

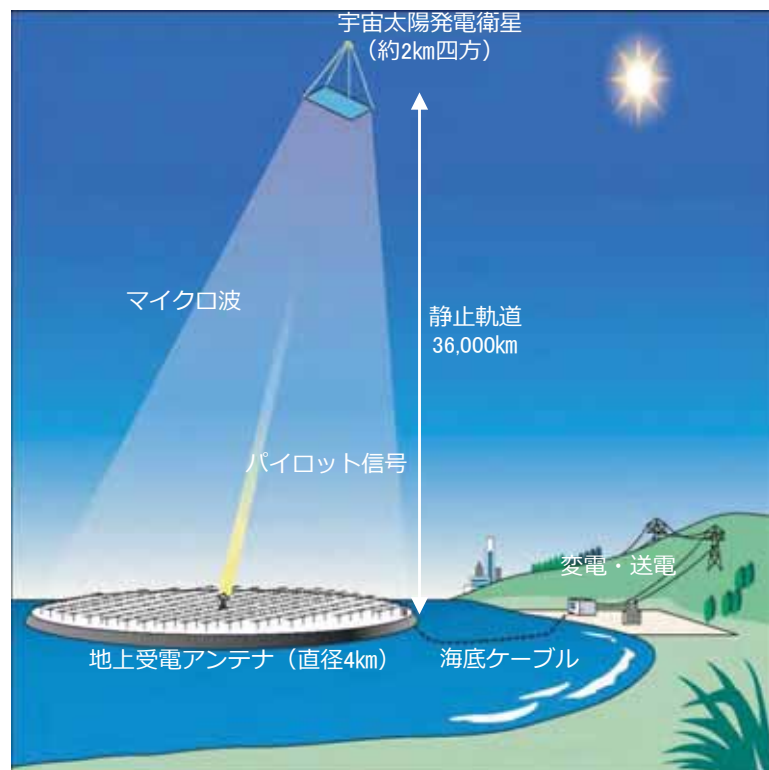
宇宙太陽光発電システム (発電電一体型システム2006モデル) 研究開発ロードマップについて

2017年3月28日

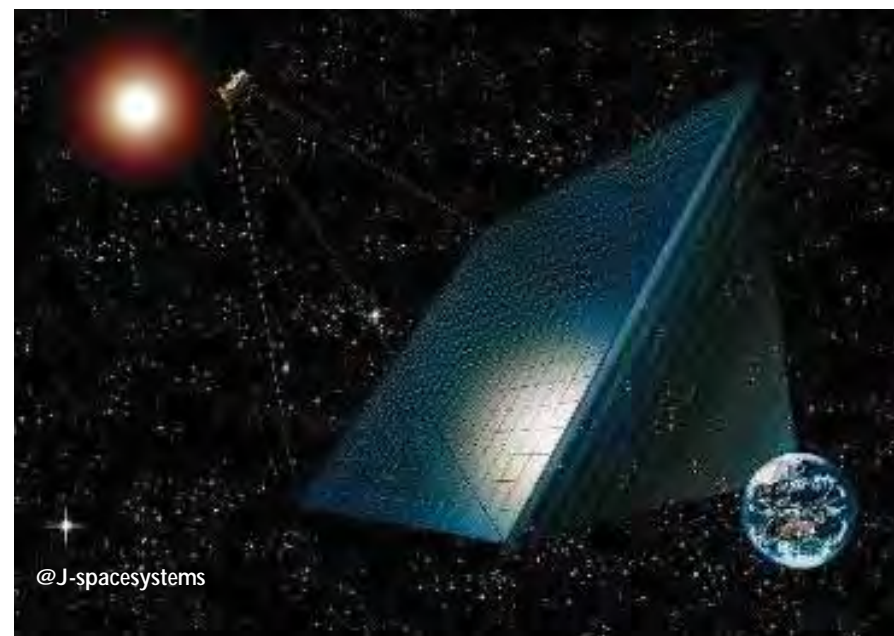
経済産業省製造産業局宇宙産業室

1. 宇宙太陽光発電システムについて

- ・宇宙太陽光発電システム(SSPS: Space Solar Power System)は、宇宙空間において太陽エネルギーで発電した電力を無線などに変換のうえ、地上へ伝送し、地上で電力に変換して利用する将来の新エネルギーシステム。
- ・経済産業省では、2006年に発送電一体型システムのモデルを検討。その後、宇宙太陽光発電システムの中核技術であるマイクロ波無線送受電技術の研究開発を実施。



