

北陸地方におけるビル壁面設置 太陽電池アレイの発電量特性

Energy generation properties of PV arrays installed
on side walls of a building located in Hokuriku region

吉岡 一也*¹
Kazuya Yoshioka

高山 智一*²
Tomokazu Takayama

齊藤 忠*¹
Tadashi Saitoh

谷田部 悟*³
Satoru Yatabe

石川 直揮*⁴
Naoki Ishikawa

Abstract

This paper deals with two kinds of PV systems for a location along the coast of the Japan sea and discusses their feasibility by simulating yearly generated energies and comparing them with measured data. The two kinds of PV systems were installed as the NEDO field test project in 1999 at Shirouma Science Co. Ltd., located in Toyama. One system is a 10kWp PV array installed on the north, south, east and west walls of a building and the other is a 10kWp PV array installed on a roof of a parking lot. Both of them are composed of light-weighted PV modules without glass cover. Firstly, simulation of the yearly generated energy on the building walls and parking lot is carried out using meteorological data for Toyama and Tokyo. There is almost not difference in yearly generated energies for the two kinds of PV systems between Tokyo and Toyama. Secondly, the snow effect on generated energy in winter season is simulated. The generated energy is considerably increased by snow effect for the PV arrays installed on the building walls. Especially, the generated energy is increased near to 3 times for the PV array installed on the north wall. This suggests that the PV array on the north wall in a snowy country is practical compared to that in Tokyo.

Key Words: PV array, light-weighted PV modules, snow effect, yearly generated power

1. はじめに

太陽光発電システム（以下、PVシステムと略記する。）を導入するにあたっては、年間の積算発電量が最大となるよう、太陽電池アレイを設置場所の緯度に等しい南傾斜面に設置するのがこれまでの一般的な方法である。しかし、近年は必ずしも太陽電池アレイは上記のような方法で設置されるとは限らず、住宅や駐車場の屋根上、ビル壁面そして高速道路の遮音壁など、設置する周辺の環境に応じた多種多様な傾斜面・方位での設置形態をとるようになってきた。

平成10年度のNEDO産業用等フィールドテスト事業において富山県入善町に本社を置くシロウマサイエンス（以下、S社と略記する。）が合計およそ20kWpのPVシステムを導入した。このうち、10kWpが工場内の駐車場の屋根上、そして残りの10kWpが工場内倉庫の東西南北壁面に設置されている。このPVシステムは冬季に積雪があることから、雪国におけるPVシステムの

一モデルになりうることに、直達光が得られないとする北壁面に設置されていることが大きな特徴として挙げられる。

本論文では、この点に特に注目して北陸地方におけるビル壁面設置太陽光発電アレイの発電量特性を標準気象データを用いることによって予測し、さらに実際の計測データとの比較を行う。冬季積雪があることも考慮し積雪による発電量特性への影響についても調べることにする。

2. システムの概要

図1および図2に示すように、S社工場内の駐車場の南向き傾斜屋根上に10.3kWp、そして工場倉庫の東西南北の壁面に合計12kWpの太陽電池アレイを設置した。いずれのモジュールも表面に用いられているガラ

*1 会員 東京農工大学工学部 電気電子工学科
*2 非会員 東京農工大学工学部 電気電子工学科
*3 非会員 シロウマサイエンス(株)
*4 非会員 エアウォーター(株) 技術本部 千歳研究所
(現行受付：平成12年4月10日)

Dept. of Elec. and Electronics Eng., Tokyo Univ. of Agri. & Tech.
Dept. of Elec. and Electronics Eng., Tokyo Univ. of Agri. & Tech.
Shirouma Science Co., Ltd.
Chitose Institute, Airwater Corp.



