



内 容	
◆	宇宙用太陽電池
◆	日本における開発の歴史
◆	太陽電池の放射線劣化
◆	高効率化合物3接合太陽電池
◆	民生用太陽電池の宇宙応用
◆	まとめ

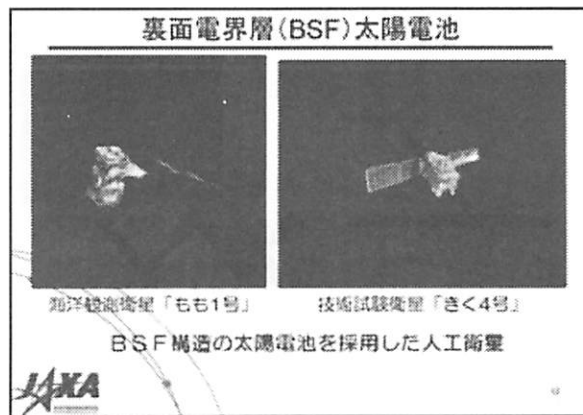
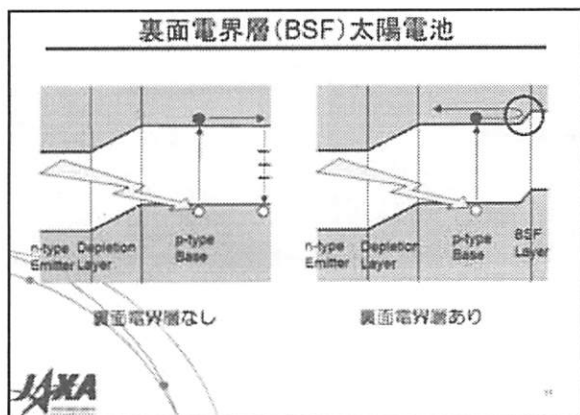
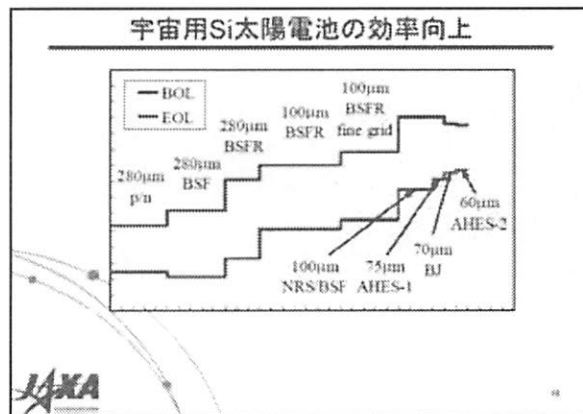
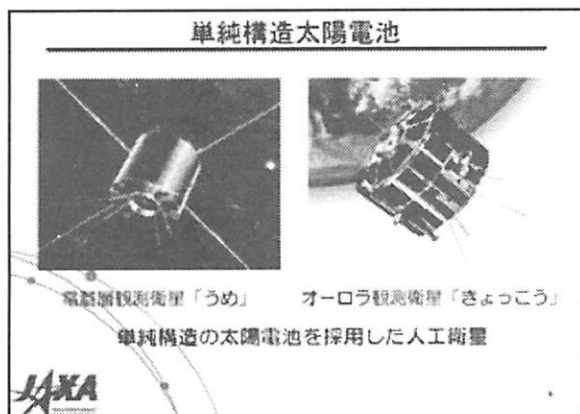
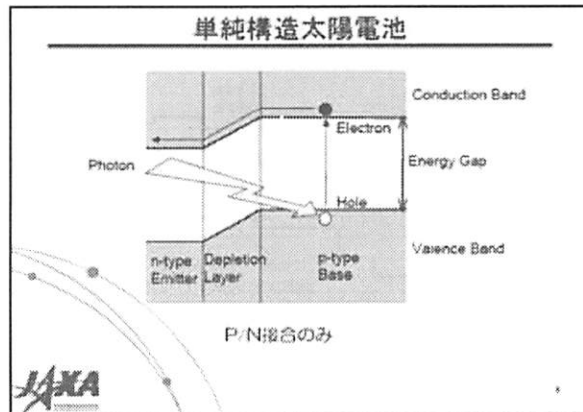
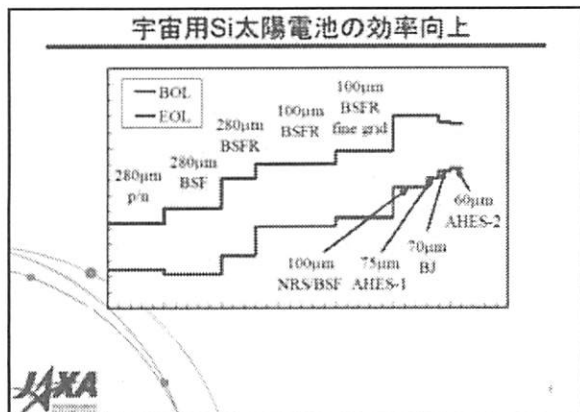
内 容	
◆	宇宙用太陽電池
◆	日本における開発の歴史
◆	太陽電池の放射線劣化
◆	高効率化合物3接合太陽電池
◆	民生用太陽電池の宇宙応用
◆	まとめ

