

長野高専太陽光発電設備の発電特性*

渡辺誠一*¹・大澤幸造*²

Output Characteristics of Photovoltaic Power Generation System of
National Institute of Technology, Nagano College

WATANABE Seiichi and OHSAWA Kozo

This paper described the output characteristics of the photovoltaic power generation system running in National Institute of Technology, Nagano College. This power generation system were constituted by photovoltaic cells of single crystalline silicon of two models, multi-crystalline silicon, compound-based thin-film, and single crystal hybrid system. Results of the measurement of the power generation amount of one year, the power generation characteristics were found to vary depending on the type of photovoltaic module.

キーワード：太陽光発電設備，単結晶シリコン系，多結晶シリコン系，化合物系薄膜，単結晶ハイブリッド系，発電特性

1. ま え が き

1973 年の第一次オイルショックを機に通産省工業技術院（現在，産業技術総合研究所）が 1974 年 7 月から開始したサンシャイン計画¹⁾により，日本国内では太陽光の利活用の技術開発が進んだ。その後，1980 年 10 月に設立された新エネルギー総合開発機構（現在，新エネルギー・産業技術総合開発機構）により太陽光発電技術の開発と普及のためのフィールドテスト²⁾が行われ，太陽光発電が公共施設を中心に徐々に普及してきた。現在は，地方自治体などによる助成制度や再生可能エネルギー固定価格買取制度³⁾が充実し，また太陽電池の価格の低下もあって一般家庭においても太陽光発電が普及している。

長野工業高等専門学校（以下，長野高専と略記）では平成 11 年 6 月に直流最大出力 40.6kW の太陽光発電設備が竣工した。この設備で発電した電力は校舎地区で利用している。平成 26 年 3 月には施設整備費補助金により太陽電池セルの種類が異なる太

陽電池モジュール 4 機種で構成した直流最大出力 42.5kW の太陽光発電設備を増設して，直流最大出力 83.1kW とした。本論文では，太陽光発電設備の構成と発電特性について述べる。

2. 太陽光発電設備の構成

図 1 に太陽光発電設備の構成を，表 1 に太陽光発電設備の機器構成を示した⁴⁾。単結晶シリコン系太陽電池モジュールで構成した既設の発電設備（直流最大出力 40.6kW）に，新たに単結晶シリコン系（直流最大出力 10.6kW），多結晶シリコン系（直流最大出力 10.6kW），単結晶ハイブリッド系（直流最大出力 10.7kW），化合物系薄膜（直流最大出力 10.6kW）の 4 種類の太陽電池モジュールを増設した。これにより，本設備の直流最大出力は 83.1kW となった。

単結晶シリコン系，多結晶シリコン系，化合物系薄膜の各太陽電池モジュールの出力はパワーコンディショナ 7 台を通じて電気室内にある変圧器の二次側（三相 200V 系統）に連系した。単結晶ハイブリッド系の太陽電池モジュールの出力はインバータ（パワーコンディショナ）を通じてリチウムイオン蓄電装置（容量 15kWh）に接続され，蓄電池の充電を行うことができる。既設の発電設備では，交流定格出力 40kW のパワーコンディショナを用いて系統連系を行っていたが，平成 25 年 5 月に故障したため，新規設備と同機種のパワーコンディショナ 4 台に更新して長寿命化を図った。

