

【課題名】「ナノハイブリッドキャパシタ」を用いた太陽光発電の利用率向上と自立化を支援するシステムの開発（委託）

【代表者】㈱IHI検査計測 真島隆司

【実施年度】平成30～令和2年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】 再エネ導入はCO2削減のために必須であり、更なる、発電量、寿命、利用率向上や自立化等が求められている。我々は、Zero Emission House（農工大ZEH）に設置した5kW級太陽光発電システム(PVシステム)にキャパシタを組み込むことにより、太陽光発電利用率が年間約17%向上したことを確認している。本事業では、その技術を基盤として、Zero Emission Building (ZEB)に設置される20kW級のPVシステムにおいて、ナノハイブリッドキャパシタ(NHC)を組み込むことにより、PVシステムの太陽光発電利用率を年間12%以上に向上させることを目指す。そのために必要な、NHCの最適化、キャパシタ用パワーコンディショナ(PCS)の高効率化、それらを統合し、最適運転制御システムを構築する。

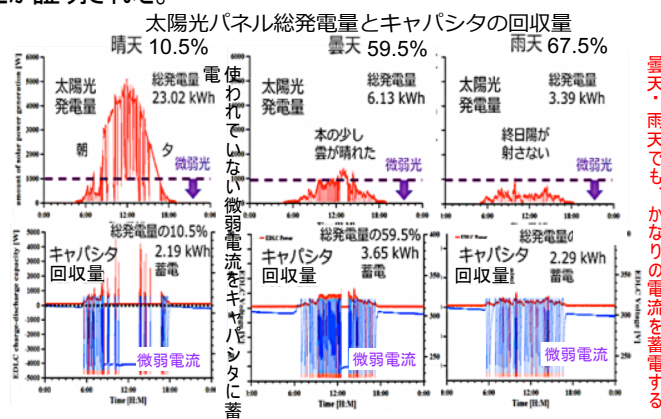
②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

自動車用キャパシタを使用し、ZEHレベルFSで利用率を年間約17%向上することを世界で初めて確認した(下図)。これは、太陽光発電においてこれまで未利用であった電圧変動する微弱電力をキャパシタに回収することで実現したものであり、キャパシタが太陽光発電のI-V特性と相性の良いことが証明された。

本提案では、この技術をZEBレベルに拡張し、更なるCO2削減の寄与に必要な運転制御技術等の周辺技術を開発する。なお、検証試験は、東京農工大学ゼロエミッションセンタに(農工大ZEC)設置されている20kW級PVシステムで実証する。

5kW-PVパネルによる小規模実証試験データ(2016.8)より



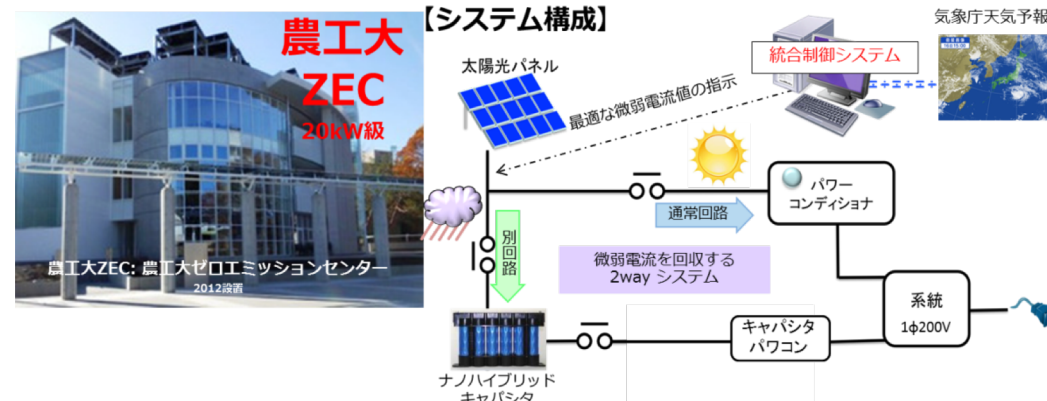
曇天・雨天でも、かなりの電流を蓄電する

B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

20kW級太陽光発電システムにおいて、本PJに必要な各要素デバイスを統合し、東京農工大学ゼロエミッションセンタに設置されている20kW級PVシステムにて利用率向上を実証する。

