

OITDA規格  
Standard

光産業技術振興協会規格

Standard of Optoelectronic Industry and Technology Development Association

OITDA-PV01-2009

## 色素増感太陽電池の性能評価方法

(Evaluation method of performance for dye-sensitized solar devices)

2009年3月制定

(Established in March, 2009)

審議委員会：新型太陽電池標準化委員会

(Prepared by New Type Photovoltaic Cell Standardization Committee)

**OITDA**

発行：財団法人 光産業技術振興協会

Published by Optoelectronic Industry and Technology Development  
Association (JAPAN)

## 目 次

ページ

序文	2
1 適用範囲	2
2 準拠規格	2
3 色素増感用一次基準太陽電池	3
3.1 準拠規格	3
3.2 留意事項	3
4 色素増感用二次基準太陽電池	3
4.1 準拠規格	3
4.2 留意事項	3
5 色素増感太陽電池測定用ソーラシミュレータ	3
5.1 準拠規格	3
5.2 留意事項	3
6 色素増感太陽電池分光感度特性測定方法	4
6.1 準拠規格	4
6.2 留意事項	4
7 色素増感太陽電池セル出力測定方法	5
7.1 準拠規格	5
7.2 留意事項	5
8 色素増感太陽電池出力電圧・出力電流温度の係数測定方法	6
8.1 準拠規格	6
8.2 留意事項	6
9 色素増感太陽電池屋外測定方法	6
9.1 準拠規格	6
9.2 留意事項	6
10 参考文献	6
解 説	8

## OITDA-PV01

## 色素増感太陽電池の性能評価方法

(Evaluation method of performance for dye-sensitized solar devices)

## 序文

この OITDA 規格は、2005 年に社団法人電気化学会の電気化学会誌「Electrochemistry（電気化学および工業物理化学）73, No.10」に掲載された Technological Report「色素増感太陽電池の光電変換効率特性評価（原浩二郎，猪狩真一，高野真悟，藤橋岳）」[1]を基にし，さらに国内外の関連論文を参照して作成した。

色素増感太陽電池の性能評価方法は，いまだ国内外で標準的な方法が確立されていない。そこで，その性能評価は，従来のシリコン結晶系太陽電池やアモルファス太陽電池の JIS に準拠した方法を採用することが推奨されてきた。これまで，JIS に準拠した性能評価方法を利用した経験から，色素増感太陽電池特有の問題点が明らかになってきた。これらの知見に基づいて色素増感太陽電池の性能評価方法を確立することが望まれている。しかし，色素増感太陽電池は開発途上であることから，直ちに標準的な性能評価方法を確立することは時期尚早であると思われる。当面，従来の JIS に準拠した方法及びこれまでに明らかになった留意事項を OITDA 規格とした。

## 1. 適用範囲

OITDA 規格は，色素増感太陽電池の性能を評価する際に準拠すべき JIS 及びその留意事項に関する規格である。ここで述べる色素増感太陽電池の性能は，次の事項である。

- ・ 出力測定方法
- ・ 分光感度特性測定方法
- ・ 出力電圧・出力電流の温度係数測定方法
- ・ 屋外測定方法

## 2. 準拠規格

次に掲げる規格は，この規格で準拠する規格である。これらの規格は，その最新版（追補を含む）を適用する。

JIS C 8910 一次基準太陽電池セル

JIS C 8931 二次基準アモルファス太陽電池セル

IEC 60904-3 Photovoltaic devices-Part 3 : Measurement principles for photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data

IEC 60904-9 Photovoltaic devices-Part 9 : Solar simulator performance requirements

JIS C 8933 アモルファス太陽電池測定用ソーラシミュレータ

JIS C 8934 アモルファス太陽電池セル出力測定方法

JIS C 8936 アモルファス太陽電池分光感度特性測定方法

JIS C 8937 アモルファス太陽電池出力電圧・出力電流温度の係数測定方法

JIS C 8940 アモルファス太陽電池セル・モジュール屋外測定方法

### 3. 色素増感用一次基準太陽電池

#### 3.1 準拠規格 JIS C 8910

#### 3.2 留意事項

3.2.1 **一次基準セル** 色素増感太陽電池用の一次基準太陽電池セル（以下、一次基準セル）を導入する。

3.2.2 **一次基準擬似セル** 安定な一次基準セルが得られない場合は、JIS C 8910 の 5. 備考に準拠し、測定する色素増感太陽電池の相対分光感度特性に近似させた一次基準擬似セルを使用する。

**参考** 色素増感太陽電池用の一次基準セルは、独立行政法人 産業技術総合研究所で校正される。これに基づいて、色素増感太陽電池用の二次基準太陽電池セル（以下、二次基準セル）を校正する。二次基準セルは、色素増感太陽電池の性能評価に際して、光源の照度測定及び照度設定に用いるものであり、通常の測定では、二次基準セルを利用する。

### 4. 色素増感太陽電池用の二次基準太陽電池セル

#### 4.1 準拠規格 JIS C 8931

#### 4.2 留意事項

4.2.1 **二次基準セル** 色素増感太陽電池用の二次基準セルを導入する。

4.2.2 **二次基準擬似セル** 安定な二次基準セルが得られない場合は、JIS C 8931 の 2. (1) 備考に準拠し、色素増感太陽電池用の二次基準擬似セルを使用する。この場合、光学フィルタの波長特性は、色素増感太陽電池の色素の吸収スペクトルに対応させる。また、光学フィルタは、反射率及び波長特性の温度依存性・入射角依存性の小さいものを用いる。

### 5. 色素増感太陽電池測定用ソーラシミュレータ

#### 5.1 準拠規格 JIS C 8933, JIS C 8912 及び IEC 60904-9

#### 5.2 留意事項

5.2.1 **ソーラシミュレータの照度設定** ソーラシミュレータの照度測定及び照度設定には、色素増感太陽電池用の二次基準セルを使用する。

5.2.2 **ソーラシミュレータの等級** N3 色素の場合、その吸収波長領域がアモルファス太陽電池の吸収波長領域を超えないので、JIS C 8933 表 1 の等級 B 以上が望ましい。ブラック色素の場合、その吸収波長領域が結晶 Si 太陽電池の吸収波長領域を超えないので、IEC 60904-9 第 2 版, Table1 の Class B 以上とする。

