

## 平成 18 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  | 東京工業大学応用セラミクス研究所        |
| 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                |
| 友重 竜一 | 崇城大学工学部                 |
| 牧野 敦  | JAXA 総合技術研究本部           |
| 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 18 年 12 月 16 日

平成 18 年 12 月 16 日開催の燃焼合成研究会（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討論した。

## (2) 第 2 回：平成 19 年 3 月 20 日

米国の燃焼合成研究のリーダーの一人である Schowengerdt 氏（元 NASA Headquarter、コロラド大学宇宙利用商業化センター長）が、東京工大との人材育成に関わる打合せで来日した機会を利用して、平成 19 年 3 月 20 日、有人宇宙システム(株)の会議室において、日米科学技術宇宙応用プログラ

ム(JUSTSAP)での国際宇宙科学センター(PISCES)構想と、国際宇宙ステーション(ISS)の商業利用として開発した Space-DRUMS に関わる状況紹介を通して、宇宙燃焼合成研究班の取組みとの連携の可能性を検討した。

## 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、推進体制の強化を図ってきた。これまでに確立した基礎的基盤を充実させるとともに、応用・実用フェーズを強化して、本目的に沿った最適な宇宙実験の構築に向けた取組みを推進する。

## 4. 活動内容

20 年以上に亘る数多くの世界的な研究開発により、我々は燃焼合成研究の体系化へ向けて大きく進展した。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」分野の開拓も進展し、様々な資源・環境との融合を図る“その場資源有効活用”に資する燃焼合成研究や光・熱エネルギー変換機能性微粒子合成に効果的な燃焼合成を展開できるようになってきた。

本年度は、これまでの取組みを継続した

3項目を柱として、個別の研究要素の特性を生かして今後の研究開発の展開に繋ぐ体制強化を目指した。

#### (1) 基盤的宇宙燃焼合成研究：

構成メンバーの役割分担を明確にし、燃焼合成反応の構成過程(燃焼誘導、反応伝播、物質転換・構造化)に関わり、系統的に問題点を抽出してモデル化するとともに、「宇宙燃焼合成の基礎」の出版へ向けての活動を推進した。

不均一燃焼の典型としての「溶液燃焼合成」は、酸化物ナノ化合物合成に有効な方法として応用研究的魅力は十分あるが、燃焼波伝播機構を温度と圧力の複雑な相関として扱わなければならない、燃焼合成の体系化において残された課題の一つとして重要な研究対象である。この課題を克服することにより「燃焼合成」の体系化を完成させることができる。本年度は、その場資源有効活用を展開する上での課題解決の鍵となる「燃焼に伴い生成する自己熱の活用による反応系の活性化促進技術」を対象として、溶液燃焼合成に取り組んだ。本研究で培う新規な技術を駆使した「溶液燃焼合成」を有効に活用するシステム構築を、

