

太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発事業 事前評価報告書

平成25年8月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・評価小委員会評価WG

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24年12月6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、「経済産業省技術評価指針（平成21年3月31日改正）」を定め、産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価WG（座長：渡部俊也 東京大学教授）の場において、経済産業省が実施する研究開発プロジェクト等の技術評価を実施しているところである。

今般、経済産業省から、「太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発事業」を新たに創設することに関し、当該技術分野の省外専門家の評価コメント等を取り纏めた「事前評価報告書（案）」の付議提出があったので、当WGにおいてこれを審議し、内容了承することとしたところである。

本書は、上記評価結果及びその経緯等を取り纏めたものである。

平成25年8月
産業構造審議会産業技術環境分科会
研究開発・評価小委員会評価WG

産業構造審議会 産業技術環境分科会
研究開発・評価小委員会 評価WG
委 員 名 簿

座長	渡部 俊也	東京大学政策ビジョンセンター 教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学科 教授 東京大学生産技術研究所 教授
	太田 健一郎	横浜国立大学工学研究院グリーン水素研究センター センター長・特任教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長・教授
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター 副所長・教授
	鈴木 潤	政策研究大学院大学 教授
	森 俊介	東京理科大学理工学研究科長・教授
	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部経済・産業調査グループ 主席研究員

(委員敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発事業の事前評価に当たり
意見をいただいた外部有識者

工藤 勲 北海道大学 名誉教授

竹ヶ原 春貴 首都大学東京大学院 教授

秦 重義 一般社団法人日本航空宇宙工業会 常務理事

（敬称略、五十音順）

事務局：製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発事業の評価に係る省内関係者

【事前評価時】

製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室長 武藤 寿彦

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 飯村 亜紀子

太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発事業事前評価
審 議 経 過

○新規研究開発事業の創設の妥当性に対する意見の収集（平成25年5月）

○産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価WG（平成25年8月21日）
・事前評価報告書(案)について

目 次

はじめに

評価WG 委員名簿

御意見をいただいた外部有識者 名簿

事前評価に係る省内関係者

審議経過

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要 1
2. 新規研究開発事業の概要について 1
3. 新規研究開発事業の創設の妥当性等について 3

第2章 評価コメント 6

参考資料 太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発事業の概要(PR資料)

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要

宇宙は国家の安全、経済、科学を担う戦略的分野であり、各国とも安全保障、国威発揚、技術開発のために国が主導して自国産業を育てている。また、宇宙の利用サービスは大幅に拡大しており、宇宙産業の裾野はますます広がっているほか、新興国を中心に衛星の需要も拡大しており、**宇宙産業は今後も市場規模の拡大が見込まれる成長分野**である。

本年1月には、新たな「宇宙基本計画」が策定された。ここでは「**宇宙利用の拡大**」と「**自律性の確保**」を基本的な方針とし、これを支える宇宙産業基盤の維持・強化、産業振興に取り組むことの必要性を確認した。

そこで、経済産業省では、「宇宙産業プログラム」として、「**国家の宇宙開発を支える基盤である宇宙産業について、我が国の持つ先端民生技術の強みを最大限活用し、重要基盤技術の研究開発を実施することで国際競争力の強化を図り、宇宙利用を拡大する**」ことを目的に研究開発事業を実施している。

本事業では、将来の新エネルギーシステムとして期待される宇宙太陽光発電システム(SSPS:Space Solar Power System)の中核的技術であるマイクロ波による無線送受電技術を確立する。

2. 新規研究開発事業の概要について

(1)開発する技術のサイエンス、テクノロジーの概要

将来の新エネルギーシステムとして期待される宇宙太陽光発電システム(SSPS:Space Solar Power System)の中核的技術であるマイクロ波による無線送受電技術の確立に向け、発電コストの低減に必要不可欠な送受電効率の改善を目指した研究開発を行う。具体的には、送電部の半導体増幅器、および受電部のレクテナ整流回路についてより高効率の素子を用いた要素技術の開発を行う。

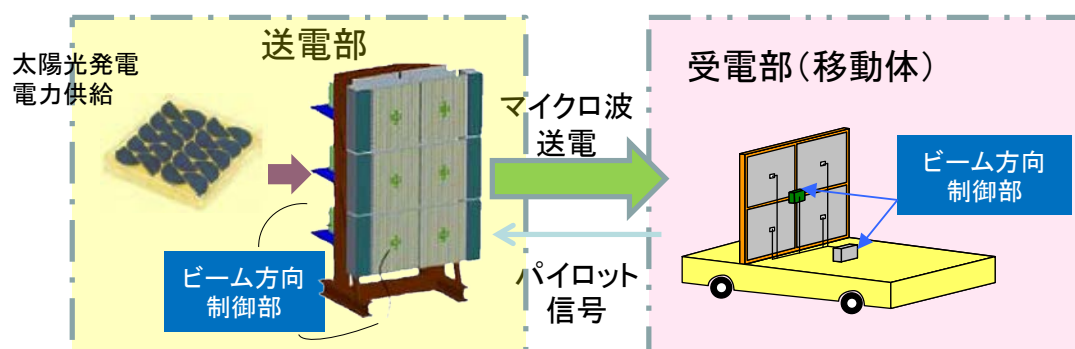
また、無線送受電の安全性や効率性等の確保に不可欠な精密ビーム制御技術について、従来に比較して高効率・大電力・長距離でのビーム制御検証を行う。

