



THERMAL ENGINEERING

TED Newsletter on the WEB

日本機械学会熱工学部門ニュースレター
TED Newsletter No.53 February 2008

目 次

1. TED Plaza

- 1.1 ポンポン蒸気船について 東北大学 米村茂 菊川豪太
- 1.2 燃焼によるナノ粒子の合成について 慶応義塾大学 横森剛ほか

2. 2007 年度年次大会熱工学部門報告

門出 政則 (佐賀大学海洋エネルギー研究センター)

3. 熱工学コンファレンス 2007 開催報告

熱工学コンファレンス 2007(京都)を終えて
実行委員会委員長 吉田英生ほか

4. 部門賞・一般表彰贈呈式

第 84 期(2006 年度)熱工学部門賞・部門一般表彰贈呈式

5. 行事予定案内

- 部門企画行事
- 部門関連行事
- 国際会議

6. 第 85 期部門組織

7. その他

第 85 期広報委員会

TED Plaza

ポンポン蒸気船について

ポンポン船とスポイト船の推進原理



米村 茂
東北大学流体科学研究所



菊川豪太
東北大学流体科学研究所

1. はじめに

東北大学の片平・星陵の両キャンパスにある附置研究所は 1998 年より「片平まつり」(<http://www.katahira-f.tohoku.ac.jp/>)という市民向けの一般公開を行っている。2007 年は 7 月 28, 29 日の二日間に東北大学 100 周年記念事業の一貫として開催された。「片平まつり」では研究施設を公開するだけでなく、小中学生にも楽しんでもらえるよう参加型の公開実験にも力を入れている。執筆者らの所属する流体科学研究所(<http://www.ifs.tohoku.ac.jp/matsuri/>)も 98 年の第 1 回から参加しており、2007 年は一日目の猛暑と二日目の雷雨という悪天候にも関わらず、当研究所だけで 2510 名の見学者が訪れた。小原・菊川研究室と米村研究室も「蒸気船で遊ぼう！」と題して、図 1 に示すようなポンポン船の工作や遊びの企画を行った。ポンポン船は金属パイプ、ロウソク、バルサ材で簡単に作成でき、シンプルな構造でも軽快に進むので、子供たちだけでなく大人たちの好奇心も刺激した。当日は 300 隻分の材料を準備したが、二日目の昼には予約分で材料がなくなってしまい、工作体験の受付はそこで打ち止めになってしまった。二日間で 237 人が工作体験し、工作なしにポンポン船で遊んだ人、一緒に見学した父兄の方をあわせると 700 名程度の来場者があり、工作指導するスタッフは大変であったが、充実した二日間を過ごした。



図1 ローソクで走るポンポン船

このポンポン船の企画には「NGK サイエンスサイト」⁽¹⁾、「愛媛県総合科学博物館 友の会 科学クラブ」⁽²⁾などのホームページや戸田盛和著「おもちゃセミナー 叙情性と科学性への招待」⁽³⁾を参考にした。ポンポン船の工作を取り上げた本やホームページは上記以外にも多くある⁽⁴⁾、⁽⁵⁾。この船について調べるうちに、図2に示すようなスポイトとクランク、モーターを用いた船の工作実験があることも知った⁽²⁾、⁽⁶⁾。この船はスポイト船と呼ばれており、モーターの動力によりスポイトの上端がピストンのように振動し、水の噴出・吸入を繰り返して推進するようである。ポンポン船のパイプの出口に手をあてても数ヘルツの振動数で水が脈動していることがわかる。これらの二つの船は極めて簡単な構造であるが、どういう原理で推進するのか不思議に思い、考えてみることにした。

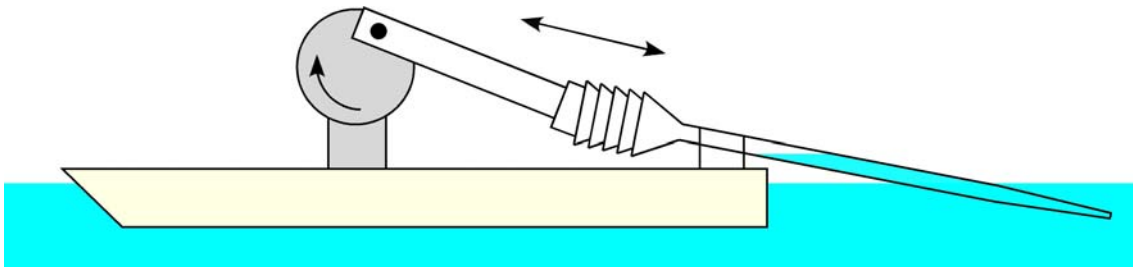


図2 スポイト船

2. 推進原理

ポンポン船は、昔、縁日の露店で販売されていた。1967年の学習研究社の「4年の科学」夏休み号の付録を復刻したものが、最近になって出版された⁽⁷⁾。これらのポンポン船は図3に示すような構造になっている。ローソクの火でボイラの中の水が気化して膨張する際に水を押し出し、それを推進に利用する。われわれのポンポン船ではコイル状に巻いたパイプがボイラの役割を果たす。パイプの先に手をあてると、前述したように水が数ヘルツの振動数で噴出していることがわかる。ローソクの火で熱せられた水は気化して膨張し、パイプ出口から勢いよく水を吹き出す。気化した水蒸気はパイプ出口近くで冷却され、液化して圧力が下がり、外部の水を吸い込む。その結果、パイ

プ内の水は熱的自励振動⁽⁸⁾を起こす. 濱口らの実験⁽⁹⁾によればこのサイクルの P - V 線図は図 4 に示すようになっている. 水を押し出すときの圧力が吸い込むときの圧力より高く推進力が得られる.

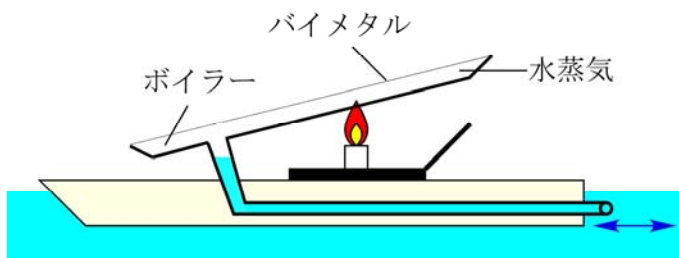


図 3 おもちゃのポンポン船の構造

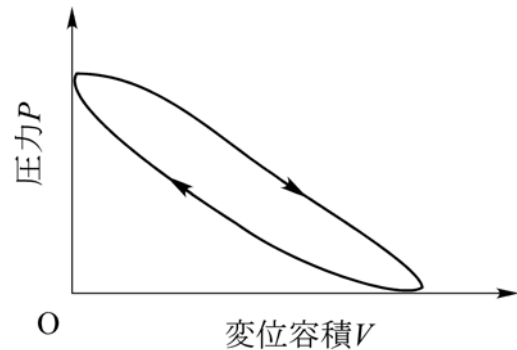


図 4 ポンポン船のボイラの P - V 線図

図 2 に示したスポイト船はなぜ推進するのであろうか. モーターの回転速度を一定とすると流入・流出は同じ速度であり, 一見すると推進力を得られそうにない. 文献⁽⁶⁾ではこの推進の原理が次のように説明されている. 図 5 に示されるように, 流出時はノズルから正面に水が噴出するため前向きの推進力が得られるが, 吸引時はあらゆる方向から水を吸うため後退する力にならないということである. 振動運動だけにより推進力が生まれるとすると, 同様のことがポンポン船にも言える. そのため, ポンポン船についても流入出の流れの方向の違いが一因であると説明されている^{(2),(10),(11)}. しかし, これは本当であらうか?

図 5 の流出時の推進力を考える. 簡単のため流れは定常であるとする. 水の密度を ρ , パイプの断面積を A , パイプの中の水流の速さを U とすると, 流出の際にパイプから外部に輸送される単位時間あたりの運動量は $-\rho AU^2$ である. ここでは船が推進する方向 (パイプの流出と反対向き) の運動量を正としている. この反作用としてパイプは前方に $T = \rho AU^2$ の推進力を得る. 次に図 6 に示すように流入時の流れの向きを反転させるような流出を仮想的に考える. パイプの中で水は管壁に沿って右向きに流れるが, パイプから出るとあらゆる方向に広がる. この場合でも外部に輸送される単位時間あたりの運動量は $-\rho AU^2$ であり, 推進力は $T = \rho AU^2$ である. 流れが曲がるとすれば, それは流体の粘性によるものであり, パイプの外側で起こっている運動量の輸送である. このためパイプにはその反作用は及ばない. つまりパイプの外の流れの形は関係がない. 流入時にはこれを反転させた現象が起こっているのであり, 外側の流れの形状で推進力を議論することはできない.

