

宇宙太陽光発電における
無線送電技術の高効率化に向けた研究開発事業
委託費

終了時評価報告書

2026年2月

産業構造審議会 イノベーション・環境分科会

イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省研究開発評価指針」（令和7年4月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している「宇宙太陽光発電における無線送受電技術の高効率化に向けた研究開発事業委託費」は、将来の新エネルギーシステムとして、天候に左右されず電力の計画的供給が可能として実現が期待されている宇宙太陽光発電システム（SSPS：Space Solar Power System）について、その中核的技術であるマイクロ波無線送受電技術に係る研究開発を実施し、当該技術の高度化を目指すため、2014年度から2024年度まで実施したものである。

本書は、産業構造審議会イノベーション・環境分科会イノベーション小委員会評価ワーキンググループ（座長：鈴木 潤 政策研究大学院大学 教授）において、経済産業省研究開発評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえ、本事業に係る意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋、目標及び達成状況、マネジメントの妥当性について審議され、了承された評価結果を取りまとめたものである。

2026年2月

産業構造審議会 イノベーション・環境分科会
イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ

【産業構造審議会 イノベーション・環境分科会 イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ 委員】

(2026年2月9日現在)

座長 鈴木 潤 政策研究大学院大学 教授

秋澤 淳 東京農工大学大学院生物システム応用科学府 教授

上條 由紀子 九州工業大学社会実装本部未来思考実証センター 特任教授・弁理士

竹山 春子 早稲田大学先進理工学部生命医科学科 教授

浜田 恵美子 日本ガイシ株式会社 取締役

【分野別専門委員】

三宅 弘晃 東京都市大学 理工学部 教授

(座長除き、五十音順)

【本研究開発評価に係る省内関係者】

事業担当部署 製造産業局 宇宙産業課長 高濱 航

評価担当部署 イノベーション・環境局 研究開発課長 大隅 一聡

目次

【事業情報】	1
第1章 評価ワーキンググループ委員からの評価結果	4
1. 評点法による評価結果.....	5
2. 評価コメント.....	6
3. 評価コメントに対する対処方針	11
第2章 評価対象事業に係る資料	17

【事業情報】

事業名		予算事業 ID : 003744 宇宙太陽光発電における無線送受電技術の高効率化に向けた研究開発事業委託費					
担当部署		経済産業省 製造産業局 宇宙産業課					
事業期間		2014 年度 ~ 2024 年度 評価時期：事前（2013 年度）、中間（2015 年度、2018 年度、2021 年度）、終了時（2025 年度）					
予算額		2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度
	(予算)	2.5 億円	2.5 億円	2.5 億円	2.5 億円	2.5 億円	2.5 億円
	(執行)	2.48 億円	2.49 億円	2.49 億円	2.49 億円	2.5 億円	2.5 億円
予算額		2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	総額
	(予算)	2.5 億円	2.5 億円	3.5 億円	3.5 億円	4.1 億円	31.1 億円
	(執行)	2.5 億円	0 億円	2.46 億円	3.5 億円	6.33 億円	29.74 億円
上位施策及び KPI		産構審政策評価政策テーマ 4 ①DX、GX、経済安全保障を軸とした製造業のグローバル競争力強化					
事業目的		将来の新エネルギーシステムとして、昼夜や天候に左右されず電力の計画的供給が可能な宇宙太陽光発電システム（SSPS：Space Solar Power System）の実現が期待されており、これまで、我が国はもちろん、海外においても、様々な検討や技術開発が行われてきた。本事業では、宇宙太陽光発電システムの中核的技術であるマイクロ波無線送受電技術に係る研究開発を実施し、当該技術の高度化を目指す。					
事業内容		SSPS の中核となるマイクロ波無線送受電技術の高度化に向け、以下の取組を行う。 ① 発電電一体型パネルの開発 ② 送電部の高効率化 ③ 長距離（上空数 km 地点ー地上間）送電の実証 ④ マイクロ波無線送受電技術のスピノフ（展示会への出展、ビジネス化に向けた研究会の開催 等） このうち①及び②は 2023 年度まで、③及び④は 2024 年度まで実施。					
アウトカム指標			アウトカム目標 / 目標値			達成状況	
短期目標 2018 年度		送電部の変換効率	周辺回路を含めた送電部の総合効率を 40%に改善			44.8%を達成 (2018 年度)	
短期目標 2024 年度		① 発電電一体型パネルの重量	36kg/m ² に改善			27.9kg/m ² を達成 (2023 年度)	
		② 送電部の変換効率	周辺回路を含めた送電部の総合効率を 60%に改善			60%を達成 (2023 年度)	
		③ マイクロ波無線電力伝送の長距離実証	垂直方向、距離 1~5km の長距離マイクロ波無線電力伝送の実証			達成。垂直方向、距離 5.4km の長距離マイクロ波無線	

			電力伝送実験に成功（2024年度）
中期目標 2027年度	マイクロ波無線電力伝送の超長距離実証	内閣府推進費で実施中の研究開発事業において、2027年度を目途に超長距離（地球低軌道―地上間約350km）でのマイクロ波無線送電技術を実現する。	研究開発中
長期目標 2050年度	SSPSの発電単位当たりのCO2削減量：石炭火力の発電単位当たりCO2排出量－SSPSの発電単位当たりCO2排出量	2050年頃までに、宇宙太陽光発電システムを実用化し、CO2排出量が削減される。	研究開発中
アウトプット指標		アウトプット目標 / 目標値	達成状況
中間目標 2018年度	① 発電電一体型パネルの開発	送受電システムの薄型軽量化として、厚さを約25mmから10mm以下にする。	厚さ10mm以下を達成（2018年度）
	② 送電部の高効率化	受電部の総合効率を50%に改善する。	54.9%を達成（2018年度）
最終目標 2024年度	① 発電電一体型パネルの開発	開発した発電電一体型パネルを用いて、発電・送電できることの実証および熱構造設計の妥当性について確認する。	達成（2023年度まで） 発電電一体型パネルを試作し、宇宙空間での使用を想定した熱真空試験を含む各種評価試験を実施し、所定の性能を有することを確認した。
	② 送電部の高効率化	送電部の高効率化のための方式および機能性能配分の検討や試作を行い、送電部の供給電力（DC）と送電出力電力（RF）の比である総合効率60%を目指す。	達成（2023年度まで） 送電部総合効率60%を達成した。
	③ 長距離送電の実証	長距離（1～5km）、垂直方向のマイクロ波電力伝送により、大規模無線送電システムに資する多素子の位相同期による無線送電技術及びビーム形成技術を実証する。	達成（2024年度まで） 垂直方向、距離5.4kmの長距離マイクロ波無線電力伝送実験に成功した。
	④ マイクロ波無線送受電技術のスピノフ	マイクロ波無線送受電技術の他産業での応用を促進するための取組を実施する。	達成（2024年度まで） 展示会：13回、研究会：13回 マイクロ波無線送電技術ビジネス化

			研究会の開催及び各種展示会での出展等を通じて、事業内容の応用促進に努めた。
マネジメント	無線送受電技術委員会（外部）： 3回/年開催。事業進捗や事業計画等について事業目的に沿った内容であるか有識者による評価を実施。		
プロジェクトリーダー等	一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 衛星観測事業本部 技術開発部長 佐々木 譲治（2014年度～2021年度） 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 衛星観測事業本部 副本部長 兼 技術開発部長 柳川 祐輝（2022年度～2024年度）		
実施体制	経済産業省 ⇒ [委託] 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 ⇒ 下記		
	研究開発項目①	[委託] JAXA 宇宙科学研究所、早稲田大学、(株)IHI エアロスペース、(株)テクノソルバ、(株)翔エンジニアリング、京セラコミュニケーションシステム(株)	
	研究開発項目②	[委託] JAXA 宇宙科学研究所、電気通信大学、(株)RFデバイステクノロジーズ、(株)オリエントマイクロウェーブ	
	研究開発項目③	[委託] JAXA 宇宙科学研究所、(株)テクノソルバ、(株)オリエントマイクロウェーブ、ダイヤモンドエアサービス(株)、(株)アークエッジ・スペース、京セラコミュニケーションシステム(株)	
	研究開発項目④	-	

第 1 章 評価ワーキンググループ委員からの評価結果

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	評価WG委員の評価					評点
	委員A	委員B	委員C	委員D	委員E	
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋						
(1) アウトカム達成までの道筋	C	B	A	A	A	2.4
(2) 知的財産・標準化戦略	B	A	B	A	B	2.4
2. 目標及び達成状況						
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	B	A	A	A	2.6
(2) アウトプット目標及び達成状況	B	A	A	A	A	2.8
3. マネジメント						
(1) 実施体制	A	B	A	A	A	2.8
(2) 研究開発計画	B	B	A	A	A	2.6

《判定基準》

- A：評価基準に適合し、非常に優れている。
 B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。
 C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
 D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

(注) 評点はA=3、B=2、C=1、D=0として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価コメント

本項では、評価ワーキンググループ委員からのコメントを列記している。

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- 2050年を目途とする宇宙太陽光発電システムの実現に向けたロードマップを作成し、長期的アウトカムの目標値を明らかにしたことは、アウトカム達成までの道筋をある程度示すことに貢献した。
(鈴木委員)
- 長期的なシナリオ（2050年に向けた）から大いに期待される技術であり、それに向けた技術課題の分解、レベル設定、実証のプロセスの設計は理解できる。(浜田委員)
- 本事業は、カーボンニュートラルの実現に不可欠な太陽光発電において、天候に左右されない安定的な発電システムを実現するものであり、極めて大きな期待が寄せられている。欧米や中国との開発競争が激化する中、本事業を強力に推進することは喫緊の課題である。また、将来的な月面における多様な活動への転用・展開も期待できることから、宇宙開発の観点においても重要課題と言える。知的財産戦略に関しては、現時点で特段の問題は認められない。(竹山委員)
- 本事業は、経済産業省が掲げる「国として必要な宇宙インフラの構築」と「宇宙市場の獲得・拡大」という宇宙産業政策の基本方針の下、宇宙太陽光発電システム（SSPS）の実現に不可欠な無線送電技術を対象として、官主導で基盤的技術の確立を図った事業として明確に位置づけられる。事業期間中には、海外におけるSSPS関連プロジェクトの進展や、我が国の宇宙政策・宇宙安全保障構想の具体化といった外部環境の変化を踏まえ、研究開発の重点を発送電一体型パネルや送電部高効率化に加え、地上・移動体間でのキロメートル級長距離無線送電実証へと再整理した点は、アウトカム達成までの道筋を現実的に見直した対応として評価できる。また、本事業終了後は、内閣府推進費等による次段階の宇宙実証事業へと接続されており、官が担うべき「宇宙インフラとしての基盤技術実証」から、将来的な民間主導による商業化・市場獲得への移行を見据えた構成となっている点も、経済産業省の宇宙産業政策と整合的である。本事業では、知的財産の取扱いについて、事業参加者間で合意書を締結し、知財運営委員会を設置するなど、研究開発期間中の知的財産管理に関する枠組みが整備されていた。また、実証成果については展示会や研究会等を通じた情報発信が行われており、研究開発段階としての知的財産の取扱いは一定程度整理されていたと評価できる。(三宅委員)
- 天候に左右されない電力の安定供給が可能である「宇宙太陽光発電システム」(SSPS)を2050年までに実現することを目指し、その中核的技術である「マイクロ波無線送電技術」に係る研究開発の道筋として、①発送電一体型パネルの薄型軽量化、②送電部の高効率化、③長距離送電の実証、④マイクロ波無線送電技術のスピンオフ（要素技術の他産業への応用・ビジネス化）を示し、目標達成に向けて道筋に沿って研究開発に取り組んだ点が評価できる。本事業の成果が引き続き内閣府の宇宙開発利用推進費により、地球低軌道からの送電実証試験に繋がる道筋が策定されている点も優れている。また、いずれの研究開発課題についても長期アウトカム目標を見据えたうえでの短期アウトカム目標を設定している点が評価できる。(上條委員)
- 研究開発責任者をリーダーとする知財運営委員会を設置し、知財マネジメントに係る基本方針やデ

ータマネジメントに係る基本方針に沿った合意書を策定し、それに沿った知財・データマネジメントを事業参加者間で合意を締結し、実施している点が評価できる。JSS が知財管理を行いBIP 及びFIP についての取り決めを示している点も評価できる。(上條委員)

【問題点・改善点・今後への提言】

- 地上での大規模 PV の経済性が近年大幅に高まっている現在、SSPS の実効性があるのか疑問である。(秋澤委員)
- 本事業で生み出された知的財産を別分野での活用する方策を考えるべきではないか。(秋澤委員)
- 提示されたロードマップでは、SSPS における最も大きな課題である低軌道までの打ち上げ能力の目標や実現方法について言及されていない。また、電力系技術について、マイクロ波送電技術を前提とした発送電一体型モジュールのみを取り上げており、技術的にロックインしてしまっている印象がある。現段階では複数の選択肢を示し、技術選択の時期や条件を設定するのが、本来の All Japan を前提としたロードマップの役割ではなかったか。(鈴木委員)
- なお、高出力のマイクロ波ビーム形成・制御技術は、軍事技術としての側面を有する可能性があるため、経済安全保障上の知財マネジメント（秘密特許等）が求められるはずであるが、その体制は明記されていない。(鈴木委員)
- 方向性は良いが、どのレベルまで実現が可能かは現時点ではまだ何とも言えない、難易度の高いテーマである。(浜田委員)
- 知財戦略については、国際的な協力や標準化を念頭に何を強みとすることができるか、具体的に戦略プランを策定すべきではないか、と考える。結果として知財を獲得する方向に意識があまり向いていなかったのではないかという印象を受ける。(浜田委員)
- 事業終了後を含めた知的財産の取扱いや、次段階事業あるいは民間主導による事業化フェーズへの移行を見据えた権利・義務の整理については、評価資料上で十分に明示されているとは言い難い。また、無線送受電技術が将来的に国際展開や国際協調を前提とする技術であることを踏まえると、どの技術領域について国際標準化を目指すのか、あるいは標準化とは距離を置き独自技術として競争力を確保するのかといった点について、事業期間中の戦略的整理は必ずしも明確ではない。今後は、以下について事業フェーズの進展に応じて明確化を図り、研究開発成果が円滑に社会実装・事業化へと接続されるよう、知的財産・標準化戦略をより体系的に整理することが望まれる。
 - ・ 研究開発終了後を含めた知的財産の扱い
 - ・ 国際標準や国際ルール形成についての方針(三宅委員)
- 本事業では規格や標準の策定はしない、との方針が示されている一方で、非競争領域で公開可能な研究開発成果は標準化を推進との方針も示されており、知財・標準化戦略に対する道筋に一貫性がない部分が見られたので、今後は研究開発テーマの内容に対応した国際標準化動向や海外における開発動向の実態も把握しながら、方針を検討していくことが望ましい。(上條委員)

(2) 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- マイクロ波送受電技術のアウトカム目標について、短期目標を達成したことは肯定的に評価することができる。この成功により、内閣府予算のマイクロ波無線電力伝送の超長距離実証プロジェクトへと繋がった。(鈴木委員)
- アウトカム、アウトプット共に、設定した目標を達成しており、コロナ禍の事情は考慮したうえで、優れた成果を得たと考える。特に長距離送電実証の成果報道は、注目された。(浜田委員)
- 短期アウトカムの設定は適切であり、パネルの軽量化にさらなる改良の余地を残すものの、それ以外の項目はおおむね達成されている。特に長距離マイクロ波無線電力伝送実験の成功は、本事業の技術的進展を象徴する成果であり、今後の展開に大きな期待が寄せられる。継続的な研究費の投入を背景に、アウトプット目標の実現に向けて期待したい。(竹山委員)
- 本事業におけるアウトカムは、宇宙太陽光発電システム (SSPS) の実用化を通じたエネルギー供給への貢献および CO₂ 排出削減と整理されており、長期的な社会的インパクトを明確に意識した目標設定がなされている。長期的なアウトカムに向けて SSPS 実用化に必要な技術的アウトプットを明確に設定し、研究開発を進めてきたと判断できる。具体的には、送電部の総合効率向上、発電電一体型パネルの軽量化、ならびにキロメートル級の長距離無線送電実証といった技術性能および技術成立性を確認するためのアウトプット目標が設定されており、これらは達成されていると判断できる。特に、航空機を用いた移動体からの長距離無線送電実証は、固定地上系に比べて条件の厳しい環境下で実施されており、将来の宇宙実証を見据えた実環境に近い形での技術的アウトプットとして評価できる。総合的に、経済産業省が掲げる宇宙産業政策において、SSPS が将来の宇宙インフラおよび地球規模課題への対応技術として位置付けられている点を踏まえると、本事業が目指すアウトカムの方向性、及びアウトプット目標の設定は政策的にも妥当であると評価できる。(三宅委員)
- 「宇宙太陽光発電システム」(SSPS) を 2050 年までに実現することを想定し、2023 年までのアウトカム目標を設定したが、一部コロナ禍の影響に対応し目標達成期限を 2024 年に延長して研究開発を進めた点は、外部環境の変化に対応したアウトカム指標の見直しをしたと評価できる。(上條委員)
- 2024 年までの 11 年間で、宇宙太陽光発電システムの実現に必要な送電部の総合効率改善に向けた研究開発等を実施し、目標である総合効率(供給電力と送電出力電力の比)60%を達成するとともに、テザー型 SSPS キー技術である発電電一体型パネルの開発を進め、かつ長距離送電の実証に係る研究開発では、世界初・世界最長距離でのマイクロ波無線電力伝送に成功したことから、費用対効果の面でも優れた成果を得たと評価できる。送受電系の高効率化や小型軽量化の技術はワイヤレス給電等の用途展開への活用も期待される点が優れている。(上條委員)
- アウトプット目標及び達成状況においても、2018 年度の間目標、2024 年度の最終目標をいずれも達成し、所定の目標を達成できた点が優れている。発電電一体型パネルの開発、送電部の変換効率 60%の実現、長距離送電の実証を実施できた点で優れていると評価できる。また、マイクロ波無線送電技術の様々な用途への応用可能性、ビジネス化を検討できた点も評価できる。(上條委員)
- 学生への人材育成、教育面でも本事業が役割を果たし、アウトリーチに繋がっている点が評価できる。(上條委員)

