

2019年度成果報告会

プログラムNo. P1-2

太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト
太陽光発電システム効率向上技術の開発

次世代長寿命・高効率 ACモジュールの開発

小池 直希
ポニー電機株式会社

太陽光発電技術研究組合
ポニー電機(株)、サンケン電気(株)、(国)長岡技術科学大学

2019年10月17日

問い合わせ先
太陽光発電技術研究組合
E-mail: pvtec-jimu@pvtec.or.jp
TEL: 03-6205-8460

1. 期間

開始 : 2014年9月
終了 : 2019年2月

2. 最終目標

実証試験、長寿命試験を通して、システム効率向上10%以上、寿命25～30年相当の次世代長寿命・高効率ACモジュール(以下、次世代ACM)を実証する。

3. 成果概要

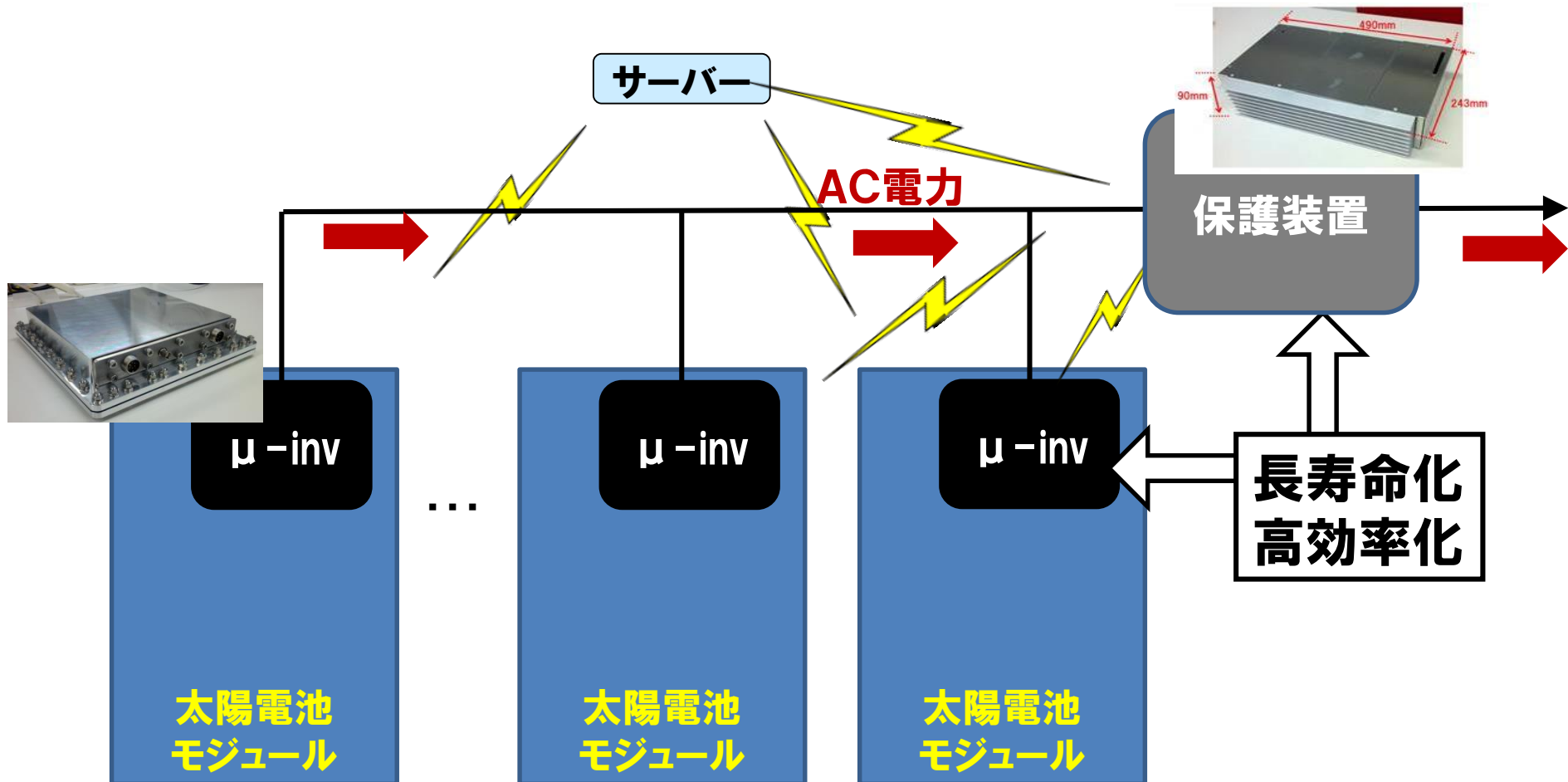
(1)基本回路に有寿命部品である電解コンデンサを使用せず、電解コンデンサレス化を実現するアクティブバッファ回路方式を基本回路として採用すると共に長期密閉性構造の筐体を用いた、寿命25～30年相当のマイクロインバータを試作し、基本動作を確認した。

