

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の概 要（中間評価）

2022年1月14日

経済産業省製造産業局宇宙産業室

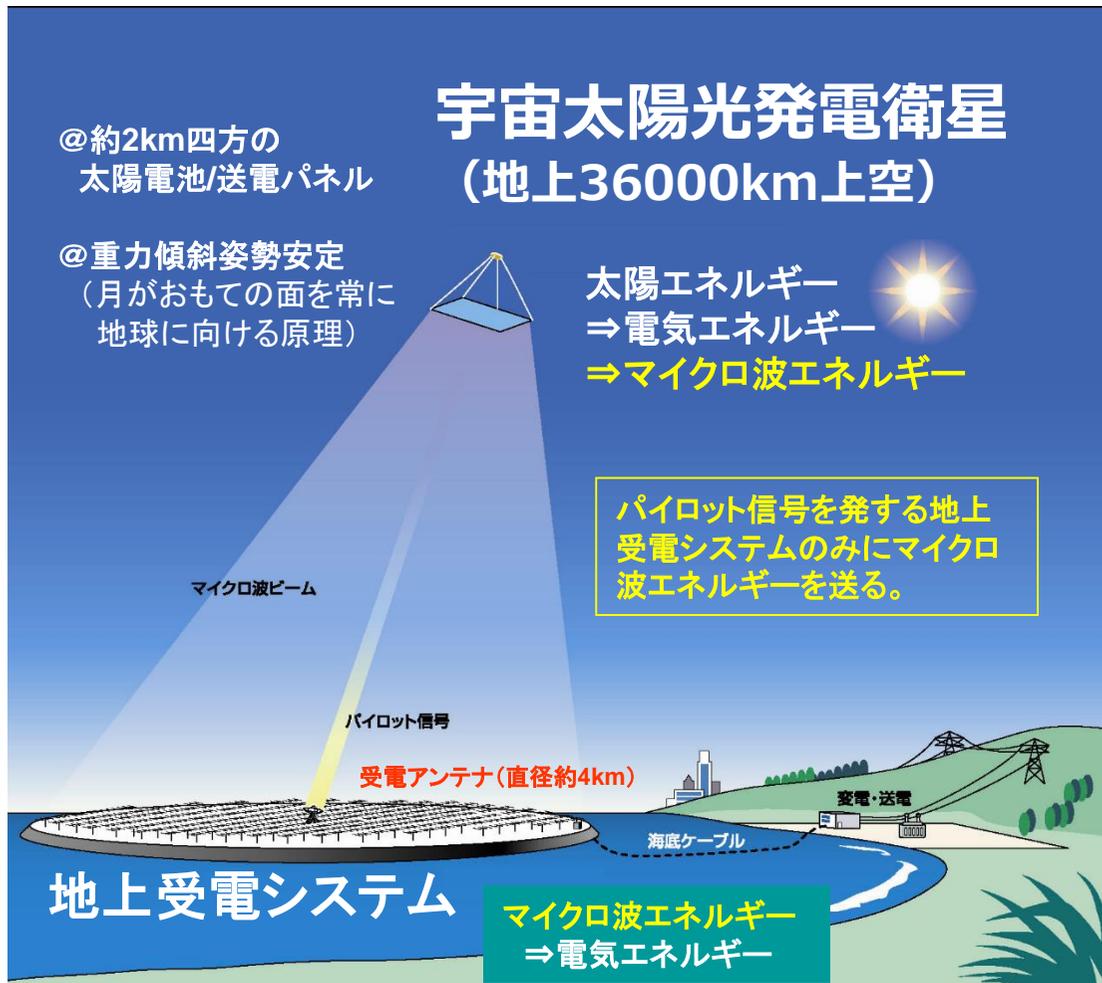
一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構

目次

1. 事業の概要
2. 国内外の類似・競合する研究開発等の状況
- 3 – 1. 研究開発の全体構成
- 3 – 2. 各研究開発項目の内容
- 4 – 1. 研究開発計画（研究開発マネジメント）
- 4 – 2. 資金配分（研究開発マネジメント）
- 4 – 3. 実施・マネジメント体制（研究開発マネジメント）
- 4 – 4. 知財や研究開発データの取扱い（研究開発マネジメント）
- 5 – 1. 研究開発目標（事業アウトプット）
- 5 – 2. 研究開発の成果（事業アウトプット）
- 5 – 3. 論文発表、特許出願等（事業アウトプット）
6. 事業アウトカム
7. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
8. 費用対効果
9. 前回評価の指摘事項と対処方針

<p>事業の目的</p>	<p>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。</p>						
<p>類 型</p>	<p>複数課題プログラム / 研究開発課題（プロジェクト） / 研究開発資金制度</p>						
<p>実施期間</p>	<p>2014 年度～2023 年度 （10年間）</p>	<p>会計区分</p>	<p>一般会計 / エネルギー対策特別会計</p>				
<p>評価時期</p>	<p>事前評価：2013年、中間評価：2015、2018年度、2021年度 終了時評価：2024年（予定）</p>						
<p>実施形態</p>	<p>国 → 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構（委託）</p>						
<p>プロジェクトリーダー</p>	<p>なし</p>						
<p>執行額 （百万円）</p>	<p>2016FY</p>	<p>2017FY</p>	<p>2018FY</p>	<p>2019FY</p>	<p>2020FY</p>	<p>総執行額</p>	<p>総予算額</p>
	<p>249</p>	<p>249</p>	<p>250</p>	<p>250</p>	<p>250</p>	<p>1,743</p>	<p>1,750</p>

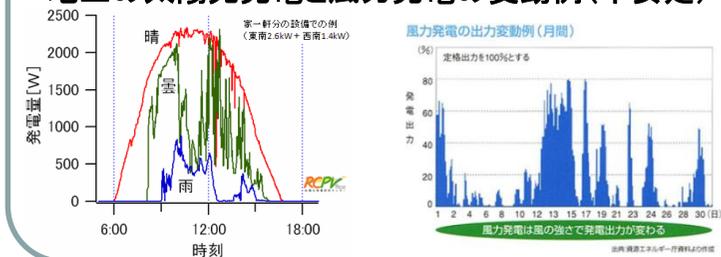
宇宙太陽光発電システムのイメージ (100万kW) Space Solar Power System (SSPS)



特徴、意義

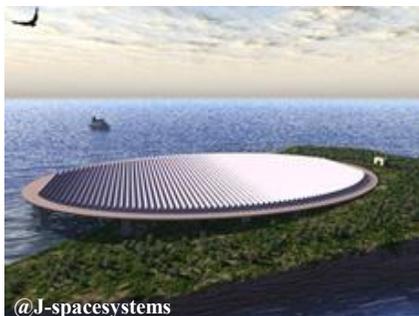
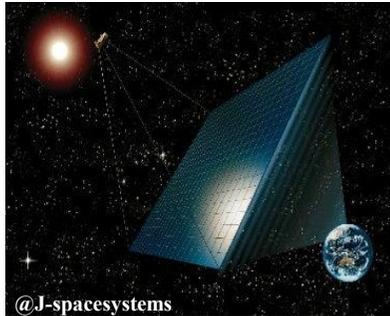
- 非化石エネルギー源、ゼロエミッション電源
 - ・太陽光利用による、将来にわたり枯渇しないエネルギー源
- 効率的な電力供給
 - ・昼夜や天候に左右されない電力供給が可能
 - ・地上に比べて約10倍の太陽エネルギーを利用可能
- 天候によらない計画可能な電源
 - ・ベストミックスを担いうる新しい電源
 - ・エネルギー供給源としての位置付け、経済合理性、他産業への波及等を総合的かつ不断に評価しつつ、地上実証フェーズから宇宙実証フェーズへの移行の検討も含め、研究開発・実証を着実に進める。(エネルギー基本計画(令和3年10月閣議決定))

地上の太陽光発電と風力発電の変動例(不安定)

