

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）マテリアルシンポジウム成果報告

大熊ダイヤモンドデバイスの技術成果と 人工ダイヤモンド半導体の産業展望

既存技術との定量的比較および次世代地政学リスクにおける戦略的優位性

既存半導体の限界と次世代エレクトロニクスへの要請

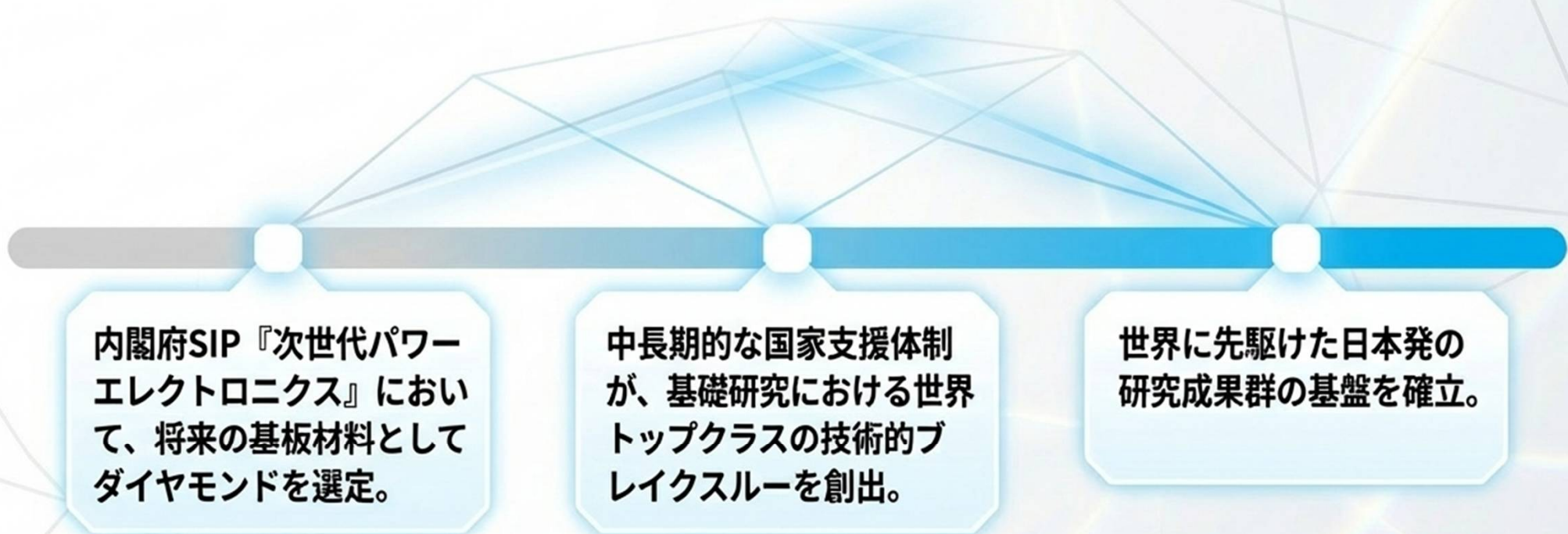
シリコン（Si）や既存の次世代材料（SiC、GaN）では物性面での物理的限界に直面。



