

T O S 7 2 1 0 S (S P E C 8 0 7 7 6)



P I D I n s u l a t i o n T e s t e r

PID絶縁試験器 TOS7210S

50Vdc ~ 2000Vdc(分解能 1V) の範囲で設定可能
印加電圧極性をパネル面のスイッチで瞬時に切替可能
出力は接地電位からフローティング。測定ポイント間に流れる電流だけを測定可能
電流測定値または抵抗測定値として表示切替可能



太陽電池モジュールの PID[※]現象評価に!

※ Potential Induced Degradation

PID絶縁試験器

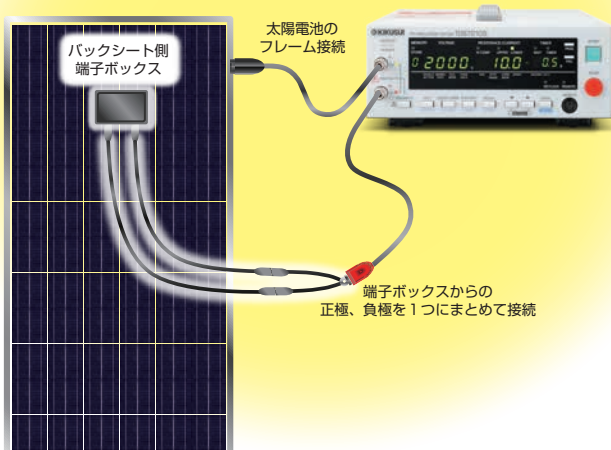
TOS7210S [SPEC80776]

●標準価格：¥360,000 (税込 ¥396,000)

PID 絶縁試験器 (TOS7210S) は、絶縁抵抗試験器 (TOS7200) をベースに太陽電池モジュールの PID(Potential Induced Degradation) 現象の評価を正確に効率よく実行できるように設計された試験器です。極性切替機能付きで 2000V までの出力能力と nA 分解能を持った電流計を搭載していますので、PID 評価のみならず、高感度測定を必要とする絶縁物の評価試験にもご使用できます。外部から呼び出し可能なパネルメモリー、RS232C インターフェースを標準搭載していますので自動化システムにも柔軟に対応することができます。

試験概念図

TOS7210Sと太陽電池モジュールを付属のシールドケーブルで接続します。



出力電圧を任意設定

被試験物に印加する試験電圧を 50Vdc~2000Vdc(分解能1V)の範囲で設定できます。太陽光発電のシステム電圧を1000V以上に想定した場合の評価などに対応が可能です。また、電気・電子部品、電気・電子機器の絶縁抵抗試験において JIS C 1302:1994で規定される電圧以外の試験も可能です。50V~1000Vの範囲では、出力特性は JIS C 1302:1994に準拠しています。

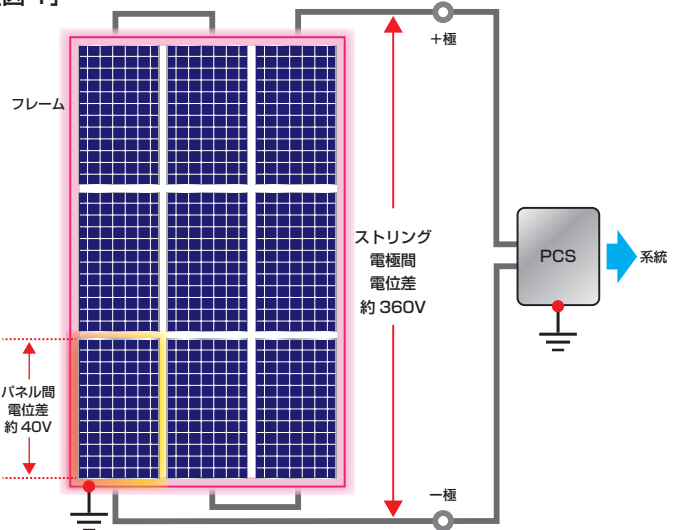
極性切替機能

本体パネルのスイッチにより簡単に出力極性を切替えることができます。PID劣化は可逆性の現象で、逆バイアス電圧を印加すると回復する場合があります。極性切替は被試験物までの配線変更の必要もなく便利な機能です。また、RS232Cインターフェースによる、外部コントロールからの切替えも可能です。