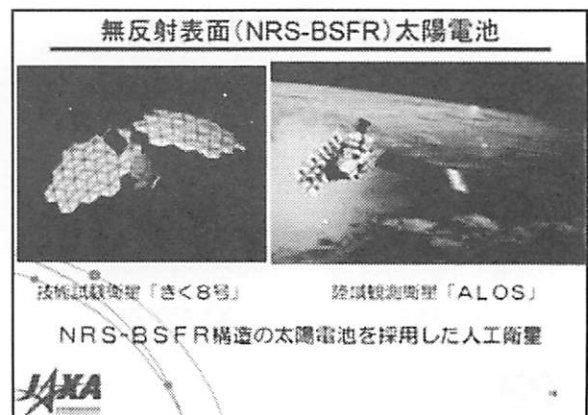
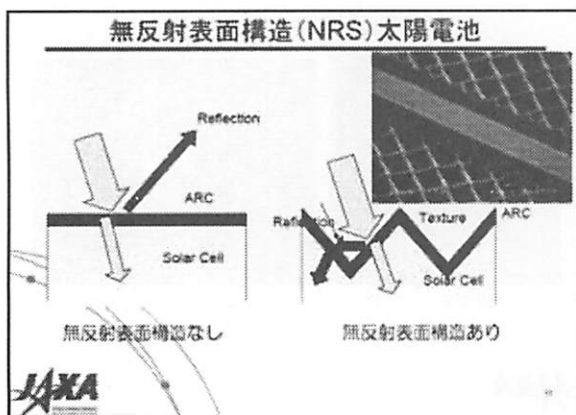
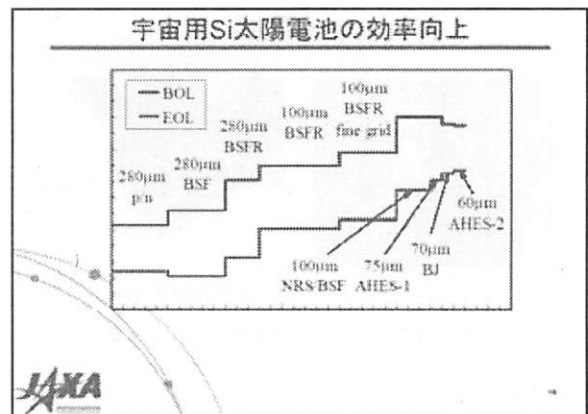
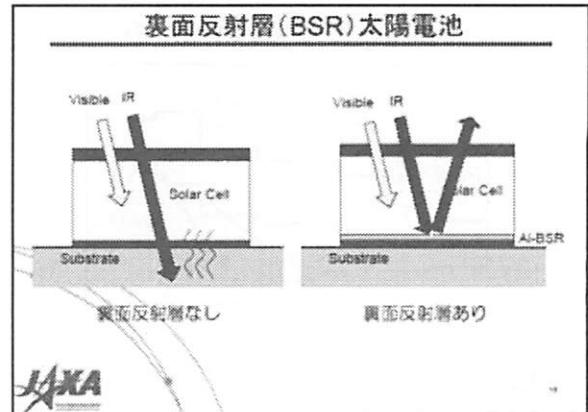
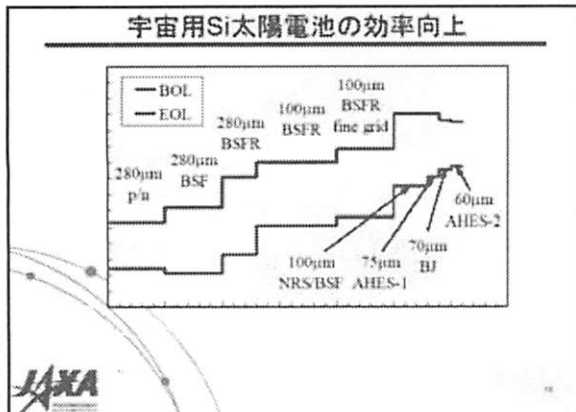