情報通信の高度化（6G）、電気自動車（EV）の急速な普及、宇宙開発の拡大により、高温・高電圧・高放射線環境で動作するデバイスが不可欠。

極限環境での安定動作と、桁違いの省エネ性能を両立する究極の素材が急務。

日本の技術的優位性と国家プロジェクト（SIP）の役割

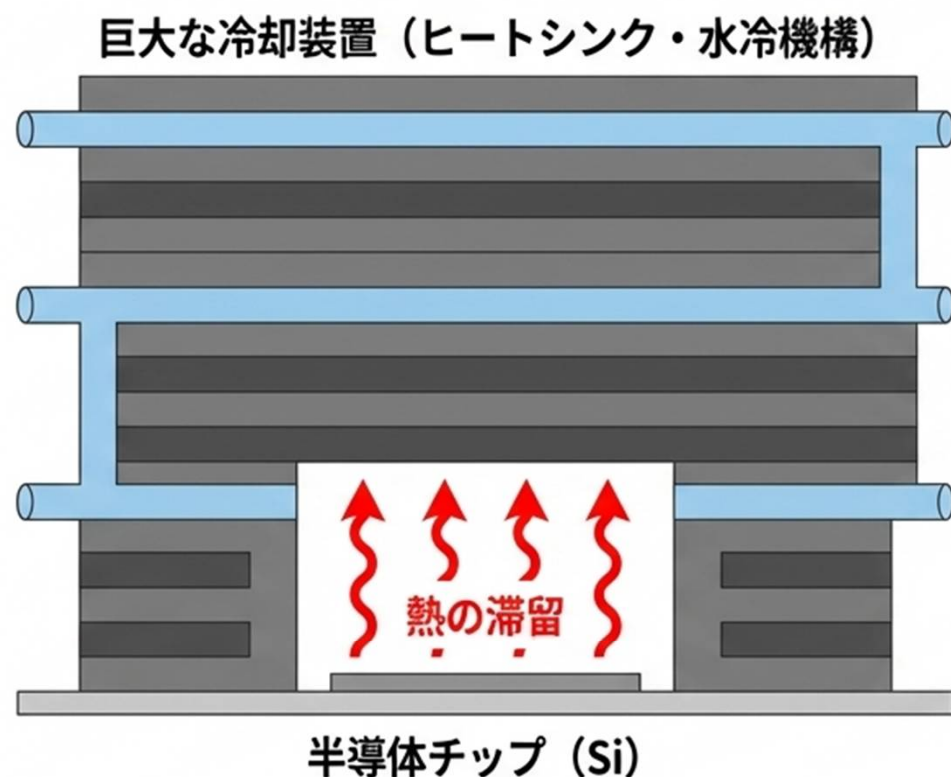


内閣府SIP『次世代パワーエレクトロニクス』において、将来の基板材料としてダイヤモンドを選定。

中長期的な国家支援体制が、基礎研究における世界トップクラスの技術的ブレイクスルーを創出。

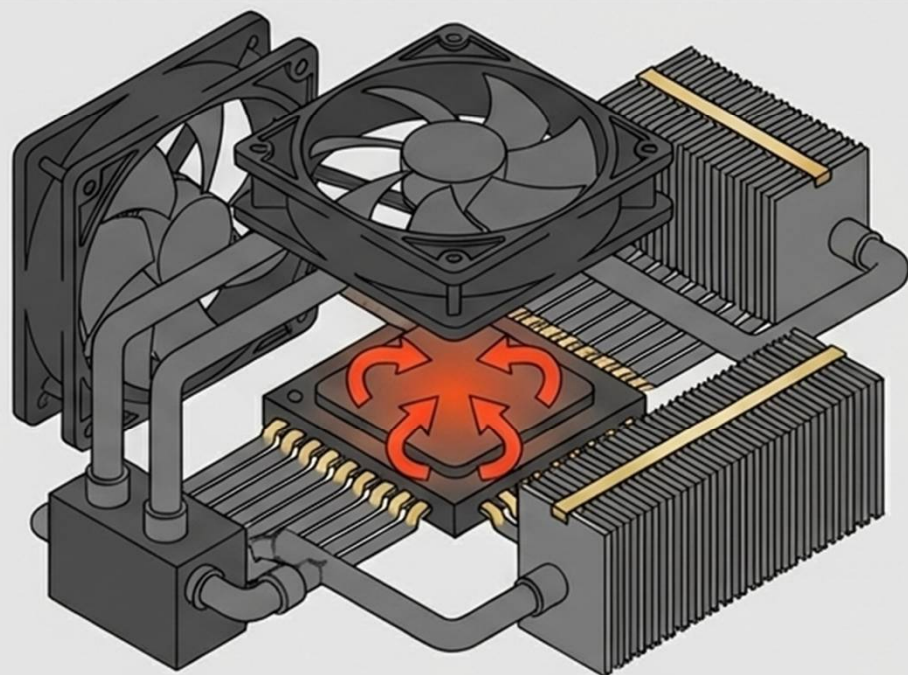
世界に先駆けた日本発の研究成果群の基盤を確立。

既存パワー半導体の限界と次世代への要請



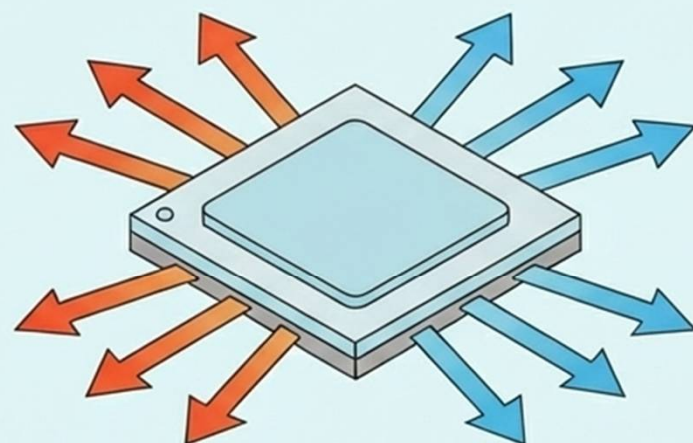
- ケイ素（Si）半導体の物理的限界到達（耐熱上限約180度）
- 炭化ケイ素（SiC）および窒化ガリウム（GaN）の台頭と用途の棲み分けの現状
- 電気自動車、データ通信拠点、航空宇宙領域におけるさらなる高効率化・小型化の要請
- 冷却機構の物理的分厚さによる電力変換効率の頭打ちとシステム全体の設計制約

