

件名:

東北大学 多元物質科学研究所 内田研究室
ソーラシミュレータ精度チェック 報告書

▶ はじめに

内田研究室にて利用されている「O社製(AM1.5G)ソーラシミュレータ」及び「キセノンランプ光源(PE300B-10UV)」について、1SUN基準放射照度の精度を評価し、我々が提唱している英弘精機(株)製ソーラシミュレータ用分光器「LS-100」を用いたソーラシミュレータ検定手法について有効性を検証したので報告する。

▶ 実施内容

標記について下記の通り実施した。

日時: 2003年11月4日 13:00 ~ 17:00

場所: 東北大学 多元物質科学研究所 化学機能制御研究分野 内田研究室

試験者: 英弘精機(株)気象環境機器事業部 蓑田光博

立会者: 東北大学 多元物質科学研究所 化学機能制御研究分野 内田聡 先生

▶ 実験項目

項目	内容
放射照度の精度確認	JIS C 8912シリコン単結晶二次基準セル及び英弘精機(株)製ソーラシミュレータ用分光器「LS-100」を用いて、O社製(AM1.5G)ソーラシミュレータ及びキセノンランプ光源の放射照度および積分放射照度の精度を調べた。
分光放射照度の精度確認	英弘精機(株)製ソーラシミュレータ用分光器「LS-100」を用いて、分光放射照度(300 ~ 1100nm)の分光放射照度を調べた。
JIS C 8912基準太陽光スペクトルとの比較	JIS C 8912基準太陽光スペクトルとの分光放射照度の誤差を比較する。また、JIS C 8912に準じたスペクトル合致度を調べた。
(独)産業総合技術研究所のソーラシミュレータとの比較	(独)産業総合技術研究所(AIST)にて一次基準太陽電池セルの評価に利用されている高精度ソーラシミュレータとの分光放射照度の誤差を比較した。
他社製キセノンソーラシミュレータとの比較	他社製ソーラシミュレータ(AM1.5G JIS-A級)との分光放射照度の誤差を比較した。

▶ 実験結果

項目	詳細
放射照度の精度確認	JIS C 8912シリコン単結晶二次基準セル(以下 基準セル)(感度定数約147 [mA/mW/cm ²], 分光感度特性400 ~ 1100nm)をO社製ソーラシミュレータ照射下の中央位置に設置し、ラボジャッキ及びソーラシミュレータ制御部に放射照度100 [mW/cm ²]に調整した。その後、LS-100を用いて400 ~ 1100nm積分放射照度を測定し、JIS C 8912基準太陽光スペクトル(AM1.5G)(以下 JIS基準太陽光)の400 ~ 1100nmの積分放射照度との誤差を調べた。 図1に示すようにJIS 基準太陽光の400 ~ 1100[nm]積分放射照度は75.133 [mW/cm ²]に対し、O社製ソーラシミュレータの400 ~ 1100[nm]積分放射照度は75.099 [mW/cm ²]となり、誤差0.045%とほぼ一致していることがわかった。これにより基準セルとJIS基準太陽光はほぼ一致していることが実証できた。しかし、350 ~ 700[nm]についてはO社製ソーラシミュレータの積分放射照度が55.755[mW/cm ²]に対し、JIS基準太陽光は47.357[mW/cm ²]と高く出ており、可視光域のみに分光感度特性を持つ色素増感太陽電池の放射照度検定においては、シリコン単結晶セルは有効ではないことが分かる。 (分光感度特性から(疑似)アモルファス二次基準セルは有効かと推測される) 我々が提唱しているLS-100を使った検定手法を用いて、400 ~ 800nm積分放射照度とJIS基準太陽光を比較すると、図2に示すようにO社ソーラシミュレータが53.225 [mW/cm ²]に対し、JIS基準太陽光は53.895[mW/cm ²]となり、誤差1.24%とほぼ一致しており、かつ可視光域の分光放射照度も先程より近似している。キセノンラン

	<p>ブ光源(PE300B-10UV)についても測定を実施したが、図3に示すように無調整における400～1100[nm]積分放射照度は37.571[mW/cm²]と、JIS基準太陽光の50%も低い結果となった。400～800[nm]積分放射照度は、図4に示すように53.102[mW/cm²]とJIS基準太陽光に対し1.47%の誤差となったが、可視光域の分光放射照度のズレが目立つ結果となった。従ってキセノンランプ光源の放射照度検定には、LS-100を用いて可視光域の分光放射照度をフィッティングする手法を推奨する。</p>
分光放射照度の精度確認	<p>LS-100を有効照射面積(約40mm)中央に設置後、3回実測し分光放射照度安定性を調べた。</p> <p>図5・6に示すように短波長域と長波長域でやや安定性に欠けるところがあるが可視光域では誤差15%程度に収まっている。誤差の主な原因は光源の熱特性やLS-100の測定精度に関連していると推測される。</p> <p>別途JIS C 8912結晶系太陽電池測定用ソーラシミュレータ規格に従って放射照度の時間変動率試験を行ったが、JIS A級±1%をクリアしていた。</p>
JIS C 8912基準太陽光との比較	<p>JIS C 8912基準太陽光との分光放射照度および放射照度の誤差を比較した。</p> <p>先にも述べたが図7に示すように、分光放射照度は400～1100[nm]よりも400～800[nm]が誤差が少ないことが分かる。しかし、JIS C 8912結晶系太陽電池測定用ソーラシミュレータ規格に従ってスペクトル合致度試験を行ったが、図8に示すようにJIS C級の結果となった。主な誤差要因は700～800[nm]の合致度83.8%が影響していることが分かる。</p>
(独)産業総合技術研究所のソーラシミュレータとの比較	<p>(独)産業総合技術研究所(AIST)のソーラシミュレータとの分光放射照度の誤差を比較した。(ソーラシミュレータ自体や分光器が違うので、データは参考値とする)</p> <p>図9に示すように、全体的にAISTソーラシミュレータとO社製ソーラシミュレータは良く近似しているが、300～700[nm]はAISTソーラシミュレータよりも高く出力され700[nm]以降はAISTソーラシミュレータよりも低く出力されている興味深い結果となった。誤差要因はソーラシミュレータ自体の違いの他に分光器精度の違いによるものと推測される。</p>
他社製キセノンソーラシミュレータとの比較	<p>他社製ソーラシミュレータ(AM1.5G JIS-A級)との分光放射照度の誤差を比較した。(ソーラシミュレータ自体や分光器が違うので、データは参考値とする)</p> <p>図10に示すように、分光放射照度についてはA社が最もJIS C 8912基準太陽光と近似しており、2番目が内田研究室のO社、3番目がC社、最も悪かったのがB社となった。</p> <p>A・B・C社はそれぞれ基準セルにて放射照度を調整しているが、分光放射照度を見ると必ずしも一致していないことが分かる。検定精度を上げるにはLS-100を用いて可視光域の分光放射照度をフィッティングさせる手法を推奨する。</p>

