

# 電力配分回路を用いた太陽光発電 の自動最適化システムに関する研究

太陽光発電研究センター  
システムチーム

大関崇, 山田隆夫, 加藤和彦

# 背景・目的

将来の導入目標である50GW  
あるいは100GW以上を達成する  
には、現時点でも相当数の  
導入量が必要。

Shading



BIPV



Flexible



## PV2030+ における導入想定(case2:100GW)

分野	PV2030+ case 2	想定	導入率
戸建住宅	45GW	既築住宅の1/3に4kW 2021~2030年の新築の80%に5kW	30%
集合住宅	16GW	非木造住宅の1/3に20kW/棟 2021~2030年の新築非木造住宅の40~80%に3kW/戸	
公共施設	10GW	学校施設に100kW、文化施設に10kW、自治体庁舎に50kW等	75%
大型産業	10GW	建築面積の1/10相当の建屋の屋根:18% 敷地面積1/4相当の工場における敷地面積の5%:18%	4%
道路鉄道	14GW	駅舎屋根の1/2に100kW、法面等の1/3:18% 遮音壁の1/3:18%、鉄道高架橋の1/3:18%	27%
民生業務	5GW	事業所ビル屋上の1/5:18% ガソリンスタンドの1/3に20kW	14%

PV2030+ を元に作成

日照条件の悪い箇所への導入が必要になる。

発電コスト低減のために、日陰等によるミスマッチへの対策が必要。

## 背景・目的

- 日影や不具合による出力低下による mismatches リカバリ回路
- 従来技術 (Module Level Power Electronics; MLPE):  
⇒ ACモジュール, DCモジュール, 配線最適化  
(ナショナルセミコンダクタ, Solar Edge, Tigo, Enphase等)
- コストアップ (~\$200/台)、電子デバイスの信頼性が課題

Table I. Select commercially available distributed DC-DC devices

Company	Model	Input V	Power	Topology	Output V
Azuray	AP250	14-80 V	250 W	Buck	0-80 V
e-IQ energy	vBoost 250	20-50 V	250 W	Boost	250-350 V
Solar Edge	PB250-AOB	5-65 V	250 W	Buck/Boost	5-60 V
Solar Edge	PB350-TFI	10-95 V	350 W	Buck/Boost	5-60 V
Solar Magic	SM1230-3B1	30-80 V	230 W	Buck/Boost	0-86 V
Solar Magic	SM3320	15-40 V	350 W	Buck/Boost	0-43 V
ST Micro-electronics	SPV 1020	0-36 V	100 W <sup>†</sup>	Boost <sup>†</sup>	0-36 V
Tigo energy	MM-ES50	16-48 V	300 W	Buck <sup>‡</sup>	0-48 V
Tigo energy	MM-EP35	28-42 V	280 W	Boost	375 V
Xandex Solar	SunMizer	15-48 V	250 W	Buck	0-48 V

<sup>†</sup> Preliminary spec, based on 3 devices per PV module.

<sup>‡</sup> Uses 'impedance matching' circuit, which is a buck converter with synchronous rectification [8]