③【システム構成】

「NHC」を用いて微弱電流を損失なく蓄積し、太陽光発電の利用率を向上させる、オールウェザー・オールシーズン・オールロケーションシステムであり、既設太陽光設備にも比較的容易にアドオン可能な技術である。



本申請の独創性と主な特徴

- ①新世代NHC開発 → 東京農工大・日本ケミコン(株)
- ②PCSの最適化・キャパシタとのシナジー → サンケン電気(株)
- ③気象情報や現地計測データを分析した太陽光キャパシタシステム最適化 → (株)IHI検査計測

検証のポイントと協力体制

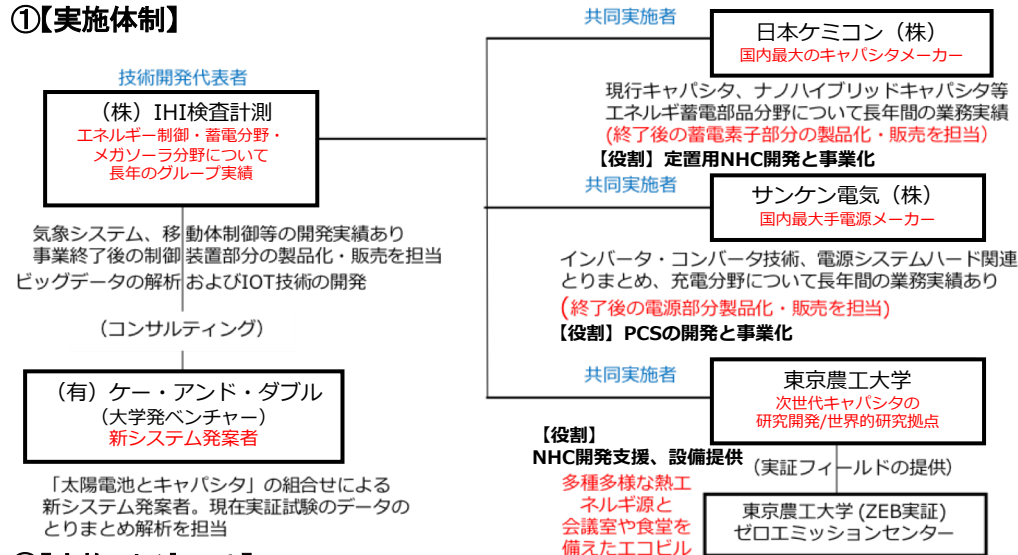
④【技術開発の目標・リスク】

- 想定ユーザ・利用価値: NHCは、ZEB、メガソーラなどの電気事業者、場合によって重電メーカに適用可能。システムは電気事業者と重電メーカ、家庭用に適用可能。
- 目標となる仕様及び性能: NHCの目標は、0.9円/Farad以下にて現状のエネルギー密度を2倍以上。キャパシタパワーコンは効率99%を実現し現行機よりも低コスト化を目標とし、全体システムとして太陽光発電の電力年間平均利用率向上12%を目指す。
- 開発工程のリスク・対応策: キーデバイスであるNHCのコストダウンと長寿命化するための劣化要因の制御、および、新設でなく既設設備を実証場所とすることによる改造工事の不整合などのリスクはあるものの、専門家を交えたあらゆる角度からの事前検討や設備の十分な調査を行い、これらのリスクに対しては、本事業からの投資を集中させることにより解決していく。

- A1. **NHCセル製造／モジュール化** 太陽光発電に適した定置型の特性を持ち長寿命であるNHCセルの試作量産及び、モジュールユニットの試作・評価を行い、20kW級PVシステムでの実証運用を開始する。また、セル・モジュールのコスト精査を行い、費用対効果を検証し、事業終了後に広く普及について詳細検討へ反映する。
- A2. **直交変換技術等のエネルギーを電気に変換する技術の高効率化** 変動する自然エネルギーを現状のインフラに使用できるようにするためには、電力変換技術が不可欠であり、特に、直流から交流への変換には効率低下がともなう。そのため最新電気回路技術によりキャパシタパワーコンの高効率化を行い、製品化する。
- A3. **気象要素を組み込んだ統合制御システムの構築** 対象の20kW級PVシステムに対応する支援システムの運転制御に必要なデータ類(運転情報・気象情報)を収録・解析し、それらのデータを活用して支援システムを最適に制御し、情報発信する統合制御システムを開発する。