【問題点・改善点・今後への提言】

- アウトカム短期目標がアウトプット目標とほぼ同じ要素技術開発になっており、アウトカムとして示すべきシステム成立の展望が読み取れない。(秋澤委員)
- アウトプット目標として技術のスピノフが位置づけられているが、展示会や研究会の開催に留まっている。スピノフの観点からの評価指標が必要ではないか。(秋澤委員)
- 本事業でロードマップが改定されたが、宇宙太陽光発電を究極のアウトカムとしてみた場合、その成立可能性が何時の時点で判断できるのかは依然としてあいまいなままである(ロードマップの問題点として前述)。また、アウトプット目標として「④マイクロ波無線層受電技術のスピノフ」に示されている「～取り組みを実施する」という表現は、アウトプット目標としては不適切であった(どのような小さな取り組みでも「実施」さえすれば目標達成となってしまうため)。(鈴木委員)
- 相当の技術要素があったはずであるが、知財出願が少ない。知財戦略にも記載したが、そもそも論文で技術は公開、ノウハウは非公開という単純な想定ではなく、今後、国際競争や協力、防衛的な視点からも、国際的な特許を活かすという視点が必要である。(浜田委員)
- 事業成果の普及啓発活動は積極的に行われているが、今後は中高生層を対象としたアウトリーチ活動にも取り組み、将来的な専門人材の育成(人材の芽の醸成)にも注力すべきである。また、外部発信の取り組みについては、実施して終わりにせず、アンケート調査等を通じて客観的な効果測定を行うことが重要である。参加者からのフィードバックを集約・分析することで、「発信側の自己満足」に陥ることを防ぎ、次段階のアウトリーチ戦略の改善へと繋げていくことを期待する。(竹山委員)
- 当該アウトカムは2050年頃の実用化を想定する長期的な目標であり、本事業期間中においては、社会実装やエネルギー供給システムとしての成立性が直接的に確認された段階には至っていない。例えば、発電単価、システム全体の規模、打上げコスト、電力市場への組込み方法等、アウトカム達成に不可欠となる社会的・経済的条件については、定量的に整理されているとは言い難い。現段階では、ある意味基盤技術の成立性に重きを置いている点は理解できるため、今後の研究開発の展開においては、本事業で獲得した技術的成果を前提として、アウトカム達成に向けた条件整理(制度、経済性、安全性、社会受容性等)を明確化し、技術開発と社会実装との間をつなぐロードマップを具体化していくことが望まれる。長距離無線送電実証に関しては、送電距離やビーム制御技術の成立性は示された一方で、送受電電力の規模や、空間伝送を含めた総合エネルギー効率については、比較可能な形での定量的整理が限定的であるため、明示されることが望ましい。今後は、個別アウトプットの達成にとどまらず、それらが長期的アウトカムであるSSPS実用化によって得られる未来に対してどのように寄与するのかを明確に示すため、システム全体を見据えた評価指標の設定や整理が求められる。(三宅委員)
- 論文数、学会等発表数、特許出願数についても一定のアウトプットが達成されている点は優れているが、本事業の技術分野につき、海外においても急速に技術開発が進んでいるものと思われるので、国際標準化の動向や他国での研究開発動向、特許出願動向などのベンチマークが必要ではないか。(上條委員)

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- 成果創出に繋がっているとおり、適切なマネジメントが行われたと考える。モチベーションの向上にも工夫されており、次のステージに繋げていただきたい。(浜田委員)
- JSS のマネジメントのもと、計画研究の見直しを含めた適切な調整・推進が行われていると評価できる。また、定期的な評価の実施により進捗管理も徹底されており、研究実施体制に特段の問題は認められない。(竹山委員)
- 本事業では、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構（JSS）を中心とした実施体制の下、大学、研究機関、民間企業がそれぞれの専門性を活かして役割分担を行う体制が構築されていた。また、無線送電技術委員会を設置し、外部有識者による助言・評価を受けながら研究開発を進める仕組みが整えられており、長期間にわたる事業においても、研究開発の方向性や成果の妥当性を確認する体制が機能していた点は評価できる。さらに、長距離無線送電実証においては、航空機運用を含む複数機関が関与する体制が構築され、技術的に難易度の高い実証を実施できたことは、実施体制の調整力・運営能力の観点からも高く評価できる。(三宅委員)
- 経産省、JSS、JAXA (SSPS チーム) が連携協力し、さらに再委託先として JAXA (宇宙科学研究所) 大学、外注先として民間企業という、産官学の力を結集した実施体制が構築され、研究データの管理や利活用も JSS のもとマネジメントされている点が評価できる。(上條委員)
- 進捗管理も研究開発項目に沿って、JSS のマネジメントのもと進捗管理が実施されている点も評価できる。また、コロナ禍により事業期間の延長を余儀なくされたが、その期間を活用し、発電電パネルの実物大試作評価やマイクロ波ビーム評価手法の確立を行う等、工夫をした点が優れている。(上條委員)
- 本事業における研究開発の継続、中止の判断においては継続審査を行い、有識者からなる技術委員会で事業進捗や実施計画を評価したり、第三者専門家や経産省宇宙産業課で構成された第三者委員会により事業継続審査を実施した点は評価できる。(上條委員)

【問題点・改善点・今後への提言】

- 約 20 年前に経済性評価が行われた以降再評価がされたのか、PV 技術が進んだ状況で経済性評価や LCA 評価を行い、開発目標を見直す必要があったと思われる。(秋澤委員)
- 本事業は、実質的に同一の主受託者が主導する体制で 12 年間にわたって継続された。それにより技術的な連続性が確保され、人材育成にも貢献した半面、単一の技術体系にロックインされ、多様なオプションやシナリオの探索に制約がかかった可能性がある。今後は、特定技術のオーバーシュートの可能性に留意しつつ、適切な時期に国際協力を含めた事業主体の検討等も行い、SSPS の事業としての成立可能性の検討を幅広く行っていく必要があるものと考えられる。(鈴木委員)
- スピンオフについて報告されているが、具体的な成果に繋がったようには見えない。宇宙との送電のみならず、地上においても送電技術は極めて有用である。長期間にわたる極めて難易度の高い研究開発を支えるためには、少し手前の実用化技術を積み重ねることも重要である。より広範な議論ができるしくみを考えることも必要ではないか。(浜田委員)
- 個別技術の成果が次段階事業や将来の民間主導フェーズへどのように引き継がれていくのかについ

て、実施体制上の整理は既に行われているようであるが、明確な説明がされているとは言い難い。特に、事業終了の新たな事業と展開においてどのような機関がかかわっていくのかを明示すべきであり、次のフェーズでは研究成果を社会実装段階へ移行させることが必要不可欠になっていくと考えられるため、整理・明示されることが好ましい。(三宅委員)

- 論文や学会発表、特許出願等も行われており一定の成果が出て、アウトリーチされているが、本事業の研究開発分野において競争も激しくなっていると想定されるので、海外の研究開発動向、特許出願動向や国際標準化動向はベンチマークする体制を取ることが望ましいと思料する(上條委員)

3. 評価コメントに対する対処方針

(1) 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
<ul style="list-style-type: none"> ● 地上での大規模 PV の経済性が近年大幅に高まっている現在、SSPS の実効性があるのか疑問である。(秋澤委員) 	宇宙太陽光発電システム(SSPS)の実現性・実効性については、評価対象の本事業とあわせて現在進めている内閣府の事業、輸送系・推進系の研究開発成果、社会的必要性や経済性を踏まえながら判断していきたいと考えております。
<ul style="list-style-type: none"> ● 方向性は良いが、どのレベルまで実現が可能かは現時点ではまだ何とも言いえない、難易度の高いテーマである。(浜田委員) 	
<ul style="list-style-type: none"> ● 本事業で生み出された知的財産を別分野での活用する方策を考えるべきではないか。(秋澤委員) 	本事業内や関連事業において、本事業で生み出された知的財産の別分野での活用を目指したスピンオフ活動を実施しており、特に地上でのワイヤレス送電の分野にて知的財産の活用の可能性が出てきました。引き続き早期の活用に向けて知財戦略を検討してまいります。
<ul style="list-style-type: none"> ● 知財戦略については、国際的な協力や標準化を念頭に何を強みとすることができるか、具体的に戦略プランを策定すべきではないかと考える。結果として知財を獲得する方向に意識があまり向いていなかったのではないかと印象を受ける。(浜田委員) 	ご指摘のとおり、宇宙太陽光発電システムの実現に向けては近年国際競争が激化しており、日本の優位性を維持していくためには、海外における研究開発動向を把握するとともに、研究開発中の技術には、特許出願の非公開に関する制度(秘密特許)の特定技術分野に該当する可能性があるものも含まれることから、知財について具体的な戦略プランの検討を進めていくことが重要だと考えております。
<ul style="list-style-type: none"> ● 無線送電技術が将来的に国際展開や国際協調を前提とする技術であることを踏まえると、どの技術領域について国際標準化を目指すのか、あるいは標準化とは距離を置き独自技術として競争力を確保するのかといった点について、事業期間中の戦略的整理は必ずしも明確ではない。今後は、以下について事業フェーズの進展に応じて明確化を図り、研究 	現在、国際電気通信連合において電波による無線電力伝送の国際ルール化並びに国際標準化が議論されていると認識しており、こちらの議論も踏まえ、今後ロードマップの見直しを行う際には、知的財産・標準化戦略についても、併せて検討して

<p>開発成果が円滑に社会実装・事業化へと接続されるよう、知的財産・標準化戦略をより体系的に整理することが望まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究開発終了後を含めた知的財産の扱い ・国際標準や国際ルール形成についての方針（三宅委員） 	<p>まいります。</p> <p>また、研究開発で得られた成果を将来の社会実装段階へ移行させていくためにも、社会実装の担い手として望ましい役割分担や研究開発体制、知財の取扱いを含め適切な事業主体のあり方について引き続き検討を進めてまいります。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 本事業では規格や標準の策定はしない、との方針が示されている一方で、非競争領域で公開可能な研究開発成果は標準化を推進との方針も示されており、知財・標準化戦略に対する道筋に一貫性がない部分が見られたので、今後は研究開発テーマの内容に対応した国際標準化動向や海外における開発動向の実態も把握しながら、方針を検討していくことが望ましい。（上條委員） 	
<ul style="list-style-type: none"> ● 事業終了後を含めた知的財産の取扱いや、次段階事業あるいは民間主導による事業化フェーズへの移行を見据えた権利・義務の整理については、評価資料上で十分に明示されているとは言い難い。（三宅委員） 	
<ul style="list-style-type: none"> ● 高出力のマイクロ波ビーム形成・制御技術は、軍事技術としての側面を有する可能性があるため、経済安全保障上の知財マネジメント（秘密特許等）が求められるはずであるが、その体制は明記されていない。（鈴木委員） 	
<ul style="list-style-type: none"> ● 提示されたロードマップでは、SSPSにおける最も大きな課題である低軌道までの打ち上げ能力の目標や実現方法について言及されていない。また、電力系技術について、マイクロ波送電技術を前提とした発送電一体型モジュールのみを取り上げており、技術的にロックインしてしまっている印象がある。現段階では複数の選択肢を示し、技術選択の時期や条件を設定するのが、本来の All Japan を前提としたロードマップの役割ではなかったか。（鈴木委員） 	<p>宇宙太陽光発電システムの開発においては、経済産業省が電力系、JAXA が構造系及び推進系の技術開発を実施しております。経済産業省が策定した本ロードマップにおいては、輸送に関してはターゲットとせず、無線送電について特化したものとなっております。輸送に関しては、JAXA における検討状況、海外含めた技術進展の状況を考慮し、ロードマップに反映してまいります。</p> <p>また、2017 年のロードマップ改定時には、予算や人員、検討期間を考慮し、USEF2006 モデルをベースに技術進捗を踏まえたロードマップの見直しをメインとし、この時点ではシステム自体は見</p>

	<p>直さないことといたしました。</p> <p>今後ロードマップの見直しを行う際には、ご指摘のとおり現在の技術体系にロックインすることなく、SSPS モデルや技術体系の見直しも含めて、将来的な宇宙太陽光発電システムの実現に向けた検討を行っていきたいと考えております。</p>
--	--

(2) 目標及び達成状況

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
<ul style="list-style-type: none"> ● 本事業でロードマップが改定されたが、宇宙太陽光発電を究極のアウトカムとしてみた場合、その成立可能性が何時の時点で判断できるのかは依然としてあいまいなままである（ロードマップの問題点として前述）。（鈴木委員） 	<p>現時点では 2050 年の実用化を目指していますが、本事業や関連事業の成果も踏まえて実用化の見通しを具体化していきます。本事業においては宇宙太陽光発電システムロードマップにおける電力系技術開発のうち 2023 年頃目途の開発目標を達成したことから、今後は、本事業で獲得した技術を活用して現在実施中の無線送電技術開発事業で実施予定の地球低軌道から地上への超長距離無線伝送技術実証を踏まえ、実現性及び実用化の判断を行っていきたいと考えています。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● アウトカム短期目標がアウトプット目標とほぼ同じ要素技術開発になっており、アウトカムとして示すべきシステム成立の展望が読み取れない。（秋澤委員） 	<p>また、目標設定については、今後のロードマップ見直しの機会等において、ご指摘いただいたような、究極のアウトカムである宇宙太陽光発電システムの構築に向けての展望・道筋が読み取れるような、適切な目標設定となるよう努めてまいります。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 当該アウトカムは 2050 年頃の実用化を想定する長期的な目標であり、本事業期間中においては社会実装やエネルギー供給システムとしての成立性が直接的に確認された段階には至っていない。例えば、発電単価、システム全体の規模、打上げコスト、電力市場への組み込み方法等、アウトカム達成に不可欠となる社会的・経済的条件については、定量的に整理されているとは言い難い。現段階では、ある意味基盤技術の成立性に重きを置いている点は理解できるため、今後の研究開発の展開においては、本事業で獲得した技術的成果を前提として、アウトカム達成に向けた条件整 	<p>ご指摘のとおり、アウトカム達成に向けた条件整理（制度、経済性、安全性、社会受容性等）を明確化し、技術開発と社会実装との間をつなぐことが重要だと認識しており、評価対象の本事業とあわせて現在進めている内閣府の事業、輸送系・推進系の研究開発成果、社会的必要性や経済性を踏まえながら、ロードマップの具体化を進めてまいります。</p> <p>また、システム全体を見据えた評価指標の設定や整理に関しましても、前述のロードマップの具体化と併せて進めて行ければと考えております。</p>

<p>理（制度、経済性、安全性、社会受容性等）を明確化し、技術開発と社会実装との間をつなぐロードマップを具体化していくことが望まれる。長距離無線送電実証に関しては、送電距離やビーム制御技術の成立性は示された一方で、送受電電力の規模や、空間伝送を含めた総合エネルギー効率については、比較可能な形での定量的整理が限定的であるため、明示されることが望ましい。今後は、個別アウトプットの達成にとどまらず、それらが長期的アウトカムである SSPS 実用化によって得られる未来に対してどのように寄与するのかを明確に示すため、システム全体を見据えた評価指標の設定や整理が求められる。（三宅委員）</p>	
<p>● アウトプット目標として技術のスピノフが位置づけられているが、展示会や研究会の開催に留まっている。スピノフの観点からの評価指標が必要ではないか。（秋澤委員）</p>	<p>マイクロ波無線送受電技術のスピノフについては、マイクロ波無線送受電技術ビジネス化研究会の開催を通して、地上間無線送電、ドローンなど移動体への送電、基地局から携帯機器へのスポット送電等の応用可能性を検討しました。今後、スピノフについてアウトプット目標を設定する場合は、論文件数や事業化件数など具体的な指標となるよう検討してまいります。</p>
<p>● アウトプット目標として「④マイクロ波無線層受電技術のスピノフ」に示されている「～取り組みを実施する」という表現は、アウトプット目標としては不適切であった（どのような小さな取り組みでも「実施」さえすれば目標達成となってしまうため）。（鈴木委員）</p>	
<p>● 事業成果の普及啓発活動は積極的に行われているが、今後は中高生層を対象としたアウトリーチ活動にも取り組み、将来的な専門人材の育成（人材の芽の醸成）にも注力すべきである。また、外部発信の取り組みについては、実施して終わりにせず、アンケート調査等を通じて客観的な効果測定を行うことが重要である。参加者からのフィードバックを集約・分析することで、「発信側の自己満足」に陥ることを防ぎ、次段階のアウトリーチ戦略の改善へと繋げていくことを期待する。（竹山委員）</p>	<p>実証実験の様子や研究者のインタビュー等の動画や講演を通じて、中高生も含め幅広い人材にリーチできるよう宇宙太陽光発電システムについて引き続き普及活動を行っていきます。また、講演で得られた参加者からのフィードバックについても引き続き分析を行い、効果的な普及活動に繋げていきたいと考えております。</p>

<ul style="list-style-type: none"> ● 相当の技術要素があったはずであるが、知財出願が少ない。知財戦略にも記載したが、そもそも論文で技術は公開、ノウハウは非公開という単純な想定ではなく、今後、国際競争や協力、防衛的な視点からも、国際的な特許を活かすという視点が必要である。(浜田委員) 	<p>ご指摘のとおり、本事業、関連事業で開発した又は開発中の技術に関して、知財出願について継続的に検討するとともに、国内だけではなく国際的な特許を用いた知財・標準化戦略についても併せて検討を実施してまいります。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 論文数、学会等発表数、特許出願数についても一定のアウトプットが達成されている点は優れているが、本事業の技術分野につき、海外においても急速に技術開発が進んでいるものと思われるので、国際標準化の動向や他国での研究開発動向、特許出願動向などのベンチマークが必要ではないか。(上條委員) 	<p>ご指摘のとおり、本事業の分野において近年国際競争が激化していることを踏まえ、引き続き海外の研究開発動向を注視するとともに、特許出願動向や国際標準化動向についてもベンチマークする体制を取っていきたいと考えております。</p>

(3) マネジメント

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
<ul style="list-style-type: none"> ● 約 20 年前に経済性評価が行われた以降再評価がされたのか、PV 技術が進んだ状況で経済性評価や LCA 評価を行い、開発目標を見直す必要があったと思われる。(秋澤委員) 	<p>ご指摘のとおり宇宙太陽光発電システムの実効性や経済性について適切な段階で評価を行うことが重要だと認識しており、評価対象の本事業とあわせて現在進めている内閣府の事業、輸送系・推進系の研究開発成果を踏まえながら実効性や経済性について判断していきたいと考えております。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● スピンオフについて報告されているが、具体的な成果に繋がったようには見えない。宇宙との送受電のみならず、地上においても送受電技術は極めて有用である。長期間にわたる極めて難易度の高い研究開発を支えるためには、少し手前の実用化技術を積み重ねることも重要である。より広範な議論ができるしくみを考えることも必要ではないか。(浜田委員) 	<p>マイクロ波無線送受電技術のスピノフについては、マイクロ波無線送受電技術ビジネス化研究会の開催を通して、地上間無線送電、ドローンなど移動体への送電、基地局から携帯機器へのスポット送電等の応用可能性を検討しました。ご指摘のとおり、無線送受電技術は宇宙分野に限らず地上でも高い有用性を持つと認識しており、長期的な研究開発を支えるためにも、本事業での検討も踏まえ、他産業への転用を積極的に促すべく、広範な議論ができる仕組みを考えてまいります。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 本事業は、実質的に同一の主受託者が主導する体制で 12 年間にわたって継続された。それにより技術的な連続性が確保され、人材育成にも貢献した半面、単一の技術体系にロッ 	<p>今後ロードマップの見直しを行う際には、ご指摘のとおり現在の技術体系にロックインすることなく、SSPS モデルや技術体系の見直しも含めて、将来的な宇宙太陽光発電システムの実現に向けた</p>

<p>クインされ、多様なオプションやシナリオの探索に制約がかかった可能性がある。今後は、特定技術のオーバーシュートの可能性に留意しつつ、適切な時期に国際協力を含めた事業主体の検討等も行い、SSPSの事業としての成立可能性の検討を幅広く行っていく必要があるものと考えられる。(鈴木委員)</p>	<p>検討を行っていきたいと考えております。</p>
<p>● 個別技術の成果が次段階事業や将来の民間主導フェーズへどのように引き継がれていくのかについて、実施体制上の整理は既に行われているようであるが、明確な説明がされているとは言い難い。特に、事業終了の新たな事業と展開においてどのような機関がかかわっていくのかを明示すべきであり、次のフェーズでは研究成果を社会実装段階へ移行させることが必要不可欠になっていくと考えられるため、整理・明示されることが好ましい。 (三宅委員)</p>	<p>関連事業である内閣府宇宙開発利用推進費・無線送電技術開発においては、本事業と同様に一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構が受託者として事業のマネジメントを行っております。研究開発成果を将来の社会実装段階へ移行させるためにも、引き続き適切な事業主体の検討を進めてまいります。</p>
<p>● 論文や学会発表、特許出願等も行われており一定の成果が出て、アウトリーチされているが、本事業の研究開発分野において競争も激しくなっていると想定されるので、海外の研究開発動向、特許出願動向や国際標準化動向はベンチマークする体制を取ることが望ましいと思料する。(上條委員)</p>	<p>ご指摘のとおり、本事業の分野において近年国際競争が激化していることを踏まえ、引き続き海外の研究開発動向を注視するとともに、特許出願動向や国際標準化動向についてもベンチマークする体制を取っていきたいと考えております。</p>