宇宙太陽光発電システムのイメージ



発送電一体型システムのイメージ

2. 宇宙太陽光発電の政策的位置づけ

宇宙太陽光発電は、エネルギー需要構造の変革や温室効果ガス削減に向けて中長期的に技術開発が必要なエネルギーと位置づけられるとともに、宇宙のエネルギーを利用して地球規模の課題解決につながる宇宙利用の取組と位置づけられている。

エネルギー基本計画（平成26年4月閣議決定）

エネルギーの需給に関する施策を長期的、総合的かつ計画的に推進するために重点的に研究開発するための施策

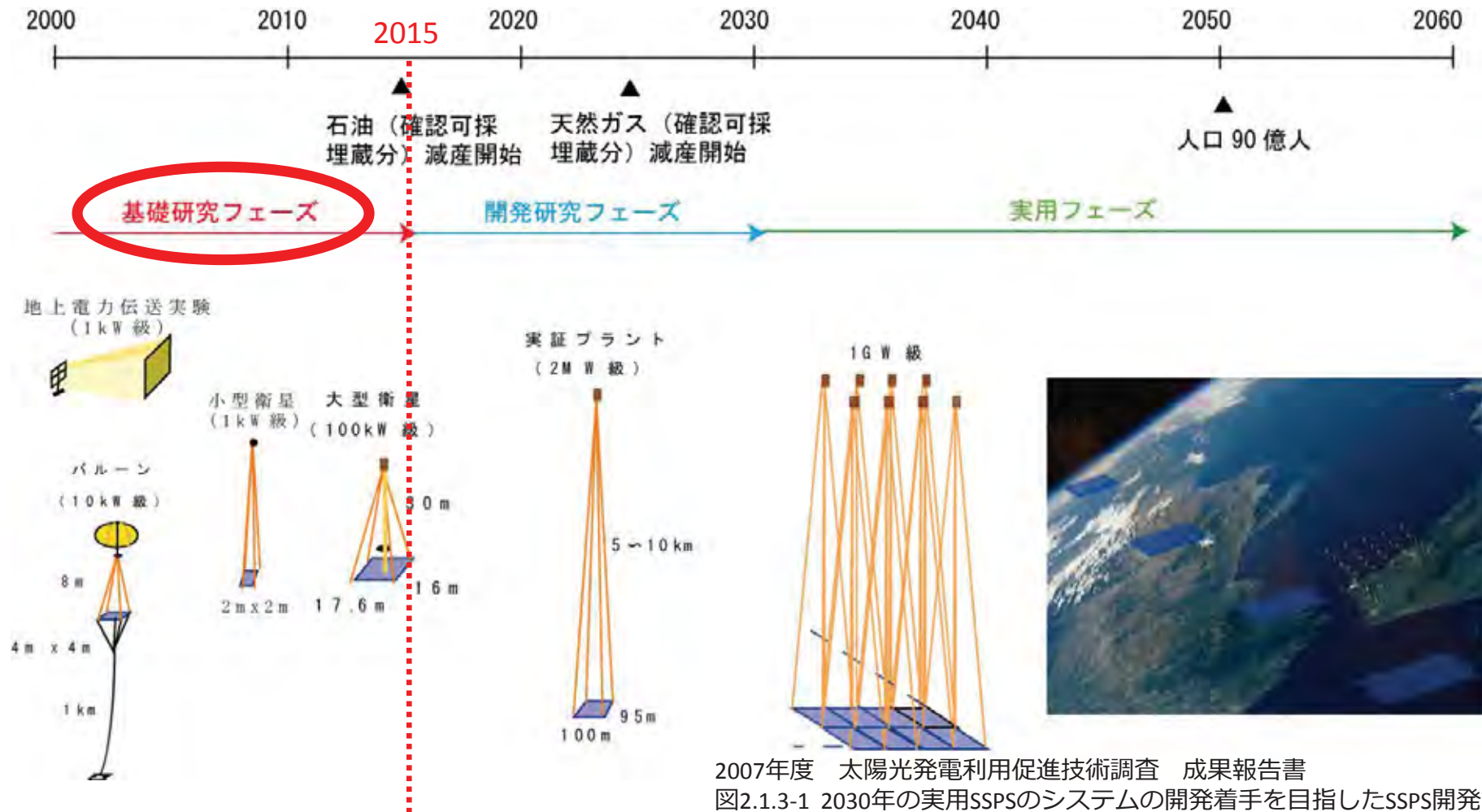
～無線送受電技術により宇宙空間から地上に電力を供給する宇宙太陽光発電システム（SSPS）の宇宙での実証に向けた基盤技術の開発などの将来の革新的なエネルギーに関する中長期的な技術開発については、これらのエネルギー供給源としての位置付けや経済合理性等を総合的かつ不断に評価しつつ、技術開発を含めて必要な取組を行う。（関係分抜粋）

