

# KOPEL

## SHORT FORM CATALOGUE

太陽電池検査システム 2017.11

# Innovative PV Test Systems

共進電機株式会社は、最先端且つ革新的な太陽電池測定技術の関連製品群を KOPEL ブランドとして供給しています。



# KOPELのこだわり

## IV測定における3つの重要な要素

正しく安定した測定を行う為に、KOPELは「光」光源の安定性・「電気」IV計測の応答性・「温度」測定温度の制御」の三要素を重視し、製品開発を行っております。

### 高安定光源

Light

光の安定性は、専用の電源と制御系の新規開発により、変動誤差を±0.1%までに狭小化する事に成功しました。光源は下のFig.1に示されるように正確に制御されています。一般的な定常光のショートアーク・キセノンランプでは、アークの揺らぎ、電源のリップルノイズなどの影響で、±0.5%前後の誤差がでます。KOPELのKSXシリーズでは、光の変動誤差を±0.1%までに狭小化する事により、測定データへの影響を抑えます。特に量産時のクラス分けでは、0.2%前後の精度を要求される場合、光の安定度は重要になります。

この新しいシステムは、パルス発光を50msの単一パルス、あるいは2段階、3段階のパルスとすることが可能です。IEC/JIS規格に則ったセルの内部抵抗 ( $R_s$ ) の測定も可能です。

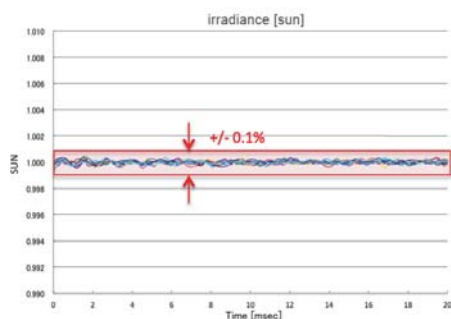


Fig.1 光の安定性

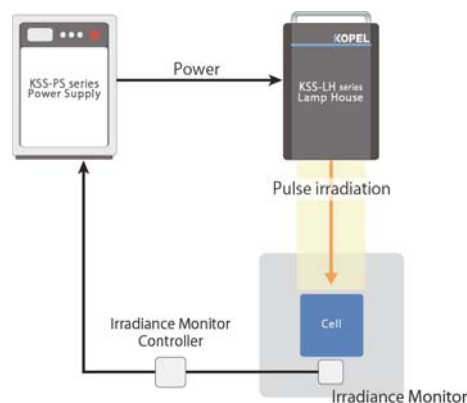


Fig.2 システム構成

### 高精度電気測定と最適プロービング

Electric

IV計測システムは高速のバイポーラ電源を内蔵し、4象限動作で太陽電池セルの特性を正確に測定します。4端子法により電圧と電流を同時に高速に測定し、非常に短いパルスの中で正確な実測のIVデータを取ることが出来ます。掃引電圧の方向IscからVoc、VocからIscを高速・精密に測定できます。データは、Isc、Jsc、Voc、Pmax、FF、 $R_s$ 、Rsh、Iv、Vi、Eff、温度などの正確な測定データを表示できます。また、KOPELの測定治具はソーラーシミュレーターの影の影響を最小限にするために、薄くて強靱な独自のバー構造を採用しています。そのプロービングの高耐久性と接触時の低抵抗が正確なIV測定には重要です。

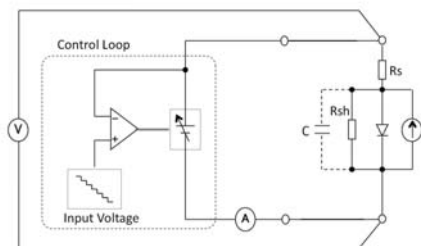


Fig.3 ダイナミックIV計測

IVテスターは他のシミュレーターと組み合わせての測定も可能です。

詳細はP 6-7を参照下さい。

プロービングの安定性と測定データの高再現性を実現した測定治具はこちら

詳細はP 8-9を参照下さい。

### セル温度の上昇を抑えるパルス光源

Temp.

通常定常光ないしはロングパルス光(300ms~1000ms)の照射では温度上昇を抑える事は難しいので、日本以外ではショートパルスを採用する事が多くみられます。KOPELでは10ms~50msでのパルス光源の短い照射により温度上昇を極力抑えています。

## 太陽電池の IV 測定

### 一般的な結晶シリコン系太陽電池の IV 測定

Fig.K-1 に結晶型セルの IV 測定を示します。一般的な結晶シリコン型は電圧の変化に速く応答するため、数 ms のパルス光照射の間に掃引電圧の方向を Isc から Voc まで変化させて測定する事が可能です。その為、従来から 1 ~ 10ms 程度の短いパルス光で測定されていました。特に正確な測定を行うためには、温度上昇をできる限り小さくする必要があり、短い光照射で計測する必要があります。また、短いパルス光での IV 測定が国際的には主流です。

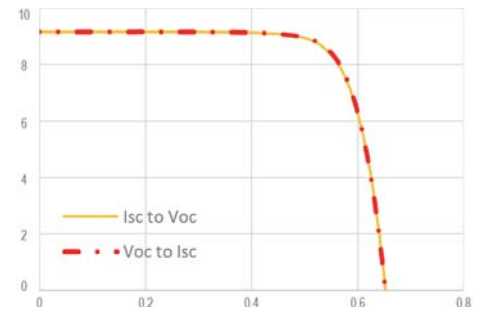


Fig.K-1 結晶型セルの IV 測定

### 高効率結晶シリコン系太陽電池の測定 (PERC・HJT・IBC)

一般的に高効率の結晶シリコン系太陽電池は複雑な構造をもち、静電容量が高いことから、従来のショートパルス方式 (100ms 以下) では正確な特性を測定する事はできませんでした。これは従来の結晶型とは異なり、電圧の変化に対して応答が遅れるためです。

このため、一般的には定常光ないしはロングパルス光 (600-800ms) で計測を行っています。この光で計測する場合、太陽電池の温度上昇や光の変動を考慮する必要があります。逆に、短時間のパルス光で計測すると静電容量の影響から、計測時の IV カーブの挙動に差が生じます。現象としては高効率 (高容量) 太陽電池への短時間パルス発光では、この容量成分に十分な充電がなされないために、一般的な IV 計測で行われる、掃引電圧の方向を Isc → Voc では、Pmax 付近の値が低くなってしまいます。逆に Voc → Isc で計測した場合は、Pmax 付近の値が高くなります。このため、太陽電池の正確な特性評価はできません。

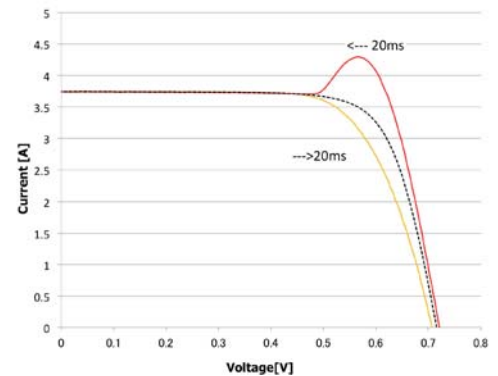


Fig.K-2 高効率セルの短時間掃引による IV 特性カーブの挙動差

Fig.K-2 は HJT に印加する電圧を、Isc から Voc、Voc から Isc にそれぞれ 20ms で変化させた場合の測定結果です。

HJT や IBC などの高い静電容量により変化が追従しないのが分かります。電圧変化を 20ms ではなく 300ms 以上で変化させると、曲線の歪みがなくなり、双方向とも正しい IV カーブ (黒い線) と重なります。

しかし、その間安定した光を太陽電池に当てている必要があり、セル、モジュールの温度が上昇し、また、光源に対する負担が大きくなります。例えば、800ms の照射により温度は約 1℃ 上昇し、この影響により Voc が減少し、Pmax が低く測定されます。

Fig.K-3 に、ある HJT モジュールの測定データを示します。これによると 200ms ~ 300ms では誤差が殆どなくなりますが、100ms では Pmax の誤差が ± 1% 程度となります。もっと短い光では方向により非対称になります。実際には 600ms 以上の照射が必要となります。

今後、太陽電池各社は、高効率化を目指しているため、更に静電容量が増加する傾向にあります。

静電容量の高いセルやモジュールでも高精度・高速測定を可能にしたのが、最新技術 PDA (KOPEL Method) です。

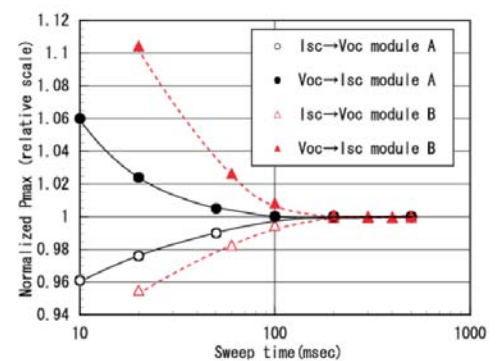


Fig.K-3 掃引スピードと方向による影響 (HJT)