PID現象とは

PID現象とは、太陽電池セルとフレーム間に長時間高電圧が印加されると、セルの発電量が著しく低下する現象です。印加される電圧が高い程、また高温・多湿環境である程劣化が進むと考えられています。例えば、結晶シリコン系太陽電池モジュールの出力電圧が数十Vだとしても直列接続する枚数が増えるとストリング内の電位差は非常に高くなります。一方、PCS(パワーコンディショナ)は交流電源としてシステムに接続されますが接地形態はPCSにより異なります。入力側がフローティング(一極側を接地【アース】に接続できない)で運用されるトランスレス方式も近年では増加しています。このような場合は、セルと接地(アース)との間に高い電位差が発生します。結晶シリコン系太陽電池モジュールでは、フレーム(接地【アース】)に対して負極電位の高いセルがPID現象を起こしやすい事がわかっています。(図1参照) 現在、日本国内では最大システム電圧を600V、ヨーロッパでは1000Vとして太陽電池モジュールを運用していますが、事業用メガソーラーにおいてはストリング数の削減、PCSの総数削減、発電効率向上の観点から最大システム電圧を上げる傾向にあります。

【図1】



【図2】

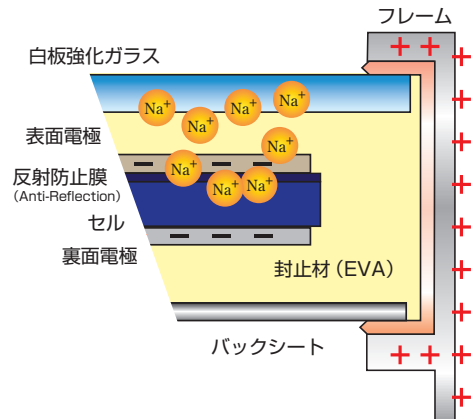


図2は、結晶系シリコン太陽電池モジュールが高電位差に曝された状況を模擬しています。フレームが正極電位、モジュール回路が負極高電位に曝された状況になります。結晶系シリコン太陽電池モジュールのPID現象は、白板強化ガラス内のナトリウムイオンがセル側に移動し、劣化を引き起こしていると考えられています。(薄膜系太陽電池モジュールでもPID現象が確認されていますが、劣化のメカニズムは結晶系シリコン太陽電池モジュールとは異なります。) 現在、様々な研究機関によりPID現象の原因究明の実験・研究が進められています。



原寸大

出力は接地(アース)からフローティング

出力端子は接地電位(アース電位)からフローティングされています。^{*1}

また、出力ケーブルにシールドケーブルを使用しています。このため、被試験物と大地間に流れる電流は測定せずに試験ポイント間に流れる電流だけを測定できますので高感度で正確な評価試験が実行できます。

^{*1}: 極性が正極に設定されている端子の対接地電圧(±1000Vdc)
極性が負極に設定されている端子の対接地電圧(+1000Vdc および -3000Vdc)

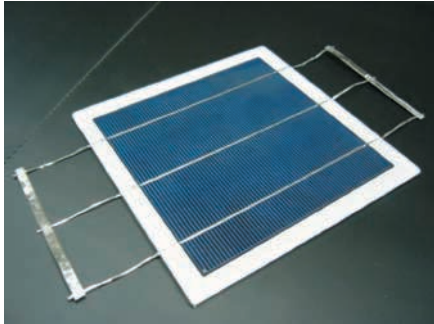
アナログ出力端子

抵抗表示モードにおいては抵抗測定値に応じた電圧を対数圧縮して0V~4Vにて出力しています。電流表示モードでは電流測定値および測定レンジ(4レンジ)に応じてリニアスケールで出力しています。データロガー等の外部記録装置を利用すると被試験物の変化や劣化状況を解析することができます。

■ PID現象の試験について

独立行政法人産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター（以下、産総研）が2011年4月に発足した「第Ⅱ期高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム」の中で共同研究テーマとしてPID現象を再現するための実験が行われました。TOS7210Sは、実験に必要な試験装置として菊水電子が開発を行いました。※研究内容は2014年3月19日に第61回応用物理学会春季学術講演会にて発表されました。