出典: NREL



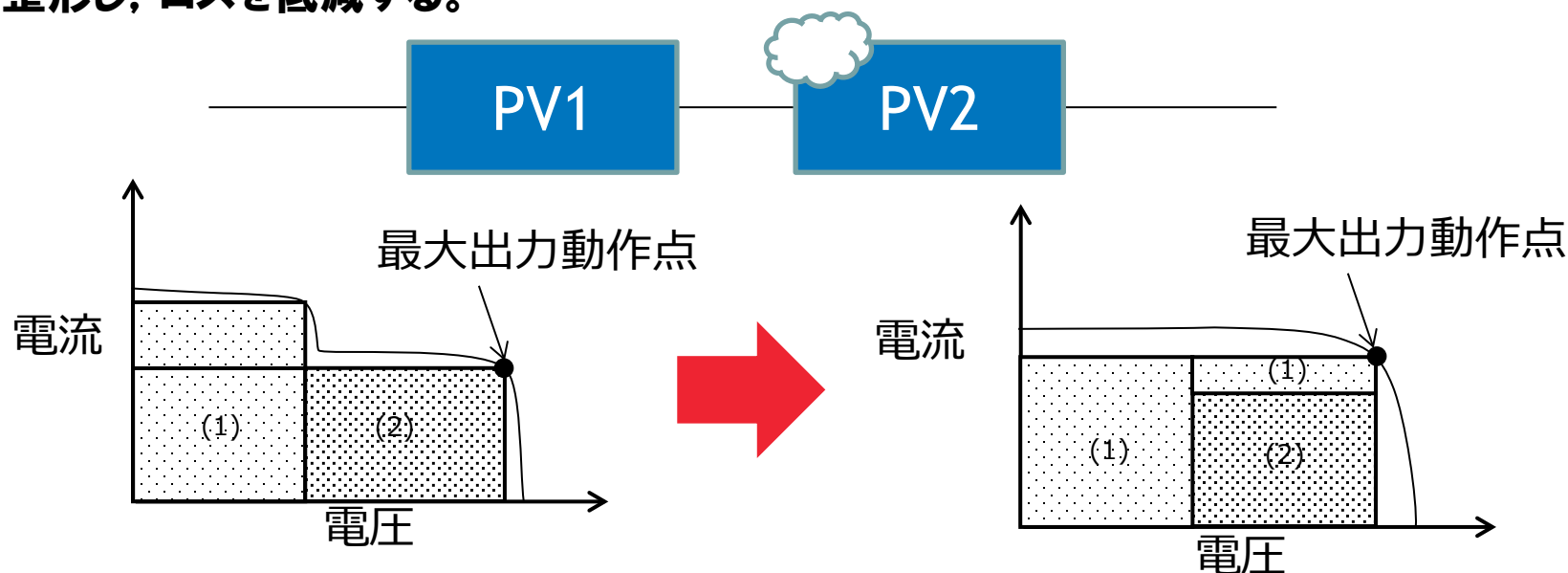
architects of energy™



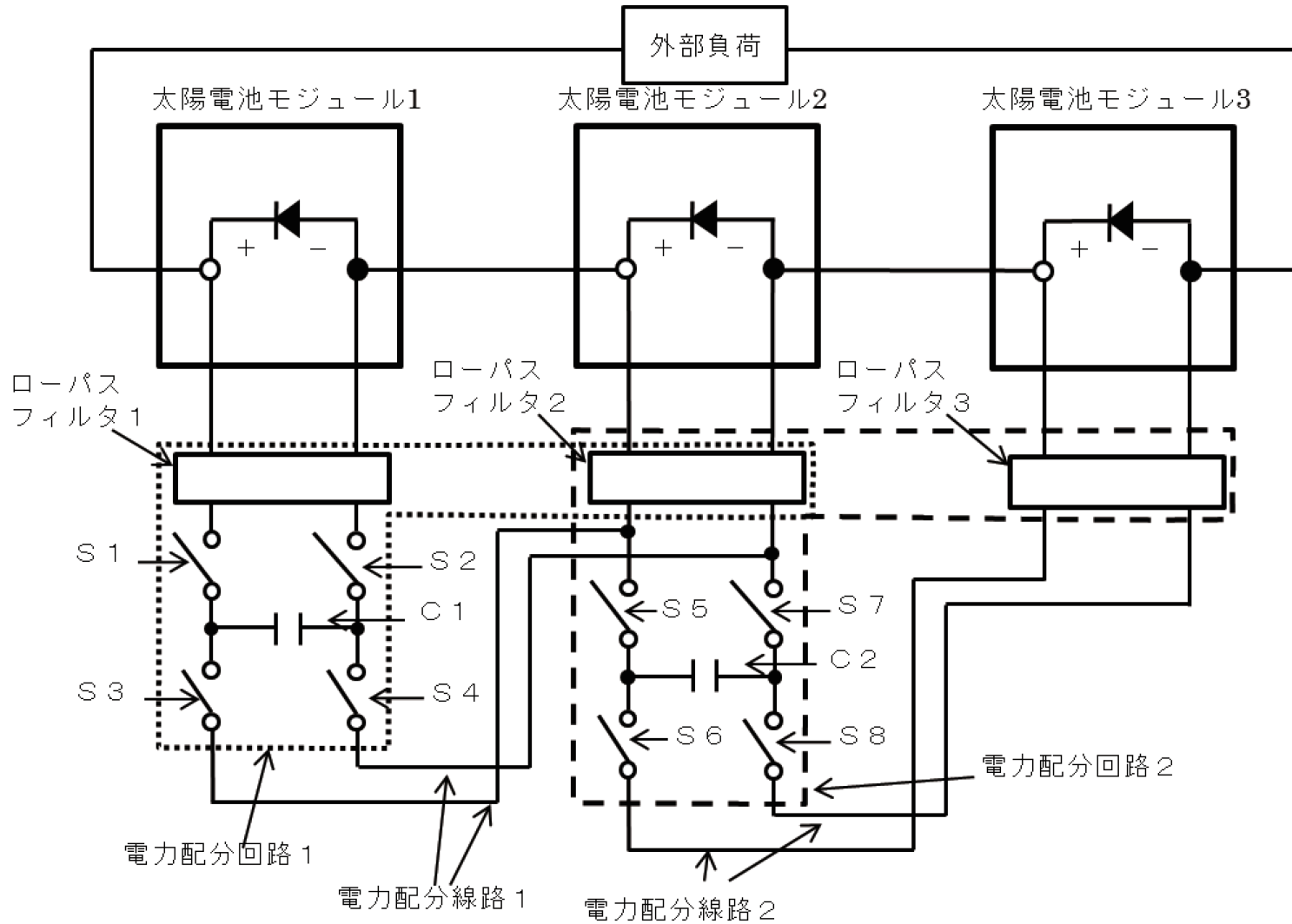
出典: 各社 Web site

# 提案手法:コンセプト

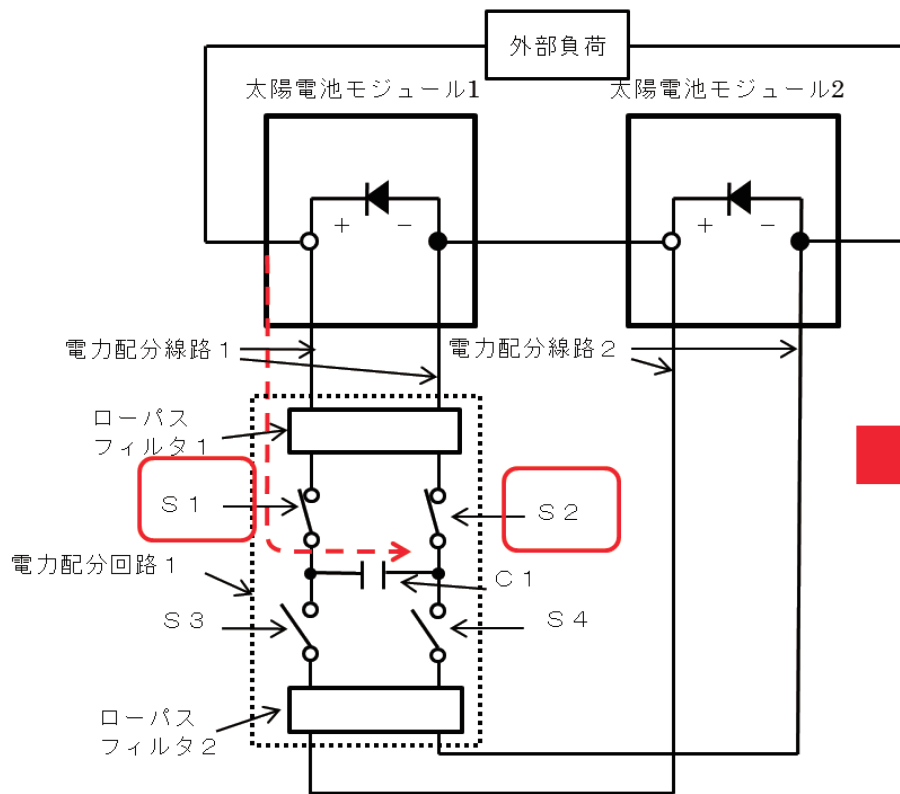
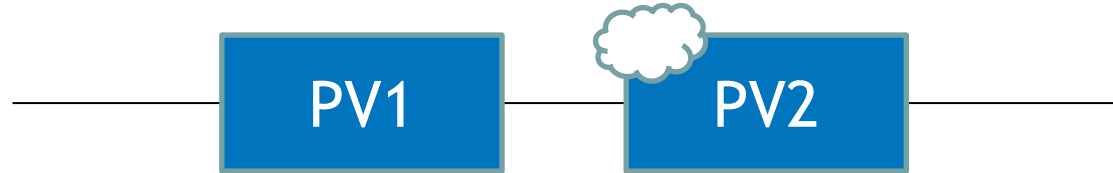
- マイコンバータとは異なるトポロジー  
⇒回路をシンプルに & 通信は使わない  
⇒信頼性向上, コストダウン
- 直列接続されたモジュール(or クラスタ)のうち, 電流のばらつきによりミスマッチが起きるため, I-Vカーブに段差があり, 動作点により利用されない電力がロスとなる。
- 電流の大きい方から小さい方へ電流を配分することで, ミスマッチを解消し, I-Vカーブを整形し, ロスを低減する。



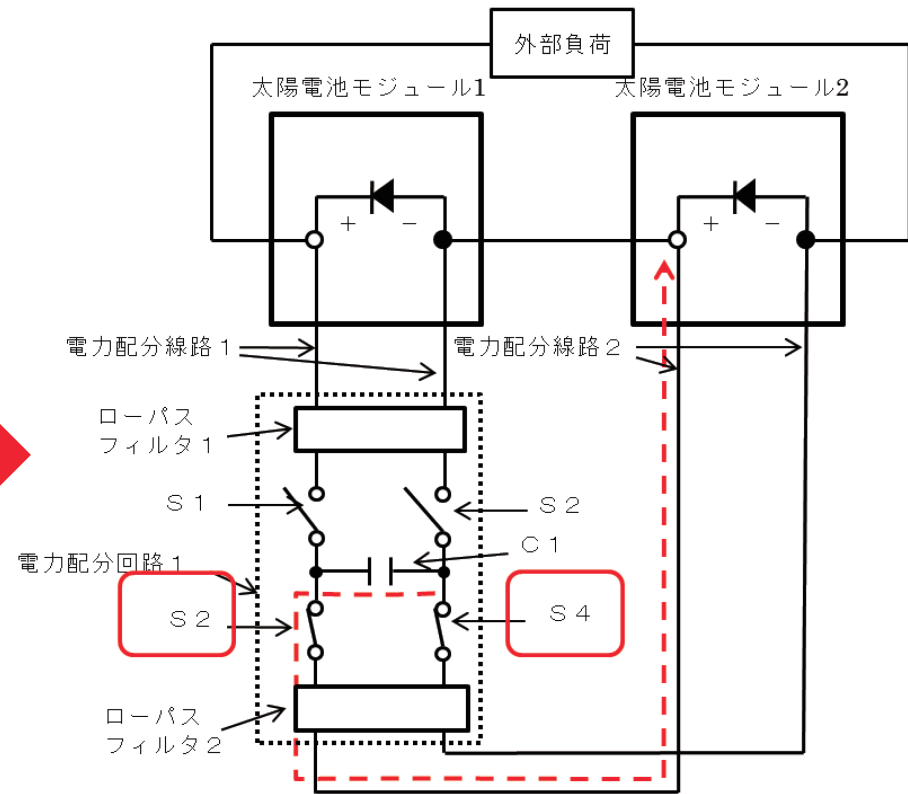
# 提案手法: "自動最適化回路"



# 提案手法:動作原理



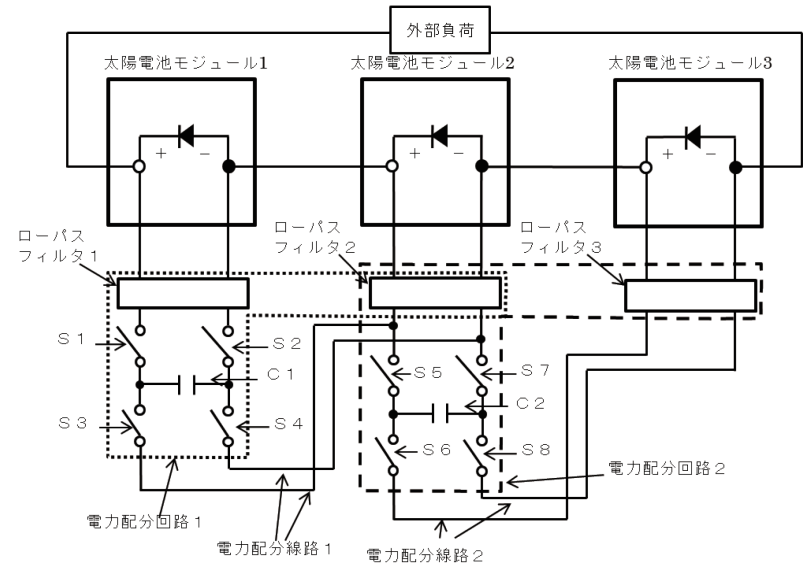
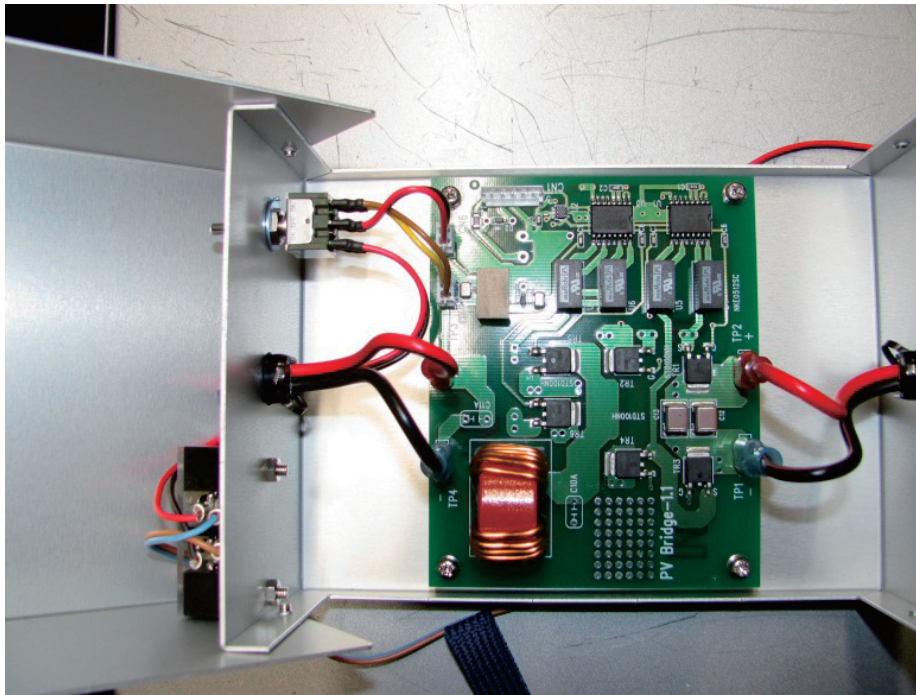
**PV1から電流をコンデンサに充電**