# KOPEL Method

静電容量の高いセルやモジュールでも高精度・高速測定を可能にしたのが最新技術 PDA (KOPEL Method) です。

共進電機は、国立研究開発法人産業技術総合研究所（産総研 AIST）との共同で高効率の太陽電池の IV 測定を 50ms 以下の短いパルスで計測する方式を開発しました。その方式は、PDA (Photo and Dark Analysis) technology と呼ばれます。この方式を実現するために、共進電機は、高速で正確なバイポーラ電源とそのコントロール部・ソフトウェアを開発しました。そのシステムが KOPEL Method です。（国際特許出願中）



## KOPEL Method の原理

Fig.K-2 で示したように静電容量の高い太陽電池では、印加電圧を急激に変化させても、両極間の電圧はすぐには応答しません。この遅れは純粋に電気的な静電容量による遅れであり、太陽電池の光化学的な特性等には依存しないのではと我々は考えました。

測定したいのは光を当てた状態とゆっくりと電圧を変化させた場合です。もし太陽電池が光を当てても当てなくても同じ挙動をするのなら、光を当てない状態でゆっくりと電圧を変化させたデータと急速に電圧を変化させたデータおよび光を当てた状態で急速に電圧を変化させたデータを使って推定ができるはずですが、

Fig.K-4 は HJT セルを明状態と暗状態で測定した結果です。この二つに相関性があれば、その相関性を利用して求めたい測定データが得られる事になります。

Fig.K-5 は、明状態と暗状態の両方向の IV カーブを重ねて表記したものです。データを重ねて見ると二つのデータは特性が異なります。これでは相関性から正しいデータを導き出す事はできません。

電圧変化に対する遅れが明状態と暗状態で異なる原因は、太陽電池の内部抵抗の影響であると考えられます。明状態と暗状態では明らかに太陽電池に流れる電流の状況が異なります。電圧 0V を印加した状態では、明状態では最大電流 (Isc) が流れ、暗状態では全く電流が流れません。この電流と内部抵抗によって引き起こされる電圧値の違いを正しく演算してから比較しないと、明状態と暗状態の特性を正しく比較した事になりません。

Fig.K-6 (P5) に KOPEL Method の測定シーケンスを示します。暗状態で 2 種類の電圧と電流を測定します。次に 50ms の明状態での電圧と電流を測定します。  
※暗状態については右記参照

Fig.K-7 は内部抵抗の影響を除かない状態で KOPEL Method の処理を示した図です。上の赤い斜線と下の青い斜線は実は内部抵抗の影響を除くと同じ電圧になり、この二つの線は一直線に繋がります。内部抵抗の影響を除いてみると明状態も暗状態も同じ特性を示す事から正しい IV 特性が正確に測定できるというのが KOPEL Method の原理です。

最後に、Fig.K-8 は、HJT セルを基準測定の AIST で測定したロングパルス (1000ms) と 50ms のパルス照射を KOPEL Method (KSX-3000H) で HJT セル計測データです。測定の差は、0.2%以下になっています。また、モジュールでも同様の計測が可能です。

- 国際特許取得済み  
米国 (No.US 9,176,182 B2) ・台湾 (No.558092)  
日本 (No.6103311) ・中国
- 国際特許出願中 (ドイツ・スイス・韓国・インド)

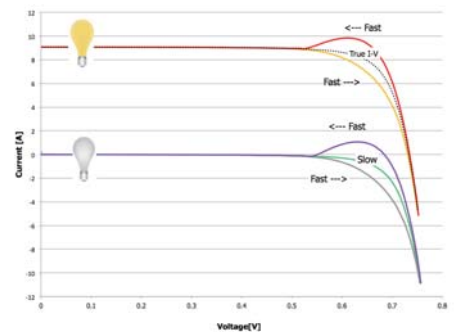


Fig.K-4 明状態と暗状態の IV 特性

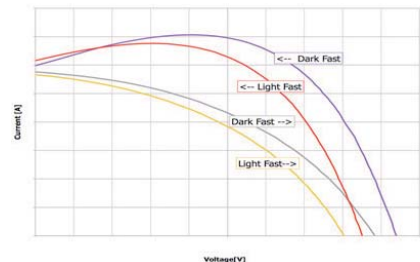


Fig.K-5 特性を重ね合わせた場合

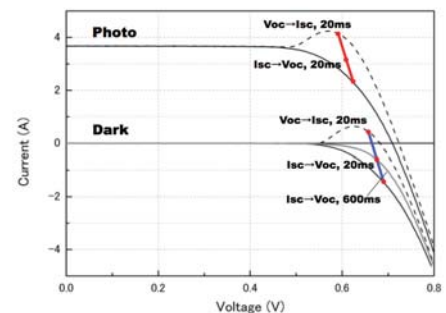


Fig.K-7 暗状態と明状態の比較

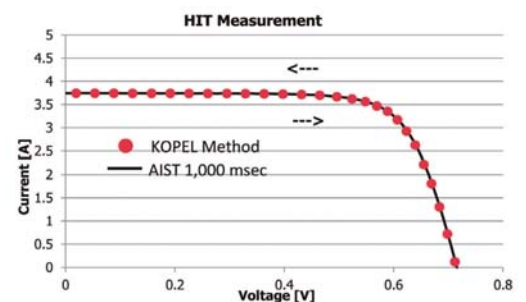


Fig.K-8 KOPEL Method IV テスターによる計測結果

## 暗状態とは

暗状態の計測（Dark 測定）とは、1SUN と比べて極端に暗い状態を示します。1 SUN = 100,000LUX と比べて、一般の室内環境は、1000LUX 以下です。太陽電池セル、モジュールの計測において 1000LUX 以下は、1 SUN に比べて十分な暗状態です。したがって、計測には、暗室等の完全な光遮断は必要ありません。

（当社の比較実験で 1SUN の Isc 計測に比べて 1000LUX 下での Isc 計測で 0.1%、100LUX 下では、0.075%、暗室下で 0.04%の測定の違いでしかありませんでした。）

## 高効率太陽電池セルの計測時間

実際の計測のシーケンスは、暗状態での計測は、ロングパルスと同程度の Isc → Voc 計測（240-700 m S）と明状態で光照射に合わせた暗状態での双方向測定に 20-50 m S、それと実際の明状態での測定に 20-50 m S が必要です。それぞれの計測の間のインターバル、データの転送時間等を含めても測定および演算に掛かる時間は全て合わせて 1 秒以下です。

実際の生産ラインではセルの搬送時間が加わりますが、それらを合計した 1 セル当たりのタクトタイムは、1.2 ～ 1.5 秒程度に短縮が可能です。KOPEL Method は研究開発用の高精度測定ばかりでなく、その高速性から生産ラインにも適した方式です。

## 高効率太陽電池モジュールの計測

一般的な太陽電池モジュールの計測には、ショートパルス式のソーラーシミュレータでの IV 計測が一般的です。しかしながら、高効率太陽電池モジュールでは、掃引の方向によりヒステリシスがあるため、通常の Isc → Voc での計測では、アンダーシュートが発生してしまい、実際よりデータが低く出てしまいます。このため、ロングパルスソーラーシミュレータを用いて計測が必要でした。また、IV 測定を 2 回に分けて行う方法、双方向の計測を行った上で平均法を取る方法などが行われています。ただし、効率が上昇するとこれらの方法では正確な計測ができません。

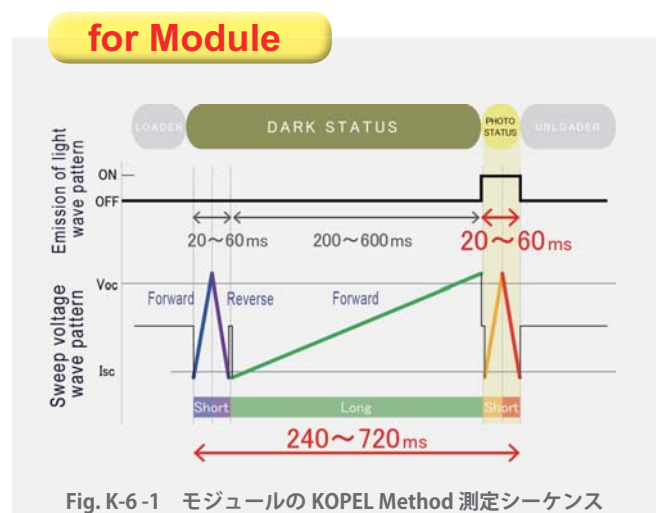
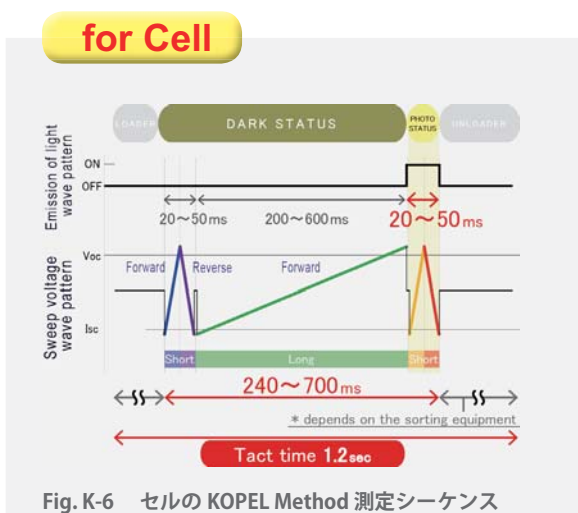
KOPEL Method は、既存のショートパルスソーラーシミュレータを利用して、2 回の照射で正確な IV 測定を可能にしました。実際の計測のシーケンスは、上記のセルと基本的には変わりませんが、明状態の Isc → Voc 計測と Voc → Isc 計測をそれぞれ 10ms 以上の短いパルス照射で計測して PDA でのデータを演算処理します。