(2)実施計画等

①【実施体制】



②【実施スケジュール】

項目	日時	H30年度	H31年度	R2年度
A1.NHCセル製造/モジュール化 (日本ケミコン・東京農工大)		定置用量産セル・モジュール 設計検討	定置用量産セル・モジュール 試作評価	実証モジュール改良、実証試験
A2.直交変換技術などエネルギー電気に 変換する技術の更なる高効率化 (サンケン電気)		効率99%の回路実験 回路決定、製品課題洗出	実証機作製 回路単体試験、効率達成	ZEB実証機連続動作試験 量産化の課題と対策
A3.気象情報を組み込んだ 総合制御システムの構築 (IHI検査計測、東京農工大)		統合制御システム仕様決定 気象特性解析	統合システム開発・実装	統合システム改良・完成
B.開発要素のシステム統合 C.その実証 (IHI検査計測、 東京農工大、サンケン電気)		農工大ZEB設備調査 気象データ収集計画	制御システム開発 実証工事、運転	実証試験、製品化向上開発 ハードとソフト システムの運用・管理
合計	311,912千円	53,941.5千円	144,566千円	113,404千円

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う 主たる事業者	日本ケミコン → キャパシタおよび本システム サンケン電気 → 高効率電力変換装置 (現、GSユアサIS) IHI検査計測 → 制御システム (候補) 事業化は、事業会社設立
------------------	---

本提案実施中及び実施後の事業化全体は、PVシステムを達成するために、NHC事業化とキャパシタ用パワコン事業化も並行して実施する必要がある。

本システムの効率向上・コスト最適化による製品化

CO₂削減のために本システムの導入が開始されることを想定し、本実証終了後にコストの最適化を行う。装置導入数を鑑み、計画は下記のとおりとする。

- ・2025年:動向を見極め市場投入開始、サービス体制整備
- ・2030年:大型システムへの導入に向けた販売ネットワークとサービス体制の拡充

○事業展開における普及の見込み

下記に示しますとおりの償却が見込めておりますため、一定の普及が見込まれます。

- ・20kWシステム導入による12年間増加額:約92万円
- ・導入コスト単価(10年間回収,2030年時点):約17万円

* 2018年1月29日に一般財団法人太陽光発電協会(JPEA)殿より公表されている「太陽光発電開発とインフラ利用を巡る課題と提言」にある太陽光発電量とCO₂削減量に関する数値を基に算出。

今後の販売見込み

- ・2025年 500セット
- ・2030年 20,000セット * セットとはPVシステムの台数

○年度別販売見込み

【提案時当初計画】

年度	2025	2030
目標単年度販売台数(台)	8,000	20,000
累積目標販売台数(台)	15,000	100,000
目標販売価格(円/台)	250,000	200,000

【現時点見込み】

年度	2023	2025	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	0	500	20,000	241,100
目標累積販売台数(台)	0	500	46,000	3,042,000
目標販売価格(円/台)	0	175,000	166,000	136,000

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・CO₂削減に向けた政府方針決定のもと本設備導入を想定した、国内電力インフラとその運営側との協調と補助金交付などの積極的政策支援が必要。
- ・他分野への技術展開による量産効果からくるコスト低減。
- ・本提案は、開発する高性能なNHC単体やパワーコンディショナ単体でも事業化できることを特徴としている。普及率向上には新たに、導入加速に向けた補助金交付などの政策支援を受けつつ、30%程度の普及が見込まれた際に、共通仕様による事業化が可能と考える。

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

既設の20kW太陽光発電パネルを10kW×2系統に分割し、10kWパネルに対して、微弱発電時に動作するキャパシタモジュール及びキャパシタモジュール専用パワコン(定格=5kW)と、発電量が多い場合に動作する従来型パワコン(定格=10kW)を導入し、気象情報を回路切替制御に取り込み、発電量に応じて、2回路を切替える制御方式で、実証試験を実施した。

従来PVシステムでは、未利用になっていたパネルの発電能力を有効化することで、平均エネルギー利用率を20%向上することが出来た(目標≧12%に対して、167%の達成度)。

実用化の際には、パネル規模に応じて、10kW分を1単位として、複数台を組合せる方式を想定しており、実証規模は、実用機の1分の1スケール相当する。

②【エネルギー起源CO2削減効果】

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

開発品 1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	2
開発品の法定耐用年数	9年

法定耐用年数:ユーザー毎で条件が異なるので、自家消費で、その他製造業用設備とする。

年度	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	47.5	47.5
累積CO2削減量(万t-CO2)	843	1,793
CO2削減コスト(円/t-CO2) =環境省から受ける補助総額(円) ÷ 当該年度までの累積CO2削減量(t-CO2)	58.2	27.3

