

平成 2 8 年度実施方針

I o T 推進部

1. 件 名：(大項目) 低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト

2. 根拠法

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 1 5 条第 1 号ニ、第 3 号及び第 9 号

3. 背景及び目的・目標

エネルギー生成方法の多様化は、資源枯渇及び地球温暖化の解決に向けた重要な検討課題であるが、中でも、電気エネルギーへの移行は、課題解決の有力な手段のひとつである。電力の生成から消費に至るフローにおいて、電力利用効率向上の手段として、パワー半導体デバイスによる電力変換・制御（直流・交流変換、周波数制御等）は、すでに多くのフェーズで行われている。さらに、これまでパワー半導体が適用されていなかった機器への展開や、新たな応用分野が急激に広がることによって、パワー半導体デバイスが利用される局面は大幅に増加すると見込まれる。たとえば、ハイブリッド自動車の普及など電化の進む社会への転換がその起動力の一つである。また、高度に情報化が進む今日の社会では、ブロードバンドの普及、I T 機器の高度化・設置台数の急激な増加に伴い、機器が消費する電力の急激な増大が見込まれており、情報関連機器の省エネルギー化が重要な課題となっている。このためにも、パワー半導体デバイスが電力利用効率向上に大きく役立つと考えられる。このように、パワー半導体デバイスによる電力損失の低減は低炭素社会の実現に向けて極めて重要である。

現在は、パワー半導体デバイスの材料として主に S i（シリコン）が使用されているが、電力損失が S i の 1 / 1 0 0 以下、数 k V の高耐圧性など、パワー半導体として極めて優れた性能を有した新材料 S i C（炭化珪素）の実用化が期待されている。また、G a N（窒化ガリウム）、G a₂O₃（酸化ガリウム）等、S i C 以外の新材料についても実用化に向けて研究開発を進めている。新材料パワー半導体デバイスを用いることにより、従来の S i デバイスを用いた電力変換モジュールと比べ、電力損失が格段に低い、また小型で大電力を扱える電力変換機器を実現することが期待される。インバータ等の電力変換装置の適用範囲が鉄道や次世代自動車などの環境産業をはじめとして極めて広いことから、社会全体への波及効果が極めて大きく、さまざまな産業において、その成長の鍵となるものである。したがって、パワー半導体デバイス及び電力変換機器における技術力は我が国産業の国際競争力を左右するものである。

我が国における関連技術開発としては、主として産業用モータ駆動用を想定して、S i C ウエハ品質と関連づけた S i C デバイスの大容量化／高信頼化の技術開発、或いはインバータコア技術開発が N E D O プロジェクト（「パワーエレクトロニクスインバータ基盤技術開発」平成 1 8 年～平成 2 0 年など）において行われてきている。同プロジェクトにて開発された S i C ウエハ品

質向上及び評価技術・デバイスプロセス技術・回路技術・熱設計技術等、全体的な技術の高度化の結果として、Si デバイスに比べ大幅な損失低減（同定格インバータユニットにおいて、現在主流のSi-IGBTを適用した場合に比べ、70%損失を低減）が実証されるに至っている。

IT産業の電力消費低減に寄与するため、データセンターやその電力源に用いる交流・直流変換等の高効率化を実現したり、電気自動車のように新たに拡大しつつある応用製品に適した電力変換機器を実現したりするためには、具体的な適用製品を想定して、高電流密度化（大容量化）や、デバイス・機器の信頼性向上といったSiCデバイス性能の高度化を進めることが重要である。同時に、SiCデバイスとの組み合わせにおいて力を発揮する材料・部品・回路設計・ノイズ対策や熱設計などの課題を解決していく必要がある。

一方、SiCパワー半導体デバイスの効率向上・適用範囲拡大を支え、普及の鍵となるのは、SiC半導体材料の高品質化と供給安定化であるが、現在のSiCウエハ市場は、4インチウエハが限定された規模で生産されている状況であって、かつ海外企業による寡占状況と言わざるを得ない。このことから生じる供給安定性への不安及び高価格が開発・普及への足かせになっている。それだけでなく、諸外国においてはごく最近になって6インチウエハ実現がアナウンスされ、かつ、高耐圧領域でのSiC電力変換器の実証が進みつつある。

