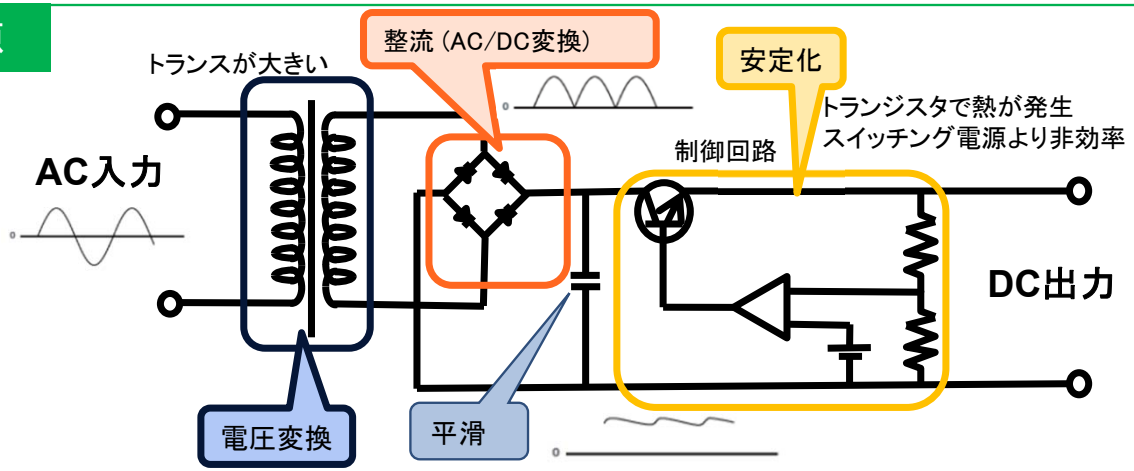
KEYSIGHT

製造における安定化電源の選択

Mitsuhiro Tanaka
June 2022

直流安定化電源の原理

リニア電源

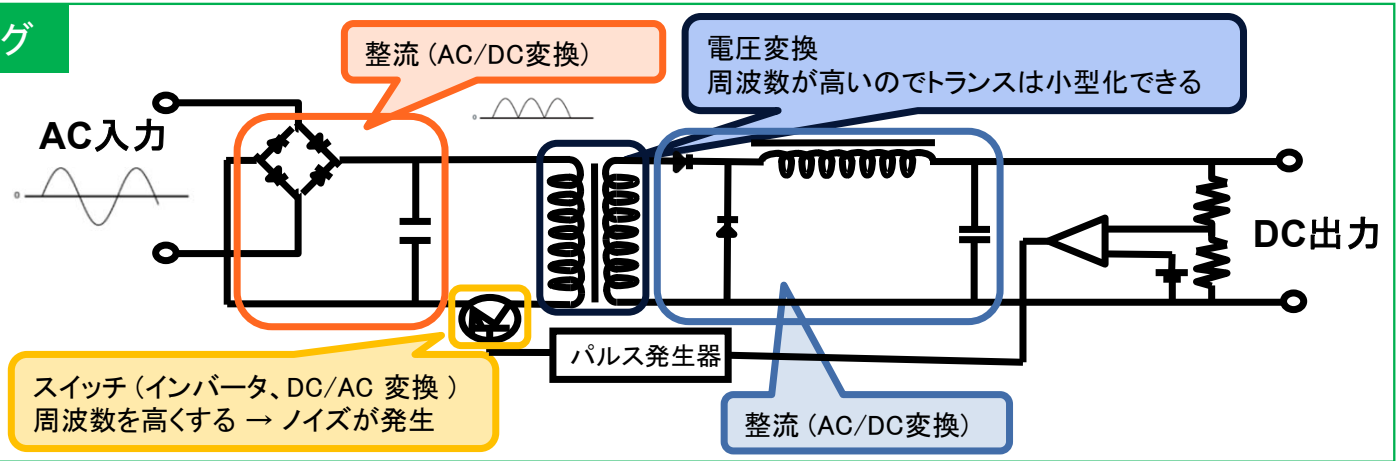


特徴

動作：
変圧>整流>レギュレーション

特徴：
一般的に低ノイズ
変換効率が悪い
サイズが大きく、重くなる

スイッチング



特徴

動作：
整流＞スイッチング＞変圧
＞レギュレーション

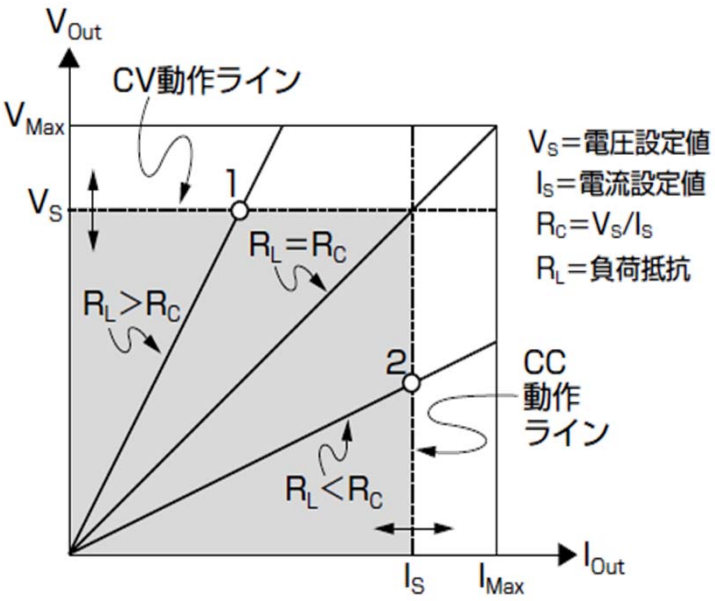
特徴：
変換効率が良い
軽くて、小さい
従来はノイズが多かった

直流安定化電源の使いこなし①

安定化電源の基本。動作モードには、CVモードとCCモードの2種類があります！

Point!

一般的な安定化電源はCVモード（定電圧）・CC（定電流）モード移行型
→ ユーザーが、CV/CCを指定できるわけではなく、設定と接続する負荷の値によって決まる
※CCになる場合も、一旦、CVになってから、CCに移行することに注意



