

古川 純一

Junichi Furukawa

*Abstract:* 30 years of research life at the Tokyo Metropolitan College of Technology has been reviewed. I have found that one of the most enjoyable sensations is the feeling at the very rare moment of realization that I think I understand something that I believe no one else in the world understands. I would like to express my sincere appreciation to all of the people who shared the most enjoyable sensation with me, ARIGATO!

*Key Words:* Flame, Premixed combustion, Turbulence, Flame structure

### プロフィール

31, 69, 65. なんのことやら、さっぱりわからないであろう。31とは、前身校である東京都立工業高等専門学校に着任したのが1984年2月1日だから、今年でちょうど31年になる。その大半を「乱流予混合火炎」の研究に費やした。その間に書いた論文は69編、共著者は25名を超える。共著者の中で、連名の論文が多い順に、平野敏右28編、Forman Williams26編、橋本英樹13編、岡本京子、野口佳樹10編、吉田泰子9編、丸田 薫7編、中村朋宏5編である（敬称略）。この8名の中に本校の学生が名を連ねていることは、私にとって、実に喜ばしいことである。65とは、1949年11月16日生だから、今年でちょうど満65才となる。

### 燃焼研究

往復動内燃機関からジェットエンジン・ロケットモータに至るまで、実用燃焼器における燃焼過程は、すべてが乱流燃焼である。したがって、乱れの燃焼促進のメカニズムを解明することは、これらの実用燃焼器を効率よく設計するために極めて重要な課題である。

乱流予混合火炎の構造や乱流燃焼速度は未燃焼混合気の乱流特性の影響を強く受け、火炎と流れの相互作用によって決まると考えられる。したがって、火炎と流れの相互作用を明らかにすることは、乱流予混合火炎における乱れの燃焼促進のメカニズムを解明する上で本質的な問題と

なる。これを解明するためには、乱流予混合火炎における火炎面の挙動と流れのようすを実験的に確かめなければならぬ。

このような観点に基づき、乱流予混合火炎の局所的な反応帯の構造、乱流火炎帯における流れのようす、火炎面の挙動、火炎と流れの相互作用などの研究を行ってきた。また、これらの研究を実現するために、計測手法に関する基礎研究も行った。

### 乱流予混合火炎の局所的な反応帯の構造

予混合火炎における乱れの燃焼促進のメカニズムとして、大きなスケールのそれほど強くない乱れの場合には、乱れの速度変動に応じて火炎面に凹凸の変形が生じ、その結果、火炎面の面積が増加する。この場合、瞬間的に見た火炎は分子輸送過程に支配され、局所的には層流燃焼速度  $S_L$  で伝播する皺のある予混合火炎（wrinkled laminar flame）であるので、平均の燃焼速度、すなわち乱流燃焼速度  $S_T$  は皺のある火炎の表面積  $A_T$  に比例すると考えられている。すなわち、層流燃焼速度を  $S_L$ 、流管の断面積を  $A_L$ 、この流管中を伝播する乱流予混合火炎の表面積を  $A_T$  とすると、次式が成り立つ。

$$\frac{S_T}{S_L} = \frac{A_T}{A_L}$$

これに対し、小さなスケールの強い乱れの場合、乱れは火炎面の形状にはほとんど影響を与えず、むしろ火炎帯内

で乱れの渦運動による新しい輸送機構が分子輸送機構に加わり、成分ガス、エンタルピーおよび運動量などの輸送現象が強化され、その結果、乱流燃焼速度  $S_T$  は層流予混合火炎に比べて増大し、かつ火炎帯も厚くなると考えられている。

wrinkled laminar flame の研究は、多くの人が行っていたので、天の邪鬼な私は、小さなスケールの強い乱れ場に形成される乱流予混合火炎を研究しようと思った。幸い、十分な容量の空気源があった。

乱流予混合火炎の燃焼状態や火炎の挙動などの火炎構造とそれを代表する物理量であるイオン電流の関係を明らかにし、小さなスケールの強い乱れ場に形成される乱流予混合火炎の微細構造を明らかにすることを試みた。その結果、乱流予混合火炎の局所的な反応帯の厚さ  $\delta_T$  は、それと混合気の濃度が等しい層流予混合火炎の厚さ  $\delta_L$  と等しいと言う新しい事実を明らかにした<sup>(1),(2),(9),(10),(11)</sup>。これは、従来分散型火炎 (distributed reaction zone) が形成されると考えられていた小さなスケールの強い乱れ場においても、乱れの燃焼促進のメカニズムは wrinkled laminar flame の考え方が成り立つことを示している。

