

事業区分	戦略プロジェクト研究	研究期間	平成 25 年度～平成 27 年度	評価区分	事前評価
研究テーマ名 (副題)	ワイドギャップ半導体パワーデバイス導入による高効率かつ小型・軽量の電力変換装置の開発 (省エネに貢献するグリーンエネルギー対応新型電源装置の開発)				
主管の機関・科(研究室)名	研究代表者名	工業技術センター・研究企画課 (工業技術センター・基盤技術部 電子情報科 (窯業技術センター・環境・機能材料科		兵頭竜二 中川 豪 山口典男	

### <県総合計画等での位置づけ>

長崎県総合計画	2. 産業が輝く長崎県 政策: 5 次代を担う産業と働く場を生み育てる 施策: (3) 新産業の創出・育成 政策横断プロジェクト: ナガサキ・グリーンニューディール
科学技術振興ビジョン	第 3 章. 長崎県の科学技術振興の基本的な考え方と推進方策 2 - 1. 産業の基盤を支える施策 (3) 成長分野への展開
産業振興ビジョン	(基本方針 3) 時代をリードする新産業の創出・育成 重点プロジェクト 3. 新産業(成長分野産業) 振興プロジェクト 1. 環境・新エネルギー分野の振興 (3) 県内における技術活用フィールドの創出

### 1 研究の概要

ワイドギャップ半導体(SiC: 炭化珪素) パワー素子を導入した高効率かつ小型・軽量の電力変換装置と、熱放射を活用した高放熱による小型の新構造放熱部材の開発により、省エネ及び省スペースに対応可能な新型電源装置の実現を目指す。	
研究項目	SiC 導入時における回路方式の最適化、及びデジタル制御・駆動方式の開発 高効率な双方向 DC-DC コンバータ(SiC 導入)の試作・評価、放射ノイズの計測 熱放射型放熱部材の開発 試作装置の小型・軽量化

### 2 研究の必要性

1) 社会的・経済的背景及びニーズ 東日本大震災以降、太陽光や風力などの再生可能エネルギー利用の流れが活発化しているが、不安定なこれらの自然エネルギーは一度蓄電池に充電して使用(放電)することが必要となる。この充放電を実現する電力変換装置(双方向 DC-DC コンバータなど)の果たす役割は大きく、需要が一層拡大していくことが確実である。そして、この電力変換装置の需要が増せば、電力変換時の損失が問題となる。 そのために、近年市場に投入されはじめたワイドギャップ半導体パワー素子を導入することでこの損失を極限まで低減し、省エネを一層推進することが望まれている。
2) 国、他県、市町、民間での実施の状況または実施の可能性 SiC パワー素子を導入した各種電力変換装置は、大手半導体メーカーや国主導の大型プロジェクト(大学・公的機関等)で研究・開発されており、中小企業の新規参入は容易ではない。県内企業においても自社製品に対する SiC パワー素子導入への強いニーズが挙がってきたが、今のところ主にコストと技術的な問題でその導入には至っていない。一方、国内大手メーカーが扱う大容量品に比べて、県内企業がラインアップしている様な数 kW クラスまでの小・中容量品では、全国的に見ても SiC 導入の取り組みが遅れており、また特定用途にも対応可能なカスタム製品としてニーズは高いと考えられる。本格的な SiC 市場の拡大と低コスト化が予想される状況を見据え、県内企業が保有する電源回路/装置への SiC パワー素子の先行導入を検討・実施することは、省エネの推進(低炭素社会への貢献)だけでなく、産業競争力の強化にも繋がるものであり、グリーンニューディールを推進する県としては、積極的に取り組むべき課題である。 また、電力変換装置の中で電子回路と並んで大きく体積を占めるのは放熱機構である。このため、装置を小型・軽量化するには、これまでにない効率的な放熱を考慮した熱設計が重要となる。本県には、県内で芽生えた放射(輻射)を活用した新しいアイデアに基づく放熱技術があり、これを SiC パワー素子を導入した電力変換回路と融合させれば、長崎発の小型・軽量の電源装置の開発が可能となる。