5.2.3 **照度の場所むら** 測定精度の観点からは、スペクトル合致度の他に放射照度の場所むらを見逃す

ことができない。特に小面積セルの変換効率を評価する場合には、セルの設置位置の再現性が低いと、放射照度の場所むらにより%オーダーの測定誤差を生じることがある。したがって、放射照度の場所むらできるだけ微細に評価し、セルを均一性の高い位置に再現性よく設置する。

**5.2.4 スペクトル合致度** スペクトル合致度は、JIS C 8933 の 2 (4) に準拠するが、基準太陽光のエネルギー分布の積分範囲は、改正された IEC60904-3 第 2 版に基づいて作成した表 1 に対応させている。ただし、750nm 以上にも感度を有する色素を用いる場合には、必要に応じ、表 1 の積分範囲を色素の吸収端まで広くとり直すことが好ましい。

表 1—基準太陽光のエネルギー分布

$i$	波長帯 nm $\lambda_i \sim \lambda_{i+1}$	相対エネルギー 分布 %
1	350~400	6.2
2	400~450	11.8
3	450~500	14.8
4	500~550	14.7
5	550~600	14.2
6	600~650	13.8
7	650~700	12.9
8	700~750	11.5
	350~750	100.0

## 6. 色素増感太陽電池分光感度特性測定方法

### 6.1 準拠規格 JIS C 8936

### 6.2 留意事項

**6.2.1 分光感度特性** 分光感度特性は、一般には量子効率（または、外部量子効率）と呼称するが、色素増感太陽電池の分野では、Incident-photon-to-current conversion efficiency（以下、分光感度特性又は（IPCE））とも呼称する。

**6.2.2 IPCE の公式** IPCE は、照射光量（又は光子数）に対して得られた電子数から単色光あたりの光電変換効率を求める。その波長依存性を示したものが IPCE である。IPCE (%) は、式 1 で表す。

$$IPCE = \frac{1240 \times J_{ph}}{\lambda \times \Phi} \times 100 \quad (1)$$

ここで、 $J_{ph}$  は、単色光照射下での短絡電流密度 (mA/cm<sup>2</sup>)

$\lambda$  は、波長 (nm)

$\Phi$  は、照射単色光の強度 (mW/cm<sup>2</sup>) である。

**6.2.3 IPCE 測定条件** IPCE は、単色光放射照度の光強度が高く（又は光子数が多く）なるほど、増大する傾向があるので、光子数が  $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  程度の単色光（波長に依存するが 400nm で約 5mW/cm<sup>2</sup> の光強度）

を用いる [1, 3]。

**6.2.4 バイアス光の条件** IPCE に対するバイアス光照射の影響は、AM1.5G 近似の白色バイアス光を重畳することにより、セルの光応答性が向上することが報告されている [1, 4]。さらに、IPCE を 7 の出力測定方法とできるだけ同じ条件下で評価するために、100 mW/cm<sup>2</sup> の AM 1.5G 近似の白色バイアス光を重畳した交流 (AC) 法で測定する。

なお、バイアス光を重畳した直流 (DC) 法では、バイアス光強度の時間変動の影響が大きく、正確に測定ができない。DC 法 (バイアス光照射無し) で測定する場合には、白色バイアス光を重畳した AC 法と同等の IPCE が得られる測定条件を確認した上で測定する。

**6.2.5 チョッピング周波数** 白色バイアス光を重畳し、単色光をチョッピングする場合、6.2.3 と同じ理由からチョッピング周波数は、1Hz から 2Hz 程度とする [1, 5-9]。

## 7. 色素増感太陽電池セル出力測定方法

### 7.1 準拠規格 JIS C 8934

### 7.2 留意事項

**7.2.1 掃引時間** バイアス電圧をステップ状に変化させる場合、掃引 (サンプリング) 時間は、JIS C 8934 追補 1, 5.2 (b) に準拠するが、色素増感太陽電池の場合、時定数を正確に定義するのが困難な場合がある。そこで、I-V 特性は、順方向 (Jsc から Voc) および逆方向 (Voc から Jsc) の掃引で同等の特性が得られるように、十分に長いサンプリング遅延時間 (例えば 50~100ms 程度) を設定する。適切な掃引時間は、掃引電圧範囲と測定点数、セル構成材料や構造に依存するので、それぞれのセルで検討が必要である。典型的な色素増感太陽電池セルの場合、13~25 秒に設定する [1, 8, 10, 11]。

なお、セル出力特性は、上述のように掃引方向に依存しない条件下で測定されるべきものであるが、十分に長い掃引時間の確保が困難な場合には、測定誤差による過大評価回避の観点から、順方向でも測定する。

**7.2.2 遮蔽マスク及び発電面積** 出力測定の際には、色素増感太陽電池の光電変換部分 (色素が吸着した多孔質半導体電極部分に相当し、周囲の集電電極を除いた受光面) だけを照射するような遮蔽マスクを付ける。遮蔽マスクを付けない場合または遮蔽マスクが受光面より大きい場合は、側面からの光の影響などで過大評価になる。一方、遮蔽マスクが小さいと暗部の影響で Voc が低下し、過小評価になる。さらに遮蔽マスクが小さすぎると、暗部への斜め光の入射による光電流の増加が無視できなくなり、過大評価になる [11, 12, 13]。さらに、再現性を高めるために、セル上に固定するときの位置ずれに注意が必要である。発電面積 (色素が吸着した多孔質半導体電極部分) 当たりの出力を測定する場合には、多孔質半導体電極部分の正確な面積を測定する。

**7.2.3 遮蔽マスクの条件** 遮光マスクは、太陽電池が感度を有する波長領域の光を完全に遮蔽し、かつ反射率が低いものを用いる必要がある。例えば黒色つや消し加工を施したメタルマスク (透過率:0%反射率:5%以下) を用いる。マスクの板厚は開口部側面からの反射光抑制の観点から薄いほうが好ましいがハンドリング性も加味し、0.2 mm 程度のものが実用的である。この際開口部の側面にも黒色加工を施す。

**7.2.4 セル温度** 測定中のセル温度は、 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ が望ましい。ここで、光照射によってセル温度が上昇するとセル特性が変化する。その変化率は、被測定セルの構成（材料、構造等）に大きく依存するので注意が必要である。

