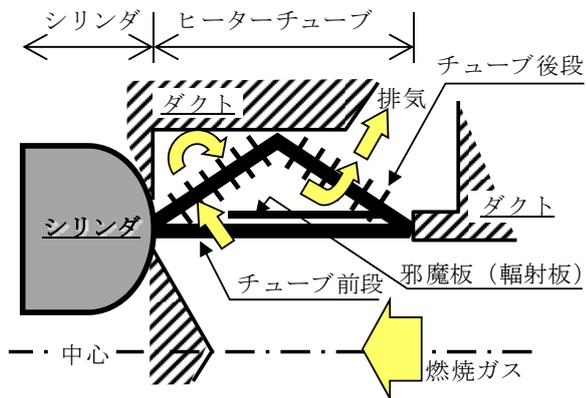


図3 燃焼ガス通過経路 (1ブロック分)

量が減り、発電性能が低下することになるが、ヒーターチューブに無駄なく熱が与えられるように図3に図示するような燃焼ガス通過経路の効率化を図り、発電性能の低下を極力おさえている。表1に SDK 社 STE の性能を表す。作動媒体であるヘリウムの定格運転時の温度は、ヒーター部で700℃前後必要であるため、STE 入口で必要な燃焼ガス温度は、燃焼ガスの流量にもよるが、およそ1,000℃である。

2.2 STE 利用バイオマス発電システム

図4に実証プラントの概略システムフローを示す。実証プラント全体の設置容積は、横10m、奥行き7m、高さ7m程度あり、図1の外観写真でもわかるように、実証用として燃焼炉など各部容量に十分余裕を持たせた大きな設備となっている。燃料は木質チップとし、フレコンバッグに詰めた木質チップをホイストクレーンにより貯留ホッパに貯留する。貯留ホッパからは、スクリーフィーダによって必要量を燃焼炉へ供給し燃焼させる。定格発電時の木質チップ消費量は80~100kg/h程度である。燃焼炉は、回転式熱風発生炉で、内部

表1 STE仕様

型式	ダブルアクティング (4気筒)
発電出力 (kW) 60Hz	32
発電効率 (%) (入熱ベース)	28
作動ガス	ヘリウム
作動ガス圧力 (MPa)	4.5
作動ガス温度 (°C)	700
重量 (kg)	2,100

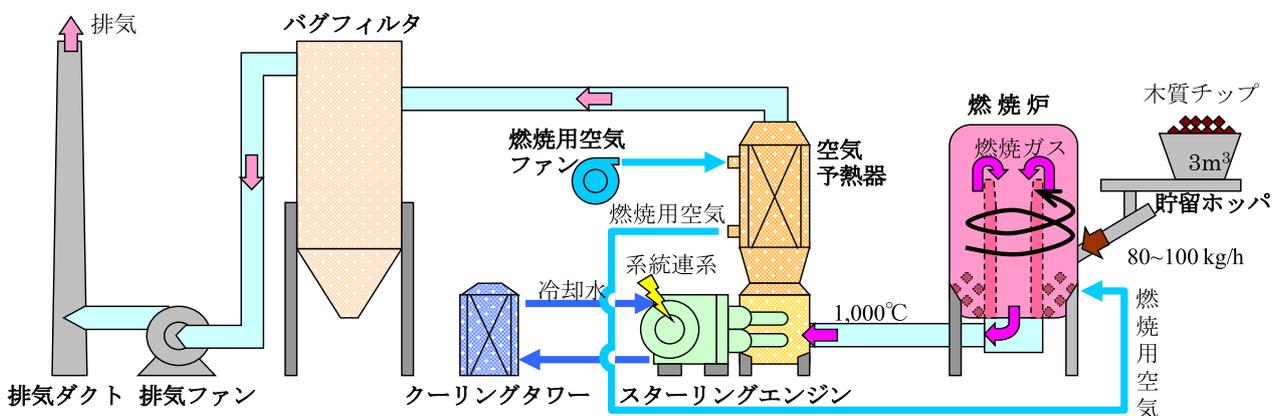


図4 実証プラントの概略システムフロー

は二重筒構造となっている。燃烧炉内の外筒側で木質チップを燃烧用空気により旋回させながら1,000~1,100℃で完全燃烧させ、発生した燃烧ガスは内筒を通過してSTEへ供給される。この時、燃烧ガスはSTE入口で950~1,000℃となり、32kWの定格発電が達成される。STEを通過した燃烧ガスは、燃烧用空気と熱交換した後、バグフィルタで灰を除去して排気する。発電した電気は系統連系により、実証プラントを設置した「あいち臨空新エネルギー実証研究エリア」内で消費した。

実証プラントの起動時は、都市ガス13Aを助燃バーナーにて燃烧させて炉の予熱を行う。STEのヒーターチューブ表面温度が600℃になると、STEは自身の誘導発電機を電動機として使って自動起動する。

表2 木質チップ成分

水分(%)	12.1
灰分(%-dry)	0.4
発熱量(高位) (kJ/kg-dry)	17,100
C(%-dry)	49.2
H(%-dry)	6.4
N(%-dry)	below 0.5
Cl(%-dry)	below 0.1
S(%-dry)	below 0.1

3. 発電性能

3.1 基本性能

実証プラントの性能試験結果を報告する。燃料には、表2に示すような比較的良質な建築廃材の木質チップ(切削チップ)を用いた。

運転は基本的に、火曜日~金曜日の4日間のDSS(Daily Start and Shutdown)運転で行い、月曜日に点検やSTEに付着した灰の清掃などを実施するサイクルとした。図5に4日間の連続DSS運転のチャートを示す。一日の木質チップ専焼時間は3~4時間である。図5から、燃烧炉内が冷えている4日間DSS運転の初日や各日の起動当初は木質チップ投入量が多いことがわかる。これは、燃烧炉の耐火煉瓦への熱吸収量が大きいことが理由である。DSS運転後半になるほど炉内耐火煉瓦に熱が保有されて、木質チップ投入量は少なくなっていくことがわかる。燃烧炉内温度は1,050℃で制御しており、この時、発電出力は定格32kWを安定的に発揮している。発電出力安定時のSTE入口温度は980~1,000℃で推移している。

ここで、4日間のDSS運転を通して、燃烧炉内の耐火煉瓦が熱を十分保有し、最もプラント性能が安定している4日目停止前の1時間平均データにて性能を評価する。表3に各部の1時間平均データを表す。木質チップ消費量が106.4kg/hで、発電出力は32.9kWと定格出力以上を発揮してい