図1 シロウマサイエンス㈱の本社駐車場内に設置された10.3kWp太陽電池アレイの外観図

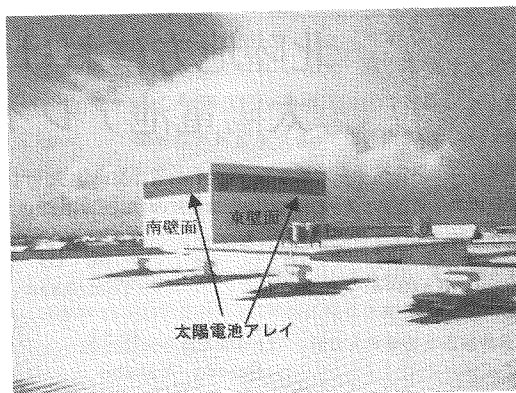


図2 シロウマサイエンス㈱の本社倉庫の東西南北壁面に設置された12kWp太陽電池アレイの外観図（南東の方角から撮影）

表1 シロウマサイエンス㈱の本社敷地に設置されたシステムの設備データ

項目	データ名		データ	備考
設備データ	太陽電池モジュール	駐車場	メーカー	大同ほくさん(株)
			型式	H-FF57-SS
			種類	単結晶
			変換効率	11.80%
			太陽電池数	36個
			最大出力	57.9W
			外形寸法	1003mm×458mm×2mm
			重量	3kg
		6号倉庫	メーカー	大同ほくさん(株)
			型式	HP-FA85G-SS
			種類	多結晶
			変換効率	9.60%
			太陽電池数	72個
			最大出力	85.6W
			外形寸法	1052mm×947mm×24mm
			重量	10kg
	アレイ	駐車場	モジュール数	180枚
			モジュール構成	18直列×10並列
			最大出力	10.3kW
			設置角度	14.2°
			設置方位	南
		6号倉庫	モジュール数	140枚
			モジュール構成	10直列×14並列
			最大出力	12kW
			設置角度	90°
			設置方位	東、西、南、北
	インバータ	メーカー	日本電池(株)	
			型式	LBBA-10-T3
		運転入力電圧範囲		DC 200～400V
		連系点電圧		三相 200V
		連系運転範囲	電圧	202±20V
			周波数	60±0.6Hz
		定格容量及び台数		10kVA×2台
		過負荷耐量		110%(連続)
		電力変換効率		90%以上
		出力基本波力率		0.95以上
		出力高調波許容量		総合5%以下 各自3%以下
		インバータ方式		電圧型電流制御方式
		スイッチング方式		正弦波PWM方式
		電力制御		最大電力追従制御
		外形寸法		100mm×1250mm×700mm

スの代わりに極薄のプラスチックフィルムを用いたガラスレス構造となっている。

表1に本システムの設備データを示す。駐車場の南向き傾斜屋根に設置された太陽電池アレイは、3mm厚の透明プラスチック屋根板の下に変換効率11.8%の単結晶Siガラスレスモジュールが貼り付けられた構造となっている。設置面傾斜角度は14.2°である。

一方、倉庫の壁面に設置された太陽電池アレイは、変換効率9.6%の多結晶Siガラスレスモジュールにより構成されており、モジュール表面にはプラスチックやガラスなどの透明板は用いられていない。表1には示されていないがアレイは高さ16mのところに取り付けられており、東西面はそれぞれ37.9m²、南北面はそれぞれ28.4m²と異なったアレイ面積となっている。これは、倉庫を真上から見た平面形状が長方形となっている構造的理由による。また、図2からはコントラストの加減で見えないが、各壁面のアレイには背景をグレー、文字部をブルーとした2種類のカラー太陽電池を用いて“シロウマサイエンス”という文字が大きく象られている。

3. シミュレーションプログラムと気象データ

3.1 シミュレーションプログラム

本研究では、PVFORMというアメリカのサンディア国立研究所で作られたPVシステムシミュレーション用プログラムを用いた。現在頒布されているPVシステムシミュレーションプログラムとしては最も信頼性が高いといわれている。PVFORMを用いた研究成果もいくつかあり⁽²⁾、⁽³⁾、その中で簡単に計算原理が述べられている⁽²⁾。気象データとして1時間ごとの水平面全天日射量、法線面直達日射量、外気温度および風速を24時間、365日分用いることで、当該システムの月別、年間のアレイ発電量、システムの運転性能およびコスト計算までシミュレーションできる。

3.2 シミュレーションモデル

シミュレーションに際しては、まず入力画面にてシ

ステムの詳細を記述したファイルを作成する。主な設定項目と実際の設定値を表2に示す。設定値は富山および東京における南傾斜面設置、東西壁面設置のPVシステムとしており、太平洋側の都市である東京と日本海側の都市である富山の2都市間での設置面別発電量特性の違いについてシミュレーションを行うこととする。そのため、実際のS社における2種類のPVシステム間では、モジュール効率およびアレイ面積が異なっているが、シミュレーションモデルでは両者共これらの設定値は同一とする。

