

■日本燃焼学会創立50周年記念特集■

再録：燃焼研究第37号(1974)5-26

第15回国際燃焼シンポジウムを終えて

組織委員会委員長 疋田 強*

1. 国際シンポジウムの沿革

第二次大戦后各国の燃焼技術への関心が深まり、アメリカ化学会主催の下に最初の国際燃焼シンポジウムが1948年 Wisconsin 大学で開かれ、その際国際会議のための常置委員会が作られ、その企画により1952年のMITで国際シンポジウムが開催されたが、物理学、化学、工学の広い分野にまたがる燃焼学の基礎を発展させるには、国際的な燃焼学会(The Combustion Institute)を作るよりないとの結論に達し、各国に参加を呼びかけた。日本も各学界関係者を集めて協議し「日本燃焼研究会」を発足させ、国際燃焼学会の日本支部とすると共に、学術会議に燃焼研究連絡委員会(現在は、熱工学研究連絡委員会)を設置し、国内の横の連絡を図り燃焼研究の促進に当ることになった。

燃焼学会初代会長には Dr. Bernard Lewis が就任、その卓越した企画、牽引力によりその後国際燃焼シンポジウムは順調な発展をとげるようになった。戦前にもアメリカ化学会による燃焼シンポジウムが1928年と1937年に開かれていたので、これらを第1回、第2回とし、新発足の燃焼学会によるものを第5回(1954)とすることになった。我国からの参加は第4回(1952年MIT)が最初であり、木原、山崎、佐治の3氏が出席、論文を発表した。

第5回以後は毎回数名宛が出席し、最近では10名以上になっていたが、数年前より日本開催の要望が強くなり、また我国としても若い研究者、技術者に大きい刺激を与えると共に燃焼技術の発展に資する所が大きいと考え、学術会議、文部省の後援を得て、燃焼学会日本支部が第15回国際燃焼シンポジウムを東京で開催することを決定した。この東京でのシンポジウムを円滑に運営するために、日本側として組織委員会、募金委員会などを構成し、下記に示す方々に委員などをお願いし、昭和48年春から準備を開始した。

第15回国際燃焼シンポジウム

組織委員会名簿

(委員は五十音順)

名誉委員長	矢木 栄	東京大学名誉教授・千代田化工建設(株)取締役副社長
委員長	疋田 強	東京大学(工)教授
顧問	川田 正秋	東京大学名誉教授・上智大学教授
	北川 徹三	横浜国立大学名誉教授
	黒川 真武	科学技術会議会員
	鈴木桃太郎	東京都立大学名誉教授
	棚沢 泰	東北大学名誉教授
	長尾不二夫	京都大学名誉教授
	中田 金市	前消防研究所長
	山崎 毅六	東京大学名誉教授
婦人プログラム委員長	金原 寿郎	東京大学名誉教授
講演委員長	熊谷清一郎	東京大学(工)教授
実行委員長	功刀 雅長	京都大学(工)教授
委員	秋田 一雄	東京大学(工)教授
	飯沼 一男	法政大学(工)教授
	猪飼 茂	慶応義塾大学(工)教授
	磯田 浩	東京大学(教養)教授
	井上 潤	大阪ガス(株)
	井上 二郎	東京ガス(株)
	小笠原光信	大阪大学(工)教授
	岡野 澄	日本学術振興会常務理事
	河田 治男	東京工業大学(工)助教授
	木村 逸郎	東京大学(工)教授
	木村 元雄	三菱石油(株)
	国井 大蔵	東京大学(工)教授
	酒井 忠美	東京大学(工)助教授
	神野 博	京都大学(工)教授
	竹野 忠夫	東京大学(宇宙研)助教授
	辻 広	東京大学(宇宙研)教授
	土屋 莊次	東京大学(教養)助教授
	野田 和彦	上智大学(工)
	平野 敏右	茨城大学(工)助教授
	藤原 俊隆	名古屋大学(工)助教授
	三山 創	東レ(株)

* 東京大学工学部反応化学科

諸田 享 千代田化工建設(株)顧問
米田 圀昭 東京大学(工)

募金委員会委員名簿

(委員は五十音順)