動作

① 負荷＞設定（負荷の方が高い）
→ 電流が流れにくく、一定電圧となる（CV）

② 負荷＜設定（負荷の方が低い）
→ 電流が流れるが、一定電流を維持する（CC）

例：Vs = 10 V、Is = 1 A の場合
Rc = Vs / Is = 10 V / 1 A = 10 Ω

RL1 = 100 Ω → RL1 > Rc 、CV モード
実際の出力：10 V 、10 V / 100 Ω = 0.1 A

RL2 = 1Ω → RL2 < Rc 、CC モード
実際の出力：1 A × 1 Ω = 1 V 、1 A

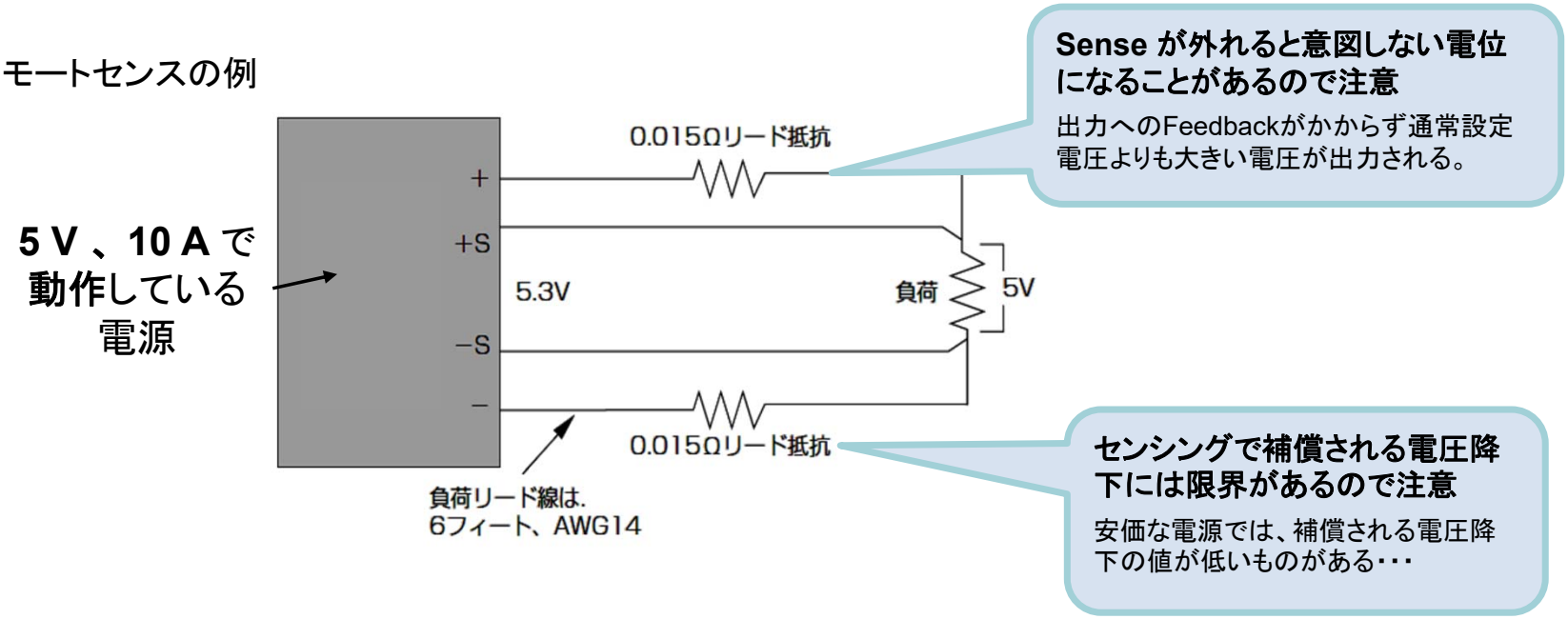
直流安定化電源の使いこなし②

リモートセンス機能をうまく使いこなせば、配線での電圧降下の影響を押さえて、DUTに設定電圧値を供給できます

Point!