このような背景のもと、6インチ級SiCウエハ量産化技術の構築と対応するデバイス化プロセス装置開発、並びにSiCパワー半導体デバイスを用いた電力変換器の効能実証を早期に実現することが緊急の課題となった。SiCパワー半導体デバイスの応用製品としては、急激に増大しつつあるIT産業の電力消費量増加の対策となるデータセンター用電源や、その電力源として意味がある分散型太陽光発電システムなどに用いる電力制御機器が有望であり、その高効率化・小型化・高信頼化に貢献するデバイス技術開発・設計技術開発等を前記したウエハやプロセス装置開発と並行して行うことは極めて重要である。

また、パワーエレクトロニクスは扱う電力の容量が大きいと、機能をワンチップ化して高機能化を図ることは困難であり、高機能化はデバイスを核として、デバイスの制御系や周辺回路を組み合わせたモジュールやパッケージにより、システム全体の最適化を図ることによってなされることとなる。従って、デバイスの高性能化のみが技術を牽引するのではなく、アプリケーションに応じて製作される応用システムも重要な要素となる。従って、パワーエレクトロニクス分野における我が国の競争力を更に強化するためには、各種材料のウエハ、デバイス等の性能向上を図ると共に、産業機器、自動車、民生機器などアプリケーション毎に要求されるスペックを、最適な材料（SiC、GaN等）、設計技術、実装技術等を組み合わせ、最適な応用システムの構築により実現することが重要となる。加えて、応用システムは、新たな用途、デバイス・ユーザーの開拓を図ること等により、他の追随を許さない環境を作る必要がある。

以上のように、これらの課題に対して積極的な取組を行うことは、省エネルギー技術の国際的牽引、及び我が国の産業競争力強化にとって極めて重要な意味を持つものである。

そこで以上を目的として、以下の研究開発項目について実施する。

研究開発項目① 低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト

- (1) 高品質・大口径SiC結晶成長技術開発／革新的SiC結晶成長技術開発 [委託事業 共同研究事業 (NEDO負担率1/2)]

- (2) 大口径S i C ウェハ加工技術開発 [委託事業]
- (3) S i C エピタキシャル膜成長技術 (大口径対応技術 / 高速・厚膜成長技術) [委託事業]
- (4) S i C 高耐圧スイッチングデバイス製造技術 [委託事業]
- (5) S i C ウェハ量産化技術開発 [助成事業 2 / 3]
- (6) 大口径S i C ウェハ加工要素プロセス検証 [委託事業]
- (7) S i C 高耐圧大容量パワーモジュール検証 [委託事業]
- (8) 大口径対応デバイスプロセス装置開発 [助成事業 2 / 3]
- (9) 高耐熱部品統合パワーモジュール化技術開発 [委託事業]
- (10) 新世代S i パワーデバイス技術開発 [委託事業]

研究開発項目② 次世代パワーエレクトロニクス技術開発 (グリーンITプロジェクト)

- (1) S i C パワーデバイスを用いたデータセンタ用サーバ電源技術開発 [共同研究事業 (NEDO負担率1 / 2)]
- (2) S i C パワーデバイスを用いた太陽光発電用パワーコンディショナ技術開発 [共同研究事業 (NEDO負担率1 / 2)]
- (3) 次世代S i C 電力変換器基盤技術開発 [委託事業]

研究開発項目③ 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発

- (1) 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の先導研究 [委託事業]
- (2) 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の実用化助成 [助成事業 (助成率: 2 / 3) (※2)]
(※2) 民間企業単独あるいは民間企業のみでの連携等により実施される場合、助成率を1 / 2とする。

各研究開発項目のうち、平成28年度に実施する項目の達成目標を以下に示す。

研究開発項目① 低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト

- (10) 新世代S i パワーデバイス技術開発

【最終目標】 (平成28年度末)