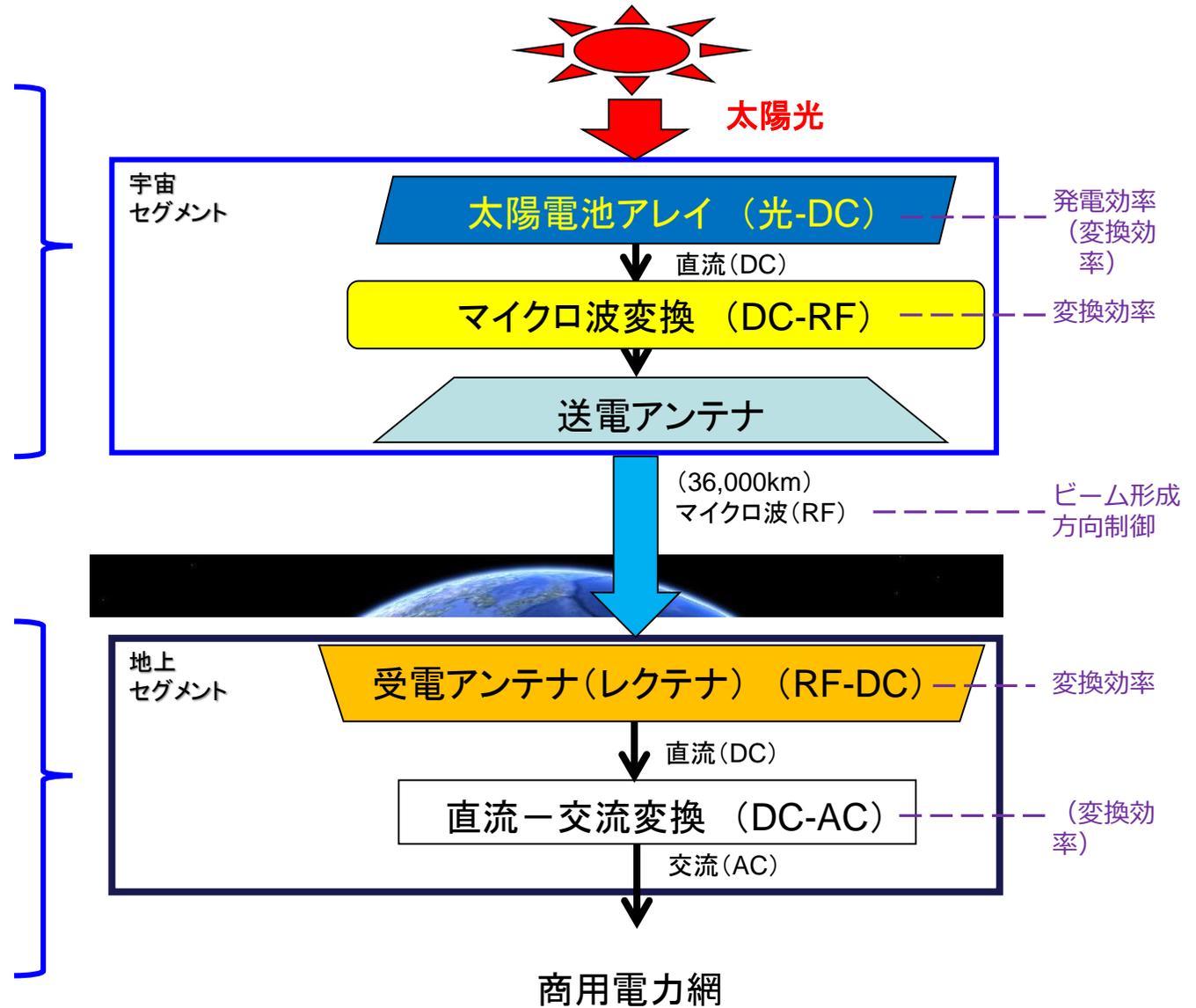


家一軒分の発電量(日中)

風力発電の変動例(月間)



Rectenna : (rectifying antenna)



国内では戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）IoE 社会のエネルギーシステムにおいて、ワイヤレス電力伝送（WPT）システムへの応用を見据えた次世代電力伝送システムの開発、屋内センサーネットワークやモバイル機器へのWPTシステムの開発、多様な用途を見据えた飛行中のドローンへのWPTシステムの研究開発が実施されている。

また、海外では米国での宇宙太陽光発電の再評価や、中国における積極的な開発が進展。

(参考) 近年における海外での宇宙太陽光発電の研究開発進展

- 1960年代、1970年代までは米国が宇宙太陽光発電の研究の中心であったが、1980年代以降、京都大学などを中心に、日本が宇宙太陽光発電の研究を牽引。
- 近年、米国での宇宙太陽光発電の再評価や、中国における積極的な開発が進展。

国・地域	研究開発の動向
米国	<ul style="list-style-type: none">• 2001年、NASAが宇宙太陽光発電の軌道上実証を検討• 2007年、国防総省国家宇宙安全保障局が、石油枯渇への懸念から宇宙太陽光発電を研究• 2009年、電力会社Pacific Gas & ElectricがSolaren社と宇宙太陽光発電による電力供給（20万kW）の買電契約を締結• 2015年、Northrop Grumman社がカリフォルニア工科大学に3年総額1,750万ドルを研究費として支払う契約を締結• 2016年、国防省・商務省主催のコンテストにおいて、海軍研究所による宇宙太陽光発電の研究開発に関する提案が7つの賞のうち4つを受賞• 2020年、国際宇宙ステーションでのマイクロ波送電デモ。無人宇宙往還機X-37Bでのモジュール実験• 2021年、空軍研究所(AFRL)が軌道上実証試験を2023年～2024年に計画（SSPIDR）
欧州	<ul style="list-style-type: none">• 2011年、航空宇宙大手のEADS社が、5年以内に国際宇宙ステーションでのレーザー方式による軌道実証を検討（実現せず）• 2020年、欧州宇宙機関(ESA)が地上及び月面における宇宙太陽光発電への取組に関する新アイデア公募• 2020年、英国宇宙局(UKSA)がFrazer-NashとOxford Economicsに宇宙太陽光発電 F S 調査委託 英国宇宙局は、2031年の衛星実証、2039年の初期運用、2043年の実用化を目指す
中国	<ul style="list-style-type: none">• 2008年、中国国家航天局が宇宙太陽光の専門家チームを立ち上げ、研究開発を継続中宇宙太陽光関連の研究開発活動を活発化、米国・欧州・日本の研究成果についても積極的に調査。中国航天科技集団第5院空間技術研究院（CAST）は、2020年までに軌道上構築及びWPT技術の産業レベル試験を完了し、2025年までに低軌道での100kWの実証、2035年までに100MWの実証、2050年までに静止軌道での商用化を計画• 2014年、中国国家航天局が宇宙太陽光の専門家チームを立ち上げ、研究開発を継続中• 2018年、宇宙太陽光発電実験基地を重慶市で建設開始。西安大学が宇宙太陽光発電プロジェクトを開始• 2021年、小米(Xiaomi)がスマートフォン向けミリ波ワイヤレス充電器を発表

(参考) 中国での宇宙太陽光発電の研究開発の進展状況

- 中国初の宇宙太陽光発電実験基地の建設プロジェクトが重慶市、西安市で展開中。

- ◆ 先行投資額は約 1 億元（約16億円[※]）。
- ◆ 敷地面積は約13.3ha。
- ◆ **2021 -25 年間に小中規模の成層圏太陽光発電所を建設し、発電を行う予定。**
- ◆ 2025 年以降は大規模宇宙太陽光発電所システムの関連活動を開始。
- ◆ 西安電子科学大は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し、宇宙太陽光発電所の機能及び効率の体系的な検証を実施。
- ◆ 今後十数年内に超高压発電・送及びワイヤレスエネルギー伝送の実証実験と検証を完了し、**「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を開始し、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をつける」という**中長期目標の達成を目指す。

※2019年1月平均値レート

(参考) 米国空軍研究所 (AFRL) のSSPIDR[※]プロジェクトの概要

※ SSPIDR: Space Solar Power Incremental Demonstrations and Research Project

- 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2019年から開始。予算額は約100億円。2023年に発送電モジュールを打ち上げ、宇宙実証を予定。
- 現在、フェーズ I の3つの軌道上実験が進行中。フェーズ IV で実用化の構想。
- Northrop Grumman 社および NRL (海軍研究所) と協力して実施。

【SSPSの重要基礎技術】

- ①熱制御
- ②発電
- ③構造展開
- ④送電 (ビーム形成)
- ⑤送電先計測



【現在行われているフェーズ I の3つの実験の概要】

SSPRITE	世界初の宇宙から地上への送電するデモンストレーション。Arachne宇宙機に搭載し、2024年打上げ予定。
SPINDLE	軌道上での構造展開をサブスケールでテスト。現在地上試験中。
SPIRRAL	寿命解析と熱制御技術の実証。国際宇宙ステーションの材料曝露実験装置 (MISSE)として、2023年打上げ予定。