委員長	安西 浩	日本瓦斯協会会長
委員	秋田 一雄	東京大学教授
	岩波 千春	電気事業連合会専務理事
	黒川 真武	科学技術会議会員
	国井 大蔵	東京大学教授
	功刀 雅長	京都大学教授
	田畑新太郎	日本鉄鋼協会専務理事
	棚沢 泰	東北大学名誉教授
	辻 広	東京大学教授
	豊田 英二	日本自動車工業会会長
	中田 金市	日本消防検定協会
	増田末太郎	日本学術振興会総務部長
	松原 尚躬	日本学術振興会会計課長
	村岡 貞勝	石油連盟技術委員長
	疋田 強	東京大学教授
	矢木 栄	東京大学名誉教授

2. 第15回国際燃焼シンポジウム概要

- ・日 時：1974年8月25日～30日
- ・場 所：日本都市センター
- ・国別登録者数：日本(300)、アメリカ(113)、イギリス(32)、オーストラリア(14)、西ドイツ(14)、カナダ(13)、フランス(10)、ソ連(8)、ハンガリー(4)、ベルギー(3)、オランダ(2)、その他アルゼンチン、インド、ニュージーランド、東ドイツ、スイス、ポーランド、スウェーデン、ノルウェー、イタリア、トルコ、香港、ナイジェリア各1の23ヶ国、計525名、それに夫人94名を加えて全数は619名となったが、登録して不参加の者も何名もあった。参加者の52%が大学関係、30%が企業、18%が国立研究機関となっている。

日本では40の大学から参加者があった。なお、上記全数のうち54名が学生であった。

・各セッションと論文数

約400篇の応募論文より150篇が選ばれ、日本よりは17篇が採択された。

- 1) Pollution Control In and By Combustion Systems, 20 篇
 - 2) Kinetics of Elementary Reactions, 28 篇
 - 3) Fire and Explosion Research and Safety, 22 篇
 - 4) Combustion in Practical Systems and Heat Transfer, 18 篇
- 以上の4項目が重要項目と指定され、それに一般項目として、
- 5) Detonation and Pressure-Wave Combustion Interaction,

9 篇

- 6) Flame-Flow Interaction, 12 篇
- 7) Heterogeneous Combustion, 15 篇
- 8) Electrical Properties of Flames, 6 篇
- 9) Ignition, 6 篇
- 10) Soot Formation and Behavior, 6 篇
- 11) Solid Propellant Combustion, 3 篇

この他開会式の特別講演は Imperial College of London の Weinberg 教授による “The First Half-Million Years of Combustion Research and Today's Burning Problems” があり、又第2日の夜8時から10時を利用して非公式専門家討論会が2会場において行われ、題目は、“Turbulent Diffusion Flame” と “Instrumentation and Experimental Methods” であった。

各セッションには2名のチェアマンが指名されうち1名が日本人であるセッションは17であった。

また、今回初めての試みとして Assistant to The Chair という名の討論補者を置き、留学経験のある若い人又は現在外国滞在中でこの会議に出席された日本人にお願いして、日本人出席者との討論を円滑にするよう配慮した。

日本側で座長を務めたのは、疋田強、熊谷清一郎、辻広、秋田一雄、国井大蔵、磯田浩、山崎毅六、木村逸郎、土屋莊次、浅羽哲郎、金原寿郎、功刀雅長、神野博、猪飼茂、三山創の諸氏、

座長補佐は松田臣平、藤原俊隆、河田治男、柘植俊一、疋田巧、平野敏右、久保田浪之介、宮島博、森永喜平、竹野忠夫、田丸卓、土屋莊次、幸田清一郎、柏木孝、秋本肇、伊藤定祐、久保五十六、相波哲朗の諸氏であった。

8月26日(月)の午前九時から、日本都市センターのホールで開会式が行われた。疋田と Dr. C. W. Shipman (Program Subcommittee の Chairman) とが司会を担当し、燃焼学会の会長 Prof G. C. Williams の挨拶、続いて組織委員会の名誉委員長の矢木博士の挨拶により、第15回国際燃焼シンポジウムの幕が開られた。

(編集委員注：pp.10-19 の TECHNICAL PROGRAM は誌面の都合により割愛させていただきました)

3. 特別講演 (Weinberg)

人間による火の利用は60万年位前から始まった。最初火を保存する技術が優先したが、3万年位前から火を作る技術が発達し始めた。昔は燃焼の学問と技術は一体のものであったが、今世紀の初めより段々と両者の遊離が始まり、暇と金が出来てくるにつれて、学者は応用とは関係なしに燃焼の科学にたまらない魅力を感じるようになり、基礎学と技術は離婚状態となった。技術は独走し、燃焼の応用は極度に進んだが、反面今日の燃焼排気による大気汚染は進行し、燃焼技術の転換期を迎えた。

現在燃焼系の大部分は“混合により支配された拡散炎”を基本としており, これは燃焼強度, 効率, 制御性を最小にするのみならず, 自動的に自己調整を行って汚染物質を最大にするような火災である. この事情は単に予混合炎とすることで大いに改良される. 制御性を良くすることは重要目標であり, 第一歩は空燃比を変えて温度を変えることから始まる.

