

丘陵地における大規模太陽光発電（メガソーラー）

加藤 博之・三浦 国春・島津 良邦

起伏の富んだ広大な牧場の跡地（約 298,000 m²）に、大規模な太陽光発電所（21.5 MW）を EPC（設計：Engineering・調達：Procurement・建設：Construction）にて建設する取組みを紹介する。本工事の特徴は、大規模な造成を行うことなく、敷地形状を最大限利用し、太陽光パネルを設置するプロジェクトである。従来の太陽光発電所では、敷地をほぼ平坦に均し、パネルを設置するのが一般的な施工方法である。

本件では、パネルによる影の影響がないよう、段差なくパネルを並べるために地形の詳細な測量を行い、横断面を作成し、架台の柱脚高さを設定した。また、詳細な施工計画を作成することで、造成工事期間も不要となり、短工期で竣工に至った。以下に設計・施工要領等を詳述する。

キーワード：丘陵地、大規模太陽光発電、EPC、短工期、再生可能エネルギー

1. はじめに

2012年7月1日に「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT：Feed-in-Tariff）」が施行された。

そこで、持続可能な社会の実現に寄与することが社会的責任の一つと考え、中長期環境ビジョンのなかで「低炭素社会」「循環社会」「自然共生社会」を「2050年のあるべき社会像」として描き、その実現に向けて、本業である建設業はもとより、建設周辺の事業領域にもその活動を拡大している。その一環として、新会社（以下、OCEと呼ぶ）を2011年に設立し、再生可能エネルギーによる発電ならびに電気の供給および販売等を行っている。

一方、総合建設業としては、メガソーラー工事で蓄積したノウハウを活用し、EPCにて「風力発電」や「バ

イオマス発電」などの再生可能エネルギー事業を積極的に、全国展開中である。

本稿では、2014年4月に竣工した「芦北太陽光発電所（熊本県葦北郡）」を基に、丘陵地に設置する大規模メガソーラーの実施事例について紹介する。写真-1に発電所全景を示す。

2. 太陽光発電システム工事概要

(1) 施設概要

熊本県葦北郡芦北町の約 29.8 ha の広大な土地に、太陽光パネル容量で第1発電所が 658 kW、第二発電所が 20,862 kW、合計 21,520 kW の太陽電池を設置するメガソーラー事業である。表-1に施設概要を示す。

表-1 施設概要

稼働開始	2013年7月	2014年4月
系統電圧	6.6 kV	110 kV
敷地面積	0.8 ha	29.0 ha
太陽電池容量	658 kW	20,862 kW

(2) 発電システム概要

太陽光パネルは日射を受けると直流電流が発生する。その電流は接続箱へ集められ、接続箱から集電箱を経由してパワーコンディショナー（以下 PCS とする）へ集約される。PCS は、太陽光パネルから入力される電圧が、定格電圧以上になると自動起動する。



写真-1 発電所全景

逆に、太陽光パネルからの入力電圧が定格電圧以下になると自動停止する。なお、PCSが停止中は、所内負荷用電力を電力会社から買電することになる。

PCSへ集約された直流電力は、商用電源の電圧、周波数、位相と同期した交流電力に変換する。その後、昇圧トランスにて系統電圧に昇圧した後に連系し、電力会社へ売電する。なお、PCSおよび系統の異常時には、連系を遮断することができるよう連系保護装置を設置する。

3. 太陽光発電システムの設計

(1) 配置計画

事業計画および設計の方針として、20年後の発電所撤去後に現状復旧が可能なことと、地形条件を極力変化させない方針で配置計画を行った。敷地北側のほぼ半分のパネル配置は、南向きの傾斜のためにパネルの傾斜角度は 20° とし、敷地南側半分は、逆勾配になるため傾斜角を 10° とした。また、元々供用されていた農業用道路を10t車程度が通行可能な管理道路として整備した。さらに、雨水排水用として、管理用道路にW300～1,000の排水溝を設置した。なお、伐採等の影響などで降雨時の地区外への雨水流出量が増大する可能性があったが、敷地東側に大型の調整池を設置することにより、周辺地域への環境に配慮した。