**7.2.5 紫外線劣化及び安定性** 色素の種類によっては、紫外放射で著しく劣化するものがある[14, 15, 16]。従って、350nm 未満のソーラシミュレータの紫外放射は基準太陽光の紫外放射を超えないように制限することが望ましい。光照射によって特性が変化する場合があるので、照射直後の測定及び 30 分から 1 時間程度照射して、安定化を確認してから測定する。ただし、色素の種類によっては長期間安定しないものがあるので注意が必要である。

## 8. 色素増感太陽電池出力電圧・出力電流の温度係数測定方法

### 8.1 準拠規格 JIS C 8937

**8.2 留意事項** 出力特性の測定は、7.2.1 と同様である。

## 9. 色素増感太陽電池屋外測定方法

### 9.1 準拠規格 JIS C 8940

**9.2 留意事項** 出力特性の測定は、7.2.1 と同様である。

## 10. 参考文献

- [1] 原浩二郎, 猪狩真一, 高野真悟, 藤橋岳, *Electrochemistry (電気化学および工業物理化学)*, **73** (2005) 887-896.
- [2] S. Ito, H. Matsui, K. Okada, S. Kusano, T. Kitamura, Y. Wada and S. Yanagida, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **82** (2004) 421-429.
- [3] 佐山和弘, 柳田真利, 菱川善博, 杉原秀樹, 第72回電気化学会予稿集, 熊本 (2005) 466.
- [4] P. M. Sommeling, H. C. Rieffe, J. A. M. Van Roosmalen, A. Schönecker, J. M. Kroon, J. A. Wienke and A. Hinsch, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **62** (2000) 399-410.
- [5] Y. Tachibana, K. Hara, S. Takano, K. Sayama and H. Arakawa, *Chemical Physics Letters*, **364** (2002) 297-302.
- [6] J. Hohl-Ebinger, A. Hinsch, R. Sastrawan, W. Warta and U. Würfel, *Proc. 19<sup>th</sup> EUPVSEC, Paris* (2004) 173-175.
- [7] Y. Hishikawa, M. Yanagida and N. Koide, *Proc. 31<sup>st</sup> IEEE PVSC, Orlando* (2005) 67-70.
- [8] 菱川善博, "色素増感太陽電池の最新技術 II" (シーエムシー出版, 2007) 第18章, 162-169.
- [9] 菱川善博, *化学工業*, **71** (2007) 42-48.
- [10] N. Koide and L. Han, *Review of Scientific Instruments*, **75,9** (2004) 2828-2831.
- [11] 小出直城, 千葉恭男, 韓礼元, *シャープ技報*, **93** (2005) 42-48.
- [12] S. Ito, M. K. Nazeeruddin, P. Liska, P. Comte, R. Charvet, P. Pechy, M. Jirousek, A. Kay, S. M. Zakeeruddin and M. Grätzel, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, **14** (2006) 589-601.
- [13] J. Park, H-J. Koo, B. Yoo, K. Yoo, K. Kim, W. Choi, N-G. Park, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **91** (2007) 1749-1754.

- [14] 小島猛, 柳田真利, 柳澤武, 杉原秀樹, 太陽／風力エネルギー講演論文集, **109** (2007) 457-460.
- [15] H. Pettersson and T. Gruszecki, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **70** (2001) 203-212.
- [16] H. Pettersson, T. Gruszecki, L-H. Johansson and P. Johander, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **77** (2003) 405-413.



## OITDA-PV01

## 色素増感太陽電池の性能評価方法

## 解説

この解説は、本体及び附属書に規定・記載した事柄、並びにこれらに関連した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

### 1. 制定の趣旨及び経緯

次世代太陽電池の一つとして色素増感太陽電池が注目され、高効率化ならびに実用化に向けた研究開発が国内外で活発に行われている。しかし、その性能評価方法の標準化は不十分である。太陽電池の種類に関わらず、その電流電圧特性や光電変換効率等の性能を正確に評価するためには、ソーラシミュレータと基準太陽光、並びに基準セルと被測定太陽電池の相対分光感度特性の差異に依存するスペクトルミスマッチ誤差を抑制するため、適切な基準セルの選択、ソーラシミュレータの選択やその分光放射照度の調整、太陽電池面積の正確な定義等について共通化することが必要である。これらに加えて、色素増感太陽電池の性能評価には、長い時定数や応答の非線形性等、他の太陽電池とは異なる特有な性質について、いくつかの特別な注意を払う必要がある。また、色素増感太陽電池は現在もデバイス開発が盛んに行われており、実用化までには性能評価方法の見直しが必要とされることも予想される。

### 2. 審議中に特に問題となった事項など

審議中に特に問題となった事項は、それぞれの項目ごとに関連する文献を調査し、解説に示した。

### 3. 技術解説

#### (1) 一次基準擬似セル及び二次基準擬似セル（本体3.2.2及び本体4.2.2）

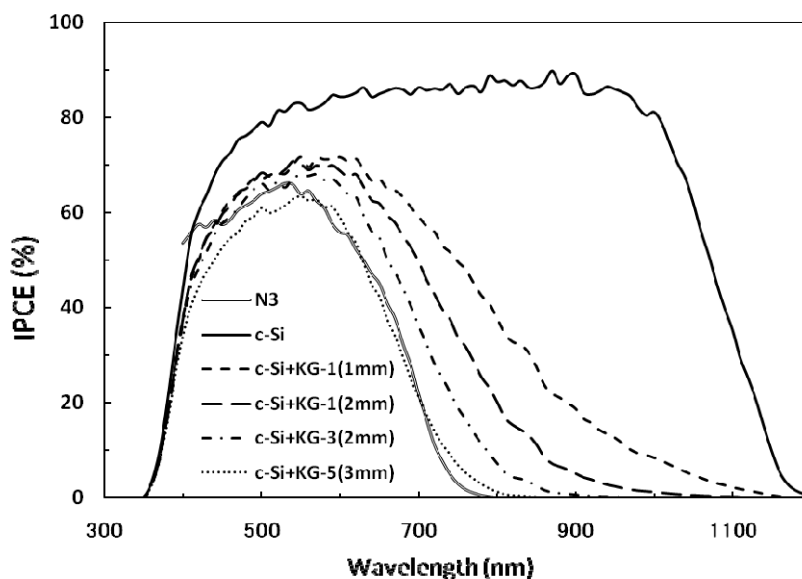
太陽電池性能の主な指標は、STC:標準試験条件（放射照度：1kW/m<sup>2</sup>，分光分布：基準太陽光(AM1.5G)，温度：25℃）における最大電気出力(W)である。太陽電池の出力は、入射光の分光放射照度分布に対する依存性が高いので、入射光の放射照度を計測する目的で被測定太陽電池と同等の相対分光感度特性を有する基準セルを用いる。薄膜系太陽電池の場合には、例えば、アモルファスシリコン系での光照射・アニーリング効果による性能変化等、長期安定性が保証されていないので、安定な太陽電池（結晶Si系など）に光学フィルタを装着し、相対分光感度特性を擬似的に被測定太陽電池のそれに近似させた擬似基準太陽電池セル（擬似セル）の使用が許容され、国際的にも認知されている。色素増感太陽電池でも基準セルとして擬似セルを用いることが普及しつつあるが、基準デバイスとしては、校正事業者等により校正されたものを使用し、不確かさを考慮することが必要である。