したがって、既存のモジュール用ソーラーシミュレータで 10ms 以上の光照射が短い間隔で 2 回照射可能なものであれば、この IV テスター（KST-P80M02）を使用すれば高効率の太陽電池モジュールでも高速測定が可能になります。

### [ Measurement Sequence ]

生産ライン等において、単に PV セルのクラス分けを目的とされる場合は短い測定シーケンスをお勧めします。

また、R&D・品質管理用途において正確な PV セル / モジュールの出力特性計測を目的とされる場合は長い測定シーケンスをお勧めします。



### 【提出論文】

2014.6 : “Accurate and Rapid Measurement of High-Capacitance PV Cells and Modules Using a Single Short Pulse Light”, to be published in the Proceedings of the 40th IEEE PVSC, Denver (2014)

2014.7 : GRE2014 O-PV-10-5 IV 20140810B (Tokyo, Japan)

2014.11 : 7TuPo 10 7 WCPEC-6 -Kyoto 2014 11 25

# IV テスター

## KST シリーズ

- あらゆるソーラーシミュレータへの対応が可能。
- 開発・品質管理用途、並びに量産ラインへの導入が可能です。
- 新規導入だけでなく、既存の IV テスターからの置き換えも簡単に行えます。

IV テスター KST シリーズは、太陽電池セル/モジュール専用が開発されました。ソーラーシミュレータと組み合わせて、研究開発或いは生産ラインでの太陽電池セル/モジュールの IV カーブ・PV カーブ等の電気的特性を精密に高速測定する装置です。定常光式・ロングパルス及びパルス光式のソーラーシミュレータにも対応可能です。

この IV テスターは、太陽電池セル/モジュールの IV 特性測定に必要な機能に特化し、日本工業規格 JIS C8914 (IEC 60891) に準拠した電気的特性を得ることが出来ます。

一般的な結晶系シリコン太陽電池の IV 測定はもちろん、高効率太陽電池 (ヘテロ接合系など) の 20-50ms の短いパルス光での精密・高速測定も可能です。

高効率太陽電池 (ヘテロ接合系) は静電容量が高い傾向にあり、一般的な IV 計測では長時間の光を照射して計測する必要がありました。本装置は国立研究開発法人産業技術総合研究所 (産総研 AIST) との共同で短時間照射 (50ms 以下) での計測する方式を開発しました。この計測システムを KOPEL Method と呼びます。この KOPEL Method システムにより、高効率太陽電池セル/モジュールの真の特性値 (Isc、Voc、Pmax 等) を高精度且つ、高速に測定することが可能です。

KST シリーズは、直流電源・電子負荷回路・精密測定回路・制御回路・通信回路等の機能を全て内蔵したオールインワンでコンパクトな構造です。

計測ソフトウェアは、グラフィカルなユーザインターフェースを持つソフトウェアです。測定条件の設定、太陽電池セル/モジュールの特性値の測定及び表示だけでなく、暗電流測定・特性値集計機能を備えています。また、特性値データを Excel 等で読み込める CSV テキストデータを生成できるので、PC 内の保存や、外部機器 (ホスト PC) にも出力することも可能です。

また、新規開発した高速 IV 計測装置 KST-5Ce-LC シリーズは、1000Sun までの集光型ソーラーシミュレータでの高速測定が可能です。

## 特長

- IEC60904-1/JIS C 8913 準拠
- すべてを一つにまとめたコンパクト設計＝一台の単独構成が可能
- 専用ソフトウェア標準付属
- 測定精度  $\pm 0.2\%$  FS 以内の高速サンプリング
- 最大 1024 ポイントを 20  $\mu$ s で、高速掃引が可能  
スweep方向は任意設定可能。Isc  $\Rightarrow$  Voc / Voc  $\Rightarrow$  Isc の両方向が可能
- ダーク測定が可能
- KOPEL Method (PDA 方式) を内蔵  
HJT など高効率 PV セル・モジュールを 50 ms 以下の光照射で高速 IV 測定可能  
(既存のパルス型ソーラーシミュレータへの対応も可能＝発光時間、発光波形の条件は、ご相談ください。)
- 一般的な、定常光、パルス方式のそれぞれのソーラーシミュレータへ対応が可能
- 開発用から、品質管理向け、量産用まで対応可能
- 量産向けのクラス分け機能を標準装備 (0 ~ 127 ランク、それ以上はオプション対応可能)
- 集光型ソーラーシミュレータへの対応も可能 -KST-5Ce-LC (1ms で 50 ポイントの計測が可能)

## 新機能搭載のモジュール用 IV テスター

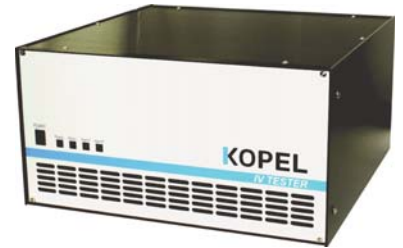
- ロングパルス、ミドルパルス、ショートパルスのすべてのソーラーシミュレータに取り付けが可能。
  - ・光トリガー、光変動フィードバック機能、手動計測が可能です。  
＝ソーラーシミュレータに直接配線することなく、計測が可能。
  - ・高効率太陽電池への移行のため、既存の IV テスターからの置き換えが可能
- 高効率太陽電池の測定には、ヒステリシスに左右されない KOPEL Method により、20ms 以上の 1 回パルスで測定が可能
- 20  $\mu$ S/Point 最大 1024 ポイントでの高速計測が可能

# KST シリーズ



## 太陽電池セル専用 IV テスター 仕様

Cell IV Testers		
Product Model	KST-P15HC2	KST-5Ce-LC2
Software	KSW-001	KSW-01LC
Target Cell	c-Si type, Heterojunction type, Multijunction type Cells	Concentrated Solar Power (CSP)
Corresponding Solar Simulator	Continuous Type, Long pulse, Middle pulse, Short pulse	Continuous Type
Standards	IEC60904-1, JIS C8913 Compliant	
Sweep Bias Voltage	±3V	±10V
Sweep Direction	Isc to Voc, Voc to Isc, Both direction is able to sweep sequentially.	
Measurement Voltage	±3V	±10V
Measurement Current	±15A	-2A~+5A
Current Ranges	15A, 1.5A, 0.15A, 0.015A	5A, 0.5A, 0.05A, 0.005A
Sampling Points	32~512 Points (Both directions) 32~1024 Points (One direction)	
Measurement Speed	20us~10s/Point	
Measurement Accuracy	±0.2%FS	
Measurement Items	<b>IV Curve, PV Curve (Light/Dark), Max. Power (Pmax), Open-circuit Voltage (Voc), Short-circuit Current (Isc), Fill Factor (FF), Efficiency (η), Voltage at Max. Power (Vpm), Current at Max. Power (Ipm), Series Resistance (Rs), Shunt Resistance (Rsh), Irradiance(Ee)</b> *Option: I Reverse	
Temperature Sensors	Selectable: Thermo couple(T/K), IR, Pt-100 *without sensors	
Input Voltage	Single-phase 100V~240V, 50/60Hz, 200VA	
Dimensions	W430 x D430 x H221.5 mm	
Weight	18 kg	
Measurement Resolution	18bit ( Super High Speed )	
OS	Windows 7, 8.1, 10 (32/64-bit)	
Data Output	LAN	
Data Format	CSV	
Options	Monitor Cell (Measurement Current:±200mA)	