宇宙基本計画（平成28年4月閣議決定）

エネルギー、気候変動、環境等の人類が直面する地球規模課題の解決の可能性を秘めた「宇宙太陽光発電」を始め、宇宙の潜在力を活用して地上の生活を豊かにし、活力ある未来の創造につながる取組や、太陽活動等の観測並びにそれに起因する宇宙環境変動が我が国の人工衛星等に及ぼす影響及びその対処方策等に関する研究を推進する。

3. これまでの研究開発ロードマップ

2007年度に作成した開発計画では、地上電力伝送実験や衛星による宇宙実証を終え、2015年頃に開発研究フェーズに入るところ、現状では2015年に水平方向での地上実証を実施したところであり、見直しが必要。



4. ロードマップ改訂の考え方

ロードマップの改訂にあたっては、次の考え方で検討を実施。

(1) マイルストーンとしての実証試験の設定

- 将来にわたり着実に技術開発を進めていくため、実用システムに到達するまでの過程に段階的にマイルストーンとなる実証試験を設定し、その段階で開発目標とする技術項目や水準を検討。
- 当面の開発目標となる地上での実証試験は具体的に設定。その後の宇宙実証の実施にはまだ時間があり、現時点で実証方法を絞り込むことは現実的ではないと判断し、想定されるイメージとして複数案を記載。

(2) 開発技術の産業への応用、スピンオフ

- 宇宙太陽光発電システムの実現まで長期の取組となる中、研究開発の途中段階においても、研究成果を積極的に産業分野や宇宙開発へ応用していくことが開発を継続していく上で重要であることから、開発した技術のスピンオフの可能性も併せて示す。

5. マイルストーンとする実証試験の設定

2015年に実施した水平方向への電力伝送実証に続いて、垂直方向への電力伝送実証、その後に長距離での電力伝送実証を設定し、段階的に技術開発を進めていく。

地上実証フェーズ

宇宙実証フェーズ

地上実証 (水平)

【2015実証済】

【目的】

水平方向での無線電力伝送技術を実証

地上実証 (垂直)

【目的】

- ・ 垂直方向での無線電力伝送で、適切なビーム形成技術を実証
- ・ 精度の高いビーム方向制御技術と移動した受電部への送電技術を実証

長距離実証

【目的】

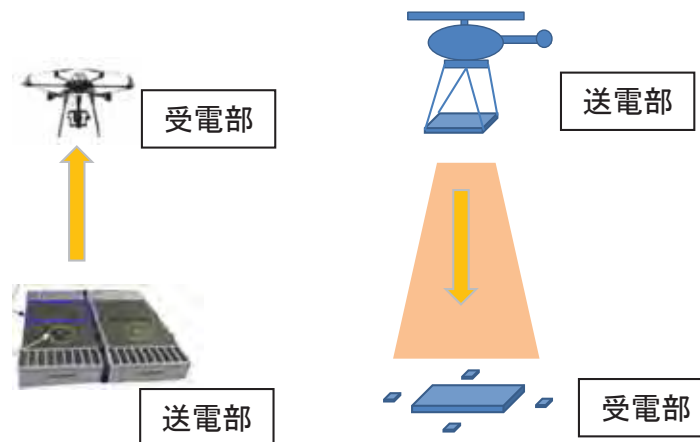
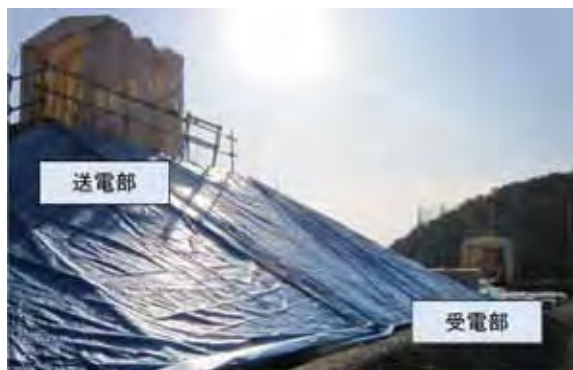
- ・ 長距離の無線電力伝送技術を実証
- ・ 発送電一体型パネルを開発