(2)実証サイトでのデータ取得を推進中。システム効率が10%以上向上することを実証した。

(3)寿命推定モデルを開発。実働ストレスデータ取得と合わせて寿命推定を行い、寿命25～30年相当のシステムであることを実証した。

開発する技術の基本構成

太陽電池モジュール毎にマイクロインバータ(μ -inv)を搭載し、AC出力



【A】長寿命化へのアプローチ

対象	項目	長寿命化対策
マイクロインバータ	①基本回路設計	【A-1】アクティブバッファ回路方式採用により 電解コンデンサレス化 を図る。
	②筐体	【A-2】水分の浸入を抑える 気密構造 とする。
	③部品/材料	【A-3】長寿命半田およびFIT値（故障率）の小さい部品を採用する。
保護装置	①メンテナンス	【A-4】有寿命部品（電解コンデンサ、リレー）を 交換しやすい構造 とする。



【A-5】寿命評価技術の開発
(Aalborg大の研究成果を活用)



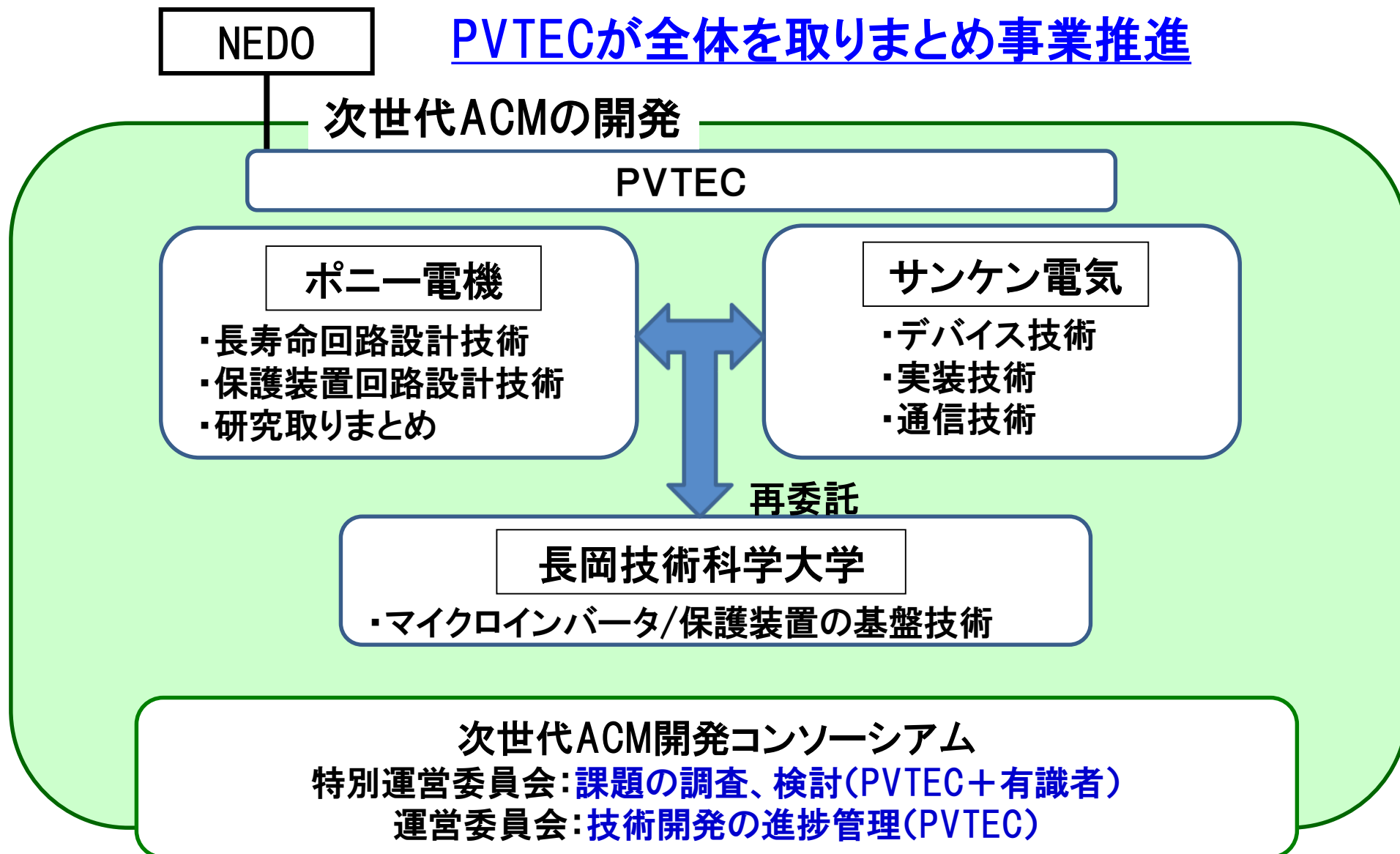
寿命25～30年相当を実証

【B】システム効率向上へのアプローチ

	システム効率向上対策
高性能回路/部品	【B-1】SiC MOSFETや同期整流回路の開発、導入
高性能要素技術	【B-2】長岡新方式（フライバック方式）を開発
システム実証	【B-3】モジュール毎の最大電力点追従（MPPT）