アレイの設置条件については、南向き傾斜面設置の場合、通常その緯度に等しい傾斜角度が最も年間発電量が多くなると推奨されているため、S社の実際の設置傾斜角度とは異なった設定としている。富山の緯度は厳密には37°だが、東京の緯度に近いので富山、東京共に設置傾斜角度を35°とした。一方、東西南北壁面設置の場合、傾斜角度はすべて90°で方位は東、西、南、北を向いており、ずれはないとする。アレイ面積は南傾斜面アレイ30m²、東西南北の各壁面には各々同一面積のアレイが設置され、壁面全体で30m²と仮定している。

地表のアルベドについては、S社周辺の環境を考慮し、地表の種類を土（暗色）、またはアスファルト道と考え0.1とした。しかし、積雪面では0.6～0.8をとるので、積雪による発電量特性をシミュレーションする際にはこの値を0.7として計算した⁽⁴⁾。アレイ高さについては、PVFORMでは2m～10mの範囲しか設定できないが、実測データとの比較のために、南傾斜面では2m、壁面設置では10mとした。

INOCTとは、NOCT値に、裏面とモジュール間に発生する熱による損失を加味したもので、もし裏面に壁などがなく、空気の流れがある場合、この値（温度）は最大で3℃小さくなり、効率は上がる。今回、S社の壁面とモジュールとの間隔が11.7cmであることを考慮し、±0℃とした⁽⁵⁾。ここでNOCTとは、Nominal Operating Cell Temperatureの略であり、日射量：80W・cm⁻²、気温：20℃、平均風速：1m/s、取付け：傾斜、裏

表2 PVFORMにおけるシミュレーションモデルの設定項目と設定値

	富山		東京	
	南傾斜面	東西南北壁面	南傾斜面	東西南北壁面
1. アレイに関する設定項目				
設置場所緯度	37°		35.4°	
アレイ設置傾斜角度	35°	90°	35°	90°
アレイ設置方位	0°	0,90,180,270°	0°	0,90,180,270°
アレイ面積	30.0m ²		30.0m ²	
地表面アルベド	0.1		0.1	
アレイの平均設置高さ	2m	10m	2m	10m
2. モジュールに関する設定項目				
INOCT	46℃		46℃	
参照温度	25℃		25℃	
参照温度での効率	9.60%		9.60%	
出力の温度係数	0.0043/℃		0.0043/℃	
3. インバータに関するパラメータ				
定格容量	20kW		20kW	
インバータ効率	90%		90%	

面開放、出力端子開放を満たす環境下で動作しているモジュール内のセル温度をいう。

モジュール温度は標準的な値として25℃を、変換効率 η はS社の壁面モジュールの値を用いた。インバータ定格容量・変換効率についても同様に同壁面モジュールの値を用いた。

その他、表2には示していないが、設定項目として、○気象データファイルのフルパス名、○電力負荷データ、○バッテリーおよび経済性の分析を行うか否か等がある。今回のシミュレーションではアレイ発電量特性に焦点をあてているので、電力負荷パターンのデータ等については、シミュレーションプログラムで用意している1時間毎の電力量消費パターンを24時間記載したデフォルトのデータパターンを使用することとする。(詳しいパターンは文献(6)に詳述。)

3.3 気象データ

気象データには、近年日本気象協会によって整備された太陽光発電システム用標準気象データ、METPV (Meteorological Test data for Photo Voltaic system)を用いた⁽¹⁾。このMETPVデータには全国150地点の水平面における気象データと斜面日射量データが集録されており、それぞれ平均年データと極端年データ⁽¹⁾が用意されている。

平均年データとは、平均的な日射状況を持った年を月別に選び出し、それらを人為的に継ぎ合わせた1年分の毎時気象データベースである。PVシステムの設計のために重要な役割を果たすデータベースである。

一方、PVシステムの設計の際に日射変動の較差を見込んで安全設計することも重要である。そのことを目的として極端年データが整備されている。極端年データには、夏季寡照、多照年、冬季寡照、多照年のデータが集録されている。

4章では、この平均年・極端年データをPVFORMの中で用い、様々な設置面における発電量を求め比較検討を行うこととする。

4. 年間発電量のシミュレーション

4.1 富山における気象状況

年間の積算発電量を計算する前に、METPVデータから北陸地方の都市、富山における気象概況を理解することとする。比較のため、富山とほぼ同緯度で太平洋側に位置する東京についての気象状況についても述べる。図3、図4にMETPVの平均年データを用いて富山と東京における月間水平面全天日射量と月間降水量の推移をそれぞれ示す。

