

太陽光発電を取り巻く状況と NTTファシリティーズの取り組み事例紹介

気候変動問題解決やクリーンエネルギービジネス拡大の期待から、国内外において太陽光発電が注目されています。一方で、太陽光発電の導入量が増加すると、商用の電力系統において電圧変動などの問題が生じると懸念されます。このような動向を踏まえて、NTTファシリティーズでは、大規模太陽光発電に関する実証研究に取り組んでいます。ここでは、太陽光発電を取り巻く状況と当社の取り組み事例を紹介します。

太陽光発電への期待

気候変動問題解決のための二酸化炭素排出量削減に対する期待から、太陽光や風力をはじめとする再生可能エネルギーの導入量は今後ますます増加すると予想されています。これらのエネルギーは、太陽光発電や風力発電により、最終的にクリーンで便利な電気エネルギーとして使用されることが一般的です。特に太陽光発電は、環境汚染や騒音の心配がない、計画から設置までのリードタイムが短い、といった特長から、導入に対する障壁が低い発電システムです。さらに、太陽エネルギーは地域による偏在性が小さく国内でも導入量のポテンシャルが高いことに加えて、日本が太陽電池の開発・導入を先導してきました。このような背景から、太陽光発電の導入量拡大、および関連するクリーンエネルギービジネス拡大に対する期待が、国内において年々高まっています。

2020年までの国内における太陽光発電システムの導入量目標を図1に示します。2008年6月に福田元首相が提唱した、いわゆる福田ビジョンでは、導入量を2005年比で10倍にすることが目標として掲げられ、その目標は2009年4月の麻生前首相の成長戦略によって20倍へ引き上げられました。さらに、鳩山首相が2009年9月の国連気候変動首脳会合の開会式において、2020年に二酸化炭素排出量を1990年比で25%削減することを日本の新たな中期目標として宣言しました。この目標は、導入量を2005年比で55倍程度に引き上げることに相当すると試算されています⁽¹⁾。また、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における2030年に向けたロードマップでは、2030年までの導入量を100 GW程度、すなわち全電力の10%を太陽光発電システムから供給できるとしています⁽²⁾。

これまでの国内における一般的な太陽光発電システムの設置形態は、ビルや戸建・集合住宅など建造物の屋上・屋

根が中心でしたが、導入量目標達成のために、今後はメガソーラーといわれるMW級の大規模太陽光発電システムの建設が必要になると予想されます。

太陽光発電システムの構成

太陽光発電システムの主な構成要素を図2に示します。太陽光発電システムは、数十枚の太陽電池セルを基材上で接続してパネル状にした太陽電池モジュール（モジュール）、モジュールを直並列に結線し架台に固定した太陽電池アレイ（アレイ）、アレイからの直流出力を交流に変換するパワーコンディショナ（PCS: Power Conditioning Subsystem）で構成されています。このほかにも、出力電圧のアンバランスによる逆電流を防止する逆流防止素子、アレイの点検や保護のために回路を切り離す開閉器や遮断器、電力量を計る計測器など、種々の関連機器や部品が使用されています。

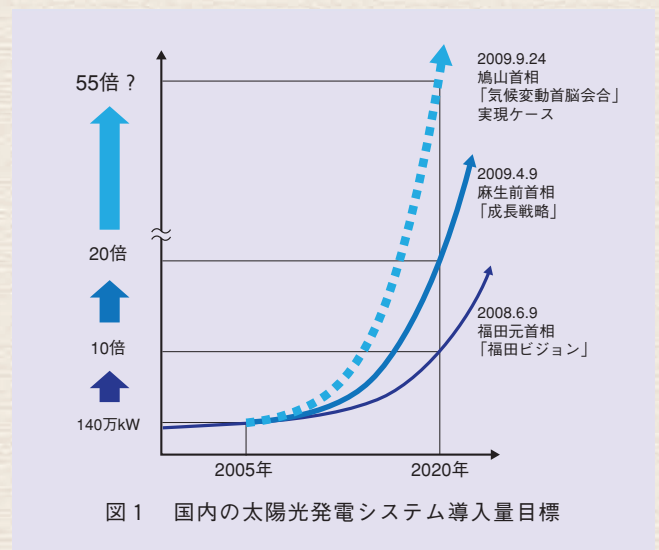


図1 国内の太陽光発電システム導入量目標

多様化する太陽電池

1839年にベクレルが物質に光が当たると電気が発生すること（光起電力効果）を発見し、1954年にピアソンらがシリコン（Si）太陽電池を発明しました⁽³⁾。当時のSi太陽電池は、高価で変換効率も6%程度と低かったため、主に人工衛星や無線中継基地局の通信用電源として用いられました。その後、1973年のオイルショックを契機に各国で電源としての太陽電池の開発が本格化し、現在ではSi太陽電池の変換効率は15%前後まで向上し、価格も年々低下しています。