## 太陽電池モジュール専用 IV テスター 仕様

Module IV Testers			
Product Model	KST-P80MO2	KST-P250MC	KST-P250MO
Software	KSW-01M	KSW-03M	KSW-02M
Target Module	c-Si type, Heterojunction type, Multijunction type Modules	c-Si type, Heterojunction type, Multijunction type, Thin Film type Modules	Thin Film Modules
Corresponding Solar Simulator	Continuous Type, Long pulse, Middle pulse, Short pulse		
Standards	IEC60904-1, JIS C8914 Compliant		
Sweep Bias Voltage	±8V/±80V	±8V/±80V -10~+250V	-10~+250V
Sweep Direction	Isc to Voc, Voc to Isc, Both direction is able to sweep sequentially.		
Measurement Voltage	±8V/±80V	±8V/±80V -10~+250V	-10~+250V
Measurement Current	±15A	-15A~+15A (@±8V/±80V) ±1A (for short period ±3A) (@±250V)	±1A (for short period ±3A)
Current Ranges	15A, 1.5A, 0.15A, 0.015A	15A, 1.5A, 0.15A, 0.015A (@±8V/±80V) 3A, 0.3A, 0.03A (@±250V)	3A, 0.3A, 0.03A
Sampling Points	32~512 Points (Both directions) 32~1024 Points (One direction)		
Measurement Speed	20us~10s/Point		
Measurement Accuracy	±0.2%FS		
Measurement Items	<b>IV Curve, PV Curve (Light/Dark), Max. Power (Pmax), Open-circuit Voltage (Voc), Short-circuit Current (Isc), Fill Factor (FF), Efficiency (η), Voltage at Max. Power (Vpm), Current at Max. Power (Ipm), Series Resistance (Rs), Shunt Resistance (Rsh), Irradiance(Ee)</b>		
Temperature Sensors	Selectable: Thermo couple(T/K), IR, Pt-100 *without sensors		
Input Voltage	Single-phase 200V, 50/60Hz, Max1700VA		Single-phase 200V, 50/60Hz, Max1400VA
Dimensions	W570 x D630 x H1078 mm	* Twin rack systems W570 x D630 x H1078 mm x 2pieces	W570 x D630 x H1078 mm
Weight	150 kg (330 lb)	300 kg (660 lb)	150 kg (330 lb)
Measurement Resolution	18bit ( Super High Speed )		
OS	Windows 7, 8.1, 10 (32/64-bit)		
Data Output	LAN		
Data Format	CSV		
Options	Monitor Cell (Measurement Current:±200mA)		



# 測定治具

## KSJ シリーズ

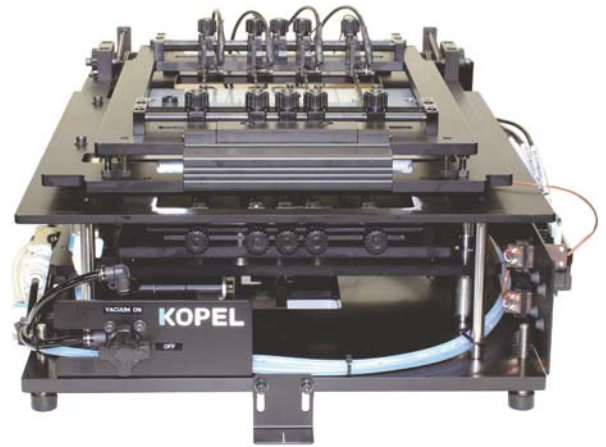
測定対象の太陽電池セルの正確なアライメントと安定したプロービングを保証、測定データの再現性を実現します。

KOPEL が提供する KSJ シリーズの測定治具は、± 0.1 mm の高精度セルアライメント機構を採用、測定対象セルに対するプロービングの安定性と測定データの再現性を実現しています。プローブピンの接触圧を精密に設定・管理することができます。本製品は、セル吸着機能とセル温度管理機能を装備しているため、測定条件の再現や FF 値の安定化が容易に可能です。



### 特長

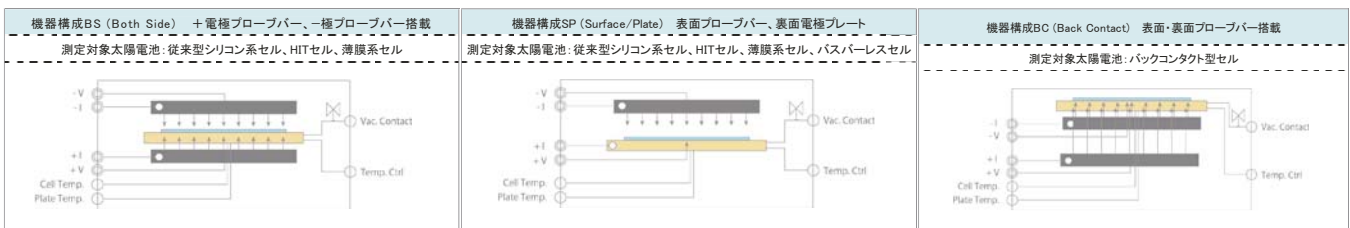
- セル吸着機能を標準装備
- セル温度測定用熱電対を標準装備
- 表面プローバー：3本標準。6本まで対応可（オプション）
- 対象セルサイズ：50mm・4・5・6in 対応
- プローバー部は可動式なのでバスバーの位置に合わせて調整可能



### 各種太陽電池セルに対応可能な柔軟な機器構成

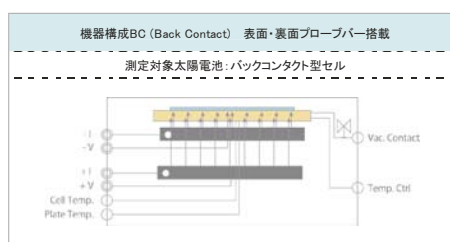
KOPEL KSJ シリーズ 測定治具は、対象セルの電極位置、また搭載する KOPEL KSM シリーズプローバーの接触方法により構成が異なります。標準は BS タイプで、表面プローバーと裏面プローバーからの構成です (Both Side)。表面プローバー部は可動式なのでバスバーの位置に合わせて調整可能です。

その他、裏面プローバーの BC タイプ (Back Contact)、表面プローバー、裏面プレートの SP タイプ (Surface / Plate)、電位分布を測定する EP タイプ (Electrical Potential Distribution) があります。貴社の測定対象セルの種類に合わせて、適切なプローバーを選択して測定治具の構成が可能です。従来型のシリコン系セルから、HJT 等の高効率セルや薄膜系及び、バックコンタクト型太陽電池セルにも対応できます。BC タイプ (Back Contact) はセルパターンに合わせて特注対応致します。これらの構成は、以下の通りです



### 電位分布測定装置 ( 国立研究開発法人産業技術総合研究所との共同開発製品 )

KOPEL では、国立研究開発法人産業技術総合研究所 (産総研 AIST) と電位分布測定装置を共同開発しました。本器は、通常の電位差計と異なり、セル表面の複数箇所の電位を測定できるので、セル内の電位のムラを把握することができる画期的な装置です。この測定結果で IV 特性の測定結果を補完することによって、セル評価の精度を大幅に向上させることが期待できます。また、PC に接続しての自動測定も可能です。





## 特注構成－K S Jシリーズラインナップ

当社の測定治具は、前面引き出しタイプ、上面開閉タイプ、側面スライドタイプ等、お客様の御要求に応じて対応可能です。また、量産ラインにも対応できます。

### バックコンタクトタイプ (BCタイプ)



### 前面引出しタイプ



## 特注構成－K S Jシリーズラインナップ

KOPEL が提供する KSM シリーズプローバーは、測定治具 KSJ シリーズに搭載され、安定したプロービングを約束します。プロービング性能が IV 測定精度を左右するため、太陽電池セルの IV 測定において、測定データの高再現性を保証するために不可欠な部品です。量産ラインでは生産コストの低減のために、プローバーには耐久性が要求されますが、KOPEL KSM シリーズは、100 万回のプロービングを保証しています。

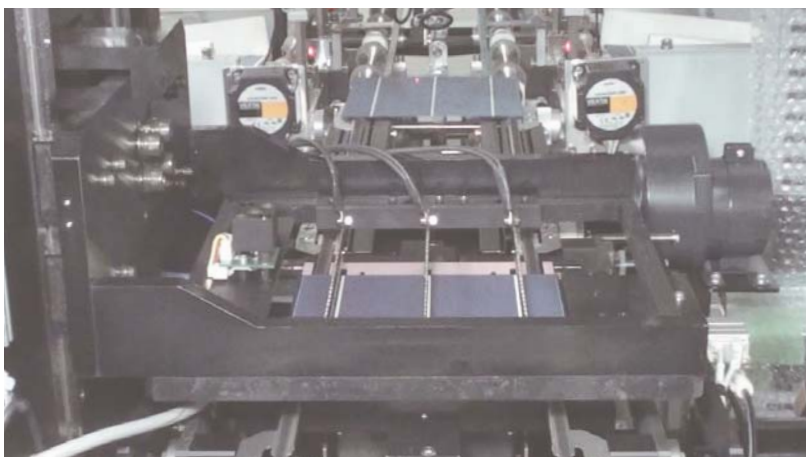
高耐久性に加え、薄くて強靱な独自のバー構造は、影の影響を最小限にするために、低抵抗で正確な IV 測定を実現しています。



特注対応いたします ( 守秘義務対応 )  
お気軽にお問合せ下さい

Model	R&D	Production Line
Durability	Depending on specification	more than 1M contact
Thickness	0.8mm - 2.0mm	1.5mm - 2.0mm
Height	from 7mm	Depending on specification

## 量産ライン用プローブシステム



測定治具 ( 量産ライン用 )  
Type BS ( Both Side )



BC(Back Contact)

# 太陽電池セル用 検査システム

## KSX-3000H シリーズ



### 高効率太陽電池セルも高速高精度に測定可能

結晶シリコン系 PV セルの研究開発評価用並びに量産ラインの IV 自動測定とクラス分けに適したシステムです。正確で安定したパルス光源、精密 IV 測定機能、高測定再現性、低保守コスト、高スループットを高信頼性設計で提供する画期的な太陽電池セル検査システムです。