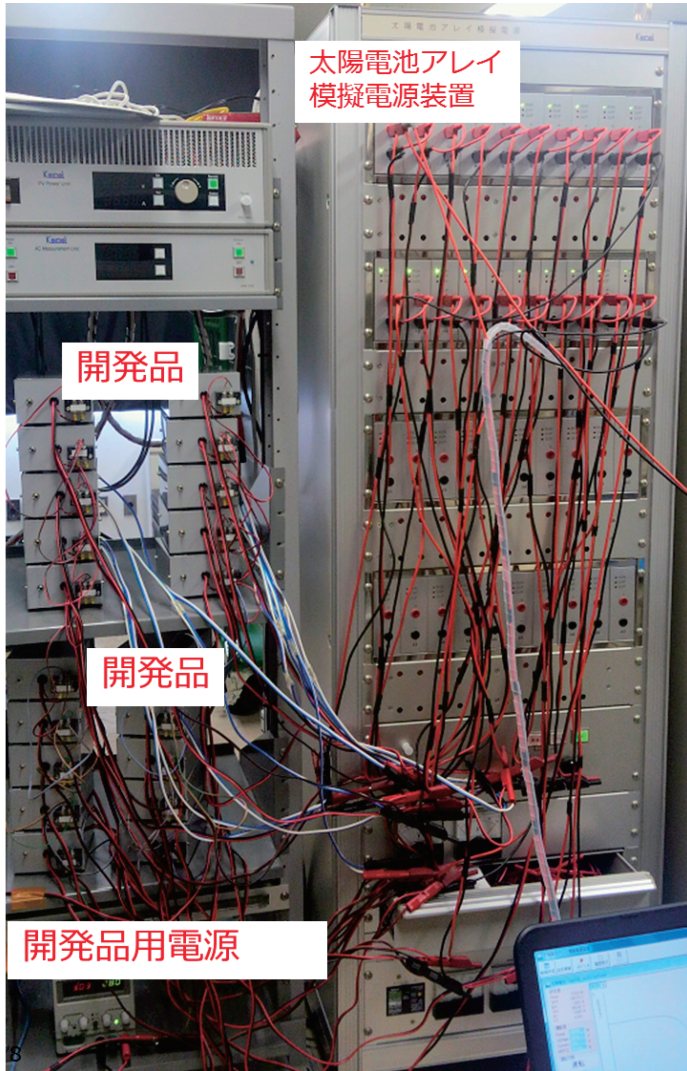
**コンデンサからPV2へ放電**

# 提案手法：プロトタイプ試作

- プロトタイプを作製
- 模擬電源および屋外により動作原理を検証



# PVアレイ模擬電源による屋内実験の実施

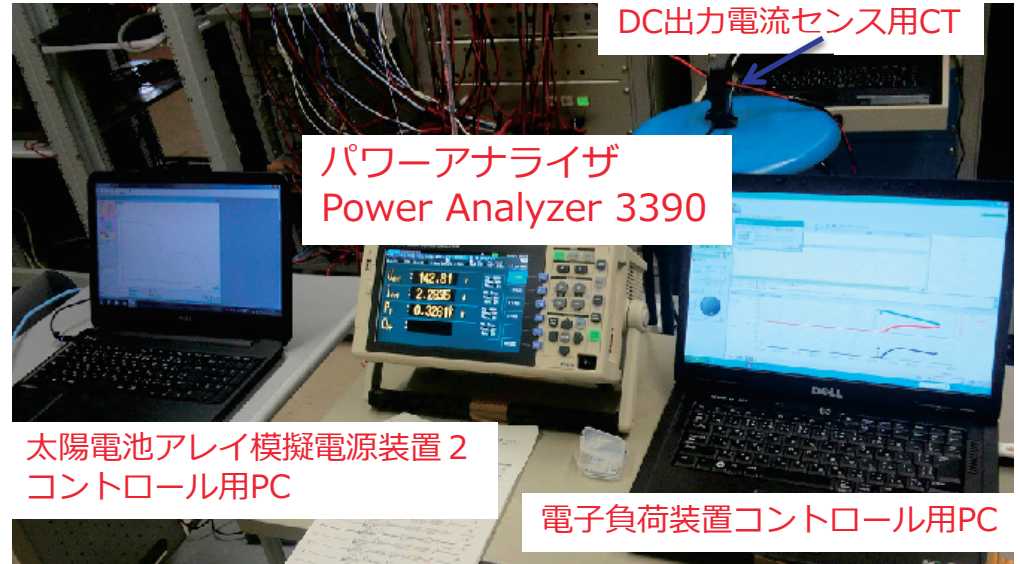


太陽電池アレイ  
模擬電源装置

開発品

開発品

開発品用電源



DC出力電流センス用CT

パワーアナライザ  
Power Analyzer 3390

太陽電池アレイ 模擬電源装置 2  
コントロール用PC

電子負荷装置コントロール用PC



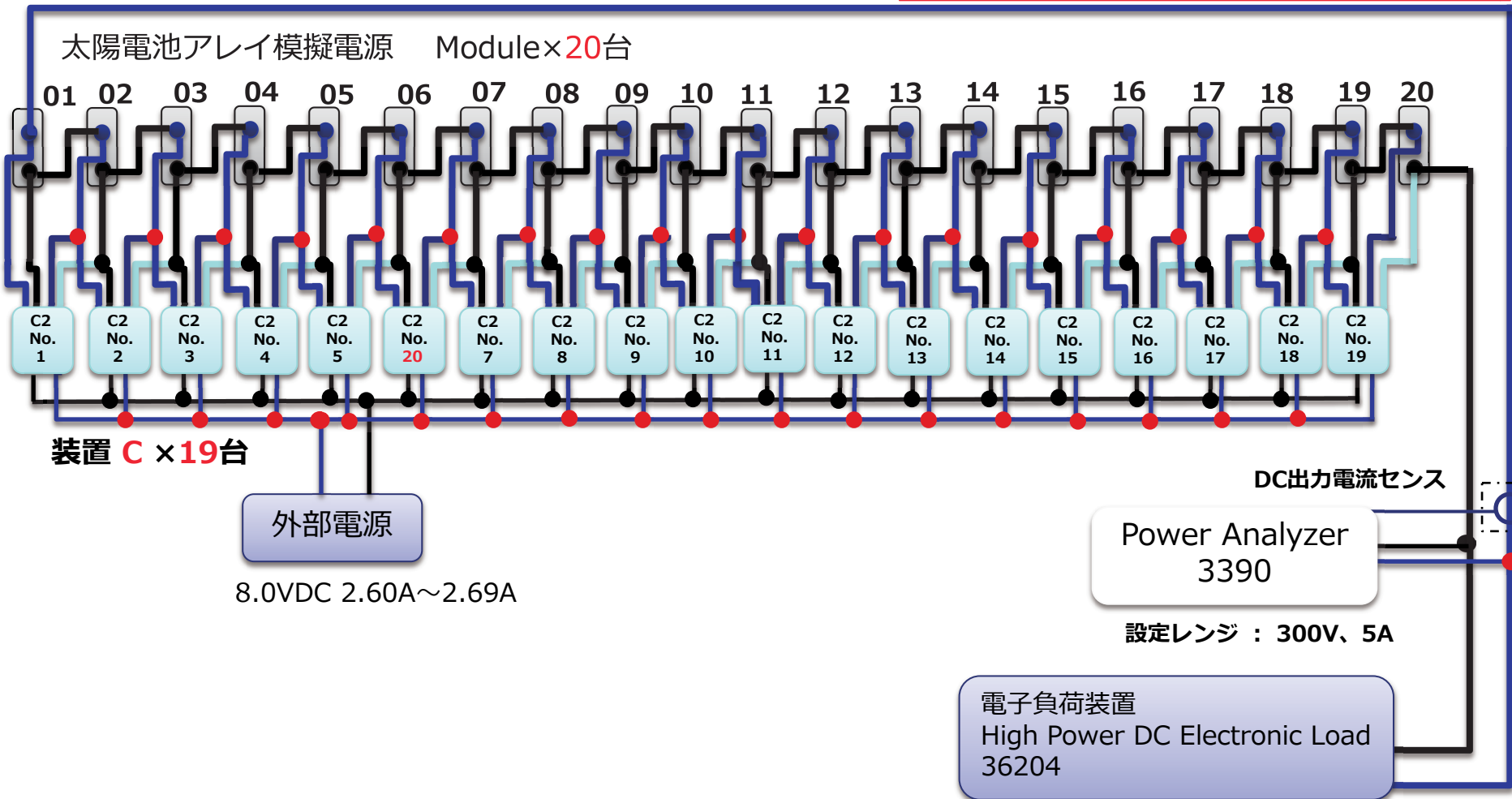
電子負荷装置  
High Power DC Electronic Load  
36204



# 屋内実験回路

太陽電池アレイ模擬電源装置 Module 設定  
 日射 : 1kW/m<sup>2</sup>、温度 : 25℃  
 Vpm: 10V、Voc : 12V、Isc: 4A (max)、F.F.: 0.7

