

報 文 1

仙台メガソーラーの発電状況及び 複数モジュールの評価と検証

エネルギーシステム開発部 産業システムグループ 福田 靖



1. はじめに

日本では資源の海外依存や環境の問題が取り沙汰され、また東日本大震災で原子力発電所の事故も経験し、これからのエネルギー供給は、太陽光発電のような再生可能エネルギーが重要視されていく流れにある。太陽光発電は発電時にCO₂を排出しないだけでなく、SO_x、NO_xなどの大気汚染物質を発生させないクリーンなエネルギーである。

2012年7月に始まった固定価格買取制度の実施と相まって、住宅用・産業用の太陽光発電設備（以下、PVシステム）の普及も進んでおり、最近ではメガソーラーの建設に関する記事を新聞で目にするのも珍しくない。固定価格買取制度とは、太陽光や風力、水力など再生可能エネルギーで発電した電気を、その地域の電力会社が一定価格で買い取ることを国が約束した制度であり、フィードインタリフ（FIT）制度とも呼ばれている。FITにより電力会社が買い取る費用は電気利用者から賦課金として集められ、高コストな再生可能エネルギーの導入を支えている。

太陽光発電の事業性を検討するうえで設置場所（日照、気象条件等）、インシヤルコスト（設備費、設置費、系統連系のための連系工事費用等）、メンテナンスコストなどとともに、FIT期間（20年）の発電量が重要となる。よって投資採算と言う観点では、インシヤルコストだけではなく、システムが20年以上にわたって発電する信頼性が重要となる。

1,000kW以上の発電能力を持つ太陽光発電システムをメガソーラーと呼び、自社においても事業効率化により発生した自社グループ遊休地を活用して、メガソーラー事業に参入している。本稿では、仙台製油所へ設置したメガソーラー（仙台メガソーラー、以下仙台メガと表記）の特徴と検証結果について報告する。

2. 設備概要

仙台製油所は、東日本大震災における津波によって石油製品供給に重要な役割を担うタンクローリー出荷設備が甚大な被害を受けた。これを踏まえ、復旧にあたっては、同出荷設備を震災前に位置した製油所西地区から、より

地盤面が高く津波の影響を軽減できると想定される東地区に移設し、移設後の西地区18,000㎡敷地内に発電能力1,000kWのメガソーラーを設置した。仙台メガは2013年2月25日に当社初のメガソーラー発電事業として電力会社への送電を開始した。また、万一の大規模停電時には、地域の皆様に貢献できる設備として、自立運転による電力の提供（最大50kW）を可能とした。



図1 仙台メガソーラー全景

3. 発電状況

仙台メガの設置前の発電量推定には、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が提供するメガソーラー建設支援ツール（STEP-PV）を用いている。STEP-PVは国内836地点・14年間の標準気象・日射量データから、各地点における任意の方位及び傾斜角の日射量を算出し、回路損失などを考慮した発電量を推定するものである。

2013年4月～11月（8ヶ月間）の仙台メガの発電量と日射量について、この推定値と実際の値を比較した一覧を表1に示す。この8ヶ月間の発電量は推定値に対して約24%多く発電していることが分かる。この理由の1つとして、日射量が推定値より約4%多いことが、表1の日射量実績から判断できる。発電量が推定値より多いその他の理由としては、実際のケーブルや電力変換の損失、所内負荷消費電力といった各種損失をSTEP-PVの条件より小さく抑えることができたこと、設置した太陽電池の品質が良かったことが挙げられる。本報文では、太陽電池の品質について次節以降に報告する。

表1 発電量の推定値と実績値の比較 (2013年4～11月)

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計
発電量 [kWh]	推定	109.0	118.2	89.2	85.7	93.6	73.6	74.8	66.1	710.1
	実績	132.6	149.7	115.3	82.7	130.9	105.9	75.5	84.9	877.4
	実績 / 推定 *1	122%	127%	129%	97%	140%	144%	101%	128%	124%
日射量 [kWh/m ²]	推定	140.1	153.8	120.0	118.8	128.8	102.3	100.6	87.2	951.7
	実績	147.1	169.5	135.7	90.3	151.0	111.8	86.5	96.2	988.1
	実績 / 推定 *2	105%	110%	113%	76%	117%	109%	86%	110%	104%
発電・日射比 (*1 / *2)		116%	115%	114%	127%	119%	132%	117%	116%	119%

4. 複数モジュールによる比較検証

4.1 太陽電池モジュール選定

太陽電池モジュール (以下、モジュール) の最大出力は JIS 規格により、公称出力の 90% 以上であることが規定されている。この規格を満たした上で、各メーカーの最大出力仕様は公称出力に対して「-3 ~ +5%」や「0 ~ +3%」など様々な範囲を謳っており、公称出力や仕様書から実発電量を見積ることは困難となる。そこで当社初のメガソーラー発電事業である仙台メガでは、今後の JX メガソーラー事業におけるモジュール選定に役立てるため、表 2 に示す 4 種類のモジュールを採用し、各社の実性能を検証した。