宇宙実証

【目的】

宇宙で確認すべき事項の実証

- ・ マイクロ波の電離層通過実証
- ・ 宇宙-地上間のマイクロ波電力伝送効率の定量的評価
- ・ 宇宙太陽光発電システムの成立性検証
- ・ 大規模柔軟構造物の建設、組立、保守
- ・ 効率的な輸送、軌道間輸送



【想定する試験イメージ】

- ・ 超小型衛星による送電実証
- ・ テザー型小型衛星による無線送電、構造、テザーによる姿勢制御
- ・ 実証プラント1/4モデル×1機による大型構造物の展開技術、輸送技術実証
- ・ 実証プラント1/4モデル×4機による大規模柔軟構造物の建設、組立技術実証

6. 実証試験の実施時期

マイルストーンとして設定した実証試験に必要な技術の開発見通しを踏まえ、実施時期を検討。

- 電力系では、太陽電池の技術開発により軽量化、高効率化、低コスト化が進められるとともに、メガソーラー等の直流電力と大規模系統連系技術の発展も見込まれる。
- 送受電部については変換効率の向上やビーム制御など無線送受電技術に関する要素研究を引き続き進める。さらに、マイクロ波の環境評価や周波数調整、認知度の向上など無線送受電の実用化にかかるさまざまな課題の解決にも取り組んでいく。
- 構造系では、発送電一体型パネルの研究開発に取り組む。JAXA・大学等で実施されている展開技術やテザー伸展技術等の開発と協力しつつ、さらに今後大型建造物の構築・維持・制御技術の研究開発が進められる中で、大型の建造物に関する各種技術の進展が見込まれる。
- 推進系では、世界的にロケットの大型化と再使用等による低コスト化が急速に進んでおり、また今後、電気推進による軌道間輸送システムの開発の動きもあり、こうした技術進展により将来の実用時点における低コスト大量輸送の実現が見込まれる。



これらの技術開発や社会的な課題解決を進め、2020年代に地上で確認できる技術の確認を終えた段階で、宇宙実証への移行が適当かどうか判断する。

その後宇宙で確認すべき技術の実証を行いながら、社会的な必要性やシステムの経済性も踏まえて、SSPSの実用化技術を確認する。2045年以降に実用化への着手を目指す。

7. 目標時期における宇宙太陽光発電システムの意義

目標とする2045年以降において、宇宙太陽光発電システムはエネルギー問題の解決に必要な技術として、また宇宙輸送システムの開発をリードする点からも、その実現が期待されている。

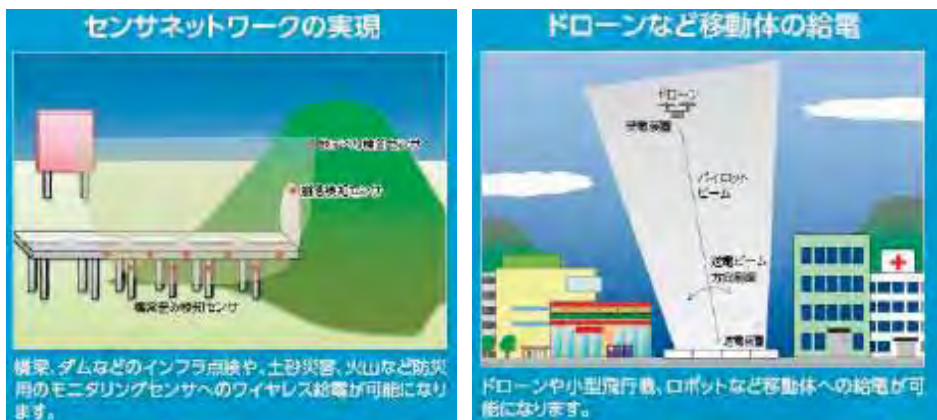
- エネルギー基本計画（平成26年4月閣議決定）では、多くの資源を海外に依存せざるを得ない我が国が抱えるエネルギー需給構造上の脆弱性や、2050年に世界で温室効果ガスの排出量半減、先進国では80%削減といった困難な課題を根本的に解決するためには、革命的なエネルギー関係技術の開発が必要であるとし、SSPSはその一つに位置づけられている。
- 科学技術イノベーション総合戦略2016（平成28年5月閣議決定）でも、クリーンなエネルギー供給の安定化と低コスト化という課題解決に向けて、SSPSは超長期的なエネルギー技術として、重きを置くべき取組の一つとされている。
- また、宇宙政策委員会でまとめた宇宙輸送システム長期ビジョン（平成26年4月）では、将来の宇宙利用の姿として、滞在型宇宙旅行や軌道上での人工衛星組立などと並んで、SSPSも想定されている。2040年から2050年頃に、将来宇宙輸送システムが社会インフラとして整備され、広く日常的に宇宙輸送を利用できるような社会が想定されている。
- SSPSの建設には大量の輸送を必要とすることから、将来の宇宙開発をリードするミッションになりうるものであり、こうした点からも実現が期待されている。