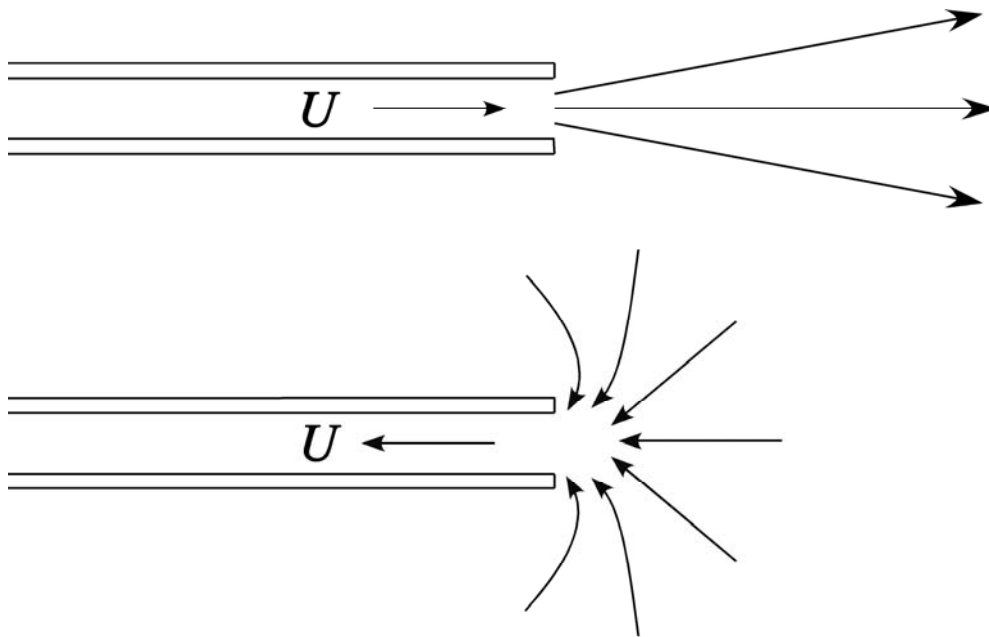


図5 パイプからの水の流入出

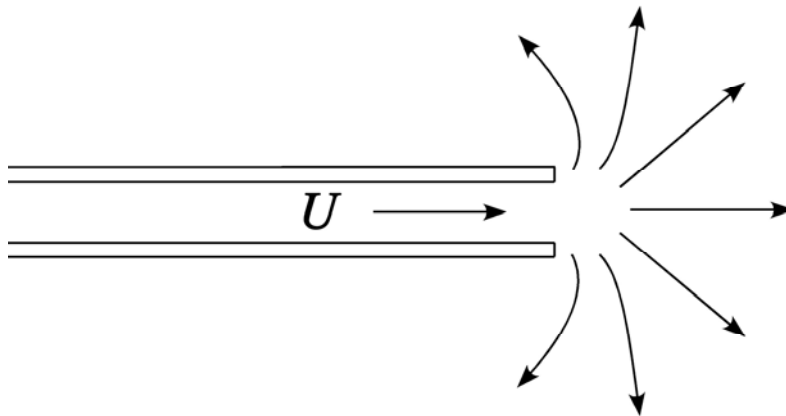


図6 パイプからの等方的な流出

スポイト船では水の振動だけで推進力が生まれている。これを裏付ける実験が Dickmann の論文⁽¹²⁾に示されている。実験装置を図7に示す。ピストンがクランクの回転により鉛直パイプ内を正弦的に振動する。鉛直パイプは水の入った大きな容器に差し込まれている。この容器を秤の上に載せ、秤にかかる力から、この機構の推進力を求めている。その実験結果を図8に示す。ここで力の単位はグラム重 (gram force, gf) であり、 $1 \text{ gf} = 9.80665 \times 10^{-3} \text{ N}$ である。実験結果から推進力 T は回転数 n の二乗に比例していることがわかる。Siekmann⁽¹³⁾はこの実験結果について考察し理論的に説明を試みているが、境界条件の設定などの妥当性に疑問がある。スポイト船はこの実験と同じ機構で推進力を得て推進していると考えられ、我々もこの実験で得られた推進力について考察する。

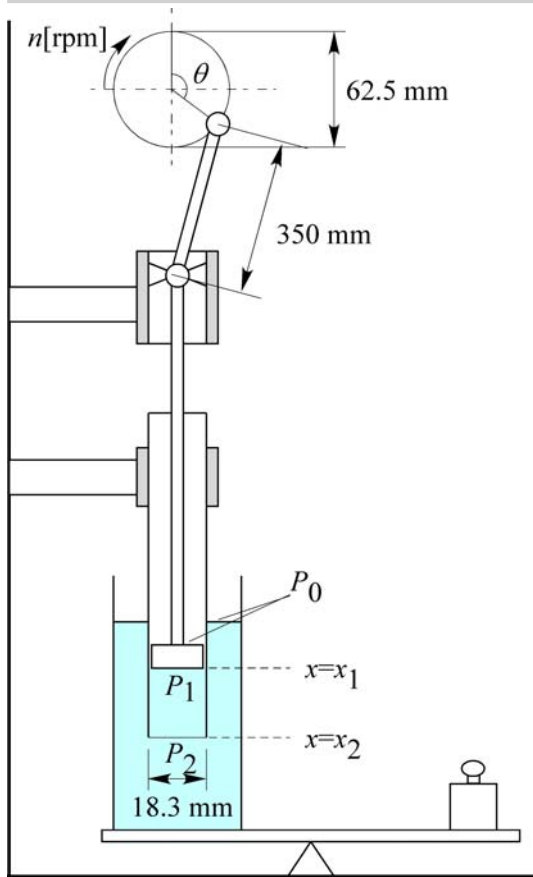


図7 実験装置⁽¹²⁾

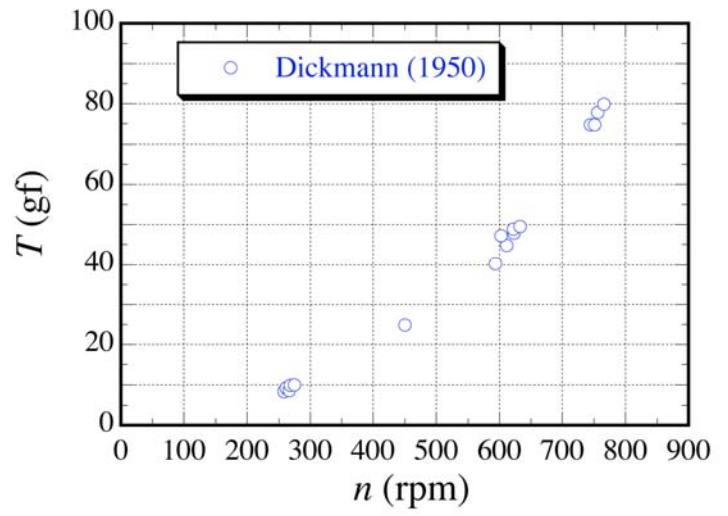


図8 実験結果⁽¹²⁾

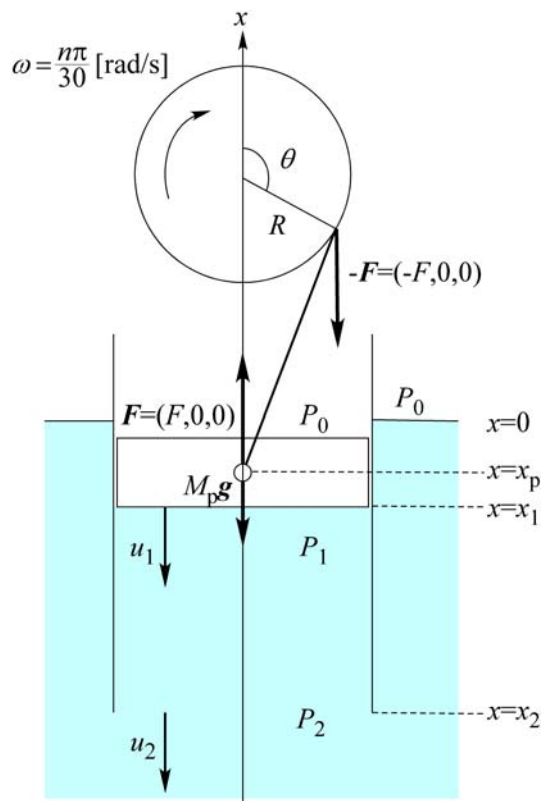


図9 クランクとピストン

実験装置で使われたクランク、ピストン、水槽の模式図を図9に示す。ここでは簡単のため、クランクロッドの長さはクランクの回転半径 R よりも十分大きいと仮定し、クランクロッドの角度の影響を考えない。クランクの回転の運動方程式は

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = \tau + RF \sin \theta \quad (1)$$

である。ここで I はクランクの慣性モーメント、 τ はクランクに作用させるトルクである。クランクには $\mathbf{F}=(-F,0,0)$ の力がクランクロッドを通じてかかっている。その反作用として、ピストンには $\mathbf{F}=(F,0,0)$ の力がかかっており、その運動方程式は

$$M_p \frac{d^2x_1}{dt^2} = F + (P_1 - P_0)A - M_p g \quad (2)$$

である。ここで、 M_p はピストンの質量、 x_1 はピストンの下面の位置、 g は重力加速度、 A は鉛直パイプの断面積、 P_0 、 P_1 はそれぞれ大気圧、ピストン下面での水の圧力である。ピストンの運動方程式はピストンの重心位置 x_p を用いて立てられるが、 x_p と x_1 の時間微分は同じ値であるので、 x_1 を用いた。鉛直パイプの断面で水は一様に流れていると仮定し、出入口で発生する局所圧力損失を考慮した非定常ベルヌーイの式を立てる。鉛直管の下端の位置、圧力をそれぞれ x_2 、 P_2 とすると、吹き出し時 ($u_2 < 0$) は

$$P_1 + \rho \frac{u_1^2}{2} + \rho g x_1 = P_2 + \rho \frac{u_2^2}{2} + \rho g x_2 + \zeta_{\text{out}} \rho \frac{u_2^2}{2} + \rho \int_{x_1}^{x_2} \frac{\partial u}{\partial t} dx \quad (3a)$$

であり、吸い込み時 ($u_2 > 0$) は

$$P_1 + \rho \frac{u_1^2}{2} + \rho g x_1 + \zeta_{\text{in}} \rho \frac{u_2^2}{2} = P_2 + \rho \frac{u_2^2}{2} + \rho g x_2 + \rho \int_{x_1}^{x_2} \frac{\partial u}{\partial t} dx \quad (3b)$$

となる。ここで ζ_{in} 、 ζ_{out} はパイプ端で流入、流出する際の損失係数である。連続の式より流速 u は管内で一定となり、ピストンの速度 \dot{x}_1 と一致する。よって $u_1 = u_2 = u = \dot{x}_1$ 、 $\partial u / \partial t = \ddot{x}_1$ である。これらの式と $P_0 = P_2 + \rho g x_2$ より (3a), (3b) は次のように表される。

$$P_1 - P_0 = -\rho g x_1 + \frac{1}{2} \zeta \rho \dot{x}_1^2 - \rho (x_1 - x_2) \ddot{x}_1 \quad (4)$$

となる。ここで

$$\begin{aligned} \zeta &= \zeta_{\text{out}} \quad (\dot{x}_1 < 0) \\ \zeta &= -\zeta_{\text{in}} \quad (\dot{x}_1 > 0) \end{aligned} \quad (5)$$

とした。クランクピストン系が得る推進力は $T = -F$ で与えられる。式(2)および式(4)より推進力は

$$\begin{aligned} T &= (P_1 - P_0)A - M_p (\ddot{x}_1 + g) \\ &= -\rho A (x_1 - x_2) \ddot{x}_1 + \frac{1}{2} \zeta \rho A \dot{x}_1^2 - \{ \rho A g x_1 + M_p (\ddot{x}_1 + g) \} \\ &= T_1 + T_2 + T_3 \end{aligned} \quad (6)$$

与えられる。ここで推進力 T を T_1 , T_2 , T_3 の3つの成分に分けた。

これを回転の一周期 T_0 にわたって積分し、 T_0 で除すると、推進力の時間平均が得られる。

$$\bar{T} = \bar{T}_1 + \bar{T}_2 + \bar{T}_3 \quad (7)$$

$$\bar{T}_1 = -\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \rho A (x_1 - x_2) \dot{x}_1 dt \quad (8a)$$

$$\bar{T}_2 = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \frac{1}{2} \zeta \rho A \dot{x}_1^2 dt \quad (8b)$$

$$\bar{T}_3 = -\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \{ \rho A g x_1 + M_p (\ddot{x}_1 + g) \} dt \quad (8c)$$

