

ITイノベーションプログラム、エネルギーイノベーションプログラム 「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)」 (事後評価)

(2009年度～2012年度、4年間)
プロジェクトの概要(公開)

1. 研究開発成果
2. 実用化等の見通し

技術研究組合 次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構
プロジェクトリーダー 奥村 元
サブプロジェクトリーダー 清水 肇
2013年11月29日

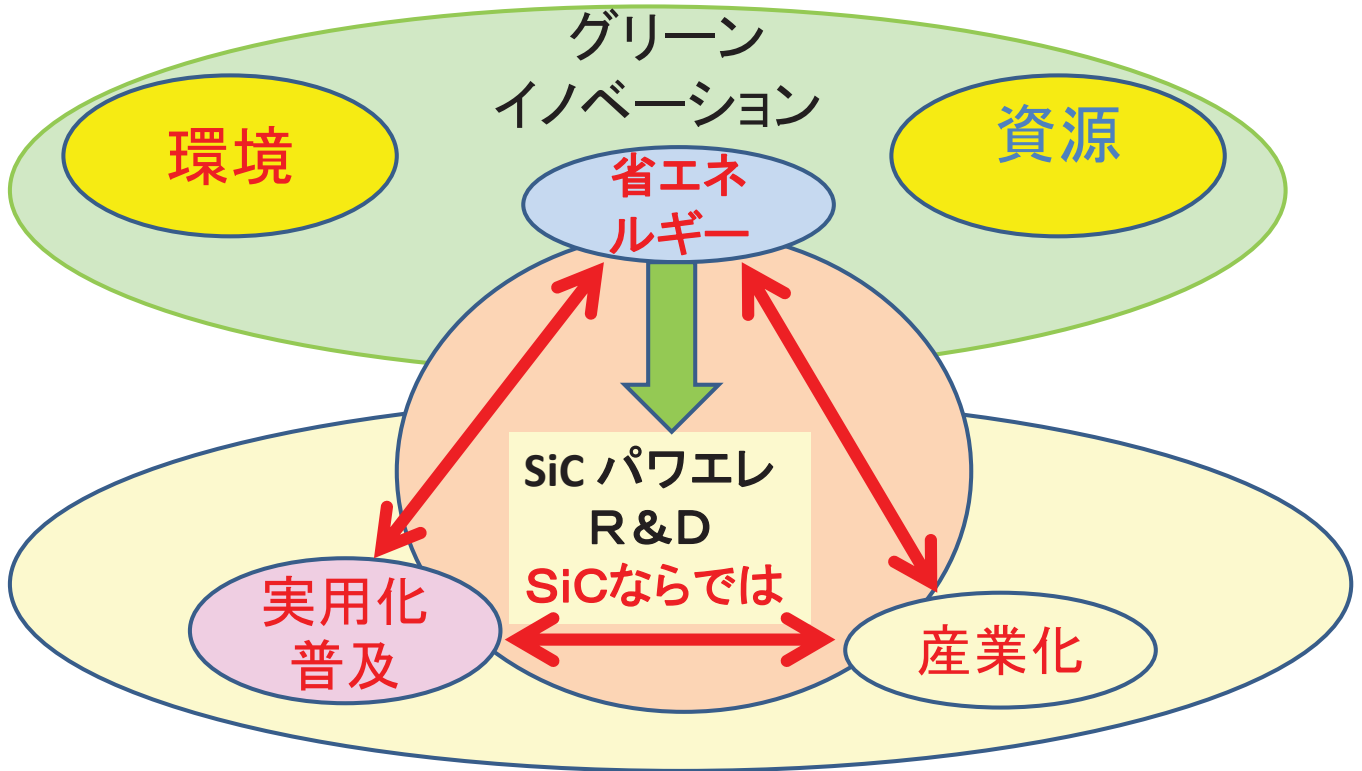
1/25

発表内容

公開

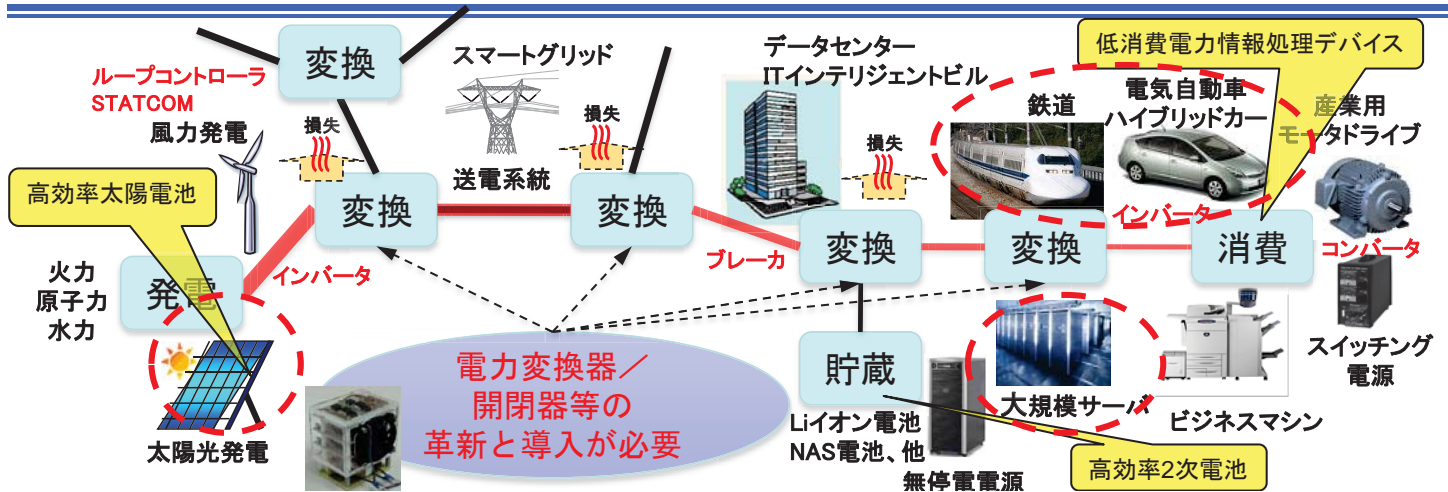
1. 技術開発成果概要
 - ・プロジェクトの背景
 - ・実用化・普及を目指して
 - ・プロジェクト実施体制
2. 各拠点の成果
 - ・第一研究センター(日立製作所)
SiCパワーデバイスを用いた
データセンタ用サーバ電源開発
 - ・第二研究センター(三菱電機)
SiCパワーデバイスを用いた
太陽光発電パワーコンディショナ開発
 - ・第三研究センター(FUPET)
次世代SiC電力変換器基盤技術開発
3. 知財権及び成果発表
4. 実用化、普及、市場に向けて