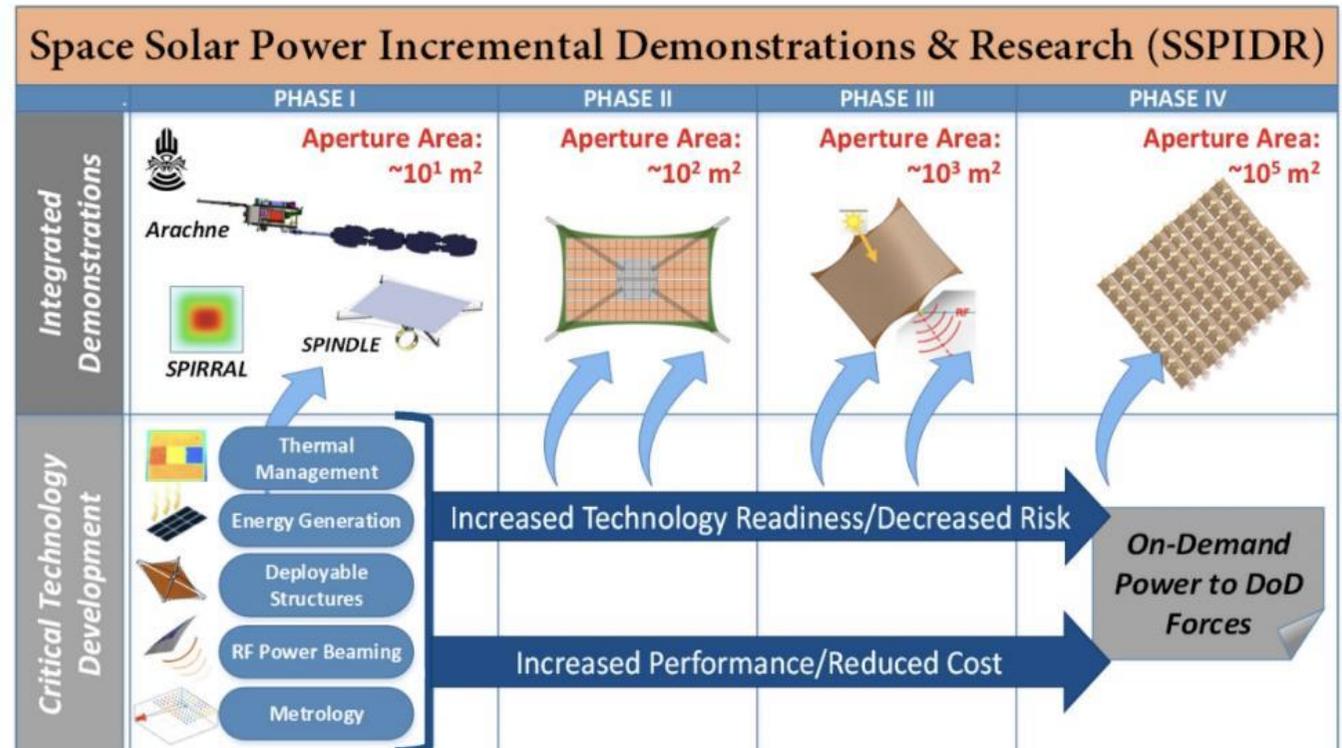
(参考) SSPIDRの目的や将来計画

- SSPIDRの目的は米軍前線基地へのエネルギー供給とされている。
- このほか、シスルナ（地球と月との間）空間を移動する衛星への電力供給等についても言及されている。

※シスルナは進出拠点として米中の国家間競争の舞台のひとつとなっており、現在の静止衛星軌道のように衛星配置位置の取り合いになる可能性のある重要な軌道位置を含む宇宙領域。

【フェーズ及び将来計画】

PHASE I (現在) 原理実証コンポーネントのプロトタイプ
PHASE II サブスケールの統合プロトタイプ
PHASE III 実物大の宇宙太陽光発電のプロトタイプ
PHASE IV (実用化) 完全に運用可能なコンステレーション



研究開発項目		実施者
① 発電電一体型パネルの開発 【一般財団法人宇宙システム 開発利用推進機構】	(a) 発電電一体型パネルの開発	一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構、 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構、株 式会社IHIエアロスペース、学校法人早稲田 大学、株式会社テクノソルバ、株式会社翔工 エンジニアリング
② 送電部の高効率化 【一般財団法人宇宙システム 開発利用推進機構】	(a) 送電部の高効率化	一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構、 国立大学法人電気通信大学、株式会社R F デ バイステクノロジーズ、株式会社オリエント マイクロウェーブ、国立研究開発法人宇宙航 空研究開発機構
③ 長距離送電の実証 【一般財団法人宇宙システム 開発利用推進機構】	(a) 長距離送電の実証	一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構、 三菱電機株式会社
④ マイクロ波無線送受電技術 のスピノフ 【一般財団法人宇宙システム 開発利用推進機構】	(a) マイクロ波無線送受電技術の スピノフ	一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構

研究開発項目1 発送電一体型パネルの開発

宇宙太陽光発電システムは、宇宙太陽発電衛星を静止軌道に打ち上げ、発電した電気をマイクロ波に変換して地上に伝送し、利用するシステムである。宇宙太陽発電衛星は、バス部からパネルを吊り下げる構造のため、静止衛星軌道上で常に発電できるように、発送電両方の機能を有するパネルが必要になる。

そこで、本研究開発では、宇宙太陽光発電システムの実現に必要な発送電一体型パネルの開発と実証を行う。

具体的には、パネルの上面は太陽電池セル、下面は太陽電池セルと送電アンテナ（5.8 GHz帯）を同一面に配置し、表裏の発電量の差及びアンテナの効率の変化を確認の上、最適なアンテナと太陽電池セルの混載方式を選定する。なお、開発する発送電一体型パネルは、50 cm×50 cm程度とし、軽量化が必要なことから36 kg/m²を目指す（これまでの研究開発では送電パネルのみで44.7 kg/m²）。また、開発した発送電一体型パネルを用いて、発電及び送電できることの実証、及び熱構造設計の妥当性について確認する。なお、実証においては、太陽電池で発電した電力のみを供給源とする（外部電力を使用しない）試験を実施する。

研究開発項目2 送電部の高効率化

宇宙太陽光発電システムはマイクロ波により電力を伝送するシステムであるため、その伝送効率を向上させることが課題の一つとなっている。

このため、本研究開発では、送電部の高効率化に関する研究開発を実施する。

具体的には、宇宙太陽光発電システムでの採用を検討している5.8GHz帯でのマイクロ波無線送受電技術に関し、送電部の高効率化のための方式及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(これまでの研究開発では44%)。

