

太陽光発電における気象要素を組み込んだ 統合制御システム

竹島 孝一^{*1} 小林 靖雄^{*2} 植田 英治^{*3} 真島 隆司^{*4}
Takeshima Koichi Kobayashi Yasuo Ueda Eiji Majima Takashi

カーボンニュートラル、脱 CO₂ 社会の実現を目指すため、環境省よりの委託業務（「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）として、太陽光発電（以降、PV）利用率を向上させることを目的とした PV 支援システムの開発、実証試験を 2018 年度から 2020 年度にかけ産学官連携プロジェクトとして実施し、当社もそこに参画した。本稿では、当社が担当した PV における気象要素を組み込んだ統合制御システムの開発について紹介する。

キーワード：太陽光発電、PV システム、ナノハイブリッドキャパシタ、微弱電力、PV 支援システム、気象要素、統合制御システム、CO₂ 排出削減

1. はじめに

一般的な PV システムでは、パワーコンディショナー（以降、PCS：Power Conditioning System）で、PV パネルから発電した太陽光発電電力を交流に変換し電力系統に供給している。しかしながら、雨天、曇天時など日射量が少なく太陽光発電電力が微弱電力状態のときに、PCS では交流電力に変換できない問題がある。

本事業では、これまで変換できなかった微弱電力を、ナノハイブリッドキャパシタ（以降、NHC：Nano-Hybrid Capacitor）に蓄積したのち、PCS で交流に変換し電力系統に供給可能な PV 支援システムを図 1 の体制で開発し、従来の PV システムに付加することにより太陽光発電利用率を向上させた。

当社は、PV システムおよびそれに付加する PV 支援システムの統合制御システムの開発を担当した。統合制御システムは、システムの運転に必要な情報類（運転情報・気象情報）を収録・解析、それらを活用して最適に制御するよう開発を実施した。

2. PV 支援システム

PV 支援システムは、2018 年度から開発を開始し 2020 年度に完成、東京農工大学 140 周年記念会館（以降、農工大 ZEC：Zero Emission Center）近辺の仮設建屋に設置し、農工大 ZEC の PV システムを利用して実証試験を実施した。写真 1 に農工大 ZEC 近辺の航空写真を用いて仮設建屋の場所を示す。