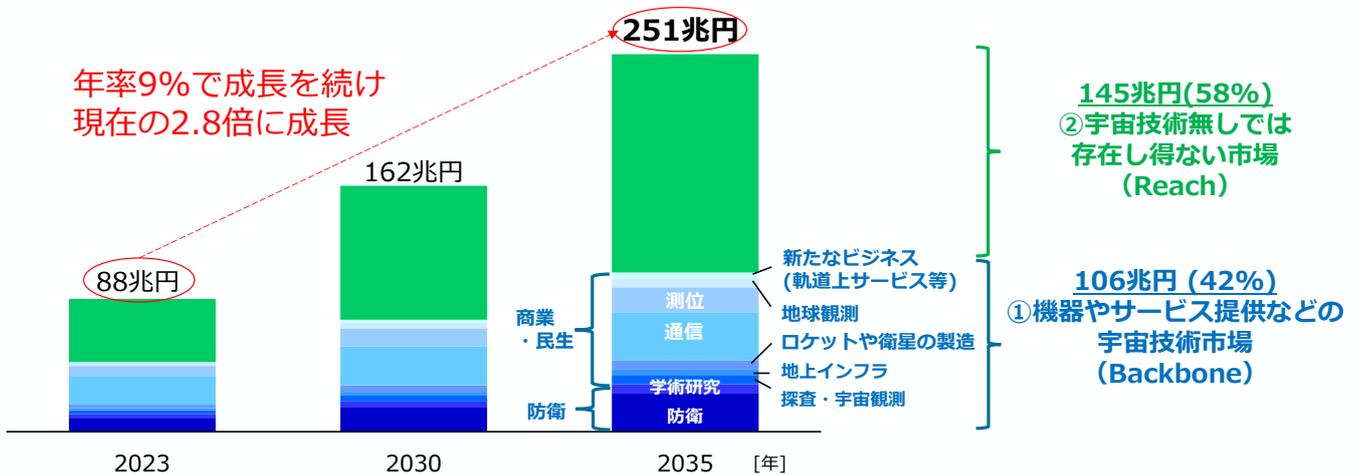
第2章 評価対象事業に係る資料

宇宙産業政策について

0

世界の宇宙産業の市場成長

- World Economic Forumによれば、世界の宇宙市場は年率9%で成長を続け、2035年には現在の2.8倍に達する。この成長率は、世界のGDP成長率（5%）の2倍、半導体産業の成長率（6~8%）と同等の水準。
- ①機器やサービス提供などの宇宙技術市場（Backbone）と、②宇宙技術無しでは存在し得ない市場（Reach）が存在し、それぞれが成長すると見込まれている。



出所：World Economic Forum『Space: The \$1.8 Trillion Opportunity for Global Economic Growth』（2024）を基に経済産業省にて作成。1ドル=140円として算出。

1

経済産業省の基本的な取組方針

- 経済産業省としては、①暮らし・産業・安全保障を支える**国として必要な「宇宙インフラの構築」**、②これを支える産業基盤を実現するために社会課題解決を通じた**「宇宙市場の獲得・拡大」**を基本方針とする。
- その上で、①産業構造・サプライチェーンが**これまでの限られた官需への対応に最適化された縮小均衡**となっている、②**民需・外需を狙う民間企業のイノベーション力**を生かしきれていない、などの本質的な課題解決に取り組む。

国として必要な宇宙インフラの構築

- 安全保障上及び経済安全保障上、宇宙システムがその役割を増している。
- 必要な宇宙活動を自前で行うことができる能力を保持すべく、宇宙技術戦略を踏まえ、重要技術の国産化を進める。



安全保障のための宇宙アーキテクチャ（宇宙安全保障構想 抜粋）

宇宙市場の獲得・拡大

- 民間事業者による技術革新・商業化を支援。
- 新市場開拓支援、市場参入促進支援、衛星データ利用ビジネスの促進、海外展開支援、ルール・ガイドライン整備、人材育成等を推進。
- 日本の宇宙産業の市場規模を、2020年に4.0兆円から2030年代早期に2倍の8.0兆円することを目標とする。



宇宙基本計画の概要

2023年6月

- 人類の活動領域が本格的に宇宙空間に拡大するとともに、宇宙システムが地上システムと一体となって、地球上の様々な課題の解決に貢献し、より豊かな経済・社会活動を実現。また、安全保障環境が複雑で厳しいものになる中、宇宙空間の利用が加速。
- こうした宇宙空間というフロンティアにおける活動を通じてもたらされる経済・社会の変革（スペース・トランスフォーメーション）が世界的なうねりとなっている中、我が国の**宇宙活動の自立性を維持・強化し、世界をリード**していくことが必要。この実現のため、宇宙基本計画を改定。
- 関係省庁・官民の連携を図りつつ、予算を含む資源を十分に確保し、これを効果的かつ効率的に活用して、政府を挙げて宇宙政策を強化。

目標と将来像

- 宇宙安全保障の確保**
 - 宇宙からの安全保障：情報収集衛星や衛星コンステレーションによる情報収集等
 - 宇宙における安全保障：宇宙領域把握（SDA）体制の構築等
 - 宇宙安全保障と宇宙産業の発展の好循環
- 国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現**
 - 通信：陸海空と宇宙がシームレスに繋がる
 - リモートセンシング：発災後、早期の被災状況確認による迅速な災害対応等を実現等
 - 衛星測位：準天頂衛星の3rd軌道位による自動化・無人化で労働力不足解決に貢献
- 宇宙科学・探査における新たな知と産業の創造**
 - 生命の可能性等の人類共通の知を創出し、月以遠の深宇宙に人類の活動領域を拡大
 - 月面探査・地球低軌道活動における産業振興を通じて、段階的に民間商業活動を発展
 - 次世代人材育成と国際プレゼンス向上
- 宇宙活動を支える総合的基盤の強化**
 - 他国に依存することなく宇宙へのアクセスを確保し、自立的な宇宙活動を実現
 - 衛星運用状況等の情報共有が進展し、スペースデブリの数が一定程度まで管理される
 - 技術・産業・人材基盤の確立

宇宙産業を日本経済における成長産業とするため、その市場規模を、2020年に4.0兆円から2030年代早期に2倍の8.0兆円に。

- 安全保障や宇宙科学・探査等のミッションへの実装や商業化を見据えた政策**
 - 国際的規範・ルール作り、我が国強み活かした協力等
- 宇宙技術戦略に基づく技術開発の強化**
 - 安保・民生分野横断的に検討、サプライチェーンも強化
- 同盟国・同志国との国際連携の強化**
 - 国際的規範・ルール作り、我が国強み活かした協力等
- 国際競争力を持つ企業の戦略的育成・支援**
 - 国際市場で勝ち残る意志と技術等がある企業を重点支援
- 宇宙開発の中核機関たるJAXAの役割・機能の強化**
 - JAXAの戦略的かつ弾力的な資金供給機能を強化、産官官の結節点に
- 人材・資金等の資源の効果的・効率的な活用**
 - 工程表・宇宙技術戦略で資源を効果的・効率的に活用

<p>(1) 宇宙安全保障の確保</p> <p>(a) 宇宙安全保障のための宇宙システム利用の抜本的拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> 衛星コンステレーションの構築や情報収集衛星の機能強化（10機体制が目指す能力早期達成） 安全保障用通信衛星の多層化（耐傍受性・耐妨害性のある防衛用通信衛星の確保等） 衛星コンステに必要共通技術の確立 衛星測位機能の強化 ミサイル防衛用宇宙システムに必要な技術の確立（HGVの対処能力の向上のための技術実証等） 海洋状況把握等 <p>(b) 宇宙空間の安全かつ安定的な利用の確保</p> <ul style="list-style-type: none"> 宇宙システム全体の機能保証強化 宇宙領域把握（SDA）体制の構築 軌道上サービスを活用した衛星のライフサイクル管理 <p>(c) 安全保障と宇宙産業の発展の好循環の実現</p> <ul style="list-style-type: none"> 政府の研究開発・実装能力の向上 	<p>(2) 国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現</p> <p>(a) 次世代通信サービス</p> <ul style="list-style-type: none"> Beyond5G等次世代通信技術開発・実証 フルデジタル化通信衛星実装へ開発・実証（2025年度ETS-9打上げ） 衛星量子暗号通信の早期実現へ開発・実証 <p>(b) リモートセンシング</p> <ul style="list-style-type: none"> 7機体制の衛星強化・地球規模課題への衛星開発、運用とデータ活用促進（2029年度ひまわり10号運用開始、2024年度GOSAT-GWHT打上げ、ALOS-3喪失に対して再開発の強否を含め検討、降水レーダー衛星開発等） 衛星関連先端技術の開発・実証支援（2025年SAR衛星コンステ構築へ実証等） <p>(c) 準天頂衛星システム</p> <ul style="list-style-type: none"> 7機体制の衛星構築と11機体制に向けた検討・開発着手（準天頂衛星システムの開発・整備・運用、利活用推進） <p>(d) 衛星開発・利用基盤の拡充</p> <ul style="list-style-type: none"> 衛星データ利用拡大とサービス関連推進 衛星開発・実証プラットフォームにおけるプロジェクトの戦略的推進 宇宙機器・ソリューション海外展開強化 衛星や中小・スタートアップ企業の参入促進 衛星データ及び地理空間データプラットフォームの充実・強化 宇宙天気予報の高度化・利用拡大（ひまわり10号への宇宙環境計測センサ搭載） 宇宙太陽光発電の研究開発 	<p>(3) 宇宙科学・探査における新たな知と産業の創造</p> <p>(a) 宇宙科学・探査</p> <ul style="list-style-type: none"> 大型の海外計画参画と独創的・先鋭的技術によるユニークなミッションの創出（2024年度MMX打上げ） 火星・小惑星探査計画の検討と「月面における科学」の具体化 獲得すべき重要技術の特定と強みである技術の高度化・強みとなる最先端技術の開発・整備、フロントローディングの推進 <p>(b) 月面における持続的な有人活動</p> <ul style="list-style-type: none"> アルテミス計画の下、2020年代後半の日本人の月面着陸、持続的な月面活動の推進（環境制御・生命維持技術、補給機、有人と無人ローバ、測位通信技術、月輸送技術等） 月面開発工程の具体化に向けた構想策定と官民プラットフォームの構築 将来市場形成に向けた規範・ルールの形成 <p>(c) 地球低軌道活動</p> <ul style="list-style-type: none"> ISS長期滞在 ISSの利用促進、ニーズ拡大の推進 アルテミス計画等に必要技術の実証 ポストISSを見据えた取組 ポストISSのせりり方の検討と、その在り方に応じた必要な技術の研究開発 国際的・国内的な法的枠組みの検討 	<p>(4) 宇宙活動を支える総合的基盤の強化</p> <p>(a) 宇宙輸送</p> <ul style="list-style-type: none"> 基幹ロケットの継続的な運用と強化 民間ロケットの開発・事業支援 新たな宇宙輸送システムの構築 宇宙輸送に関わる制度環境の整備 <p>(b) 宇宙交通管理及びスペースデブリ対策</p> <ul style="list-style-type: none"> 商業デブリ除去技術の実証 軌道上サービス技術の開発・支援 国際的規範、ルール形成への参画 <p>(c) 技術・産業・人材基盤の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> 宇宙技術戦略の策定・ローリング 先端・基盤技術開発の強化（JAXA能力強化、資金供給機能強化） 商業化に向けた支援の強化（定期的宇宙実証、放射線試験機会提供、開発プロセスのDX支援等） 異業種や中小・スタートアップ企業の宇宙産業への参入促進及び事業化支援（JAXA出資・資金供給機能、SBIR制度等） 契約制度の見直し（官民の開発リスク分担の必要の見直し、連携に応じた支払手法の検討、物価・為替変動対応、民間の適正利益確保の確保等） JAXAの人的資源の拡充・強化 人材基盤の強化 <p>(d) 国際協力の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> 国際的な規範・ルール作りの推進 国民理解の推進
--	---	--	--

石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発事業

宇宙太陽光発電における無線送電技術高効率化等研究開発事業

宇宙太陽光発電における 無線送受電技術の高効率化に向けた研究開発事業 (終了時評価) 評価用資料

製造産業局宇宙産業課

事業基本情報

事業基本情報

事業名	【予算事業ID 003744】宇宙太陽光発電における無線送受電技術の高効率化に向けた研究開発事業委託費											
事業期間	2014年度～2024年度 評価時期：事前（2013年度）、中間（2015、2018、2021年度）、終了時（2025年度）											
予算額	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	総額
（予算）	2.5億円	2.5億円	2.5億円	2.5億円	2.5億円	2.5億円	2.5億円	2.5億円	3.5億円	3.5億円	4.1億円	31.1億円
（実績）	2.48億円	2.49億円	2.49億円	2.49億円	2.5億円	2.5億円	2.5億円	0億円	2.46億円	3.5億円	6.33億円	29.74億円
実施体制	経済産業省 → 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構（JSS）（委託）											
事業目的 事業概要 等	<p>事業目的： 将来の新エネルギーシステムとして、天候に左右されず電力の計画的供給が可能な宇宙太陽光発電システム（SSPS：Space Solar Power System）の実現が期待されており、これまで、我が国はもちろん、海外においても様々な検討や技術開発が行われてきた。</p> <p>事業概要：宇宙太陽光発電システムの中核的技術であるマイクロ波無線送受電技術に係る研究開発を実施し、当該技術の高度化を目指す。</p> <p>事業概要：SSPSの中核となるマイクロ波無線送受電技術の高度化に向け、以下の取組を行う。 ①発送電一体型パネルの開発、②送電部の高効率化、③長距離（上空数km地点－地上間）送電の実証、④マイクロ波無線送受電技術のスピンオフ（展示会への出展、ビジネス化に向けた研究会の開催等） このうち①及び②は2023年度まで、③及び④は2024年度まで実施。</p> <p>政策評価： 産構審政策評価政策テーマ4 ①DX、GX、経済安全保障を軸とした製造業のグローバル競争力強化と関連している。</p>											

6

事業の背景・目的

- 我が国は、地球温暖化対策のため、世界全体での1.5℃目標と総合的で、**2050年ネット・ゼロの実現に向けた直線的な経路にある野心的な目標として、温室効果ガスを2013年度からそれぞれ2035年度に60%、2040年度に73%削減することを目指している。**
- 大幅な排出削減は、従来の取組の延長では実現が困難であることから、抜本的排出削減を可能とする革新的技術の開発・普及などイノベーションによる解決を最大限追求することが必要。**
- 再生可能エネルギーの一つである太陽光発電は、発電時にCO₂を排出しないクリーンエネルギーであり、かつ資源制約が少ない国産エネルギーであることから、削減目標の達成に向けて主力電源化が期待されているものの、昼夜や天候により発電量が大きく変動することや大量導入には広大な土地を必要とするといった課題がある。**



太陽光発電に係る課題解決策の一つとなる、**天候に左右されない電力の安定供給が可能である宇宙太陽光発電システム（SSPS）の実現に向けて、宇宙太陽光発電システムの中核的技術であるマイクロ波無線送受電技術に係る研究開発を実施し、当該技術の高度化を目指す。**

7

政策・施策における位置づけ①

- エネルギー基本計画において、カーボンニュートラル実現に向け、宇宙太陽光発電を中長期的に取り組むべき技術開発と位置づけ。

エネルギー基本計画（2014年4月閣議決定）

第4章 戦略的な技術開発の推進（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を講ずべきエネルギーに関する技術及び施策）

2. 取り組むべき技術課題

（略）無線送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。**

第6次エネルギー基本計画（2021年10月閣議決定）

4. 2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応

（3）電力部門に求められる取組

①再生可能エネルギーにおける対応

（略）無線送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）について**、エネルギー供給源としての位置付け、経済合理性、他産業への波及等を総合的かつ不断に評価しつつ、**地上実証フェーズから宇宙実証フェーズへの移行の検討も含め、研究開発・実証を着実に進める。**

第7次エネルギー基本計画（2025年7月閣議決定）

VI. カーボンニュートラル実現に向けたイノベーション

2. 各論

（1）再生可能エネルギー

国産再生可能エネルギーの普及拡大を図り、技術自給率の向上を図ることは、2050年カーボンニュートラルの実現等に向けた排出削減と我が国の産業競争力の強化に資するものである。このため、次世代再生可能エネルギー技術の開発・実証を進めていく。

（略） また、**宇宙太陽光発電システム（SSPS）の研究開発・実証を着実に進める。**

8

政策・施策における位置づけ②

- 宇宙基本計画においては、エネルギー問題の解決可能性に加え、宇宙構造物等の給電システムや月面・月軌道への応用も見据え、研究開発を促進。

宇宙基本計画（2023年6月閣議決定）

4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ

（2）国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現に向けた具体的アプローチ

（d）衛星開発・利用基盤の拡充

【宇宙太陽光発電の研究開発】

エネルギー問題、気候変動問題、環境問題等の人類が直面する地球規模課題の解決の可能性があり、また、宇宙構造物等の給電システムへの応用も期待できる**宇宙太陽光発電システムの実用化に向け、宇宙太陽光発電システム研究開発ロードマップ等に基づき、着実に取組を進める。**

その際、宇宙太陽光発電の研究開発は、IoT センサ、ドローン、ロボット等へのワイヤレス給電等、**地上の技術、月面・月軌道応用への派生も期待できることに留意する。**（文部科学省、経済産業省）

宇宙基本計画行程表（2024年12月改定）

○2025年以降の主な取組

エネルギー問題、気候変動問題、環境問題等の人類が直面する地球規模課題の解決の可能性があり、また、宇宙構造物等の給電システムへの応用も期待できる宇宙太陽光発電システムの実用化に向け、宇宙太陽光発電システム研究開発ロードマップ等に基づき、**将来の長距離大電力無線送電技術への進展を図るとともに**、宇宙輸送システムの抜本的低コスト化等を含め、**システム全体を視野に入れた総合的な取組を着実に推進する。**宇宙太陽光発電の研究開発は、IoTセンサやドローン、ロボット等へのワイヤレス給電等、地上の技術や、月面・月軌道応用への派生も期待でき、**他産業へのスピノフを旨とし、国際連携も視野に研究開発に取り組む。**