(2) 電気設備の設計

まずは、太陽光パネルやPCSについて、各メーカーの特性や形状、信頼性、価格、保証内容、メンテナンス能力などを確認のうえ選定する。また、太陽光パネルとPCSとの接続数は、パネルの定格電圧や温度特性とPCSの許容入力電圧の電気整合性を考慮し選定する。連系変電設備と中間変電設備、直流配線系統は、配線距離が短くなるように配置計画する。

発電システムは、太陽光パネル、接続箱、集電箱、PCS、昇圧変電設備、連系変電設備で構成される。これらの仕様は、電気設備技術基準等の関連法規・規格に準拠すると共に、信頼性、経済性、メンテナンス性を考慮する。また、遠隔監視設備としてストリング回

路ごとに電圧・電流を測定するために計測ユニットを設置する。

最後に、JIS-C8907に準拠し発電量の予測を行う。これは、太陽光パネルの特性や所内損失を考慮し、算出する。図-1に電気設備設計フローを示す。

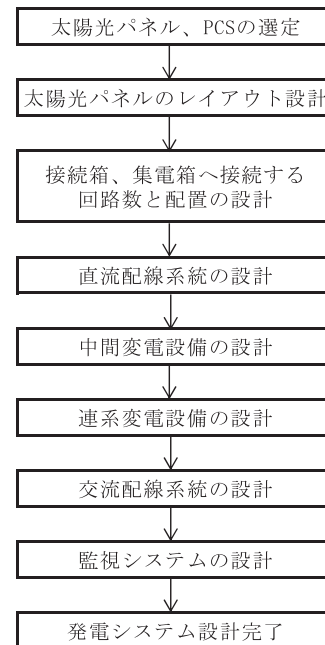


図-1 電気設備設計フロー

(3) 架台・基礎の設計

太陽光発電所の架台・基礎設計は「JIS C 8955 太陽電池アレイ用支持物設計標準」に準拠している。

架台への作用荷重は、①固定荷重、②風圧荷重、③積雪荷重、④地震荷重の4種類を考慮する。なお、架台の仕様は、②風圧荷重または③積雪荷重により決定することが多い。すなわち太陽光発電所の設置環境が、架台仕様に大きく影響することになる（図-2参照）。

本発電所のように傾斜を伴う複雑な地形では、風圧荷重は事業用地内で大きく変化することがある。このような状況が推測される場合は、技術研究所にて風況解析を実施し、その結果を架台・基礎設計に反映させる。また、事業用地内のエリア分けを行い、風況解析結果に応じ風圧荷重の割増しを行う。風圧荷重は2～3割程度割増すケースが多いが、極端な例では、7割

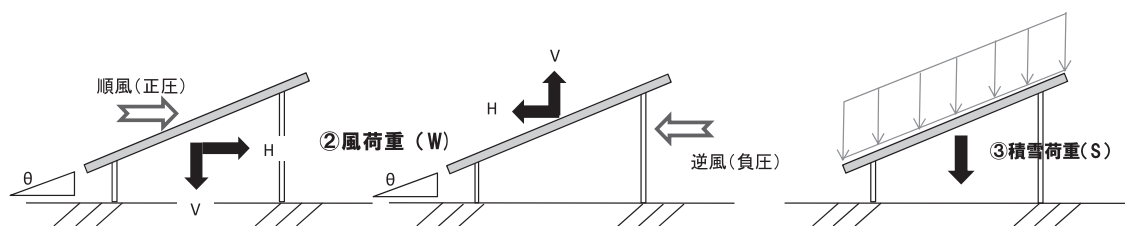
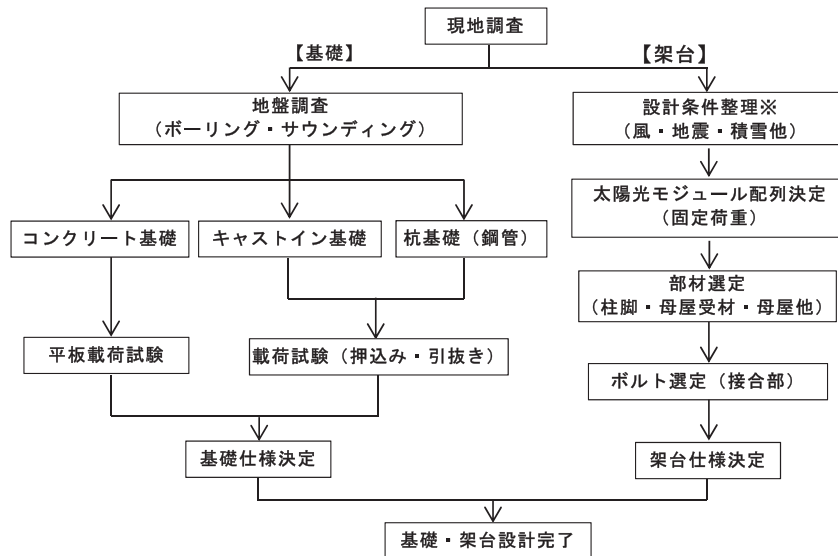