N3色素を用いたセルの場合、300nmから800nm程度の波長範囲に感度を有し、その相対分光感度特性には、単結晶シリコン太陽電池にドイツ Schott AG のKG-5フィルタ（2mm又は3mm）を付加したものが近似してい

るとの報告がある[1, 2]。したがって、N3色素を用いた色素増感太陽電池の基準セルとしては、単結晶シリコン太陽電池とKG-5フィルタの組み合わせによる二次基準擬似セルの使用が推奨される。KG-5フィルタの厚さは、被測定セルの相対分光感度特性が色素吸着量や膜厚などに応じて増減するので、それぞれの相対分光感度特性に応じて適宜選択することが望ましい。ここで、KG-5の3mmフィルタを付加したものは、アモルファスシリコン太陽電池の擬似セルとして広く使用されるものに相当する。その使用は、適当な合致度のソーラシミュレータとの組み合わせにより、スペクトルミスマッチ誤差の抑制に有用であると報告されている[1, 3]。また、近年ではブラック色素などのターピリジル配位子を有するルテニウム錯体が光増感剤として用いられる。これらの錯体の吸収波長領域は、900nm程度まで長波長化しているので、ブラック色素の基準セルとしては、KG-5フィルタよりもKG-3フィルタ（1mm又は2mm）を付加した結晶シリコン太陽電池の方が相対分光感度特性をより近似することが報告されている[1]。この場合も、KG-3フィルタの厚さは、色素吸着量や膜厚などに応じて適宜選択することが望ましい。

最近では様々な吸収波長を有する有機色素増感剤の開発が盛んになっており、理想的には、それぞれの相対分光感度特性に最適なフィルタを組み合わせる二次基準擬似セルを作製することが望ましい。高近似型のソーラシミュレータを用いるか、あるいはN3色素の場合と同様、アモルファスシリコン太陽電池の二次基準擬似セルで代用しても良いが、測定結果にはスペクトルミスマッチ誤差の量と補正の有無を記すべきである。解説図1に、単結晶シリコン太陽電池、N3色素セル及び単結晶シリコンと光学フィルタを組み合わせた擬似セルの分光感度特性（IPCE）の例を示す。

なお、擬似セル表面（主にフィルタ）とソーラシミュレータのアウトプットレンズ間の多重反射の寄与による誤差が社団法人日本電機工業会における校正事業準備委員会の擬似セルWGで解析・検討されている。この誤差は擬似セルの構造に依存する。誤差を軽減させるためには、擬似セルの構造をセル/充填材/光学フィルタの充填型とすること、ソーラシミュレータのアウトプットレンズとターゲット間の距離をできるだけ長く取ること、あるいは均一性や光入射角特性に注意しながら、多重反射の寄与が少ない照射面内の位置に擬似セルや被測定太陽電池を設置することが有効である。



**解説図1** 単結晶シリコン太陽電池, N3色素セル及び単結晶シリコンと光学フィルタを組み合わせた擬似セルの**IPCE**の事例 [1]

**(2) 色素増感太陽電池測定用ソーラシミュレータ(本体5)及びスペクトル合致度(本体5.2.4)**

太陽電池の性能評価には、ソーラシミュレータが広く用いられている。太陽電池の光電変換効率は、入射光の分光放射照度分布に対する依存性が高い。従って、基準太陽光に対するソーラシミュレータの合致度を評価する必要がある。一般的なルテニウム錯体のN3色素やN719色素を用いた色素増感太陽電池では、800nm 付近まで感度を有するので、ソーラシミュレータの750nm から800nm の領域での輝線の光強度が強い場合には、短絡電流密度  $J_{sc}$  を若干大きく評価する可能性がある。

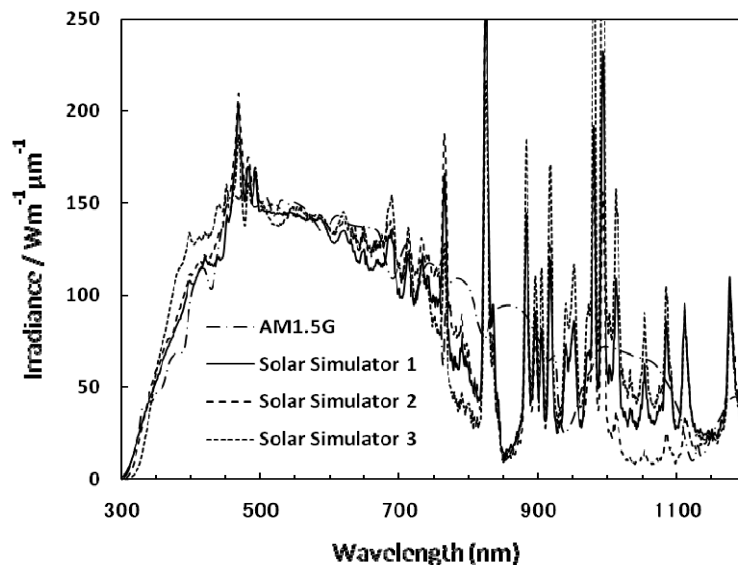
このことから、準拠規格で推奨するソーラシミュレータの等級を使用した。少なくとも、論文などにはどのような分光分布の光源下で測定を実施したかを明記することを推奨する。