【現時点見込み】

開発品 1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	1.67
開発品の法定耐用年数	9年

法定耐用年数:ユーザー毎で条件が異なるので、自家消費で、その他製造業用設備とする。

年度	2023	2025 (販売開始)	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0	0.084	3.342	40.36
累積CO2削減量(万t-CO2)	0	0.75	69.2	4,583
CO2削減コスト(円/t-CO2)	-	11,616	11,046	9,035

従来型PVから開発システムになることで改善されるCO2排出削減量として算定

③【成果発表状況】

- ・全国ソーラーシェアリングサミットで発表(2020年12月3日、発表者:(有)ケー・アンド・ダブル、直井代表)
- ・雑誌「日経エレクトロニクス(2021年2月号、p.100-p.105)」、「次世代キャパシターが再点火 電力回生需要が契機」の中で、キャパシタによるPV支援システムを紹介
- ・雑誌「キャパシタフォーラム会報誌Vol.16(2021年4月発行)」、「ナノハイブリッドキャパシタを用いた太陽光発電の利用率向上」(p.18~p.21;著者 日本ケミコン(株)、杉山)

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- ・2024年までに、新システムでコストダウンなどの検証
- ・2024年までに、マーケットリサーチに基づいて、製造・販売体制等の構築
- ・2025年を目標に販売開始
- ・2044年をめどに、最終目標として新規PVパワコンへのシステム採用率=30%

○事業拡大シナリオ

年度	2021	2022	2023	2024	2025	2044 (最終目標)
新システムでコストダウン等の検証						
実証データの積み上げ						
マーケットリサーチ						
製造・販売等、体制構築						
新規PV用パワコンへの採用率30%						

○シナリオ実現上の課題

- ・ユーザーに受け入れられる価格になるようシステムのコストダウン。
- ・長期実証による発電量増量効果の検証データの上積み。
- ・販売初期段階で公的な導入補助金によるシステム導入の後押し。



○参考資料1 CO2削減効果について

○販売開始年(2025年)時点の削減効果 (試算方法パターン B-b, II-i)

- ・国内潜在市場規模: 6.20 GW/年、累計: 88.4 GW (太陽光発電協会のPV想定導入量を基に推計)
- ・販売開始年度までに期待される最大普及量: 10MW (20 kWユニット、500 台販売を想定して推計)
- ・開発機器システム1台当たりのCO2削減量: 1.674 t/年 (従来型PVシステム: 15.216 t/(年・20kW)に対して、キャパシタシステムによる高効率化で16.890 t/(年・20kW)でその差分)
- ・削減原単位: 従来型PVシステム設備利用率: 15 %、開発した新システムでの設備利用率16.65%、開発品によるCO2排出量改善率: 11 %、排出係数: 0.579 kgCO2/kWh、年間CO2削減量: 1,674 kgCO2/(年・台)
- ・累積CO2削減量: 0.753 万t-CO2 累積台数: 500 台、法定耐用年数 9 年 (自家消費での導入想定)
- ・CO2削減コスト: 11,616 円/t-CO2、システム価格想定: 175 k 円/20kW

○2023年時点の削減効果 (試算方法パターン B-b, II-i)

- ・国内潜在市場規模: 5.50 GW/年、累積: 76.4 GW (太陽光発電協会のPV想定導入量を基に推計)
- ・2023年度までに期待される最大普及量: 2023年時点では、最適化されたシステム開発を継続中で、販売には至っていない見込み。
- ・開発機器システム1台当たりのCO2削減量: 1.674 t/年 (従来型PVシステム: 15.216 t/(年・20kW)に対して、キャパシタシステムによる高効率化で16.890 t/(年・20kW)でその差分)
- ・削減原単位: 従来型PVシステム 設備利用率: 15 %、開発したシステムでの設備利用率: 16.65 %、開発品によるCO2排出量改善率: 11 %、排出係数: 0.579 kgCO2/kWh、年間CO2削減量: 1,674 kgCO2/(年・台)
- ・累積CO2削減量: 0 万t-CO2
- ・CO2削減コスト: 販売開始前のため、0円/t-CO2

○2030年時点の削減効果 (試算方法パターン B-b, II-i)

