

ISS 宇宙実験そして低軌道を越えた宇宙基地構想具現化へ向けての国際協働

東京工大総理工 小田原修

International Alliance on ISS Space Activities and Sustainable Settlements beyond Low-Earth Orbit

Osamu Odawara

Tokyo Institute of Technology, J2-48, 4259 Nagatsuta, Midori-ku, Yokohama 226-8502

E-Mail: odawara.o.aa@m.titech.ac.jp

Abstract: A Space-DRUMS facility set in the ISS can be used for combustion synthesis experiments toward ISRU(*In-Situ Resource Utilization*) and ISFR(*In-Space Fabrication and Repair*) of lunar material processing. The use of the facility has been proposed as a way to bring together Japanese and U.S. researchers together through the activities of the Japan-US Science, Technology and Space Application Program (JUSTSAP). The JUSTSAP established in 1990 have formerly consisted of working groups such as disaster observation, satellite communications, small satellites, space environment utilization, space power, space robotics and space policy, where individuals from industries, governments and academia have exchanged ideas and thoughts frankly under a strong support of Hawaii State. From 2006, the activities of JUSTSAP space environment utilization working group have been expanded in two project teams of the ISS commercialization and the Pacific International Space Center for Exploration Systems(PISCES) which supports space exploration by simulating as closely as possible a future lunar or Martian settlement, specially “Lunar Research Park” from 2010.

Key words: *In-situ Resource Utilization*, ISS/JEM, Space-DRUMS, JUSTSAP

「燃焼合成」では、局所的な発熱反応の誘導で燃焼波面を形成し、その反応伝播過程での高温度場において、生成系の変態と転換を繰り返すエネルギー供給の不要な短時間でのものでつくりを可能にしている。その特徴を最大限に活用する技術として研究開発してきた「宇宙燃焼合成」は、微小重力環境ばかりでなく、高真空や無酸素な環境における超高温の供給技術としても有効な技術であり、その場資源有効利用技術(ISRU: *In-situ Resource Utilization*)や、その場修復技術(ISFR: *In-situ Fabrication and Repair*)として応用するための研究開発を展開している。

「宇宙燃焼合成研究班 WG」は、燃焼合成研究会(1988年設立)と東京工業大学イノベーション研究推進体(フロンティア分野)のメンバーで構成されている。平成22年度は、山田修(大阪産大)、大柳満之(龍谷大)、秋山友宏(北大)、松浦清隆(北大)、丸尾淳平(株)オーエスユー、小寺康博(龍谷大)、友重竜一(崇城大)、大谷茂樹(物材機構)、薄葉州(産総研)、牧野敦(JAXA)、石川毅彦(JAXA)、原和彦(静岡大)、矢野豊彦(東京工大)、関口秀俊(東京工大)、大竹尚登(東京工大)、吉本護(東京工大)の17名のメンバーとともに研究を推進してきた。

これまで、日米科学技術宇宙応用プログラム(JUSTSAP: *Japan-US Science, Technology and Space Application Program*)での日米協働体制や、ロシアのマクロカイネティクス研究所(ISMAN: *Institute of Structural Macro-kinetics, Academy of Science*)との協

働体制の下に、ISRU や ISFR としての宇宙燃焼合成研究開発の推進を図り、イタリアやギリシャとの協働も充実させている。特に JUSTSAP の「微小重力WG」では、スペースシャトルミッションにおける取り組みを通して独自の成果をあげ、「ISS 商業利用PT」へ継承され、NASA 商業利用としての音波浮遊炉 Space-DRUMS(*Space Dynamically Responding Ultrasonic Matrix System*)の利用など、展開を広げている。(Fig.1 参照)

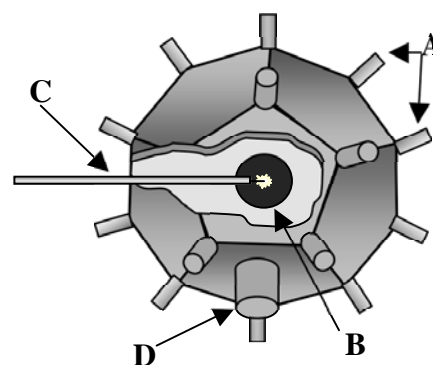


Fig. 1 Space-DRUMS configuration*

A: 20 acoustic projectors, B: Sample,

C: Igniter, D: IR video camera

*: [presented by Guigne International, Ltd. at JUSTSAP]

