

宇宙産業とエネルギー

Space Industries and Energy

岸 本 健 治*

Kenji Kishimoto

1. はじめに

宇宙産業と言っても、現在あるのは宇宙へ物を輸送するための手段、即ちロケットを開発製造する産業と、その運ばれる物（即ち衛星）を開発製造する産業、そしてその運用（衛星通信など）を司さざる産業であり、残念ながら宇宙空間での産業というものは実現していない。

しかし、本稿の主旨はこれら地上での産業についてではなく、宇宙空間における産業についてであると理解している。

このように時期的にはこれからという分野であるので、地上でのエネルギー問題を宇宙でもぬり直さないように考えなければならない。

本稿では、現在考えられている、又は開発中である宇宙空間でのエネルギー源を中心に話をしたいと思う。

2. 宇宙空間で必要なエネルギー

宇宙空間で必要とするエネルギーには次のような種類が考えられる。

- a 輸送に要するエネルギー
- b 自身の空間位置を保つに必要なエネルギー
- c 製造に必要なエネルギー
- d 生命維持に必要なエネルギー
- e 保存に必要なエネルギー

地上でのエネルギー需要と異なるのは上記のbくらいなもので、基本的には何ら変りない。

ただし、地上では空気、水、燃料などの資源がすべにあり、直接的な燃料資源も得られるところに大きな差がある。しかし、その燃料資源の大量消費が環境問題などを引き起しているなどの地上エネルギー問題を考慮すれば、単に地上から燃料を持ってゆくという方法は限られた用途ということになるだろう。月その他

の資源を利用するということを考えている人もいるが、問題はそのような時代になるまでにはどうするかということだろうから地球まわりに話を限定する。何といっても地上での歴史が基本的な手本とならざるを得ない。地上でのエネルギー源を分類すると次のようになる。

- A. 燃料資源によるもの(火力、原子力、燃料電池)
- B. 位置エネルギー（水力）
- C. 運動エネルギー（風力）
- D. 太陽エネルギー
- E. 地熱エネルギー

このうち地上での利用率はAが全体の90%以上を占めている。しかし、宇宙空間でこれがすでにあるわけではないから、地上からの輸送コストが加わり、いつまでもこれをベースにしていたのでは全く発展性がないと言わざるを得ない。

A, E以外はひっくりめて太陽エネルギーと言っても良いはずである。つまり、太陽から与えられたエネルギーが最終的に水や空気の色となつているわけで、水や空気はエネルギー媒体となっている。

原子力の利用は、米国でSP100というプロジェクトが長年にわたって開発が進められている。しかし、ガリレオ探査機のスぺースシャトルによる打上が、そのアイソトープ電源故に打上反対運動が起つたことは記憶に新しいはずであり、原子力というだけで、いかに安全性を説いても一般のコンセンサスを得ることは困難をきわめるだろう。

さて、地上での手本をこのようにみたくうで宇宙空間で必要とするエネルギーを考えてゆくこととする。

2.1 輸送に要するエネルギー

輸送というのは、地上から宇宙空間への輸送、宇宙空間内での輸送、宇宙から地上への輸送ということである。

地上からの輸送は、現在のロケットがおそらくは当分使われることになる。この基本エネルギーは推進薬である。燃焼を利用する、現在の主流である化学ロケ

*三菱重工業㈱名古屋誘導システム製作所エンジン技術部計画主務
〒485 愛知県小牧市東田中1200番地

ットエンジン、原子力の熱を利用する原子力ロケットエンジン、地上からのレーザー加熱を利用するレーザーロケットエンジンなどがあげられるが、いずれも似たような推進薬を用いる。