- | 宇宙用太陽電池に対する要求 |                                      |
|---------------|--------------------------------------|
| 1.            | 高効率であること<br>但し、放射線劣化後の変換効率で！         |
| 2.            | 十分な耐放射線性を有すること                       |
| 3.            | 軽量であること                              |
| 4.            | 高温、低温および熱サイクル（+140℃～<br>-180℃）に耐えること |
| 5.            | 機械的強度が高いこと                           |
| 6.            | 安価であること                              |

内 容	
◆	宇宙用太陽電池
◆	日本における開発の歴史
◆	太陽電池の放射線劣化
◆	高効率化合物3接合太陽電池
◆	民生用太陽電池の宇宙応用
◆	まとめ

注<sup>1</sup> 第7回 SPS シンポジウム、九州工業大学にて2004年9月16、17日開催



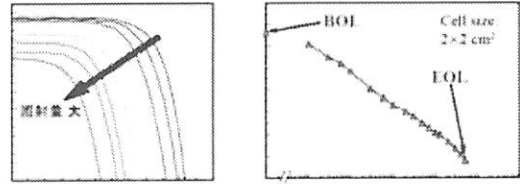


## 内 容

- ◆ 宇宙用太陽電池
- ◆ 日本における開発の歴史
- ◆ 太陽電池の放射線劣化
- ◆ 高効率化合物3接合太陽電池
- ◆ 民生用太陽電池の宇宙応用
- ◆ まとめ



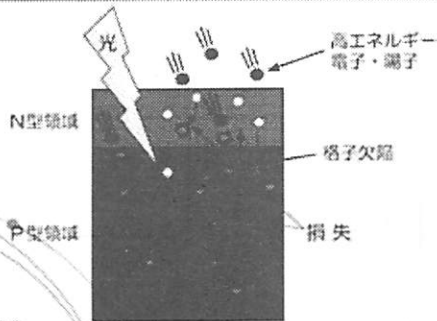
## 宇宙用太陽電池の放射線劣化



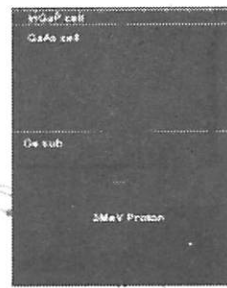
宇宙用高効率Siセルの放射線劣化例



## 放射線劣化のメカニズム



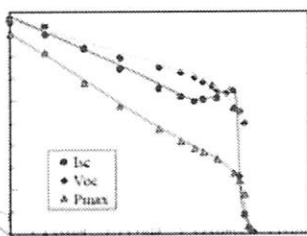
## 放射線による損傷



放射粒子（電子・陽子）の入射  
↓  
結晶構成原子と弾性／非弾性衝突  
↓  
空孔-格子間原子対（フレンケル対）の形成  
↓  
???（欠陥反応）  
↓  
少数キャリア再結合中心、多数キャリア捕獲中心として振舞う欠陥の生成