✓ 大型宇宙構造物の構築技術に関する軌道上実証を行う。

✓ 2025年度を目標に地球低軌道から地上へのエネルギー伝送の実証を旨とし研究開発を行う。

9

国が実施する意義

- 安定的な電力供給を可能とする革新的なエネルギー技術である宇宙太陽光発電は、**CO₂排出削減に貢献するのみならず、限られた国土であっても宇宙において天候を問わず安定的に発電できるため、我が国の重要な社会インフラになり得るものであり、国として戦略的な研究開発を進めることが不可欠**である。
- 宇宙太陽光発電システムの実現には、宇宙空間という特殊な環境下での使用に耐える**高度な技術と高い信頼性が求められるため、膨大な初期投資と長期的な開発期間が必須であり、民間事業者が開発段階から全ての事業リスクを負担するのは困難**である。
- さらに、これらの技術は、日本政府が進めるアルテミス計画への参画などの**月面開発プロジェクトにおいても重要**である。**月面基地の建設や長期滞在には、生命維持、通信、科学実験、資源採掘などを継続するための安定的な電力供給が必要であり**、昼夜が約14日ずつ続く月面環境では、**軌道上発電施設からの無線送電や高効率エネルギー管理技術等が有効**である。
- 加えて、宇宙空間のような極限環境に使用可能な技術・製品は、他産業分野への応用も期待される。特に、**無線送電技術は、モビリティ、医療、IoTなど幅広い分野への波及効果が見込まれる。このため、国が基盤技術の研究開発に主体的に取り組み、他産業への転用を積極的に促していくことが重要**である。

10

外部環境の状況（海外動向）

- 我が国は、特にマイクロ波無線送電技術において世界最先端の技術を有しているが、近年、欧米や中国などで宇宙太陽光発電の実現に向けた巨額の関連プロジェクトが立ち上げられ、宇宙太陽光発電の実現に向けた国際競争が激化しており、先行した実績の積み上げにより優位性を維持していくことが重要である。

国・地域	研究開発動向
米国	<ul style="list-style-type: none"> 2019年、米国空軍研究所（AFRL）が宇宙太陽光発電の重要基礎技術のデモ・研究開発を目的にSSPIDRプロジェクトを開始【予算額：約100億円】。発電電モジュールを打ち上げての宇宙実証を行う。 2023年、カリフォルニア工科大学が1億ドル以上の寄付を受け、プロジェクトを実施。
欧州	<ul style="list-style-type: none"> 2022年、欧州宇宙機関（ESA）が、2050年までの欧州の温暖化ガス排出Net Zeroとエネルギー自給の達成を目的に、欧州向け宇宙太陽光発電システム準備プログラム：SOLARIS計画を開始【予算額：未公表】。
英国	<ul style="list-style-type: none"> 2020年、英国宇宙局(UKSA)が宇宙太陽光発電に係るF S調査を実施。 2023年、英国衛星利用推進センターがUKSA資金を受け宇宙太陽光発電システムの研究開発プロジェクトを開始 2023年、Space Solar社を中心とした産官学の体制にて、CASSIOPeiA design iteration (CASSIDI)を開始。現在は、詳細設計を進めるとともに、スケールモデルによる無線電力伝送実験を実施中【予算額：約3.3億円】。
中国	<ul style="list-style-type: none"> 2022年、西安電子科学大に宇宙太陽光発電所システムプロジェクト地上検証プラットフォームを建設。宇宙太陽光発電所の機能及び効率の体系的な検証を開始【予算額：約16億円】。 今後は、2030年にメガワット級の試験的な宇宙太陽光発電所の建設開始、2050年までにギガワット級商業宇宙太陽光発電所を建設する能力の獲得を目指す。
日本	<ul style="list-style-type: none"> 2022年、地球低軌道からの送電実証試験に向けた研究開発を開始【予算額：約40億円】。2026年を目途に宇宙実証予定。 2024年、世界最長となる距離5.4kmの長距離マイクロ波無線電力伝送実験に成功（本事業）。 2025年、JAXAが宇宙空間での大型構造物展開実験モジュール（DELIGHT）を打ち上げ、2026年に実証予定。

11

宇宙太陽光発電システム（SSPS）の概要

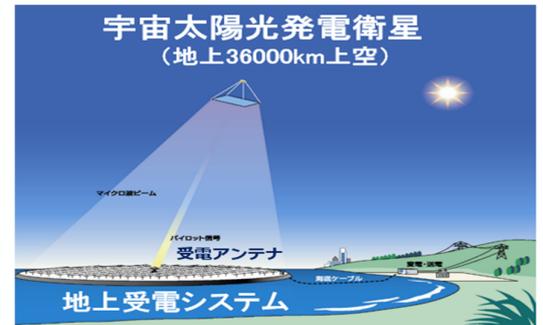
- 宇宙太陽光発電システム（SSPS：Space Solar Power System）とは、**宇宙空間に打ち上げた衛星で太陽光を利用して発電し、その電力をマイクロ波やレーザーに変換して地上へ伝送し、地上で再び電力に変換して利用**する仕組み。

主な特長

- ◎運用時に二酸化炭素を全く排出することがないため、地球環境、温暖化対策としても有効。
- ◎地上の太陽光発電と比べて、**天候に左右されない安定的な電力供給が可能**。

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



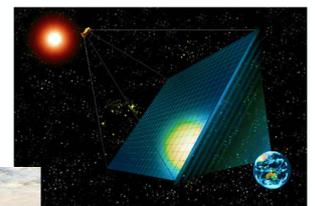
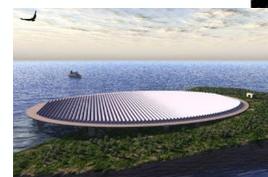
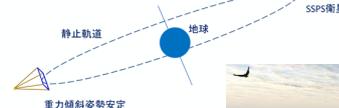
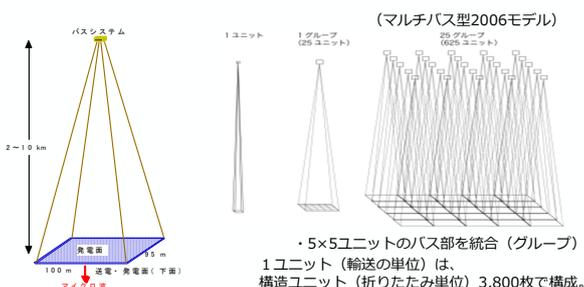
▲宇宙太陽光発電システムのイメージ

USEF2006モデル

- JSSの前身である「無人宇宙実験システム研究開発機構（USEF）」が、宇宙太陽光発電システム研究開発ロードマップの設定にあたり、目指すコンセプトモデルとして2006年に設定。
- 構成が単純でモジュール性が高く、拡張が容易であるため、様々な形態に対応できる。

設定概要：

- ◎1辺100m四方に展開したパネル部と、衛星バス部を、ひも状の構造で結合したものを1ユニットとして、これを多数並べておよそ2.5km四方の太陽電池面を持つ衛星システムを構成し、これを静止衛星軌道に浮かべる。
- ◎地上側は、長径が4kmの楕円形に受信アンテナを並べ、蓄電装置や直交流変換機を備えて、地上の幹線電力網に接続する。



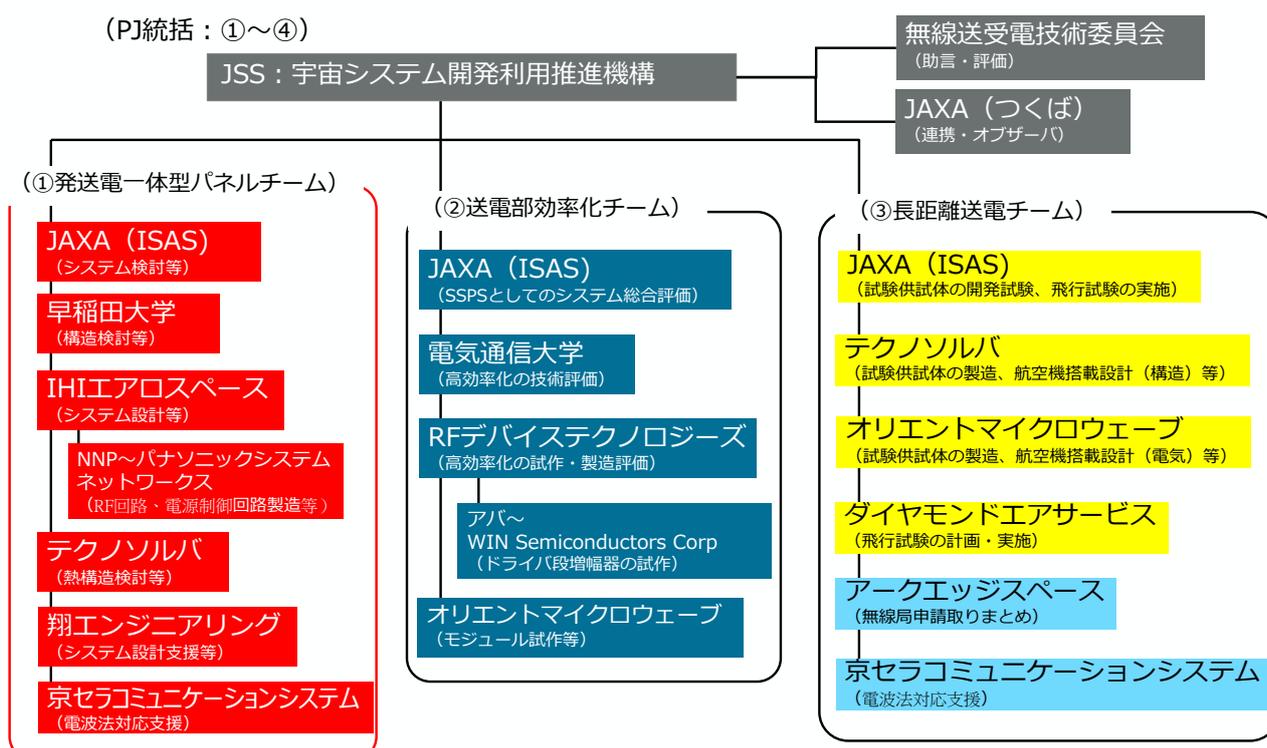
将来のSSPSイメージ
(上：発電衛星、左：受電設備)

目的達成に向けた方法

- 宇宙太陽光発電システムの実現には、大別して以下3つの技術が必要。
 - (a) 電力系技術：マイクロ波無線電力伝送に係る送電部効率向上やビーム形成制御技術
 - (b) 構造系技術：宇宙空間での大型構造物の建造、熱構造設計、姿勢制御、保守管理技術
 - (c) 推進系技術：地上から軌道上への大量打上げ技術や、軌道間輸送技術
- 本事業では、このうち(a)の技術を獲得すべく、2019年以降は以下4つの研究課題に取り組んだ。

	概要
① 送電一体型パネルの開発	SSPS研究開発のコンセプトモデルのキー技術である 送電一体型パネルの地上評価モデルを試作し、熱真空試験を含む各種試験を行い、所定の仕様性能を有することを確認 する。
② 送電部の高効率化	マイクロ波無線送受電技術の技術成熟度（TRL）を上げるため、 送電部の総合効率を改善するための試作評価 を行う。
③ 長距離送電の実証	宇宙空間から地上へのマイクロ波無線電力伝送を行う前段階として、 キロメートル級の長距離で、高精度のビーム形成技術および方向制御技術の実証 を行う。
④ マイクロ波無線送受電技術のスピノフ	マイクロ波無線送受電技術の社会認知を深めると共に、他分野での技術適用事業の立ち上げ検討を視野に、 展示会等への出展や研究会・情報交換会を開催 する。

実施体制



前回評価時の評価WGでの指摘事項と対処方針

前回評価時（2021年度）
<p>（所見）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究開発を進めていく中で明らかとなった、輸送系の改革や構造物の構築技術といった新しい課題について、今後の進め方を工夫していただきたい。 2. いつ実用化が見通せるのか、いつどういう意思決定ができるのかということについて次回以降の中間評価で示していただきたい。 <p>（対処方針）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 宇宙太陽光発電システムに関する現状や課題、研究開発の方向性について、関係府省などとも連携しつつ、国内外の動向を踏まえロードマップの見直しを進め、実用化に向けたステップについて明らかにしてまいりたい。 2. 実用化の見通し等については、次回以降の中間評価で示していく。
対処状況
<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究開発ロードマップ（2016年改定）において、開発技術を「電気系」、「構造系」、「推進系（輸送技術系）」の3種に大別した。このうち構造系（宇宙空間での大型構造物の建造技術等）は、JAXAが自身のミッションとして研究開発を進めており、今後も協力して構造モデルの具体化や実証プラントの実現などを図っていく。推進系は、地上から低軌道（高度500km前後）まで運ぶ打上げ技術と、低軌道から静止衛星軌道（高度約36,000km）まで運ぶ軌道間輸送技術に区別できる。大量の輸送が必要であり将来的な電力価格を抑えるため、打上げ技術については国内外の再使用型ロケットの技術開発動向や海外の宇宙太陽光システム研究開発機関の評価を注視し、軌道間輸送技術については我が国が物資輸送で培った技術を活かした低コスト輸送技術の適用をJAXAとともに検討していくことで、宇宙太陽光発電システムの成立性を見極めていく。 2. 現時点では2050年の実用化を目指しているが、事業を踏まえて実用化の見通しを具体化していく。本事業において宇宙太陽光発電システムロードマップにおける電力系技術開発のうち2023年頃目途の開発目標を達成した。今後は、本事業で獲得した技術を活用して現在実施中の無線送電技術開発事業（2022～2027）で実施予定の地球低軌道から地上への超長距離無線伝送技術実証を踏まえ、実現性および実用化の判断を行っていく。

16

評価項目 1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

17

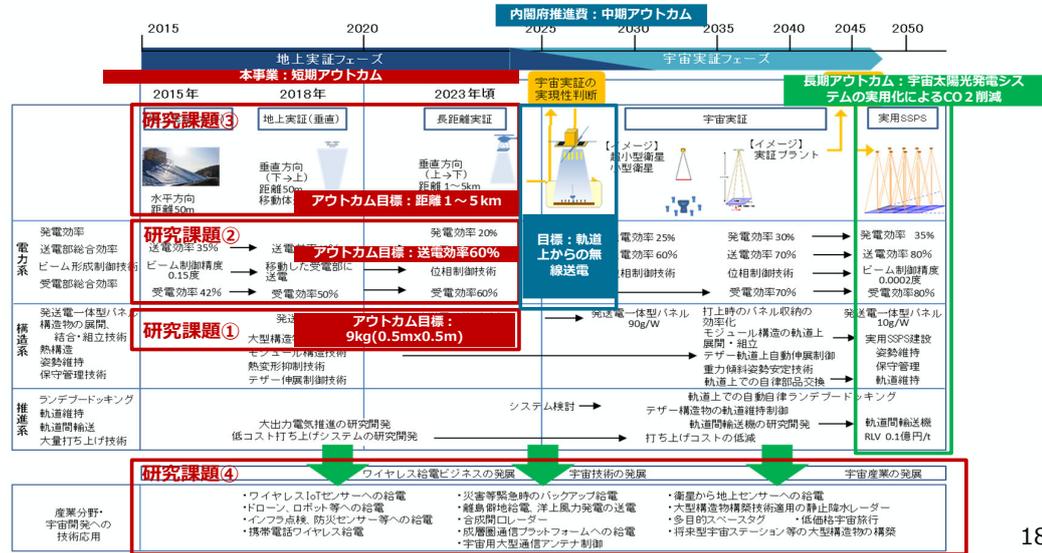
1-1. 宇宙太陽光発電システムロードマップ

- 将来にわたり着実に技術開発を進めるため、宇宙太陽光発電研究開発ロードマップを策定。
- 本事業では、2050年を目途とする宇宙太陽光発電システムの実現に向けて、ロードマップのうち電力系の技術開発を行った。※構造系および推進系の技術開発はJAXAが実施

<研究開発ロードマップ>

研究課題

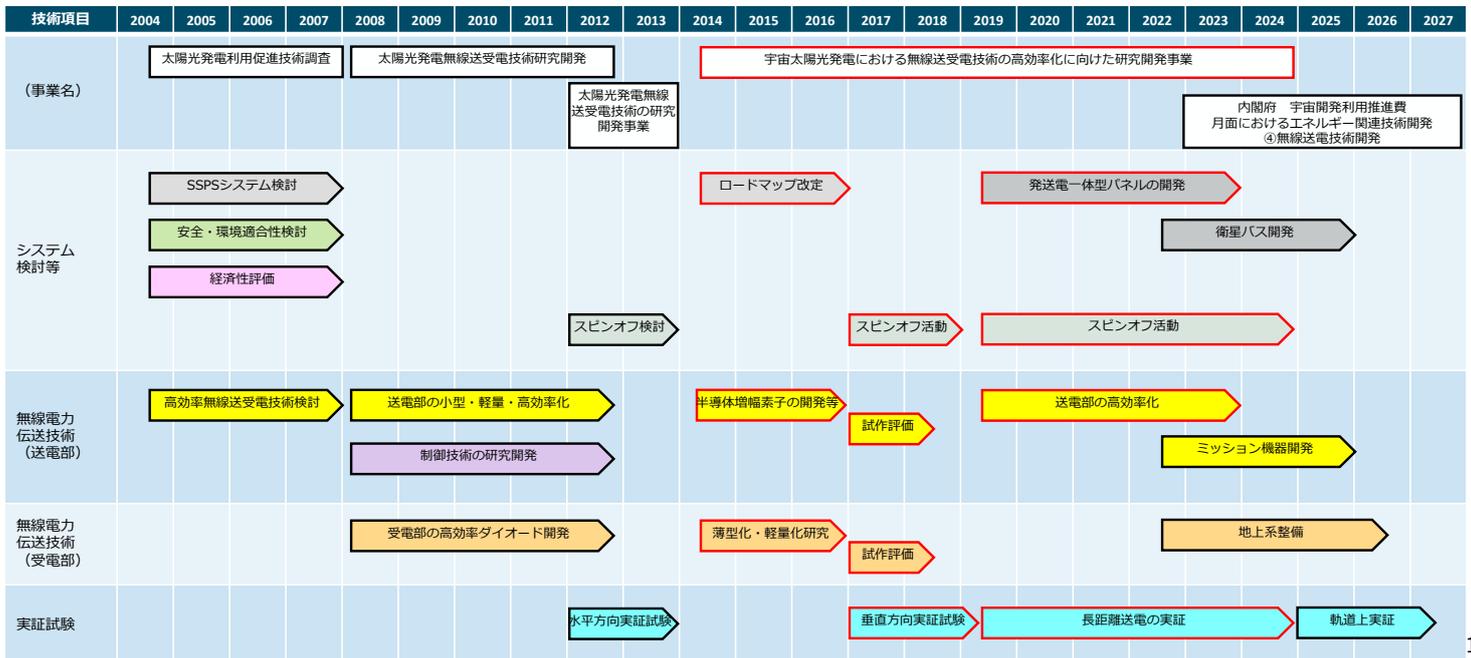
- ① 発電一体型パネルの開発
- ② 送電部の高効率化
- ③ 長距離送電の実証
- ④ マイクロ波無線送電技術のスピノフ



出所：宇宙太陽光発電システム研究開発ロードマップ
<https://www.jspacesystems.or.jp/project/observation/ssps/>