1社は海外製造品ではあるが国内メーカーの保証がある A 社を、もう 1社は発電効率 (単位面積当たりの発電量) が市販品では最も高いレベルにある B 社を採用した。残り 2社は低価格モジュールを将来のメガソーラー用候補品として見極めるため、低価格品の代表的な中国メーカー C 社、D 社を選定した。

表2 太陽電池モジュールの概要

メーカー	公称出力 [W]	設置枚数 [枚]	公称出力合計 [kW]	総合計 [kW]
A社(日本)	255	1,596	407	1,017
B社(米国)	327	1,248	408	
C社(中国)	240	420	101	
D社(中国)	240	420	101	

4.2 モジュールメーカー別の発電量比較

モジュールメーカー別の 4月から 11月における 8ヶ月間の発電量合計値を表 3 に示す。各メーカーとも設置した太陽電池の公称出力合計が異なるため、表中には公称出力合計に対する実際の発電量を記載した。また、この値を相対比較するために A 社を基準とした比率を用いた。この結果から D 社が最も公称出力に対する実発電量が多いことが確認できる。この理由を次項で説明する。

表3 モジュール別の発電量 (2013年4～11月)

メーカー	発電量 [kWh]	公称出力合計 [kW]	発電量 / 公称出力合計	A社を基準とした比率
A社	372,009	407	914	100
B社	366,644	408	899	98
C社	92,586	101	917	100
D社	94,535	101	936	102

(1) メーカー出荷試験成績書の測定基準

太陽電池の公称出力は、ある共通の測定条件における最大出力に準じて決められる。この共通の測定条件は「基準状態 (Standard Test Condition : STC)」と呼ばれており、STC は 3つの基本測定条件「AM1.5、1000W/m²、25℃」で表される。ここで AM (エアマス) とは太陽光スペクトルを表す言葉であり、AM1.5 は日本付近の緯度の地上における平均的なスペクトルとして用いられる (図 2 参照)。1000W/m²とは、AM1.5 のスペクトルで単位面積 (1m²) あたりの日射強度 (エネルギー) であり、この光を照射する装置 (ソーラーシミュレーター) を用いて太陽電池の性能を測定することが一般的手法である。

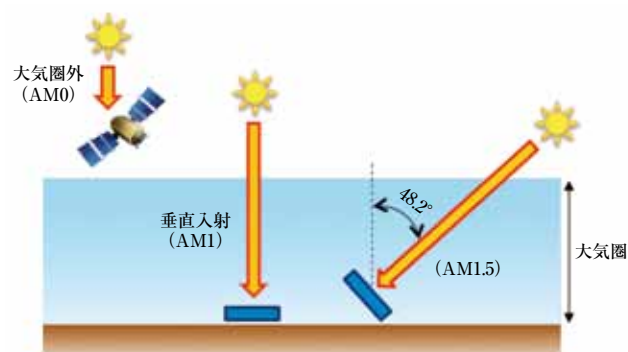


図2 エアマス (AM) の説明

モジュールの出荷試験成績書の多くは、各メーカーが所持するソーラーシミュレーターの測定結果であるが、測定時に各メーカーで調整される日射強度など含めた機差が数パーセントレベルで発生する。

この機差の影響を確認するため、同一基準 (当社が所

持するソーラーシミュレーター)で各メーカーの一定枚数のモジュールを測定した。この結果に対するメーカー出荷成績書結果の比率を図3に示す。これから、相対的に最大5ポイント以上の差があることが分かる。

この差を各メーカーの試験成績書の出力へ反映して公称出力に対する比率を表4に示す。これより3メーカー(A社、C社、D社)は公称出力値に対する実際の出力値は同等であることが分かる。

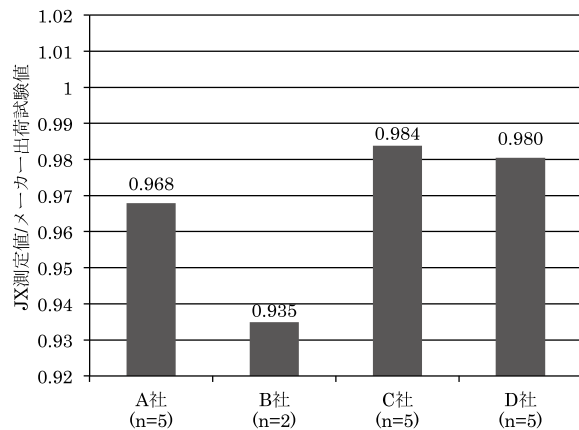


図3 メーカー出荷試験値に対するJX測定値比較

表4 モジュールの実出力比較

メーカー	出力平均値(※)/公称出力
A社	0.98
B社	0.95
C社	1.00
D社	0.99

※試験成績書の値に図3のメーカーの相対差を反映

(2) モジュール電流値のバラツキ

図4にPVシステムの基本構成を示す。PVシステムはモジュールを直列接続したストリングと、このストリングを並列接続したアレイとで構成されている。アレイ配線は接続箱で集約されてパワーコンディショナー(PCS)と接続される。パワーコンディショナーとは太陽電池で発電した直流電力を交流電力に変換するインバーターの働きをする。

