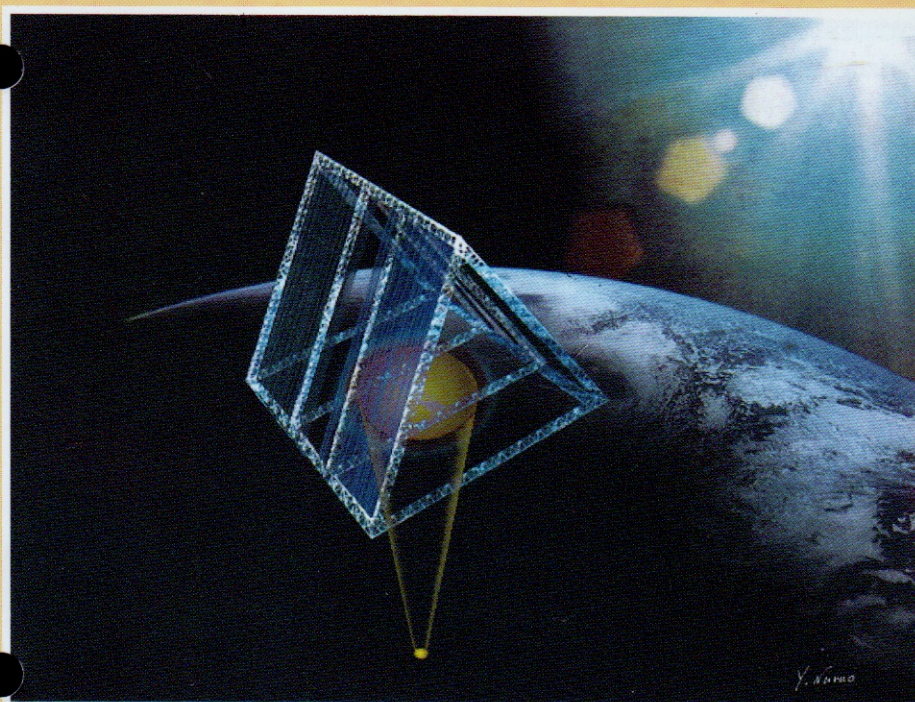


電カマンスリー

1993

1



太陽発電衛星SPS2000の運用想像図

新年を迎えて————— 2

太陽発電衛星の実現に向けて————— 3

原子力用ロボットの開発について————— 6

制御用電源内蔵GR付PASの実用化について————— 10

蛇尾川揚水発電所の開発計画と現況————— 12

平成4年度電気保安功労者関係2表彰式行わる————— 15

関東電気協会

太陽発電衛星の実現に向けて

宇宙科学研究所 佐々木進

1. 宇宙太陽発電衛星とは

宇宙太陽発電衛星は、宇宙で太陽発電を行ない、得られた電力を地上へ無線送電する人工衛星です。この電力を地上で受けて、既存の電力網を通じ需要者へ配電するシステムを、衛星電力供給システムと呼んでいます。この電力供給システムは、太陽エネルギーを直接利用すること、およびその発電設備を地球生態系外へ設置するという特徴から、人類社会が直面している地球環境問題、資源問題を根本的に解決する代替エネルギーシステムとして、大きな可能性を持っています。

太陽発電衛星の構想そのものは、既に20年以上前に米国のグレーザー博士によって発案され、1970年代には米国エネルギー省によって組織的な概念設計と広範な評価研究が行なわれました。この時NASAを中心として設計された太陽発電システムは、リファレンスシステムと呼ばれています。現在でも、ものの本に麗々しく描かれている。"太陽発電衛星"は、大抵この時期に検討された太陽発電衛星の想像図です。

しかしながら当時の検討では、21世紀に必要なとされる米国電力の全てをまかなうという、巨大な規模のシステム（発電総量300GWatt、総重量300万トン、静止衛星軌道）を前提としたため、実現性に飛躍がありすぎ、結局、具体的な計画としては受入れられませんでした。

その後太陽発電衛星の研究は、世界各国の個々の研究者レベルで細々と進められてきましたが、1980年代の後半になってからは、地球環境問題の高まりとともに、太陽発電衛星実現に向けての各界の動きが急速に高まり、研究者の意気も盛んになってきている状況です。

宇宙太陽発電衛星は、地上受電設備を伴う巨大な宇宙システムではありますが、核融合のような未踏の原理の検証を前提にしたシステムではなく、既存の科学技術の延長上にある点が、代替エネ

