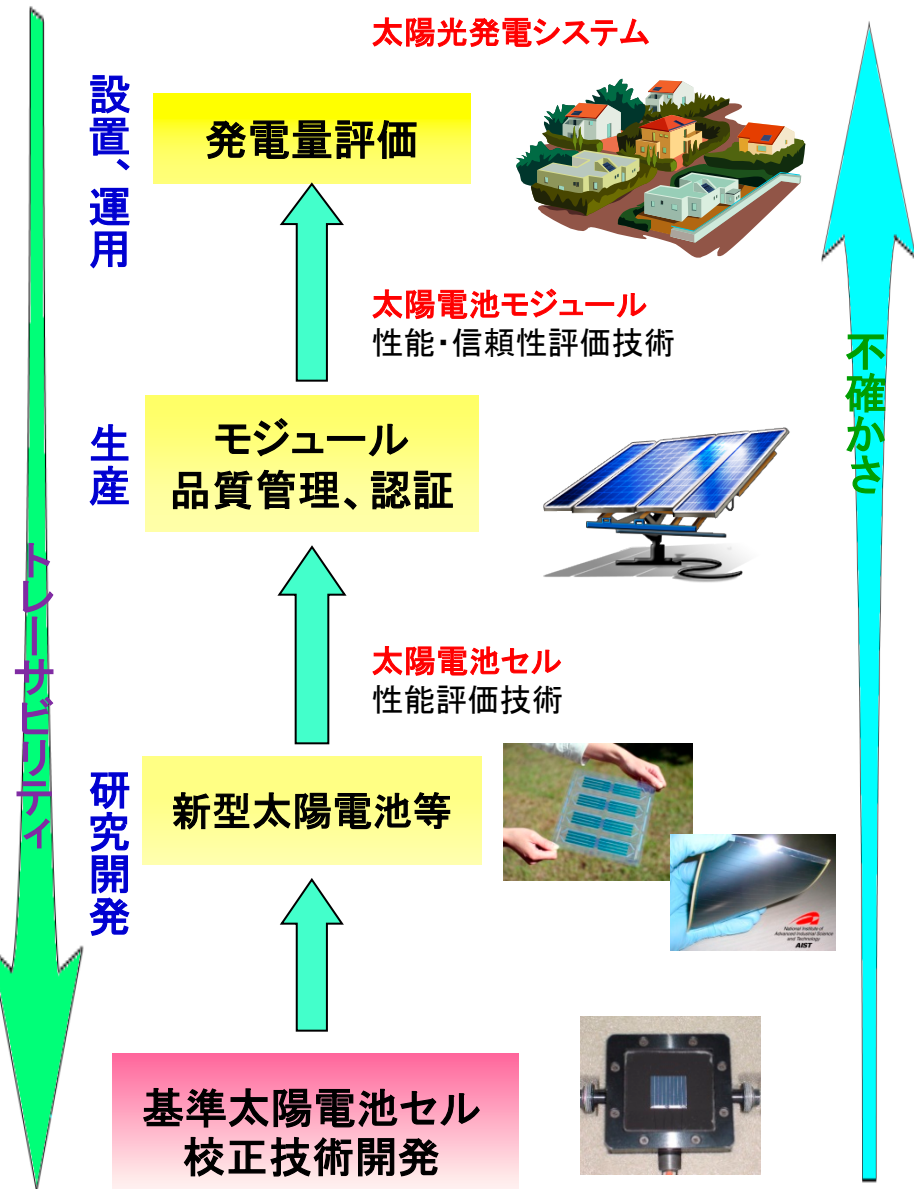


トレーサビリティ技術開発の進捗

産業技術総合研究所 猪狩真一

「校正技術高度化」

- ① 欧米のトレーサビリティの根幹である世界日射計測基準(WRRスケール)に基づく校正値と日本の校正値の国際整合性をより高精度に行う目的で、屋内校正用精密構造型絶対放射計及びその校正技術を開発する。
- ② 基準太陽電池校正技術の研究開発として、従来のソーラシミュレータ法の高度化と、より高精度・低コストが期待される絶対分光感度法による一次基準セルの校正技術を開発する