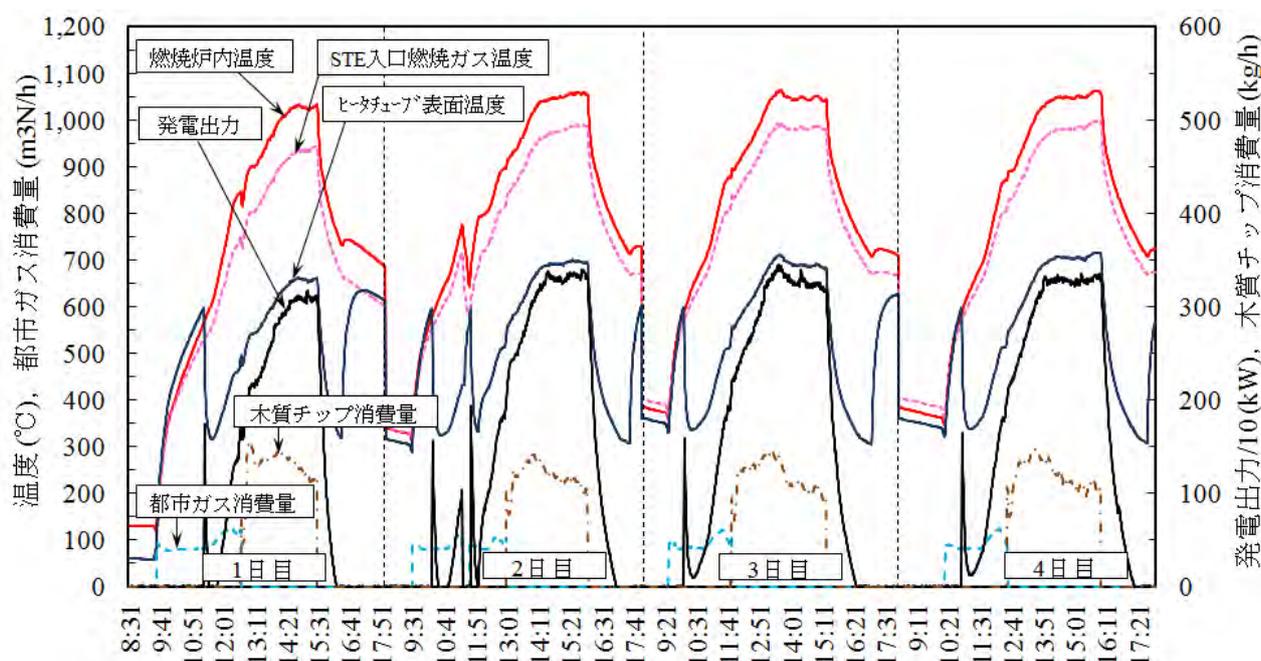


図5 4日間連続DSS運転チャート

表 3 性能試験結果 (1時間平均値)

発電出力(kW)	32.9
木質チップ消費量(kg/h)	106.4
燃焼温度(°C)	1,054
STE 入口燃焼ガス温度(°C)	990
ヒーターチューブ温度(°C)	708
発電効率(%) (入熱ベース)	27.4

る。この時の STE 入熱ベースの発電効率は 27.4% あり、表 1 にあるメーカー提示値と同程度の性能を発揮している。24 時間運転であれば更に木質チップ消費量が減っていくものと予想される。

3.2 STE 供給燃焼ガス条件変化に伴う発電性能

STE は外熱機関であるため、与えられる熱量によって発電出力が変動する。実証試験から得られたデータを基に、発電出力と STE へ供給される燃焼ガス量の相関を、STE 入口燃焼ガス温度毎に整理し図 6 に示す。ここで、800°C 以下は、バイオマス専焼で温度維持できないため、都市ガスによる運転となっている。図 6 は各種熱源に STE を適用する際に重要な設計データとなる。

図 6 から、STE 入口ガス温度が 650°C 以上で発電が可能で、950°C 以上あれば定格発電出力 32kW が発揮されることがわかる。950°C 以下では、エンジン供給燃焼ガス量が多くなっても定格発電出力が発揮されず飽和する傾向であることがわかった。また、STE 入口ガス温度が 800°C 以上では、エンジン供給燃焼ガス量が少なくなっても発電出力の低下は緩やかであり、20kW 程度の発電出力は維持される。逆に、800°C 以下では、供給燃焼ガス量が少ないときの発電出力の低下が大きくなる。尚、750°C 以下のデータは、都市ガスによる燃焼炉昇温過程のものであり、ダクト内壁の熱保有も十分でないことから、発電出力は低目に出ていると予想される。

次に STE の供給熱量に対する発電出力の追従性に関して評価する。図 7 には、プラント運転中の燃焼温度や燃焼ガス流量の変化に対して発電出力がいかに変動するのかを示す。ここで、供給燃焼ガス量を図中では供給熱量に換算して表現している。尚、ここでは、運転途中で燃焼用空気量や燃料投入量を変化させることで、STE 入口温度やエンジン供給燃焼ガス量を変動させている。図中

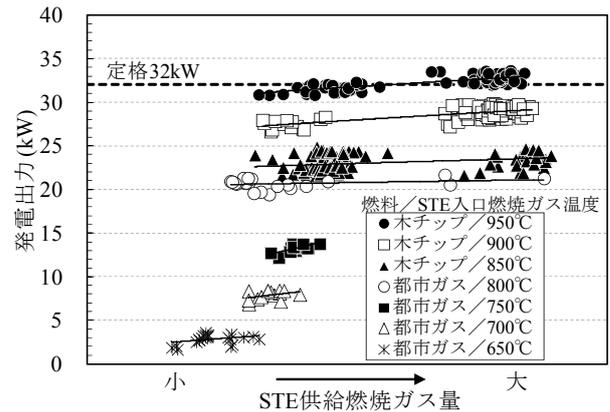


図 6 発電出力と燃焼ガス量・温度の相関

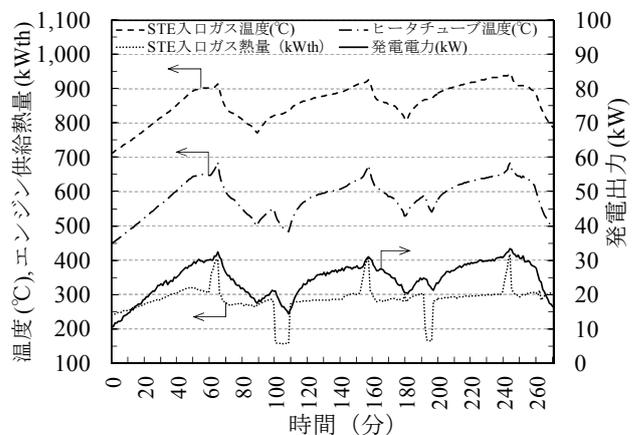


図 7 発電出力の熱負荷追従性

のヒーターチューブ温度とは、STE ヒーターチューブ曝露部の表面温度である。図 7 から、STE 入口ガス温度の上昇に伴い、STE 発電出力がそれに追従して上昇していることがわかる。また、エンジン供給熱量が増加するのに伴い、STE 発電出力も上昇している。ここで、ヒーターチューブ温度と STE 発電出力の動きが密接に連動していることがわかる。以上の結果は、作動ガスであるヘリウムの温度が STE 発電出力を決めることを意味している。