①送受電効率の改善

本事業では、SSPSの中核的技術として応用可能なマイクロ波による無線送受電技術について送受電効率の改善を目指す。

SSPSの送電部は、宇宙に設置された大量のアンテナパネルを組み合わせた巨大なシステム(フェーズドアレイアンテナ)となるので、構成要素には小型化・薄型化・高効率化が求められる。フェーズドアレイアンテナによりマイクロ波の位相同期を図りつつ、ギガワット級のエネルギーを送電可能なものとする。フェーズドアレイは多数の送電モジュールから構成される。送電モジュールはさらにサブモジュールに細分化され、サブモジュールの変換効率は主に半導体増幅器(HPA)の効率に依存する。半導体増幅器の効率改善によって、熱対策が軽減され、太陽光発電衛星の大きさ・質量を小さくすることが可能となる。これにより、輸送費やひいては全体の発電コストの低減に資するものである。よって、半導体増幅器の効率改善は必要不可欠なものである。

システム構成イメージ



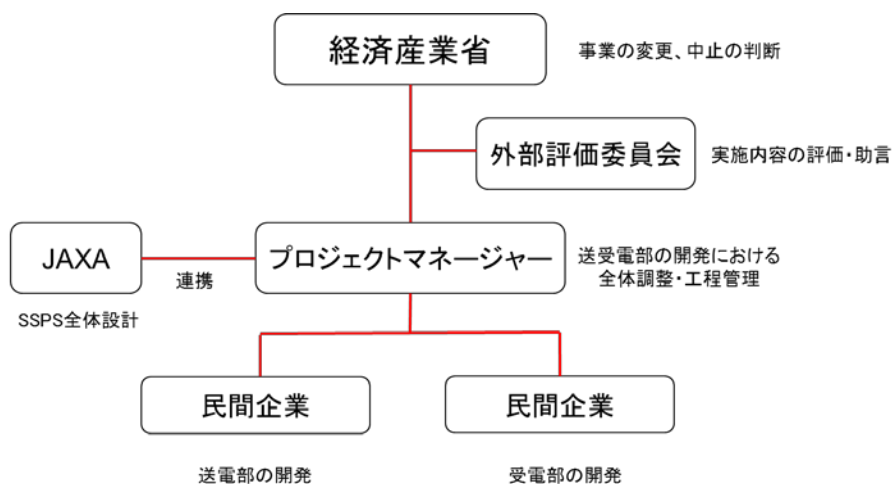
一方、地上の受電部としては、マイクロ波を DC 電力に変換するレクテナ素子(ダイオードを含む整流回路)の効率の改善が、SSPS の発電コスト低減の観点から同様に必要である。

②送受電の安全性確保等

受電部に関する電磁環境 (EMC) 問題としては、一般的には受電部アンテナ面からのスプリアス放射が考えられ、不要波の放射は周辺の電子機器等に影響のないレベルに抑える必要があることから、フィルター等により対策が練られている。本事業では、フィルターでは対処できない受電アンテナからの基本波を含むマイクロ波再放射を抑制する技術について検討する。また、受電部側から発信されるパイロット信号の到来角度を計測し、その角度方向にマイクロ波ビームを精密に指向制御する精密ビーム制御技術を活用する。

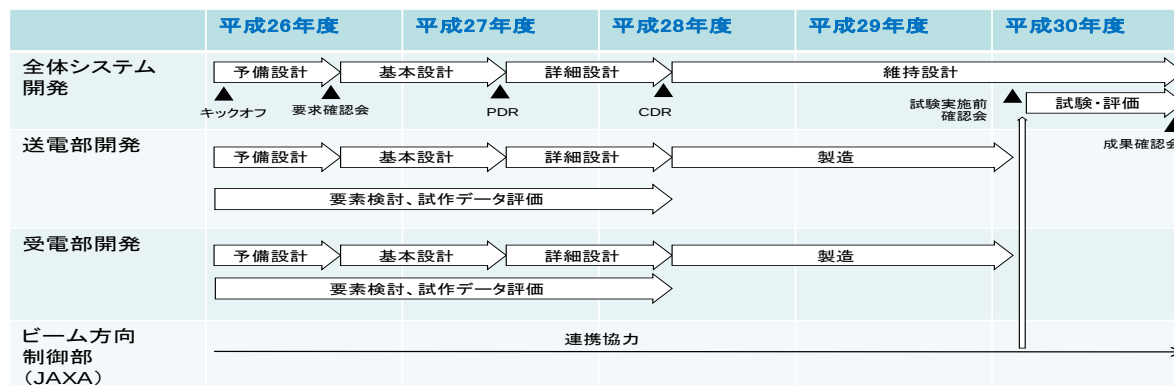
(2)実施体制図

本事業における実施体制図を以下に示す。



(3)実施スケジュール

平成26年度(2014)～平成30年度(2018)



3. 新規研究開発事業の創設の妥当性について

(1)事業の必要性及びアウトカムについて(研究開発の定量的目標、社会的課題の解決や国際競争力強化への対応)

①事業の必要性

太陽光発電は石油代替エネルギーとして導入が進められてきているが、エネルギーの安定供給の確保、地球環境問題への対応等の観点から、更なる導入拡大が重要となっている。さらに、世界規模の低炭素社会を実現するための抜本的な対策の一つとして、他の再生可能エネルギーとは異なり、昼夜や天候に左右されることなく 24 時間安定的に発電が可能な SSPS の実現が期待されている。

実用化に至るまでには長期の研究開発と段階的な技術実証が必要であるため、エネルギー基本計画(平成 22 年 6 月閣議決定)、環境エネルギー技術革新計画(平成 20 年 5 月総合科学技術会議決定)等においても長期的視野に立ち必要な取組や検討を進めるとされている。