簡単のため、クランクの慣性モーメント I は十分大きいと仮定すると、式(1)より $\ddot{\theta} \rightarrow 0$ となり、 $\dot{\theta} = \omega$, $\theta = \omega t$, $T_0 = 2\pi / \omega$ とおける。これより

$$x_1 = R \cos \omega t + \bar{x}_1 \quad (9a)$$

$$\dot{x}_1 = -R\omega \sin \omega t \quad (9b)$$

$$\ddot{x}_1 = -R\omega^2 \cos \omega t \quad (9c)$$

と与えられる。これらを式(8a), (8b), (8c)に代入すると、

$$\bar{T}_1 = \frac{1}{2} \rho A R^2 \omega^2 \quad (10a)$$

$$\bar{T}_2 = \frac{1}{8} \rho A R^2 \omega^2 (\zeta_{out} - \zeta_{in}) \quad (10b)$$

$$\bar{T}_3 = \rho A (-\bar{x}_1) g - M_p g \quad (10c)$$

となる。 \bar{T}_3 の右辺第二項はピストンにかかる重力であり、第一項はピストンによって排除された体積 $\rho A (-\bar{x}_1)$ の水にかかる重力、つまりピストンにかかる浮力を表している。ピストンが水に深く沈み込むように位置決めされている場合には大きな浮力を受けるが、浮力がピストンの重力と釣り合うように \bar{x}_1 が位置決めされている場合には、 $\bar{T}_3 = 0$ となる。 \bar{T}_2 は出入口で発生する局所圧力損失によって発生する推進力であるが、損失係数はせいぜい 0.5 程度であるため \bar{T}_1 と比較すると小さい。

上述の考察では管摩擦を考慮しなかったが、管摩擦の影響によって発生する推進力の成分 \bar{T}_4 は \bar{T}_2 と同様に求められ、 λ を管摩擦係数、 d をパイプの直径とすると、

$$\bar{T}_4 = \frac{1}{T_0} \left[\int_0^{T_0/2} \frac{1}{2} \left(\lambda \frac{x_1 - x_2}{d} \right) \rho A \dot{x}_1^2 dt - \int_{T_0/2}^{T_0} \frac{1}{2} \left(\lambda \frac{x_1 - x_2}{d} \right) \rho A \dot{x}_1^2 dt \right]$$

となり、式(9a), (9b)より $x_1 = R \cos \omega t + \bar{x}_1$, $\dot{x}_1 = -R\omega \sin \omega t$ を代入すると第一項と第二項が相殺されて 0 になることがわかる。

実験条件より $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $A = \pi d^2 / 4 = \pi (1.83 \times 10^{-2})^2 / 4 = 2.63 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, $R = 3.125 \times 10^{-2} \text{ m}$, $\omega = n\pi / 30 \text{ (rad/s)}$, ここで n の単位は rpm である。よって \bar{T}_1 は

$$\bar{T}_1 = 14.08 \times 10^{-7} \times n^2 \text{ (N)} \quad (11)$$

となる．また，出入口の損失係数を $\zeta_{in} = 0.56$ ， $\zeta_{out} = 0$ とすると， $\bar{T}_2 = -0.14\bar{T}_1$ である．ここで入口損失は機械工学便覧⁽¹⁴⁾より引用した．出口損失については水力学の教科書^{(15),(16)}では $\zeta_{out} = 1$ とされているが，それは管から流出した後に速度ヘッド $u^2/2g$ ，つまり運動エネルギーが無駄になるためであり，パイプ出口で局所的にかかる圧力損失を表しているわけではない．出口での局所的な損失は入口の場合よりも小さいと考えられるため，ここでは $\zeta_{out} = 0$ とした．Dickmann の論文⁽¹²⁾に示された実験結果と，ここで求めた \bar{T}_1 と $\bar{T}_1 + \bar{T}_2$ を図 10 で比較する．推進力 $\bar{T} = \bar{T}_1 + \bar{T}_2$ は実験結果と良好に一致した． \bar{T}_1 だけでも実験結果とよく一致している．

振動だけで推進力 \bar{T}_1 が発生する理由を考察する．式(8a)より \bar{T}_1 は

$$\bar{T}_1 = -\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \rho A (x_1 - x_2) \ddot{x}_1 dt$$

と表される．クランクの回転により，パイプの中の質量 $\rho A (x_1 - x_2)$ の水に \ddot{x}_1 の加速度が発生する． $0 < \theta < \pi/2$ および $3\pi/2 < \theta < 2\pi$ の場合には，水の質量は大きく， \ddot{x}_1 は負，つまりパイプから吐き出す向きに水は加速される．一方で $\pi/2 < \theta < 3\pi/2$ の場合には，水の質量は小さく， \ddot{x}_1 は正，つまりパイプに吸い込む向きに水を加速する．この際，加速度の大きさは同じであるが，加速される水の質量が異なるため，水が得る運動量は吐き出す場合の方が大きくなる．このように水に下向きの運動量を与えるために，クランクは反作用として推進力 \bar{T}_1 を受けるのである．

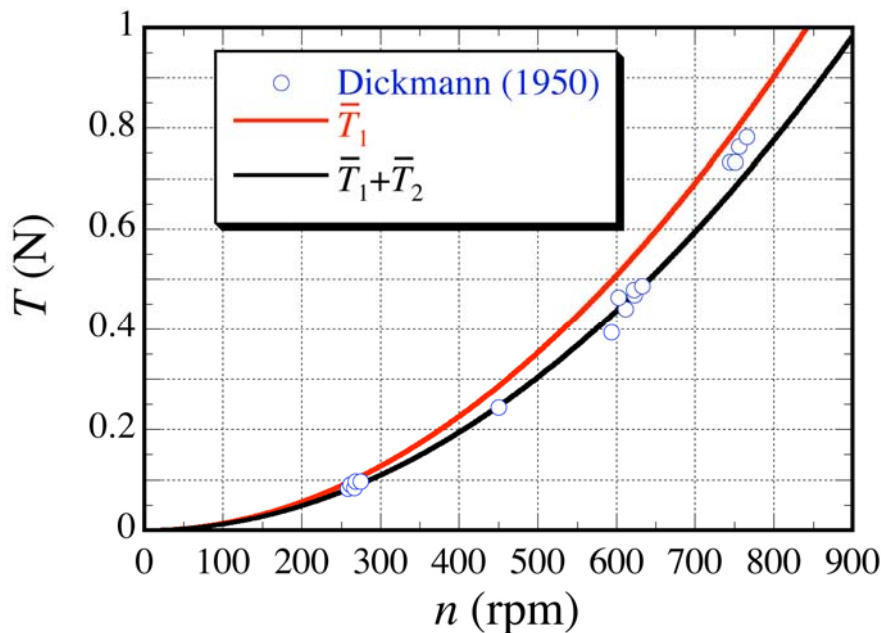


図 10 実験結果との比較

3. おわりに

本稿を書くきっかけになったのはポンポン船のイベントである．子供たちに「どうして船が進むのか」をきちんと教えなくてはいけない．しかし，ポンポン船は簡単な構造であるが，その推進原

理は簡単には分からなかった。考えるうちに疑問がどんどん湧いて来た。このシンプルなおもちゃの中で起こっている現象は実に奥が深かった。調べるうちに子供用の沢山の科学実験や科学おもちゃについての本やホームページに触れたが、それらの背景となる科学は実に多様であり、大人の私たちにとっても面白そうな実験ばかりであった。小学一年生になる執筆者（米村）の長男は、本稿のために図書館で借りてきた科学実験の本にとっても興味を持ったらしく、毎日のように読んでいる。小学校の理科の授業でこのような科学実験をもっと取り入れて、子供たちの好奇心を刺激することができれば、理科離れというような社会問題も起こらないとあらためて感じた次第である。

参考文献

- (1) NGK サイエンスサイト, <http://www.ngk.co.jp/site/2002.htm>.
- (2) 愛媛県総合科学博物館 友の会 科学クラブ,
<http://www.sci-museum.niihama.ehime.jp/tomo/kagaku/topics0409/genri.html>.
- (3) 戸田盛和, おもちゃセミナー 叙情性と科学性への招待, (1973), 63-72, 日本評論社.
- (4) こどもくらぶ, あそびにやくだつ工作〈1〉室内編, (1999), 46-47, ポプラ社.
- (5) 滝川洋二, 動く!遊べる!小学生のおもしろ工作, (2006), 24-27, 成美堂出版.
- (6) WEB 科学工作館, おもしろ実験・制作室「スポイト船?」
<http://members.jcom.home.ne.jp/kobysh/experiment/pipetship/ship.html>.
- (7) 大人の科学マガジン, Vol. 1, (2004), 学習研究社.
- (8) 高島武雄・荒井義樹・小林健敏, 上部が加熱された垂直管内の水・蒸気柱の熱的自励振動現象と圧力変動の測定, 小山工業高等専門学校研究紀要, **39** (2007), 31-36.
- (9) 明星大学理工学部機械システム工学科濱口研究室ホームページ,
<http://www.hino.meisei-u.ac.jp/me/hamaguti/kennkyuunaipage6.htm#ponponsen>.
- (10) 足利裕人, すぐ使える付録つき つくる科学の本, (2001), 72-75, シータスク.
- (11) ashi さんの部屋, <http://www.geocities.co.jp/Technopolis/2931/ponpon.html>.
- (12) Von Hans E. Dickmann, Schiffsantrieb mit instationären Vortriebsorganen, *Schiff und Hafen*, **10** (1950), 252-265.
- (13) J. Siekmann, On a pulsating jet from the end of a tube, with application to the propulsion of certain aquatic animals, *Journal of fluid mechanics*, **15** (1963), 399-418.
- (14) 日本機械学会編, 機械工学便覧 基礎編 A5 流体力学, (1986), A5-77, 日本機械学会.
- (15) 村田 暹・三宅 裕, 水力学, (1979), 67-68, 理工学社.
- (16) 森川敬信・鮎川恭三・辻 裕, 新版 流れ学, (1993), 50-51, 朝倉書店.