## 放射線損傷による出力劣化



低フルエンス領域  
漸減  
↓  
遷移領域  
電流の異常増大  
↓  
高フルエンス領域  
急激劣化  
機能停止



## 放射線劣化現象の解析

少数キャリア再結合中心の発生 → 少数キャリア拡散長の低下

$$\Delta\left(\frac{1}{L^2}\right) = \frac{1}{L_s^2} - \frac{1}{L_0^2} = \sum_i \frac{I_0 \sigma_i N \phi}{D} = K_L \phi$$

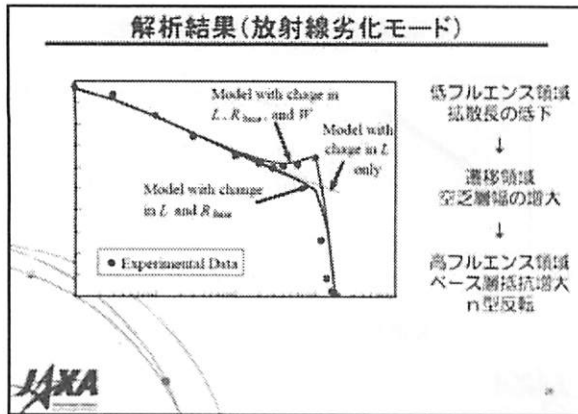
多数キャリア捕獲中心の発生 → 多数キャリア濃度の低下

$$\Delta p = p_0 - p_s = \sum_i I_0 f_i(E_i) \phi = R_C \phi$$

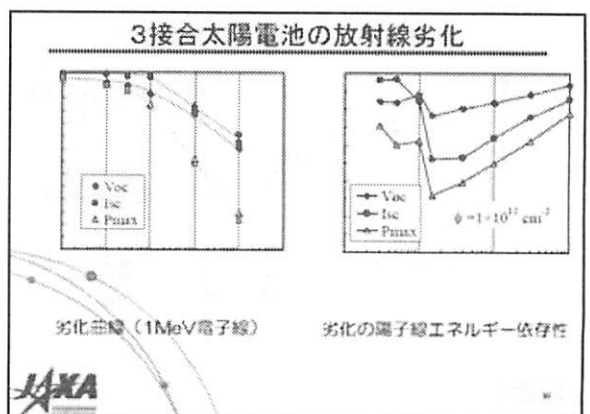
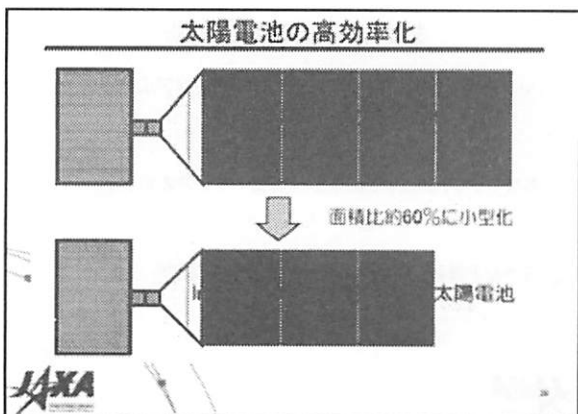
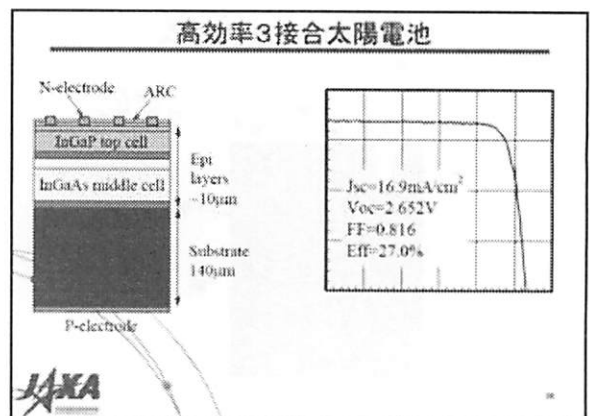
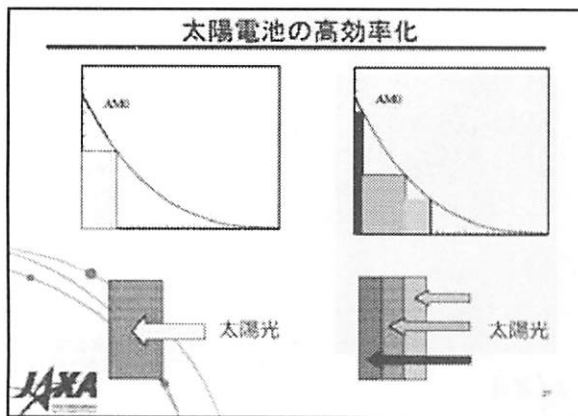
キャリア濃度の低下 → 抵抗率、空乏層幅の増加