2/25

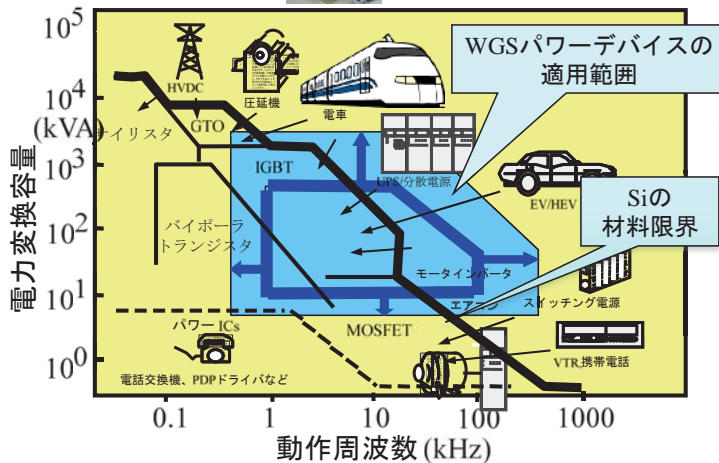


グローバルな省エネ

電力エネルギーの流れとパワーエレクトロニクス



電力変換器／開閉器等の革新と導入が必要



パワエレ技術の守備範囲は広範にわたる (電圧、電流、周波数、温度 etc.)

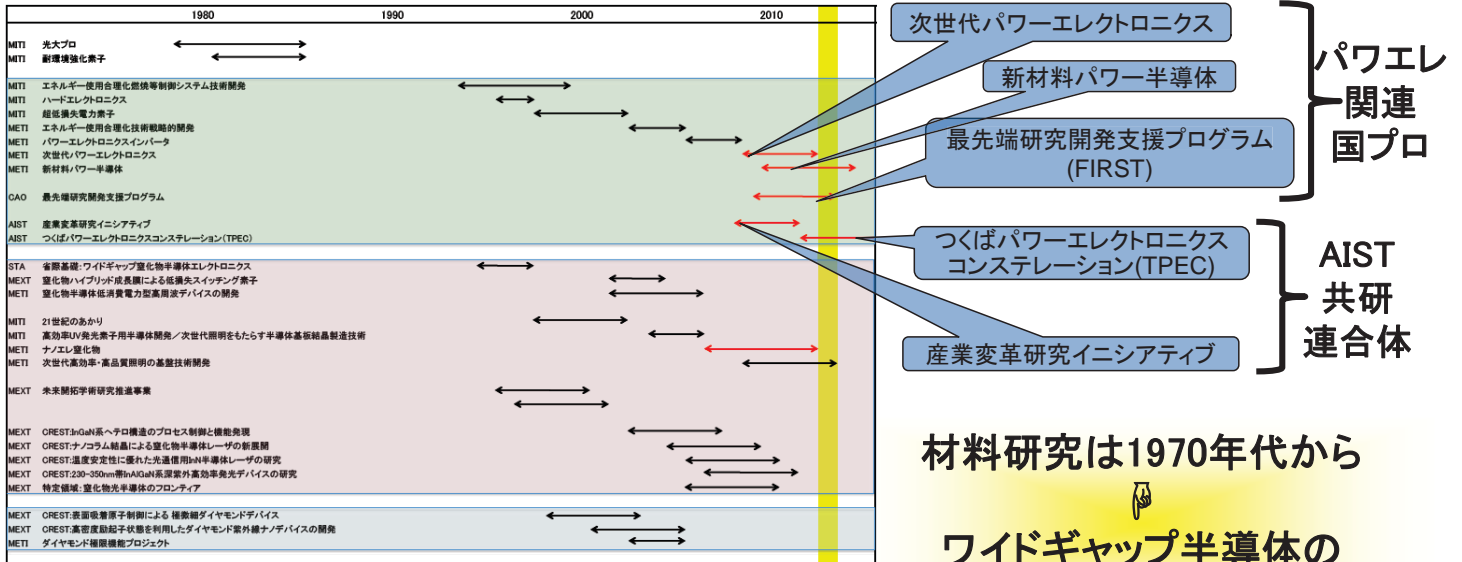
電力の変換／制御 (V, I, f, ϕ)

インバータ回路

- ・ パワーデバイス(トランジスタ、ダイオード)
- ・ ディスクリット受動素子との組み合わせ

ワイドギャップ半導体関連国プロ経緯

公開



材料研究は1970年代から

ワイドギャップ半導体の
パワエレ応用への関心の高まり

- ◆2008より、SiCパワエレ関連R&Dへの関心の高まり
 - 次世代パワエレ(グリーンIT)の立案
 - AIST新スキーム「産業変革研究イニシアティブ」
 - 研究開発新スキームの議論 ⇒ つくばイノベーションアリーナ(TIA)
- ◆2009
 - 次世代パワエレ(グリーンIT)開始
 - 最先端研究開発支援プログラム採択、年度末に開始。新材料パワー半導体の立案
- ◆2010
 - 新材料パワー半導体開始
- ◆2012
 - 産業変革研究イニシアティブ⇒TPEC、新材料パワー半導体Pro 実装新規サブテーマ