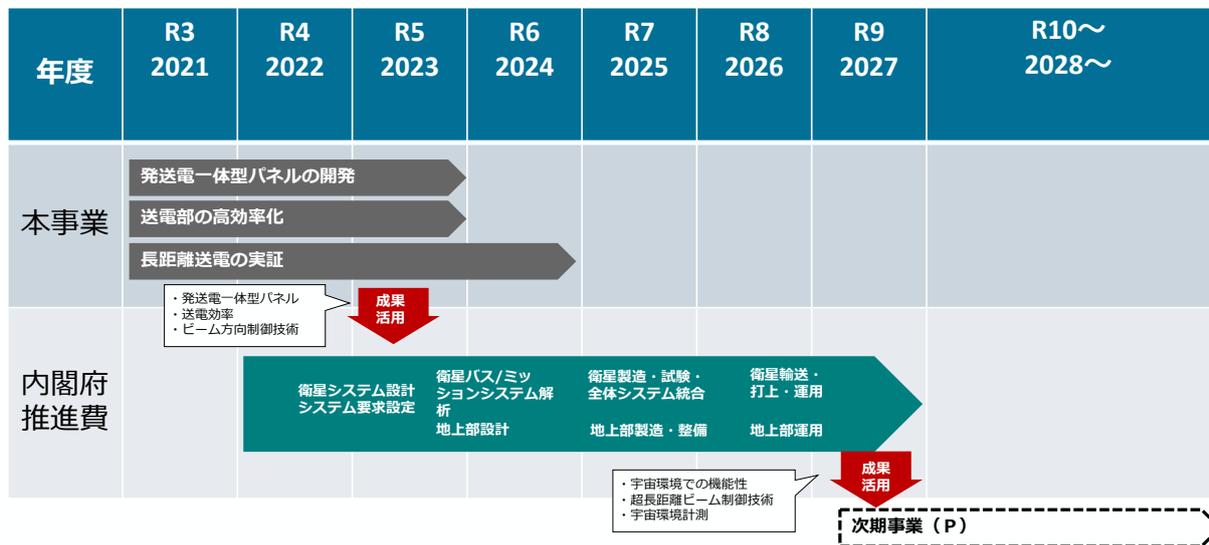
1-1. 宇宙太陽光発電システム実現に向けた取組

- 2000年代以降、経産省では宇宙太陽光発電システムの実現に向け以下の研究開発を実施。



1-1. 成果の活用

- 本事業の成果を活用し、内閣府「宇宙開発利用推進費」において地球低軌道からの送電実証試験を実施し、宇宙太陽光発電システムの実現を目指していく。



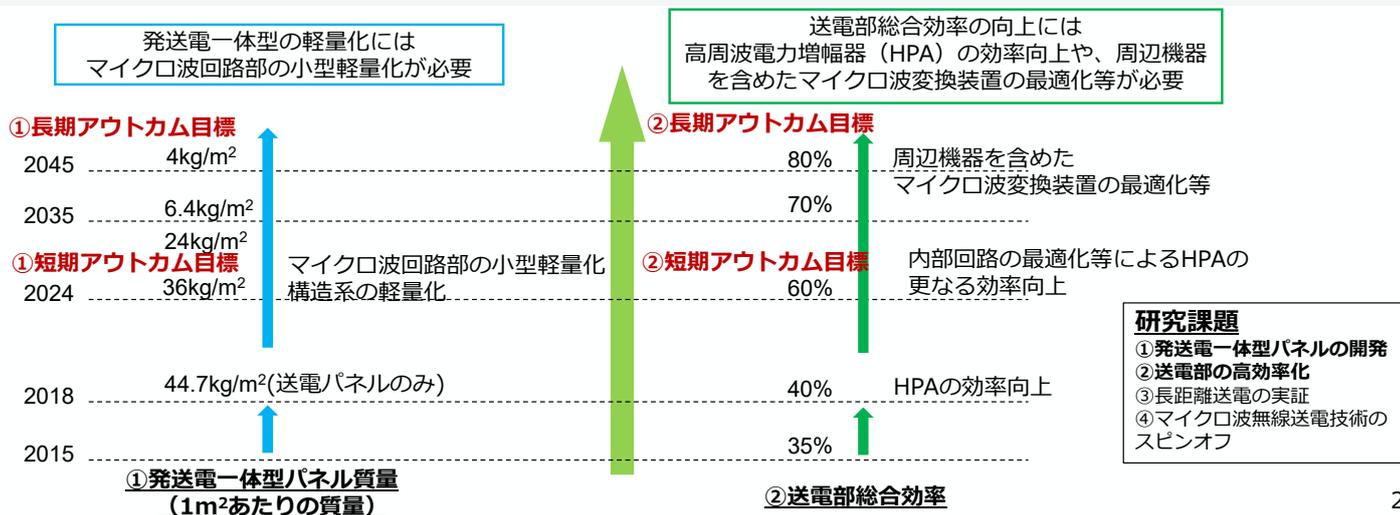
20

1-1. アウトカム達成までの道筋

評価項目 1

(①発送電一体型パネルの開発／②送電部の高効率化)

- ①：宇宙太陽光発電システム構築の低コスト化には送電システムの薄型軽量化が必要不可欠であることから、発送電一体型パネル単位面積当たり質量をアウトカム目標として設定した。
- ②：宇宙太陽光発電システムは太陽電池で発電した直流電力をマイクロ波に変換して送電アンテナから地上に向けて送信するため、変換効率は宇宙太陽光発電システムを考えるうえで重要な指標であり、送電部の変換効率をアウトカム目標として設定した。



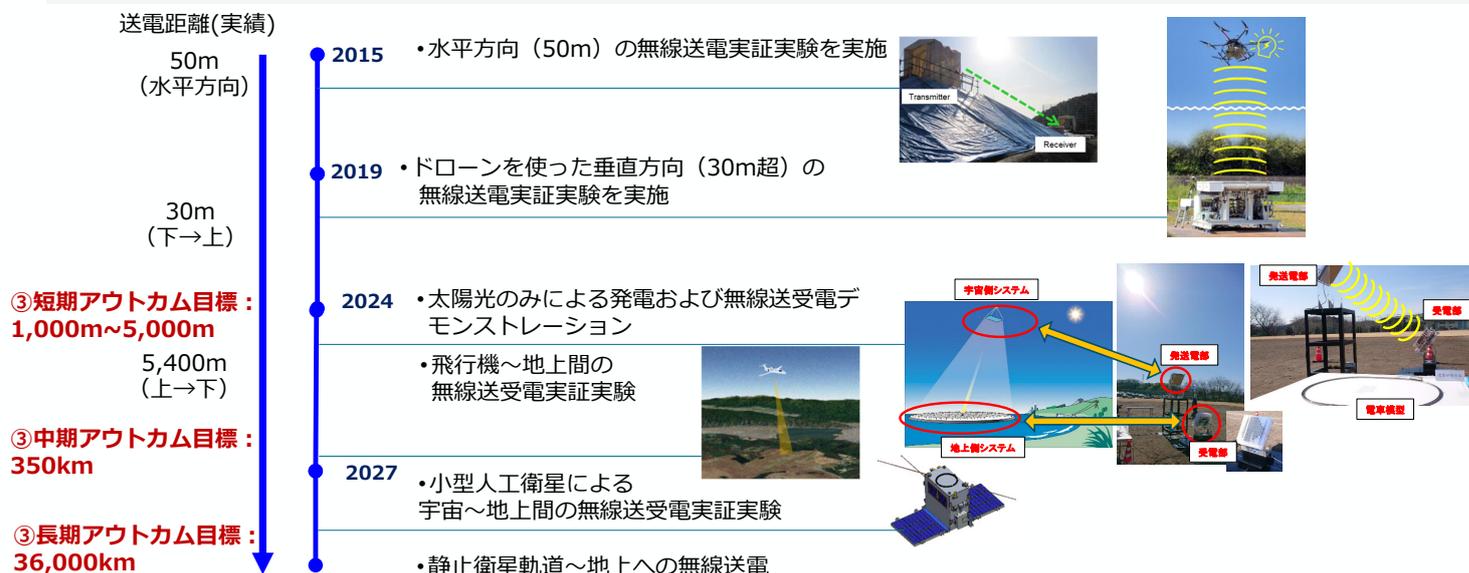
21

1-1. アウトカム達成までの道筋 (③長距離送電の実証)

- ③：小型人工衛星による宇宙からの無線送電を実現するため、飛行機～地上間において1km以上の距離での長距離マイクロ波無線送電の達成をアウトカム目標として設定した。
- 2024年度の実験では、②送電部の高効率化で開発した送電部を用いて実施することで、②の成果についての量産評価・フィールド評価も同時に実施した。

研究課題

- ① 送電一体型パネルの開発
- ② 送電部の高効率化
- ③ 長距離送電の実証
- ④ マイクロ波無線送電技術のスピノフ



1-2. 知的財産・標準化戦略

● 知的財産の取り扱い

本事業は、「知的財産マネジメントに係る基本方針」、「データマネジメントに係る基本方針」に従って、知的財産及び研究開発データについて適切なマネジメントを実施している。具体的には「知的財産権及びデータの取り扱いについての合意書」を作成し、事業参加者間で締結し管理している。

取扱いに係る原則は以下のとおり：

- 本事業における知的財産の取扱いを適切に行うため、研究開発責任者を委員長とする知財運営委員会を設置。
- 知財運営委員会の下に、研究項目ごとに「送電一体型パネル開発に係る知財運営小委員会」「送電部の高効率化に係る知財運営小委員会」「長距離送電の実証に係る知財運営小委員会」を設置。
- 研究項目参加者は、自己に属する研究項目従事者が、研究項目の実施により発明等に係る出願をなした場合には、速やかに所属する小委員会に対し、発明者等及び発明等の成果の内容を届け出なければならない。届出を受けた小委員会は、当該発明等の成果について、出願により権利化し又は秘匿する必要があるか否か、出願により権利化する場合にあっては出願対象国、秘匿する場合にあっては秘匿期間等について審議し、決定する。

● 標準化について

本事業では、規程・標準類 (国内・国際) の策定は対象としていない。

1-2. 知的財産や標準化戦略の考え方

- 効率的・効果的な事業推進のため、多くの宇宙事業のプロジェクトマネジメントの経験があるJSSがマネジメントを担った。
- JSSのマネジメント能力を活用し、研究計画の策定・実施及びその結果や、関連事業との連携について報告を受け、相談しながら事業を進めた。また、受託者が当初から持つ知的財産権（BIP（Background Intellectual Property））及び本事業で生じた知的財産権（FIP（Foreground Intellectual Property））を含む知的財産に関する取り決めを公募時または契約時に、応募者または契約相手側に提示することで、実施者に知的財産の管理を明らかにした。

オープン戦略

SSPSを実現するためのキー技術であるマイクロ波無線電力伝送技術のスピノフ、他分野での技術活用に資するよう成果の普及を行う（展示会、学会・講演会など）。

クローズ戦略

事業期間において、研究開発対象の製品化は意図していないため、設計ノウハウ・製造ノウハウについては基本的に秘匿対象とする。また、競争力が求められる製品については特許等の権利化を知財運営委員会にて個別に是非判断を行う。

研究課題

- ① 発送電一体型パネルの開発 ② 送電部の高効率化
③ 長距離送電の実証 ④ マイクロ波無線送電技術のスピノフ

	非競争領域	競争領域
公開	<標準化を推進> ③：技術開発成果	<積極的に権利化> ①、②： 技術開発成果、無線電力伝送のスピノフに係る内容
非公開	n/a	<ノウハウや技術の秘匿> ①～③： 設計ノウハウ、製造ノウハウ ①、②： 高効率増幅器（HPA）およびHPA回路の周波数特性、 ③：マイクロ波方向制御方法

評価項目 2. 目標及び達成状況

2 - 1. アウトカム目標及び達成見込み

アウトカム指標		アウトカム目標	達成見込み
短期目標 2018年度	送電部の変換効率	周辺回路を含めた送電部の総合効率を40%に改善	44.8%を達成（2018年度）
短期目標 2024年度	①. 発送電一体型パネルの重量	36kg/m ² に改善	27.9kg/m ² を達成（2023年度）
	②. 送電部の変換効率	周辺回路を含めた送電部の総合効率を60%に改善	60%を達成（2023年度）
	③. マイクロ波無線電力伝送の長距離実証	垂直方向、距離1～5kmの長距離マイクロ波無線電力伝送の実証	達成。垂直方向、距離5.4kmの長距離マイクロ波無線電力伝送実験に成功（2024年度）
中期目標 2027年度	マイクロ波無線電力伝送の超長距離実証	内閣府推進費で実施中の研究開発事業において、2027年度を目途に超長距離（地球低軌道-地上間約350km）でのマイクロ波無線送電技術を実現する。	研究開発中
長期目標 2050年	SSPSの発電単位当たりのCO ₂ 削減量：石炭火力の発電単位当たりCO ₂ 排出量 - SSPSの発電単位当たりCO ₂ 排出量	2050年頃までに、宇宙太陽光発電システムを実用化し、CO ₂ 排出量が削減される。	研究開発中
<p>(設定理由・根拠) 2050年までに実用化を目指す宇宙太陽光発電システム研究開発ロードマップにおいて、2023年頃までに達成したい開発目標に基づき設定した。コロナ禍による電子部品の入手難・長納期化や価格高騰を受け、前回の中間評価時より事業期間を1年延長し2024年度までとした。</p> <p>(計測方法) ① 試作品の重量を測定した。 ② 試作品の変換効率を測定し、それをもとにシステム全体の総合効率を評価した。 ③ 飛行機から地上間の距離を計測した。</p>			

2 - 1. 費用対効果

費用対効果

【総予算額：31.1億円】

本事業では、2014年度から2024年度までの11年間で、宇宙太陽光発電システムの実現に必要な送電部の総合効率改善に向けた研究開発等を実施し、**目標である総合効率（供給電力と送電出力電力の比）60%を達成**した。また、宇宙太陽光発電システム研究開発ロードマップで設定したコンセプトモデルのテザー型SSPSキー技術である発送電一体型パネルの開発を進め、今後の宇宙実証が可能となった。さらに、長距離送電の実証に係る研究開発では、**世界初・世界最長距離でのマイクロ波無線電力伝送に成功した**。

宇宙太陽光発電システムは、我が国も参画しているアルテミス計画において、月面での人類活動領域の拡大のための電力供給手段として有力視されている。一方で、当該システムのうち、**本事業の成果である送受電系の高効率化や小型軽量化の技術は、地上においても**、ワイヤレスIoTセンサへの給電やインフラ点検・防災センサ等への給電といった**活用が期待できる**。

2-2.アウトプット目標及び達成状況①

アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況
中間目標 2018年度	①発送電一体型パネルの開発	送受電システムの薄型軽量化として、厚さを約25mmから10mm以下にする。	厚さ10mm以下を達成（2018年度）
	②送電部の高効率化	受電部の総合効率を50%に改善する。	54.9%を達成（2018年度）
最終目標 2024年度	①.発送電一体型パネルの開発	開発した発送電一体型パネルを用いて、発電・送電できることの実証および熱構造設計の妥当性について確認する。	達成（2023年度まで） 発送電一体型パネルを試作し、宇宙空間での使用を想定した熱真空試験を含む各種評価試験を実施し、所定の性能を有することを確認した。
	②.送電部の高効率化	送電部の高効率化のための方式および機能性能配分の検討や試作を行い、送電部の供給電力（DC）と送電出力電力（RF）の比である総合効率60%を目指す。	達成（2023年度まで） 送電部総合効率60%を達成した。
	③.長距離送電の実証	長距離（1～5km）、垂直方向のマイクロ波電力伝送により、大規模無線送電システムに資する多素子の位相同期による無線送電技術及びビーム形成技術を実証する。	達成（2024年度まで） 垂直方向、距離5.4kmの長距離マイクロ波無線電力伝送実験に成功した。
	④.マイクロ波無線送電技術のスピンオフ	マイクロ波無線送電技術の他産業での応用を促進するための取組を実施する。	達成（2024年度まで） 展示会：13回、研究会：13回 マイクロ波無線送電技術ビジネス化研究会の開催および各種展示会での出展等を通じて、事業内容の応用促進に努めた。
<p>（目標の設定理由・根拠） 研究開発ロードマップに基づき設定。 最終目標は、コロナ禍による電子部品の入手難・長納期化や価格高騰を受けて事業期間を当初より1年延長し2024年度までとしたが、いずれも所定の目標を達成した。</p> <p>（計測方法） 宇宙システム開発利用推進機構による進捗管理にて達成状況を計測し、技術委員会にて進捗報告（年3回程度）。目標達成状況について技術委員による確認を実施。</p>			

2-2.アウトプット目標及び達成状況①（①発送電一体型パネルの開発）

- 2019年度から、研究開発ロードマップに基づき、宇宙太陽光発電システムの実現に必要な発電と送電を一つの面で行う発送電一体型パネルの開発等に着手。
- 宇宙太陽光発電衛星の両面で発電することにより、宇宙空間においてより安定的に発電できる。

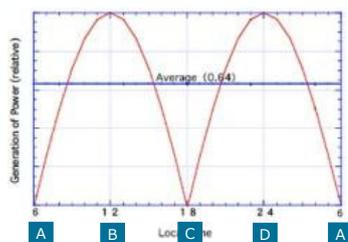
①両面とも発電パネルであれば、衛星が軌道上のほぼ全ての位置で太陽光が発電パネルに当たる。

②発電量はパネルの位置（太陽光の当たり方）によって変化する。

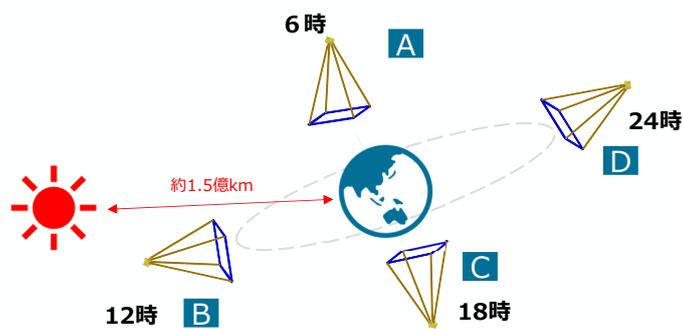
③発送電一体型（両面）・独立型（片面）どちらの場合でも同じ太陽電池を使用するため、発電効率は同じである。

④送電用アンテナは発電量が極力減らないように配置する。

⑤両面に発電パネルを付けることで、片面と比べ約2倍の発電ができる。



1日の発電量イメージ



宇宙太陽発電衛星

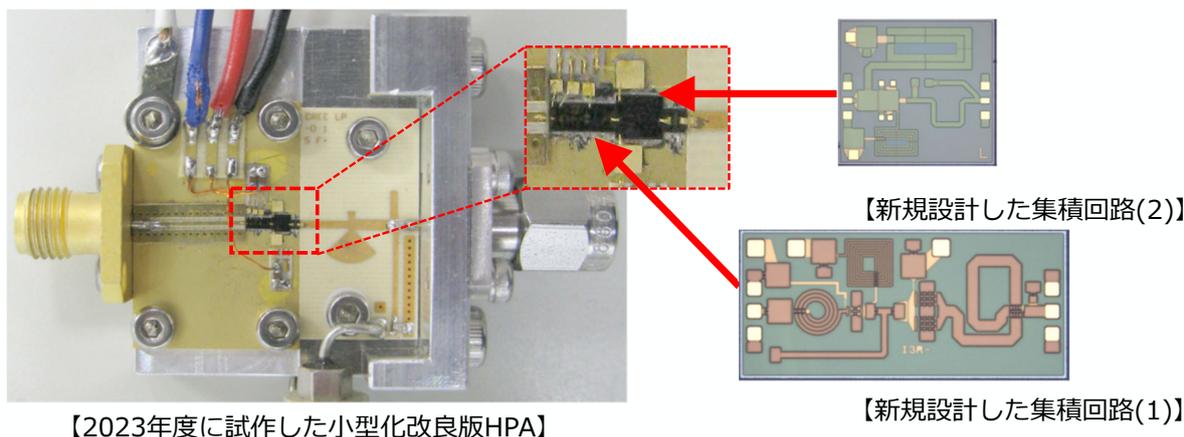
※月が常に地球に同一面を向けているように、地球に向いているパネルの面は常に同じとなる

2-2.アウトプット目標及び達成状況① (②送電部の変換効率)