KSX-3000H は、当社と国立研究開発法人 産業技術総合研究所 (AIST) との共同研究により開発した KOPEL Method 対応の IV テスターを内蔵した最新のシステムです。高効率太陽電池であっても一回の短パルス照射で正確に IV 特性を測定する事が可能です。HJT や IBC 等の高効率太陽電池セルの研究開発、品質管理並びに量産ラインに威力を発揮します。

### 正確で安定した光源

専用の電源で安定した光源  
照射時間変動率 0.1% (実力値) を実現  
IEC60904-9/JIS 規格 : Class AAA

### 高生産性と IV データの高い相関性

AIST と共同開発した KOPEL Method による測定  
HJT、IBC など高効率セルの IV 特性も 50ms のパルス光での短時間測定が可能

### 正確な IV テスター

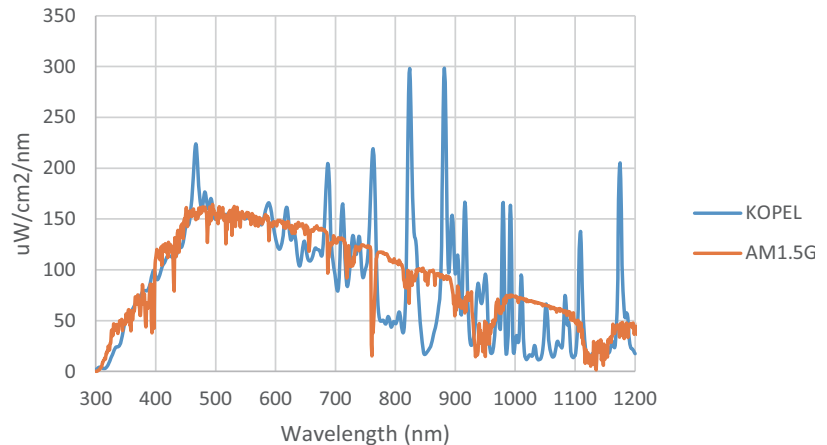
特別設計の IV テスター  
(50ms 以下のパルス光で高効率セルを正確に測定)  
4 象限動作  
電圧 / 電流同時測定  
ソフト補正を最小限に抑えた、実データを提供  
IEC60904-1/JIS C8913 規格 準拠

### 低いメンテナンスコスト

高寿命パルスランプ (100 万ショット保証、実力値 200 万ショット以上)  
シンプル構成 (光学系部品・シャッター不要)  
ランプ交換は、10 ~ 15 分程度で可能  
パルス光のため、フィルター等の消耗も少なくすみます。

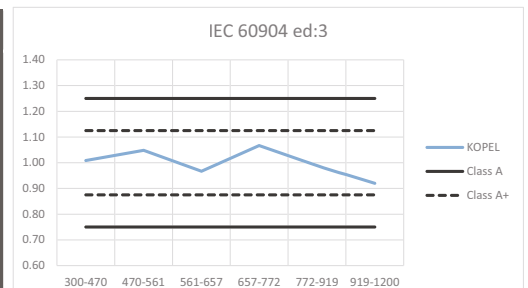
### 高再現性を実現

安定光源と IV テスターの組み合わせで常に安定した計測を保證  
セルのクラス分け精度の向上

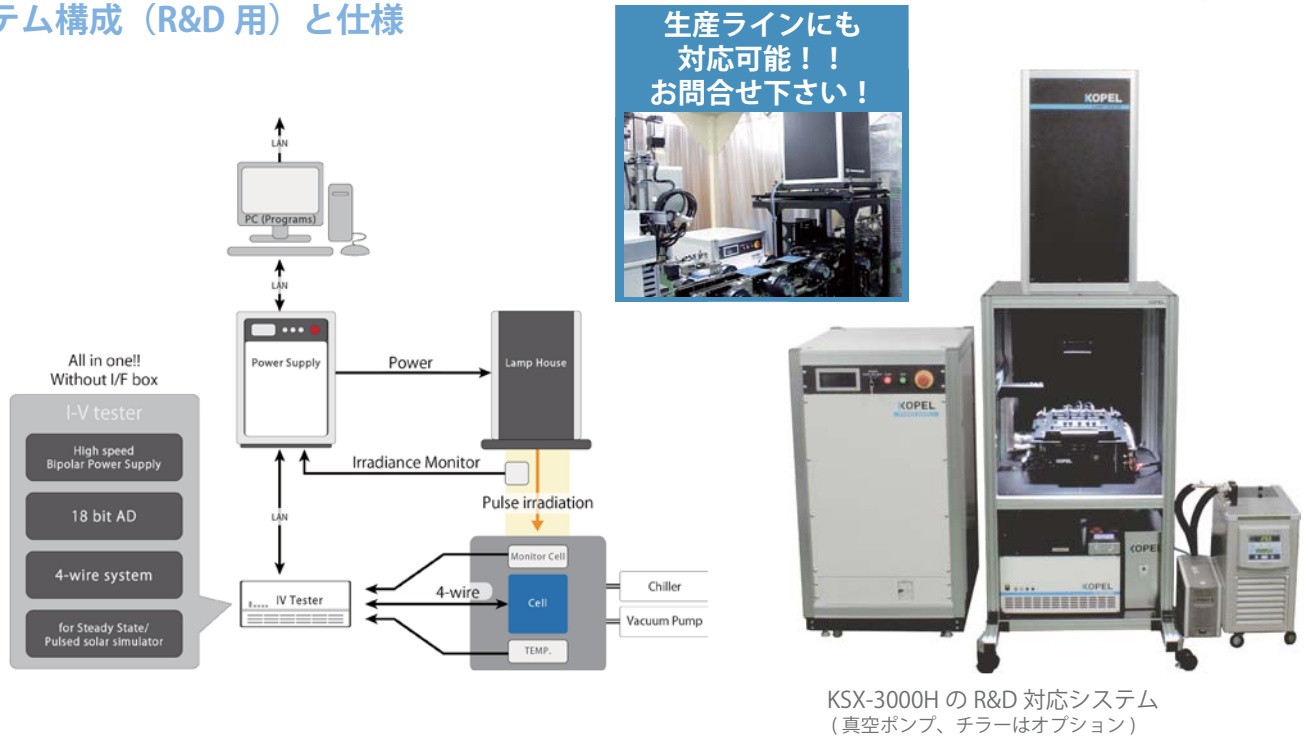


### ■ Pulse solar simulator spectrum (IEC 60904-9 ed3 / 2018 NEW STANDARD)

Band	Energy	Energy(%)	IEC 60904-9 ed:3	Coincidence	Class
300-470	13657.18	16.76%	16.61%	1.01	A+
470-561	14307.33	17.55%	16.74%	1.05	A+
561-657	13143.79	16.13%	16.67%	0.97	A+
657-772	14457.44	17.74%	16.63%	1.07	A+
772-919	13427.18	16.47%	16.66%	0.99	A+
919-1200	12517.93	15.36%	16.69%	0.92	A+



システム構成 (R&D 用) と仕様



KSX-3000H の R&D 対応システム  
(真空ポンプ、チラーはオプション)

	NAME	TYPE No.	R&D	Production Line	REFERENCE
①	Solar simulator	KSS-LH Series KSS-PS Series	○	○	Power Supply/ Lamp House/ Irradiance Monitor
②	IV Tester	KST Series	○	○	
-	Monitor Cell				*Option
-	Temperature Monitor		○	○	Selectable: Thermo couple(T/K), IR, Pt-100 *without sensors
③	Measurement Jig	KSJ Series	○	○	Chiller system(for R&D)/ Vacuum hole(for R&D)

(1) KSX Cell Pulse Solar Simulator

Items	Specifications	
	R&D Model	Production Line Model
Product Model	R&D Model	Production Line Model
Effective Irradiated Area	200 mm x 200 mm	160 mm x 160 mm
Performance	<b>Class A+AA+</b>	
Irradiance	1000W/m <sup>2</sup> (300 - 1200 W/m <sup>2</sup> )	
Spectral Distribution	AM1.5G	
Spectral Area	300-1200 nm	
Spectral Match	Effective : Within ±12.5%    Warranty : Within ±25%	<b>ClassA+</b>
Irradiation Non-uniformity	Effective : Within ±1.5%    Warranty : Within 2.0%	<b>ClassA</b>
Temporal Instability	Warranty : Within ±0.2%	<b>ClassA+</b>
Pulse Width	Effective 50 ms	
Lamp Type	Xenon long-arc	
Lamp Life	1M pulses (Number of consecutive pulses without a missed shot)	
Dimensions	Light Source (Lamp House) : 400 x 400 x 750 mm	Light Source (Lamp House) : 400 x 400 x 700 mm
	Power Supply : 570 x 630 x 1000 mm	Power Supply : 570 x 630 x 1000 mm
Weight	Light Source : Approx. 50kg	Light Source : Approx. 20kg
	Power Supply : 280kg	Power Supply : 290kg
Output Control	Highly stable irradiation control	
Pulse Interval	1.5seconds	1.0seconds
Manual Switches	Light start/stop, emergency stop, and mode selection	
Safety	Over-current detection, over-temperature detection	
Input Power	3-phase 200-240 V 50/60 Hz, or 3-phase 380V 50/60 Hz and single phase 200-240V 50/60 Hz	

