

特 集 論 文

太陽光発電所建設の概要

—事前検討から運用開始まで—

The Outline of Photovoltaic Power Plant Construction
— From Pre-Consideration to Starting Operation—

田 中 昌 浩* 笹 島 慎 一**
M. Tanaka S. Sasajima
植 木 充 人** 廣 田 光 徳*
M. Ueki M. Hirota

概 要

近年、地球温暖化ガスの削減のため、発電時に二酸化炭素を発生しない自然エネルギーを利用した太陽光発電や風力発電が注目を浴びるようになってきた。その中で、当社では長年、太陽光発電設備の開発・販売を手掛けてきており、2012年には「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（以下FIT⁽¹⁾と記す）」のスタートで、メガソーラーと呼ばれるMWクラスの大規模発電所の建設に携わるようになった。本稿ではメガソーラーシステム構築において必要な、事前検討から運用開始までに検討すべき事項を紹介する。

Synopsis

In recent years, the photovoltaic generation and wind power generation using natural energy which do not emit CO2 at the time of power generation have come under the spotlight for reduction of global greenhouse gases. In the process, for years in our company, we have been moving into development and sale of photovoltaic generation facilities. In 2012, "Feed-in Tariff (described as FIT⁽¹⁾ hereinafter) has started and we have come to engage in construction of large-scale plant of Mega Watt class called Mega Solar. In this paper, the items which should be examined from pre-consideration to starting operation for Mega Solar system construction are introduced.

1. はじめに

当社では太陽光発電設備のコア技術である系統連系用パワーコンディショナ（以下PCSと記す）を1980年代から開発を開始し30年以上の実績を有している。

また、1990年代初めに太陽光発電システム設置に関する助成制度が出来て以降、システム構築の事前検討から施工、運開まで取り組める体制を整えた。

FITに対応した太陽光発電所の事前検討から運転開始までに必要な手続きや検討すべき事項について紹介する。

2. 事前検討段階

メガソーラー発電所では発電事業として採算が得られることが最重要課題となるため、事前検討段階では用地の選定、事業性の検討が主な検討事項となる。

2. 1 用地の選定

メガソーラー設置場所（遊休地、屋根上、屋根貸し含む）を選定し事前に関係省庁へ問い合わせ、設置が可能か検討を行う必要がある。

例えば、農地法（農地転用許可）、都市計画法（開発許可）、土壤汚染対策法（3000㎡以上の形質変更）、自然公園法（国立公園等の景観風致保護）の制限などがある。

2. 2 事業性の評価

用地選定が完了すると、その条件を考慮し、太陽電池の種類、設置方位、傾斜角度を検討し、発電コストが最も小さくなる配置を選定する。本州では一般的に南向きで傾斜20～30°の条件が年間発電量は大きくなるが、所要スペースや架台コストによっては傾斜が小さ

*新エネルギー・環境事業本部
**お客様サービス事業本部

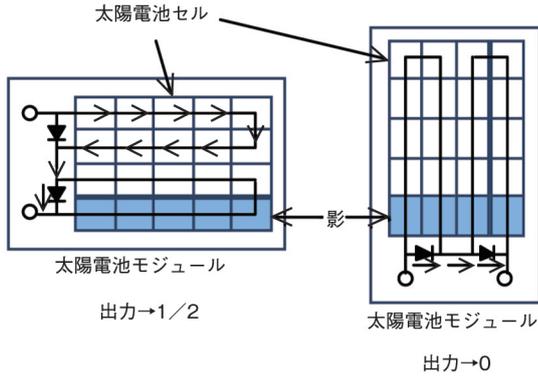


図2 太陽電池と影の影響

さらに、太陽電池は南向きの傾斜架台として南北に配置することが多いため、影が長くなる冬至の9時～15時（南中時刻前後の3時間）に前列の架台の影が後列にかからないよう検討する。