一次基準太陽電池のトレーサビリティと不確かさ抑制の課題

WMO

SI 単位系

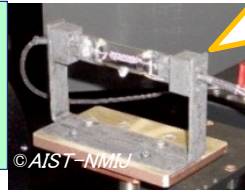
WRR

NMIJ

SI Radiometric Scale



Spectral Irradiance Scale



- ・校正の不確かさが大きい
- ・相対値の再現性が低い



相対分光感度測定装置



絶対分光放射計



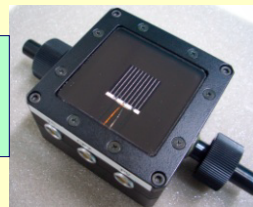
ソーラシミュレータ



絶対放射計



一次基準セル

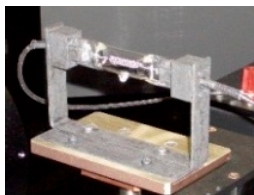


- ・気象分野の協定値
- ・既成品の内部光学系は不精密で絶対測定には不向き

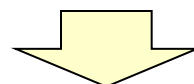
AIST-RCPVT

SS法の高精度化 超高温定点黒体炉による再現性の向上

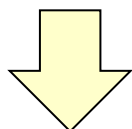
分光放射標準電球



超高温定点黒体炉 : 金属炭化物-炭素(WC-C)の包晶点を用いて約3000Kの超高温で定点を実現できる黒体炉



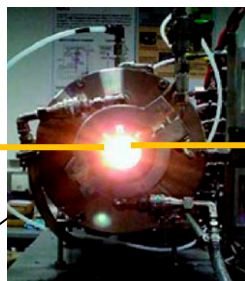
放射照度は標準電球とほぼ同等。相対値の再現性が高い。



超高温定点黒体炉



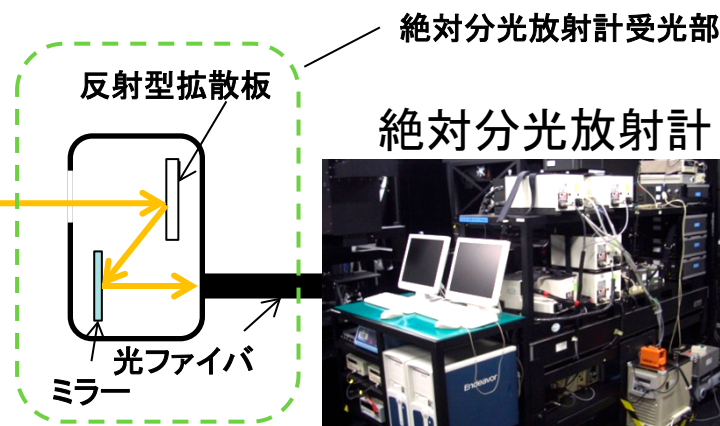
放射温度計



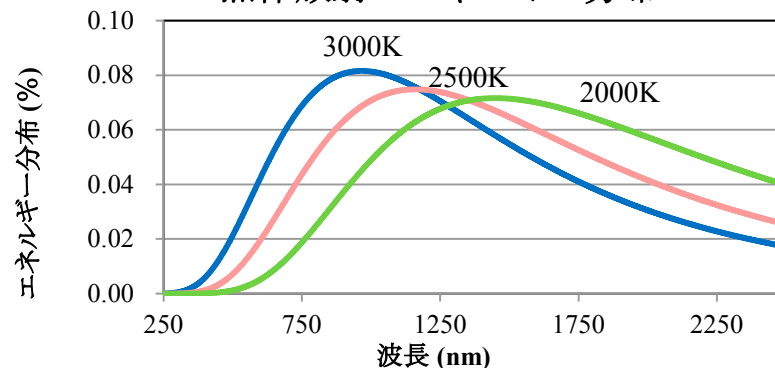
超高温定点黒体炉



温度定点るつぼ



黒体放射のエネルギー分布



目標 超高温定点黒体炉による一次基準太陽電池セル校正技術の不確かさ改善を実証する。

超高温定点黒体炉を用いた校正技術を確立する。

達成状況 超高温定点黒体炉を導入した。モンテカルロ法での推定を含む不確かさの推定で、従来の0.72%から0.65%へ改善可能と推定。

標準電球の相対分光放射照度校正の再現性向上

H23

計量分野の温度標準とレーザー標準の分光放射照度測定への適用により、ソーラシミュレータ法の抜本的な高信頼化が図れることを明らかにした。



標準電球



高平行度ソーラシミュレータ
日本特許 4982884
米国特許 8016439

直達太陽光 Sunlight



世界気象機構

FOV 5°



特開2010-048640



絶対放射計

(世界日射計測標準WRR)

