

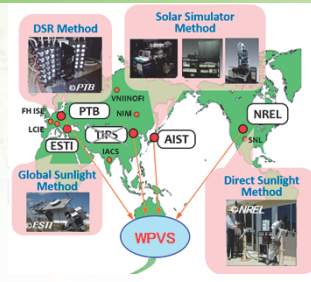
絶対分光感度法による基準太陽電池の一次校正技術

猪狩 真一, 周 泓, 渡邊 良一, 高瀬 滝男
産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 評価・標準チーム

研究背景・目的

基準太陽電池セルの代表的な校正方法

- ・屋外校正法
 - 直達太陽光法 (Direct sunlight method)
 - 全天太陽光法 (Global sunlight method)
- ・屋内校正法
 - ソーラシミュレータ法 (Solar simulator method)
 - 絶対分光感度法 (Differential spectral responsivity calibration)



屋外校正法は自然太陽光を利用するため比較的安価であるが、標準試験条件を満足する機会は限定され、処理能力も低い。

ソーラシミュレータ法 (SS法) は再現性や処理能力に優れるが、校正に費やすエネルギー・コストが比較的高い。

絶対分光感度法 (DSR) は比較的、省エネ、低コストとされるが、準器レベルの標準検出器が必要で、不確かさ要因の推定についても詳細が不明。

結果

● DSR法の原理式^[1]

$$S_{AM1.5}(I_b) = \frac{\int S(\lambda, I_b) \times E_s(\lambda) d\lambda}{E_{STC}} = \int E_s(\lambda) d\lambda = 1000$$

$S_{AM1.5}(I_b)$: 基準太陽光下の絶対分光感度
 $S(\lambda, I_b)$: 異なるバイアス光下の分光感度
 $E_s(\lambda)$: 各バイアス光の分光放射照度
 E_{STC} : AM1.5G基準太陽光の波長積分値

[1] J. Metzdorf, "Calibration of solar cells. 1: The differential spectral responsivity method", Applied Optics, Vol. 26, Issue 9, pp. 1701-1708 (1987).

● 産総研のDSR法用分光感度測定システム

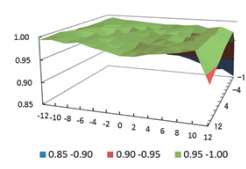
a. プローブ光:

- ① 波長範囲 300nm ~ 1700nm
- ② 定エネルギー・波長一定性: $\pm 0.63\%$
- ③ 面内均一性: (20mm × 20mm)

波長	面内均一性
450nm	$\pm 0.71\%$
550nm	$\pm 0.72\%$
750nm	$\pm 0.93\%$

b. バイアス光:

- ① ソーラシミュレータ+メッシュ減光
0.05Sun ~ 1.10Sunを重量可能
- ② 面内均一性:
 $\pm 3\%$ 以下 (20mm × 20mm)

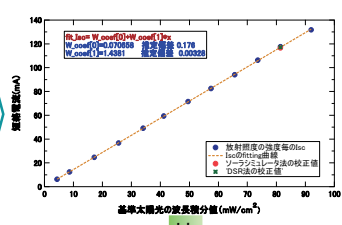
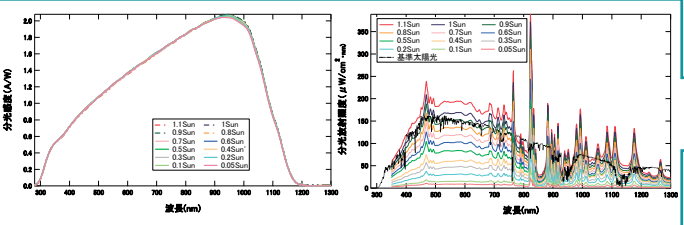


c. PTBとの比較

研究機関	バイアス光源および制御方法	面内均一性
PTB (ドイツ)	多数のハロゲンランプをマトリクス状に配置。点灯箇所の切り替えで放射強度を制御	低い
AIST (日本)	基準太陽光と高近似のソーラシミュレータとメッシュフィルタを利用	高い

● DSR法による一次校正値の算出手順

データの測定:
定エネルギー化されたプローブ光に0.05Sun~1.1Sunの各強度のバイアス光を重量し、各強度での被校正セルの分光感度特性を測定する。

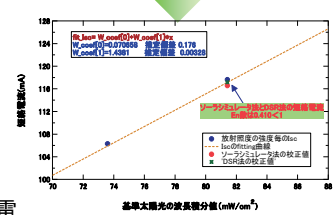


DSR法の計算の手順
 ① 縦軸:
 $I_{scb} = \int S(\lambda, I_b) \times E_s(\lambda) d\lambda$
 横軸:
 $E_b = \int E_s(\lambda) d\lambda$
 ② 分光感度あり基準太陽光の波長積分値まで fitting 計算して校正値 (I_{sc}) を算出。

● 消費エネルギー・校正コストの比較

	DSR法	ソーラシミュレータ法 (SS法)
必要な設備	a. 定エネルギー分光装置 b. 強度可変で高均一・高安定なソーラシミュレータ (バイアス光源)	a. 相対分光感度測定装置 b. ソーラシミュレータ c. 分光放射計 d. 絶対放射計
測定時間	6日間で6データ	3日間で6データ

- 支配的な不確かさ要因
 - a. 基準器 (SiPD) の不確かさ
 - b. 測定の再現性等の不確かさ
 - c. 強度補正の不確かさ
 - d. fitting補正の不確かさ
 - e. 絶対値補正の不確かさ



E_n 数の計算式^[2]

$$E_n = \frac{|I_{sc,DSR} - I_{sc,SS}|}{\sqrt{U_{DSR}^2 + U_{SS}^2}}$$
 $I_{sc,DSR}$: DSR法による校正値
 $I_{sc,SS}$: SS法による校正値
 U_{DSR} : DSR法の拡張不確かさ
 U_{SS} : SS法の拡張不確かさ

一次校正におけるDSR法の消費エネルギーと校正コストはソーラシミュレータ法の約1/2 (試算)

結晶Si系 (非充填型) 基準太陽電池の拡張不確かさ (信頼の水準 95%, $k=2$):
 SS法 0.72% < DSR法 0.79%

産総研におけるSS法とDSR法の E_n 数は1以下。同等性を確認。

結論

1. 絶対分光感度 (法DSR法) による一次校正を実現した。
2. 絶対分光感度法とのクロスチェックによるソーラシミュレータ法の一次校正の品質保証が可能となった。
3. 絶対分光感度法による一次校正に要するエネルギー消費量と提供可能な校正料金の試算を行い、ソーラシミュレータ法の約1/2となることを明らかにした。

今後の課題

1. 基準太陽電池の充填の状態やフィルタ付加型の擬似セルなど、構造と感度波長域の違いによる校正値の不確かさの推定。
2. 分光感度測定装置の構成により異なる不確かさ要因の解析。
3. 絶対分光感度法による一次校正の最高校正能力を実現する技術開発。

謝辞

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) から受託して実施したものであり、関係各位に感謝する。