▶ 結論

内田研究室のO社製ソーラシミュレータについて、JIS C 8912結晶系太陽電池測定用ソーラシミュレータ規格に従って検査した結果、JIS C 8912スペクトル合致度JIS-C級、放射照度時間変動率JIS-A級、放射照度の場所むらでJIS-C級となった。(キセノンランプ光源(PE300B-10UV)については省略)

JIS C 8912基準太陽光およびAISTソーラシミュレータと比較した結果、ソーラシミュレータ用分光器LS-100を使い400～800[nm]で調整すれば積分放射照度としては大差は無いと考えられる。

最後に、色素増感太陽電池に対するソーラシミュレータのJIS規格が制定されていない現状では、分光器により分光放射照度[nm]を測定して積分放射照度により放射照度[mW/cm²]を得る手法が最も正確で実用的と言える。既に分光感度特性のスペクトルミスマッチから光量センサーとしてシリコン系基準セルを使用することについての問題提起がなされているが、JIS C 8912基準太陽光スペクトル(AM1.5G)との分光放射照度レベルでの比較検定であればスペクトルミスマッチによる影響は無視することができる。

これは、AISTにて研究されている一次基準太陽電池セルの校正手法で採用されている分光放射照度標準電球(CIE)に基づく屋内校正方法と同様の考えである。

英弘精機(株)製ソーラシミュレータ用分光器「LS-100」は、太陽電池用ソーラシミュレータ評価に必要な機能を装備した低コストな分光器であり、色素増感太陽電池評価用ソーラシミュレータにも対応できると考える。

図1 シリコン単結晶二次基準セルによる1SUN調整

〇社製ソーラシミュレータ

T= 29.5[deg.C]