- 配線が持つリード線抵抗により、電圧降下が生じるため、電源出力電圧＝DUT入力電圧ではなくなる
- リモートセンス機能が電圧降下を補償。DUT入力まで、リモートセンス（四線式）で引き回す
- センシングで補償される電圧降下値には限界があるので、注意する

リモートセンスの例



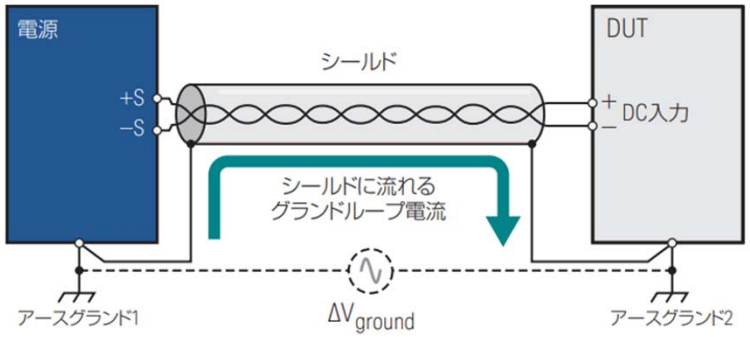
直流安定化電源の使いこなし③

意外と多いノイズトラブル。検査機内もノイズのことを考えて配線設計していますか？

Point!

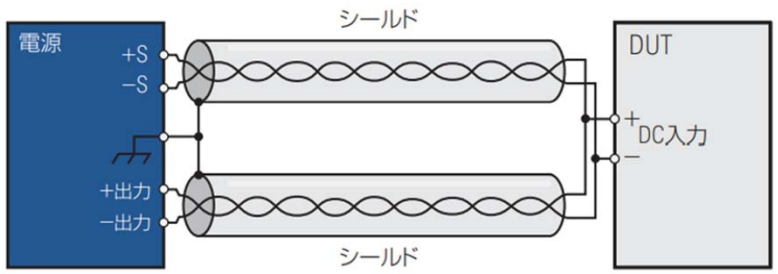
・製造ラインなど、外来ノイズが多い場合の基本的なノイズ対策は、シールド付き配線を採用すること
・シールドの両側ともに、グランドに落とすと、測定器・DUT・大地間でグランドループが発生する
　→ シールドは、必ず、片側だけをグランドに落とす事