現状のS i C パワーデバイスと耐圧、電流密度等で同等以上の性能を有する新世代S i パワーデバイスを開発し、トランジスタとしての動作実証を行う。その上で現状のS i パワーデバイスの性能限界を突破する。

研究開発項目③ 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発

- (1) 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の先導研究

【最終目標】 (平成28年度末)

パワーエレクトロニクスを駆使した、独創性や革新性の高い、新しい応用システムに関するコンセプト実証を行う。実証を通じて、考案された応用システムの省エネ効果の有効性や、

見込まれる競争力の優位性などを検証し、今後の技術的課題の抽出等を行う。

(2) 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の実用化助成

【中間目標】(平成28年度末)

新材料パワーデバイスを用いたインバータ等の実現に必要な、材料、設計技術、実装技術等を開発する。また、その開発状況を評価することで最終目標達成のための課題を抽出し、解決の技術的見通しを明確にする。

【最終目標】(平成31年度末)

新材料パワーデバイスを用いたインバータ等を開発し、それらを適用した特定用途の応用システムについて試作・動作実証を行う。

4. 事業内容及び進捗(達成)状況

プロジェクトマネージャーにNEDO IoT推進部 間瀬智志を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させるとともに、以下の研究開発を実施した。

また、本事業に関連する調査・先導研究を行うとともに、本研究開発の成果となる次世代パワーエレクトロニクスの材料・デバイス等の応用開発を更に推進するために、関連する人材育成事業を行った。

4. 1 平成27年度(委託)事業内容

研究開発項目① 低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト

(10) 新世代Siパワーデバイス技術開発

(平成27年度進捗状況)

平成26年度に開発した高耐圧Pinダイオードを更に改良し、3kV以上の耐圧を達成することに成功した。さらに、IGBTのゲート駆動回路の開発では、平成26年度に構築したノイズモデルの妥当性実証評価を行い、解析式によるノイズモデルを完成させ、実験により得られた波形と比較を行いモデルの妥当性を確認し、目標とするノイズ耐性の実現性をシミュレーションで示した。また、IGBT性能アップによる短絡事故時電力の増加に対応し、1 μ s以内に機能する独自の保護方法を提案し、回路設計及び実証チップの作成を行った。さらに、IGBTの微細化に伴うゲート駆動電圧の低減に対応した高機能ゲートドライブICの設計を完了し、シミュレーション上での動作確認を行った。

(実施体制：国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学)

研究開発項目③ 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発

(1) 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の先導研究

平成27年1月13日付にて国立大学法人千葉大学大学院工学研究科教授 佐藤之彦氏をプロジェクトリーダーに委嘱し、以下の研究開発を実施した。

(平成27年度進捗状況)

研究開発項目③（１）における公募・採択を行い、実施体制を決定するとともに、新材料パワーデバイスを用いた革新的な応用システムの開発に向けて、主要研究開発装置の仕様設計と導入等を行い、研究開発環境を整備した。

（実施体制：公益財団法人鉄道総合技術研究所、株式会社 ACR、国立大学法人京都工芸繊維大学、公立大学法人首都大学東京、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人筑波大学、株式会社パルスパワー技術研究所、東京計器株式会社、株式会社プラズマアプリケーションズ、国立大学法人信州大学、国立大学法人大阪大学）

4. 2 平成27年度（助成）事業内容

研究開発項目③ 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発

（２） 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の実用化助成

平成27年1月13日付にて国立大学法人千葉大学大学院工学研究科教授 佐藤之彦氏をプロジェクトリーダーに委嘱し、以下の研究開発を実施した。

（平成27年度進捗状況）

新材料パワーデバイスを用いたインバータ等の実現に必要な材料、設計技術、実装技術等の開発に向けて、平成26年度に引き続き研究開発装置の導入等で研究環境を整備するとともに、SiCパワーデバイスの特性を活かしたモジュール開発等の要素技術の研究開発に取り組んだ。

