

昭和基地における太陽光発電システムの最適設置条件

- 斜面日射量の推定精度と推定における天候の影響 -

Optimum Installation Conditions of the Solar Energy Power Generation System at Syowa Base

- Estimation Accuracy of Solar Irradiation and Weather Effects in the Estimation -

○比留間一彦¹, 西川省吾², 石沢賢二³*Kazuhiko Hiruma¹, Shogo Nishikawa², Kenji Ishizawa³

Abstract: At Syowa Base, a lot of observations and researches are conducted. Most electrical and thermal energies required are provided with the fossil fuel. In the future, an increase of fuel consumption by the introduction of large-scale observational equipment is expected. However, it is difficult to carry all required fuel from Japan because of shipment limitation. For this reason, it is important to utilize renewable energy to reduce fuel consumption at Syowa Base. In this study, we clear optimum installation conditions of PV module from the standpoint of solar energy. In this report, we describe estimation accuracy of solar irradiation and weather effects in the estimation.

1. はじめに

南極の昭和基地では数十人の隊員により多様な観測活動等が行われているが、基地で必要な電気・熱エネルギーのほとんどは、化石燃料により賄われている。将来的には、大型観測装置の導入などにより消費エネルギーの増大が予想されるが、観測船の輸送可能容量の制限から、必要な燃料を全て日本から輸送することは困難である。このため、現地で取得可能な太陽光発電、太陽熱利用などの再生可能エネルギーを活用し、軽油の使用量を削減することが不可欠である。

本研究では昭和基地において、日射量からみた太陽電池モジュールの最適設置条件を、現地試験データの解析結果をもとに明らかにする。

本稿では、昭和基地における斜面日射量の推定精度及び天候の違いによる推定精度への影響について示す。

2. 実証試験設備

昭和基地に設置した太陽光発電の実証試験設備を図1に示す。東西南北の各方位に 30° 、 60° 、 90° の傾きで、上部には水平にモジュールが設置されている。実証試験設備では、各モジュールについて短絡電流及び太陽電池温度を2秒ごとに計測している。日射強度と短絡電流は比例するため、日射強度は短絡電流から推定している。



Figure 1. Evaluation test facility (in summer)

3. 斜面日射量の推定方法

図2に示す通り、斜面日射量は傾斜面への直達成分、天空散乱成分、地面反射成分の3成分から求められる。まず、現地で気象庁が計測している全天日射量からErbsモデルを用いて直散分離を行い、水平面散乱成分を求め、全天日射量及び太陽高度、斜面への太陽光線の入射角により傾斜面の直達成分を求める。次に、Perezモデルを用いて天空散乱成分を求め、均一反射モデルを用いて地面反射成分を求めてこれらを合計することにより、斜面日射量を推定する。なお、具体的な計算方法は、参考文献[1]に示した文献中の計算式を用いる。ここで、地面反射成分の推定に用いるアルベドの値は、現地の地面の状況を正確に把握することは困難なため、裸地と雪面の平均値の0.48と仮定した。

全天日射量の測定に用いられる日射計は、ドーム状のガラスで覆われているため、太陽光の入射角が変化した場合でも太陽光の表面反射の影響を受けにくい。太陽電池では表面が平板上の強化ガラスに覆われているため、入射角が変化することによって表面反射の影響が大きくなる。従って、参考文献[2]に示した文献中の計算式を用いてモジュールの表面反射を考慮した。

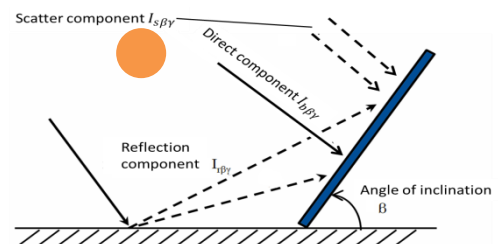


Figure 2. Components of solar irradiation

4. 斜面日射量の推定結果

図 3 に 2010 年 12 月 25 日の北 30°, 90° について、気象庁の計測する全天日射量から推定した、表面反射の補正前と補正後の斜面日射量と実証試験設備の計測値から求めた斜面日射量を示す。

図 3 より、表面反射の補正前では測定値よりも大きく推定されることがわかる。従って、この結果からも推定時には表面反射を考慮する必要があるといえる。

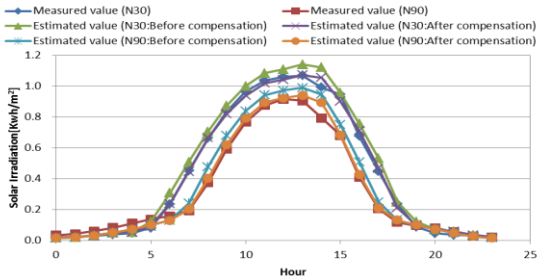


Figure 3. Comparison of the estimation results (North)

