

超高温定点黒体炉の測光標準利用技術

高瀬 滝男、猪狩 真一、渡邊 良一、小久保 順一
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

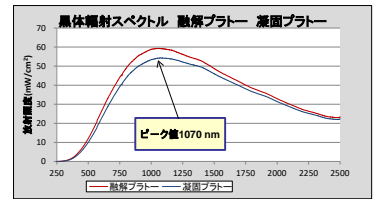
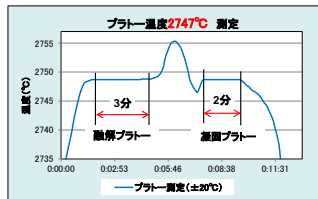
- 分光放射照度標準の紫外・赤外での校正の再現性が不十分。
- 超高温定点黒体炉を測光標準として利用する技術を確立し、全波長域での再現性を向上させて基準太陽電池の校正に活用する。



超高温定点黒体炉のプラトー発生時の黒体放射スペクトル測定結果

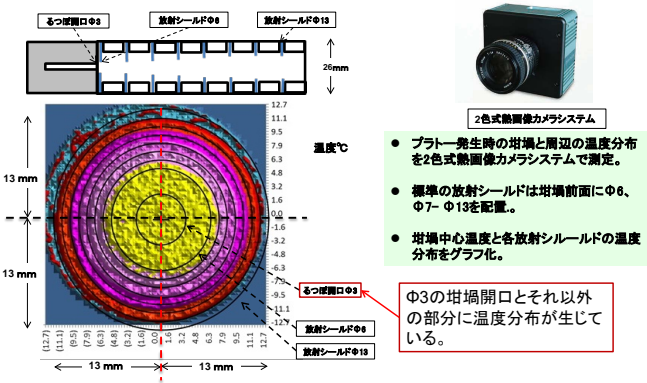
- ① ブランクの式から計算される理論値よりも色温度が低い。
- ② プラトー発生時の放射の放射照度が融解時と凝固時と異なる。

- ① 坩堝からの直接放射と前面の放射シールドからの副次的な放射が混在している。
- ② 融解プラトー発生時と凝固プラトー発生時とはヒーターの温度が異なり、後者の方が比較的低温である。ヒーター温度の違いは、放射シールドの温度にも影響し、黒体放射スペクトルの違いとして観測される。

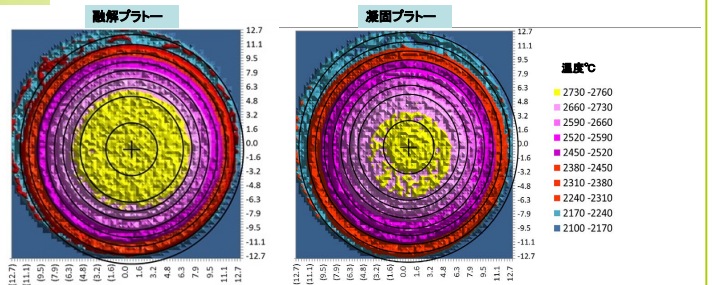


温度プラトー発生時の坩堝の中心と周辺の温度分布測定

● 温度プラトー発生時の炉内の温度分布。



● 坩堝中心とその周辺の温度分布

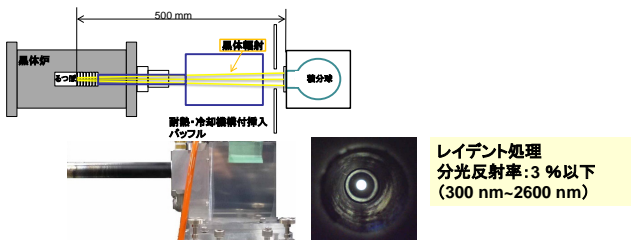


- プラトー発生時の坩堝開口の温度は何れも2747 °Cであるが、周辺で2730 °C以上の範囲は融解時の方が広く、温度の均一性も高い。
 - 放射シールドの温度は、凝固プラトー発生時の方が比較的低温で、副次的な放射の量も比較的少ないが、プラトー発生時間が短く、利用可能な光量も少ない。
- 放射シールドからの副次的な放射の混入率は凝固プラトー発生時の方が少ないが、実用的なプラトー発生時間の長さや放射の均一性に直接影響する温度の均一性の二つの観点から、融解プラトー発生時の放射を利用する。

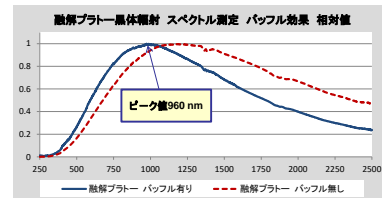
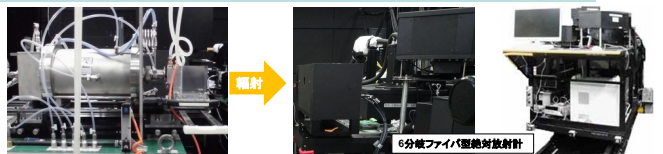
温度プラトー発生時の黒体放射スペクトルの挿入パッフル光学系による測定

耐熱・冷却機構付挿入パッフル光学系の設計

- 坩堝開口以外の副次放射の影響(前面の放射シールド)を排除するため 耐熱・冷却機構付パッフル光学系を炉内に挿入して測定する方法を考案。
- 耐熱・冷却機構付挿入パッフル光学系の構造
 - ① 光線追跡シミュレーションに基づき製作した光路とアパチャーを配置。
 - ② 光路の外側に冷却水を循環する構造。
 - ③ 先端部、光路に防錆防食耐熱効果の高い黒酸化クローム皮膜(レイデント)処理を施し、内部での反射を抑制。



挿入パッフル光学系と6分岐ファイバ型絶対分光放射計によるスペクトル測定



$$L_{e,\lambda}(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda T} - 1}$$

温度2747 °Cに対するピーク波長960 nm

坩堝前面の放射シールドからの放射が排除され、ピーク波長が理論値に近い放射が得られた。

結論

- ① 超高温定点黒体炉を測光標準として利用するための最適運転パターンを確立した。
- ② 温度プラトー発生時の放射照度が溶解時と凝固時とは異なり、溶解時の方が均一な放射が得られるが、放射シールドからの放射が混在する。
- ③ 挿入パッフルユニットを考案し、炉内に挿入して測定した放射のピーク波長はプランクの式から求められる理論計算の結果とほぼ一致した。
- ④ より安全性の高い放射利用を行う為、低収差レンズ光学系での測光の実現を図る。

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。