尚、これら出力特性は、実証プラントにて採用した SDK 社製 STE (32kW) のものであって、当然、メーカーや型式の違いなど STE によって、定量的な特性は異なるが、定性的な部分では STE として一般的な特性であるといえる。

4. 最適化システム検討

4.1 発電プラントの最適化

実証プラントは、木質チップ消費量が多く、小

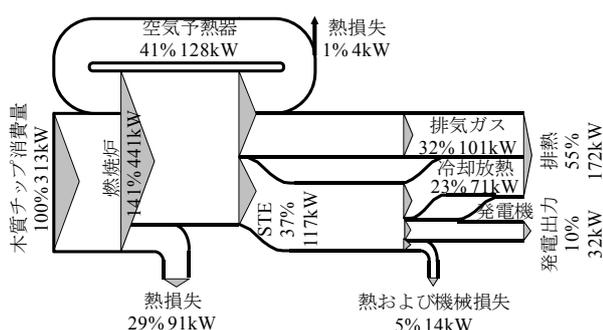


図 8 最適化システムの熱精算図

規模とはいえ発電効率が低い。これは、燃焼炉本体が容量に余裕を持った設計になっており損失が大きいこと、本設備では燃焼炉から STE まで約 3m のダクトを設けているため、その間での熱損失が大きいこと、更には DSS 運転では燃焼炉耐火煉瓦の熱保有が十分でないことが主な要因と考えている。そこで、現状において実現可能な範囲で発電システムの最適化について机上検討した。

検討の結果、STE を燃焼炉へ直接接続することにより熱損失を相当量削減し、燃焼炉本体についても、実証運転データから、現行の外観寸法；横 2m×奥行き 2m×高さ 3m の矩形が外径φ1m×高さ 3m の円柱形へ大幅なコンパクト化が実現できることがわかった。それにより燃焼炉の熱損失も低減される。これら最適化により現在の木質チップ消費量を 65kg/h まで削減できる他、燃料供給方法の見直しなどにより、発電システム全体が、実証プラントでは横 10m×奥行き 7m×高さ 7m であったものが横 9m×奥行き 3m×高さ 3m までコンパクトにできる。それにより、20t トレーラーへの車載システムが可能となる。

図 8 に、検討した最適化システムにおける熱精算図を示す。STE 入熱ベースの発電効率は実証試験での実績値として 27.4% を用いた。最適化により燃料ベースの発電効率は 10% 余りとなった。また、燃焼炉の放熱損失は、現実的な数値として 29% としているが、更なる改善の余地は大きい。

4.2 STE からの排熱利用

STE 利用バイオマス発電システムにおいて総合効率の向上、さらには経済性の向上には、排熱のカスケード利用も有効である。STE を通過した燃焼排ガスは 700℃程度の熱を有しており、今回の実証プラントでは、燃焼用空気予熱器にて回収している。この空気予熱器にて熱を回収した後も

400℃程度の熱を有しており、その熱量は図 8 に示すとおり 100kW 程度となる。この熱の利用にはコージェネレーションとして蒸気や温水による回収が考えられる。しかし、理想的には、STE を通過した 700℃の燃焼排ガスから中温型 STE などを利用して電力回収し、そのあとの排熱を燃焼用空気の予熱として回収する形が良いと考えられる。ただし、現時点では中温型 STE は開発途上であるため、開発を待つ必要がある。

STE からの排熱としては、冷却水放熱も存在する。冷却水の STE 入口／出口温度は、およそ 35℃ / 45℃であり、クーリングタワーでの放熱量は 70kW 程度である。

これら排熱からの熱回収に関しては、熱需要の有無が重要であり、設置環境に合わせた総合的なエネルギー利用を検討する必要がある。

5. おわりに

今回の実証試験により、STE を利用した小規模バイオマス発電システムの発電性能などを取得することができた。ここで開発を進めるバイオマス発電システムは、中小の製材所廃材や山間部に散在する間伐材や林地残材の利用をターゲットとしており、木屑などを燃料にオンサイトで小規模に発電するものである。しかしながら、STE は熱さえあれば駆動するので、工場などからの排熱への適用が可能である。今回の実証プラントで採用した STE のように、現在商品化されている STE は、定格発電のために 900℃を超える熱が必要であるが、中低温型の STE の開発も進められており、将来的に幅広い排熱を利用した STE 発電システムの実現に期待が持てる。現状では、STE 本体の価格が高いという課題はあるが、未利用の排熱へ適用することができれば、新規の熱源設置が不要となり、経済面でのハードルは低くなる。

参考文献

- [1] 大岩徳雄, 佐藤克良, 30kW 級バイオマス利用スターリングエンジン発電システムの実証研究, 日本機械学会第 12 回スターリングサイクルシンポジウム予稿集, 41-44 (2009).

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
2014年					
8月	9(土)	第15回国際伝熱会議 ジュール・エネルギーコンテスト (JENECON) (開催場所: 京都国際会議場)		第15回国際伝熱会議実行委員会 イベント部長 須賀一彦 (大阪府立大学大学院工学研究科) E-mail: jenecon@ihtc-15.org URL: http://www.ihtc-15.org/jenecon/	
8月	10(日) ~ 15(金)	The 15th International Heat Transfer Conference (IHTC-15) (開催場所: 京都国際会議場)	事前登録 2014.6.30	実行委員会委員長 吉田英生 (京都大学大学院工学研究科) E-mail: info@ihtc-15.org URL: http://www.ihtc-15.org/	Vol.52, No.220 2013.7