### 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		H	H	H	単位
				25	26	27	
	双方向 DC-DC コンバータにおける過渡応答特性改善のためのデジタル制御方式の検証	シミュレーションによる解析	目標	8	2		件
			実績				
	SiC パワー素子のモデリング、高効率な充放電制御のための回路方式及び駆動方式の検討	制御回路、駆動回路、電力変換回路の設計	目標	4	4		件
			実績				
	SiC パワー素子導入効果の実証試験	回路ブロック毎の特性評価	目標	8	8	1	件
			実績				
	SiC パワー素子を導入した双方向 DC-DC コンバータの試作・評価、ノイズ計測	試作機の製作・改良、環境試験	目標	3	3	1	件
			実績				
	高熱輻射表面処理技術の検討	処理プロセス	目標	1	1		件
			実績				
	熱輻射部材のマクロ構造の検討	マクロ構造、対流方式	目標	2	2	2	件
			実績				
	で試作した電力変換装置と、で試作した放熱器を融合し、電源装置全体の小型・軽量化を検討	試作機の製作・改良、動作検証	目標			4	件
			実績				

#### 1) 参加研究機関等の役割分担

SiC 導入時における回路方式の最適化、及びデジタル制御・駆動方式の開発

・工業技術センター：SiC パワー素子を導入した場合の回路方式及び駆動方式の最適化、ノイズ抑制のためのデジタル制御技術の確立

・長崎大学大学院：電源回路及びデジタル制御技術に関するアドバイス

高効率な双方向 DC-DC コンバータ(SiC 導入)の試作・評価

・工業技術センター：SiC パワー素子を導入した双方向 DC-DC コンバータの試作・評価

・県内企業(1)：双方向 DC-DC コンバータの設計指針及び評価方法に関する共同研究

・産業技術総合研究所：SiC パワー素子導入の基礎的技術に関するアドバイス

熱輻射型放熱部材の開発

・窯業技術センター：表面処理技術の確立、マクロ構造の開発、熱輻射放熱評価法の確立

・県内企業(2)：表面処理技術の確立、熱輻射放熱評価法の確立に関する共同研究

・九州工業大学大学院：放熱シミュレーション(強制対流・表面微構造の影響)に関する共同研究

・佐世保工業高等専門学校：放熱シミュレーション(自然対流)に関する共同研究

試作装置の小型・軽量化

・工業技術センター、窯業技術センター：省エネ及び省スペースに対応可能な新型電源装置の開発

研究を効率的に進めるために必要なノウハウを持った民間企業、大学等と連携することで、事業化を見据えた、より効果的な研究成果を得られることが期待される。

#### 2) 予算

研究予算 (千円)	計 (千円)	人件費 (千円)	研究費 (千円)	財-			
				国-	県債	その他	一財
全体予算	77,907	26,907	51,000				51,000
25年度	25,969	8,969	17,000				17,000
26年度	25,969	8,969	17,000				17,000
27年度	25,969	8,969	17,000				17,000

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	H 25	H 26	H 27	得られる成果の補足説明等
	デジタル制御方式の確立	1種類					高周波動作時(150kHz)にもノイズを抑制可能なデジタル制御方式の確立
	回路/制御/駆動方式の最適化	1種類					SiC パワー素子の最適な制御技術及び駆動方式の開発数
	SiC パワーデバイス導入による性能向上	効率 90% 周波数 150kHz 出力:最大 5kW					SiC パワー素子導入による損失低減、高速・高周波動作等の実現
	上記性能を有する双方向 DC-DC コンバータの製作	1式					充放電を高効率に制御可能な双方向 DC-DC コンバータ
	表面処理技術の確立	1件					安定的な表面プロセス及び処理条件の選定
	熱輻射に適したマクロ構造の確立	2件					自然対流、強制対流での最適構造の選定
	電源装置全体の小型・軽量化	1式					で試作した電力変換装置と、で試作した放熱器を融合し、電源装置全体を小型・軽量化した開発品

