



# 「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた 技術開発事業」(中間評価)

2021年度～2025年度 5年間

## プロジェクトの概要 (公開版)

2023年 6月20日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

IoT推進部

継続

## 省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業

IoT推進部

PMgr: 野村 重夫 主査

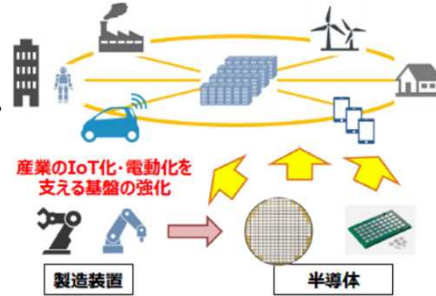
関連する技術戦略: パワーエレクトロニクス  
半導体・デジタル産業戦略

プロジェクト類型: 標準的研究開発



### プロジェクトの概要

- ✓ 産業のIoT化や電動化が進展、それを支える半導体関連技術の重要性が高まる中、従来から我が国が強みを持ち、かつ省エネルギーの鍵になるエレクトロニクス製品(以下、「省エネエレクトロニクス製品」)が注目を集めており、世界各国で取組が強化されている。
- ✓ 我が国が保有する高水準の要素技術等を活用し、より高性能な省エネエレクトロニクス製品を開発することで、飛躍的な省エネルギー化を実現。また、安定的な供給を可能とするサプライチェーンを確保することで、省エネエレクトロニクス製品の製造基盤強化を目指す。



- ①新世代パワー半導体の開発
  - ・酸化ガリウムパワー半導体
  - ・大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体
- ②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

### 既存プロジェクトとの関係

<NEDO事業>

『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』(2010~2019年度)  
: 新構造シリコンパワー半導体(スケーリングIGBT)開発

『SIP/次世代パワーエレクトロニクス』(2014~2018年度)  
: パワー半導体向け酸化ガリウムの研究開発

『グリーンイノベーション基金事業/次世代デジタルインフラの構築』(2021~2030年度)  
: 次世代パワー半導体デバイス製造技術開発  
: 次世代パワー半導体に用いるウエハ技術開発

『ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業(基金)』(2021年度~)

### 想定する出口イメージ等

アウトプット目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新世代パワー半導体及び半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立&lt;中間目標&gt;</li> <li>・新世代パワー半導体及び特定用途向け半導体製造装置が実用化可能なレベルであることを実証する&lt;最終目標&gt;</li> <li>・事業期間中に特許出願につながった成果の件数: 国内特許出願件数16件</li> </ul>
アウトカム目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本事業で開発した技術の実用化率: 30%以上 (2030年度) ※開発した技術が実用化に至ったテーマ数/採択テーマ数</li> <li>・約1,440万t/年のCO<sub>2</sub>削減 (2035年度において)</li> </ul>
出口戦略	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新世代パワー半導体の開発: 開発した酸化ガリウムパワー半導体、大口径インテリジェントパワー半導体をプロジェクト終了後5年以内に実用化</li> <li>・半導体製造装置の高度化開発: 開発した半導体製造装置をプロジェクト終了後5年以内に市場投入予定</li> <li>・国際標準化提案: 無</li> <li>・第三者提供データ: 無</li> </ul>
グローバルポジション	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新世代パワー半導体: プロジェクト開始時: LD→プロジェクト終了時: LD</li> <li>・半導体製造装置: プロジェクト開始時: DH→プロジェクト終了時: LD (DH: Dead heat, LD: Leading)</li> </ul>

### 事業計画

- ・期間: 2021~2025年度(5年間)
- ・総事業費(NEDO負担分): 102.8億円(委託)
- ・2023年度政府予算額: 26.5億円(需給)

### <研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模>

	2021	2022	2023	2024	2025	2026
研究開発項目①	新世代パワー半導体の開発					
研究開発項目②	半導体製造装置の高度化に向けた技術開発					
評価時期			中間評価			事後評価
予算(億円)	20.5	25.8	26.5	15.0	15.0	

# 報告内容



## ページ構成

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

- アウトカム目標の設定及び根拠
- 本事業における「実用化・事業化」の考え方
- アウトカム目標の達成見込み
- 費用対効果
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の意義（副次的成果及び波及効果）
- 特許出願及び論文発表

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 研究開発のスケジュール/目標達成に必要な要素技術
- 進捗管理
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：開発促進財源投入実績

### 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

### 2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

### 3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

### 4. 目標及び達成状況(詳細)

## <評価項目 1> 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

# 報告内容



ページ構成

## 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

## 2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

## 3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

## 4. 目標及び達成状況(詳細)

# 事業の背景・目的・将来像

- 近年、産業のIoT化や電動化が進展し、それを支える半導体関連技術の重要性が高まる中、我が国が強みを持ち、かつ省エネルギー化に寄与するエレクトロニクス技術に対して注目が集まり、諸外国も取組を強化し始めている。
- 我が国が保有する高水準の要素技術等を活用し、より高性能な省エネエレクトロニクス製品を開発することで、飛躍的な省エネルギー化を実現する。また、安定的な供給を可能とするサプライチェーンを確保することで、省エネエレクトロニクス製品の製造基盤強化を目指す。

## ① 新世代パワーデバイスの開発

### 【酸化ガリウムパワーデバイス】

現時点で日本が圧倒的優位に立ち、  
今後市場の立ち上がりが期待される分野  
＜2021年は実験室レベル＞

将来像

### 【酸化ガリウムパワーデバイス】

他国が追いつく前に、早期に製品化を  
実現し、市場投入・獲得を目指す。  
＜事業化で省エネに貢献＞

### 【シリコンパワーデバイス（300mm）】

従来より日本が強みを有するが、  
量産技術で後れを取りつつある分野  
＜2021年 海外の一部企業で量産化＞

将来像

### 【シリコンパワーデバイス（300mm）】

スケーリングIGBT等を活用することで、  
差別化を図り、市場シェア獲得を目指す。  
＜日本特有技術で海外トップ企業と差別化＞

# 事業の背景・目的・将来像

## ② 半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

### 【半導体製造装置】

従来より日本が強みを有するが、シェアが縮小しつつある分野

将来像

### 【半導体製造装置】

半導体製造装置の革新的な技術開発を進めることにより、日本が有する特徴的な要素技術を製品に適用し、海外トップ企業との差別化を図ることにより、市場シェアの拡大を目指す。



改質装置



貼り合わせ装置

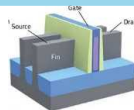


新材料形成装置

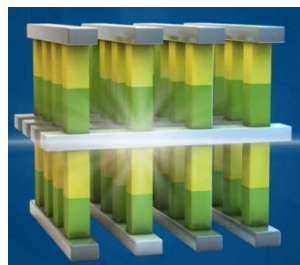
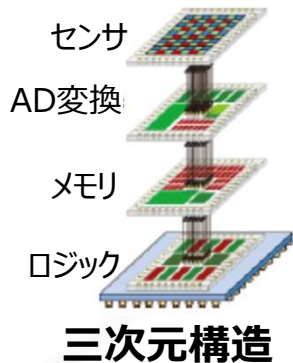


アライメント装置

### ① 微細化



### ② 新材料や新構造の導入



新材料のメモリ

### ③ 半導体製造における劇的な歩留まり向上

### 【開発ターゲット】

### ハイリスク・ハイリターン な先進市場開拓

市場規模&成長率（大）の分野



国内企業が技術的強み・蓄積から  
解決見通し有

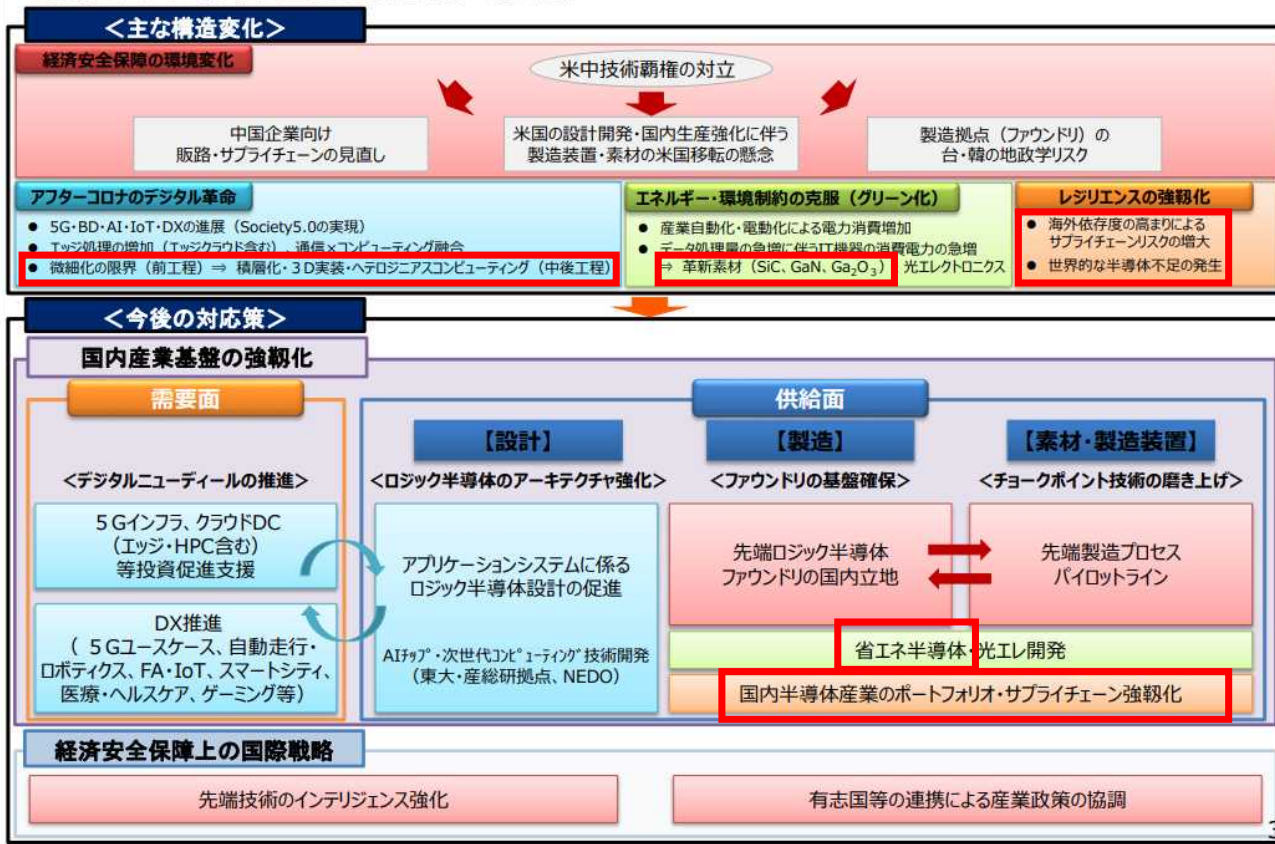


- ①ゲームチェンジが起こる市場
- ②チョークポイントとなる戦略上、重要な装置

# 政策・施策における位置づけ

## METI半導体・デジタル産業戦略（抜粋）

### 我が国半導体産業を巡る全体像



## 半導体技術のグリーンイノベーション促進（抜粋）

### 【「グリーン成長戦略」関係事業】

#### ● 次世代パワー半導体技術開発

省エネ化のコアとなるパワー半導体の技術開発。従来のSiパワー半導体の高性能化、高機能化に加えて、革新素材(SiC, GaN, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)による次世代パワー半導体の性能向上と要素技術等を開発。

#### ● 次世代グリーンデータセンタ技術開発 (Post Moore) 【再掲】

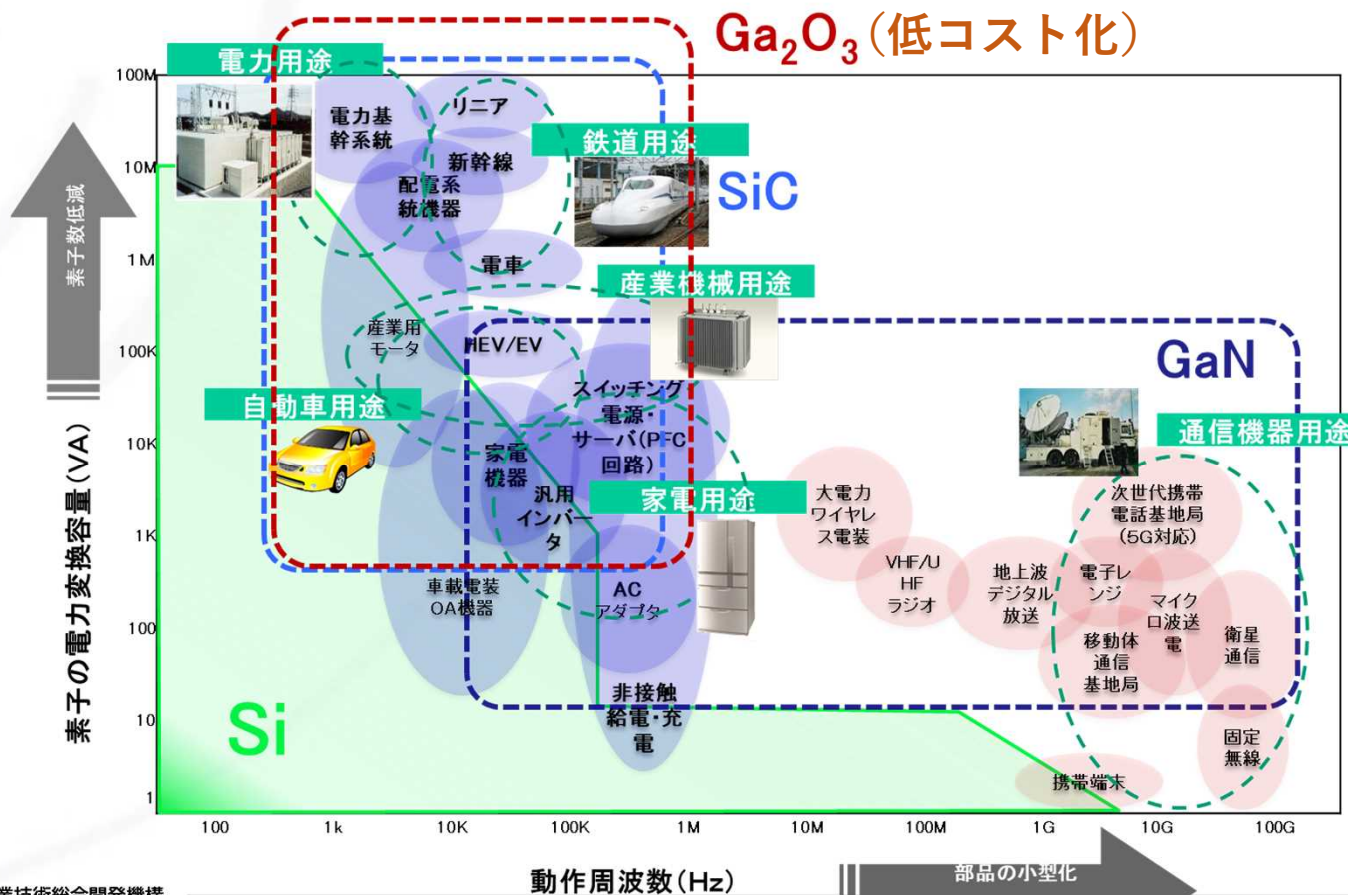
#### ● 省エネエレクトロニクス事業

優れた材料特性を持ち、製造コストを抑えられる可能性があるGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>パワー半導体の開発。高度な自己制御機能を持ったインテリジェント・パワー半導体の開発。リソグラフィやエッチング等の性能を向上させる半導体製造装置や三次元積層関連の革新的技術開発。