また、平成25年1月に宇宙開発戦略本部が決定した「宇宙基本計画」では、今後5年間の開発利用計画として、宇宙太陽光発電については、「我が国のエネルギー需給見通しや将来の新エネルギー開発の必要性に鑑み、無線による送受電技術等を中心に研究を着実に進める。」とされており、経済産業省では、マイクロ波による宇宙太陽光発電の中核的技術である無線送受電技術(エネルギー伝送技術)の確立に向け、安全性や効率性等の確保に不可欠な精密ビーム制御技術について研究開発を実施してきた。

新たな宇宙基本計画で掲げた、SSPS の実現に向けた3つの課題(技術、安全性、経済性)のうち、技術課題のひとつとして「高効率で安全な発電・送電・受電技術等」がある。本事業では、マイクロ波による送受電効率の改善、および再放射抑制技術の習得等を目指すものである。

②アウトカム(目指している社会の姿)の具体的内容及び検証可能なアウトカム指標とその時期

太陽光発電は石油代替エネルギーとして導入が進められてきているが、エネルギーの安定供給の確保、地球環境問題への対応等の観点から、更なる導入拡大が重要となっている。さ

らに、世界規模の低炭素社会を実現するための抜本的な対策の一つとして、他の再生可能エネルギーとは異なり、昼夜や天候に左右されることなく 24 時間安定的に発電が可能な SSPS の実現が期待されている。

かかる状況の下、本事業に加え宇宙実証試験等を実施することにより、2030年代には商用システムとして事業化を行うことを目標とする。

本事業の研究開発の定量的目標としては以下のとおり。

- (a) 送電部： 2018年度末までに、単体での DC-RF 変換効率(電力付加効率)80%(目標)のマイクロ波増幅器(HPA)の開発を行う。(現状効率70%程度)
- (b) 受電部： 2018年度末までに、単体での RF-DC 変換効率(整流効率)80%(目標)の整流回路の開発を行う。(現状効率70%程度)
- (c) ビーム方向制御： 2018年度末までに、伝送距離100m程度のビーム方向制御を確認する。
- (d) 受電部からのマイクロ波再放射： 2018年度末までに、マイクロ波再放射の抑制技術を習得する。

③アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果の程度

SSPS の中核的技術として応用可能なマイクロ波無線送受電技術に係る研究開発は、レーザー技術や通信技術などの民生分野への波及効果も期待される。

また、SSPS が実用化された日には、天候に左右されず夜間でも発電可能な発電システムにより大幅な CO2 削減効果が得られる。仮に我が国の火力発電所の 1/2 が SSPS に置き換わった場合、約1億トンの CO2 削減効果が得られると試算される。

④アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標(技術的成果等)の具体的内容とその時期

本事業で行う地上実証送受電実験を踏まえ、小型衛星を利用した宇宙実証実験を実施、2030年には商用システムとして事業化を行うことを目標とする。SSPS実現に向けてのロードマップを別紙1に示す。

(2)アウトカムに至るまでの戦略について

①アウトカムに至るまでの戦略(アウトカムに至るまでのスケジュール、知財管理の取扱い、実証や国際標準化、性能や安全性基準の策定、規制緩和等を含む実用化に向けた取組)

SSPS実現に向けてのロードマップを別紙1に示す。2020年までに地上で行う送受電実験の結果を踏まえ、小型衛星を利用した宇宙実証実験を実施し、宇宙太陽光発電の商業化を促進する。マイクロ波による健康、大気・電離層、航空機、電子機器等への影響について調査を実施し、性能や安全性基準について関係省庁と検討を行う。

また、本事業で得られたマイクロ波送電の技術は、地上でも応用が可能である。技術波及・応用の可能性を別紙2に示す。

なお、本事業では、平成25年度終了予定の「太陽光発電無線送受電技術の研究開発」の成果を活かし、(独)宇宙航空研究開発機構と協力して実施することを想定している。

②成果とユーザーの段階的イメージ・仮説(技術開発成果の直接的受け手、社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤー)

有効かつ効率的な実施体制とするために、これまで実施したSSPSの研究開発事業の成果を活かし、無線電力伝送技術に関する知見や研究実績のある企業の参加により研究開発に取り組む体制を想定。その中で学術的知見をもつ大学やユーザである電力関係者等からな

る技術委員会を設置し、助言・評価をいただくことを想定。

また、我が国全体の宇宙開発利用を技術で支える中核的な機関である(独)宇宙航空研究開発機構とも協力・連携を行い事業を実施することを想定している。

(3) 次年度以降に技術開発を実施する緊急性について

① 次年度以降に技術開発を実施する緊急性

世界全体の温室効果ガスの排出を 2050 年までに半減するといった低炭素社会を実現するためには、地上における再生可能エネルギーの導入拡大に加え、さらに抜本的な対策が必要である。SSPS は将来の新エネルギーシステムの一つとしてその実現が期待されているところであるが、実用化に至るまでには長期の研究開発と段階的な技術実証が必要であるため、継続的に事業を進める必要がある。

(4) 国が実施する必要性について

① 科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性(我が国が強みを持ち、世界に勝てる技術分野であることについて、他の研究分野等への高い波及効果を含むものであることについて)

SSPS は、研究開発リスクが伴う、研究投資額が巨額である等、民間が開発に着手しにくい技術課題があり、実現には先端的な半導体技術から高信頼性が求められる宇宙技術に至るまで、多岐にわたる専門技術と長期の取組が必要である。そのため、我が国の英知を集結して、政府が主導的に研究開発や技術実証を進めていくことが必要不可欠である。また、開発に当たっては、エネルギー政策を所管する経済産業省が我が国の宇宙機関である独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)などと連携・協力し、研究開発や技術実証を進める必要がある。