アウトカム目標：周辺回路を含めた送電部の総合効率を60%に改善 (2023年度達成)

- マイクロ波による無線電力伝送に必要な、電気 (DC) をマイクロ波 (RF) に変換する回路 (DC-RF変換回路) の変換効率改善をするため、信号増幅器 (HPA) に注目して試作評価を複数回実施。新規に設計したマイクロ波集積回路と市販の民生用チップを組み合わせ、HPA単独で65%以上、送電部全体として目標効率60%を達成した。

*集積回路 (チップ)：半導体の表面に微細な電子回路を作り1つの電子部品としたもの。



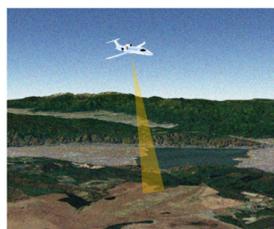
30

2-2.アウトプット目標及び達成状況① (③長距離送電の実証)

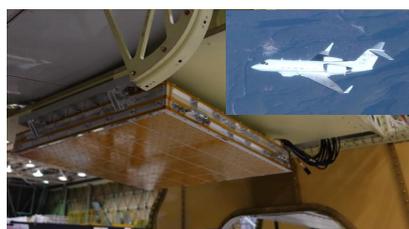
アウトカム目標：垂直方向、距離1~5kmの長距離マイクロ波無線電力伝送の実証 (2024年度達成)

- 2024年12月3日~6日にかけて、航空機から地上への無線送電実証実験を実施。航空機にはフェイズドアレイ方式を使った送電装置を搭載し、高度約7kmを時速700kmで飛行した。
- 実験では、航空機の飛行を4回、送電を40回行い、5.4km以上の距離で電力を送ることに成功。
- さらに、電波を狙った場所に集中させる「ビーム形成技術」と、そのビームを正確に向ける「方向制御技術」を確認した。
- この実験は、フェイズドアレイ方式を使って航空機から地上へ5km以上の距離で電力を送ることに世界で初めて成功したもので、宇宙実証に向けた重要な一歩となった。

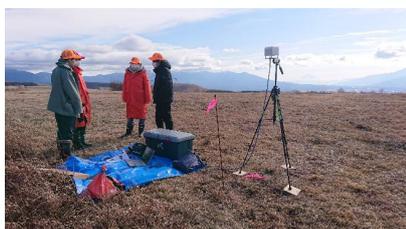
*フェイズドアレイ方式：複数のアンテナを使って電波の向きを自由に変え、狙った場所に集中させる技術



試験イメージ



航空機/試験装置



計測装置/計測局



飛行経路

31

2-2. アウトプット目標及び達成状況① (④マイクロ波無線送受電技術のスピノフ) 評価項目 2

- 宇宙太陽光発電システムの要素技術であるマイクロ波無線送受電技術は、他の非接触給電方式と比べて、長距離間の送受電が可能となることから、様々な利用の場での活用が期待されている。このため、マイクロ波無線送受電技術の他産業での応用を促進するための取組として、展示会への出展とビジネス化研究会の開催を実施した。
- 展示会への出展実績（2018年度以降）は下記のとおり。

参加年度	イベント名称	来場者数（合計）
2018年度	センサエキスポジャパン2018、CEATEC JAPAN 2018	1,232名
2019年度	CEATEC JAPAN 2019、MWE 2019（マイクロウェーブ展 2019）、ENEX 2020（第44回地球環境とエネルギーの調和展）	888名
2020年度	CEATEC online 2020（Webのみ）	592名
2021年度	CEATEC online 2021（Webのみ）、MWE 2021（マイクロウェーブ展 2021）	469名
2022年度	CEATEC 2022（ハイブリッド開催）	848名
2023年度	CEATEC 2023	577名
2024年度	IEEE WPTCE 2024、Small Satellite Conference(SSC) 2024、CEATEC 2024	779名 (SSC2024は未集計)

32

2-2. アウトプット目標及び達成状況① (④マイクロ波無線送受電技術のスピノフ) 評価項目 2

- マイクロ波無線送電技術ビジネス化研究会を2018年度以降13回開催。宇宙太陽光発電システムの要素技術を他産業へ応用することを目指し、マイクロ波無線送受電技術のビジネス化に取り組む、又は関心を持つ企業や専門家が一堂に会し、情報交換を行った。
- 具体的には、電波法改正や民間サービス・商品開発動向を踏まえ、ビジネスモデルの方向性を整理し、地上間無線送電、ドローンなど移動体への送電、基地局から携帯機器へのスポット充電等の応用可能性について検討した。

年 度	講演者
2018年度 ・3回、計152名出席	宇部興産、NTTデータ経営研究所、応用地質、オムロン、オリエントマイクロウェーブ、京都大学、共和電業、翔エンジニアリング、東芝、ドコモCS、パナソニック、古野電気、三菱電機、三菱重工業、三菱総合研究所、リプロ
2019年度	新型コロナウイルス感染症 (COVID-19)の影響により開催なし。
2020年度 (web開催) ・2回、計274名出席	京都大学、みんな電力、名古屋工業大学、翔エンジニアリング、金沢工業大学、ソフトバンク、丸文
2021年度 (web開催) ・2回、計327名出席	ミネベアアミツミ、日本ガイシ、Space Power Technologies、情報通信研究機構
2022年度 (web開催) ・2回、計263名出席	東洋大学、三菱総合研究所、電気通信大学、パナソニックホールディング
2023年度 (web開催) ・2回、計302名出席	佐賀大学、電力中央研究所、翔エンジニアリング、情報通信研究機構
2024年度 ・2回、計292名出席	構造計画研究所、金沢工業大学、京セラコミュニケーションシステム、日清紡マイクロデバイス、出光興産、JAXA宇宙科学研究所

33

2-2. アウトプット目標及び達成状況② 副次的成果・波及効果

- 2024年12月実施の長距離送電実証を報道機関向けに公開したり、YouTubeチャンネルを開設し実証実験の様子や研究者のインタビュー動画等を公開したりする等、本事業の普及に努めた。

- NHK (TV (全国版・地方版)、ネット記事)、水野解説委員
- 日本経済新聞 (ネット記事、英文記事 (Nikkei Asia)、12/10朝刊)
- 信濃毎日新聞 (12/5朝刊)
- 長野日報 (12/5朝刊)
- 中日新聞 (12/5朝刊 (長野版))
- 読売新聞 (12/7朝刊 (長野版))
- LCV (長野ローカルのケーブルTV)



2-2. アウトプット目標及び達成状況② 人材育成等の取組

- 本事業には、総合研究大学院大学、東洋大学、京都大学、電気通信大学が参加。高周波電力増幅器 (HPA) の開発や、発送電一体型パネルの要素開発、マイクロ波長距離送受電実験に係る解析評価や機材開発などに各大学の学生が参加し、各教育研究に資されている。
- 2024年度に実施した長距離送電の実証試験においては、公立諏訪東京理科大学の学生が多数参加。通常の教育課程では触れることのない分野の実証試験への参加で、宇宙分野、マイクロ波無線送電および宇宙太陽光発電に係る社会認知を進める一助となったと考えられる。
- また、事業終了後の2025年度には、あいち・なごやエアロスペースコンソーシアム主催による社会人向け講座「航空宇宙産業製造人材育成講座 (2025年度)」に委託事業者が講師として参加し、事業内容を紹介した。



あいち・なごやエアロスペースコンソーシアム 中部大学

航空宇宙産業製造人材育成講座(2025年度)

宇宙 2:「宇宙太陽光発電の開発の現状と今後の方向性」1/2

講師: 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構
衛星観測事業本部副本部長 兼 技術開発部長 柳川 祐輝(ヤナガワ ヒロキ)氏

講師経歴
1994年三菱重工業株式会社に入社、ヘリコプターの設計開発に従事。2000年には財団法人日本航空機開発協会に出向し超音速輸送機に係る概念設計、技術開発に従事。2004年に帰任、小型ジェット機の設計開発やサプライチェーン構築に関わった後、2013年宇宙事業部に異動、ロケットや射撃設備に係る品質保証・製造管理などを担当。2021年一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構に出向、SSPS事業のプロジェクトマネージャー等を担当。

2-2. アウトプット目標及び達成状況③ 特許出願、論文発表等

年度	論文・発表数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2014年度	10件	0件	0件	0件
2015年度	38件	0件	0件	0件
2016年度	30件	0件	0件	0件
2017年度	14件	0件	0件	0件
2018年度	11件	3件 (うち権利化2件)	米国 2件 韓国 2件 インド3件 中国 2件 欧州 3件 (うち権利化9件)	1件 (うち権利化0件)
2019年度	7件	1件 (うち権利化1件)	0件	0件

36

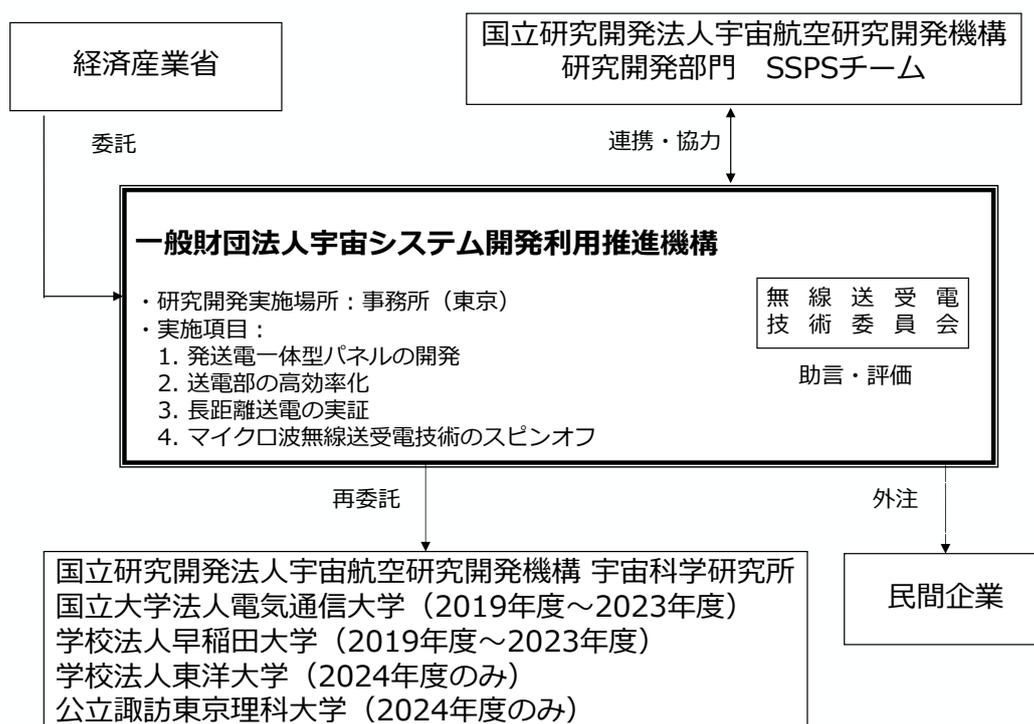
2-2. アウトプット目標及び達成状況③ 特許出願、論文発表等

年度	論文・発表数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2020年度	4件	0件 (うち権利化0件)	0件	0件
2021年度	9件	0件	0件	0件
2022年度	14件	1件 (うち権利化0件)	0件	0件
2023年度	13件	0件	0件	0件
2024年度	30件 (事業終了後の11件を含む)	0件	0件	0件
計	180件	5件 (うち権利化3件)	12件 (うち権利化9件)	1件 (うち権利化0件)

37

評価項目 3. マネジメント

3-1. 実施体制①



3-1. 実施体制③ 研究データの管理・利活用

- JSSでは、経済産業省から提示された「データマネジメントに係る基本方針」をベースに、内部規程として「研究開発成果の外部発表要領」および「機微技術・情報保全規則」を制定している。
- 再委託先（請負委託先を含む）との間では、当該再委託内容により、経済産業省との委託契約の「データマネジメント」関連条項に準じた規定を契約に盛り込み、あるいは、当該規定を取り決めていない再委託先との間でも、必要に応じ随時、データの扱いについて協議、決定することにより、研究開発データの利用制限/条件を明確化したうえで、適切に公開/共有を行っている。
- 事業の円滑な推進や今後の発展を促進するため、研究の参加者が、本事業内での研究開発活動、又は、研究成果を事業化するための活動に対して、他の参加者が取得又は収集した研究開発データについて利用許諾を求めた場合、原則として、必要な範囲で利用許諾を行い、本研究項目の円滑な遂行に協力するものとした。

3-2. 研究開発計画① 進捗状況

- JSSのマネジメントのもと、各研究課題毎にチーム体制で実施。

研究開発項目	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
①. 発送電一体型パネルの開発	地上評価モデル 要求・仕様検討	システム設計		製作・試験	実証試験	
技術課題研究	宇宙実証実験検討	及び	発送電一体型パネルの要素試作・評価等			
②. 送電部の高効率化	最終段 単体増幅器の試作・評価	バックステージ検討	要求・仕様検討	小型化構成用検討	ドライバ段・最終段・移相部一体化	
ドライバ段	MMIC試作・評価	段間回路MMIC設計	接続評価			
③. 長距離送電の実証	計画見直し 全体システム概念設計	基本設計		計画見直し	発送電パネルの美大試作評価	マイクロ波ビーム評価手法の確立 実証実験
④. マイクロ波無線送電技術のスピノフ	ビジネス化研究会 展示会					

3-2. 研究開発計画① 進捗状況

- 「③長距離送電の実証」について、コロナ禍による部材高騰・長納期化の影響で当初計画どおりの実証が困難となったため、事業期間を1年延長し、実証時期を後ろ倒しした。
- また、延長に伴う空白期間を活用し、本事業後に実施する宇宙実証を見据えた発送電パネルの実物大試作評価およびマイクロ波ビーム評価手法の確立を行った。

【当初計画】



2019年の実証試験（送電距離30m）で用いた送電装置を、1km以上の長距離送電に対応するよう改修し、長距離送電実証を行う。

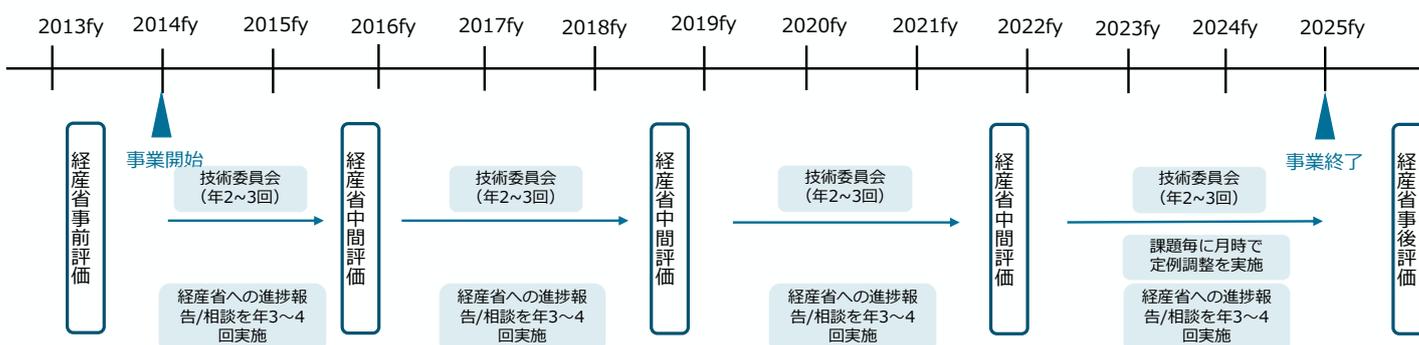
【計画変更後】



・宇宙実証を見据えた送電装置を新規に開発し、長距離送電実証を行う。
 ・軌道上からの宇宙実証を見据え、高速で移動する航空機から地上へのマイクロ波無線送電を行った場合の評価方法を検討、実証実験で評価する。

3-3. 研究開発計画② 進捗管理

	役割
宇宙産業課	宇宙太陽光発電システム研究開発ロードマップに基づき、取り組むべき研究開発課題を設定する。進捗状況や優先度に応じて適宜合理化を行うとともに、国の審議会等での議論も踏まえ、実施内容を調整する。
一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構（実施機関）	実施主体として、研究開発を実施するとともに、実施内容や進捗状況を宇宙産業課に報告する。また進捗報告を兼ねて、宇宙産業課のオブザーバ参加のもと技術委員会を開催する。
技術開発委員	年に2～3回実施する技術委員会にて、実施内容や今後の方向性について助言・評価を行う。また必要に応じ、全委員もしくは個別に実施機関からの相談に対応する。



3-4. 研究開発計画③

継続・中止の判断の要件

本事業については継続審査等により事業の妥当性については確認を行ってきた。

- **継続審査の実施**
経済産業省では毎年度、事業者の技術的妥当性、進捗状況、成果の社会的意義等を総合的に評価する「継続審査」を実施。この審査により、事業の透明性と説明責任を確保しつつ、必要に応じて事業内容の見直しや改善指導を行うことで、適切な事業管理を行ってきた。
- **技術委員会**
事業進捗や実験計画等について事業目的に沿った内容であるか有識者による評価を実施。

■ 事業継続審査実施方法

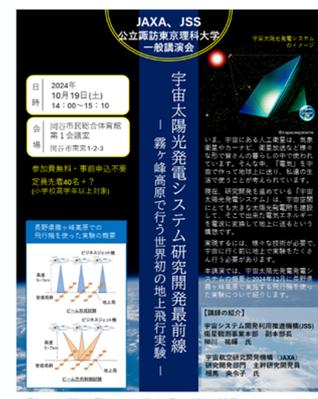
複数名の第三者専門家および経済産業省宇宙産業課にて構成された第三者委員会により、下記観点で審査を行った。

- 事業継続の必要性
- 同一事業者との競争性のない随意契約による事業継続の妥当性
- 継続事業としての実施計画の妥当性
- 事業費の妥当性

3-5. 研究開発計画④

モチベーションを高める仕組みの運用

- 無線送電技術委員会を年3回程度開催し、事業に参加した研究者やメーカ自らが担当部分を報告することで、有識者から直接フィードバックを受けられる機会を提供した。
- マイクロ波無線送電技術ビジネス化研究会では、講演者と参加者のネットワーキングを実施し、最新技術情報の共有やビジネス機会の創出、人脈形成、課題解決に向けた議論等を行った。
- 「長距離送電の実証」航空機実験では、航空機実験のロゴ作成や講演等を通じて、参加者のモチベーションの向上をはかった。



(特許・論文・発表リスト)

出願番号	出願年	出願人	発明等の名称	出願国
16/615181	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム	米国
16/938076	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム	米国
第2019-7034375号	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム	韓国
第2020-7026412号	2018	三菱電機株式会社	無線送電装置および空中移動体への送電システム	韓国
201947046828	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム	インド
202148037632	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム	インド
202148037624	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム	インド
E201880034108.9	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム	中国
202210877147.3	2018	三菱電機株式会社	無線送電装置および空中移動体への送電システム	中国
EP18 809 914.7	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム	欧州
EP20 213 695.8	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム	欧州
EP20 213 705.5	2018	三菱電機株式会社	空中移動体への送電システム	欧州

出願番号	出願年	出願人	発明等の名称	出願国
PCT/JP2018/15092	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム、無線送電装置および空中移動体への送電システム	PCT

46

(特許・論文・発表リスト)