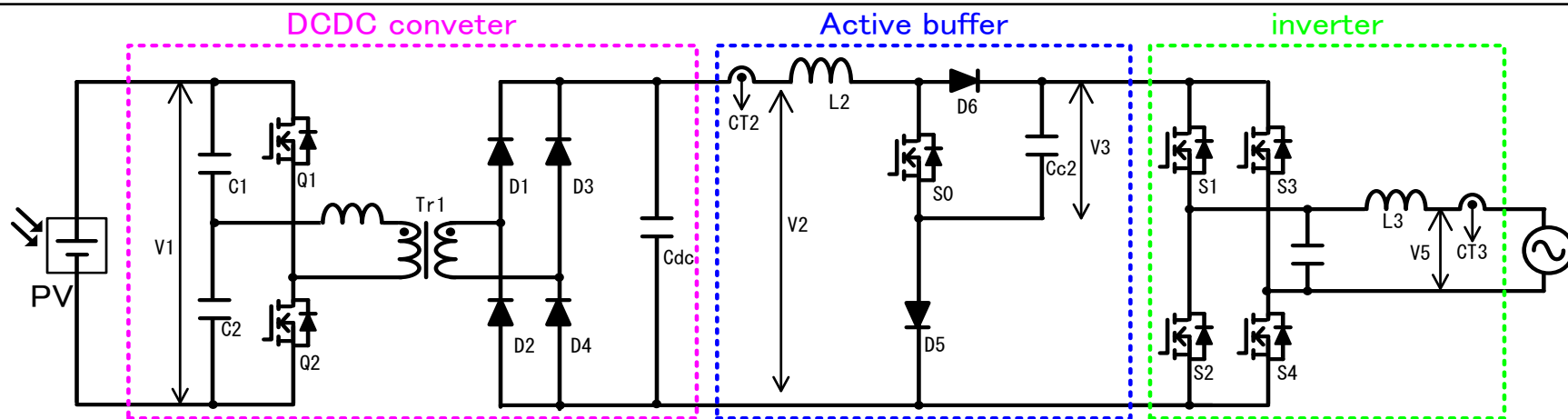


出力10%増
(従来システム比)
を実証



【長寿命:A-1】マイクロインバータ回路設計技術の研究開発

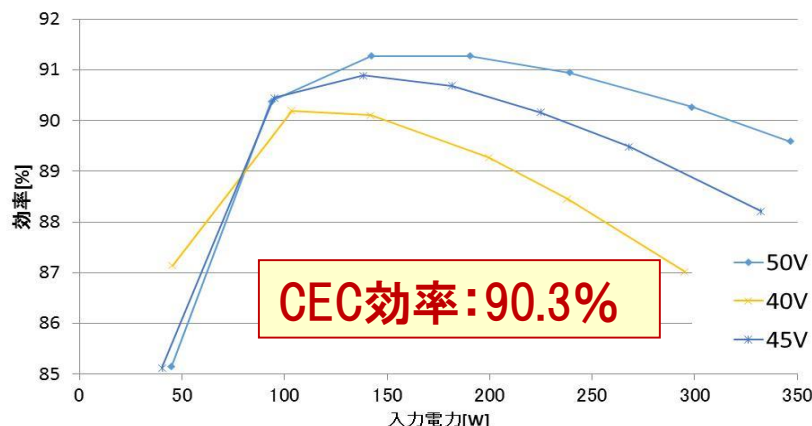
- ・長岡技大が開発した基本回路(長岡実績方式)で、**マイクロインバータを試作し、系統連系による基本的な動作確認を完了した。**



長岡実績方式マイクロインバータ回路



試作したACモジュール



CEC効率:90.3%

CEC効率

$$\eta_{CEC} = 0.04\eta_{10\%} + 0.05\eta_{20\%} + 0.12\eta_{30\%} + 0.21\eta_{50\%} + 0.53\eta_{75\%} + 0.05\eta_{100\%}$$

