

SSPS 経済性の検討

Economic Evaluation of Space Solar Power Systems

高度ミッション研究センター(Advanced Mission Research Center)

森雅裕、斉藤由佳

Masahiro Mori and Yuka Saito

Abstract

We have been conducting studies on Space Solar Power Systems (SSPS) using microwave and laser beams for years since FY1998 organizing a special committee and working groups. In this study, the life cycle cost model of SSPS was created and evaluated its validity. Sensitivity analysis of are continued aiming at generating cost of around 8 yen per kWh and hydrogen generating cost of around 20 cent per Nm³. This paper presents a summary of studies on economic evaluation of SSPS.

1 はじめに

本研究は平成10年より実施しており、地球温暖化、エネルギー問題など人類が直面する地球規模の諸問題を解決する可能性を秘めた宇宙エネルギー利用システム（SSPS：Space Solar Power Systems）の経済性に関する研究を行っている。SSPSのシステム総合研究の中で検討されているシステムコンフィグレーションに基づき、マイクロ波方式およびレーザー方式のSSPSに関してライフサイクルモデルを作成し、感度分析等を行うことによりSSPSの経済性に関する検討を継続して実施している。

2 研究の概要

平成15年度は以下の項目について研究を行った。

(1) マイクロ波方式 SSPS の経済性の検討

98年にマイクロ波方式 SSPS (M-SSPS) ライフサイクルモデルの検討を行い、コストモデル、環境負荷モデル、エネルギー収支モデルを構築したが、今年度は2003年 M-SSPS 基準モデルに適合させるようにコストモデルの改修を行い、コスト、環境負荷、エネルギー収支に関する検討を行った。

また、本モデルによる計算結果は、パラメータの選定や設定するパラメータ値に大きく依存することから、パラメータに関する検討も合わせて実施した。

(2) レーザー方式 SSPS の経済性の検討

今年度は新たにレーザー方式 SSPS(L-SSPS)のコストモデル（エネルギー収支、CO₂ 負荷を含む）を作成し、水素製造コストを算出した。また、感度分析を行い、水素製造コストに対する技術開発要素を明確にした。

3 成果の概要

(1) マイクロ波方式 SSPS の経済性の検討

(a) モデルの概要

システム総合研究で検討された 2003 年 M-SSPS 基準モデルに基づき、M-SSPS ライフサイクルモデルを作成した。M-SSPS ライフサイクルモデルは、M-SSPS の構築と運用に関して必要となるコスト（エネルギー収支、CO₂ 負荷を含む）を算出するモデルであり、宇宙セグメント、レクテナ、打ち上げ、メンテナンスにかかるコストを求める部分から構成される。

(b) 計算結果

宇宙セグメント、レクテナ、打ち上げ、メンテナンスに関する入力パラメータの初期値を用いて、1GW の M-SSPS について計算を行った。

本モデルでは、集光倍率が 1.0 倍のときに宇宙セグメント重量が 9,667ton と最小になり、それにあわせてコストも最小となるため、入力パラメータの初期値としては集光倍率 1.0 倍を採用した。（集光倍率を 1.0 倍以上にすると、太陽電池面とアンテナ面からでは排熱しきれず、ラジエータ（2.00g/W）を設けなければならなくなるため重量増となる。）計算の結果、1GW の SSPS の構築には 1.29（兆円）を要する計算結果となっており、その発電コストは 8.9（円/kWh）と算出された。SSPS の構築に要する宇宙セグメント、レクテナ、打上げコストの割合を Fig.1 に示す。また、その中における宇宙セグメントのコストの内訳も同図中に示す。

また同様に、ライフサイクルモデルにより、M-SSPS 構築時と運用時における CO₂ 排出量を算出し、12.10(g- CO₂/kWh) という値を得た。SSPS は、風力、原子力と比較しても CO₂ 排出量の少ない極めてクリーンなエネルギー資源利用システムであることが分かった。

さらに、エネルギー回収年数の計算を行い、自然エネルギーを利用した他の各種発電システムのエネルギー回収年数と比較した。エネルギー回収年数とは、製造から運用に至る工程において投入されたエネルギーが、生産されるエネルギーによって回収されるまでの期間のことであり、SSPS では 0.89 年と計算できる。地上の太陽エネルギーを利用した発電システムのエネルギー回収年数は 5 年から 10 年にも達するのに対し、SSPS は地熱発電システム、中小水力発電システムとならび、極めてエネルギー回収効率の高いシステムであるといえる。

(c) 考察

本ライフサイクルモデルは、最終的には、発電コスト/CO₂発生量/エネルギー回収年数を評価関数として、パラメータスタディや感度分析を行うことにより、影響の大きいパラメータやその目標値などを検討することが目的であるが、そのためにはパラメータ選定の適切さやデフォルト値の妥当性が重要な要素となる。そのため、今年度は感度分析およびパラメータ特性に関する検討も行った。

Fig.2に各種パラメータの感度分析を示す。なお、図中の f は発電コスト、 x_i はパラメータである。グラフより、RF-DC変換効率、DC-RF素子単価（マグネトロン単価）、メンテナンス率（宇宙セグメント）が発電コストに及ぼす影響が大きいことが分かった。