■ 単セルモジュール作製



▲ 6 インチ多結晶シリコン・単セルモジュール

テストモジュールは、単セルモジュールとして6インチ多結晶シリコンセルを白板強化ガラス・エチレンビニルアセテート（封止材）・バックシートでラミネートされています。

●太陽電池モジュールに使用される部材

セル基板	6 inch 多結晶シリコンセル
受光面ガラス	白板強化ガラス
封止材	エチレンビニルアセテート（EVA）
バックシート	PVF / PET / PVF 構成バックシート

■ 試験方法

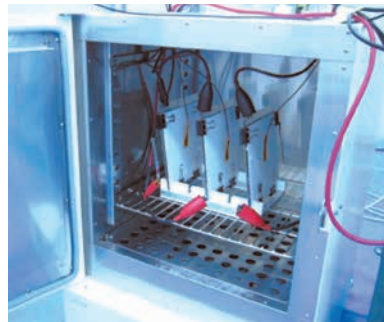
受光面ガラスにアルミ板を張り、恒温槽内に設置し、PID絶縁試験器 TOS7210S と接続。

モジュール温度を 85℃に保ち 3 枚の単セルモジュールに - 1000Vdc、- 1500Vdc、- 2000Vdc を印加しました。

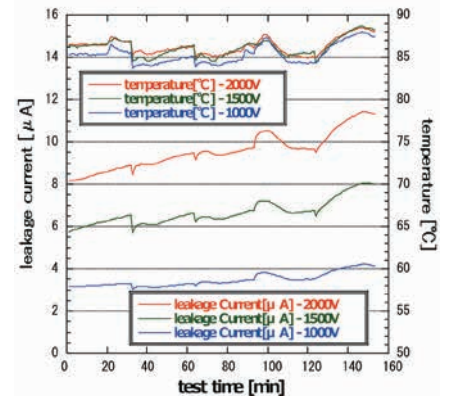
▼太陽電池モジュール（PV パネル）と TOS7210S の接続方法



▼恒温槽内のモジュール

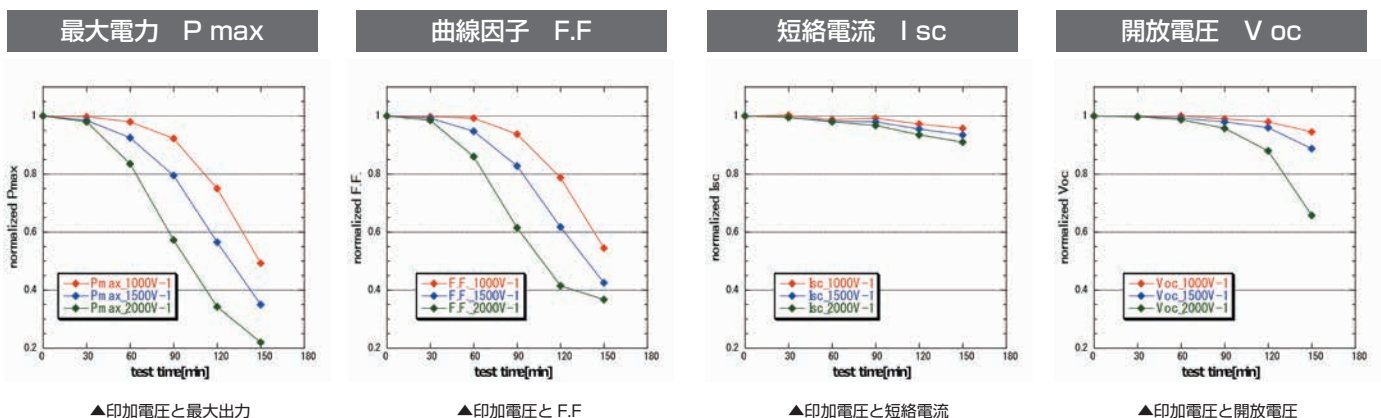


▼モジュールの漏れ電流量と温度グラフ