3. 2. 2 太陽電池架台の検討

傾斜、方位を考慮して設置することは当然であるが想定される気象条件（風速、積雪、塩害）、施工性、および費用を考慮して検討する。

一般的に基礎の上に鋼材を組み合わせた架台を構築し太陽電池をその上に取り付けるが、最近では様々な工法が考案されている。

表2.1～表2.7に当社の前橋製作所に検証を重ねて多種類の架台構造を採用した550kW太陽光発電設備の架台と基礎の工法例を示す。大別するとコンクリートで基礎を構成する方法（表2.1～2.7の（A））と、杭打やスクリューで柱を直接地面に埋め込む方法（表2.1～2.7の（B））に分けられる。

コンクリート基礎、ブロック基礎等は打設後の養生期間が必要であるが杭打ち式は柱形成後、すぐに架台を構築することができ比較的短納期で施工が可能である。しかしながら、礫地盤、軟弱地盤など採用に不向きな土地もあることから事前に地盤調査を実施する必要がある。

表2.1 設置場所と基礎工法区分（鉛直杭基礎）

工 法	概 要
	施工写真
鉛直杭基礎 (B)	打撃式杭打機により、杭を垂直に打設する。 

表2.2 設置場所と基礎工法区分（帯状コンクリート基礎）

工 法	概 要
	施工写真
帯状 コンクリート 基礎 (A)	帯状に組み立てた型枠内にコンクリートを打設し、支柱はコンクリートにボルト固定する。 

表2.3 設置場所と基礎工法区分（鋼製型枠ブロック基礎）

工 法	概 要
	施工写真
鋼製型枠 ブロック基礎 (A)	予め組立てた鋼製型枠（防錆処理）を設置し、コンクリートを打設する。鋼製型枠は撤去しない。 

表 2.4 設置場所と基礎工法区分（ブロック基礎）

工 法	概 要
	施工写真
ブロック基礎 (A)	<p>ブロック状に組立てた型枠にコンクリートを打設。プレキャストの場合はコンクリートブロックを設置。</p> 

表 2.7 設置場所と基礎工法区分（傾斜杭基礎）

工 法	概 要
	施工写真
傾斜杭基礎 (B)	<p>打撃式杭打ち機のリーダーを傾斜させ、杭に傾斜をつけて打設する。</p> 

表 2.5 設置場所と基礎工法区分
(セメント地盤改良併用基礎、コンクリート柱併用基礎)

工 法	概 要
	施工写真
セメント地盤改良併用基礎 (B) コンクリート柱併用基礎 (B)	<p>地盤改良若しくは、コンクリート柱の基礎を地中内に設ける。</p> 

また、積雪地域は傾斜角を30°以上として積もり難くするとともに、パネル下端が落雪した雪よりも高い位置になるよう架台脚部を嵩上げする必要がある。落雪した雪が太陽電池と繋がると昼夜の温度差で融雪凝固を繰り返し沈降力が発生して太陽電池が破損する恐れがあるため注意が必要である。(図3参照)

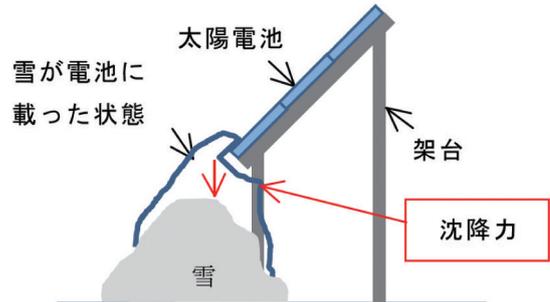


図 3 太陽電池架台設置の悪い例

表 2.6 設置場所と基礎工法区分
(スパイラル杭基礎)

工 法	概 要
	施工写真
スパイラル杭基礎 (B)	<p>回転式圧入機により、らせん状に加工された杭を打設する。杭と支柱はボルト接合する</p> 

3. 2. 3 接続箱の検討

太陽電池、PCSが決定すると、太陽電池の出力を集電する接続箱および接続箱の出力を集電する集電箱を以下の通り選定する。

①配置の検討

内線規程、JIS C 8954⁽⁵⁾等を参考に直流側のPCSまでの集電損失を考慮し、ケーブルサイズやルートも含め検討を行う。図4の様に回路数と配置でケーブルサイズが異なるため、接続箱レイアウトはケーブル工事を含めたトータルコストが最小となる配置を検討する必要がある。