ギーシステムとしての大きな特長と言えます。

2. 太陽発電衛星の仕組みと技術

太陽発電衛星は、図に示すように、太陽発電部、送電部、衛星システム制御部、構体から構成され、地上側は受電部と配電部で構成されます。

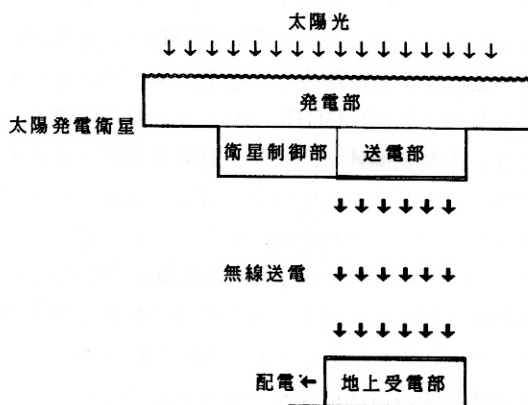


図 電力供給システムの基本的仕組み

衛星では太陽エネルギーを利用して発電し、電気エネルギーを電波に変換して地上の受電設備に無線送電する。受電所からは、既存の配電網を利用して、需要者に電力を供給する。

衛星の軌道は、地上の特定の受電施設に常時電力伝送できるという点では静止衛星軌道が望ましいのですが、静止衛星軌道は、現在でも通信、地球観測衛星で混み合っており、今後とも太陽発電衛星よりも、より付加価値の高い通信衛星等で利用すべきかも知れません。また、重厚長大のシステムとならざるを得ない電力システムは、資材輸送費の点からは、より低い軌道の方が望ましいとも言えます。

太陽発電部は、太陽電池を用いた光発電、または太陽輻射熱を利用する太陽熱発電が候補ですが、現段階では宇宙での使用実績も多く、しかも精密な太陽指向精度が不要な光発電方式がより現実的

と考えられます。太陽電池の効率は近年急速に改善され、単結晶シリコンの場合20%に達しています。太陽発電衛星では、コストも低く薄膜状にできるアモルファスシリコン太陽電池が望ましいのですが、効率は現状で10%程度です。15%の光電変換効率をもつ太陽電池の場合、1 MWatt当たり5000m²の受光面積が必要となります。但し、広大な宇宙空間では地上と異なり、占有面積そのものはほとんど問題とはなりません。

発電した電力は、マイクロ波に変換したり、光（レーザー）に変換したりして地上へ送電しますが、電力変換効率の点からマイクロ波送電が当面有力と考えられています。マイクロ波の中では、電子レンジに使われている2.45GHzの周波数が、雲や雨による減衰が少なく送電に適していると言われています。2.45GHzのマイクロ波を使用する場合、送電変換効率、及び受電変換効率はそれぞれ80%、大気中の伝送効率は97%と見積もられています。マイクロ波送電の場合、地上受電アンテナへマイクロ波の正確なビーム指向を行なうため、地上受電局からのパイロット信号を利用した送電アンテナのフェーズドアレイ制御を使うことができます。この方式は、パイロット信号が途絶えた時は、送電が止るフェールセーフ機能を持ちます。

よく冗談半分に言われる、マイクロ波ビーム内では飛んでる鳥が焼鳥になる、という話は全くの迷信で、アメリカの巨大ナリファレンスシステムの場合でさえ、地上付近でのエネルギー密度は5 MWatt/cm²平均に過ぎません（太陽光の強度は100 MWatt/m²）。

マイクロ波の地上アンテナはレクテナと呼ばれ、静止衛星軌道からの送電の場合直径10km規模のレクテナが必要です。宇宙太陽発電衛星が、地上太陽光発電に比べて優れている点の一つは、太陽光を遮らないレクテナを設計できるため、生態環境へのインパクトが少ないという点にあります。ワイヤーアンテナを利用した方式の場合、アンテナの太陽光透過率は80%程度期待できます。

太陽発電衛星を構築するためには、宇宙空間に大型構造物を建造する技術、及び大型構造物の制御技術が必要です。太陽発電衛星の建設には、できるだけロボットを利用して、有人作業は必要最

低限とすることが望ましいと思われます。ロボットは、構造トラスの展開、太陽電池の取り付け、配線及び建設後のメンテナンス作業を行います。一般に無重力の世界と考えられている宇宙空間ですが、大型構造物にとっては重力の影響が無視できません。構造体の姿勢制御は、できるだけ重力に逆らわない方式が基本です。

また、本格的な商業太陽発電衛星の建設には、低コスト打ち上げ手段の開発も前提となります。現在、比較的安い打ち上げ手段と考えられているアリアンVの場合でさえも、トン当たり10億円以上の輸送費がかかります。現在、構想されている再使用型単段式ロケットでは、輸送費が現在の1/10から1/100以下になると予測されており、商業的にも成立つ宇宙太陽発電衛星の建設には、このような低コストの打ち上げ手段が実用化される必要があります。

3. 太陽発電衛星研究の現状と展望

太陽発電衛星の構想は、現在、主として、日本、米国、ヨーロッパ、ロシアで検討が進められています。いずれも、米国リファレンスシステムの研究成果を引継ぎつつも、実現にいたらなかった点への反省に立って、より現実的な太陽発電衛星をめざしています。特に、我が国のこの分野の研究は活発で、最近では世界的にも注目をあびるものとなっています。