- ・国内潜在市場規模: 8.06 GW/年、累積: 125 GW (太陽光発電協会のPV導入推計量を基に推計)
- ・2030年度までに期待される最大普及量: 400MW (20 kWユニット、20,000 台販売を想定して推計)
- ・開発機器システム1台当たりのCO2削減量: 1.674 t/年 (従来型のPVシステム: 15.216 t/(年・20kW)に対して、キャパシタシステムによる高効率化で16.890 t/(年・20kW)でその差分)
- ・削減原単位: 従来型PVシステム 設備利用率: 15 %、開発したシステムでの設備利用率: 16.65%、開発品によるCO2排出量改善率: 11 %、排出係数: 0.579 kgCO2/kWh、年間CO2削減量 = 1,674 kgCO2/(年・台)
- ・累積CO2削減量: 69.15 万t-CO2 累積台数: 45,900 台、法定耐用年数 9 年 (自家消費での導入想定)
- ・CO2削減コスト: 11,046 円/t-CO2、システム価格想定: 166 k円/20kW

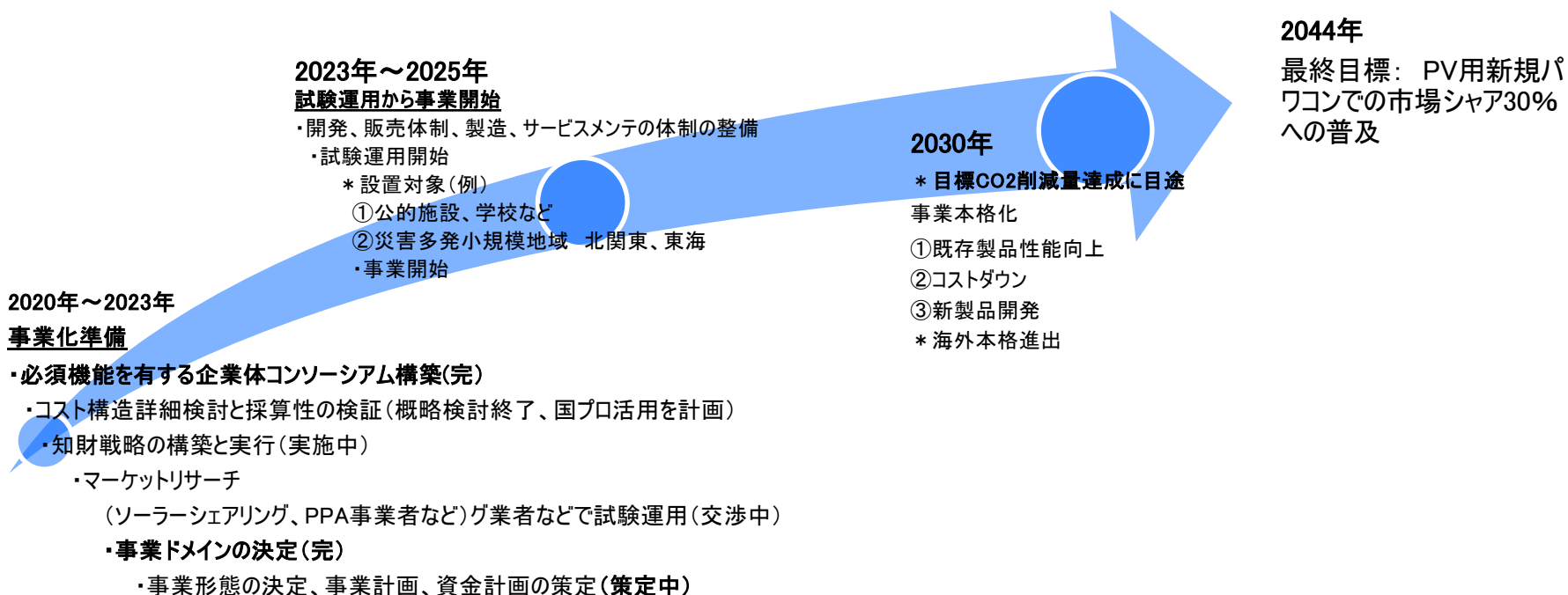
○2050年時点の削減効果 (試算方法パターン B-b, II-i)

