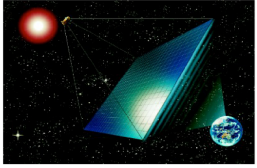


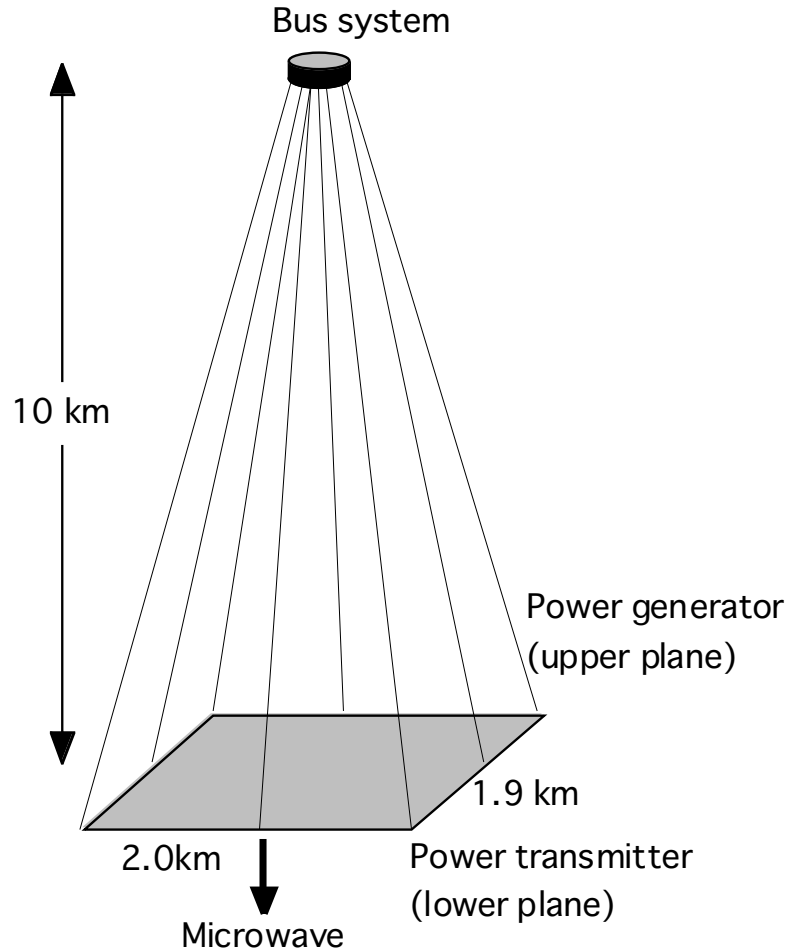
テザーSPS用発電電一体型パネルの検討

- ・テザーSPSの紹介
- ・発電電一体型パネルの概念
- ・発電電一体型パネルの構造的検討
- ・発電電一体型パネルの電氣的検討
- ・発電電一体型パネルの熱的検討
- ・発電電一体型パネルの耐環境性検討
- ・今後の検討課題