変換効率を評価する場合、特に小面積セルのセルでは放射照度の場所むらを見ることができないので、この点も記述した。太陽電池の光電変換効率は、入射光の分光放射照度分布に対する依存性が高い。従って、基準太陽光に対するソーラシミュレータの合致度を評価する必要がある。一般的なルテニウム錯体のN3色素やN719色素を用いた色素増感太陽電池では、800 nm 付近まで感度を有するので、ソーラシミュレータの750 nm から800 nm の領域での輝線の光感度が強い場合には、短絡電流密度  $J_{sc}$  を若干大きく評価する可能性がある。

基準太陽光のスペクトルを規定する規格、**IEC60904-3** 基準太陽光が約20年振りに改正され、2008年4月に第2版が発行された。第1版との主な相違は、紫外放射波長の拡大、大気パラメータの改訂、波長間隔の均等化、計算モデルの変更(BRITEからSMARTS Version2.9に)である。第1版による結果と特に明記しない限り、第2版に基づく数値を用いることで国際的なコンセンサスが得られている。2007年10月に第2版が発行したソーラシミュレータ規格の**IEC60904-9**第2版でも、その等級を決定するための合致度を求める各波長帯のエネルギー分布の比率が改正された。これらIEC規格の改正に基づくJIS規格本文の改訂は、近い将来に実施されるが、国際整合化の観点から、JISが引用する対応IEC規格は、その最新版を参照することとされている。従って、**JIS C 8912**と**JIS C 8933**を準用しつつ、**IEC60904-9**第2版に準拠したエネルギー分布の比率でソーラシミュレータの合致度を計算し、運用することが望ましい。そこで、**本体表1**に、**IEC60904-9**第2版に準拠したエネルギー分布の比率を示した。

放射照度の場所むらについては、特に、小面積セルのセルで変換効率を評価する場合、無視することができないので留意すべきである。

**解説図2**に、基準太陽光スペクトル及びキセノンランプ型ソーラシミュレータの分光放射照度分布の例を示す。シミュレータは、何れも**IEC 60904-9 Table1**の**Class A**の要求合致度を満足している。



解説図 2 基準太陽光スペクトル(IEC 60904-3, AM1.5G)及びキセノンランプ型ソーラシミュレータの分光放射照度分布の事例(解説図中 Solar Simulator 1, 2, 3, シミュレータの違い) [1]

### (3) 二次基準色素増感度太陽電池セルについて (本体4)

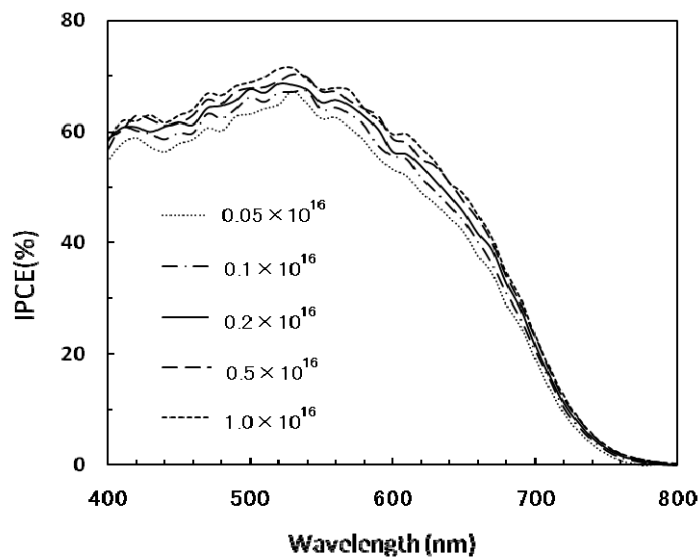
スペクトルミスマッチ誤差を低減するため、色素増感太陽電池の評価に用いる基準セルに対する指針を記述した。従来の太陽電池評価法でも、セルの安定性などの問題から、別の種類の安定なセルと適切な光学フィルタを組み合わせた擬似セルが許容されていることからその使用を記述した。

### (4) 色素増感太陽電池分光感度特性測定方法について (本体6)

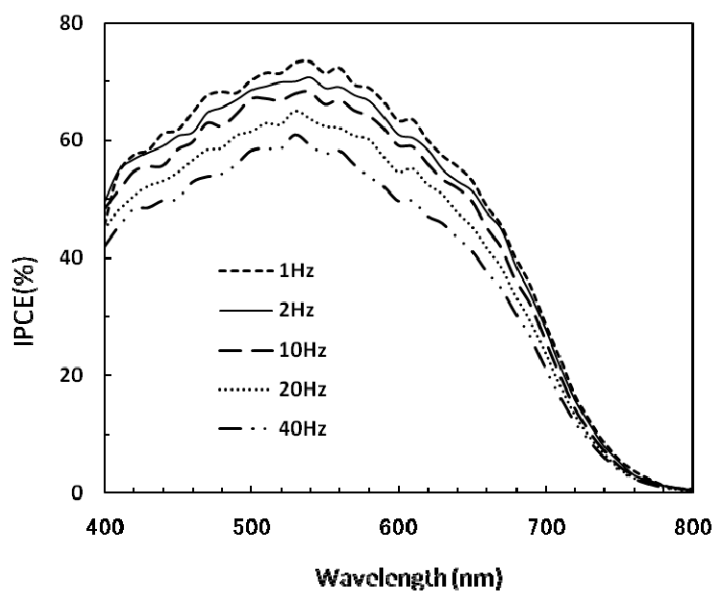
色素増感太陽電池の分光感度特性 (Incident photon-to-current conversion efficiency (IPCE)) は、光増感剤として用いる色素の吸収特性に依存する。この IPCE の測定条件は、評価する太陽電池の種類により異なる。色素増感太陽電池の場合、従来の太陽電池に比較して光応答速度が非常に遅く、さらに、光応答速度が、照射する単色光の光量、バイアス光照射有無、ロックインアンプを用いた交流 (AC) 法測定時の測定周波数に大きく影響を受けるという特徴があるので、これらの条件についての留意事項を記述した。

#### (a) チョッピング周波数 (本体6.2.5)

解説図 3 に IPCE の光強度依存性、解説図 4 に IPCE のチョッピング周波数依存性の事例を示す。



解説図3 DC法で測定したIPCEの光強度（光子数）依存性の事例[1]