すでに国際宇宙ステーションに設置されている Space-DRUMS は、音響緩衝装置による無容器な材料合成研究、特に微小重力下で燃焼合成研究に最適な

設備である。Space-DRUMS を活用する研究開発では、ほとんどの工程を地上からのコマンドで進めることができ、20 個の音波発振子で直径 60mm 程度の試料を浮かすことができる。燃焼合成実験は、試料の中心に挿入したプローブの通電加熱で反応を誘導することにより開始する。Space-DRUMS は燃焼合成反応システムにおける低重力の効果を実証することを一義の目的とした設備であり、多種多様な燃焼合成反応や宇宙での製造品や月材料加工に迅速に活用することができる。

日米協働を基調に推進してきた JUSTSAP 活動は、月・火星探査計画を支援するためにハワイの地勢を活用して設営した国際宇宙科学センター (PISCES: Pacific International Space Center for Exploration Systems) (Fig. 2) の月面模擬試験場での遠隔操作によるロボットのフィールド試験などの取り組みも推進してきた。この新しい宇宙探査計画に則って推進している PISCES の活動では、カナダやドイツの参加ばかりでなく他の国のテストサイトとしても協働が重要になりつつある。



Fig. 2 PISCES site near Onizuka Center Hawaii

JUSTSAP では、2010 年に 20 年を経過したことを機に、大きく取り組みの方向転換を図ることとし、日米を機軸としつつも協働の輪を広げ、ロシア、中国、韓国、インド、カナダ、オーストラリア、ブラジルとも協力連携し、JUSTSAP を Fig. 3 のように PISA(Pacific International Space Alliance) として展開することとした。“Building Sustainable Settlements beyond Low-Earth Orbit” をテーマとした 2010 年 11 月開催の JUSTSAP ハワイ会議では、米国側からの参加が NASA Ames Research Center を中心に Research Park, Space Portal, Emerging Commercial Space Office などであり、JUSTSAP の“次の一手”の展開として月面を対象とした“Lunar Research Park”構想の具現化へ向けた議論が中心であった。月面活

動を対象とした取り組みには、越夜研究や ISRU などの総合科学的な課題の下に数多くの要素技術に関わる研究開発が必要である。それらの研究開発の迅速な推進において、JUSTSAP が培ってきた国際協働の体制が効果的に活用できる。



Fig. 3 PISA(Pacific International Space Alliance) for Sustainable Settlements beyond Low-Earth Orbit

「宇宙燃焼合成研究班 WG」では、JUSTSAP での活動の一環として、無容器燃焼合成研究によって信頼性の高い伝播過程と構造化過程の関する知見を充実させて今後の先進的な燃焼合成研究に資するとともに、宇宙探査研究での ISRU 及び ISFR の展開に資することを目的に、Space-DRUMS を利用した研究開発を推進している。研究開発の展開として、微小重力のみならず、高真空や無酸素環境での燃焼現象(燃焼誘導、燃焼伝播、反応転換、など)を系統的に研究し、様々な環境での燃焼合成技術の制御システムを研究開発し、複雑系である燃焼現象での優先過程を明らかにし、加速的に進展する場における反応素過程の究明に努めている。応用研究開発としては、ISRU への応用のみならず、ISFR としての燃焼利用の優位性は周知であるが、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大きく、ISRU あるいは ISFR を対象としての燃焼研究開発において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を得るために、短時間と長時間の両方から研究開発に取り組んでいる。

世界に先駆けて宇宙燃焼合成の提案と研究開発を行い、遠心力場を活用した遠心テルミット法の提案を皮切りにしての産学官連携による研究開発での大きな実績により、この分野での我が国の優位性及び取り組みの独自性に対する世界的評価は高い。本取り組みは、国内外の他の研究機関を主導する独創的な研究開発であり、学際的な分野の体系化のみならず、直近の緊急課題である危機管理も含めた安心・安全社会の構築及びその場修復技術に関わる知見を通して地上での大規模接合技術などの研究開発にも十分貢献している。