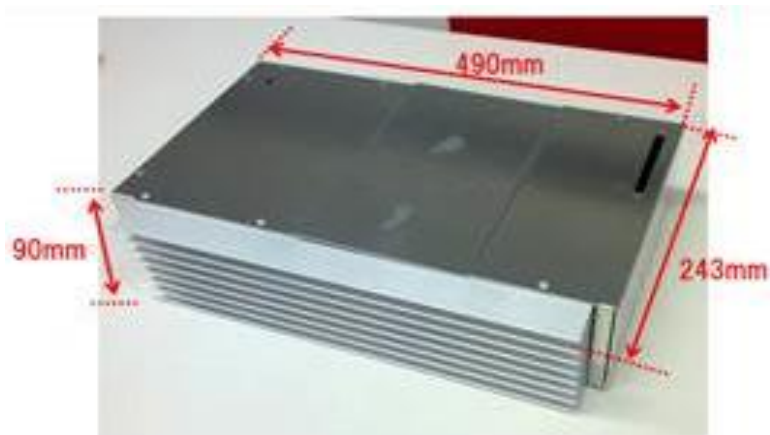
定格を350Wとして算出

$$\eta_{CEC} = 90.3\% \text{ @ } V_{pv}=50V$$

試作マイクロインバータのCEC効率

【長寿命:A-4】保護装置回路設計技術の研究開発

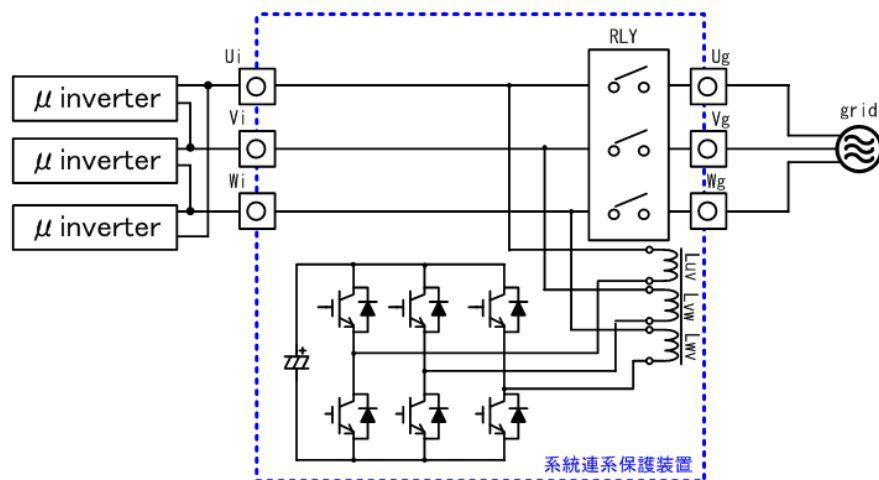
- ・系統保護装置を製作し、基本的な機能(系統連系時の電流不平衡補償等)を確認した。
- ・電解コンデンサとリレーはメンテナンス部品として容易に交換が可能な構造にした。



