

# 宇宙太陽光発電システムへの取組

平成23年5月30日

経済産業省

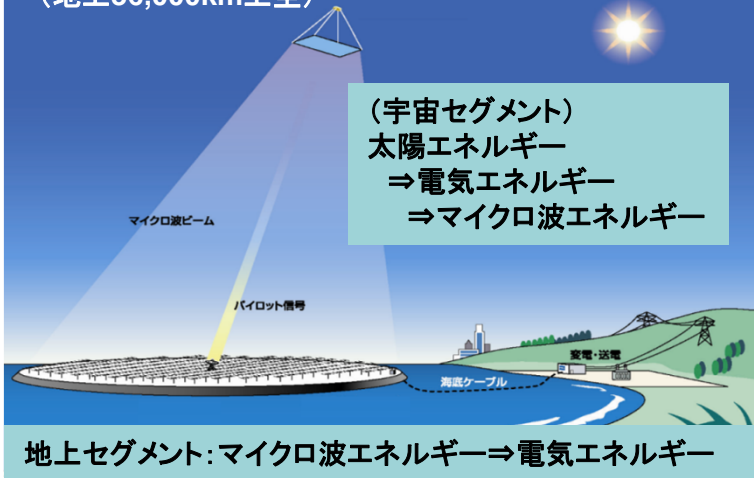
(財)無人宇宙実験システム研究開発機構

# 1 宇宙太陽発電システム(SSPS)の意義

## Space Solar Power System(SSPS)

### 宇宙太陽発電システムのイメージ

宇宙太陽発電衛星  
(地上36,000km上空)

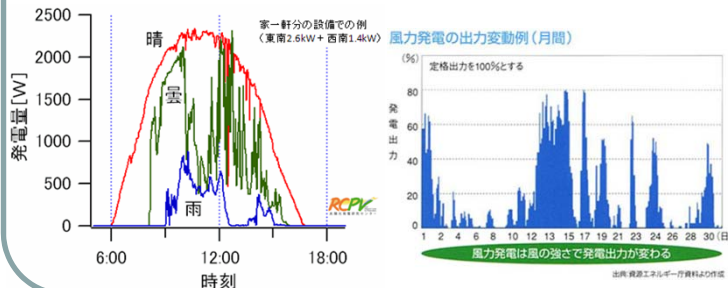


(宇宙セグメント)  
太陽エネルギー  
⇒電気エネルギー  
⇒マイクロ波エネルギー

地上セグメント: マイクロ波エネルギー⇒電気エネルギー

宇宙からの安定電力供給(計画発電)

### 地上の太陽光発電と風力発電の変動例(不安定)



### 宇宙太陽発電システムとは

宇宙空間に打ち上げた衛星が太陽エネルギーを使って発電し、そのエネルギーを電波で地上に送電し、地上で電力として利用するシステム

伝送方式: マイクロ波方式、レーザー方式

### ○将来の商用システム例

地上利用電力規模: 100万kW(原子力発電1基相当)

宇宙セグメント送電パネル寸法: 約2.5km x 2.5km

地上セグメントレクテナ寸法: 約3km x 3km

### 特徴、意義

#### ○非化石エネルギー源、ゼロエミッション電源

- ・太陽光利用による、将来にわたり枯渇しないエネルギー源。
- ・利用運用時に二酸化炭素を排出せず、温暖化対策にも有効なエネルギー源。

#### ○効率的な電力供給

- ・昼夜や天候に左右されない安定的な電力供給が可能。
- ・地上に比べて約10倍の太陽エネルギーを利用可能。

#### ○天候によらない計画可能な安定電源

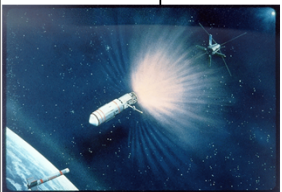


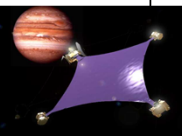

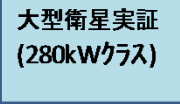
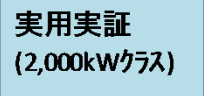
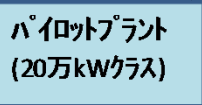
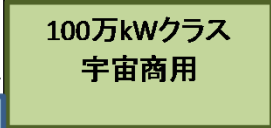