*1：制御システム事業部 産業システム部 IoT ソリューショングループ

*2：元制御システム事業部 防衛・宇宙システム部 課長（現株式会社 IHI 物流産業システム ロジスティクス BU プロジェクト部 制御設計グループ）

*3：制御システム事業部 産業システム部 部長

*4：制御システム事業部 調査役

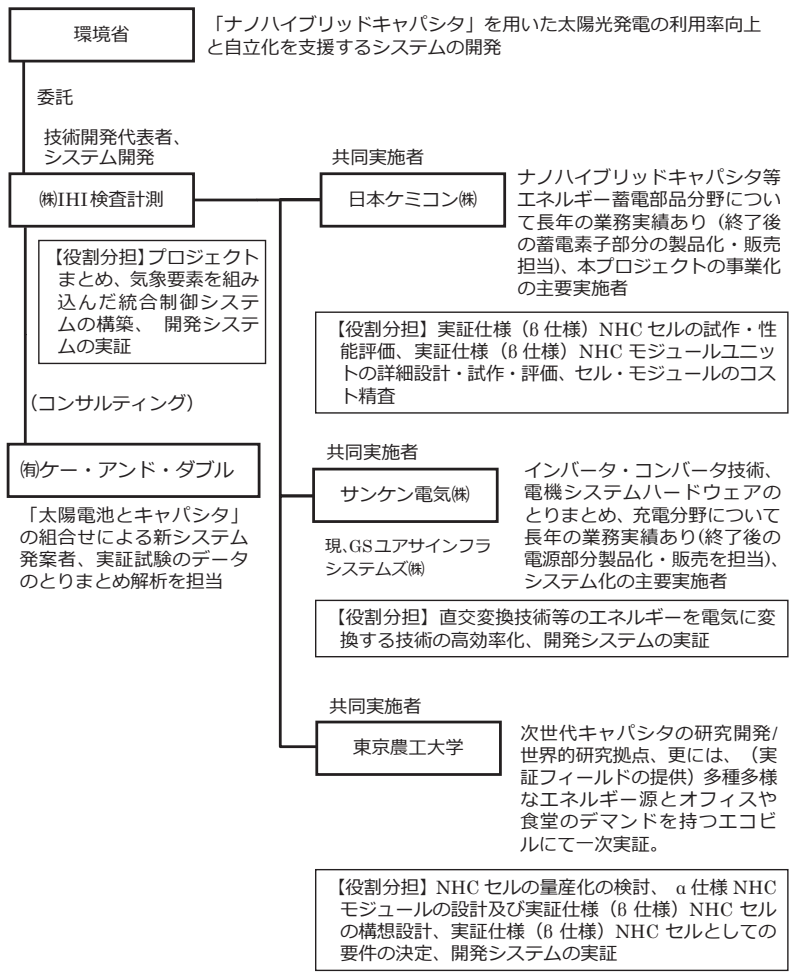


図 1 委託事業の実施体制図

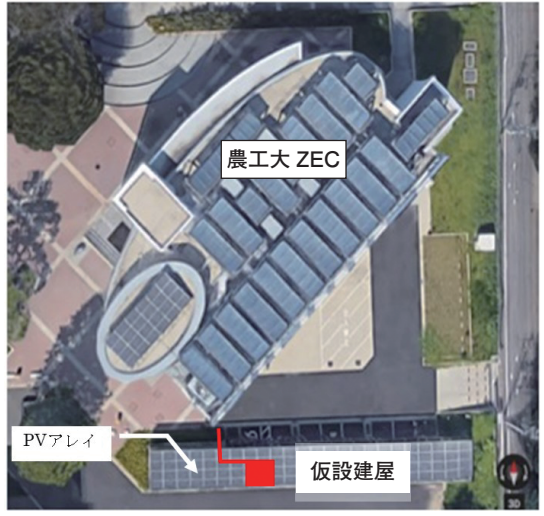


写真 1 実証施設⁽¹⁾

2.1 システム構成

PV システムでは、PV アレイで発電した太陽光発電電力を PV 用 PCS で直流から交流に変換した後、電力系統に直接供給する。今回は、これに加え開発した PV 支援システムは、太陽光発電電力が微弱電力状態のときに微弱電力を電力系統で利用可能な電力量に達するまで NHC に蓄積したのち、キャパシタ用 PCS で直流から交流に変換し電力系統に供給する。PV システムおよび PV 支援システムのシステム構成図を図 2 に示す。また、PV システムおよび PV 支援システムを構成する機器を表 1 に示す。

