

## SPS2000の送受電技術総論

高野 忠\*

### Transmission and Reception Technologies in SPS2000

By

Tadashi TAKANO\*

**Abstract** : The SPS2000 is meaningful to have concretely shown the concept of solar power generation and microwave transmission which was formerly considered impractical, as is emphasized by the inclusive paper by Nagatomo in Chapter 1 of this proceeding. Though the general description is surrendered to his paper, we will look back at the investigations of microwave transmission and reception in the SPS2000 project. This field includes topics of antennas, microwave amplifiers, microwave rectifiers and radio propagation (mainly related with plasma), which have been most intensively studied in the SPS2000 project.

The main points in the conceptual design of microwave transmission and reception are as follows:

- (1) The frequency to transmit microwave power is supposed to be 2.45 GHz which is assigned for ISM uses.
- (2) Microwave amplifiers are composed of semiconductor devices. A unit of the amplifier handles 6 W in input and 4 W in output, and 2.25 million units in total.
- (3) The transmitting antenna or spacetenna is a phased array with the area of 132 m × 132 m. The radiating element is a slotted antenna with a backing cavity.
- (4) Retrodirective function was studied to accurately point the transmitted beam to a receiving point. Figure 3 shows the system constitution, which uses 245 MHz frequency. The experimental system was composed in 800 MHz.
- (5) The receiving antenna or rectenna is a mesh reflector antenna fed by linear radiators. The ground under the reflector may be illuminated by sun light, and can be used as a free space. The diameter is nominally 2km.

After the conceptual design of SPS2000 was completed, further studies have been continued

including the following symposia:

(i) Symposium on Transmission and Reception for SPS: November 14, 1994.

(ii) Symposium on Semiconductors for SPS: November 28, 1994.

In Chapter 2 of this proceeding, Prof. Itoh first summarizes the research work during the whole time period of SPS2000 study. Then, Prof. Kawasaki describes a new research to form a microwave power transmission unit in a stratified layer constitution by adopting patch antennas which are suitable for planar constitution and by implementing a group of power dividers or amplifiers on each dedicated board.

## 概 要

本報告書第1章の長友論文で強調されているように、SPS 2000は太陽発電・マイクロ波送電という、当初現実味が無いと思われていたコンセプトを、手が届く所に示したことに最も重要な意味がある。全体の総括はそこに譲るとして、SPS 2000プロジェクトにおけるマイクロ波の送電と受電の検討を振り返ってみよう。この分野においては、アンテナ、マイクロ波アンプ、マイクロ波整流それに電波伝搬（主にプラズマ関連）の問題がある。これらはSPS 2000プロジェクトにおいて、最も集中的に検討がされた分野のひとつである。

マイクロ波送受電に関する概念設計の要点は、以下のようになる。

- (1) マイクロ波電力伝送用の周波数は、2.45 GHz（電波法で産業・科学・医療用として割り当てている）とする。
- (2) マイクロ波増幅器として、半導体素子を用いる。1素子当たり入力6W，出力4Wであり、総計225万素子を用いる。
- (3) 送電アンテナ（スペーステナ）として、面積が132m×132mのフェーズドアレーを用いる。図1に衛星構体へのアンテナ装着状況を示す。その構成素子としては、図2に示す共振器付きスロットアンテナを用いる。
- (4) 送電ビームを受電点に正確に向けるため、レトロディレクティブ機能が検討された。図3はシステム構成を示し、245 MHzを用いている。この実験システムは、800 MHzで作られた。
- (5) 受電アンテナ（レクテナ）として、線状放射器で給電したメッシュ反射鏡アンテナを用