(5) 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業について

① 当該事業のアウトカムと関連性のある省外の事業との関係性(当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業、上記の関連性のある事業との重複がなく、適切に連携等が取れていることについて)

本事業は「太陽光発電無線送受電技術の研究開発」(平成21年度～平成25年度)の開発成果を活用する。また、JAXAではビーム制御に関わるレトロディレクティブ技術の研究開発を実施しており、その成果を本事業でも活用する。

第2章 評価コメント

新規研究開発事業の創設の妥当性に対するコメント

(1) 事業の必要性及びアウトカムについて（研究開発の定量的目標、社会的課題の解決や国際競争力強化への対応）

(1) ①事業の必要性

低炭素社会を実現するための抜本的な対策の一つとして 24 時間安定的に発電が可能な SSPS の実現は必要である。実現に向けては、技術的な実証を踏まえつつ着実に実現性を検証する必要がある、要素技術の検証を先行させることは妥当である。

なお、宇宙基本計画（平成25年1月）では「宇宙空間での実証に関し、その費用対効果を含めて実施に向けて検討すること」が要求されており、宇宙実証の必要性を本効率化の研究開発と合わせて実施すべきである。衛星間の無線送電は既に行われており、SSPS の実用化に向けたパイロット実験を行う場合にはこれ以上のスケールのものが求められるが容易ではない。また、国家的事業として取り組むには産官学の連携が重要である。よって、大学が技術委員会の委員とは別に、計画に直接参加できる枠組みを模索する必要がある。

○肯定的意見

- (A 氏) 改訂された「宇宙基本計画」では、無線による送受電技術を中心に研究開発することを求めている、本件はこれに従いマイクロ波による送受電効率の改善、再放射抑制技術の習得に取り組むことを提案している。地上において各所にメガソーラー発電所が建設され始めていて、その電力は有線により送電網に接続されるが、SSPS の場合には高効率な無線送受電技術の獲得が鍵となる。
- (B 氏) 世界規模の低炭素社会を実現するための抜本的な対策の一つとして、24 時間安定的に発電が可能な SSPS の実現は必要である。
- (C 氏) SSPS は将来のエネルギー供給に革新をもたらす技術であり、実用化に至ればその社会へ及ぼす影響は計り知れない。その一方、実現に向けての課題は多く、技術的な実証を踏まえつつ着実に実現性を検証する必要がある、本事業計画に示された要素技術の検証を先行させることは妥当である。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) 宇宙基本計画の見直しでは、「宇宙空間での実証に関し、その費用対効果を含めて実施に向けて検討すること」を要求していて、今後 5 年以内にその必要性を明確にしておかなければならない。実証の必要性は本効率化の研究開発と合わせて実施すべきである。そもそも SSPS については 1990 年代から通商産業省においてフィージビリティが検討されてきているが、宇宙実証には至っていない。原理が簡単で多くの衛星が太陽電池で発電し、通信放送衛星では軌道上から通信手段として無線で電力を送っている。具体的には ISS では 120kW を発電し、大型の通信衛星では 10kW レベルの送信を実現している。このことから、宇宙発電の原理を実証する必要はなく、宇宙発電を実用化する為のパイロット実験を計画する場合には、これ以上のスケールのものが要求され簡単にはできないのが難点である。基本計画の要求に説得力のある回答を用意することは容易ではないと考える。
- (C 氏) 国家的事業として取り組むに当たっては産官学の連携が重要であるが、特に大学の参加に関しては技術委員会の評価委員とは別に計画に直接参加できる枠組みを模索する必要があると思料する。

(1) ②アウトカム（目指している社会の姿）の具体的内容及び検証可能なアウトカム指標とその時期

原子力発電が不安定な状態の今、従来の太陽光発電の稼働率の低さを克服する SSPS の早期実現に期待。送電効率の向上は輸送系への負担軽減、排熱装置の小型化へつながり重要である。また、開発の目標が定量的に設定されており、開発に必要な時間や現在の我が国の経済状態等を考慮しても本事業計画は妥当である。

なお、SSPS の実現の成否は大型構造物を如何に安価に効率よく構築するかが鍵であり、次のフェーズではそのための基本実験を行うべきである。設計の段階では個々の目標値の達成度のみならずコストを含む将来システムとしての実現性に関する評価も考慮すべきである。

○肯定的意見

(A 氏) 温室効果ガス削減の旗手であった原子力発電が不安定な状態の今、SSPS の早期実現が期待されている。今後メガソーラー発電所が普及するにつれ、その欠点である稼働率の低さが SSPS の有利性を際立たせるようになっていくと思われる。送電効率の向上は、輸送系への負担の軽減、排熱装置の小型化へつながり、重要と考える。

(B 氏) 研究開発の定量的目標が具体的に設定されている。

(C 氏) SSPS の実現可能性を探究するためには個々の要素技術の検証が不可欠であり、主要な課題である電力伝送技術の地上における実証は重要である。開発に必要な時間等を考慮しても本事業計画は妥当である。

○問題点・改善すべき点

(A 氏) SSPS が実用となる時期のアウトカムを議論すべきと考えるが、SSPS はあまりに巨大であることから、具体的な指標等について議論できない。実現までには多くの課題を解決していかなければならないと考えるが、提案の高効率無線送電は現在の経済状態を考えれば最適な設定であろうと思う。私自身は上述のように送電の原理を小規模のスケールで宇宙実証する必要はないことから、SSPS 実現の成否は大型構造物を如何に安価に効率よく構築するにかかっていると考えている。次のフェーズではそのための基本実験も実施していただきたいものである。