（実施体制：富士電機株式会社、株式会社デンソー、三菱電機株式会社、三菱マテリアル株式会社、デンカ株式会社、日本ファインセラミックス株式会社、DOWAエレクトロニクス株式会社）

4. 3 実績推移

実績額推移	21年度	22年度		23年度		24年度	25年度
	委託	委託	助成	委託	助成	委託・共同研究	委託・共同研究
①一般勘定（百万円）	—	0（NEDO） 2,000 （経済産業省）	—	1,391	—	2,170	—
②需給勘定（百万円）	976	638	—	294	—	255	2,022
平成22年度 補正予算額 （一般勘定）	—	515	2,050	—	—	—	—
特許出願件数（件）	2	0	0	19	18	27	16
論文発表数（報）	4	7	0	12	0	25	44
フォーラム等（件）	19	42	0	86	4	103	89

実績額推移	26年度		27年度	
	委託・共同研究	助成	委託	助成
①一般勘定(百万円)	—	—	—	—
②需給勘定(百万円)	2,780	1,720	760	1,740
特許出願件数(件)	33	—	0	—
論文発表数(報)	43	—	0	—
フォーラム等(件)	95	—	0	—

5. 事業内容

プロジェクトマネージャーにNEDO IoT推進部 間瀬智志を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させるとともに、以下の研究開発を実施する。

また、本研究開発の成果となる次世代パワーエレクトロニクス材料・デバイス等の応用開発を更に推進するために、関連する人材育成事業や調査等を行う。

実施体制については別紙を参照のこと。

5. 1 平成28年度(委託)事業内容

研究開発項目① 低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト

(10) 新世代Siパワーデバイス技術開発

新世代Siパワーデバイスを開発するために、平成27年度までの成果であるIGBT作製プロセスと高耐圧終端プロセスのインテグレーションを行い、目標とするパワーデバイスの先行実証を目指す。また、高耐圧・大電流IGBTデバイスの試作、評価(1kV系、3kV系)を行う。

ウエハ・プロセス評価では、IGBTデバイス評価と連携し、ライフタイムを劣化させるプロセス要因を特定するとともに、10 μ s以上のライフタイムを有するIGBTの動作を示す。ドライブ回路開発では、試作したIGBTモジュール/ゲート実装基板/低電圧駆動ゲートドライブIC/インターフェース内蔵周辺回路と組み合わせ、平成27年度にシミュレーション実証したノイズ耐性の3倍化とゲート波形制御の実証を行う。

(実施体制：国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学)

研究開発項目③ 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発

(1) 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の先導研究

国立大学法人千葉大学大学院工学研究科教授 佐藤之彦氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。

平成28年度は、新材料パワーデバイスを用いた革新的な応用システムのコンセプト実証に取り組み、実証を通じて、今後の技術的課題の抽出等を行う。

(実施体制：公益財団法人鉄道総合技術研究所、株式会社ACR、国立大学法人京都工芸繊維大学、公立大学法人首都大学東京、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、国

立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人筑波大学、株式会社パルスパワー技術研究所、東京計器株式会社、株式会社プラズマアプリケーションズ、国立大学法人信州大学、国立大学法人大阪大学)

5. 2 平成28年度(助成)事業内容

(2) 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の実用化助成

国立大学法人千葉大学大学院工学研究科教授 佐藤之彦氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。

平成28年度は、新材料パワーデバイスを用いたインバータ等の実現に必要な材料、設計技術、実装技術等の開発に向けた要素技術の研究開発と統合技術の研究開発に取り組む。また、その開発状況を評価することで最終目標達成のための課題を抽出し、解決の技術的見通しを明確にする。

(実施体制：富士電機株式会社、株式会社デンソー、三菱電機株式会社、デンカ株式会社、三菱マテリアル株式会社、日本ファインセラミックス株式会社、DOWAエレクトロニクス株式会社)

5. 3 平成28年度事業規模

	委託事業	助成事業
需給勘定	800百万円(継続)	1,350百万円(継続)