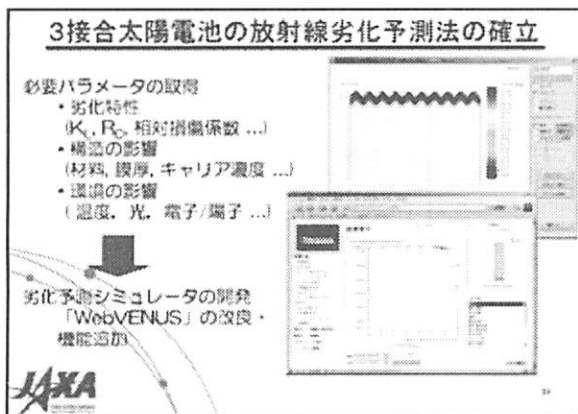
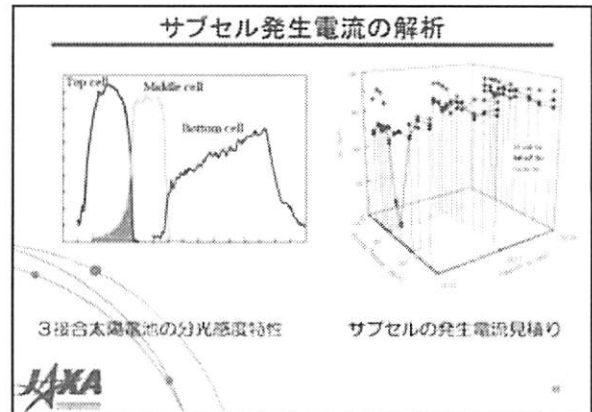
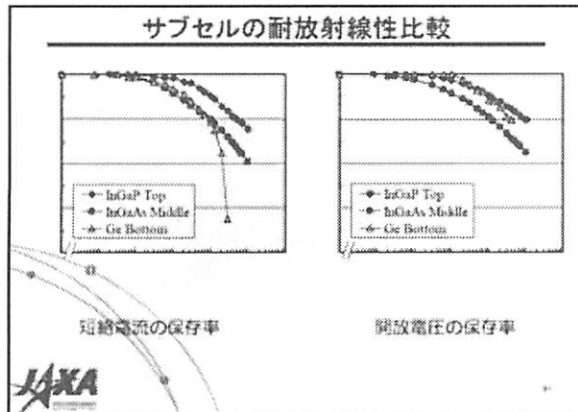
$$\rho = \frac{1}{q\mu_p p} \quad W = \sqrt{\frac{2\epsilon\epsilon_0 V_{bc}}{q\rho}}$$