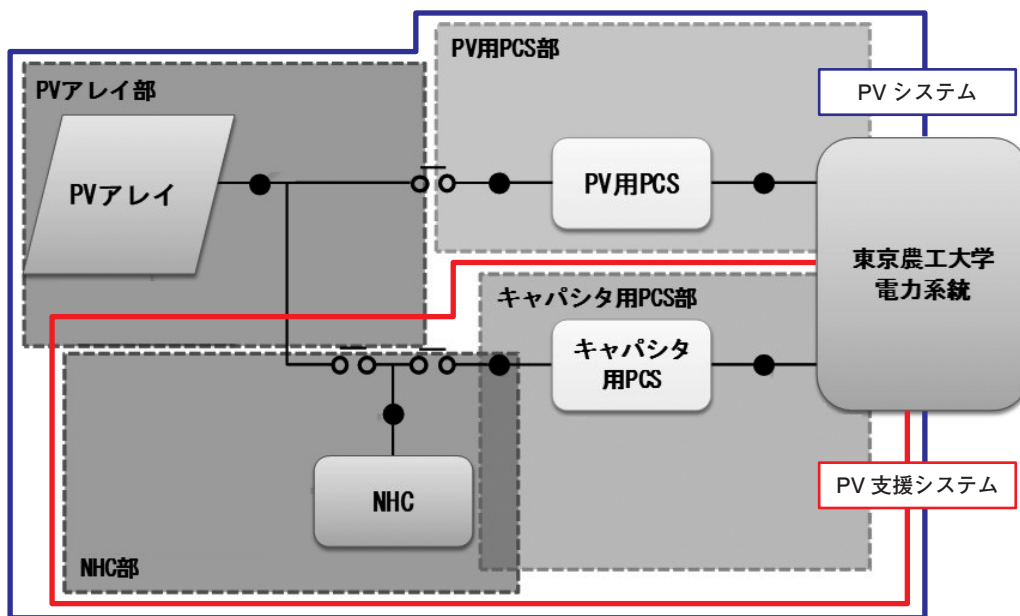


図2 PVシステムおよびPV支援システム構成図

表1 PVシステムおよびPV支援システム構成機器一覧

No.	構成機器	概要
1	PVアレイ	複数のPVパネルを並べて結線したもの。
2	NHC	従来のキャパシタよりも高容量、高出力なキャパシタ。日本ケミコン担当。
3	PV用PCS	PV電力を交流に変換する装置。サンケン電気担当。
4	キャパシタ用PCS	NHCからの放電電力を交流に変換する装置。サンケン電気担当。

3. 統合制御システム

3.1 システム構成

統合制御システムでは、制御に必要な情報を収集するための電力計や気象計、および電力供給の状態を変化させるためのコンタクタ（以降、MC：electromagnetic contactor）を配置し、システムを制御した。統合制御システムのシステム構成を図3に、構成する機器を表2に示す。

3.2 制御アルゴリズム

太陽光発電利用率の向上のためには、NHCに回収できずに損失する微弱電力量の低減が課題となる。この課題の解決を目的とし気象情報を用いた制御アルゴリズムを開発した。

開発した制御アルゴリズムは、4種類の運転モードを有し、気象情報・運転情報により適切な運転モードを選択、統合制御システム各所のMCをON・OFFして電力供給の状態を変化させることによりシステムを制御する。以下に4種類の運転モードと各運転モードの切り替え条件を示す。

(1) PV用PCS運転モード

PV用PCS運転モードは、PV出力電力が微弱電力状態でないときに、PV出力電力をPV用PCSで直流から交流に変換し電力システムに直接供給するためのモードとなる。PV用PCS運転モードでの電力の流れを図4に示す。