事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

(1) 評価の方法

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義、将来の産業への波及効果等について、技術評価実施規程に基づき、プロジェクト評価を実施する。中間評価を平成28年9月目途に実施する。

(2) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有するNEDOは、経済産業省と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。また、必要に応じて、外部有識者の意見を運営管理に反映させる。

(3) 複数年度契約の実施

研究開発項目①(10)の委託事業については平成26～28年度の複数年度契約を行う。

研究開発項目③(1)の委託事業については平成27～28年度の複数年度契約を行う。

研究開発項目③(2)の助成事業については平成26～28年度の複数年度交付決定を行う。

(4) 知財マネジメントにかかる運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを運用する。
(研究開発項目①(10)及び研究開発項目③のみ)

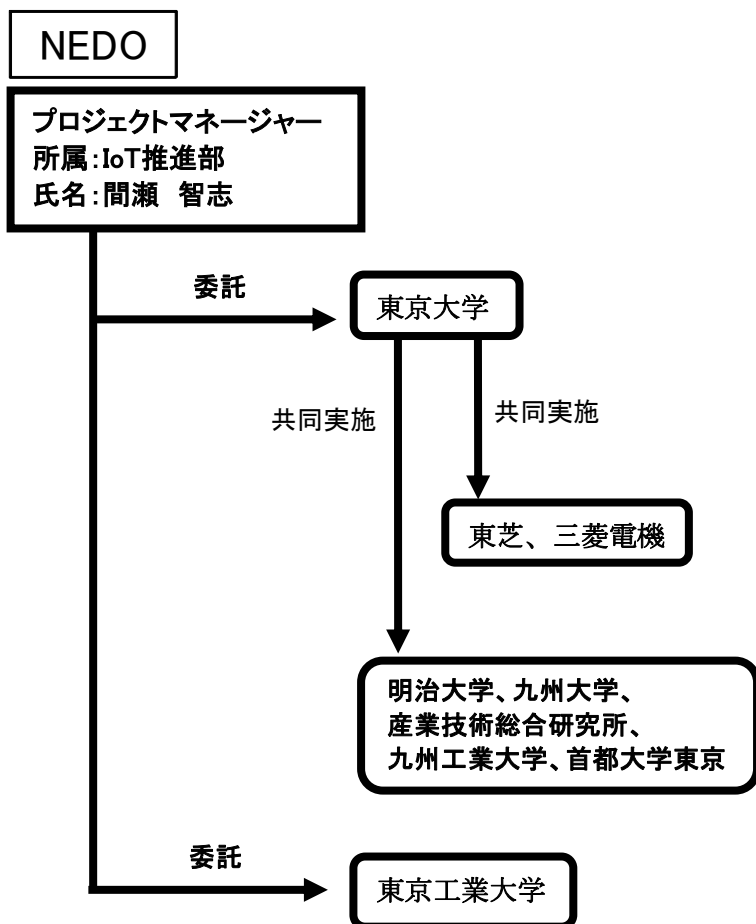
7. 実施方針の改訂履歴

(1) 平成28年4月、制定。

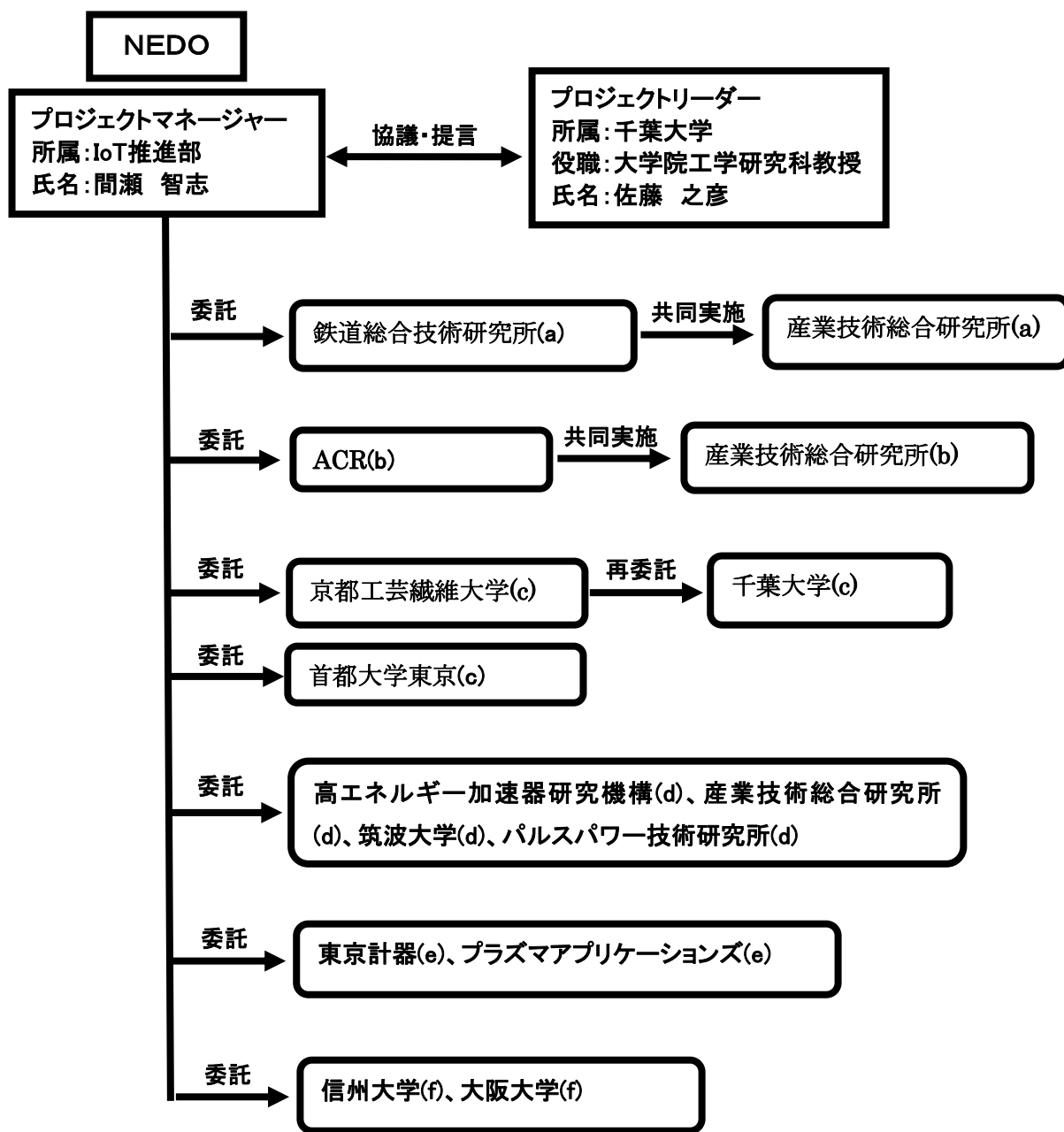
(別紙) 事業実施体制の全体図

研究開発項目①低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト

(10) 新世代 Si パワーデバイス技術開発

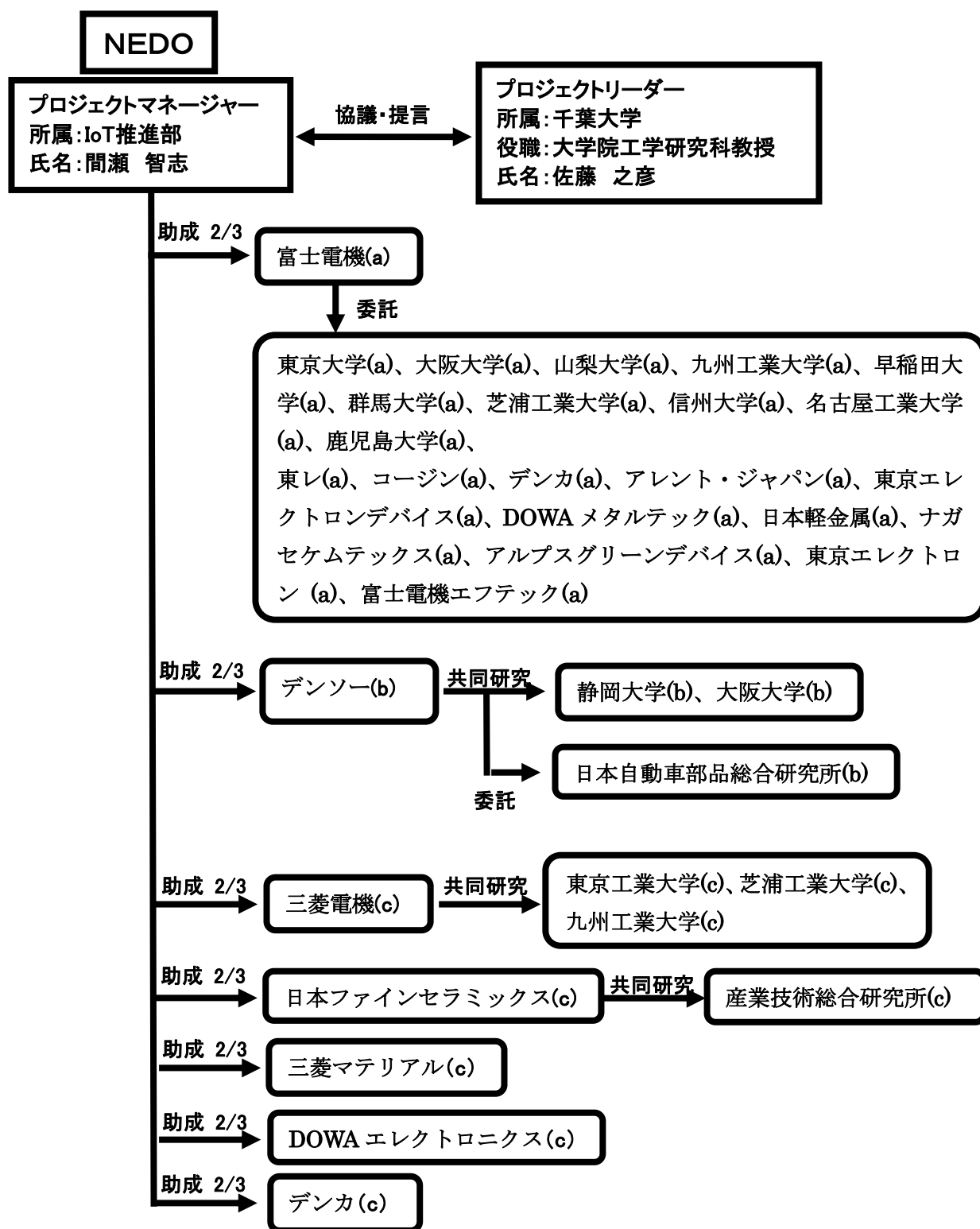


研究開発項目③次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発
 (1) 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の先導研究



- 研究開発テーマ名**
- (a): SiC モジュール特性を前提とした新車両主回路システムの基礎研究
 - (b): 次世代パワーデバイスを用いた発電電動一体ターボチャージャによる排熱回収システムの研究開発
 - (c): 多様な電力融通システムを実現する SiC・GaN パワーデバイスを用いた Y 字電カルータ基本セルの研究開発
 - (d): コンパクト加速器を実現するための超高速・高電圧パルス電源の開発
 - (e): 小型高効率 GaN 発振器を用いた UV-C 発生装置の研究開発
 - (f): SiC/GaN パワーデバイス MHz 帯スイッチング DC-DC コンバータの先導研究

研究開発項目③次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発
 (2) 次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の実用化助成



研究開発テーマ名
 (a): 世界のパワエレを牽引する次世代パワーモジュール研究開発と日本型エコシステムの構築
 (b): SiCパワーデバイスを用いた超高効率車載電動システムの開発
 (c): 高出力密度・高耐圧SiCパワーモジュールの開発