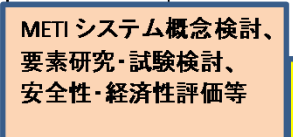
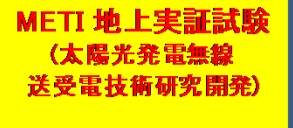
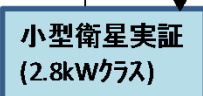
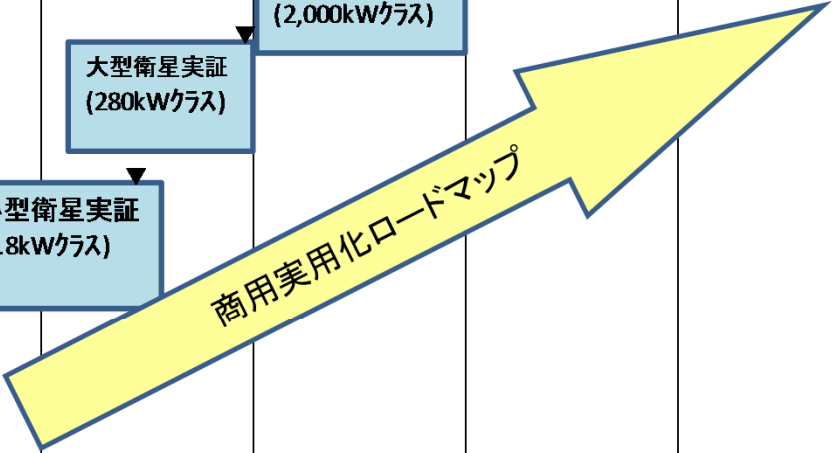

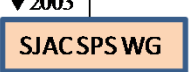
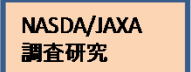
- ・ベストミックスのベース電力を担う新しい安定電源

(\*) 宇宙太陽光は、将来のエネルギー供給源の選択肢の可能性から長期的な研究開発課題の検討を進める(エネルギー基本計画(平成22年6月閣議決定))

地上太陽光発電・風力発電は、天候に左右され、化石エネルギーの削減にはなっても、従来型の安定発電が不可欠

# 2 宇宙太陽発電システム(SSPS)のスケジュール

## Space Solar Power System(SSPS)

過去・現在					将来				備考	
1980	1990(H2)	2000(H12)	2005(H17)	2010(H22)	2015(H27)	2020(H32)	2025(H37)	2030(H42)~		
▼1983 MINIXロケット実験(京大・神戸大・ISAS) 	▼1992 MILAX飛行機実験(NICT・京大・神戸大・ISAS) 	▼2000 SPRITZ小型SPSシミュレータ(京大) 	▼2006 風呂敷衛星実験(神戸大・東大) 	▼2008 飛行船実験(NICT・京大・東工大・ISAS) 	大型衛星実証(280kWクラス) 	実用実証(2,000kWクラス) 	パイロットプラント(20万kWクラス) 	<次世代ベースライン電源> 100万kWクラス 宇宙商用 		
▼1982 ISAS SPS研究 	▼1991 NEDO 研究 	▼2001 METI システム概念検討、要素研究・試験検討、安全性・経済性評価等 	▼2009 METI 地上実証試験(太陽光発電無線送受電技術研究開発) 	▼2001 Baseline Tether Concept(USEF) ▼2000	小型衛星実証(2.8kWクラス) 	商用実用化ロードマップ 				
▼1980 SJAC SPS計画 	▼2003 SJACSPS WG 	▼2001 NASDA/JAXA 調査研究 	▼2009 宇宙基本計画 宇宙太陽光発電システム(SSPS)は、今後、10年程度を目途に実用化に向けた見通しを付けることを目標とした。また、今後5年間で、関係機関が連携して、総合的な観点からシステムを検討し、3年程度を目途に軌道上実証に着手するとした。							

