

平成19年4月23日

平成18年度「乱流場における不均質燃焼とその要素過程の解明」活動報告書

東北大学流体科学研究所 小林秀昭

1. 構成メンバー

氏名	所属
小林 秀昭	東北大学流体科学研究所
大上 泰寛	東北大学流体科学研究所
丸田 薫	東北大学流体科学研究所
津江 光洋	東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻
赤松 光史	大阪大学工学研究科機械物理工学専攻
花井 宏尚	千葉科学大学危機管理学部防災システム学科

2. 本年度 WG 会合開催実績

- (1) 電子メールによる随時意見交換
- (2) 第1回委員会：平成19年3月20日
(北海道赤平市にて、燃焼気相合成 WG および固体燃焼WGと合同開催)

3. 活動目的

噴霧燃焼や固体微粒子群燃焼に代表される乱流場の不均質燃焼は極めて複雑な過程から成り立っており、研究は発展途上にある。本ワーキンググループは、平成17年度にスタートした調査研究を進展させ、乱流過程と不均質燃焼過程の両面から、この複雑な過程の解明を目指した方法論を提案することを目的とする。

4. 活動内容

近年、乱流場のDNS（直接数値計算）により、乱流がコルモゴロフスケールの10倍程度の直径を持つ渦管から構成されていることが明らかになっているが、渦管

径と噴霧液滴や微粉炭などの固体微粒子径は互いに近い長さスケールを持つことから、乱流微細渦管と個々の噴霧液滴火炎および固体微粒子火炎には何らかの干渉現象が予想される。しかし、系統的な研究はほとんど行われていない。噴霧燃焼は、噴霧群の大きさによっていわゆる群燃焼に遷移するが、群燃焼と乱流との関係も十分に解明されていない。これらの過程を解明するには燃料液滴または固体微粒子の直径を火炎観測に適した1mm程度まで拡大し、自然対流効果を排除した微小重力環境における実験的研究が不可欠である。

当ワーキンググループの構成メンバーは、ほぼ全員が微小重力燃焼の研究プロジェクトを過去に実施しており、微小重力燃焼の研究経験が豊富である。一方、赤松委員は、噴霧や微粉炭乱流噴流の燃焼計測、数値解析に関する研究を精力的に行っており、当グループは、微小重力燃焼実験、不均質乱流燃焼に関する議論を行うに最適な構成である。

本年度は、昨年度に引き続き、乱流場の不均質燃焼に関する情報交換を電子メールで行うと共に、平成18年12月19日に山形大学で開催された、燃焼気相合成WGに小林委員が代表として参加し、次期ISS多目的ラックに関する意見を述べた。更に、平成19年3月20日に北海道赤平市において、燃焼気相合成WGおよび固体燃焼WGとの合同ワーキンググループ委員会を開催した。当グループからの参加者は、津江委員を除く5名である。当日は、当地に建設された50m落下塔を見学するとともに、当ワーキンググループメンバーによるプレゼンおよび、次期ISS

多目的ラックに関する意見交換を行った。

50 m落下塔の見学：北海道大学 藤田修教授にご案内頂き，落下塔の構造について説明を受け，さらに落下実験の様子を見学した。低コストで3.7秒間の微小重力実験ができる装置は，各種研究予算申請になじむものであり，今後のプロジェクト検討に大いに参考になった。

ワーキンググループ討議内容：

- ・ 小林委員：当ワーキンググループの設置目的および「乱流場における不均質燃焼とその要素過程の解明」に関する研究の歴史的背景，文献検索結果の紹介，論点の整理を行った。
- ・ 大上委員：公募地上研究「単一液滴を用いた高圧微小重力環境における燃焼実験」の進行状況報告と成果の紹介を行った。
- ・ 花井委員：現在 NEDO プロジェクトとして実施しているプラスチック粉体の燃焼に関する研究の紹介を行った。特に，サーマルリサイクルとして重要なプラスチック粉体乱流燃焼バーナの特長，および着火，安定燃焼と制御，低公害化に向けた研究と，その基盤研究としての乱流粉体燃焼の重要性が強調された。
- ・ 赤松委員：噴霧燃焼の LES と微量排出物質の予測，実験では，新しい干涉画像計測法を用いた，微小噴霧液滴の粒径変化の計測実例が紹介された。
- ・ 丸田委員：不均質乱流燃焼の問題を含む燃焼技術のエネルギー問題への貢献という観点から，「超燃焼」という新しい概念が紹介された。これは，熱・物質循環を燃焼システムに大きく取り込むことで，燃焼反応の高速性を生かしつつ燃焼のエクセルギー損失を抑える概念である。今後のプロジェクト申請における重要な提案である。