(2) NHC充電運転モード

NHC充電運転モードは、PV出力電力が微弱電力状態のときにNHCに充電するためのモードで

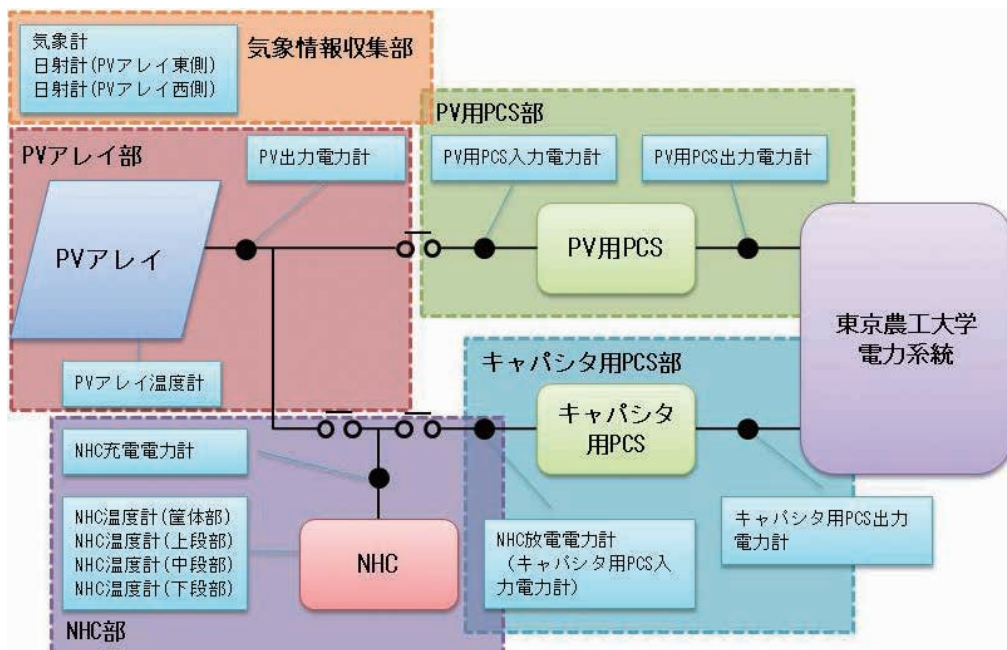


図3 統合制御システム構成図⁽¹⁾

表2 統合制御システム構成機器一覧

No.	構成機器	概要
1	電力計（6台）	PV電力等、各部の電力を収集する測定器。
2	MC（3台）	電磁石の動作によって電路を開閉する開閉器。
3	気象計（1台）	周辺の気象情報を収集する測定器。
4	日射計（2台）	PVパネルへの日射量を測定する測定器。
5	温度計（5台）	PCアレイ、NHCの温度を測定する測定器。
6	制御用PC	制御ソフトウェアを動作させるPC。

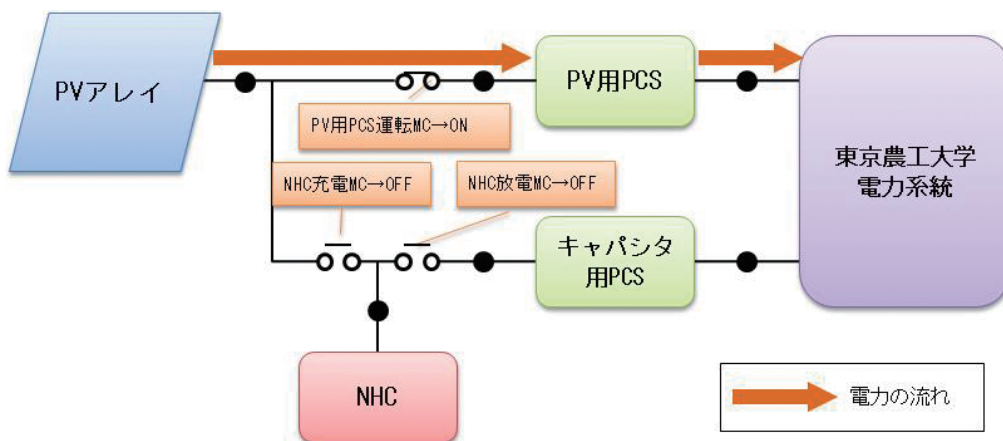


図4 PV用PCS運転モード⁽²⁾

ある。NHC 充電運転モードでの電力の流れを図 5 に示す。

(3) NHC 放電・キャパシタ用 PCS 運転モード

NHC 放電・キャパシタ用 PCS 運転モードは、NHC 充電が完了かつ微弱電力状態のときに、NHC に蓄えた電力を放電、PV 出力電力とあわせてキャパシタ用 PCS で直流から交流に変換し電力系統に供給するためのモードである。NHC 放電・キャパシタ用 PCS 運転モードでの電力の流れを図 6 に示す。

(4) NHC 放電・PV 用 PCS 運転モード

NHC 放電・PV 用 PCS 運転モードは、NHC 充電

が完了かつ微弱電力状態でないときに、NHC に蓄えた電力を放電しキャパシタ用 PCS で直流から交流に変換しつつ PV 出力電力を直接、電力系統に供給するためのモードである。NHC 放電・PV 用 PCS 運転モードでの電力の流れを図 7 に示す。

(5) 運転モードの切り替え

4 種類の運転モードは、図 8 で示す条件で切り替える。十分な日射量がある場合は PV 出力電力を直接、電力系統に供給する (PV 用 PCS 運転モード)。日射量が減少し微弱発電状態となったときは、NHC への充電 (NHC 充電運転モード)、NHC から電力系統への放電 (NHC 放電運転モード) を