5/25

パワエレ関連技術開発の方向性

公開

機能：電力エネルギーの変換と制御

キーコンポーネント：スイッチ

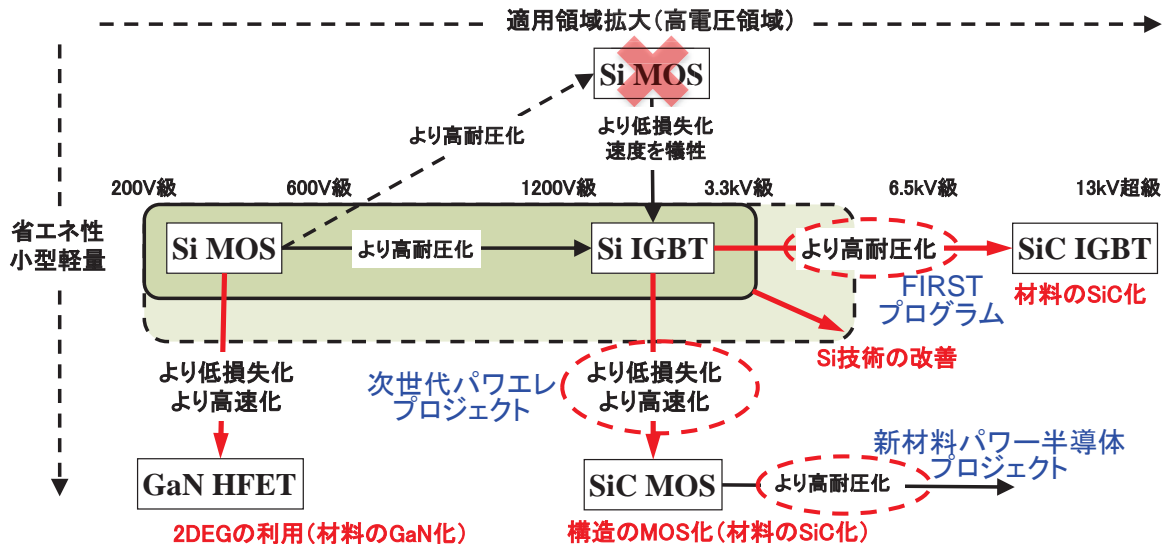
機械的スイッチ/水銀リレー ⇒ 真空管 ⇒ 半導体(Si ⇒ **新材料(SiC, GaN)**)
(高機能化、小型化、高信頼化)

現在の主流

将来

研究開発の方向

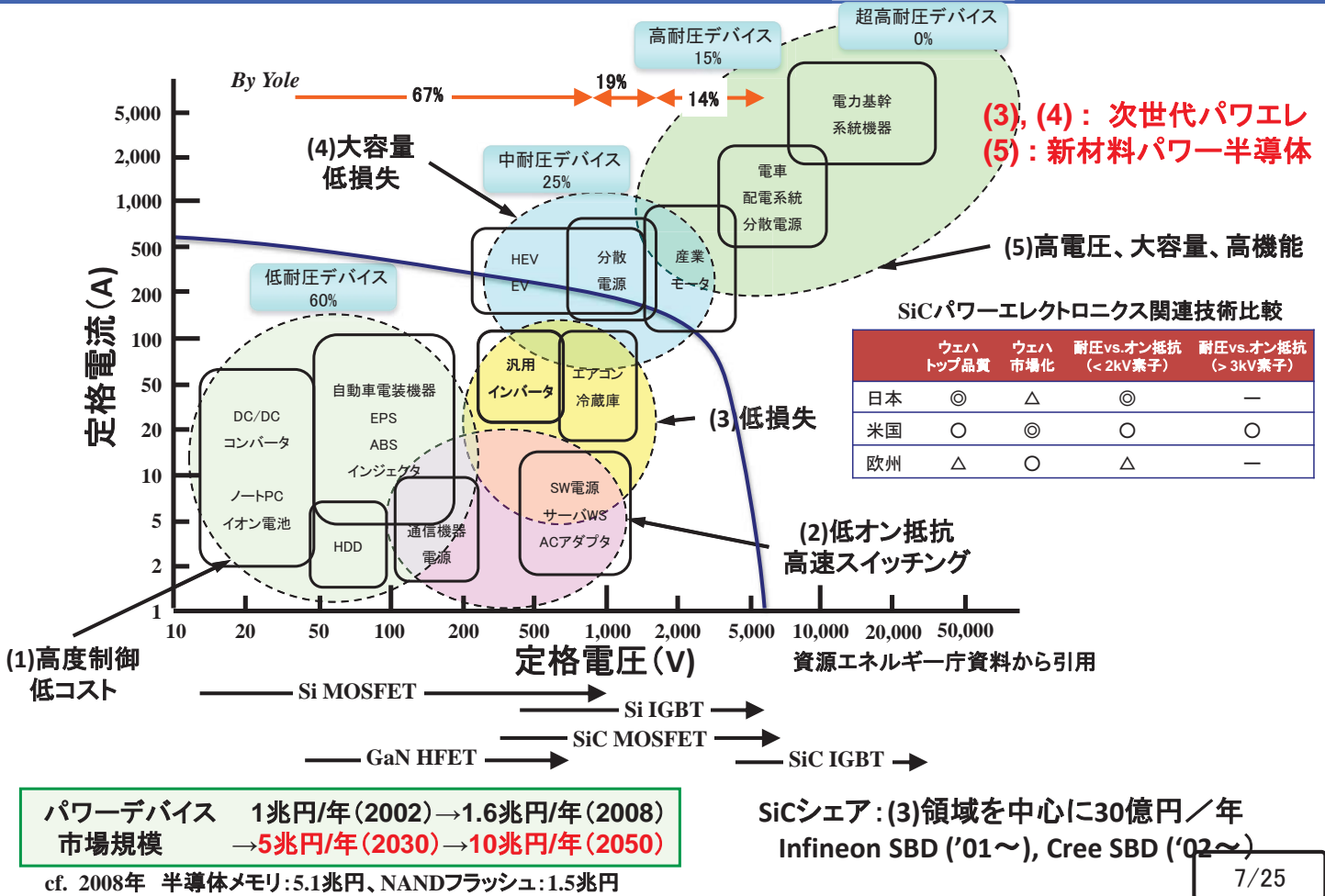
- 省エネルギー(高効率化:電力損失の低減)、利便性(小型軽量)
- 適用領域拡大(電圧、容量)



