

宇宙開発をささえる原子力

一大きな推力と長期使用に適した原子力

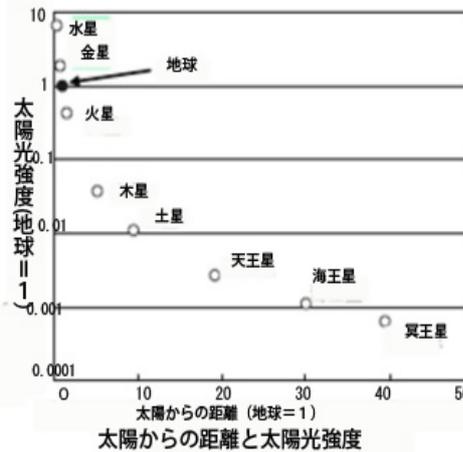


宇宙への挑戦は、国威をかけて米国、ロシア、中国が取り組んでいる。現在、国際宇宙ステーションのような地球圏の宇宙利用から、月面探査、火星探査、太陽圏の探査へと進化している。宇宙への挑戦は、無人と有人の両方があるが、有人の探査であれば必要なエネルギーも飛躍的に増え原子力の利用が有利となる。原子力の利用には原子力電池と原子炉の2種類があるが、原子炉の方はまだ開発途上にある。日本も威信をかけて積極的に取り組んでほしいものである。

1. 問題はエネルギーである

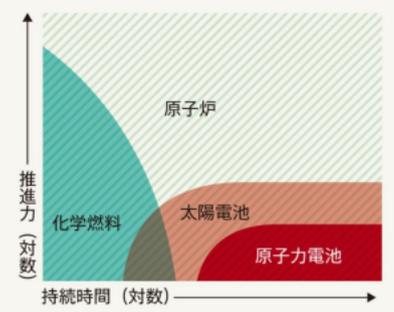
宇宙探査には、推進のためのエネルギーと有人探査の場合に滞在先での活動のためのエネルギーが必要になる。最初に思いつくのは太陽光の利用である。

しかし、太陽系の宇宙探査を考えた場合、右図に示されているように火星より遠くなると太陽光の強度が極端に弱くなりエネルギー源としては十分ではない。それに替わるエネルギー源が必要になるが各エネルギー源には特徴がある。各種動力源の性能を比較した次の図を見ていただきたい。数年以上長期間利用しているのは主に太陽電池や原子力電池であるが、太陽から遠く離れた宇宙では太陽光は使えない。



各種の動力源の比較

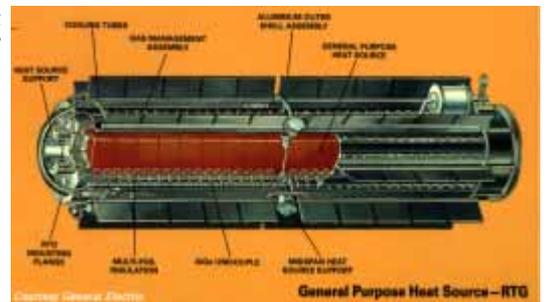
現在あるロケット推進システムのうち、推進力が大きく、かつ持続時間が長いのは、原子炉を動力源とするものだけである。



2. 原子力電池

原子力電池（アイソトープ電池）は発電に熱電変換を利用することができるため動的な部品がなく故障しにくくメンテナンスも不要で、最大のメリットは100年以上という長寿命が実現できることにある。欠点としては、プルトニウムなどの放射性物質を利用することから破損した場合のリスクが高いことが挙げられる。

主流はプルトニウム238を使うが、生産が困難でアメリカウム、ストロンチウムなどを代わりに使う計画が進められている。一例を挙げると1997年に打ち上げられた土星探査衛星カッシーニに搭載されている。この原子力電池はプルトニウム238を8Kg搭載し出力は250wである。（右図）



3. 新たな開発段階に入った宇宙探索

3.1 イオンロケット

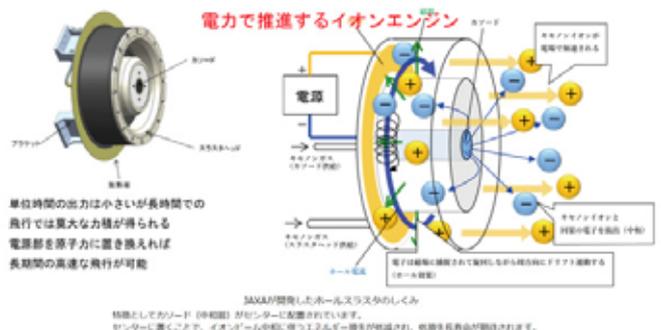
火星に近い距離の「りゅうぐう」を往復した日本のイオンエンジンを搭載するロケット「はやぶさ」は使用電力量は小さく、太陽光に近いリチウムイオン二次電池を充電しながら飛行することで可能となっている。遠距離の惑星など深宇宙探索には原子力電池のように容量の大きい電源が必要になる。

3.2 推進用の原子炉（原子力ロケット）

1960年代から1970年代にかけて、主に米国とロシアで原子力エンジンの研究開発が行われたが、安全性の問題がクリアできず、多額の費用を要したことで中止となった。

ロシアや中国との宇宙開発競争に直面したオバマ大統領は、2010年の4月新しい宇宙政策を発表し、この中で2030年代半ばまでに宇宙飛行士を火星の軌道に送り込むという目標を宣言した。2016年にも同じ趣旨を確認し、後のトランプ政権も引き継いだ。