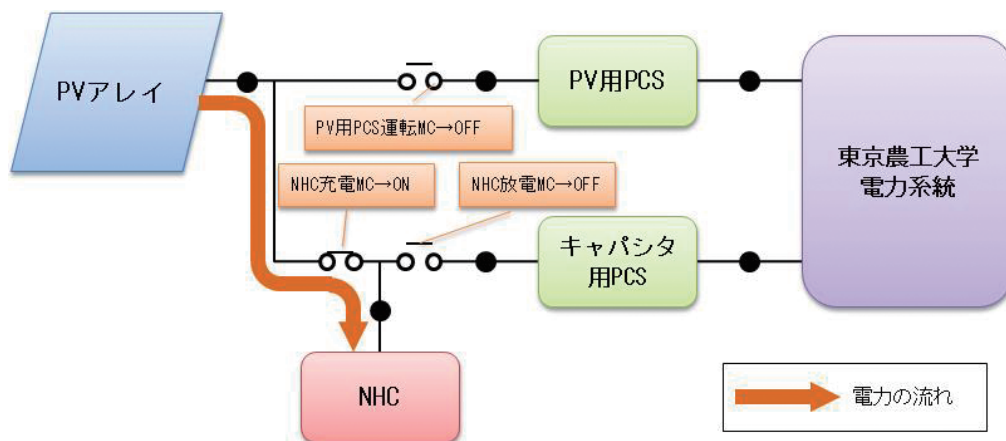


図 5 NHC 充電運転モード⁽²⁾

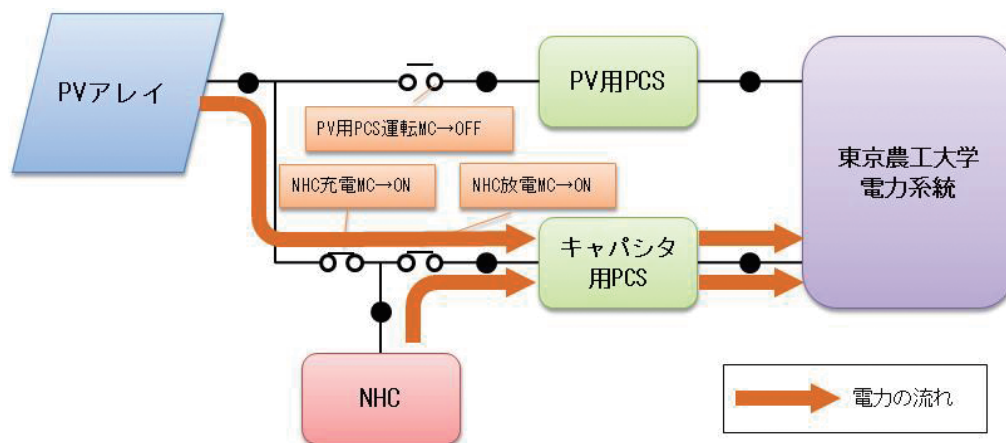


図 6 NHC 放電・キャパシタ用 PCS 運転モード⁽²⁾

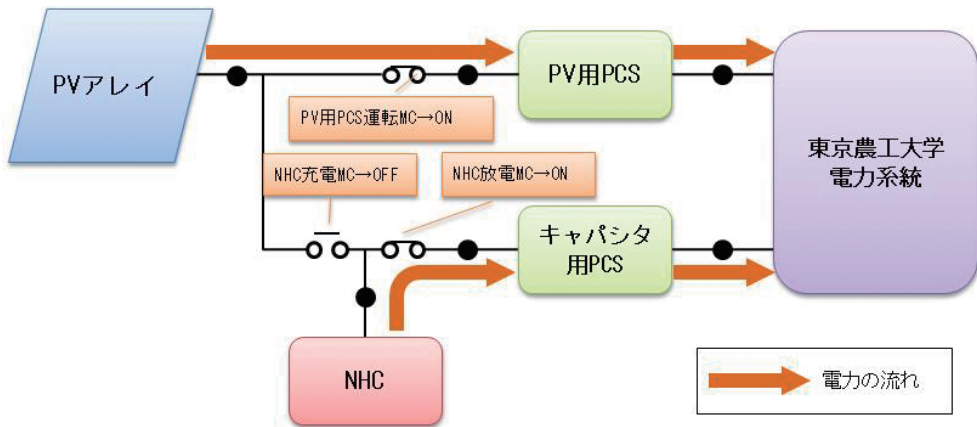


図7 NHC 放電・PV用PCS 運転モード⁽²⁾

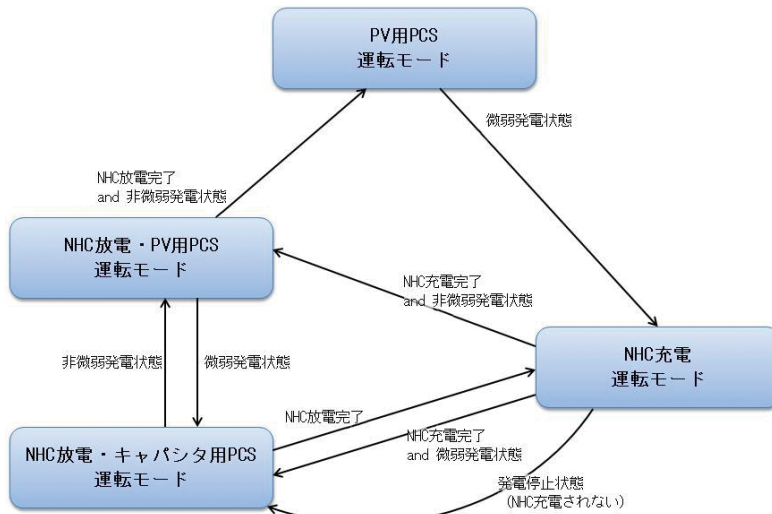


図8 運転モードの切り替え⁽²⁾

繰り返す。また、NHC 放電中に PV 出力電力が微弱発電状態でなくなったときには、NHC 放電と並行し PV 出力電力を直接、電力系統に供給する (NHC 放電・PV 用 PCS 運転モード)。また、微弱電力状態とは、PV 出力電力が「微弱電力閾値^{しきい}」以下の場合と規定した。

3.3 気象情報を用いた微弱電力閾値切替アルゴリズム

PV 用 PCS は PV 出力電力を受電し始めてから起動し、変換された電力が電力系統に出力されるま

でに 20 秒程度の時間遅延がある。この遅延時間は運転モードの切り替え時の PV 用 PCS 起動の度に発生し PV 出力電力の損失の原因となる。また、曇天時など PV 出力電力 (≒日射量) が微弱電力閾値近辺で変動しているときに、微弱電力状態・非微弱電力状態が頻繁に切り替り、結果、運転モードの切り替えの頻度が高くなる (図 9)。