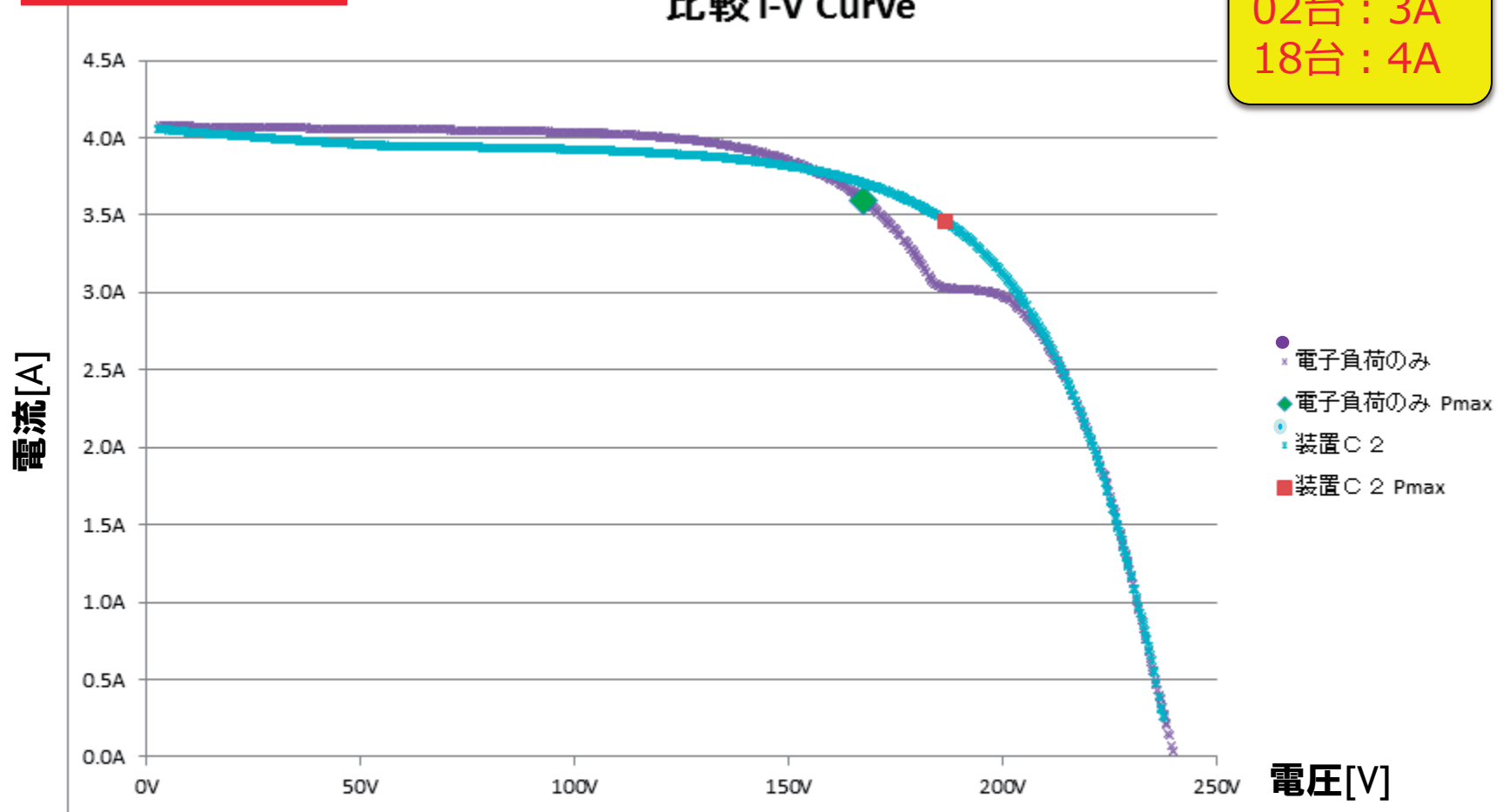
1モジュール40W  
 モジュール1枚ずつ4~0.5A変化



設定レンジ : 500V、100A 電圧スキャン : 245V~2V 0.28V/pt 0.05sec/pt

改善される例1

比較 I-V Curve



電子負荷のみ (模擬電源2使用) Pmax 602.97 W

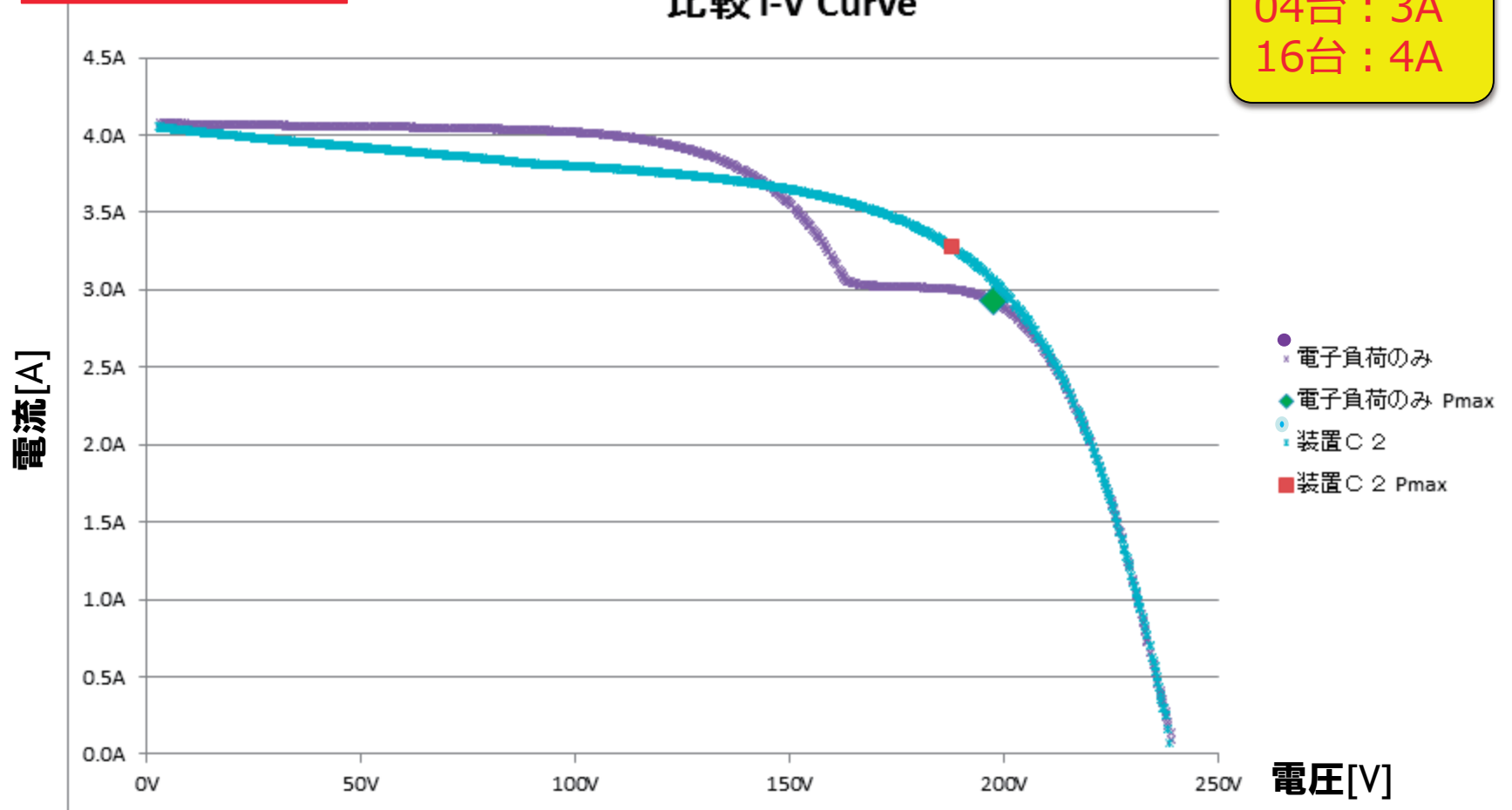
装置 C2 (模擬電源2使用) Pmax 645.85 W

+7%

注) Pmax は、5回測定結果の平均値。

改善される例2

比較 I-V Curve



電子負荷のみ(模擬電源2使用) Pmax 578.27 W

装置 C2 (模擬電源2使用) Pmax 615.32 W

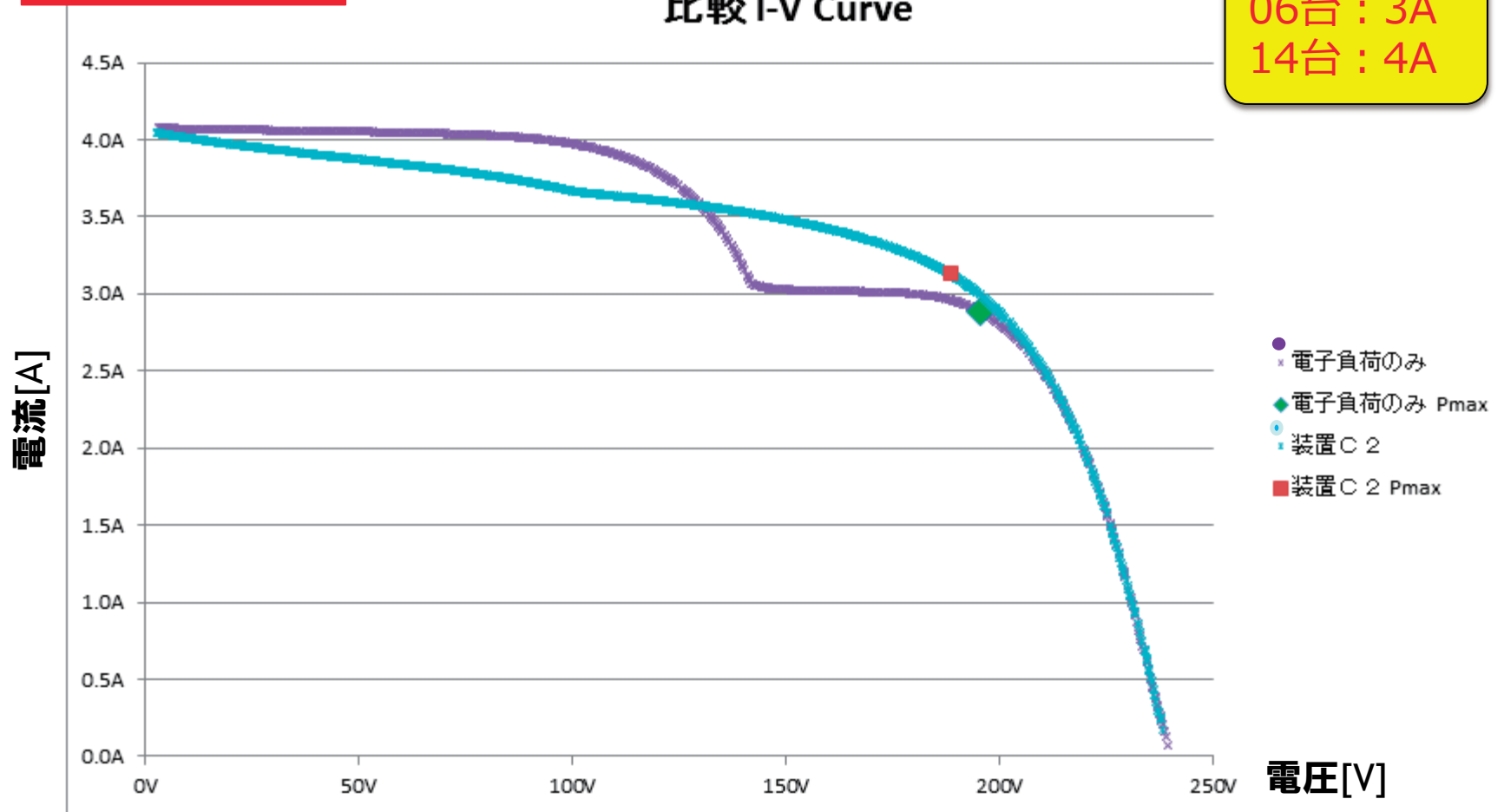
+6%

注) Pmax は、5回測定結果の平均値。

改善される例3

比較 I-V Curve

06台 : 3A  
14台 : 4A



電子負荷のみ (模擬電源2使用) Pmax 564.57 W

装置 C2 (模擬電源2使用) Pmax 589.26 W

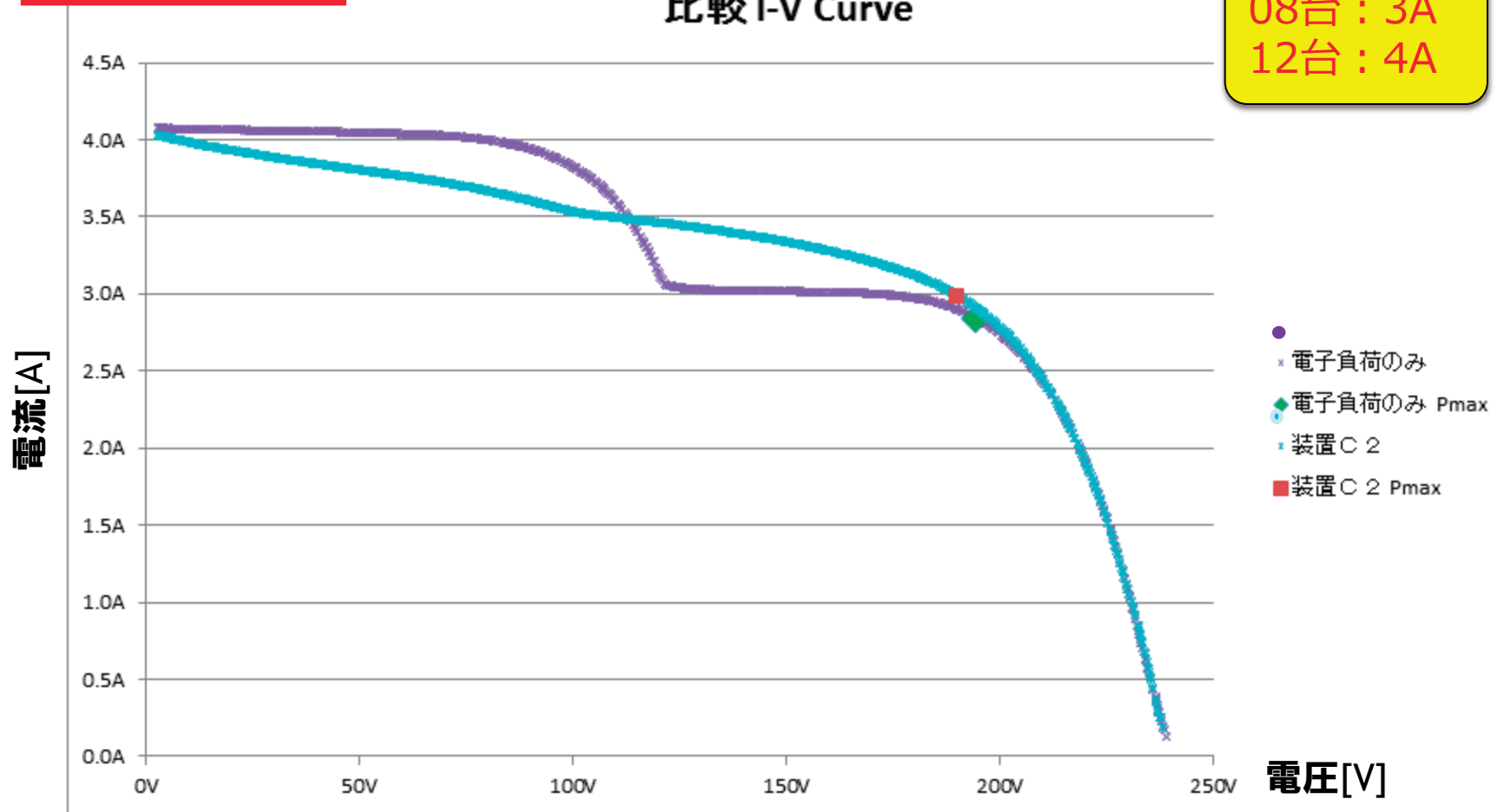