(C 氏) 事業計画開始段階の判断であるが、基本設計や詳細設計の評価については個々の目標値の達成度のみならずコストを含む将来システムとしての実現性に関する評価も重要である。設計段階から評価項目として考慮することを望む。

(1) ③アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果の程度

世界に先駆けて我が国が SSPS の実現性を検証することができれば世界のエネルギー供給の革新への大きな進展となる。さらに SSPS そのものが実現すれば原子力・火力発電の依存度を低減できる。本研究開発はレーダー技術や通信技術などの民生分野の波及効果も期待され、大きな経済効果が期待される。現状、SSPS に具体的な取り組みがあるのは日本だけであり、先行して成果を得ることができれば国際競争力の向上に貢献する。

なお、火力発電の 1/2 を SSPS に置き換わった場合を想定しているが、現状のロードマップ（2020 年に 2 MW 級）を見る限り、非現実的である。また、国際競争力について具体的に言及すべき。我が国経済への影響等については本事業の最終段階にて評価すべき事項であるが、中途段階においても将来、計画遂行に関する費用対効果を検討しておく必要がある。

○肯定的意見

- (A 氏) 今や、SSPS に具体的な取り組みがあるのは日本だけであり、小規模であるにしろこうした継続した研究開発は他国の追従を許さないものとなる。
- (B 氏) 本研究開発は、レーダー技術や通信技術などの民生分野への波及効果も期待され、日本経済にも大きな効果がある。
- (C 氏) 世界に先駆けて我が国が SSPS の実現性を検証することができれば世界のエネルギー供給の革新への大きな進展となる。さらに SSPS そのものが実現すれば原子力・火力等による電力供給への依存度を低減することが可能となり、多くの経済効果が期待できる。一方、全体システムとしての実現性及び費用対効果については多くの課題があり、本事業はこれらの課題解明に重要な要素技術の検証を行うもので、この分野で先行して成果を得ることができれば国際競争力の向上に貢献する。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) 火力の 1/2 を SSPS (1 機 100 万 KW) に置き換わった場合を想定しているが、ロードマップを見る限り、2020 年に 2MW 級ではこの仮定は非現実的である。
- (B 氏) 国際競争力に関し、具体的に言及すべきと考える。
- (C 氏) 我が国経済への影響等については本事業の最終段階にて評価すべき事項であるが、中途段階においても将来計画の遂行に関する費用対効果等を検討しておく必要がある。

(1) ④アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標 (技術的成果等) の具体的内容とその時期

アウトカムに至るまでに達成すべきも目標については、ロードマップにおいて、詳細な検討がなされており、地上実証から小型衛星実証、大型衛星実証を経てユニット配備を行うというロードマップは間違っていない。予備設計、基本設計、詳細設計の各段階において評価時期が設定されており、設計目標も数値目標として明示されており目標設定は適切である。

なお、今回示されたロードマップは従来のもより遅れており、これ以上遅れないようにすべきである。送電部と受電部の開発はそれぞれ平行して実施しつつも相互の情報共有は不可欠であり、製造段階においても何等かの接続試験等が必要である。

○肯定的意見

- (A 氏) 地上実証→小型衛星実証→大型衛星実証→ユニット配備の道筋は間違っていない。
- (B 氏) ロードマップにおいて、詳細な検討がなされている。
- (C 氏) 予備設計、基本設計、詳細設計の各段階において評価時期が設定されており、設計目標も数値目標として明示されており目標設定は適切である。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) 別紙 1 に示されているロードマップは、従来のものに比べて若干の遅れがあり、これ以上遅れないようにしていただきたい。
- (C 氏) 送電部と受電部の開発は平行して実施しつつも相互の情報共有は不可欠であり、計画細部ではあるが製造段階においても何等かの接続試験等が必要である。

(2) アウトカムに至るまでの戦略について

(2) ①アウトカムに至るまでの戦略

マイクロ波送電技術はさまざまな分野での応用が期待されるが、特に電気自動車の応用に期待。ロードマップとして具体的戦略及び技術波及・応用の可能性が示されており、技術的難易度を考慮しても全体スケジュールは妥当である。また、知的財産管理に関しては、成果は原則として委託先に帰属するものであり、知財の取り扱いは適切である。

なお、今回示されたロードマップは従来のもより遅れており、これ以上遅れないようにすべきである。また、計画実施段階での考慮事項であるが、知財管理としての成果の帰属に関しては明確化が必要となる。

○肯定的意見

(A 氏) マイクロ波送電技術は別紙 2 に示されるような応用が期待される。電気自動車への応用は特に期待したい。

(B 氏) ロードマップ 1, 2 において、具体的戦略および技術波及・応用の可能性が示されている。

(C 氏) 本事業は要素技術の開発・実証が目的であるため全体システムの検証としては初期段階にあり、国際標準化、性能、安全性基準等は将来の課題として留意するものと理解している。知的財産管理に関しては成果の帰属は原則として委託先と理解しており、知財の取扱いが適切である。また技術的難易度を考慮しても全体スケジュールは妥当である。

○問題点・改善すべき点

(A 氏) 別紙 1 に示されているロードマップは、従来のものに比べて若干の遅れがあり、これ以上遅れないようにしていただきたい。

(C 氏) 計画実施段階での考慮事項であるが、知財管理としての成果の帰属に関しては明確化が必要である。

(2) ②成果とユーザーの段階的イメージ・仮説

過去、大学、研究所、企業が SSPS の研究開発に参画しており、これらの人的資源を引き続き活用することが重要である。本事業の対象となる無線電力伝送技術は SSPS の実現性の検証にとって重要な鍵となるものであり、今後の計画遂行の可否の判断に大きく影響する。将来のエネルギー確保は国家の役割であり、本事業は公共の利益に資するものであり、計画は妥当である。

