

事業区分	経常研究(基盤)	研究期間	令和4年度～令和6年度	評価区分	事後
研究テーマ名 (副題)	エネルギーの有効活用を目指した環境発電に関する研究 (電磁波ノイズの回収と蓄電に関する技術開発)				
主管の機関・科(研究室)名	研究代表者名	工業技術センター 電子情報科 中川 豪			

<県総合計画等での位置づけ>

長崎県総合計画 チェンジ&チャレンジ 2025	柱2 力強い産業を育て、魅力あるしごとを生み出す 基本戦略2-1 新しい時代に対応した力強い産業を育てる 施策3 製造業・サービス産業の地場企業成長促進
ながさき産業振興プラン 2025	基本指針3 地力を高める 施策の柱3-3 製造業・サービス産業の生産性向上と成長促進 1 競争力の強化による製造業の振興

1 研究の概要

研究内容(100文字)	
主に屋内で利用される電気・電子機器等から空間に放出されている不要な電磁波ノイズをエネルギー源とし、これをアンテナで回収して二次電池に蓄える環境電波発電システムに関する基礎研究を行う。	
研究項目	エネルギー源となる電磁波ノイズの回収に最適なアンテナ形状の検討及び検証 対象となるノイズ周波数の選定 昇圧整流回路の試作 発電ユニットの試作と充放電試験

2 研究の必要性

1) 社会的・経済的背景及びニーズ
<p>持続可能な社会の実現に向け、環境発電(エネルギーハーベスティング)が注目されている。ここでいう環境発電とは、身の回りに薄く広く存在している微小なエネルギーを収穫し、微弱な電力に変換して有効利用する技術であり、送電網(系統電力)から分離した、電池を代替する持続的電源といえる。</p> <p>近年のIoTの急速な普及に伴い、住宅や工場、商業施設、インフラ(道路、橋など)、農場などありとあらゆる場所にセンサデバイスが設置され、ワイヤレスセンサネットワークを構築して情報の収集と演算、データの無線送信が行われている。これらIoTセンサデバイスの電源には一般的にボタン電池などが使われているが、センサデバイスが置かれている周囲の環境には捨てられて無駄になっている様々なエネルギー(光・熱・振動・電磁波等)が存在している。これらの環境エネルギーから電力を取り出すことができれば、エネルギー的に自立したデバイスとして、長期間にわたりメンテナンスせずに使用することが可能になる。</p> <p>このように環境発電はIoT分野と相性が良く、大量の一次電池廃棄に伴う環境負荷を低減できるだけでなく、本来は捨てられていたエネルギーを有効に活用することで間接的な省エネや省資源の実現にも貢献しうる高付加価値なエネルギー源として、今後欠かすことのできない重要な技術であるといえる。</p>
2) 国、他県、市町、民間での実施の状況または実施の可能性
<p>環境発電は、電気・電子・情報分野や住宅メーカーなどの様々な大手企業、大学等の研究機関、行政機関から注目されており、先進的な研究開発が行われている。代表的な環境発電のエネルギー源として、光(室内光)・熱・振動(応力)、電磁波等が挙げられるが、いずれのエネルギー源を用いた場合も発電量は1~10 μW程度と少ない。しかしながら、マイクロコントローラの超低消費電力化や無線技術の発達によって、10 μW程度の発電量があれば、データを取り出してワイヤレスセンサデバイスを間欠的に動作させることが十分に可能であるといわれている。</p> <p>現状、光をエネルギー源とした環境発電が最大のシェアを占めているが、一方で、電磁波エネルギーによる環境電波発電は他のエネルギー源に比べて発電量が一桁少なく、実用化は2030年頃という予測がある。また、現在行われている環境電波発電の研究開発は、そのほとんどが携帯電話やTV放送、Wi-Fi用の電波をエネルギー源としたものである。これに対し本研究では、屋内で利用される電気・電子機器(民生機器、産業機器)から放出されている電磁波ノイズをエネルギー源としており、そのような取組事例は全国的にほとんど見当たらない。県の研究機関としてこのような課題に取り組み、研究成果を逸早く県内企業へ普及させることが、新規事業への参入を促進するために必要であると考えている。</p>

3 効率性(研究項目と内容・方法)

研究項目	研究内容・方法	活動指標	R4	R5	R6	単位
	エネルギー源となる電磁波ノイズを効率的に回収するための最適なアンテナ形状について検討する。	アンテナ形状の検討	目標	2	2	件
			実績	2	2	

広い周波数範囲に対応したアンテナを開発して小型化を目指すか、特定周波数をターゲットとしたアンテナを開発するか、エネルギー回収効率の観点から検討する。	ノイズ周波数範囲の探索	目標	2	2	件	
		実績	2	2		
回収した電磁波エネルギーを昇圧整流して、二次電池に蓄電するための回路を設計・試作し、機能の評価する。	昇圧整流回路の試作評価	目標		1	1	件
		実績		1	1	
発電ユニットを試作し、充放電試験を行うことで発電量を算出する。	発電ユニットの試作評価	目標			1	件
		実績			1	