出願番号	出願年	出願人	発明等の名称	出願国
特願2018-557437	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム	日本
特願2018-209637	2018	三菱電機株式会社	電波測定システム、無線送電装置および空中移動体への送電システム	日本
特願2020-203315	2018	三菱電機株式会社	無線送電装置	日本
特願2019-184509	2019	三菱電機株式会社	電波測定システム	日本
特願2022-099413	2022	株式会社テクノソルバ	展開構造物およびヒンジ構造	日本

47

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
太陽光発電無線送電技術開発の状況	2014.11	第58回宇宙科学技術連合講演会	佐藤正雄、齋藤孝、中村修治、佐々木謙治、三原荘一郎
S帯低雑音増幅器と誘電体マイクロカロリメータのX線検出システム基礎実験	2015.3	C-2-18, 信学会総合	野地拓匡、宮地晃平、菊地貴大、山崎典子、大橋隆哉、川崎繁男
宇宙機内WiCoPTのためのMPT用GaN HPAの設計・開発	2015.3	C-2-24, 信学会総合	長谷川直輝、吉田賢史、篠原真毅、川崎繁男
5.8GHz帯MPTシステムを用いて電力を供給する2.4GHz帯ワイヤレスセンサネットワークシステムの基礎検討	2015.3	C-2-87, 信学会総合	吉田賢史、長谷川直輝、前川千咲、漆原育子、佐藤光、川崎繁男
エネルギーハーベスト用ショットキーダイオードの検討その1	2015.3	13a-A23-4, 応用物理学会	宮地晃平、松野下誠、長谷川直輝、野地拓匡、吉田賢史、川崎繁男
ナノRF技術の展望	2015.3	第2回ナノエレクトロニクスワークショップ	川崎繁男
MOSFET作製を目指した熱拡散プロセスについて	2015.3	"	宮地晃平
宇宙ナノエレクトロニクスクリーンルームでのMOSFET作製に向けて	2015.3	"	松野下誠
電源も無線化したワイヤレスセンサネットワークシステムの再使用ロケット実機内での実証実験	2015.3	"	吉田賢史
地上局搭載のためのアップリンク用20W級GaN HPAの設計・試作	2015.3	"	長谷川直輝

48

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
The compact X-band AIA for MPT with a GaAs MMIC on a multi-layer substrate	2015.5	in Proc. Eur. Conf. on Antennas and Propagation, pp.1-5	N. Hasegawa, S. Yoshida, S. Shinohara, and S. Kawasaki
Backscatter Radio Coverage Enhancements using Improved WPT Signal Waveform	2015.5	IEEE Wireless Power Transmission Conference 2015, Boulder, Colorado, P3.6	Ricardo Correia, Nuno Borges Carvalho, Shigeo Kawasaki
Backscatter Wireless Sensor Network with WPT Capabilities	2015.5	Dig. International Microwave Workshop 2015, Phoenix Arizona, TH2E-3	R. Correia, N. B. Carvalho, G. Fukuda, A. Miyaji, S. Kawasaki
深宇宙探査のためのレトロディレクティブ及びアンテナ技術	2015.7	アストロダイナミックシンポジウム、神奈川	長谷川直輝、岸本文、Hyeonjae Ju、吉田賢史、宮地晃平、松野下誠、西川健次郎、森治、加藤秀樹、川口淳一郎、川崎繁男
Experimental demonstration of microwave power transmission and wireless communication within a prototype reusable spacecraft	2015.8	IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., vol. 25, no. 8, pp. 556-558	S. Yoshida, N. Hasegawa, and S. Kawasaki
Wireless sensor network system with wireless powering by time division operation at 5.8 GHz in a reusable rocket	2015.8	IEEE Int. Symp. on Radio-Frequency Integration Technol., pp.232-234	S. Yoshida, N. Hasegawa, Y. Kobayashi, A. Miyachi, H. Sakaki, K. Nishikawa, Y. Moriguchi, S. Furuta, C. Maekawa, I. Urushibara, and S. Kawasaki
Dual-band dual-pole antenna for compatibility of MPT with communication	2015.8	in Proc. Thailand-Japan Microwave Conf., TH1-02	N. Hasegawa, H. Ju, S. Yoshida, A. Miyachi, M. Matsunoshita, K. Nishikawa, and S. Kawasaki
Modulated scheme and input power impact on rectifier RF-DC efficiency for WiCoPT system	2015.9	in Proc. 45th Eur. Microw. Conf., pp.60-63	H. Sakaki, K. Nishikawa, S. Yoshida, and S. Kawasaki
マイクロ波増幅器(パネル展示)	2015.9	EuMW2015, Paris, France	本間幸洋(MELCO)
宇宙太陽光発電向けGaN増幅器の短ゲート化試作	2015.9	東北大学、電子情報通信学会通信ソサエティ	半谷政毅、木元雄資、原内健次、山口裕太郎、山中宏治、本間幸洋(MELCO)
無線電力伝送技術の研究開発R&D on Wireless Power Transmission Technology	2015.9	京都大学東京オフィス(品川)	安間健一(MHI)

49

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
深宇宙通信システムと宇宙機内のワイヤレスエナジーハーベスタ	2015.10	計測自動制御学会計装技術交流部会・産業シンポジウム(東京)	川崎繁男
VT 内ヘルスマニタリングシステム用小型センサーノードの試作と評価	2015.10	信学技報, MW2015-101, pp. 17-22	吉田賢史、宮地晃平、西川健二郎、川崎繁男
マイクロ波電力伝送試験モデル受電部の開発と地上実証試験結果	2015.10	第59回宇宙科学技術連合講演会(鹿児島県)	小澤雄一郎、田中直浩、藤原輝雄(IA)、中村修治、佐々木謙治(J-spacesystems)
マイクロ波電力伝送用送電部の開発	2015.10	"	本間幸洋、佐々木拓郎、高橋智宏、原内健次、半谷政毅(MELCO)、佐々木謙治、中村修治(J-spacesystems)
無線送電技術の地上応用(スピンオフ)実験	2015.10	"	安間健一(MHI)、中村修治、佐々木謙治、佐藤正雄(J-spacesystems)
太陽光発電無線送電技術の研究開発と成果	2015.10	"	中村修治、前川和彦、佐藤正雄、佐々木謙治、三原荘一郎(J-spacesystems)
宇宙太陽光発電マイクロ波電力伝送技術	2015.11	三菱電機技報	本間幸洋、佐々木拓郎、高橋智宏、阿部好邦、川津久輝(MELCO)
マグネトロンを用いたマイクロ波送電長距離実証実験	2015.11	MWE2015(パシフィコ横浜)	安間健一(MHI)、中村修治、佐々木謙治、佐藤正雄(J-spacesystems)
マイクロ波電力伝送試験モデル受電部の開発	2015.11	"	小澤雄一郎、藤原輝雄、田中直浩(IA)、佐々木謙治、中村修治(J-spacesystems)
GaN HEMT を用いた薄型・高効率マイクロ波送電技術	2015.11	"	本間幸洋、佐々木拓郎、高橋智宏、原内健次(MELCO)、佐々木謙治、中村修治(J-spacesystems)
太陽光発電無線送電技術の研究開発概要	2015.11	"	中村修治、前川和彦、佐藤正雄、佐々木謙治、三原荘一郎(J-spacesystems)
変調信号入力時における整流回路変換効率解析	2015.12	信学論(C), vol. J98-C, no. 12, pp. 383-392	榊裕翔, 福田豪, 吉田賢史, 西川健二郎, 川崎繁男, 河合邦浩, 岡崎浩司, 檜橋祥一

50

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
宇宙太陽光発電 地上実証試験機用送電部の開発	2015.12	第1回宇宙太陽光発電シンポジウム、京都大学東京オフィス(品川)	本間幸洋、佐々木拓郎、高橋智宏、原内健次(MELCO)、佐々木謙治、中村修治(J-spacesystems)
無線送電技術の地上応用(スピンオフ)実験	2015.12	"	安間健一(MHI)、中村修治、佐々木謙治、佐藤正雄(J-spacesystems)
マイクロ波電力伝送試験モデル地上実験報告(受電部)	2015.12	"	小澤雄一郎、藤原輝雄、田中直浩(IA)、佐々木謙治、中村修治(J-spacesystems)
地上無線送電実験 -位置づけと今後の展望-	2015.12	"	中村修治、前川和彦、佐藤正雄、佐々木謙治、三原荘一郎(J-spacesystems)
高精度な高周波計測のための計測システムの開発	2016.1	第16回宇宙科学シンポジウム, P-187, (神奈川県)	岸川諒子, 堀部雅弘, 川崎繁男
HySiCデバイスのためのSiショットキーバリアダイオードの研究開発	2016.1	"	宮地晃平, 松野下誠, 岸川諒子, 山田修平, 吉田賢史, 嘉数誠, 西川健二郎, 川崎繁男
宇宙太陽光発電技術について	2016.3	自由民主党政務調査会資源・エネルギー戦略調査会 再生可能エネルギー普及拡大委員会	本間幸洋(MELCO)
マイクロ波電力伝送実験のご紹介	2016.3	(独)日本学術振興会 電磁場励起反応場188委員会 第5回装置計測分科会フェーストアレイ見学会及び勉強会	本間幸洋(MELCO)
Dual-band dual-pole antenna for compatibility of MPT with communication	2016.3	信学総大, CK-2-5	N. Hasegawa, J. Hyeonjae, S. Yoshida, A. Miyachi, M. Matsunoshita, K. Nishikawa, N. Shinohara, and S. Kawasaki
MIMO制御技術を用いた近距離WiCoPTシステムにおける電力伝送効率と電力伝送領域の拡張効果	2016.3	信学総大, CK-2-6	桑原達朗, 西川健二郎, 川崎繁男
WiCoPT 実現に向けた整流器変換効率のシンボリック依存性	2016.3	信学総大, C-2-21	嶋村仁, 榊裕翔, 吉田賢史, 西川健二郎, 川崎繁男

51

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
5.8 GHz 帯MPT システムおよび太陽電池を用いて給電する2.4 GHz 帯ワイヤレスセンサネットワークシステムの基礎検討	2016.3	信学総大, C-2-20	吉田賢史、川崎繁男
精密計測結果に基づく窒化ガリウムダイオードモデルの検討	2016.3	信学総大, C-2-107	岸川諒子、堀部雅弘、宮地晃平、松野下誠、川崎繁男
小型衛星内での通信および無線電力伝送フェージングの周波数ダイバーシティによる改善の一検討	2016.3	信学総大, C-2-108	岸本文、成末義哲、橋詰新、川原圭博、浅見徹、川崎繁男
エナジーハーベスト用ショットキーダイオードの検討その2	2016.3	春季応用物理学会	宮地晃平、松野下誠、岸川諒子、中塚基晃、吉田賢史、嘉数誠、安間健一、堀部雅弘、西川健二郎、岩室光則、川崎繁男

52

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
(Invited Paper) The Dawn of the New RFHySIC Semiconductor Integrated Circuits: An Initiative for Hybrid ICs Consisting of Si and Compound Semiconductors	2016	IEICE Transactions on Electronics, Vol. E99.C (2016) No. 10 pp. 1085-1093.	Shigeo KAWASAKI, Akihira MIYACHI
X-Band, 15-W-Class, Highly Efficient Deep-Space GaN SSPA for PROCYON Mission	2016.6	IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS VOL. 52, NO. 3 JUNE 2016, pp.1340-1351.	Yuta Kobayashi, Shigeo Kawasaki
A 7.1GHz 170W Solid-State Power Amplifier with 20-way Combiner for Space Applications	2016.10	IEICE TRANS ELECTRON., VOL.E99-C, NO.10 OCTOBER 2016, pp.1140-1146.	Naoki HASEGAWA, Naoki SHINOHARA, and Shigeo KAWASAKI
Continuously Power Delivering for Passive Backscatter Wireless Sensor Networks	2017	IEEE MTT-S Trans. 2017 (to be published)	Ricardo Correia., Nuno Borges Carvalho, and Shigeo Kawasaki
C Band GaN Diode Rectifier with 3W DC Output for High Power Microwave Power Transmission Applications	2016.5	International Microwave Symposium 2016, San Francisco, May 2016, THIF2-29 200.	Satoshi Yoshida, Akihira Miyachi, Ryoko Kishikawa, Masahiro Horibe, Kenjiro Nishikawa, and Shigeo Kawasaki
Impact of Symbol Rate and Roll-off Factor on Rectifier RF-DC Conversion Efficiency for WiCoPT System	2016.9	EuM Conf.2016, London, Sept., pp.934-937	Hitoshi SHIMAMURA, Ryuya TANAKA, Hiroto SAKAKI, Satoshi YOSHIDA, Kenjiro NISHIKAWA, and Shigeo KAWASAKI
Impact of Symbol Rate and Roll-off Factor on Rectifier RF-DC Conversion Efficiency for WiCoPT System	2016	2016 European Microwave Conf. Proc., pp. 934-937 (2016)	H. Shimamura, R. Tanaka, H. Sakaki, S. Yoshida, K. Nishikawa, and S. Kawasaki
Design of Dual-Band Rectifier Using Microstrip Spurline Notch Filter	2016	2016 IEEE Radio Frequency Integrated Circuit Conf. Dig., (2016)	K. Hamano, R. Tanaka, S. Yoshida, A. Miyachi, K. Nishikawa, and S. Kawasaki
C Band GaN Diode Rectifier with 3W DC Output for High Power Microwave Power Transmission Applications	2016	2016 IEEE MTT-S International Microwave Symp. Dig., THIF2-29 (2016)	S. Yoshida, A. Miyachi, R. Kishikawa, M. Horibe, K. Nishikawa, and S. Kawasaki

53

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
Short-Range 4x4 MIMO Wireless Communication and Power Transfer System	2016	2016 IEEE Wireless Power Transfer Conf. Dig., Session V-4 (2016)	T. Kuwahara, K. Hamano, R. Tanaka, S. Yoshida, K. Nishikawa, T. Seki, and S. Kawasaki
Design of Concurrent Dual-Band Rectifier with Harmonic Signal Control	2016.6 accepted	2017 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp.	K. Hamano, R. Tanaka, S. Yoshida, A. Miyachi, K. Nishikawa, and S. Kawasaki
Uncertainty Estimation for Gallium Nitride Diode Model based on VNA Measurement at 5.8 GHz	2016	2016 Conference on Precision Electromagnetic Measurements	Ryoko Kishikawa, Masahiro Horibe, Akihira Miyachi, Makoto Matsunoshita, Shigeo Kawasaki
Uncertainty of Parameter Estimation in Equivalent Circuit Model of Gallium Nitride for Rectifier Design at 5.8 GHz	2016	88th ARFTG Microwave Measurement Conference	Ryoko Kishikawa, Masahiro Horibe, Shigeo Kawasaki
RF エナジーハーベスタを用いた宇宙機内ワイヤレスセンサシステム 計測センサから無線環境発電へ	2016.12	計測自動制御学会計測と制御, 「解説」特集記事, 第55巻第12号	川崎繁男
GaN Diode Measurement for Rectifier Design at 5.8 GHz	2016.6	2016 Thailand-Japan Microwave Workshop	Ryoko Kishikawa, Masahiro Horibe, Shigeo Kawasaki
ナノエレクトロニクスを用いた混成半導体集積回路HySiCの接合技術	2016.12	第4回ナノエレクトロニクススクリーンルームWS	古瀬結貴, 清田春信, 宮地晃平, 中岡俊裕, 岸川諒子, 林大介, 川崎 繁男
2周波同時入力における高調波制御によるデュアルバンド整流器の高効率化	2017.3	2017 電子情報通信学会総合大会	濱野皓志, 田中隆也, 辻井優伸, 吉田賢史(鹿児島大), 宮地晃平(JAXA), 西川健二郎(鹿児島大), 川崎繁男(JAXA)
異種半導体混成整流器モデル化のための高周波非線形計測	2017.3	"	岸川諒子, 清田春信, 林大介, 吉田賢史, 西川健二郎, 古瀬結貴, 中岡俊裕, 堀部雅弘, 宮地晃平, 川崎繁男
混成半導体集積回路HySiCによるRF エナジーハーベスタの試作	2017.3	"	古瀬結貴, 清田春信, 宮地晃平, 中岡俊裕, 岸川諒子, 林大介, 川崎 繁男

54

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
マイクロ波電力伝送試験モデル 受電部の開発	2016.7	電子情報通信学会論文誌Vol.J99-B, No.11	小澤雄一郎, 藤原暉雄, 田中直浩(IA), 佐々木謙治, 中村修治(J-spacesystems)
ワイヤレス・センサ・ネットワークへのマイクロ波無線送電技術の応用	2016.9	社会・環境型センサーネットワーク協議会 会員向け会誌技術と経済(9月号)	安間健一(MHI)
経済産業省/JspacesystemsによるSSPSへの取り組み	2016.9	第60回宇宙科学技術連合講演会(函館市)	中村修治, 前川和彦, 佐藤正雄, 佐々木謙治, 三原荘一郎(J-spacesystems)
The current status of microwave power transmission for SSPS	2016.9	IAC 2016(Guadalajara, Mexico)	Shoichiro Mihara, Masao Sato, Shuji Nakamura, Kenji Sasaki(Jspacesystems), Yukihiro Homma, Takuro Sasaki(MELCO), Yuichiro Ozawa, Naohiro Tanaka, Teruo Fujiwara(IA), Kenichi Anma(MHI), Shigeo Kawasaki, Akihira Miyachi, Koji Tanaka(ISAS)
宇宙太陽光発電システム(パネル展示)	2016.10	CEATEC JAPAN2016(幕張メッセ)	中村修治(J-spacesystems)
宇宙太陽光発電システム(パネル展示)	2016.10	JA2016 国際航空宇宙展(東京ビッグサイト)	中村修治(J-spacesystems)
宇宙太陽光発電システム(パネル展示)	2016.10	IoT Japan 2016(東京ビッグサイト)	中村修治(J-spacesystems)
宇宙太陽光発電システム(パネル展示)	2016.11	MWE2016 マイクロウェーブ展(パシフィコ横浜)	中村修治(J-spacesystems)
マイクロ波電力伝送装置の開発	2016.11	一般財団法人日本電機工業会電気工業技術功績者への応募	本間幸洋(MELCO)
最近のJ-spacesystemsにおけるSSPSへの取り組み	2016.12	第2回宇宙太陽光発電シンポジウム, 東京理科大学 神楽坂キャンパス	中村修治, 前川和彦, 佐々木謙治, 三原荘一郎(Jspacesystems)
宇宙太陽光発電の中長期的な研究開発について	2016.12	"	中村修治, 前川和彦, 佐々木謙治, 三原荘一郎(Jspacesystems)