年間の水平面日射量は、富山で1206kWh/m²であり、東京に比べ約4%多い。また、月別では富山、東京ともに5月が最大となる。富山での7月～9月の降水量が東京のそれを上回っているにもかかわらず、水平面日射量は7月～9月まで富山が上回る結果となっている。しかし、11月～3月までは西高東低の冬型の気圧配置に

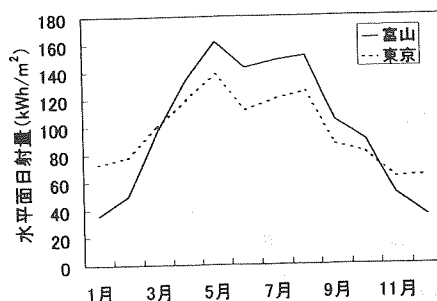


図3 富山と東京における月間水平面全天日射量の推移

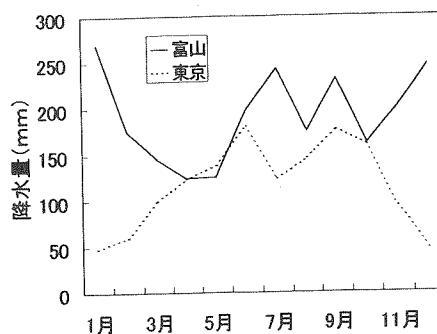


図4 富山と東京における月間降水量の推移

なるため、太平洋側では快晴日が多いのに対し北陸では雪が多いため、日射量と降水量に顕著な差が生じることが分かる。

4.2 平均年気象状況時における年間発電量

ここでは、先ずMETPVの平均年データを用いてシミュレーションした結果を示す。尚、4.2および4.3節におけるシミュレーションでは、常に地面アルベドを0.1と仮定した。図5は南傾斜面設置アレイにおける富山と東京における月間発電量の比較を、そして図6、図7は富山、東京における壁面設置アレイの発電量特性を示す。

図5を見ると、富山・東京とも6月の発電量の減少が目につくが、これは梅雨による影響と考えられる。また、富山では東京に比べ、冬季の発電量が少ないが、

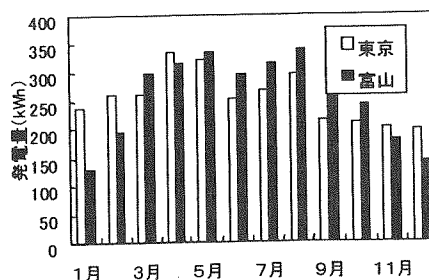
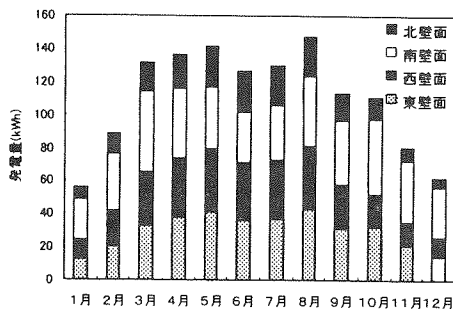
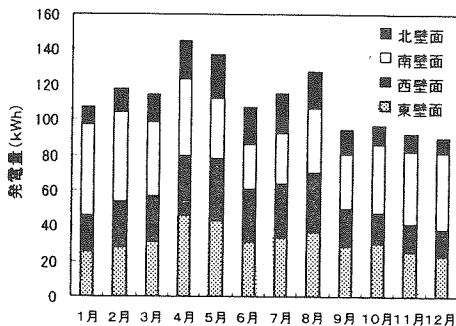


図5 富山および東京に設置された南傾斜面設置アレイの月別発電量



(a) 富山



(b) 東京

図6 富山および東京に設置された東西南北壁面設置アレイの月別発電量の推移

これは前節にも述べたように冬季の太平洋側では快晴日が多いのに対し日本海側は曇天日が多いという気象状況を反映したものと考えられる。年間積算発電量は富山が3043kWhであったのに対し、東京は3062kWhとわずかながら東京での発電量が多い結果となった。

次に図6から富山と東京における壁面設置アレイの発電量特性について比較検討する。まず、南壁面発電量について、富山では梅雨の時期と冬季がほぼ同じ発電量であり、最大発電量となったのは夏季（梅雨の前後の時期）ではなく、春・秋季であった。また、東京において最大発電量となったのは冬季であり、水平面あるいは最適傾斜面における日射は夏季が強く冬季は弱いという事実とは違う傾向が表れた。この原因として考えられるのが太陽の高度である。夏季は基本的に日射量が多い。しかし同時に、南中時の太陽高度も高くなるため、南壁面では日射のアレイ法線方向に対する入射角度が比較的大きくなってしまふ。このため、南壁面アレイでは夏季に期待するほどの日射量は得られない。