1) 参加研究機関等の役割分担

基本的な技術の開発については工業技術センターが単独で実施するが、必要に応じてノウハウを持った大学等(長崎大学:アンテナの開発)と連携することで、研究を効率的に進めていく。

2) 予算

研究予算 (千円)	計 (千円)	人件費 (千円)	研究費 (千円)	財源			
				国庫	県債	その他	一財
全体予算	7,844	4,639	3,205				3,205
4年度	2,787	1,531	1,256				1,256
5年度	2,542	1,532	1,010				1,010
6年度	2,515	1,576	939				939

過去の年度は実績、当該年度は現計予算、次年度以降は案
人件費は職員人件費の見積額

(研究開発の途中で見直した事項)

4 有効性

研究 項目	成果指標	目標	実績	R 4	R 5	R 6	得られる成果の補足説明等
最適な周波数範囲	1件	1件			○		と連動して、最も効率よくエネルギー回収できる電磁波ノイズの周波数範囲を特定する。
低電圧起動が可能な昇圧整流回路	1件	1件				○	回収した微小エネルギーを二次電池に蓄えるため、低電圧起動が可能な昇圧整流回路を試作する。
環境電波発電ユニット	1件	1件				○	環境電波発電ユニットを試作し、性能評価と実用化検討を行う。

1) 従来技術・先行技術と比較した新規性、優位性

主に屋内で利用される電気・電子機器等から放出されている電磁波ノイズを環境電波発電におけるエネルギー源としたことに新規性があり、オフィス・一般家庭・商業施設・公共施設・工場など発電可能な場所は数多く、また屋内でのセンサ応用の幅も広い。

屋内での発電とエネルギー活用を想定した場合、前述の室内光発電や発電床(振動)とは異なり、例えばサーバールームや工場の生産ラインなどのように、常時稼働している電気・電子機器が設置されていれば、夜間や人の出入りが極端に少ない場所での発電も可能となるため、他のエネルギー源を利用した環境発電技術と比較して優位性がある。

2) 成果の普及

研究成果の社会・経済・県民等への還元シナリオ

環境電波発電技術を県内企業に技術移転し、発電システムの製品化を図る。また、本研究で開発する発電ユニットを超小型化もしくは超薄型化することができれば、電源装置内部で発生する電磁波ノイズを筐体内で回収し、これを電源ラインへエネルギー回生する新しいシステムへの転用も可能になると考えている。

研究成果による社会・経済・県民等への波及効果(経済効果、県民の生活・環境の質の向上、行政施策への貢献等)の見込み

環境発電システムの世界市場は、2025年に7億7,500万米ドルに達すると予測されている。メンテナンスを必要としない安全なシステムへのニーズ、自動化におけるIoT機器の広範な実装、ビルやホームオートメーションにおける環境発電技術の採用、グリーンエネルギーの増加傾向と政府による取り組み、ワイヤレスセンサネットワーク採用の拡大など、様々な要因により今後も需要が増加すると考えられている。開発する技術により、同市場内での県内企業のシェア拡大が見込まれる。

(研究開発の途中で見直した事項)

本研究実施期間中(令和5年9月7日)に、電磁波ノイズをエネルギー源とした環境発電ユニットの先行開発事

例が国内大手メーカーよりプレリリースされた。収穫対象のノイズ周波数を数 Hz~100 MHz とし、伝導ノイズを主なエネルギー源としている点が本研究とは異なるものの、数 10 μ W~数 10 mW もの電力収穫が可能となっている。

一方、ノイズ源の調査として当センターで稼働する様々な電気・電子機器から放射されている不要な電磁波ノイズを計測した結果、数 μ W 相当の発電能力しか得られていなかったため、環境発電ユニットとしての実用化を考慮すると最低でも一桁以上は発電能力が不足していることが判明した。