- ・国内潜在市場規模: 16.07 GW/年、累積 300 GW (太陽光発電協会のPV導入推計量を基に推計)
- ・2050年度までに期待される最大普及量: 4.822 GW (20kWユニット、241,100台販売を想定して推計)
- ・開発機器システム1台当たりのCO2削減量: 1.674 t/年 (従来型のPVシステム: 15.216 t/(年・20kW)に対して、キャパシタシステムによる高効率化で16.890 t/(年・20kW)でその差分)
- ・削減原単位: 従来型PVシステム 設備利用率: 15%、開発したシステムでの設備利用率: 16.65%、開発品によるCO2排出量改善率: 11 %、排出係数: 0.579 kgCO2/kWh、年間CO2削減量 = 1,674 kgCO2/(年・台)
- ・累積CO2削減量: 4,583 万t-CO2、法定耐用年数: 9 年 (自家消費での導入想定)
- ・CO2削減コスト: 9,035 円/t-CO2、システム価格想定: 136 k円/20kW

○参考資料2 事業化のロードマップ

事業化のロードマップ

ナノハイブリッドキャパシタを利用した太陽光発電システムの事業化に関して、日本ケミコン株式会社が主導し、実施者の他にシステム開発、販売ノウハウを有する企業(体)を含む企業体コンソーシアムを編成して、事業化を推進する



○参考資料3 事業化計画について

年度	2021	2022	2023	2024	2025
新型システム、制御方法の最適化検討	最適化検討				
新型システムでの実証、データ積み上げ	実証・データ積み上げ(新規の国プロ活用を検討中)				
知財対応	知財対応				
マーケットリサーチ		マーケットリサーチ			
生産・販売・整備体制構築			生産・販売などの体制構築		
販売開始、事業本格化					○

①: ユーザーニーズ及び市場の現状と想定される今後の動向

FIT制度の終息...売電目的のPV導入が終息して、買電抑制の自家消費への移行が進む。

事業者のPV導入加速...カーボンニュートラル、SDGsへの取り組みから、CO2排出抑制が企業の重要課題となり、再エネ導入が加速される。PPA事業者により、ユーザーの初期導入コストを抑制して、PV導入が可能となっている。

パネル設置場所の拡大...軽量パネルの実用化で建物壁面など、従来は、設置や日射条件の厳しい場所への導入が可能となり、微弱電力の有効化が受け入れやすくなる。

電力単価の上昇...CO2排出量の問題から、石炭火力による安価な電力の減少や再エネ課徴金の増加で、大手発電事業者の電力単価が上昇すると予想され、自家消費のPV発電導入が加速される。

②: ①を踏まえたコスト目標と事業採算性の見通し

コスト目標...買電コストとシステム導入コストとで、ユーザーの採算性をクリアすることが必要であり、実証を行った大容量キャパシタモジュールと専用パワコンを従来PVへ並列切替式で設置するシステムでは、採算性を確保することに課題がある。

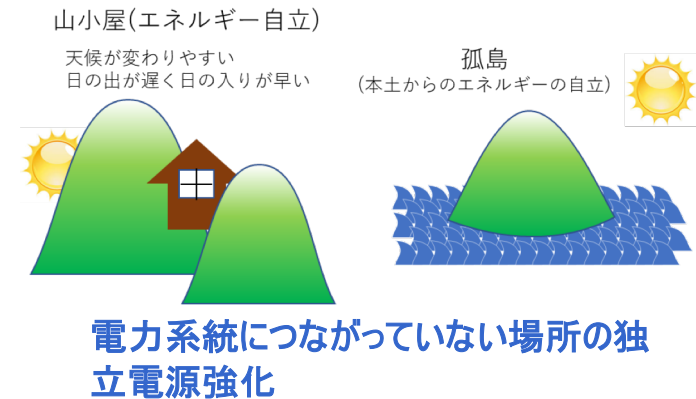
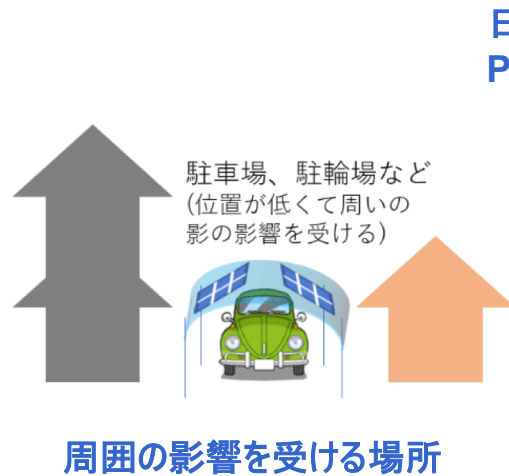
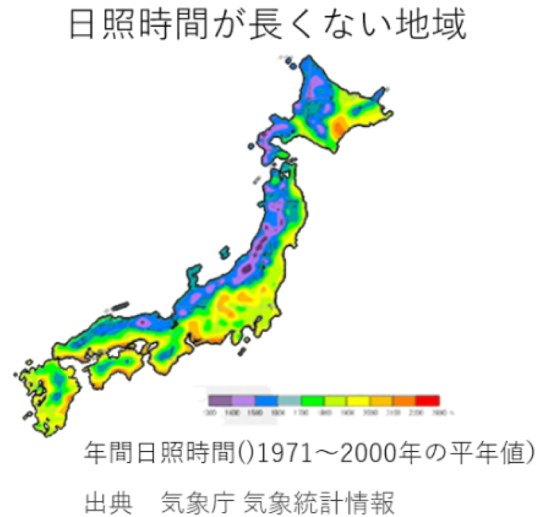
コスト改善策として、回路切替方式から、従来PV回路にキャパシタを並列設置、パワコンは1台構成で、パワコンソフトの変更による新システムで、設備コストを抑制することで、コスト目標を達成できる見込みである。

