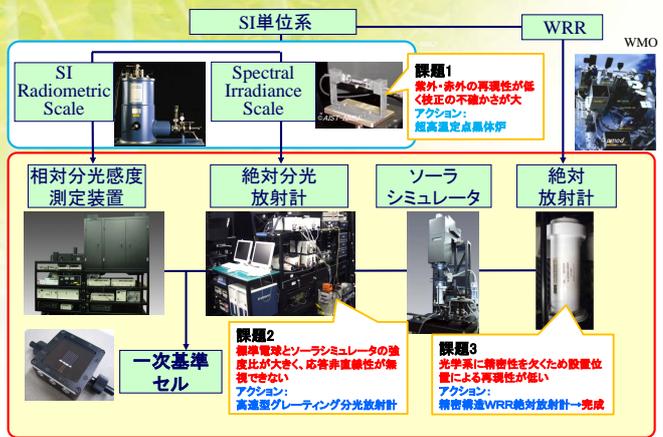


一次基準太陽電池校正の高度化

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 (超高温定時点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

温度フラー-黒体炉の温度分布
放射シールドφ18
放射シールドφ6
放射温度計
超高温定時点黒体炉
伝送光学系
積分球
光ファイバ

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、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

対策: 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+0.2%まで抑制でき、この問題は解消できる見込み。分光放射計に実装して評価する。

結果

基準太陽電池の最高校正能力を0.72%から0.60%に改善

- 超高温定時点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% |
| 超高温定時点黒体炉とWRR | 0.60% |

右の推定表の1.2, 1.6, 3の改善により拡張不確かさを従来の0.72%から0.6%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
 $\sqrt{(0.08)^2 + (0.09)^2 + (0.1)^2 + (0.05)^2 + (0.04)^2 + (0.05)^2 + (0.24)^2}$
 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 不確かさ推定表(概要)

| 基準太陽電池校正の不確かさ要因 | 標準不確かさ |
|------------------------|---------------|
| 1 WRR絶対放射計による絶対放射照度測定 | |
| 1.1 WRRからSIへのスケールの換算 | 0.08 |
| 1.2 絶対放射計による測定の再現性 | 0.16 → 0.09 |
| 1.3 絶対放射計の受光面とセル面積の違い | 0.10 |
| 1.4 絶対放射計とセルによる測定時間の違い | 0.05 |
| 1.5 受光面の水平度 | * |
| 1.6 受光面の高さ | 0.13 → 0.0006 |
| 1.7 セルと絶対放射計の多重反射の違い | * |
| 2 Iso測定 (絶対値) | |
| 2.1 測定値の平均値の実験標準偏差 | 0.04 |
| 2.2 電圧(電圧計)の不確かさ | * |
| 2.3 標準抵抗値の不確かさ | * |
| 2.4 電流(電圧計)の経年変化 | * |
| 2.5 電流(電圧計)の分解能の測定値との比 | * |
| 2.6 標準抵抗値の温度係数及び経年変化 | * |
| 2.7 セル温度の変動のIsoへの寄与分 | 0.05 |
| 2.8 温度計の不確かさのIsoへの寄与分 | * |
| 3 スペクトルマッチング補正係数 | 0.26 → 0.24 |
| 合成標準不確かさ | 0.386 → 0.298 |
| 拡張不確かさ $U_{95}(k=2)$ | 0.72 → 0.60 |

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
 $E_{rel} > 1$: 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未満となる見込み (概ね0.5以下)。

結論

- ① 積分球光源法によるディテクタ単体、並びに複数光源切り替え型照度可変光源による分光放射計の応答直線性を評価した。
- ② 光電子増倍管のデバイダ回路の改造により、応答非直線性をほぼ解消できた。
- ③ 技術開発の成果に基づき、基準太陽電池一次校正の最高校正能力を0.60%に向上できた。

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。