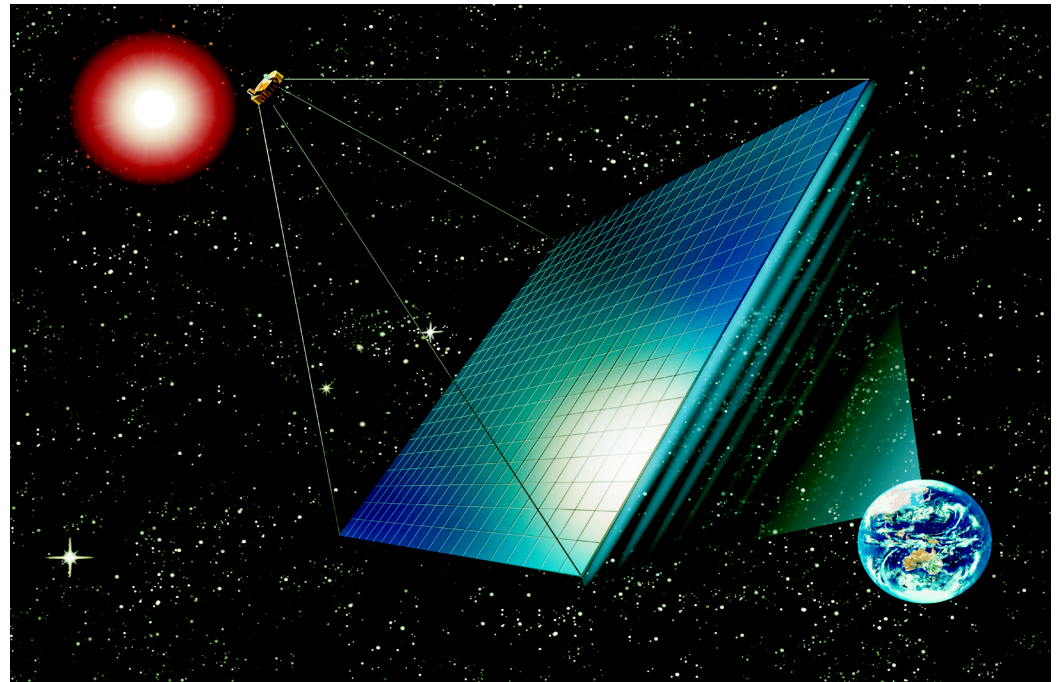
SPSシンポジウム
2004年9月

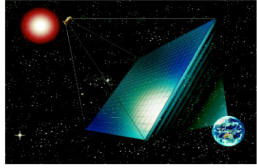


テザーSPSの概念

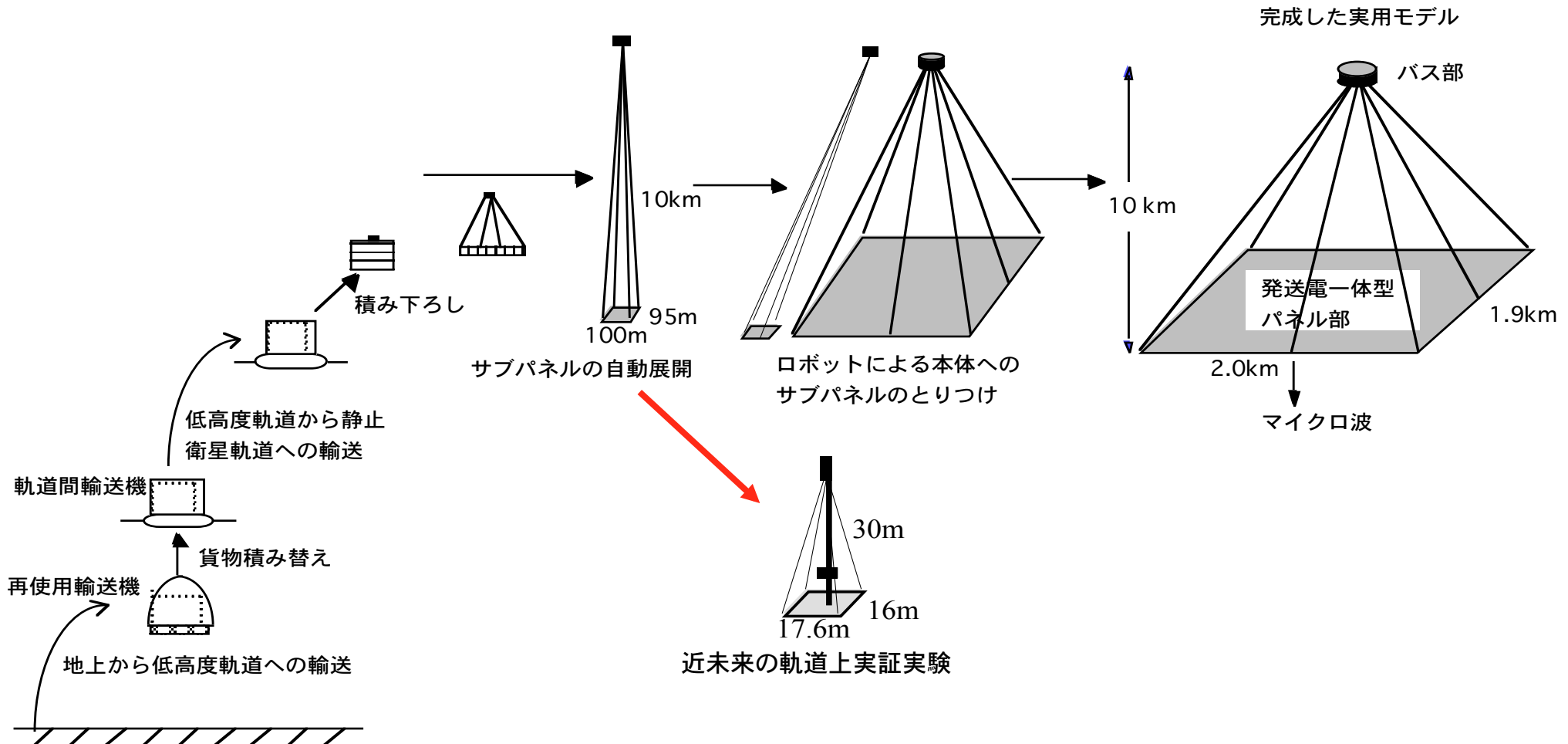


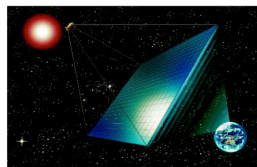
Total weight:: 20,000 MT
Output power: 1.2 GW maximum
0.75 GW on average



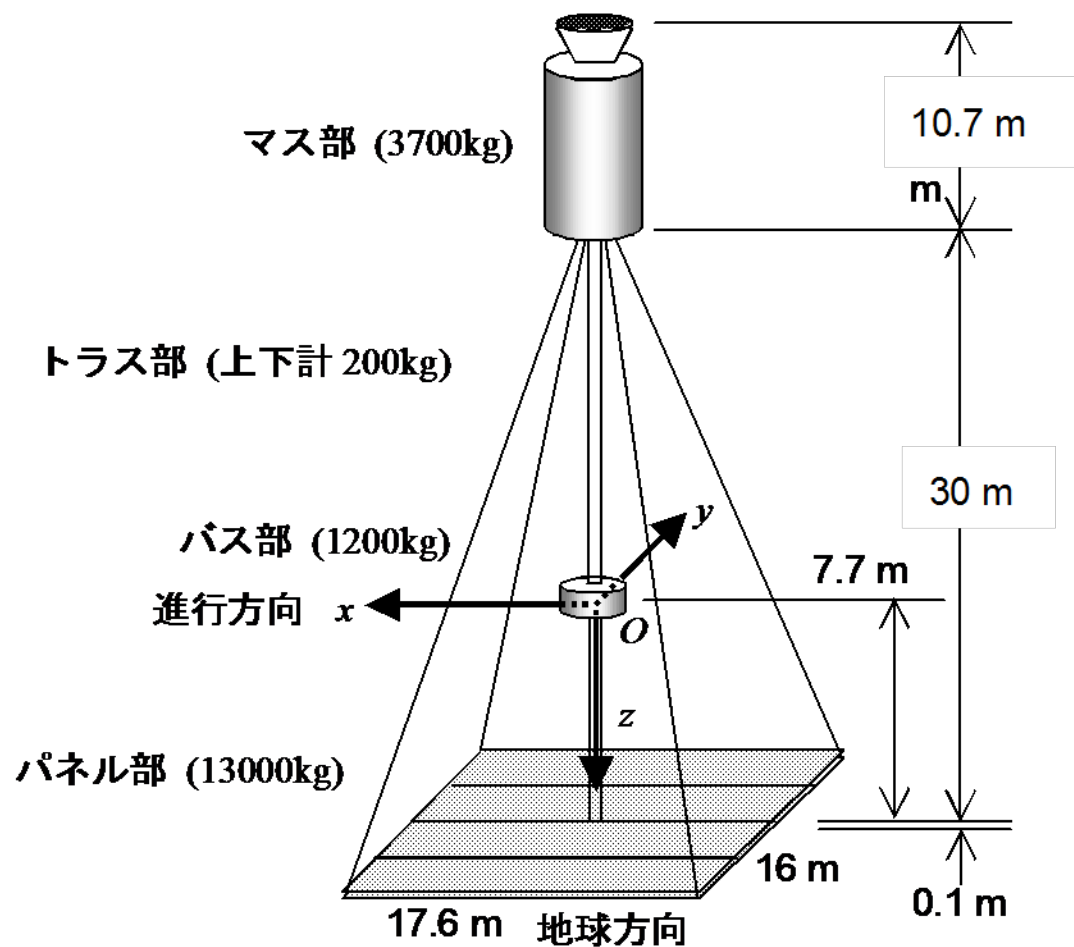


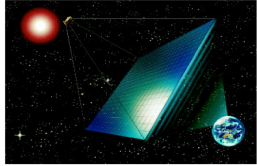
テザーSPSの建設シナリオ





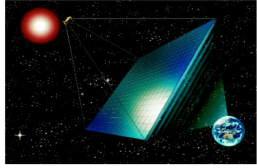
軌道上デモンストレーション実験





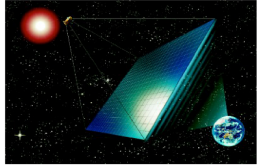
軌道上デモンストレーション実験の概要

外形寸法	40.8m x 17.6m x 16.0m
総重量	18,100 kg
発生電力	36 kW max
送信電力	420 kW~140 kW
ビーム制御方式	レトロディレクティブ方式
マイクロ波周波数	5.8 GHz
実験運用	最大電力放射16秒 10% 電力放射4分
システム構成	パネル、トラス、テザー、エンドマス
パネル構成	折り畳みパネル総数88枚 電力モジュール400ヶ 送電アンテナ250,000素子
姿勢制御	重力勾配力による受動制御
実験高度	370 km
レクテナ	パラボラ集電
レクテナ出力	30 kW~10 kW (径500 m)



テザーSPSの技術課題と現状の検討レベル

	概念検討	解析	検証実験
パネル展開・制御			
二次元パネル展開			
姿勢・形状制御			
発電電一体型モジュール			
高効率マイクロ波回路			
ビーム制御			
熱制御			
受電			
低電力用レクテナ			