##### 1) 従来技術・先行技術と比較した新規性、優位性

従来の Si パワー素子をベースとした技術では、材料物性限界から今後の大幅な性能向上は困難である。SiC が持つ超低損失・高耐圧・高速スイッチングなどの利点を活かし、充電及び放電の両動作時において高効率化を図るところに新規性がある。また、高周波化に伴って周辺の受動部品(コイル及びコンデンサ)を 1/2 程度に小型化できるため実装面積を縮小可能であり、さらに高温動作が可能な SiC を導入することで冷却機構の簡素化も可能であるため、装置の小型・軽量化において優位性がある。

従来の放熱技術は、熱伝導と対流で行われ、フィン構造のためコンパクト化に適していない。一方、熱伝導と対流以外に熱輻射を活用することで、放熱特性を落とさずにコンパクト化できることが期待される。また、AI の熱輻射特性を改善する表面処理技術は、従来技術であるアルマイトよりも耐熱性に優れる可能性があり、高温動作型の SiC パワー素子の放熱に適している。

##### 2) 成果の普及

###### 研究成果の社会・経済への還元シナリオ

本研究はナガサキ・グリーンニューディールの推進に寄与するものである。

また、本研究で得られる SiC パワー素子の導入技術と高放熱などによる小型化の技術は、DC-DC 変換に限らず、AC-DC や AC-AC など他の電力変換装置にも転用可能である。このため、県内企業の保有技術の高度化による事業拡大にとどまらず、県内関連企業への技術移転によって新規事業への参入も十分に期待できる。

###### 研究成果による社会・経済への波及効果の見込み

約 1 兆 2500 億円(2011 年におけるパワー半導体の世界市場規模)

2860 億円(2011 年における電力変換装置の国内市場規模)

・経済効果：約 10 億円

Si 半導体モジュールを製造・販売している県内企業 1 社の中期計画に基づき、その半導体モジュールを SiC 半導体に部分的に切り替えた場合の経済効果を推計。(平成 32 年度)

なお、複数の県内関連企業が上記 SiC 半導体モジュールを組み込んだ製品を商品化した場合や、SiC 半導体の需要が見込みより増大した場合は、本推計以上の経済効果が期待できる。

本研究で開発する双方向 DC-DC コンバータは、二次電池を搭載した電源システムを想定した場合、成長著しい電気自動車/ハイブリッド自動車を始め、風力発電及び太陽光発電システムや、今後普及が期待されるスマートハウスなど様々な分野に応用可能である。そのため SiC の導入による高効率化と小型化を実現することは、当該分野への経済効果が大きいと考える。

放熱部材については、電力変換装置以外にも LED 照明、車載用バッテリー、モータ駆動部など、熱対策に苦慮している分野は数多く存在し、そのため輻射型放熱に興味を示す企業も多く、県内企業による事業化の可能性は非常に高い。

(研究開発の途中で見直した事項)