図-2 太陽電池パネルの架台検討



図一 3 架台・基礎設計フロー

※荷重条件
 地震荷重：国土交通省告示 第 1793 号
 積雪荷重：建築基準法施行令 第 86 条第 3 項，または国土交通省告示 第 474 号に定めるうち大きい方
 風荷重：建設省告示 第 1454 号

近くも割増したケースもある。

また丘陵地の勾配の状況により，設置場所の架台の柱脚長さや接合部のボルト孔位置が変化するので，こちらもエリア分けを行い，架台・基礎設計を実施する必要がある。

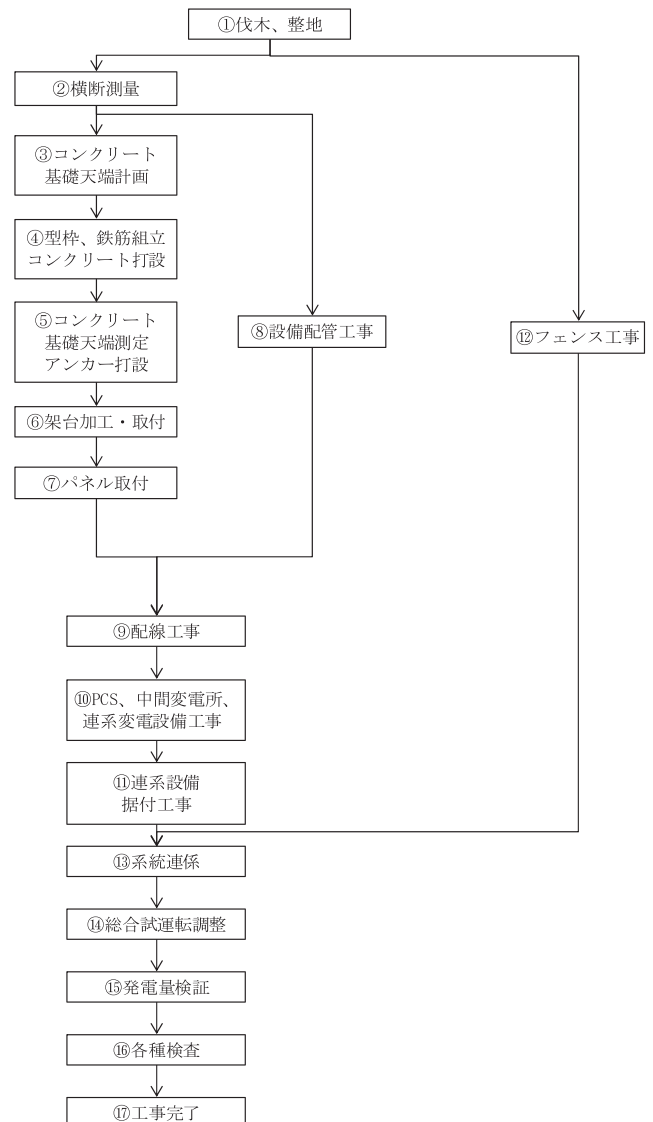
太陽光発電所は FIT により運用期間を 20 年とすることが多く，架台・基礎に関しては，メンテナンスフリーを基本としている。ここでは，架台鋼材は防食性能が高い Al, Mg, Si を添加したメッキ鋼板を採用した。このメッキ鋼板は軽量であり，施工性にも優れているという特徴がある。