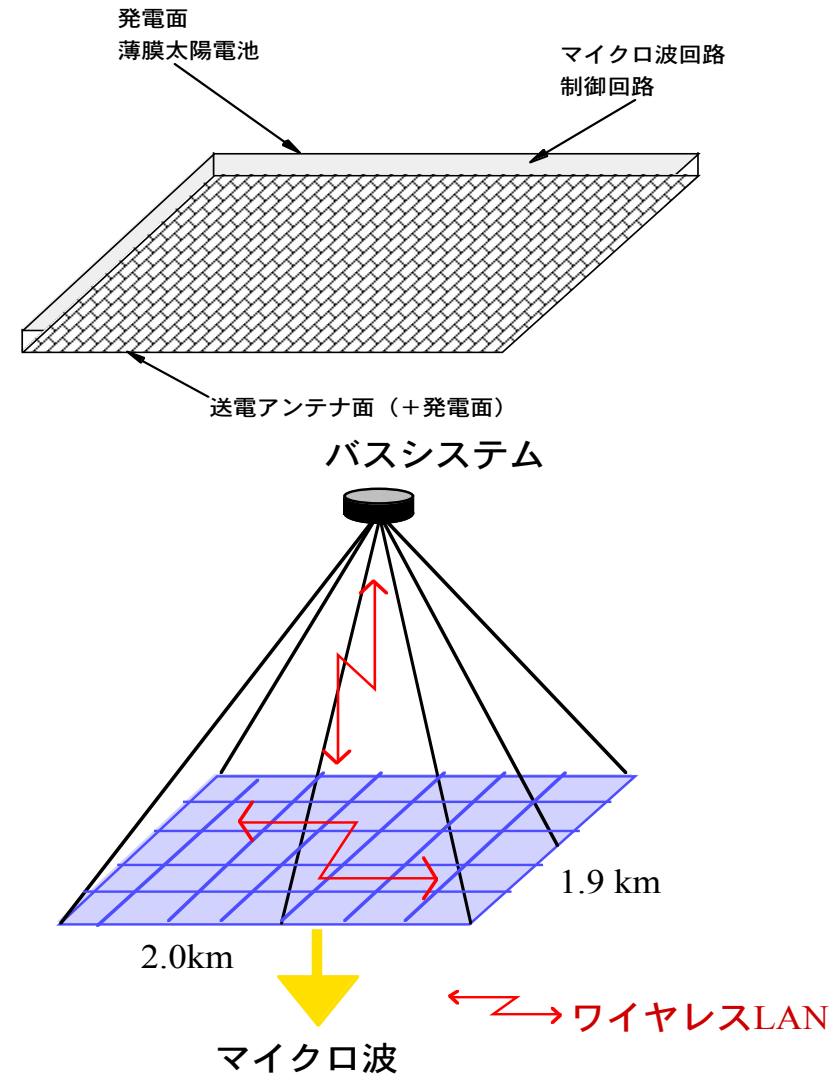
発電電一体型電力モジュールの概念

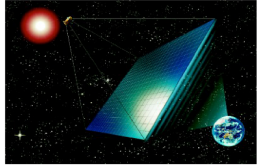
電氣的にも構造的にも完全に等価なモジュール

- ・上面の太陽電池で発生した電力はモジュール内でマイクロ波に変換され、下面のアンテナから放射
- ・全てのモジュールはワイヤレスLANで制御

⇒モジュール間には電力・信号ケーブル無し

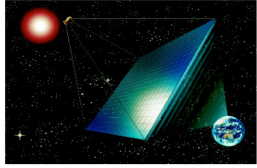
- ・モジュール単位で取り付け取り外し可能
- ・電力システムとして堅牢
- ・製作、試験、組み込み、メンテナンスが容易



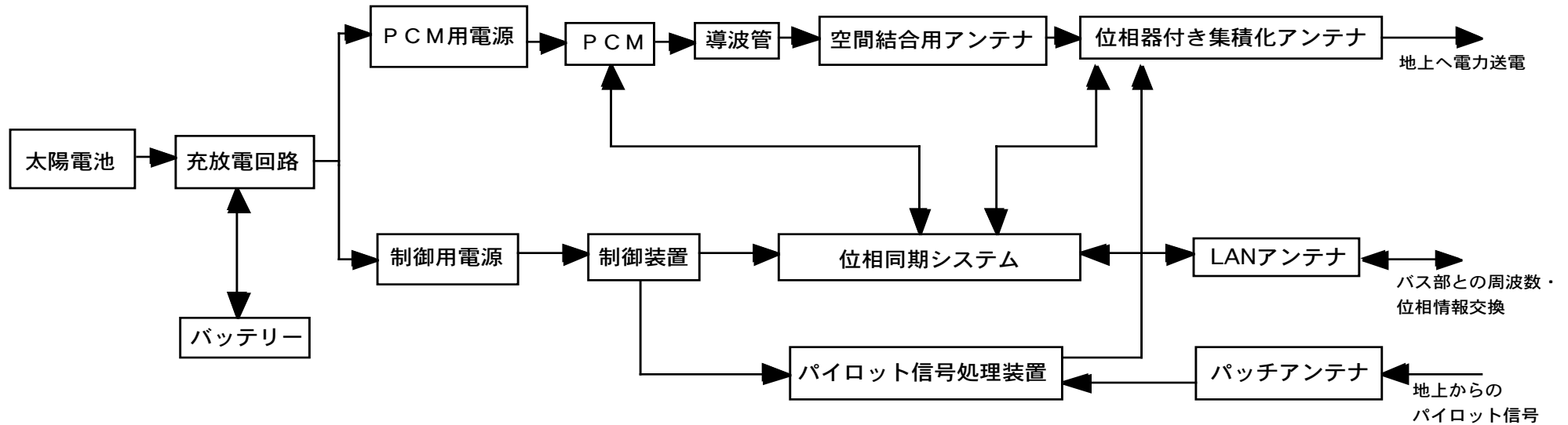


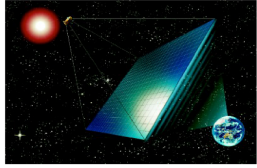
発電電一体型パネルの特性

寸法	0.8m×0.8m×0.1m
重量	28.7kg
面密度	44.8kg/m ²
構造強度	マージン4.8(1m×4mユニットパネルの場合の打ち上げ時安全率)
基本振動数	510Hz(16m×16mパネルでは1.3Hz)
熱変形	0.3°(パネル中央部と端部の角度差、パネル間温度差18°C)
構成	太陽電池、送電素子、信号受信素子、二次電池、充電制御器、制御装置
発電電力	90W(南中時)
送電出力	700W
二次電池	100WH
送電素子数	625素子
素子送電電力	1.12W
受電素子数	4又は5素子



