

第 2 章 SPS 2000 の発電技術

SPS 2000 の発電技術総論

後 川 昭 雄*

SPS 2000 Power Generation Technologies

By

Akio USHIROKAWA*

Abstract : Amorphous Si(a-Si) solar cell, a thin film type, has been selected for the power generation in the conceptual design of SPS 2000. Thin film solar cell is advantageous for ground-space transportation and deployment in space. Mass-production and cost reduction for a-Si solar cell are expected in the near future. Currently we have only 10 Mwatt/year for a-Si solar cell production in Japan, but 100 Mwatt/year will be realized soon. The module efficiency is slightly less than 10 % at present , but is to be improved up to 15%. In the design of SPS 2000 power generation system, 1 kW/kg is used as the specific power. Compromising the power loss in the cables and the interaction with the ambient plasma, 1 kV has been selected for the bus voltage. The SPS 2000 power generation system has been designed by Dr.Kuninaka. Figure 1 shows the system block diagram of the power generation and power lines. A subarray is composed of 12 solar cell units. The array module, composed of 110 subarrays, is a mechanical element for assembly. The constitution of array module is shown in Fig.2. Each array module generates 180 A at 1 kV. The weight of the array module is 270 kg per each module. Forty five array modules are assembled in each wing; northeast, southeast, northwest, and southwest. The electric power from the array modules is collected by the bus lines which are insulated copper plates 1 mm thick. Power generation of SPS 2000 changes with the local time depending on the sun angle of the arrays and the cell temperature. The diurnal variation of the generation power is shown in Fig.3. The major research subjects for the SPS 2000 power generation system are; resistance to the space environment, high power, light weight, and low cost. This chapter includes two papers associated with the environmental issue; prevention of arc discharge and radiation resistance of the solar cell.

*東京工科大学/宇宙科学研究所

Dr.Cho et al. discuss mitigation methods against arc discharge based on their laboratory experiments. The result shows technical feasibility of 1,000 V bus for the SPS 2000 solar array. Next step is to apply the result to the design of the SPS 2000 power system. Dr.Sasaki et al. report results of proton and electron radiation experiments on the a-Si solar cell. It is concluded that the a-Si solar cell on the 1,100 km equatorial orbit will maintain more than 90 % of initial performance after 10 years. Since the technology of a-Si solar cell has been rapidly improved, the radiation test for the latest version of a-Si solar cell is highly desired.

概 要

SPS 2000 の発電部の概念設計では、太陽電池セルとして、大量生産が可能で近未来に低コストが期待でき、宇宙への輸送と展開に有利なフレキシブルアモルファスシリコン薄膜太陽電池を選定している。SPS 2000 の発電部では 16 MW の太陽電池を必要とするが、アモルファスシリコン太陽電池は現在我が国で年間わずか 10 MW 程度しか生産されていない現状である。ただしアモルファスシリコン太陽電池は結晶系シリコン太陽電池の次の世代の太陽電池として近い将来 100 MW 規模の生産が予想される段階にきている。現在アモルファスシリコン太陽電池の効率は 10 % 弱であるが、将来的には 15 % 前後が期待されている。SPS 2000 の概念設計では効率 15 %、重量比出力 1 kW/kg を仮定している。

太陽電池アレイの電圧は、集電ケーブルでの熱損失とプラズマとの干渉の問題、及び、将来のより大電力のシステムへの発展性を考慮して 1kV としている。SPS2000 の太陽電池モジュールの設計は、6 章“SPS の研究開発シナリオと MDS-3 による宇宙実証計画”の著者である国中博士によって行われた。図1に SPS 2000 発電部全体の電気ブロック図を示す。図2に太陽電池のユニット、サブアレイ、アレイモジュールの階層を示す。太陽電池の 1 ユニットの電圧は 90 V、1.6 A の出力とし、12 ユニットの直列接続でサブアレイを構成する。110 枚のサブアレイを並列に接続して 1kV、180 A のアレイモジュールを構成する。アレイモジュールは幅 3 m 長さ 33 m の短冊状である。アレイモジュールの重量は集電ケーブルを含んで約 270 kg である。アレイモジュールを 45 枚並列に接続して、北東、北西、南東、南西の翼（ウィング）を構成し、北東と北西のウィング、南東と南西ウィングをそれぞれ並列に接続した上で送電系に配電する。各アレイモジュールからの集電はポリマーの被膜を施した銅製のフラットケーブルで行う。SPS 2000 の軌道運動に伴い太陽電池面への太陽光の入射角は時々刻々変化する。図3に春分時の発電電力の時間変化に伴う送電出力の時間変化を示す。