基礎設計においては，事前に地盤調査を行い，架台設計時に算出される必要支持力により基礎形状を選択する。施工実績から，杭基礎構造の架台は，直接基礎構造の架台より比較的安価に施工できる。よって経済性の追求から，地盤調査結果を基にエリア分けを行い，同一発電所において複数の基礎タイプ（杭基礎・コンクリート基礎）を選定する場合もある。また，架台・基礎の設計フローを図一 3 に示す。

4. 太陽光発電システムの施工

(1) 丘陵地における太陽光発電システムの施工フロー

図一 4 に本発電所の全体施工フローを示す。



図一 4 全体施工フロー



写真一 2 施工終了時（敷地南側から撮影）



写真一 3 連系変電所全景

(2) 写真一 2 に施工終了時、写真一 3 に連系変電所全景を示す。

5. 太陽光発電システムの工事監理

(1) 太陽光発電システムの工事監理

メガソーラーは、土木工事（造成・基礎・架台）と電気設備工事（モジュール・接続箱・集電箱・パワーコンディショナー・キュービクル他）に大別される。一般的な建築物と違い、イレギュラーな工種の組合せであることから、次工程に入る前には、工事のフェーズ毎に施工品質の確認が重要となる。

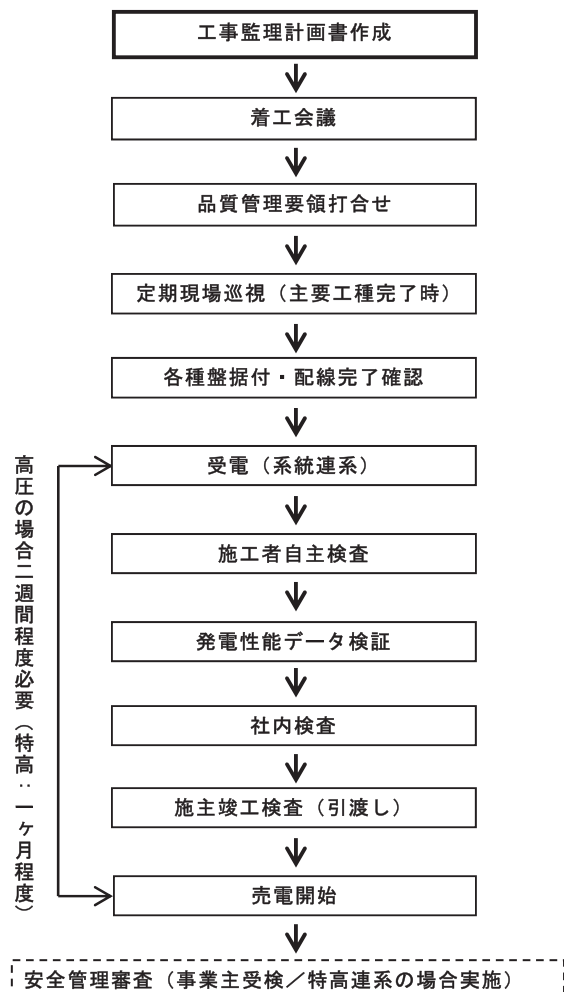
工事着工前には、設計・工事監理者、施工者等を集め着工会議を行う。ここでは、「工事監理計画書」に基づき、工事関係者の実施体制表および各担当者の役務範囲、さらに工事における設計上・施工上の注意点等について、関係者へ伝達し周知を図る。

