

# CRCニュース

## 産学連携共同研究センター

### Collaborative Research Center NEWS No.18



機械工学科

伊藤 昇一教授

## 「環境とエネルギー利用技術に関する基礎的研究」

20世紀社会において、大量生産、大量消費、大量廃棄が行われ、地球環境負荷が増幅し、大気、水、土壌などの汚染、生物間の生態系の破壊が起こった。そのために、人々の環境意識が高まり、環境保全に向けた、経済活動のあり方や生活様式の転換が図られてきた。

このような背景から、21世紀を迎えて目指すべき社会は、環境負荷を生み出す資源・エネルギーの使用が効率化され、生産活動や消費活動における環境負荷の低減が望まれる。すなわち、資源のエネルギー効率と図1に示すような環境効率性の両面において、高い効率性を達成させねばならない。

さらに、地球温暖化対策の推進においては、増加基調にある温室効果ガスの総排気量を早期に減少基調に転換させねばならない。

私どもの研究室においても、エネルギー資源として、まだ重要である化石燃料を中心とした研究が行われている。超希薄な質の悪い化石燃料混合気を、熱循環バーナを用いて超過エンタルピ燃焼し、得られた質の良い高温の火炎から熱流束やエクセルギ流束を有効に取り出して利用する燃焼法は、汚染物質の低減を目指した技術の確立、そのエネルギーの有効利用、燃焼の安定化機構、さらには燃焼器を設計するための重要な基礎資料として多くの示唆を与えるものと考えられる。

白石助教授は、「レーザー推進システム」の研究では、数少ない有能な研究者の一人で、未来の宇宙往還機の推進動力や軍用として注目されている。このシステムは、燃焼により排気ガスを放出しないため「地球に優しい」推進法として今後の研究成果に期待されている。

エネルギーの変換、抽出、分配には、必ず「流れ」や「熱」さらに「化学反応」を取り扱う学問分野を駆逐することになる。矢野助教授は、「三次元流れ」、特に軸流中で回転する円筒上でのねじれた速度分布の乱流境界層における、平均ならびに変動速度場の特性の研究に成果を挙げている。

市川講師は、平行二円板間の剥離泡に及ぼす入口形状、さらに、二円板を回転させたときの効果について、複雑な流れ場を可視化して、成果を挙げている。

エネルギー利用技術は、機構、材料、要素技術、さらに設計法などに変化をもたらし、IT化がさらに進むと、それらのコンセプトも大きく変わると考えられるが、それを裏づける地道な基礎研究は、さらにその重要度を増すものと思われる。

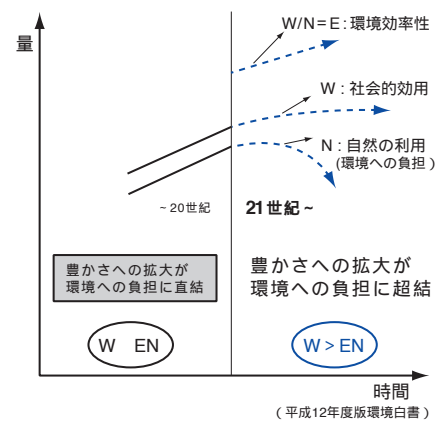


図1 環境効率性の高い経済社会 (平成12年度版環境白書)

## INDEX

### CRCニュース・18号 目次 『環境とエネルギー利用技術』特集号

環境とエネルギー利用技術に関する基礎的研究  
機械工学科 伊藤 昇一教授

白石 裕之助教授  
「レーザー推進システム内部流の数値流体解析」

市川 武久講師  
「平行二円板間のはく離泡に及ぼす入口形状と回転の効果」

矢野 治久助教授  
「噴流による膜冷却」

伊藤 昇一教授  
「高い熱伝達特性を持つバーナ開発に関する基礎的研究」

CRCからのお知らせ

「特許流通フェア中部2001」

「第3回おもしろ企業発見市」が開催される

平成13年度補正予算に係る提案型技術開発事業の公募開始される

共同実験室および産学交流室のご利用について

社会人の明日を拓く大同工業大学

### 業務メニュー

共同研究・受託研究・奨学寄付金・研究助成金・共同実験室・技術相談・受託試験・インターンシップ・人材育成・知的財産管理

白石 裕之助教授

## 「レーザー推進システム内部流の数値流体解析」



宇宙推進システムの一形態として「レーザー推進システム」の構想があります。これは飛翔体外部からレーザー光を照射させ、プラズマ化した推進剤に吸収させることによって推進に必要なエネルギーを賄うシステムであり、用途としては軌道への打ち上げなどが考えられています(図を参照)。

