

2. 技術に関する事業の概要

2. K 太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発の概要について (中間評価)

製造産業局航空機武器宇宙産業課宇宙産業室
一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構

2. K. 1. 太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発 (プロジェクト)の概要

概 要	本研究開発は、将来の新エネルギーとしての宇宙太陽光発電システム(SSPS: Space Solar Power System)の実現に向け、その中核的技術であるマイクロ波無線送受電の効率化に係る研究開発を行うことにより、当該技術の高度化を目標とする。
実施期間	平成26年度～平成30年度 (5年間)
予算総額	2.5億円(委託) (平成26年度:2.5億円)
実施者	一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構

2. K. 2.プロジェクトの目的・政策的位置付け

事業の目的

- エネルギーの安定供給の確保、地球環境問題等への対応の観点から、石油代替エネルギーの導入拡大を図ることが重要である。
- 宇宙太陽光発電システムは、発電時の温室効果ガスの排出がなく、地上太陽光発電と異なり昼夜・天候に左右されることなく発電が可能となり、ベースロードとしての活用が期待されている。
- 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の中核技術であるマイクロ波無線送受電技術について、これまでの取組の成果を踏まえ、送受電の更なる高効率化と最先端の半導体技術による大幅な薄型・軽量化に取り組むことを目的とする。

政策的位置づけ

宇宙基本計画やエネルギー基本計画において、将来の新エネルギーとして、宇宙太陽光発電システムの技術開発の必要性が位置づけられている。

○宇宙基本計画(平成27年1月宇宙開発戦略本部決定)抜粋

エネルギー、気候変動、環境等の人類が直面する地球規模課題の解決の可能性を秘めた「宇宙太陽光発電」を始め、宇宙の潜在力を活用して地上の生活を豊かにし、活力ある未来の創造につながる取組に関する研究を推進する。

○エネルギー基本計画(平成26年4月閣議決定)抜粋

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。

2. K. 3. 目標

全体の目標(中間評価時点)

技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
マイクロ波無線送受電技術を基盤とする研究開発に係るロードマップ	<p>ロードマップの作成に当たり、必要となる技術項目を抽出する。</p> <p>現時点での技術レベルを調査し、想定される将来の技術進展を踏まえ、本研究開発における目標を設定する。</p>	<p>宇宙太陽光発電システムの研究開発は長期に及ぶ取組となることから、実用化に向けた研究開発の見通しをロードマップとしてまとめる必要がある。</p>
マイクロ波無線送受電システムの更なる高効率化及び小型・軽量化技術	<p>送電系の半導体増幅器向け素子の高効率化に係わる課題を抽出し、対処方針を明確にする。</p> <p>大幅な薄型・軽量化を可能とするHySIC技術の実現性を明確にする。</p>	<p>現在のマイクロ波無線送受電システムの効率は、将来の宇宙太陽光発電システムで想定されている効率に比べ開きが大きく、更に改善する必要がある。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受電システムの薄型・軽量化が必要不可欠である。</p>
マイクロ波無線送受電技術の産業応用調査	<p>研究開発する最先端の無線送受電技術について、宇宙太陽光発電システム以外での応用の可能性について調査、分析及び潜在的な利用者に対する利用促進を実施する。</p>	<p>宇宙太陽光発電システムの実現に向け研究開発している最先端の無線送受電技術は、産業応用の可能性が期待できるため、産業応用を促進する。</p>

2. K. 4. 成果、目標の達成度

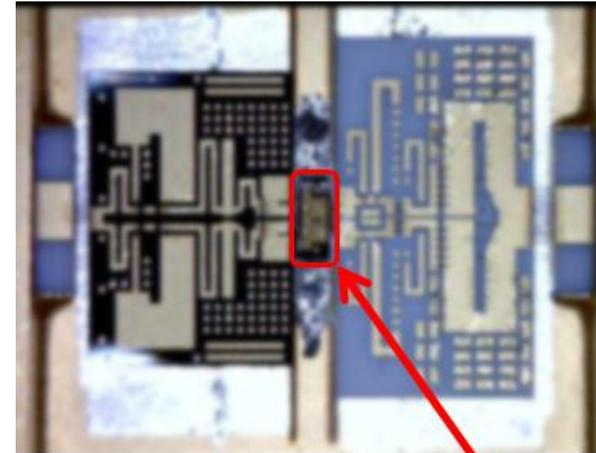
全体の目標(中間評価時点)