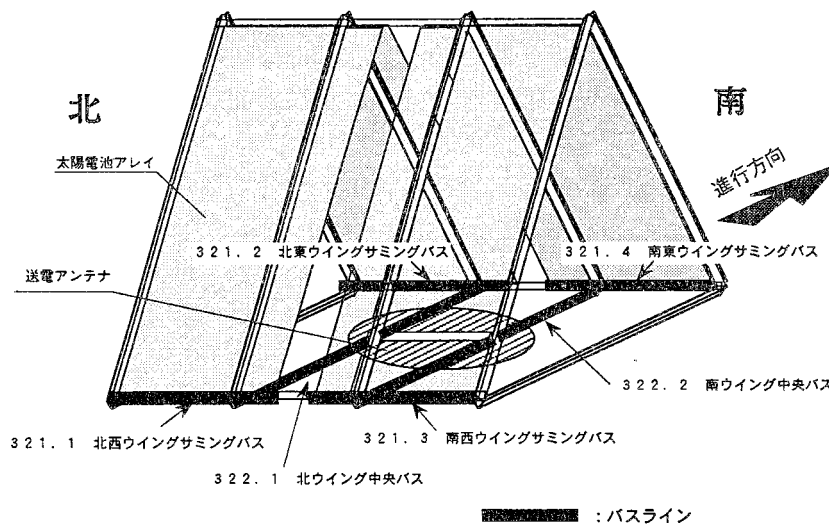


図1 SPS 2000 全体の構成と送電アンテナ（スペーステナ）

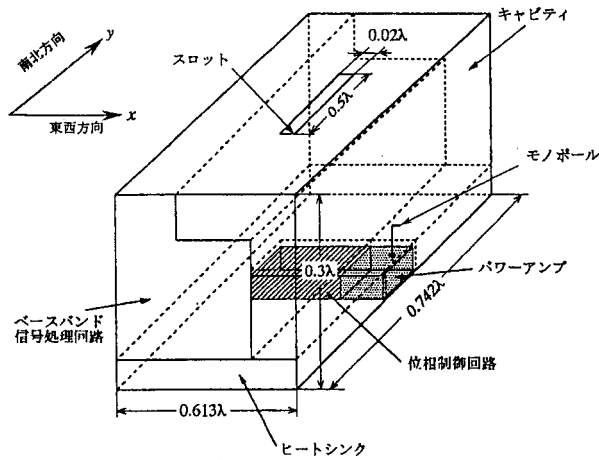


図2 送電アンテナ素子の構造

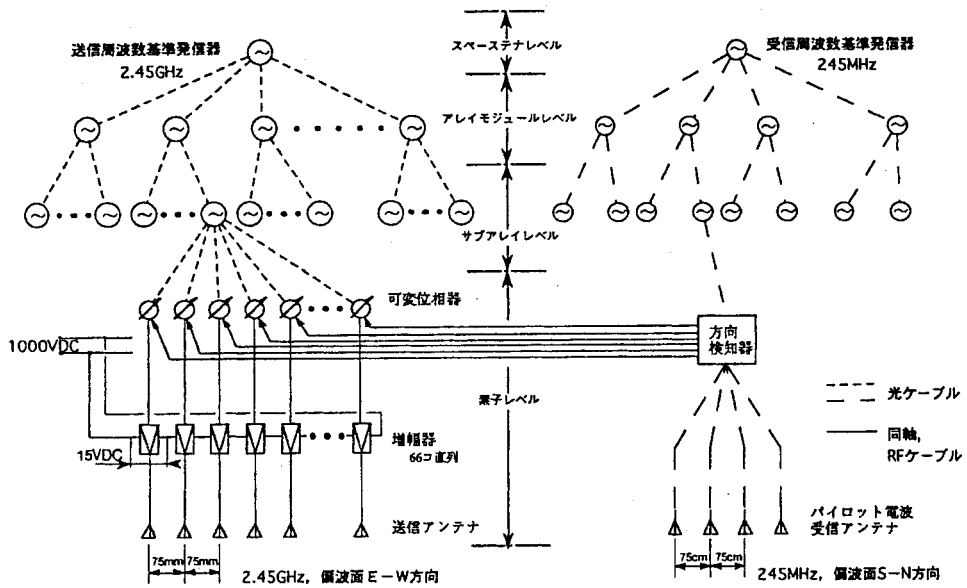


図3 送電アンテナのシステムブロック (送電系とレトロレクティブ系)