東壁面・西壁面については、富山において冬季の発電量が低くなっていること以外、特筆すべきことはない。北壁面については富山・東京ともに年間を通じてさらに変化が少ないが、これは北面であるが故に直達光が当たらず、散乱光・反射光による発電のみとなる

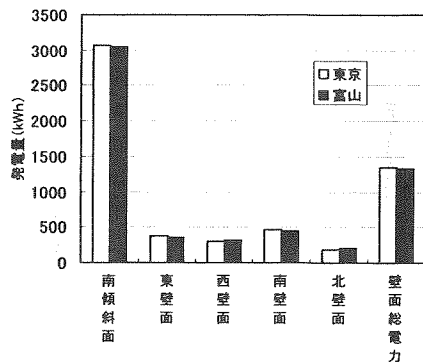


図7 富山および東京における設置面別年間発電量

ために、日射量にあまり左右されないことが理由と考えられる。しかし、他の壁面の50%前後の発電量であり、北面での太陽電池アレイの使用にも可能性を見出す結果を示唆している。

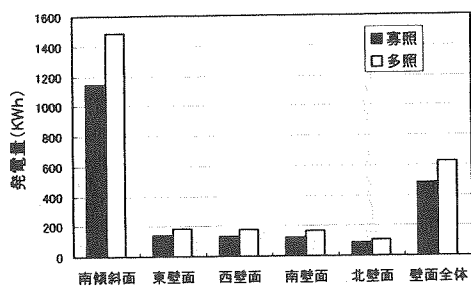
最後に図5と図6の結果を総括する意味で、図7に富山と東京における設置面別年間の積算発電量を示す。南傾斜面、東西南北壁面共に富山と東京での発電量は冬季の気象条件が大きく異なるにもかかわらず、殆ど差が生じなかった。これは東京に比べて富山での冬の発電量が少なくなる一方、夏は多くなることが原因だと思われる。尚、壁面総発電量は南傾斜面の1/2弱であった。この結果には、北陸地方に特有な積雪における発電量増大の効果は考慮されておらず、積雪が考慮されればさらに富山での発電量は増大する可能性がある。このことについては5章で見てゆくこととする。

4. 3 極端年発電量

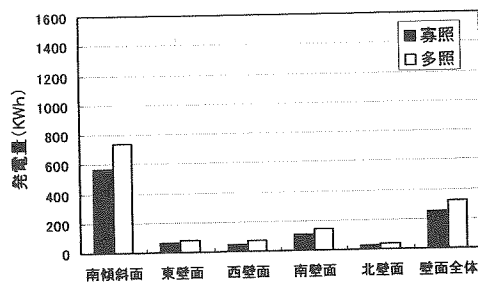
4.2では、平均年の気象データを用いてシミュレーションを行ったが、ここでは富山の極端年のMETPVデータを用いて設置面別の発電量をシミュレーションする。夏季多照、寡照年データは5～8月までのデータであり、冬季多照、寡照年データは11月～2月までのデータである。それ以外の3～4月および9～10月においては、平均年のデータを用いてシミュレーションを行うこととする。

図8(a)は夏季多照および寡照年データを用いてシミュレーションした5月～8月までの設置面別発電量を比較したグラフである。参考のために南傾斜面設置のデータについても示してある。南傾斜面では多照年と寡照年における5月～8月までの発電量の差はおおよそ350kWhである。一方壁面全体では、150kWhであり、元々南傾斜面の1/2弱の発電量を考えればこのような値をとるものと考えられる。壁面別に見ると、夏季ということもあり、南壁面よりも東西壁面の方が僅かながら発電量が多いことが分かる。北壁面は他の壁面に比べて発電量の低さは目立つものの多照年と寡照年との差は殆どないことがわかる。