6/25

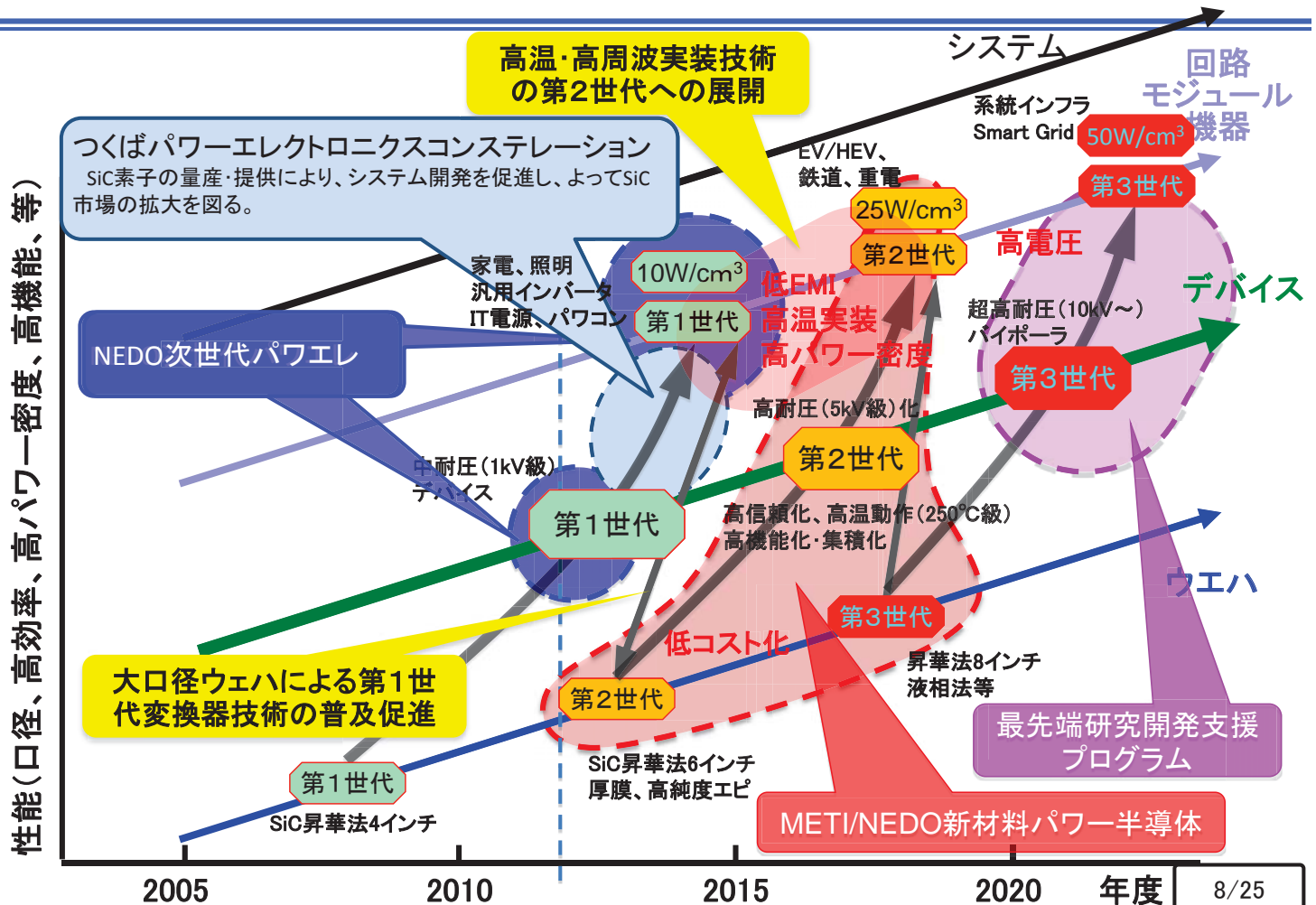
パワーデバイス市場

公開

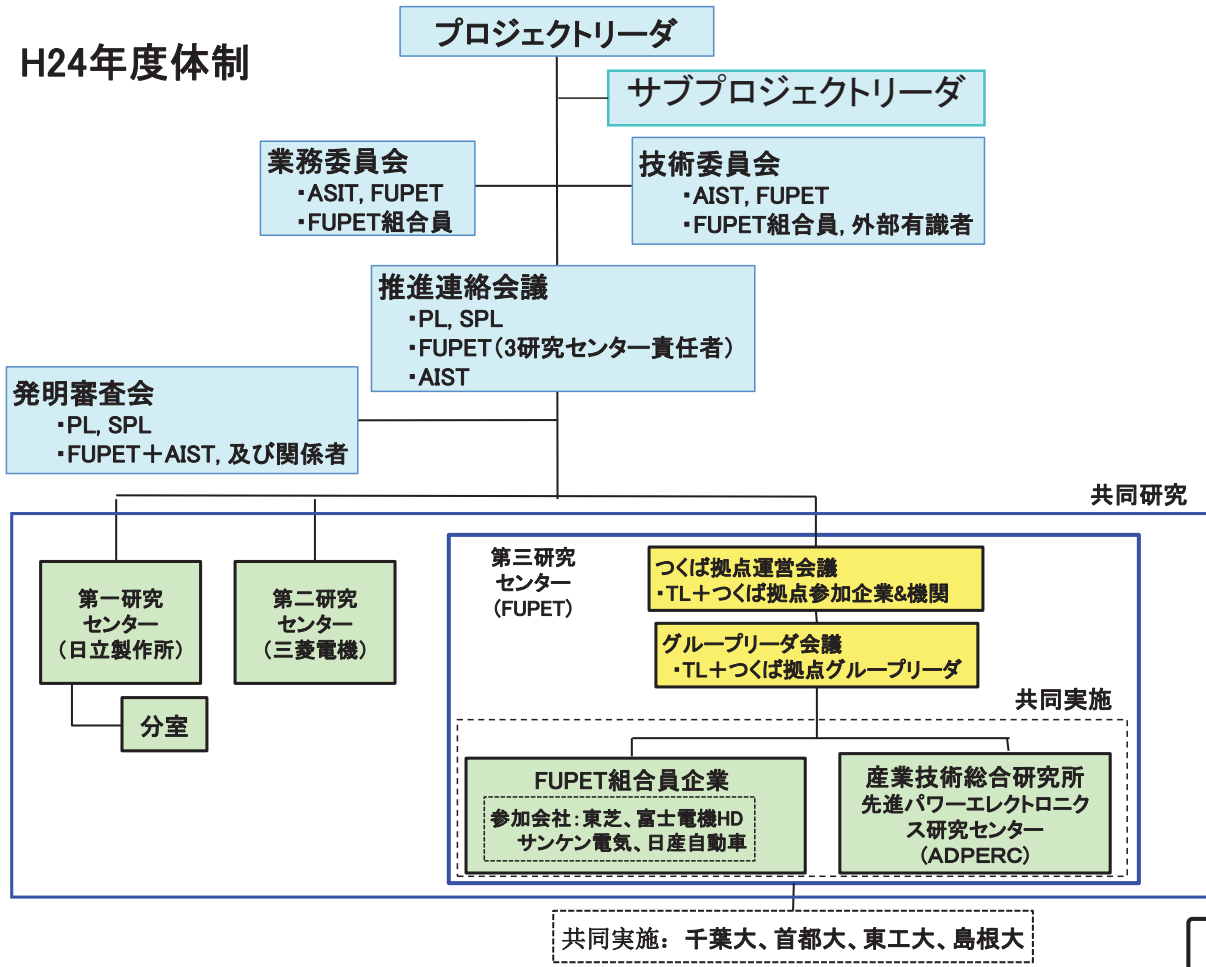


SiCパワーエレクトロニクス ロードマップ

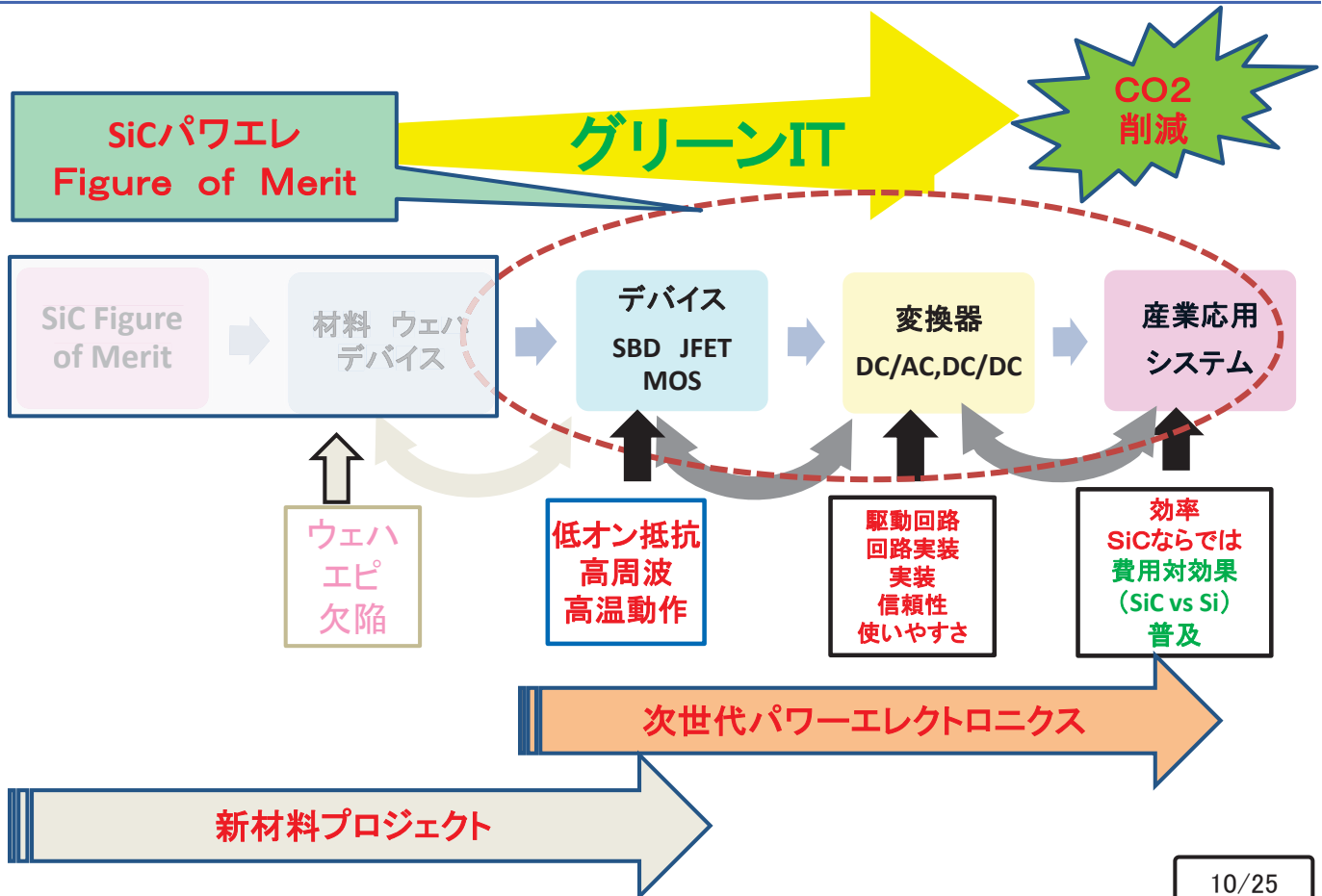
公開

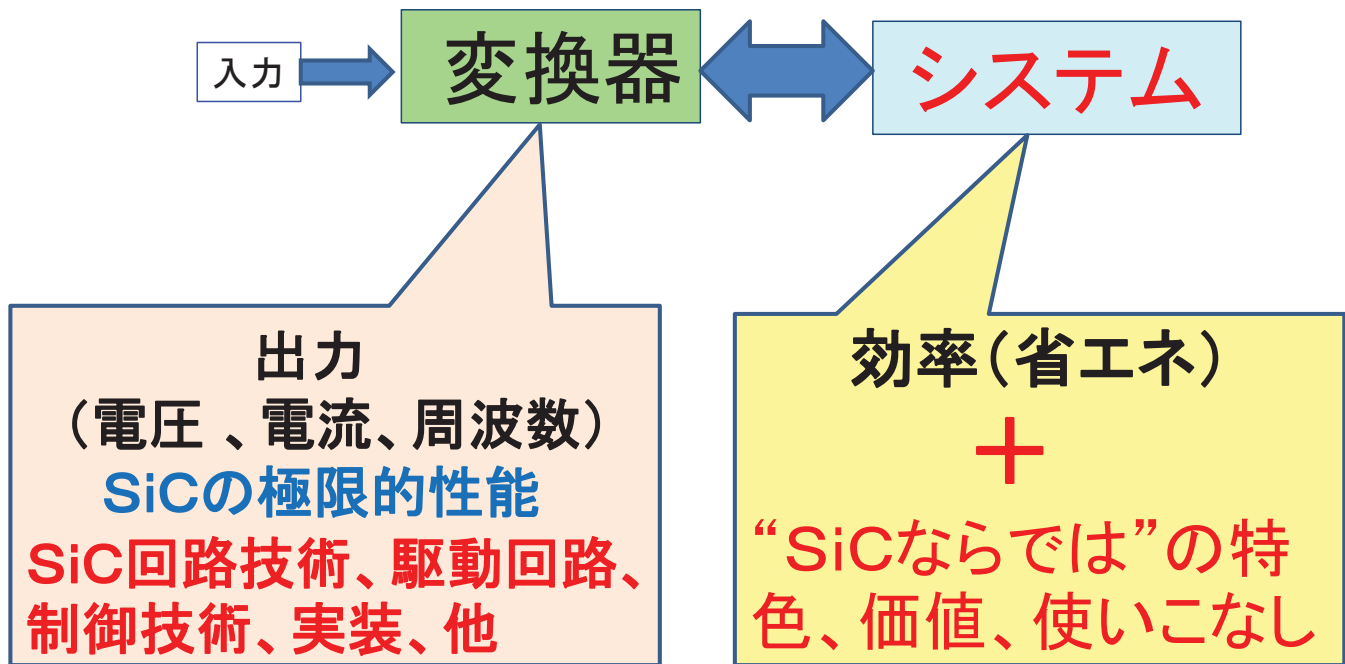


H24年度体制



SiCならではの価値創出 実用化、普及を目指して





11/25

3. 研究開発成果概要 (3) 開発項目ごとの成果

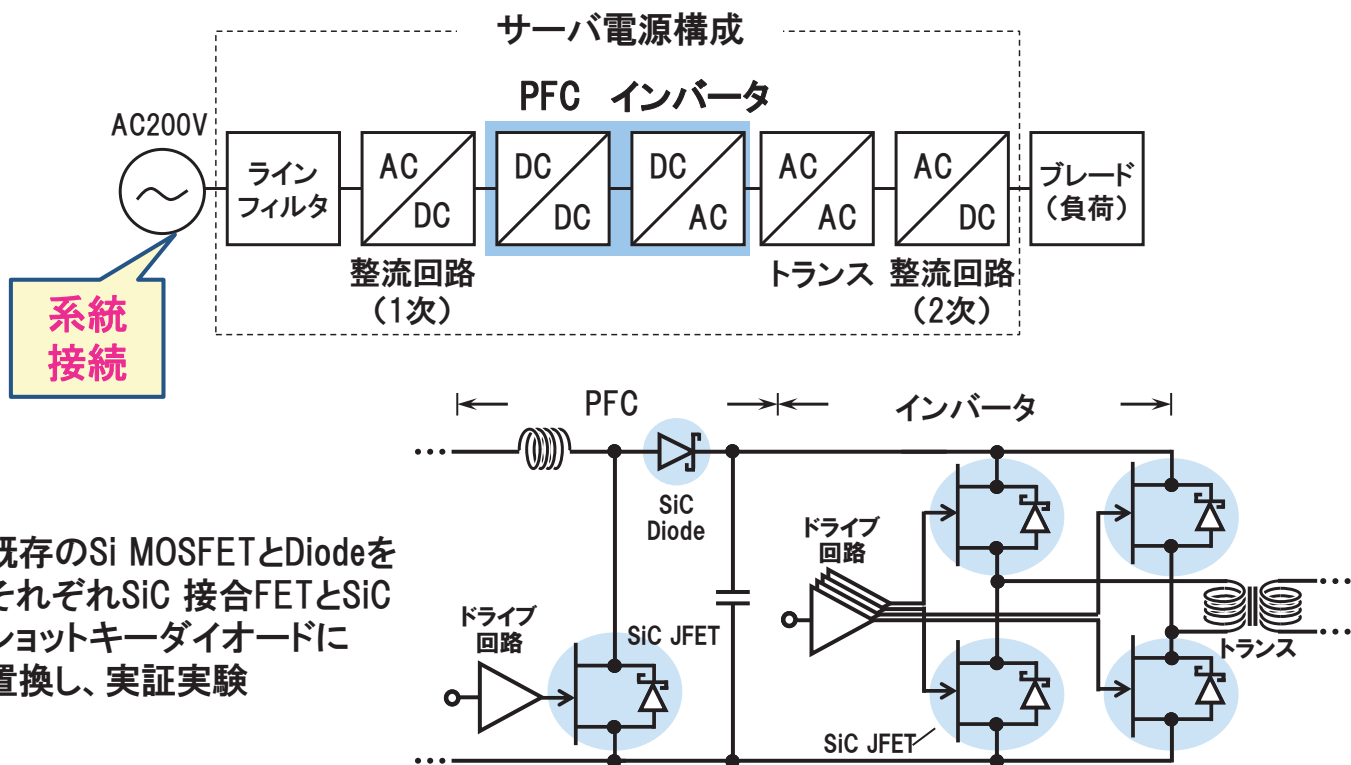