+4%

注) Pmax は、5回測定結果の平均値。

改善される例4

比較 I-V Curve

08台 : 3A  
12台 : 4A



電子負荷のみ (模擬電源2使用) Pmax 552.82 W

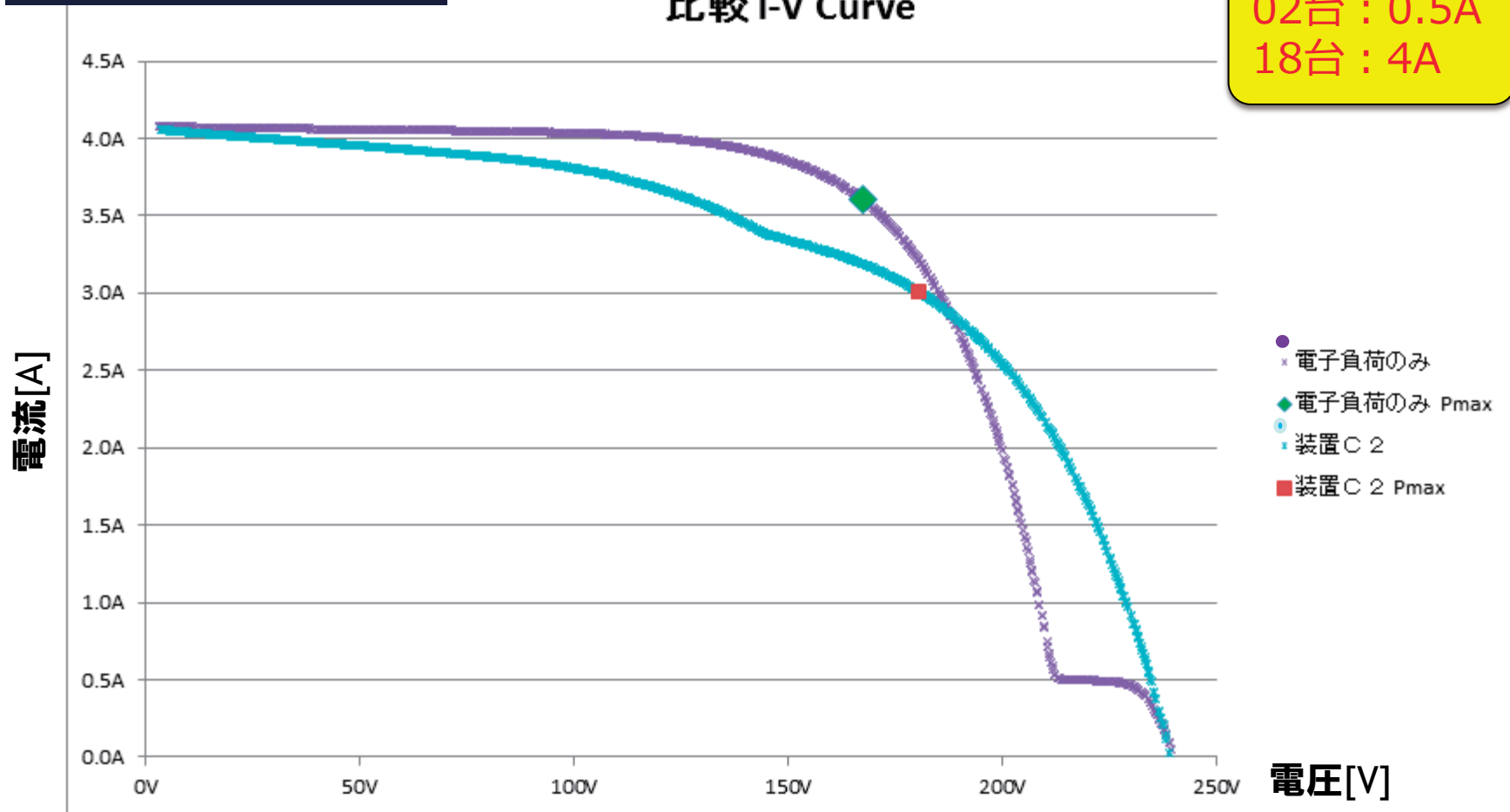
装置 C2 (模擬電源2使用) Pmax 567.84 W

+1%

注) Pmax は、5回測定結果の平均値。

むしろ改悪される例1

比較 I-V Curve



電子負荷のみ (模擬電源2使用) Pmax 603.43 W

装置 C2 (模擬電源2使用) Pmax 542.93 W

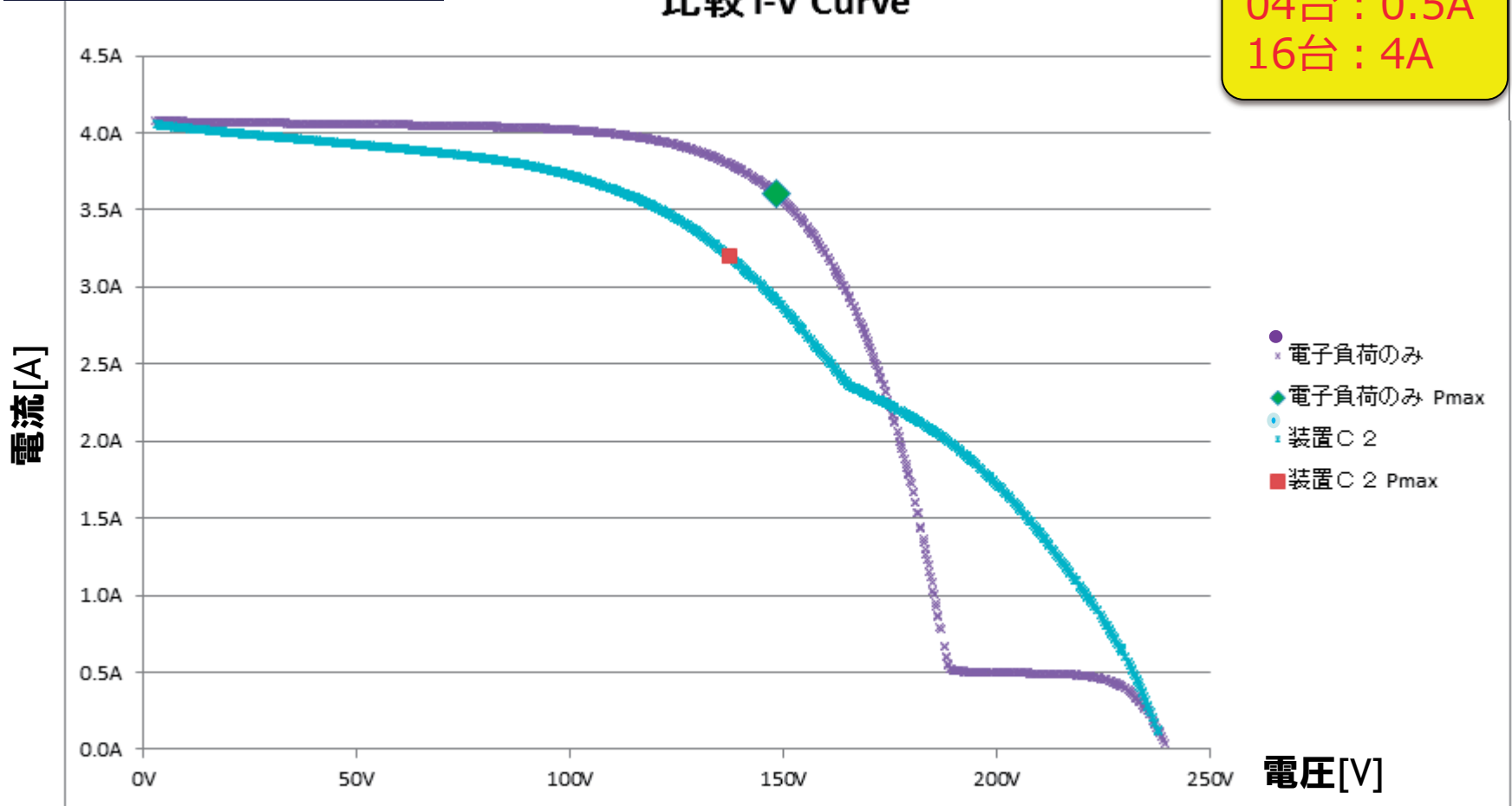
▲ 10%

注) Pmax は、5回測定結果の平均値。

むしろ改悪される例2

比較 I-V Curve

04台 : 0.5A  
16台 : 4A



電子負荷のみ (模擬電源2使用) Pmax 534.37 W

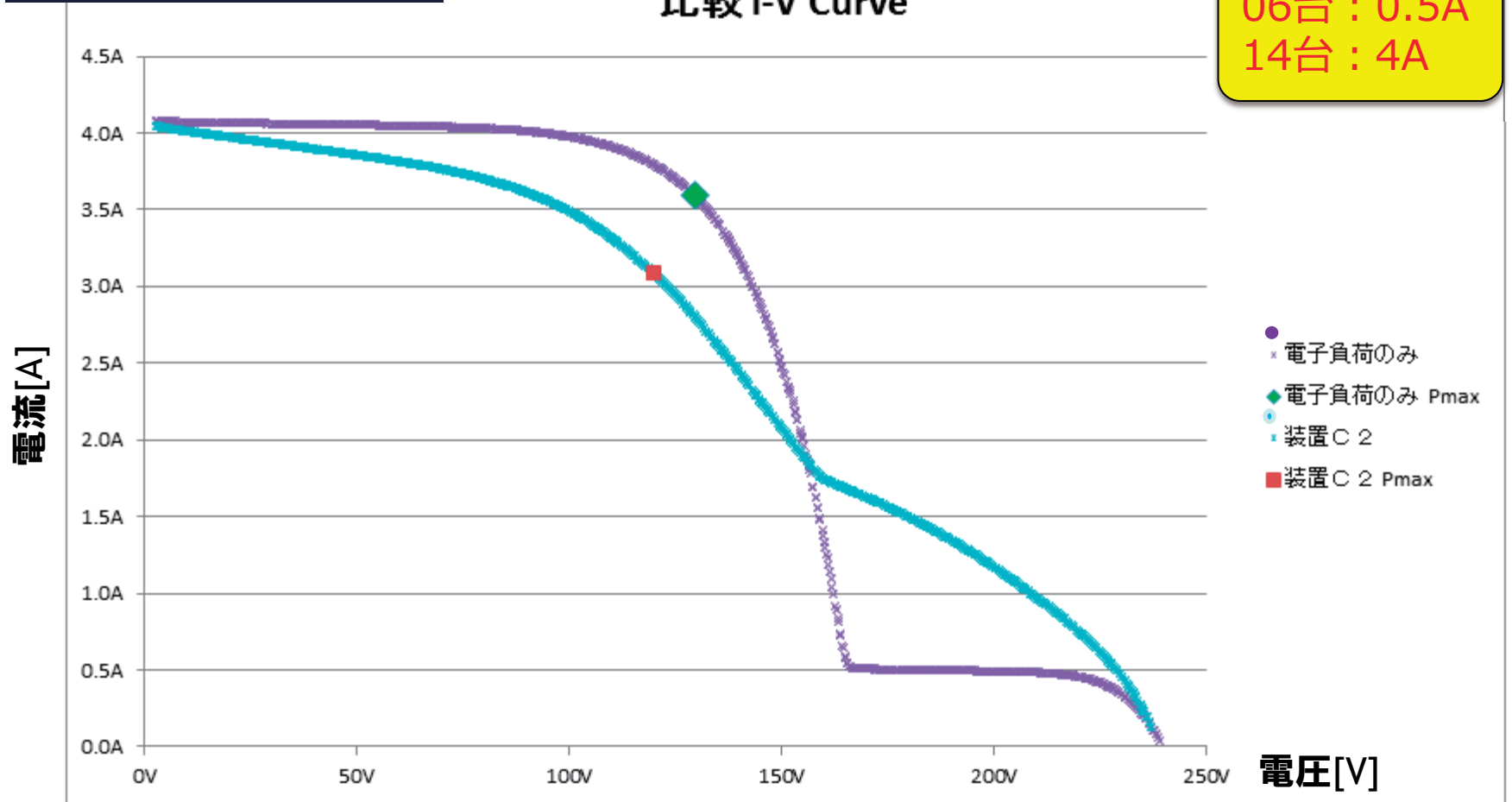
装置 C2 (模擬電源2使用) Pmax 437.10 W

▲ 18%

注) Pmax は、5回測定結果の平均値。

