

1. セッション名

「宇宙資源 ～次に何が起こるか?～」

2. オーガナイザ

	氏名	所属	連絡先
代表	寺菌淳也	会津大学 企画運営室 (兼) 先端情報科学研究センター	
(共同)	齋藤 潤	鹿島建設株式会社 技術研究所	

3. 概要

月や惑星、小惑星の物質を採取し人類のために役立てるいわゆる「宇宙資源の開発利用」は古くて新しい課題である。宇宙開発が始まって以来、宇宙資源の開発利用は宇宙開発のテーマの一つであり続けている。

近年、宇宙資源を取り巻く状況は大きく変化しつつある。発展途上国の急激な経済発展、また技術革新による希少元素の需要が高まった結果として地球上の資源の確保が次第に難しくなっていること、更に市場経済に主導される形で資源先物取引等が活性化し資源価格が現実の需要供給レベルを上回る形で推移するケースも少なくないため、新たな資源を確保することが急務となっている。そして宇宙輸送コストが民間企業の参入等により大幅に低減されてきていることから将来的に宇宙に新たな資源を求めることが夢物語ではない状態になりつつある。また近い将来人類の宇宙居住が実現した暁には Near-Earth-Space からの資源、特に水の調達が不可欠なことも明らかである。

このような状況から、技術的なハードルは依然として高いものの、宇宙資源開発は新規資源開拓の選択肢に入ってきたというのが本セッション関係者の認識である。

最近の商用宇宙開発は衛星コンステレーションの構築や輸送系開発が中心になっているが、そんな中でもいくつかの企業が宇宙資源探査を目的として米国を中心に活動しており、これは月や小惑星への飛行、あるいは資源探査もターゲットに含まれていることは明らかである。

しかし、宇宙資源開発には様々な問題が依然として残っている。コスト低減に関する技術的課題は多岐に渡っておりそれらは決して解決されたわけではなく、また資源が発見されたとしてもその所有権や採掘権の問題についての国際的な法整備が遅れており、これについては宇宙理工学コミュニティ以外の人々も含めた議論と調整が不可欠である。それは宇宙資源を特定の国家、あるいは一握りの富裕な人間だけに帰属させないという観点からも重要である。また、日本からも HAKUTO が出場していた X プライズ財団の月探査賞金レースが該当者なしで中止されたことが今後宇宙開発への意欲にどう

影響するか不透明である。更に月に関してはその極域に水があるという説や、表層の火山ガラス中に水があるという説が提唱されておりそれを資源にするという学説もあるが、これらの説は未だ科学的な検証と多くの科学者達による議論の真最中で、上記の説は 未だ学術上の定説になっていない ことに注意しなければならない。小惑星では、そのタイプ毎に構成する物質が異なることがスペクトル観測で分かっており、ゆえにどの小惑星に行けば確実に欲しい物質が手に入るのか、また打ち上げウィンドウ（タイミング）や Vehicle の性能や搭載機器など検討しなければならない項目が多くかつ複雑なところに難しさがある。

そして宇宙資源に関しては、科学的・技術的な考察を追い越すように、利益追求を至上目的とする金融経済的ムーブメントが先行して一部企業の投資家向けの楽観的話題提供や、時々メディアで見られる玉石混交ニュースにある「希望的観測だけの記事」など、あの手この手であおっているように見えなくもない。宇宙資源の探査と開発は、将来的に民間企業がその主役を担うことになるのは明らかなことであろうが、それは綿密な科学的、技術的考察、そして事業を進める際にどのようなルールを作るか、また社会的にどのような影響があるのかを十分に議論し徹底的に検討した上で行うべきである。メディアにプロモーションして株価や企業価値を上げ、一握りの人間を富ませるために宇宙資源探査や開発プロジェクトは存在するものではない。

明るいニュースとしては、今年日本の小惑星探査機「はやぶさ2」が目的地小惑星 RYUGU に到着し、米国の小惑星探査機オサイレス・レックスも目的小惑星 BENNU に到着する。特に「はやぶさ」と「はやぶさ2」により多くの実践経験を持つ我国は、小惑星資源探査の議論を小惑星資源探査のケーススタディとして世界に発信することが可能であり、宇宙資源探査について一定の発言力を持つと考えられる。

本セッションの提案者や講演者はこのような意識の下、宇宙資源探査の最前線を探るという意味で、近年気運が高まっている国内外の商業惑星探査関連の現状について調査を行いつつ、国内外で行われている独自技術開発や科学探査の現況、ならびに関連項目として関連する法のおよび社会的問題についても触れる。