(2) I-V Tester / KST-P15HC2(for KSX-3000H) Refer to P6-7 "IV Tester"

(3) Measurement Software /KSW-001(for KSX-3000H) Refer to P6-7 "IV Tester"

# 太陽電池モジュール用 検査システム

## 高効率モジュール対応 検査システム

HJT 等や IBC などの高効率（高容量）型太陽電池モジュールを 50 ms 以下のパルス照射で正確に計測できる検査システムです。正確な IV 測定機能と安定した光源を内蔵したこのシステムは、高効率太陽電池モジュール用の最先端太陽電池検査システムです。

このシステムは、KOPEL Method の革新的技術により、50 ms 以下の単一パルス照射で HJT や IBC その他の高効率（高容量）太陽電池モジュールを正確に測定することができます。

50 ms 以下の単一パルスの IV データが、定常光下で 1000 ms で測定した IV データと非常に良く一致し、違いは僅かに 0.2-0.3% です。

また、定常光ないしは数百 ms 以上のパルス発光には、大型の試験機と長距離の発光（約 10m）スペース（暗室）が必要でした。KOPEL Method では、上面発光のパルス型ソーラーシミュレータを使用することで省スペースが可能になり、また、モジュール反転不要でインライン化が容易にできます。

### 正確で安定したパルス光源

高効率（高容量）太陽電池モジュールを 60 ms 以下パルス光で正確測定を実現

KOPEL Method によりパルス光の使用による安定した測定結果

基準太陽光 AM-1.5G のスペクトル合致度 12.5% 以内を実現（IEC 60904-9）

JIS C8912, C8933, IEC/EN.60904-9, ASTM-E927 規格に対して、等級 AAA を満足

放射照度場所むら ± 1% 以内を実現

上面 / 下面発光タイプの両方を用意

暗室不要

シングルランプでランプ交換が簡単

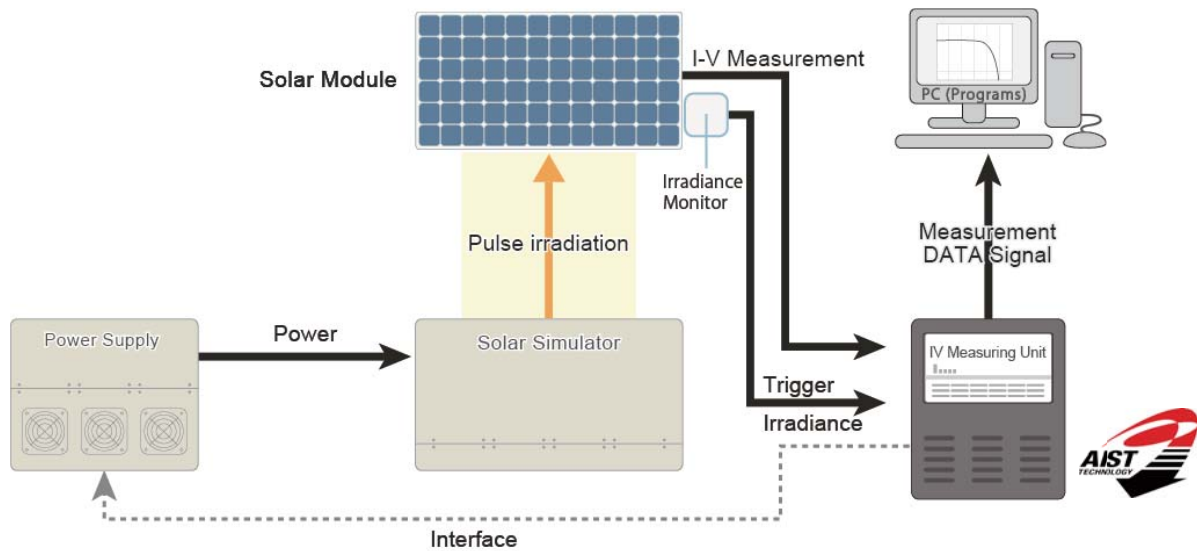
ランプ交換のための装置停止時間がほとんど不要

メーカー交換・専門技術者の調整が不要（技術者派遣費用が不要）

### チャージ時間約 20 秒の高速測定が可能



## システム構成



## 仕様

### (1) KSX Module Pulse Type Solar Simulator

Items	Specifications	
Product Model	KSX2-2LA04	KSX3-2LA04
Effective Irradiated Area	2000 mm×1100 mm	
Irradiation Direction	Upward	Downward
Performance	Class AAA (JIS C8912,C8933,IEC60904-9)	
Irradiance	1000W/m <sup>2</sup> (800~1200W/m <sup>2</sup> )	
Spectral Distribution	AM1.5G	
Spectral Area	300-1200 nm	
Spectral Match	Within ±25% (JIS C8912, C8933, IEC60904-9) ClassA	
Irradiation Non-uniformity	Within ±2% ClassA	
Temporal Instability	LTI : Within ±2% STI : Within ±0.5% ClassA	
Pulse Width	Effective 60ms	
Lamp	Straight-tube Xenon Flash Lamp 2 unit	
Lamp Life	100,000 pulses	
Dimensions	Light Source : Approx. 2500 x 1550 x 900 mm	Light Source : Approx. 2500 x 1600 x 3000 mm
	Power Supply : Approx. 600 x 600 x 1600 mm x 2 unit	Power Supply : Approx. 600 x 600 x 1600 mm x 2 unit
Weight	Light Source : Approx. 500kg	Light Source : Approx. 1000kg
	Power Supply : 250kg x 2 unit	Power Supply : 250kg x 2 unit
Pulse Interval	30 seconds	
Input Power	single phase 200VAC, 50/60Hz, 20A	

(2) KST-P80M02 I-V Tester (Refer to P6-7 "IV Tester" for details.)

(3) KSW-01M Measurement Software (Refer to P6-7 "IV Tester" for details)

# 集光型太陽電池セル用 検査システム

## YSS-100S-C1000HR（基本仕様）

世界で唯一！コンパクト設計を実現！

集光型太陽電池セルに照射される光を忠実再現・高速検査が可能です！

集光型太陽電池セルの評価には最適なソーラシミュレータです。

100SUN～2000SUNの光を独自の光学系（特許出願済み）により、均一性の高い光もしくはガウシアン分布の連続光をサンプルに照射します。

照度は連続的に可変でき、スペクトルと光の均一性を変えない方式で照度可変を行う為、より高精度な評価を可能にします。

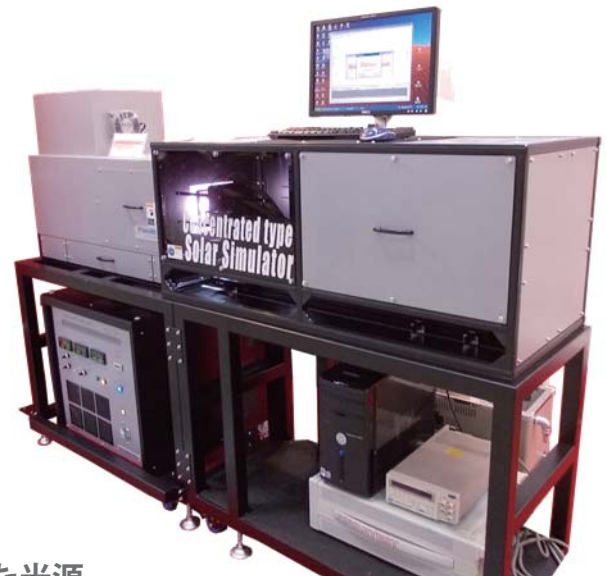
1SUNとの併用タイプとしても製作でき、集光型太陽電池の照度リニアリティー評価用としてもご使用頂けます。

### 特長

- 照度：100～2000SUN可変（御希望の照度範囲で製作）
- 高い光の均一性：±5～10%以内（ガウシアン分布でも製作可）
- スペクトルと均一性を変えずに照度可変が可能
- スペクトル合致度及び安定性は、等級A（JIS, IEC/EN, ASTM-E927）
- 照射面積：5mm角～15mm角（御希望の面積で製作）
- 連続光を照射（シャッターにて擬似パルス光も可）

### オプション

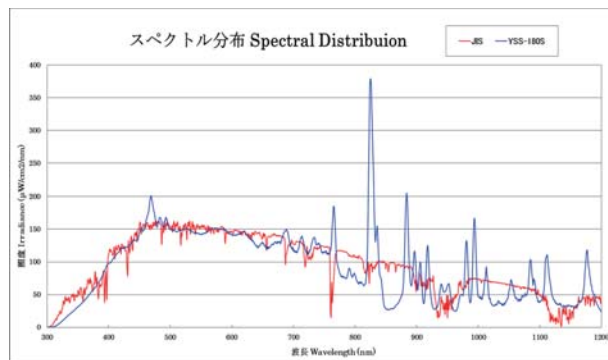
- 1SUN照射併用タイプ（1SUN照射時は等級AAA）
- 1SUN～100SUN対応タイプ
- 冷却プレート
- 測定プローブ
- I/V計測システム