研究開発項目3 長距離送電の実証

宇宙太陽光発電システムでは、静止軌道上の宇宙太陽光発電衛星から地上の受電部までの長距離をマイクロ波で伝送する技術が必要となる。

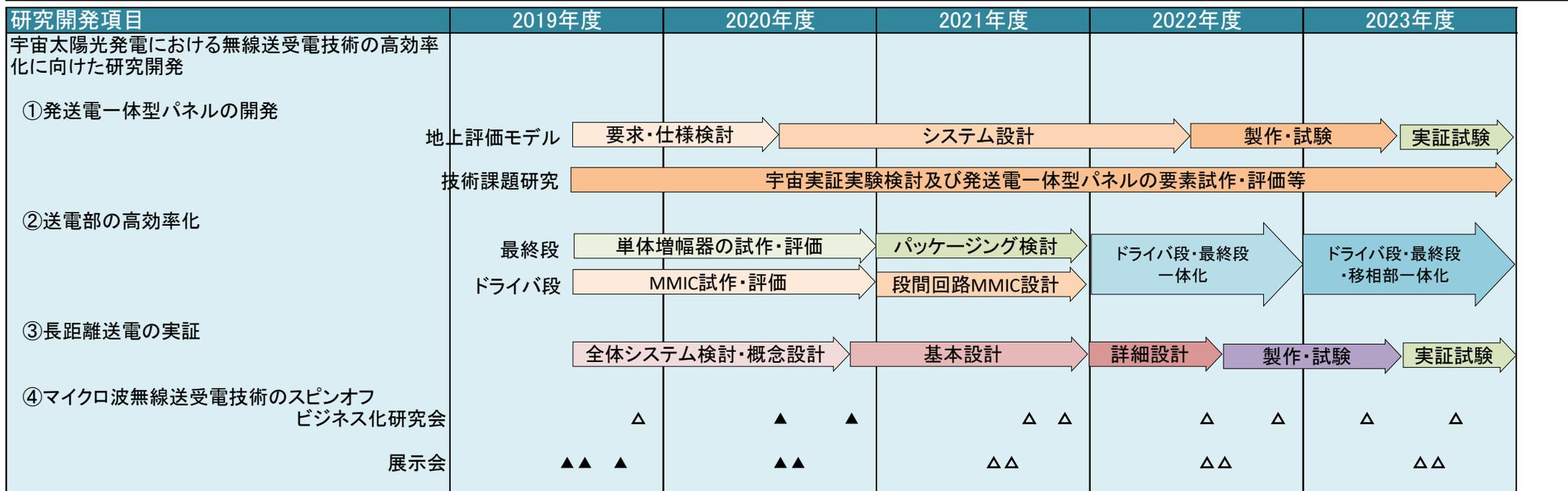
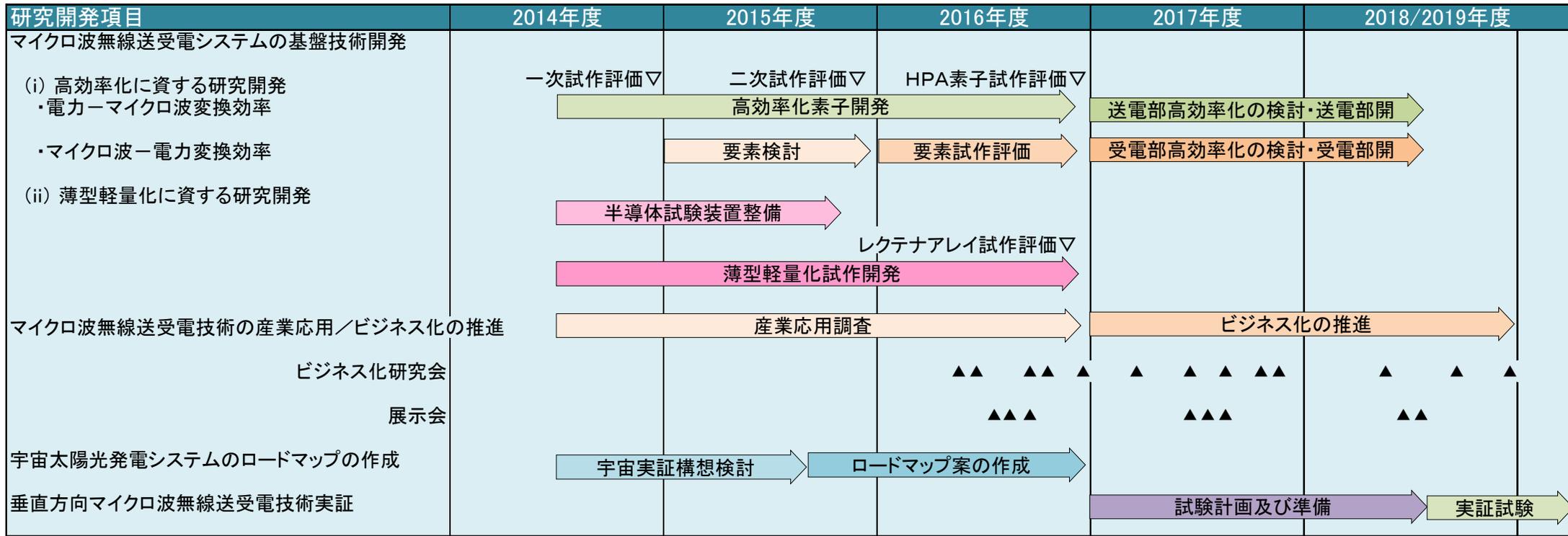
このため、本研究開発では、長距離(垂直方向、1~5km)での送電実証を実施する。

具体的には、供給電力は商用電源を使用し、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多数枚パネル(全体で2m×2m程度)で実証する。なお、実証では、ビームパターンの測定を実施する。

研究開発項目4 マイクロ波無線送受電技術のスピンオフ

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を実施する。

4-1. 研究開発計画（研究開発マネジメント）

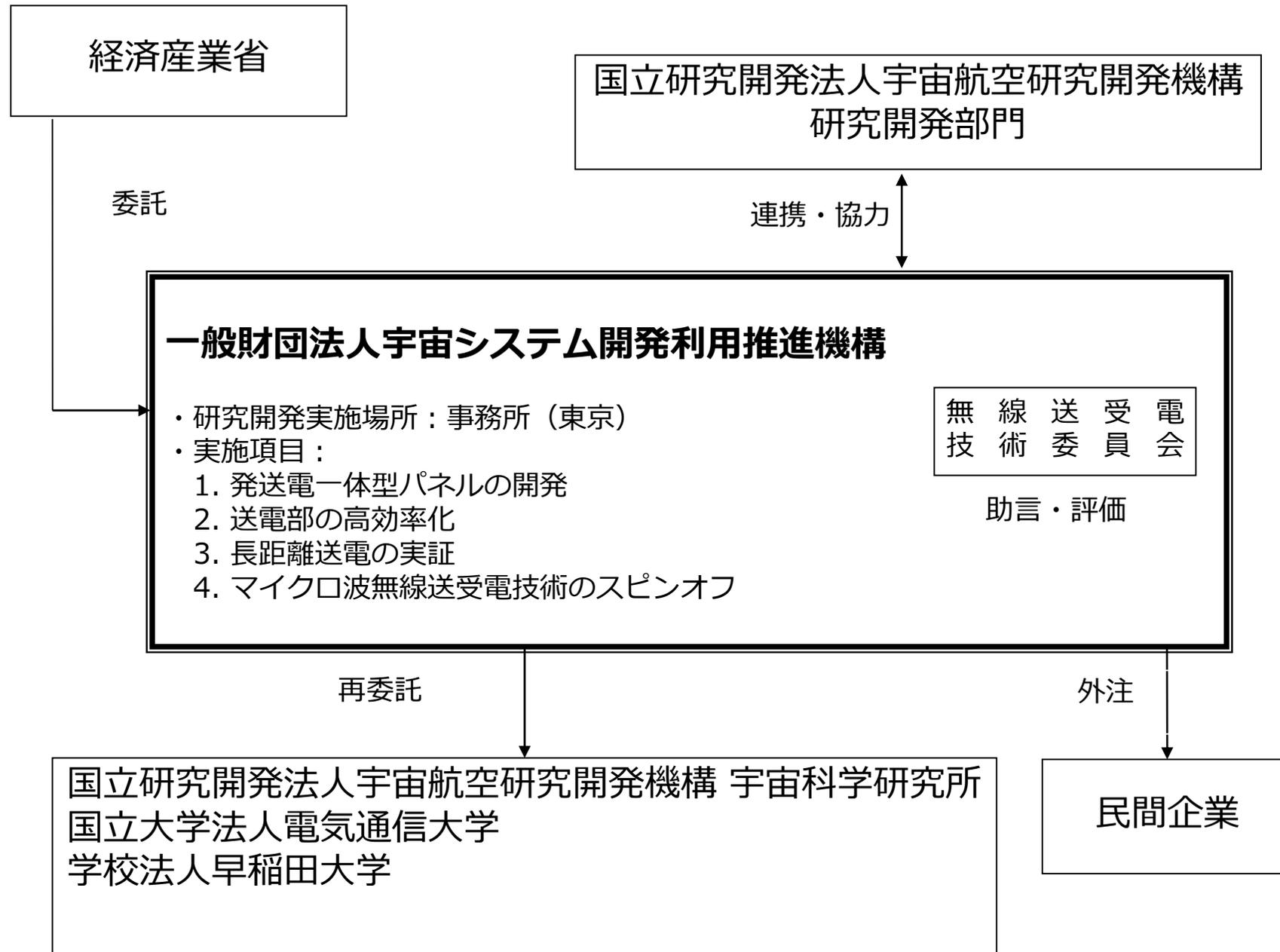


4-2. 資金配分（研究開発マネジメント）

（単位：百万円）

研究開発項目	2014FY	2015FY	2016FY	2017FY	2018/ 2019FY	合計
マイクロ波無線送受電システムの基盤技術開発	—	—	—	—	—	—
①高効率化に資する研究開発	75（委託）	87（委託）	119（委託）	121（委託）	59（委託）	461（委託）
②薄型軽量化に資する研究開発	158（委託）	151（委託）	113（委託）	0	0	422（委託）
マイクロ波無線送受電技術の産業応用／ビジネス化の推進	2（委託）	3（委託）	10（委託）	19（委託）	12（委託）	46（委託）
宇宙太陽光発電システムのロードマップの作成	12（委託）	7（委託）	7（委託）	0	0	26（委託）
垂直方向マイクロ波無線送受電技術実証	0	0	0	109（委託）	179（委託）	288（委託）
計	247	248	249	249	250	1,243