# 技術戦略上の位置づけ

## Si、SiC、GaN、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の棲み分けイメージ

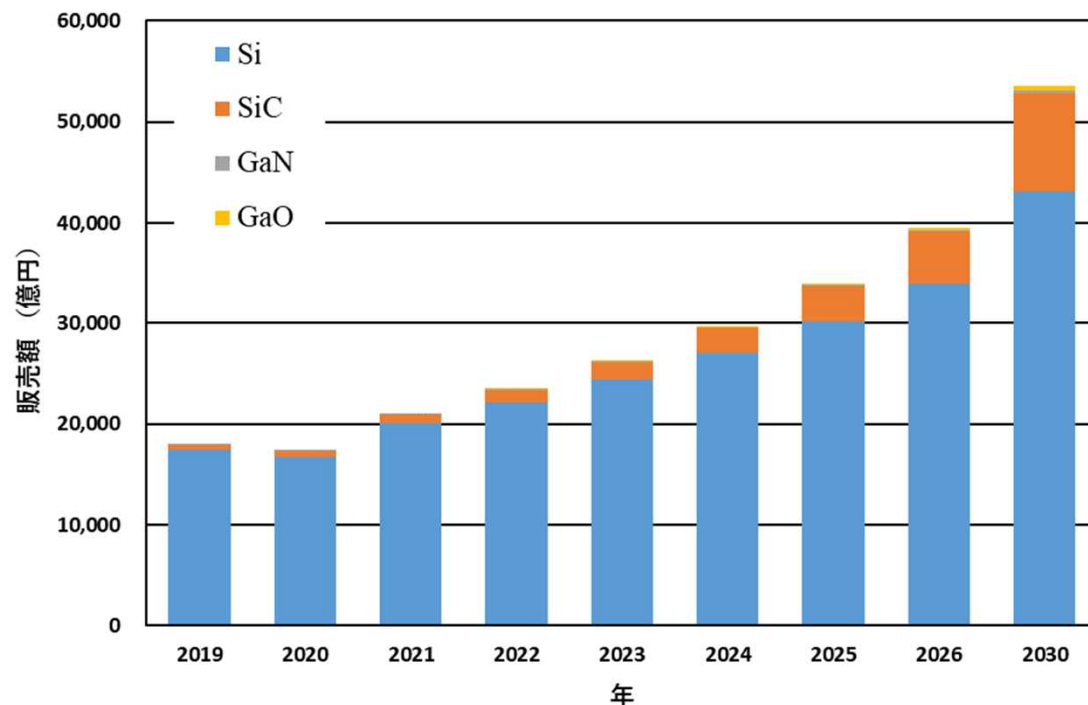


# 国内外の動向と比較

① 新世代パワー半導体の開発  
酸化ガリウムパワー半導体の開発

- パワーデバイス市場は、継続してSiパワーデバイス中心に成長

パワーデバイス全体（パワーIC）



- MOSFETやIGBTモジュールなどのシリコンパワーデバイスは、中国市場の拡大や自動車・電装分野などの需要増加によって、市場が大きく拡大している。
- SiCパワーデバイスは、サーバ電源、太陽光発電、充電インフラなど、需要は増加傾向にある。

(出典) 富士経済HP (パワー半導体2030年市場予測 (2022年))

# 国内外の動向と比較

①新世代パワー半導体の開発  
酸化ガリウムパワー半導体の開発

- SiCやGaNの基板（ウェハ）製造コストは、Siと比べて極めて高価。
- 2010年代に、SiCやGaNを上回る材料特性を持ち、将来的に製造コストをSiに近い水準まで下げられる見込みのある酸化ガリウム（Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）パワー半導体が出現。

パワー半導体材料の特性比較

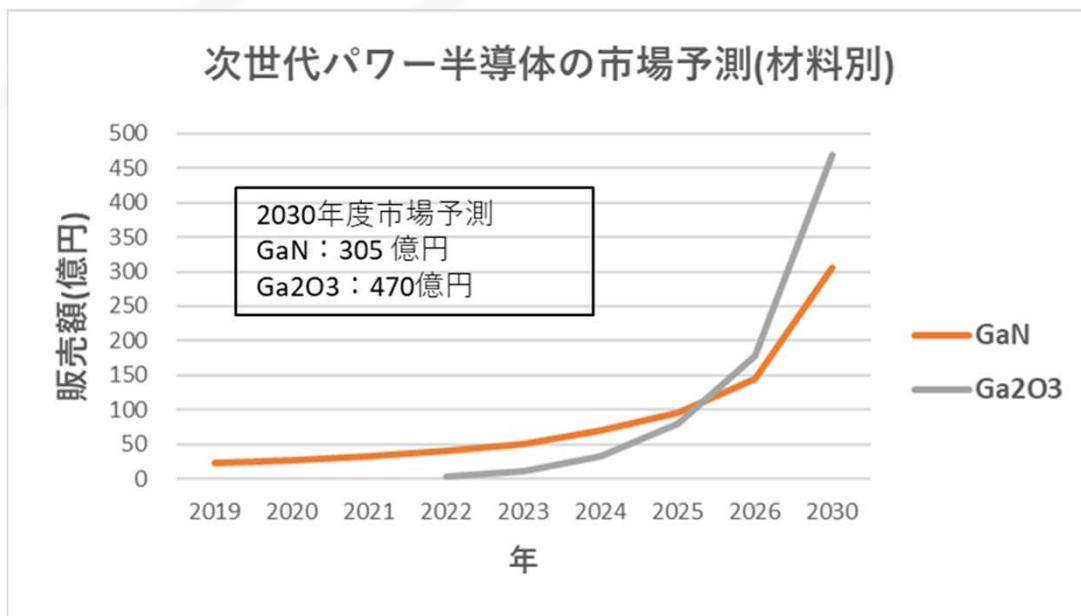
	シリコン (Si)	炭化ケイ素 (SiC)	窒化ガリウム (GaN)	酸化ガリウム	
				β-Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	α-Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
高耐圧製品の状況	量産中	量産中	開発中	開発着手	今後開発着手
オン抵抗	やや高い	低い	低い	極めて低い	極めて低い
絶縁破壊電界 (MV/cm)	0.3	2.8	3.5	7	10(推定)
熱伝導率 (W/cm/K)	1.5	4.9	2	0.1~0.3	低い
基板コスト (円/cm <sup>2</sup> )	100以下 (1倍)	1,500以上 (15倍以上)	40,000以上 (400倍以上)	数百 (数倍)	数百 (数倍)
バンドギャップ (eV)	1.1	3.3	3.4	4.5	5.3

(出典) 福田昭のセミコン業界最前線 (PC Watch) 等の情報を基に、経済産業省にて作成。

# 国内外の動向と比較

## ①新世代パワー半導体の開発 酸化ガリウムパワー半導体の開発

- パワー半導体向け酸化ガリウムの研究開発は、日本（京大・FLOSFIA、NICT・タムラ製作所）発。  
**研究開発段階の現時点では、日本が他国に対して圧倒的な優位性を維持。**
- 他方で、論文数の指数関数的な増加など、**海外からの注目度が急上昇**している。
- 酸化ガリウムの市場は今後拡大が予想され、**早期に製品化、市場投入/獲得を図ることが求められる。**



## 酸化ガリウムに関する研究論文数の推移

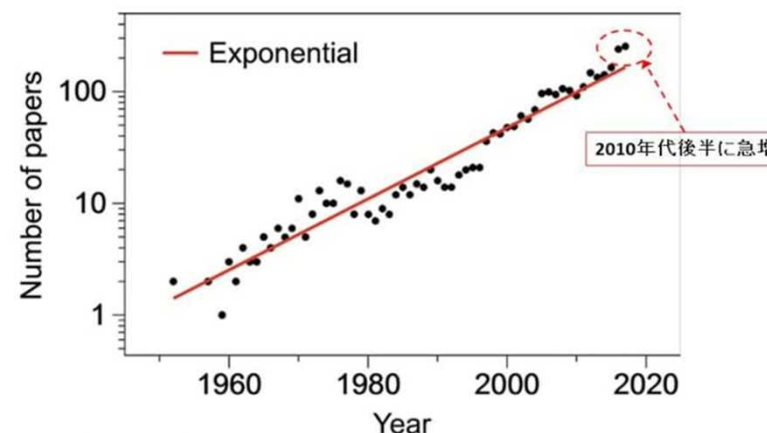


FIG. 1 Number of publications Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as a function of time. Data from the ISI Web of Knowledge search engine and was collated by Dr. Marko Tadjer of Naval Research Laboratory. The data were then plotted and supplied by courtesy of Dr. Lucas Lucas, EPSRC Early Career Fellow and Senior Lecturer in Applied Mathematics, Queen Mary University of London (<http://www.asafix.qmul.ac.uk/~lucas/matrix.html>).

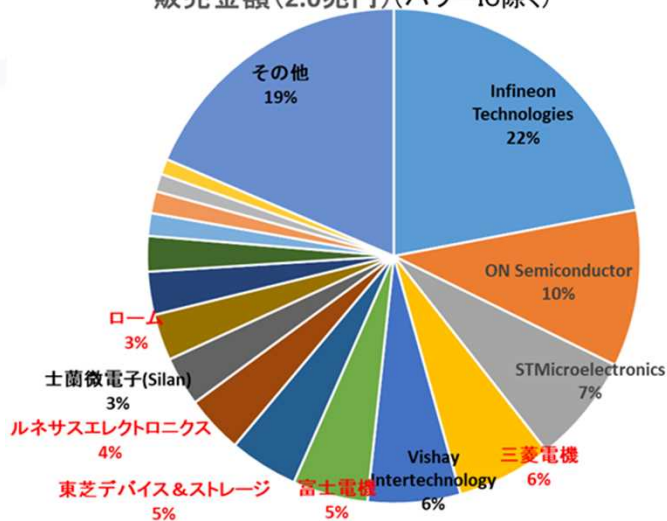
出典: Gallium Oxide, Technology, Devices and Applications, preface p.2, 2019

# 国内外の動向と比較

## ①新世代パワー半導体の開発 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発

- **業界のリーダーであるインフィニオンテクノロジーズ（独）**が、M & A等を通じて市場シェアを拡大するとともに、**300mmウェハのシリコンパワー半導体の量産を開始。**
- **海外各社も追随。日本企業も検討を本格化。**

Siデバイス(メーカー別2021実績)  
販売金額(2.0兆円)(パワーIC除く)



(出典) 富士経済HP (パワー半導体市場予測 (2022年))

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

企業名	シェア (2021年度)	拠点	投資計画など (公開情報より)
Infineon Technologies	22%	オーストリア・フィラッハ	2021年9月300mmウェハ製造工場の操業開始。
		ドイツ・ドレスデン	300mmウェハ製造工場を新設。2026年秋の生産拡大を予定。
ON Semiconductor	10%	アメリカ・ニューヨーク州	GlobalFoundriesから300mmウェハ製造工場を買収。
STMicroelectronics	7%	フランス・クロル	300mmウェハ製造工場を新設。2026年までに年間最大62万枚生産予定。
三菱電機	6%	福山	シャープから工場を買い取り、2024年度に300mmウェハの製造開始予定。
東芝デバイス&ストレージ	5%	加賀東芝エレクトロニクス	300mmウェハ製造工場を2024年度までに新設。2022年度比約2.5倍の生産規模を目指す。
ルネサスエレクトロニクス	4%	甲府	300mmウェハ製造工場として再稼働。生産能力2倍を見込む。

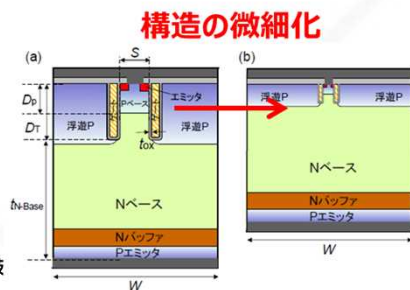
# 国内外の動向と比較

## ①新世代パワー半導体の開発 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発

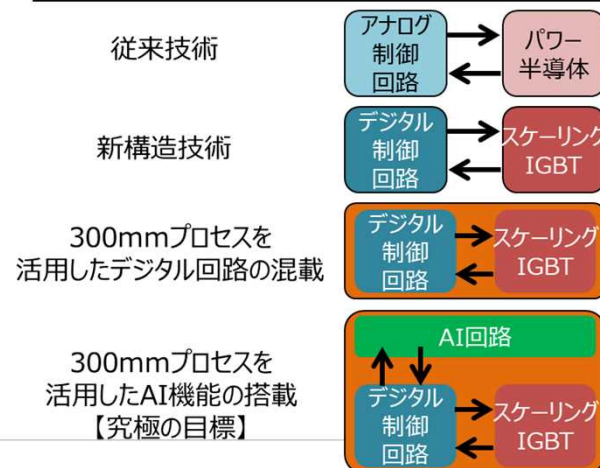
- 300mmウェハの量産で先行した欧州勢だが、現時点では、200mmプロセスと同じ構造の半導体を300mmプロセスで製造しているのみ。コスト低減にはなるものの、「構造の微細化」等は、活用できていない。
- 我が国が保有する新構造のシリコンパワー半導体（スケーリングIGBT）を活用すれば、パワー半導体と同一チップ上に、その制御を行うデジタル回路を混載し、パワー半導体の動作の自動最適化や故障予知など、極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体（大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体）を実現できる可能性がある。

### 新構造技術（スケーリングIGBT）の概要

デバイス構造の微細化により、**デバイスの動作に必要な駆動電圧を数分の1（図では1/3）に低減。**  
 → 従来の高電圧に対応したアナログ回路ではなく、**デジタル回路による制御が可能。**



### 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体



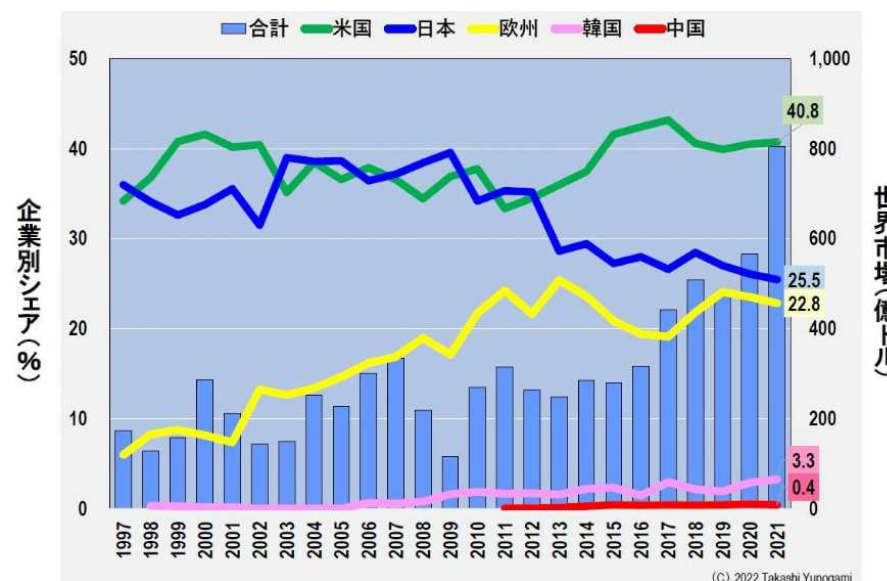
# 国内外の動向と比較 ②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