# 3 宇宙太陽発電システム(SSPS)の取組概要

## Space Solar Power System(SSPS)

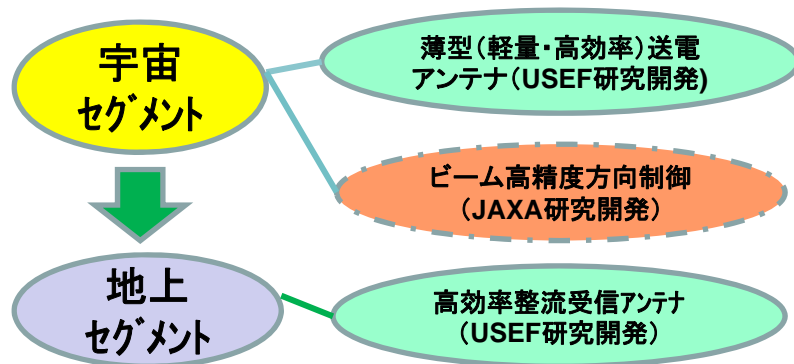
### <METI太陽光発電無線送受電技術の研究開発(H20-26)>

#### ■概要

##### 宇宙太陽発電システムのキー技術開発・実証

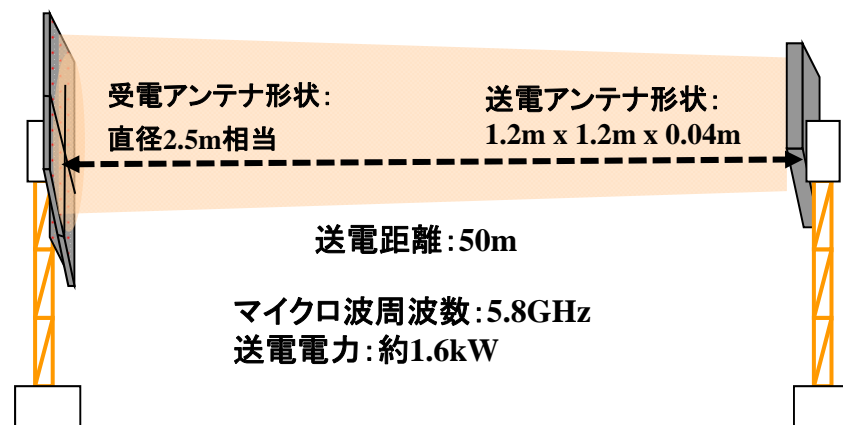
- 薄型(軽量・高効率)送電アンテナ技術  
⇒フェーズドアレイアンテナの軽量高効率化
- マイクロ波ビーム高精度方向制御技術  
⇒安全な運用を実現するための高精度化
- 広域エネルギー収集・整流・電力変換制御技術
- 低エネルギー高効率整流素子開発技術