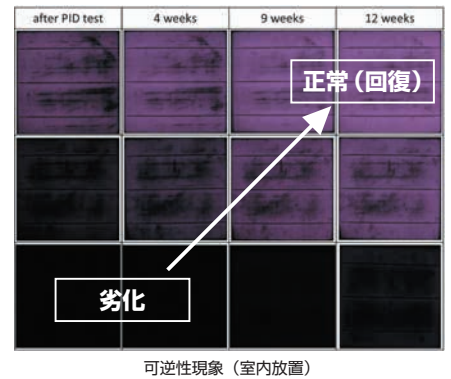
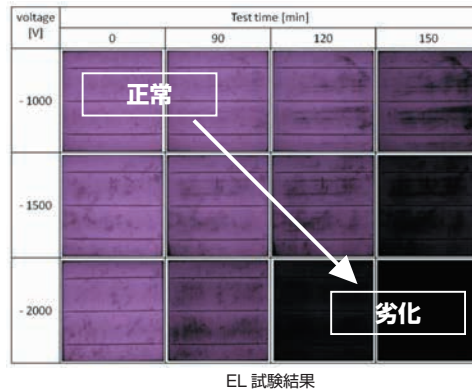
■ ソーラーシミュレータによる出力特性の確認

モジュールの初期 (Pmax / F.F./Isc/Voc) 特性と時間経過後の変化により出力低下を確認することができます。



EL(electro-luminescence) エレクトロルミネッセンスによる劣化の確認

太陽電池モジュールは外部から電圧を印加すると接合面で再結合が起こり発光します。正常な部分は綺麗に発光しますが、劣化が進むと暗部が多くなり、最終的には発光しなくなります。PID 現象を確認する有効な手段として採用されています。また、PID 現象は可逆性現象により時間の経過とともに劣化が軽減されたり、初期状態に近い回復をする事が認められています。

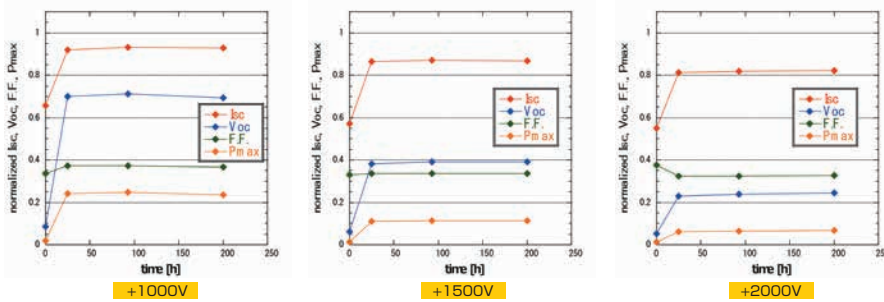


印加電圧による劣化の違いを確認

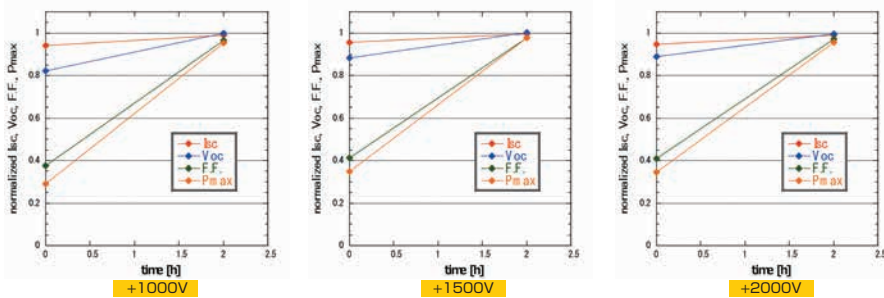
印加電圧が増加するとモジュールの最大電力 (Pmax) が低下する比率が上がりました。また EL 画像から判断できるように印加電圧が高くなると同時での EL 画像暗部が増加していることがわかります。