予混合は燃焼帯の直前で行うべきだが, いろいろ難しい場合も出てくる. (イギリスの数例について説明).

別の問題として燃焼限界外の薄い燃料から熱をとる方法を考えれば, イギリスの炭坑から出る排気中メタンのみで全石炭産業の電力が得られることになる. 工業からも下水からも, 廃棄物発酵からも薄い燃料が出る. 低品位燃料も利用できる. かくて石油は専ら化学原料になりうる.

次に空燃比を変えずに制御性を良くすること. 反応速度の調整に, 熱の再循環, 遊離基の投入, ふく射などの利用があげられる.

我々は酸水素に僅かの添加物を加えて不燃性にすることに成功したが, 逆に反応を速めるのは余りうまく行かなかった. 遊離基を作るのはプラズマジェット, 紫外線, 放電などでできるだろうし, 混合促進の一つに磁場で回転するアークを使うのがある. 適当なキャリアーガスを使えばふく射も反応速度の増加に役立つだろう. こうして全エンタルピーは 10 % 位しかふえないのに燃焼速度は 700 % にもなる. 超希薄燃料を燃すのに使えるのではないだろうか. 電場の利用も面白い分野である.

今迄は良い燃料を悪く燃してきた, これからは悪い燃料を良く燃すことに向うべきだ.

4. 各セッションの概要

(a) 汚染制御特に Nox 関係

・(100) N. P. Cernansky and R. F. Sawyer (UC)

従来 Nox のうち NO_2 は 5 % 位といわれていたが, 最近ガスタービンその他で NO_2 が 80 % にも上ることがあることが報告されたので, 乱流拡散炎でこの点を調べた. プロパン-空気を小型水平管で燃し, 中心軸上の分析結果から, NO_2 は NO がラジカルで酸化されて生じ, 燃料過剰例でピークに達し最高温度部で殆んどゼロになり, 後流で少しづつ増加する.

同様の発見は (103) E. L. Merryman and A. Levy (Battelle) によっても報告され燃焼前の燃料分解で NH , CH 等ができ, これが NO を生じ, HO_2 により NO_2 となり, 火炎で O 原子が多くなると NO_2 は NO に還元されるとした. Zeldovich 機構だけで説明できないことは (101) の小笠原らの報告にも示された. Fuel-nitrogen と中間体としての HCN の関係についても (104) (105) (106) (107) (113) 等の報告がふれており, NO 生成における役割が主に速度論的に検討された. (113) 山岸らはメタン二段燃焼の一段では HCN は NO を上廻ることもあり, また NH_3 もできると述べている. (114)

Lefebvre (英) は連結燃焼エンジン中の汚染制御について総合的報告を行い, 噴霧燃焼は NO 生成に有利なので, 予め完全な気化を行い, かつ空気と予混合する方式が最も有望であるとした. これに対し Mellor から NO 生成に shear layer が関連していること, また Chigier は NASA の Swirl Can についてのコメントがあった.

(115) Altenkirch and Mellor (Purdue) も同様な講演で, ガスタービン燃焼の安定性と再循環域との役割を論じた. (116) Heywood (MIT) は内燃機関の総合報告. (117) 広安らの火花点火機関での排気と計算を発表し, 両者の一致が良いことを示した. (119) Solymosi ら (ハンガリー) は SnO_2 に 1 % の C_2O_3 or Fe_2O_3 を表面処理した触媒は NO 吸着が良いことを示した. 吸着 NO による H の酸化が, O_2 との反応より速い.

(109) (110) は廃棄物焼却炉, (111) は石炭の流動床燃焼器についてのものであった.

(b) 実用系中の燃焼

(120) は tangentially fired furnace の模擬計算, (121) (122) は炉内伝熱, (123) はふく射伝熱への固体粒子としてアルミナ, マグネシアの効果は少いこと. (124) Markstein もガス拡散炎よりのふく射. (125) Wolanski (ポーランド) は bluff body による微粉炭空気系の安定化. (126) Anthony ら (MIT) は微粉炭が初期蒸発後急に分解しないことについての報告.