これらを踏まえ、開発する電磁波ノイズ発電ユニットの応用例として、当初から想定していたノイズ抑制用途への展開に方針転換し、その効果を検証するように計画を見直した。

種類	自己評価	研究評価委員会
事前	<p>(令和3年度) 評価結果 (総合評価段階: A)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性 A 環境発電は、電池を代替する持続的電源として、省エネの実現や環境負荷の低減に貢献しうる社会的ニーズの高い技術である。さらに、急速な普及を遂げている IoT 機器に適した電源として、今後欠かすことのできない重要な技術でもあり、研究の必要性は高い。 ・効率性 A 電気・電子機器の EMC(電磁両立性)対策に関する県内企業支援で蓄積してきたノイズ計測の技術ノウハウを活用するとともに、アンテナ設計の知見を有する県内大学と適宜連携して、効率的な技術開発を実施する。 ・有効性 A 現在研究されている環境電波発電では、そのほとんどが携帯電話や TV 放送、Wi-Fi 用の電波を利用しているため、本研究で開発する新しいエネルギー源(屋内電気・電子機器から放出される電磁波ノイズ)を用いた発電ユニットを県内企業が製品化することで、新規事業参入と付加価値向上に寄与できる。 ・総合評価 A IoT との親和性が高く、市場規模の拡大が確実視されている環境発電において、従来の研究とは異なる新しいエネルギー源を提案し、発電技術の確立を図るものであり必要性が高い。また、これまでの企業支援で蓄積された技術ノウハウを有効活用し、効率的に研究を進める計画となっている。開発する環境電波発電ユニットを県内企業に技術移転することで、IoT センサデバイス用の電源として製品化の可能性は高く、実施することが適当である。 	<p>(令和3年度) 評価結果 (総合評価段階: A)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性 A IoT 機器の電源として環境発電の開発ニーズは大きい。これからの社会に有効なものであるかどうか、それを見極める意味でも必要な研究である。 ・効率性 A 目標が明確であり、大学との連携によりノイズ計測、アンテナ設計等のノウハウを取り入れ研究を進めることは効率的である。 ・有効性 A 費用対効果の観点で、活用できるエネルギーなのかどうか、見極める必要がある。発電電力としては大きく望めないが、ノイズ抑制にも応用可能であれば有効性が上がると考えられる。 ・総合評価 A IoT 機器の電源として新しい環境発電技術を開発中であり、稼働する機械のそばに置いておくだけで発電が可能な装置が出来れば市場性はあると思われ、その成果に期待したい。
	対応	対応 費用対効果を意識しながら実用化検討を進め、同時にノイズ抑制への応用可能性についても検証していく。
途中	<p>(年度) 評価結果 (総合評価段階:)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性 ・効率性 ・有効性 ・総合評価 	<p>(年度) 評価結果 (総合評価段階:)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性 ・効率性 ・有効性 ・総合評価
	対応	対応

<p>事後</p>	<p>(令和7年度) 評価結果 (総合評価段階: A)</p> <p>・必要性 A 環境発電は、急速に普及するIoT機器に適した持続的電源として、省エネの実現や環境負荷の低減にも貢献しうる社会的ニーズの高い技術である。本研究実施期間中に、電気・電子機器から放出される電磁波ノイズ(主に 100 MHz 以下の伝導ノイズ)をエネルギー源とした環境発電用モジュールを国内大手メーカーが開発するなど、研究の必要性はますます高まっている。</p> <p>・効率性 A これまでに県内企業支援で蓄積してきたノイズ計測及びノイズ対策等の技術ノウハウを活用するとともに、環境発電技術の専門家と意見交換することで、効率的に技術開発を実施した。</p> <p>・有効性 A 本研究で提案した環境発電ユニットは、屋内の電気・電子機器から放出される電磁波ノイズを新しいエネルギー源としたものであるが、計測結果から発電能力は数 μW レベルと小さく、稼働する機械のそばに置いておくだけでは環境電波発電のエネルギー源として実用化は難しいと判断した。そこで当初想定していた応用例として、開発した発電ユニットを電気・電子機器に内蔵し、筐体内において放射ノイズ(MHz 帯域)を回収することにより、ノイズ抑制効果を確認できた。</p> <p>・総合評価 A 社会的ニーズの高い環境発電において、従来の研究とは異なる新しいエネルギー源(MHz 帯域の放射ノイズ)を提案したものであり、当センターの保有設備や蓄積された技術ノウハウを有効活用して研究を進めた。開発した発電ユニットを電気・電子機器に内蔵しEMI 計測を実施した結果、電磁波ノイズの抑制効果を確認でき、ノイズ抑制用途への応用可能性を示すことができた。</p>	<p>(令和7年度) 評価結果 (総合評価段階: A)</p> <p>・必要性 A 電磁波ノイズの活用は新たなエネルギーの利用方法として、持続可能な社会に貢献する先進的な研究であり、必要性は高い。発電効率が低いという問題はあるが、ノイズ抑制技術として魅力的な技術と認識している。</p> <p>・効率性 A 電磁波ノイズの活用は基礎技術として重要であり、今後の材料やシステムの技術的進展があれば、その効率も高くなる可能性がある。また、ノイズ抑制対策が必要な部位への適用については一定の効果があると考えます。</p> <p>・有効性 A 本技術は、発電効率が低く、エネルギー源としての活用は困難であるが、電磁波ノイズの抑制効果が確認された点は有効といえる。今後は応用範囲を模索しながら、効率改善に向けた研究の継続を期待する。</p> <p>・総合評価 A 電磁波ノイズの抑制は、環境負荷低減や災害対応、省エネ設計に貢献する基礎技術である。課題は残っているものの、用途の工夫など継続的に行うことで、ノイズ抑制効果を活用した技術移転に期待する。</p>
<p>対応</p>	<p>対応 電磁波ノイズ抑制効果を示すことはできたので、今後は性能改善と応用範囲の探索を行い、技術移転に繋がられるよう検討を進めていく。</p>	