第一研究センター(日立製作所)の成果

公開

1. JFETデバイス開発
 - ・低オン抵抗化
 - ・デバイス構造
 - ・大電流化,信頼性
2. 2kWクラスサーバ電源開発: 効率
 - ・PFC
 - ・インバータ
 - ・ゲート駆動回路、誤動作防止
3. 効率95.10%を達成

12/25

- ・力率改善回路(PFC)とDC/ACインバータにSiC素子を適用
- ・0.5%の効率向上で年間CO₂ 280万トン削減*1の効果



既存のSi MOSFETとDiodeをそれぞれSiC 接合FETとSiC ショットキーダイオードに置換し、実証実験

*1 1000億kWh/年の電力損失が効率90%の電源ですべて発生、効率90.5%化で50億kWh/年の電力削減効果、二酸化炭素排出係数を0.000559t-CO₂/kWhとした場合

◆個別研究開発項目の目標と達成状況

(1)SiC 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

	目標	成果	達成度
1) スイッチングデバイス(接合FET)の開発	耐圧600V以上、電流容量40A以上、オン抵抗率2.5mΩ・cm ² 以下	耐圧740V、電流容量40A、オン抵抗率2.1mΩ・cm ²	○
2) 電力容量2kW級サーバ電源の開発	電力変換効率(50%負荷)94%以上	電力変換効率(50%負荷)95.10%	○