TED Plaza

燃焼によるナノ粒子の合成について

蛍光ナノ粒子の気相燃焼合成法

横森 剛

慶應義塾大学理工学部機械工学科専任講師

yokomori@mech.keio.ac.jp

植田利久

慶應義塾大学理工学部機械工学科教授

溝本雅彦

慶應義塾大学理工学部機械工学科教授

Yiguang Ju

Associate Professor, Dept. Mech. & Eng., Princeton University, USA

1. はじめに

蛍光粒子は、紙幣・ID 真贋判定などのセキュリティ認証技術や、細胞イメージング・生体組織マーカーといったバイオ技術、ディスプレイ材料等の発光素材技術など広範囲な用途先を持ち (図 1)、近い将来、年間数千億円程度の販売市場にまで拡大するとも予測され、多くの研究者や企業によってその合成手法や応用技術についての様々な研究・開発が進んでいる。有用な蛍光物質としては、 Y_2O_3 や Y_2O_2S を母体とした希土類系酸化物系、 $CdSe$ や ZnS といった半導体材料系、有機材料系など多種多様なものが開発されているが[2, 3]、毒性や寿命などの点で、各々に一長一短がある。そのような中でも、希土類系酸化物系は毒性が弱く寿命が長いといった特徴を持ち、蛍光灯や CRT ディスプレイなどの蛍光材料として比較的古くから使用されており、特に近年、数 nm から数十 nm のサイズを有するナノ粒子はバイオ領域への応用等に大きな期待が寄せられている。

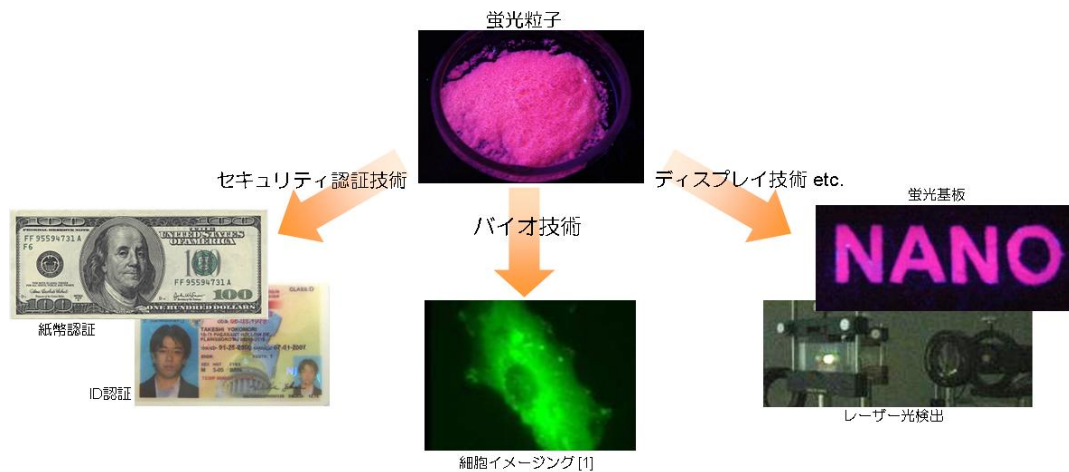


図1 蛍光粒子とその用途

現在、希土類系酸化物蛍光粒子の合成手法としては、ゾルゲル法・共沈法・水熱法といった液相合成法[4-6]、前駆物質溶液の噴霧微小液滴を加熱熱分解する噴霧熱分解法[7]などが一般的となっている。液相合成法は、液相内での緩やかな反応を利用して粒子を生成するため、粒子サイズの制御が容易であるが、基本的にバッチ処理方式であり連続大量合成には向かない。また、高輝度蛍光を持つ酸化物結晶を得るためには、不純物の除去及び結晶構造の創製を目的として、合成後の粒子を1000℃以上の高温に長時間晒すアニリング（焼きなまし）処理が必要とされるが、このアニリング過程においては粒子同士の焼結が起ることから、サイズを維持したままの単一粒子を抽出することは困難となる。一方、噴霧熱分解法は、前駆物質溶液を気相中に噴霧し、その液滴を高温に晒すことで溶媒を蒸発、前駆物質を熱分解・反応させることで粒子を合成する手法である。この手法では、液滴が気相中に分散していることから粒子同士の焼結は回避し易いが、合成粒子径を支配する噴霧液滴径は噴霧器に強く依存すること、合成粒子の微小化のために前駆物質濃度を希薄にすると合成量も必然的に減少すること、さらに合成温度不十分で十分な結晶構造が得られない場合には先述のアニリング処理が必要となる等、ナノサイズ粒子の大量合成に向けては未だ課題が多く残っている。

そこで本報では、以上のような課題解決の一手法として、我々も取り組んでいる気相燃焼場を利用した希土類系酸化物蛍光ナノ粒子の合成手法について紹介させて頂く。本手法は、高温な酸化反応場である気相燃焼場を利用するため、アニリングなどの後処理を必要とせず高純度の酸化物合成を容易に行うことが可能であり、さらに、気相反応場での合成であることから、合成中の粒子間距離が大きく、凝集・焼結を起し難いという利点を持つため、先の技術的課題を克服するために有用な手法であると考えている(図2)。

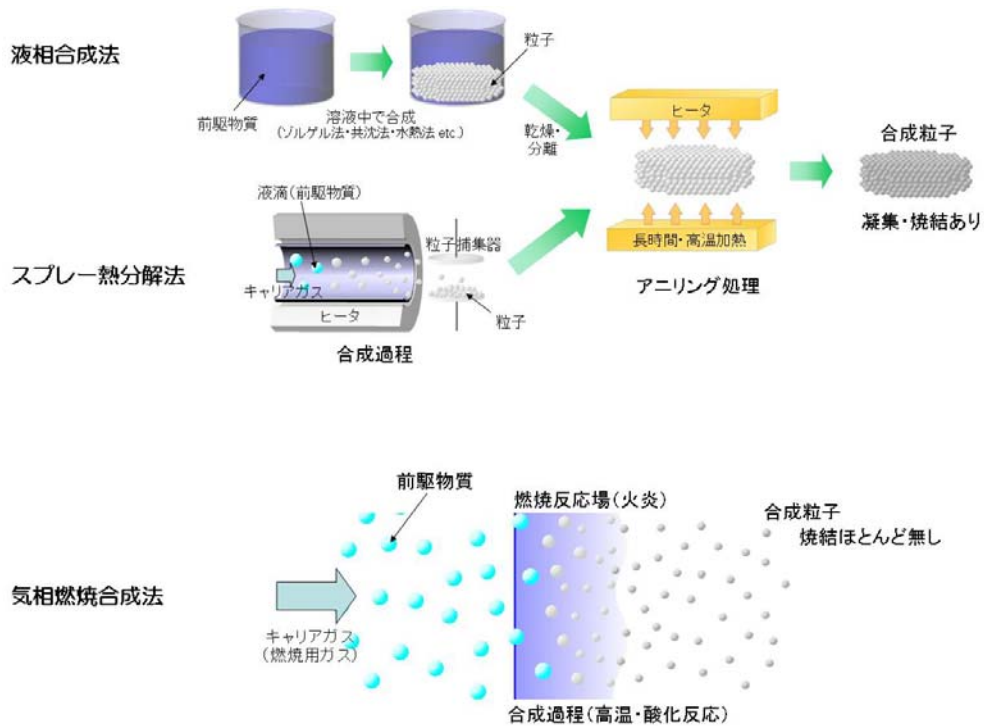


図2 種々の粒子合成法

2. 合成装置

気相燃焼による酸化物粒子の合成は、比較的簡便な装置で実施できる。図3には、研究用に使用した気相燃焼合成装置の概略図を示す。装置は主に、合成粒子のもとになる前駆物質の供給装置、気相燃焼・合成を行うバーナ、合成された粒子を捕獲する捕集装置から構成される。前駆物質は、供給装置において霧状化もしくは蒸気化され（詳しくは後述）、燃焼に必要な燃料ガス（キャリアガス）によってバーナまで運ばれる。バーナは二重円管となっており、内管からは燃料と前駆物質を噴出し、その周りを囲む外管からは酸化剤となる空気又は酸素を噴出することで、バーナ上には噴流拡散火炎が形成される（図4）。これによって、運ばれてきた前駆物質は火炎中を通過し、酸化反応による合成が行われる。また、火炎反応帯を通過した後も高温の燃焼ガス中に晒され、外管から噴出されている余剰な酸化剤が酸化反応を進行させるため、粒子はさらに成長を続けることになる。以上の行程によって、粒子の合成が完了する。最後に、捕集装置としては、濾過用フィルタによって収集する方法や静電捕集器を用いて収集する方法など、ごく一般的な粒子捕集法によって捕集が可能である。

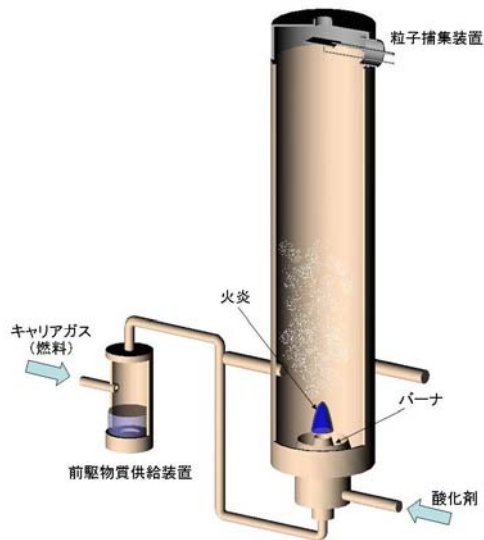


図3 気相燃焼粒子合成装置概略

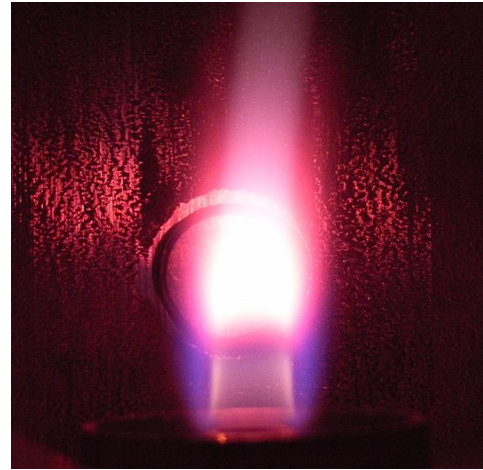


図4 合成中の火炎写真

3. 前駆物質供給方法と合成される粒子サイズ

粒子の気相燃焼合成を行う際に、前駆物質を供給する方法としては、主に以下のような2種類が考えられる。

3.1 スプレー法

粒子を構成する物質を含んだ化合物溶液を前駆物質として使用し、噴霧器によって微粒化・霧状にしたものを気相中に浮遊・分散させ、バーナ上の燃焼反応場に霧状のまま供給することで合成する手法である。本手法では、微粒化した微小液滴が高温に晒されることで溶媒が蒸発し、さらに前駆物質の分解や反応が進むことで、酸化物粒子が合成される。図5は、前駆物質として希土類塩水和物である硝酸イットリウム水和物 ($Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$) と硝酸ユロピウム水和物 ($Eu(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$) をエタノールに溶かした溶液を使用し、超音波ミスト発生器にて霧状化した後、気相燃焼場を通過させることで合成した蛍光ナノ粒子 ($Y_2O_3:Eu$) の走査型電子顕微鏡(SEM)写真を示す[8]。合成された粒子は綺麗な球形をしている様子がわかり、また、粒子同士も各々独立しており殆ど焼結を起こしていないことも確認することができる。次に、図6には溶液中の希土類塩モル濃度を変化させた際に合成された粒子の平均直径を示す。これを見てわかるように、モル濃度が低下するにつれて粒子直径も小さくなっている。これは、噴霧器ではほぼ一定の直径を持つ液滴が生成されるが(今回使用したミスト発生器では直径約 $5\mu m$)、溶液中のモル濃度が下がれば溶媒が蒸発した後に残る粒子構成物質の量も当然減少するため、結果として合成された粒子径が小さくなることに起因する。つまり、本手法では、溶液濃度を調整することにより合成粒子のサイズを容易に制御することが可能であると言える。しかしながら、図6の傾向を見ると $0.001M$ の溶液を使用したとしても合成粒子径は約 $100nm$ であり、さらに微小な粒子を得ようとする場合には溶液濃度を非常に希薄にしなければならず、粒子の