図8(b)は冬季多照および寡照年データを用いてシミュレーションした11月～3月までの設置面別発電量



(a) 夏季



(b) 冬季

図8 富山での夏季(5月~8月)、冬季(11月~2月)における寡照年および多照年気象データを用いての設置面別発電量の比較

を示す。日照時間が夏季に比べて短いため、南傾斜面設置では多照年と寡照年における11月~2月までの発電量の差はおおよそ200kWhである。一方壁面全体では、100kWh以下であった。夏季と同じく北壁面では多照年と寡照年との発電量の差は殆どなく、他の壁面と比べて発電量はきわめて小さい。冬季は南壁面での発電量が東西壁面に比べておよそ2倍大きくなるのは夏季と異なる傾向である。

以上の結果を用いて、夏季冬季を通して寡照年だった場合と夏季冬季を通して多照年だった場合の年間発電量の差を計算すると、図9に示すような結果となる。南傾斜面設置型と東西南北壁面設置型共に、夏冬共に寡照の場合と多照の場合とでは平均年の発電量に

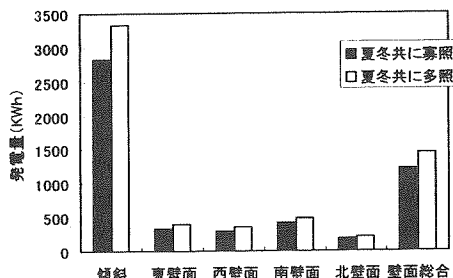


図9 富山での夏冬共に寡照である場合と多照の場合における設置面別年間発電量の比較

換算すると16.7%の違いとなり、この値は壁面設置型も南傾斜面設置型も全く同じ値となった。

5. 積雪が発電量に与える影響について

北陸地方における気象条件の特色としては、冬季に積雪が多いことで、このことは雪面反射による発電量の増大にもつながる。本章では積雪時の条件として地面アルベドの値を0.7とすることで発電量にどの程度の影響を与えるかについて調べることとする。

一般に傾斜面上で得られる地面からの反射光成分は傾斜面角度が大きくなるにつれて、斜面への地面反射光線の入射角度(法線方向から測った)がより小さくなることで、斜面上でのその光線密度は増す。そのため、雪面からの反射効果は、壁面設置(設置傾斜面角度90°)において最も顕著になると思われる。特に北側壁面設置アレイについては、もともと直達光がほとんど期待できず、反射光と散乱光のみによる発電量となっている。このため、雪面からの反射効果が大きければ、本来あまり一般化されていない、北側壁面へのアレイ設置の有効性が見えてくるのではと思われる。ここでは平均年のデータを用いてシミュレーションを行う。

各設置面について、富山の積雪ありとなし、東京の通常時(積雪なし)における11月~3月までの月別の発電量をシミュレーションし、比較を行った。図10には南傾斜面設置を、図11には東西南北壁面設置に対し

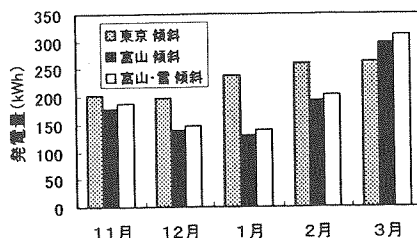


図10 富山での積雪ありとなしの場合と東京での11月~3月までの南傾斜面設置における月別発電量

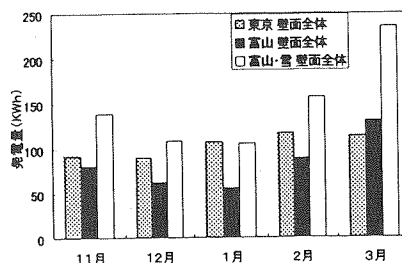


図11 富山での積雪ありとなしの場合と東京での11月~3月までの東西南北壁面設置における月別発電量

てシミュレーションした結果を示す。南傾斜面設置では、設置角度が低いために雪面からの反射効果がほとんど得られず、積雪ありとなしとの差がほとんどないことが分かる。一方、東西南北壁面設置では、富山においてそれぞれ平均で約50kWhずつ発電量が増加しており、1月には1.9倍にまで達している。このため、富山の北、東、西壁面においては、積雪時になると冬季を通じて東京の発電量を超えてしまっている。もちろんこのシミュレーションでは11月～3月までが新雪で覆われていることを仮定しているため、現実には存在し得ない条件なのであるが、標高の高い平原ではこれに近い状況はありえるであろう。いずれにしても、壁面設置においては雪面からの反射効果を十分に利用できることが確認された。