むしろ改悪される例3

比較 I-V Curve



電子負荷のみ(模擬電源2使用) Pmax 465.37 W

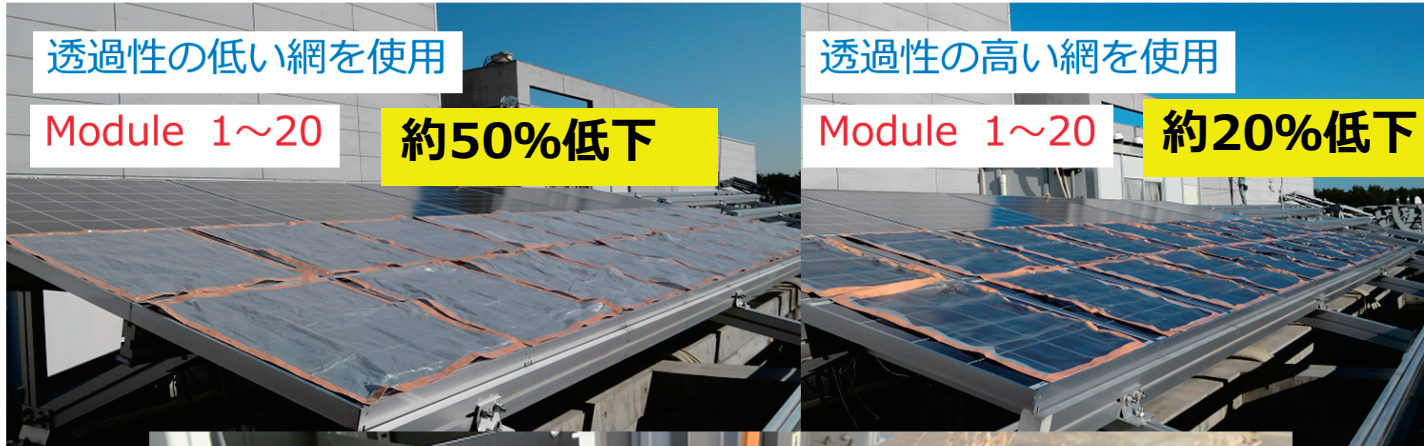
装置 C2 (模擬電源2使用) Pmax 369.67 W

▲20%

注) Pmax は、5回測定結果の平均値。



# ミニモジュールによる屋外実験の実施



透過性の低い網を使用

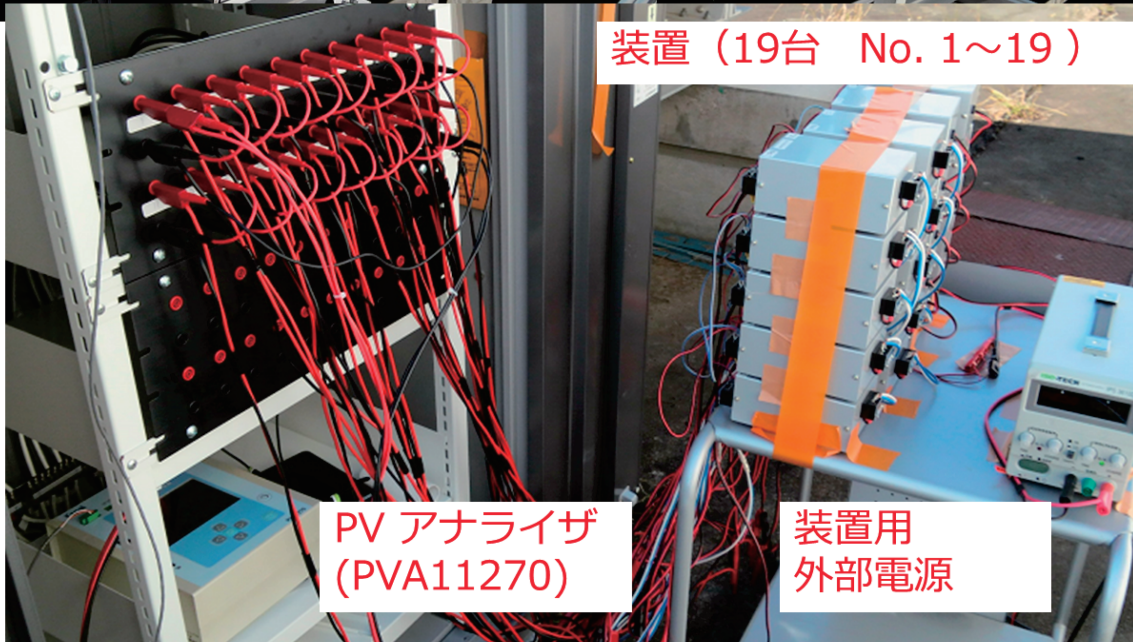
Module 1~20

約50%低下

透過性の高い網を使用

Module 1~20

約20%低下



装置 (19台 No. 1~19)

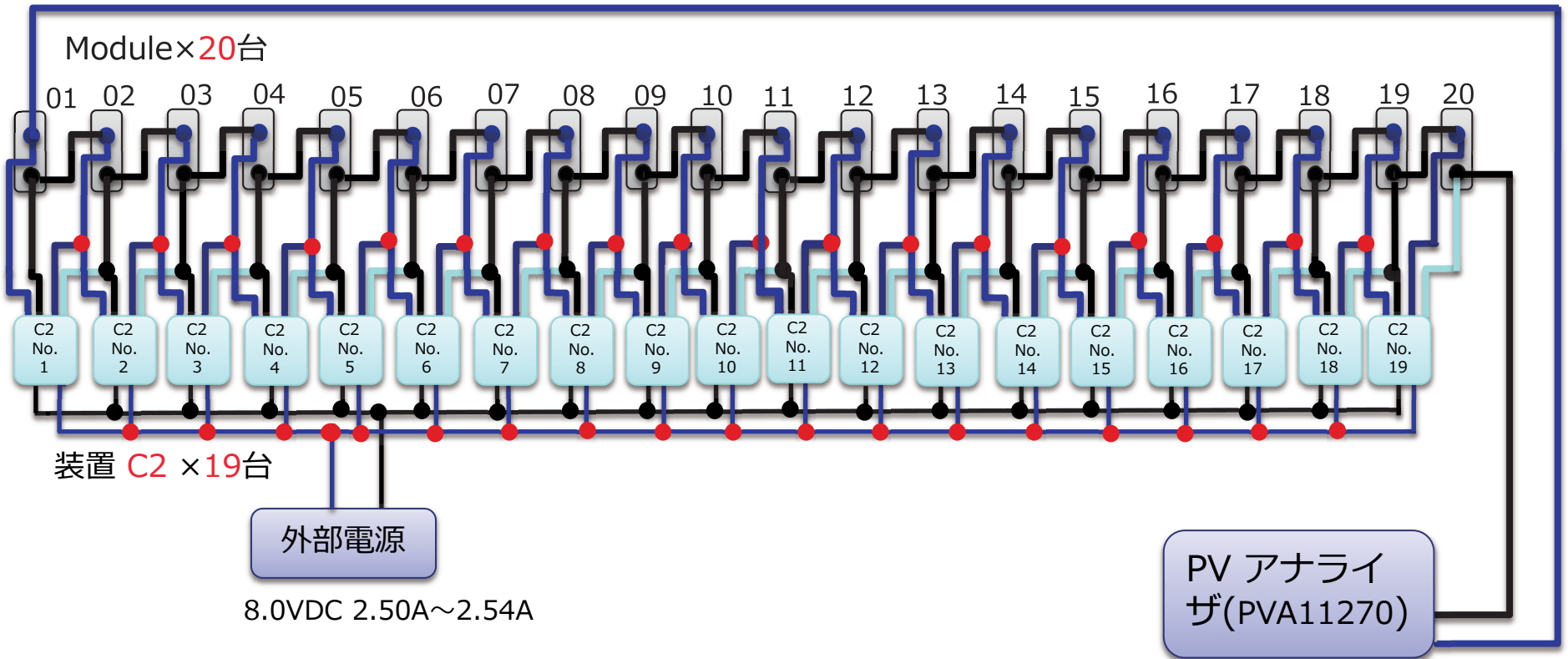
PV アナライザ  
(PVA11270)

装置用  
外部電源

# 屋外実験回路

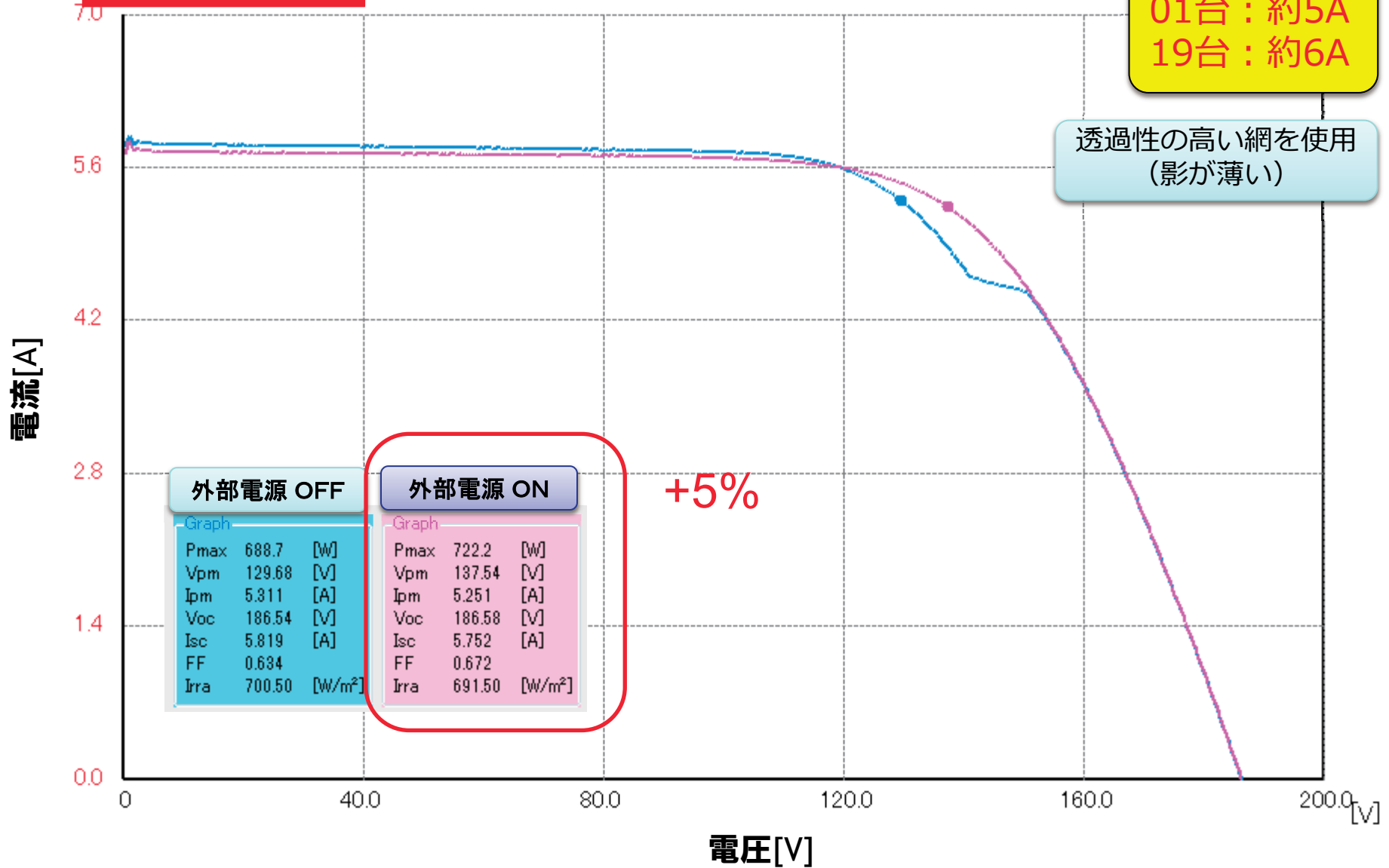
1モジュール60W×20枚  
 モジュール1枚ずつ電流低減  
 (網の透過率)

Module仕様: Pmax: 60W、Voc: 9.8V、Isc: 8.63A  
 Module×20台 (直列接続) (Pmax: 1200W、Voc: 196V、Isc: 8.63A)