次に、図 4~6 に気象庁の計測する全天日射量から推定した斜面日射量と実証試験設備の計測値から求めた斜面日射量を示す。図タイトル括弧内のアルファベットは方位、数字は傾斜角を示す。対象日は 2010 年 12 月中最も日積算日射量の多い日、中程度の日、少ない日として、それぞれ 25 日、3 日、26 日である。また、表 1 に同月の日積算日射量が多い日(High), 中程度の日(Medium), 少ない日(Low)の各 3 日間について RMSE(Root Mean Square Error : 2 乗平均平方根誤差)を示す。

表 1 より、水平面が最も精度よく推定できるとわかる。また、図 4~6 より日射量の多い日では、測定値に比べ推定値が、東では午前若干小さく、西では午後若干小さくなる。また、傾斜角が 90° では東で午後に、西で午前やや大きくなる。日射量の少ない日では、測定値に比べ推定値が、北では日中に大きく朝や夜で小さく、東では午前大きく午後小さい傾向があり、西はその逆の傾向がある。

日射量が多い日の結果について、傾斜角が大きい場合に推定精度が悪いが、これは今回仮定したアルベドの値が大きく、地面反射成分の割合が実際より多くなり精度が低下したと考えられる。日射量の少ない日は日射量の 3 成分のうち天空散乱成分が占める割合が多いことから、天空散乱成分の影響が十分に考慮されていないことにより誤差が生じたと考えられる。そのため、特に東西のように日射量の多い日と比べて午前午後で日射量の変動が小さい場合に、推定値が測定値からかけ離れてしまう。

表 1 をみると、全体的に日射量が高い日より低い日に多少推定の精度が低くなる傾向はあるが、天候による大きな差はない。

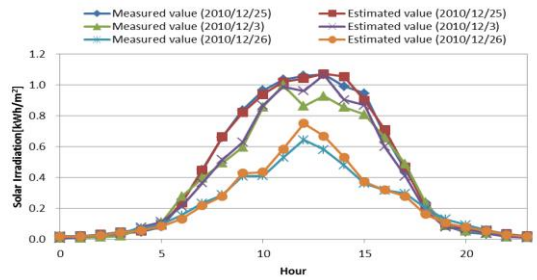


Figure 4. Estimation result of solar irradiation (N30)

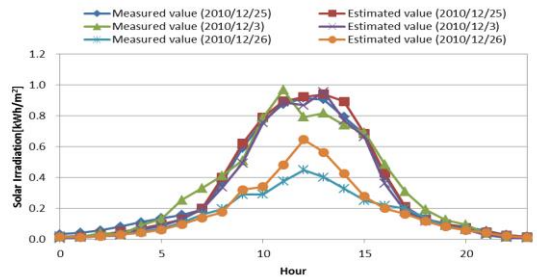


Figure 5. Estimation result of solar irradiation (N90)

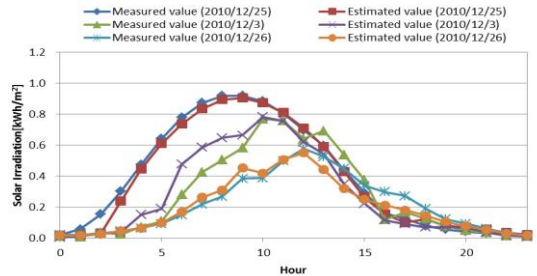


Figure 6. Estimation result of solar irradiation (E30)

Table 1. The accuracy evaluation results of the RMSE of daily irradiation (Unit: kWh/m²)

Error	High	Medium	Low
Max	0.180 (S90)	0.139 (S60)	0.097 (W90)
Ave	0.074	0.090	0.066
Min	0.015 (HOR)	0.017 (HOR)	0.015 (HOR)

5. まとめ

今回は昭和基地における斜面日射量の推定精度及び天候の違いによる推定精度への影響の検討を行った。

日射量の違いによる推定精度は大きくは変わらないが、更に精度を向上させるためには、主に日射量の高い日では地面反射成分、日射量の低い日では天空散乱成分について検討する必要がある。

6. 参考文献

[1] 日本太陽エネルギー学会:「新 太陽エネルギーハンドブック」, pp.26-29, 2001
 [2] 高野卓 平成 24 年度修士論文:「昭和基地における PV 導入効果のシミュレーション検討」, pp.22-23, 2012