悪い例



シールドの両側をグランドに接続
→ 電源、DUT間で、グランドループが発生

良い例



シールドの方側をグランドに接続
→ グランドループが発生しない

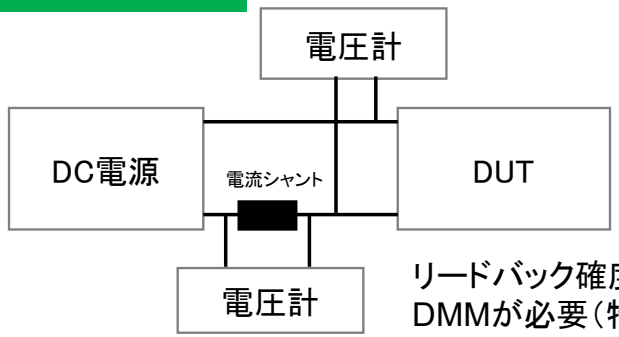
製造ラインにおける安定化電源の選択ポイント

リードバック確度が良いものであれば、DMMが不要になる

Point!

- 安定化電源が実際に出力している電圧・電流の測定に関する確度 ＝ リードバック（測定）確度
- 電流のリードバック確度が良いものであれば、シャント抵抗+DMMが不要になる

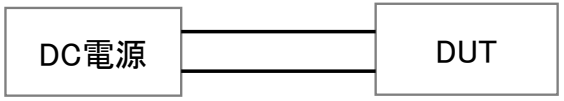
低確度の場合



リードバック確度が悪いと
DMMが必要（特に暗電流）

高確度の場合

DC電源だけで測定が可能



電源自体で、電圧、電流を直読
→ DMM不要！治具などへの配線もスッキリ
→ シャント不要なため、電圧降下もなし

100Wクラス 代表電源比較

	PAN-E（菊水）	E36104B	N6762A	（参考）34401A/DMM※
電圧測定確度	0.1% of 読み値 +20mV	0.05% of 読み値 +8mV	0.016% of 読み値 +6mV	0.0035% of 読み値 +0.6mV
電流測定確度	0.5% of 読み値 +20mA	0.05% of 読み値 +0.5mA 0.25% of 読み値 +40uA	0.04% of 読み値 +160uA	0.12% of 読み値 +600uA

※ 100V及び3Aレンジ使用時

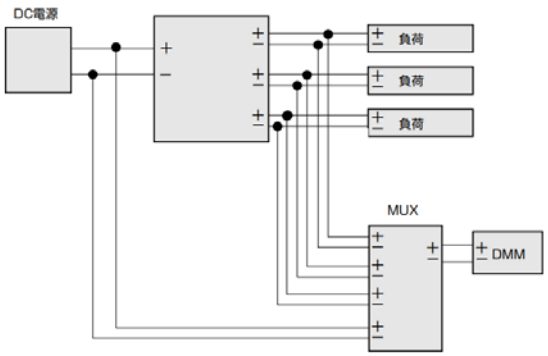
製造ラインにおける安定化電源の選択ポイント

リードバック確度が良いものであれば、DMM/スイッチが不要になる

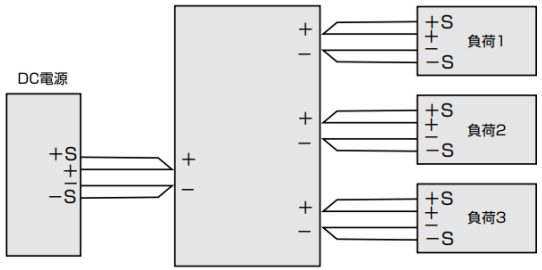
Point!

・大規模になると、スイッチ切替が必要になり、もっと複雑化する

一般的な電源



キーサイト



電圧測定も、電流測定も電源・電子負荷で実施
→ DMMやスイッチを介さないでシンプルに

Point!

製造試験では、電源・電子負荷が複数必要になりますが、
キーサイトの電源であれば、スイッチを介さなくてよくなるため、構成がシンプルに。
計測器、配線や制御が不要な分、検査機の制作コストを抑えられます