これに対応して米国航空宇宙局(NASA)は2017年8月3日、将来の有人太陽系探査を見据え、新しい「原子力ロ



ケットエンジン」の実現に向けた技術の開発を始めると発表した。

「原子力ロケット」は原子力を電力源としてではなく、推進力として使うものである。その仕組みは、臨界状態の原子炉の炉心に、液体水素などの推進剤を当て、その熱で超高温・高圧のガスにし、それを噴射するという単純なものである。現在実用化されているような、燃料と酸化剤を燃やし、発生したガスを噴射する形式のロケットエンジンと比べ、2倍以上も効率(燃費)が良く、つまり同じ量の推進剤でも、より速いスピードを得ることができる。また推進剤は水素を使うが、ケロシンや水を使うこともできる。

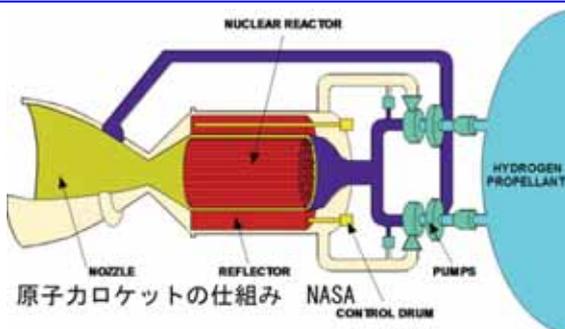


図 地球に近い小天体を探査する宇宙船の概念 (48th Joint Propulsion Conference & Exhibit, Atlanta, GA, July 30 - August 1, 2012) (SEJ注: 火星へのほぼ同様のシステムで探査)

2015年7月に発表されたNASAのテクノロジー・ロードマップによると、核熱ロケットの技術目標

技術目標: 高推力とより高い推力比を目指す。その他の設計パラメータは、最悪のミッションを想定して決める。

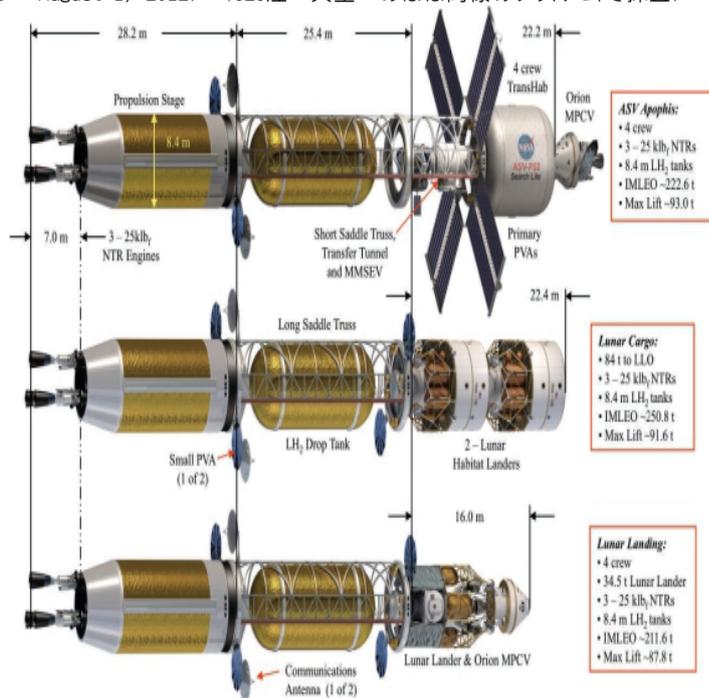
- 推力: 3~25,000ポンド (約11.3トン)
- 比推力: 900秒、推進剤として水素を用いる。
- 燃焼時間: 1回の燃焼時間 46分まで
- 累積燃焼時間 85~102分
- 燃焼と燃焼の間隔時間: 5時間 (Xe135の毒性を最小にするため)
- 地球の低軌道への打ち上げ: 化学ロケット、比推力290~316秒
- ミッション: 火星への有人軌道投入、火星表面でのミッション遂行
- ミッション開始時期: 2033年

火星ミッションへの宇宙船概念

有人となると火星へのミッションを一段階で達成するのは課題が多いので、NASAとしてはNEA (Near Earth Asteroid、小惑星などの天体)へのミッションを計画し十分な経験やデータを得たのち火星に向かう戦略を立てているようである。

NASAによる試験の実施

右図は宇宙船の概念図と各種の試験である



NASAでの原子力ロケットの試験

終わりに

日本は「はやぶさ1号、2号」で太陽光パネルと画期的なイオン推進エンジン搭載し小惑星の探索と資料持ち帰りに成功している。

現在の米国の深宇宙探査機にはエネルギー源として原子力電池が搭載されている。しかし有人の宇宙探査を行う場合には、使うエネルギーも飛躍的に増え、原子炉の活用が望まれるが原子炉の利用はまだ開発途上にある。日本には日本原子力研究開発機構という基礎的な原子力の研究母体や原子力発電を担ってきた原子力メーカーもあり、JAXAと協力して、新しい分野の技術に取り組んで欲しい。

夢を語ることが許されるならば、さらに先進的な原子力ロケット推進方式に核融合エンジン、物質・反物質を利用した光子ロケットなどの構想がある。これらの実現は、将来の世代を担う若者たちの仕事であり、本稿が関心をもってもらえるきっかけになれば幸せである。

本稿は主に推進用に利用される原子力技術について述べたが、次回は宇宙での長期滞在を伴う有人探査の際に利用される電力供給用の原子炉について述べる予定である。



NASAのマーシャル宇宙飛行センターにある、熱核ロケットのシミュレーションができる「NTREES」 (C) NASA

NTREESにある原子炉を模した電気ヒーター (C) NASA