H24

一次基準太陽電池セル校正技術の不確かさ改善についてモンテカルロ法での推定で、**0.72%**から**0.65%**への改善可能であることを推定

分光放射標準電球



超高温定点黒体炉



超高温定点黒体炉：金属炭化物・炭素(WC-C)の包晶点を用いて約3000Kの超高温で定点を実現できる黒体炉

放射照度は標準電球とほぼ同等。相対値の再現性が高い。

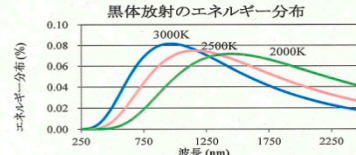
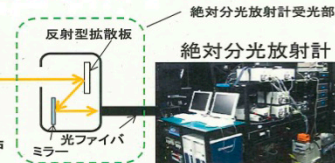
放射温度計



超高温定点黒体炉

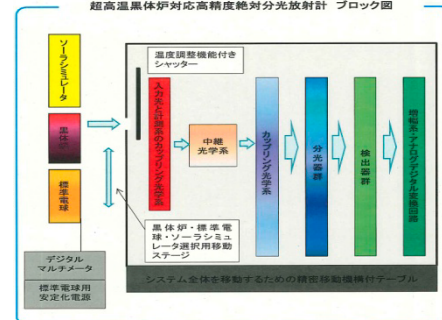


温度定点つぼ



黒体放射のエネルギー分布

測光標準	一次基準セル校正の不確かさ能力
標準電球	2.15%
標準電球とWRR	0.72%
高温黒体炉とWRR	0.65%



WRRに基づく絶対放射照度校正の確立

H27~

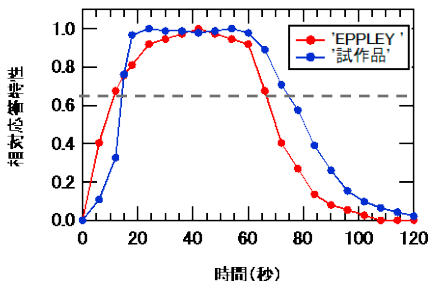
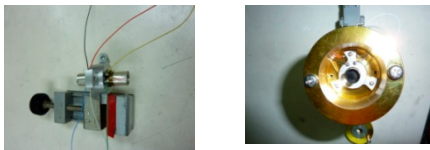
H25・H26 超高温黒体炉の導入・精度検証、分光器の繰り返し波長設定精度の改善

一次基準セル校正の不確かさの登録更新

<p>目標</p>	<p>精密構造型絶対放射計を開発し、性能を評価。校正の不確かさ、相対値の再現性の向上をはかる。</p>	<p>WRRファクター0.5%以内の精密構造型絶対放射計を用いた校正技術を確立する。</p>
<p>達成状況</p>	<p>精密構造型WRR絶対放射計を実現し、角度性能、出力の線形性、応答の感部位置依存性を評価し、自動計測システムを実現した。</p>	

H23

空洞型感部の試作及び特性評価



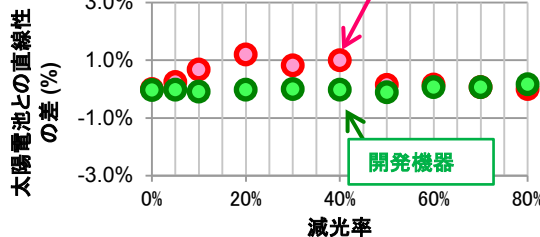
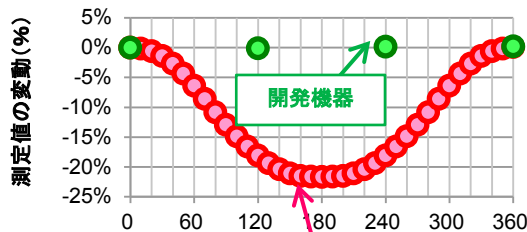
AHF型と同等の性能

H24

レーザー標準での校正に適用可能な構造精緻型絶対放射計の光学系を完成させ、性能評価を行って初期の目標を達成した。

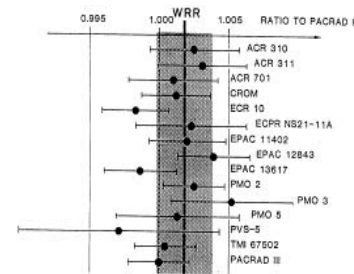


絶対放射計の角度特性(水平方向)



H25・H26

- ・ 線形性と温度依存性の厳密な評価
- ・ 追尾架台の精度向上
- ・ IPC校正機器との比較(WRRファクター0.5%以内)