本セッションは2013年より継続して続けられており、毎年刻々と変化する国内外動向の報告に加え、国内外の科学的研究成果やその知見・技術に基づく資源採掘の可能性検討などを行ってきた。その後、このテーマに関する議論を広げるため宇宙法的側面の考察も加え、宇宙理工学コミュニティ以外の視点からの議論も合わせて行っている。更に米国の変化にともなう世界情勢の変化、またタックスヘイブンとして有名な欧州ルクセンブルグの積極的な投資活動や法律制定などにより各国の宇宙開発全般に対しても少なからず影響が出ているため、この点を注意深く吟味した上で議論を進めていきたい。そして日本と米国の小惑星探査や中国の月探査の話題など、今後の潮流は刻々と変わっていくことが考えられる。それを適切な講演をひとまとめにして一つのオーガナイズドセッションを構成することが本提案の目的である。

本年は、宇宙資源開発に関して諸外国の動向をフォローしつつ以下の項目について議論することを考えている：

- ・宇宙資源探査を考える上で必要な課題の提起
- ・国内外／官民で行われている宇宙資源探査および技術に関する現況報告
- ・惑星物質探査研究の現状（小惑星、および月）
- ・惑星科学ミッションから宇宙資源に関する情報がどう得られるかについての考察
- ・宇宙資源ミッションにおける3次元展開型構造物の応用に関する考察
- ・天体が資源として有用となった場合に予想される法律的側面に関する考察
- ・宇宙資源の探査や開発についての社会的問題に関する考察

本セッションでは宇宙資源探査に関連する理工学的側面のみならず社会的側面も考慮し、長期的ビジョンを持った方向性を提示できるよう多くの方々に御聴講いただき、議論させていただければと考えている。

4. セッション構成、発表件数

1件あたり講演15分、質疑応答5分、合計20分の口頭発表11件で実施する。セッションは講演のみで構成する。

5. 個別発表題目と著者、所属、発表順

セッション名	著者	所属	発表順
OS11-1	齋藤 潤、寺菌淳也	鹿島建設、会津大学	1
OS11-1	寺菌淳也、齋藤 潤	会津大学、鹿島建設	2
OS11-1	白井文彦	神戸大学	3
OS11-1	橋爪 光、草野広樹、長岡 央	茨城大学	4
OS11-1	阿部新助、布施綾太、柳澤正久、矢野 創、船瀬 龍、田中 智、山田竜平、川村太一	日本大学、電気通信大学、ISAS/JAXA、パリ地球物理研究所	5
OS11-2	十亀昭人	東海大学	6
OS11-2	萩原祐樹、十亀昭人、仙波敦彦	東海大学	7
OS11-2	長谷川達矢、仙波敦彦、十亀昭人	名城大学、東海大学	8
OS11-2	高屋友里	東京大学	9
OS11-2	伊勢田哲治、神崎宣次、近藤圭介、呉羽 真	京都大学、南山大学、京都大学、大阪大学	10
OS11-2	岩渕泰晶	JAXA/日本コスト評価学会	11

10月24日（水）D会場 18:00～19:40 司会 寺菌淳也（会津大学）

- (1) 「宇宙資源」を取り巻く様々な変化
齋藤 潤 (鹿島建設)、寺菌淳也 (会津大学)
- (2) 世界の宇宙資源探査を取り巻く最新の状況
寺菌淳也 (会津大学)、齋藤潤 (鹿島建設)
- (3) 天文観測による小惑星の水関連物質探査
臼井文彦 (神戸大学)
- (4) 月極域表土中の水の拡散・捕獲機構と、中性子分光法によるその検出
橋爪 光 (茨城大学)、草野広樹、長岡 央 (JAXA)
- (5) 月面衝突閃光による月資源採掘環境評価と月内部構造探査
阿部新助 (日本大学)、布施綾太 (日本大学)、柳澤正久 (電気通信大学)、矢野 創 (JAXA/ISAS)、船瀬 龍 (東京大学)、田中 智 (JAXA/ISAS)、山田竜平 (会津大学)、川村太一 (パリ地球物理研究所)

10月25日 (木) D会場 8:10~10:10 司会 齋藤 潤 (鹿島建設)

- (6) 長方形フレームのインフレータブル構造を用いた3次元展開構造物の展開実験
十亀昭人 (東海大学)
- (7) 低重力環境下を想定した展開構造物の展開実験
萩原祐貴、十亀昭人 (東海大学)、仙場淳彦 (名城大学)
- (8) 宇宙展開膜面の3次元形状形成に関する研究
長谷川達矢、仙場淳彦 (名城大学)、十亀昭人 (東海大学)
- (9) 宇宙資源探査利用に関する国際規制の可能性と課題
高屋友里 (東京大学)
- (10) 宇宙資源開発の倫理的課題
伊勢田哲治 (京都大学大学院文学研究科)、神崎宣次 (南山大学国際教養学部)、
近藤圭介 (京都大学大学院法学研究科)、呉羽 真 (大阪大学先導的学際研究機構)
- (11) 宇宙資源探査等の最先端ミッションを促す社会的な手法と影響の考察
岩渕泰晶 (JAXA/日本コスト評価学会)