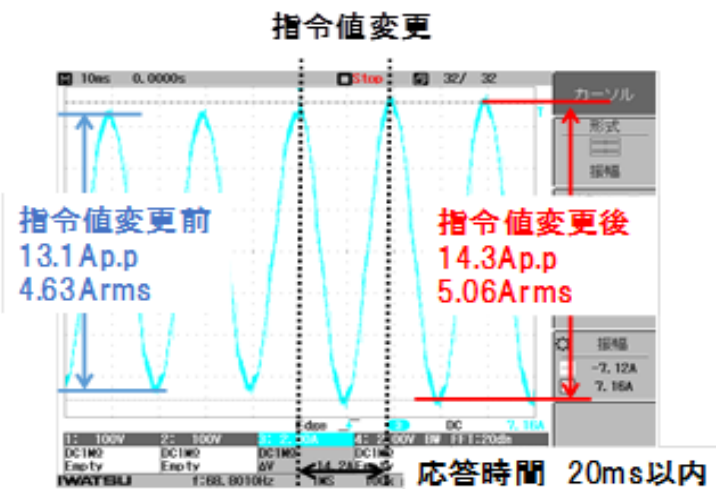
系統保護装置の外形



系統保護装置の内部構造



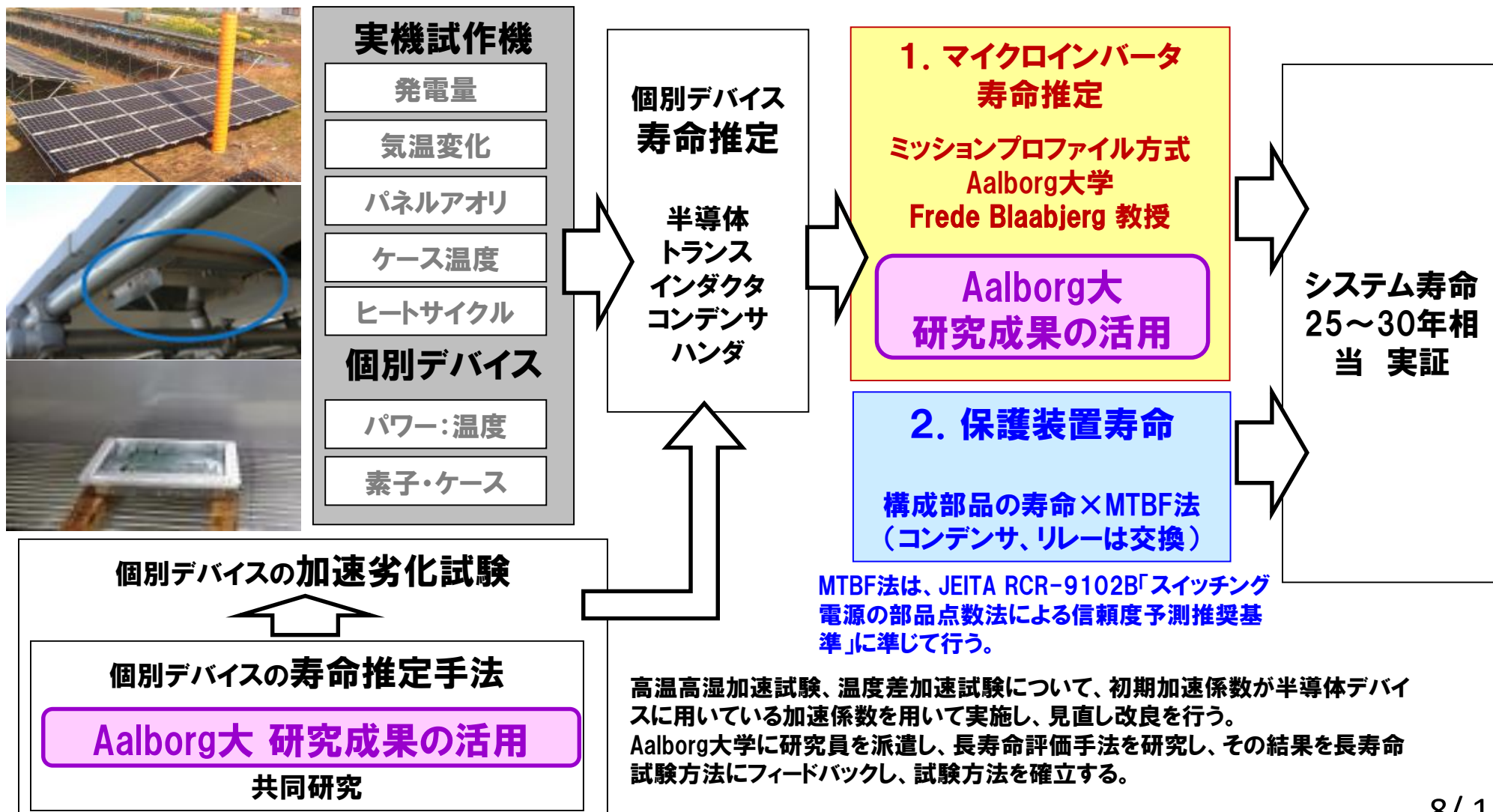
交流電流制御機能試験回路図



交流出力波形

【長寿命：A-5】寿命評価技術の開発、並びに長寿命実証

1. Aalborg大の研究成果を活用した寿命推定モデル等により、マイクロインバータの寿命推定を行った
2. 保護装置は、容易に交換できる構造と合わせてMTBF法による寿命評価を行った

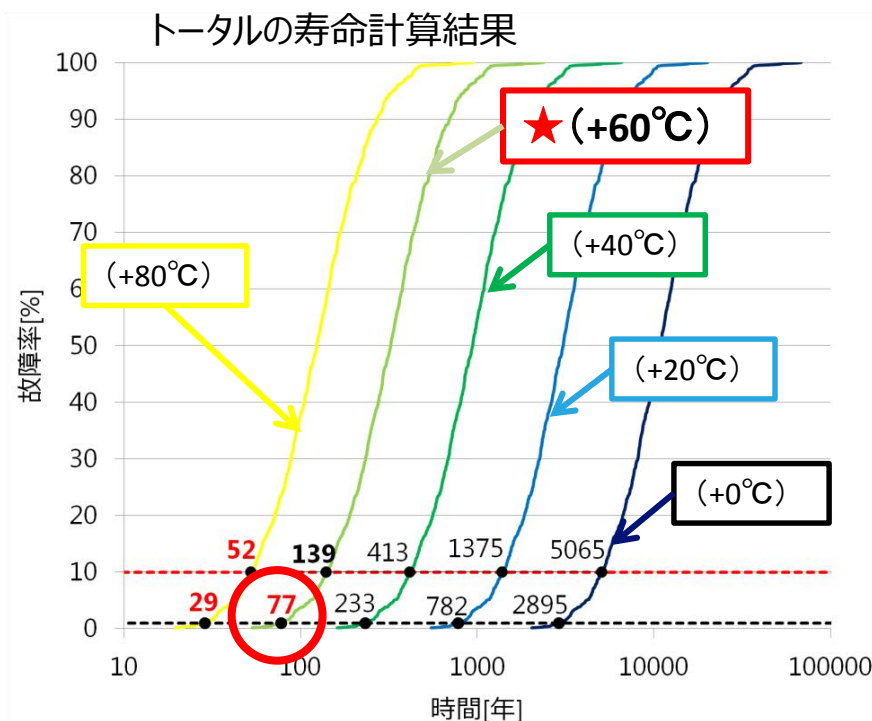


