

- 3 . 世界の打ち上げロケット等宇宙輸送系の開発計画、研究計画調査

Investigation on Research and Development of Space Transportation Systems in the world

 キーワード	宇宙開発、ロケット、宇宙輸送系
Key Word	Space Development, Rocket, Space Transportation

1 . 調査の目的

本業務では、宇宙太陽光利用システム(SSPS)の実現に向け、将来の宇宙輸送系の研究計画、これらの開発・運用のためのコストモデルについての調査を行った。

2 . 調査研究成果概要

(1) 調査の内容

世界の宇宙輸送系に関する研究計画、開発計画についての調査

現状で宇宙輸送系を保有している、米国、ロシア、ESA、中国、インド、ブラジル、韓国、日本について、今後 20 年先までの宇宙輸送系(打ち上げロケット、軌道間輸送システム等)を含む研究計画、開発計画について調査を行った。

調査に当たっては、国による計画のほか、民間による打ち上げロケットの計画を含めた。

今後の輸送系の研究、開発の動向、将来予想、開発・運用コスト算出モデル、技術的またはその他の課題の評価、分析を行い取りまとめる。

で調査した主要国で現在計画あるいは構想されているロケットのうち、太陽発電衛星システムの打ち上げ、構築に適すると考えられるロケットを選定し、打ち上げ回数及び総輸送コストについての検討を行った。

(2) 結果概要

世界の宇宙輸送系に関する研究計画、開発計画

- 欧、米、ロ、中国、インドの各国が重量級ロケット(LEO 20 トン超)の開発計画を有している。そのほとんどが有人飛行や有人月探査を想定し開発が進められているものであり、最大の運搬能力を有するのは、米国のコンステレーション計画に基づいて 2020 年の打ち上げを目指して開発中のアレクス V で、低軌道に 180 トン強、月遷移軌道に 71 トンの輸送能力を有する。米国ではまた、有人用としてアレクス I(LEO 25t)を開発中のほか、民間のファルコン 9 Heavy(LEO 28t 強)、アトラス Heavy(LEO 25t)、デルタ IV Heavy(LEO 22t)など多くの重量級ロケットの開発が進められている。但し、アレクスについては、オバマ政権において見直しが行われる予定であり、現計画で進められるかどうか流動的である。ファルコン 9 Heavy は大幅な価格低減を図るとしており、市場投入動向が注目されている(現時点で価格は未公表)。
- 米国のほか、ロシアのアンガラ A5 KVRB(2011 年打ち上げ予定)、欧州のアリアン V ES ATV、中国の長征 5 号(2014 年)、インドの GSLV MK-3(2010-2011 年)など、2010 年代初頭から中盤にかけて打ち上げを目指す LEO 20t 超クラスのロケット開発が新興国も含めて進められている。
- 主要国で開発、構想中の輸送システムは、いずれも使い捨てタイプであり、宇宙観光用小型宇宙機を除いて、現在、スペースシャトルに代わる再使用型輸送機の具体的な開発計画を有する国はない。後述の米国防総省の検討で再使用型二段式宇宙輸送機が提案されているが、複数のオプションのなかでの検討に止まっている。開発コストや運用費などの観点から、再使用型が使い捨てタイプに比べて必ずしも優位とは言えないとの認識が根底にあるものと考えられる。
- 有人月探査以降の超長期を想定した重量級ロケットの開発計画、構想については情報が乏しく、1990 年代後半に米国 NASA が行った有人火星探査に向けた予備検討 “Mars Reference

Mission (Ver.1, Ver.3)以降、本格的なフォローアップ検討は行われていない模様である。

- 軌道間輸送機については、ISS への補給や有人月探査を想定し、軌道上燃料補給ステーションや電気推進ロケット、テザーの利用などが一部の民間を中心に検討・提案されているが、公表されている資料等は概念に止まり、輸送コストなどの本調査に有用な具体的な情報は提示されていない。しかし、米国防総省の宇宙太陽光発電システム構想でも複数の輸送システムが提案される中で電気推進による軌道間輸送機が大きな戦略的価値を有するとしており、低軌道への打ち上げから軌道間輸送機により静止軌道へ輸送するアプローチの有用性を支持している。

SSPS を想定した輸送系のコスト検討

諸外国の輸送系の開発計画、研究計画、構想等のうち、低軌道に 15～20t 程度の打ち上げ能力のある使い捨てロケットを使用した場合の SSPS の打ち上げ必要回数と総コストを試算し、検討を行った。結果を以下に整理する。

- 使い捨てロケットを使用した場合の SSPS の構築総コストは、軌道間輸送機によるコストを含めず低軌道への打ち上げだけを考えた場合でも、コスト試算で見たように莫大なものとなった。
- 大量輸送によるコスト低減、すなわち規模の経済による一定のコスト低減効果が望めるものの、総輸送量が大きく、総コストは莫大とならざるを得ない。
- 米国においては、静止軌道への輸送コスト低減のため、電気推進やテザーを用いた軌道間輸送システムや燃料ステーションの建設構想が提案されているが、SSPS の構築に際しての具体的なコスト低減効果については、明確にされていない。
- 本調査を通じて明らかになった SSPS の構築を前提とした輸送系調査における現状と問題点および今後の課題を以下に示す。
- 宇宙太陽光発電については、米国防総省が関心を示しているほか、我が国の宇宙開発基本計画の議論の中で、人類が直面している世界的な環境問題やエネルギー問題などの解決の可能性を秘めるものであるとし、今後、安全性や経済性の確保も含めた実現に向けて、段階的な実証を行っていくことが重要であるとの考えが示されている。既存の輸送系を用いた輸送コストの試算は膨大な値とならざるを得ないが、ファルコン9heavy のように、従来の輸送系の価格水準を劇的に下げる構想が民間から出てきているなど、将来のブレークスルーに向けた兆しも見えつつある。人類の直面する環境・エネルギー問題に、超長期的観点から答えを見出す努力を継続していくことが肝要である。