解説図4 AC法で測定したIPCEのチョッピング周波数依存性の事例[1]

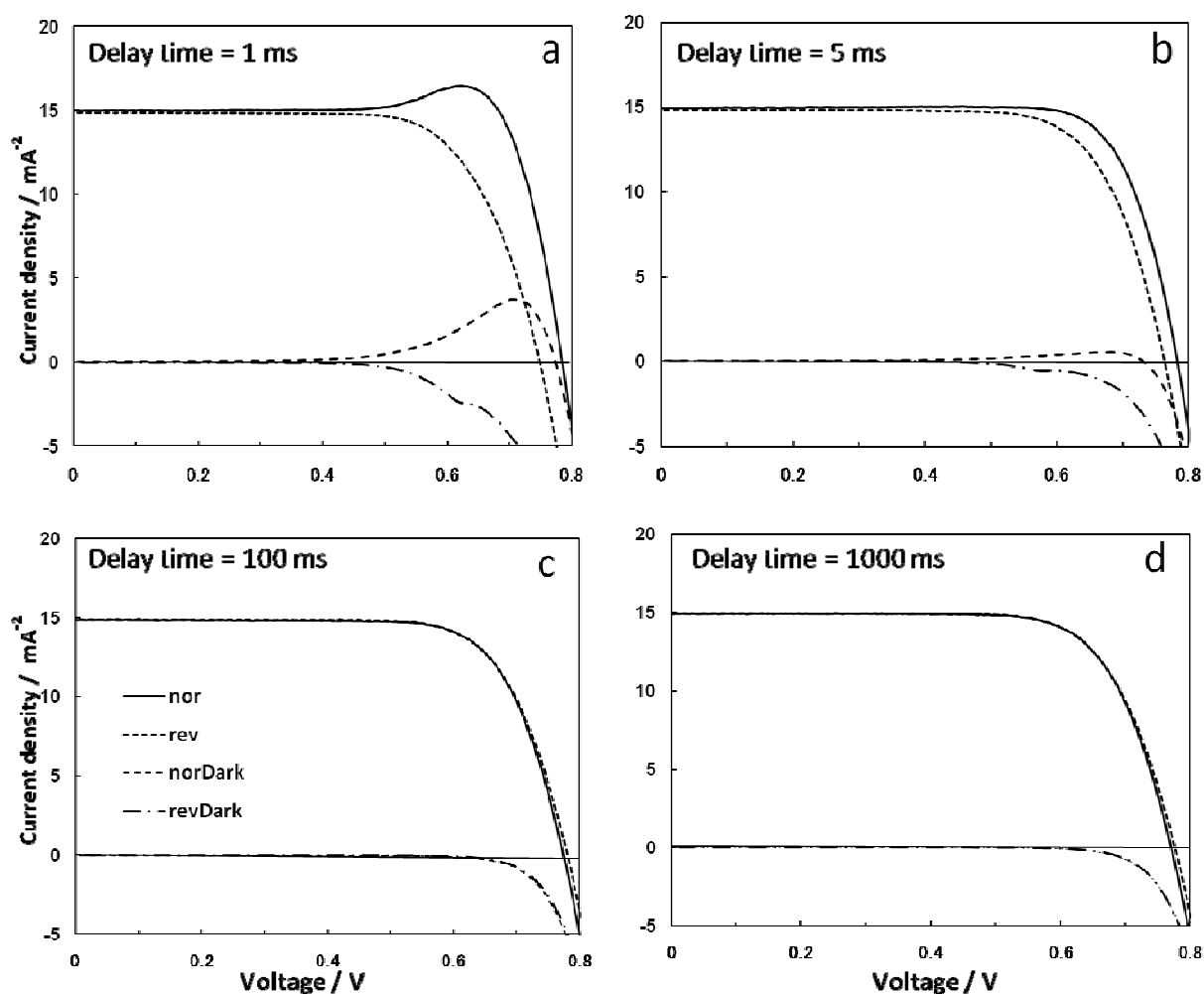
上記と同様なデータが[7]から[9]にも示されている。

## (5) 色素増感太陽電池セル出力測定方法について（本体7）

色素増感太陽電池の最も顕著な特性は、電圧または光の印加に対する出力電流・出力電圧の時間的応答が非常に遅いことである。そこで、これらの測定条件に関する留意事項を記述した。

### (a) 掃引時間（本体7.2.1）

解説図5にIV特性に対するバイアス電圧の掃引方向及びサンプリング時間の影響を示す。



解説図5 IV特性に対するバイアス電圧の掃引方向及びサンプリング時間の影響の事例[1]

上記と同様なデータが[7]から[11]にも示されている。

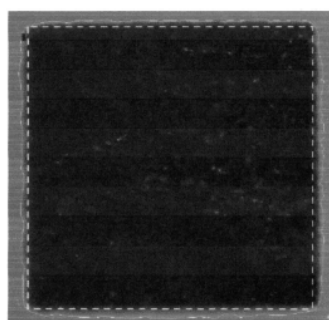
**(b) 発電面積の規定について (本体7.2.2)**

太陽電池の種類に限らず、太陽電池セルの特性を評価する際には、光照射領域と発電面積の規定方法に注意が必要なことから、発電面積の規定についての留意事項も記述した。セル発電領域以外にも光が照射された場合、周囲からの散乱光が発電領域に照射し発電に寄与するので、セル特性を過大評価してしまう恐れがある。従来の太陽電池では、正確な評価を行うためには、遮蔽マスクを用いて周囲からの光照射を遮蔽し、遮蔽マスクの開口部面積を発電面積（アパーチャー面積）と規定する方法が採用されている。従来の太陽電池評価法との整合性の観点からも、本方法を推奨する。このことは、小面積セルに限らず、同一基板上に単セルを複数個形成したモジュールにおいても同様である。