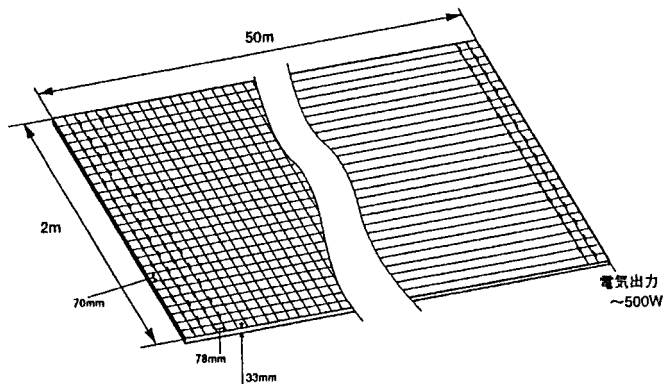


図4 受電アンテナ (レクテナ, 魔法の絨毯) のパネル

いる。反射鏡の下の地面には太陽光が照射され、自然のまま使用することができる。直径はノミナル2 kmである。図4は、その1パネル分の構成を示す。

SPS2000の概念計画書が完成した後も、より深い検討が続けられた。科学研究費(重点領域)申請のため、次の2シンポジウムを開いたのも、その一環である。

(i) SPS用送受電技術シンポジウム(1994年11月14日)

(ii) SPS用半導体シンポジウム(1994年11月28日)

これらのシンポジウムでも、次のようにいくつかの重要な結論が導かれた。

(a) マイクロ波増幅素子としてSi-MOSFETで、出力100W程度、電力変換効率50%程度が可能であることが示された。[1]

(b) 地上のGa(ガリウム)の生産量は、500トン/年程度である。GaAs素子を用いて100万kWのマイクロ波を発生させようとする、これでは不足をきたすことになる。従ってSi(シリコン)で大出力マイクロ波増幅器を作ることは不可欠である。[2]

(c) SPS 2000システム以外の一般用の送電アンテナとして、直径10m程度のパラボラを最密充填形に配列したアンテナが提案された。[3]

また大電力のマイクロ波ビームが伝搬することにより、ビームは電離層プラズマと非線形結合して、種々の不安定現象を引き起こす。この現象について、計算機シミュレーションが行われた。この他、1素子当たり100W程度の高周波電力(2.45 GHz)を整流できる半導体素子が必要であるが、現在の技術では実現されておらず、かつ従来のSPSの中でも検討はされていない。

SPS 2000は、既存の技術と近い将来実現できる技術を前提として、ひとつのシステム像を示してくれた。今この成果を踏まえて、システム実現に向けて、新たな歩みを始める時が来ている。今の成果を踏まえるということは、本報告書第1章にも述べられているように、そのシステムコンセプトを墨守するということではない。技術は日進月歩し、かつ周囲条件は変化している。それに合わせて旧コンセプトを手直し、新コンセプトに上げていく努力が必要である。

この新たな検討は、かなり根本的な見直しを含む可能性もある。それに伴って、マイクロ波送受電技術の所要機能・性能も、大幅に異なって来よう。例えばSPS衛星を置く軌道は、SPS2000ではLEOであるが、GEOという解も考えられないわけではない。そうすると、SPS電力供給装置と地上電力網との接続は良くなるが、反面マイクロ波送電アンテナは1桁程度大きい直径が必要となる。また実際にアンテナを製作しようとなると、素子製法や収納・展開法について検討すべきことは、多々ある。

今回のSPS 2000シンポジウム成果報告書第2章の中では、まず伊藤教授が、SPS 2000全検討期間を通して進めて来た研究の内容について総括している。次に川崎教授がシステム構成について、SPS 2000に含まれていない新しい方向を示す研究について述べている。これは平板構成に適したパッチアンテナを用いて、分配器や増幅器を基板毎に形成し、最終的に送電ユニットを多層構成とするものである。これら2つの論文内容はいずれも、世界に対し独自の研究成果を主張できるものである。

重要語：SPS，マイクロ波送受電，スペーステナ，レクテナ

## 参 考 文 献

- [1] 雨宮好仁：“マイクロ波送電におけるSiとGaAsの比較”，SPS用半導体シンポジウム講演集，pp.10-11，11月，1994.
- [2] 山田興一：“資源量から見たシリコンと化合物半導体太陽電池”，SPS用半導体シンポジウム講演集，pp.1-5，11月，1994.
- [3] 高野 忠：“最密充填形アンテナの検討”，SPS用送受電技術シンポジウム講演集，p.17，11月，1994.