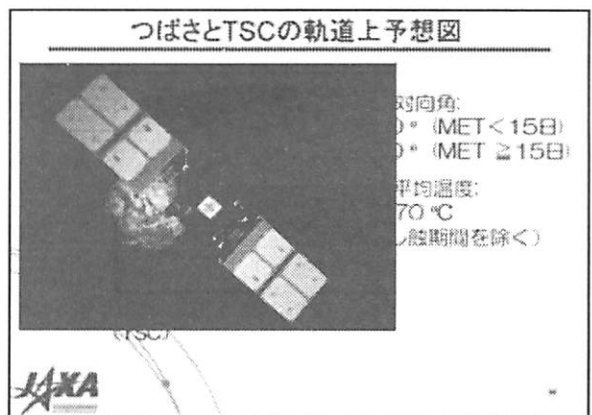
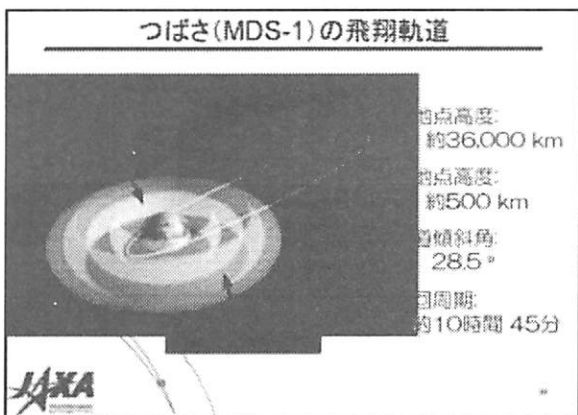


- ### 内 容
- ◆ 宇宙用太陽電池
  - ◆ 日本における開発の歴史
  - ◆ 太陽電池の放射線劣化
  - ◆ 高効率化合物3接合太陽電池
  - ◆ 民生用太陽電池の宇宙応用
  - ◆ まとめ
- JAXA





- ### 内 容
- ◆ 宇宙用太陽電池
  - ◆ 日本における開発の歴史
  - ◆ 太陽電池の放射線劣化
  - ◆ 高効率化合物3接合太陽電池
  - ◆ 民生用太陽電池の宇宙応用
  - ◆ まとめ
- JAXA