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
2014年					
7月	21(月) ~ 22(火)	第42回可視化情報シンポジウム (開催場所: 工学院大学新宿キャンパス)	2014.3.14	2014.5.9	実行委員長 幹事 元祐昌廣 (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1 東京理科大学 工学部 機械工学科) Tel/Fax: 03-5876-1326 E-mail: mot@rs.tus.ac.jp URL: http://www.visualization.jp/event/detail/vsjsymp2014top.html
7月	23(水) ~ 25(金)	TECHNO-FRONTIER 2014 (開催場所: 東京ビッグサイト)			(一社)日本能率協会 TECHNO-FRONTIER 事務局 担当: 多部・山本・和田・中野 (〒105-8522 東京都港区芝公園 3-1-22 産業振興センター内) Tel: 03-3434-0587 Fax: 03-3434-8076 E-mail: tf@convention.jma.or.jp
7月	28(月) ~ 30(水)	日本混相流学会混相流シンポジウム 2014 (開催場所: 道民センター「かでる2・7」)	2014.3.3	2014.5.30	日本混相流学会 混相流シンポジウム 2014 実行委員会事務局 小林一通 (〒060-8623 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学研究科 機械宇宙工学部門) Tel: 011-706-6429 Fax: 011-706-6429 E-mail: kobakazu@eng.hokudai.ac.jp URL: http://www.jsmf.gr.jp/mfsymp2014/
8月	4(月)	No.14-46 講習会 非常用エネルギー供給源としての携帯型スターリングエンジン (高速模型エンジン組立実習付) (開催場所: 日本機械学会会議室)	2014.7.25		一般社団法人日本機械学会 担当職員 加藤佐知子 Tel: 03-5360-3504 URL: http://www.jsme.or.jp/kousyu2.htm
8月	7(木)	「機械の日・機械週間」記念行事 (開催場所: 早稲田大学国際会議場)			(一社)日本機械学会「機械の日記念行事」係 (〒160-0016 東京都新宿区信濃町 35 番地 信濃町煉瓦館 5 階) Tel: 03-5360-3505 Fax: 03-5360-3509 E-mail: kikainohi@jsme.or.jp URL: http://www.jsme.or.jp/kikainohi/
8月	28(木) ~ 30(土)	日本実験力学学会 2014 年度年次講演会 (開催場所: 兵庫県立大学工学部)	2014.4.30	2014.6.30	格内 敏 (〒671-2201 兵庫県姫路市書写 2167 兵庫県立大学大学院工学研究科 機械系工学専攻 機械工学部門) Tel&Fax: 0792-67-4838 E-mail: jikken@eng.u-hyogo.ac.jp URL: http://www.jssem.jp/
9月	4(木) ~ 5(金)	No.14-75 講習会 『伝熱工学資料 (改訂第5版)』の内容を教材にした熱設計の基礎と応用 (開催場所: 東京理科大学 森戸記念館第1フォーラム)			一般社団法人日本機械学会 熱工学部門 (担当職員 大通千春) Tel: 03-5360-3500 URL: http://www.jsme.or.jp/kousyu2.htm
9月	15(月) ~ 17(水)	日本流体力学学会 年会 2014 (開催場所: 東北大学川内北キャンパス)	2014.6.15	2014.7.27	日本流体力学学会 年会 2014 実行委員会 E-mail: nenkai14@fluid.mech.tohoku.ac.jp URL: http://www2.nagare.or.jp/nenkai2014/
9月 12月	23(火) 20(土)	2014年度計算力学技術者(CAE技術者)資格認定試験 (開催場所: 日本機械学会会議室, 他)	2014.7.4 2014.8.21		一般社団法人日本機械学会 事業企画G 関根, 石澤 (〒160-0016 東京都新宿区信濃町 35番地 信濃町煉瓦館5階) Tel: 03-5360-3506 Fax: 03-5360-3509 E-mail: caenintei@jsme.or.jp URL: http://www.jsme.or.jp/cee/cmointei.htm
9月	26(金) ~ 28(日)	理論応用力学講演会 (第63回) (開催場所: 東京工業大学大岡山キャンパス)	2014.6.13	2014.8.8	第63回理論応用力学講演会実行委員会 E-mail: nctam63@aij.or.jp URL: http://news-sv.aij.or.jp/nctam/63/
10月	17日 (金)	No.14-74 講習会 「流体騒音」 (開催場所: 東京大学生産技術研究所)			一般社団法人日本機械学会 流体工学部門事務局 担当 田中克 Tel: 03-5360-3500 Fax: 03-5360-3509 E-mail: tanaka@jsme.or.jp URL: http://www.jsme.or.jp/kousyu2.htm

行事カレンダー

11月	1(土) ～ 6(木)	The 9th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (9thISEM) (開催場所: Hotel Jaypee Siddharth, New Delhi, India)	Abstract 2014.5.10	2014.9.24	日本実験力学会事務局 林 (〒700-0005 岡山市北区理大町 1-1 岡山理科大学工学部機械システム工学科内) Tel: 086-256-9615 Fax: 086-255-3611 E-mail: office-jsem@mech.ous.ac.jp URL: http://www.jsem.jp/ISEM9/
11月	5(水) ～ 7(金)	The 25th International Symposium on Transport Phenomena (ISTP-25) (開催場所: Aonang Villa Resort, Krabi, Thailand)	事前登録 2014.9.1	Abstract 2014.5.1 Manuscript 2014.8.15	実行委員会 E-mail: istp25.2014@gmail.com URL: http://me.eng.kmitl.ac.th/istp-25/
11月	8(土) ～ 9(日)	熱工学コンファレンス 2014 (開催場所: 芝浦工業大学豊洲キャンパス)	2014.7.7	2014.9.16	2014 年熱工学コンファレンス実行委員会事務局 (〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学工学部機械工学科 山田純) Tel: 03-5859-8011 Fax: 03-5859-8001 E-mail: jyamada@sic.shibaura-it.ac.jp URL: http://www.jsme.or.jp/conference/tedconf14/
11月	22(土) ～ 24(月)	第 35 回日本熱物性シンポジウム (開催場所: 東京工業大学大岡山キャンパス)	2014.6.27	2014.8.29	第 35 回日本熱物性シンポジウム実行委員会 (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1 東京理科大学工学部機械工学科 元祐昌廣) Tel/Fax: 03-5876-1826 E-mail: jstp2014@rs.tus.ac.jp URL: http://www.rs.tus.ac.jp/jstp2014/
12月	3(水) ～ 5(金)	第 52 回燃焼シンポジウム (開催場所: 岡山コンベンションセンター)	2014.7.18	2014.9.19	第 52 回燃焼シンポジウム事務局 (〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院自然科学研究科産業創成工学専攻富田研究室内) Tel: 086-251-8049 Fax: 086-251-8266 E-mail: sympo52@combustionsociety.jp URL: http://www.combustionsociety.jp/sympo52/
12月	6(土)	No.14-58 講演会 「第 17 回スターリングサイクルシンポジウム」 (開催場所: 神奈川大学横浜キャンパス)	2014.7.4	2014.10.24	実行委員長 原村嘉彦 (神奈川大学) 幹事 有馬隆司 (神奈川大学) Tel: 045-481-5661 Fax: 045-491-7915 URL: http://www.jsme.or.jp/kouchu.htm
12月	11(木) ～ 12(金)	第 4 回潜熱工学シンポジウム (開催場所: 東京工業大学大岡山キャンパス)	2014.9.12	2014.10.31	熊野寛之 (〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1 青山学院大学理工学部機械創造工学科) Tel: 042-759-6213 E-mail: kumano@me.aoyama.ac.jp
12月	18(木) ～ 19(金)	第 23 回微粒化シンポジウム (開催場所: 弘前大学文京町キャンパス)	2014.9.1	2014.10.24	「第 23 回微粒化シンポジウム」参加担当幹事 麓 耕二 (〒036-8561 青森県弘前市文京町 3 番地 弘前大学理工学部知能機械工学科) Tel&Fax: 0172-39-3676 E-mail: kfumoto@cc.hirosaki-u.ac.jp URL: http://www.ilass-japan.gr.jp/