従来の熱制御（シリコン・炭化ケイ素）



熱が内部に滞留。冷却のために
莫大な電力と物理的空間を浪費。

ダイヤモンドによる熱制御



熱伝導率17倍。発生した熱が瞬時に
外部へ放散され、冷却機構が極小化。

**結論：熱制御のパラダイムシフト。冷却システムの極小化が、
電気自動車の航続距離延長やデータセンターの省電力化を決定づける。**

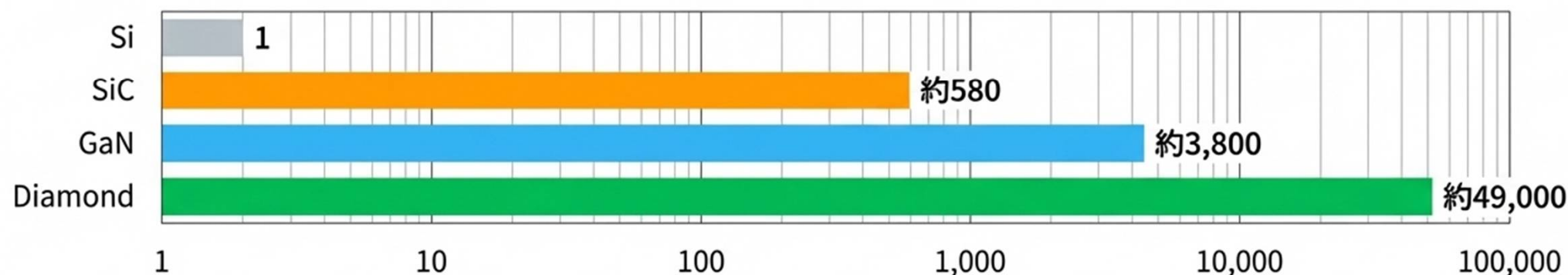
究極の半導体・ダイヤモンドの圧倒的物性

特性指標	ケイ素 (Si)	炭化ケイ素 (SiC)	窒化ガリウム (GaN)	ダイヤモンド
禁制帯幅 (電子ボルト)	1.1	約3.3	約3.4	5.5
絶縁破壊電界強度 (対Si比)	1倍	約9.3倍	約16.6倍	約33倍
熱伝導率 (対Si比)	1倍	約3.8倍	約1.2倍	約17倍 (2200 W/mK)
電子移動度 (対Si比)	1倍	約2.7倍	約4.4倍	約10倍

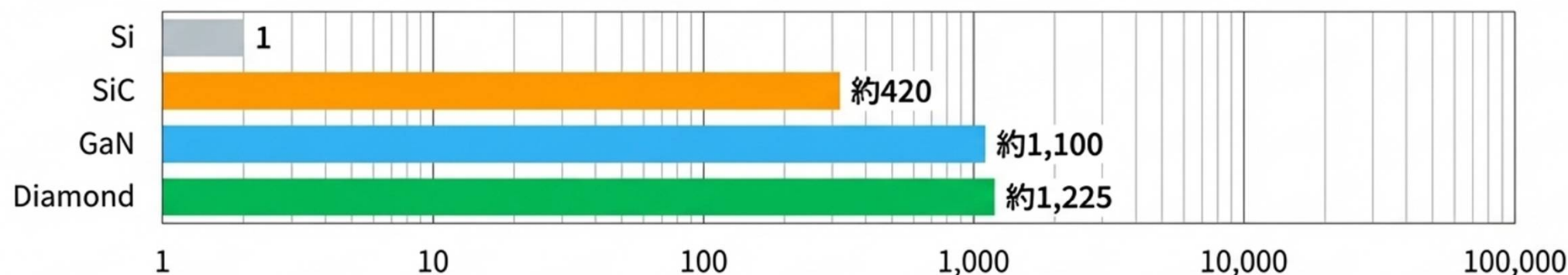
あらゆる物性指標において既存のワイドバンドギャップ半導体を凌駕する理論的頂点。

性能指数の定量的評価（対ケイ素比）

バリガ性能指数（電力制御能力・省エネ性能）



ジョンソン性能指数（高周波動作能力・耐電圧）



- バリガ性能指数に基づく、究極の電力損失最小化の証明
- 高電圧制御時における冷却機構の不要化・大幅な小型化の実現

大熊ダイヤモンドデバイスの挑戦と過酷環境への適用

北海道大学・産総研
スタートアップの使命

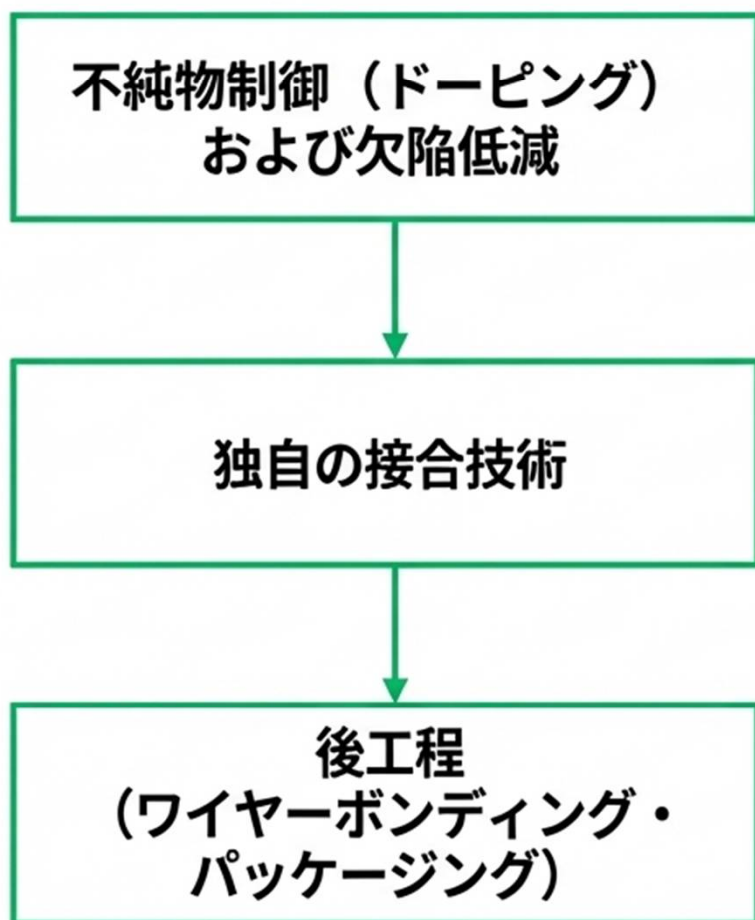
福島第一原発の廃炉作業
という『高放射線・高温』の
過酷環境に向けた専用
デバイスの開発。