【長寿命：A-5】寿命評価技術の開発、並びに長寿命実証

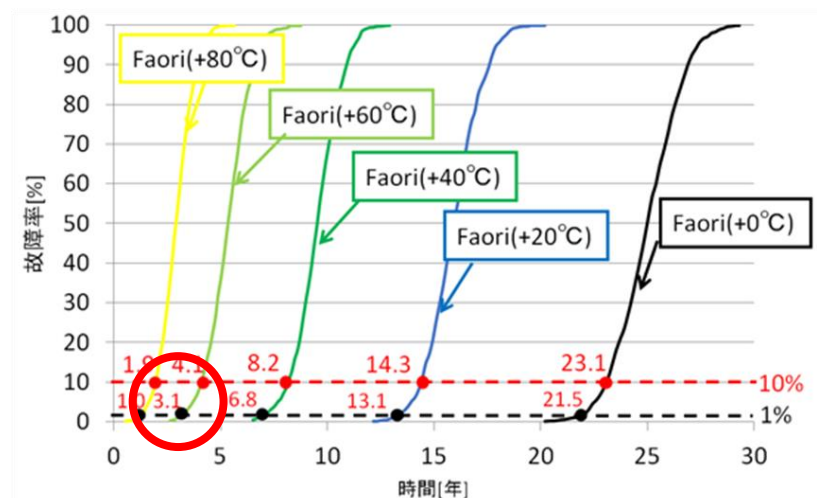
実測環境データを組み込んだシミュレーションにより、寿命30年以上を確認した（目標達成）

過酷な設置環境等（最大+60℃の温度上昇）を勘案しても、寿命30年の確保が可能。

設置環境による屋根材などからの「あおり」と、密閉度による「こもり」による温度上昇を上乗せして寿命計算
この温度上昇は実環境では最大+60℃になりえる



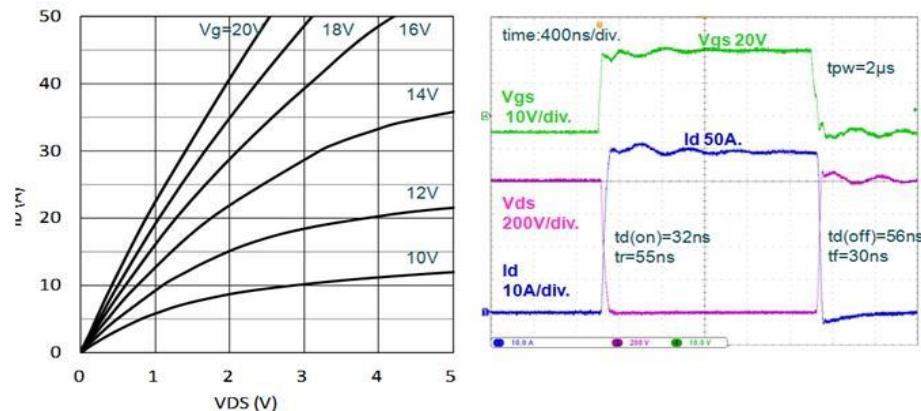
開発技術（電解コンデンサレス）の寿命
+60℃では77年。誤差を勘案しても30年超