- 我が国には、半導体の製造に不可欠な製造装置産業が一定程度存在。
- 前工程半導体製造装置の地域別の日本シェアは、2013年以降に低下傾向。



日系シェア	
塗布装置	約9割
CVD装置	約3割
エッチング装置	約3割 等

(出典) 野村證券のデータを基にNEDO作成  
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

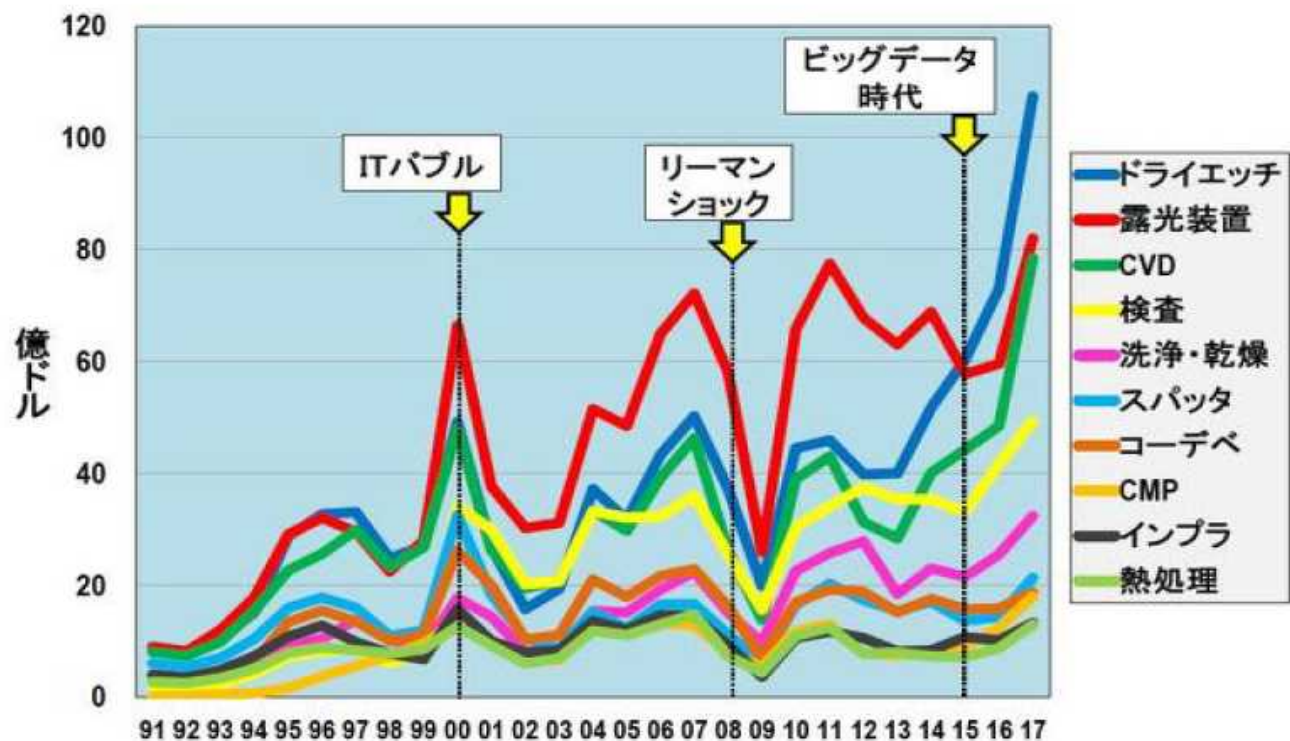


前工程装置の出荷額と地域別シェアの推移 (～2021年)

(出典) 湯之上隆 (微細加工研究所), EE Times Japan (2022年8月19日)

# 国内外の動向と比較 ②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

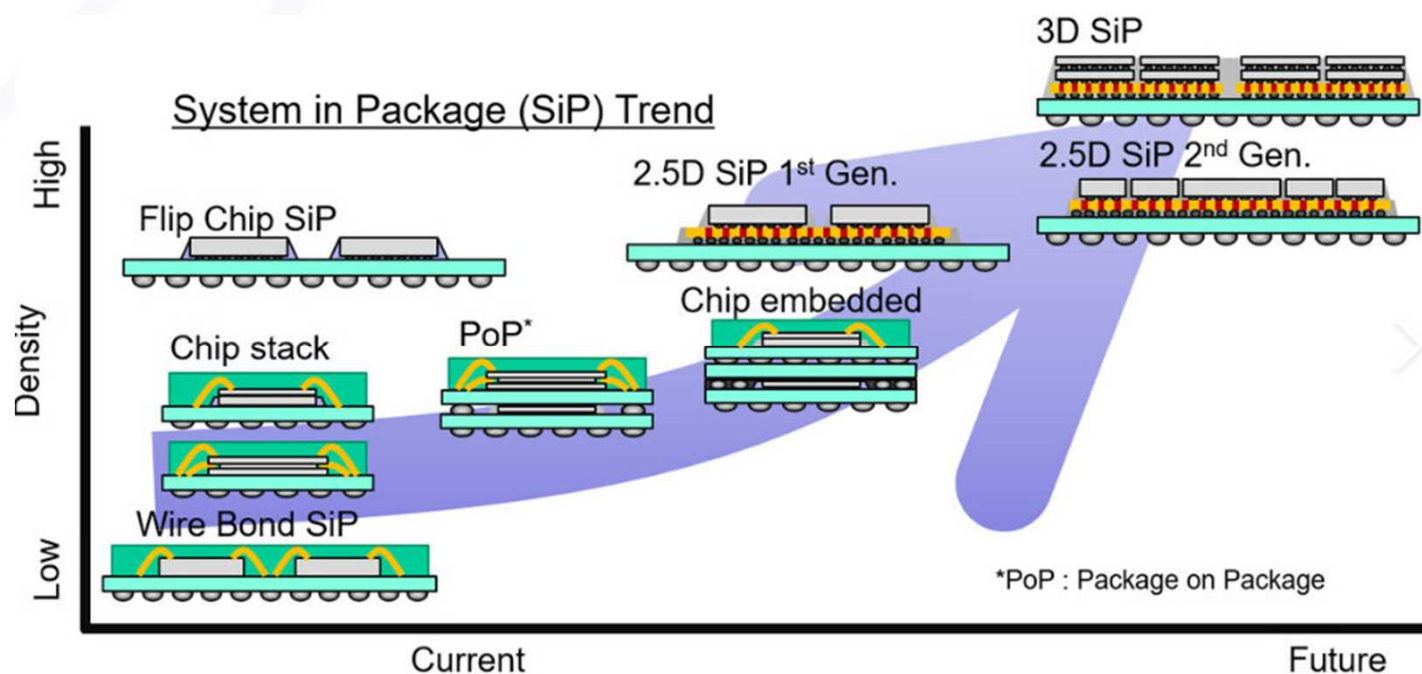
- 半導体製造装置市場は、特に**ドライエッチング装置や露光装置、CVD関連の市場規模が大きい。**
- これらの技術開発をさらに加速させ、我が国企業の国際競争力を確保し続ける必要がある。



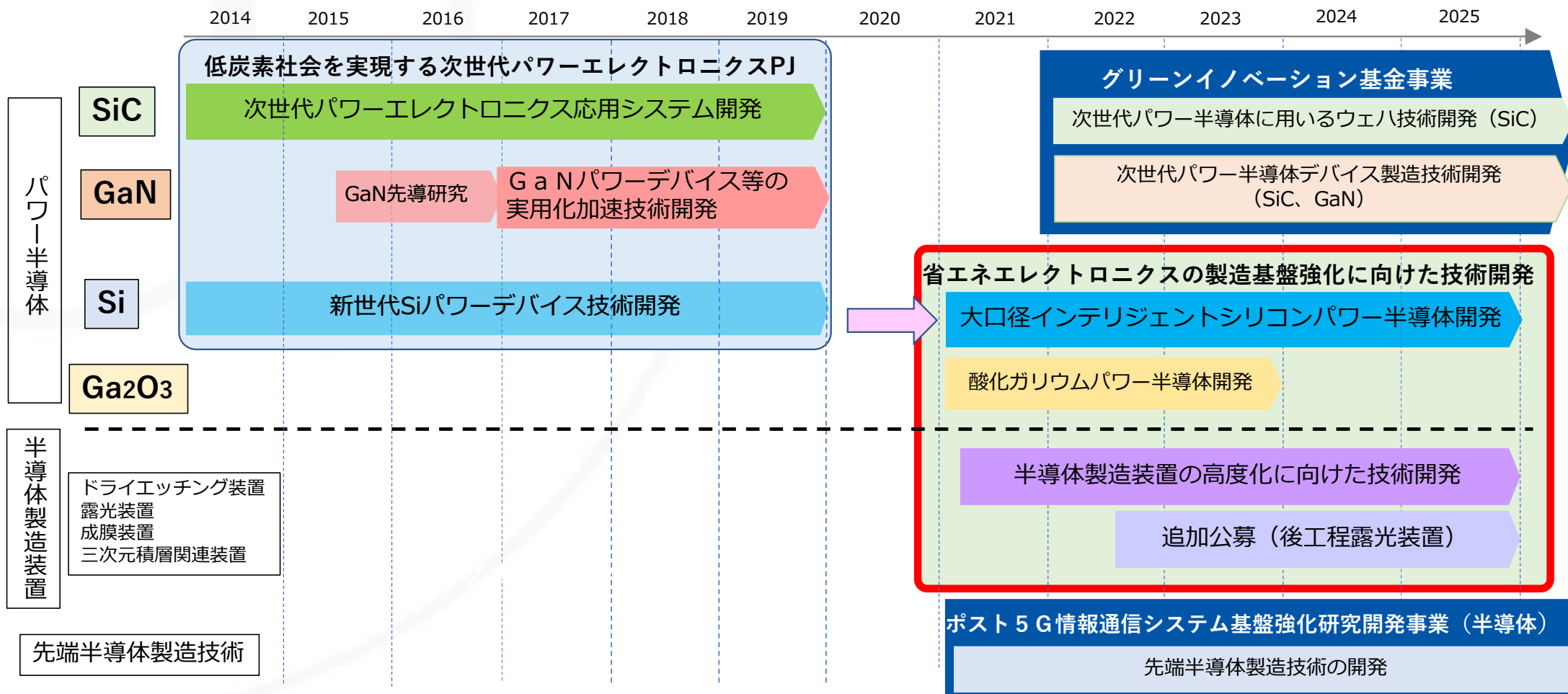


# 国内外の動向と比較 ②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

- ムーアの法則の終焉が叫ばれ、半導体デバイスの微細化に大きな進展が見込めない中、半導体構造を三次元化することで性能向上を図る動きが出てきている。
- 後工程における貼り合わせ技術をはじめとする三次元積層関連等の革新的技術開発の要求が高まっている。

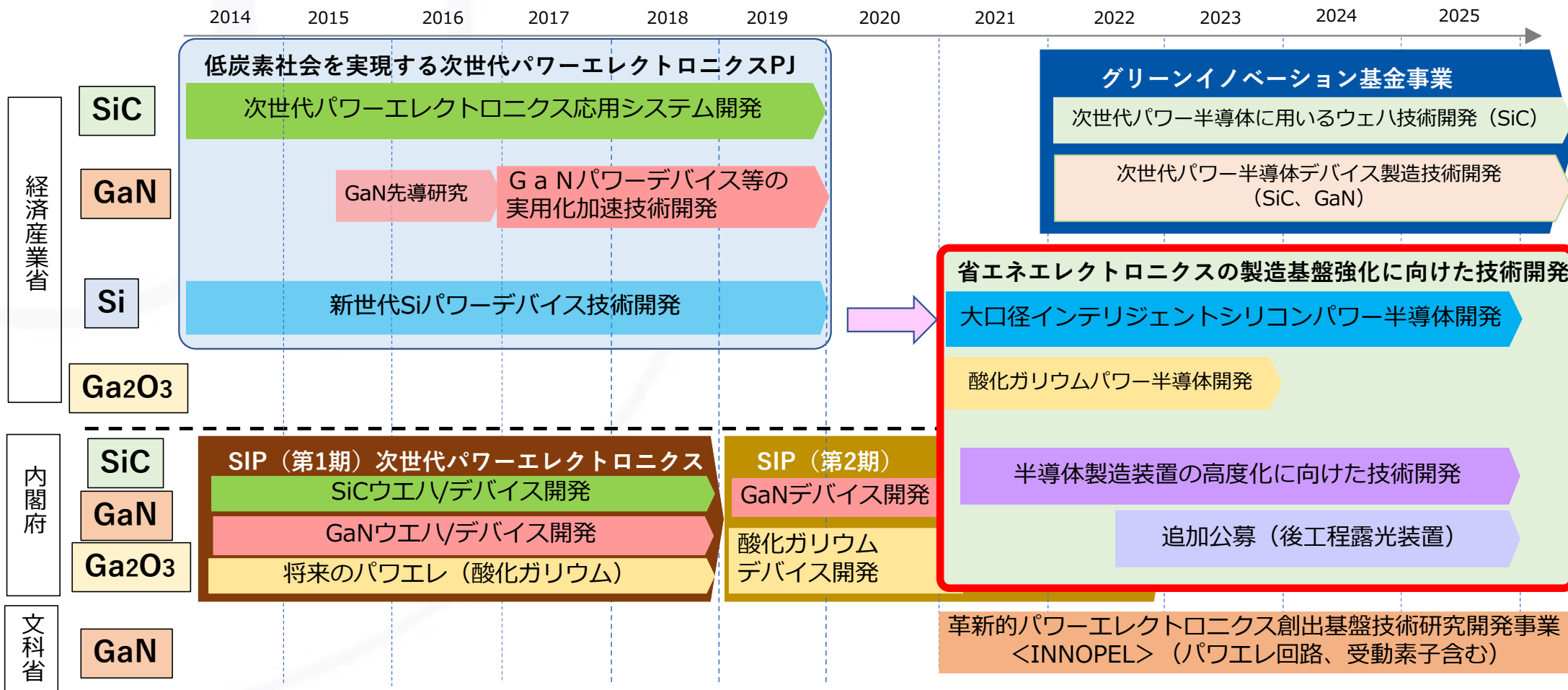


# 他事業との関係（METI関連）

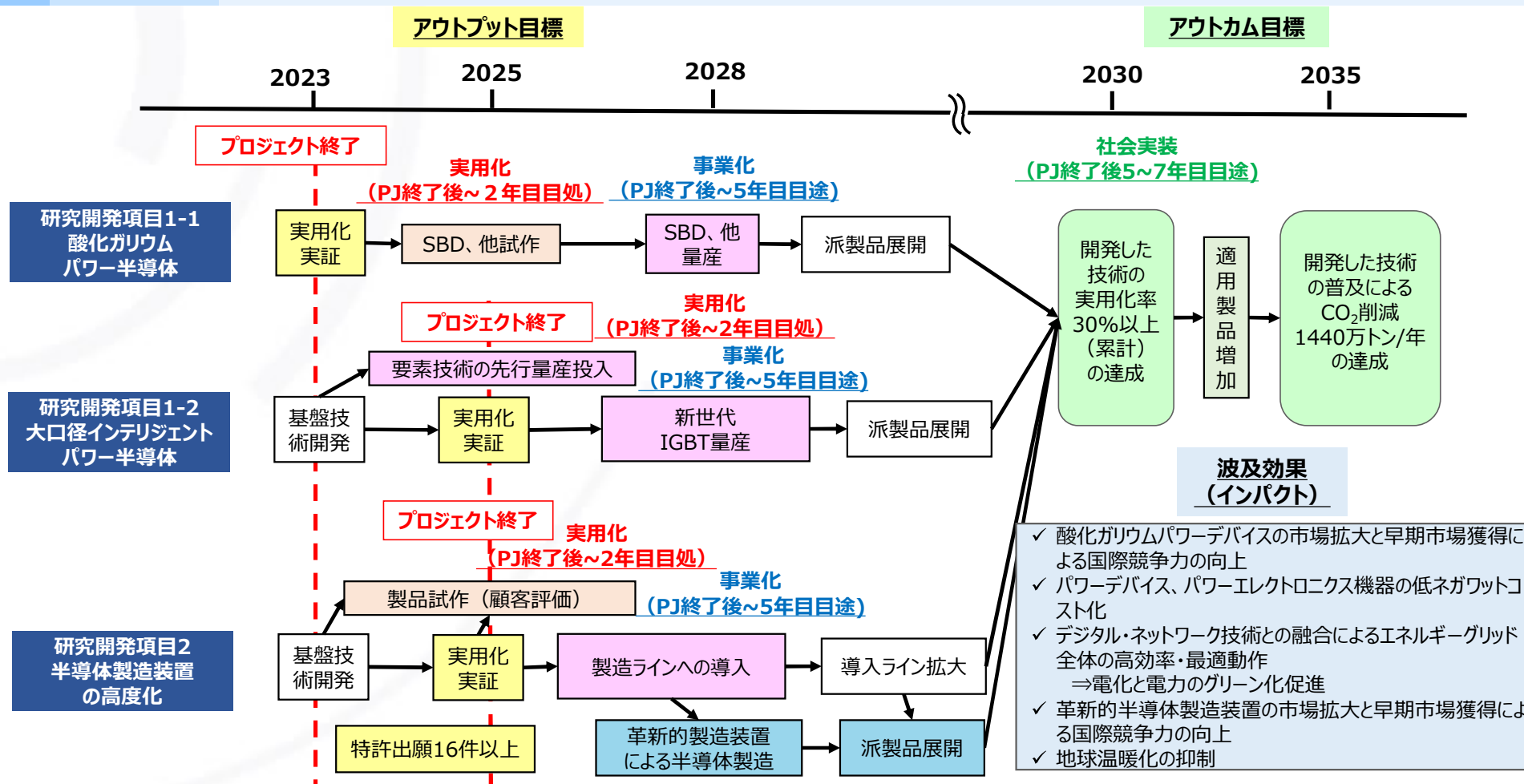




# 他事業との関係（パワエレ関連）



# アウトカム（社会実装）達成までの道筋（全体）



# 知的財産・標準化戦略

## ● 基本的考え方

- ▶ 特許に関しては国際的視野に立って戦略的に主導権を取るべく、積極的に国内・海外ともに出願することを基本とする。
- ▶ ただし、以下の場合、数々の成果技術について公開されることによるデメリットの方が大きいと判断し、戦略的に特許取得を見送り、ノウハウとして秘匿する場合がある。
  - ✓ 既に強力な基本特許を出願済みの技術領域
  - ✓ 事業開始前に重要要素技術に関する強力な特許網構築済みの技術領域
  - ✓ 製品を分解しても解明不能な技術に関する技術領域（材料・プロセス等）
  - ✓ 半導体製造装置のコアパーツ
- ▶ 互換性確保のため、各種デバイスやモジュールのインターフェース仕様に関しては、標準化を推進する。