着工時には、品質管理要領に関する現場打合せを行い、工種毎の品質管理目標（管理基準値）や測定頻度等を協議し決定する。具体的には、太陽光パネルの設置角度（傾き）や据付精度（段差・目地幅）や、アレイ間の距離（南北方向）やボルトの締付けトルクなどを測定し、品質管理を行う。

すべての設備機器（PCS・キュービクル等）の据付・配線が完了すれば、所轄の電力会社の立会いの下、系統連系作業（受電）を行う。その後、PCSおよび遠隔監視設備の微調整を実施後、実際の発電性能を満足しているか確認するために、性能検証作業を行う。さらに各種検査を経て、売電開始となる。

(2) 工事監理フロー

図一 5 に工事監理フローを示す。



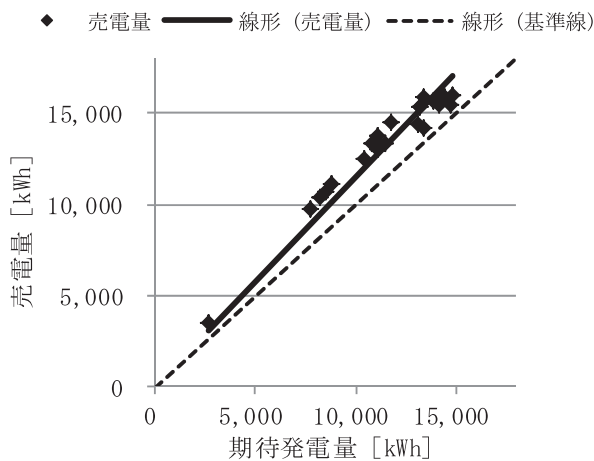
図一 5 工事監理フロー

6. 太陽光発電システムの発電性能検証

(1) 発電性能検証概要

発電性能検証とは、総合試運転調整が終了した後に、規定の発電量が出力されているかを検証するために行うものである。なお、本作業は、JIS-C8907-2005に準拠し計画した。検証方法は以下の通りである。

測定は、晴天日の数日間行い、この期間内で1時間毎にデータ集計を行う。判定基準は、売電電力量÷期待発電量 ≥ 1.0 （売電量が期待発電量を上回ることを合格とした。期待発電量とは、現地に設置した日射計および気温計の測定値と、JISによって定められた補正係数を用いて算出し、エアコンの使用やトランスの負荷損失などの所内負荷分を差し引いた発電量となる。売電電力量とは、実際に売電されている電力量を電力メータから読み取った実測データである。この売電電力量と期待発電量を比較することにより検証を行う。当発電所においては、第一、第二共に発電性能検証作業を実施しているが、本稿では第二発電所の測定結果を示す。図一六に売電量（縦軸）と期待発電量（横軸）の分布図を示す。図中の破線は基準線であり、基準線以上に売電量（◆）が重なれば売電量と期待発電量が等しいことを表す。また、実線は売電量と期待発電量の分布の近似値線を表す。この実線が、基準線より



図一六 売電量と期待発電量の分布

も傾きが大きい場合は、期待発電量以上の出力があることを示す。よって、本発電所は規定の発電量を満足していることが検証された。

7. 太陽光発電システムの運転管理・保守 (O&M)

