

宇宙エネルギー利用システムの研究(A Study of the Space Energy Utilization)

## マイクロ波によるエネルギー伝送技術の現状と課題 (Microwave Power Transmission Technology of The SSPS,)

総合技術研究本部 高度ミッション研究センター 久田安正 香河英史  
(JAXA)

### Abstract

On study of Space Solar Power System(SSPS) in JAXA(NASDA),. Two types of SSPS are now being studied,. The one is the microwave based power transmission system (M-SPS),and the other is the laser based power transmission system (L-SPS).

On this paper ,we describe the MPT status and feature of the M-SPS.

### 1. 研究の概要

現在、JAXA では、「宇宙レーザー利用システムの研究」の一環として、1GW級の宇宙エネルギー利用システム（太陽発電衛星：Space Solar Power System “SSPS”）を実現することを目指して、そのシステム概念の検討と要素技術の検討を行っている。

この中で、SSPS のシステム概念の検討としては、大別して、“マイクロ波によるエネルギー伝送システム（M-SPS）”と、“レーザーによるエネルギー伝送システム（L-SPS）”の2つを検討している。

ここでは、M-SPSに必要な要素技術である“マイクロ波エネルギー伝送（MPT）技術”について、現状（H15年度結果の概要）と今後の課題（H16年度の計画）について報告する。

### 2. 成果概要

#### 2. 1 SSPSにおけるMPTとその特徴

M-SPSのシステム全体のイメージを図1に示す。

すなわち、商用システムとしては、「静止衛星、使用周波数5.8GHz（または2.45GHz帯：ISMバンド）、得られる電力100万KW、送電アンテナ径約2km、レクテナ径約1～2km」となり、宇宙に於いては、電氣的にも構造的も巨大なものとなり、これに起因して数々の技術開発要素がMPTにも派生して来る訳である。

#### 2. 2 MPTと実証（実験）衛星構成（案）

マイクロ波でエネルギーを地上に送る技術（MPT）を、より理解し易くするため、現在検討中の“太陽発電衛星の実験システム（案）”を例に、必要となる要素技術を具体的に述べる。

図1に実験システム搭載機器の構成を、図2にSSPSの重要要素技術とMPTの要素技術をまとめて示す。

## 2.3 MPTの要素技術と課題

### (1) RFの発振・増幅

これらから解ることは、MPTでは、まずRF（無線周波）で電力を伝送することから、太陽電池で発生したD.C電力を高効率・高電力のRFに変換しなければならず、そのためのRFの発振、増幅のデバイスが必要となる。

“発振”については、従来は京大Gを中心にマグネトロンが検討されて来た。しかし、得られる電力が大きく効率もいいが、周波数/位相の変動が大きい（目標1deg.以内）、スペクトラムがきれいでない、等、送電ビームを高精度で指向する点では多々問題があり、また、宇宙機器とするにも重量・発熱が大きく、耐振動環境上からも未知な部分が多い。2.45GHz帯では見通しが出てきたが、5, 8GHz帯では“増幅”についても、従来は高出力・高効率の適当なデバイス、増幅器ともに存在しなかった。

しかし、近年になり急に、発振デバイスとしては、GaN/サファイア/ダイヤモンド等のシリコン基盤を用いた新素材による“ワイドバンドギャップ(WBG)半導体”が注目を浴びるようになり、マグネトロンを凌ぐ高出力・高効率化も可能性が出てきた。

他方、増幅技術に於いても、E級増幅やF級増幅技術のような、理論効率90%を越えるような新技術が現れ、地上の移動体通信技術の一環で目覚ましい発展を遂げている。

今後は、これら新技術をSSPSにも取り入れることが必須となろう。

### (2) 高精度ビーム指向技術、

変動する衛星姿勢から、高精度でマイクロ波ビームを照射しなければならないことから、アンテナは電氣的にビームの指向を変えられる“フェーズドアレイアンテナ”が必須となるが、レトロディレクティブ方式等の高精度ビーム指向技術（目標1/10000deg. 現状1/100deg.）が必要となる。またそれに用いる移相器の低損失化（目標0.01dB、現状数dB）も大きな課題である。

### (3) 大規模アレイ技術

数キロ四方のアレイアンテナとなる人類初の大規模アレイアンテナの未知の諸現象である、“ブラインドス現象、素子間相互結合、グレーティングローブ”などの各抑圧法の確立も重要である。

### (4) 高電力RFの放電現象等

RF大電力の及ぼす放電現象、諸機器へのEMI除去等EMC上の問題、や未知の影響把握も大きな課題である。

### 3. 今後の予定

以上、今までの検討から明らかになって来た MPT 技術上の課題をベースに、H16 年度に予定する実験や検討等の計画をまとめて以下に示す。

いずれのテーマも、SSPS マイクロ波エネルギー伝送を行う場合の最も基本を担う RF の発振・増幅作用に関するもので、現状、最もクリチカルな要素技術となるものばかりで、これらは研究の段階で全てクリアにして置かねばならないものである。

これらは、主として資金の都合上からか、過去、ほとんど着手されて来なかった。

① 東海大学（川崎教授）／徳島大（大野教授）：ワイドバンドギャップ半導体による、マグネトロンを凌ぐ高出力/高効率素子開発の可能性の調査

→ SSPS 宇宙セグメントの小型・軽量・低発熱化、および民生半導体技術に寄与

（注：電子管マグネトロンは京都大学を中心に鋭意研究中）

② 電通大（本城教授）：高出力/高効率 F 級増幅器の現状技術の調査

マイクロ波電力伝送で必須な RF の増幅器で、究極の高効率化（98%以上？）が可能だと言われる増幅器の調査・検討（含む計算機シミュレーション）

→ RF 送電の高効率化、民生増幅器技術の効率化に寄与

③ 京都大学（篠原助教授）：InGaP-FET による AIA（アクティブ集積アンテナ）化の試作（試験/解析は次年度廻し）

→ SSPS 宇宙セグメントの、AIA 化による小型・薄型に寄与？

④ 九州工大（趙教授）：太陽電池素子アレイへのマイクロ波照射実験

→ RF 大電力の及ぼす太陽電池発電素子の放電現象等、未知の影響把握

⑤ 東北大（澤谷教授）：大規模アレイアンテナの未知の現象のシミュレーション解析

→ 数キロ四方のアレイアンテナとなる人類初の大規模アレイアンテナの諸現象の把握、ブラインドネス現象、素子間相互結合、グレーティングローブなどの各抑圧法の確立。

図1. 太陽光発電実験システムの全体構成

アレイ型集積アンテナ