一般的な電気特性としてストリング電流は、ストリング内の最も性能が低いモジュールの電流値に制限される。これは、モジュールの平均出力が一定の場合、モジュール電流値のバラツキ(標準偏差)が小さいほどPVシステムとしての発電量を最大限引き出せることを意味する。

試験成績書から算出したモジュール電流値の標準偏差を表5に示す。4メーカーの中でD社が最も標準偏差が小さく、モジュール毎の出力(電流値)を最大限に発揮できる。

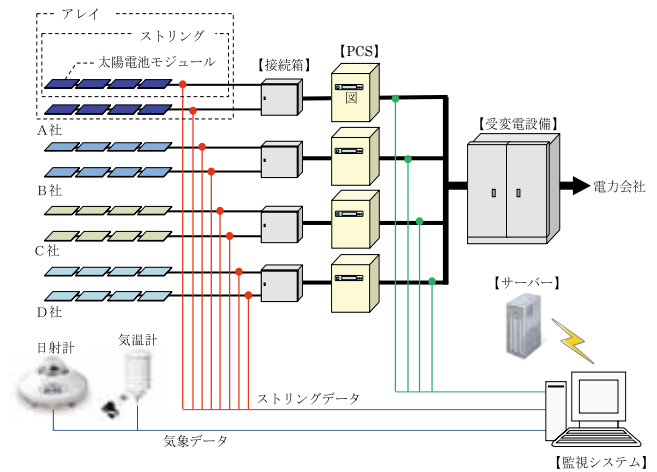


図4 システムの基本構成

表5 モジュール電流値の標準偏差

メーカー	標準偏差	枚数
A社	0.038	1,596
B社	0.057	1,248
C社	0.086	420
D社	0.021	420

5. モジュールメーカー別の発電量の優劣想定

一般的な発電量を推定するソフトは、モジュールの発電量に公称出力を用いることが多い。この場合、前節で求めた各メーカーのソーラーシミュレーターの機差(メーカー基準の差)やモジュール電流値のバラツキが反映されず、実際の発電量と乖離する原因となる。これらの要因を考慮してシミュレーションにより求めた推定発電量と実発電量を図5に示す。これよりモジュールを選定する上で重要となるメーカー別発電量の優劣を見積もれることが分かる。

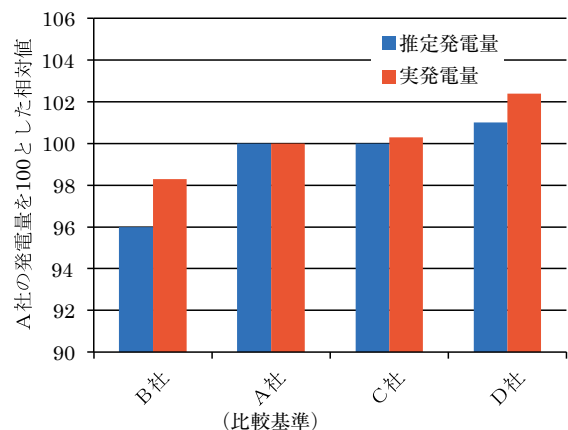


図5 推定発電量と実発電量のメーカー優劣比較

6. スtring監視システム

一般的なメガソーラーの発電量は、メガソーラー全体やパワーコンディショナー単位で監視されることが多く、この場合はモジュール数枚の故障発見は困難となる。仙台メガでは、モジュールの故障を早期に発見するため、String毎に電流計測して監視するシステム（以下、String監視システム）を導入し、その効能について検証している。

初期不良はモジュール設置後のモジュール毎電圧測定によって検出して排除対応した。2013年11月時点では、String監視システムのモニターにより運転後の発電不良モジュールは確認されていない。

今後は故障モジュールの早期発見とString単位での経時変化を監視していくとともに、定期点検の最適なサイクルを検討するために本システムの検証を継続していく。

7. まとめ

仙台メガは、推定値を24%上回る発電量を記録しており、発電開始からトラブルなく順調に稼働を続けている。

モジュールの公称出力値と実発電量には差があり、これはメーカーによって異なる。測定器（ソーラーシミュレーター）による機差もあるため、PVシステムの実発電量を見積る上で、同一測定器による一定枚数のモジュール測定結果が試験成績書に加えて必要となる。また、製品品質であるモジュール電流値の標準偏差も重要な要因となる。これらの情報からモジュールを選定する上で重要となるメーカー別発電量の優劣を事前に把握することができる。

メガソーラー発電量を最大限とするため、モジュール設置時には1枚単位の電圧測定による不良モジュールの排除、および運転後の各String電流の比較検証によるモジュール劣化状況の把握が重要である。

仙台メガで得られたこれらの知見をJXメガソーラー事業に活かし、今後も発電性能を最大限引き出す要因追究を発電量監視と合わせて行っていく予定である。