製造ラインにおける安定化電源の選択ポイント

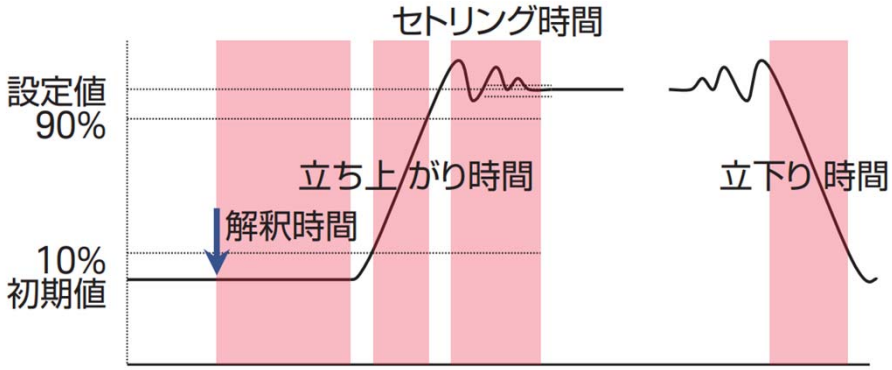
電圧を素早く変更できる ＝ タクトを抑えられる

Point!

- 電圧の変更時間 ＝ コマンド解釈時間 + 立ち上がり時間 + セトリング時間
- キーサイト電源であれば、高速なコマンド解釈時間で、命令からすぐに立上がりを開始

※コマンド解釈：測定器にコマンドが送られ、内部プロセッサが解釈、実際に電圧変更に至るまでの時間（一般的には20-100ms）

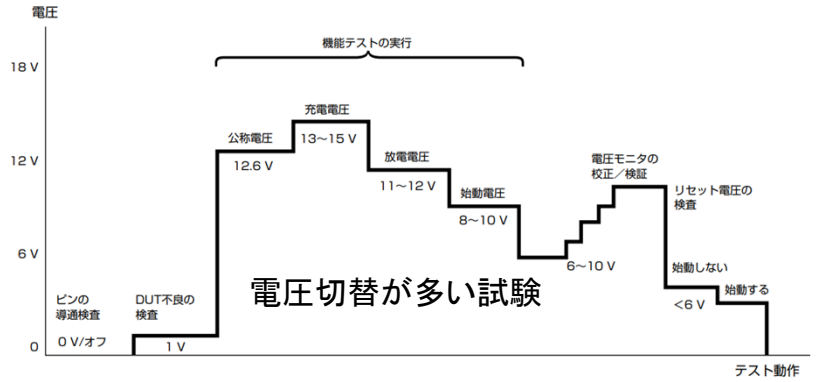
電圧変更時間の内訳



（参考）電圧変更時間の比較

	N6752A	E3633A（旧機種）
解釈時間	1ms	100ms
立上がり	1.5ms	95ms
セトリング	4.0ms	

こんな場合に効いてくる



コネクタ脱着やワーク交換を
素早くしたい場合

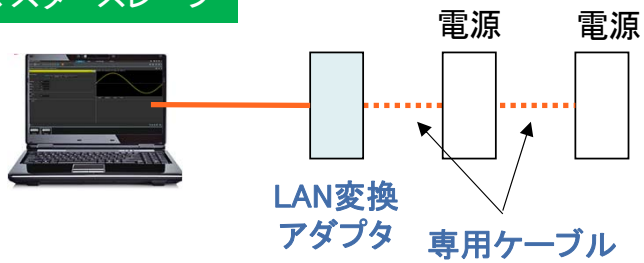
製造ラインにおける安定化電源の選択ポイント

肝心、要の通信方式。なぜか良くある電源メーカー固有のLAN接続方式

Point!

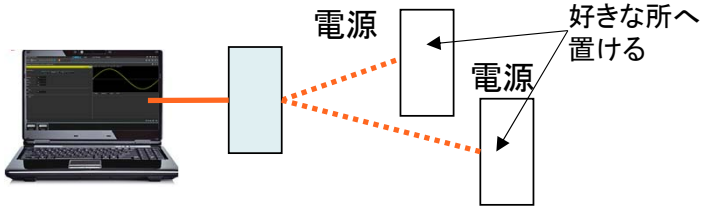
・測定器メーカー専用の接続方式ではなく、LAN方式を選択する

マスタースレーブ



・そのメーカー専用の制御が多い
・1台でも、専用LAN変換アダプタが必要
・複数接続する場合は、LANではなく、専用ケーブルが必要
　→ ケーブルの長さに合わせた設置が必要
・できる事が限られている
（出力ON・OFF、設定/リードバック、OVPなどのステータス読み）
・WiresharkなどでのLANパケット解析の切り分けが面倒

LAN



・市販のLANハブ、LANケーブル
・市販ケーブルのため、任意の長さを選択可
　→ 好きなところに設置可能
・LXI LANは、計測器向けのLAN規格
　→ 通信の信頼性を規格で担保
　※ LXI インターフェース、通信プロトコル、ドライバ、Web通信など規定

製造ラインにおける安定化電源の選択ポイント

ソフトウェアフロントパネル

Point!