【参考】従来技術（電解コンデンサ入り）の
寿命計算結果。+60℃では3.1年

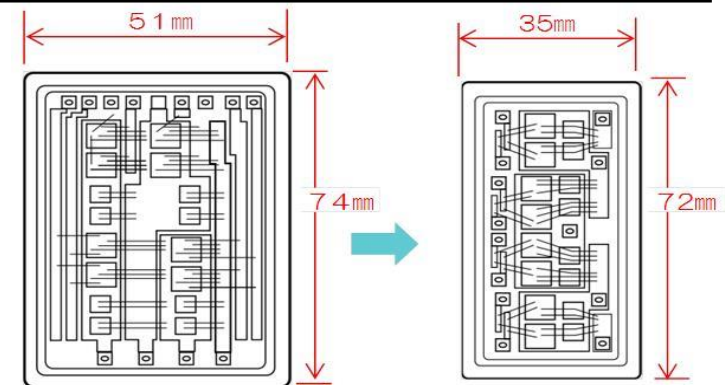
【効率向上:B-1】高性能デバイス技術の研究開発

5mmx5mmの40mΩチップを並列で組み込んだ**SiC MOSFETを開発した。**



SiC MOSFETの静特性と動特性

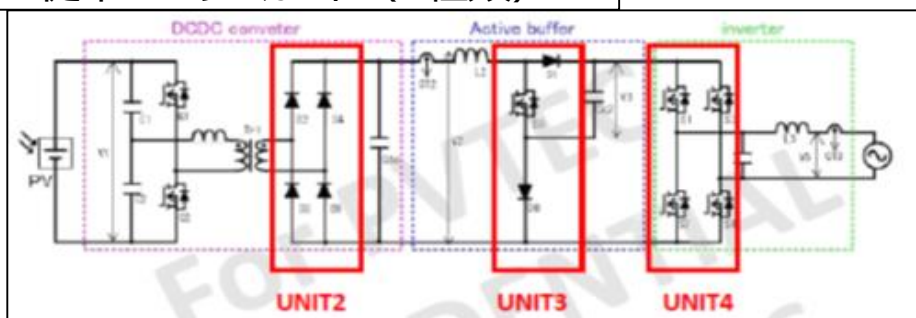
600V/50A、100μsec以内のスイッチング速度で、テール電流なし



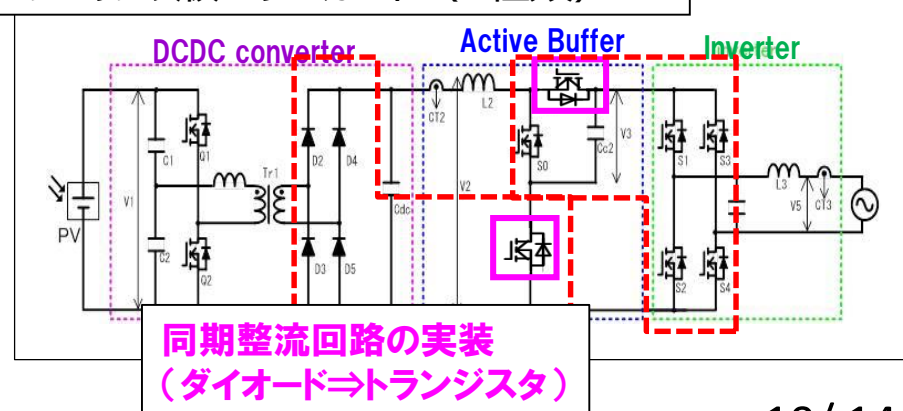
フルSiCフルブリッジモジュール
小型化を実現

さらにパワーカードの抑制(3種類⇒2種類)、**同期整流回路の実装**による高性能化を実現

従来のパワーカード (3種類)



シュリンク版パワーカード (2種類)

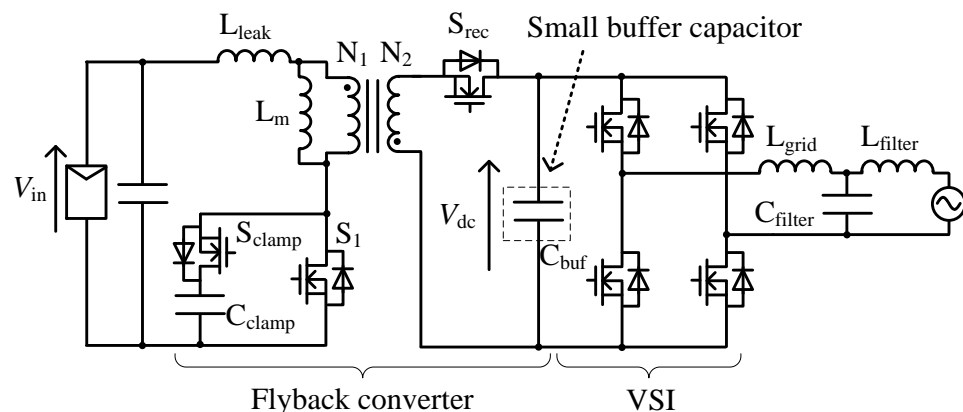


【効率向上:B-2】高性能化要素技術の開発(長岡技大)

長岡新方式の回路構成を簡易化し、小型化と高効率化を実現。変換効率96%(目標達成).]

⇒ 次世代ACモジュールとしての基本技術を確立

1) 長岡新方式(フライバック方式 = 小型、高効率化)



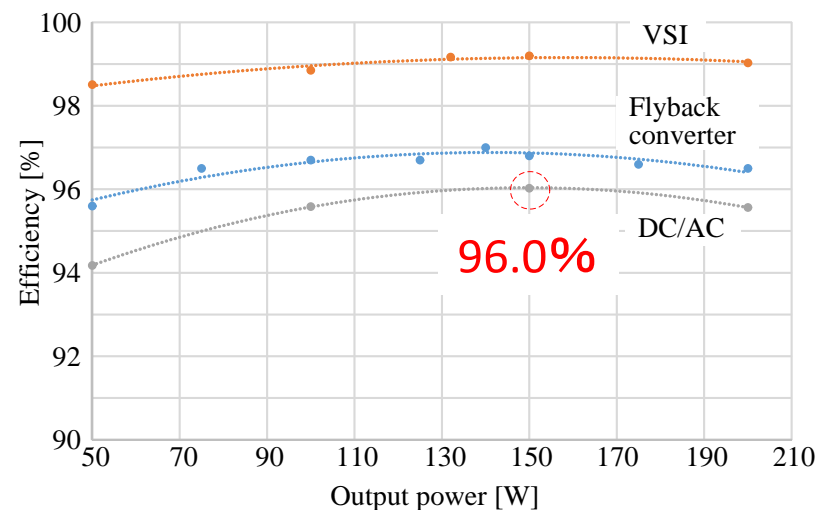
特徴

フライバック：ゼロ電圧スイッチング (低損失化)

インバータ：上アームのみPWMで駆動(スイッチング損失低減)