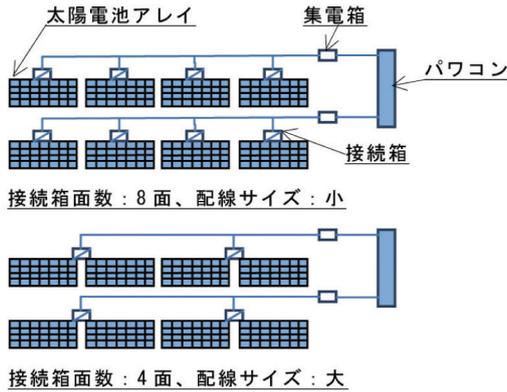


図4 接続箱配置検討の例

②設置方法の検討

接続箱には部分的な影の影響などで各回路に電圧差が生じて太陽電池へ逆流しないよう、ダイオードを各回路に設置している場合が多い。ダイオードの放熱をよくするため、通常は傾斜架台の下の直射日光の当たらない箇所に設置するが、折版屋根などで直射日光が当たる部分にしか設置できない場合は、遮光板により盤内温度上昇を抑える。(図5参照)

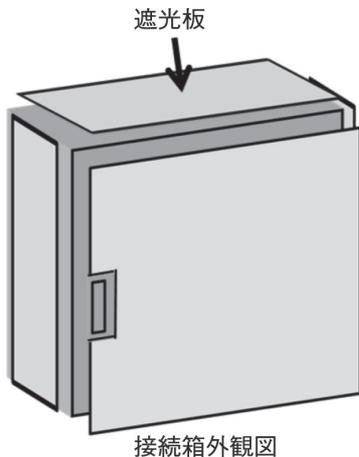


図5 接続箱の直射日光対策の例

3. 2. 4 PCSの検討

当社は屋外形を中心に100kW、250kW、および500kWでPCSをシリーズ化している。設置条件により選定する際に特に注意すべき部分について以下に記載する。

①設置環境条件の検討

100kW、250kWのPCSの冷却方法は一般地域向けの換気ファンを用いた強制換気方式と塩害や寒冷地向けの外気を遮断した空調方式の2種類が有る。また、

500kW器では空調+強制換気方式のハイブリッドタイプと空調のみで冷却するオールエアコンタイプをシリーズ化している。

特に塩害や積雪、低温を考慮する必要がある地域では内部機器を保護するため外気が侵入しないようにして空調機により冷却する構造を採用している。(表3参照)

表3 冷却方法の区分

	100kW 器	250kW 器	500kW 器
一般地域	強制換気 (屋外形、または屋外盤に収納)	強制換気 (同左)	強制換気+空調 (ハイブリッドタイプ)
塩害、寒冷地域	空調 (パッケージ収納)	空調 (同左)	空調 (オールエアコンタイプ)

②高調波抑制対策

PCSではなくパッケージの空調機が問題となる場合があるので対策が必要な場合は空調機器用のアクティブフィルタなどの高調波対策機器を設置する。

③FRT⁽⁶⁾要件について

ガイドラインで2014年4月からと2017年4月からの2段階で適用されるFRT要件について当社では2014年8月頃を目途に最終要件に対応したPCSに切り換えを進めている。

3. 2. 5 受変電設備の検討

当社の100、250kWPCSは絶縁変圧器を内蔵しているためシステム容量に併せて複数台の並列運転が可能であり、受変電設備は一括の昇圧変圧器で構成している。(図6)

また、500kWPCSを用いたシステムは小型化と熱設計の面から変圧器を別に設け系統に連系するシステムとしている。(図7)