中性子検出器や、世界初と
なる耐熱(300℃)アンプ回路
の長期間動作実証に成功。

究極の環境下で機能する
デバイスが、あらゆる産業
インフラの基準を
引き上げる。

大熊ダイヤモンドデバイスの中核技術と成果



- 北海道大学および産業技術総合研究所（産総研）の長年の知見の集大成による2022年創業
- 不純物制御と欠陥低減における独自の加工技術・接合技術の確立
- 極限環境下（耐熱300度、放射線耐性3メガグレイ）でのトランジスタ（FET）動作実証
- 世界初のダイヤモンド半導体を利用した信号増幅回路の開発成功
- ワイヤーボンディングおよびパッケージング等、社会実装に向けた後工程技術の確立

基礎研究から社会実装・量産化への歴史的転換

フェーズ1:
技術的ブレークスルーの確立
SIPや研究機関(産総研・
佐賀大学等)による基礎研究

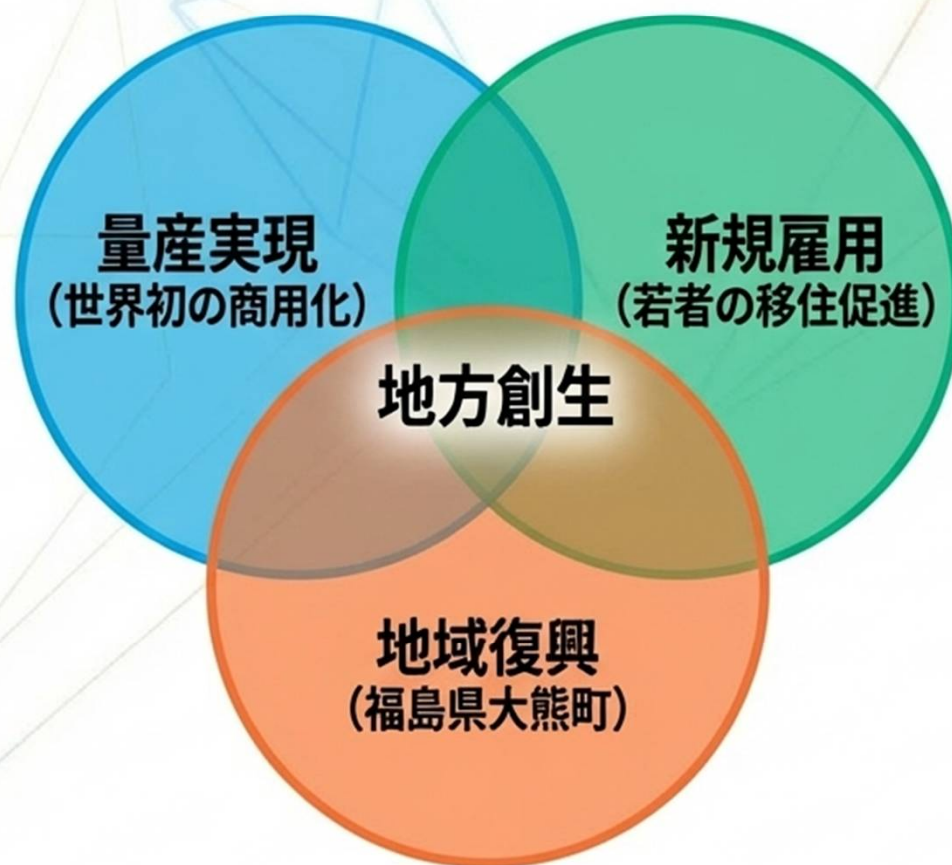
**大熊ダイヤモンド
デバイス
日米連携**

フェーズ2:
量産化・社会実装への移行
民間スタートアップによる
次世代産業化

基礎研究の『死の谷』を越え、次世代エレクトロニクスの道が開通。

世界初の量産工場建設と新産業による地域創生