大量合成を実現するためには多量の溶媒を使用する必要があるのは明らかで、あまり現実的ではない。そこで次に、数 nm から数十 nm サイズの微小な粒子の合成を目的として行った蒸気法について紹介する。

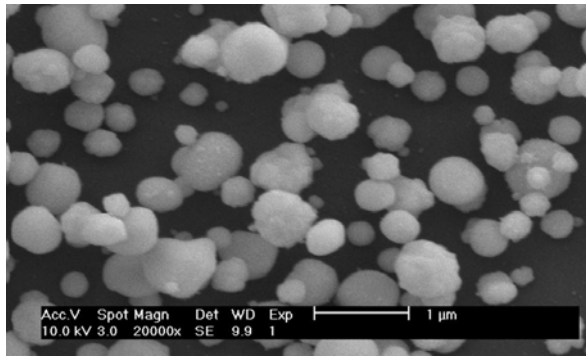


図5 スプレー法により合成された粒子の SEM 写真

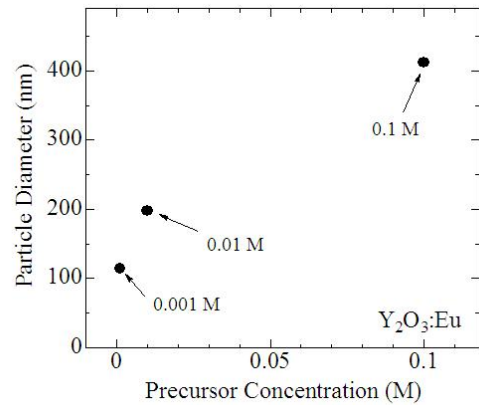


図6 スプレー法における前駆物質溶液濃度と合成粒子径の関係

3.2 蒸気法

本手法は、前駆物質を蒸気として気相中に分散させ、燃焼反応場へと供給する手法である。これは、先のスプレー法と違い、前駆物質自体が気体（蒸気）として分子オーダーの大きさで分散しているため、合成される粒子も容易に微小化することが可能となる。但し、金属や希土類の一般的な化合物は沸点が高温域にあるのに対し、本手法を行うには比較的低温で蒸気化が可能な化合物を使用する必要があるため、前駆物質には特殊なものを選定する場合が多い。ここではその一例として、希土類化合物の中でも沸点の低い 3 種類のジピバロイルメタン錯体 ($Y(C_{11}H_{19}O_2)_3$, $Yb(C_{11}H_{19}O_2)_3$, $Er(C_{11}H_{19}O_2)_3$) 混合物を前駆物質として合成した蛍光ナノ粒子 $Y_2O_3:Yb,Er$ について紹介する。図 7 は、合成された粒子の透過型電子顕微鏡(TEM)写真を示

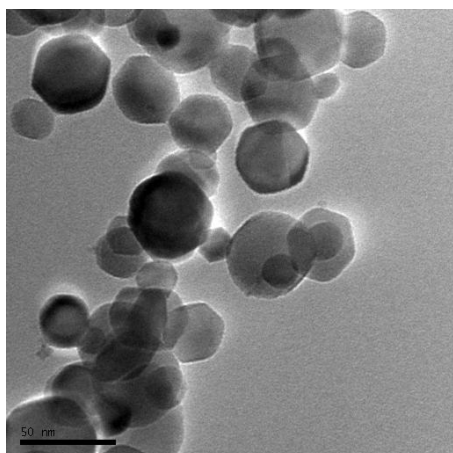


図7 蒸気法により合成された粒子の TEM 写真

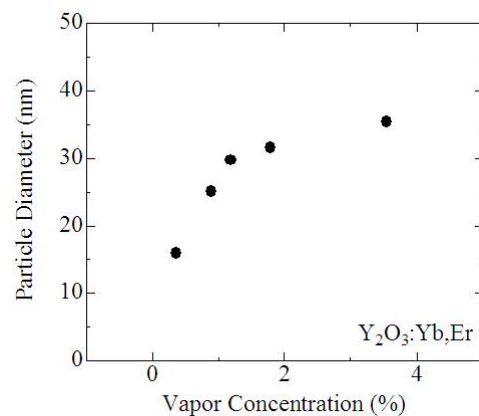


図8 蒸気法における前駆物質蒸気濃度と合成粒子径の関係

す[9]。この写真を見ると、粒子一個一個がきれいな六角形をしており粒子同士の境界も明確に確認できることから、焼結は殆ど起こっていないと考えている。また、図8には、キャリアガスに対する前駆物質の蒸気濃度を变化させた場合の合成粒子径の変化を示す。蒸気濃度が低いほど合成された粒子径は小さくなり、15nm程度の粒子合成も実現している。

4. 合成ナノ粒子の蛍光発光

ここでは、合成されたナノ粒子の蛍光発光特性について述べる。図9は、前章のスプレー法にて合成された $Y_2O_3:Eu$ の蛍光強度分布[8]、図10は蒸気法による $Y_2O_3:Yb,Er$ の蛍光強度分布[9]を示す。なお、前者の蛍光物質は励起波長帯を紫外域に、後者は赤外域に持っているため、それぞれ 355nm, 980nm の励起光を照射した際の蛍光を測定した。どちらも 600~680nm の赤色波長帯で蛍光を発しており、また、実際に目視によっても赤色発光をしている様子が確認できたことから、良好な蛍光ナノ粒子が合成されたと言える。また、図中には、キャリアガスに窒素を加えることで断熱火炎温度を变化させた際の、蛍光発光強度の違いも示してある。これを見ると、高い火炎温度で合成した方が、蛍光発光強度は強くなっている様子がわかる。これは、粒子を構成する Y_2O_3 の結晶構造が反応合成場の温度（火炎温度）に強く影響を受けるためであるということが、最近行った X線回折などの測定により明らかになってきている。この点については、今後より詳細な測定・検討を加える予定であるが、いずれにしても断熱火炎温度を変えるのみで蛍光の様子が大きく変化するという事は、燃焼工学的にも材料合成科学的にも大変興味深い特性であると思われる。

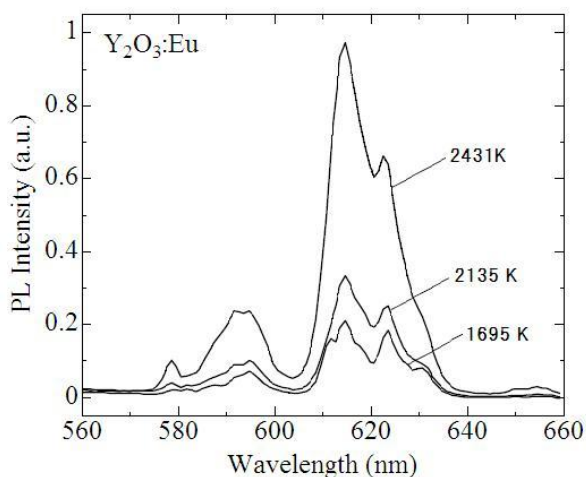


図9 スプレー法によって得られた蛍光ナノ粒子 ($Y_2O_3:Eu$) の蛍光スペクトル

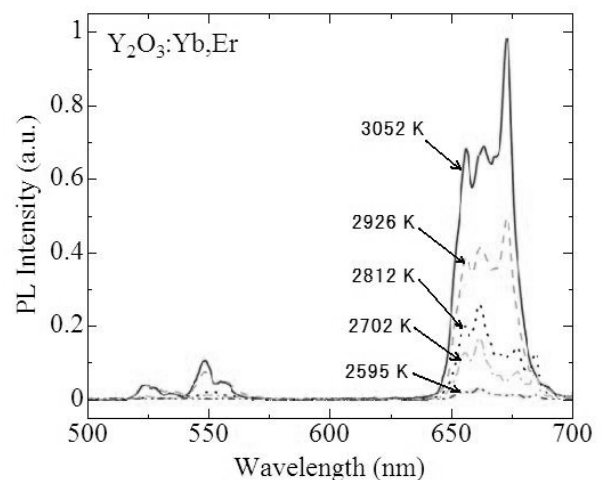


図10 蒸気法によって得られた蛍光ナノ粒子 ($Y_2O_3:Yb,Er$) の蛍光スペクトル

5. おわりに

本研究は現在のところ、数十 nm～数百 nm 程度の様々なサイズの蛍光ナノ粒子を、気相燃焼場を利用することで焼結を起こさずに合成するに至ったという段階であり、まだまだ多くの課題を残している。特に実用性を重視するならば、粒子サイズのさらなる微小化、粒子サイズの均一性、蛍光の高輝度化などが必要となる。これらの課題を乗り越えるべく、燃焼反応場や前駆物質供給方法などにさらなる工夫を加え、今後も研究を進めて行きたいと考えている。

また、既にお気づきの方も多いかもしれないが、本手法は気相燃焼反応場を利用した酸化物粒子合成を行う手法であり、基本的に酸化物粒子であれば、希土類系蛍光粒子に限らず様々な粒子の合成が可能である。実際、TiO₂、Al₂O₃、SiO₂[10]、ZnO[11]といった金属酸化物ナノ粒子についても、同様に気相燃焼場を利用した合成手法が報告されている。そういった意味でも、我々は幅広い分野において本手法の有用性に大きく期待しているところであり、少しでも多くの方々にご興味を持って頂ければ幸いである。

謝辞

本報告で紹介した結果の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金（スタートアップ）の補助によって実施されたものであり、さらに、共同で実験を実施した米国 Princeton 大学 Dept. of Mechanical & Aerospace Engineering の Xiao Qin 博士、慶應義塾大学大学院理工学研究科修士課程の田島耕一氏が取り組んだ結果も含んでいる。ここに記し謝意を表す。