SPS 2000 の発電システムの主要な課題は、(1) 放射線やプラズマ放電に代表される宇宙環境に対する耐性、(2) 大電力化、(3) 軽量化、(4) 低コスト化、である。本章では課題(1)に関連して、高電圧部でのアーク放電の研究とアモルファス太陽電池への放射線照射実験結果の 2 編の報告を収録している。趙博士らによるアーク放電の研究では真空チェンバー実験を基に高電圧太陽電池のプラズマアーク放電の防止技術を論じている。これにより SPS 2000 でバス電圧 1,000 V を使用する技術的な可能性が示された。今後このアーク放電防止技術を具体的な設計にどのように反映するかが課題である。一方佐々木博士らによるアモルファス太陽電池の耐放射線性の研究では、日本原子力研究所高崎研究所の加速器を用いて電子およびプロトン照射実験を行い、耐放射線特性のデータを取得している。その結果、SPS 2000 の 1,100 km 軌道で 10 年間使用しても初期性能の 90 % 以上が維持可能との結論が得られている。ただしアモルファス太陽電池は年々優れた性能のものが開発されており本研究で試験されたものは既に古い

タイプとなっている。最新のより効率の高い太陽電池についても耐放射線性を確認しておくことが必要であろう。

上記の課題（２）～（４）については今後さらに研究を進める必要がある。現段階では軽量化と低コスト化の観点及び資源量の問題からアモルファスシリコンの太陽電池がSPS用として有力であるが、アモルファスシリコンの安定性と効率についてはまだかなり改良の必要がある。

重要語：SPS 2000，発電技術，アモルファスシリコン太陽電池

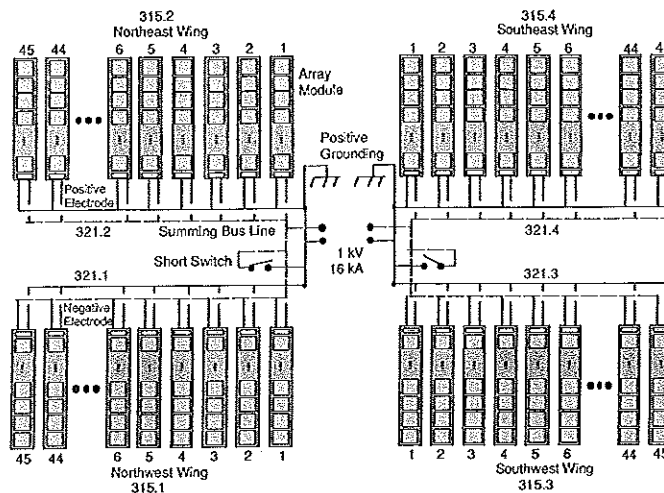


Fig. 1 System block diagram of power generation and power lines.

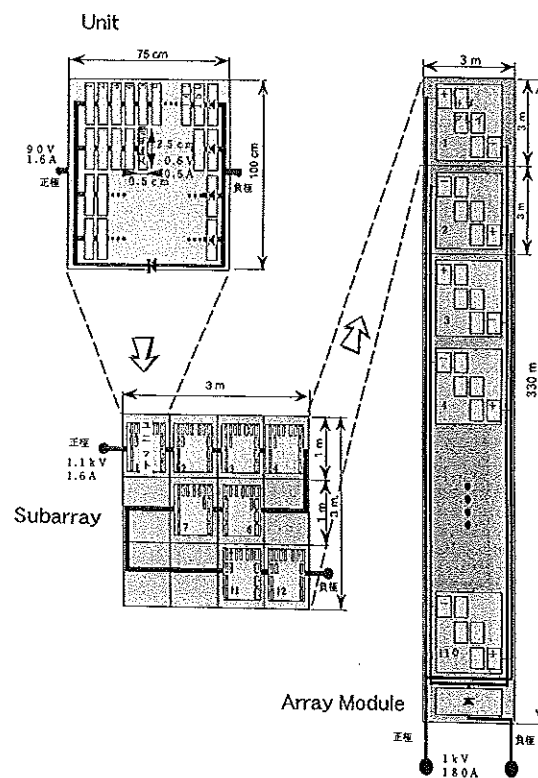


Fig. 2 Constitution of an array module.

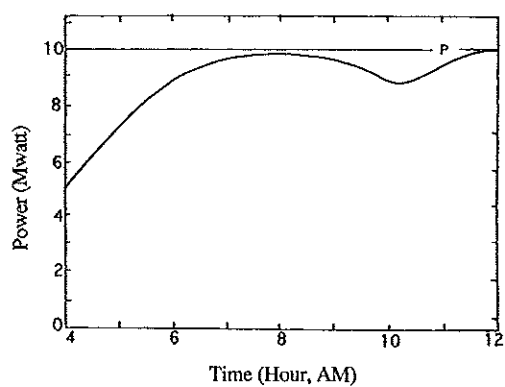


Fig. 3 Diurnal variation of generation power.