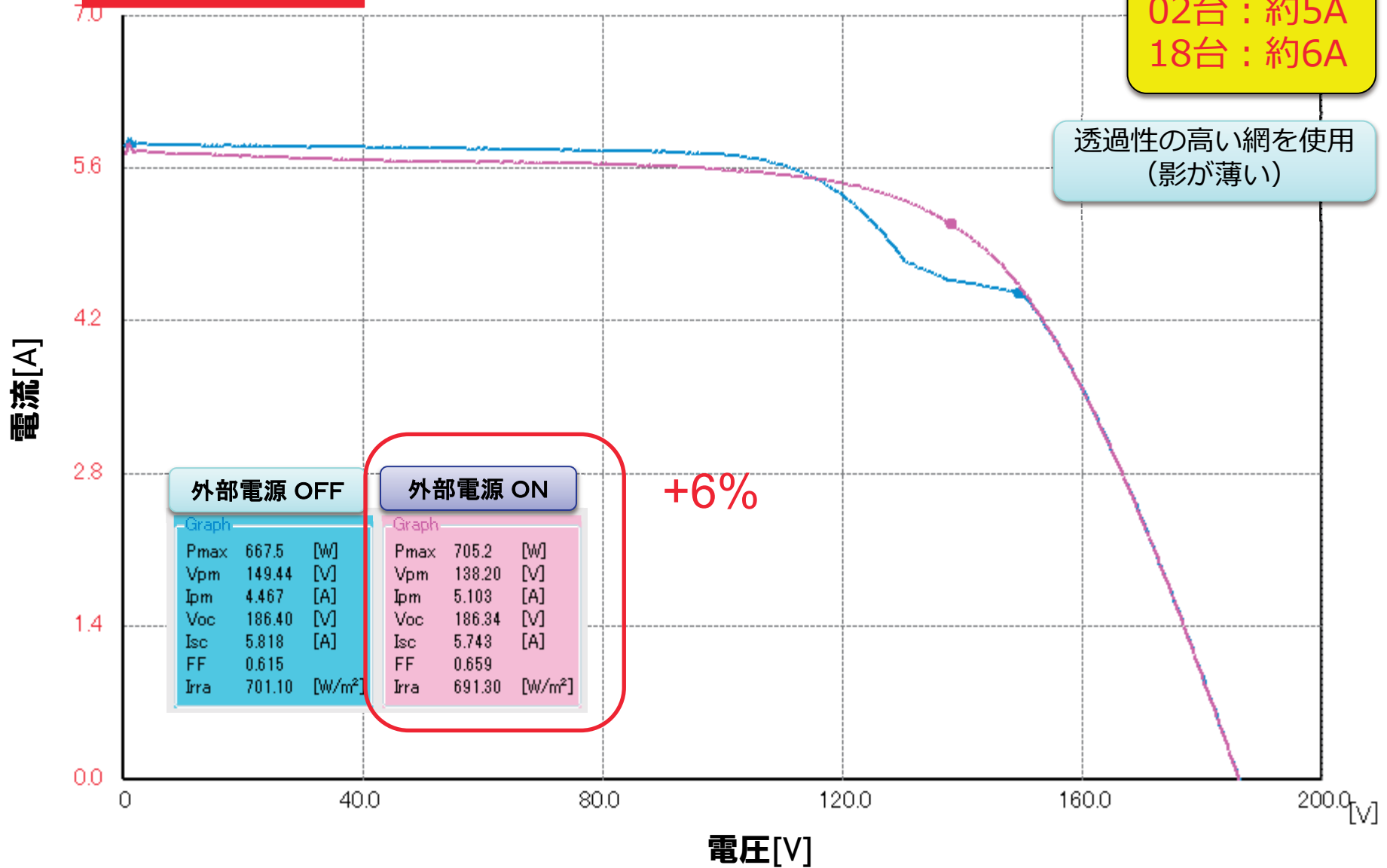


設定レンジ: 200V、9.0A、1250W  
 Sweep time: 500ms

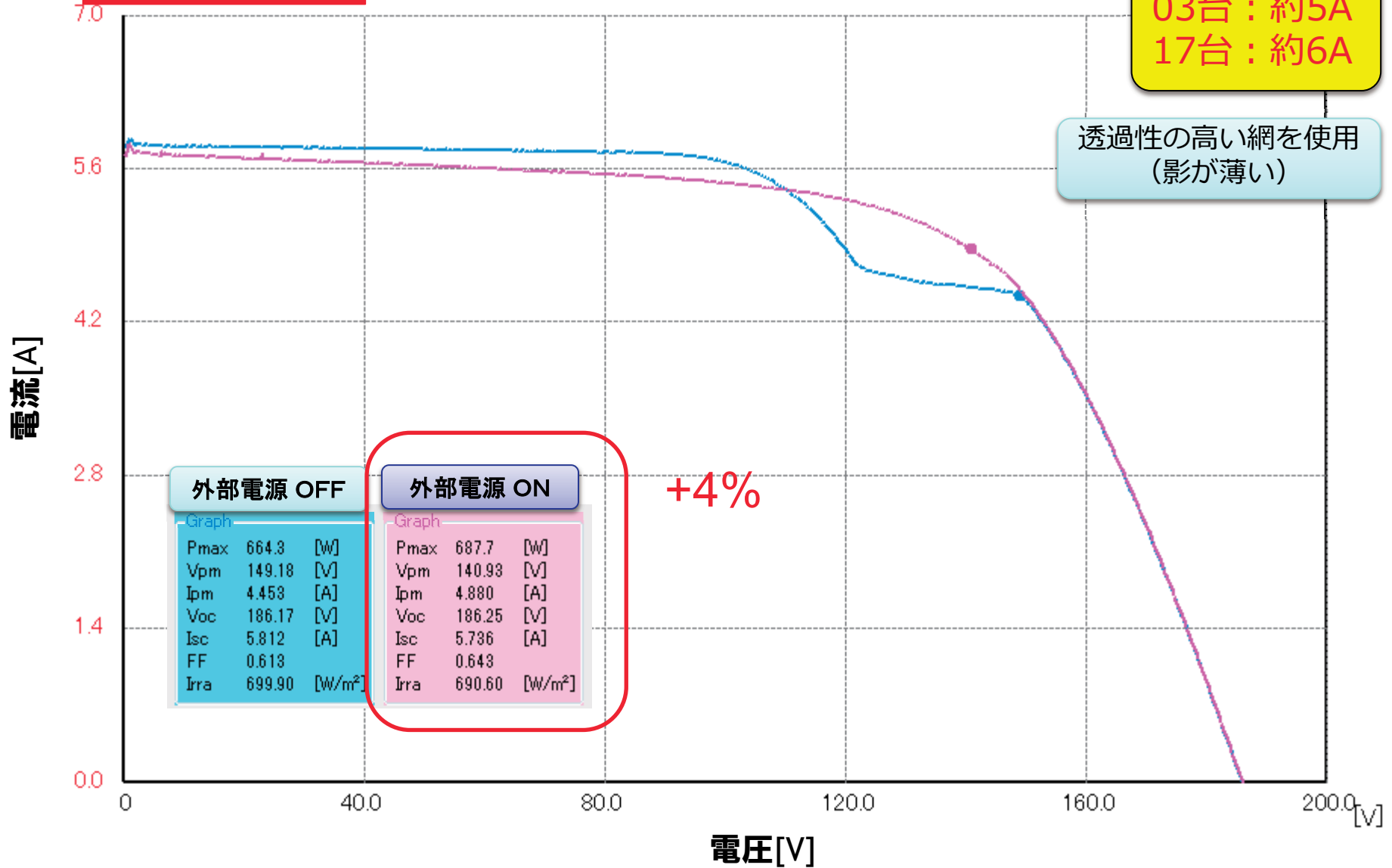
改善される例1



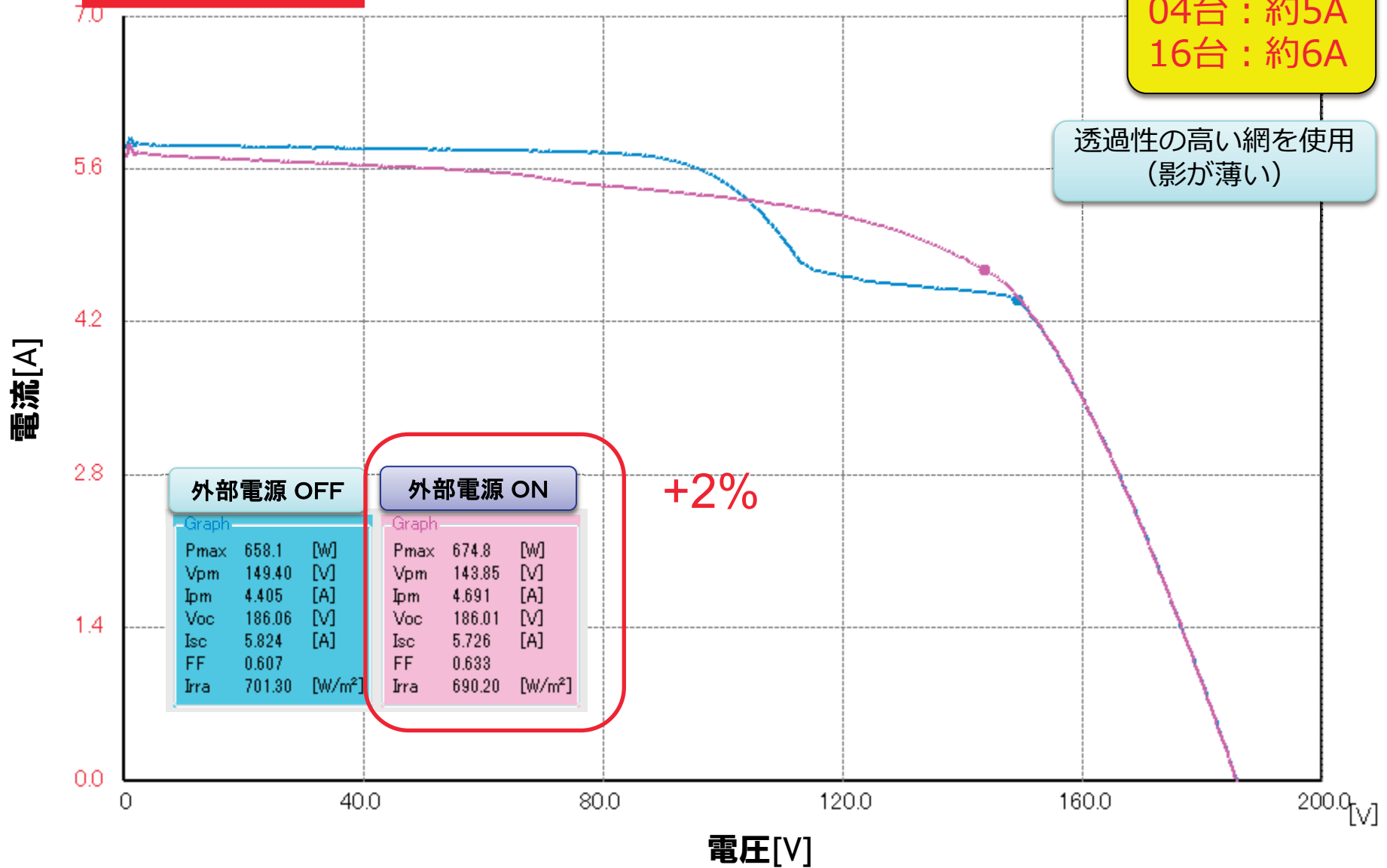
改善される例2