逆電圧印加による回復試験・結果

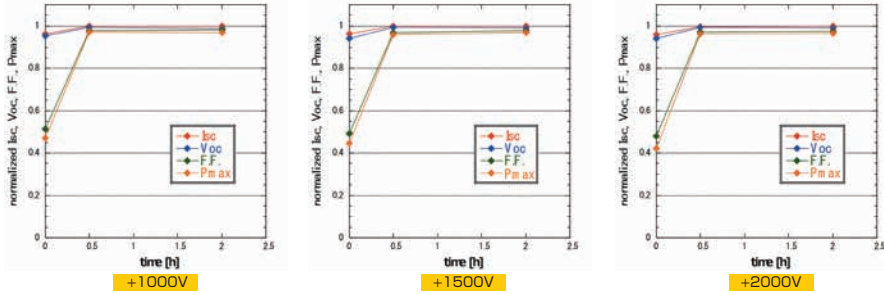
▼ PID 実験により出力低下が -99%以上となったサンプルの回復



▼ PID 実験により出力低下が -65%～-71%以上となったサンプルの回復



▼ PID 実験により出力低下が -53%～-58%以上となったサンプルの回復

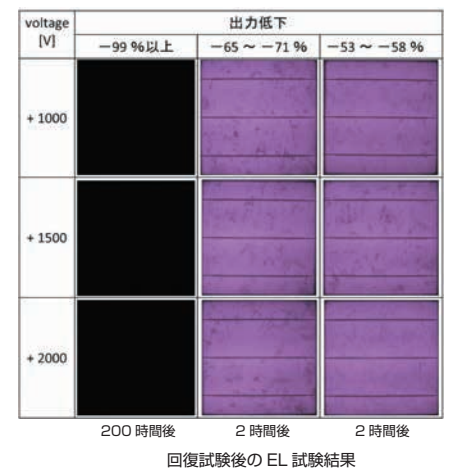


PID 現象は可逆性の現象で試験終了から、放置または逆電圧を印加することで、劣化が軽減されたり、初期状態に近い回復をするモジュールもあります。TOS7210S は、スイッチにより極性切替が容易にできます。被試験物への接続等の混乱もなく作業ができます。

Pmax の低下が著しいモジュール (-99%以上) は、長時間電圧を印加しても回復は見られません。

それに対して Pmax 低下が中程度 (-53%～-71%程度) の場合は 0.5 時間～2 時間経過でほぼ完全な回復がみられました。

また印加電圧に依存せずに回復しています。



さまざまな評価方法

現在、評価試験方法や判定基準等は規格化されている状況ではありません。各国の研究機関や試験所、モジュールメーカーにより独自の評価を行っています。

- 水張り法：モジュールガラス面に水を張り電圧を印加する方法
 - チャンバー法：恒温槽内で温度・湿度を管理し電圧を印加する方法
 - アルミ法：アルミホイルでガラスを覆うか、アルミ板をガラス面に密着させて電圧を印加する方法
- それぞれの試験方法による優劣、温度・湿度の差、試験時間の違い等、規格化に向けて実験を重ねています。国際規格 IEC では、PID 現象に対する試験方法を策定中です。

