

太陽光発電に及ぼす雲の影響に関する研究

Effect of Clouds on Solar Energy Generation

巢 宇燕*・菅井径世*・菊山功嗣*・闫 冠伊**

CHAO Yuyan, SUGAI Michiyo, KIKUYAMA Koji and Yan Guanyi

* 名古屋産業大学現在ビジネス学部

** 名古屋産業大学環境マネジメント研究科

Abstract: There are earnest demands for the developments of renewable energy generation in the world. Though solar energy is one of the most important resources in Japan, it depends largely on the weather conditions, especially on the occurrence of clouds in the sky. In order to predict the solar energy generation in the next day the effect of clouds should be clarified for various kinds of weather conditions. This study concerns with the effect of clouds on the energy generation. Based on the observation of clouds and measurements of generated energy, the rate of decrease in energy generation is obtained for each kind of clouds.

keywords: solar energy, clouds, prediction of energy generation, weather map

1. まえがき

太陽光は風力とともに再生可能エネルギーの主力として、今後世界中で益々利用拡大が期待されている。しかしこれらの自然エネルギーはいずれも気象条件に大きく依存しているので、安定的に利用するには、気象が及ぼす影響を正確に把握することが大切である。将来、化石燃料による発電に代わって再生可能エネルギーが主力電源になることが予測されており、その場合に、発電量を予測し、不足分を化石燃料や水力で補充することが予想される。またエネルギーを大量に消費する産業では、安価な自然エネルギーを利用するために気象条件にあわせた生産計画が実行されることも予測される。

本研究は気象条件によって発生する種々異なる雲によって太陽光発電量がどのように影響されるかを実験的に明らかにし、将来の計画的な電力利用に関する基礎資料を得るものである。

2. 太陽光発電の現状

わが国では 2012 年に施行された再生可能エネルギーの買い取り制度によって、世界の先進国では遅れながらも全国的に風力、太陽光の利用が進行しつつあり、2016 年の太陽光発電の年間総世量は 450 億 KWKWh に達している。これは震災後発電を抑

制している原子力の発電量を越えた。また世界的には 2017 年に太陽光発電設備容量が原子力発電の設備容量を越えている。また発電当初の買取料は 1KW あたり 40 円（消費税別）であったが、現在 14 円に低下しているが、なおその開発が進行している。

日本では季節によって日照時間、太陽の高度が変化すること、季節によって晴天日の割合が変わる。図 1 は著者の一人が中津川市で共同運営している 50KW×2 基の太陽光発電所の事業開始からの毎月の発電量の変化を示す。年により月々の発電量はわずかに変化するがその違いは少ない。これらより求めた年間の太陽光パネル 1 KW あたりの発電量はほぼ 1200Ch/年である。この値は NEDO が示している日本の太平洋側での平均発電量を上回っている。

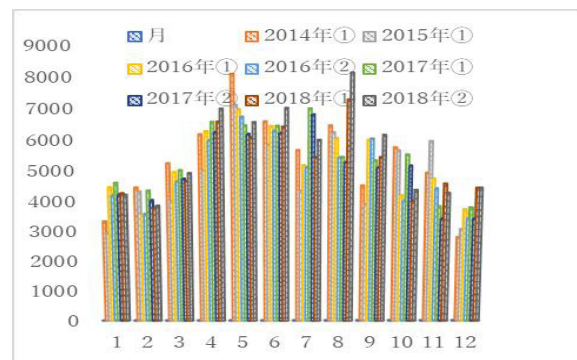


図 1 恵那山おひさま発電所各月の発電量 (KWh)