H27~

・ IPC (国際日射計比較) に参加の後、世界標準機器化(製品化)をはかる。

精密構造型WRR絶対放射計測技術

目標

絶対分光感度測定可能波長3波長以上を達成する。

絶対分光感度法による一次校正の基本技術を開発し、その校正の不確かさを明らかにする。

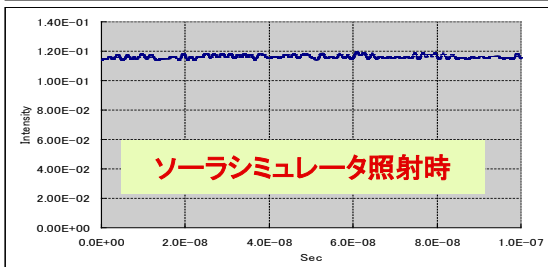
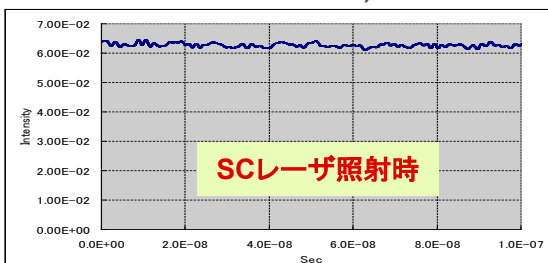
達成状況

トラップディテクタと基準波長レーザの組み合わせで5波長を達成した。

絶対分光感度法による一次校正技術

H23

太陽電池(結晶Si 4cm²)の応答性



均一照射光学系との組み合わせにより測定光高均一化

0.33	0.39	0.50	0.27	0.35	0.20	0.35	0.50	0.62	0.69	0.44	0.50
0.36	0.33	0.50	0.38	0.35	0.39	0.36	0.35	0.50	0.57	0.39	0.50
0.50	0.50	0.53	0.36	0.44	0.26	0.48	0.39	0.68	0.65	0.35	0.63
0.53	0.45	0.50	0.50	0.50	0.65	0.59	0.35	0.20	0.42	0.20	0.15
0.35	0.35	0.45	0.50	0.36	0.35	0.20	0.24	0.21	0.20	0.45	0.35
0.05	-0.05	-0.11	-0.26	-0.11	0.00	-0.11	-0.11	0.03	0.09	-0.11	-0.11
0.20	0.17	0.20	0.20	0.33	0.05	0.20	0.15	-0.05	-0.17	-0.11	-0.26
-0.26	-0.06	-0.02	-0.11	-0.21	-0.26	-0.11	-0.15	0.05	0.05	0.17	0.05
0.50	0.50	0.50	0.35	0.20	0.05	-0.11	0.03	0.05	0.20	0.05	-0.02
0.50	0.48	0.20	0.21	0.23	0.05	-0.02	0.02	0.12	-0.05	-0.11	-0.11
0.05	0.05	0.03	0.05	0.11	0.18	0.20	0.50	0.20	0.20	0.33	0.44

均一性 ≤ 0.5%

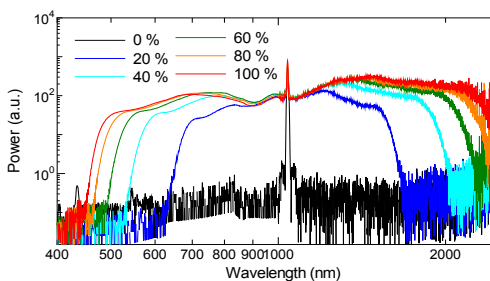
H24

SCLレーザ



開発したSCLレーザの主な性能

- ・波長範囲: 460nm~2000nm
- ・全出力パワー: 6.5W
- ・繰り返し周波数: 65Mhz
- ・スペクトル平坦性: 55dB
- ・パルス幅: 10 nps
- ・安定性: ±0.6%/hour
- ・初の国産化