1984年2月に本校に着任以来、最初の論文<sup>(1)</sup>が刊行される1989年12月まで、実に6年近い歳月を要した。この間は、自分の領域を確立するためにもがき苦しんだ時期である。研究をしたいと言って会社を飛び出してはみたものの、毎日が「果して自分は研究者としてやっていけるのか？」という不安との戦いであった。

### イオン電流の特性に関する基礎研究

乱流予混合火炎の局所的な反応帯の内部構造を明らかにしようとする場合、局所的な反応帯の近傍における温度や中間生成物の濃度などの燃焼現象と密接な関係のある物理量の分布  $Q(\mathbf{r})$  を計測することが多い。乱流火炎のように変動している火炎を計測する場合には、乱流火炎帯内の任意の場所に固定された計測点で計測する機会が多い。そのような場合、変動している局所的な反応帯が計測点を通過するため、物理量の信号  $S(t)$  は時間の関数として得られ、目的とする物理量の分布  $Q(\mathbf{r})$  を直接計測することはできない。したがって、計測された物理量の信号  $S(t)$  は、局所的な反応帯の近傍における物理量の分布  $Q(\mathbf{r})$  のみならず、

局所的な反応帯の挙動やその形状にも依存する。したがって、 $S(t)$  から  $Q(\mathbf{r})$  を推定するためには、局所的な反応帯の挙動やその形状を考慮しなくてはならない。このような観点に基づき、イオン電流を計測して乱流予混合火炎の局所的暗反応帯の構造を明らかにすることを目的として、静電探針に対する予混合火炎の相対的な挙動およびその局所的な形状がイオン電流に特性に及ぼす影響を調べた<sup>(3),(4),(6),(9),(22)</sup>。

### 固体壁近傍における乱流伝ば火炎の挙動

内燃機関の燃焼室壁近傍の火炎の挙動を明らかにしようと思い、固体壁の近傍における乱流伝播火炎の挙動を調べた。予想に反し、壁面近傍で火炎面の乱れが減衰する<sup>(12)</sup> という結果を得た。宮里好典君と言う、現代のからくり儀右衛門とも言うべき、エンジニアリングセンス抜群の学生が居たことで、困難な実験を実現することができた。この研究では、火炎の挙動を観察するために、高速度シュリーレン写真撮影を行ったため、べらぼうに金がかかった。100フィートの16ミリフィルム一本が約¥3,000、現像代が、また、¥3,000。それこそ、湯水のごとく金がかかり、研究室の財政は極端に悪化した。

二つの研究を同時進行させると、研究費、マンパワーのみならず、自分自身の力不足を痛切に感じた。以来、乱流予混合バーナ火炎の研究に集中することにした。その後、宮里君のような学生にはお目にかかっていない。

### 乱流予混合火炎の凹凸のスケール

従来、小さなスケールの強い乱れ場には distributed reaction zone が形成されると考えられていたが、乱流予混合火炎の局所的な反応帯の構造は、それと混合気の濃度が等しい層流予混合火炎の構造と同程度であった<sup>(1),(2)</sup>。これは、このような乱れ場においても、燃焼促進のメカニズムは、wrinkled laminar flame モデルが成り立つと考えられる。そこで、イオン電流の特性に関する基礎研究に基づき、乱流予混合火炎の局所的な反応帯の凹凸のスケールの計測を行った<sup>(5),(10),(11),(14)</sup>。

### 乱流予混合火炎における Flame Generated Turbulence

小さなスケールの強い乱れ場でも、局所的な反応帯の構

造は、それと混合気の濃度が等しい層流予混合火炎の構造と同程度であった。これは、未燃混合気流中の小さなスケールの渦が途中で減衰してしまい、局所的な反応帯まで到達していないのではないかと考えた。折しも、レーザ流速計が導入された頃であった。そこで、乱流火炎帯における流れ場の計測を行った。その結果、未燃焼混合気流中に存在する小さなスケールの渦は、予熱帯で減衰し、反応帯には存在しないこと<sup>(15),(19)</sup>、発熱による熱膨張のために火炎面の前後で流れが増幅すること<sup>(28),(29),(31),(32),(35)</sup>などの新しい事実を明らかにした。