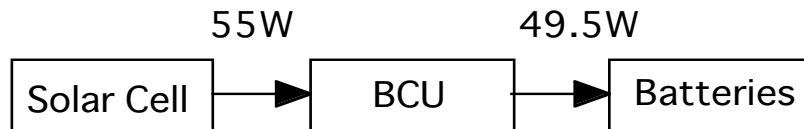
発電電一体型パネルの電気ブロック図



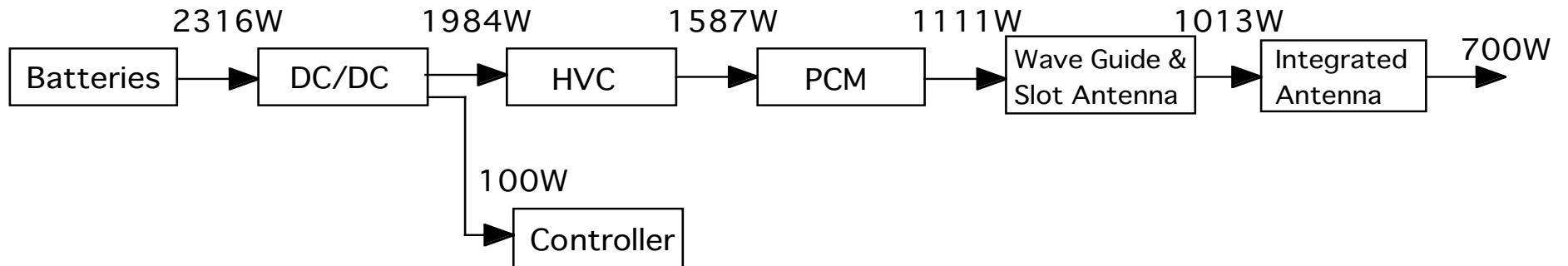


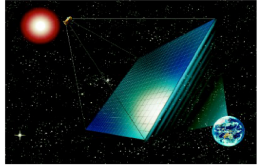
発送電一体型モジュールの電力ダイアグラム

充電フェーズ

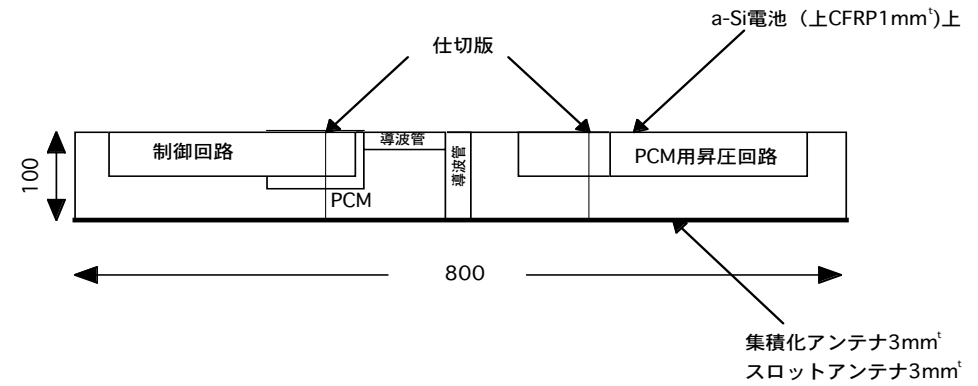
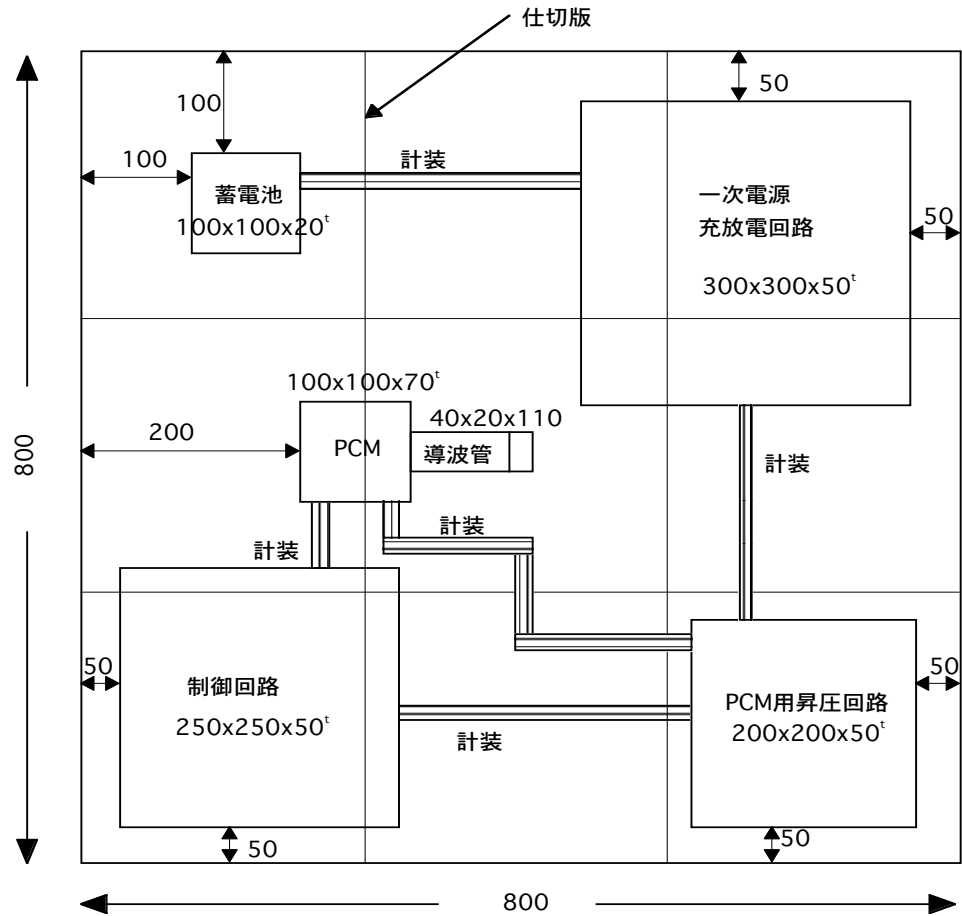