過去には種々の推進薬が試されたが、結局のところは、固体燃料か、液体系の水素／酸素が安全性などの点から着着くところとなっている。

いずれにせよ、地上からの輸送では地上資源が難なく利用できるから問題外と考えられるかも知れない。しかし、次の宇宙空間内での輸送と全く別のシステムが用いられたとすれば荷物の積みかえなど余計な作業が発生することになる。従って、地上から来たシステムに推進薬再充填して、次のポイントへ向うという方法が良いことは異論のないところだろう。つまり、宇宙空間で保存（貯蔵）された推進薬が必要ということになり、これが最初にあげる宇宙エネルギー源である。共通化ということから、液体水素／液体酸素がその第一の候補である。このことはあとで述べる宇宙での推進薬の生産と関連があり、あえて他の推進薬、例えばヒドラジン系などをあげなかった理由である。

また、輸送系にとっても電力は欠かせない、その主な用途がコントロールや通信程度なら、太陽光発電によって自力で補充することになるだろう。何らかの動力として必要ならば、宇宙空間に電力貯蔵が必要である。

2.2 自身の空間位置を保つに必要なエネルギー

エネルギー単位としては比較的小さなものということにはなるが、つねに必要なことから量的には大きい。磁力のような位置エネルギー保持の技術が開発されるまではやはり推力により保たれることになる。先ほど述べたようにトータル量としては大きなエネルギーとなるので、高い比推力（推力あたりに必要な推進薬消費量）が得られることが重要で、推力は小さくても良いということになる。

これに適した推進装置としては、所謂電気推進系、即ちイオンエンジン、アークエンジンなどがある。これらは、電力とアルゴン又はキセノン、それに消耗電極を必要とする。

2.3 その他のエネルギー

製造、生命維持、保存に必要なエネルギーは原材料的なものを除けばつまるところ電力である。

エネルギー消費は、効率100%とはなり得ないために、大部分の放熱を必要とする。これは宇宙空間では

ふく射放熱のみが可能である。これらのエネルギーサイクルも宇宙空間ではキーポイントとなる。

3. 宇宙で何をするか

急に何を言いだしたかと思われるかも知れないが、現在のところこの命題が最も大切である。

一時期、月の資源とか無重力利用の材料開発とかが大きく取りざたされた時期があった。それらは、思ったほどのものが得られないとか、コストが見合わないとかの理由で影をひそめつつある。何よりもそのニーズが逼迫していない。

石油危機の折りにSPS（スペース・パワー・ステーション）が大きくクローズアップされ、宇宙で太陽エネルギーを使って電力を得、それを地上に送電するという検討がさかんに行なわれた。それは今でも継続されているが、一時ほどのフィーバーぶりはなくなっている。何よりもニーズが後退しているからである。

宇宙利用という言葉は、地上への利得を前提としている。米国の宇宙フロンティアの計画（最近ではSEI、火星探査など）は、その響きが、“役にたつかどうかは別にしてとにかくやってみる、そうすればきっと良いことがある”というもので、日本人の感覚とは少しずれることになる。

それでは、何がその良いこととして予想されるかという想定問答に日本人は明解をしなければならない。そうしないとプログラムが認可とならないのである。ともあれ愚痴をこぼすことが主旨ではないので話を先に進めると、現在の宇宙利用と言えば、通信、放送、気象、地上探査などである。いずれも、アンテナという鏡を置くか、カメラを置くという限られた役目だが、外から地球を見て優位となることの利用である。

これらの目的はさらに発展するし、気象操作、環境問題への介入も行われるだろう。こちらは比較的急務なはずだがまだフィーバーというほどには煮つまっていない。しかし、そのような大規模なことを行なおうとすると、どうしても宇宙空間にこれら衛星の修理工場やエネルギー補給所、生産工場を持つ方が有利ということになる。そのうえで次はさらに外へ歩を進めるというのが日本人の感覚ではないだろうか。

現在のように、全て地上で作ったものを打ち上げて、有限寿命でその交代を打上げるといったパターンではコスト的にも危険性でも壁を打ち破れず、大きな発展はないだろう。スペースシャトルが衛星を持ち帰ってもコスト的には何故か見合っていない。どこかで大き