技術	目標・指標 (中間評価時点)	成果 (中間評価時点)	達成度
宇宙太陽光発電システムのロードマップの作成	ロードマップの作成に当たり、必要となる技術項目を抽出する。現時点での技術レベルを調査し、想定される将来の技術進展を踏まえ、本研究開発における研究開発の目標を設定する。	本研究開発後のステップに必要な技術項目を抽出した。本研究開発における研究開発の目標を設定した。	達成
マイクロ波無線送受電システムの基盤技術開発	送電系の半導体増幅器向け素子の高効率化に係わる課題を抽出し、対処方針を明確にする。大幅な薄型・軽量化を可能とするHySIC技術の実現性を明確にする。	高効率化に係わる課題を抽出し、短ゲート化HPAの試作を実施し、電力付加効率向上への効果を確認し、対処方針を明確にした。薄型・軽量化のためのHySIC実現性を明確にした。	達成
マイクロ波無線送受電技術の産業応用調査	宇宙太陽光発電システム以外でのマイクロ波無線送受電技術の応用可能性について調査する。調査結果を踏まえて、可能性の高い産業領域を整理・分析する。	宇宙太陽光発電システム以外でのマイクロ波無線送受電技術の応用可能性について調査した。調査結果を踏まえて、可能性の高い産業領域を整理・分析した。	達成

個別要素技術の成果

(1) 送電系高効率化

- HPA素子の利得(G^{FET})は理論的にはゲート長に反比例する。トランジスタプロセスの改良によりゲート長 $0.15\mu\text{m}$ のHPA素子を試作し、従来HPA素子(ゲート長 $0.7\mu\text{m}$)と比較した。
- 本測定にて、HPAでのPAE 76.8%という最先端の性能が得られており、短ゲート化による効果を確認することができた。
- 平成28年度にPAE 80%達成の目途が得られた。