また、Si太陽電池以外にも、図3に示すように化合物半導体や有機化合物といった多様な太陽電池が開発されています。これまでは結晶系のSi太陽電池が主流でしたが、今後はSi使用量が少ない薄膜Siや、Siを使用しない化合物半導体の太陽電池の導入量が増加すると予想されています。また、変換効率は低いですが、製造コストが低く、軽量でフレキシブルな有機化合物太陽電池も期待されています。

太陽光発電システム連系時の商用系統における課題

太陽光発電システムの出力は、アレイに入射する日射強度に強く依存し、太陽電池の変換効率は温度や光照射履歴の影響を受けるため、出力は天気・気温などの気象条件や設置環境によって変化します。特に雲が流れる晴天日においては日射量が短時間で大きく変動します。このように、太陽光発電システムからは化石燃料を使用する発電設備のように安定した出力を得ることができないため、太陽光発電システムが大量に商用の電力系統へ連系される際には、以下に示す問題が懸念されています。

- ① 連系する商用系統の電圧上昇・変動

- ② 商用系統における周波数変動の増加
 - ③ 需要電力が減少する祝日昼間帯における電力の余剰
- NTTファシリティーズでは、「大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証研究」（NEDOの委託事業）において、大規模太陽光発電システムの実現に向けて①の対策技術を開発しています。以降にその取り組みを紹介します。

山梨県北杜市における実証研究

実証研究では、実験設備として約1.8 MWの太陽光発電システムを山梨県北杜市に構築しました。北杜市は、日照時間が全国年平均2 120時間に対して年平均2 250時間以上と長く、標高が約650 mに位置するため夏でも比較的冷涼です。太陽光発電の発電量は日射量に依存し、結晶系Si太陽電池は高温になると変換効率が低下する特性を有しているため、実証研究サイトは多くの発電量を得るには適した場所です。実証研究の目的は以下のとおりで、2006年度から2010年度の5カ年行われます。

- ① 大規模太陽光発電システムの構築ならびに系統安定化技術の開発
 - ・国内外の先進的なモジュールを用いて大規模太陽光発電システムを構築
 - ・モジュールの特性比較による総合評価・実証試験
 - ・系統安定化機能を有するPCSの開発
 - ・経済性・環境性を考慮したシステム設計
- ② 高調波対策技術の開発
 - ・PCSから発生する高調波の抑制対策技術の開発
- ③ シミュレーション手法の開発
 - ・運用性・経済性・環境性に関する効果を定量的に評価するシミュレーション手法の開発
- ④ 導入時の指針となる手引書の作成
 - ・大規模太陽光発電システムの設置・検討に活用でき、汎用的な指針となる手引書の作成