な決心が必要である。

4. 宇宙エネルギー工場

先に述べたように、必要なものは、電力と推進薬としての水素/酸素、アルゴン又はキセノンであろう。キセノンは地上でも少ないことからアルゴンが用いられるだろう。

アルゴンは別にして、水素を地上から持ってゆくということは、コスト、危険性から考えてまずないと考える。つまり水が地上から運ばれることになる。

結局のところ、電力と水素/酸素の製造が宇宙で必要なエネルギープラントであると考えている。

地上からの輸送系がほぼできる見通しであるが、次に開発着手すべきはこれだと考えている。

4.1 電力

要点は、必要とする電力が全て太陽光発電でまかなえるかということにある。結論はNOのはずである。できるだけ分散電力源として、各機器に個々の光発電システムとバッテリーが置かれることになるのが有利と考えられる。しかし、短期ピーク電力を補うものが需要で、これも光発電でとなると、その時のみパネルを広げるといふ芸当をするか、又はつねに広げておいて放電するかということになるが、この場合にはそのパネル分の位置保持負荷が加わることになり、大半の時間は無駄なエネルギーと資源を消費することになる。やはり燃料電池による補填が良いと思われる。

この場合、水素/酸素が貯蔵電力となるのである。

4.2 推薬プラント

地上から材料の水を持ってゆき、太陽熱を利用して宇宙空間で水素/酸素を製造・保存しようというのが推薬プラント構想である。先に述べたように、この推薬は、ロケットエンジン用推進薬、燃料電池用燃料、生命維持用などとして使用される。

筆者らが以前に検討した推薬プラント構想図を図-1に示す。水を地上から輸送し、これを水素/酸素に分解、貯蔵するシステムである。

図-2はシステム構想図で、太陽熱、太陽光電力を用いて水を電気分解し、これを極低温まで冷却するものである。宇宙空間で意外に難しいのが低温貯蔵技術で、これを安定して維持できるようにする技術開発が必要である。

4.3 その他のエネルギー源

現在実用化されている宇宙でのエネルギー源は、太陽光発電がその大半を占めている。可動部分のない優

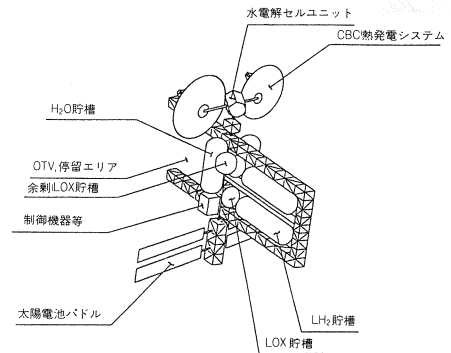


図-1 宇宙推薬プラント構想図

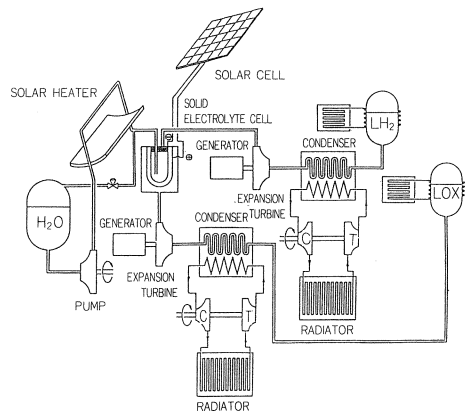


図-2 水素・酸素製造システム

れたシステムである。コストも下がってきているし、効率もぐんぐん上昇している。しかし、出力可変とはいかないこと、大電力用にはそれなりの大規模な変換系を必要とすることが、スペースステーションの計画でも明らかになっている。

興味深いものとしては、ナトリウム系の熱源、CO₂燃焼系熱源などが研究されており期待のもたれるところである。

5. おわりに

最初に申し上げたように、現在実現していない範囲の話を見せていただいたので、数字を使った論議が全くなく読者には御不満の向きもあるかと思われる。しかし、ここに取り上げた個々の分野は、すでにメーカーにおいて深く研究の進んでいるものもある。

宇宙産業のステップアップのためには、これら宇宙空間でのエネルギー確保、その開発をそろそろ着手する時期に来ていると思われる。