参考文献

- [1] H.M. Grandin, B. Städler, M. Textor, and J. Vörös, "Waveguide excitation fluorescence microscopy: A new tool for sensing and imaging the biointerface", *Biosensors and Bioelectronics*, 21 (2006) 1476-1482.
- [2] 蛍光体の基礎及び用途別最新動向, 情報機構, 2005.
- [3] G. Schmid (岩村秀監訳, 廣瀬千秋翻訳), ナノ粒子科学 -基本原理から応用まで-, エヌ・ティー・エス, 2007.
- [4] T. Hirai, T. Orikoshi, and I. Komasa, "Preparation of Y₂O₃ : Yb,Er infrared-to-visible conversion phosphor fine particles using an emulsion liquid membrane system", *Chem. Mater.*, 14 (2002) 3576-3583.
- [5] F. Vetrone, J. C. Boyer, J. A. Capobianco, A. Speghini, M. Bettinelli, "Wet chemical synthesis and luminescence properties of erbium-doped nanocrystalline yttrium oxide", *J. Mater. Res.*, 19 (2004) 3398-3407.
- [6] J. Silver, M. I. Martinez-Rubio, T. G. Ireland, G. R. Fern, R. Withnall, "The effect of particle morphology and crystallite size on the upconversion luminescence properties

- of erbium and ytterbium co-doped yttrium oxide phosphors", *J. Phys. Chem. B*, 105 (2001) 948-953.
- [7] Y. Shimomura, N. Kijima, "High-luminance $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ phosphor synthesis by high temperature and alkali metal ion-added spray pyrolysis", *J. Electrochem. Soc.*, 151 (2004) H86-H92.
- [8] X. Qin, Y.G. Ju, S. Bernhard, N. Yao, Flame synthesis of $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}$ nanophosphors using ethanol as precursor solvents, *J. Mater. Res.*, 20 (2005) 2960-2968.
- [9] X. Qin, T. Yokomori, Y. G. Ju, "Flame synthesis and characterization of rare-earth (Er^{3+} , Ho^{3+} , and Tm^{3+}) doped upconversion nanophosphors", *Appl. Phys. Lett.*, 90 (2007) No.073104.
- [10] S. E. Pratsinis, "Flame aerosol synthesis of ceramic powders", *Prog. in Energy Combust. Sci.*, 24 (1998) 197-219.
- [11] 小田智啓, 佐々木宏二, 瀬尾健彦, 安鐵朱, 芝原正彦, 赤松史光, "低圧場における酸化物微粒子の燃焼合成に関する研究", 第45回燃焼シンポジウム講演論文集 (2007) 504-505.

日本機械学会 2007 年度年次大会熱工学部門報告



年次大会熱工学部門実行委員会
委員長 武石賢一郎（大阪大学）



年次大会熱工学部門実行委員会
幹事 赤松史光（大阪大学）

日本機械学会主催の2007年度年次大会が、9月10日～12日に亘って、関西大学吹田キャンパスで開催されました。機械学会熱工学部門に所属されている会員の皆様には、春の「伝熱シンポジウム」、秋の「熱工学コンファレンス」、「熱物性シンポジウム」、師走の「燃焼シンポジウム」に軸足があり、例年、年次大会への参加は低調である傾向が続いています。しかしながら、年次大会は機械学会に所属する20の部門が一堂に会するという意味で、上述の専門分野の会合とは大きく趣旨が異なります。特に、最近の熱工学は、境界領域、新しい分野への進出が目覚ましいので、このような新規性の高い研究分野に関する他部門との共同開催の企画を行うことが熱工学部門の年次大会に相応しいと考えました。このような考えに基づき、熱工学部門と他部門の会員の交流が活性化し、熱工学部門の発展に繋がるように、実行委員の方々と企画致しました。

熱工学部門単独の企画である、先端技術フォーラムでは、現在熱工学部門でも最先端であるナノ、バイオとは異なる、古典的ではあるが今後も日本の経済発展に重要であろうと考えられる基盤技術を取り上げました。また生活に密着した熱工学の新技术を企画させて頂きました。その結果、先端技術フォーラム「F-02 熱工学最前線」、オーガナイズドセッション「S-40 快適暮らし環境創造のための新技术展開」では、多岐に亘る講演がなされ、話題性に富むこともあって、盛況で活発な討論がなされました。

熱工学部門と他の部門とのジョイントセッションとしては、「J-14 環境モニタリングと負荷低減のための熱流体・環境工学の展開」、「J-15 噴霧による混合気形成および燃焼」、「J-13 乱流とマルチフィジックスのモデリング」、「J-16 電子情報機器、電子デバイスの熱制御と強度・信頼性評価」の4件が企画され、環境工学部門、動力エネルギーシステム部門、流体工学部門、材料力学部門、計算力学部門、情報・知能・精密機器部門との合同開催で多数の参加者による、研究内容の情報交換が進められました。また上記の企画に属さない論文投稿を集めた一般セッションにも41編の講演論文の投稿があり、伝熱、燃焼の基礎研究、あるいはその応用製品に

関する研究成果が発表され、質疑応答も活発で充実した内容となりました。特に、高専生、大学4年生、大学院生の研究もこのセッションで多く発表され、機械学会主催の講演会が教育的な面でも大きく貢献をしていることが再認識されました。

来年度の熱工学実行委員会は、年次大会は機械学会の20の部門が一堂に揃う唯一の講演会であることを再認識し、他部門への情報発信と部門共同企画推進をお願いしたいと思います。また、動力エネルギーシステム部門が緊急に企画された「新潟県中越沖地震－柏崎刈谷原子力発電所で何が起こったのか？」は当初プログラムにはない企画でしたが、日本機械学会が社会的責任を果たす上で、非常に的を得た企画でした。熱工学部門でもこのような企画を臨機応変に実施する必要があるのではないのでしょうか。もちろん、大事故は起こらないに越したことはありませんが、不幸にして起こった場合には、中立的な組織で、技術が解る人々が、社会に情報を正確に発信する責任を感じる次第です。

部門同好会は、関西大学の以文館にて、熱工学部門、流体工学部門、材料力学部門、計算力学部門の4部門で開催されました。昨年度までは、熱工学部門の表彰式を、部門同好会の前、あるいは熱工学部門のセッションの終了後の講演会場で開催していましたが、本年度からは、表彰式を熱工学コンファレンスで行うことと致しましたため、同好会は純粹に熱工学部門の会員間および合同開催の関連部門の皆様と交流の場となりました。本年度の同好会には、熱工学部門からは12名、全体で61名の参加を得て行われました。中谷委員長（材料力学部門年次大会）の司会で進められ、武石委員長（年次大会副実行委員長・熱工学部門年次大会）からの挨拶と乾杯でスタートし、その後、流体工学、材料力学、計算力学部門の年次大会委員長からご挨拶を賜りました。和やかな雰囲気の中で研究談義に花が咲く中、本年度の各部門の部門長の先生方からご挨拶を賜りました。門出部門長（熱工学部門）のご挨拶の際の写真を図1に示します。

来年度の年次大会、部門同好会には、さらに多くの会員の参加を賜り、会員相互の親睦を深めていただくことを祈念致しまして、2007年度年次大会熱工学部門のご報告とさせていただきます。



図1 ご挨拶される熱工学部門 部門長 門出先生

熱工学コンファレンス 2007 開催報告


熱工学コンファレンス 2007 (京都) を終えて

実行委員会委員長 吉田英生
実行委員会幹事 岩井 裕
実行委員会幹事 齋藤元浩



2007年11月23日(金)と24日(土)の2日間、京都大学吉田キャンパスで標記コンファレンスを無事終えることができました。

この時期は熱工学に関係する国内講演会だけでも、9月に機械学会年次大会、11月に熱物性シンポジウム、12月に燃焼シンポジウムと、立て続けに開催されます。当委員会では、そのような状況下で無理をせずに自然体で、しかも個性的なコンファレンスを提供できたらと考えました。そこで、立ち上げに際して、以下のような開催趣旨を宣言しました。



熱工学コンファレンス 2007 (京都)

CONTENTS

<ul style="list-style-type: none"> トップページ 趣旨 実行委員 スケジュール 参加費・事前登録 会場案内 特別講演 キーノート講演一覧 講演申し込み 論文番号一覧 講演プログラム 	<p>趣旨</p> <hr/> <p>紅葉たけなわの京都で開催の本コンファレンスでは、熱に関係する広い分野の方々に参加いただき、じっくりと議論できる場を提供したいと考えています。このため、原則としてオーガナイズドセッションは設けず、関係者の自由な投稿論文に基づくセッションと14件の充実したキーノート講演とで構成する予定です。また、関連学協会の中でも、今回新たにエネルギー・資源学会が協賛することにより、これまでになかった研究者および研究分野の接点を生み出すこともわっています。従来の講演会とはひと味ちがった個性と存在意義を出せるよう考えております。皆様の積極的なご投稿とご参加をお待ちします。</p>
--	---

<http://www.kuaero.kyoto-u.ac.jp/laboratory/heat/thermal2007/syushi.html>

もちろんオーガナイズドセッションをやめると講演件数が激減するのではないかと、という不安は少なからずありました。しかし、本来のニーズや期待から自ずと集まって下さる方々でコンファレンスを開催することこそ意義深いのではないかと信じて、実行させていただきました。結果的には、特別講演1件、キーノート講演14件、一般講演170件、合計185件、参加者数403名で、ほぼ例年並みとなり、数値的な面でもほっとした次第です。

今回のコンファレンスの最大の特徴は、なんといっても各分野の第一線でご活躍中の14名の方々にお願いしたキーノート講演だと思います。講演時間も、討論を含めて60分ずつとしましたので、国際会議でのキーノート講演に匹敵あるいは凌駕する充実したものといえるのではないのでしょうか。また、キーノート講演に限って、機械学会会員に限定せず無料で一般公開して聴講できるようにしたところ、多数の申し込みを受け、さらにコンファレンス終了後は、キーノート講演（と特別講演）はコンファレンスHP

<http://www.kuaero.kyoto-u.ac.jp/laboratory/heat/thermal2007/>

から講演論文のPDFファイルをダウンロード可能としています。



23日の昼休み時間には、7ヶ月前の4月25日に逝去された鈴木健二郎先生（京大名誉教授・芝浦工大シニア教授）の追悼会を開かせていただき、鈴木先生に縁の深い牧野俊郎 京大教授，荻野文丸 京大名誉教授，越後亮三 元芝浦工大副学長に思い出をお話いただきました。鈴木先生ご自身が以前教鞭をとられた工学部の大教室は、昼休みにもかかわらずほぼ満員となり、鈴木先生の誠実で暖かいお人柄とご業績を偲びました。



本コンファレンスの開催された2日間は、京都の紅葉が最も美しい時季で、観光

客も年間を通じてピークに達します。さらに、京大では学園祭である 11 月祭も開催されたため会場周辺は模擬店が多数並んで若者がごったがえすという、街も大学も人人人というありさまでした。市内のホテルは半年前でも予約が取りにくく、バスは動かずタクシーもつかまらずということで、そんな京都に全国の熱工学者をお呼びしてしまったのは、なんとも罪深いことであったとも思います。しかし、月桂冠(株)総合研究所所長の秦洋二氏による特別講演