### 乱流予混合火炎における局所的な消炎

1992年、後述するカリフォルニア大学サンディエゴ校の Forman Williams 教授と成田空港で食事中、突然、「静電探針で乱流火炎の局所的な消炎を計測できないか？」と聞かれた。その時は、「考えておきます」と答えた。翌年、学会で再会した時、「局所的な消炎を直接計測することはできないが、消炎限界付近の火炎片は燃焼速度が減少するだろうから、燃焼速度なら計測できると思います。」と答えた。「それでは、やってみろ」と言うことになり、共同研究がスタートした。火炎の挙動は静電探針、ガス流速はレーザ流速計で計測すると言うとてつもない実験<sup>(18),(25),(27),(33),(34)</sup>を始めることになった。

### 乱流予混合火炎における火炎と流れの相互

乱流火炎帯における流れ場の計測を行ううちに、火炎片における発熱に起因する熱膨張が流れのようすに大きな影響をおよぼすことがわかった<sup>(36),(38),(39),(40)</sup>。火炎と流れの相互作用を明らかにすることは、乱流予混合火炎における流れの燃焼促進効果を明確にする上で、本質的な問題となる。そのためには、乱流火炎帯における火炎片の挙動と流れのようすを明らかにしなければならない。燃焼場における流れのようすは、レーザ流速計を使用することにより、比較的簡単に計測することができる。しかし、火炎片の挙動は、それを計測する手法が確立されていない状況であった。そこで、まず、四つの受感部を有する静電探針を使用して、火炎片の挙動を計測する手法を確立する研究<sup>(43),(45),(47),(49),(50),(51),(54),(58),(59)</sup>から始めた。この手法とレーザ流速計を組み合わせることで、火炎と流

れの相互作用を明らかにした<sup>(61),(62),(63),(64),(65),(66),(67)</sup>。

### C<sub>2</sub> スワンバンドの発光分光法による燃焼状態の診断

燃焼の研究で、名前が売れてくると、他大学の学生から質問を受ける機会が増えてくる。そのような中で、神戸大学の池田助教授の研究室の学生と親しくなり、共同研究に発展した。炭化水素を燃料とする火炎では、OH, CH, C<sub>2</sub> などの中間生成物からのバンドスペクトルが観察される。したがって、火炎からの発光を計測して、燃焼状態を推定しようとする試みが古くから行われてきた。しかしこれらの計測は、単純レンズ系を使用しているために空間分解能が低く、火炎のどの位置からの発光であるかが不明である。そこで、集光部分にカセグレン光学系を使用することにより、計測の空間分解能を格段に向上させることができる。火炎からの発光を計測して、火炎の温度を推定するためにこの研究を行った<sup>(37),(60)</sup>。この研究が実現すれば、先に述べた Forman 先生との約束である「乱流火炎の局所的な消炎の計測」が可能となるのではないかとと思われるが、残念ながら、時間切れとなってしまった。

### 危機管理

2003年1月から2004年4月まで、故あって、ある大学の開学準備をお手伝いする羽目になった。私が担当したのは、危機管理学部であった。それ以来、危機管理に興味を持ち、いくつかの論文<sup>(42),(44),(52),(55),(56),(57)</sup>を書いた。実験の必要がなく、評論家のようなことを言っていれば良いので、easyである。お陰で、何度か講演を依頼されたりしたが、やはり、実験屋としては墮落した感がある。

### 乱流予混合 V 型火炎の流体力学的構造

私にとって正に最後の論文<sup>(68)</sup>である。2005年頃、乱流予混合火炎の火炎面の挙動を調べていたとき、戯れに V 型火炎を作ってみた。火炎面の挙動を調べてみると実に面白い結果<sup>(47)</sup>だった。通常のブンゼン火炎では、火炎の内側に未燃焼混合気が、火炎の外側に燃焼ガスが存在するのに対し、V 型火炎では、その逆で、火炎の外側に未燃焼混合気が、火炎の内側に燃焼ガスが存在する。すべてが逆になる。2014年、やはり遊び心で、流れ場を計測してみた。実に面白い。

## エピローグ

この 30 年間、その時々と共に研究をした実に多くの方々にお世話になった。ここにすべての方々の名前を記して謝辞を述べるのは不可能である。そうではあるものの、カリフォルニア大学サンディエゴ校の **Forman A. Williams** 教授には、私が 30 年間の研究生生活を送る上で、他の誰よりも有益な時を共有させて頂いたことを述べないわけにはいかない。