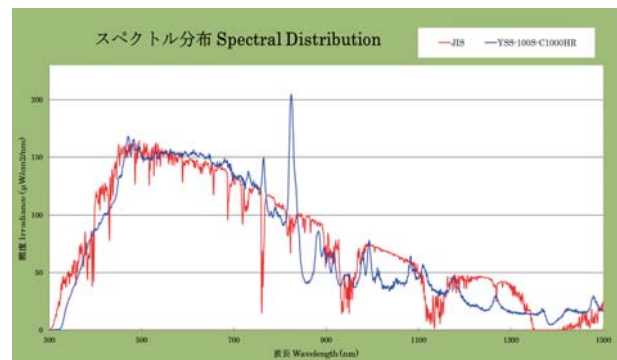
### 2000SUN までの集光型でありながら正確で安定した光源

集光型太陽電池は多接合構造の為、長波長域までスペクトルが近似していることが望めます。

キセノンランプ特有の長波長域の輝線を取り除いた照射光を実現いたしました。



標準タイプソーラシミュレータのスペクトル

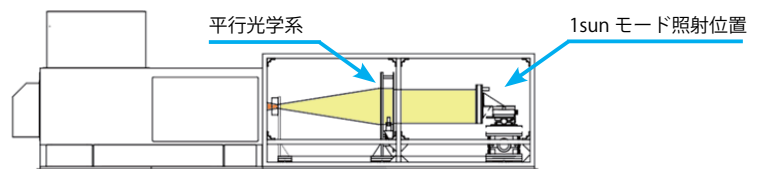
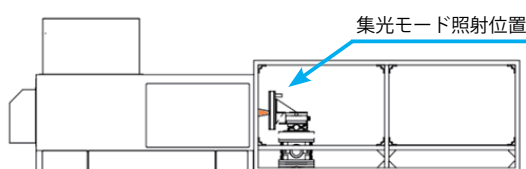


集光型ソーラシミュレータのスペクトル

### 集光照射と平行光の切替

平行光学系の脱着により集光照射と平行光 1SUN 照射の切替が可能です。

切替えによるスペクトルの変化は起こりません。



## 広域な照度切替範囲

### 最大 2000SUN の集光した光をスペクトラムの変化を抑えて、出力できます。

ランプ電流を変えさせる照度調整は可変幅が小さく、スペクトルも変化してしまいます。ランプユニット移動機構にてスペクトルに影響を与えることなく 100SUN ~ 2000SUN の照度可変を実現しました。(オプション)



サンプルへ照射される高均一な光

ランプユニット移動機構部

## 集光型専用 I V テスター KST-5Ce-LC2

### “超高速・精密測定” 2ms で 100 point の計測が可能です！

集光型太陽電池セルの IV 測定は、ソーラーシミュレータからの集光された光により、セルが高温になります。より正確な IV 測定を行う場合、熱の影響を避けるために短時間での測定が必要です。

KOPEL の集光型太陽電池専用 IV 測定装置 KST-5Ce-LC2 は、1 ポイントの測定時間を 20  $\mu$ 秒と高速に測定できます。このため、2ms で 100 ポイントの測定が可能です。

→ 詳細・仕様は p7 を参照下さい。「KST-5Ce-LC2」



## 仕様

### (1) Concentrating PV Solar Simulator - Light Source

Items	Specifications
Model	YSS-100S-C1000HR
Lamp	Mirror-integrated Xenon Lamp < 2.4kW 1 lamp
Spectral Distribution	AM 1.5 D
	Class A (ASTM-E927: < $\pm 25\%$ ) (Spectral Measurement at 1 SUN (80mW/cm <sup>2</sup> ) only) *1
Irradiated Area	Parallel Irradiation
	Concentrating irradiation
Irradiation Intensity	Parallel Irradiation
	Concentrating irradiation
Irradiation Adjustment	Change of optics ( 1 SUN and Concentrating Mode) Movement Mechanism of Lamp Unit (50 SUN ~ 1000 SUN)
Irradiation Temporal Instability	< $\pm 1\%$ at 1 SUN (80mW/cm <sup>2</sup> ) measurement
Irradiation Non-uniformity	< $\pm 2\%$ at 1 SUN
	< $\pm 10\%$ at Concentrating Mode *3
Irradiation Direction	Horizontal
Irradiation Distance	Measured by the actual system (to be written in the Inspection Report)
Shutter Function	Open /Close Time < 20ms (Irradiation 0% to 100%, 100% to 0%)
Cooling	Forced Air Cooling
Others	Safety Cover at the irradiation area
Dimensions	W 2340 x D 530 x H 1561 mm
Weight	TBD at the final design
Coating	Black Leather Tone

※ 1 スペクトル合致度は、弊社保有の分光放射計 (MSR-7000N) で出荷前に測定した値を上記保証値とさせていただきます。

※ 2 照度 50SUN ~ 1000SUN は出荷時の保証値とさせていただきます。

※ 3 集光時は、受光面積 1.5mm  $\phi$  の熱流束計にて有効照射面積内 25 ポイントを測定した値を上記保証値と致します。

### (2) Xenon Lamp Power Unit

Items	Specifications
Input Power	Three Phase Delta AC200V or 220V $\pm 10\%$ 50/60Hz
Power Consumption	MAX 7kVA
Circuit	Constant Irradiation /Constant current modes Constant Irradiation is for 1 SUN only
Output Current Stability	< $\pm 1\%$ for input and load changes
Cooling	Forced Air Cooling
Dimensions	W 648 x D 750 x H 737 mm
Weight	About 120kg

### (3) 1000 SUN Cooling Plate

Items	Specifications	
Plate Size	Effective 100mm square	
Material	Brass	
Dimensions / Weight	TBD after design	
Adjustment Mechanism	X direction, and rotation	
Chiller (Handy Cooler)	Circulating Water Temp.	+5°C ~ +80°C
	Capacity	3L
	Power Consumption	Single-phase AC100V or AC220V 900VA 50/60Hz
	Dimensions	W 265 x D 375 x H 610 mm
Weight	About 29kg	

# LED式ソーラーシミュレーター

## IRISシリーズ

色素増感型や有機薄膜型も測定可能！！

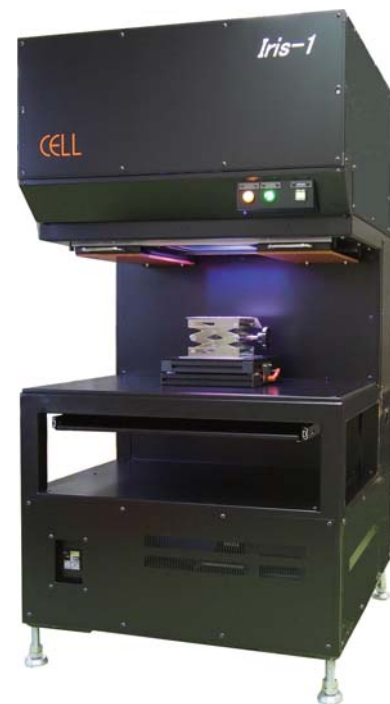
あらゆる太陽電池セルを均一に照射、  
高寿命で様々な環境再現に優れています！

IRISシリーズは太陽電池セルの評価に最適なLED式検査システムです。光源部の新設計の工学エンジンで、有効スペクトル帯域をカバーする複数の発光ダイオードの光を合成して対象セルを均一に照射できます。

任意のスペクトル分布を発生できるため、太陽光照射環境のみならず、室内照明下や特殊な照明条件を再現することができます。

高効率な電光変換により電力消費が大幅に抑えられることに加え、熱線帯域の光の放射がないことで、水冷装置を必要としません。

光源の寿命は従来のキセノン/ハロゲンランプに比べ、一桁長くなっています。



### 光の均一性

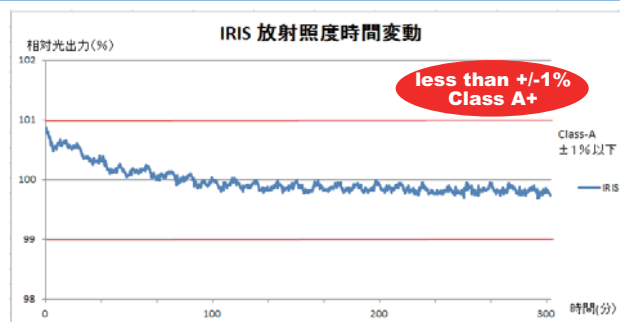
有効照射面積 100 mm角内において照度場所むら ± 2%以内 Class A の均一性

光の均一性を ± 2%以内に抑えることにより、正確な測定をサポートします。

### 放射照度時間変動率

ちらつき・揺らぎが少なく、  
長時間でも Class A+ の安定した出力です。

Fig.L-1のグラフはLED点灯後5時間の放射照度時間変動を表した図です。点灯後30分ほどで光は安定し、放射照度時間変動率が ± 1%以下と Class A+ の性能なので、長時間における安定した光を供給できます。