『清酒の機能性：解明されつつある「酒は百薬の長」』

を 23 日の懇親会直前に時計台記念館で企画させていただけたことは、わざわざ京都にまで足を運んでいただいた皆様への何よりのおもてなしとなったのではないかと思います。秦氏の軽妙洒脱な語り口に会場はおおいに沸きました。その中で、極めて印象的であったことは、講演 1 週間前の 11 月 16 日に急性脳梗塞で倒れたオシム日本代表サッカーチーム監督を含め、誰しも突然病気になるのではなく、コップにたまった水が突然あふれるように病気が発覚するのだという例えでした。本コンファレンスに参加されたほとんどの方が超多忙で健康管理も十分に行き届かない場合が少なくないと思います。ぜひともこれを座右の銘として、(お酒もほどほどに飲んで) 健康な毎日を送っていただきたいと思います。なお、ご講演いただいた 11 月 23 日は、くしくも以下のようにお酒(お米)にとって特別の日だったそうです。

「新嘗祭」は「しんじょうさい」ともいい、「新」は新穀を「嘗」はご馳走を意味します。毎年十一月二十三日に全国の神社で行われ、新穀を得たことを神さまに感謝する新嘗祭は、五穀の豊穰を祈願した二月十七日の祈年祭と対する関係にあるお祭りで、この日、宮中では天皇が感謝をこめて新穀を神々に奉るとともに、御自らも召し上がります。新嘗祭の起源は古く、『古事記』にも天照大御神が新嘗祭を行ったことが記されています。現在では「勤労感謝の日」として、国民の祝日となっていますが



特別講演の行われた時計台記念館 2 階大ホールでは、仕切り壁をはさんで裏側に

移動して懇親会も開催されました。総務委員会からのご提案で、今回から部門表彰を、懇親会に先だって行うようにして、懇親会参加者全員で祝福するようにしたことは、素晴らしいことであったと思います。（詳細は部門表彰の記事を参照願います。）



そして、清酒に関する特別講演に引き続いては、これしかないでしょうということで、秦氏の音頭に合わせた酒樽の鏡開きです。門出政則部門長，宮内敏雄副部門長，鈴木雄二部門幹事に加え，岩井と齋藤も参加させていただきました。また参加者には、檜が香しい『熱工学コンファレンス京都 2007』の焼き印が入った枡もおみやげとして配布されました。



2500 通に達するおびただしいメールを毎日毎日処理しましたが、その苦労も報われたという思いを強くします。ただ一点だけ、今後このような講演会を準備される方々のためにも、残念だったことをこの場を借りてあえてお伝えしたいと思います。それは、全部で 9 件の講演辞退があったことです。しかも、うち 8 件はプログラム編成をしている最中あるいは決定後の 9 月あるいは 10 月のことで、なかにはきわめて無造作な文章のメールで講演辞退を連絡してこられる心ない講演者がおられたという事実です。タイトルや講演者名の変更等の比較的ちいさなことは可能な限り対応させていただきましたが、全体の枠組みを崩す講演辞退だけは絶対しないということを当然の了解としていただくことを切に望みます。

最後になりましたが、貴重な特別講演やキーノート講演をして下さいました皆様や多数の参加者の皆様、本コンファレンスを企画運営する上で力強くバックアップして下さいました熱工学部門総務委員会の皆様、機械学会事務局の村山ゆかり様に心からお礼申し上げます。また実行委員会の皆様、とりわけ、昨年の熱工学コンファレンス 2006 から多くのノウハウを提供いただいた小川邦康委員（慶大）、HP の背景や講演論文集表紙を美しくデザインしていただいた巽和也委員（京大）、そして当日の会場係を一所懸命務めてくれた学生諸君に感謝します。

部門賞・一般表彰贈呈式

受賞者一覧（敬称略）

熱工学部門賞

- 功績賞（永年功績賞） 藤田 恭伸（九州大学名誉教授）
林 勇二郎（金沢大学学長）
功績賞（国際功績賞） 望月 貞成（東京農工大学教授）
功績賞（研究功績賞） 牧野 俊郎（京都大学教授）
功績賞（技術功績賞） 蛭子 毅（ダイキン工業取締役兼執行役員）
業績賞 佐藤 勲（東京工業大学教授）

部門一般表彰

- 貢献表彰 花村 克悟（東京工業大学教授）
宗像 鉄雄（産業技術総合研究所）

講演論文表彰

年次大会

- ・「高温場における石炭灰の放射率特性」
下郡 三紀, 吉廻 秀久, 下郡 嘉大（パブコック日立株式会社）
- ・「レイノルズ応力モデルに基づく乱流噴流拡散火炎のモデル解析」
野田 進, 堀井 庸児（豊橋技術科学大学）

熱工学コンファレンス

- ・「浮力乱流温度場境界層 DNS データによる乱流モデルの再構築」
服部 博文, 森田 昭生, 長野 靖尚（名古屋工業大学）
- ・「空間分解反射光計測に基づく皮膚のふく射物性の推定」
山田 純, 安 炳弘, 有田 悠一（芝浦工業大学）,
三浦 由将, 高田 定樹（資生堂）

フェロー賞（参考）

- ・「フィルム冷却の混合プロセスに着眼した高性能化に関する研究」
梶内 文史（大阪大学大学院）
- ・「高レイリー数領域における水平流体層の乱流自然対流」
村上 雅（富山商船高等専門学校）
- ・「詳細な素反応過程を考慮した数値熱流体コードによるディーゼル燃焼の数値解析
（EGR 条件下における検討）」
渋谷 祐介（早稲田大学大学院）

熱工學部門賞

功績賞（永年功績賞）

藤田 恭伸 氏



贈賞理由：熱工学，とりわけ核沸騰熱伝達の主要因子の効果，促進法，整理式，混合媒体の核沸騰熱伝達特性とCHFなど，沸騰熱伝達分野の広範な研究，および熱工学部門・国際会議の運営，並びに Int. Centre of Heat and Mass Transfer の理事，日本伝熱学会会長など，永年にわたり国内外の熱工学の発展に貢献した功績が顕著である。

略歴：

- 1963 九州大学工学部機械工学科卒業
- 1965 同大学院工学研究科機械工学専攻修士課程修了
- 1968 同専攻博士課程単位修得の上退学
- 1968 九州大学工学部機械工学科講師
- 1969 九州大学工学部助教授
- 1980 九州大学工学部教授
- 2004 定年退官，九州大学名誉教授

功績賞（永年功績賞）

林 勇二郎 氏



贈賞理由：熱工学，とりわけ伝熱促進，材料製造，生体保存などのマイクロ・複雑系の相変化伝熱に関する広範な研究，および熱工学に関する国際誌のエディター，国際会議の開催，日本機械学会理事・日本伝熱学会副会長など，永年にわたり国内外の熱工学の発展に貢献した功績が顕著である。

略歴：

- 1970 東京工業大学大学院理工学研究科機械工学専攻博士課程修了
- 1970 金沢大学講師
- 1971 金沢大学助教授
- 1981 金沢大学教授
- 1981 パデュー大学客員教授
- 1997 金沢大学工学部長
- 1999 金沢大学長
- 2005 日本学術会議第20期会員

功績賞（国際功績賞）

望月 貞成 氏



贈賞理由：熱工学，とりわけ熱流体工学に関する基礎および応用研究，マイクロ・ナノテクノロジーに関する国際会議開催，PCTFE (Pacific Center of

Thermal-Fluids Engineering) 会長，International Journal of Rotating Machinery および Journal of Flow Visualization and Image Processing の Editor-in-Chief，ヨーロッパの熱工学研究者との交流に貢献した功績が顕著である。

略歴：

- 1966 東京大学工学部航空学科卒業
- 1998 東京大学大学院工学系研究科航空学専攻 修士課程修了（工学修士）
- 1971 東京大学大学院工学系研究科航空学専攻 博士課程修了（工学博士）
- 1971 東京大学助手宇宙航空研究所
- 1973 東京農工大学工学部助教授機械工学科
- 1986 東京農工大学工学部教授
- 2005 東京農工大学大学院教授機械システム工学専攻（所属名変更）

功績賞（研究功績賞）

牧野 俊郎 氏



贈賞理由：熱工学，とりわけ物質の熱ふく射現象に関する基礎研究，表面の熱ふく射スペクトル診断法の開発など，ふく射物性・ふく射計測の分野で国内外の熱

工学研究の発展に貢献した功績が顕著である。

略歴：

- 1972 京都大学工学部卒業
- 1974 京都大学大学院工学研究科修士課程修了
- 1977 京都大学大学院工学研究科博士課程単位修得退学
- 1977 京都大学工学部助手
- 1988 京都大学工学部助教授
- 1994 京都大学工学部教授
- 1996 京都大学大学院工学研究科教授

功績賞（技術功績賞）

蛭子 毅 氏



贈賞理由：熱工学，とりわけ調湿技術を応用したルームエアコンの開発など，空調，冷凍用熱交換機分野で，国内外の熱工学技術の発展に貢献した功績が顕著

である。

略歴：

- 1988 京都大学大学院工学研究科修士課程 修了
- 1988 ダイキン工業株式会社入社 機械技術研究所へ配属
- 1998 機械技術研究所 主任研究員
- 2004 経営企画室 技術企画担当部長
- 2005 執行役員就任
- 2006 取締役 兼 執行役員 経営企画室長

業績賞

佐藤 勲 氏



贈賞理由：熱工学，とりわけプラスチック成形加工における熱流体工学に関する研究，および，それにかかわる製造工程の高度化に関する研究，液体の相変化に関する基礎研究とそれ

を利用したエネルギー貯蔵・輸送に関する研究など，熱工学的研究業績が顕著である。

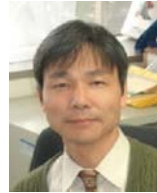
略歴：

- 1981 東京工業大学工学部機械工学科卒業
- 1984 東京工業大学大学院理工学研究科 生産機械工学専攻博士課程中退
- 1984 東京工業大学工学部助手（生産機械工学科）
- 1990 東京工業大学工学部助教授（生産機械工学科）
- 2000 東京工業大学大学院理工学研究科教授（機械制御システム専攻）

部門一般表彰

貢献表彰

花村 克悟（東京工業大学教授）



贈賞理由：熱工学研究への貢献ならびに熱工学部門運営に対する貢献が顕著である。

宗像 鉄雄（産業技術総合研究所）



贈賞理由：熱工学研究への貢献ならびに熱工学部門運営に対する貢献が顕著である。

講演論文表彰

論文題目「高温場における石炭灰の放射率特性」
下郡 三紀，吉廻 秀久，下郡 嘉大（パブコック日立株式会社）



贈賞理由：石炭焼きボイラーにおいては水管の外壁に石炭灰が付着する。火炎から水管への熱伝達は放射と対流によって行われるが，実際のボイラーにおいては放射による伝熱が支配的割合を占める。そして，その放射伝熱は水管に付着した石炭灰の放射率に大きく影響される。本講演論文は高温場における石炭灰の放射率の測定を行った論文である。論文内容が優れているばかりでなく，発表に必要な図も適切で，口頭発表及び質疑応答も申し分なく，講演論文表彰に十分値するものと評価できる。2006 年度年次大会熱工学部門の講演発表 101 件の中で最も評価が高かった論文である。（2006 年度年次大会にて発表）