* 本研究の一部は施設整備費補助金（平成 24 年度補正予算）と平成 25・26 年度長野高専特別経費の助成を受けて実施

* 2014 年 8 月 26 日全国高専教育フォーラムで一部発表

*1 電気電子工学科准教授

*2 電気電子工学科教授

原稿受付 2015 年 5 月 20 日

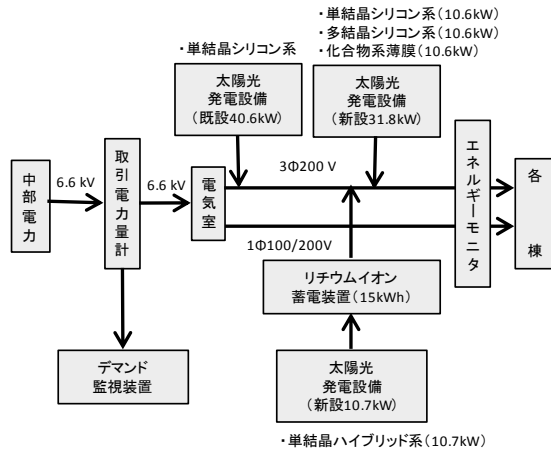


図1 太陽光発電設備の構成

表1 太陽光発電設備の機器構成

機器名	種類(備考)	定格×枚数	直流出力
太陽電池モジュール	単結晶シリコン系	145W×280枚	40.6kW
	単結晶シリコン系	220W×48枚	10.6kW
	多結晶シリコン系	242W×44枚	10.6kW
	化合物系薄膜	165W×64枚	10.6kW
	単結晶ハイブリッド系	238W×45枚	10.7kW
パワーコンディショナ		10kW×7台	
リチウムイオン蓄電装置	蓄電装置充電用インバータ(10kW)	1.5kW×1台	

太陽光発電設備には、これらの他に日射量計（ISO9060 Class2 準拠）、気温計（Pt100 JIS1604 ClassA 準拠）、計測監視装置を備えている。計測監視装置では太陽電池モジュール毎の直流発電電力量、パワーコンディショナ毎の交流発電電力量、日射量、気温などを測定することが可能である。これらにより、平成25年度に製造された種類が異なる太陽電池モジュールと、平成11年3月に製造されて使用開始後約15年（平成26年3月当時）が経過した太陽電池モジュールについて発電特性の長期にわたる測定および比較を行えるようにした。

図2に太陽光発電設備の外観を示した。一般校舎屋上に化合物系薄膜太陽電池モジュールと単結晶ハイブリッド系太陽電池モジュールを、電気電子工学科棟屋上に化合物系薄膜太陽電池モジュールを、機械工学科棟屋上に単結晶シリコン系太陽電池モジュールと多結晶シリコン系太陽電池モジュールを、環境都市工学科棟屋上に単結晶シリコン系太陽電池モジュールを設置した。新設の太陽光発電設備は3つの校舎に分散して設置した。屋上には空調装置の室外機が多数設置されていることから、時間帯によっ



(a) 化合物系薄膜太陽電池モジュール（左）と単結晶ハイブリッド系太陽電池モジュール（右）



(b) 単結晶シリコン系太陽電池モジュール（左）と多結晶シリコン系太陽電池モジュール（右）



(c) 単結晶シリコン系太陽電池モジュール

図2 太陽光発電設備の概観

ては影が発生する可能性がある。そのため、太陽電池モジュールは9時から15時までの間に日影が発生しない位置に分散して設置した。

太陽電池モジュールの架台の傾斜角度は、太陽の南中高度と、晴天の割合が多い春から秋にかけて発電量を多く得られるよう20度に設定した。なお、太陽電池モジュールは特に降雪対策は行っていない。

3. 太陽光発電設備の発電特性

3-1 一日の発電状況

図 3 に太陽光発電設備の発電状況の一例として、平成 26 年 4 月 23 日（水）の発電状況を示した。この日は終日晴天であった。ここで、直流発電電力量は太陽電池モジュールの出力電力量を示している。

同図(a)に太陽光発電設備の総発電電力量と積算日射量の推移を示した⁴⁾。これより、11 時から 12 時の間に積算日射量、直流発電電力量および交流発電電力量は最大値となり、それぞれ 1.064kWh/m²、72.695kWh、69.069kWh となった。これらの値より、パワーコンディショナの総合変換効率は 95.0% となった。また、直流発電電力量は積算日射量の増加の傾向とほぼ一致することがわかった。

同図(b) に太陽電池モジュール毎の発電電力量の推移を示した。既設の単結晶シリコン系太陽電池モジュール（図中に単結晶（旧）と記載）は 280 枚の内 70 枚（直流最大出力 10.15kW）の出力で比較した。その結果、11 時から 12 時の間に単結晶ハイブリッド系、化合物系薄膜、単結晶シリコン系、多結晶シリコン系、既設の単結晶シリコン系（旧）の各太陽電池モジュールの直流発電電力量はそれぞれ 10.616kWh、10.525kWh、9.663kWh、10.284kWh、7.868kWh となった。既設の単結晶シリコン系太陽電池モジュールは劣化により定格出力に対して 80%程度の発電量になっていることがわかった。

同図(c) に太陽光発電設備の発電効率の推移を示した⁴⁾。ここで、直流発電効率 η は式(1)で求めた⁵⁾。

$$\eta = \frac{P}{JA} \times 100 [\%] \quad (1)$$

ここに、 P : 直流発電電力量 [kWh]