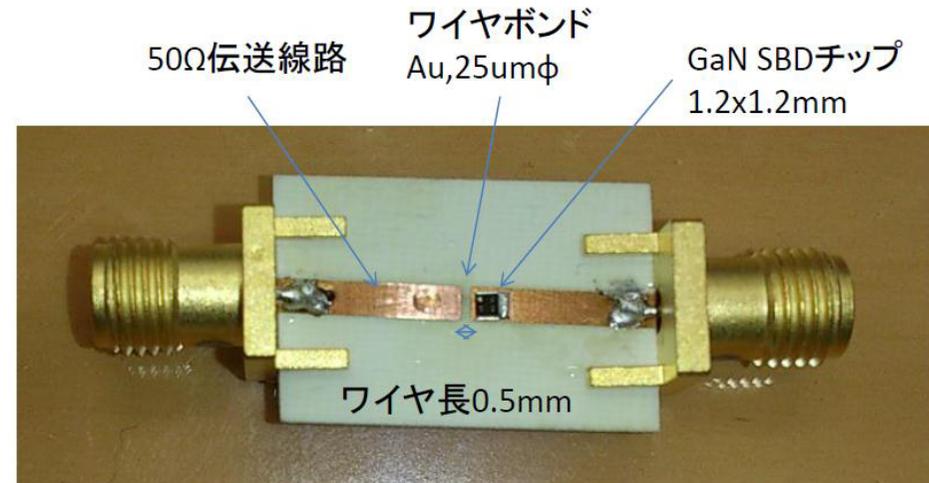
0.15 μm GaNチップ

ゲート長 $0.15\mu\text{m}$ HPA素子を用いたHPA

個別要素技術の成果

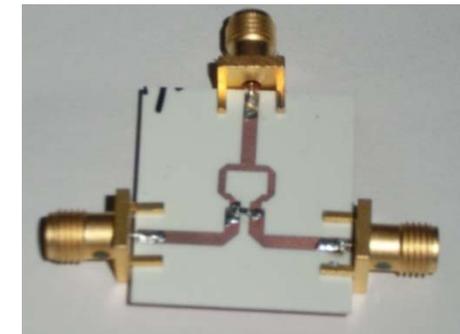
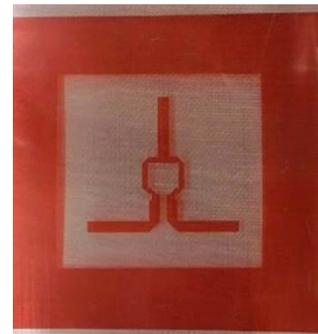
(2) 薄型・軽量化

- 整流デバイス特性評価治具の作製と評価を行い、ダイオードの密着性や電圧印加法など、基礎的な測定ノウハウを確立した。



整流ダイオードと特性測定用検波回路

- 最適負荷インピーダンスを実現するために、RF受電電力の合成が必要となるが、これについて誘電体基板による電力合成器の試作を行い、HySICに向けた基本設計データを取得した。



RF電力合成の回路作製用マスクと誘電体基板を用いたC帯電力合成器

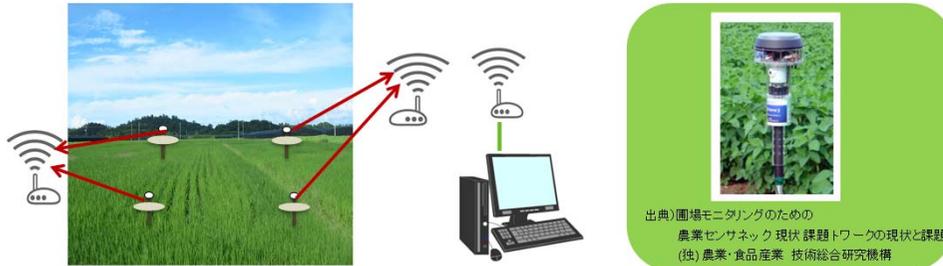
2. K. 5. 事業化、波及効果

- 宇宙太陽光発電システムの政策的な目標は石油代替エネルギーとしての導入、2050年までの温室効果ガス排出量半減などであり、事業化計画は長期的なものである。本研究開発成果が次なる宇宙実証ステップに向けての技術インプットとなり、事業化に向けての一里塚であるとの位置づけである。
- 本研究開発は、宇宙太陽光発電衛星に必要な技術分野のうち送受電（高効率化）及び輸送（薄型・軽量化）にかかる技術に貢献することを目的に実施されている。開発されるHPAによれば送電のエネルギー効率が大幅に向上するため、送電の際に発生する熱量が減少し、排熱の為に必要となる構造等を大幅に削減することができる。開発されるHySiCによれば、送電システムが一段と薄型・軽量化され、将来SSPSの商用化で想定する打ち上げ質量に近づけることができる。
- 本研究開発を産業応用することによりワイヤレスセンサの送受電装置が薄型・軽量化、高効率化すると、電源部設置に必要な容積の低減、架台の簡略化による設置コストの低減がなされ、よりワイヤレスセンサの活用が広がることが期待できる。電力伝送システムの受電装置にHySiCを利用することにより、受電装置の小型軽量化ができ、搭載制約・持ち運び時の不便さが緩和される。