55

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
「太陽光発電無線送電高効率化の研究開発」事業について	2017.4	ワイヤレス電力伝送実用化コンソーシアム(WiPoT)2017年度第1回総会	中村修治(J-spacesystems)
マイクロ波無線送電技術を用いた宇宙太陽光発電システム	2017.4	TECHNO-FRONTIER 2017	中村修治(J-spacesystems)
宇宙太陽光発電システム(パネル展示)	2017.9	センサエキスポジャパン2017(東京ビッグサイト)	J-spacesystems
テスラシート社が目指すマイクロ波送電ビジネス展開とは	2017.9	マイクロ波無線送電技術ビジネス化研究会【第2回】	服部聖彦(テスラシート株式会社)
The current status of microwave power transmission for SSPS and Industry application	2017.9	IAC 2017(Adelaide, Australia)	Shoichiro Mihara, Kazuhiro Maekawa, Shuji Nakamura, Kenji Sasaki (J-spacesystems) Yukihiko Homma, Masatake Hangai, Kazuhiro Iyomasa, Jun ishikawa (MELCO) Yuichiro Ozawa, Naohiro Tanaka, Kenji Nagano (IA) Kenichi Anma(MHI) Shigeo Kawasaki, Koji Tanaka (ISAS)
宇宙太陽光発電システム(パネル展示)	2017.10	CEATEC JAPAN 2017(幕張メッセ)	J-spacesystems
宇宙太陽光発電システム(パネル展示)	2017.10	IoT Japan2017(東京ビッグサイト)	J-spacesystems
マイクロ波送電実用化に向けた5.8GHz帯高効率GaN増幅器	2017.10	電子情報通信学会マイクロ波研究会	山中宏治、弥政和宏、半谷政毅、内海博三、西原淳、本間幸洋(MELCO)佐々木謙治(J-spacesystems)
マイクロ波送電実用化に向けた5.8GHz帯高効率GaN増幅器	2017.11	電子情報通信学会2017 Microwave Workshop and Exhibition(MWE2017)	山中宏治、弥政和宏、半谷政毅、内海博三、西原淳、本間幸洋(MELCO)佐々木謙治(J-spacesystems)
電波干渉制御技術について	2018.2	マイクロ波無線送電技術ビジネス化研究会【第5回】	安間健一(MHI)
自走ロボットとテスラシート給電を用いた配送システムにおける実証実験	2018.2	”	張兵(テスラシート株式会社)

56

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
垂直方向マイクロ波無線送電技術実証受電部の開発ーマイクロ波環境下におけるマルチコプタ動作確認ー	2018.3	電子情報通信学会 無線電力伝送研究会(WPT)	長野賢司、小澤雄一郎、田中直浩(IA)、佐々木謙治(J-spacesystems)
垂直方向マイクロ波無線送電技術実証ー試験計画概要ー	2018.3	”	佐々木謙治、中村修治、前川和彦、三原荘一郎(J-spacesystems)
経済産業省/J-spacesystemsのSSPS研究開発ロードマップの紹介	2018.3	第37回宇宙エネルギーシンポジウム(ISAS)	中村修治(J-spacesystems)

57

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
THE ROAD MAP TOWARD THE SSPS REALIZATION AND APPLICATION OF ITS TECHNOLOGY	2018.10	IAC2018 @Bremen, Germany	Shoichiro Mihara, Kazuhiro Maekawa, Shuji Nakamura, Kenji Sasaki (J-spacesystems) Yukihiko Homma, Masatake Hangai, Kazuhiro IYOMASA, Jun NISHIHARA (MELCO) Yuichiro Ozawa, Naohiro Tanaka, Kenji Nagano (IA) Kenichi Anma (MHI) Koji Tanaka (ISAS)
マイクロ波帯High Power WPTについて	2018.10	ワイヤレス電力伝送実用化コンソーシアム (WiPoT)WG2	佐々木謙治 (J-spacesystems)
窒化ガリウム／シリコンハイブリッド整流回路の動作を実証 宇宙機内でのセンサーネットワークの無線給電を可能に	2018.11	共同プレス発表	岸川諒子、堀部雅弘(産総研)川崎 繁男(JAXA宇宙科学研究所)
The C-band HySIC Rectifier RF Energy Harvesting in a Spacecraft	2018.11	Asian Pasific Microwave Conference 2018 in Kyoto	Ryoko Kishikawa (AIST) Shigeo Kawasaki (JAXA)
The plan of Microwave Power Transmission development for SSPS and its industry application.	2018.11	"	Shoichiro Mihara, Kazuhiro Maekawa, Shuji Nakamura, Kenji Sasaki (J-spacesystems) Yukihiko Homma, Masatake Hangai, Kazuhiro IYOMASA, Jun NISHIHARA (MELCO) Yuichiro Ozawa, Naohiro Tanaka, Kenji Nagano (IA) Kenichi Anma (MHI) Koji Tanaka (ISAS)
SSPS実現に向けての研究開発概要と垂直方向マイクロ波無線送電実証試験準備状況	2018.11	第4回宇宙太陽発電(SSPS)シンポジウム @京都大学 宇治	三原荘一郎、前川和彦、中村修治、佐々木謙治 (J-spacesystems)
マイクロ波帯High Power WPTの実現に向けた三菱電機の取り組み	2019.1	ワイヤレス電力伝送実用化コンソーシアム (WiPoT)WG2	佐藤真帆 (MELCO)

58

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
無線通信との干渉制御技術の要素研究デモ	2019.3	IEEE無線電力伝送研究会(WPT)@京都大学 宇治	安間健一 (MHI) 中村修治 (J-spacesystems)
無線通信との干渉制御技術の要素研究	2019.3	"	安間健一 (MHI) 佐々木謙治、中村修治、前川和彦 (J-spacesystems)
垂直方向マイクロ波無線送電技術実証 ～受電部の開発～	2019.3	"	長野賢司、小澤雄一郎、田中直浩 (IA) 佐々木謙治 (J-spacesystems)
垂直方向マイクロ波無線送電技術実証 ～試験概要～	2019.3	"	中村修治、佐々木謙治、前川和彦、三原荘一郎 (J-spacesystems)

59

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
マイクロ波を用いた移動体への無線給電技術	2019.9	IEEE MTTs Kansai Chapterワークショップ	本間幸洋(MELCO)
CURRENT STATUS OF THE SSPS DEVELOPMENT AND THE RESULT OF GROUND TO AIR MICROWAVE POWER TRANSMISSION EXPERIMENT	2019.10	IAC2019@Washington, USA	Shoichiro MIHARA, Hirotaka MACHIDA, Kenji SASAKI (J-spacesystems) Yukihiro HOMMA, Jun NISHIHARA, Tetsuya KATASE (MELCO) Yuichiro OZAWA, Naohiro TANAKA, Kenji NAGANO (IA) Katsumi MAKINO, Koji TANAKA (JAXA)
マイクロ波電力伝送用デバイス	2019.11	宇宙太陽発電学会「第5回宇宙太陽発電(SSPS)シンポジウム」	柳生栄治(MELCO)
SSPS実現に向けた近年の研究開発成果と今後の取り組み概要	2019.11	"	佐々木謙治、町田宏隆、三原荘一郎、伊地智幸一(J-spacesystems) 本間幸洋、西原淳、片瀬徹也(MELCO) 小澤雄一郎、長野賢司、田中直浩(IA)
マイクロ波を用いた飛行中のドローンへの無線電力伝送技術	2019.11	MWE2019(ワークショップ)	本間幸洋ほか(MELCO)
飛行中の無人航空機への無線送電技術	2020.1	三菱電機技報2020.2月号	本間幸洋ほか(MELCO)
補強土壁温度計測システムへのWPT技術の応用	2020.2	無線電力伝送研究会(京都宇治)	藤原暉雄(翔エンジニアリング)

60

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
High-Efficiency DC-RF/RF-DC Conversion Based on High-Efficiency Power Amplifier Design Technique	2020.9	2020 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology (RFIT2020)	Ryo Ishikawa, Kazuhiko Honjo(The University of Electro-Communications)
無線電力伝送用DC-RF変換デバイスの高効率化に関する検討	2020.12	宇宙太陽発電学会「第6回宇宙太陽発電(SSPS)シンポジウム」	石川 亮(電気通信大学)
宇宙太陽発電所システムの実現に向けて	2020.12	"	伊地智幸一、佐々木謙治、町田宏隆、鹿志村修(J-spacesystems)
宇宙太陽光発電システム	2021.3	電気通信大学【第122回 研究開発セミナー】『未来社会の創造 空間伝送方式(マイクロ波給電)の実用化に向かって』	佐々木謙治(J-spacesystems)

61

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
厚みのあるパネルのヒンジ取り付け位置と展開順序について	2021.12	第36回宇宙構造・材料シンポジウム	正木裕也、石村康生(早稲田大学)
SSPSに向けた研究開発状況概要	2021.12	宇宙太陽発電学会「第7回宇宙太陽発電(SSPS)シンポジウム」	佐々木謙治、伊地智幸一、町田宏隆、鹿志村修(J-spacesystems)
発送電一体型パネルの熱制御方法の検討	2021.12	"	三村健人、石村康生(早稲田大学)、中村和行(テクノソルバ)、田中孝治(JAXA)
発送電一体型パネル地上評価モデルの開発	2021.12	"	小川誠仁、小澤雄一郎、田中直浩(IHIエアロスペース)
SSPS紹介映像資料(日本語版)	2021.12	第8回ワイヤレス給電技術調査研究委員会講演会	田中孝治(JAXA)
究極のエコ発電所、宇宙太陽光発電システム(SSPS)の実現に向けて	23022.2	公共社団法人自動車技術会誌「自動車技術」	伊地智幸一、佐々木謙治(J-spacesystems)
無線電力伝送応用に向けたDC/RF変換用高効率・高利得多段増幅器	2022.3	2022年電子情報通信学会総大会	石川亮 本城和彦(電気通信大学)
The Outline of the Current Development Activities of the Space Solar Power System (SSPS) Project towards the Prospective Space Experiment	2022.3	33rd International Symposium on Space Technology and Science	Koichi Ijichi, Kenji Sasaki, Hirotaka Machida, Osamu Kashimura, (J-spacesystems) Koji Tanaka(JAXA), Kosei Ishimura (Waseda University), Ryo Ishikawa, Kazuhiko Honjo (The University of Electro-Communications)
Evaluation of Space Environment Resistance of WPT System for Solar Power Satellite	2022.3	"	Yusuke Kishida(HOSEI Univ. Graduate School of Science and Engineering), Tatsuya Yamagami (SOKENDAI Department of Space and Astronautical Science), Shuji Higashigawa, Miki Kaneko, Kazuyoshi Arai, Takahisa Tomoda (HOSEI Univ. Faculty of Science and Engineering Course of Mechanical Engineering, Koji Tanaka(JAXA)

62

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
太陽発電衛星用薄膜フレーム構造の熱設計	2022.11	第66回宇宙科学技術連合講演会	金子 美稀(法政大学大学院)
太陽発電衛星の無線送電システムに関する宇宙環境でのマイクロ波特性評価と発電量変化時のRF変換効率維持特性	2022.11	"	岸田 祐輔(法政大学大学院)
太陽電池一体型アンテナの開発	2022.11	"	大西 隆広(東京理科大学)
太陽発電衛星における発電量変化時のDC-RF変換効率維持に関する検討	2022.12	第8回宇宙太陽発電シンポジウム	岸田 祐輔(法政大学大学院)
地球低軌道からの送電技術実証に向けた無線送電実証衛星プロジェクト	2022.12	"	伊地智 幸一(JSS)
宇宙太陽光発電におけるマイクロ波電力伝送技術の開発	2023.1	書籍「次世代に向けた環境エネルギーの最新動向とその有効活用、今後の展望」	本間 幸洋(MELCO)
無線電力送電用マイクロ波高効率増幅器の開発状況	2023.2	令和4年度第2回マイクロ波無線送電技術ビジネス化研究会	石川 亮(電気通信大学)
発電機能を有する無線送電システムの開発	2023.3	無線電力伝送研究会	大西 隆広(東京理科大学)
R&D Activities on Solar Power Satellite in Japan	2022.5	The 40th International Space Development Conference, ISDC2023	Koji Tanaka(ISAS)
A High-Gain and High-Efficiency Amplifier Module for DC-RF Power Conversion in Wireless Power Transfer Systems	2022.5	3rd URSI Atlantic Radio Science Meeting	Ryo Ishikawa, Kazuhiko Honjo(The University of Electro-Communications)
The Outline and the Current Status of the Power Transmission System Development Project for the Realization of the SSPS	2022.9	73rd International Astronautical Congress	Kenji Sasaki, Hirotaka Machida, Koichi Ijichi, Osamu Kashimura (J-spacesystems), Kosei Ishimura (Waseda University), Ryo Ishikawa, Kazuhiko Honjo(The University of Electro-Communications), Yuichiro Ozawa (IHI Aerospace Co., Ltd.), Koji Tanaka(ISAS)

63

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
System Study of Solar Power Satellite consisting of Integrated Modules of Power Generation and Transmission functions	2022.9	European Microwave Week 2022(European Microwave Association)	Koji Tanaka(ISAS), Koichi Ijichi, Hideyuki Sawada, Hiroki Yanagawa (J-spacesystems)
Current Status of Japan	2022.9	International Workshop and Symposium of the IAA Permanent Committee on Space Solar Power	Koichi Ijichi, (J-spacesystems)
Outline and the Current Status of the METI's R&D Project for the Space Solar Power Systems(SSPS)	2022.11	Japan- Switzerland SBSP/WPT Workshop	Koichi Ijichi, Hiroki Yanagawa, Hideyuki Sawada, Osamu Kashimura (J-spacesystems)

64

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
The Outline and the Up-to-Date Status of the Power Transmission System Development Project towards the Realization of the SSPS	2023.6	日本航空宇宙学会第34回ISTS福岡久留米大会	伊地智幸一(JSS)
The Outline and the Current Status of the Power Transmission System Development Project	2023.6	"	柳川祐輝(JSS)
Development of Antenna Integrated with Solar Array for Wireless Power Transfer	2023.6	"	大西隆広(東京理科大学大学院)
Thermal Design of Light Weight Hybrid Structure of Tethered-SPS	2023.6	"	金子美稀(法政大学大学院)
太陽発電衛星における発送電一体型パネルのバルク構造に関する熱設計	2023.10	日本航空宇宙学会第67回宇宙科学技術連合講演会	金子美稀(法政大学大学院)
太陽電池一体型アンテナ素子の構造検討と特性評価	2023.10	"	大西隆広(東京理科大学大学院)
太陽発電衛星における発送電一体型パネルの薄膜構造の計上変化の評価	2023.12	宇宙太陽発電学会第9回宇宙太陽発電(SSPS)シンポジウム	東川宗嗣(法政大学大学院)
宇宙太陽光発電所(SSPS)実現に向けた研究開発プロジェクトの状況	2023.12	"	伊地智幸一(JSS)
発送電一体型パネルのデモンストレーションにおける受電システムの開発について	2024.3	METLAB研究会/電子情報通信学会WPT研究会	藤原暉雄(翔エンジニアリング)
宇宙太陽光発電実現に向けた発送電一体型パネル地上評価モデルのシステム評価	2024.3	"	小川誠仁(IHIエアロスペース)
無線送電用フェーズドアレイアンテナのRF特性評価	2024.3	"	川合優美(法政大学)

65

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
Introduction of the Up-to-Date Current Development Activities for the Realization of the Operational SSPS	2023.11	2nd Japan-Swiss SBSP/WPT Workshop	Koichi Ijichi(J-spacesystems)
Thermal Design for Tethered-SPS	2023.11	"	Miki Kaneko(HOSEI University)

66

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
SSPS送電部DC-RF変換用高効率・高利得マイクロ波増幅器の小型化に関する検討	2024.6	電子情報通信学会無線電力伝送研究会	石川亮(電気通信大学)
発送電一体型パネルを用いた電波発射実験における電波監視等の取り組みについて	2024.8	経済産業省令和6年度第1回マイクロ波無線送電技術ビジネス化研究会	北原雅宗(京セラコミュニケーションシステム)
宇宙太陽光発電を構成する技術とその社会実装	2024.9	カーエレクトロニクス研究会2024年度第1回公開研究会	柳川祐輝(JSS)
発送電一体型パネル受電部	2024.10	CEATEC2024	藤原暉雄(翔エンジニアリング)
宇宙太陽光発電システム	2024.10	SJAC2024国際航空宇宙展	小川誠仁ほか(IHIエアロスペース)
宇宙太陽光発電システム研究開発最前線(その2)	2024.10	諏訪圏工業メッセ一般講演会	柳川祐輝(JSS)
発電機能を有するアンテナ素子の試作と評価	2024.11	日本航空宇宙学会第68回宇宙科学技術連合講演会	川合優美(法政大学大学院)
建物内ワイヤレス給電システム～W級/10W級給電技術～	2024.11	マイクロウェーブ展2024	馬場健介、本間幸洋、澤敦史、大原啓(MELCO)
送電ユニット等の展示	2024.11	"	株式会社オリエントマイクロウェーブ
宇宙太陽光発電実現に向けた発送電一体型パネル地上評価モデルの開発	2024.12	IHIホームページに掲載	小川誠仁(IHIエアロスペース)
宇宙太陽光発電システムに係る2023年度/2024年度実証実験報告	2024.12	宇宙太陽光発電学会第10回SPSシンポジウム	柳川祐輝(JSS)
大空で行う実験・観測の世界地球の未来のための実験飛行・観測飛行の仕事	2025.3	中部国際空港航空ファンミーティング(ステージ発表)	吉野純子(ダイヤモンドエアサービス)

67

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
レクテナRF/DC変換器の不具合に伴う原因究明実験	2025.3	METLAB研究会/電子情報通信学会WPT研究会	藤原暉雄(翔エンジニアリング)
近傍界における無線電力伝送実験について	2025.3	"	藤原暉雄(翔エンジニアリング)
航空機実験用無線送電システムのビーム形成検証実験	2025.3	"	川合優美(法政大学)
SPS実証衛星に向けた最小二乗近似法による2次元アンテナパターン再構成結果	2025.3	宇宙科学研究所第43回宇宙エネルギーシンポジウム	廣瀬龍之介他(東洋大学)
航空機試験におけるレベルダイヤ評価	2025.3	"	高橋直人他(東洋大学)
航空機を用いたSPS実証衛星APAAパターン再構成試験	2025.3	電子情報通信学会2024年度総合大会	藤野義之(東洋大学)
宇宙太陽光発電システム2024年実証実験報告	2025.3	"	柳川祐輝(JSS)

68

(特許・論文・発表リスト)

題目	時期	発表場所	著者
宇宙太陽光発電システムの取り組みについて	2025.4	パネル展示@株式会社IHIAアロスペース 展示室	IHIAアロスペース
宇宙太陽光発電システムSSPS実証実験	2025.7	DIAMONDSKY(社内報)	大田 克自(ダイヤモンドエアサービス)
Multistage 5.75-GHz High-Efficiency and High-Gain Amplifier as DC-RF Power Converter for SSPS	2025.8	2025 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology(RFIT 2025)	石川 亮(電気通信大学)
宇宙太陽光発電システム開発の現状と展望	2025.9	学会誌掲載記事(エネルギー・資源学会)	柳川 祐輝(JSS)
飛行試験におけるボアサイト位置算出手法の比較・検討	2025.9	岡山大学津島キャンパス	廣瀬 龍之介他(東洋大学)
SSPS送電部用多段高効率・高利得マイクロ波増幅器の断間整合改善	2025.9	"	石川 亮(電気通信大学)
宇宙太陽光発電 長距離無線送電技術の実証実験	2025.9	広報誌記事(生存圏だより)	三谷 友彦(京都大学)
宇宙太陽光発電の開発の現状と今後の方向性	2025.9	航空宇宙産業製造人材育成講座(2025年度)	柳川 祐輝(JSS)
宇宙太陽光発電システム実現に向けた取り組みの現在位置	2025.10	NIHONBASHI SPACE WEEK JSS主催サイドイベント「宇宙太陽光発電(SSPS) - 2025年JSS活動報告 -」	柳川 祐輝(JSS)
航空機による長距離無線送電実証実験の成果と今後	2025.10	"	藤野 義之(東洋大学)
APAA Patteraft Reconfiguration Field Test Using an Aircraft for SPS Demonstration(SSPS実証のための航空機を用いたAPAAパターン再構成実験)	2025.10	アンテナ伝搬国際会議 アクロス福岡	藤野 義之(東洋大学)

69