・LXI（測定器向けLAN規格）対応電源の一部では、ソフトウェアフロントパネル（Webブラウザ経由）を用意
→ 電源の接続確認や、電源へのコマンド制御は省きながら、他試験をデバッグするなどで便利

便利

LAN接続で、どこからでも。
実際のフロントパネル操作と同じ

ブラウザからIPアドレスを入力するだけ

製造ラインにおける安定化電源の選択ポイント

サイズ

Point!

・電源はサイズが大きい代表選手。だから、電源が大きいと、ラックスペースが高くなる
・省スペースながら、低ノイズを実現した電源が増えている
→ 省スペースの電源を採用することで、ラックスペースの効率化が図れる

200W以下

N6700C　1台で最大4出力

1U

E36100Bシリーズ

2U

19インチラック幅

750W以上

RP7900　20KW電源で高さ3U

3U

N6900/N7900　1KW=1U、2KW=2U

1U

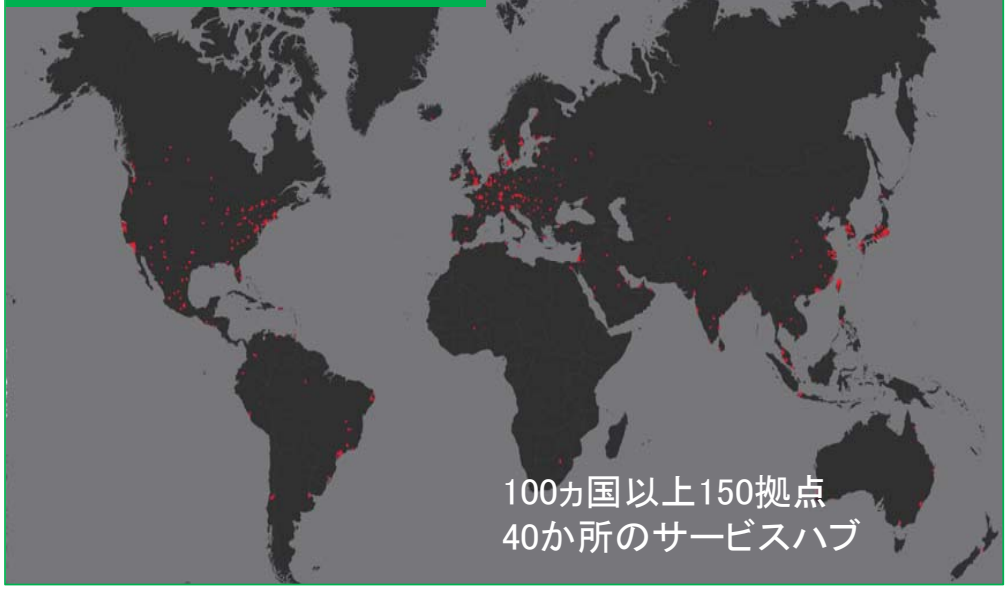
製造ラインにおける安定化電源の選択ポイント

海外サポート＆校正

Point!

・検査装置を設置する海外で、製品を購入/修理/校正できる事は、手離れを良くするため重要
・各業界によって求められる認定校正に関しても、最寄りの海外拠点で対応可能
→ 世界中で、品質の高い一貫したサービスを受けられます