1990 年、東京都の在外研修を得て、**Williams** 教授のもとに三ヶ月間留学した。東京都立工業高等専門学校に着任して 6 年が経過し、ようやく、「何とか、研究者としてやっていけそうだ」と思い始めた頃であった。

以来、四半世紀に亘り、共同研究をして、26 編の論文<sup>(18)</sup>、(25), (27), (33), (34), (35), (36), (38), (39), (40), (45), (47), (49), (50), (51), (54), (58), (59), (61), (62), (63), (64), (65), (66), (67), (68)を書いた。**Forman** 先生には、最高の時を共有させて頂いた。私にとって、これほど厳しく、充実したディスカッションができる相手は、世界中何処を探しても他には居ない。2014 年 9 月 15 日から 26 日まで、サンディエゴを訪問した。最後に思い出に残る論文<sup>(67)</sup>を書くことができた。

研究をしていて何より楽しいことは、誰も知らない事実を、世界中で誰よりも早く知ったと認識した瞬間であろう。**Forman** 先生と知り合わなければ、研究者としての私の人生は如何に空虚であっただろうか。

昨年 6 月頃、実験がうまくいかず、専攻科の学生と共に実験室に籠もる日が続いた。その時、定年を間近に控え、まだ実験できる幸せをひしひしと感じた。それもこれも、思うように研究させてくれた、東京都立工業高等専門学校、東京都立産業技術高等専門学校のお陰と感謝している。ああすれば良かった、もっとこうしたかった、と言う思いがない訳ではないが、自分に与えられた環境の中で、精一杯やったと自負しているし、満足している。悔いはない。

困難な実験を実現し得たのは私の研究室に所属した学生諸君の協力を負うところが大きい。彼らは、私の弟子であると共に、共同研究者であり、また師でさえもあった。彼らと共有した時間は、正に至福の時間であった。ここに記して、心よりお礼申し上げる。実に楽しい 30 年であった！

## 参考文献

- 1) 古川純一, 原田栄一, 平野敏右, 高強度乱流予混合火炎の微細構造, 日本機械学会論文集 (B編) 55 巻 520 号 (1989-12), 3758-3765
- 2) Furukawa J., Harada E., Hirano T., Local Reaction Zone Thickness of A High Intensity Turbulent Premixed Flame, *Proceedings of the Combustion Institute*, **23** (1990), 789-794
- 3) 古川純一, 丸田 薫, 平野敏右, 静電探針による乱流火炎構造の計測に関する基礎的研究, 第 1 報, イオン電流波形にみられる静電探針を通過する局所的な火炎の曲率および経路の影響, 日本機械学会論文集 (B編) 57 巻 536 号 (1991-4), 1463-1468
- 4) 古川純一, 中村朋宏, 五味 努, 平野敏右, 静電探針による乱流火炎構造の計測に関する基礎的研究, 第 2 報, イオン電流波形にみられる曲率のある火炎の通過経路の影響, 日本機械学会論文集 (B編) 57 巻 544 号 (1991-12), 4272-4277
- 5) 古川純一, 中村朋宏, 平野敏右, 静電探針による高強度乱流予混合火炎の局所的な形状の計測, 燃焼の科学と技術, 1 巻 1 号 (1992), 51-57
- 6) 古川純一, 岡本京子, メタン・空気乱流予混合火炎の局所的な形状の計測に関する基礎的研究, 燃焼研究, 第 93 号 (1993) 46-50
- 7) 古川純一, 静電探針による乱流火炎構造の計測に関する一考察, 燃焼の科学と技術, 1 巻 3 号 (1993) 207-209
- 8) 丸田 薫, 古川純一, 五味 努, 平野敏右, 高強度乱流予混合火炎の局所的な反応帯の厚さ, 日本機械学会論文集 (B編) 59 巻 566 号 (1993) 3277-3282
- 9) Furukawa J., Maruta K., Nakamura T., Gomi T., Hirano T., A Fundamental Study of Electrostatic Probe Measurements to Explore the Structure of Turbulent Premixed Flames, *JSME International Journal Series B* 36-4 (1993) 682-687
- 10) Furukawa J., Maruta K., Nakamura T., Hirano T., Local Reaction Zone Configuration of High Intensity Turbulent Premixed Flames, *Combustion Science and Technology* **90** (1993), 267-280