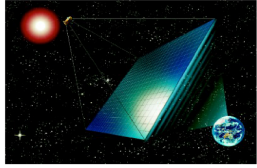
実験フェーズ



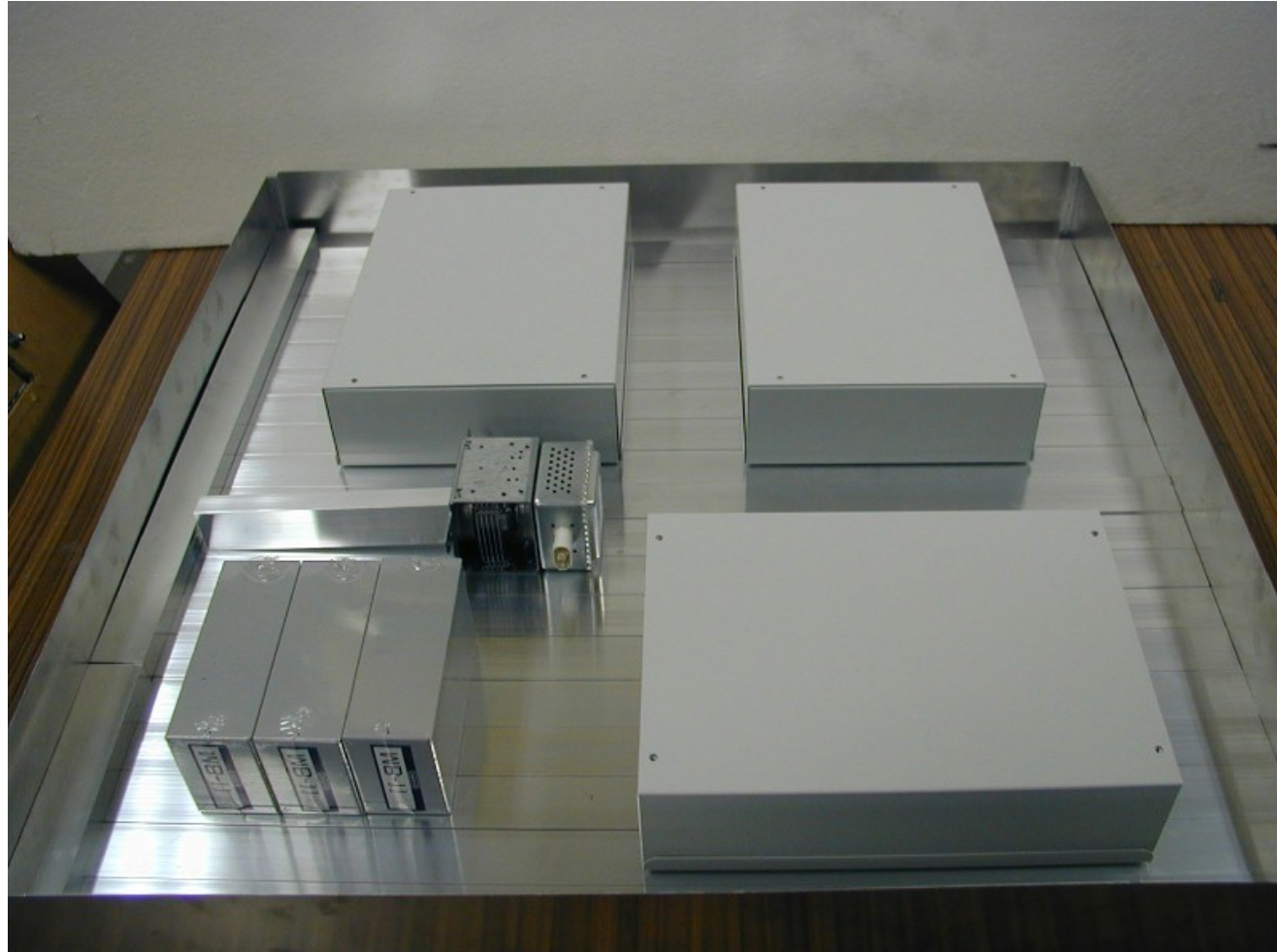


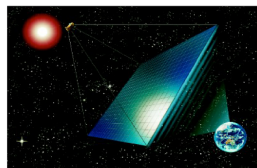
発送電一体型パネルの構成



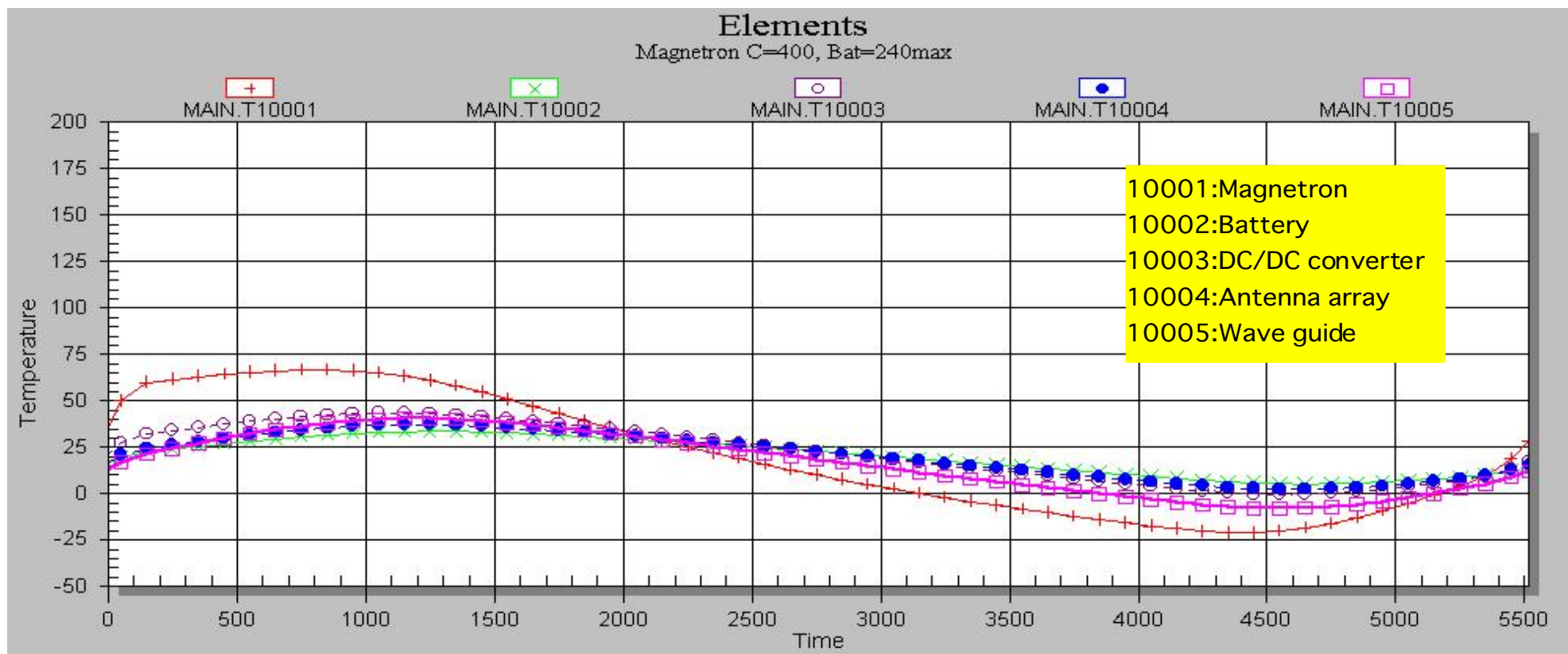


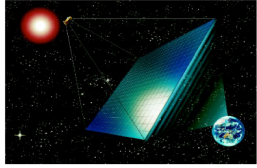
発送電一体型パネルの構造モデル





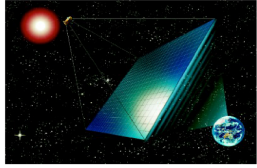
発送電一体型パネルの熱解析結果



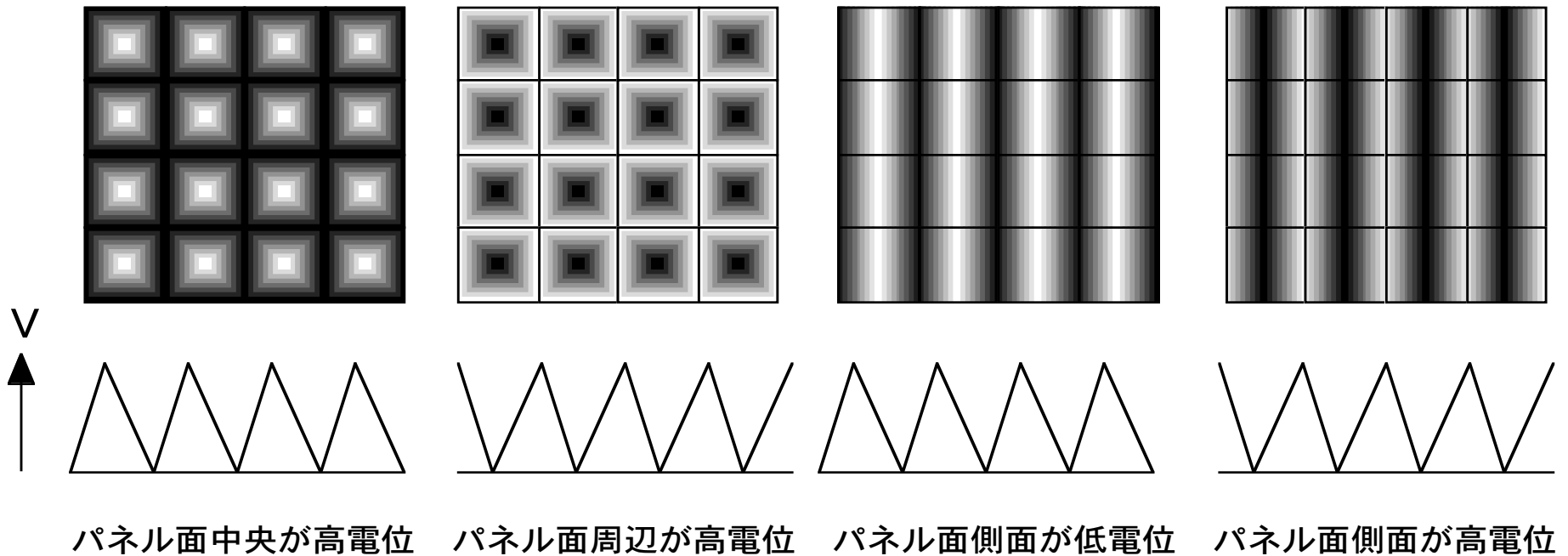


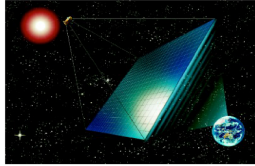
発電電一体型パネルの耐環境性の検討

- ・太陽電池及び半導体部品の耐放射線性
照射試験して耐放射線性の高いもの選定
- ・高電圧の放電、電流リークの防止(主としてLEO)
使用高電圧の上限(マグネトロン方式の場合数kV)
プラズマ干渉を最小限とするようなセル配置
- ・耐デブリ対策
破壊が伝搬しないような構造様式
イジェクタによる二次破壊の評価