**(c) 遮蔽マスクの条件 (本体7.2.3)**

解説図6に、遮蔽マスクの事例を示す。表1に遮蔽マスクの大きさの影響を示す。表1で、セル発電面積は

5 mm角であり、遮蔽マスク無し、または遮蔽マスクのサイズが発電面積よりも大きな6 mm角、7 mm角の場合には、色素が吸着した多孔質半導体電極の面積（アクティブ面積）を発電面積と規定し、遮蔽マスクのサイズが5 mm角以下の場合には、遮蔽マスクの開口部の面積（アパーチャ面積）を発電面積と規定して変換効率を算出している。上記と同様なデータが[13]から[16]にも示されている。ここで、マスクサイズが6 mm角の場合の変換効率は、表1ではアパーチャ面積規定の変換効率よりも低下しているが、[15]や[16]の事例では逆に大きく増大している。測定環境によらず正確な変換効率を得るためには、発電面積の測定誤差を回避する観点から、1cm<sup>2</sup>以上の発電面積を有するセルで性能を評価することを推奨する。



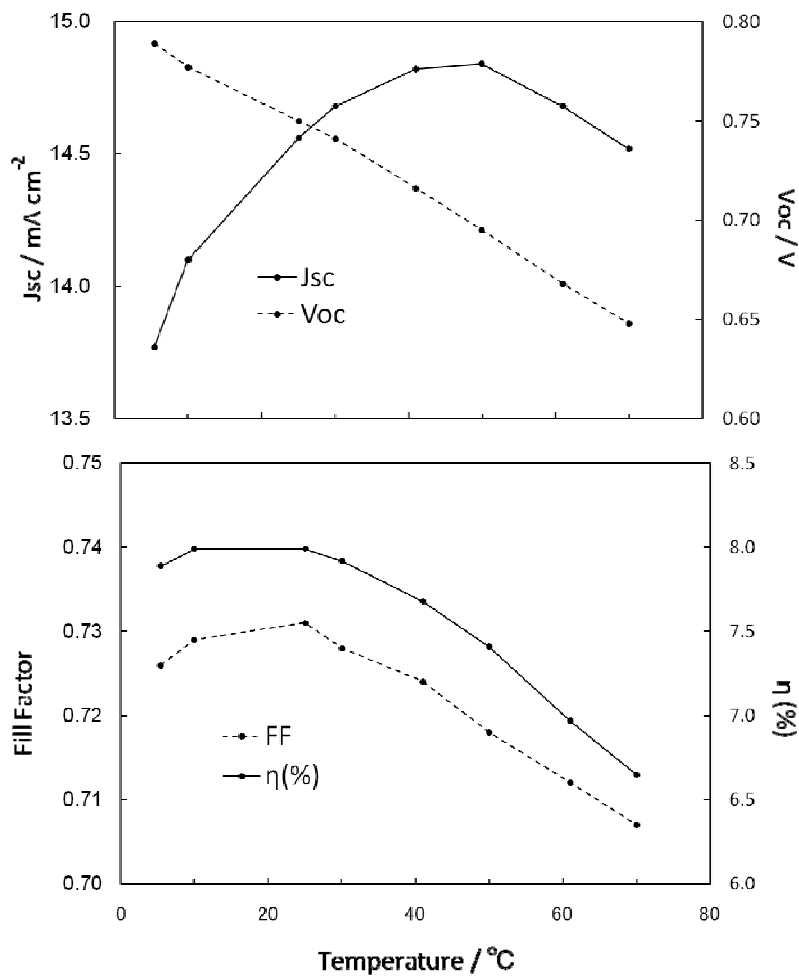
解説図6 遮蔽マスクの事例（発電部約5mm角、破線の外側をマスク）[10]

解説表1 遮蔽マスクの大きさの影響の事例[10]

Mask size (mm)	$J_{sc}$ (mA cm <sup>-2</sup> )	$V_{oc}$ (V)	FF	$\eta$ (%)
—	19.46	0.725	0.710	10.03
7 × 7	17.33	0.726	0.715	9.00
6 × 6	17.04	0.725	0.715	8.84
5 × 5	17.10	0.724	0.718	8.88
4.8 × 4.8	17.58	0.719	0.719	9.09
4 × 4	17.63	0.710	0.733	9.17
3 × 3	17.88	0.693	0.746	9.25
2 × 2	18.26	0.667	0.757	9.21

#### (d) セル温度（本体7.2.4）

セル温度依存性の一例として、25°C±2°Cで変換効率が0.2%程度変動するとの報告がある[1]。解説図7に色素増感太陽電池出力の温度特性の例を示す。

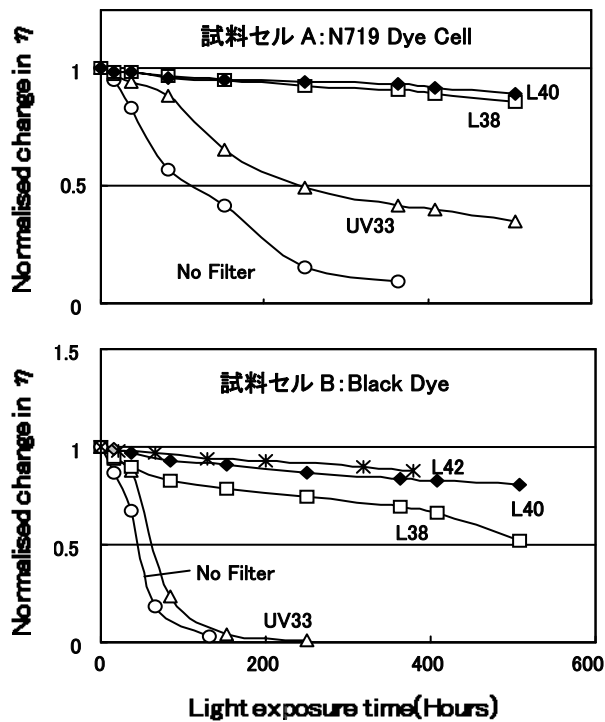


解説図 7 色素増感太陽電池出力の温度特性の事例[1]

(e) 紫外線劣化及び安定性 (本体7.2.5)

色素の種類によっては、紫外放射で著しく劣化するものがある。ソーラシミュレータの 350nm 未満の紫外放射についても、基準太陽光の紫外放射を超えないように制限することが望ましい。解説図 8 は、紫外放射で劣化が著しい色素増感太陽電池の事例である。