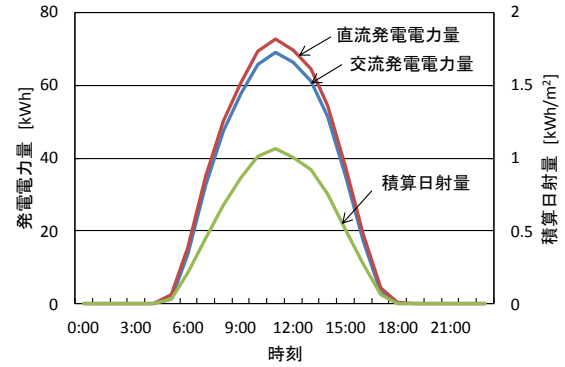
J : 傾斜面積算日射量 [kWh/m²]

A : 太陽電池モジュールの面積 [m²]

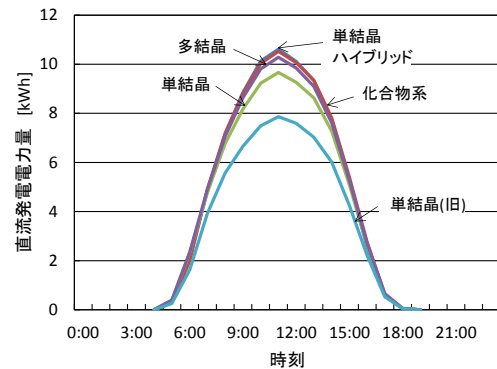
同図(b) で得られた値を用いて計算した結果、11 時から 12 時の間に単結晶ハイブリッド系、化合物系薄膜、単結晶シリコン系、多結晶シリコン系、既設の単結晶シリコン系（旧）の各太陽電池モジュールの直流発電効率はそれぞれ 17.3%、12.7%、14.2%、13.8%、12.1%となり、単結晶ハイブリッド系太陽電池モジュールの直流発電効率が一番良いことがわかった。ここで、直流発電効率が 8 時から 15 時まで低下する傾向については、太陽電池パネルの温度上昇によるものと考えられる⁶⁾。

3-2 月毎の交流発電電力量の推移

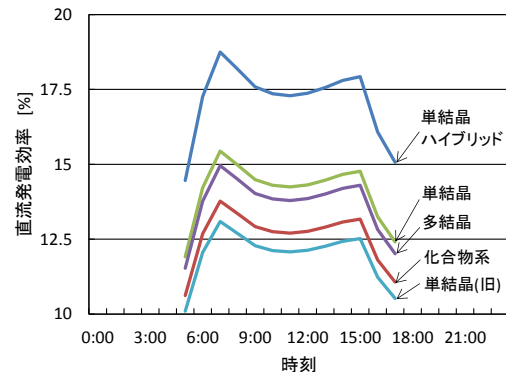
図 4 に太陽光発電設備の交流発電電力量の推移を示した。平成 24 年度は既設設備の発電量、平成 26



(a) 総発電電力量と積算日射量の推移



(b) 太陽電池モジュール毎の発電電力量の推移



(c) 発電効率の推移

図 3 太陽光発電設備の発電状況（平成 26 年 4 月 23 日）

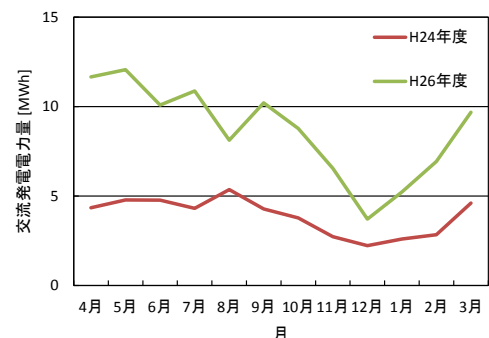


図 4 太陽光発電設備の交流発電電力量の推移
（平成 24 年度および平成 26 年度）

年度は既設と新設を合算した発電量である。ここで、交流発電電力量はパワーコンディショナの出力電力量を示している。平成 26 年度における月毎の交流発電電力量は平成 24 年度と比較して 151.7%(8 月)～268.1%(4 月)増加した。これは、平成 26 年度の積算日射量は平成 24 年度の積算日射量に対して 66.2%(8 月)～119.7%(4 月)と変化していることから、発電量はその年の天候や降雪状況で変動したと考えられる。また、平成 26 年度の 1 年間に 103.924MWh 発電したことがわかった。