公益社団法人日本伝熱学会第 52 期(平成 25 年度)総会議事録

1. 日 時 平成 26 年 5 月 22 日(木)16 時 20 分～16 時 50 分
2. 場 所 アクトシティ浜松 中ホール(静岡県浜松市中区板屋町 111-1)
3. 正会員数 1,090 名
4. 出席者 623 名(うち委任状出席 464 名). 定款第 29 条の定めるところにより, これは定足数である正会員数の過半数(546 名)を上回り, 総会は成立した.

5. 議事経過

定款第 27 条により宇高義郎会長が議長となり, 以下の議案について逐次審議した.

第 1 号議案 第 52 期(平成 25 年度)事業報告の件

議長より, 公益社団法人日本伝熱学会第 52 期(平成 25 年度)総会議案(以下, 「総会議案」と呼ぶ.)の第 1 号議案第 52 期(平成 24 年度)事業報告について諮り, 満場一致でこれを可決した.

第 2 号議案 第 52 期(平成 25 年度)会務報告の件

議長より, 総会議案の第 2 号議案第 52 期(平成 25 年度)会務報告について諮り, 満場一致でこれを可決した.

第 3 号議案 第 52 期(平成 25 年度)収支決算の件

議長より, 総会議案の第 3 号議案第 52 期(平成 25 年度)収支決算について諮り, 満場一致でこれを可決した.

第 4 号議案 第 53 期(平成 26 年度)事業計画の件

議長より, 総会議案の第 4 号議案第 53 期(平成 26 年度)事業計画について諮り, 満場一致でこれを可決した.

第 5 号議案 第 53 期(平成 26 年度)収支予算案の件

議長より, 総会議案の第 5 号議案第 53 期(平成 26 年度)収支予算について諮り, 満場一致でこれを可決した.

第6号議案 会員種別・会費改定案の件

議長より、総会議案第6号議案会員種別・会費改定案について、スライドを用いて変更の背景説明を行った後、改正案について諮り、満場一致でこれを可決した。

第7号議案 第53期(平成26年度)役員・協議員選出の件

議長より、総会議案の第7号議案第53期(平成26年度)役員を選出について以下のとおり次期役員がなされ、満場一致でこれを可決した。

定款第17条第1項ただし書きにより退任する役員

代表理事(会長)	宇高 義郎	理事(副会長)	近久 武美
理事(副会長)	藤岡 恵子		

定款第17条第1項により退任する役員

理事	黒田 明慈	理事	小原 拓
理事	宗像 鉄雄	理事	堀部 明彦
理事	芹澤 良洋	理事	丸本 隆弘
監事	姫野 修廣	理事	功刀 資彰

定款第17条第1項ただし書きにより退任する役員

理事	中山 顕
----	------

第53期に新たに選任される役員

定款第17条第1項ただし書きにより選任される役員

理事(会長, 代表理事)	岡崎 健
理事(副会長)	圓山 重直
理事(副会長)	黒坂 俊雄

定款第17条第1項により選任される役員

理事	山田 雅彦	理事	塚田 隆夫
理事	小野 直樹	理事	鈴木 洋
理事	野村 信福	理事	岩城 智香子
理事	佐藤 英明	監事	富村 寿夫

定款第17条第1項ただし書きにより選任される役員

理事	高松 洋	理事	功刀 資彰
----	------	----	-------

第 8 号議案 議事録署名人選任の件

議長より、本日の議事の経過を議事録にまとめるにあたり、議長に加えて議事録署名人 2 名を選任したい旨の提案があり、協議の結果、近久武美氏、佐藤勲氏の 2 名を選任した。

以上により、本日の議事を終了した。

平成 26 年 5 月 22 日

公益社団法人日本伝熱学会第 52 期(平成 25 年度)総会

議長 宇高 義郎 _____ 印

議事録署名人 近久 武美 _____ 印

議事録署名人 佐藤 勲 _____ 印

第 15 回国際伝熱会議 高校生・高等専門学校生対象企画

ジュール・エネルギーコンテスト

JENECON

— 第二次審査（最終審査）のご案内 —

第 15 回国際伝熱会議
実行委員会 イベント部会

2014 年 8 月に国立京都国際会館で開催される「第 15 回国際伝熱会議」の付随行事として、高校生・高等専門学校生を対象とした「ジュール・エネルギーコンテスト」(JENECON)を、下記の要領で開催いたします。本会議では「エネルギー」が大きなテーマの一つであり、専門家の学会という枠を越えて広く市民に向けた活動を重視しています。本コンテストを通して、熱エネルギーを力学的なエネルギーに変換することの難しさとともに、それを創意工夫で乗り越える楽しさをこれからの日本を担う若い人たちに体験してもらうことを期待しています。

コンテストの主題は「ろうそく炎によるウェイトリフティング」です。具体的には、水が入った容量 500 mL のペットボトル 1 本をいかに少量のろうそくで正味 10 m の高さまで持ち上げられるかを競います。優秀な結果を残した学校・チームには「IHTC-15 ジュール賞」等を授与します（優れたアイデアやユニークな工夫に対しても賞を授与します）。コンテストのホームページ (<http://www.ihtc-15.org/jenecon>) には競技について詳しい情報を掲載していますのでご参照くだされば幸いです。