6. 実測データとの比較

前節までは、南傾斜面設置と東西南北壁面設置との設置方法によるアレイ発電量特性の違いを調べるため、実際のS社に設置されたシステムと若干異なったモデルでシミュレーションしてきた。しかし、ここではシミュレーションの妥当性を評価するため、南傾斜面設置および東西南北壁面設置アレイから取得した実測データと、PVFORMにより全く同じ発電環境から取得したシミュレーションデータとの比較を行う。

まず、駐車場の南傾斜面設置アレイについては、今まで採用してきたアレイ設置傾斜角度やアレイ面積などが、実際とは違う値となっている。次に、壁面設置アレイについては、アレイ方位が確実に東西南北を向いているわけではなく、実際は真南から東方向へ 11° ずつつれている。このことは傾斜面アレイについても全く同じである。以下に、実測値との比較のために前節におけるシミュレーションとは異なる部分のパラメータを記す。

- アレイ角度—傾斜面： 14.2°
- アレイ方位—壁面：東、西、南、北
 - 傾斜面：南
 - (それぞれ真南から東方向へ 11° のずれ)
- アレイ面積—東西壁面： 37.9m^2
 - 南北壁面： 28.4m^2
 - 傾斜面： 82.7m^2
- アレイ高さ—傾斜面：3.22m
- モジュール効率—東西南北壁面：9.6%
 - 傾斜面：11.8%

設置面毎にアレイ面積が異なるため、設置面別に発電量の比較を行った。まず、図12にS社の駐車場に設置された南傾斜面設置アレイに対して月別発電量の計算結果と実測データの比較を示す。計算値は平均年のMETPVデータを用いたため、必ずしも実測発電量との妥当な比較はできないかもしれないが、実測値と計算値は11月においてやや異なるものの、それ以外はほぼ一致した結果となっている。参考のため、S社で計測

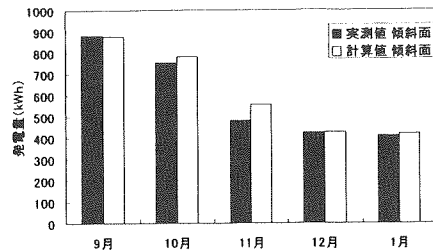


図12 シロウマサイエンス㈱内の南傾斜面設置アレイの月別発電量の実測値と計算値との比較

している全日日射量をMETPVと一ヶ月単位で比較したところ、10月と11月は10～11%の違いがあったが、9, 12, 1月は6～7%の違いであった。

図13、14にS社内の東西壁面および南北壁面設置アレイの月別発電量の計算値と実測値との比較を示す。

先ず実測値を壁面別に見てゆくと、南、西壁面で発電量が多くなっていることが分かる。東壁面を見ると、西壁面に比べて全体的に発電量が低くなっているが、一つは東壁面が $+11^\circ$ 北側を向いているためだと考えられる。もう一つは、東側に標高3000m前後のアルプス連峰があるため、午前中のある時間帯における直達光が遮られてしまうためだと考えられる。北壁面

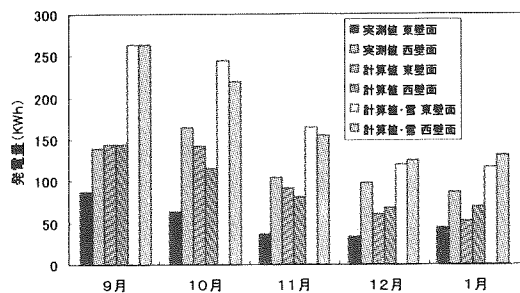


図13 シロウマサイエンス㈱内の東西壁面設置アレイの月別発電量の計算値と実測値との比較

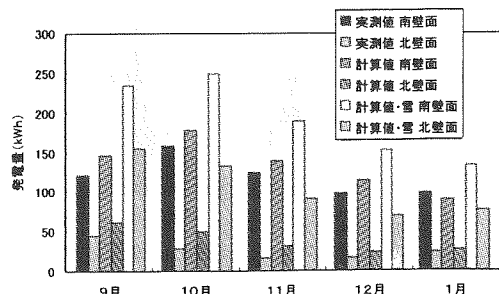


図14 シロウマサイエンス㈱内の南北壁面設置アレイの月別発電量の計算値と実測値との比較

は4つの壁面の中で最も発電量小さいが、図3において12月、1月に水平面日射量が最小になることを考えると1月の発電量が11月を上回っているのは特筆すべき点である。1月には積雪の日が何日かあったことから北壁面のこの増加は積雪面からの反射効果によるものではないかと思われる。