論文題目「レイノルズ応力モデルに基づく乱流噴流拡散火炎のモデル解析」

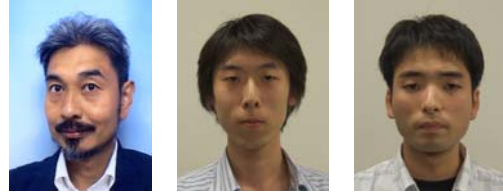
野田 進, 堀井 庸児 (豊橋技術科学大学)



贈賞理由：乱流拡散燃焼は高負荷燃焼で可能であり、火炎の伝播性がなく、安全な燃焼方式である。したがって、工業的に広く用いられている。しかし、有害物質排出等の燃焼制御が難しい問題が存在する。このような問題に対処するためには乱流拡散現象を精度よく予測するモデリング手法の開発が望まれる。そこで、本講演論文はレイノルズ応力モデルを流れ場に適用して同軸噴流乱流拡散火炎を解析し、流れ場及び温度場に関して実験結果と比較検討している。両者は比較的良好一致し、この結果は $K-\epsilon$ 2 方程式モデルよりもよい一致がえられることを示している。(2006 年度年次大会にて発表)

論文題目「空間分解反射光計測に基づく皮膚のふく射物性の推定」

山田 純, 安 炳弘, 有田 悠一 (芝浦工業大学), 三浦 由将, 高田 定樹 (資生堂)



贈賞理由：人の皮膚のふく射物性という医学・生理学分野の研究課題に対し、著者ら独自の工学的創意をもって挑んだユニークな研究である。研究の独自性という点で高く評価できることはもちろん、課題についての十分な物理的考察に基づき巧妙に工夫された測定と推定の手法は実用的であり、今後広い応用が期待できることも特筆に値する。創意に富んだ実際の境界領域研究の好例として推薦したい。(2006 年熱工学コンファレンスにて発表)



論文題目「浮力乱流温度場境界層 DNS データによる乱流モデルの再構築」

服部 博文, 森田 昭生, 長野 靖尚 (名古屋工業大学)



贈賞理由：浮力を伴う乱流境界層について、DNS データベースを整備し、それを用いて乱流モデルの評価を行った研究であり、多年にわたり著者らが蓄積してきた乱流研究の成果と経験に基づく高度な工学研究となっている。本研究の成果は、乱流モデルの予測精度の向上を通し、大気中の汚染物質の輸送現象のような実際の環境問題研究にも寄与し得るものと期待される。正統的な研究手法により信頼性の高い成果を積み重ねていく著者らの一貫した研究姿勢は本講演でも明瞭に示されており、他研究者の参考となるところが少なくない。(2006 年熱工学コンファレンスにて発表)

フェロー賞（参考）

論文題目「フィルム冷却の混合プロセスに着眼した高性能化に関する研究」

梶内 文史（大阪大学大学院）

贈賞理由：本論分はガスタービン羽根のフィルム冷却の断熱性能を向上させるために吹き出し方法の実験的研究を実施するとともに、理論的計算を行って、噴出された空気ができるだけ、壁面に密着して流動する条件を探求した研究である。発表内容は十分で、かつ発表及び質疑応答の態度も優れており、フェロー賞に値すると考える。（2006年度年次大会にて発表）

論文題目「高レイリー数領域における水平流体層の乱流自然対流」

村上 雅（富山商船高等専門学校）

贈賞理由：本研究は水平流体層において、下面を加熱し、上面を冷却した場合、乱流自然対流域の流動状態を可視化し、渦巻状の流れが発生することを示している。また、熱伝達係数の整理を行っている。興味ある流れの動画が示されると同時に、発表及び質疑応答の態度も優れており、フェロー賞に値すると考える。（2006年度年次大会にて発表）

論文題目「詳細な素反応過程を考慮した数値熱流体コードによるディーゼル燃焼の数値解析

（EGR条件下における検討）」

渋谷 祐介（早稲田大学大学院）

贈賞理由：ディーゼル機関の燃焼という複雑な燃焼過程に対し、素反応過程を考慮した数値解析を試みた魅力的な研究の発表であり、講演者を含めた研究グループの意欲は高く評価できる。解析からは熱発生率やNO_x排出量について技術的に有用な知見が得られており、今後の発展が期待できる。講演は明瞭であり、また討論に際しても講演者は適切に回答していた。（2006年熱工学コンファレンスにて発表）

行事予定案内

部門企画行事案内

● **日本機械学会 2008 年度年次大会**

開催日：2008 年 8 月 4 日(月)～7 日(木)

場 所：横浜国立大学

大会委員長：宇高 義郎(横浜国立大学)

● **The 7th JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference (TFEC2008)**

(第 7 回 日韓熱流体工学講演会)

開催日：2008 年 10 月 13 日()～16 日()

場 所：札幌

Abstract 期限：2008 年 1 月 31 日

部門関連行事案内

● **第 45 回日本伝熱シンポジウム**

開催日：2008 年 5 月 21 日(水)～23 日(金)

場 所：つくば国際会議場

主 催：日本伝熱学会

国際会議案内

—2008 年—

● **The 2nd International Forum on Heat Transfer (IFHT2008)**

開催日：2008 年 9 月 17 日()～9 月 19 日()

開催地：東京

Abstract 期限：2007 年 12 月 31 日

● **The 19th International Symposium on Transport Phenomena (ISTP19)**

開催日：2008 年 8 月 17 日()～8 月 21 日()

開催地：Reykjavic, Iceland

Abstract 期限：December 15, 2007

● **18th Conference on Thermophysical Properties (ECTP2008)**

開催日：2008 年 8 月 31 日(日)～9 月 4 日(木)

開催地：Pau, FRANCE

<http://ectp.univ-pau.fr/>

● **The 13th International Symposium on Flow Visualization (ISFV13)**

開催日：2008 年 7 月 1 日()～7 月 4 日()

開催地：Nice, Riviera, FRANCE

Abstract 期限：November 15, 2007

第 85 期部門組織

熱工学部門運営委員会

- 部門長：

門出 政則 佐賀大学 海洋エネルギー研究センター	小田 哲也 機械工学科 鳥取大学工学部
-----------------------------	------------------------
- 副部門長：

宮内 敏雄 東京工業大学大学院理工学研究科 機械宇宙システム専攻	本田 知宏 福岡大学工学部 機械工学科
-------------------------------------	------------------------
- 幹事：

鈴木 雄二 東京大学大学院工学研究科 機械工学専攻	伊藤 衡平 九州大学大学院工学研究院 機械科学部門
	宮良 明男 佐賀大学理工学部 機械システム工学科
	小野 直樹 芝浦工業大学工学部 機械工学第二科
	中別府 修 明治大学理工学部 機械工学科
- 運営委員：

田部 豊 北海道大学大学院工学研究科 エネルギー環境システム専攻	大曾根靖夫 (株)日立製作所 機械研究所第二部
小原 拓 東北大学 流体科学研究所ミクロ熱流動研究部門	草鹿 仁 早稲田大学理工学部 機械工学科
姫野 修廣 信州大学繊維学部 機能機械学科	橋本 克巳 (財)電力中央研究所 エネルギー技術研究所
桑原不二朗 静岡大学工学部 機械工学科	稲垣 照美 茨城大学工学部 機械工学科
松田 憲兒 三菱重工業(株)名古屋研究所 冷熱研究室	佐藤 春樹 慶応義塾大学理工学部 システムデザイン工学科
田川 正人 名古屋工業大学大学院工学研究科 機能工学専攻	鹿園 直毅 東京大学大学院工学系研究科 機械工学専攻
安里 勝雄 岐阜大学工学部 機械システム工学科	平井秀一郎 東京工業大学 炭素循環エネルギー研究センター
蛭子 毅 ダイキン工業(株) 経営企画部	藤井 義久 鹿島建設(株) 環境本部新エネルギーグループ
浅野 等 神戸大学工学部 機械工学科	矢澤 和明 ソニー(株) コアコンポーネント事業グループ
西村 真 (株)神戸製鋼所 技術開発本部開発企画部	横野 泰之 (株)東芝 研究開発センター 機械・システムラボラトリー
田坂 誠均 住友金属工業(株) 総合技術研究所利用技術研究開発部	大澤 克幸 鳥取大学工学部 機械工学科
稲岡 恭二 同志社大学工学部 機械システム工学科	
堀部 明彦 岡山大学工学部	

熱工学部門各種委員会委員長&幹事

- 総務委員会：

委員長： 門出 政則 佐賀大学	●広報委員会：
幹事： 山田 純 芝浦工業大学	委員長： 二宮 尚 宇都宮大学
	幹事： 川口 達也 東京工業大学

- 部門賞委員会：
 - 委員長： 宮内 敏雄
東京工業大学
 - 幹事： 鈴木 雄二
東京大学
- 学会賞委員会
 - 委員長： 長坂 雄次
慶應義塾大学
 - 幹事： 白樫 了
東京大学
- 年次大会委員会
 - 委員長： 奥山 邦人
横浜国立大学
 - 幹事： 酒井 清吾
横浜国立大学
- ASME-JSME 合同講演会委員会
 - 委員長： 岡崎 健
東京工業大学
 - 幹事： 花村 克悟
東京工業大学
- KSME-JSME 合同講演会委員会
 - 委員長： 工藤 一彦
北海道大学
 - 幹事： 黒田 明慈
北海道大学
- 講習会委員会
 - 委員長： 鶴田 隆治
- JTST 委員会
 - 委員長： 高田 保之
九州大学
 - 幹事： 小原 拓
東北大学
- 年鑑委員会
 - 委員長： 井上 剛良
東京工業大学
 - 幹事： 芝原 正彦
大阪大学
- 出版委員会
 - 委員長： 中部 主敬
京都大学
 - 幹事： 南川 久人
滋賀県立大学
- 九州工業大学
 - 宮崎 康次
九州工業大学

その他

- 第 85 期広報委員会
 - 委員長： 二宮 尚 (宇都宮大学)
 - 幹事： 川口 達也 (東京工業大学)
 - 委員： 斎藤 寛泰 (名古屋大学)
 - 白樫 了 (東京大学)
 - 鳥飼 宏之 (弘前大学)
 - 花井 宏尚 (千葉科学大学)
 - 丸田 薫 (東北大学)
 - 宮崎 康次 (九州工業大学)