《従来の溶液燃焼合成プロセスに自己熱循環機能を組み込み反応機構の最適制御を確立する》という研究で具現化した。

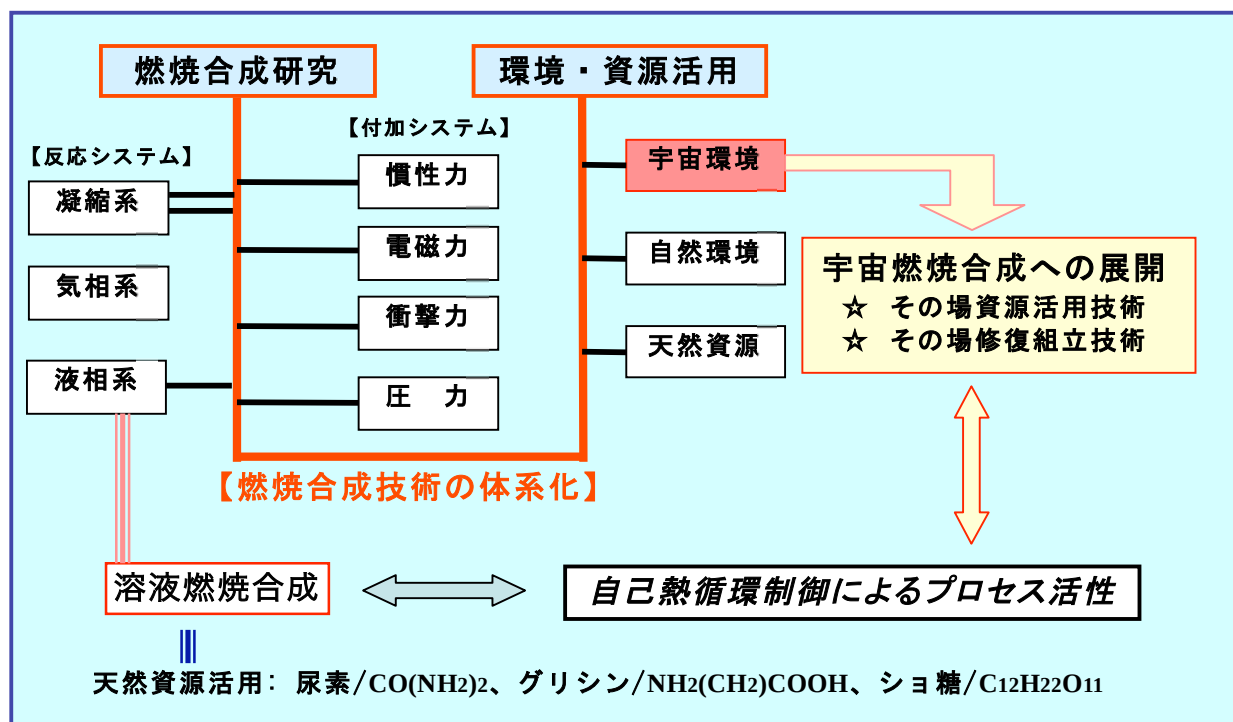
#### (2) Space-DRUMS 活用燃焼合成研究：

JUSTSAP の場で議論を進めている国際宇宙ステーションでの燃焼合成研究として、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 3 月 20 日の会合において、Showengerdt 氏より、Space-DRUMS の開発会社である Guigne Int'l.社は破産状態であるが装置はすでに搭載準備の状態ですペースセンターにある、との状況説明がなされた。無容器で、自動着火、自動試料交換、反応伝播挙動観察、などが効率良くシステム化された装置であり、今後もそれを活用しての ISS での研究の構築を継続して検討することとした。

#### (3) ISRU/ISFR へ向けての燃焼合成研究：

宇宙燃焼合成研究では、燃焼現象に作用する慣性力などの因子を抽出することにより、燃焼現象での優先過程を明らかにできる。したがって、加速的に進展する場における反応素過程を究明する研究開発に繋ぐことができる。



ISRU や ISFR としての燃焼合成利用の優位性はすでに周知であるが、信頼でき安心・安全に活用するためには燃焼現象の高度制御技術の確立は必須であり、その達成の技術的意義は非常に大きい。ISRU あるいは ISFR を対象としての燃焼合成研究開発には、燃焼伝播挙動と燃焼波後方の高温領域での構造化についての知見が必要であり、短時間と長時間の両方からの研究の取組みが効果的である。

## 5. 成果

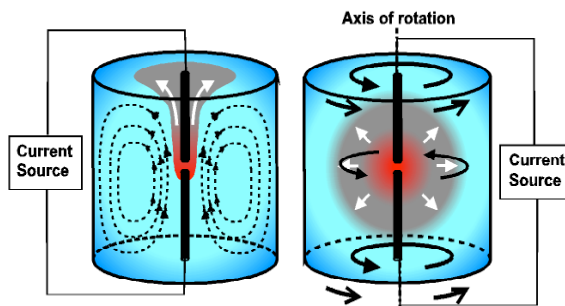
世界に先駆けて宇宙燃焼合成を提案し、反応伝播と構造化過程に及ぼす微小重力効果に関する知見を基に研究班の取組みを進めている。遠心力場を活用した遠心テルミット法の開発における産学官連携による研究開発での大きな実績により、この分野での本研究班の取組みの優位性と独自性に対する世界的評価は高い。

宇宙燃焼合成研究の一環として実施した「自己熱循環型燃焼合成のシステム化研究」での本年度の成果は、学際的な分野の体系化のみならず、環境に適応した循環社会の構築での環境保全やエネルギー問題に関わる分野の発展に繋がることができた。この取組みも含めた本年度活動成果の一端は、第 23 回宇宙利用シンポジウム（平成 19 年 1 月 15 日-17 日）で、「その場資源有効利用技術としての自己熱循環型燃焼合成技術」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。（従来と異なる外部資金的取組みとしては、米国空軍からの支援があった。）また、限られた微小重力実験機会を有効に活用する取組みとして、産業技術総合研究所の所有する落下塔も活用している。

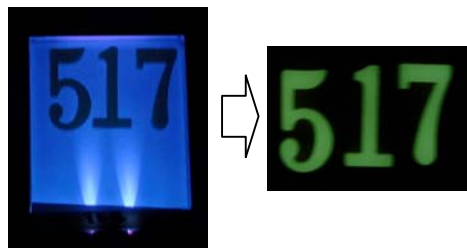


自己熱循環制御による高効率燃焼



対流制御による安定燃焼波伝播

溶液燃焼合成生成物例（蓄光酸化物）



溶液燃焼合成反応過程