設備の構成については地絡、短絡の保護を行うとともに以下について検討を行う。

①変圧器励磁突入電流の対策

大容量になると変圧器の励磁突入電流により系統に瞬時電圧低下や受電設備の遮断器トリップがないか連系協議の時に系統条件を確認しておく必要がある。また、そのような場合は限流投入機能を持った開閉器の追加もしくは励磁突入電流を抑えた変圧器の検討が必要である。

②取引用メータ

売電メータのVT配線をCTよりPCS(発電設備)側に付けVTの自己消費VAを計量しないよう配線する必

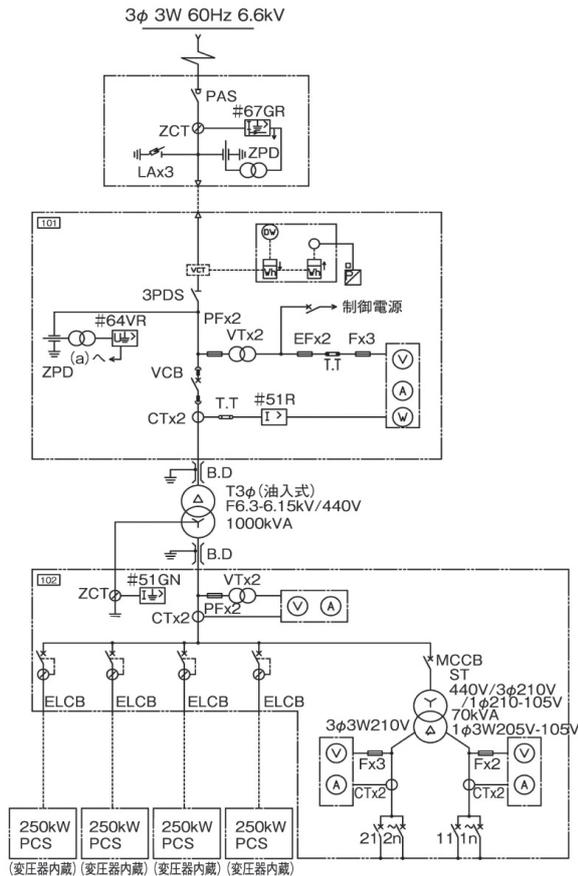


図6 250kWPCS4台の1MW設備構成例

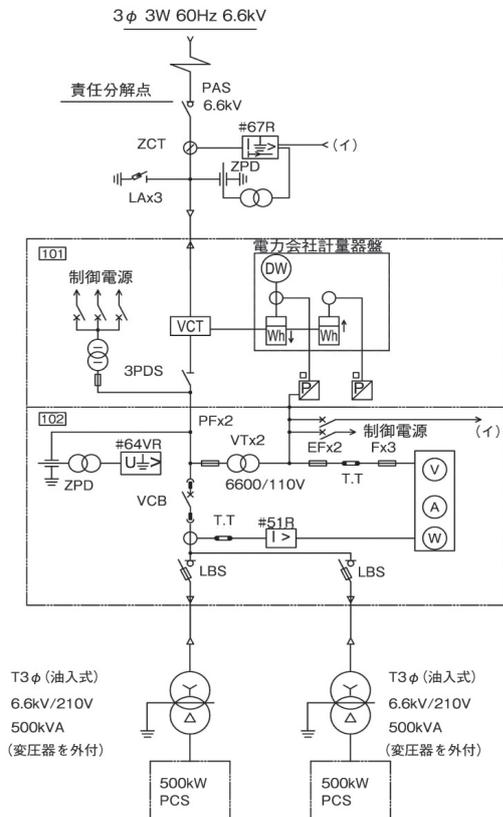


図7 500kWPCS2台の1MW設備構成例

要がある。

③計測項目の検討

PCSの計測データ（直流入力、交流出力など）と必要に応じて受変電設備の状態等、計測情報として必要な情報を信号出力できるよう事前検討が必要である。

3.2.6 監視装置の検討

2MW未満の設備では電気主任技術者の選任が不要で、監視員が常駐しないことが多いため、遠隔発報の監視装置を設置し、受変電設備、PCSなどの異常を検知して電気主任技術者へ連絡するシステムを構築する。(図8参照)