次期 I S S 多目的ラックへの要望検討：

最近10年間にコンピュータ関係の著しい進歩と低価格化があった。次期多目的ラックでは，大容量の画像データ取得とデータ転送ができることを希望する。一方で，燃焼実験特有の問題として，大量の酸化剤ガス使用と燃焼ガス排出の問題がある。そこで，燃焼ガスから酸素などを分離し再使用するユニットの製作と，そのようなユニットを実験内容によって交換可能な構造とすることなどが要望された。

5. 成果

当ワーキンググループの活動に関連した，学会発表，競争的資金獲得等の主なもののだけを下記に示す。

競争的資金：

小林秀昭（代表者），第8回選定宇宙環境利用に関する公募地上研究，高圧環境下の液滴燃焼における対流速変動効果に関する研究，平成17年度～平成18年度選定。

学会発表等：

Jangi, M, Sakurai, S, Ogami, Y. and Kobayashi, H., Microgravity Experiments on the Effect of Air-flow Variation on Droplet Combustion at High Pressure, Drop Tower Days 2006, Tsukuba, 2006, pp.45-46.

Yoshinaga, K. and Kobayashi, H., Experimental and Numerical Study of Polypropylene Combustion in High-temperature Air Diluted with Carbon Dioxide and Water Vapor, 3rd International Conference on Flow Dynamics, Matsushima, 2006, pp.169-170.

櫻井 悟, Mehdi Jangi, 大上泰寛, 小林秀昭, 微小重力環境を利用した高圧下の液滴燃焼における空気流速変動の影響に関する研究，第44回燃焼シンポジウム，広島，2006，pp.228-229.

花井宏尚, 名田譲, プラスチック粉体を燃料とするバーナー開発に関する研究, 第 44 回燃焼シンポジウム, 広島, 2006, pp. 304-305.

林潤, 駒田耕之, 瀬尾健彦, 安 鐵朱, 赤松 史光, 第 44 回燃焼シンポジウム, 対向流噴霧火炎中の燃料噴霧特性とすす生成領域に関する研究, 2006, pp.184-185.

今村宰, 山下清孝, 大坂淳, 久米勲, 津江光洋, 河野通方, 微小重力環境を利用した不平等電界中における正オクタン単一液滴の燃焼実験, 2006, pp.468-469.

6. まとめ

乱流場不均質燃焼の問題は, 燃焼学の基礎課題であると同時に物質およびエネルギーリサイクル技術への展開の意味から工学的意義が大きい. 今年度委員は, それぞれ独自テーマと技術を有しているので, 次年度も当ワーキンググループを継続し, 宇宙環境を利用した実験企画を視野に入れて, 大型研究プロジェクト提案を目指した協力と意見交換を行っていく.

平成18年度「乱流場における不均質燃焼とその要素過程の解明」活動報告

目 的：

乱流中における不均質燃焼とその要素過程の解明を目指し、乱流場を特徴づける諸条件における液滴燃焼および固体燃焼挙動を明らかにするための実験および理論的研究、微小重力実験を企画するとともに、基礎科学と工学的応用の両面を視野に入れた研究への展開方法を議論する。

委 員：

代表	小林 秀昭（東北大学）	：総括，液滴燃焼，乱流燃焼
幹事	大上 泰寛（東北大学）	：液滴燃焼，高圧燃焼
	丸田 薫（東北大学）	：乱流燃焼，高圧燃焼
	津江 光洋（東京大学）	：液滴燃焼，微粉炭燃焼，乱流燃焼
	赤松 光史（大阪大学）	：噴霧燃焼，微粉炭燃焼，乱流燃焼
	花井 宏尚（千葉科学大学）	：固体微粒子群燃焼

本年度WG会議開催実績：

（１）電子メールによる随時意見交換

（２）第１回：平成１９年３月２０日（火）

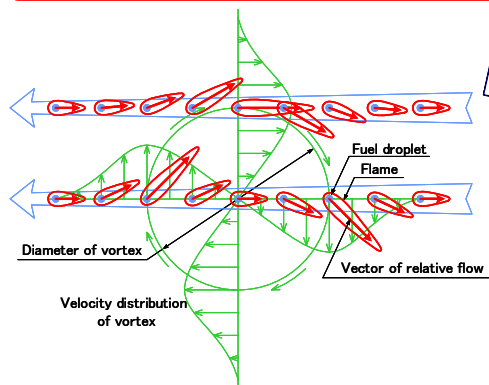
（北海道赤平市にて，燃焼気相合成WGおよび固体燃焼WGと合同で開催）

まとめ：

乱流場不均質燃焼の問題は、燃焼学の基礎課題であると同時に物質およびエネルギーリサイクル技術への展開の意味から工学的意義が大きい。当WG委員はそれぞれ独自テーマと技術を有しているので、次年度も当WGを継続し、宇宙環境を利用した実験企画を視野に入れて、大型研究プロジェクト提案を目指した協力と意見交換を行っていく。