#### ■取組体制



#### ■実施内容

- マイクロ波電力伝送地上試験
- 精密ビーム制御技術の研究開発



SSPSシステムのキー技術であるマイクロ波電力伝送について、宇宙実証に先立ち、地上実証可能な実験を行う。

波及効果: 地上でのマイクロ波エネルギー伝送は、電気自動車等での小規模充電システムや離島での電力供給システムとして今後応用可能な技術である。

# 4 宇宙太陽発電システム(SSPS)の技術課題

## Space Solar Power System(SSPS)

### ■ 技術課題

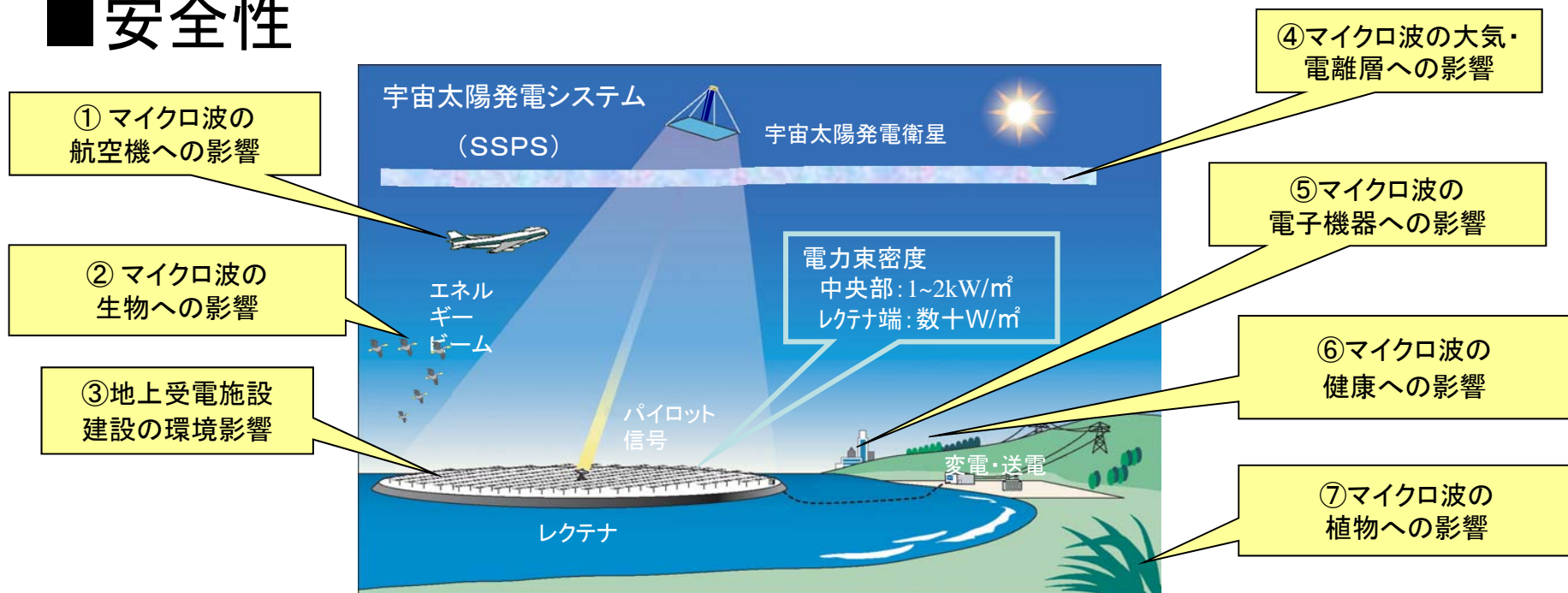
- ・宇宙発電・送電部の薄型軽量化技術
- ・高効率な発電・送電・受電技術
- ・高効率と安全な運用を実現するエネルギー伝送ビーム制御技術
- ・大型構造物を宇宙空間に輸送し、組み立て、運用・維持する技術

送電方式	特徴
マイクロ波送電	<ul style="list-style-type: none"><li>○大気(雨や雲を含む)の影響を受けない<b>全天候型</b>。</li><li>○ビーム指向制御は<b>電子方向制御</b>が可能。</li><li>○レーザに比べエネルギー密度は低く<b>安全な運用が可能</b>。</li><li>△宇宙と地上に大きなアンテナが必要となる。</li></ul>
レーザー送電	<ul style="list-style-type: none"><li>○エネルギー密度が高くシステムをコンパクトにできる。</li><li>△大気による吸収や雲による散乱影響を受ける。</li><li>△エネルギー密度が高く安全性への十分な配慮が必要。</li><li>△レーザーの機械的精密制御が不可欠。</li></ul>

# 5 宇宙太陽発電システム(SSPS)の安全性

## Space Solar Power System(SSPS)

### ■ 安全性



○マイクロ波の動植物への影響は熱作用のみで、かつ、中央の高強度においても直ちに生命に影響を及ぼさないレベルである。(東京での晴天時太陽光エネルギーは約 $1\text{kW/m}^2$ 程度)

