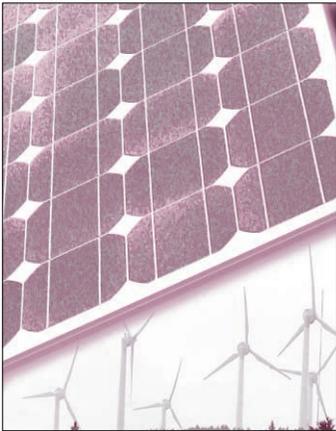


第7章 最適なセル数、直列数、並列数の見積もりがき

太陽光発電システム③…人工衛星

野崎 幸重 Yukishige Nozaki

一般に装置の外形や必要な電力は先に決まっていることが多く、しばしば電源設計者を泣かせます。太陽電池をベースとした電源を設計する際も同様です。ここでは人工衛星における太陽電池パネルの設計事例を紹介します。必要なパネル枚数の見積もり方や耐環境性の検討過程が見どころです。



人工衛星の太陽電池パネルは、多少費用がかかっても小さくて軽いことが求められます。ロケットで打ち上げられる質量には限りがあるため、太陽電池パネルのような電力機器は少しでも軽くして、数少ない打上げの機会に、より多くの通信装置などのミッション機器を軌道に乗せたいからです。

太陽電池パネルはミッション期間中に必要最小限の面積で要求される電力を確実に出力する設計が求められ、そのためには使用される環境の予測がポイントとなります。

宇宙空間は放射線や紫外線こそ厳しいですが、雲もなければ雨も降りませんので、その予測モデルは比較的シンプルで確立したものだと思えます。

ここで紹介する人工衛星用太陽電池パネルの設計手法は、一般的な太陽電池パネルの設計を理解する上でも大いに役立つと思えます。

環境による変動要素を検討する

● ミッション末期に必要な出力以上を確保する

変換効率28%の3接合太陽電池セル(詳細は後述)を想定します。太陽電池セルの外形は4cm×6cmとします。このとき想定される太陽電池セルの諸性能は、おおよそ表1に示すとおりです。

太陽電池パネルは、衛星のミッション期間中に要求

表1 宇宙用太陽電池セルの諸特性(典型値)

サイズ4cm×6cm, AM0スペクトル, 1367W/m²の光が垂直入射, 25℃時

太陽電池セル	シリコン・セル	3接合セル
短絡電流 (I_{sc})	1.15 A	0.41 A
開放電圧 (V_{oc})	0.63 V	2.69 V
最大電力 (P_{max})	0.55 W	0.91 W
最大電力電流 (I_{MP})	1.05 A	0.39 A
最大電力電圧 (V_{MP})	0.52 V	2.33 V
変換効率	16 ~ 17 %	27 ~ 29 %

高い変換効率

される電力を発生させる装置なので、太陽電池セルにとって最悪ケースとなるミッション末期での出力特性を求めることが最初の仕事です。

● 出力電力の低下要因1…放射線被ばくで劣化

一番の劣化要素は放射線被ばくによるものです。計画されている軌道での放射線環境と太陽電池セルのシールド密度から、太陽電池セルの被ばく量を計算します。この計算は大変複雑なので割愛しますが、代表的な解析手法としてはNASA(アメリカ航空宇宙局)のJPL(ジェット推進研究所)で開発されたJPL法と呼ばれるものがあります。詳しくはNASA/JPLのSolar Cell Radiation Handbookをご参照ください。

さて、静止衛星用の典型的な太陽電池パネルでは、軌道上10年間の被ばく量は1MeVのエネルギーの電子線に換算しておよそ 1×10^{15} 個/cm²程度です。宇宙用の太陽電池セルは、電子線やプロトン(陽子)があたることによって、どれだけ出力が保存されるかというデータをあらかじめ地上の関連施設で取得しています。

図1に1MeVのエネルギーの電子線の照射による太陽電池セルの最大電力(P_{max})の変化を示します。

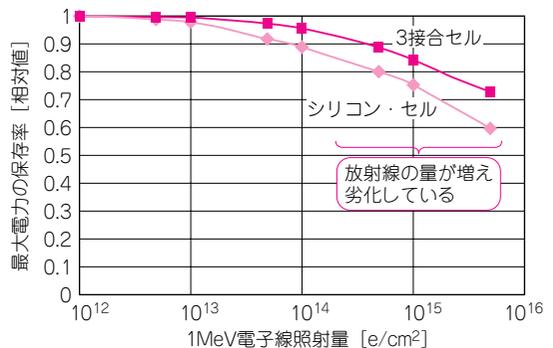


図1 宇宙用太陽電池セルの最大電力の放射線劣化特性

3接合セルの場合、10年間でセル出力は85%以下に