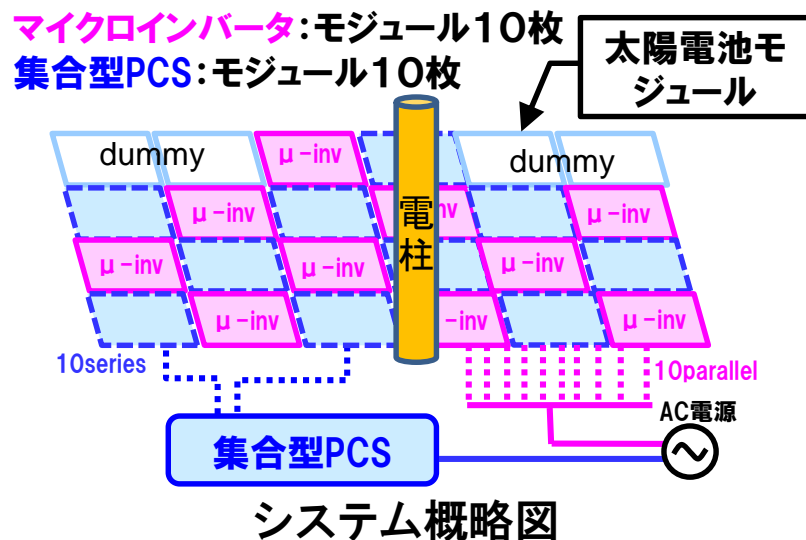
電解コンデンサレス：長寿命, 小型

2) 効率特性



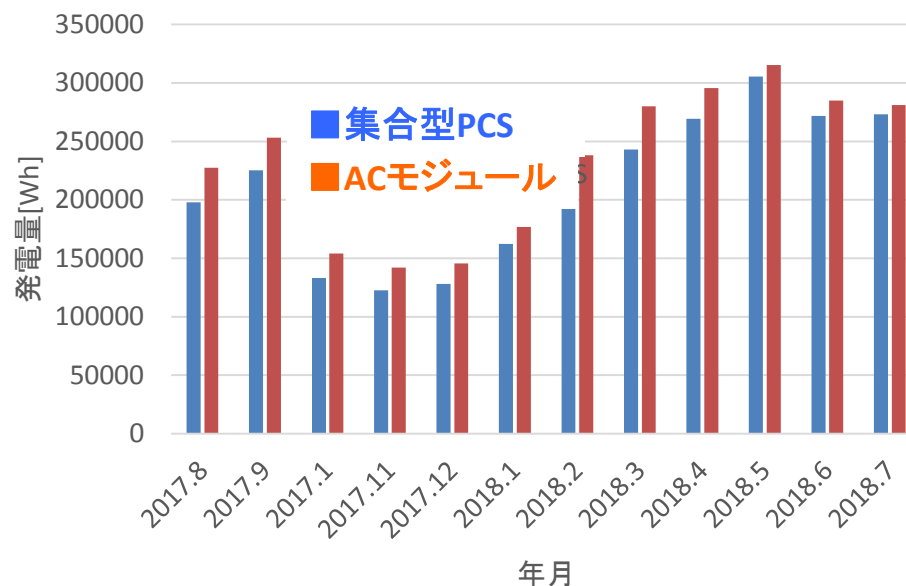
【効率向上:B-3】実証試験(システム効率向上の実証)

システム効率向上の実証中。目標(従来の集合型PCS比、10%向上)達成を実証



電柱模擬

集合型PCSの年間発電量 2526.6kWh
ACモジュールの年間発電量 2794.7kWh
10.6%のシステム効率向上を確認



ACモジュールと集合型PCSとの発電量比較例

2017.8~2018.7@ポニー電機敷地内

発電コストの削減

コスト削減は、2.02円/kWh（従来集中型PCSシステム比）。目標(2.0円/kWh)達成

項 目	システム価格(千円/kW)		備 考
	従来システム	ACモジュールシステム	
太陽電池モジュール	189		
マイクロインバータ (350W)	－	42	kW当り3台（14×3＝42）
PCS(保護装置)	37	21.4（保護装置）	保護装置の方が、割安
その他BOS	23		
設置工事費	59		
合計(設備導入時)	308	334.4	
PCS交換	40	－	200千円/5kW
保護装置部品交換	－	6	30千円/5kW
定期点検	20	20	20年間で20千円/5kW×5回
維持管理費(20年間)	60	26	
合計(20年間運転時)	368	360.4	

項 目	20年間の運転に 必要な費用(千円)	20年間の総発電量＊ (KWh)	発電コスト(円/kWh)
①従来システム(集中型パワコン)	368	20,000	18.40円/kWh
②ACモジュールシステム	360.4	22,000	16.38円/kWh
ACモジュールの効果			2.02円/kWh

＊電柱の影があるシステムを想定

- (1)基本回路に有寿命部品である電解コンデンサを使用せず、電解コンデンサレス化を実現するアクティブバッファ回路方式を基本回路として採用すると共に長期密閉性構造の筐体を用いた、寿命25～30年相当のマイクロインバータを試作し、基本動作を確認した。**
- (2)実証サイトでのデータ取得を推進中。システム効率が10%以上向上することを実証した。**
- (3)寿命推定モデルを開発。実働ストレスデータ取得と合わせて寿命推定を行い、寿命25～30年相当のシステムであることを実証した。**