2003/11/04 14:09:15

測定:75.099 基準:75.133 [mW/cm²] at 400 - 1100 nm

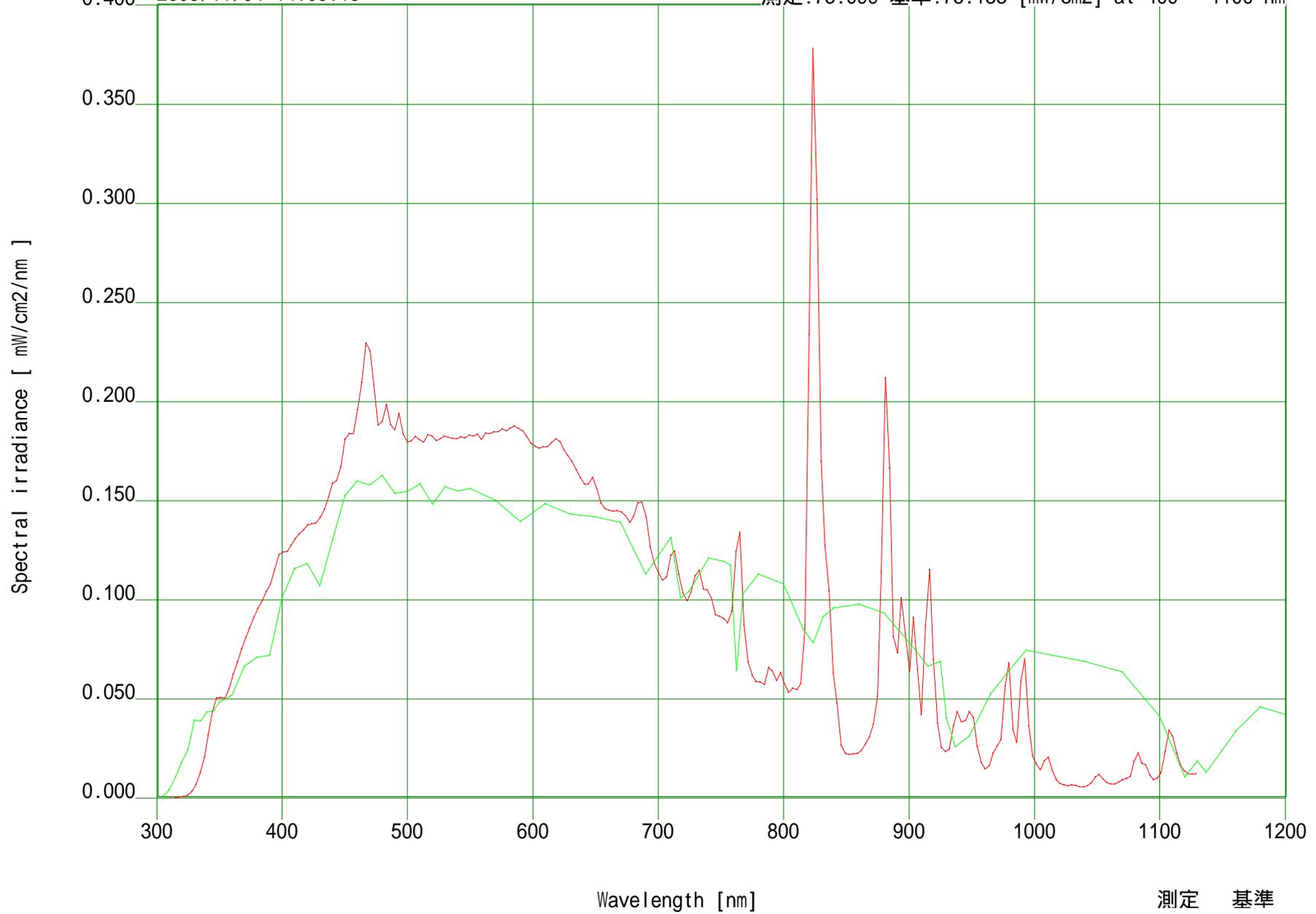


図2 LS-100による1SUN(400~800nm)調整

〇社製ソーラシミュレータ

T= 30.5[deg.C]

2003/11/04 14:24:00

測定:53.225 基準:53.895 [mW/cm²] at 400 - 800 nm

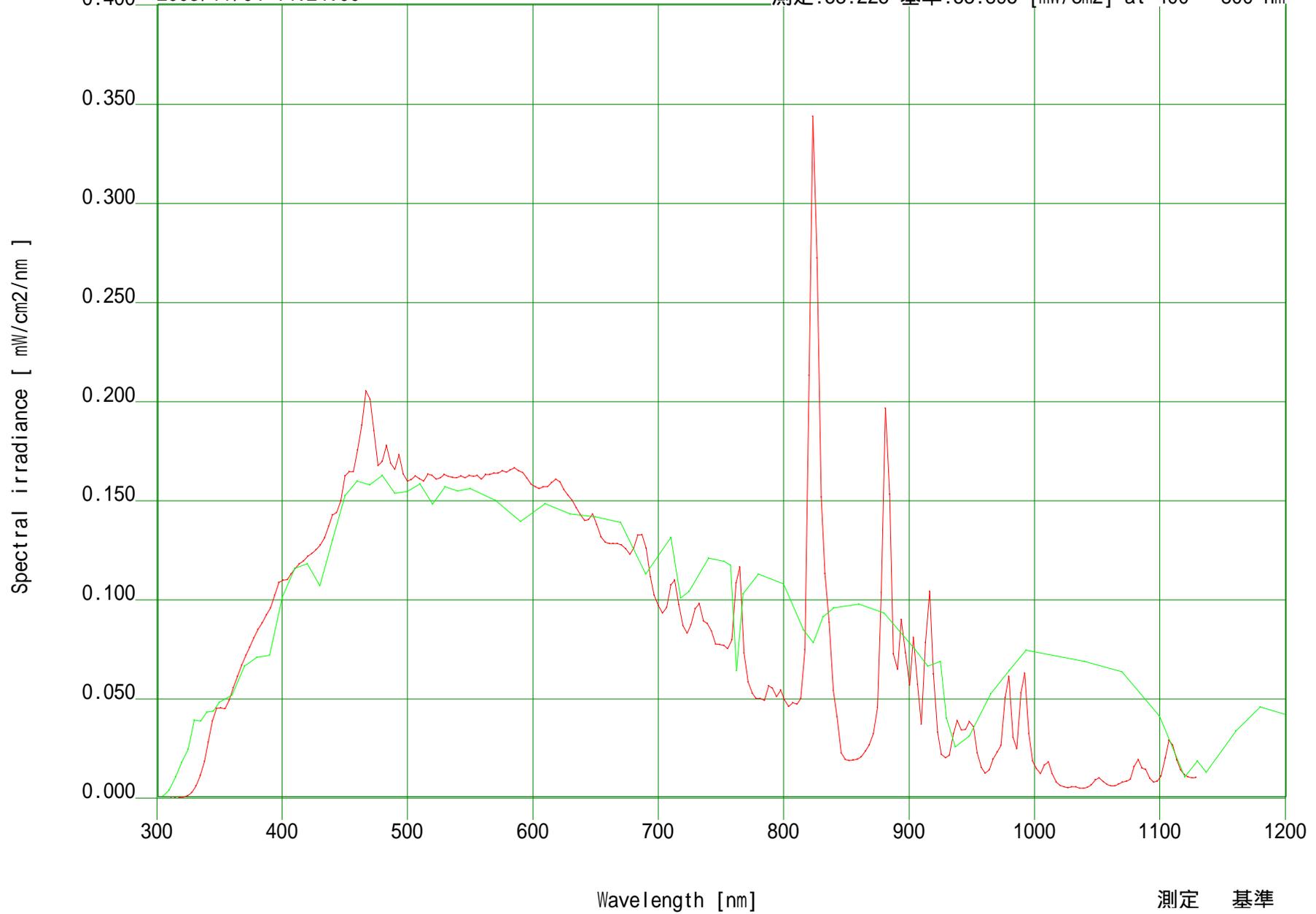


図3 簡易Xe光源における1SUN(400~1100nm)評価

〇社製ソーラシミュレータ

T= 30.5[deg.C]