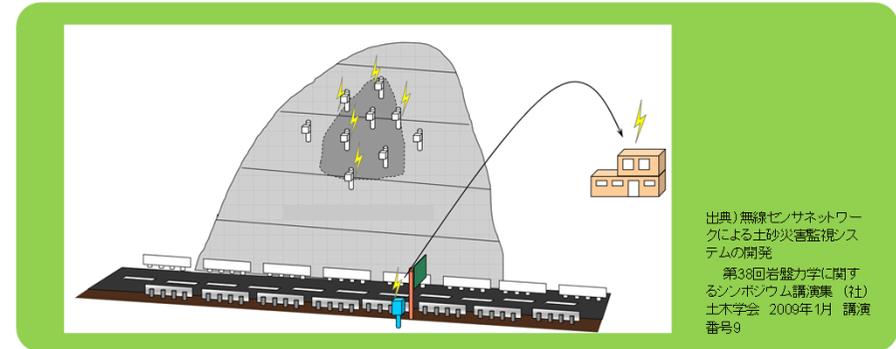
波及効果の例

(1) ワイヤレスセンサ

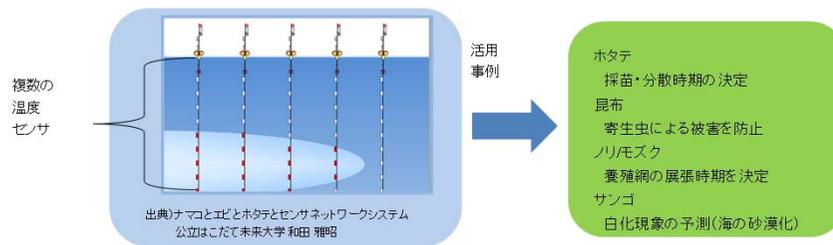
a. 農業分野(農場モニタリング)



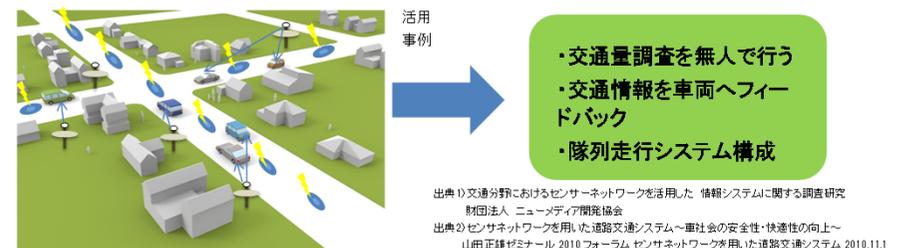
b. 防災分野(土砂災害監視システム)



c. 漁業分野(養殖/水産資源管理システム)



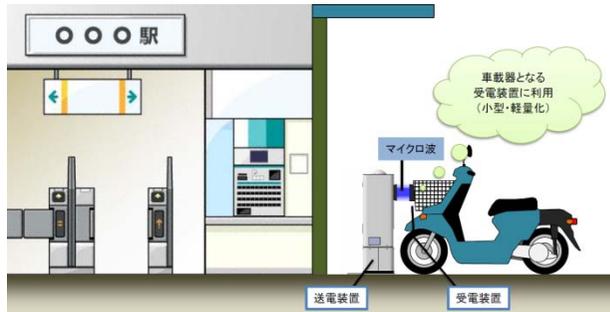
d. 交通(ITS)分野(交通情報システム)



波及効果の例

(2) 電力伝送

a. 農業分野(農場モニタリング)



b. ユビキタス電源による無線電力空間 (京都大学生存圏研究所)



