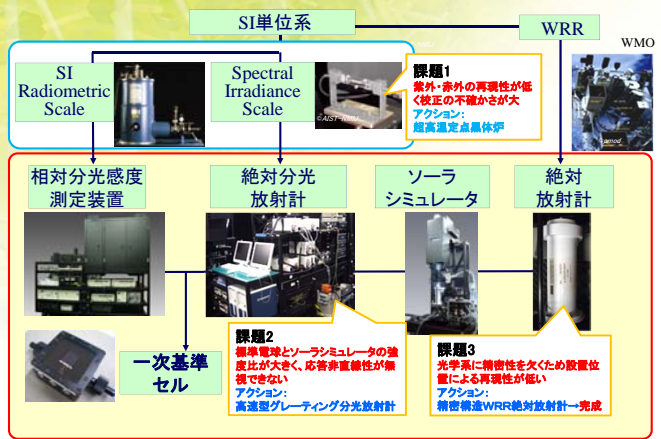


基準太陽電池校正のCMCと今後の技術課題

猪狩 真一、高瀬 滝男、小久保 順一、渡邊 良一、周 泓
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

校正の不確かさを改善するためのトレーサビリティ技術開発



課題1: 分光放射照度標準の不確かさ抑制(超高温定黒体炉の測光標準利用) 標準電球から黒体セルへのトレーサビリティの変更

分光放射照度標準の更新
金属炭化物-炭素(WC-C)の包晶点 3000 Kの温度定時点の輻射を活用

課題1: 分光放射照度標準の更新
金属炭化物-炭素(WC-C)の包晶点 3000 Kの温度定時点の輻射を活用

課題2: 高速型グレーティング分光放射計の応答直線性の評価
積分球とLEDの組合せによる積分球光源法によるディテクタ単体での評価

課題3: 精密構造WRR絶対放射計→完成

炉内にパツル光学系を挿入して測定。内部低反射処理・アパーチャー構成を最適化

プランクの黒体放射理論による計算値と相対値が一致する輻射が利用可能となった。

課題への取り組み

課題2: 高速型グレーティング分光放射計の応答直線性の評価 積分球とLEDの組合せによる積分球光源法によるディテクタ単体での評価

分光器	ディテクタ
UV (250~390 nm)	光電子増倍管
VIS1 (391~570 nm)	Siフォトダイオード A型
VIS2 (571~750 nm)	Siフォトダイオード B型
NIR (751~960 nm)	Siフォトダイオード B型
IR1 (961~1580 nm)	InGaAs PINフォトダイオード A型
IR2 (1580~2500 nm)	InGaAs PINフォトダイオード B型

積分球光源法と重量法を併用した評価装置

課題2: 高速型グレーティング分光放射計の応答直線性の評価 複数光源切り替え型照度可変光源の開発と適用

図1 光源の基本構成

- 有効照射面積: 20 mm × 20 mm
- 分光分布: AM1.5G近似
- 面内不均一性: ±2% 以下
- JIS C 8912, JIS C 8933 クラスA

図2 照度設定と重量による照度の線形性

シャッター制御により複数光源の切り替えを瞬時にし、0.025 SUN~1.2 SUNの範囲で照度可変。重量の正確性は、線形性が検証されたコブレンツ型のサーモパイルで検証。

図3 照射面内不均一性(±2%以下)

ランプの射出光をファイバユニットで均一化し、更にレンズ光学系で平行光線にする。

PMT ソーラシミュレータ測定時の応答非直線性が高い

ソーラシミュレータ測定時の光電子増倍管(250 nm~390 nm)の検出電流値のリニアリティは+7%程度に達し、誤差としては+14%となる

抵抗型デバイダ回路をアクティブ型に改造して再評価した結果、応答非直線性誤差は+0.1%未満に抑制。分光放射計に実装して特性改善確認済。

結果

CMC(最高校正能力)を0.72%から0.5%台に改善

- 超高温定黒体炉を標準光源として利用するための技術開発
- ディテクタの応答直線性の評価技術とその解消手法の開発

測光標準	拡張不確かさ
標準電球	2.15%
標準電球とWRR	0.72%
超高温定黒体炉とWRR	0.51%~0.53%

課題1と課題2の解決により、表1の3を大幅に改善し、拡張不確かさを従来の0.72%から0.5%台に大幅改善

合成標準不確かさ = 標準不確かさの二乗和の平方根
 $\sqrt{(0.20)^2 + (0.47)^2 + (0.07)^2}$

拡張不確かさ = 合成標準不確かさ × 包含係数
 包含係数 $k=2$ で信頼区間95% で推定された誤差となる

表1 不確かさの推定表(概要)

産総研の基準太陽電池セル校正の主要な不確かさ要因	標準不確かさ (%)
1. 短絡電流 (Isc) の計測不確かさ	0.20~0.21
2. 絶対放射計による放射照度補正係数の不確かさ	0.47
3. スペクトルミスマッチ補正係数の不確かさ	0.07~0.13
合成標準不確かさ	0.255~0.265
拡張不確かさ U95 (k=2)	0.51~0.53

NREL, PTB, ESTIとの基幹比較及び国際比較を実施

ISO/IEC 17043 (2010) の付属書Bに記載された統計手法 (E_{rel} 数) で整合性を評価する。

$$E_{rel} = \frac{X_{Lab} - X_{Ref}}{\sqrt{U_{Lab}^2 + U_{Ref}^2}}$$

X_{Lab} : 各Labの校正値
 X_{Ref} : AISTの校正値
 U_{Lab} : 各Labの拡張不確かさ
 U_{Ref} : AISTの拡張不確かさ

$E_{rel} \leq 1$: 校正値と不確かさの推定が満足なレベル
 $E_{rel} > 1$: 不満足なレベル(不確かさの推定に問題)

WPVS基幹ラボ間の E_{rel} 数は1未満と良好な一致度を得ている。

結論

- ① 光電子増倍管のデバイダ回路の改造により、長年の課題であった短波長域の応答非直線性を解消できた。
- ② 技術開発の成果を導入して測定したデータに基づく不確かさの推定の結果、CMC(最高校正能力)は0.5%台に向上している。
- ③ 絶対放射計による放射照度補正係数の不確かさを低減することで、CMCの更なる向上が期待され、是が次の開発課題である。

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。