2003/11/04 14:40:19

測定:37.571 基準:75.133 [mW/cm2] at 400 - 1100 nm

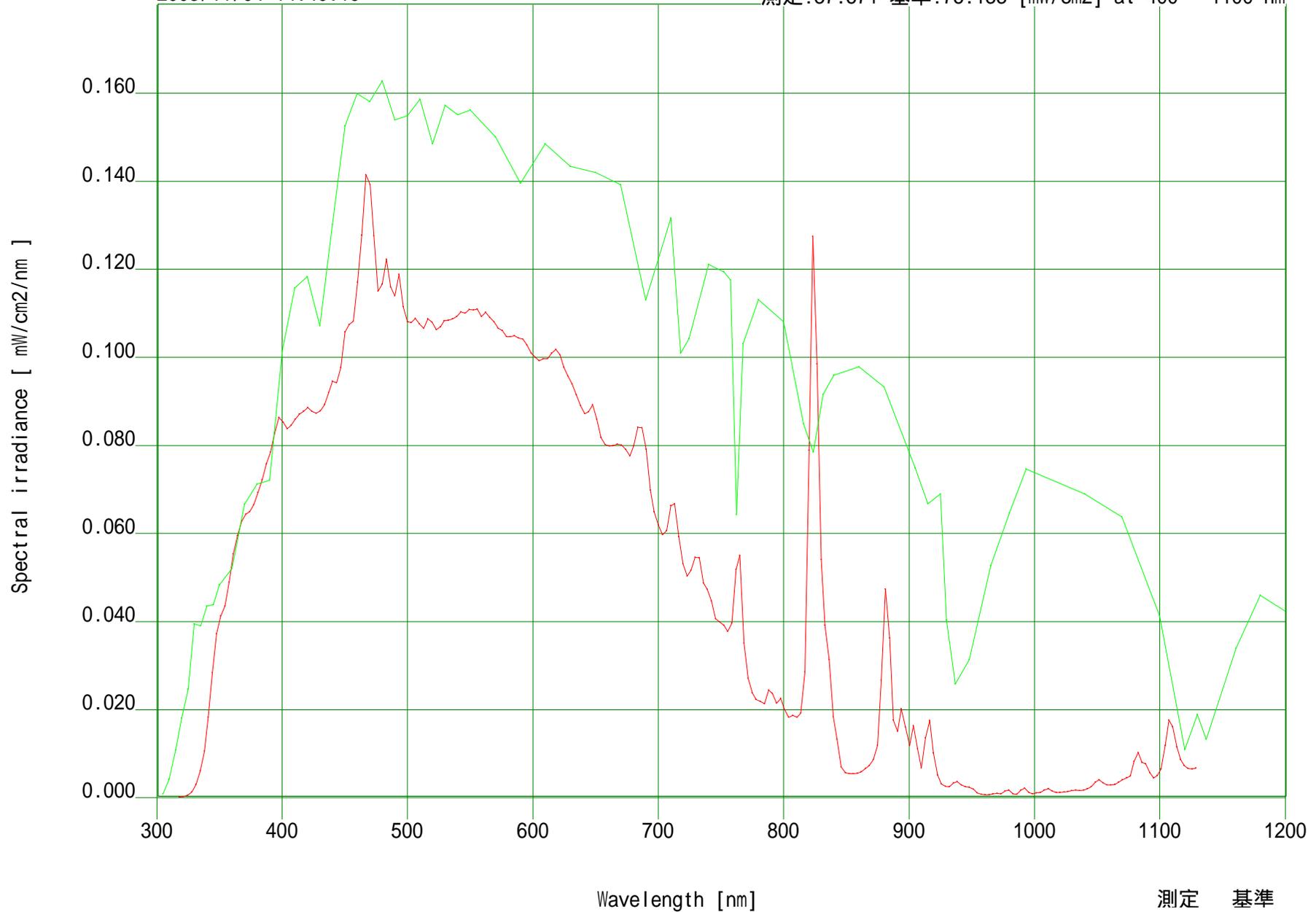
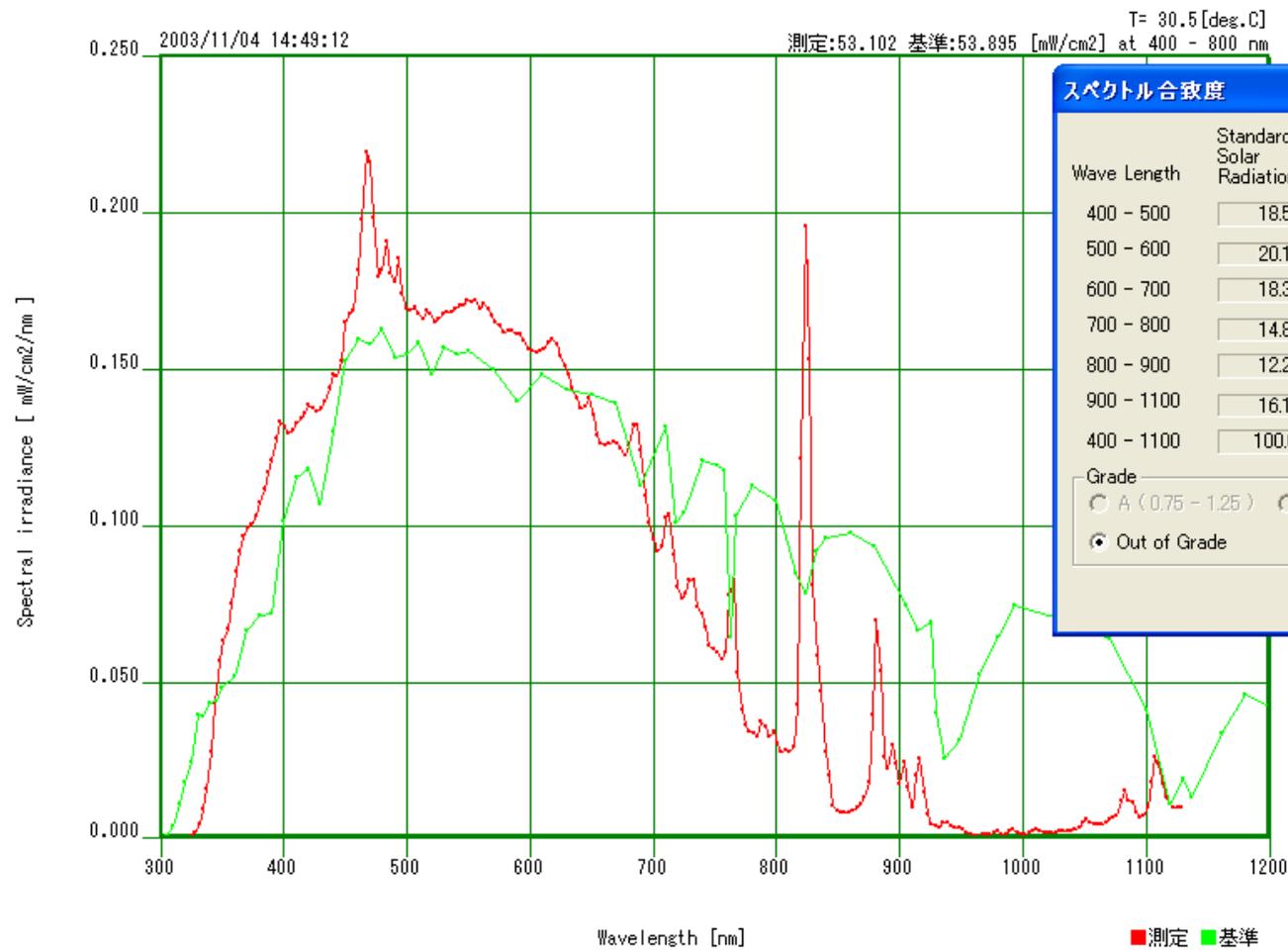