レーザー推進システムの利点としては、(I)化学反応によってエネルギーを取り出す推進システム(例えばH-IIロケットなどの化学ロケット)に比べて推進剤(燃料)の性能依存性が小さい、(II)レーザー光の条件をコントロールする事によって推進剤に特殊な物質を用いずに安価な物質の使用が可能である、などの性能・経済的側面が挙げられますが、やはり最も顕著な特徴は(従来の化学反応推進において必要不可欠であった)燃焼装置を必要としない点にあります。いわゆる燃焼系自体の重量や複雑な構造が不要である事が飛翔性能に著しい利益をもたらす事は言うまでもありませんが、燃焼による排ガスを放出しないという点で「地球環境にやさしい」推進システムである事も、このシステムの重要なセールスポイントであると考えられます。

レーザー推進のアイデアは約30年前に米国で提案されたものであり、現在までに海外・国内ともに基礎的研究や実用化に向けたプロジェクトが幾つか推し進められて来ました。しかしながら、実用化に関しては幾つかのモデル実験を通じて「原理的に可能である」事が示されているに過ぎません。その理由としてはエネルギー源となるレーザー装置の高出力化が未だである事も挙げられますが、最も深刻なのは輻射吸収により流動系内で生じるシステム特有の熱流体現象に対して十分な「耐熱性」が得られていない事でしょう。

上述の熱流体現象はLSP(Laser-supported plasma)と呼ばれています。これによって連続レーザー光を用いるタイプ(CW型)では1万度レベルのプラズマが維持され、パルスレーザー光を用いるタイプ(RP型)では局所的・瞬時的ではあるものの概ね数万度程度にも達するため、いずれのタイプにおいても熱防

御の点で実用化への困難性をもたらしている現象です。この種の問題点を解決するには、ただ闇雲にモデル実験を繰り返すのではなく物理現象の詳細なるメカニズムを丁寧な物理モデルによって数値実験的に把握する事も必要不可欠であると考えられるのです。また、この手法によって現時点では実験不可能と考えられる条件も検討対象に含める事が可能となります。

これを受け、筆者はレーザー推進システムに関する基礎的研究の一環として、外部から送られるレーザーエネルギーによってシステム内部流に生じるLSP、特に推進に必要とされる高温・高圧状態の発生に関して燃焼過程の代替となり得るLSD(Laser-supported detonation)という超音速流体現象に注目し、数値流体解析によってLSDの形成過程や波面詳細構造などの特性を明らかにして来ました。これからも一層詳細かつ明確に物理現象を把握し、システム実用化の指針となる知見が得られる様に研究に取り組みたいと考えています。



図.レーザー推進システム・構想図(RP型)

市川 武久講師

## 「平行二円板間のはく離泡に及ぼす入口形状と回転の効果」



本研究室では平行に置かれた二枚の円板間を放射状に流れる場合の渦を含む流れ構造について、とくにはく離泡に及ぼす入口形状と回転の効果の研究している。放射状流れは表1に示す様に工業上様々な用途に見受けられ、工学的にも基礎的で重要な流れである。実用上されている放射状流れは図1に示すように、流入部で流れが軸方向から半径方向へ直角に曲げられ、この流れの曲がり下流の放射流に影響を及ぼす。円形弁、空気マイクロメータ、回転型熱交換器、およびMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)では層流が使われている。このような流れの1例を図2に示す。流入部では図2(a)、(b)に示すようなはく離泡が生じる。下流では図2(a)に見られる

ように周方向に周期的に並ぶ放射状流脈が形成され、図2(c)のこの流脈の断面図から知られるように、流れ構造が3次元である。本研究では平行二円板間のはく離泡と放射状流れに及ぼす入口形状と円板の回転の効果についてこのような研究を系統的に進めている。