本コンテストには、全国各地から計 17 チーム (16 校) の参加登録がありました。その中から第一次審査を通過した 6 チームが 8 月 9 日 (土) に下記の要領で開催される第二次審査 (最終審査) で目標達成への努力と工夫の成果を発表します。実行委員会では本コンテストと一般市民向け講演会 (同日、同会場で開催) に多くの方々がご参加くださることを願っています。お近くでご関心をお持ちの方がおられましたら、ぜひご案内いただきたくここにお願する次第です。

- ・開催日時 2014 年 8 月 9 日 (土)
- ・会場 国立京都国際会館 Room D
〒606-0001 京都市左京区宝ヶ池 (<http://www.icckyoto.or.jp/index.html>)
- ・ホームページ <http://www.ihtc-15.org/jenecon>
- ・第二次審査および一般市民向け講演会の
 - 13:00~13:20 コンテストの課題説明 (聴衆向け, 実行委員会)
 - 13:20~14:45 第二次審査 (最終審査), 6 チームがそれぞれ 10 分間で口頭発表します。
 - 15:00~16:00 一般市民向け講演会
「地球温暖化対策のための太陽光エネルギーのマネージメント」
Brian E. Launder 教授 (英国マンチェスター大学, 英国 Tyndall 気候変動研究所理事)
 - 16:15~17:00 コンテストの結果発表および講評, 表彰式
- ・問い合わせ先 jenecon@ihtc-15.org
- ・主催 日本伝熱学会, 日本学術会議
- ・後援 日本機械学会熱工学部門, 科学技術振興機構 (JST), 国立高等専門学校機構, 京都府, 京都市, 京都府教育委員会, 京都市教育委員会, 京都文化交流コンベンションビューロー, カメヤマキャンダルハウス

2nd International Seminar on Heat Transfer and Fluid Flow 開催案内

開催日: 8月16日(土) 14:00~20:30

会場: 同志社大学今出川キャンパス 寒梅館 6F 大会議室

<http://www.doshisha.ac.jp/kambaikan/>

要旨: 日本伝熱学会関西支部では化学工学会、日本機械学会関西支部との共催で、IHTC-15(第15回国際伝熱会議)が終了した翌日の8月16日(土)に、第2回国際伝熱セミナー(2nd International Seminar on Heat Transfer and Fluid Flow)を開催します。キーワードは相変化ですが、専門以外の方にも興味をもっていただける内容です。今回は特別企画として、京都の夏を彩る”五山の送り火”の鑑賞会を予定しています。是非ご参加をご検討のほどよろしくお願ひします。

共催: 化学工学会(熱工学会部会・エネルギー部会)
日本機械学会関西支部(気液二相流技術懇話会)

題目・講師:

14:00~14:50/ Synchronized and coherent multiple droplet impingements for enhanced spray cooling

Prof. Jorge L. Alvarado Texas A & M University, USA

(Coffee break)

15:00~15:50/ Is "vapor explosion" disaster? No, quenching method, if you control it.

Dr. Masahiro Furuya CRIEPI, Japan

(Coffee break)

16:00~16:50/ Unsteady character of "spoke pattern" in the melt during growth of single crystals by Bridgman and Czochralski methods - JAN CZOCHRALSKI POLISH SCIENTIST

Prof. Janusz Szmyd AGH University of Science and Technology, Poland

(Coffee break)

17:00~17:50/ Forced flow and heat transfer of a phase change material slurry in mini-tubes

Prof. Peng Zhang Shanghai Jiao Tong University, China

(Coffee break)

18:00~18:50/ Contribution of heat transfer technology on thermochemical energy storage

Prof. Yunitaka Kato Tokyo Institute of Technology, Japan

(Dinner break (without alcohol))

20:00~20:30/ “五山の送り火” 鑑賞会



参加費: 3,000円(予定): 当日会場にて円で受付

申込み・問い合わせ先

準備の関係上事前申し込みを原則とします。(締め切り7月末・定員60人)

関西大学 梅川尚嗣 umekawa@kansai-u.ac.jp Tel: 06-6368-0804

(宿泊を伴う場合は神戸大学 鈴木洋 hero@kobe-u.ac.jp までご相談ください)

日本伝熱学会中国四国支部企画

第 26 回中四国伝熱セミナー・愛媛のご案内

日本伝熱学会中国四国支部では、標記セミナーを下記の要領で開催いたします。今回はサステナブルな社会をテーマに、日本最古の温泉と言われている道後温泉で開催します。奮ってご参加下さいますよう、ご案内申し上げます。

日時：平成 26 年 9 月 12 日（金）～13 日（土）

会場：子規記念博物館（〒790-0857 愛媛県松山市道後公園 1-30）

（http://sikhaku.lesp.co.jp/site_info/access.php）に交通案内があります。

宿泊：道後の宿・葛城 愛媛県松山市道後湯月町 4-16（宿泊所駐車代 ¥300/泊）

（<http://www.hotel-katuragi.jp/index.shtml>）会場からは徒歩 5 分ほどです。

参加費：一般 12,000 円，学生 8,000 円（宿泊，食事，懇親会とテキスト代含む）

定員：70 名（先着順に受け付けます。どなたでも参加できます。）

申込方法：「伝熱セミナー・愛媛」と明記の上，参加者の氏名，所属，一般，または学生の区別，連絡先住所，電話番号，E-mail アドレスを記入し，下記へ E-mail，はがきまたは FAX でお申し込み下さい。なお，申し込み後の取り消しはご遠慮下さい。

申込締切：8 月 19 日（火）

申込先：〒790-8577 松山市文京町 3 愛媛大学大学院生産環境工学専攻
熱および物質移動学研究室 向笠 忍
E-mail：mukasa.shinobu.me@ehime-u.ac.jp
Tel: 089-927-9724 Fax:089-927-9724