3-3 校舎における電力自給率

図 5 に平成 26 年度の校舎における使用電力量と電力自給率の推移を示した。長野高専は電気を中部電力から高圧 6,600V で購入している。電力自給率は、買電電力量と太陽光発電設備から得られる交流発電電力量を合算した使用電力量に対する交流発電電力量の百分率とした。

電力自給率を計算した結果、5 月に 16.1%と最大になったのに対して、12 月は 3.6%と冬季に低下することがわかった。冬季に電力自給率が低下した原因として、図 4 に示したように 12 月は交流発電電力量が低下したことと、GHP エアコンによる暖房の使用で中部電力からの買電電力量が増加したためと考えられる⁷⁾。1 年間の電力自給率は、校舎地区の買電電力量が 933.794MWh であったことから、10.0%であることがわかった。

4. あ と が き

本論文では、長野高専で平成 26 年 3 月に稼動した太陽電池セルの種類が異なる太陽電池モジュール 5 機種を用いた直流最大出力 83.1kW の太陽光発電設備の構成と発電特性について述べた。本論文で明らかになった事柄は以下の通りである。

- (1) 単結晶ハイブリッド系、化合物系薄膜、単結晶シリコン系、多結晶シリコン系、既設の単結晶シリコン系(旧)の各太陽電池モジュールの直流発電効率を比較した結果、単結晶ハイブリッド系太陽電池モジュールの直流発電効率が一番良いことがわかった。
- (2) 平成 26 年度における太陽光発電設備の月毎の交流発電電力量は平成 24 年度と比較して 151.7%(8 月)～268.1%(4 月)増加して、1 年間に 103.924MWh 発電したことがわかった。
- (3) 太陽光発電設備を導入したことにより、平成 26 年度の校舎における電力自給率は 5 月に 16.1%と最大になったのに対して、12 月は 3.6%と冬季に低下することがわかった。

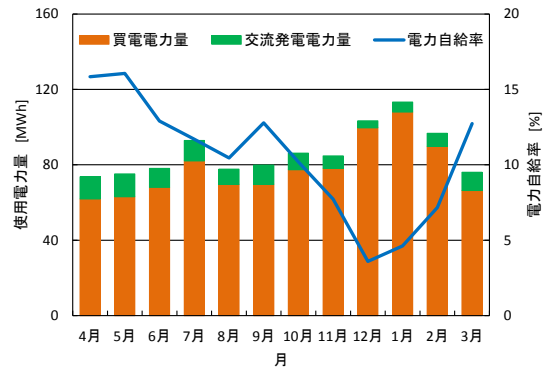


図 5 校舎における使用電力量と電力自給率の推移
(平成 26 年度)

今後、太陽光発電設備のメンテナンスを容易にする計測システムを構築して、設備を長期にわたり使用できるようにしていきたい。また、新設の太陽電池モジュールは 20 年保証が付与されていることから、太陽電池セルの種類が異なる太陽電池モジュール 5 機種の発電特性の長期比較を行ってきたい。

謝 辞

本設備は施設整備費補助金(平成 24 年度補正予算)で導入した「エネルギー教育用実験システム」の一部である。同システムを導入するにあたりご尽力いただいた総務課財務係および総務課施設係の皆様、同システムを納入および設置工事を担当していただいた業者の皆様に感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 清水幸丸編著：再生型自然エネルギー利用技術，パワー社，p.77 (2006.4)
- 2) 太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドライン〔設計施工・システム編〕策定委員会：太陽光発電の効率的な導入のために，新エネルギー・産業技術総合開発機構，p.3 (2010.3)
- 3) 資源エネルギー庁：再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック 2015 (平成 27) 年度版，経済産業省資源エネルギー庁，pp.3-6 (2015.3)
- 4) 渡辺誠一，横山靖樹，大澤幸造：学生実験「太陽光発電設備の発電特性」の実施，平成 26 年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表概要集，AK12_1_1，pp.1-2 (2014.8)
- 5) 赤木貴，森山正和，芝池英樹，竹林英樹：太陽光発電システム発電量の予測方法における太陽電池セル温度の影響に関する研究，平成 13 年度日本建築学会近畿支部研究報告集，p.2 (2001.5)
- 6) 文献 1) の p.84
- 7) 渡辺誠一，丸山健也，古川翔一：長野高専校舎における電力使用状況の分析，長野工業高等専門学校紀要，No.47-1-3，pp.2-3 (2013.6)