

平成19年度「宇宙燃焼合成研究班」活動報告書

東京工業大学 小田原 修

1. 構成メンバー

氏 名	所 属
小田原 修	東京工業大学 大学院総合理工学研究科
大竹 尚登	名古屋大学 大学院工学研究科
関口 秀俊	東京工業大学 大学院理工学研究科
矢野 豊彦	東京工業大学 原子炉工学研究所
吉本 護	東京工業大学 大学院総合理工学研究科
秋山 友宏	北海道大学 エネルギー変換マテリアル研究センター
大谷 茂樹	物質・材料研究機構 物質研究所
大柳 満之	龍谷大学 理工学部物質化学科
友重 竜一	崇城大学 工学部応用化学科
牧野 敦	JAXA 総合技術研究本部 航空エンジン技術開発センター
山田 修	大阪産業大学 新産業研究開発センター
薄葉 州	産業技術総合研究所 爆発安全研究センター
原 和彦	静岡大学 電子工学研究所

2. 本年度 WG 会合開催実績

(1) 第1回：平成20年1月15日

平成20年1月15日開催の燃焼合成研究会の今後を考える談話会（於：田町キャンパスイノベーションセンター／東京工業大学田町キャンパス）において、燃焼合成研究会会員とともに「宇宙燃焼合成研究班」の今後の取組

みについて出版事業をどのように進めるかも含め討論した。

(2) 第2回：平成20年3月18日

平成19年3月11日に逝去した小泉光恵元燃焼合成研究会会長の最後の所属大学である龍谷大学での燃焼合成研究会会合の機会を利用して、平成20年3月18日、龍谷大学瀬田キャンパスにおいて、「宇宙燃焼合成研究班の取組みと今後」と「燃焼合成技術の体系化」についての議論を通して、宇宙燃焼合成研究班の平成20年度以降へ向けての取組みと展開について討論した。

3. 活動目的

微小重力環境のみならず、高真空や無酸素環境での燃焼合成現象（誘導—伝播—転換）を系統的に研究し、燃焼合成の宇宙環境での信頼性高い利用を可能にし、宇宙環境で有効に活用できる燃焼合成技術として、「その場資源有効利用(ISRU: In-situ Resource Utilization)」や「その場修復技術(ISFR: In-space Fabrication and Repair)」の構築を目的とする。これまで、(1)対流項を対象とした基盤的燃焼合成、(2)ISRU/ISFRと燃焼合成、及び(3)燃焼合成対応浮遊炉である Space-DRUMS での宇宙燃焼合成を対象として推進体制の強化を図り、「燃焼合成技術の体系化」を進めてきた。

4. 活動内容

微小重力場での燃焼合成を大きな特徴とした「宇宙燃焼合成」を様々な環境に適応させ、“その場資源有効活用”に効果的な活用し得る技術として燃焼合成を展開させてきた。特に本年度は、燃焼合成研究

会活動の 20 年の節目として、これまでに強化した基礎的基盤を充実させ「燃焼合成技術の体系化」を確立し、本目的に沿った最適な宇宙実験の構築に向けた研究を実施し、ISS/JEM 利用宇宙燃焼合成研究の展開に資する技術の獲得を推進した。主に以下の 3 項目について取組んだ。

(1) 燃焼合成の体系化へ向けた研究：

誘導－伝播－物質転換・構造化を系統的に整理し体系化することを目的に取組み、平成 20 年度中に“宇宙燃焼合成の基礎”及び“宇宙燃焼合成の応用”をまとめ、様々な場面での燃焼合成技術の有効性を広く社会に普及啓発することとした。また、圧力変化と物質移動が特徴となる液相系と気相系を対象とした反応伝播挙動についても検討し、図 1 に示すような体系の構築を図った。

(2) 短時間微小重力燃焼合成研究：

落下塔を用いて Ti-B-C 混合系 (Ti:B:C=1:2:0, Ti:B:C=3:4:1, Ti:B:C=2:2:1, Ti:B:C=3:2:2, Ti:B:C=1:0:1) について、大気圧環境 (空気中) と減圧環境 (100～200 Pa) で実験し、図 2 に示すような反応伝播速度の結果を得た。炭化物系混合での燃焼合成

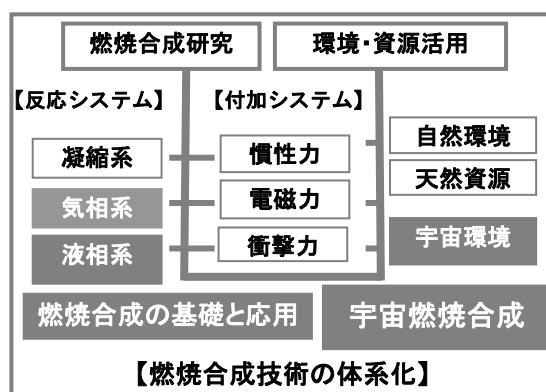


図 1 燃焼合成と宇宙燃焼合成の体系化

挙動については地上実験結果も含め系統的に考察できる知見が得られた。すなわち、微小重力環境では反応伝播は地上に比べ遅くなり、さらに減圧環境では一層遅くなる。また、炭素の混合量の増加とともに伝播速度は遅くなる。しかし、ホウ化物のみでの減圧下での微小重力燃焼合成では反応伝播速度が特異的に速くなったことについては、反応伝播過程でのガス生成とそれに伴う体積変化の影響が広く及んだためと考えられる。