また、パラメータスタディの一例として、送電システムに関するパラメータ（DC-RF変換素子単価、DC-RF変換効率、マイクロ波送電器密度）と打ち上げ単価に関する検討を行い、ターゲットコストを達成するための条件等について検討を行った。ここでターゲットコストとしては他の発電システムと競合しえる単価として8(円/kWh)を設定している。検討の結果、「DC-RF変換素子単価400(円/W)以下、DC-RF変換効率67.5(%)以上」「DC-RF変換素子単価400(円/W)以下、マイクロ波送電器密度3(g/W)以下」「DC-RF変換素子単価400(円/W)以下、打ち上げ単価0.2(億円/ton)以下」を達成できれば、ターゲットコストの達成が可能であることが分かった。

(2) レーザー方式SSPSの経済性の検討

(a) モデルの概要

システムコンフィグレーションで検討された2003年L-SSPS基準モデルに基づき、L-SSPSライフサイクルモデルを作成した。M-SSPSライフサイクルモデルと同様、L-SSPSの構築と運用に関して必要となるコスト（エネルギー収支、CO₂負荷を含む）を算出するモデルであり、宇宙セグメント、地上施設、打ち上げ、メンテナンスにかかるコストを求める部分から構成される。なお、水素製造方式としては、太陽電池で発電した電力による電気分解方式の他に、光触媒による方式があるが、今年度のモデルではレーザー波長に最適化された太陽電池で発電し、水を電気分解することで水素を製造する方式をモデル化した。また、製造された水素の液化と輸送に関してはモデルに組み込んでいない。

(b) 計算結果

宇宙セグメント、地上施設、打ち上げ、メンテナンスに関する入力パラメータの初期値を用いて、10MW級のL-SSPSについて計算を行った。ただし、L-SSPSの規模やコンフィグレーションに関しては検討途上の段階であるものが多いため、今年度はモデルを構築し予備計算を行う段階にとどめた。

計算および感度分析の結果、レーザー媒質のコスト、ビーム制御部のコストにより大きく水素製造コストが変化することが分かった。次年度以降は、これらの値を検討し、パラ

メータスタディを行っていく必要がある。また、晴天率により水素製造コストも大きく変わるため、雲があってもレーザー伝送が可能かどうか、またはその効率がどの程度かを早急に明らかにする必要がある。

4 まとめ

本研究では、マイクロ波方式およびレーザー方式 SSPS のシステム概念に基づき、ライフサイクルモデルを作成し経済性等に関する検討を行った。

今後は、引き続きモデルの精度を高めるとともに、採用するパラメータ値について、現状と達成見通し（2020-30年）を整理したうえで、十分に検討を重ねる必要がある。

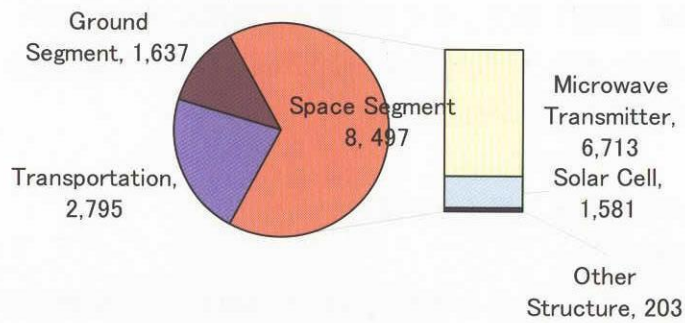


Fig.1 Calculation Result of M-SSPS Cost Model (Unit: 0.1B yen)

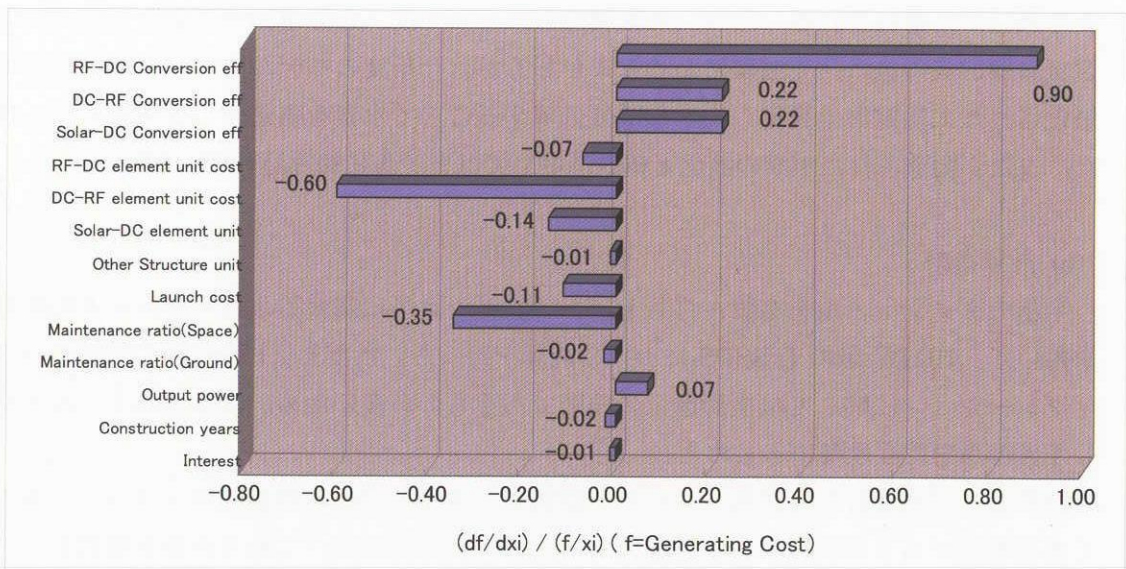


Fig.2 Sensitivity Analysis Result of M-SSPS Cost Model