種類	自己評価	研究評価委員会
事前	<p>(24年度) 評価結果 (総合評価段階: S)</p> <p>・必要性 S 送電・分散電源・電鉄・自動車・各種モータ制御・IT機器・家電など幅広い応用分野を持つパワーエレクトロニクスにおいて、近年、次世代型パワー半導体として期待される SiC(炭化珪素)を導入することにより、電力変換時の損失を低減し、省エネルギー化することが望まれている。そのため SiC が有する超低損失・高耐圧・高速スイッチング・高温動作などの特長を活かし、充放電を高効率に制御可能な双方向 DC-DC コンバータの開発を目指す本研究の必要性は極めて高い。また、高温動作可能なデバイスであっても性能維持や周辺部品の耐熱特性の視点から放熱は必須であり、コンパクトかつ効率的な放熱機構を開発する必要がある。</p> <p>県内には電源回路/装置メーカーなどがあり、SiC 技術の導入に意欲をもっている。本県が打ち出しているグリーンニューディール政策に対し、工業技術センターが先導的に取り組むことは重要である。</p> <p>・効率性 S 開発項目である 電源回路の制御技術、電源回路の設計及び評価、SiC パワー素子、AI の表面処理技術、放熱部材の設計において、それぞれの専門家と連携して開発を進める体制であり、研究事業の効率性は非常に高い。また、研究目標は県内企業のニーズに基づいているため適切であり、地域との連携体制も整っている。</p> <p>・有効性 S 開発する双方向 DC-DC コンバータは、成長著しい EV/HEV だけでなく、風力発電及び太陽光発電システム、さらにはスマートハウスなど様々な分野にも応用可能であり、その重要性は非常に高い。そのため SiC の導入によって高効率化と小型化を達成することは、当該分野への経済的波及効果が大きく、本研究の有効性は非常に高い。さらに放熱部材については、電力変換装置以外にも LED 照明、車載用バッテリー、モータ駆動部など輻射型放熱に興味を示す企業も多く、県内企業による事業化の可能性は非常に高い。</p> <p>・総合評価 S 県内企業の保有技術の高度化を後押しする「SiC パワー素子の導入」及び「回路/制御/駆動方式の最</p>	<p>(24年度) 評価結果 (総合評価段階: B)</p> <p>・必要性 A 再生可能エネルギー発電の導入や電力利用が多様化する中において、SiC パワー素子を導入した電力変換装置は今後需要が見込めるものであり、必要性は認められる。ただし、本研究の優位性がどこにあるのかについては、明確化すべきである。</p> <p>・効率性 B 各要素技術の専門家が連携体制に組み込まれている点は評価できる。事前調査や予備実験を行い、課題を明確化したうえで、定量的に目標を設定すべきである。また、コンバータと放熱部材の開発は独立して行うのではなく、協調して進める必要がある。</p> <p>・有効性 B 連携企業などの研究推進体制が明らかであることは評価できるが、県事業として取り組む以上、研究開発成果の県内関連企業に対する技術移転等の横展開についても十分な検討を行い、説明していく必要がある。</p> <p>・総合評価 B 本研究は、多くの企業等でも取り組んでいる分野に属しており、研究開発の実施に当たっては、県及び企</p>

<p>適化」、「熱輻射型放熱部材の開発」の実現に向けて必要性は極めて高い。同時に、市場性の高い産業ニーズを反映した研究である。また、省エネルギー技術の導入による低炭素社会への貢献だけでなく、県内企業の産業競争力の強化にも繋がるため、積極的に推進すべきである。</p> <p>試作開発のターゲットは大手メーカーが手につかない小・中容量電源であり、県内企業が欲する技術領域である。このことは、研究事業終了後、速やかな事業展開が期待できることを意味する。</p>	<p>業が有する技術シーズを踏まえ、「目指すべき具体的研究成果」「研究の内容・方法(手段)」「他企業の取組との違い」を明確にし、ベンチマークを定め、競合他社の動向なども踏まえ、常に比較・評価を行いながら進めるべきである。</p>
<p>対応</p>	<p>対応</p> <p>評価結果を踏まえ、下記のとおり研究計画の一部見直しを行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本研究の優位性について、事業化を行う研究開発の受け取り手が明確であり確実な事業効果が得られること、またコンソーシアムメンバーの実績により技術ノウハウや知的財産権の獲得などの可能性が十分にあることを明らかにした。</li> <li>・特許等に関する事前調査の結果について、図式等を活用して明確化した。また、予備実験の内容及び抽出した課題、それらの課題解決に向けた平成24年度中の取組状況、保有シーズを明らかにした。</li> <li>・初期の段階では電力変換装置と放熱部材の開発は基本的に独立して行うが、装置の一体化に必要な放熱部材の配置や形状については、相互にデータを比較してコンソーシアムメンバー間ですり合わせを行い、全体設計に反映していくこととした。さらに、研究の内容・方法、定量的な目標値を含めた具体的な計画を策定した。</li> <li>・県内関連企業への技術移転及び研究開発成果の普及(横の展開)について、セミナーの開催(平成24年度中の取組)や技術研究会の立上げなどを行う。本研究事業の遂行により、SiC パワー素子利用に必要な技術ノウハウ、試験研究設備を蓄積し、技術支援体制を構築・強化することで、県内企業への技術普及・移転を促進する。</li> <li>・目指すべき研究成果、及び他企業の取組との違いについて、開発品の用途・仕様、電力変換容量などの観点から明確化した。</li> </ul>
<p>途中</p> <p>(26年度) 評価結果 (総合評価段階: )</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・必要性</li> <li>・効率性</li> <li>・有効性</li> <li>・総合評価</li> </ul>	<p>(26年度) 評価結果 (総合評価段階: )</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・必要性</li> <li>・効率性</li> <li>・有効性</li> <li>・総合評価</li> </ul>