全世界の拠点でサポート

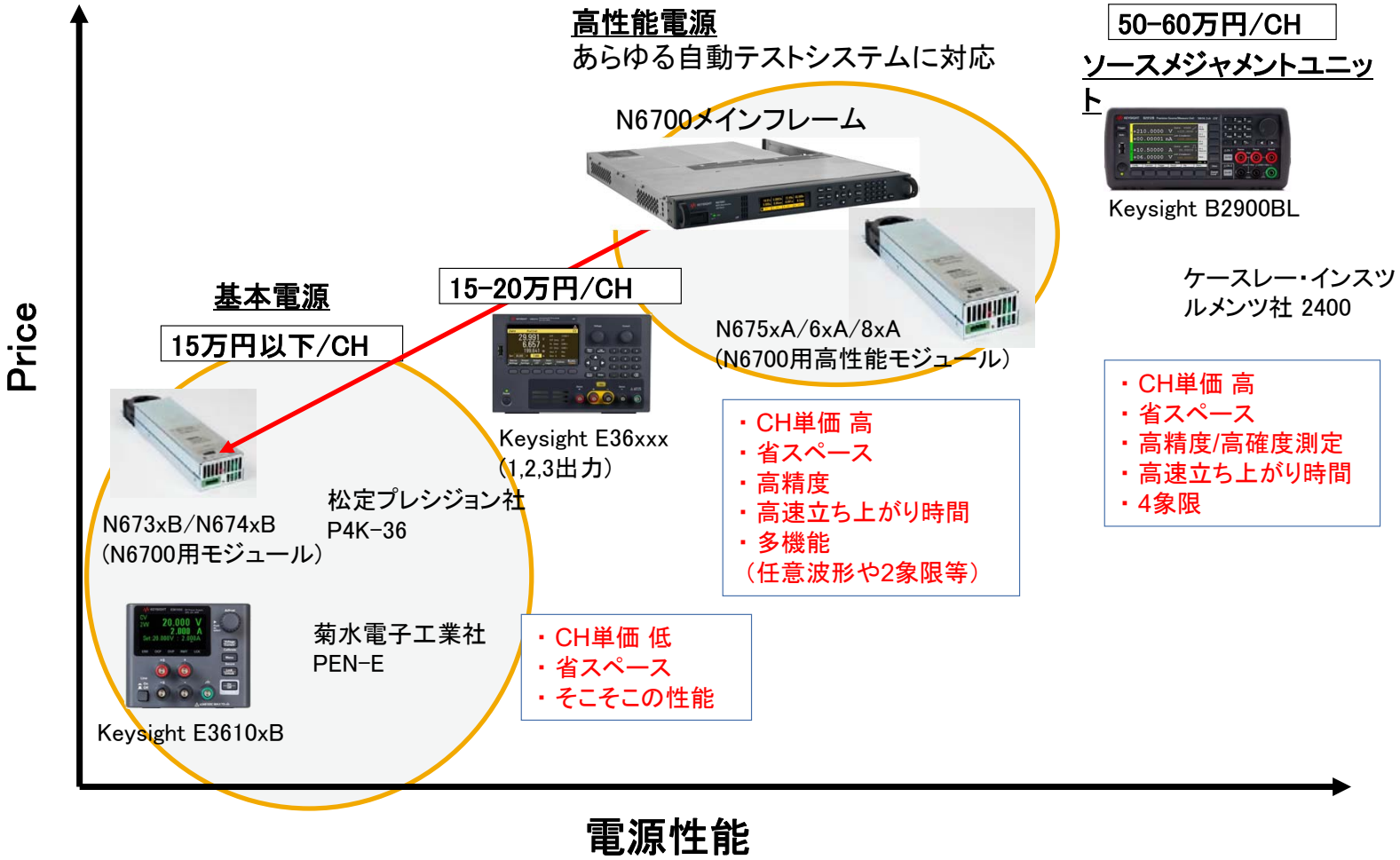


海外でISO17025校正

海外拠点での校正能力一覧（一部）

Country		Accreditation body	Authority
Australia		NATA	National Association of Testing Authorities
China	Beijing	CNAS	China National Accreditation Service for Conformity Assessment
	Chengdu	CNAS	China National Accreditation Service for Conformity Assessment
Japan	Measurements Standards Center	JCSS	Japan Calibration Service System of International Accreditation
	Service Center	JCSS	Japan Calibration Service System of International Accreditation
		ANAB	ANSI-ASQ National Accreditation Board
Korea		KOLAS	Korea Laboratory Accreditation Scheme
		ANAB	ANSI-ASQ National Accreditation Board
Malaysia		ANAB	ANSI-ASQ National Accreditation Board
		A2LA	American Association for Laboratory Accreditation
Singapore		SAC	Singapore Accreditation Council
Taiwan		TAF	Taiwan Accreditation Foundation
		ANAB	ANSI-ASQ National Accreditation Board