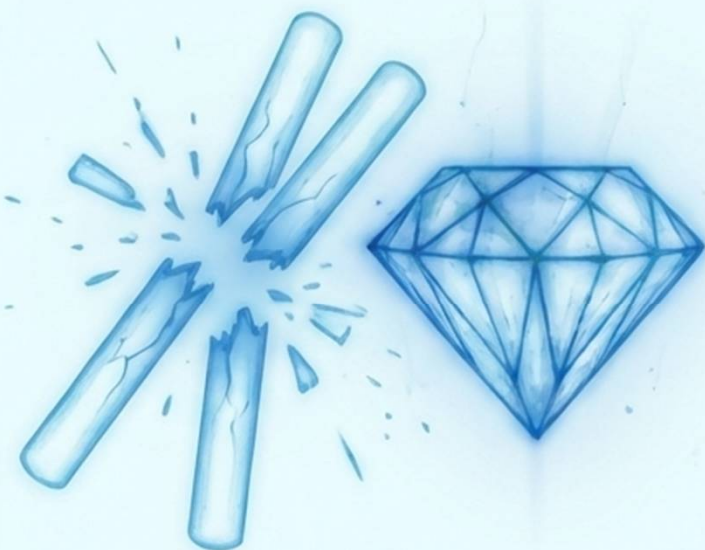
2026年稼働予定
大熊ダイヤモンドデバイス福島第1工場
ダイヤモンド半導体の量産化に向けた
世界初の商用製造施設



過酷環境への挑戦・福島第一原発廃炉への適用

環境の定義

300メガグレイの極高放射線、摂氏300度の高温環境。シリコン等既存半導体では瞬時に破壊される死の領域。

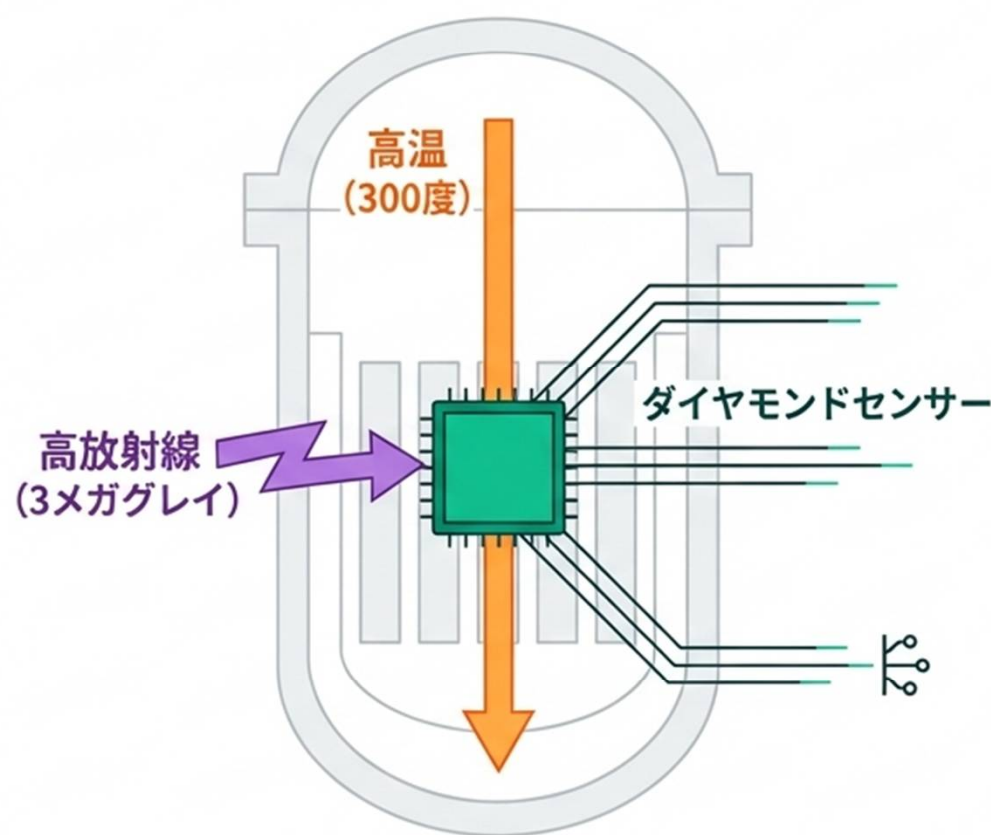


ダイヤモンドの真価

5.5電子ボルトの強固な原子結合(炭素単元素)により、高放射線下でも誤動作せず、センサーや電源制御電子素子として安定動作を実証。

結論：人類史上最も過酷な環境での実証実績が、他のあらゆる産業用途における「絶対的信頼性」の証明となる。

福島第一原発廃炉に向けた極限環境デバイスの実装



- 既存半導体では数時間で破壊される高放射線環境下での長期安定稼働の実現
- 廃炉作業における中性子線量計測用の『臨界近接監視モニタシステム』への応用
- 冷却水喪失等の過酷事故下でも生存可能な電子制御機構の確立
- 極限環境における確実な計測・制御インフラによる作業安全性の大幅な向上

極限環境技術から広がる応用領域のロードマップ



極限環境技術
(廃炉用途での環境耐性)