3. 雲の遮蔽がないときの発電量

雲による日射の遮蔽がない場合の太陽光パネルによる毎時の発電量は次式で与えられる。

$$P_w(T) = \eta \cdot P(T) \quad (1)$$

ここで η はパネルのエネルギー変換係数とし、 $P(T)$ は、時刻 T におけるパネルに垂直に入射する日射量である。時刻 T における日射量を $A(T)$ KW/m²、太陽光線がパネル面の法線となす角度を θ とすると、

$$P(T) = A(T) \cos\theta \quad (2)$$

パネルの勾配を α 、購買の向きが真南から西に β だけ変位しているとし、時刻 T における太陽の方位角（真南を 0° ）を Ψ 、仰角を Φ とすると、太陽光線とパネル面の法線との角度 θ は、2つの単位ベクトルの内積より、

$$\cos\theta = \sin\alpha \cos\Phi \cos(\Psi - \beta) + \cos\alpha \sin\Phi \quad (3)$$

で与えられる。ゆえに式(1)は

$$P(T) = A(T) [\sin\alpha \cos\Phi \cos(\Psi - \beta) + \cos\alpha \sin\Phi] \quad (4)$$

となる。

本学屋上設置のパネルにおいて、発電効率を $\eta = 0.15$ と仮定したときの毎時あたりの発電量の変化と実測との比較を示すと図2のようになる。

4. 雲の種類と気象条件の観察

国際基準で定められている雲の種類は人工的に発生する飛行機雲を除くと10種類である。そのうちで太陽光線を遮る厚い雲は積乱雲、乱層雲(図3参照)でこれらは降雨を伴うので発電はできない。また降雨は伴わないが空をすっきり覆う層積雲(図4)も発電を妨げる。

一方高積雲、高層雲は雲の高度が高く、日射を妨

げるがわずかに発電は可能である。また普通晴天の時に現れる積雲(図5)は雲塊が太陽光を遮蔽したとのみ発電量が低下する。

雲の種類、雲量は日々変化するのでそれによる遮蔽率を一律に決定できない。本研究では天候、雲の種類を観察し、その時の発電量を晴天の場合と比較することによって遮蔽率を実験的に求めることを目的とする。発電量の測定は本学屋上のパネル及び中津川市の恵那山おひさま発電所で実施した。

5. 夏季の雲と発電量

表1は2018年7~8月に観察を行った発電量と雲のデータである。観測は正午に実施した。



図3 乱層雲



図4 層積雲

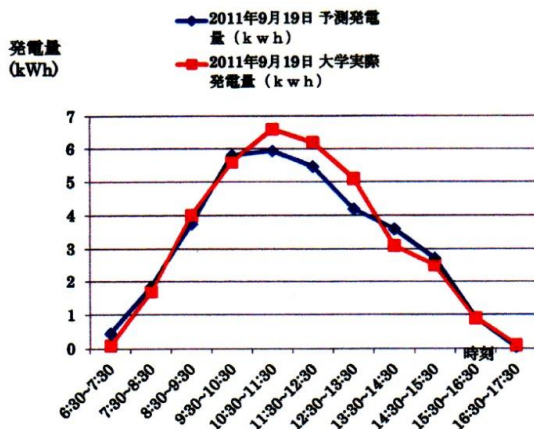


図2 太陽光発電の日変化 計算と実測比較例



図5 積雲

月	日	天候	雲の種類	発電量 (KWh)	遮蔽率%
7	12	くもり	積雲	30	84
	13	薄曇り	高層雲	34.6	97
	14	快晴	なし	34.6	97
	16	うすくもり	高層雲	36.4	100
	22	晴	巻層雲	35.6	99
	26	うすくもり	高層雲	36.4	100
	30	快晴	なし	34.6	97
8	7	くもり	層積雲	16.4	45
	11	くもり	層積雲	13.8	38
	13	くもり	層積雲	28.8	85
	17	晴	なし	35.3	99
	18	うすくもり	高層雲	36.8	100
	20	くもり	層積雲	18	50
	24	くもり	層積雲	12.4	34

表 1 2018 年 7、8 月正午の発電量と雲の関係

表において快晴の時の発電量は 34.6KWh であるのに対し、空が薄曇りで薄い高層雲によっておおわれている場合のほうが大きい発電量をしめしている場合もある。これは快晴であっても夏空では湿度が高く、大気中の水蒸気によってエネルギーが吸収されることによると考えられる。また層積雲に覆われた曇りの時には発電量は快晴時の 50%あるいはそれ以下に減少している。