採算性の見通し...新システムでは、キャパシタ容量の小型化により、既存キャパシタ製品でのシステム構築も選択肢になりえる。販売開始初期の少量生産時には、既存キャパシタでの市販化、生産量の立上り状況に応じて、新型キャパシタへの切り替えにより、生産ライン導入を柔軟に対応することが可能となり、投資回収が容易になる。生産ラインの構築は、マーケットリサーチによる情報を精査し決定する予定。

パワコンは、ソフトウェア開発で、新システムに対応可能を見込み、製品価格への転嫁を最小限に抑える。

以上から、キャパシタコスト+α程度に、製造コストの圧縮が可能となり、十分にユーザーに受け入れられる価格を実現可能と考える。

○参考資料5 開発したシステムの導入先候補



CO2排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 6. 1 点 (10点満点中。(10点:特に優れている、8点:優れている、6点:問題ない、4点:多少問題がある、2点:大きな問題がある))
- ・ 評価コメント

〔評価された点〕

- ナノハイブリッドキャパシタ(NHC)の有用性を定量的に実証し目標をほぼ達成できたこと、太陽光発電利用効率において目標を超える成果が得られたこと、実証した2ウェイ・システムのコストをさらに安価にできる1ウェイ・システムを提案できたこと、さらに20kW級のPVシステムにNHCを組み込むことにより、目標を上回る20%の設備利用率の向上を達成したことは評価できる。

〔今後の課題〕

- 新たな技術の普及には、その有効性とあわせて、コストの優位性が必要である。本事業ではコストの数値目標を示しているが、その優位性についてエビデンスを用いた検討が不十分であるため、本技術の普及の見通しが不明瞭である。総合的に利用率の向上とともにキャパシタ関連の価格も低下することを明確にして社会実装に向けてのコスト低減戦略を示すことが必要である。
- 改良した1ウェイ・システムの実証試験と並行して、様々な形態で行われている太陽光発電に対して、競争力を発揮できる市場におけるビジネスモデルを作成することが求められる。また公的な支援事業も活用して市場参入を図ることも一案と考えられる。
- 本事業の代表事業者ではなく、共同実施者が主体となって事業化する計画であるが、実用機の投入開始時期も後ろ倒しになっており、その実現も保証されておらず社会実装に不安が残る。事業化体制に問題が無いか検討を重ねること。

〔その他特記事項〕

- 事業期間終了後においても、特許を含め得られた成果を積極的に公表してほしい。
- 共同実施者が事業化を担うとしているが、開発・実証で得られた知見や特許などの帰属等について、十分に調整すること。

〔事業化に向けたコメント〕

- 本事業で実証した太陽光発電利用効率向上の成果を事業化に結びつけるための新たな改善提案である1ウェイ・システムによる実証を行い、太陽光発電事業の普及促進に繋げることを期待する。FIT価格の低下により収益が減少して事業意欲が減退する傾向の中で、既存のソーラーパネルを対象に付帯設備導入費を追加することで発電効率を向上できる本技術は、導入により経済性が向上することを既存施設での実証試験で明らかにすることが事業化を加速するために必要である。