宇宙・防衛

耐放射線性能を活かした真空管の代替、衛星搭載中継器、レーダー。



次世代通信

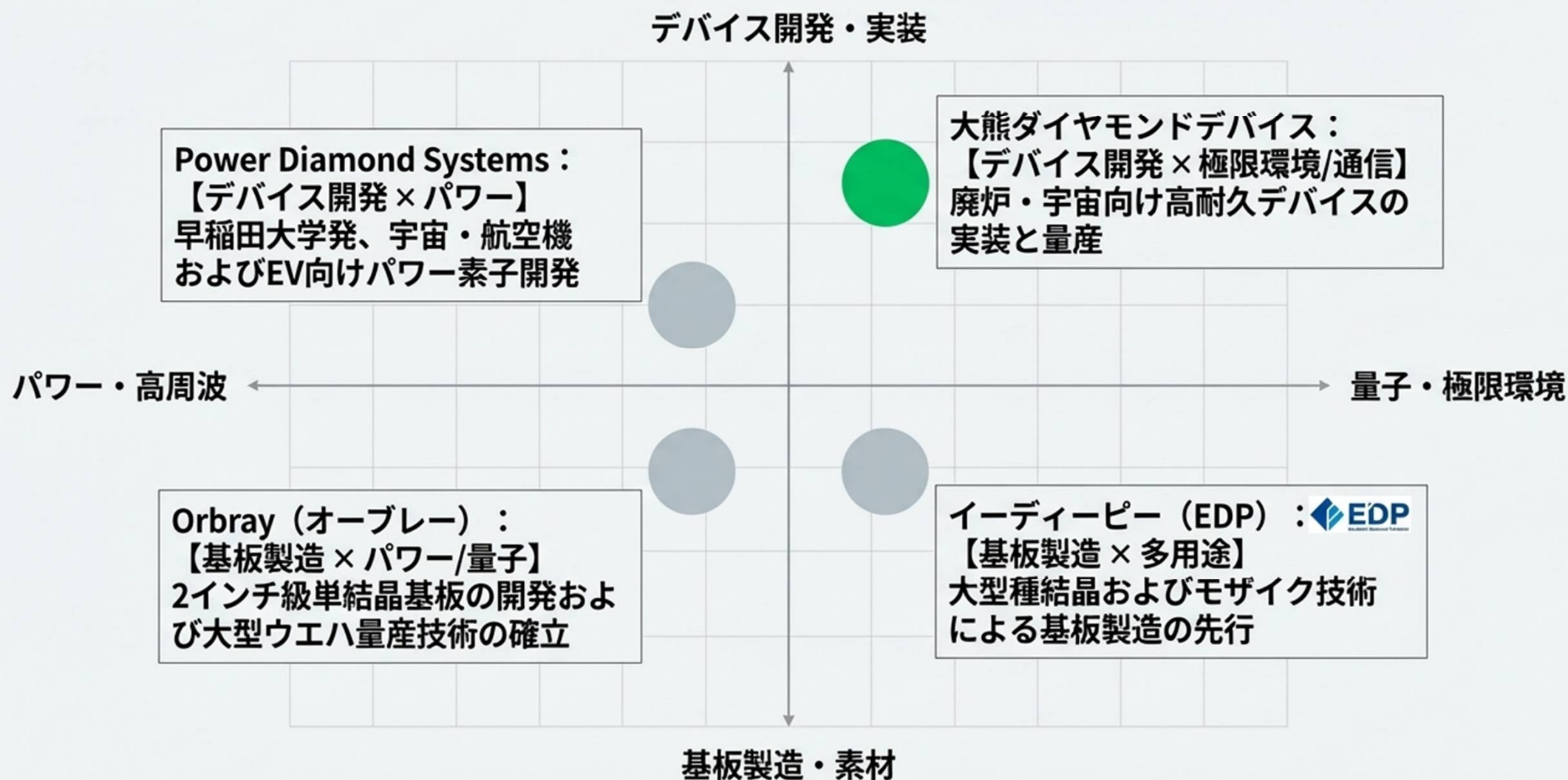
Beyond 5G/6G基地局向けの
高周波・高出力増幅デバイス。



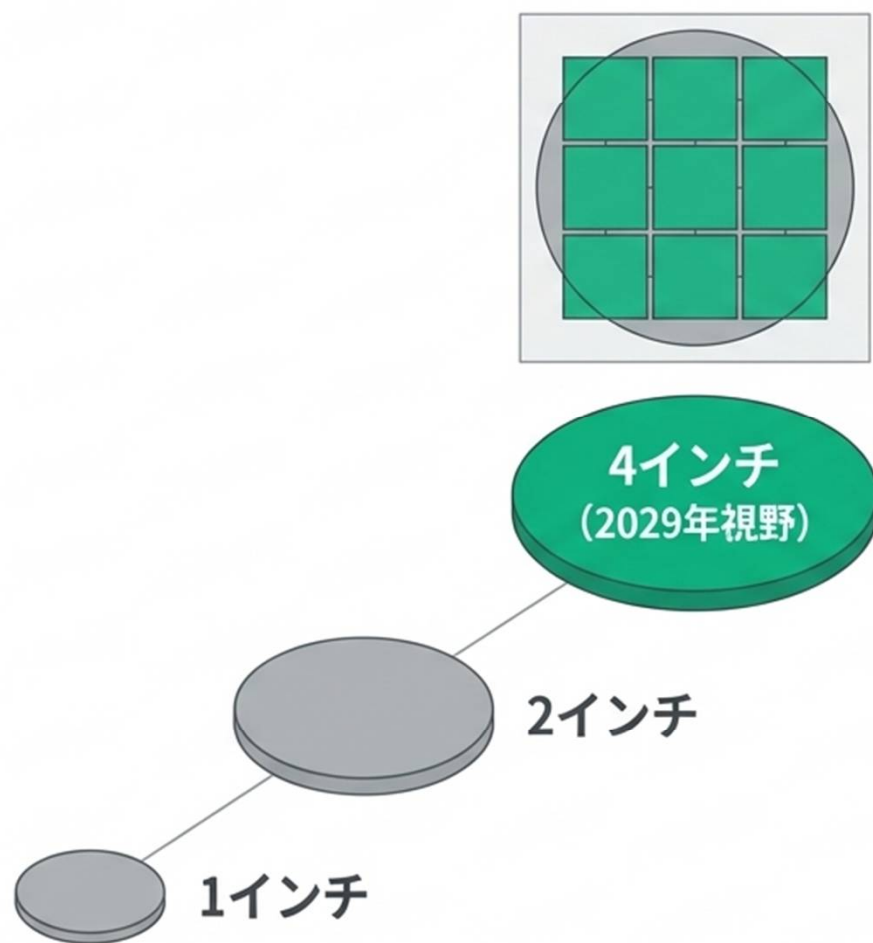
EV・次世代電力網

大電力制御による究極の省エネ
化と冷却機構の削減。

国内競合他社技術との客観的比較および役割分担



基板の大型化・量産化に向けた技術ロードマップ



- 単結晶製造技術の高度化と、面積拡大に伴う技術的障壁の突破
- イーディーピー等による複数結晶の接合（モザイクウエハ技術）を用いた4インチウエハの開発目標（2029年視野）
- 製造工程における歩留まり向上と量産効果による劇的なコスト低減の必要性