- 11) Furukawa J., Hirano T., Fine Structure of Small Scale and High Intensity Turbulent Premixed Flames, *Proceedings of the Combustion Institute*, **25** (1994) 1233-1239
- 12) 古川純一, 平野敏右, 固体壁近傍における乱流伝ば火炎の乱れの減衰, 燃焼の科学と技術, 1 巻 4 号 (1994) 283-291
- 13) 古川純一, 静電探針による乱流予混合火炎構造の計測, 燃焼の科学と技術, 2 巻 1 号 (1994) 59-68
- 14) Furukawa J., Nakamura T., Hirano T., Electrostatic Probe Measurement to Explore Local Configuration of a High Intensity Turbulent Premixed Flame, *Combustion Science and Technology* **96** (1994), 169-181
- 15) Furukawa J., Okamoto K., Hirano T., Turbulence Characteristics within the Local Reaction Zone of a High Intensity Turbulent Premixed Flame, *Proceedings of the Combustion Institute*, **26** (1996) 405-412
- 16) 古川純一, 岡本京子, 石澤静雄, 五味 努, 平野敏右, 高強度乱流予混合火炎の局所的な反応帯における輸送機構, 日本機械学会論文集 (B編) 62 巻 598 号 (1996) 2460-2465
- 17) 古川純一, 丸田 薫, 平野敏右, プロパン・空気乱流予混合火炎の局所的な反応帯の形状, 燃焼の科学と技術, 4 巻 2 号 (1996) 103-109
- 18) 古川純一, 平野敏右, Williams F. A., 乱流予混合火炎の火炎片の燃焼速度, 燃焼の科学と技術, 4 巻 4 号 (1997), 275-284
- 19) 岡本京子, 古川純一, 平野敏右, 高強度乱流予混合火炎の局所的な反応帯における乱れの特性, 燃焼の科学と技術, 5 巻 2 号 (1997), 113-123
- 20) 古川純一, 高強度乱流予混合火炎の微細構造, 燃焼の科学と技術, 5 巻 2 号 (1997), 125-138
- 21) 古川純一, 乱流予混合火炎の局所的現象の診断, 燃焼の科学と技術, 5 巻 3 号 (1998), 207-225
- 22) 古川純一, 岡本京子, 丸田 薫, 平野敏右, メタン・空気, プロパン・空気予混合火炎から得られるイオン電流波形の特性, 燃焼の科学と技術, 5 巻 4 号 (1998) 291-301
- 23) 岡本京子, 古川純一, 平野敏右, 乱流火炎構造の計測に関する一考察, 燃焼の科学と技術, 6 巻 1 号 (1998), 45-53
- 24) Furukawa J., Maruta K., Hirano T., Flame Front Configuration of Turbulent Premixed Flames, *Combustion and Flame* **112** (1998), 293-301
- 25) Furukawa J., Hirano T., Williams F. A., Burning Velocities of Flamelets in A Turbulent Premixed Flame, *Combustion and Flame*, **113** (1998) 487-491
- 26) 古川純一, 乱流燃焼, 乱流予混合火炎の実験的研究の動向, 燃焼研究 117 号 (1999), 19-28
- 27) 古川純一, 鈴木隆彦, 平野敏右, Williams F. A., 4 つの受感部を有する静電探針と 2 次元 LDV による乱流予混合火炎の火炎片の研究, 燃焼の科学と技術, 6 巻 4 号, (1999), 253-262
- 28) 古川純一, 平野敏右, 乱流予混合火炎における乱れの増幅, 燃焼の科学と技術, 6 巻 Supplement 号 (1999), 95-103
- 29) 野口佳樹, 古川純一, 平野敏右, 乱流予混合火炎における Flame Generated Turbulence, 燃焼の科学と技術, 8 巻 2 号 (2000), 97-106
- 30) 岡本京子, 榎本一穂, 古川純一, 乱れの積分スケールの計測, 燃焼の科学と技術, 8 巻 2 号 (2000), 107-119
- 31) Furukawa J., Noguchi Y., Hirano T., Investigation of Flame Generated Turbulence in a Large-scale and Low-intensity Turbulent Premixed Flame with a 3-Element Electrostatic Probe and a 2-D LDV, *Combustion Science and Technology* **154** (2000), 163-178
- 32) 野口佳樹, 古川純一, 吉田正武, 池尾 茂, 平野敏右, 乱流予混合火炎の乱れの増幅におよぼす火炎面の局所的な挙動の影響, 日本機械学会論文集, 67 巻 658 号 (2001-6), 1508-1515
- 33) Furukawa J., Suzuki T., Hirano T., Williams F. A., Investigation of Flamelets in Turbulent Premixed Flames with a 4-Element Electrostatic Probe and 2-D LDV, *Combustion Science and Technology* **171** (2001), 150-168
- 34) Furukawa J., Noguchi Y., Hirano T., and Williams F. A., Measurements of Burning Velocities of Flamelets in a Turbulent Premixed Flame, *Journal of Combustion Society of Korea*, 6-2 (2002) 65-70
- 35) Furukawa J., Noguchi Y., Hirano T., and Williams F. A.,