なお、SSPS は、低炭素社会を実現するための抜本的な対策の一つとして考えられていることから、今後は電力会社をさらに巻き込んだ技術開発を進めていくべきである。また、キープレイヤーは想定されているが、その相互の関係、役割分担を明確にすべきである。

○肯定的意見

(A 氏) 別紙 1 によると、過去、大学、研究所、企業が研究開発に参画していて、これらの人的資源を引き続き活用することが重要である。

(B 氏) キープレイヤーは想定されているが、その相互の関係、役割分担を明確にされたい。

(C 氏) 本事業の対象となる無線電力伝送技術は SSPS の実現性の検証にとって重要な鍵となるものであり、本事業の成果は今後の計画遂行の可否の判断に大きく影響する。

将来のエネルギー確保は国家の役割であり、本事業は公共の利益に資するものであり、計画は妥当である。

○問題点・改善すべき点

(A 氏) 現在、原子力発電所の多くが止まっている状態で電力会社は苦慮している。従来より電力会社(電事連)は温室効果ガス対策として唯一原発を考えていたことから、SPSS を軽視し続けてきた。SPSS のプレイヤーは電力会社のはずであり、今後は彼らを巻き込んで技術開発を進めていただきたい。

(B 氏) キープレイヤーは想定されているが、その相互の関係、役割分担を明確にされたい。

(3) 次年度以降に技術開発を実施する緊急性について

(3) ①次年度以降に技術開発を実施する緊急性

我が国の将来のエネルギー確保は昨今、重要な課題となっており SSPS の技術的実現性についても早急に検証を進め、着実に研究開発を積み上げる必要がある。特に SSPS はシステムが巨大となることから早期に要素技術の実証を進め実現性の可否を検討する必要がある、次年度からの着手は妥当である。

なお、2050 年までに SSPS が CO2 排出量を半減するための新エネルギーの一つとなるには現状のスケジュールでは心もとない。2030 年代の商用実用化を目標としているが、重要なことは段階的な実証と評価であり、2030 年代の実用化がすべての目標であるかのような表現は抑制すべきである。

○肯定的意見

(A 氏) 継続は力であることを認める。過去 20 年にわたり継続してきた METI の研究開発は今後も続けるべきである。

(B 氏) 着実な研究開発を積み上げる必要性があり、そのために緊急性がある。

(C 氏) 我が国の将来のエネルギー確保は昨今、重要な課題となっており SSPS の技術的実現性についても早急に検証を進める必要がある。特に SSPS はシステムが巨大となることから早期に要素技術の実証を進め実現性の可否を検討する必要がある、次年度からの着手は妥当である。

○問題点・改善すべき点

(A 氏) 「2050 年までに CO2 排出量を半減するために SSPS が新エネルギーの一つとしてその実現が期待される」を真に受け止めようとするならば、別紙 1 のスケジュールでは心もとない。

(C 氏) 2030 年代の商用実用化は目標であるが、重要なことは段階的な実証と評価であり、2030 年代の実用化が全ての目標であるかのような表現は抑制することが適切である。

(4) 国が実施する必要性について

(4) ①科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性

SSPS の開発費は巨額であり、民間による取り組みは極めて難しい。また、国が約束した温室効果削減のためにも、国が主体的に取り組むのは当然である。そのため、国が先導的役割を果たすことが必要である。無線送受電技術は、電気自動車の無線給電や建物内のユビキタス電源等への活用が期待できることから、一般社会への無線送電の理解が深まることが期待できる。さらに、本事業の対象となるアクティブ・フェイズドアレー・レーダ

(APR) 技術は我が国では防衛用途として世界のトップレベルの実績がある分野である。無線電力伝送技術は宇宙空間あるいは地上間でも有効な技術であり、波及効果が期待できる。

なお、SSPS は超大型な宇宙構造物であり、運用中に制御を失えば、その被害は予測の域を超えたものとなる。研究開発のみでなく、運用の際にも国の責任は大きい。また、高出力の電波ビームを長距離で収束させる技術は難易度が高く、個々の開発品の評価とともに宇宙への運搬手段、維持経費等を含む全体システムの実現性の検証が不可欠であることから、事業計画実施段階においても評価項目に含めるべきである。事業の実施にあたっては、諸外国における開発状況を注視し、差別化することが重要である。

○肯定的意見

(A 氏) 開発費は巨額であり、民間のみによる取組は極めて難しい。温室効果ガス削減は国の約束であり、国が主体的に取り組むのは当然である。他国が何もしない状況下では世界に勝てる技術分野と判断できる。別紙 2 の波及効果が期待でき、特にユビキタス電源、電子機器への直接給電が浸透すれば、市民の無線送電に対する恐怖感を払しょくできる状況がやがて来ると考える。

(B 氏) All Japan として、その先導役として国が先導的役割を果たすことが必要である。

(C 氏) 本事業の対象となるアクティブ・フェイズドアレー・レーダ (APR) 技術は我が国では防衛用途として世界のトップレベルの実績がある分野である。無線電力伝送技術は宇宙空間あるいは地上間でも有効な技術であり、波及効果が期待できる。

○問題点・改善すべき点

(A 氏) SSPS は超大型な宇宙構造物であり、運用中に制御を失えば、その被害は予測の域を超えたものとなる。研究開発のみでなく、運用の際にも国の責任は大きい。

(B 氏) 諸外国における研究開発状況に関し、言及し・差別化することが、重要と考える。

(C 氏) 高出力の電波ビームを長距離で収束させる技術は難易度が高く、個々の開発品の評価とともに宇宙への運搬手段、維持経費等を含む全体システムの実現性の検証が不可欠である。事業計画実施段階に於ける各評価ではこれらの点も評価項目に含めることを要望する。