- 基板製造コストの低減が、ボリュームゾーン（EV 等）への社会実装速度を決定づける最大の要因

高市政権が志向する経済安全保障と国内製造拠点の確保



1. 半導体・人工知能産業基盤強化

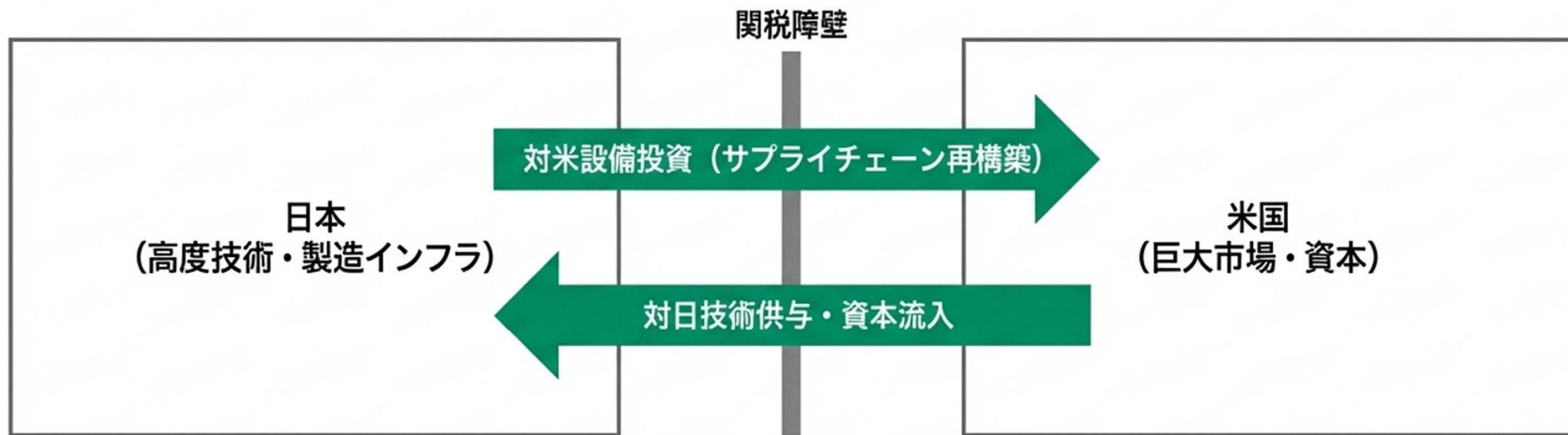
10年間で10兆円超の公的支援

2. グリーントランスフォーメーション（GX）投資

省エネパワー半導体への集中投資

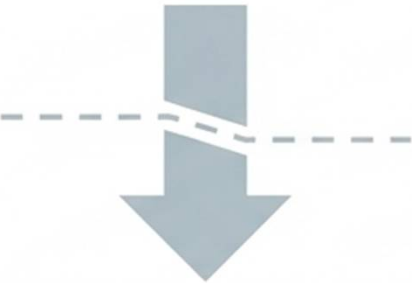
大熊工場の位置づけ：大熊ダイヤモンドデバイスの福島工場は、単なる一企業の拠点ではない。特定国からの輸入に依存せず、素材の合成から素子加工までを国内で完結させる「経済安全保障上の最重防衛線（チョークポイントの掌握）」である。