	非競争領域	競争領域
公開	新世代パワー半導体のインターフェース仕様 ⇒標準化の推進	新世代パワー半導体技術全般 半導体製造装置の高度化技術全般 ⇒積極的に国内・海外とも出願
非公開	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基本特許取得済みの技術領域</li> <li>・特許網構築済みの技術領域</li> <li>・分解しても解明不能な技術領域</li> <li>・半導体製造装置のコアパーツ</li> </ul> ⇒ノウハウとして秘匿

# 知的財産管理

## ➤ 知的財産権の帰属

産業技術力強化法第17条第1項に規定する4項目及びNEDOが実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属

## ➤ 知財マネジメント基本方針（「NEDO知財方針」）に関する事項

共同提案テーマについては、NEDO知財方針で記載された「全実施機関で構成する知財委員会」の機能を兼ねた運営委員会を整備し、「知財の取り扱いに関する合意書」に準拠した項目を有する共同開発契約を締結する。

## ➤ データマネジメントに係る基本方針（NEDOデータ方針）に関する事項

NEDOデータ方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成

## <評価項目 2> 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

4. 目標及び達成状況(詳細)

ページ構成

- アウトカム目標の設定及び根拠
- 本事業における「実用化・事業化」の考え方
- アウトカム目標の達成見込み
- 費用対効果
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の意義（副次的成果及び波及効果）
- 特許出願及び論文発表

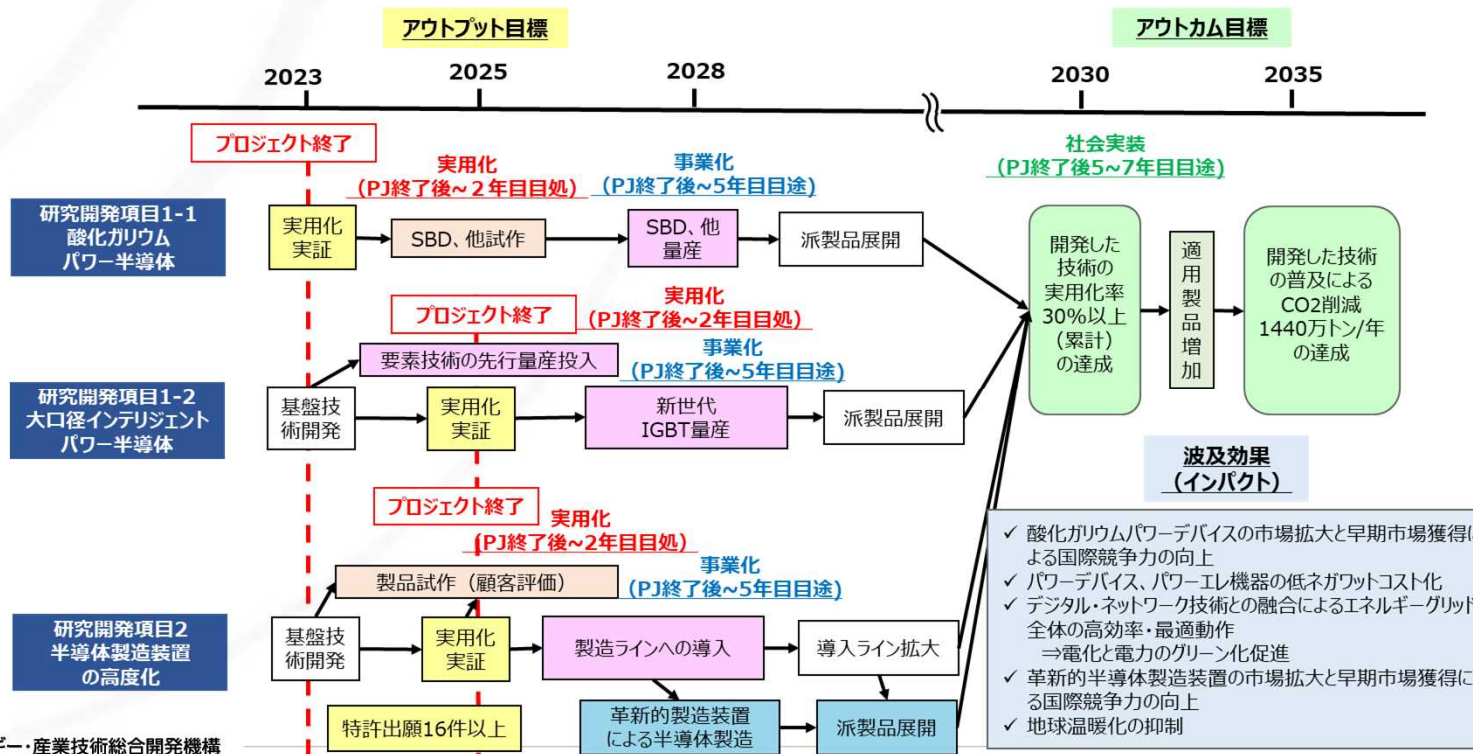


# アウトカム目標の設定及び根拠

アウトカム目標	根拠
<p>本事業で開発した技術の実用化率（※）： <b>30%以上</b>（2030年度）</p> <p>※開発した技術が実用化に至ったテーマ数／採択テーマ数</p>	<p>NEDOにおいては、通常の研究開発事業の実用化達成率の目標を、事業終了後5年経過後の時点で25%以上と設定しているが、<b>日本企業が有する高水準の要素技術の市場導入を加速させる必要があることを踏まえ</b>、事業終了後5年経過後の時点での<b>実用化達成率を30%以上</b>と設定する。</p>
<p>本事業で開発した技術の普及によるCO<sub>2</sub>削減量： <b>1,440万t</b>（2035年度）</p>	<p>対象としたアプリケーション</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①次世代パワー半導体：国内HV, EV, PHV、サーバー</li> <li>②リソグラフィ、エッチング装置、成膜装置： スマートフォン、半導体工場、国内データセンター</li> <li>③三次元積層関連装置： 国内データセンター、サーバー、スマートフォン、半導体製造装置</li> </ul>

# 本事業における「実用化・事業化」の考え方

用語	定義 (「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づき作成)
実用化	当該研究開発に係る <u>試作品・装置等</u> の社会的利用(顧客への提供等)が開始されること
事業化	当該研究開発に係る <u>商品・製品等</u> の販売や利用により、 <u>企業活動(売り上げ等)</u> に貢献すること



# アウトカム目標の達成見込み

- 実施計画に沿って順調に進捗しており、計画通りのアウトカム目標達成を見込んでいる

アウトカム目標	製品イメージ	達成見込み
<p>本事業で開発した技術の実用化率（※）： <b>30%以上</b>（2030年度）</p> <p>※開発した技術が実用化に至ったテーマ数／採択テーマ数</p>	<p>日本が強みを有する省エネエレクトロニクス技術に基づく</p> <p>【研究開発項目 1 - 1】 酸化ガリウムパワー半導体</p> <p>【研究開発項目 1 - 2】 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体</p>	<p>【研究開発項目 1 - 1】 2025年度までに実用化達成見込み ⇒プロトタイプを試作にて基本動作を確認済み</p> <p>【研究開発項目 1 - 2】 2023年度に要素技術を先行して実用化済み</p> <p>【研究開発項目 2】 2025～2027年度までに実用化達成見込み ⇒重ね合わせ精度向上、高精度アライメント計測、検査加工技術、低エネルギー大電流イオンビームによる表面改質、次世代不揮発性メモリ向け成膜、三次元積層関連の後工程用露光、直描露光機の高解像度化</p>
<p>本事業で開発した技術の普及によるCO<sub>2</sub>削減量： <b>1,440万t</b>（2035年度）</p>	<p>【研究開発項目 2】 高度化された半導体製造装置の創出</p>	<p>に関する技術開発が順調に進展</p>

# 【参考】アウトカム達成までの個別イメージ

各研究開発項目の社会実装時期			2023年度～	2025年度～	2027年度～		
①新世代 パワー 半導体	酸化 ガリ	FLOSFIA	研究 開発	最終 目標	実用化検証	SBD、他 量産	
	大口径Si	九大、東芝D&S、 東大	300mmMOS 量産	最終 目標	実用化検証	新世代IGBT 量産	
②半導体製造装置		日立製作所	研究 開発	最終 目標	実用化検証	スマート検査 装置量産	
		日新イオン機器	研究 開発	最終 目標	実用化検証	大電流イオン 注入装置量産	
		ニコン	研究開発	最終 目標	実用化検証	高精度アライ メント装置量産	
		キャノン アネルバ	中間 目標	実用化検証	最終 目標	次世代不揮発メモ リ成膜装置量産	
		東京 エレクトロン	中間 目標	実用化検証	最終 目標	3次元ウェハー ボンダー 装置量産	
		オーク製作所			最終 目標	実用化検証	ダイレクト露光装置量産 (解像性と生産性の両立)
		SCREENセミコンダ クターソリューションズ			最終 目標	実用化検証	高解像度 直描露光機量産

# 費用対効果

- プロジェクト費用の総額（予定）

- 102.8億円 (2021年度～2025年度事業費計)

- 売り上げ予測（実施者計画 積み上げ値）

- パワー半導体 14,135億円 (2024年度～2030年度計)
- 半導体製造装置 3,863億円 (2024年度～2030年度計)

- 効果（目標）

- 技術の実用化率\*1 30%以上 (2030年度)

\*1 開発した技術が実用化に至ったテーマ数/採択テーマ数

- CO<sub>2</sub>削減効果\*2 1,440万 t (2035年度)

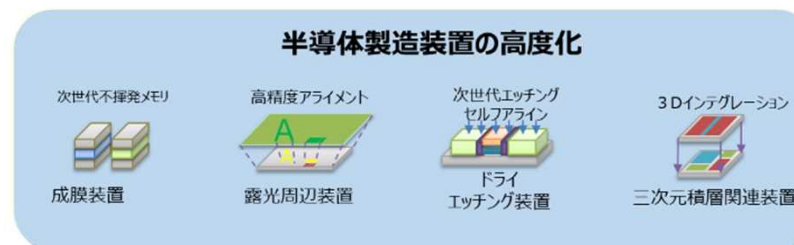
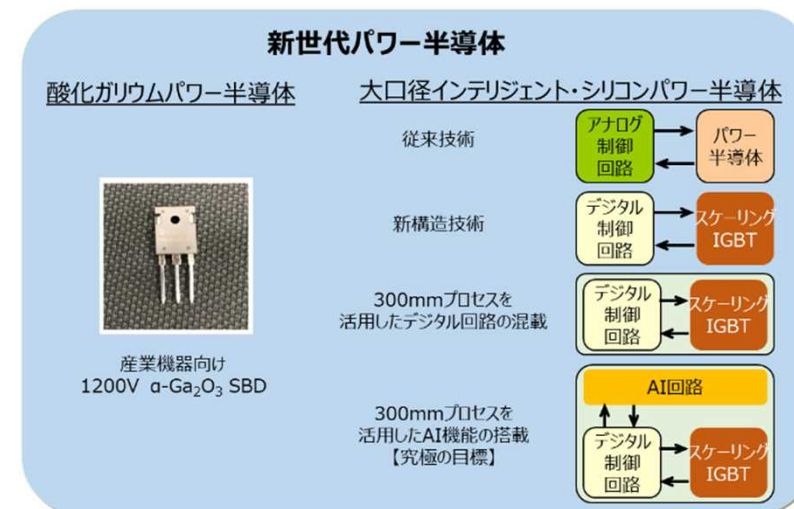
\*2 対象としたアプリケーション

- ①次世代パワー半導体 : 国内HV, EV, PHV、サーバー
- ②リソグラフィ、エッチング装置、成膜装置 : スマートフォン、半導体工場、国内データセンター
- ③三次元積層関連装置 : 国内データセンター、サーバー、スマートフォン、半導体製造装置

# アウトプット（研究開発成果）のイメージ

- 中間目標：新世代パワー半導体及び半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立

アウトプット 目標	<p>&lt;中間目標&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新世代パワー半導体及び半導体製造装置の高度化に必要な<b>基盤技術を確立する</b></li> </ul>
	<p>&lt;最終目標&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新世代パワー半導体及び特定用途向け半導体製造装置が<b>実用化可能なレベルであることを実証</b>する</li> <li>・事業期間中に特許出願につながった成果の件数： <b>国内特許出願件数16件以上</b></li> </ul>





# アウトプット(中間)目標の設定及び根拠

研究開発項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
研究開発項目1-1 酸化ガリウムパワー半導体の開発			中間 評価	中間 ／ 最終 目標		終了 時 評価
研究開発項目2-1 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発					最終 目標	
研究開発項目2 半導体製造装置の高度化に向けた技術開発						

研究開発項目	中間/最終目標 (2024年3月)	評価時目標 (2023年6月)	根拠
研究開発項目1-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>SBDデバイス・モジュールに必要な基盤技術確立</li> <li>酸化ガリウムパワー半導体の実用化検証</li> </ul>	SBD試作評価、酸化ガリウムチップ搭載モジュール試作を実施中	世界に先駆けて特定用途向けのα型酸化ガリウムパワー半導体およびモジュールを開発・製品化するため
研究開発項目1-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体の開発</li> </ul>	300mmシリコンパワー半導体およびパワー半導体自己制御機能の基盤技術を構築中	2025年までに実用化可能であることを実証するため
研究開発項目2	<ul style="list-style-type: none"> <li>半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立 (5年プロジェクト)</li> <li>半導体製造装置を試作・評価し、実用化可能であることを実証 (3年プロジェクト)</li> </ul>	試作機的设计、組立、ソフトウェア開発を実施中	2023～2025年までに試作・評価し、実用化可能であることを実証するため

# アウトプット目標の達成状況

- すべての研究開発項目において、2024年3月に目標達成見込み

研究開発項目	目標 (2024年3月)	成果(実績) (2023年6月)	達成度 (見込み)	達成の根拠
① 新世代パワー半導体の開発 ①-1 「酸化ガリウムパワー半導体の開発」	特定用途向けSBD デバイス・モジュールの基盤技術を確立し、特定用途向けの酸化ガリウムパワー半導体の開発及びモジュールの試作・評価を行い、実用化可能であることを実証する。	SBD試作評価、酸化ガリウムチップ搭載モジュール試作中	○ 2024年3月に達成見込み	実施計画に沿ってバランスの良いプロジェクト運営がされている。 定期的なアドバイザリーボードが開催され、課題クリア、顧客ニーズに沿った開発目標を設定。
① 新世代パワー半導体の開発 ①-2 「大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発」	大口径(300mm)シリコンパワー半導体に、自動最適化や故障予知など、極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体を開発する。	300mmシリコンパワー半導体およびパワー半導体自己制御機能の基盤技術を構築中	○ 2024年3月に達成見込み	産学の複数関係者とうまくマネジメントして、実施計画に沿って順調に進捗している。 早期に実用化が見込める技術は計画を見直してスピナウトさせている。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