(5) 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業について

(5) ①当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業との関係性

電力伝送技術を対象とした研究は大学の実験室レベルでは実施されているが、長距離大電力を前提としておらず、省内外においても類似の計画は見当たらない。また、既に SSPS に関する研究を実施している JAXA とは協力・連携体制を作り、本事業に組み込まれることから関係他機関とも適切に連携している。

なお、今後は、エネルギー政策や研究開発マネジメントを考慮して、資源エネルギー庁や産総研等との連携を図るべきである。さらに、類似の研究に取り組む意欲のある大学があれば計画への参加を奨励し産官学の連携を深めることが望まれる。

○肯定的意見

(A 氏) JAXA との連携は適切に行われていると評価する。

(B 氏) 国および法人の長期的、継続的事業が重要である。

(C 氏) 電力伝送技術を対象とした研究は大学の実験室レベルでは実施されているが、長距離大電力を前提としておらず、省内外においても類似の計画は見当たらない。既に SSPS に関する研究を実施している JAXA とは協力・連携体制を作り、本事業に組み込まれることから関係他機関とも適切に連携している。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) 宇宙産業室が獅子奮迅の働きをしていることは認めるが、多勢に無勢である。省内においては資源エネルギー庁をもっと巻き込むこと、シンクタンクとして AIST を働かせることを考えなくてはいけない。
- (C 氏) 類似の研究に取り組む意欲のある大学があれば計画への参加を奨励し産官学の連携を深めることが望まれる。

第3章 評価ワーキンググループのコメント及びコメントに対する対処方針

本研究開発事業に対する評価小委員会のコメント及びコメントに対する推進課の対処方針は、以下のとおり。

【太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発】

(アウトカムに至るまでの戦略について)

① 安全性に対する考慮について

- ・ マイクロ波による送電の実用においては、人体や通信、その他のシステムへの影響を与える可能性も考えられることから、マイクロ波の利用を安全にコントロールするという視点をしっかり入れ、安全性の確立について一段深めて考慮しておくべき。

② 無線送受電技術の転用について

- ・ SSPSについては、宇宙構造物としての建造、安全な利用、管理について課題が多いものと思われるが、無線送受電技術については、他の民生用途への応用も考えられることから、多用途転用・応用の意義をしっかりと確認すべき。

対処方針

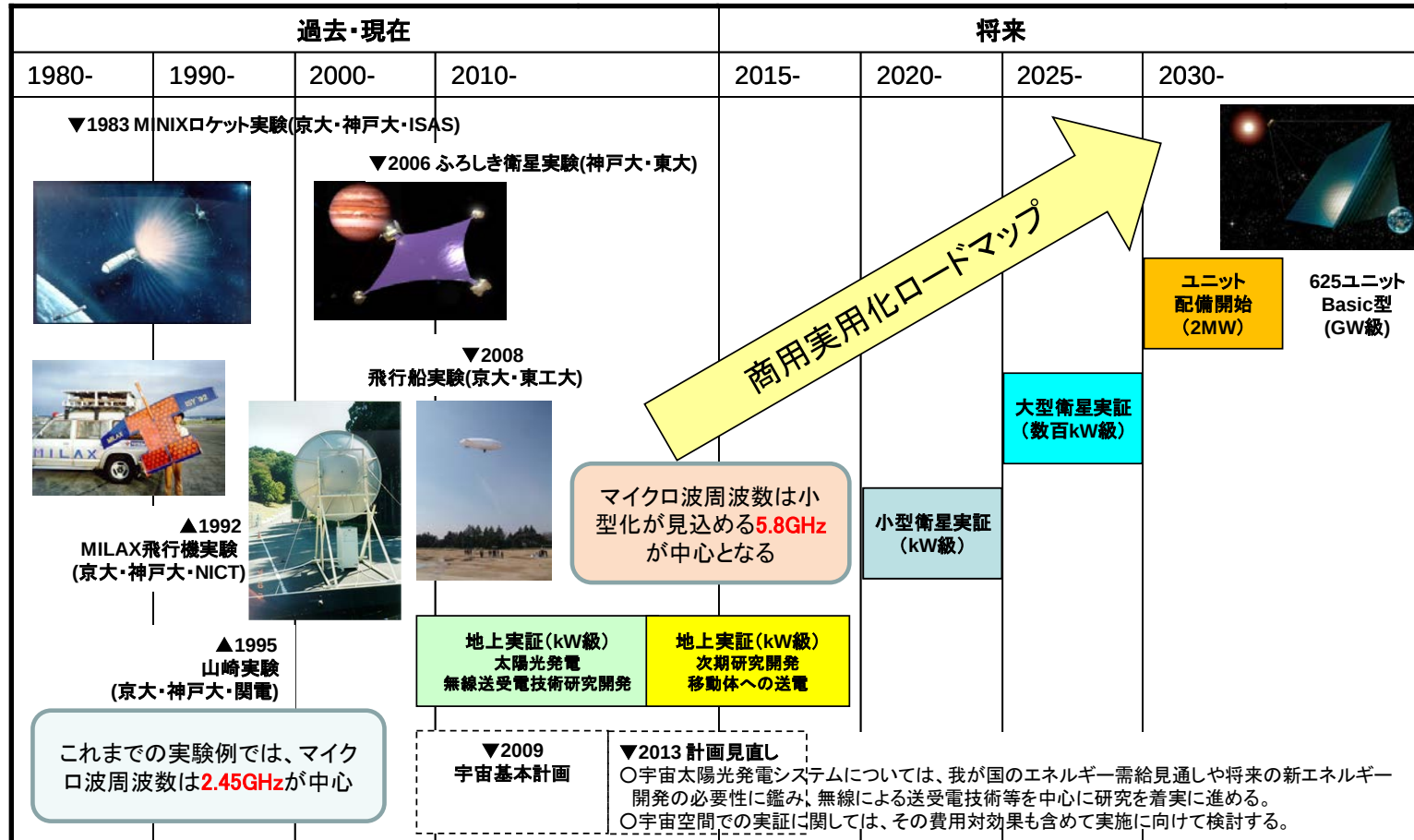
① 地上の受電部の内部には人が入れないように管理を行い、その外のエリアでは、人体の安全性に問題はないと考えられている基準値以下になるように設計する。再放射による通信、その他のシステムへの影響を防ぐために、本事業において、マイクロ波の再放射抑制技術の研究開発を実施する。