(128) Odgers (カナダ) はガスタービンの燃焼理論を豊富に資料を集め, 強引に関係式を示した. 熱発生速度が考慮されていないというコメント. (128) は定常流れ燃焼での混合の理論. 反応論は取入っていない.

(129) Elghobashi ら (Imperial College), 円筒炉中の乱流拡散炎の理論を試すため, 流れ場中の任意点での反応帯が続く時間を測っている. ラングミュアプローブの適用により理論の妥当性を証明し, この方法で温度分布, 速度, 濃度のデータが得られると述べている. (130) Beer ら (Sheffield). Swirl バーナーの騒音と温度, 圧力変動. Nox との関係など. (131), (132) はともに, 乱流予混合炎と騒音.

(c) ロケット推進薬. ヨーロッパから 10 名位参加したが数年前に比べ淋しいセッションとなった. (50) Kuo ら (Penn State) は高速ガス化のための粒状固体推進薬の研究, (51) Kubota ら (Princeton) は catalyzed double base の高速燃焼.

(d) 基礎化学反応. 毎回のことながら盛んなセッション. H, OH などと他の分子との素反応速度についての議論が多く, 理論グループと実験グループとの夫々の立場からの討論が目立った.

スイスの Troe, アメリカの Kaufman, Fenimore, Gutman, Gardiner イギリスの Dixon-Lewis, Bradley, ドイツの Wagner, Wolfrum, ベルギーの Van Tiggelen ら新進, ペテ

ランを交えての熱心な討論は印象的。多原子分子の熱分解と再結合、非平衡単分子反応、H 再結合反応、CO-OH 反応、H-N₂O 反応、NO-H₂ 反応など NO_x 関係、光化学スモッグ関連反応、メタン分解、電子計算機の反応速度解析への応用など。

(e) デトネーション

ガス爆発では非密閉下のデトネーションの発生、爆風の生成など新しい面が出てきた。Nicholls ら (4) と Lee ら (6) らの報告等がそうであり、Lee は球面デトネーションの直接発生にはある限界のエネルギー密度が必要であることを論じ、Nicholls は初期起爆エネルギーが重要であるが、非密閉下不均一系では C-J デトネーションにはならぬことを示した。その他波面構造について二つ。

(f) 火炎、爆発、安全

炭塵、メタン爆発の研究が増えたのは石炭産業の隆盛化 (USA) に伴う事故増加によるものであろう (10) ~ (13) 森林火災、都市火災の総合的報告があり、実際の火災が時に不可解な挙動を示すことへの理論的、実験的アプローチが示された。(14) ~ (17)、(18) (19) Orloff ら (Factory Mutual) は固体表面の火炎伝ばは従来いわれていた対流伝熱よりもふく射伝熱の方が重要であることを実験的に証明した。(20) ~ (27) はポリマー、紙、織物など建材の燃焼機構の研究。さらに液体の燃焼機構と消火剤の機能についての報告が数篇。

(g) 不均一燃焼

火災研究の基礎的な部分も含まれ、また液滴、金属の燃焼研究がそれぞれ数篇。異質の報告が混在したセッションで分類に再考を要する。(45) で大沼らは噴霧燃焼は単一液滴の燃焼とは全く異なりむしろガスの乱流拡散炎であるとした。

(h) 火炎と流れの相関

乱流炎の分光、模擬炉中の3速度成分の測定、乱流拡散、予混炎の温度とイオン濃度変動の測定、渦をもつ火炎のレーザー風力計による測定、施回バーナーの渦、乱流拡散炎中の濃度変動、化学反応の効果、メタン酸素拡散炎の構造、等、Chigier ら (Sheffield) のレーザー風力計の応用は特に面白い (57)。

(i) 煤生成とその挙動

(141) Wersborg ら (MIT) は煤火炎中の大きいイオンが大きい分子と対応しており、煤生成がイオンを核として発達する機構を提案、(142) Wright (Esso) は O 原子による煤の酸化が、OH と同じく重要とし、また仏、英の研究者も金属添加と煤の量を調べ、熱イオン、化学イオンが煤の核となること、同時に OH 等と反応して煤生成を妨げる効果もあることを示した (143) (144)。

(j) 発火

(145) Lefebvre らは最小発火エネルギーが流れの状態が変わること、(146) Fink は高温ガスによる発火、(147) Dixon-Lewis (Leeds) は点火源の持続時間と体積が重要な因子であること、(147) Oppenheim (UC) 燃焼における発熱過程のガス力学的効果を実報的、理論的に解析する手法を述べた。