(3) 衛星通信用機器

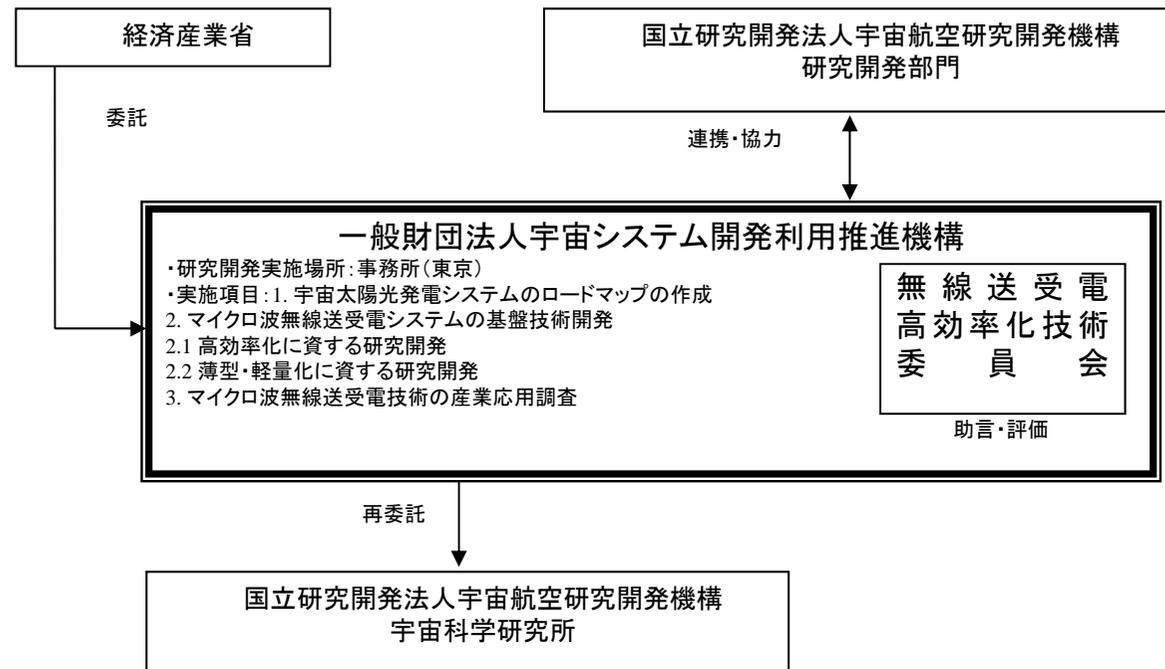


衛星搭載用GaN C-band SSPA
(提供: 三菱電機株式会社)

2. K. 6. 研究開発マネジメント・体制等

本研究開発は、公募による選定審査手続きを経て、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構が経済産業省からの委託を受けて実施した。また、再委託先として国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所が参加した。

また、研究開発の実施に当たっては、助言・評価のため、無線送受電高効率化技術委員会委員会を設置した。



(参考) 今後の研究開発スケジュール

研究開発項目	平成26年度												平成27年度												平成28年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
① 宇宙太陽光発電システムのロードマップの作成	開発目標▽												ロードマップ素案／技術マップ素案▽												ロードマップ案／技術マップ案▽											
	ロードマップ												ロードマップ維持改訂																							
	構想検討案▽												実証計画素案▽												地上実証計画案▽ 宇宙実証検討案▽											
	宇宙実証構想												実証計画検討																							
② マイクロ波無線送受電システムの基盤技術開発 (i) 高効率化に資する研究開発 ・電力－マイクロ波変換効率 ・マイクロ波－電力変換効率 (ii) 薄型・軽量化に資する研究開発	一次試作／簡易評価▽												一次試作評価／二次試作▽												二次試作評価／PKG化結果▽											
	高効率化素子開発												要素検討												要素試作評価											
	半導体試験装置整備												装置整備▽												捕集効率向上検討成果▽											
	一部試作確認▽												回路試作確認／SOC化検討成果▽												捕集効率向上試作評価▽											
	薄型・軽量化試作開発												HySIC研究会												研究会等の成果▽											
	プロトタイプモデル▽																																			
③ マイクロ波無線送受電技術の産業応用	産業応用調査▽												産業応用計画▽												産業応用活動▽											
	産業応用調査												産業応用計画												産業応用活動											

2. K. 7. 事前評価(平成25年度)の結果

【総合評価】

- 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。
- 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。

【対応方針】

- 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。
- 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、本技術は航空標識灯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う、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。