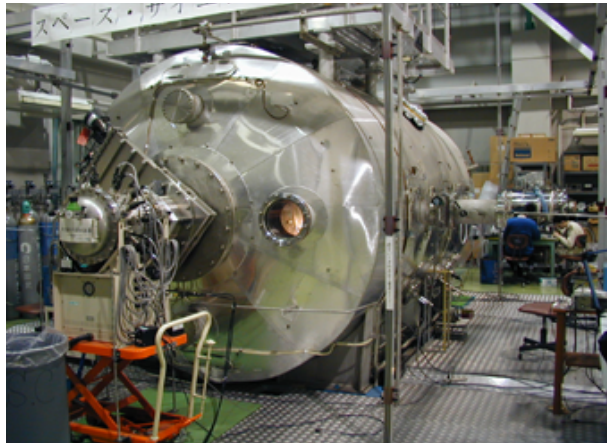


放電及び電流リークを抑圧するような 発電面の電位分布の選択

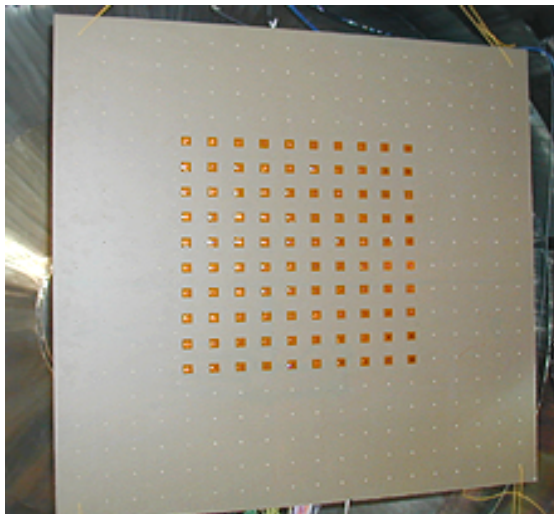




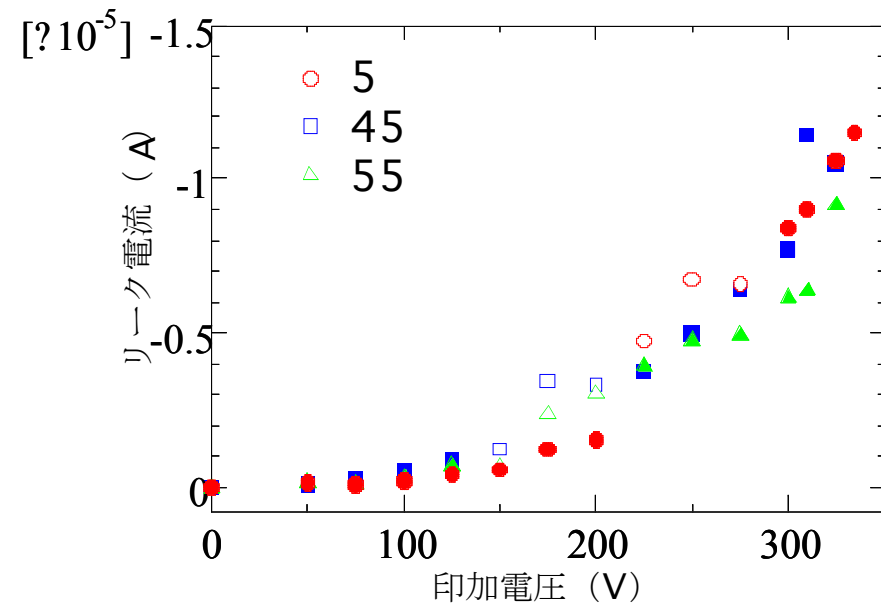
発電面の電位分布の選択のための実験



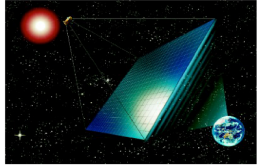
スペースチェンバー(宇宙空間プラズマ発生装置)



太陽電池パネルシミュレーター



太陽電池のインターコネクタ部を模擬した電極の電圧・電流依存性の代表的な例(図中、5,45,55は電極の番号)。150~200V付近、250~300V付近にステップ状の特性が見られる。この特性は単電極では見られないもので、多数の電極のシースの干渉によるものと考えられる。



モジュールの耐デブリ設計の考え方

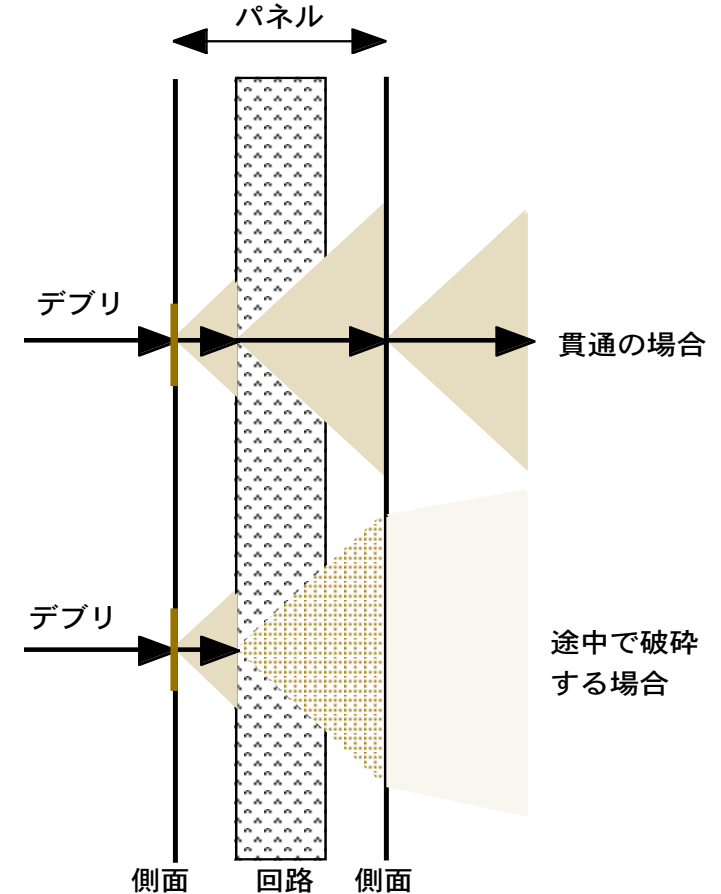
大面積の発電電一体型パネルへの**デブリ**

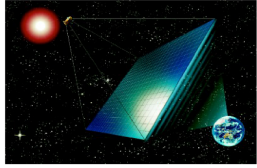
衝突は不可避

衝突による破壊の影響が最小限になるような**構造様式**及び**システム構成**を選択する必要がある

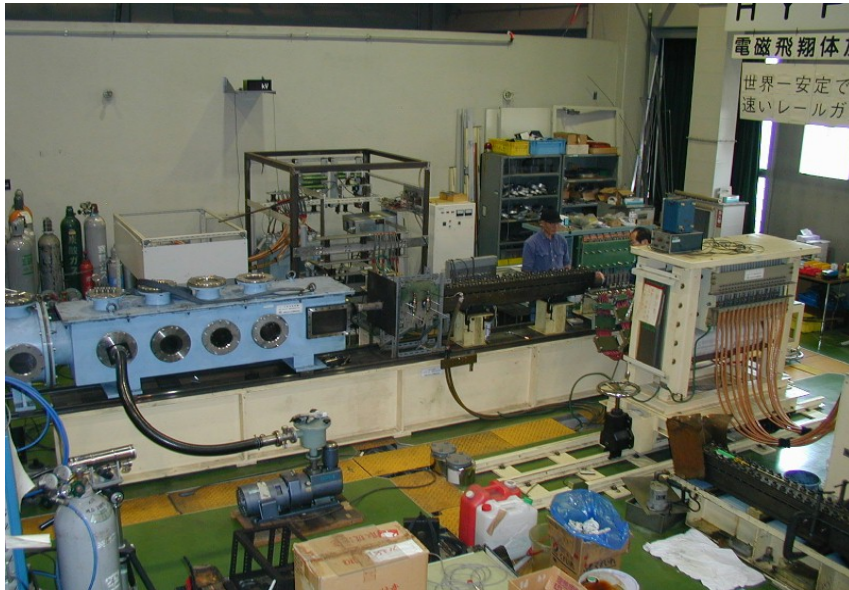
そのために必要な研究

- ・薄膜構造物の**衝撃破壊の規模**の解明(バルク構造物への衝突は良く研究されているが薄膜には適用不可)
- ・薄膜構造物からの**衝突放出物の成分、拡がり、エネルギー**
- ・破壊が伝搬しないような**格子パターン**などの**構造様式**