真空環境での燃焼合成技術の応用を検討する上では、ホウ化物の減圧下微小重力

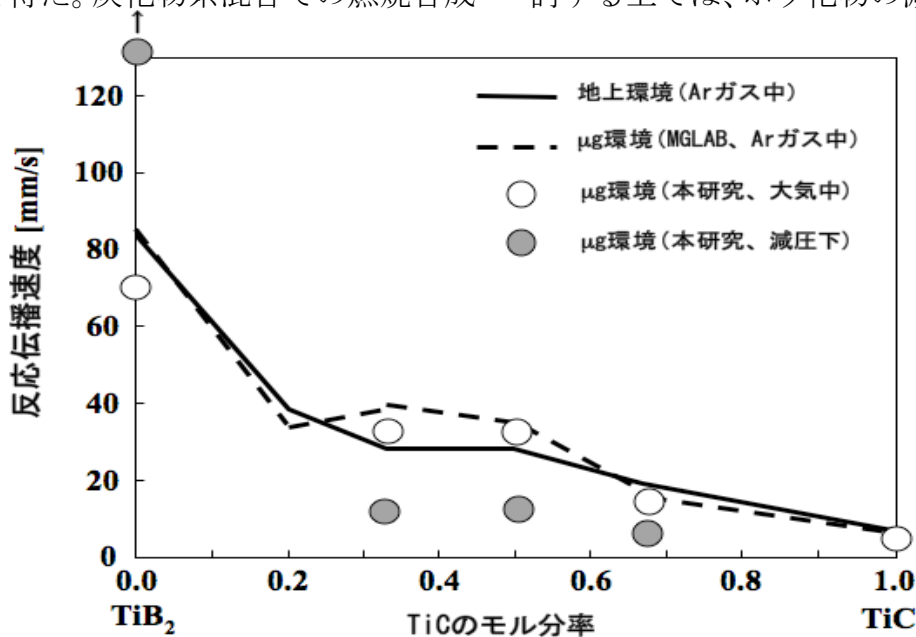


図 2 反応伝播速度測定結果

《 実線と破線：アルゴンガス雰囲気中での実験結果、○と●：本実験結果 》

燃焼合成挙動をさらに研究する必要があるが、その系に炭素が加わることで安定で低速な反応伝播に移行できたことは、技術的には望ましい事実である。(Ti+2B)以外では、地上実験とほぼ同様な傾向が得られた。真空環境での燃焼合成によるその場資源有効利用の実現に向けては反応の安定性は重要であり、代表的な系を対象として本取組みを展開することが重要であり、今後 Ti-N 系や Ti-O 系でも実験し、系統的な検討を加える予定である。

(3) 国際協同宇宙燃焼合成研究：

ISS への搭載を待機している商業利用装置 Space-DRUMS による燃焼合成研究の検討を引き続き行った。平成 19 年 11 月開催の日米科学技術宇宙応用プログラムハワイ会議での“ISS Branding Study”（国際宇宙ステーション研究のブランド化）において、米国側より装置の製作を担ったギニエ社が倒産したために活用を目指す状況としては厳しいと説明があったが、航空機実験などの実績もあり宇宙燃焼合成を適用する絶好の装置として日米双方で取組み対応を続けることとした。

また、平成 19 年 7 月にディジョン(フランス)で開催の燃焼合成国際会議でのロシア ISMAN 研究所(Institute of Structural Macro-kinetics and Materials Science)との打ち合わせの席上、宇宙燃焼合成研究用装置の紹介と協働体制構築の打診があった。現状、協力する旨で検討を続けているが、情報交換が主であり共同研究の体制までには至っていない。図 3 は、SHS 研究センターが紹介した装置の外観であり、4 実験を同時に実施することができ、可視化することにより燃焼伝播に作用する優先因子を明らかにして反応素過程の究明を目指している。

5. 成果

世界に先駆けて宇宙燃焼合成を提案し、反応伝播と構造化過程に及ぼす微小重力効果に関する知見を基に研究班の取組み

を進めていて、この分野での本研究班の取組みの優位性と独自性に対する世界的評価は高い。宇宙燃焼合成研究に関わる本年度の成果は未だ論文発表されていないが、取組みも含めた本年度活動成果の一端は、第 24 回宇宙利用シンポジウム(平成 20 年 1 月 17 日-18 日)で、「ISRU に有効な技術としての燃焼合成応用」と題して発表した。

本研究班としての研究活動への外部資金の導入は未だ行われていない。メンバーが個別に取組みを行っている状況である。



図 3 宇宙燃焼合成実験用装置例
(ロシア ISMAN 研究所)