表1. 流体機械および流体装置内における平行二円板間の放射流の応用例とそれらの流れにおける問題点

平行二円板間の放射流	問題点
円板ディフューザ	入口損失
円形弁すき間の流れ	作動特性
空気マイクロの流れ	作動特性
ターボ機械すき間流れ	漏れ損失
ターボ機械渦室の流れ	旋回失速
スラスト軸受けの流れ	潤滑問題
回転形熱交換機の流れ	熱伝達率
MOCVD縦型反応炉	結晶構造

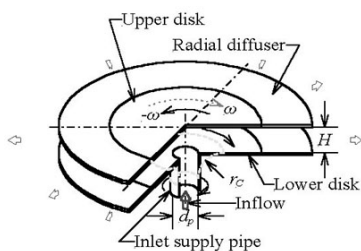


図1. 静止および回転平行二円板の幾何形状

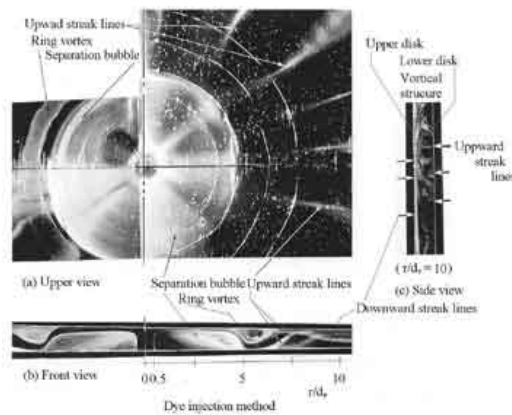


図2. 入口はく離泡と放射状の流脈 (H/dp=1.0, Re=118)

矢野 治久助教授

## 「噴流による膜冷却」

噴流(Jet)という皆さんは消防ホースから勢いよく噴出される水や、ジェット機のエンジン等を連想されるでしょう。そうす。空気や水を圧縮して小さなノズルから高速に噴出されたのが一般に噴流と呼ばれるもので、速度は用途に応じて1m/sからマッハ(超音速)以上までさまざまです。これらは工業的にも大いに利用されており、例えば鉄板やIC基板の冷却・加熱、フィルムシートの塗装・蒸着、溶鉱炉内の均一燃焼、自動車からの排気、トンネル内の換気等、様々な分野にわたっています。

私が取り組んでいるのは円形の噴流を平板に沿って噴出させた流れ場で、一般に3-D Wall Jet(三次元壁面噴流)と呼ばれているものです。速度の範囲は50m/s以下と比較的廉価に作られてはいますが、成果は他に引けを取らないと自負しております。この3-D Wall Jetの特徴は壁面上を這うように横方向へ極めて大きく流れが広がることで、最近においてはこの横方向への極端な拡大現象解明に多くの興味を持たれています。

このような拡大の非対称性は壁面の存在によって生じるので、噴流出口直後に出来た縦渦が壁面の拘束によって横方向へ引き伸ばされるため発生する二次流れに起因するというのが大半の学説です。しかしこれを実証するためには速度の三次元同時測定や流れの可視化観察等の難しい実験しかありません。そのためこれまでもわずか数例程度の実験しか行なわれておらず、現象の解明までには至っていないのが現状です。そのような理由から私の研究室においては、流れ場の瞬時速度3成分同時測定を特殊なセンサーを用いて行うことにより、実験的な見地から3-D Wall Jetの流動現象を把握しようとしております。

その特殊なセンサーとは図1にも示しましたが、直径 $5\mu\text{m}$ ( $1\mu\text{m}=1/1000\text{mm}$ )という非常に細い加熱金属線(材質: タングステンもしくは金、私が使っているのはもちろん安いタンングステン、名称: 我々流体屋はHot-Wireと呼んでいます)3本の熱伝達特性を利用して速度の三次元同時測定を行うもので、

出力は電気信号ですから従来のピトー管等の圧力による方式に比べて応答性に優れており、乱流のような早い変動にも十分対応できます。これら3本のH-Wの出力信号をA/Dコンバーターを介してパソコンに取り込み、平均・変動速度成分に分解し、平均速度分布、レイノルズ応力分布、周波数分析等の計算を行っています。