研究開発項目	2019FY	2020FY	合計
①発電電一体型パネルの開発	140（委託）	135（委託）	275（委託）
②送電部の高効率化	16（委託）	26（委託）	42（委託）
③長距離送電の実証	90（委託）	88（委託）	178（委託）
④マイクロ波無線送受電技術のスピンオフ	4（委託）	1（委託）	5（委託）
計	250	250	500



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。

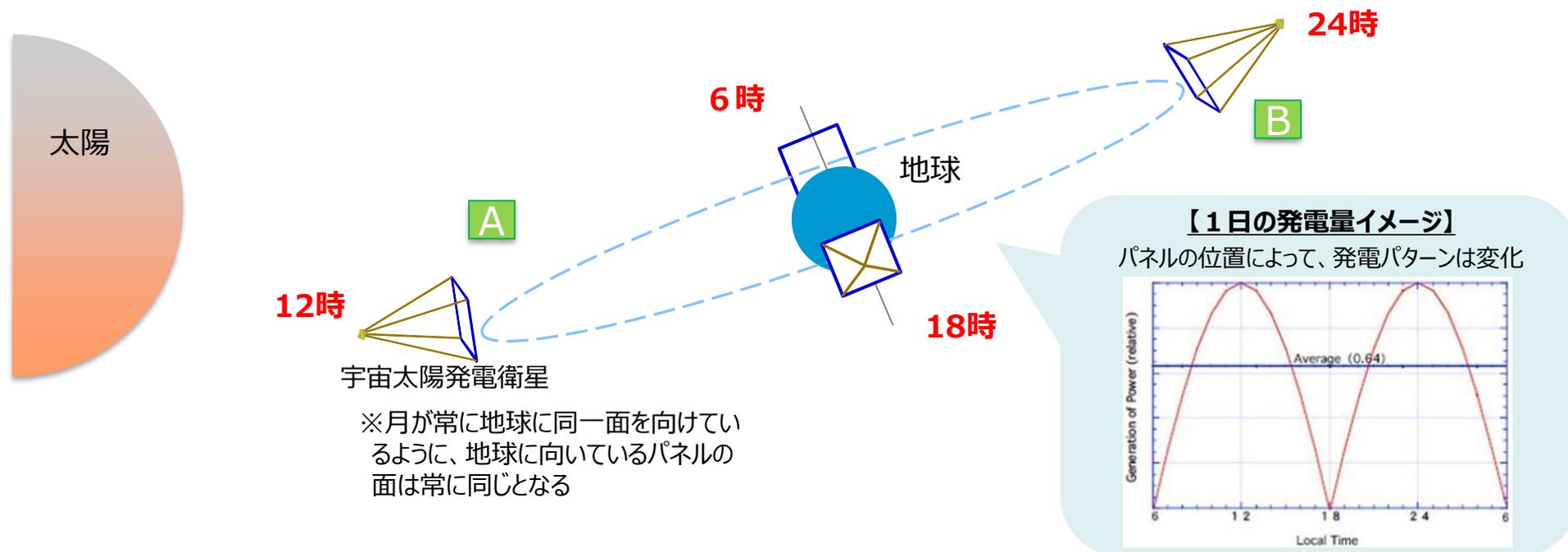
5 - 1. 研究開発目標（事業アウトプット）

研究開発項目	中間目標（2021年度）	最終目標（2023年度）	設定（変更）理由
送受電部の高効率化に関する研究開発の実施	1事業/年	1事業/年	宇宙太陽光発電システムの重要な要素技術であるマイクロ波無線送電システムの基盤技術に関する研究開発事業数をアウトプット指標として設定した。 具体の研究開発項目については、研究開発ロードマップに基づき抽出。

研究開発項目	最終目標（2023年度）	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/ 今後の見通し
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、発電及び送電できることの実証、及び熱構造設計の妥当性について確認する。	発送電一体型パネル地上評価モデルの設計を計画通り実施中。 将来の発送電一体型パネルの性能の実現の検討、並びに次フェーズの低高度からの電力伝送実験を行う低軌道実証衛星への要求仕様の作成のための開発を実施中。	—	研究開発実施中
②送電部の高効率化	送電部の高効率化のための方式及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	送電部の直流電力/マイクロ波電力変換用高効率増幅器に関し、ドライバ段を含めた多段構成全体での高効率化を目指し、最終段増幅器の周波数調整および、ドライバ段専用増幅器を開発し、評価を実施した。	—	研究開発実施中
③長距離送電の実証	長距離（1～5 km）、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。	実証試験計画の検討、送電部の基本設計等を実施している。	—	研究開発実施中
④マイクロ波無線送受電技術のスピンオフ	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。	展示会への出展、ビジネス化研究会の開催を実施している。	—	

① 発電電一体型パネルの開発

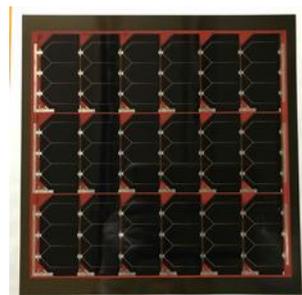
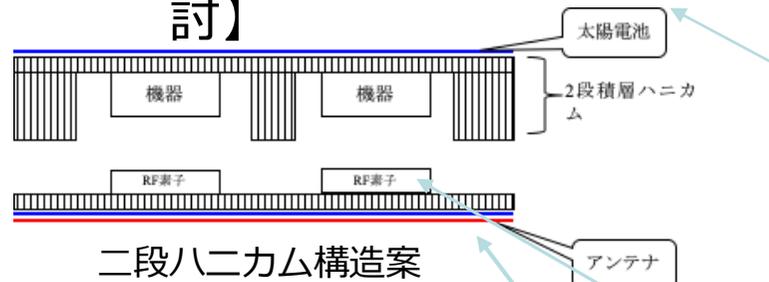
【発電電一体型パネルの必要性】



宇宙太陽光発電衛星が、「A」の位置にあるときは、上面（太陽側）に発電機能、下面（地球側）に送電機能があれば足りるが、「B」の位置にあるとき、下面（地球側）に発電機能がないと宇宙太陽発電衛星の発電量は大きく低下する。

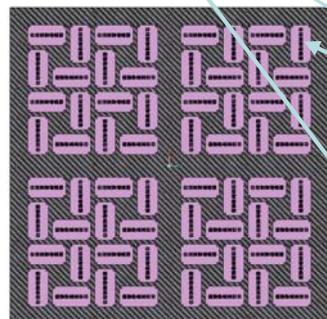
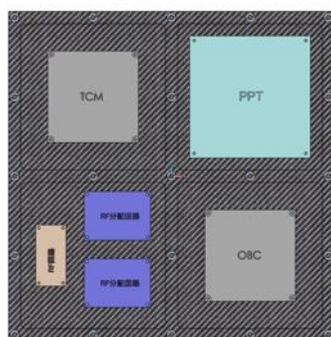
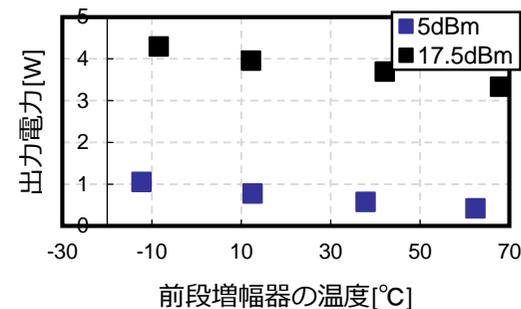
⇒片面にしか発電機能がない場合、両面に発電機能がある場合の約半分の発電量となる。

【発送電一体パネル構造の検討】



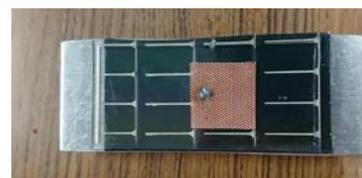
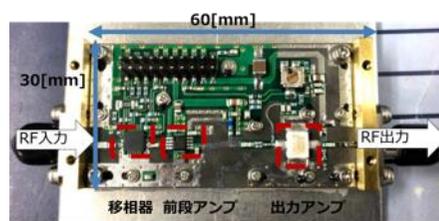
搭載機器の構成を検討し、
各搭載機器の特性評価を実施