プログラム

9 月 12 日（金）（1 階視聴覚室）

13:00-13:10 開会あいさつ

13:10-14:10 光合成による高効率エネルギー変換機構と光合成太陽電池の開発
杉浦 美羽（愛媛大学 プロテオサイエンスセンター）

14:20-15:20 太陽光植物工場の知能化に向けた植物診断技術ークロロフィル蛍光画像計測 ロボットによる光合成機能診断ー

高山 弘太郎（愛媛大学農学部 生物資源学科 応用生命化学）

15:30-16:30 バイオ燃料の現状と課題

渡邊 誠也（愛媛大学農学部 生物資源学科 応用生命化学）

18:30-20:30 懇親会（ホテル葛城）

9 月 13 日（土）（4 階講堂）

9:30-10:30 太陽光発電を利用したスマート環境センシングと都市気候形成メカニズム解明の試み
森脇 亮（愛媛大学 大学院生産環境工学専攻）

10:40-11:40 持続可能な世紀のためのクリーン・エネルギーと消費経済に関する日欧史的対比研究
高橋基泰（愛媛大学 法文学部）

11:40-11:45 閉会あいさつ・解散



編集出版部会からのお知らせ —各種行事・広告などの掲載について—



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

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

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

【連絡先】

- ・総務部会長：小野直樹（芝浦工業大学）：naokiono@sic.shibaura-it.ac.jp
- ・編集出版部会長：中部主敬（京都大学）：nakabe@me.kyoto-u.ac.jp
- ・広報委員会委員長：田口良広（慶應義塾大学）：tag@sd.keio.ac.jp
- ・総務担当副会長補佐協議員：齊藤卓志（東京工業大学）：tsaito@mep.titech.ac.jp
- ・事務局：大澤毅士・倉水裕子：office@htsj.or.jp

【注意】

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

事務局からの連絡

53 期入会 (2014.4.1~2014.6.19) 正 25 名・学生 42 名

資	氏名	所属	資	氏名	所属
学	椿 大輔	中央大学 大学院理工学研究科	学	鈴木 彩加	熊本大学
学	村瀬 充嗣	中央大学 理工学部精密機械工学科	学	屋富祖 晃司	沖縄工業高等専門学校
学	古舘 優太	中央大学 大学院理工学研究科	学	松浦 弘明	慶應義塾大学 理工学部
学	西村 和洋	九州大学 工学部機械航空工学科	学	北前 友英	愛媛大学 大学院理工学研究科
学	村上 了太	慶應義塾大学 理工学部	学	仲村 一起	沖縄工業高等専門学校
学	椎原 尚輝	防衛大学 校機械システム工学群	正	王 欣	株式会社マキテック
学	阿部 敬太	東北大学 大学院工学研究科	正	佐々木 真二	川重冷熱工業株式会社
学	中村 太樹	鹿児島大学 工学部	正	羽鳥 仁人	株式会社ベテル
正	植木 祥高	大阪大学 大学院機械工学専攻	学	高原 教揮	同志社大学 大学院理工学研究科
学	古川 琢磨	東北大学 流体科学研究所	正	亀谷 雄樹	東京理科大学
学	浅野 元晴	東京理科大学 大学院	学	柴田 祐樹	首都大学東京
学	峰岸 泰之	横浜国立大学 大学院工学府	学	北山 智大	首都大学東京 システムデザイン研究科
学	松本 航平	明治大学 理工学部機械工学科	正	加藤 哲也	日本特殊陶業株式会社
学	加藤 真裕	京都大学 大学院エネルギー科学研究科	学	柏木 誠	九州工業大学 大学院工学府
学	水澤 竜也	横浜国立大学 大学院	正	及川 伸	三菱マテリアル (株)
正	広田 憲亮	株式会社日本製鋼所	正	熊本 喜大	マツダ (株) パワートレイン技術開発部
正	吉村 倫	マツダ株式会社 パワートレイン開発本部	正	田中 雄一郎	ヤンマー株式会社
学	堀 琢磨	東京大学 大学院工学系研究科	学	高梨 知広	北海道大学 大学院工学院
学	立石 哲郎	慶應義塾大学 理工学研究科	正	武田 直也	茨城大学 大学院理工学研究科
学	桑田 祐丞	大阪府立大学 大学院工学研究科	正	上岡 悟史	JFE スチール スチール研究所
学	赤堀 涉	北海道大学 大学院工学院	正	高田 慎之	イムラ・ジャパン株式会社
学	山上 廣城	弘前大学 大学院理工学研究科	正	達本 衡輝	(独) 日本原子力研究開発機構
正	林 直樹	名古屋大学 大学院工学研究科	学	小川 翔	東京工業大学
学	榊田 哲太郎	東京工業大学 大学院理工学研究科	学	武藤 真和	東京理科大学 工学研究科
学	山口 勝大	北海道大学 大学院工学院	学	Ajit Kumar Dubey	東北大学 流体科学研究所
学	中山 開	京都大学 大学院工学研究科	正	石田 祐一	ソニー株式会社
学	益田 翔平	苫小牧工業高等専門学校	正	津田 伸一	九州大学
学	三浦 健介	名古屋大学 大学院工学研究科	正	和久 宏之	三菱電機 (株) 先端技術総合研究所
正	鈴木 智之	北川工業株式会社	正	竹口 伸介	パナソニック株式会社
学	辻川 順	横浜国立大学 大学院工学研究院	正	武石 純	(株) 安川電機
学	吉永 祐貴	東京大学 大学院	正	稲垣 昌英	豊田中央研究所
学	加藤 文乃	同志社大学 大学院生命科学研究科	正	白井 良和	東京ガス株式会社
正	JAMES CANNON	東京大学	正	橋本 静生	富士インパルス (株)
学	溝部 雅恭	明治大学 大学院理工学研究科			

正誤表

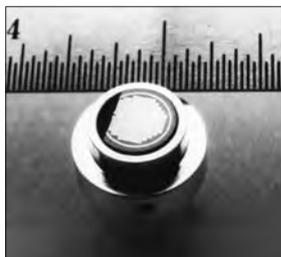
「伝熱」2014年4月号 (Vol. 53, No. 223), 巻頭グラビア
(表紙裏ページ, 下から8行目)

(誤) 「国産第一号の」 → (正) 「国産初の」

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、大変手軽に高速・高精度で熱流量の測定をすることができます。
特に応答速度の早いこと、センサーからの出力レベルが高いことが特徴で、
熱流束マイクロセンサー (HFM) では、応答速度最高6マイクロ秒を達成しています。

熱流束 マイクロセンサー



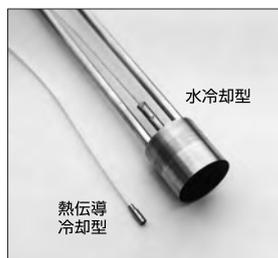
特徴

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

使用例

- エンジン内壁の熱伝達状態観察
- ロケットエンジンのトラブル実験
- タービンレード熱風洞試験
- 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

サーモゲージ



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トで作られており、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

gSKIN® 熱流束センサー



「gSKIN®」熱流束センサーはセンサー自身の表面を通過する熱流束を29対の超高感度な熱電対を用いて測定します。センサーは、 $72m^2$ の広さを持ち、厚さは $0.4mm$ です。レベル-0パッケージの最適化ポリマーと1-レベルパッケージの金属の構造になっています。