図2は結果の一例で、平均速度の等値線とベクトル図を示したものです。これらの図から噴流の横方向への広がりが縦方向に比べて4倍程度大きいことや、噴流中央部から横方向へ向かう渦の存在が確認されました。

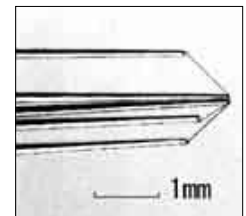


図1. H-W先端部写真

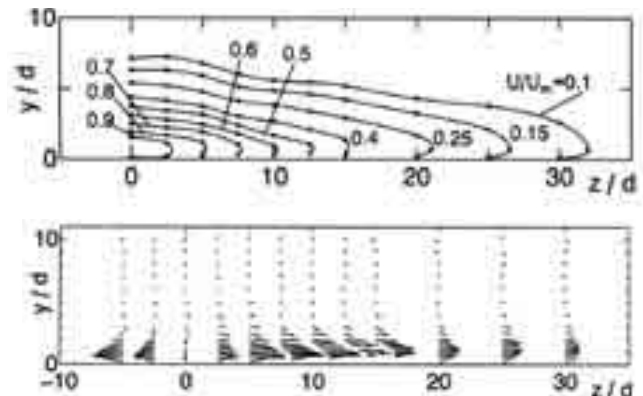


図2. 速度の等値線とベクトル図

伊藤 昇一教授

## 「高い熱伝達特性を持つバーナ開発に関する基礎的研究」

近年、環境問題や省エネルギーの観点から排気ガス規制の対象とされるNO<sub>x</sub>、CO、CO<sub>2</sub>の排出低減および高効率バーナの開発が急務とされている。これまでの研究から、火炎下流のよどみ壁面から熱を抽出する場合、(図1(a)に示す、よどみ流れ中に形成される予混合平面火炎は、図1(b)に示す)従来用いられている多数のブンゼン型火炎を並列に安定させた火炎と比較して、より低い当量比で火炎が安定し、かつ伝熱特性が優れていることが報告されている。当研究室では、高い熱伝達特性を持ち、NO<sub>x</sub>、CO、CO<sub>2</sub>の排出が少ない高効率の新型バーナの開発が

行われており、これらバーナ中に形成される予混合平面火炎およびブンゼン火炎の火炎特性が調査されている。

開発されたバーナは、図2に示すように、排気ガス中の熱のみを利用して未燃混合気を予熱する熱循環構造となっている。また熱壁面には、熱流速を測定するための熱流速計が埋設されている。よどみ壁面温度が463K一定となるように調節した後、火炎安定限界、火炎の位置、熱流速およびエクセルギー流束について測定された。

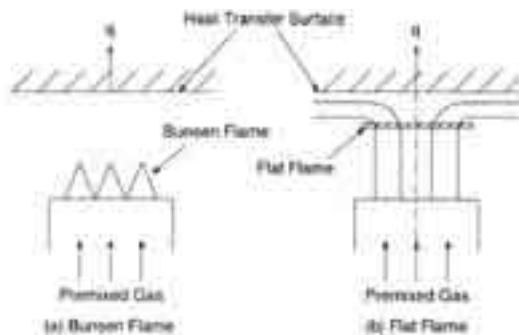


図1. 火炎の種類

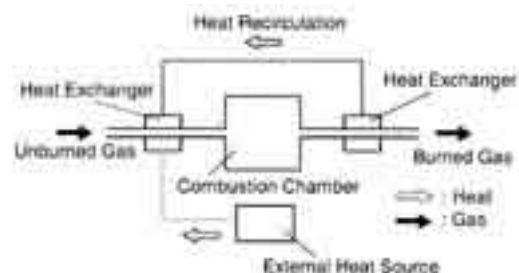


図2. 熱循環方式

(4ページへ続く)

開発されたバーナで得られた主な結果は、火炎の安定限界は、低い当量比まで拡大して安定し、かつ、火炎位置は、壁面近傍まで安定して形成させることができる。

熱流束は、図3に示すように未燃混合気の予熱温度が440Kの場合、高い熱流束を得ることができ、予熱しない場合と比較して、同一の熱流束を得るのに必要な燃料流量は約72%に低減することができる。このことは、二酸化炭素を約28%低減できることを意味する。