位相制御増幅器の特性評価

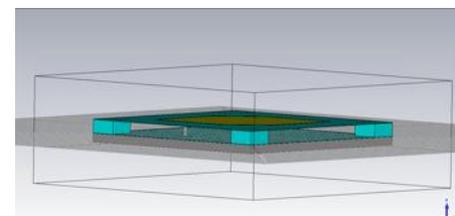


位相制御増幅器の配置

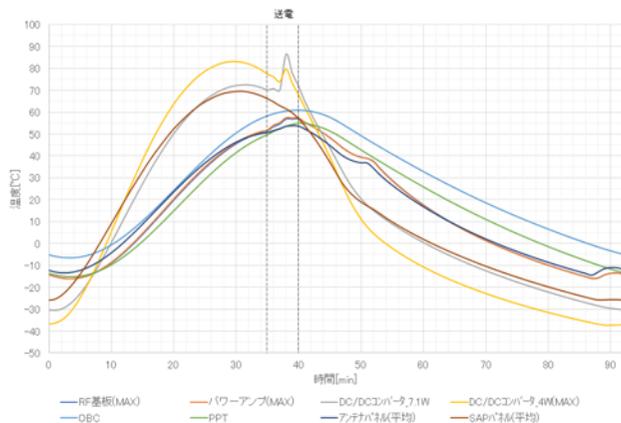
ボックス構造側機器配置案



アンテナ混載太陽電池

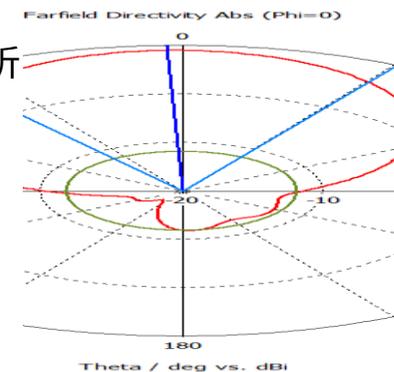


アンテナ混載太陽電池の解析モデル



構造検討/搭載検討/
低軌道条件で熱検討を実施。
主要部品の耐宇宙環境性評価を実施

遠方界解析

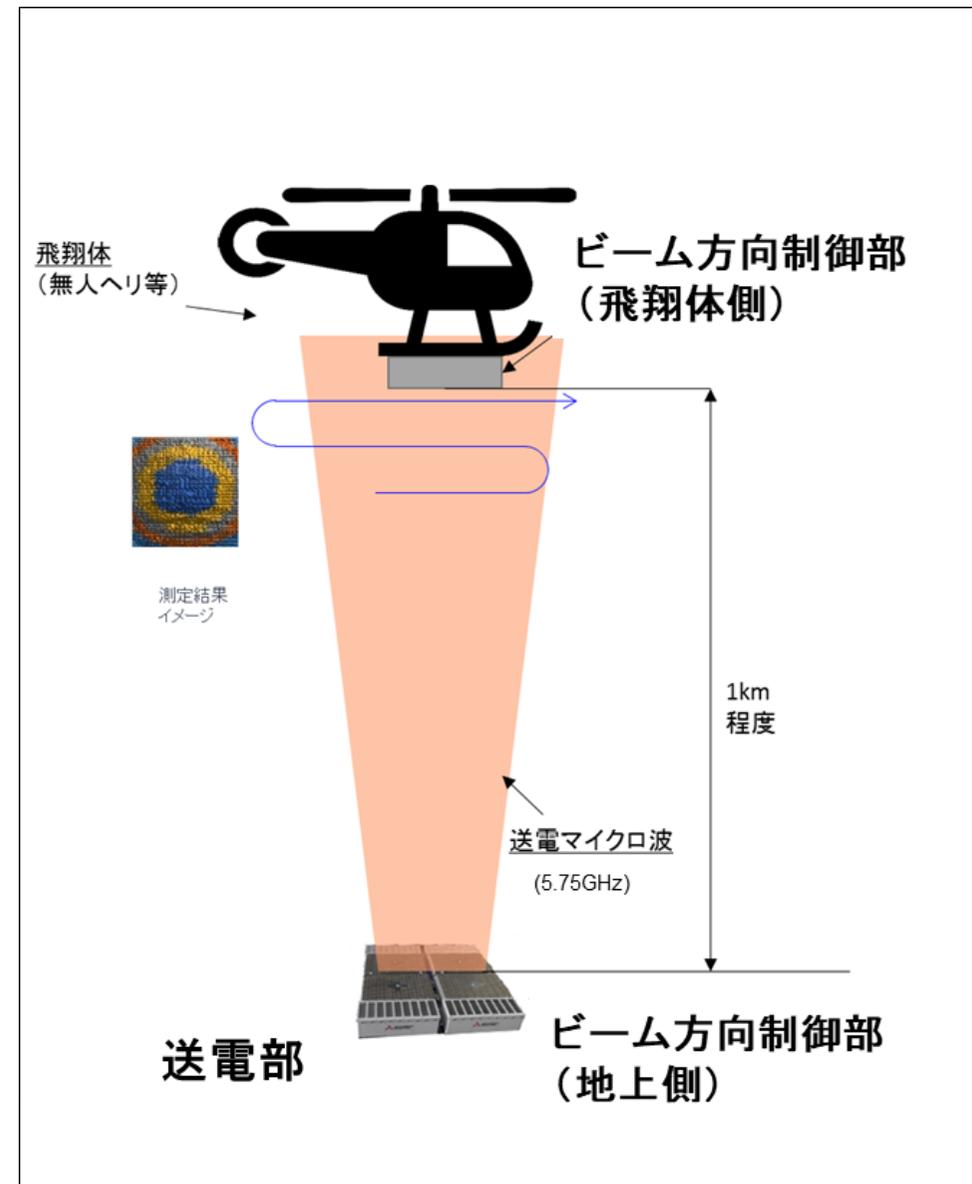


②送電部の高効率化

開発状況は6. 事業アウトカム参照

③長距離送電の実証

本システムは、送電部とビーム方向制御部と飛行体で構成され、これらの装置を用いて1km程度上空で送電マイクロ波ビームの形成とその放射パターンを測定する長距離送電試験を実施するため、設計作業を実施中。



④ マイクロ波無線送受電技術のスピノフ

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を実施する。

2018年度～2020年度の展示会への出展、ビジネス化研究会の開催実績は下記のとおり。

(1) 展示会

2018年度：センサエキスポジャパン2018、CEATEC JAPAN 2018

ブース来場者数：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）

ブース来場者数：888 名

2020年度：CEATEC online 2020（Webのみ）

チャンネル来場者数：592名

(2) マイクロ波無線送電技術ビジネス化研究会

2018年度：3回開催

参加者：第1回 64 名、第2回 37名、第3回 52名

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：2回開催 (Web開催)

参加者：第1回 118 名、第2回 156名

年度	論文数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2018年度	11	2	5	1
2019年度	6	1	0	0
2020年度	4	1	4	0

※論文数には対外発表のみも含む

国際標準への寄与

なし

プロトタイプ®の作成

なし

事業目的を踏まえたアウトカムの内容

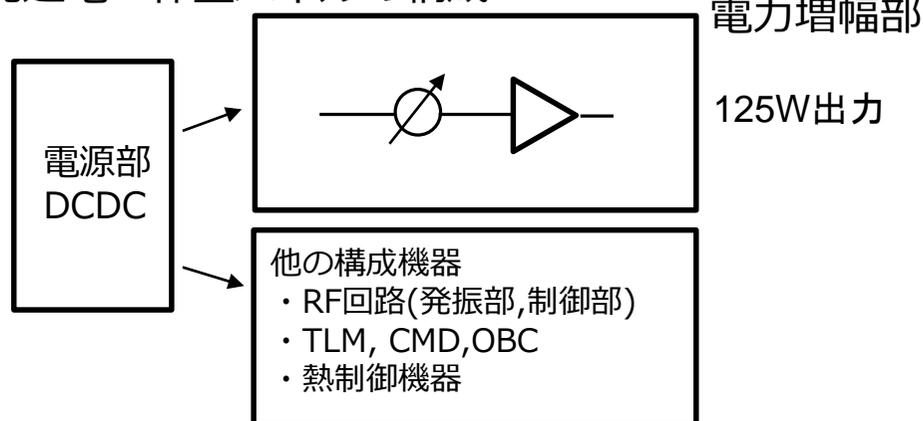
宇宙太陽光発電システムは太陽電池で発電した直流電力をマイクロ波に変換して送電アンテナから地上に向けて送信する。したがって変換効率は宇宙太陽光発電システムを考えるうえで重要な指標であり、送電部の変換効率をアウトカム目標として設定した。また、宇宙太陽光発電システム構築の低コスト化に当たっては送電システムの薄型軽量化が必要不可欠であることから、発送電一体型パネル単位面積当たり質量をアウトカム目標として設定した。