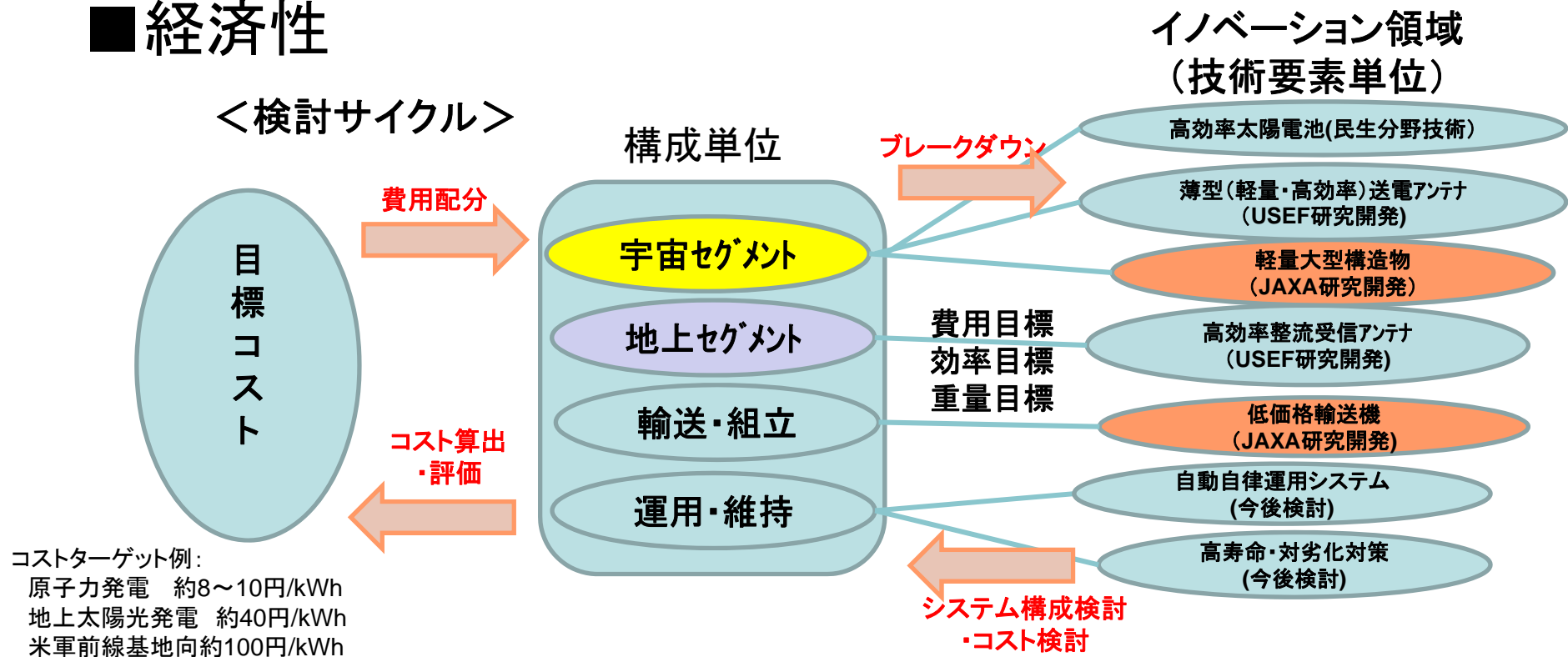
○人や航空機に関しては、立ち入り制限区域を設けるなどの対処で安全が確保可能。



# 6 宇宙太陽発電システム(SSPS)の経済性

## Space Solar Power System(SSPS)

### ■ 経済性



### 主要課題: 打上コスト削減

(対策案) ① 技術要素単位の小型・軽量・高効率の追求

② ロケット重量化・低価格化へのイノベーションの実現

- ・コスト目標 8円/kWhの時、現状HII-B (低軌道16ton)の重量比価格の約50分の1を想定
- ・計画中のFalcon Heavy(低軌道53ton)の重量比価格はHII-Bの約1/4にまで低下
- ・今後20年で量産効果と技術イノベーションにより更なる引き下げを追及