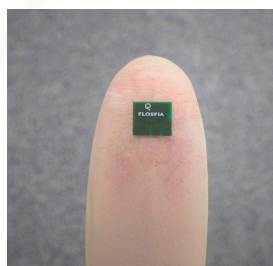
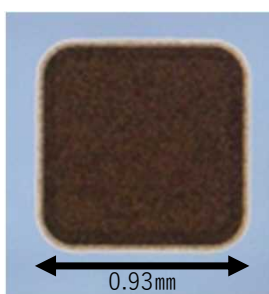
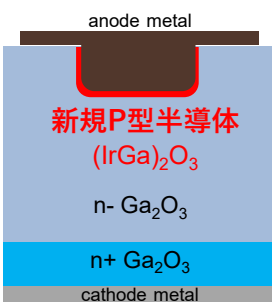


# アウトプット目標の達成状況

## 酸化ガリウムパワー半導体の開発

- ✓ 酸化ガリウムの材料物性を最大限引き出すため、トレンチ内に新規P型半導体「酸化イリジウムガリウム」を成膜したJBS構造を作製
- ✓ **酸化ガリウムSBD (1200V) 試作評価実施**
- ✓ ユーザーアドバイザーボードを活用し、モジュール仕様を決定
- ✓ **酸化ガリウムチップ埋込型モジュール (1200V) 試作評価実施**

### JBS構造に酸化イリジウムガリウムを適用



酸化ガリウムチップ埋込型モジュールのイメージ図

(a) JBS構造の断面構造

(b) 上面からの顕微鏡写真

## 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発

### 【300mmプロセス】

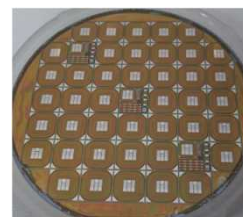
- ✓ 低耐圧(60V以下)、中耐圧(200V以下)パワー-MOSFETの300mmプロセスを**2023年から事業化移行**するとともに、IGBT300mmプロセスを構築中。

### 【新Siウェハ・IGBT】

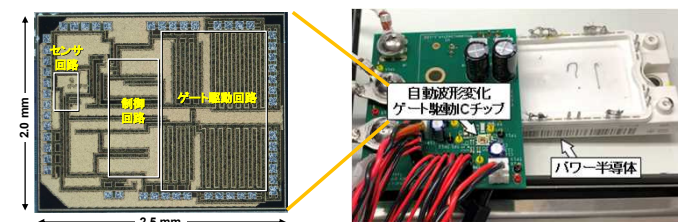
- ✓ 新パワーデバイス用Si基板(Sbドーブ) で3.3kVおよび6.5kV-**IGBT動作を実証**

### 【インテリジェント】

- ✓ 6.5kV耐圧IGBTをデジタルゲート制御ICで最適駆動するインテリジェント・デジタルゲート・モジュールの**評価プラットフォームを構築**



新Siウェハ(Sbドーブ) でスケーリングIGBTを開発し、3.3kV動作を確認



自動波形変化ゲート駆動ICを開発し、スイッチング損失を従来比49%低減を実証

# アウトプット目標の達成状況

- すべての研究開発項目において、2024年3月に目標達成見込み

研究開発項目	目標 (2024年3月)	成果(実績) (2023年6月)	達成度 (見込み)	達成の根拠
② 半導体製造装置の高度化に向けた技術開発	半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立する。	<p>【スマート検査/スマート加工】 電子顕微鏡の撮像条件の自動最適化に向けた実デバイスでの単一パラメータの最適化の原理検証を完了、3種類の加工方式によるエッチング基礎特性データを取得完了</p> <p>【表面改質装置】 改造試作機の性能確認し、新試作機の設計へフィードバック</p> <p>【高精度アライメント計測】 新光学系を開発し、必要解像度の達成を確認 視認性を改善する長波長光源を開発し、評価完了</p> <p>【不揮発性メモリ成膜装置】 新成膜チャンバを開発し、目標膜特性の達成を確認</p> <p>【ウェハ貼り合わせ装置】 中間目標(ウェハ重ね合わせ精度)を1年前倒しで達成</p> <p>【ダイレクト露光装置】 実験機における基本的動作デバックを完了</p> <p>【直描露光機の高解像度化】 光学系の設計完了、高精度ステージの処理基板開発完了</p>	○ 2024年3月に 達成見込み	実施計画に沿って順調に進捗している。 顧客ニーズの把握に努め、開発目標や計画を随時見直して実用化確度向上を図っている。

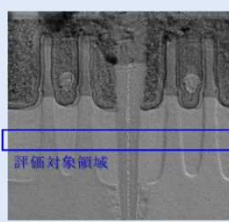
◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

# アウトプット目標の達成状況

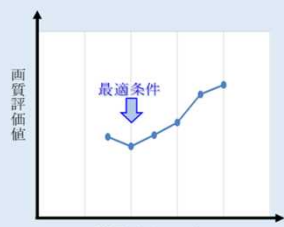
## スマート検査/スマート加工

- ✓ 電子顕微鏡の撮像条件の自動最適化に向け、実デバイスでの**単一パラメータの最適化の原理検証を完了**  
→複数の装置パラメータに対する**最適条件導出を検証**し、ソフト実証により最終目標を達成する見込み
- ✓ 難エッチング材料の加工可能性検証に向け、3種類の加工方式による**エッチング基礎特性データを取得完了**  
→**素子パターンの加工可能性を検証**し、有望技術特定の最終目標を達成する見込み

スマート検査の研究開発

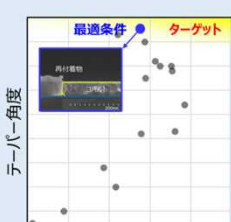


電子顕微鏡画像

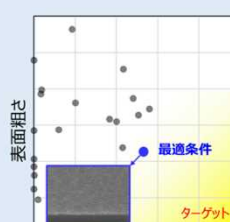


条件最適化の例

スマート加工の研究開発



エッチングレート  
プラズマエッチング

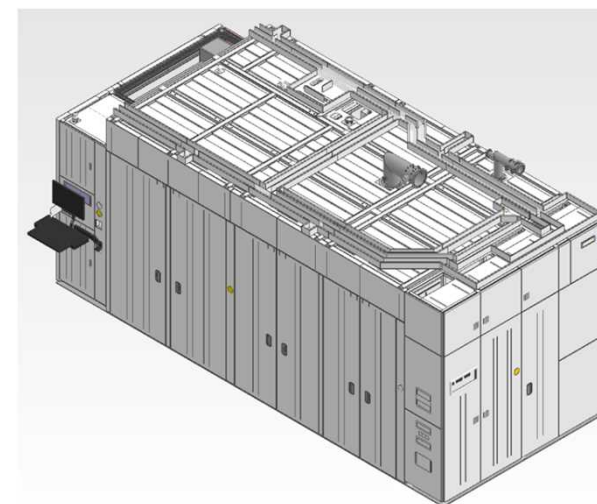


エッチングレート  
減圧ガスエッチング

## 表面改質装置

- ✓ 試作機で要求される諸性能の事前検証のため、試験機の改造を行い、**ビーム電流及びメンテナンス周期の目標を達成**  
→試作機の設計及び部材手配を実施中
- ✓ 試験機を製作後、**最終性能評価を実施**し、ビーム電流などの諸性能の最終目標を達成する見込み
- ✓ 国際学会で成果発表を実施、**一部顧客との共同評価を開始**

設計中の試作機

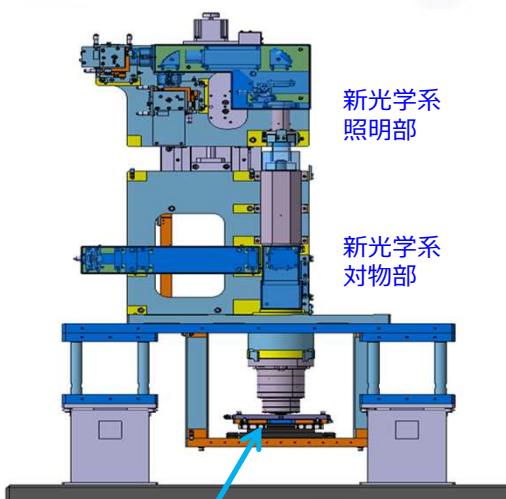


# アウトプット目標の達成状況

## 高精度アライメント計測

- ✓ 微細ピッチのアライメント・マークを計測に必要な解像度のレンズ、長波長計測領域まで対応した**新光学系を開発**
- ✓ アライメント・マーク計測の視認性改善する**長波長光源を開発**
- ✓ 新光学系を装置に搭載して微細ピッチのアライメント・マークの**必要計測精度を達成**する

新光学系 (プロトタイプ)  
→必要解像度の達成を確認



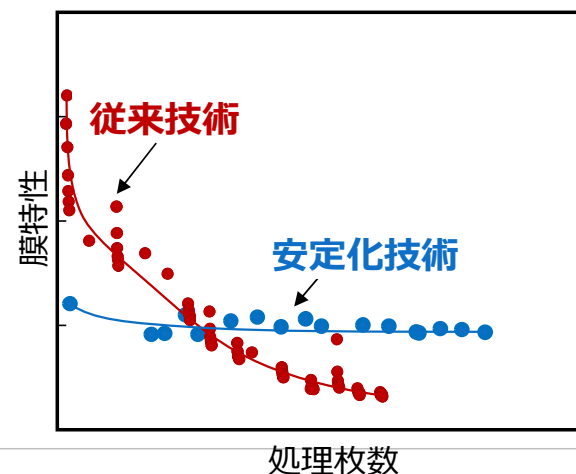
新光源の開発  
→ 高輝度、長波長に対応



## 不揮発性メモリ成膜装置

- ✓ 各種メモリ材料の成膜評価および装置開発を推進
- ✓ 大学やデバイスメーカーと共に、成膜した**メモリ材料薄膜の評価を進め、デバイス動作実証を実施**
- ✓ 量産安定性を確保するための技術開発を行い、**プロセス安定化技術の実証**を実施
- ✓ 次世代MRAMは**量産性能確認を行い**、開発完了

プロセス安定化技術の実証 (例)



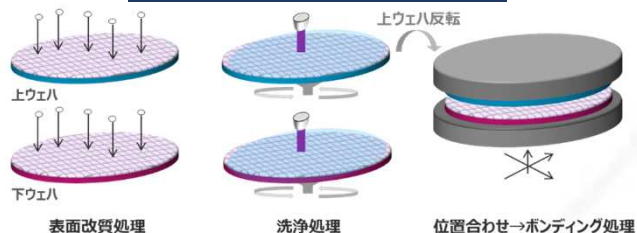
アライメント・マーク付ウェハ

# アウトプット目標の達成状況

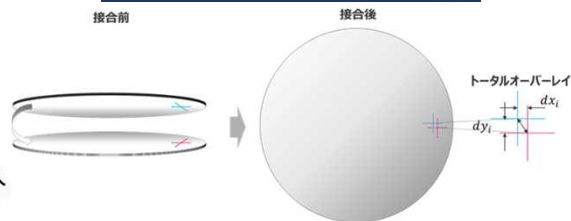
## 3Dインテグレーション研究開発 (貼り合わせ装置)

- ✓ ウェハボンディング装置は、表面改質処理、洗浄処理、接合 (ボンディング) の各モジュールで構成
- ✓ 表面改質処理において接合メカニズムの仮説を立案し、**中間目標 (ボンディングにおける重ね合わせ精度\*) を一年前倒して達成**
- \* 重ね合わせ精度はトータルオーバーレイと定義される (ウェハ外周部3mmを除く全ての領域で中間目標達成)
- ✓ 反りウェハに対して重ね合わせ精度改善のための要素技術を確立

### 親水化接合 処理フロー



### \*トータルオーバーレイの概念



国立研究開発法人

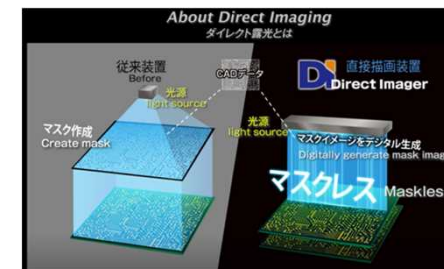
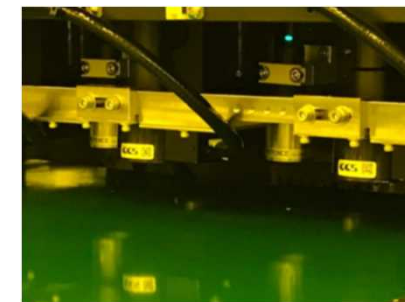
## ダイレクト露光装置

- ✓ 三次元積層を含む半導体後工程用の回路形成に適用可能な高解像、高精度ダイレクト露光装置開発の第一段階として実験機を開発して評価を行う。
- ✓ **実験機に露光ヘッドを搭載して調整開始**

装置正面



露光ステージ面

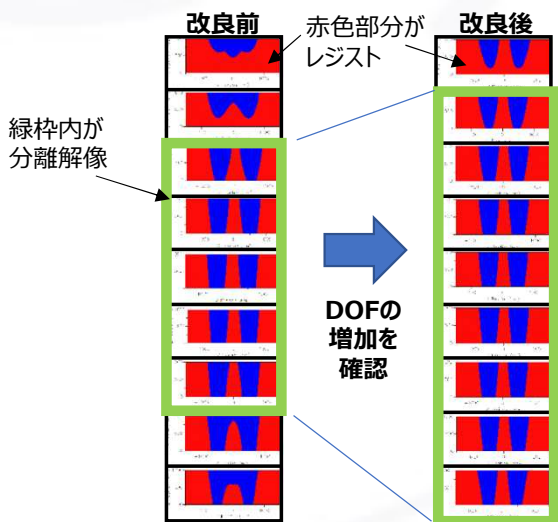


# アウトプット目標の達成状況

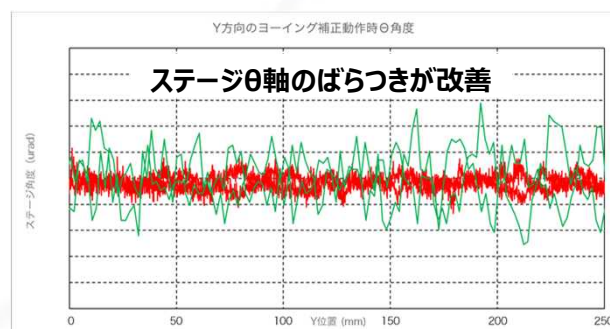
## 直描露光装置の高解像度化

- ✓ 光学シミュレーションにより、**照明系のパラメータを最適化**することで従来照明系よりターゲット線幅L/SのDOFが増加することを確認
- ✓ ステージ動作をリアルタイムで制御する**高速データ処理基板を開発**し、実機での評価を実施。  
→ステージ走行時における**θ軸リアルタイム補正精度の改善**を確認

### レジストシミュレーションによる照明系最適化



### 高速データ処理基板によるθ軸リアルタイム補正改善



- 従来のデータ処理基板でのヨーイング補正結果
- 高速データ処理基板でのヨーイング補正結果

## 研究開発成果の意義（波及効果／副次的成果）

### 波及効果

- ✓ 酸化ガリウムパワーデバイスの市場拡大と早期市場獲得による国際競争力の向上
- ✓ パワーデバイス、パワーエレクトロニクス機器の低ネガワットコスト(\*)化
- ✓ デジタル・ネットワーク技術との融合によるエネルギーグリッド全体の高効率・最適動作  
⇒電化と電力のグリーン化促進
- ✓ 革新的半導体製造装置の市場拡大と早期市場獲得による国際競争力の向上
- ✓ 地球温暖化の抑制

(\*)ネガワットコスト (¥/kWhr)

$$= \frac{(\text{導入コスト} + \text{運転コスト})}{\text{省エネ量} \times \text{稼働時間}}$$

### 副次的成果

- ✓ 半導体関連（含むパワエレ）技術者の技術力向上

# 特許出願及び論文発表

- 競争領域のオープン戦略に則り、積極的な出願と研究発表・情報誌掲載を推進

	2021年度	2022年度	2023年度	計
国内特許出願	1	12	1 (15)	14 (28)
外国特許出願		4	2 (4)	6 (8)
論文		7	0 (1)	7 (8)
研究発表・講演	1	7	1	9
受賞実績				-
新聞・雑誌等への掲載		2	(1)	2 (3)
展示会への出展				-