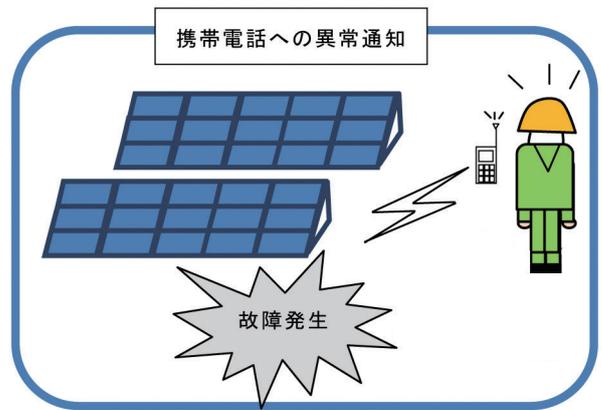


図8 監視装置イメージ図

また、表4の様に監視カメラや防犯設備、太陽電池の回路毎に監視するストリング計測、および、遠方制御などの機能も顧客のニーズに合わせて検討する必要がある。

表4 監視装置他付帯設備の機能

設備	機能
監視装置	故障時電気主任技術者へメール発報
監視カメラ	現場の状況を撮影
防犯設備	侵入時警報・威嚇
ストリング計測	太陽電池の回路毎の状態を計測
遠方制御	遠方から発停などの操作が可能

3. 3 施工

表5に示す流れで作業をするが基礎打設、架台組立、太陽電池据付、電気設備据付、配線の施工時の留意点を以下に示す。

表5 施工の工程概要 (2MWの地上設置の例)

		月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
契約、調査、製作等	契約関係													
	現地調査													
	付近住民説明													
	測量・地質調査													
	詳細設計													
	設計・機器製作 その他関係法令調査													
工事工程	仮設/場内整備/測量													
	外周フェンス工事													
	盤類基礎/接地極埋設													
	電線路工事													
	パネル基礎/架台工事													
	パネル取付													
	電気工事													
	試験調整/使用前自主検査													
	系統連系													
	安全管理審査													

3. 3. 1 基礎工事

太陽電池を地上設置する場合はコンクリート基礎の上に架台を組むことが多いが、現在ではよりコンクリートが少なくすむ工法（例えば穴を深く掘り、支柱を埋め込みコンクリートの量を減らす。）や直接架台柱を打ち込む杭工法など様々なものが考案されているため、現地の地盤の条件を考慮し最適な基礎工事をおこなう。

3. 3. 2 太陽電池の据付

太陽電池の破損の要因になるため、衝撃を加えたり、工具を落としたりしないよう慎重に設置しなければならない。また、風雨が激しい場合は据付を延期するなど工程調整も必要である。

3. 3. 3 配線工事

主な注意点は以下のとおりである。

太陽電池は光が当たると電圧が発生するため施工に際しては誤ってショートさせないように注意する。

太陽電池を直並列に配線するが太陽電池の出力は直流のため極性を間違えないよう配線をする必要がある。

また、広い敷地に設置する場合が多いため、誘導雷などの対策のため太陽電池架台や機器のアースを確実にを行い、等電位ボンディングなどで各設備のアースに

電位差が生じないように検討する必要がある。

PCSはJIS C 8980⁽⁷⁾の交流側雑音端子電圧の測定をして既定の範囲内になるよう規格を満足したものであるが、アースや配線の引き回しによりラジオノイズが発生する可能性があるため、ケーブルのシールドや隔離など必要に応じて対策を実施する。

3. 4 現地試験

客先引渡し前に太陽光発電設備各機器の動作を確認するとともにシステムが正常に機能しているか現地調整試験を行い評価する。最終的な組み合わせ試験は現場でしかできないため計画通りの出力が出ているか検証も必要である。