力学的仕事を取り出す変換装置として考えた時、予熱した場合、内燃方式は、外燃方式に比べて、約2.6倍程度高いエクセルギ流束を得ることができる。

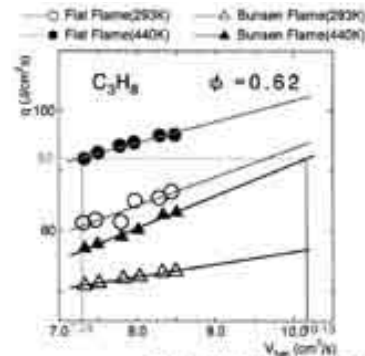


図3 燃料流量における熱流束

同一熱流束における予熱した場合の平面火炎とブンゼン火炎の燃料消費率

$$\frac{7.29}{10.13} = 0.72$$

よってCO<sub>2</sub>は28%の低減が示唆される。

●●CRCからのお知らせ●●

「特許流通フェア中部2001」「第3回おもしろ企業発見市」が開催される

「特許流通フェア中部2001」

日時 / 11月20日(火)~21日(水)  
場所 / 名古屋中小企業振興会館(吹上)  
主催 / 特許庁、中部経済産業局

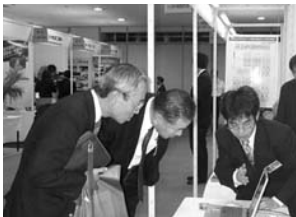
本学より情報機械システム工学科西堀賢司教授、電気電子工学科堀尾吉巳助教授、情報機械システム工学科小森和武助教授が出展。多数の来場があり、来場者の関心を集めました。また、開会式では中島副学長が出席しテープカットをされました。



中島浩衛副学長(左)



西堀賢司教授(中央左)



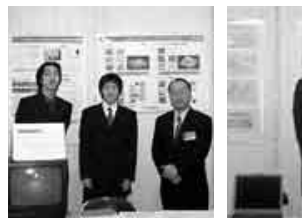
小野二郎常務理事 大竹辰也学生事務部長



西堀賢司教授プレゼンテーション



岩間三郎産学連携共同研究センター長(左)



堀尾吉巳助教授(右)



小森和武助教授

「第3回おもしろ企業発見市」

日時 / 11月21日(水)  
場所 / 四日市文化会館  
主催 / 三重県中小企業家同友会

三重県中小企業家同友会主催の標記展示会に、本学として初めて出展しました。多数の来場があり、また出展企業との交流もでき有意義な展示会でした。



展示会場



産学連携共同研究センターブース

平成13年度補正予算に係る提案型技術開発事業の公募開始される

産学連携をベースにイノベーション・新産業創出を促し、地域経済再生を図るのが目的です。22日(金)には、中部経済産業局主催で説明会が開催されました。委託金、補助金は1件あたり4,000万円以上です。積極的な提案が期待されています。

共同実験室および産学交流室のご利用について

- 共同実験室・・・大同特殊鋼(株)殿
- 産学交流室・・・愛知中小企業家同友会、「新市場創造研究会」殿
- 「エントロピ」殿

社会人の明日を拓く大同工業大学

急激な経済情勢の変化にともなって産業界は、業務転換や厳しい合理化が余儀なくされており、職業人個人(技術者)にとって、新たな分野・技術を身につける必要性が高まっています。□

本学では、地元産業界の支援によって設立した経緯から、開学以来、企業人を対象にした学びやすい環境を構築しました。

「大幅な学費の軽減」

学部:社会人コースの入学者は、授業料及び施設協力費は、フレックスコース(一般学生)の半額(4年次迄、5年次以降は、履修科目1単位当たり2万円)です。大学院(修士課程・博士課程):国立大学の授業料並です。

願書請求・問合せ先 大同工業大学社会交流センター / TEL.052(612)6193 FAX.052(612)5623

お問い合わせ

大同工業大学 産学連携共同研究センター リエゾンオフィス

〒457-8530 名古屋南区滝春町10-3 TEL(052)612-6132 FAX(052)612-5623

Eメール crc@daido-it.ac.jp

ホームページ http://www.daido-it.ac.jp/