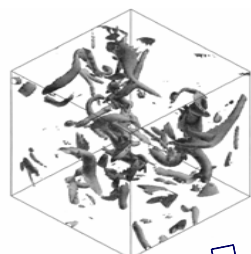
等方性乱流場における液滴燃烧

噴霧燃烧における
液滴径の大きさ ≈ 渦管の代表長さ
= 数十~数百 μm (コロモロフスケールの約10倍)
= 数十~数百 μm

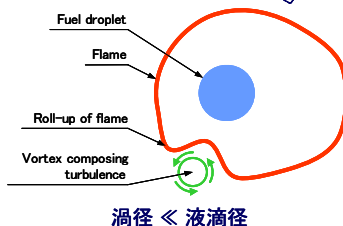


液滴径 << 渦径

渦径 > 液滴径

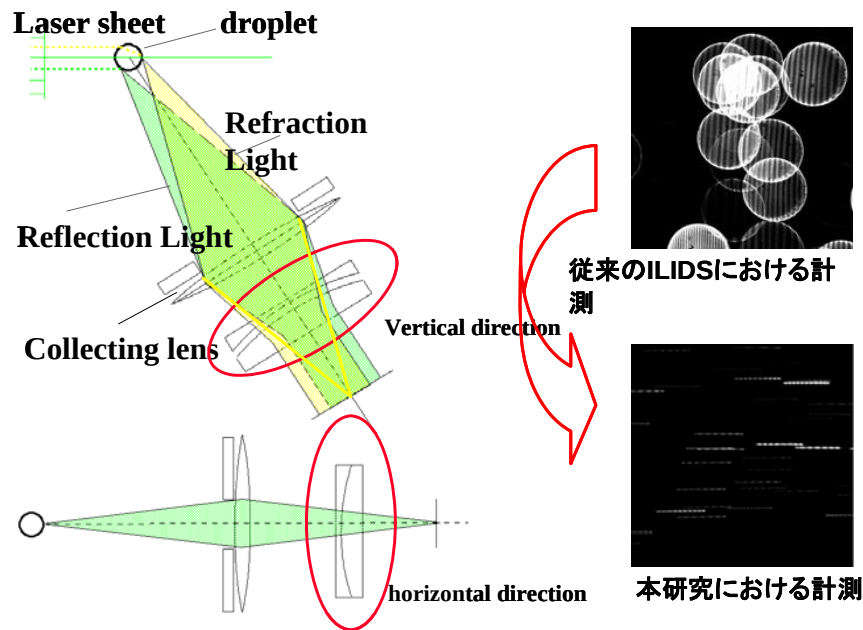


等方性乱流の組織構造
Gotoh, T. and Nagoya, K. (1998).



渦径 << 液滴径

ILIDSの高数密度場への適用



粉体火炎の例



PMMA 5 μm



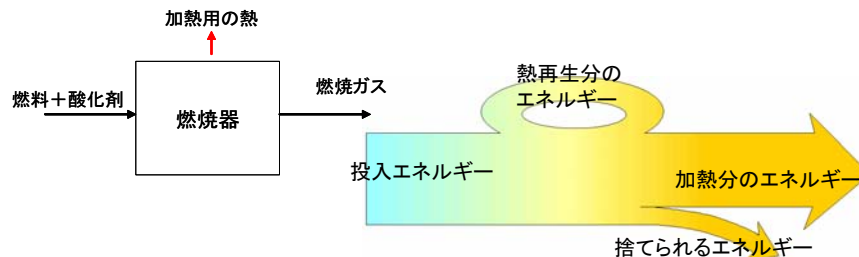
PMMA 50 μm



PE 40 μm

超燃烧とは ー目指すべき方向ー

余分な熱量の投入は避け、燃烧場での温度上昇はなるべく小さい方がよい、
温度をある程度高温にする必要がある場合は、系に新たに流入するガスを排
ガスで加熱する熱再生を利用する。また、系から捨てられる熱を最小化する。



燃烧温度や温度上昇幅を自由に選べるのが理想