今後、更に実証が進んでいくにあたり、安全性を確保する方策についても検討していきたい。

② 無線送受電技術の多用途応用については、平成24年度補正予算事業において、九州電力等が離島向け無線送電システムの実現に向けた実証試験を実施中である。また、本技術は航空標識塔や災害現場への電力供給、洋上風力発電からの送電、電気自動車や建設機械の給電等にも応用できると考えられており、今後、設備の開発の進展に伴い、更なる応用に向けた参加者の拡大等を検討していきたい。

別紙1(参考)

宇宙太陽光発電システム(SSPS)に向けてのロードマップ



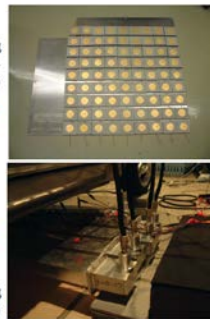
(電気自動車無線給電応用)

電気自動車への無線送電

(自動車メーカーとの共同研究)



マイクロ波受電部
(レクテナ: アンテナ+
マイクロ波整流回路)



走行中充電も可能

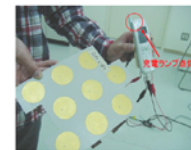
- ・電波放射方式特有の利点
- ・高速道路渋滞中の送電など

(建物内ユビキタス電源応用)

「無線電力空間」

マイクロ波を用いて低消費電力(mW- μ W)の携帯機器等のバッテリーレス駆動、コードレス充電等、コンセントレスのユビキタス電源として利用。

携帯電話の充電や、バッテリー内蔵の困難な IC カード/タグの電磁誘導にかわる数 m の距離からの駆動が可能。



SSPSからのマイクロ波を拡散させ、離散的に存在する不特定多数のレクテナ(省電力で駆動するセンサー、携行型省電力電子機器などに取付け)により必要なだけ電力を取得することができる。

(都市部で)

(郊外で)

(災害緊急時に)



太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発

平成26年度概算要求額 2.5億円（新規）

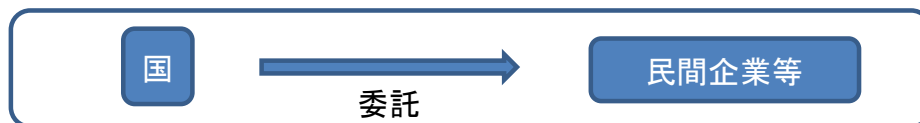
製造産業局
航空機武器宇宙産業課宇宙産業室
03-3501-0973

事業の内容

事業の概要・目的

- 将来の新エネルギーシステムとなる宇宙太陽光発電システム(SSPS: Space Solar Power System)の中核的技術であるマイクロ波による無線送受電技術の確立に向けた研究開発を行います。
- 具体的には、無線送受電実用化に必要な不可欠な送受電効率の改善、ETC等への電波干渉を防ぐための再放射の抑制、ならびに宇宙太陽光発電システム構築の低コスト化に必要な送電システムの小型・軽量化に取り組めます。
- また、これら研究成果を活用し、今後の宇宙実証や産業応用に必要な、移動体に対するマイクロ波電力送電試験を実施します。
- 宇宙太陽光発電の研究については、新たな宇宙基本計画(2013年1月宇宙開発戦略本部決定)において、着実な実施が求められているところであり、低炭素社会の実現に向けた野心的なプロジェクトです。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

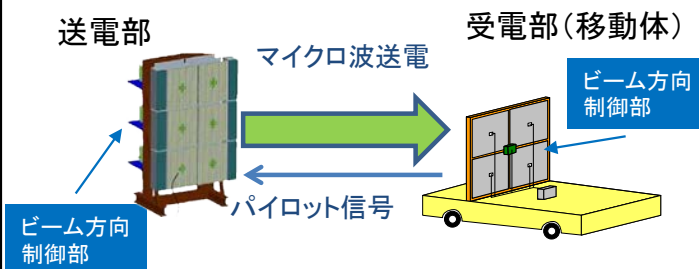


※本事業は、（独）宇宙航空研究開発機構（JAXA）と連携・協力して進めます。

事業イメージ

- 高効率送電部・受電部開発（経産省）
送電部の半導体増幅器、および受電部のレクテナ整流回路について高効率の素子を用いた要素技術の開発、送電部の小型・軽量化、受電部の再放射抑制

○移動体への無線送受電試験の実施（経産省）



○ビーム方向制御技術（JAXA）

レトロディレクティブ法により、マイクロ波ビームを指向させるビーム方向制御を実施

- 宇宙太陽光発電システムの実現によるエネルギー源の多様化、石油代替エネルギーの導入促進