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
- 暖房および換気自動システムの測定
- 熱移動/熱放出の即時応答測定

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

URL

www.senstech.jp

〒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

E-mail

info@senstech.jp



■ CAPTEC 社日本総代理店 ■ MEDTHERM 社輸入販売店 ■ ITI 社輸入販売店

当社は、独自の高度技術を持つ、海外メーカーの熱計測機器をご提供致しております。

CAPTEC 社(フランス)

CAPTEC(キャプテック)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: 5×5mm～300×300mm
厚み: 0.4mm (平面用・曲面用)
温度範囲: -200～200°C
応答速度: 約 200ms
オプション: 温度計測用熱電対内蔵
形状: 正方形・長方形・円形
特注品: 高温用・高圧用・防水加工

輻射センサー



サイズ: 5×5mm～50×50mm
厚み: 0.25mm
温度範囲: -200～250°C
応答速度: 約 50ms
オプション: 温度計測用熱電対内蔵
形状: 正方形・長方形・円形
波長領域: 赤外/可視+赤外

MEDTHERM 社(アメリカ)

MEDTHERM(メドサーム)社は、これまで30年以上にわたり、高品質の熱流計及び超高速応答の熱電対を提供してまいりました。航空宇宙・火災・燃焼分野における豊富な実績を有しています。用途に応じ、様々な形状・仕様の製品を製造可能です。

熱流計/輻射計



熱流束範囲: 0.2-4000Btu/ft²sec(フルスケール)
サイズ: 1/16インチ(約1.6mm)～1インチ(約25.4mm)
最高温度: 200°C(水冷なし)/1500°C(水冷)
出力信号: 0-10mV(DC・線形出力)
直線性: ±2%(フルスケールに対して)

応答速度: 50ms以下*
再現性: ±0.5%
較正精度: ±2%
オプション: 輻射窓・視野角指定等

*応答速度は、熱流束レンジによって異なります。

超高速応答同軸熱電対

本同軸型熱電対は、第1熱電対のチューブの中に第2熱電対ワイヤーが挿入された同軸構造になっています。第2熱電対ワイヤーは、厚み0.0005インチ(約0.013mm)の特殊なセラミックで絶縁コーティングされています。プローブ先端の熱電対接点は、厚み1～2ミクロンの金属皮膜で真空蒸着されており、最高1マイクロ秒の応答速度を実現しています。



【主な用途】
表面温度及び表面熱流束計測
風洞試験・エンジンシリンダー・エアコンプレッサー等
【最小プローブ径】
0.015インチ(約0.39mm)

【熱電対タイプ】
T型(銅/コンスタンタン) -270°C～+400°C
J型(鉄/コンスタンタン) -210°C～+1200°C
E型(クロメル/コンスタンタン) -270°C～+1000°C
K型(クロメル/アルメル) -270°C～+1372°C
S型(白金10%ロジウム/白金) +200°C～+1700°C

ITI 社(アメリカ)

ITI(International Thermal Instrument Company)社は、1969年の設立以来、高温用熱流板や火災強度熱流計など、特殊な用途に対応した製品を提供しています。特注品の設計・製造も承っております。

高温用熱流板



最高温度: 980°C
応答速度: 0.1s
直径: 8mm～25.5mm 厚み: 2.5mm

水冷式 火災強度熱流計



最高温度: 1900°C
応答速度: 0.1s
最大熱流束レンジ: 0～3000W/cm²

当社取扱製品の適用分野

- 伝熱一般
- 温熱環境
- 炉・ボイラー
- 航空宇宙
- 火災
- 燃焼
- 各種エンジン

有限会社 テクノオフィス

〒225-0011 神奈川県横浜市青葉区あざみ野 3-20-8-B
TEL. 045-901-9861 FAX. 045-901-9522
URL: <http://www.techno-office.com>

編集出版部会ノート

Note from the JHTSJ Editorial Board

5月下旬、大学のキャンパスで桃の木に小さな果実を見つけた。毎年、和歌山では6月下旬から8月中旬に掛けて、桃の出荷の季節となる。紀の川市の桃の産地、桃源郷では、3月下旬頃に満開となった桃花が、実を結び、そして収穫を迎える。桃の果実は美味しさや健康への効用を有するが、かつては観賞用の樹木でもあり、桃花の色合いや芳香成分が観賞する人の心を和ませる。桃の葉にも種々の効用があることが知られている。桃はその多様な効用を有するが故に、人々の生活・歴史と深く関わり、持続的に利用されてきている。

今回の特集では「バイオマスのエネルギー利用と伝熱」の内容で、バイオマスのエネルギー利用技術やバイオ燃料の生産技術に関する記事を企業の方を中心に寄稿をして頂いた。バイオマス資源の持続可能な利用を実現するためには、エネルギー利用技術の検討に加えて、バイオマスの生長量・発生量や輸送コストの把握、前処理技術の検討も重要となり、全システムを俯瞰することが必要となる。また、多様な効用を有するバイオマスは、有用マテリアル資源として利活用する研究も展開されている。エネルギー利用・マテリアル利用いずれにしても、持続可能なバイオマス利用システムの中で「伝熱」の果たす役割は重要であり、システム全体を俯瞰しつつバイオマスに関わる伝熱研究がさらに進展することを期待したい。最後に、原稿を執筆して頂いた著者の方々に御礼を申し上げて、結びとする。

澤井 徹 (近畿大学)

Sawai, Toru (Kinki University)

e-mail: sawai@waka.kindai.ac.jp

副会長 圓山 重直 (編集出版担当, 東北大学)

部会長 中部 主敬 (京都大学)

委員

(理事) 山田 雅彦 (北海道大学), 二本柳 保 (東北電力(株), 留任), 野村 信福 (愛媛大学)

(協議員) 加賀 邦彦 (三菱電機(株), 留任), 澤井 徹 (近畿大学, 留任), 白樫 了 (東京大学, 留任), 鈴木 雄二 (東京大学), 中村 元 (防衛大学校), 早坂 洋史 (北海道大学, 留任), 松原 幸治 (新潟大学, 留任), 吉田 敬介 (九州大学, 留任)

TSE チーフエディター 花村克悟 (東京工業大学)

編集幹事 伏信一慶 (東京工業大学)

編集出版部会 連絡先: 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂CⅢ
京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻
中部主敬

Phone & Fax: 075-383-3605 / E-mail: nakabe@me.kyoto-u.ac.jp