## 太陽光発電無線送受電技術研究開発事業

0. 担当部署：経済産業省製造産業局航空機武器宇宙産業課宇宙産業室

事業開始年度：20年度

1. 事業目的（何のための事業か？）（複数省庁で実施する事業の場合は、自省庁の政策について記述のこと）

将来の新エネルギーシステムとして期待される宇宙太陽光発電システムの中核技術であるマイクロ波による無線送受電技術について、安全性や効率性の確保に不可欠な精密ビーム制御技術の研究開発を実施し当該技術を確立することにより、宇宙太陽光発電システムの実現並びにエネルギー源の多様化に資することを目的とする。

2. 事業概要（誰・何を対象に、どのような方法で、誰がやっているのか？）（複数省庁で実施する事業の場合は、自省庁の政策について記述のこと）

本事業は、将来の新エネルギーシステムとして期待される宇宙太陽光発電システムの中核技術である無線送受電技術の確立に向け、安全性等の確保に不可欠な精密ビーム制御技術の研究開発及び地上実証試験を行う。

3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26		合計
予算	100	150	208	150	300	300	300		1508

4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？（複数省庁で実施する事業の場合は、自省庁の政策について記述のこと）

本事業では、宇宙太陽光発電システムの中核的技術として応用可能なマイクロ波による無線送受電技術について、アンテナ素子から放射される電磁波の振幅と位相を制御し、放射電磁波を空間で合成することで任意のビーム形状を形成する複数のフェーズドアレイアンテナ間の位相同期を行い、受電アンテナ側から発信されるパイロット信号の到来角度を計測し、その角度方向にマイクロ波ビームを指向制御するレトロディレクティブ技術を活用し、マイクロ波をビームを受電アンテナに向けて精密に指向制御する精密ビーム制御技術の研究開発を行う。

なお、具体的な目標については以下のとおり。

○伝送距離 10m 以上において角度精度 0.5 度 rms のビーム制御技術の確立を目指す。

○精密ビーム制御技術による屋外でのマイクロ波電力伝送試験（伝送距離：50m 程度）

において、無線送受電システムとしての性能確認を実施する。

5. 成果及び事業評価（成果指標、その評価体制と実際の評価、評価の結果見直しをしたことがあればその内容）（複数省庁で実施する事業の場合は、自省庁の政策について記述のこと）

平成 21 年度に決定された宇宙基本計画において、宇宙太陽光発電システムは重要プロジェクトとして位置付けられており、3 年程度を目途に、大気圏での影響やシステムの的な確認を行うため、「きぼう」や小型衛星を活用した軌道上実証に着手するとされている。

また平成 22 年度に閣議決定された、エネルギー基本計画では、宇宙太陽光等、将来のエネルギー供給源の選択肢となる可能性を有するより長期的な研究開発課題については、技術開発の状況やエネルギー政策上の位置づけ等を総合的に考慮しつつ、必要な取組や検討を進めるとされている。

## 6、関係省庁との協力体制

本事業は、経済産業省及び独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）におけるこれまでの宇宙太陽光発電に関する調査研究や研究開発の成果を活かし、双方が役割分担のうえ連携協力して実施。経済産業省はマイクロ波ビームを所定の方向に正確かつ効率的に送電制御する技術の研究開発を、JAXA はパイロット信号の到来方向にマイクロ波ビームを指向制御する技術の研究開発を実施。

## 7、主な委託先とその分担

本事業は（財）無人宇宙実験システム研究開発機構、三菱重工業、三菱総研に委託して実施。それぞれ、無線送受電技術の研究開発、マイクロ波による精密ビーム制御技術の研究開発、無線送受電技術研究開発支援業務を担当。