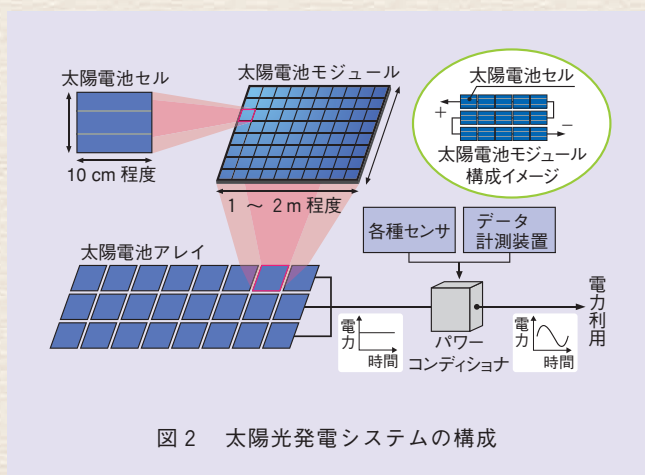


図2 太陽光発電システムの構成

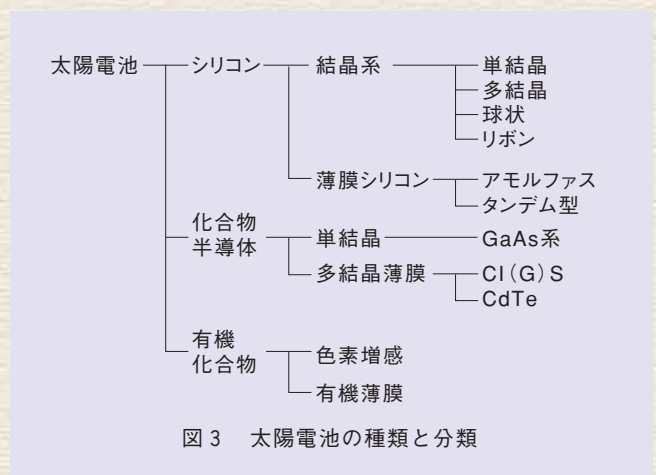


図3 太陽電池の種類と分類

■システム構成

実証研究設備の全景を図4に示します。第Ⅰ期工事では、異種の太陽電池の特性を同一環境下で評価することを目的に、表に示すように9カ国から24種類のモジュールと2つの追尾システムを導入し、約600 kWシステムを構築しました⁽⁴⁾。平板型システムは年間発電量最大化を目的として、方位角南、傾斜角30度（一部のアレイは傾斜角度の違いによる発電特性を評価するために傾斜角15度、45度）で設置しています。また、太陽の軌道に対して、傾斜角30度で方位のみ追従する1軸追尾システムと、傾斜角と方位角が追従する集光型の2軸追尾システムをそれぞれ3 kW導入しています。

第Ⅱ期工事では、経済性、設置性、発電性、環境性、およびそれらのバランスを指標とし、第Ⅰ期に導入したモジュールのうち評価の高い4種類を導入しました。モジュールの種類別に200 kW単位のアレイを構築し、商用系統の電力品質に悪影響を及ぼさないことを目的に新たに開発した大容量PCSとアレイ二組を組み合わせ、400 kWの太陽光発電システムとしています。これを3システム構築して、計1 200 kWの太陽光発電システムとしています。

第Ⅲ期工事では、第Ⅰ期、第Ⅱ期とは種類の異なるモジュールを適用し、さらに太陽光発電システムの故障を模擬する実験システムとして、計40 kW導入しています。

すべての太陽光発電システムは、PCSの入出力電流・電圧・電力に加えて、アレイ中心に位置するモジュールの裏面温度を種類ごとに1カ所計測しています。また、同一環境下でのモジュール特性の評価を目的とするモジュール評価・展示スペースを設け、全種類のモジュール1枚ずつ

* I-V特性：太陽電池の出力電圧に対する出力電流の関係を示す特性で、太陽電池の性能評価に用いられます。



図4 実証研究設備の全景

のI-V特性*およびモジュール裏面温度を取得しています。さらに、気象観測システムを構築し、傾斜日射量、水平面日射量、直達日射量、および分光放射照度分布等を計測しています。

■研究成果の紹介

実証研究の目的のうち、太陽光発電システムの構築と系統安定化技術、高調波対策技術の開発について、得られた成果の一部を以下に紹介します。

(1) 大容量PCS

系統安定化と高調波抑制対策の技術開発を目的に、次の3つの機能を備えた高効率な400 kWの大容量PCSを再委託先と共同で開発しました。

- ① 電圧変動抑制機能：PCSの無効電力を制御することで、太陽光発電の出力に起因する商用系統の電圧変動を抑制する機能。
- ② 瞬時電圧低下（瞬低）発生時の運転継続機能：商用系統で1線地絡事故が発生した場合でも、交流正相電圧が定格の60%以上、継続時間200 ms以下であればPCSの運転を継続させる機能。
- ③ 高調波抑制機能：商用系統の電圧波形歪の影響を考慮した制御系を組み込むことで、PCSから商用系統へ