図4 簡易Xe光源における1SUN(400~800nm)調整



スペクトル合致度

Wave Length	Standard Solar Radiation(%)	Measured Data (%)	Spectral Coincidence (%)
400 - 500	18.5	27.9	150.8
500 - 600	20.1	28.6	142.4
600 - 700	18.3	23.5	128.4
700 - 800	14.8	11.1	74.9
800 - 900	12.2	7.0	57.1
900 - 1100	16.1	1.9	12.0
400 - 1100	100.0	100.0	

Grade
 A (0.75 - 1.25) B (0.6 - 1.4) C (0.4 - 2.0)
 Out of Grade

Close

図5

東北大学 多元物質科学研究所 内田研究室 ソーラシミュレータ分光放射照度安定性

測定日 2003/11/4(火), ソーラシミュレータ 〇社(AM1.5G), 分光器 LS-100(EKO)

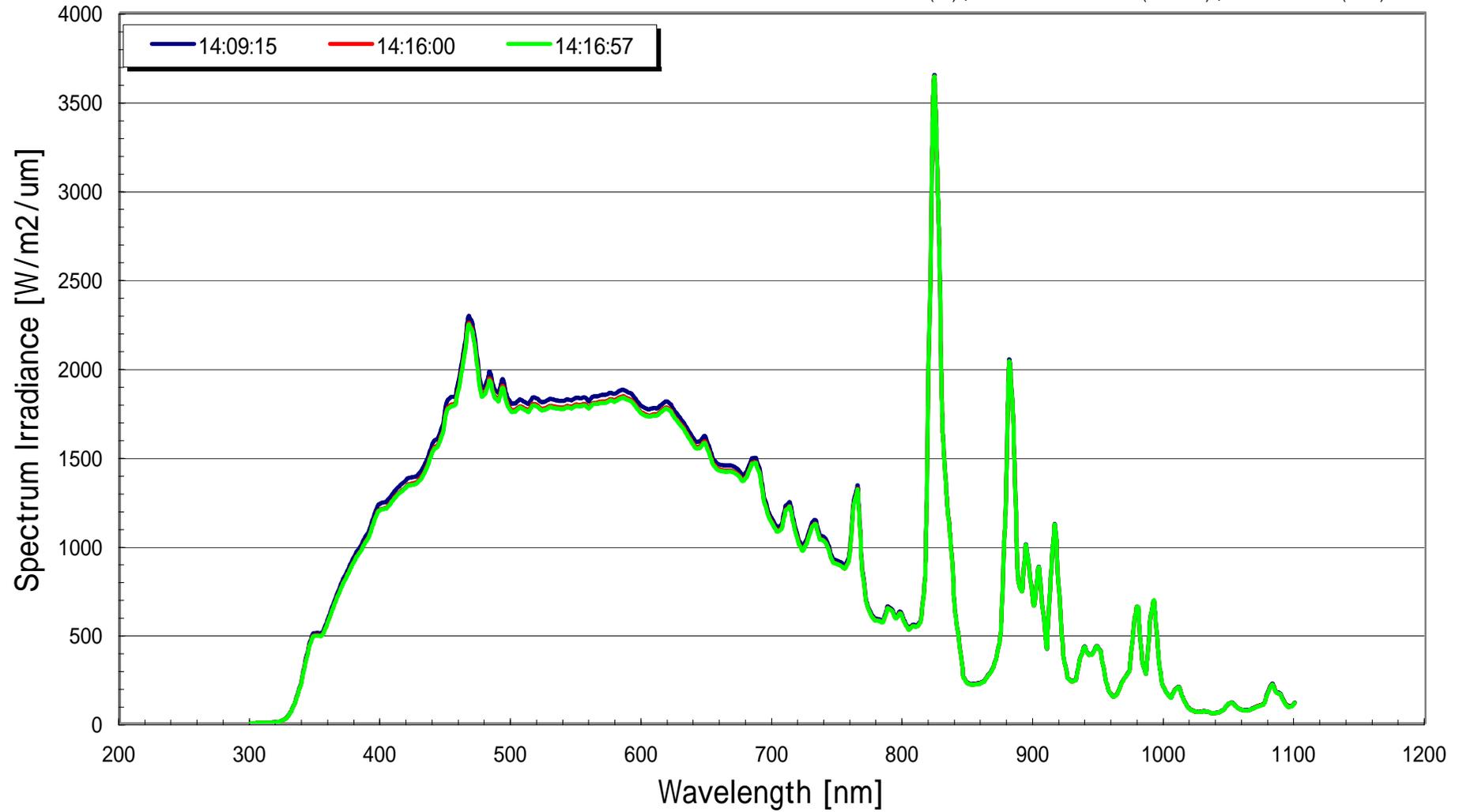


図6

東北大学 多元物質科学研究所 内田研究室 ソーラシミュレータ分光放射照度安定性

測定日 2003/11/4(火), ソーラシミュレータ:O社(AM1/5G), 分光器:LS-100(EKO)

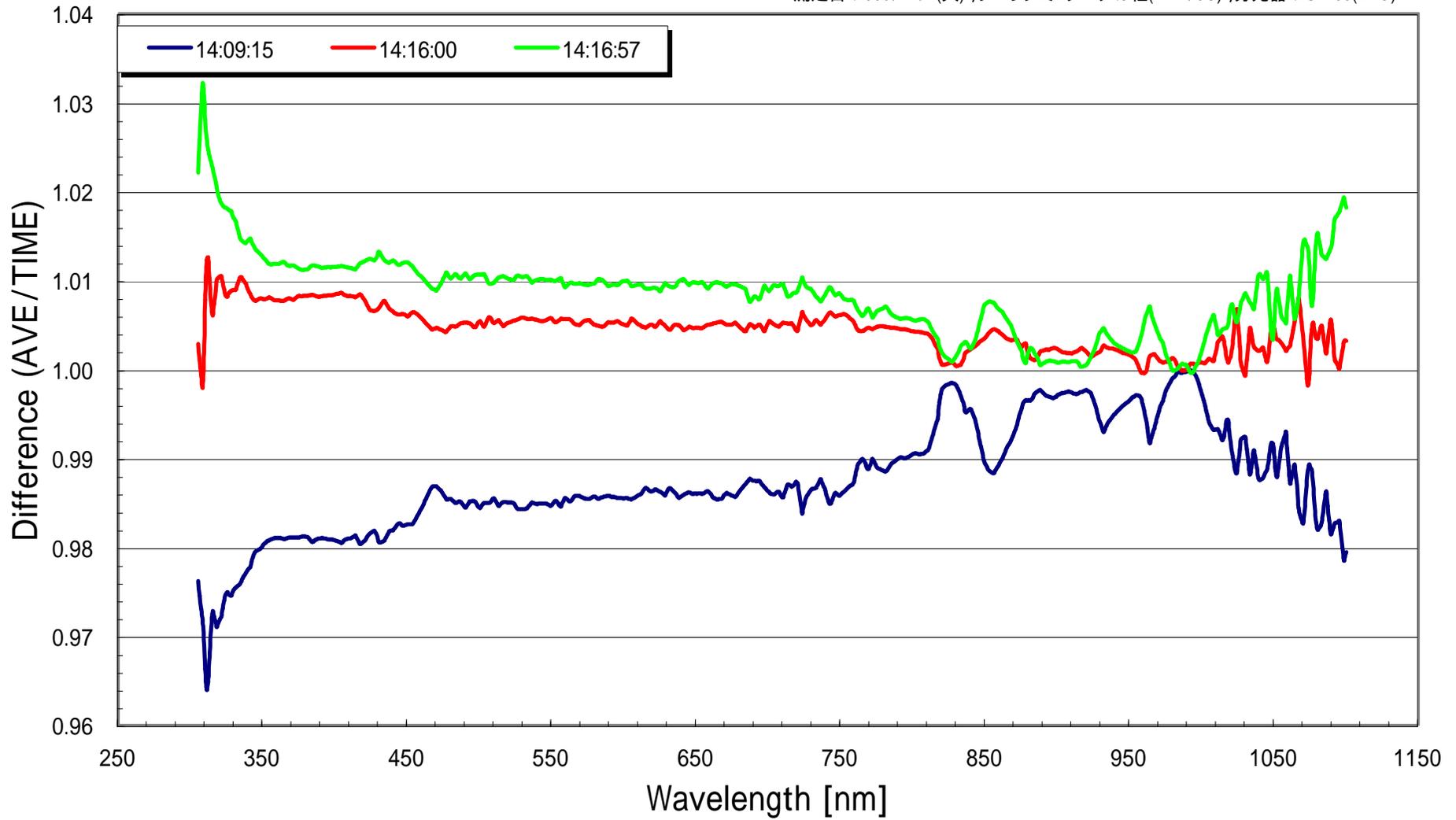


図7

東北大学 多元物質科学研究所 内田研究室 ソーラシミュレータとJIS基準太陽光との比較

測定日 2003/11/4(火), ソーラシミュレータ O社(AM1.5G), 分光器 LS-100(EKO)