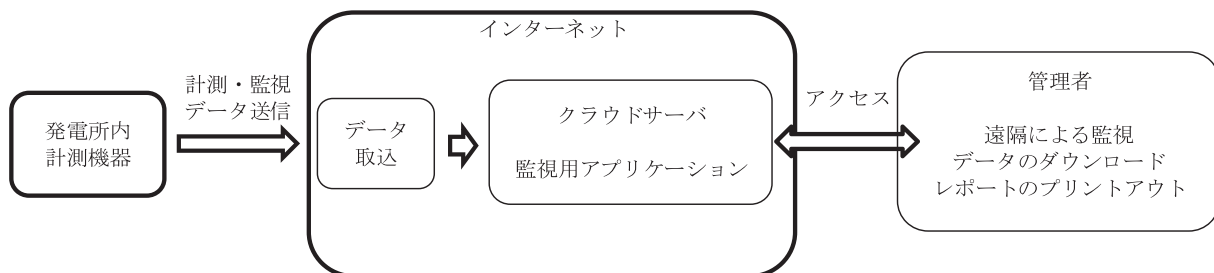
(1) 太陽光発電の運転管理

電気事業法では発電出力が50 kW以上のものは、自家用電気工作物に該当する。よって、自家用電気工作物保安管理規定（以下、保安規定とする。）に基づいた定期点検が義務付けられる。この点検は事業主が選任した電気主任技術者により実施されるが、発電出力2,000 kW未満の場合は、電気保安協会などに電気主任技術者を委託することができる。なお、本発電所は規模の大きい特高案件のため、電気主任技術者の選任が必要となる。

点検には日常巡視点検と定期巡視点検があり、各点検要領および点検周期などは保安規定に定められている。また、本発電所を含むすべてのOCE案件に関して、遠方でもモニターで発電量等を確認できる「遠隔監視システム」を構築した。

(2) 発電性能のモニタリング方法

当発電所の遠隔監視データは、所内に設置された計測機器からインターネット回線を経由して、クラウドサーバへ集約される。管理者は、インターネット回線よりサーバへアクセスすることにより、監視画面を確認することができる（図一七参照）。監視項目としては、連系点での売電、買電電力量の他に、各受変電設備の計測や各種保護継電器の状態、PCSにおいては状態確認や各種計測データ、機器の故障監視を行っている。また、日射量や気温、パネル裏面温度といった気象観測データ計測の他に、接続箱内に取り付けられた計測ユニットにより、各ストリングの計測も行っている。なお、監視画面上ではこれらの監視項目が各部位ごとにグラフィックで表示も可能である。これらの



図一七 遠隔監視構成図

計測データは、発電量確認などのデータ解析に活用できる。また、異常が発生した場合には、事前に登録された管理者へ異常発生メールを送信するシステムとなっており、迅速な対応が可能となる。さらに、当発電所内には監視用のカメラを8台設置している。このカメラは、ズームや首振り機能を備えており、現地を広範囲にわたり見渡すことができ、遠方からインターネット回線を通じて現場の状況を確認することができる。

8. おわりに

太陽光発電は、比較的シンプルな設備構造で、用途や地形に合わせて設置できるメリットがある。しかも、太陽光エネルギーは無尽蔵かつクリーンな発電方式で、そのうえ安全性の高い設備である。

一方、太陽光発電には大きな電力を発生させるために広大な面積のパネルが必要で、なおかつその出力が天候に大きく左右されるという問題点もある。そのため、定格出力（連続運転可能な最大発電力）に対する実際の発電量の比率である設備利用率は、一般的に13%程度である。よって、発電コストが割高になることが最大の弱点である。

しかしながら、太陽光発電は日射量の多い昼間に発電効率のよい設備であり、消費電力がピークになる夏期（昼間）に、電力の供給が期待できるので、補完性の高い設備ともいえる。

その他の再生可能エネルギーも含め、我が国のエネルギー自給率を高める有望な手段の一つであることは間違いない。現在、政府によって進められている固定価格買取制度（FIT）が転換期を迎えている中で、機械化施工の推進による建設コストの削減、さらには自立したエネルギー源として、発電能力の高効率化と信頼性の高い発電システムの構築や、ローコストな蓄電設備技術を確立することで、持続可能な社会に貢献できれば幸いである。

JCMA

【筆者紹介】



加藤 博之（かとう ひろゆき）
 (株)大林組
 本社 技術本部 エンジニアリング本部
 環境施設エンジニアリング部 環境施設第四課
 副課長



三浦 国春（みうら くにはる）
 (株)大林組
 本社 土木本部 生産技術本部 技術第一部
 技術第四課
 課長



島津 良邦（しまづ よしくに）
 (株)大林組
 本社 技術本部 エンジニアリング本部
 環境施設エンジニアリング部 環境施設第四課
 課長