表 第Ⅰ期工事で導入した太陽電池モジュール

タイプ	製造会社	地域	導入量			
			単位容量 (kW)	台数	合計 (kW)	
シリコン	単結晶	シャープ	日本	10	3	30
		三洋電機	日本	10	3	30
		KPE	韓国	10	1	10
		MOTECH	台湾	10	1	10
		E-TON	台湾	10	1	10
		Isofoton	スペイン	10	3	30
		GE	アメリカ	10	3	30
	SunPower	アメリカ	10	5	50	
	多結晶	シャープ	日本	10	3	30
		京セラ	日本	10	10	100
		三菱電機	日本	10	3	30
		Q-Cells	ドイツ	10	1	10
		ErSol	ドイツ	10	1	10
		Suntech	中国	10	3	30
BP solar		イギリス	10	1	10	
Day4Energy	カナダ	10	3	30		
リボン	Schott Solar	ドイツ	10	3	30	
球状	SST	日本	10	2	20	
アモルファス	カネカ	日本	10	3	30	
	カネカ	日本	10	1	10	
	富士電機システムズ 三菱重工業	日本	10	1	10	
半化導物体物システム	CI (G) S	昭和シェルソーラー ホンダソルテック	日本	10	3	30
	1軸追尾 集光2軸	大同メタル工業 シャープ	日本	3	1	3
合計	23社	9カ国	—	62	599	



図5 大容量PCSとそれを収容するコンテナ

流出する高調波電流を低減する機能。

シミュレーションと実機のみモデルでこれら機能を検証した結果、①連系点の電圧変動を1.6%から0.4%に抑制、②瞬低発生時においても運転継続、③交流電流高調波が各次数で高調波抑制対策ガイドライン⁽⁵⁾の80%以下、をそれぞれ実現し、目標を達成しました。また、変換効率においても95%以上を達成しています。

第Ⅱ期工事で実証研究サイトへ導入したPCS（コンテナ収容）を図5に示します。現在は、開発した機能の効果を検証するため、フィールドでの試験を継続しています。

(2) 発電特性の評価

太陽光発電システムの発電特性は、気象条件・設置環境・システム構成に加えて、モジュールの種類・メーカーによって異なります。そのため、太陽光発電システムの特性はモジュールとシステムの2つの視点からとらえることが重要です。実証研究では、産業技術総合研究所や東京工業大学と連携し、I-V特性からモジュールの温度・照度依存性を評価する手法や、システムの発電性能と発電損失を要因ごとに分離・定量化する手法により、その特性を評価しています。

(3) 低環境負荷を実現する架台

低環境負荷の実現を目的に開発した、モジュールを支持する架台を図6に示します。環境への配慮からコンクリート基礎を使用せず、地面に貫入した杭に架台鋼材を直接固定する工法をとっています。この工法により、コンクリート基礎を使用する通常の架台と比べてライフサイクルでの二酸化炭素排出量を約40%低減しました。また、パイプの間隔を調整することで大きさの異なるさまざまなモジュールを支持することができます。モジュールの取り外しも容易であるため、将来的な再利用も視野に入れています。

太陽光発電の普及に向けて

NTTファシリティーズは、通信施設・オフィス・工場等



図6 モジュールを支持する架台

の全国約400カ所に合計10 MW以上の太陽光発電システムを導入してきた実績と経験を有しています。現在も北杜市での実証研究に加えて、「スクール・ニューディール構想」における学校の省エネ改修や、NTTグループの太陽光発電システムを2012年度末までに計5MW規模まで拡大することを目指す「グリーンNTT」をはじめとする太陽光発電ビジネスを積極的に展開しています。また、太陽光発電システムの設計技術、評価技術に加えて雷害対策技術、故障検出技術などの開発に取り組んでいます。特に、メガソーラーでは1MW当たり約7,000枚ものモジュールを使用するため、モジュール個々の目視点検やI-V特性の計測は困難であることから、少ない計測情報を基に故障を検出する技術の確立を目指しています。

今後もNTTファシリティーズは、太陽光発電のシステムインテグレーターとして、これまで蓄積してきたノウハウを駆使し、企業の環境経営に貢献していく所存です。

■参考文献

- (1) 環境省：“低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策について（提言）,” 2009.2.
- (2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：“2030年に向けた太陽光発電ロードマップ（PV2030）,” 2004.6.
- (3) 桑野：“太陽電池はどう発明され、成長し、どうなるか?,” 太陽エネルギー, Vol.35, No.3, pp.67-75, 2009.5.
- (4) 工藤・高木・小西・田中・植田・伊藤・津野・黒川：“各種太陽光発電システムの評価,” 平21電学全大, 3-S1-7, pp.23-26, 2009.3.
- (5) 資源エネルギー庁：“高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン,” 1994.9.

◆問い合わせ先

NTTファシリティーズ

研究開発本部 パワーシステム部門

TEL 03-5907-6550

FAX 03-5961-6650

E-mail info@rd.ntt-f.co.jp