### TSCの実証目的

---

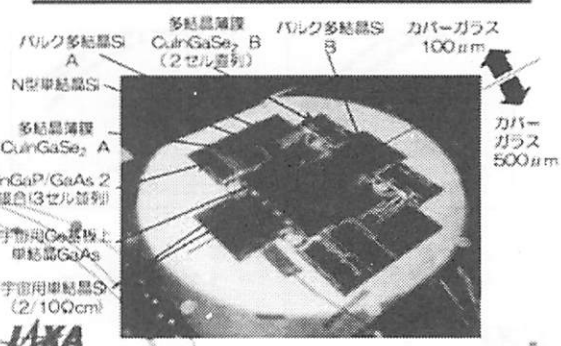

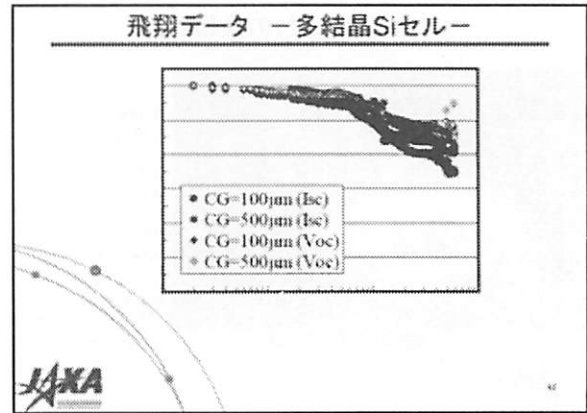
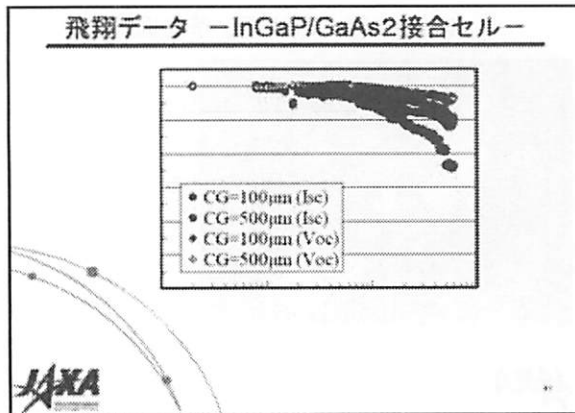
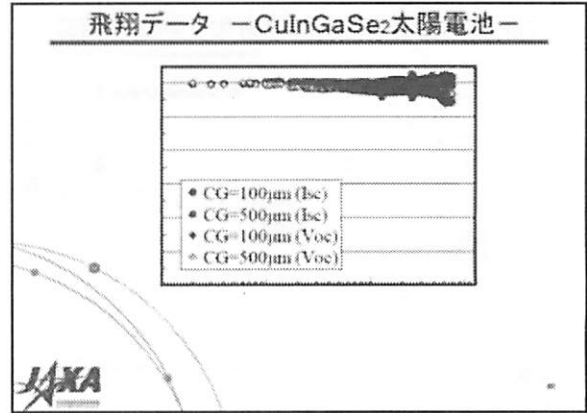
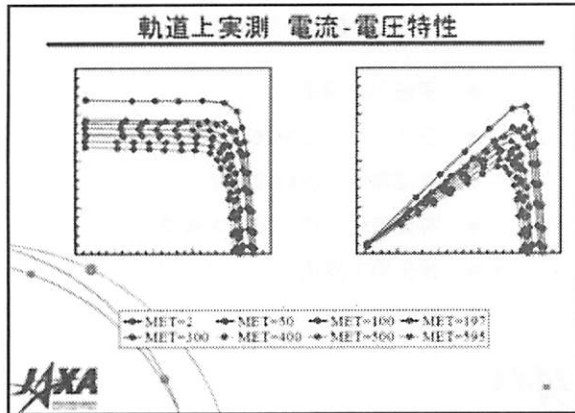
民生（地上）用太陽電池と宇宙用太陽電池の比較

	長 所	短 所
宇宙用	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一般的に高効率</li> <li>● 耐放射線性を考慮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 比較的高価</li> <li>● 材料は単結晶のみ</li> </ul>
民生用	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 比較的安価</li> <li>● 豊富な材料の種類 (単/多結晶、 バルク/薄膜)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一般的に低効率</li> <li>● 耐放射線性は不明 (設計では当然考慮外)</li> </ul>

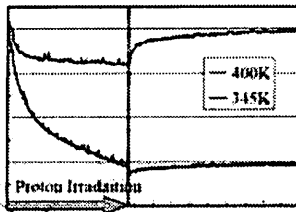
民生用太陽電池の宇宙応用の可能性・適用性は？



### TSCの構成

### CIGSセルへの放射線照射実験



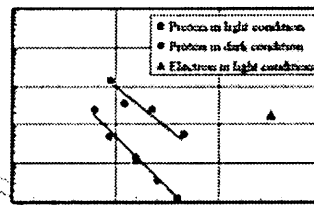
光を照射 (1scをミニタ)しながら陽子線を照射

- 温度により劣化率が異なる
- 陽子線照射後直ちに回復する

↓  
劣化と回復が同時に起こっている



### CIGSセルの放射線損傷回復特性



温度を変化させて回復速度を観測

光照射ト/落状態での回復速度が異なる

↓  
回復に光促進効果がある

電子/陽子での回復速度が大きく異なる

↓  
欠陥の種類が異なる可能性あり



### まとめ

1. 太陽電池は現状宇宙で唯一の発電装置である。地上と異なり放射線による劣化を考慮しなければならない。
2. Si太陽電池セルは、性能向上の限界に近づいている。高性能化のため、化合物3接合太陽電池セルが開発され、また実用化が始まっている。
3. 低コスト化・軽量化などのため、民生用太陽電池セルの宇宙応用の可能性を検討している。CIGS太陽電池はその有力な候補である。