アウトカム指標・目標		目標達成の見込み
2024年度	周辺回路を含めた送電部の変換効率を60%に改善（令和5年度）	研究開発中
2024年度	発送電一体型パネルを36kg/m ² に改善（令和5年度）	研究開発中
(目標の設定(変更)理由・根拠等) 研究開発ロードマップに基づき設定		

アウトカム指標・目標：周辺回路を含めた送電部の変換効率を60%に改善（令和5年度）

<2018年度時点での送電部の総合効率：44.8%>

発送電一体型パネルの構成



構成機器の電力損失と効率

構成機器	電力損失	参考：効率
電源部	20.9 W	0.9
電力増幅部	53.6 W	0.7
TLM/CMD/OBC	2.6 W	
RF（源振/制御部）	7.0 W	
合計	84.1 W	
供給電力	209.1 W	
出力	125.0 W	
総合効率（%）	59.8	

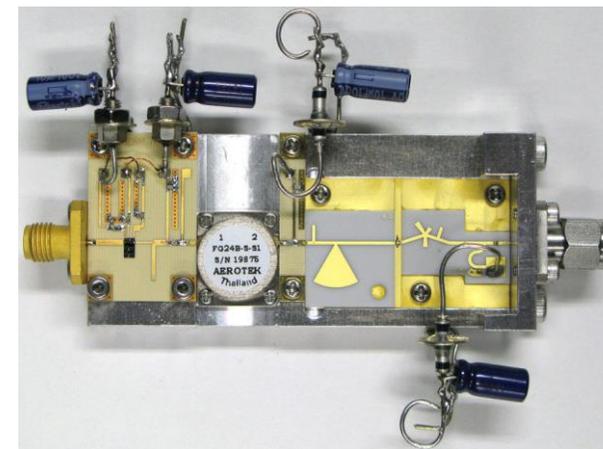
開発状況

- 発送電一体型パネルの構成要素を検討し、主要構成要素の効率と消費電力の目標設定を行った。
- 上記構成検討の結果、DCDCコンバータの効率と電力増幅部の効率が、総合効率に与える影響が大きいことが明らかとなった。
- 総合効率の改善については、まずは電力増幅部の効率改善にフォーカスすることとした。また、電力増幅部の最終段増幅器については、過去に効率改善を行っていることから、今回はドライバ段増幅器にフォーカスして総合効率の改善を狙うこととした。
- 現時点で、最終段増幅器に最適化したドライバ段増幅器を開発することで、電力増幅部の効率は約70%（非パッケージ試作品によるチャンピオンデータ）を達成している。この結果、各構成要素の消費電力評価と合わせて、総合効率は60%に若干に届かない程度となっている。
- 今後、電力増幅部のパッケージ化、小型化および効率の底上げ（チャンピオン以外でも十分な効率を実現）を行うとともに、DCDCコンバータの効率検討、RF制御部等他の構成要素の低消費電力化を進める。

電力増幅部の開発状況

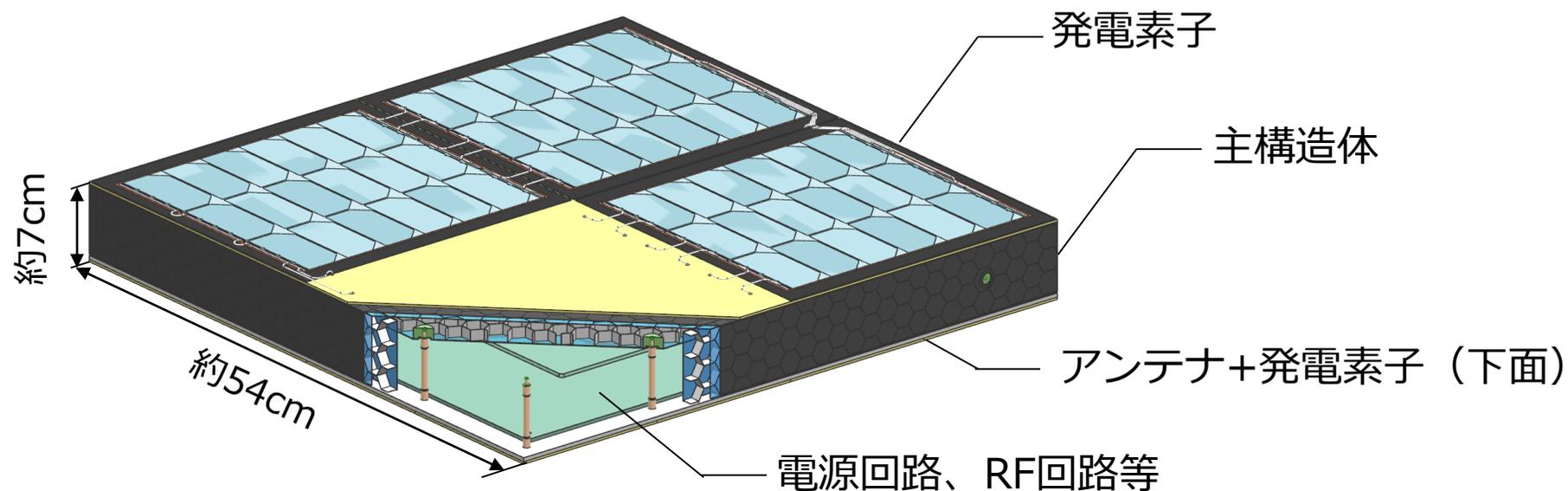
ドライバ段にパワーレベルを調整した専用のGaAs HEMT増幅器を用い、ドライバ段と最終段を縦続接続した多段増幅器構成全体で電力付加効率（PAE）69%、電力利得 32 dB、出力 33.8 dBmが実現された。これはDCから 5.75 GHzへの電力変換効率 0.69 が達成されたことを意味する。

送電部の直流電力/マイクロ波電力変換用高効率増幅器に関し、ドライバ段を含めた多段構成全体での高効率化を目指し、最終段増幅器の周波数調整および、ドライバ段専用増幅器を開発し、評価を実施した。具体的には、H25年度に別事業にて開発した最終段増幅器の動作周波数を今回の設計目標である5.75 GHzで動作するように回路の再設計を実施した。また、ドライバ段増幅器では、高効率動作となる電力レベルが最終段の高効率動作時入力レベルと一致するようにした専用の増幅器をマイクロ波集積回路技術を用いて開発した。



試作ドライバ段・最終段一体型モジュール

発電電一体型パネルを $36\text{kg}/\text{m}^2$ に改善（令和5年度）



【発電電一体型パネル概略構成図】

発電電一体型パネル地上評価モデルの設計を計画通り実施中。ハニカム構造体の採用や発電電機能構成要素のサンドウィッチ構造化によって薄型化を進め、目標の質量比 $36\text{kg}/\text{m}^2$ に対して、 $34.4\text{kg}/\text{m}^2$ （※1）となる見込みである。次年度以降にさらに詳細設計を進め、試作・評価を行う予定。