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

1. MOSFETデバイス開発

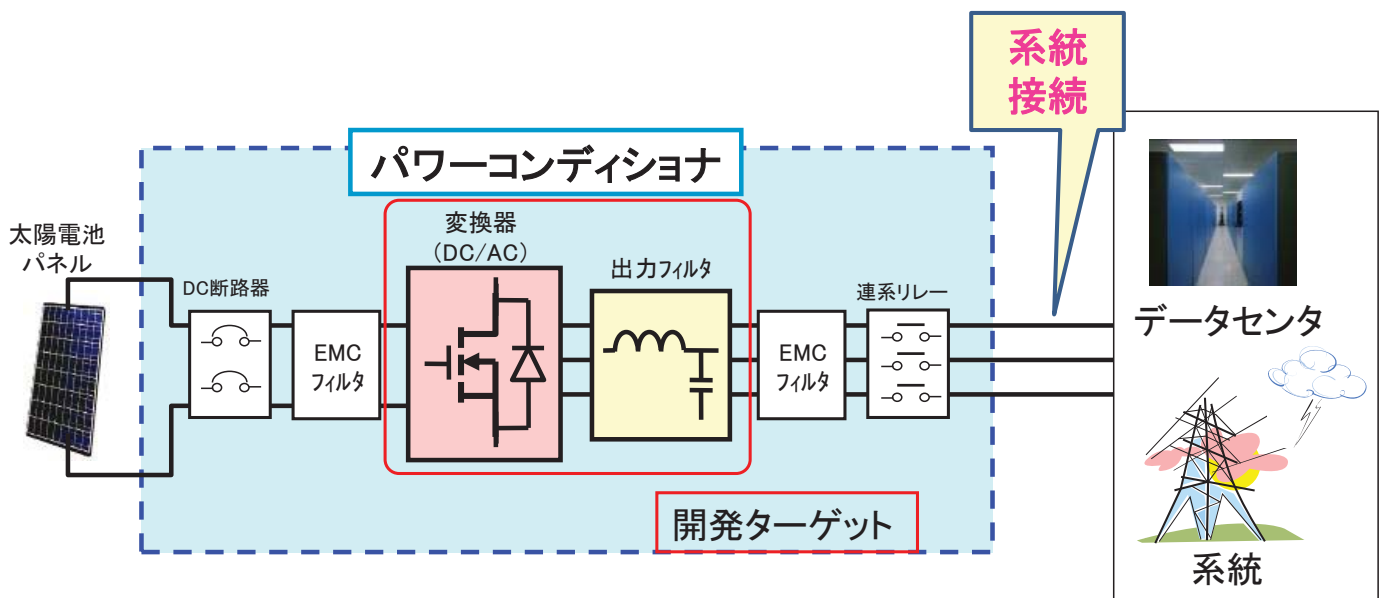
- ・低オン抵抗化
- ・デバイス構造、移動度改善、界面安定化
- ・大電流化、信頼性

2. 30kWクラスパワーコンディショナ開発:効率

- ・3レベル制御インバータ
- ・フィルタ

3. 効率98.88%を達成

15/25



開発目標値

- 出力: AC400V系 30kW
- 効率: 98%以上(定格出力時)

16/25

◆個別研究開発項目の目標と達成状況

(2) SiC 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

	目標	成果	達成度
1) スwitching デバイス (MOSFET) の開発	耐圧1200V以上、 電流容量75A以上、 オン抵抗率 $5\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 以下	耐圧1600V以上 75A通電 オン抵抗率 $5\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$	○
2) 30kW級太陽光発電用パワーコンディショナ	定格出力時 変換効率 98%以上	定格出力時の変換効率98.88%	○

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

17/25

1. 高温実装技術

T_J高温化、材料、高温信頼性、両面接合

2. 統合設計

最適温度、熱抵抗、周波数、低インダクタンス、組立

3. 高密度変換器の開発

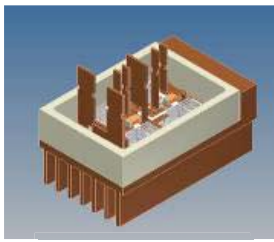
冷却設計、高キャリア周波数化、フィルタ設計

4. インバータによる実証

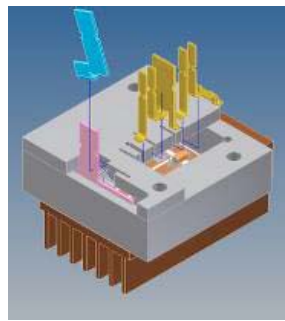
ゲート駆動回路、EMI

パワー密度 70kW/L を達成

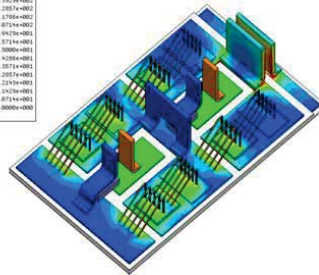
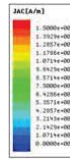
18/25



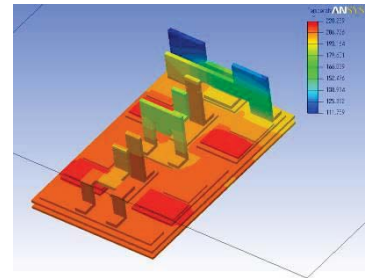
3D-CAD設計



組み立てシミュレーション



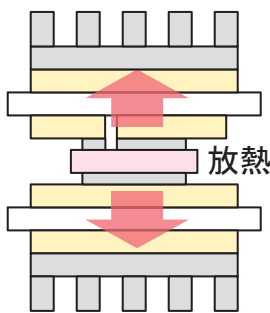
電磁界シミュレーション
(インダクタンス)



熱シミュレーション
(放熱)

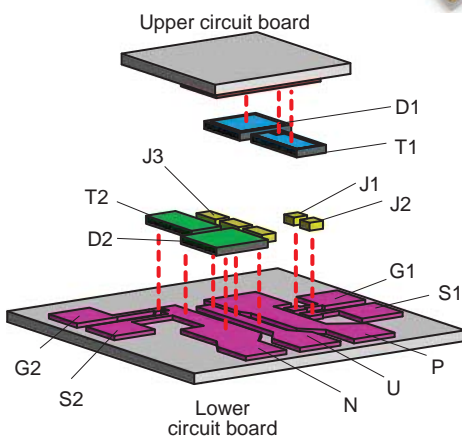
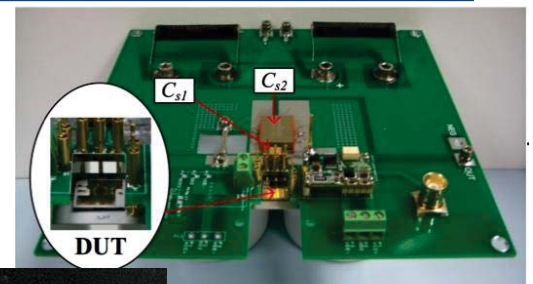
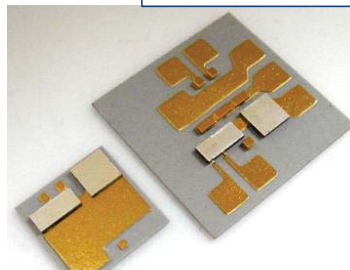
組み立て工程をも含めたシミュレーションを行うことにより...