- Anisotropic Enhancement of Turbulence in Large-scale, Low-intensity Turbulent Premixed Flames, *Journal of Fluid Mechanics* **462** (2002-6), 209-243
- 36) Furukawa J., Williams F. A., Effects of Flamelets on Local Flow in Turbulent Premixed Bunsen Flames, *Combustion Science and Technology* **175** (2003), 1835-1858
- 37) 小嶋潤, 池田裕二, 中島健, 古川純一, 火炎構造診断のための化学発光計測, 日本機械学会論文集, 69 巻 678 B 号 (2003-2), 482-489
- 38) 古川純一, 野口佳樹, Williams F. A., 乱流予混合火炎における火炎面の挙動とガス流速, 日本機械学会論文集, 69 巻 680 B 号 (2003-4), 962-967
- 39) 古川純一, 野口佳樹, Williams F. A., 乱流予混合火炎の火炎面の挙動がガス流速におよぼす影響, 日本機械学会論文集, 69 巻 680 B 号 (2003-4), 968-973
- 40) Williams F. A., and Furukawa J., Approximate Local Mathematical Description of Turbulent Bunsen Flames in the Flamelet Regime, *Combustion and Flame* **138** (2004-7), 108-113
- 41) 古川純一, 持田晋, 長谷川敏明, 低酸素高温空気燃焼におけるイオン電流の特性, 日本機械学会論文集, 71 巻 702 B 号 (2005-2), 624-631
- 42) 栗田勝実, 古川純一, 谷中 敏, 三輪幸夫, 井坂 晋, 千葉科学大学ネットワークへの相互認証とウイルス検疫システムの導入, 工学教育, 53 巻 (2005-3), 49-53
- 43) 古川純一, 橋本英樹, 乱流予混合火炎の火炎面の挙動, 日本機械学会論文集, 72 巻 715 B 号 (2006-3), 797-803
- 44) 古川純一, キャッシュカードの危機管理, 日本設計工学会誌, 41 巻 4 号 (2006-4) 204-209
- 45) 古川純一, 岡本京子, 橋本英樹, Williams F. A., 乱流予混合火炎の火炎面の挙動の 3 次元計測, 日本機械学会論文集, 72 巻 715 号 (2006-3), 804-809
- 46) 橋本英樹, 古川純一, 持田晋, 長谷川敏明, プロパン・低酸素高温空気非予混合火炎の局所的な反応帯の厚さ, 日本機械学会論文集 (B 編), 72 巻 717 号 (2006-5), 1349-1355
- 47) 古川純一, 橋本英樹, Williams F. A., 乱流予混合 V 型火炎の火炎面の挙動, 日本機械学会論文集 (B 編), 72 巻 721 号 (2006-9), 2279-2285
- 48) Furukawa J., Hashimoto H., Mochida S., Hasegawa T., Local Reaction Zone Structure of Non-Premixed Flames of Propane with Highly-Preheated Low-Oxygen Air, *Combustion Science and Technology*, **179** (2007-5), 723-745
- 49) 橋本英樹, 古川純一, 岡本京子, Williams F. A., プロパン・空気乱流予混合火炎の火炎面の三次元挙動, (第一報, バーナ中心軸上における火炎面の挙動), 日本機械学会論文集 (B 編), 73 巻 735 号 (2007-11), 2375-2380
- 50) 橋本英樹, 古川純一, 岡本京子, Williams F. A., プロパン・空気乱流予混合火炎の火炎面の三次元挙動, (第二報, Off-axis における火炎面の挙動), 日本機械学会論文集 (B 編), 74 巻 740 号 (2008-4), 936-941
- 51) 橋本英樹, 古川純一, Williams F. A., プロパン・空気乱流予混合火炎の火炎面の三次元挙動, (第三報, 希薄, 過濃混合気における火炎面の挙動), 日本機械学会論文集 (B 編), 74 巻 740 号 (2008-4), 942-948
- 52) 橋本英樹, 古川純一, エレベータの危機管理, 日本設計工学会誌, 43 巻 5 号 (2008-5), 295-299
- 53) 古川純一, 乱流予混合火炎の火炎片の速度ベクトルに関する一考察, 日本機械学会論文集 (B 編), 74 巻 741 号 (2008-5), 1208-1209
- 54) 橋本英樹, 宋 明良, 富山明男, 古川純一, Williams F. A., 希薄および過濃なメタン・空気, プロパン・空気乱流予混合火炎の火炎面の挙動, 日本機械学会論文集 (B 編), 74 巻 744 号 (2008-8), 1835-1842
- 55) 古川純一, 保守・点検・整備の危機管理, 日本非破壊検査協会誌, 57 巻 11 号 (2008-11), 511-514
- 56) 古川純一, 機械装置の危機管理, その 1, 検査技術, 14 巻 4 号 (2009-4) 34-39
- 57) 古川純一, 機械装置の危機管理, その 2, 検査技術, 14 巻 5 号 (2009-5) 38-45
- 58) 橋本英樹, 谷本 隆, 古川純一, Williams F. A., 乱流予混合火炎で観察される選択拡散の痕跡, 日本機械学会論文集 (B 編), 75 巻 756 号 (2009-8), 1685-1690
- 59) Furukawa J., Hashimoto H., Williams F. A., Flamelet