製造ラインにおける安定化電源の選択（～200Wクラス）



製造ラインにおける安定化電源の選択（～200Wクラス）

仕様	菊水電子工業 PMX-A	テクシオ PFR	松定プレシジョン P4K-36	Keysight E3610x	Keysight E3620x	Keysight N676x （N6700高性能モジュール）
出力容量	35-105W	100W	36W	30 – 40W	200W 400W (Dual)	50W-500W
IO IF	LXI LAN USB RS232	USB/GPIB LAN/RS232 マスタ・スレーブ	USB/GPIB LAN/RS232 マスタ・スレーブ	LXI LAN USB	LXI LAN USB/GPIB	LXI LAN/USB/GPIB
設定確度 （電圧）	0.2%+18mV	0.1%+40mV	0.2%+40mV	0.05%+7mV	0.03%+8mV	0.016%＋6mV(100W) 0.016%＋1.5mV(100W)
設定確度 （電流）	0.3%+2mA	0.2%+20mA	0.4%+5mA	0.05%+1mA	0.1%+6mA	0.04%+200uA(100W) 0.04%+55uA(100W)
測定確度 （電流）	1%+5mA	0.2%+20mA	0.4%+5mA	0.05%+1mA 0.25%+10uA	0.1%+6mA 0.25%+160uA	0.04%+160uA(100W) 0.03%+55uA(100W)
ノイズ	0.5mVrms	4mVrms	5mVrms	リニア 0.8mVrms@60V	リニア 0.35mVrms	スイッチング 0.35mVrms@50V
コマンド 処理	仕様無し	仕様無し	仕様無し	10ms	10ms	1ms
立ち上がり 時間	120ms	50ms	仕様無し	25ms	50ms	0.6ms(0→10V) 2.2mV(0→50V)
立下り 時間	270ms	500ms	仕様無し	100ms	100ms	0.3ms(10→0V) 1.3mV(50→0V)
大きさ	3U ¼ rack	4U rack		2U ¼ rack	2U ½ rack	1U

キーサイト E36100Bシリーズ 小型電源

小型 2Uサイズ、USB/LXI LAN制御対応、高確度＆低ノイズ

小型

19インチラックサイズ＝4台

信頼性の高いLAN接続標準装備

低価格帯でも
LAN/USBを標準装備

高確度＆高速電圧遷移

	PAN-E（菊水）	E36104B
電圧測定確度	0.1% of 読み値 +20mV	0.05% of 読み値 +8mV
電流測定確度	0.5% of 読み値 +20mA	0.05% of 読み値 +0.5mA 0.25% of 読み値 +40uA
立上がり時間	100ms以下	25ms
コマンド解釈時間	NA	10ms

薄型N6700システム電源のご紹介

製造ライン向け安定化電源（最大4出力、1Uサイズ、高速）

省スペース

高さ1U 省スペース！

1U

側面通気
ラッキングの際、スペースを有効に活用できる

自由な構成

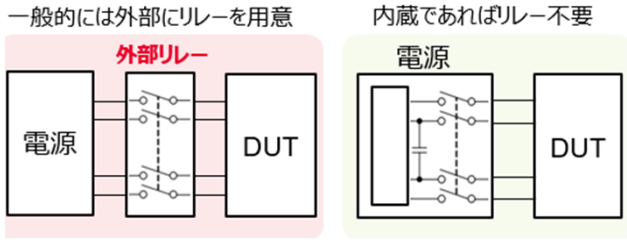
基本、高性能、SMU、電子負荷等様々な種類のモジュールを用意。ユーザー作業で取替可

製造ライン向け

LXI LAN,USBを標準装備
コマンド処理時間 1ms以下

背面にクイックリリース端子
修理/校正時の作業性UP

出力切断リレー



オプションで出力切断、極性反転リレーを内蔵可能
別途外部に電源切断用リレーを設ける必要がなくなります

KEYSIGHT

製造ラインにおける安定化電源の選択ポイント

サイズ

Point!

・電源はサイズが大きい代表選手。だから、電源が大きいと、ラックスペースが高くなる
・省スペースながら、低ノイズを実現した電源が増えている
→ 省スペースの電源を採用することで、ラックスペースの効率化が図れる

N6700シリーズ

メインフレーム1台で4出力

E36100Bシリーズ

19インチラックサイズ＝4台