- 一次試作と比較して大幅な小型化 体積約1/2
- 低インダクタンスを設計レベルで確認 4.5nH
- 放熱設計の最適化



両面接合イメージ

SiCパワー素子(高温、高速スイッチング、高信頼性)を生かす、両面接合パワーモジュールを提案、作製。



冷熱サイクル試験、電気試験より、両面接合モジュールがSiCパワー素子に適した構造であることを明らかにした。

◆個別研究開発項目の目標と達成状況

(3)次世代SiC パワーデバイス・電力変換器基盤技術開発

	目標	成果	達成度
1) 高温実装技術の開発	200～250℃で動作させることを可能とする高温実装技術を開発	+250℃-3000時間放置、-40～+250℃-3000サイクルを実証	○
2) 高出力パワー密度電力変換器の開発	出力パワー密度 60kW/ℓ級	出力パワー密度 70kW/ℓ (25kW, 0.34ℓ)	○

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

21/25

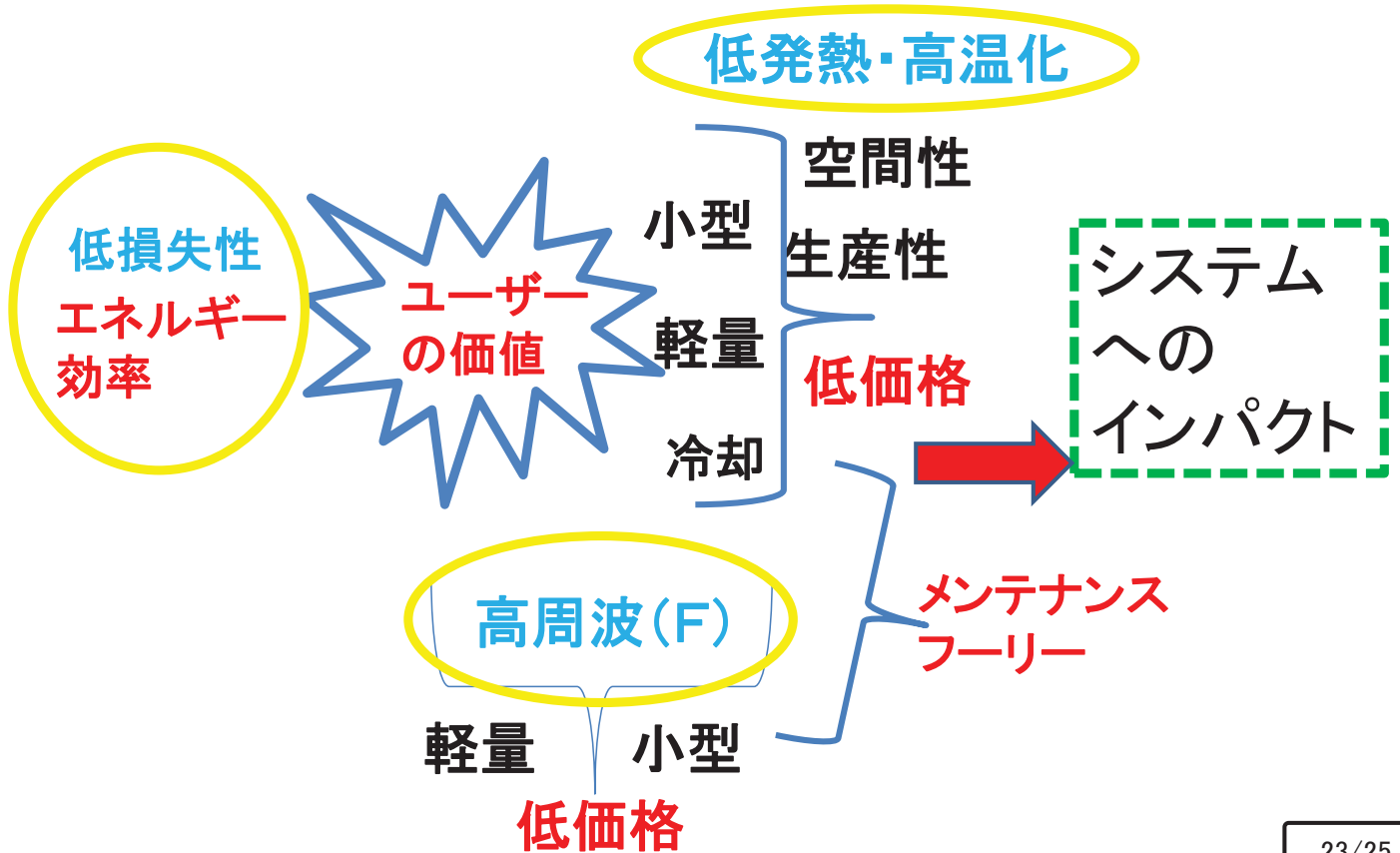
◆知的財産権、成果の普及

三拠点合計の件数

	H21	H22	H23	H24	計
特許出願(うち外国出願)	0	2(1)	13(3)	10(1)	25件
論文(査読付き)	2(1)	9(5)	13(6)	13(7)	37件
研究発表・講演	11	24	45	55	135件
受賞実績	0	0	0	1	1件
新聞・雑誌等への掲載	0	2	7	0	9件
展示会への出展	0	0	1	2	3件

※平成25年度9月28日現在

22/25



- ・SiCパワーエレクトロニクス**極限性能**追求
温度、周波数
デバイス、制御回路、
モジュール、変換器、高温実装
- ・**システム応用**: データセンタ用電源、太陽光発電用PC
世界最高効率達成
グリーンイノベーション
- ・**「SiCならではの」**の各種高付加価値
高パワー密度変換器、小型化
- ・**高付加価値キラーアプリケーションへの適用**
各企業の得意分野に対応する変換器設計基盤技術