Motion in Premixed Turbulent Axisymmetric Rod-Stabilized and Bunsen Flames, *Combustion Science and Technology*, **182** (2010), 1-38

- 60) 橋本英樹, 品川手児奈, 古川純一, 化学発光分光法による乱流予混合火炎構造の計測に関する基礎的研究, 日本機械学会論文集 (B編), 76 巻 769 号 (2010-9), 1420-1425
- 61) 野口佳樹, 吉田泰子, 古川純一, Williams F. A., 乱流予混合火炎における火炎と流れの相互作用 (火炎面の前後におけるガス流速の変化), 日本機械学会論文集 (B編), 78 巻 791 号 (2012-7), 1336-1344
- 62) 吉田泰子, 古川純一, 野口佳樹, Amin V., Williams F. A., 乱流予混合火炎における火炎と流れの相互作用 (火炎片の流体力学的構造), 日本機械学会論文集 (B編), 78 巻 795 号 (2012-11), 1967-1975
- 63) 吉田泰子, 古川純一, 野口佳樹, Williams F. A., 乱流予混合火炎における火炎と流れの相互作用 (火炎面背後におけるガス流動), 日本機械学会論文集 (B編), 78 巻 794 号 (2012-10), 1822-1831
- 64) Furukawa J., Yoshida Y., Amin V., and Williams F. A., Change of Gas Velocities in Passing through Flamelets on a Premixed Turbulent Bunsen Flame, *Combustion Science and Technology*, **185** (2013), 200-211
- 65) Furukawa J., Yoshida Y., and Williams F. A., Evolution of Burnt-Gas Velocities in a Premixed Turbulent Bunsen Flames, *Combustion Science and Technology*, **185** (2013), 661-675
- 66) 吉田泰子, 古川純一, Williams F. A., 乱流予混合火炎における Flow Divergence, 日本機械学会論文集, 80 巻 820 号 (2014-12), 10.1299-transjsme.2014-tep0375
- 67) Furukawa J., Yoshida Y., and Williams F. A., Structures of Methane-Air and Propane-Air Turbulent Premixed Bunsen Flames, *Combustion and Flame*, (to be submitted)
- 68) 吉田泰子, 古川純一, Williams F. A., メタン・空気, プロパン・空気乱流予混合火炎の流体力学的構造, 日本機械学会論文集, (掲載予定)
- 69) 古川純一, 吉田泰子, 乱流予混合 V 型火炎の流体力学的構造, 日本機械学会論文集, (投稿中)