文部省宇宙科学研究所に設置されている太陽発電衛星ワーキンググループでは、そのひとつの活動として、太陽発電衛星“SPS2000”の設計研究を大学、国立研究機関、民間研究機関の研究者と共同で進めています。これまで太陽発電衛星と言えば、20年近くも前のアメリカのリファレンスシステムが唯一のイメージとなっていました。この研究では、現在及び近未来の技術をベースとして、社会的にもより現実的な、エネルギーシステムとしての太陽発電衛星を、新たに設計することを目指したものです。

SPS2000では、

- 1) 西暦2000年初頭の実現を目標とする
- 2) 地上への送電量は10MWatt規模とする
- 3) 低高度赤道軌道とし赤道付近の開発途上国へ

電力を供給する

- 4) エネルギー供給システムとして低コスト化をはかる
- 5) 制御、運用はできるだけ簡素なシステムを用いる

ことを基本方針として、概念設計を進めています。

(表紙にSPS2000の運用想像図を示します。)

現在、この研究には宇宙開発以外の分野の研究者も参加し、総勢45名の研究者がそれぞれの立場で、実寸大の構造の部分モデルを製作してロボットによる組み立てかたを研究したり、マイクロ波の送電アンブを試作して試験したり、新しく開発されたフレキシブル太陽電池の宇宙環境耐性を試験したり、赤道付近のレクテナの候補地を選定したり、と様々な研究を活発に行っています。

太陽発電衛星のキーテクノロジーであるマイクロ波電力伝送についても、京大、神戸大の研究者が中心になって、93年早々に観測ロケットを用いた1kWatt級のマイクロ波エネルギー伝送実験を実施することを予定しています。昨夏には、このための送電器を用いて、マイクロ波送電により模型飛行機を飛ばすことにも成功し、新聞紙上を賑わせました。また我が国で開発されている再利用型宇宙実験プラットフォーム(SFU)を利用した、太陽発電衛星の要素技術の宇宙実験についても検討が進められています。

一方、マイクロ波が生物生態に与える影響を調べるための地上実験も、宇宙科学研究所で開始さ

れようとしています。この実験では、16m²の自然の生態系に2.45GHz (10MWatt/cm²) のマイクロ波を3年程度連続で照射し、マイクロ波の生態系への影響を、長期的に観察することになっています。宇宙科学研究所での研究とは別に、通産省、郵政省の研究所においても、太陽発電衛星の調査研究が活発に行われています。これらの基礎的研究の積み重ねにより、近い内に、本格的な太陽発電衛星計画が具体化することでしょう。

太陽発電衛星は、地球規模の環境問題、資源問題の解決をめざしたものである以上、当然国際協力で実施すべきです。資源小国でありながら大量のエネルギー資源を消費している我が国こそ、代替エネルギーシステムとして大きな可能性を持つ太陽発電衛星の研究を、世界に先駆けて推進すべきだと、私たち日本の太陽発電衛星研究者は信じています。

【表紙SPS2000の説明】

衛星は断面330mの正三角形、長さ300mの構造を持ち、重力傾斜力により、下面が常時地上方向を向く。上部二面に太陽電池、下面に直径150mのマイクロ波送電アンテナを取り付ける。地上では直径2kmのレクテナでマイクロ波を受電する。衛星の総重量は120トンで、システムの最大供給電力は10MWattである。



謹賀新年

電力マンスリー編集委員会

- ☆平山 隆夫 東京電力㈱営業開発部 産業システム副部長
松本 敏彦 関東通商産業局公益事業部 公益事業課長
武田 俊人 関東通商産業局公益事業部 開発計画課長
金澤 進 関東通商産業局公益事業部 施設課長補佐
橋 秀男 関東通商産業局公益事業部 公益事業課総括係長
関澤 充 東京電力㈱営業開発部 営業開発課副長
阿久津 功 関東電気協会 参与・事務局長
西村 忠弘 関東電気協会 事業部長
石渡善一郎 関東電気協会 課長 (☆印は委員長)

電気使用合理化セミナーのご案内

「エネルギー有効活用技術の最新動向とその活用事例」

主催：関東地区電気使用合理化委員会・東京電力株式会社

後援：関東通商産業局（申請中）

日時：平成5年2月26日(金) 9時40分～16時30分

場所：東京都勤労福祉会館ホール（中央区新富1-13-14）

会費：1名8,000円（テキスト代・昼食代を含む）

内容：「最近のエネルギー情勢」「トータルエネルギーマネージメントシステム」「インテリジェントビルの電気設備(管理システム)」「電力応用分野の省エネルギー」「照明設備の省エネルギー」

特別講演「歴史に学ぶ」……作家 阿刀田 高氏

申込：2月16日(火)までに関東地区電気使用合理化委員会

(〒100 千代田区有楽町1-7-1 関東電気協会内

☎03-3213-1758)へお申込み下さい。