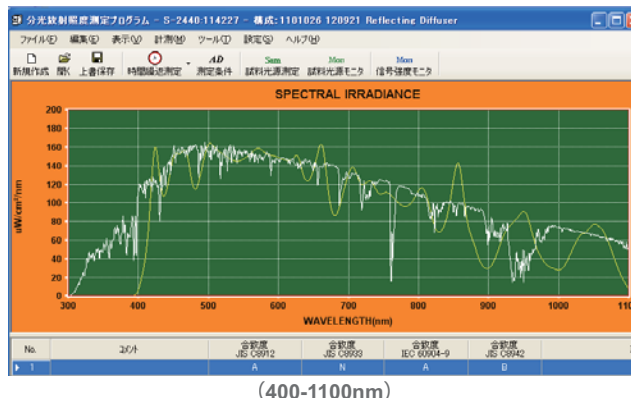
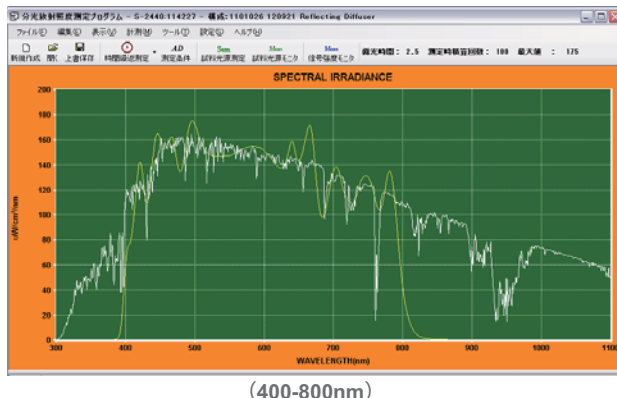


### 分光特性

AM1.5G に近似した分光特性 ± 10%以内 (Class A+ の優れたスペクトラム)

34種類のLEDを制御しAM1.5Gに近似した疑似光を400~1100nmという広範囲で再現可能です。任意のスペクトラムに可変可能なので、太陽光照射のみならず室内照明や特殊な照明条件などあらゆる条件下での測定検査が可能です。

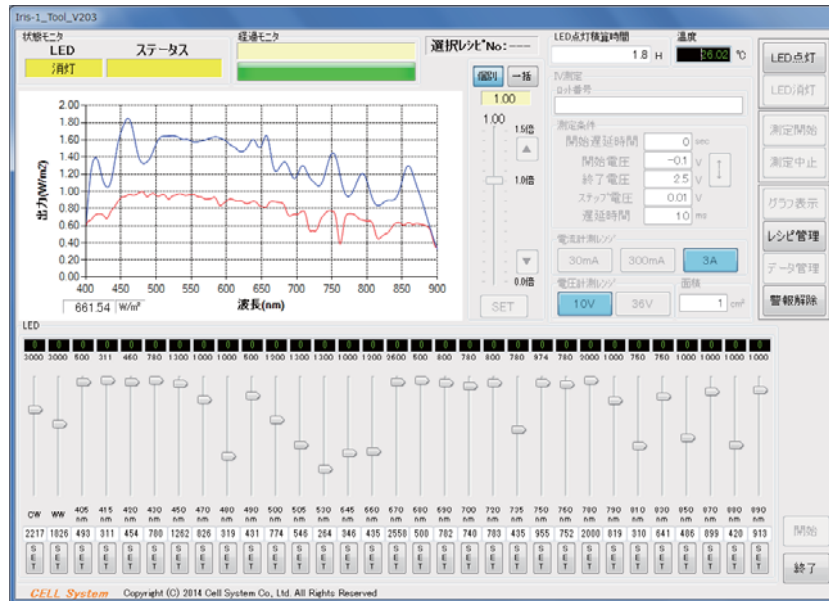
スペクトル範囲350~1200nmも対応可能です。(JIS C 8933-2011 アモルファス太陽電池 (波長帯 350nm-750nm) および JIS C 8942-2009 多接合太陽電池 (波長帯 350nm-1100nm) に対応可能です。)





## 標準アプリケーション

### 波長ごとにスペクトラムの可変が可能!



1. 波長ごとに出力を調整することができるので、太陽光照射環境だけでなく室内光や特殊な照射条件の再現が可能です。
2. 波長ごとに調整した環境の保存/読出ができます。
3. 全体の波長を一括して、増加減することができます。

### 1SUN~1/10,000 SUN という幅広い減光調整 (オプション)

最小 0.0001SUN (1/10,000 SUN) までリニアに減光調整が出来るので室内環境などあらゆる環境下での照明条件の再現が可能です。色素増感型 (有機太陽電池) の研究開発に最適です。

### ペクトラムフィードバック機能 (オプション)

分光放射計と連携する事でスペクトルの合致度を落とすことなく任意のスペクトル分布を自動で生成できます。

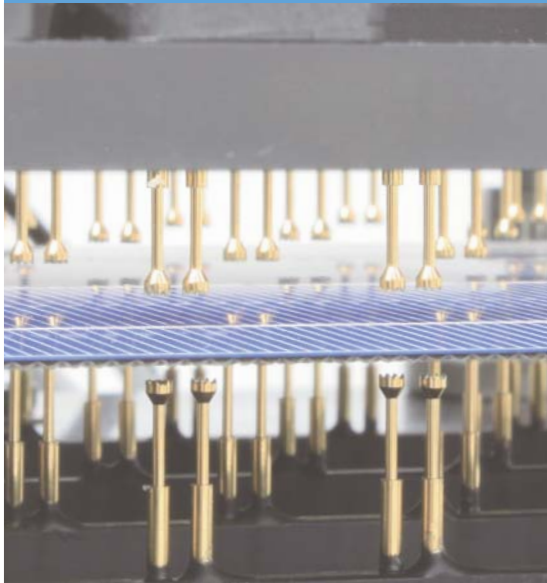
## 仕様

Items	Specifications	
	IRIS-1	IRIS-2
Effective Irradiated Area	100 mm x 100 mm	200 mm x 200 mm
LED types	400-800nm: 28 types of LEDs 400-1100nm: 34 types of LEDs	
Irradiation	48mW/cm <sup>2</sup> (400-800nm total irradiation) 75mW/cm <sup>2</sup> (400-1100nm total irradiation)	
Light Source	Spectral Distribution <math>\leq \pm 10\% \text{ AM1.5G Class A+ } (@100\text{mW/cm}^2)</math>	
	Irradiation Temporal Instability <math>\leq \pm 0.5\% / \text{h Class A++ } (30 \text{ min. after LED is on})</math>	
Irradiation Non-uniformity	<math>\leq \pm 2 \sim 5\% \text{ Class A+ } (Effective \text{ area } 200\text{mm}/100\text{mm square})</math>	
	<math>\leq \pm 1 \sim 2\% \text{ Class A+ } (Effective \text{ area } 50\text{mm}/20\text{mm square})</math>	
Irradiation Direction	Vertical Downwards	
	200mm	
Cooling Method	Forced air cooling	
	DC24V	
Lamp Power	Constant Current	
	0°C~40°C	
General Specification	-10°C~60°C	
	Input Power	AC 100V $\pm 5\%$ 50/60Hz
Power Consumption	1200VA~1500VA	4000VA
Dimensions	W800 x D850 x H1725 mm	W1300 x D1500 x H1800 mm
Weight	About 100kg (220 lb)	About 600kg (1,322 lb)

※ A+ is own standard that is twice better than classA.  
※ A++ is own standard that is twice better than classA+.

\*仕様、デザインは改良のため予告なく変更する場合があります。

# KOPEL 京都ソリューションラボ



## 最新の測定検査システムのデモンストレーション 太陽電池セル / モジュールのサンプル評価が可能

当社の京都ソリューションセンターでは、設備導入を御検討のお客様にシステムのデモンストレーション行っております。実際にお客様の太陽電池セル / モジュールのサンプルを送付または持参いただき無料にて計測・システムの評価を行えます。最新の I-V 測定検査システムを使用いただけます。

(要事前予約)

## 測定に関する問い合わせは下記メール

MAIL to:

[kopel@kyoshin-electric.co.jp](mailto:kopel@kyoshin-electric.co.jp)

## 設備

1. パルス式セル用ソーラーシミュレーター
2. パルス式モジュール用ソーラーシミュレーター





## 計測内容

1. KOPEL Method による高速 IV 計測（高効率サンプル用）
2. 通常計測モードによる高速 IV 計測（一般結晶系サンプル用）
3. 複数回連続 IV 計測

その他、ご要望の測定内容に対応致します。  
事前にご相談ください。



# KOPEL

Innovative PV Test Systems



ご要求により他の構成あるいはオプションも対応可能です。担当の代理店、あるいはKOPEL 共進電機までご連絡ください。このカタログに記載の仕様および外観は、都合により予告なしに変更する場合があります。 \* KOPEL は共進電機の登録商標です。 \* HIT® はパナソニックの登録商標です。

製造元：

販売代理店：



**共進電機株式会社**  
KYOSHIN ELECTRIC

■ 本社・工場  
〒600-8865 京都市下京区七条御所ノ内西町18番地  
TEL: 075-311-8555 FAX: 075-312-4180  
MAIL: info@kyoshin-electric.co.jp

MAIL: kopele@kyoshin-electric.co.jp

www.kyoshin-electric.co.jp  
www.kopele.jp