世界初、パワー半導体を自動で最適に制御し、損失を低減するICチップを開発  
—パワー半導体のエネルギー損失を約49%低減—

2023年3月23日  
NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）  
理事長 石塚博昭

NEDOは「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」に取り組んでおり、今般、東京大学生産技術研究所を中心とする研究グループと共同で、1チップでパワー半導体のエネルギー損失を低減する「自動波形変化ゲート駆動ICチップ」を世界で初めて開発しました。

本ICチップ上には、出力電流を切り替えるゲート駆動回路、電流切り替えタイミングを決定するセンサー回路、電流波形を変化させる制御回路の三つを搭載しています。これにより、パワー半導体のゲート端子を駆動する電流波形を自動で最適なタイミングに制御し、エネルギー損失を低減する回路を実現しました。また、本ICチップとパワー半導体を組み合わせた実証試験により、600V、80Aの条件下でエネルギー損失を約49%低減できることを確認しました。

今後はさらなる改良を進め、2050年カーボンニュートラルへの道筋を示し、パワーエレクトロニクス機器の省エネ化による温室効果ガスの排出量削減に貢献します。



図1 開発した「自動波形変化ゲート駆動ICチップ」の写真（提供：東京大学生産技術研究所）



## <評価項目 3> マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

4. 目標及び達成状況(詳細)

ページ構成

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 研究開発のスケジュール/目標達成に必要な要素技術
- 進捗管理
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：開発促進財源投入実績

# NEDOが実施する意義

• 日本企業は、ロジックやメモリで競争力を失う中でも、パワー半導体市場の特性ゆえに、当該市場で競争力を有してきた

• 近年の状況変化（欧州勢のシェア増加、中国勢・ファウンドリの台頭、大口径化への遅れ）を踏まえると、我が国の基幹産業（自動車、産業機器等）にとって重要性が増していく  
**（パワー）半導体を国内で安定的に供給することが困難になる可能性**がある

• **経済安全保障上の懸念**（我が国が他国に対して有する影響力の低下、他国から我が国基幹産業への影響力の強化）もある

事業の目的：

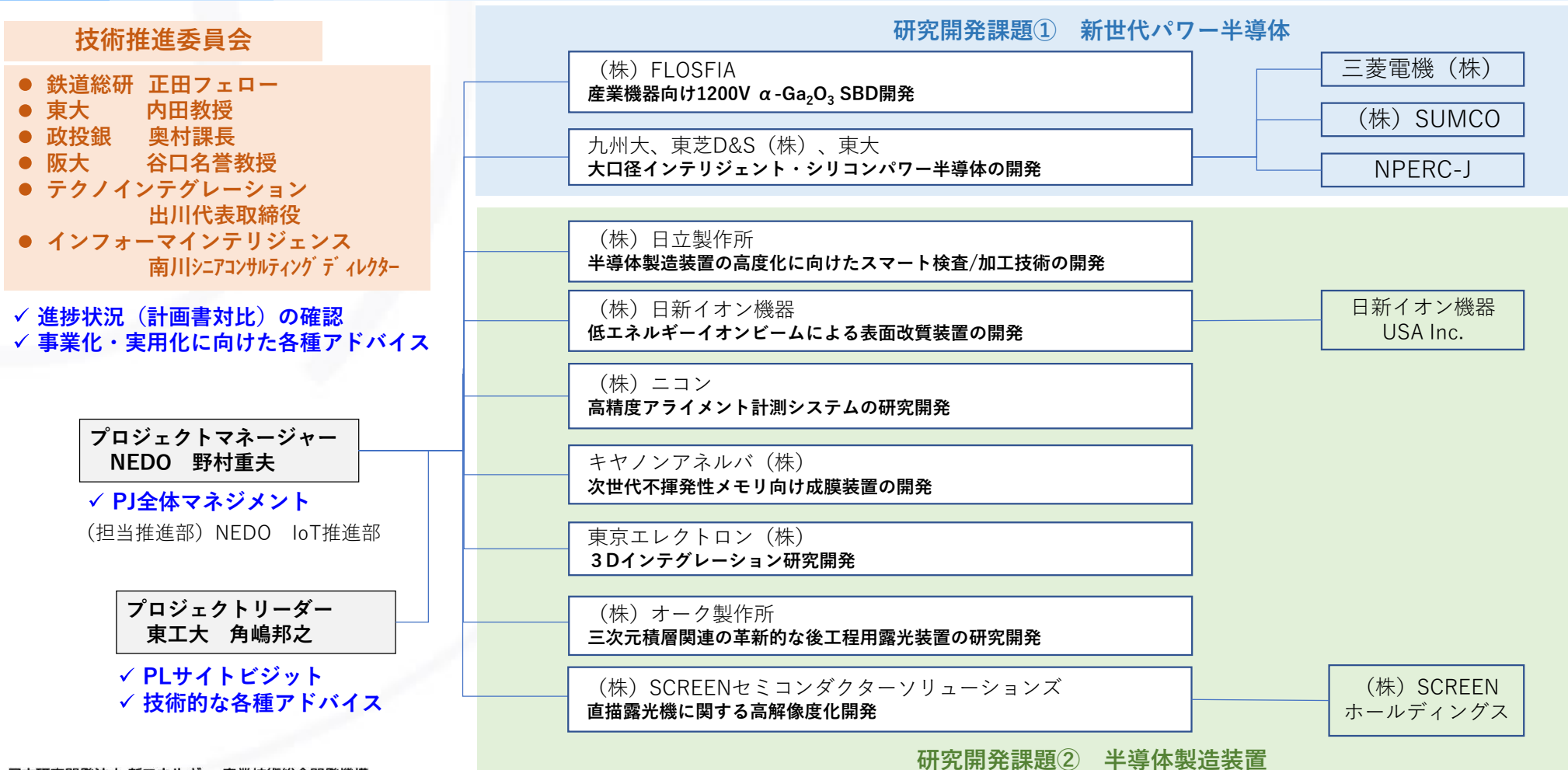
- ① 高性能な省エネエレクトロニクス製品を開発することで、**飛躍的な省エネルギー化**を実現する。
- ② 安定的な供給を可能とするサプライチェーンを確保することで、**省エネエレクトロニクス製品の製造基盤強化**を図る。

➤ パワー半導体及び半導体製造装置の産業力強化は、**省電力化と安定供給の鍵**

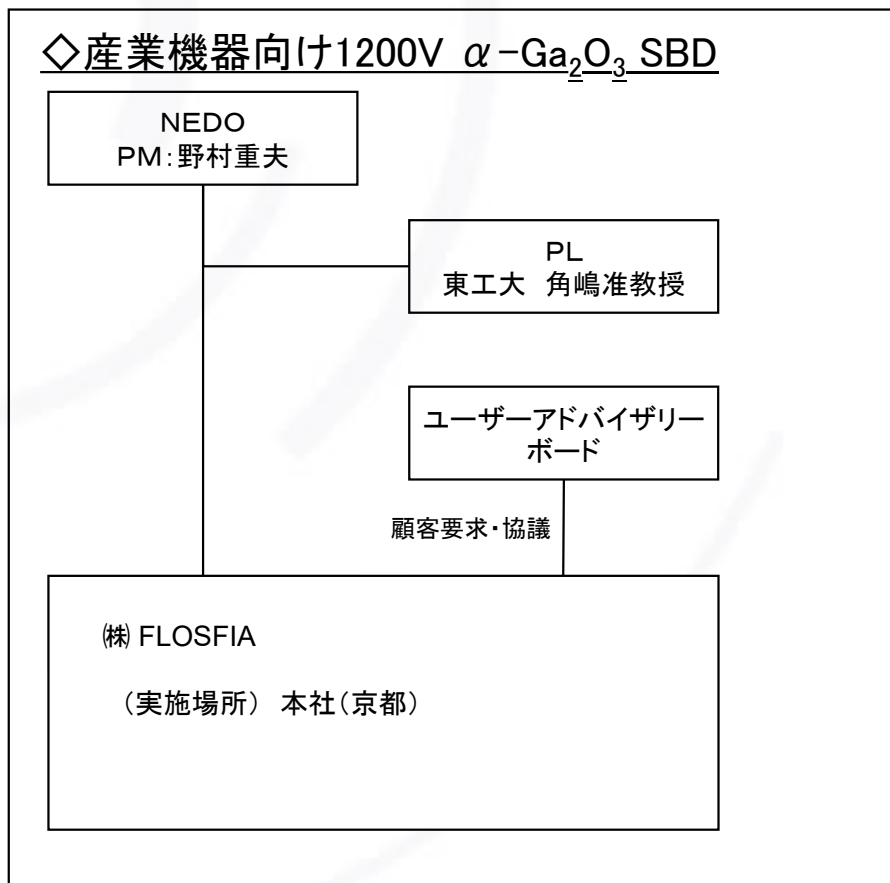
➤ 近年、**他国では**産業力強化に向けて積極的な投資活動。**国家を挙げた支援体制**

➤ **本分野の国際競争力を維持するため、国家的な強化施策が必要**

# 実施体制 (責任体制)



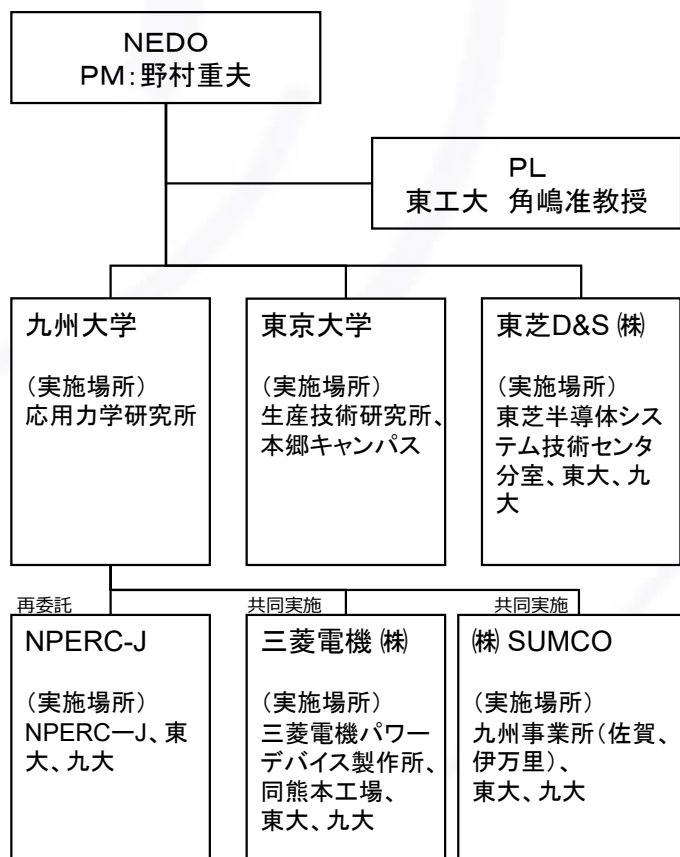
# 実施体制（実施者間での連携）



ユーザーアドバイザーボード	
開催頻度	1回/6ヶ月
目的・ 討議内容	研究開発状況の共有、モジュール仕様や開発方向性の協議、意見交換

# 実施体制（実施者間での連携）

## ◇大口径インテリジェント・Siパワー半導体



### 運営会議

開催頻度	月 1 回
参加者	九州大学、東京大学、東芝D&S、NPERC-J、三菱電機、SUMCOの業務管理者、WGリーダー、NEDO、METI
目的・討議内容	技術進捗、課題、技術推進委員会指摘事項の共有を図る。また、特許出願、学会・論文発表の審査・管理も行う。

### 全体会議

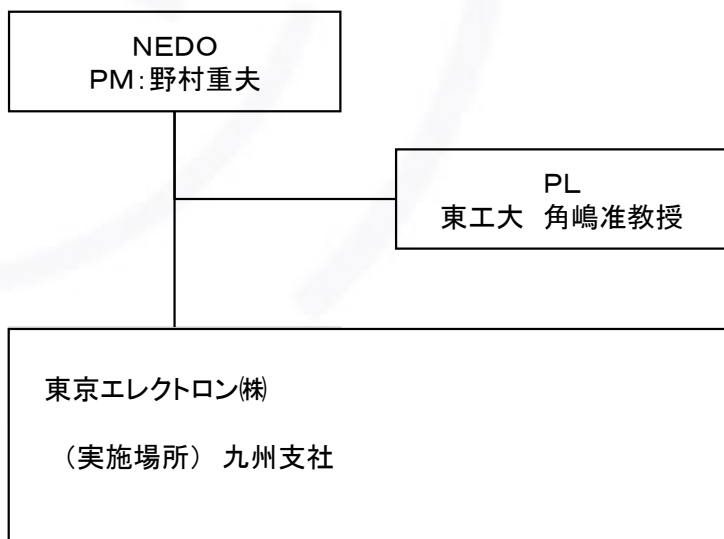
開催頻度	年 2 回
参加者	全研究員、事務関係者、NEDO、METI
目的・討議内容	研究開発進捗、プロジェクト目標の共有、プロジェクトメンバーによる意見交換、学会情報の共有

### WG (300mm/Si材料・プロセス/デジタルゲート)

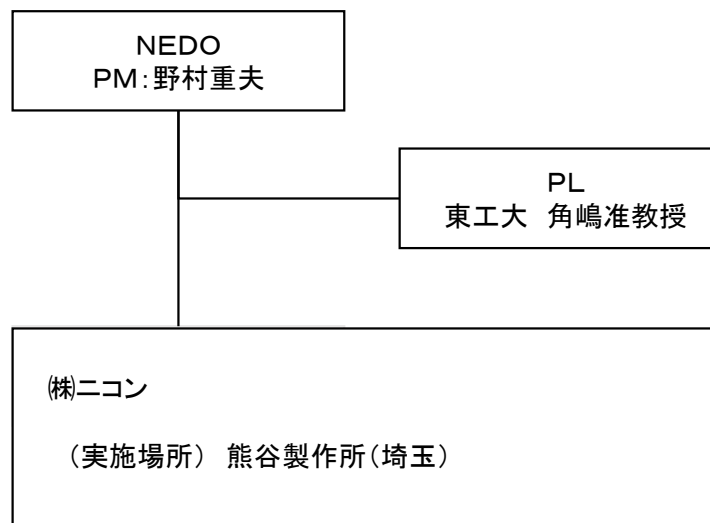
開催頻度	月 1 回
参加者	九州大学、東京大学、東芝D&S、NPERC-J、三菱電機、SUMCOの業務管理者、WGリーダー
目的・討議内容	研究開発進捗、プロジェクト目標、技術課題の共有、WGメンバーによる技術討論、意見交換