統合制御システムでは、気象情報を用いて微弱電力閾値を自動で変動させることにより、運転モードの切り替えの頻度を減らし、PV 出力電力の損失を低減させている。

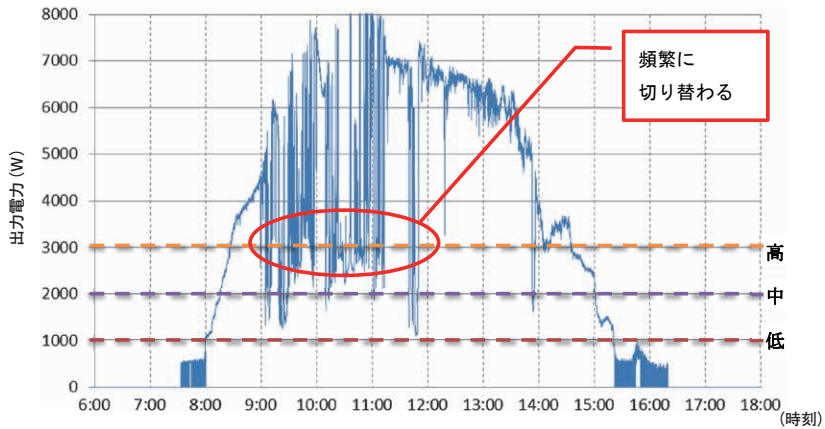


図9 曇天時のPV出力電力の例⁽¹⁾

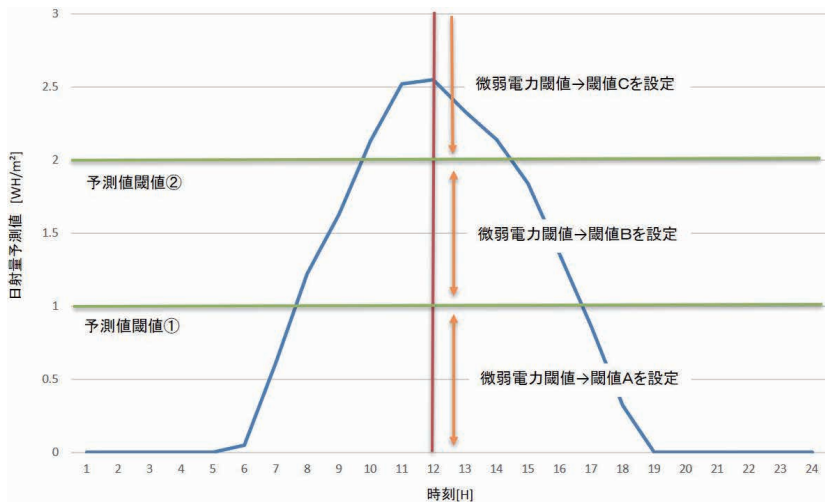


図10 日射量予測値と微弱電力閾値設定値の関係⁽²⁾

微弱電力閾値切替アルゴリズムは、日射量予測値からPV出力電力の変動の頻度を予想し、それに応じた微弱電力閾値を設定することにより、PV出力電力の損失の低減を図っている。日射量予測値に応じた微弱電力閾値は月ごと(季節ごと)にあらかじめ決めておき、気象庁の日射量予測データ提供サービスなどから取得した日射量予測値に対応する微弱電力閾値を設定する。微弱電力閾値切替アルゴリズムで用いる閾値の関係(高:閾値C、中:閾値B、低:閾値A)を図10に示す。また、微弱電力閾値切替アルゴリズムの処理フローを図11に示す。

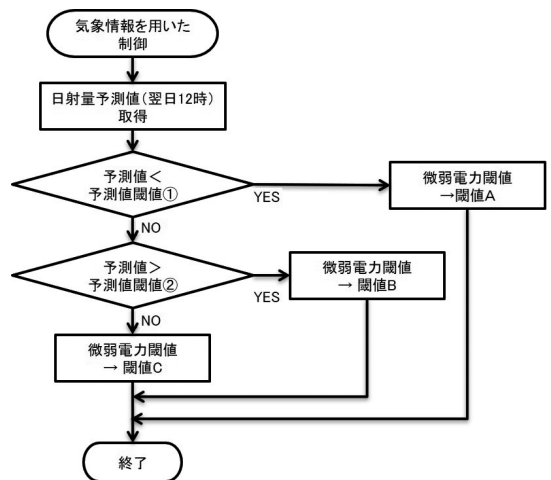


図11 微弱電力閾値切替アルゴリズム処理フロー⁽²⁾

4. おわりに

環境省からの当社への委託業務（「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）は2020年度に完了した。

当社としては、本事業に参画したことにより環境省のカーボンニュートラルへの取り組みに貢献することができた。また、2021年度以降は、環境省および共同実施者により事業化を目指し、試作したPV支援システムを用いて実証試験を実施している。

CO₂排出量の削減は重要な社会的課題であり、当社は今後もCO₂削減技術の開発に取り組んでいく。

謝辞

本稿は、環境省委託業務「CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」の一環であり、本稿の掲載について、快諾していただいた環境省殿、国立大学法人東京農工大学殿、日本ケミコン株式会社殿、サンケン電気株式会社殿（現、GSユアサインフラシステムズ株式会社殿）、有限会社ケー・アンド・ダブル殿に心から感謝いたします。

参考文献

- (1) 株式会社 IHI 検査計測、国立大学法人東京農工大学、日本ケミコン株式会社、サンケン電気株式会社（現、GS ユアサインフラシステムズ株式会社）：平成 31 年度 CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業（「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）委託業務成果報告書、2020
- (2) 株式会社 IHI 検査計測、国立大学法人東京農工大学、日本ケミコン株式会社、サンケン電気株式会社（現、GS ユアサインフラシステムズ株式会社）：令和 2 年度 CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業（「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）委託業務成果報告書、2021



制御システム事業部
産業システム部
IoT ソリューショングループ
竹島 孝一

TEL. 042-523-8313
FAX. 042-523-8320



制御システム事業部
産業システム部
部長
植田 英治

TEL. 042-523-8313
FAX. 042-523-8320



元制御システム事業部
防衛・宇宙システム部 課長
（現株式会社 IHI 物流産業システム
ロジスティクス BU プロジェクト
部 制御設計グループ）
小林 靖雄

TEL. 042-523-8319
FAX. 042-523-8320



制御システム事業部
調査役
真島 隆司

TEL. 042-523-8315
FAX. 042-523-8320