

宇宙発電所の建設 ～MADE IN SPACE～

第10回 君が作る宇宙ミッション A班

原 勇心 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
小松崎 綾 (高3) 【埼玉県立幸手高等学校】 熊谷 佳純 (高3) 【私立相模女子大学高等部】
日向 萌水 (高1) 【私立慶應義塾女子高等学校】 三上 拓朗 (高1) 【国立奈良工業高等専門学校】
山川 真以子 (高1) 【私立四天王寺高等学校】

1. はじめに

現代人の活動時間は、生活向上に伴い夜間にも及んでいる。発展途上国にとって電力エネルギー不足は、夜間に活動できず、国の産業や国民の生活向上を阻害する大きな問題となっている。そこで、発展途上国における人々の生活向上のために、電力エネルギー不足を解決する宇宙発電所を提案する。

2. ミッションの条件

2.1 ミッションを考える上で必要な条件

ミッションの目的を達成するために以下の条件を考える。

- ・エネルギー不足を補うために発電量を増やす。
- ・世界中に安定した供給を行うために環境に左右されないようにする。
- ・人々の生活を害することがないよう人が使わないスペースを利用する。
- ・持続可能な発展のため、再生可能エネルギーを利用する。

これら全てを満たす宇宙太陽光発電を今回のミッションとした。

2.2 発電量の見積もり

我々は目的達成のため、発展途上国の家庭に電球を灯すことを1つの指標とした。必要な電球の数は、G20に参加していない国を発展途上国とし、富裕層を除いた世帯数を考え10億個とした。よって電気需要は、電球5W×夜の活動時間6時間×365日×10億個=1.0TWhと見積もった。

3. ミッションの概要

3.1 ミッションの流れ

ミッションの全体図を図1に示す。ミッションは、以下の通りである。

- ・発電モジュールをロケットにて静止軌道へ運搬する。
- ・宇宙空間で3基の太陽光発電設備の建設する。個々の太陽光発電パネルで発電を行う。
- ・地上に受信部(レクテナ)を設置する。
- ・地球とそれぞれの太陽光発電設備をマイクロ波でつなぎ、電力ネットワークを結ぶ。

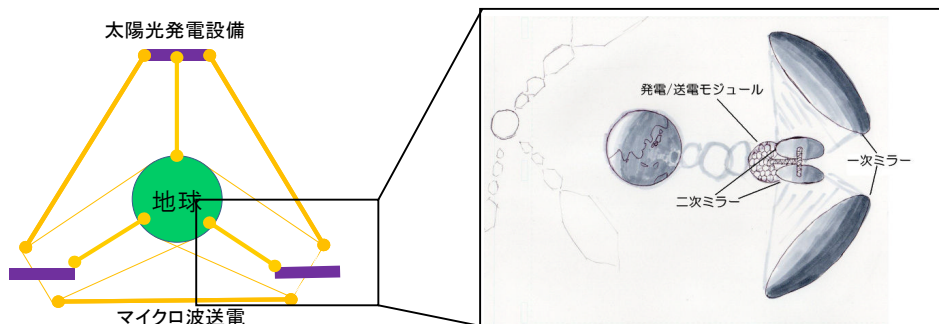


図1 宇宙発電設備の全体図

ここで、静止軌道に浮かぶ太陽光発電設備は、発電機能だけでなく、電力の送電まで行う施設である。これらは、静止軌道にそれぞれに約120°をなす角度で設置される。太陽光発電設備は、電力ネットワークを結ぶことで、電力供給に偏りがある場合や、一つの発電設備の発電力が低下した場合にも他の発電所から電力を回すことができる。

3.2 発電部と受電部

1.0TWh全てを太陽電池パネルでまかなうとすると、必要な太陽電池パネルの面積Aは、太陽定数を1.37kW/m²、使用する太陽電池パネルの発電効率を0.36、マイクロ波による送電効率を0.5とした時、以下のよう求められる。

$$A = \frac{\text{電球}5W \times \text{夜の活動時間}6\text{時間} \times 365\text{日} \times 10\text{億個}}{\text{太陽定数}1.37\text{kw}/\text{m}^2 \times 24\text{時間} \times 365\text{日} \times \text{発電効率}0.36 \times \text{マイクロ波送電効率}0.5} \doteq 5.07\text{km}^2$$

今回のミッションでは、太陽電池パネルと集光ミラーを併用する。ここで、集光ミラーの集光効率を0.8とすれば、ミラー面積は6.34km²と求められる。最数的に衛星の単位面積当たりの質量を250g/m²（ミラー、太陽電池パネル、送受電部、構造体）とすれば、発電所の総重量は3基合計約1,584tとなる。

また、環境に左右されないという条件を考慮し、送電にはマイクロ波を用いる。電力を世界中に供給できるように、各国にレクテナを設置する。しかし、マイクロ波は生物に悪影響を与える可能性があるため、レクテナは基本的に人がいない海上や砂漠に設置することを考えている。

3.3 建設法

各ミラー/太陽電池パネルモジュールの形状は正六角形で構成され、打ち上げ時は折りたたまれ収納されている。モジュールこれらの発電所をアリアンVECAと同等のロケット（GTO投入能力10.5t程度）によって、静止トランスファ軌道に向けて打上げる。合計153回のロケットによる打上げにより、全モジュールを軌道上へ運搬する。年間10回の打上げとし、約15年に渡る建設計画となる。打ち上げ後、目標の静止軌道上にて51個のモジュールがドッキングし（他の2基も同様）、その後集光ミラー/太陽電池モジュールをすべて展開する。展開には形状記憶合金とインフレーターチューブを使用する。ここで、人件費削減や安全面から建設、保守点検にはロボットを使用する。軌道上での建設が完了した後、発電が開始される。

4. 応用性と課題

このミッションは、地球だけではなく宇宙へ送電し、他の衛星への電力供給も可能である。これにより、他の宇宙ミッションへの応用が期待できる。今後は、マイクロ波を利用した送電設備の検討、軌道上設備の運搬・運用方法、設備の劣化への考慮などを行う。これらの視点からミッションの有用性を深めていく。

5. まとめ

発展途上国の電力エネルギー不足を解決するため、宇宙空間に太陽光発電システムを建設することを提案した。これによって発展途上国民の夜間の活動を保証し、活動時間が増やすことが可能である。これにより発展途上国における人々の生活向上を実現できる。

謝辞

日本電気硝子㈱ 今橋 公成 様には、宇宙発電所重量の見積もりの際に有益なデータを頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

小田 光茂、“宇宙エネルギー利用システムの研究:太陽発電衛星のシステム形状”、宇宙航空研究開発機構研究開発資料、JAXA-RM-04-011