# 実施体制

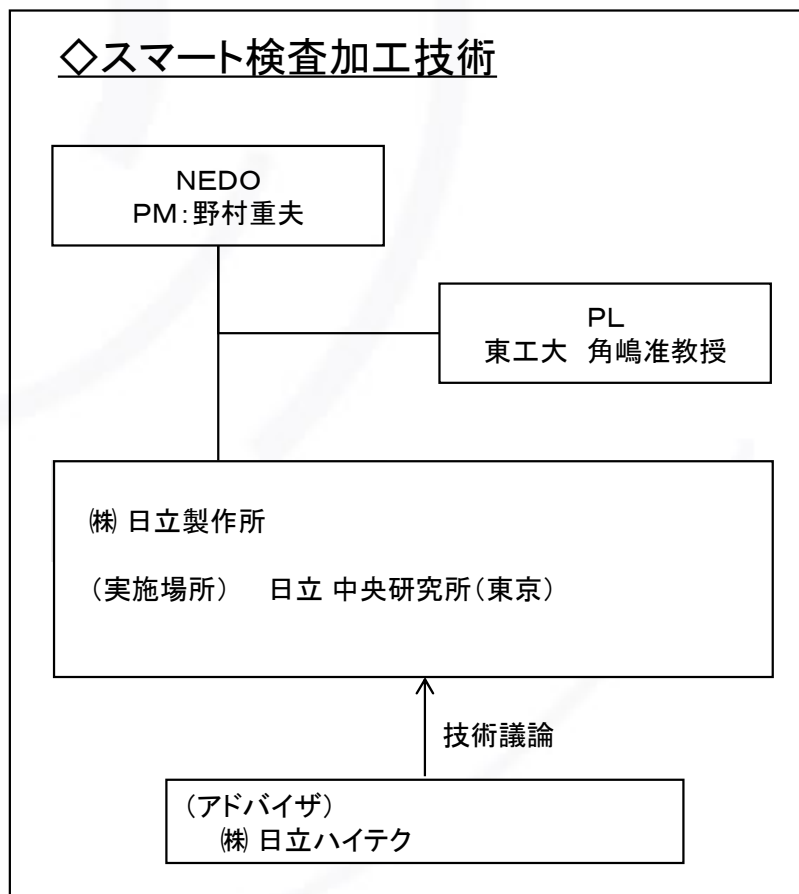
## ◇ 3Dインテグレーション研究開発



## ◇ 高精度アライメント計測システム



# 実施体制（実施者間での連携）

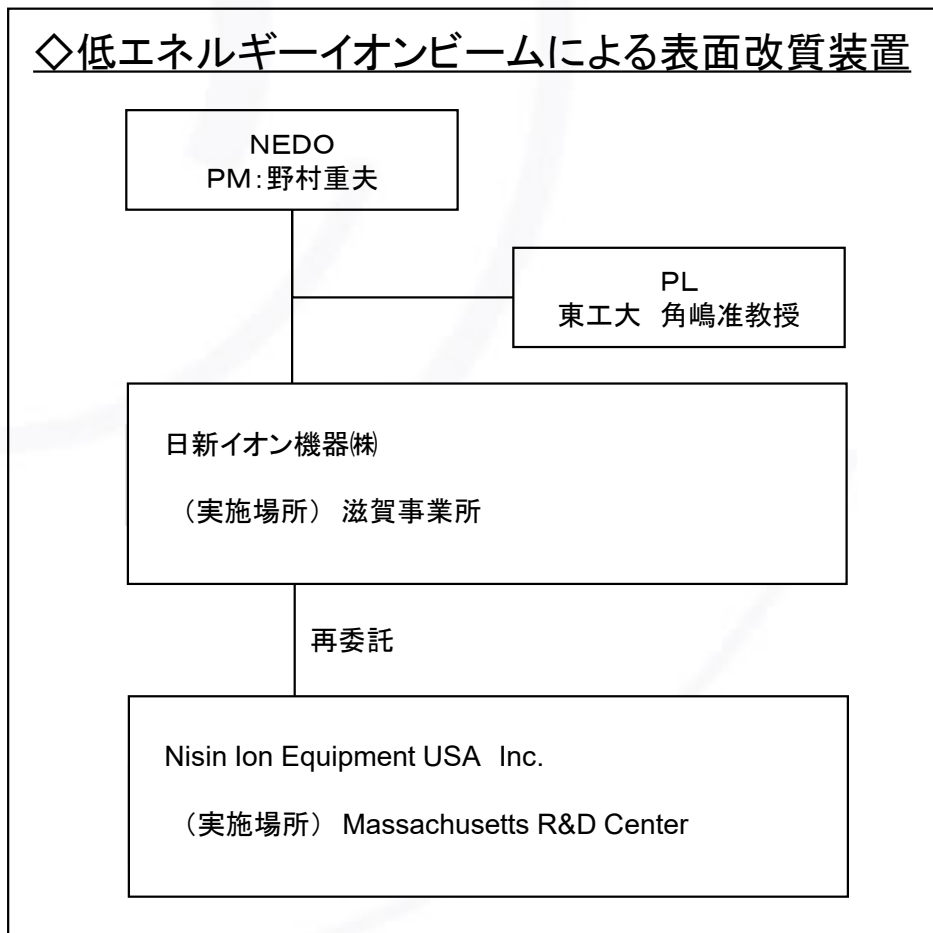


技術議論	
開催頻度	1回/3ヶ月
目的・ 討議内容	事業部の顧客デモに合わせて、自動化機能のヒアリングと将来計画議論を実施



# 実施体制（実施者間での連携）

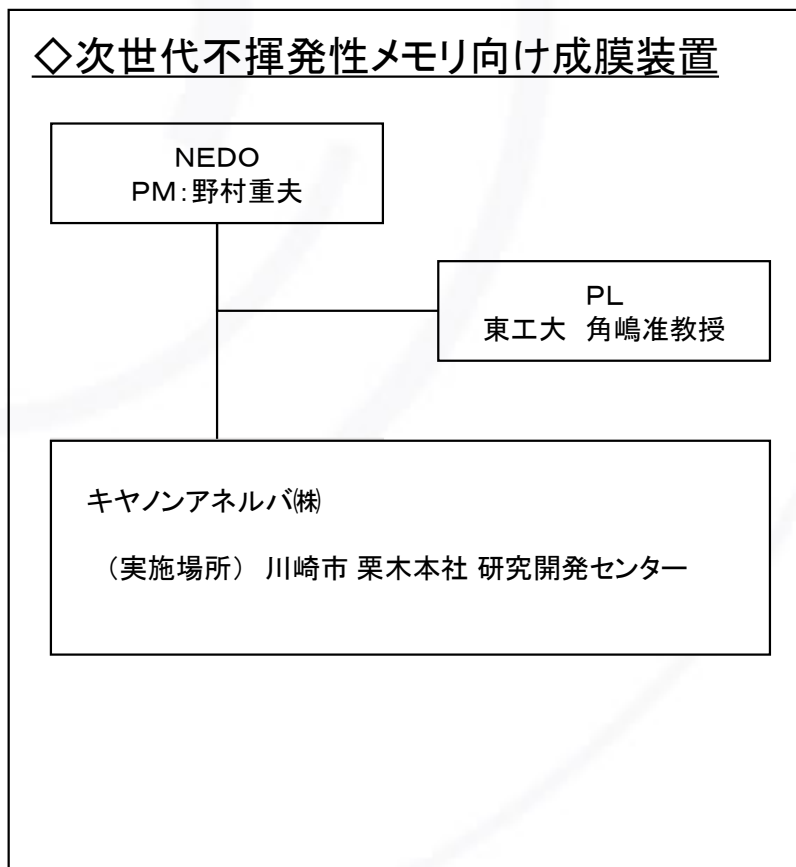
## ◇低エネルギーイオンビームによる表面改質装置



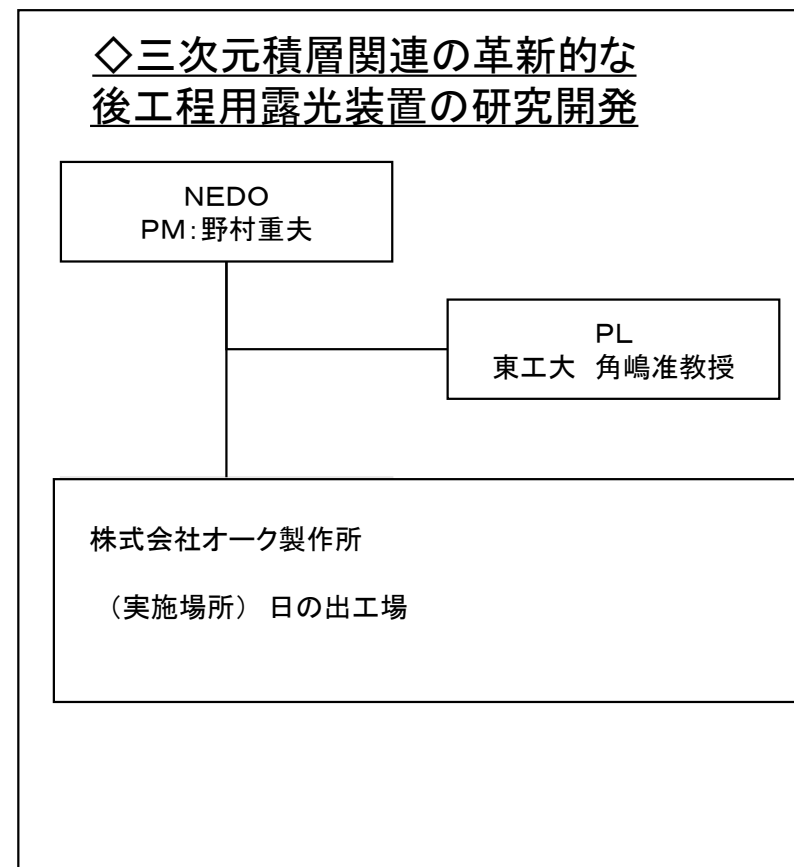
Web会議	
開催頻度	1回/1~2か月
目的・討議内容	研究開発進捗・技術課題・スケジュール・トラブル内容の共有と議論、装置レイアウト・仕様・移設等に関する議論
NIUSA訪問	
開催頻度	適宜
目的・討議内容	研究開発進捗の現地視察、装置開発進捗・課題・スケジュールの共有と議論、装置のオペレーショントレーニングと不具合対応

# 実施体制

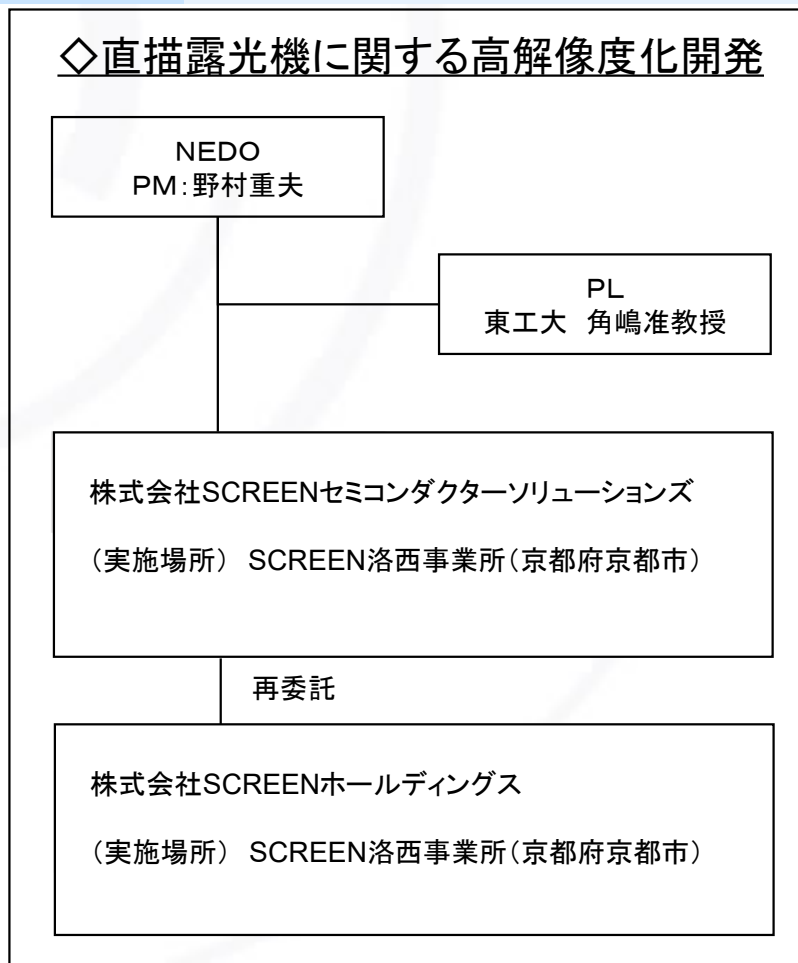
## ◇次世代不揮発性メモリ向け成膜装置



## ◇三次元積層関連の革新的な 後工程用露光装置の研究開発



# 実施体制（実施者間での連携）



定例会議	
開催頻度	1回/週
目的・討議内容	研究開発進捗・技術課題・仕様・スケジュール等の共有と議論

# 個別事業の採択プロセス



## 【採択プロセス】

- ✓ 採択審査委員会：公募（2021年5月7日）、再公募（2021年8月24日）、追加公募（2022年6月10日）
- ✓ 採択審査項目：NEDOの標準的採択審査項目に加え、加点項目として、
  - ①中堅・中小・ベンチャー企業が直接委託先であり、かつ、研究開発遂行や実用化・事業化にあたっての重要な役割を担っている
  - ②ワーク・ライフ・バランス等推進企業に関する認定等の状況
  - ③若手研究者（40歳以下）や女性研究者が研究開発責任者もしくは主要研究者として登録され、当該研究者の実績や将来性等を加味した提案 を追加
- ✓ 採択条件：採択審査委員会では、予算の絞り込み・実施計画の見直し・ユーザーニーズの把握を条件に採択が行われた。
- ✓ 研究の健全性・公平性の確保に係る取組：公募の際にその他の研究費の応募・受入状況を確認し、不合理な重複及び過度の集中がないか確認

# 予算及び受益者負担

## ◆ 予算

(単位：百万円)

研究開発項目		2021年度	2022年度	2023年度	合計
①新世代パワー半導体 ①-1 酸化ガリウムパワー半導体の開発	委託 100%	400	200	180	780
① 新世代パワー半導体 ①-2 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発	委託 100%	487	550	448	1,485
② 半導体製造装置の高度化に向けた技術開発	委託 100%	1,007	2,062	1,888	4,957
合計		1,894	2,813	2,516	7,222

## ◆ 委託事業の理由

我が国の基幹産業にとって重要性が増していく（パワー）半導体を国内で安定的に供給していく必要がある



- ・国内半導体産業の技術水準向上
- ・安定したサプライチェーン構築
- ・経済安全保障上の懸念



**本分野の国際競争力を維持するため、国家的な強化施策が必要**



**本分野の革新的な技術開発を政府主導で実施するため委託事業で推進**

# 研究開発スケジュール/目標達成に必要な要素技術

			2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	ゴール			
①新世代 パワー 半導体	酸化 ガリ	FLOSFIA	高品質n-層、接合構造開発		SBD/モジュール 試作評価			最終 目標	・ α GAO-SBD/パワー モジュール実用化実証		
	大口径Si	九大、東芝D&S、 東大	300mmパワーMOSFET、SbドープIGBT等			300mmSbドープIGBT、 インテリジェント・デジタルゲート・モジュール等		中間 目標	最終 目標	・ 自己制御機能パワー 半導体開発、実用化実証	
②半導体製造装置	日立製作所		品質指標 抽出等	条件最適化	ソフト実証、 加工検証			最終 目標	要素技術確立 ・ 装置の試作評価 ・ 実用化実証		
	日新イオン機器		ビーム電流増大化、 イオン源開発		試作機検証			最終 目標			
	ニコン		新光学系、ワイドバンド光源開発				システム実証	中間 目標		最終 目標	
	キャノン アネルバ		<b>&lt;ユーザーニーズの顕在化で新材料追加&gt;</b>				In-situSC	平行平板SC他		中間 目標	最終 目標
	東京 エレクトロン		高精度重ね合せ接合技術開発 (ステージ、温調、画像制御)	中間 目標	前倒し達成	中間 目標	ウェハ反り対応			最終 目標	
	オーク製作所				ダイレクト露光装置の 実験機開発	中間 目標	ダイレクト露光装置の プロト機開発			最終 目標	
	SCREENセミ コンダクター ソリューションズ				要素技術開発 高解像度光学系開発 長尺高精度ステージ開発	中間 目標	高解像度直描露光機の開発			最終 目標	

# 進捗管理

- 定期的にヒアリング・技術推進委員会による外部有識者レビュー・PLサイトビジットを実施

2021年度					2022年度												2023年度																
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		
事業開始	キックオフ(初回公募分)	加速資金投入① 3次元積層	／加速資金投入② 大口径Si	事業開始(再公募) ／大口径Si全体会議①				大口径Si全体会議②	PLサイトビジット①(関西地区)	第2回技術推進委員会		PLサイトビジット②③(関東/九州地区)	キックオフ(追加公募分)	／大口径Si全体会議③	PLサイトビジット④(関東地区)	／加速資金投入③ 大口径Si	第3回技術推進委員会	／計画変更① 3次元積層 ／計画変更② 成膜装置	加速資金投入④ 露光装置	加速資金投入⑤ 改質装置		大口径Si全体会議④	中間評価	第4回技術推進委員会(予定)			PLサイトビジット⑥(予定)	PLサイトビジット⑦(予定)	／大口径Si全体会議⑤	第5回技術推進委員会(予定)			