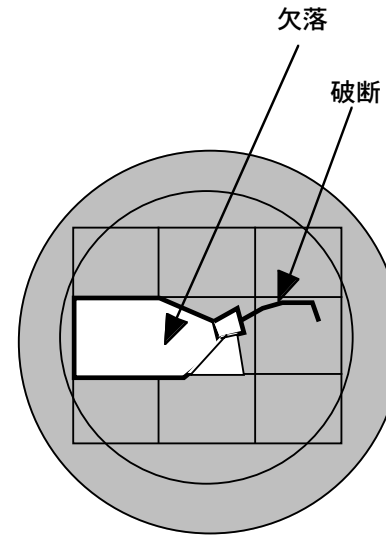




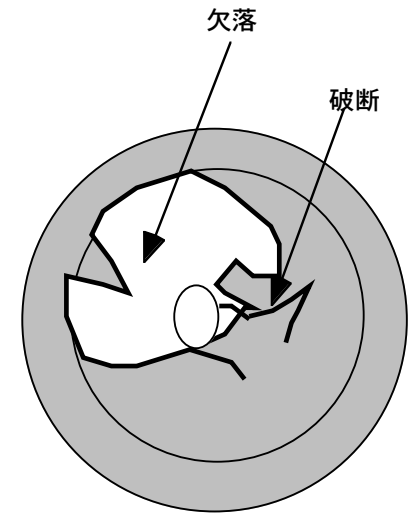
耐デブリ設計のためのデブリ衝撃実験



レールガン(1gの物体を秒速
5km以上に加速可能)

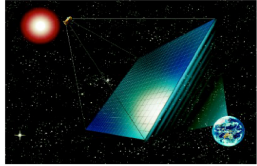


格子状切り込み有り



切り込み無し

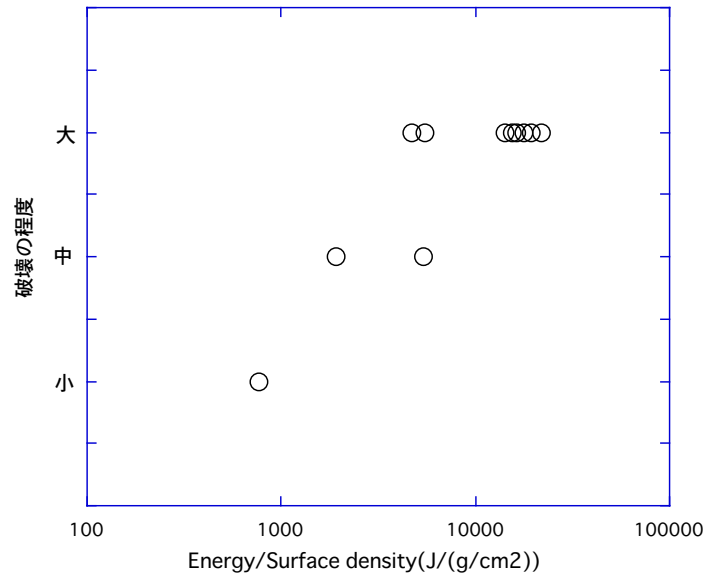
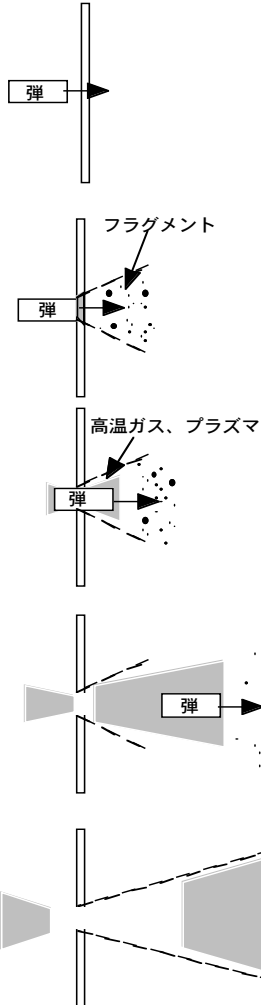
格子状に切り込みをいれた場合の薄膜の破壊状況。
切り込みがある場合は切り込みに沿った破壊が見
られた。



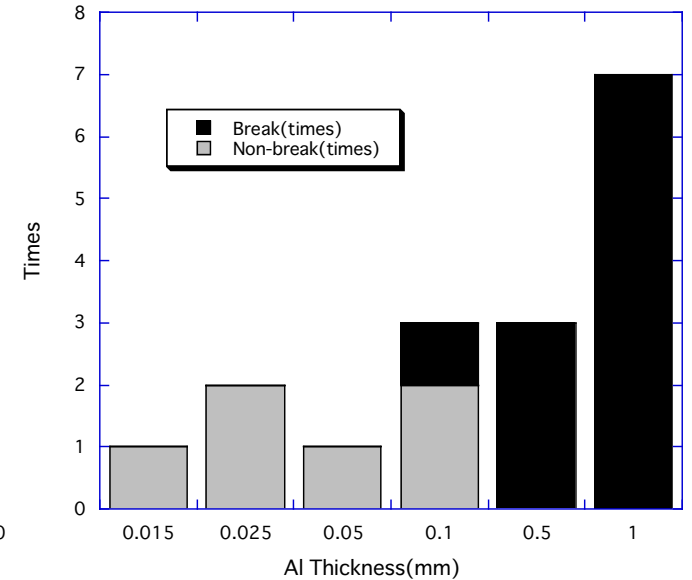
イジェクターによる二次破壊

前方ターゲット

後方ターゲット

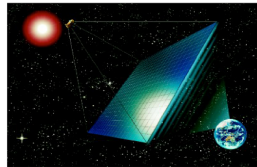


イジェクタの破壊力の相対評価



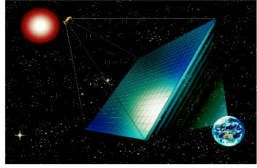
弾の破碎とアルミターゲットの厚さの関係

- ・イジェクターの拡がり角は70°
- ・イジェクターによる破壊は(イジェクタの運動エネルギー) / (ターゲットの面密度) に依存
- ・弾の破壊はターゲットの厚さに依存