また、2MW以上のシステムにおいては経済産業省の安全管理審査を受ける必要があり、その使用前自主検査の項目については表6の項目について確認する必要がある。

表6 使用前自主検査の項目例

項目	内容
(1) 外観検査	設置状況の確認。
(2) 接地抵抗測定	接地抵抗値の確認。
(3) 絶縁抵抗測定	絶縁抵抗値の確認。
(4) 絶縁耐力試験	絶縁の異常の有無の確認(*1)
(5) 保護装置試験	保護装置の正常動作を確認。
(6) 総合インターロック試験	事故を模擬し設備が安全に停止することを確認。
(7) 制御電源喪失試験	制御電源喪失時に設備が正常停止することを確認。
(8) 負荷遮断試験	事定格の出力の1/4~4/4までの負荷遮断時の異常の有無を確認>(*2)
(9) 負荷試験 (出力試験)	連続運転時(定格出力)に異常がないことを確認>(*3)

(*1) : 電技解釈16条第5項第2号に適合する絶縁性能を有することが確認できた太陽電池モジュールについては、現地での絶縁耐力試験は省略可。

(*2) : 必要な負荷運転での現地試験の実施が困難であった場合は工場試験の結果から判断して支障ないと認められるものについては記録により確認できるものとする。

(*3) : JEC-2470(2005)に基づく温度上昇試験を実施したことを確認できた逆変換装置については現地での負荷試験は省略できるものとする。

4. 太陽光発電所建設における今後の課題

メガソーラー太陽光発電所の建設においては事業性を確保するとともに分散電源の大量導入による系統条件の変化に対応し、よりユーザの使い勝手を考慮したシステム

とすることが今後の課題となってくる。詳細を以下に記載する。

①事業性の確保

毎年減額されていくFITの買取価格に対し、今後も事業性を確保して行く工夫が必要となる。特にシステム価格の7~8割程度^⑧を占める太陽電池及び基礎・架台等の工事費については更なる価格低減が重要となる。

②系統条件の変化に対応したシステムの構築

分散電源が系統に大量導入されると、発電抑制や一斉解列の防止など系統条件の変化に応じて運転できるように今後の情勢に合わせ必要な機能を拡充させる必要がある。

③ユーザの使い勝手を考慮したシステムの構築

20年の維持運用を考慮したシステムとしているが、通信回線などを利用し、設備状況を監視して劣化の有無等を設備側から自動的に通報するような使用者側の使い勝手を考慮したシステムも建設時の今後の課題と考える。

5. 終わりに

メガソーラーの計画から運開までの検討事項についてその概要を紹介した。今後、太陽光発電所を建設するには更なるコスト低減を行い、FITなしでも商用発電所として自立できる日が来るよう新たな課題に取り組み続けていく必要がある。

参考文献

- (1) 「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法(平成二十三年法律第百八号)」、法律、FITはFeed-in Tariffの略
- (2) IRRは内部収益率(Internal Rate of Return)法の略
- (3) 「平成26年度調達価格及び調達期間に関する意見」(平成26年3月7日(金))、調達価格等算定委員会、p.10
- (4) JIS C 8907「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」、日本工業規格
- (5) JIS C 8954「太陽電池アレイ用電気回路設計標準」、日本工業規格
- (6) 「系統連系規程 JEAC9701-2012」、社団法人日本電気協会 系統連系専門部会、p.69、p.155
- (7) JIS C 8980「小出力太陽光発電用パワーコンディショナ」、日本工業規格
- (8) 「再生可能エネルギーを巡る現状と課題」(平成26年6月17日)、資源エネルギー庁

執筆者紹介



田中 昌浩 Masahiro Tanaka
新エネルギー・環境事業本部
新エネルギー事業部
エンジニアリング部
システムグループ主任



笹島 慎一 Shinichi Sasajima
お客様サービス事業本部
工事業部 業務部
人材教育グループ(西部) 主任



植木 充人 Mitsuto Ueki
お客様サービス事業本部
工事業部
西部工事業部
西部工事2グループ



廣田 光徳 Mitsunori Hirota
新エネルギー・環境事業本部
新エネルギー事業部
エンジニアリング部
システムグループ主査