火曜夜の二つの非公式討論会も極めて活発で成功した。

5. 我国より提出し採択された論文題目

- (7) 高井、米田、疋田 (東大) : ガス爆轟
- (24) 平野、佐藤 (茨城大) : 紙の上を広がる火炎のガス速度と温度に対するふく射と対流の影響
- (27) 斉藤 (建築研) : 有機建材からの煙生成
- (35) 柘植 (東大宇研)、大木 (足利工大) : 固体面上を広がる定速拡散炎
- (38) 平野、木下 (茨城大) : 液面上流水で安定化した拡散炎のガス速度と温度
- (40) 岡島、熊谷 (東大) : 自由落下室内自由液滴の燃焼
- (44) 林、熊谷 (東大) : 液滴、蒸気、空気系の火炎伝ば
- (45) 大沼、小笠原 (阪大) : 噴霧燃焼炎の構造
- (47) 石浜、榎本 (東北大) : 金属粉の爆発
- (62) 山岡、辻 (東大) : 多孔円筒の前方淀み域での過剰燃料空気火炎の構造
- (77) 越、安東、大屋、浅羽 (東大) : NO の高温分解
- (94) 金原、野田 (上智大) : アセチレン炎中のラジカルとイオン生成
- (98) 木村、萩原 (東大) : 高圧放電で増強された火炎への磁場の適用
- (101) 高木、小笠原、藤井、台蔵 (阪大) : 乱流拡散炎中の NO 生成
- (113) 山岸、野沢、吉江、徳本、掛川 (東京ガス) : 二段燃焼での NO_x 生成特性
- (117) 広安、角田 (広島大) : 火花点火機関内燃焼と排気の計算模擬
- (150) 藤原 (名大) : 反射衝撃波背後の酸水素の球面発火

6. 感想

学術、懇親両方の行事とも非常にうまく行き、成功であったように思う。日本人参加者は登録は多かったが常時参加は多くなく、会場に入ると外国人が目立ち、討論主体も外人であったようで、国際会議らしい雰囲気であったが、日本人ももっと積極的にたとえ英語は拙くとも、あるいは日本語でも討論に参加した方が良かった。討論補助者の活躍舞台が少なかったのは残念であった。

晚餐会の席上燃焼学会の長老 Bernard Lewis 博士が燃焼学会の誕生より今日迄をふりかえり、新しい発見への意欲を待望し、基礎学問一層の展開を切々と訴えられたのは感

動的であった。

本会議開催に当って多額の寄附金を御恵与下さった多くの団体、会社の皆様方ならびに運営の準備から実行まで非常な努力を傾倒して下さいました運営委員の方々に衷心より御礼申上げたい。下記に御寄附いただいた団体、会社のリストをあげておく。

1. 協会関係

日本万国博覧会記念協会	旭硝子工業技術奨励会
日本ガス協会	セメント協会
石油連盟	日本産業火薬会
電気事業連合会	日本ボイラー協会
日本ガス石油機器工業会	日本熱エネルギー技術協会
日本自動工業会	日本工業炉協会
日本損害保険協会	日本瓦斯機器検査協会

2. 会社関係

新日本製鉄	住友金属工業
日本鋼管	シェル石油
千代田化工建設	神戸製鋼所東京本社
川崎製鉄	ダイセル
川崎重工業	品川白煉瓦
石川島播磨重工業	日本ファーンレス工業
三井石油化学工業	日本石油化学
旭化成工業	大阪製鋼
日立製作所	大谷重工業

三井石油化学工業

住友化学工業

日本合成ゴム

シャープ

昭和電工

日産化学工業

三菱油化

三菱化成工業

三井東圧化学

宇部興産

日本板硝子

セントラル硝子

日本電気硝子

山村硝子

東洋ガラス

日本硝子

石塚硝子

日新製鋼

光明理化学工業

旭ダウ

日本揮発油

東洋エンジニアリング

神崎工機製作所

大同製鋼

中山製鋼所

三菱製鋼

久保田鉄工

淀川製鋼所

日本製鋼所

三建産業

ボルカノ

井原筑炉工業

中外炉工業

同和工業

サンレー冷熱

大東工業所

品川ファーンレス

桂精機製作所

セントラル工業

日垣築炉工業

御法川工業

広築

黒崎築炉