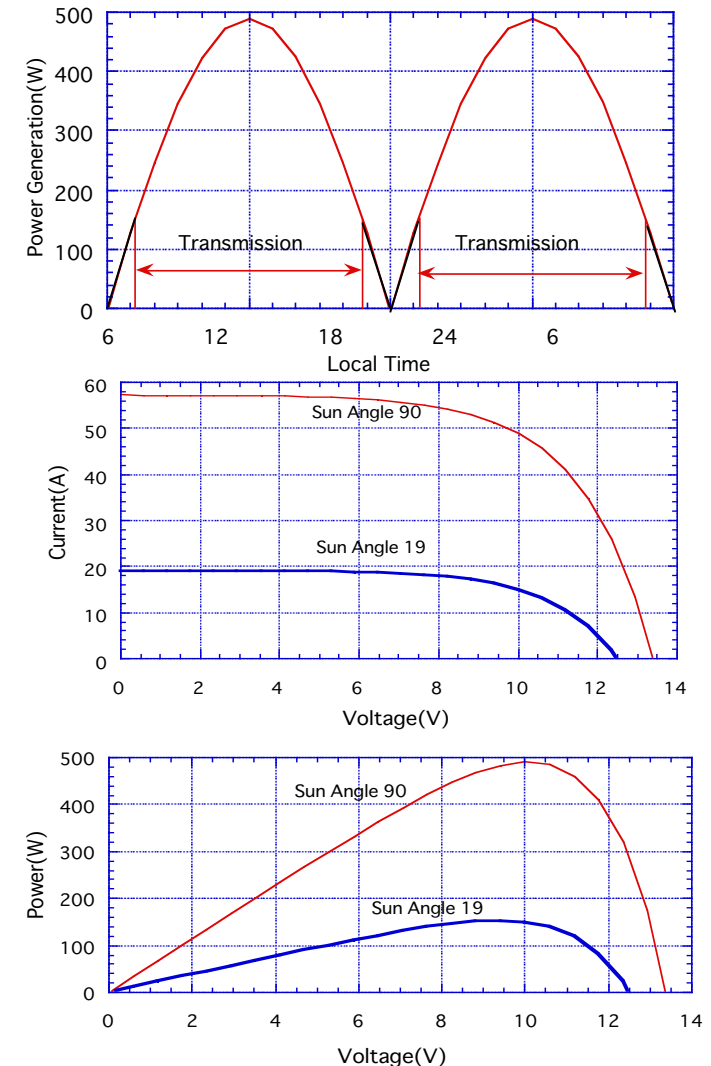
結論と今後の課題

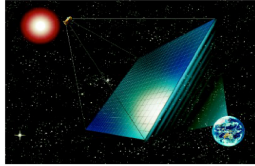
- ・テザーSPS実証実験用の発送電一体型パネルの主要技術課題の一つである発送電一体型パネルモジュールの技術検討を行った。
- ・モジュールの構造的、電氣的、熱的の基本的な成立性を示すことができた。
- ・モジュールの耐宇宙環境性(高電圧、耐デブリ)設計に係わる基礎データを取得した。
- ・重量についてはまだ目標値の段階に止まっている。
- ・マイクロ波回路の実現可能性を示すには更に詳細な設計が必要である。
- ・今後電気機能モデルを試作し電氣的、熱的な成立性を実証する必要がある。



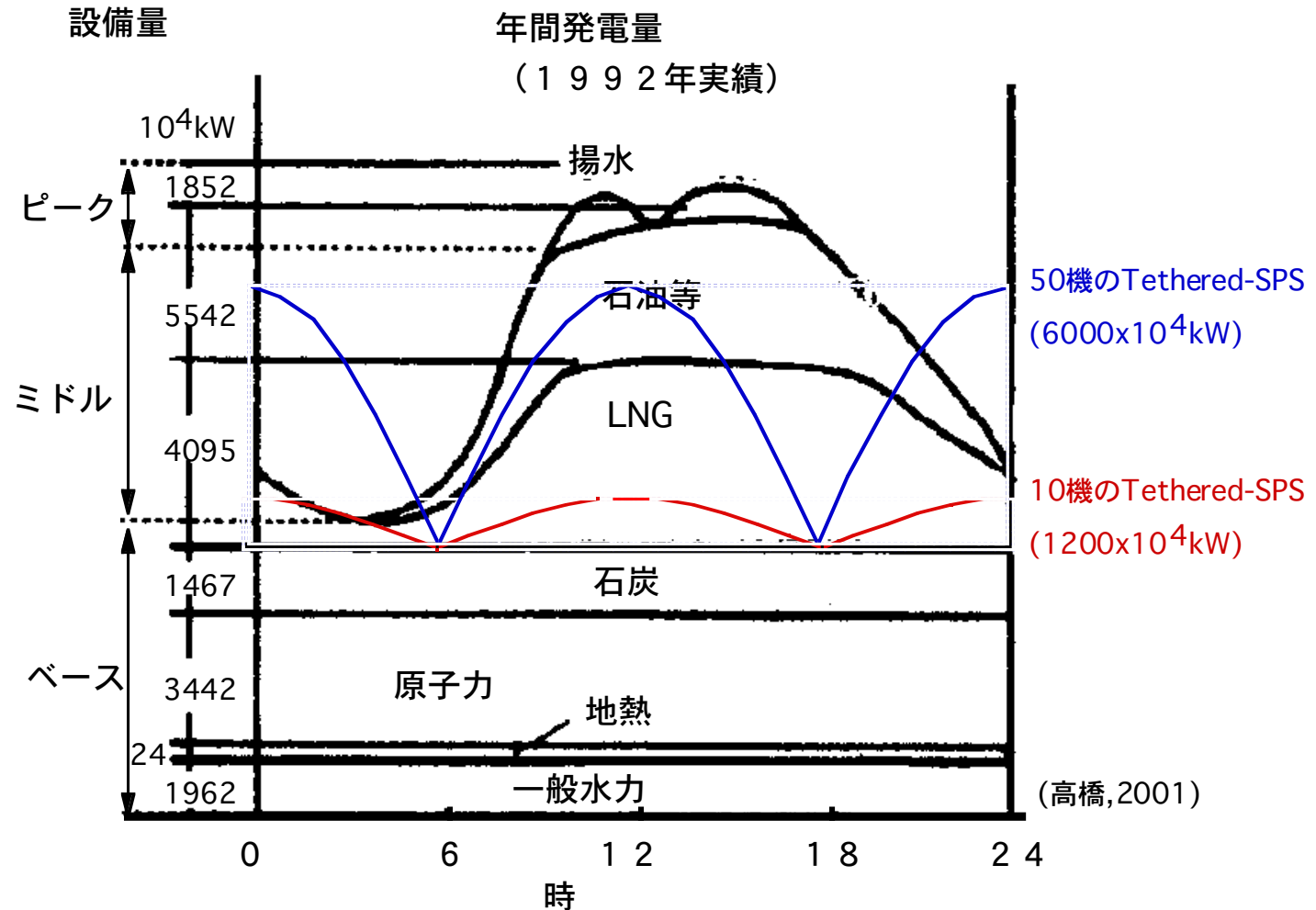
変動する電力送電の場合

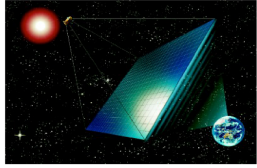
- ・マイクロ波送電は発電量がピークの1/3
以上で実施
- ・無送電時間間隔: 約2.3時間
- ・送電系への給電率: 95%
- ・マイクロ波回路入力電力範囲
490W(10V, 49A)~152W(9.4V, 16A)
- ・送電系に給電しない電力の1/3 (40Wh)
はバッテリーに蓄電してモジュール常時
電力として使用
- ・必要なバッテリー重量は100g/module
程度





変動する電力送電の地上電力網へのミキシング





蓄電方式による時間的に一定の電力送電の方法

- ・蓄電装置による定電力化
- ・1kW/kg、3万回の充放電能力を想定(30年間)
- ・必要な蓄電エネルギー
800Wh/module
- ・必要な蓄電システムは2400Wh/module(DOD:1/3)
- ・マイクロ波出力は270W/module
- ・正味の重量増は1.3kg/module