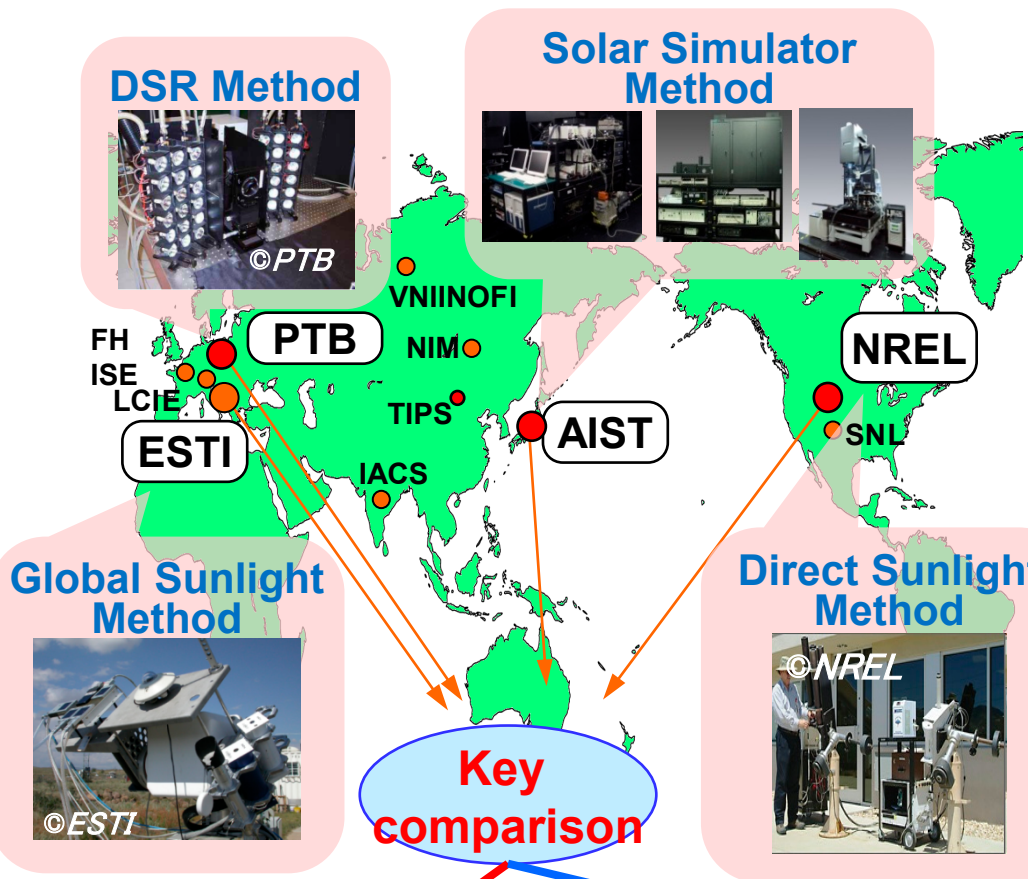


H25・H26

H27~

- ・レーザ分光放射システムの開発
- ・UV・計測系の開発・精度検証
- ・絶対分光感度法による一次校正の基本技術を開発
- ・絶対分光感度法による校正の不確かさの評価

絶対分光感度法測定システムの完成



試験

各機関が所持する所定の測定設備を用いて参加量目に
 応じた試験方法IEC 60904-4、IEC 60904-2/ JIS C
 8904-2のいずれか、及び、参加機関の校正マニュアル
 に定められている手順に従い試験

結果の報告

・校正のトレーサビリティチャート
 ・仲介器の分光感度特性
 ・校正に用いた測定設備に関するデータ

・不確かさ推定表
 ・仲介器の校正結果

を校正終了後10日以内に事務局まで送付

不満足な値の取り扱い

- ・ E_n 数の絶対値が1を超える場合、その参加機関の校正結果を不満足と判定。
- ・ この場合、IA Japan又はMRA署名認定機関から、原因の究明及び是正処置をとるように要請。

結果の評価

ISO/IEC 17043(2010)の
 付属書Bに記載された統計
 手法のうち、 E_n 数により行
 う。

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

結晶シリコン、疑似セル

結晶シリコン

PT005 AISTがホスト

校正方法は複数から選択
 参加者は公募・DSR法

ISO/IEC 17043に準拠して運用

AIST
 National Institute of
 Advanced Industrial Science
 and Technology

EURAMET PTBがホスト

参加機関はNIM(一部はPT005
 参加)校正方法は全てDSR法

Comparisonであり、PTではない

PTB

最終技能試験報告書

産業技術総合研究所が全ての参加機関
 からの試験結果報告の提出を確認した
 後、速やかに取りまとめる。
 報告書が出来上がり次第、産業技術総
 合研究所から各参加機関及び本技能試
 験結果の利用者である各国の認定機関
 に送付(報告書中には参加機関名は一
 切記載しない)。

今後の予定

1. ソーラシミュレータ法の高信頼性化

- ① 超高温定点黒体炉の導入による校正技術の開発
- ② 屋内校正用精密構造型絶対放射計の実現と性能の実証
- ③ 当該絶対放射計の校正技術の確立(WRRファクター 0.5%以内)

2. 次世代校正技術の開発(絶対分光感度法)

- ① 絶対分光感度法による一次校正の基本技術を開発
- ② 絶対分光感度法による校正の不確かさの評価

3. 技能試験PT005の継続

- ① 技能試験を終了させ、アジア諸機関の技能を評価する。
- ② 他地域の比較やWPVSとリンクさせ、国際整合化を推進する。