仕様

出力部		
出力電圧範囲		50 V ~ 2000 V
	分解能	1 V
	確度	± (1.5 % of setting + 2 V)
最大定格出力		2 W (2000 V/1 mA)
最大定格電流		1 mA
出力端子	出力形式	フローティング
	対接地電圧	± 1000 Vdc (極性が正極に設定されている端子) + 1000 Vdc および - 3000 Vdc (極性が負極に設定されている端子)
リップル	2000V 無負荷	20 Vp-p 以下
	最大定格負荷	20 Vp-p 以下
電圧変動率		1 % 以下 (最大定格負荷→無負荷)
短絡電流		2 mA 以下 (瞬時 200 mA 以下)
出力立ち上がり時間		60 ms 以下 (10 % ~ 90 %、無負荷)
放電機能		試験終了時に強制放電 (放電抵抗 20 kΩ)
電圧計		
測定範囲		0 V ~ 2400 V
分解能		1 V
確度		± (1 % of reading + 1 V)
抵抗計		
測定範囲		0.01 MΩ ~ 5000 MΩ (100 nA を超え最大定格電流 1 mA までの範囲にて)
表示		□ . □□ MΩ [R < 10.0 MΩ]
		□□ . □ MΩ [10.0 MΩ ≤ R < 100.0 MΩ]
		□□□ MΩ [100.0 MΩ ≤ R < 1000 MΩ]
		□□□□ MΩ [1000 MΩ ≤ R ≤ 5000 MΩ]
		(R = 絶縁抵抗測定値)
確度 ※ 1		± (10 % of reading) [100 nA < i ≤ 200 nA]
		± (5 % of reading) [200 nA < i ≤ 1 μA]
		± (2 % of reading) [1 μA < i ≤ 1 mA]
		(i = 出力電圧測定値 / 抵抗測定値)
測定レンジ		電流測定レンジを AUTO か FIX に選択可
	AUTO	抵抗測定用電流値に応じて電流測定レンジを随時自動的に変更
	FIX	出力電圧設定値と LOWER 設定値により電流測定レンジを固定 (W COMP OFF にて)
ホールド機能		試験終了時の抵抗値を PASS 期間中ホールド
電流計		
測定範囲		0.000 μA ~ 1900 μA
表示		□ . □□□ μA [i < 10.00 μA]
		□□ . □□ μA [10.00 μA ≤ i < 100.0 μA]
		□□□ . □ μA [100.0 μA ≤ i < 1000 μA]
		□□□□ μA [1000 μA ≤ i]
	(i = 電流測定値)	
確度 ※ 2		± (4 % of reading + 0.005 μA) [i < 10.00 μA]
		± (4 % of reading + 0.005 μA) [10.00 μA ≤ i < 100.0 μA]
		± (2 % of reading + 0.005 μA) [100.0 μA ≤ i < 1000 μA]
		± (2 % of reading) [1000 μA ≤ i]
	(i = 電流測定値)	
測定レンジ		電流測定レンジを AUTO か FIX に選択可
	AUTO	電流測定値に応じて電流測定レンジを随時自動的に変更
	FIX	出力電圧設定値と LOWER 設定値により電流測定レンジを固定 (W COMP OFF にて)
判定機能		
判定方法 / 判定動作	LOWER FAIL 判定	下限基準値以下の抵抗値を検出した場合に出力を遮断し LOWER FAIL と判定
	W COMP 判定	上限基準値以上または下限基準値以下の抵抗値を検出した場合に出力を遮断し UPPER もしくは LOWER FAIL と判定するウィンドコンパレート判定
時間		
試験時間設定範囲		0.5 s ~ 999 s (TEST TIME OFF を設定すると連続運転可能)
判定待ち時間設定範囲		0.3 s ~ 10 s (TEST TIME > WAIT TIME)
確度		± (100 ppm + 20 ms)

仕様

SIGNAL I/O		後面パネル D-SUB 25 ピンコネクタ
入力仕様	ハイレベル 入力電圧	11 V ~ 15 V
	ローレベル 入力電圧	0 V ~ 4 V
	ローレベル 入力電流	最大 - 5 mA
	入力時間幅	最少 5 ms
出力仕様	出力方式	オープンコレクタ出力 (4.5 Vdc ~ 30 Vdc)
	出力耐電圧	30 Vdc
	出力飽和電圧	約 1.1 V (25 °C)
	最大出力電流	400 mA (TOTAL)
ANALOG OUT		抵抗測定値、電流測定値および電圧、電流レンジ情報を直流電圧で出力。
抵抗測定値		$V_o = \log \left(1 + \frac{R_x}{1M} \right)$ Rx: (1 MΩ : 0.3 V, 10 MΩ : 1.04 V, 100 MΩ : 2.00 V, 1000 MΩ : 3.00 V, 10000 MΩ以上 : 4.00 V) 出カインピーダンス 1 kΩ
電流測定値		Renge1 : $V_o [V] = \text{測定値} [\mu A] / 512$ Renge3 : $V_o [V] = \text{測定値} [\mu A] / 8$ Renge2 : $V_o [V] = \text{測定値} [\mu A] / 64$ Renge4 : $V_o [V] = \text{測定値} [\mu A]$
COM		アナログ出力回路コモン
精度		± (2 % of FS)
RS232C		後面パネル D-SUB 9 ピンコネクタ (EIA-232-D に準拠) POWER スイッチ、KEYLOCK 以外の全機能がリモートコントロール可能
ボーレート		9600/19200/38400 bps (データ : 8 bit、パリティ : なし、ストップビット : 2 bit は固定)
REMOTE		前面パネル 6 ピン Min DIN コネクタ オプションのリモートコントローラ RC01-TOS または RC02-TOS を接続して、 スタート/ストップをリモートコントロール (ただし、変換アダプタが必要)
表示		7 セグメント LED、電圧表示 4 桁、絶縁抵抗値表示 4 桁、電流値表示 4 桁、時間表示 3 桁
メモリー機能		最大 10 通りの試験条件をメモリー可能
TEST MODE	MOMENTARY	START スイッチを押している間のみ試験を実行
	FAIL MODE	リモートコントロールのストップ信号による FAIL の解除を無効にする
	DOUBLE ACTION	STOP スイッチを押し、離してから約 0.5 秒以内に START スイッチを押したときのみ試験を開始
	PASS HOLD	PASS の判定を保持する時間を 0.2 秒、または HOLD に設定可能
KEYLOCK		START/STOP 以外のキー操作を受け付けられない状態に移行
環境		
設置場所		屋内、高度 2000m まで
仕様保証範囲	温度/湿度	15 °C ~ 30 °C / 20 %rh ~ 80 %rh (ただし、結露なきこと)
動作範囲	温度/湿度	0 °C ~ 40 °C / 20 %rh ~ 80 %rh (ただし、結露なきこと)
保存範囲	温度/湿度	- 20 °C ~ 70 °C / 90 %rh 以下 (ただし、結露なきこと)
電源		
交渉電圧範囲 (許容電圧範囲)		100 Vac ~ 240 Vac (85 Vac ~ 250 Vac)
消費電力	定格負荷時	最大 30 VA
許容周波数範囲		47 Hz ~ 63 Hz
絶縁抵抗		30 MΩ以上 (500 Vdc) (AC LINE - シャーシ間)
耐電圧		1500 Vac、1 分間 10 mA 以下 (AC LINE - シャーシ間)、3000 Vac、1 分間 (A、B 端子 - シャーシ間)
接地連続性		25 Aac/0.1 Ω以下
外形寸法/質量		W : 214 mm、H : 81 mm (Max 115 mm)、Dmm : 340 mm (Max 385 mm) / 約 2 kg