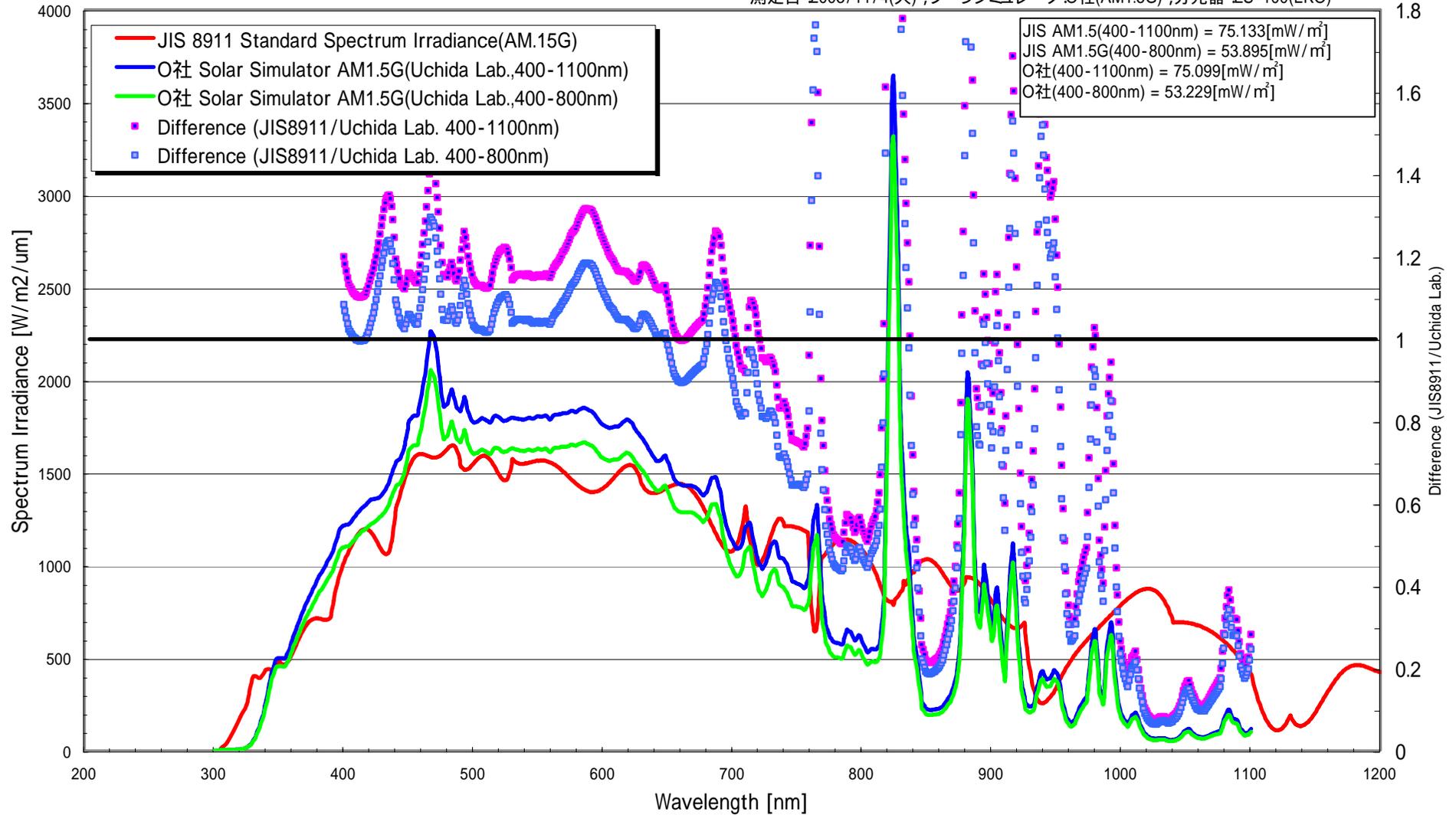
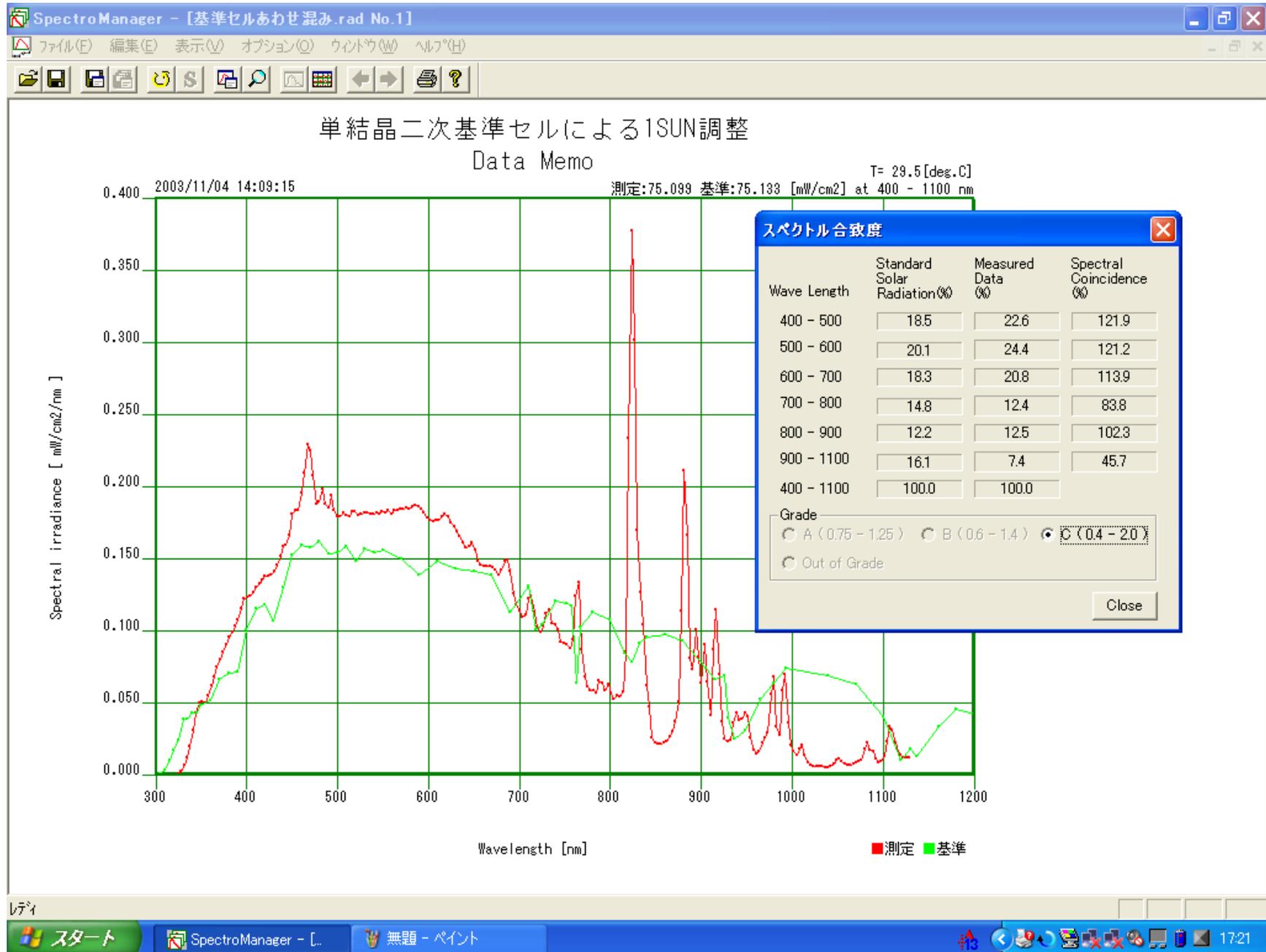