実測値とシミュレーション値との比較では、東壁面においてとりわけおおきな開きが見られるが、他の3つの壁面においても図14に示した傾斜面でのそれらに比べて大きな開きがあるのが明らかに分かる。シミュレーションでは周囲の地形に関する情報は考慮していないのに対し、壁面設置アレイに対する実測データにおいては、複雑な周囲の地形や一定ではない地面の反射率等が大きく影響していることが考えられ、特に太陽高度が低い時の日射障害物は壁面アレイの発電量に大きく影響するため、上記の結果となったものと思われる。その意味で、東壁面での実測値とシミュレーション値の大きな開きは東側に日射障害のある山が存在していることが原因と思われる。

図15において、実測データの中から1日の水平面全天日射量が等しい積雪ありの日と積雪無しの日の各壁面における単位面積あたりの発電量を比較する。1999年12月9日は積雪のない日で、2000年は前日にかなりの積雪のあった日である。直達日射量の測定は行っていないため必ずしも妥当な比較とはいき切れないが、両日における水平面全天日射量はほぼ等しかった。12月9日は南壁面と西壁面の単位面積発電量が多く、東および北壁面では小さかった。しかしながら、積雪のあった2月19日は南および西壁面の単位面積発電量がほぼ等しい上に、東および北壁面の単位面積発電量が南および西壁面の1/2程度にまで上昇しているのは注目すべき点である。壁面全体での単位面積あたりの発電量でみると、積雪ありの日の発電量は無しの日の発電量の1.3倍になっていることが分かる。

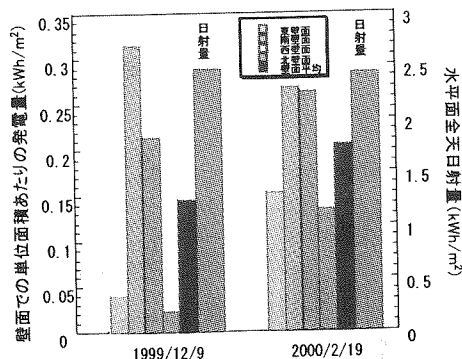


図15 1日の水平面日射量がほぼ等しい積雪ありの日となしの日における壁面設置アレイの発電量の比較

7. まとめ

本研究では、北陸地方における太陽光発電アレイの発電特性、特に壁面設置型について、富山と東京におけるシミュレーション結果および実測データとの比較を通して、日本海特有の気象条件下での壁面設置太陽光発電の有用性について検討した。

気象データを使ったシミュレーションでは、平均年データの場合、東西南北壁面設置型の年間発電量は傾斜面設置型の1/2弱であり、双方とも富山と東京間での差は殆ど認められなかった。また、富山における極端年発電量のシミュレーションをした結果、多照年と寡照年との間で最大、平均年の16.7%の発電量差が生じることが分かった。

積雪状況下のシミュレーションによると、富山における壁面設置型モジュールでは、積雪面からの反射効果により、1月には最大の1.9倍の発電量となり、その効果が十分に期待できる。また、積雪時には北側壁面設置モジュールの発電量が3倍近く上昇することが分かった。

実測データからシミュレーションの妥当性が概ね確認できたことで、富山における壁面設置型太陽光発電は、東京と比べても十分にその利用価値はあり、特に、降雪時には雪面からの反射効果により大幅な発電量の上昇が期待できることが分かった。

謝辞

本論文で紹介した、太陽光発電システムは平成10年度産業用等NEDOフィールドテスト事業で設置されたものであり、関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 日本気象協会編、「最適設計のための気象データの調査研究」,平成7年度NEDO委託業務成果報告書,(1996).
- (2) Michael E. Ropp, Miroslav Begovic, Ajeet Rohatgi and Richard Long, "Design Consideration for Large Roof-integrated Photovoltaic Arrays", Progress in Photovoltaics, 5, pp.55-67(1997).
- (3) Y. K. Chieng and M. A. Green, "Computer Simulation of Enhanced Output from Bifacial Photovoltaic Modules", Progress in Photovoltaics, 1, pp.293-299 (1993).
- (4) 柴田和雄・内嶋善兵衛編、太陽エネルギーの分布と測定、学会出版センター、P.181(1987).
- (5) D. F. Menicucci and J. P. Fernandez, User's Manual for PVFORM: Photovoltaic System Simulation Program for Stand-Alone and Grid-Interactive Applications, Sandia National Laboratories Publication SAND85-0376, p.27(1989).
- (6) ibid., p.7.