	設計配分値
構造部材質量	5.0kg
電子回路質量	3.5kg
発電電面質量（※2）	1.5kg
合計質量	10.0kg

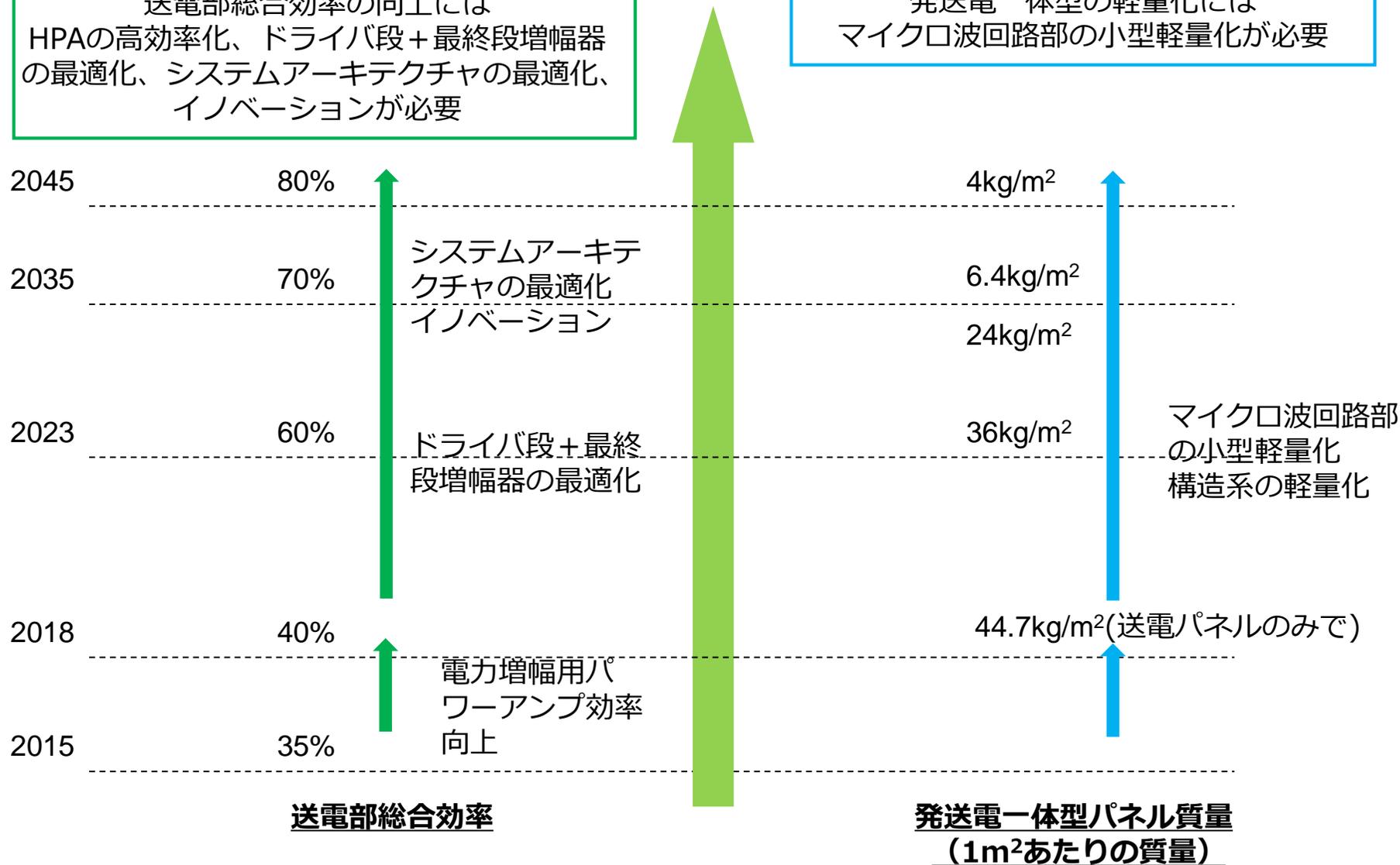
※1 参考：質量比 $34.3\text{kg}/\text{m}^2 \div$ 合計質量〔10.0kg〕 / 面積〔 $0.54\text{m} \times 0.54\text{m}$ 〕

※2 発電電面はアンテナと発電素子で構成

マイクロ波無線送受電技術における送電部総合効率及び発送電一体型パネル質量に係るロードマップを以下に示す。

送電部総合効率の向上には
HPAの高効率化、ドライバ段+最終段増幅器の最適化、システムアーキテクチャの最適化、イノベーションが必要

発送電一体型の軽量化には
マイクロ波回路部の小型軽量化が必要



宇宙太陽光発電システムについては、地上太陽光発電と異なり昼夜や天候に左右されることなく発電が可能であるとともに、火力発電等とは異なり発電時に温室効果ガスを排出しないという特長がある。

このため、宇宙太陽光発電システムの実現により、我が国として、エネルギーを計画的に確保することができるとともに、石炭等火力発電から代わることにより、CO₂の発生を削減することが可能となる。

将来の宇宙太陽光発電システム稼働時のCO₂削減効果については、SSPSの発電単位当たりのCO₂排出量は31.4g-CO₂/kWh（運用中の補修含む）*¹であり、原子力発電や風力発電等の再生可能エネルギーとほぼ同等、LNG火力（複合）[474g-CO₂/kWh]、LNG火力（汽力）[599g-CO₂/kWh]や石油火力[738g-CO₂/kWh]、石炭火力[943g-CO₂/kWh]と比べてはるかに排出量は少ない。*²

*1：出典 「宇宙太陽光発電衛星のある地球と将来 宇宙産業と未来社会についての学際的研究」
（慶應義塾大学出版会）

*2：出典 「日本における発電技術のライフサイクルCO₂排出量総合評価」
（電力中央研究所報告）

本事業では、平成26年度からの5年間（計12.5億円）で、宇宙太陽光発電システムの実現に必要な受電部と送電部の総合効率改善に向けた研究開発等を実施し、受電部は目標を達成、送電部も達成、令和元年度年から令和2年度の2年間（計5億円）においても引き続き送電部の総合効率改善、宇宙実証に向けた発送電一体型パネルの開発、長距離送電の実証に係る研究開発を実施し、着実に実績を積み重ねている。

なお、本事業の成果である送受電系の高効率化、小型軽量化については、ワイヤレスIoTセンサへの給電、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ほか、マイクロ波無線送電に関する研究や事業化を進める関係者が一堂に会し、情報交換や交流を行うための研究会を事業の一環として開催し、宇宙太陽光発電システムの実現に必要な要素技術の地上産業における活用を促す取組も実施するなど、事業の波及効果拡大を進めている。

指摘事項	対処方針	備考
<p>【事前/中間評価（2018年度）】</p> <p>（今後の研究開発の方向性等に関する提言）</p> <p>○宇宙太陽光発電の開発については、日本の宇宙産業の発展という目標を超えた、全人類にとって便益の大きい課題であることから、無線送受電の効率化という部分的な技術開発にとどまらず、宇宙太陽光発電の実現に向けて全体のロードマップを明確にし、経済産業省が総力を挙げて取り組んで貰いたい。</p> <p>○本プロジェクトが将来の宇宙太陽光発電へ向けた要素技術に関するものという位置づけは理解でき、関連して多くの技術的・学術的な成果を上げている点は高く評価できる。一方で、宇宙太陽光発電そのものを実現させるため、本プロジェクト以外の他の部分の研究開発との情報交換を継続し、本プロジェクトの定量的な目標を明確にしていく必要がある。</p> <p>○また、送電関連だけでなくそれを支える高電圧や絶縁などの基盤技術、宇宙・地球などの電波伝送経路にあたる空間の環境との相互作用、生体への影響なども含めて研究開発を進めていき、宇宙太陽光発電を社会インフラとして進めていける基盤を育てていく必要がある。</p> <p>○このほか、先の長い研究開発では、他分野における研究開発が役立つことも多いので、より幅広く他の研究分野と情報交換を行いながら、進めることが重要である。</p>	<p>○宇宙太陽光発電システムについて、経済産業省では、2017年3月に策定した、定量的な目標を含む研究開発ロードマップに基づき、本プロジェクトを進めているところ。</p> <p>○引き続き、宇宙太陽光発電に関するその他の研究開発との情報交換や連携を図るとともに、開発の進捗に応じて必要な定量的目標の見直しを行いながら、宇宙太陽光発電システムの実用化に向けて取り組んでまいりたい。</p> <p>○ご指摘の点は、宇宙太陽光発電システムの実現にあたっての重要な課題と認識しており、高電圧への対応技術や周囲の環境への影響等に関する研究開発は、今後の送受電関連技術の研究開発の進捗に応じて、適切な時期に実施を検討してまいりたい。</p> <p>○また、宇宙太陽光発電システムの要素技術のビジネス化に向けて、様々な分野の企業や研究者が一堂に会する研究会を開催しており、そのような機会等を通じて、幅広く他の研究分野と情報交換を行ってまいりたい。</p>	

指摘事項	対処方針	備考
<p>(評価WGの所見) ＜研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性＞ ○他省庁で取り組んでいる取組を把握するとともに、必要に応じて連携しながら本事業を推進し、本事業の位置づけをできるだけ明確化すること。</p>	<p>○宇宙太陽光発電の研究開発については、文部科学省やJAXAと連携を図りながら、事業を推進している。引き続き、宇宙基本計画及びエネルギー基本計画に基づき、実現に必要な技術の開発を推進していく。</p>	

(参考) 送電一体型宇宙太陽光発電システム2006モデル研究開発ロードマップ