図8



レディ

図9

東北大学 多元物質科学研究所 内田研究室 AISTソーラシミュレータとの比較

測定日 2003/11/4(火),ソーラシミュレータ O社(AM1.5G),分光器 LS-100(EKO)

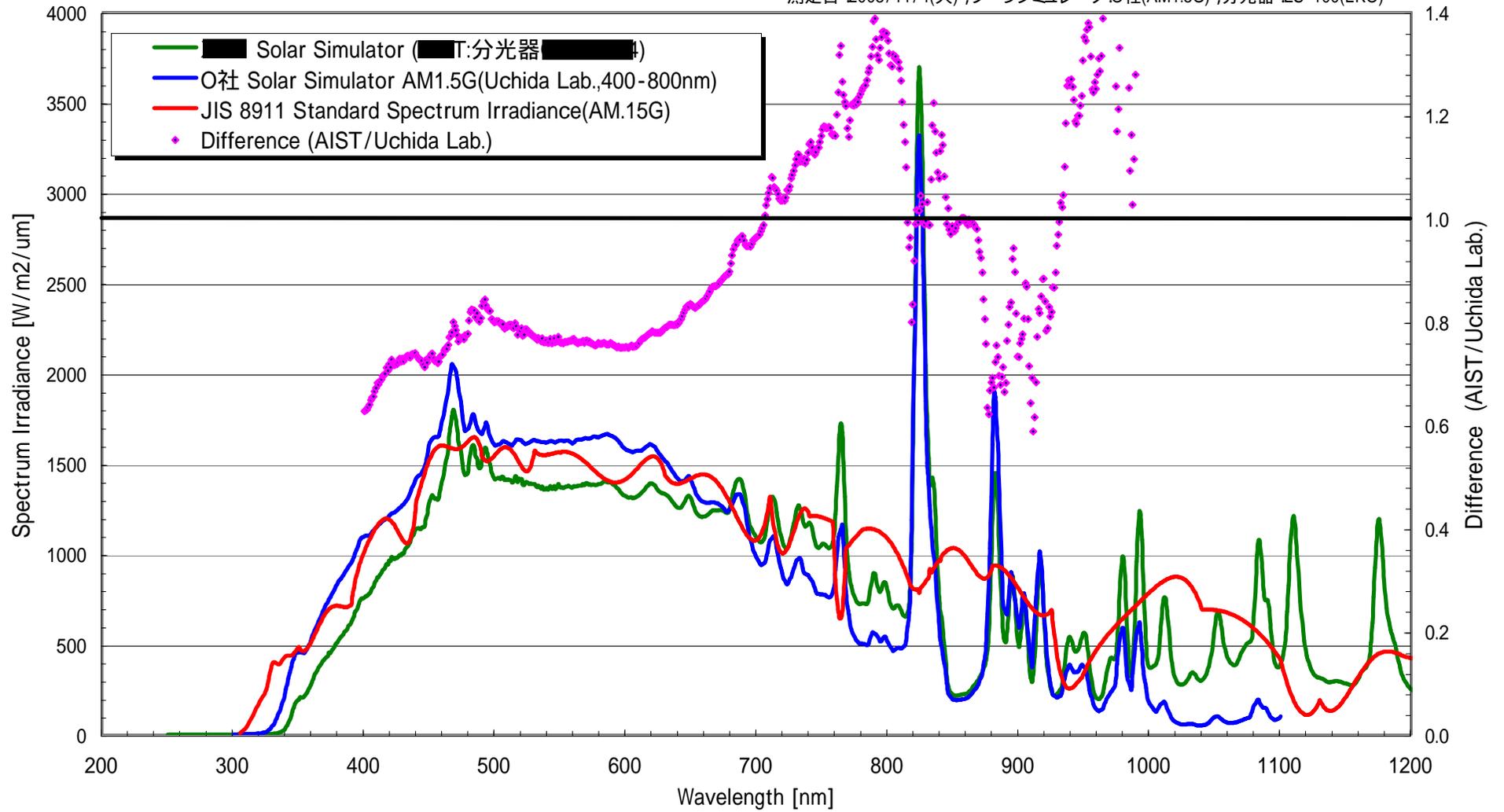


図10

東北大学 多元物質科学研究所 内田研究室 他社ソーラシミュレータとの比較