9. 宇宙太陽光関連技術のスピノフに向けた取組

宇宙太陽光発電システムの長期に及ぶ取組を着実に進めていくため、研究開発した成果を産業分野や宇宙開発に積極的に応用していくことが必要。今年度からマイクロ波無線送電技術のビジネス化を検討する勉強会を開催。

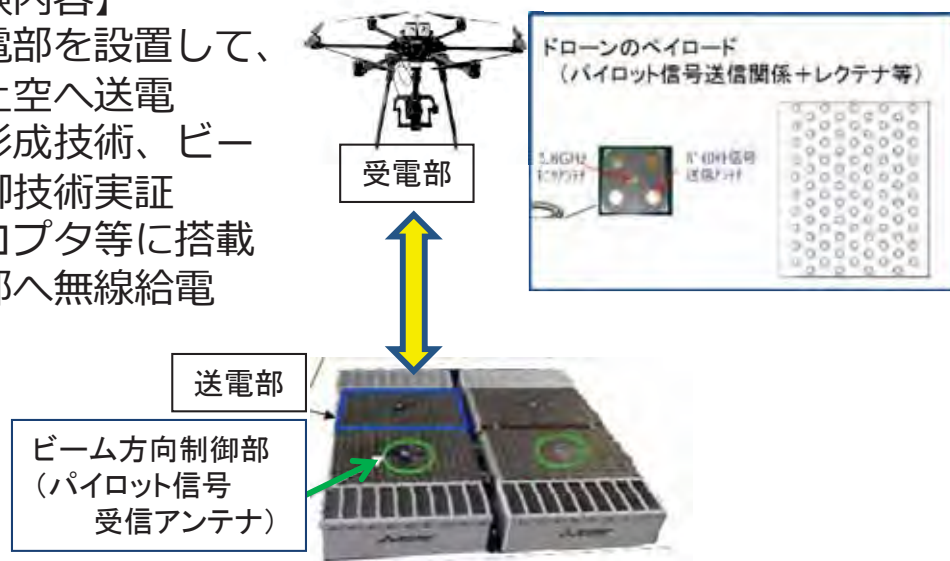
2017～2018年度に取り組む垂直方向の送電実証では、ドローンへの給電実証も行うことで、無線送電技術の産業への応用を進める。

マイクロ波無線送電技術の応用イメージ



垂直方向への送電実証イメージ
(2017～2018年度)

【実証試験内容】
地面に送電部を設置して、
地上から上空へ送電
①ビーム形成技術、ビーム方向制御技術実証
②マルチコプタ等に搭載した受電部へ無線給電



【参考】ロードマップ検討専門委員会 委員名簿

氏名	所属・職	備考
石村 康生	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 宇宙飛翔工学研究系 准教授	
小紫 公也	東京大学大学院 工学系研究科 教授	
佐々木 進	宇宙航空研究開発機構 名誉教授	
篠原 真毅	京都大学生存圏研究所 教授	委員長
成尾 芳博	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 宇宙飛翔工学研究系 特任准教授	
藤野 義之	東洋大学 理工学部電気電子情報工学科 教授	

オブザーバー

文部科学省研究開発局宇宙開発利用課

宇宙航空研究開発機構 研究開発部門SSPS研究チーム