【付帯】 高市政権とトランプ関税下での日米ハイテク同盟



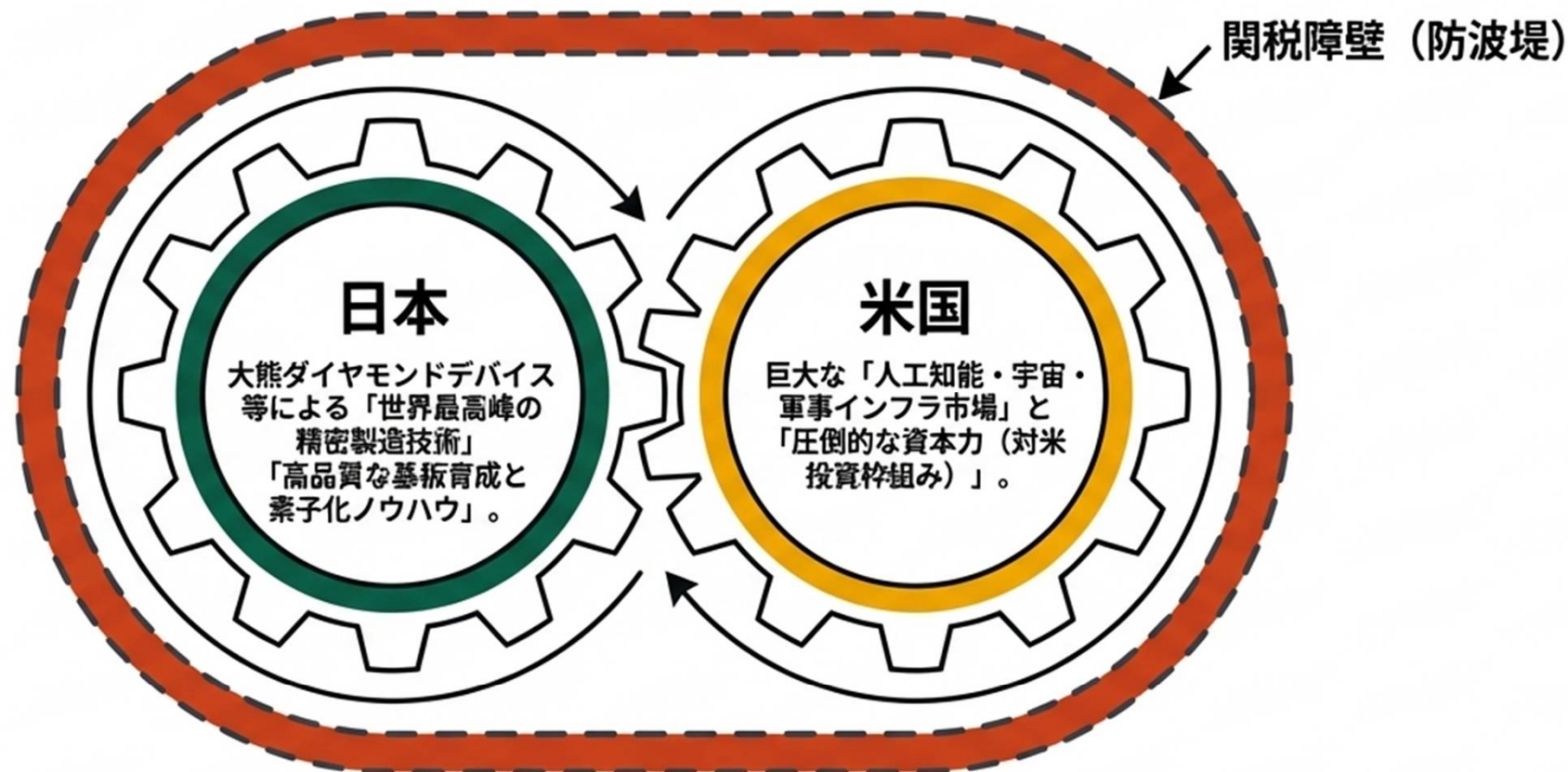
- 米トランプ政権における関税強化政策と、それに対応するための強靱なサプライチェーン再構築の要請
- 高市政権下での経済安全保障強化路線の完全な合致による、日米間の高度技術同盟の深化
- 両国合意に基づく人工ダイヤモンド設備投資の加速 (対米投資・対日技術供与の双方向性ルート確立)
- 中国等への技術流出防止 (厳格な輸出管理) と、戦略的ブロック経済圏における次世代覇権の確実な確保

【付帯】 戦略物資として的人工ダイヤモンドの価値

従来の鉱物資源依存（ケイ素等）	人工ダイヤモンド合成
 Imports dependent on specific resource-rich nations, vulnerable to geopolitics	 Synthesized entirely domestically from carbon gases, eliminating resource constraints

- 人工ダイヤモンドはメタンガス等の炭素源から国内合成が可能であり、特定鉱物資源国への依存を完全に排除
- 半導体サプライチェーンの主権確保における極めて重要な戦略物質としての位置づけ
- 宝飾向けLGD（Lab-Grown Diamond）市場の価格下落による、産業用・テクノロジー用グレードへの開発リソースおよび資金の劇的な移動
- 経済安全保障の観点からの国家プロジェクト（SIP等）による強力な後押しと国内一貫製造体制の構築

日米合意に基づく人工ダイヤモンド供給網の構築（クローズド・ループ）



戦略の帰結：関税障壁（トランプ関税）を逆手にとり、壁の内側（同盟国間）で自己完結する強固な供給網を形成。日本の技術優位性が、米国市場における交渉力と直結する。