※ 1 湿度 20% ~ 70%rh (結露のなきこと)、テストリードの揺れなどの外乱のないこと。

※ 2 湿度 20% ~ 80%rh (結露のなきこと)、テストリードの揺れなどの外乱のないこと。

A 端子または B 端子が接地されている状態では、湿度 20% ~ 70%rh (結露のなきこと)、テストリードの揺れなどの外乱のないこと。

●リアパネル



●付属品：シールドケーブル



【ご注意】 ■仕様、デザインなどは改善等の理由により、予告なく変更する場合があります。 ■諸事情により名称や価格の変更、または生産中止となる場合があります。 ■ご注文、ご契約の際の不明点等については弊社営業までご確認ください。また、ご確認のない場合に生じた責任、責務については負いかねることがあります。あらかじめご了承ください。 ■カタログに記載されている会社名、ブランド名は商標または登録商標です。 ■カタログに記載されている弊社製品は、使用に当たっての十分な知識を持った監督者のもとでの使用を前提とした業務用機器・装置であり、一般家庭・消費者向けに設計、製造された製品ではありません。 ■印刷の都合上、カタログに記載されている写真と現品に色・質感等での差異がある場合があります。 ■このカタログの内容について正確な情報を記載する努力はしておりますが、万一誤植、漏記等なお気付きの点がございましたら、弊社営業所までご一報ください。



キクスイ「お客様サポートダイヤル」
045-593-8600
【受付時間】 平日10～12/13～17

 **KIKUSUI** 菊水電子工業株式会社

本 社	〒224-0023 横浜市都筑区東山田 1-1-3	TEL.(045) 593-0200
首都圏東営業所	〒224-0032 横浜市都筑区茅ヶ崎中央 6-1 サウスウッド 4 階	TEL.(045) 482-6458
首都圏南営業所	〒224-0023 横浜市都筑区東山田 1-1-3	TEL.(045) 593-7543
東 北 営 業 所	〒981-3133 仙台市泉区泉中央 3-19-1 リシューループル ST	TEL.(022) 374-3441
北関東営業所	〒330-0801 さいたま市大宮区土手町 1-49-8 G・M 大宮ビル 5F	TEL.(048) 644-0601
東 海 営 業 所	〒465-0097 名古屋市名東区平和が丘 2-143	TEL.(052) 774-8600
関 西 営 業 所	〒564-0063 吹田市江坂町 1-12-38 江坂ソリトンビル 2F	TEL.(06) 6339-2203
九 州 出 張 所	〒812-0039 福岡市博多区冷泉町 7-19 NR ビル 2F	TEL.(092) 263-3680