- ✓ 実施者から定期的なヒアリングを実施
- ✓ 外部有識者からなる**技術推進委員会を定期的**に開催し、**プロジェクト運営に反映**
- ✓ **PLと共にサイトビジットを実施**し、**研究方向性を個別にフォローアップ**

- 研究開発進捗状況の確認、● ベンチマークの検討、
- 加速資金投入の検討、● 実用化見込みの検討、
- 知財戦略の検討

## 進捗管理：動向・情勢変化への対応

### ➤ 国内外での動向・情勢把握の実施

- ◆ **最新の研究動向の把握のため**、実施者とのコミュニケーションだけでなく、NEDO自らが国内外の学会・シンポジウム・展示会などに毎年度複数回参加。
- ◆ **最新の市場動向も把握のため**、市場調査レポートを購入し毎年度の定点観測を行うだけでなく、2022年度には外部機関を活用した調査を実施。

(活動の一例)



2022年度に先端半導体パッケージに関する調査事業を実施



APEC2023に参加 @米国・フロリダ

### ➤ 適時、適切な計画変更

必要に応じて、**柔軟に適切な計画変更を行い**、研究開発を推進

- ◆ 研究計画の前倒し、目標見直し、新たな研究開発項目の追加等、計画見直しを実施
- ◆ 一部のテーマについては、開発期間を短縮して成果を前倒し、早期に実用化

### ➤ 機動的な加速資金の投入

状況の変化・開発の進捗などに対し、必要な**加速資金を適切に投入**し研究開発を加速



# 進捗管理：動向・情勢変化への対応

## ● 事業開始からこれまでに動向・情勢変化による複数の**計画見直しを実施**（以下に代表例を記載）

### ① **技術動向変化への対応**のための追加公募を実施

半導体スケーリングの微細化ではコスト及び性能には限界がきており、三次元積層関連装置等の革新的技術の要求が高まっているため、**後工程における露光装置に関する追加公募を実施し、研究テーマを補充**した。

- ・テーマ／代表事業者：三次元積層関連の革新的な後工程用露光装置の研究開発／（株）オーク製作所
- ・テーマ／代表事業者：直描露光機に関する高解像度化開発／（株）SCREENセミコンダクターソリューションズ

### ② **市場ニーズ変化への対応**のための計画変更

ウェハーボンダー装置市場で大きな割合を占める**NAND市場において**、当初は想定していなかった、ウェハ反りに対して一定量の重ね合わせ精度を実現できる装置の必要性があがったため、**市場獲得に向け研究開発計画の見直し**を実施。

- ・テーマ／代表事業者：3Dインテグレーション研究開発／東京エレクトロン（株）

### ③ **実用化確度を高める**ための計画変更

当初、成膜チャンバー毎に設定した複数のターゲット材料に対して、**最新の顧客ニーズを基に優先度を付け**、開発リソースの集中・強化するために研究開発計画の見直しを実施。

また、不揮発メモリ成膜のターゲット材料に**実用化実現性の高い新材料の追加**を実施。

- ・テーマ／代表事業者：次世代不揮発性メモリ向け成膜装置の開発／キヤノンアネルバ（株）

# 進捗管理：開発促進財源投入実績

**目標達成確度の向上、開発期間の短縮・実用化時期の前倒し**などを目的として加速資金の投入を実施

N O	件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果・効果
①	3Dインテグレーション研究開発	2021年度	<b>14</b>	中間目標を前倒し達成する。	<b>中間目標の1年前倒し</b> を実施し、 <b>実用化の確度を向上</b> させる。
②	大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発	2021年度	<b>49</b>	評価装置並びにシミュレーションモデルの追加購入で開発前倒しを図る	開発評価期間の <b>3ヶ月短縮</b> と最終 <b>目標達成の確度の向上</b> を達成する。
③	大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発	2022年度	<b>50</b>	デバイス試作装置などの追加購入で研究過程で判明した課題の解決を図る	研究過程で判明した課題の解決を図ることで最終 <b>目標達成の確度を向上</b> させる。
④	高精度アライメント計測システムの研究開発	2022年度	<b>42</b>	新アライメントマークを使ったアライメント計測手段の研究開発	微細化されたマークピッチやアライメントマークのずれの高感度計測が可能となり、最終 <b>目標達成の確度を向上</b> させる。
⑤	低エネルギー大電流イオンビームによる表面改質装置の開発	2022年度	<b>69</b>	2023年度納入予定の長納期機材を2022年度に前倒し納入	長納期機材の納期遅れによる開発 <b>計画遅れのリスクを軽減</b> する。
		<b>&lt;計&gt;</b>	<b>224</b>		

## 概要

		最終更新日	2023年5月18日
プロジェクト名/METI 予算要求名称	省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業	プロジェクト番号	P21009
担当推進部/ PMまたは担当者 及び METI 担当課	IoT 推進部/ 主査 (PM) 野村 重夫 (2020年8月~20**年**月) 主任 功刀 基 (2021年5月~2023年4月) 主査 池田 光 (2020年8月~2021年8月) 主査 高橋 晋 (2020年8月~2021年8月) 専門調査員 須田 敬偉 (2020年11月~20**年**月) 主査 竹崎 宏 (2021年2月~2022年6月) 主査 林 新之助 (2022年6月~20**年**月) 専門調査員 高島 晃 (2021年4月~20**年**月) 専門調査員 小早川 正之 (2021年4月~2021年8月) 専門調査員 早崎 力 (2021年5月~2021年8月) 専門調査員 北林 真二 (2021年5月~2021年8月) 専門調査員 竹間 智 (2023年4月~20**年**月) 経済産業省 商務情報政策局 情報産業課		
0. 事業の概要	<p>産業のIoT化や電動化が進展し、それら機器の更なる省エネルギー化の重要性が高まる中、省エネルギー化の鍵になるエレクトロニクス技術（以下、「省エネエレクトロニクス技術」）に対して注目が集まっていた。上記技術の代表例としては、電子機器に搭載されて電力の制御を担うパワー半導体や、あらゆる半導体の製造で不可欠な半導体製造装置が挙げられ、これら製品は日本企業が競争力を保有してきた。しかしながら、パワー半導体においては、海外企業が市場シェアを拡大し、技術が先行する一方、日本企業の技術開発が遅れている。さらに、半導体製造装置では、主要顧客が海外へシフトしたため、顧客とのコミュニケーション・共同開発に障壁が生じ、日本企業のシェアも低下した。このような状況は、エレクトロニクス分野において我が国の強みが失われ、他国への依存度上昇とともに、経済安全保障上の問題に繋がる可能性もある。</p> <p>本事業では、製品の性能向上による飛躍的な省エネルギー化及び低炭素社会の実現に加えて、我が国が強みを持ち、省エネルギー化の鍵となる製品について、安定的な供給を可能とするサプライチェーンを確保し、省エネエレクトロニクス製品の製造基盤を強化することを目指した。</p>		
1. 事業のアウトカム（社会実装）達成までの道筋			
1.1 本事業の位置付け・意義	<p>パワー半導体においては、海外企業が M&amp;A で市場シェアを拡大し、ウェハ口径 300mm のシリコンパワー半導体が量産開始している一方、日本企業は未だ量産に着手出来ていなかった。また、最先端の半導体製造装置が無くとも製造可能なパワー半導体に対して各国が注目し、産業のIoT化や電動化を牽引する市場としてパワー半導体の開発の強化を進め、半導体受託製造企業（ファウンドリ）によるパワー半導体の生産量が急速に拡大していた。さらに、半導体製造装置においては、数量が出るメモリ半導体やロジック半導体を製造する半導体企業が日本にほとんどいなくなり、半導体製造装置メーカーの主要顧客が海外の半導体企業へと大きく変化し、顧客とのコミュニケーション・共同開発に障壁が生じ、結果的に日本企業のシェアも低下した。</p> <p>このような状況が続けば、省エネルギー化の鍵となる前述の製品について、国内で安定的な供給を確保することが困難になる可能性が出てくる。また、データ社会を支えるエレクトロニクス分野において、我が国の強みが失われることにより、他国への依存度が上昇するとともに、経済安全保障上の問題に繋がる可能性もあり、これらの課題に対して NEDO が積極的な取組を行うことは、省エネルギー化や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。</p>		

1.2 アウトカム達成の道筋	プロジェクト終了後、2年以内を目処に実用化、5年以内を目処に事業化を目指す。 なお、確立した要素技術は、製品を試作して顧客評価を実施すること、要素技術の先行量産投入を進めるなど、部分的な実用化・事業化も積極的に推進する。
1.3 知的財産・標準化戦略	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 特許に関しては国際的視野に立って戦略的に主導権を取るべく、積極的に国内・海外ともに出願することを基本とする。</li> <li>● ただし、以下の場合、数々の成果技術について公開されることによるデメリットの方が大きいと判断し、戦略的に特許取得を見送り、ノウハウとして秘匿する場合がある。 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 既に強力な基本特許を出願済みの技術領域</li> <li>✓ 事業開始前に重要要素技術に関する強力な特許網構築済みの技術領域</li> <li>✓ 製品を分解しても解明不能な技術に関する技術領域（材料・プロセス等）</li> <li>✓ 半導体製造装置のコアパーツ</li> </ul> </li> <li>■ 互換性確保のため、各種デバイスやモジュールのインターフェース仕様について標準化を推進する。</li> </ul>
2. 目標及び達成状況	
2.1 アウトカム目標及び達成見込み	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2030年までに本事業で開発した技術の実用化率：30%以上（累計） 2027年度までに実用化達成見込み。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロトタイプを試作にて基本動作を確認済み。要素技術を一部実用化済み。</li> <li>・重ね合わせ精度向上、高精度アライメント計測、検査加工技術、低エネルギー大電流イオンビームによる表面改質、次世代不揮発性メモリ向け成膜、三次元積層関連の後工程用露光、直描露光機の高解像度化に関する技術開発が順調に進展。</li> </ul> </li> <li>■ 本事業を通じて開発した高性能の省エネエレクトロニクス製品によるCO<sub>2</sub>削減量：約1440万t/年 @2035年。 開発した技術を実用化・事業化することで達成見込み。</li> </ul>
2.2 アウトプット目標及び達成状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 研究開発目標①：新世代パワー半導体の開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>①-1「酸化ガリウムパワー半導体の開発」 <ul style="list-style-type: none"> <li>・特定用途向けSBDデバイス・モジュールの基盤技術を確立し、特定用途向けの酸化ガリウムパワー半導体の開発及びモジュールの試作・評価を行い、実用化可能であることを実証する。 2024年3月までに達成見込み。</li> <li>・SBD試作評価、酸化ガリウムチップ搭載モジュール試作中。</li> </ul> </li> <li>①-2「大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発」 <ul style="list-style-type: none"> <li>・大口径（300mm）シリコンパワー半導体に、自動最適化や故障予知など、極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体を開発する。 2024年3月までに達成見込み。</li> <li>・300mmシリコンパワー半導体およびパワー半導体自己制御機能の基盤技術を構築中。</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>■ 研究開発目標②：半導体製造装置の高度化に向けた技術開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>・特定用途向け半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立する。 2024年3月までに達成見込み。</li> <li>【スマート検査/スマート加工】 実デバイスでの単一パラメータの最適化の原理検証を完了、3種類の加工方式によるエッチング基礎特性データを取得完了</li> <li>【表面改質装置】 改造試作機の性能確認し、新試作機的设计へフィードバック</li> <li>【高精度アライメント計測】 新光学系を開発し、必要解像度の達成を確認 視認性を改善する長波長光源を開発し、評価完了</li> <li>【不揮発性メモリ成膜装置】 新成膜チャンバーを開発し、目標膜特性の達成を確認</li> </ul> </li> </ul>

	<p>【ウェハ貼り合わせ装置】 中間目標（ウェハ重ね合わせ精度）を1年前倒して達成</p> <p>【ダイレクト露光装置】 実験機における基本的動作デバックを完了</p> <p>【直描露光機の高解像度化】 光学系の設計完了、高精度ステージの処理基板開発完了</p> <p>■開発技術の実用化に向けた指標 事業期間中の特許出願：国内特許出願 16 件以上。（最終目標） 競争領域のオープン戦略に則り、積極的な出願と研究発表・情報誌掲載を推進。（現状 14 件）</p>
--	--

3. マネジメント

3.1 実施体制	経産省担当原課	商務情報政策局 情報産業課
	プロジェクトリーダー	東京工業大学 工学院 角嶋 邦之 准教授
	プロジェクトマネージャー	IoT 推進部 野村 重夫 主査
	委託先 (助成事業の場合「助成先」とするなど適宜変更) (組合が委託先に含まれる場合は、その参加企業数及び参加企業名も記載)	<p>研究開発項目① (5) 委託先：株式会社 FLOSFIA、国立大学法人九州大学（共同実施先：三菱電機株式会社、株式会社 SUMCO、再委託先：NPERC-J）、東芝データ&amp;ストレージ株式会社、国立大学法人東京大学</p> <p>研究開発項目② (9) 委託先：株式会社 日立製作所、日新イオン機器株式会社（再委託先：Nissin Ion Equipment USA）、株式会社 ニコン、キヤノンアネルバ株式会社、東京エレクトロン株式会社、株式会社 オーク製作所、株式会社 SCREEN セミコンダクターソリューションズ、再委託先：株式会社 SCREEN ホールディングス</p>

3.2 受益者負担の考え方  事業費推移 (会計・勘定別に NEDO が負担した実績額（評価実施年度については予算額）を記載) (単位:百万円) (委託)・(助成)・(共同研究)のうち使用しない行は削除	主な実施事項	2021fy	2022fy	2023fy	2024fy	2025fy	総額	
	①新世代パワー半導体の開発 ①-1 酸化ガリウムパワー半導体の開発	400	200	180				780
	①新世代パワー半導体の開発 ①-2 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発	487	550	448				1,485
	②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発	1,007	2,062	1,888				4,957
	成果取りまとめ							
	会計・勘定	2021fy	2022fy	2023fy	2024fy	2025fy		総額

	一般会計						
	特別会計 (電源・需給の別)	1,831	2,652	2,516			6,998
	開発成果促進財源	63	161				224
	総 NEDO 負担額	1,894	2,813	2,516			7,222
	(委託)	1,894	2,813	2,516			7,222
	(助成) : 助成率△/□						
	(共同研究) : 負担率△/□						
3.3 研究開発計画							
情勢変化への対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内外での動向・情勢把握の実施 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 最新の研究動向の把握のため、実施者とのコミュニケーションだけでなく、NEDO 自らが国内外の学会・シンポジウム・展示会などに毎年度複数回参加</li> <li>✓ 最新の市場動向も把握のため、市場調査レポートを購入し毎年度の定点観測を行うだけでなく、2022 年度には外部機関を活用した調査を実施</li> </ul> </li> <li>適時、適切な計画変更 <ul style="list-style-type: none"> <li>必要に応じて、柔軟に適切な計画変更を行い、研究開発を推進</li> <li>✓ 研究計画の前倒し、目標見直し、新たな研究開発項目の追加等、計画見直しを実施</li> <li>✓ 一部のテーマについては、開発期間を短縮して成果を前倒し、早期に実用化</li> </ul> </li> <li>機動的な加速資金の投入 <ul style="list-style-type: none"> <li>状況の変化・開発の進捗などに対し、必要な加速資金を適切に投入し研究開発を加速</li> </ul> </li> </ul>						
中間評価結果への対応	中間評価未実施のため						
評価に関する事項	事前評価	2020 年度実施 担当：経済産業省 商務情報政策局 情報産業課					
	中間評価	2023 年度 中間評価実施					
	終了時評価	2026 年度 終了時評価実施予定					
別添							
投稿論文	「査読付き」7 件、「その他」10 件						
特許	「出願済」20 件、「登録」0 件、「実施」0 件（うち国際出願 6 件） <2023 年度未見込み「出願済」36 件（うち国際出願 8 件）>						
その他の外部発表 (プレス発表等)	「学会発表・講演」9 件、「新聞等への掲載」2 件						

基本計画に関する事項	作成時期	2021年2月 制定
	変更履歴	2022年2月 改訂 (PL名の記載、後工程における開発する技術範囲の明確化、誤植修正)