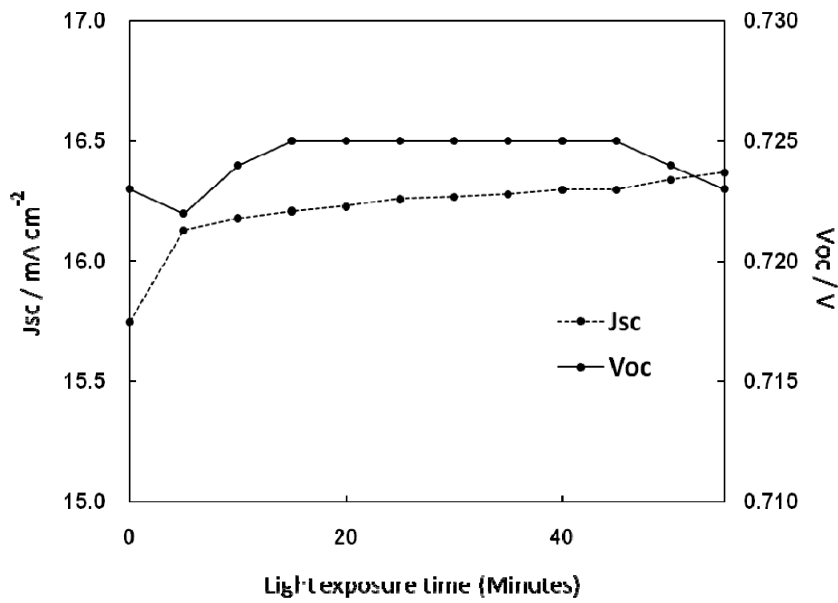
**解説図 8** 紫外放射で劣化が著しい色素増感太陽電池の事例[14]

照射光は次の 5 条件である。

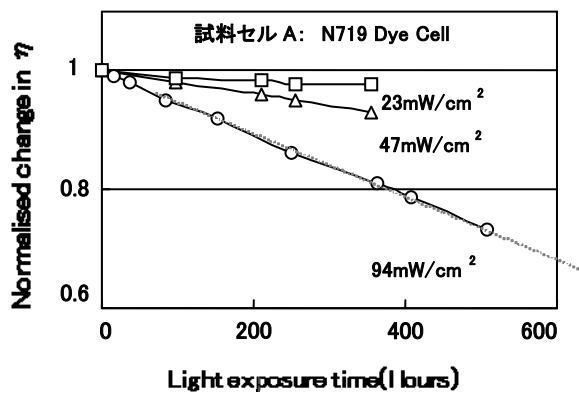
- ①No filter : フィルタなし, AM 1.5 G 近似,  $100 \text{ mW/cm}^2$
- ②UV-33 : 330 nm 光以下カット,  $98 \text{ mW/cm}^2$
- ③L-38 : 380 nm 光以下カット,  $95 \text{ mW/cm}^2$
- ④L-40 : 400 nm 光以下カット,  $94 \text{ mW/cm}^2$
- ⑤L-42 : 420 nm 光以下カット,  $93 \text{ mW/cm}^2$

上記と同様なデータが[15],[16]にも示されているが, [14]では紫外放射波長を細かく見ている。

**解説図 9** に光照射下における色素増感太陽電池出力の安定性の例を示す。**解説図 10** に光照射下における変換効率経時変化の光強度依存性の例を示す。なお, 安定化の目安については, 将来, 検討する必要がある。



解説図 9 光照射時間と色素増感太陽電池出力の安定性の事例[1]



解説図 10 光照射下における色素増感太陽電池の変換効率経時変化の光強度依存性の事例[4]

#### 4. 解説参考文献

解説では、本体の参考文献を引用している。

(解説文責 独立行政法人産業技術総合研究所 猪狩真一)

## 原案作成委員会構成表

原案作成委員会の構成表を、次に示す。

### 原案作成委員会 構成表

	氏名	所属
(委員長)	高 倉 秀 行	立命館大学
(副委員長)	中 島 昭 彦	株式会社カネカ
(委員)	猪 狩 真 一	独立行政法人産業技術総合研究所
	大 谷 謙 仁	独立行政法人産業技術総合研究所
	菱 川 善 博	独立行政法人産業技術総合研究所
	津 下 豊太郎	財団法人日本規格協会
	出 口 洋 平	社団法人日本電機工業会
	水 上 誠志郎	財団法人電気安全環境研究所
	小 笹 健 仁	経済産業省商務情報政策局
	小 林 広 武	財団法人電力中央研究所
	小 林 哲 三	英弘精機株式会社
	大 倉 力	株式会社相馬光学
	渡 邊 直 史	株式会社ワコム電創
	下斗米 光 博	日清紡績株式会社
	反 田 真 之	富士電機システムズ株式会社
	根 上 卓 之	パナソニック株式会社
	田 中 和 文	京セラ株式会社
	柳 浦 聡 生	三洋電機株式会社
	小 出 直 城	シャープ株式会社
	櫛 屋 勝 巳	昭和シェル石油株式会社
	林 田 匡 史	ホンダエンジニアリング株式会社
	小鍛冶 聡 司	三菱重工業株式会社
	島 崎 晃 治	三菱電機株式会社
	増 田 岳 夫	財団法人光産業技術振興協会
(オブザーバ)	後 藤 博 幸	経済産業省産業技術環境局
	山 本 健 一	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
	桃 井 義 宣	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
	石 垣 弘 也	社団法人日本電機工業会
	野 元 克 彦	シャープ株式会社
	石 原 隆	三菱電機株式会社
(事務局)	津 田 芳 幸	財団法人光産業技術振興協会
	大 熊 仁 明	財団法人光産業技術振興協会

**禁無断転載**

この OITDA 規格は、光産業技術振興協会 新型太陽電池標準化委員会の審議により制定したものである。この規格の適用は、工業所有権に関わるか否かの確認を含めて、製品の生産者あるいは規格の利用者の責任において行わなければならない。

この規格についてのご意見又はご質問は、下記にご連絡ください。

**OITDA 規格**

規格名：色素増感太陽電池の性能評価方法  
(Evaluation method of performance for dye-sensitized solar devices)

規格番号：OITDA-PV01-2009

第 1 版

発行日：2009 年 3 月 30 日

発行者：財団法人 光産業技術振興協会

住所：〒112-0014 東京都文京区関口 1-20-10

住友江戸川橋駅前ビル 7F

電話：03-5225-6431 FAX：03-5225-6435

e-mail: opt-st@oitda.or.jp (標準化室)