6. 発電量の日変化と雲の関係

本学の屋上に設置した太陽光パネルの発電量は毎時観測され記録されている。図 6 は快晴時の発電量

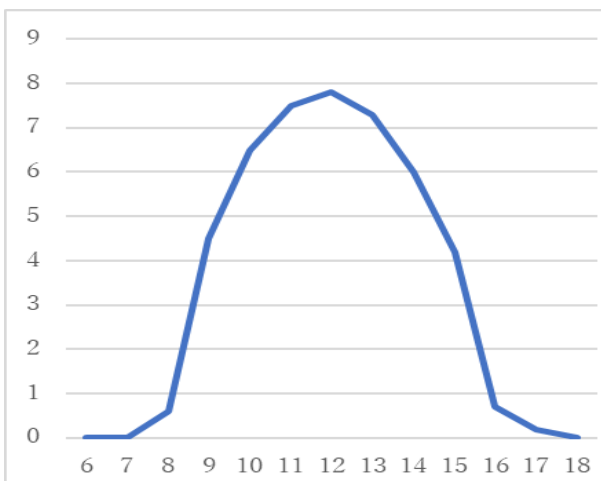


図 6. 晴天日の発電量時間変化 (1 月 7 日 単位 : KWh)

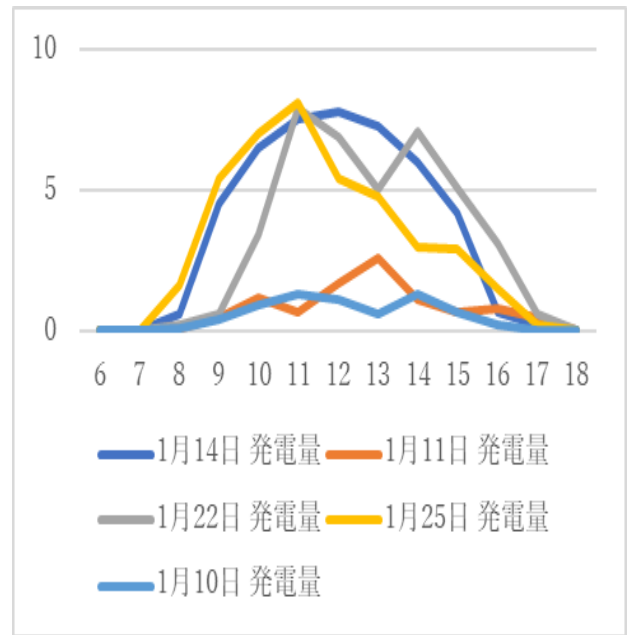


図 7 曇り日の発電量変化

の変化を示す。発電量は正午を軸にほぼ対象な形状を示している。

図 7 は曇り日における 1 日の発電量変化を示す。比較のため 1 月 14 日の終日晴天の場合も示してある。1 月 10 日は終日曇りで乱層雲に覆われたためほとんど発電しない。1 月 22 日は曇りのち晴れであり、午前中は晴天のばあより少し少ないが、午後には晴天時と同じ発電量である。

7. 発電量の予測と今後の課題

上述のように天気の変化は千差万別であり、発生する雲の種類も規模も変化に富んだものである。しかし、天気図から翌日発生する雲の種類を推察すれば発電の減少量はある程度予測できることが知られた。今後は四季の異なる雲の発生状況から翌日の発電量を予測し、実際の発電量と比較することにより、データを蓄積すれば AI 技術などを駆使して予測精度を上げることができると考えられる。

参考文献

- 1) 熊 琦・巢宇燕・菅井径世・菊山功嗣(2017) 自然エネルギーによる里山集落のエネルギーに自給に関する研究、名古屋産業大学環境経営研究所年報第 16 号、pp. 9~12.
- 2) 巢宇燕・菅井径世・菊山功嗣(2018) 我が国の太陽光発電開発に関する一考察、名古屋産業大学環境経営研究所年報第 17 号、pp. 30~32.