	対応	対応
事後	(28年度) 評価結果 (総合評価段階: ) ・必要性 ・効率性 ・有効性 ・総合評価	(28年度) 評価結果 (総合評価段階: ) ・必要性 ・効率性 ・有効性 ・総合評価
	対応	対応

## 総合評価の段階

### 平成20年度以降

#### (事前評価)

- S = 積極的に推進すべきである
- A = 概ね妥当である
- B = 計画の再検討が必要である
- C = 不相当であり採択すべきでない

#### (途中評価)

- S = 計画以上の成果をあげており、継続すべきである
- A = 計画どおり進捗しており、継続することは妥当である
- B = 研究費の減額も含め、研究計画等の大幅な見直しが必要である
- C = 研究を中止すべきである

#### (事後評価)

- S = 計画以上の成果をあげた
- A = 概ね計画を達成した
- B = 一部に成果があった
- C = 成果が認められなかった

### 平成19年度

#### (事前評価)

- S = 着実に実施すべき研究
- A = 問題点を解決し、効果的、効率的な実施が求められる研究
- B = 研究内容、計画、推進体制等の見直し求められる研究
- C = 不相当であり採択すべきでない

#### (途中評価)

- S = 計画を上回る実績を上げており、今後も着実な推進が適当である
- A = 計画達成に向け積極的な推進が必要である
- B = 研究計画等の大幅な見直しが必要である
- C = 研究費の減額又は停止が適当である

#### (事後評価)

- S = 計画以上の研究の進展があった
- A = 計画どおり研究が進展した
- B = 計画どおりではなかったが一応の進展があった
- C = 十分な進展があったとは言い難い

### 平成18年度

#### (事前評価)

- 1: 不相当であり採択すべきでない。
- 2: 大幅な見直しが必要である。
- 3: 一部見直しが必要である。
- 4: 概ね適当であり採択してよい。
- 5: 適当であり是非採択すべきである。

#### (途中評価)

- 1: 全体的な進捗の遅れ、または今後の成果の可能性も無く、中止すべき。
- 2: 一部を除き、進捗遅れや問題点が多く、大幅な見直しが必要である。
- 3: 一部の進捗遅れ、または問題点があり、一部見直しが必要である。
- 4: 概ね計画どおりであり、このまま推進
- 5: 計画以上の進捗状況であり、このまま推進

#### (事後評価)

- 1: 計画時の成果が達成できておらず、今後の発展性も見込めない。
- 2: 計画時の成果が一部を除き達成できておらず、発展的な課題の検討にあたっては熟慮が必要である。
- 3: 計画時の成果が一部達成できておらず、発展的な課題の検討については注意が必要である。
- 4: 概ね計画時の成果が得られており、必要であれば発展的な課題の検討も可。
- 5: 計画時以上の成果が得られており、必要により発展的な課題の推進も可。