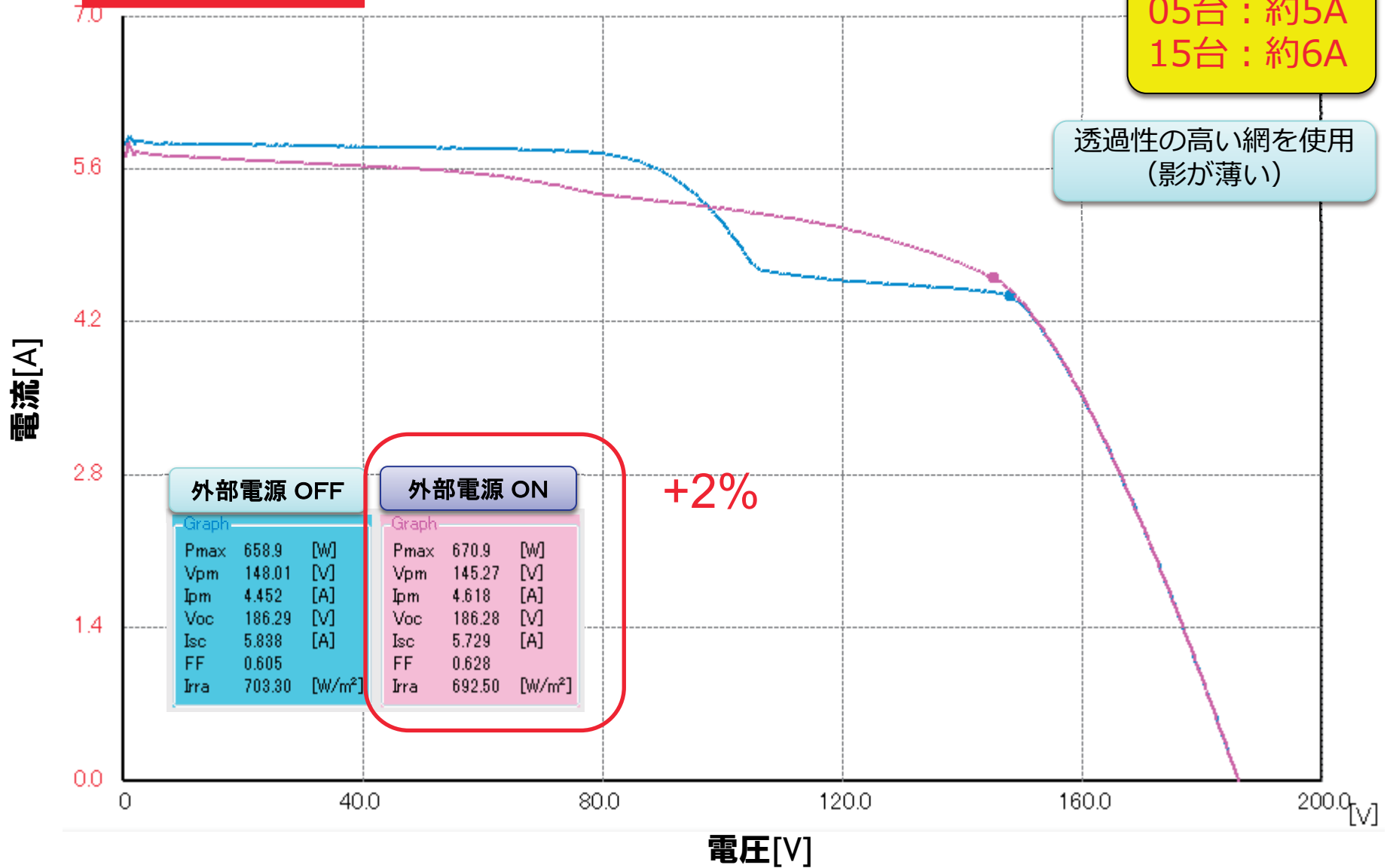
改善される例3



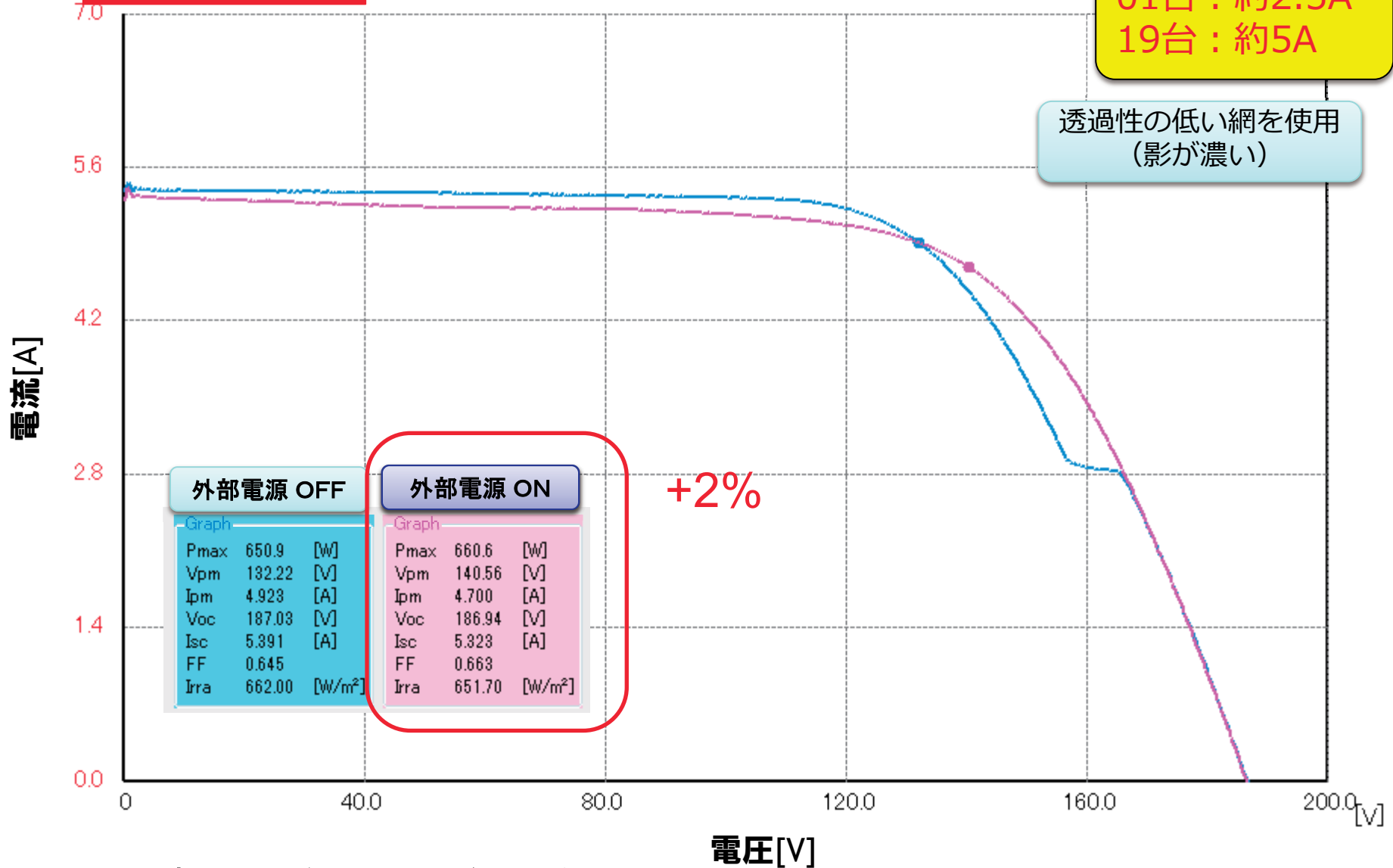
改善される例4



改善される例5



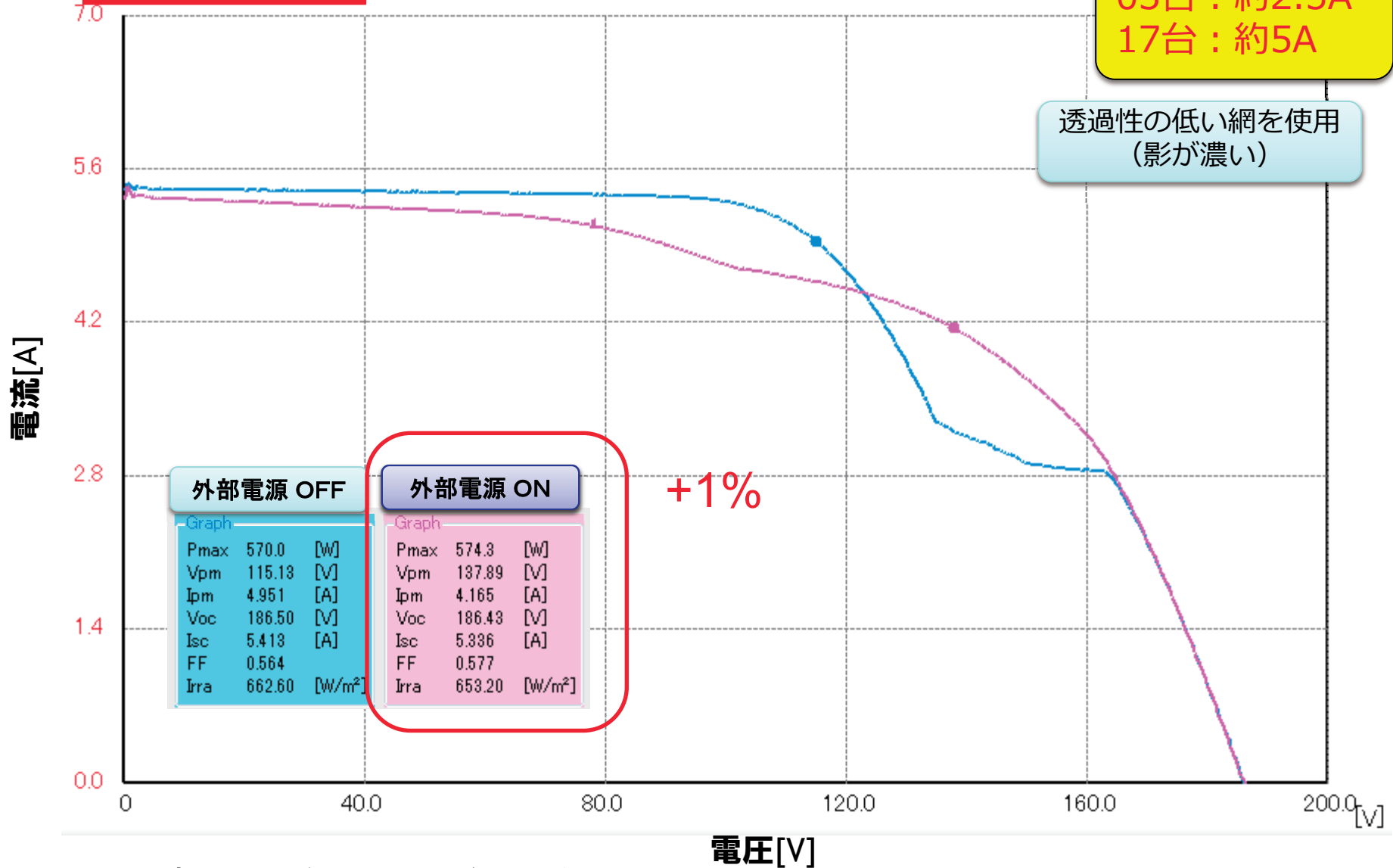
改善される例6



測定日: 2014年12月8日 気温: 9°C

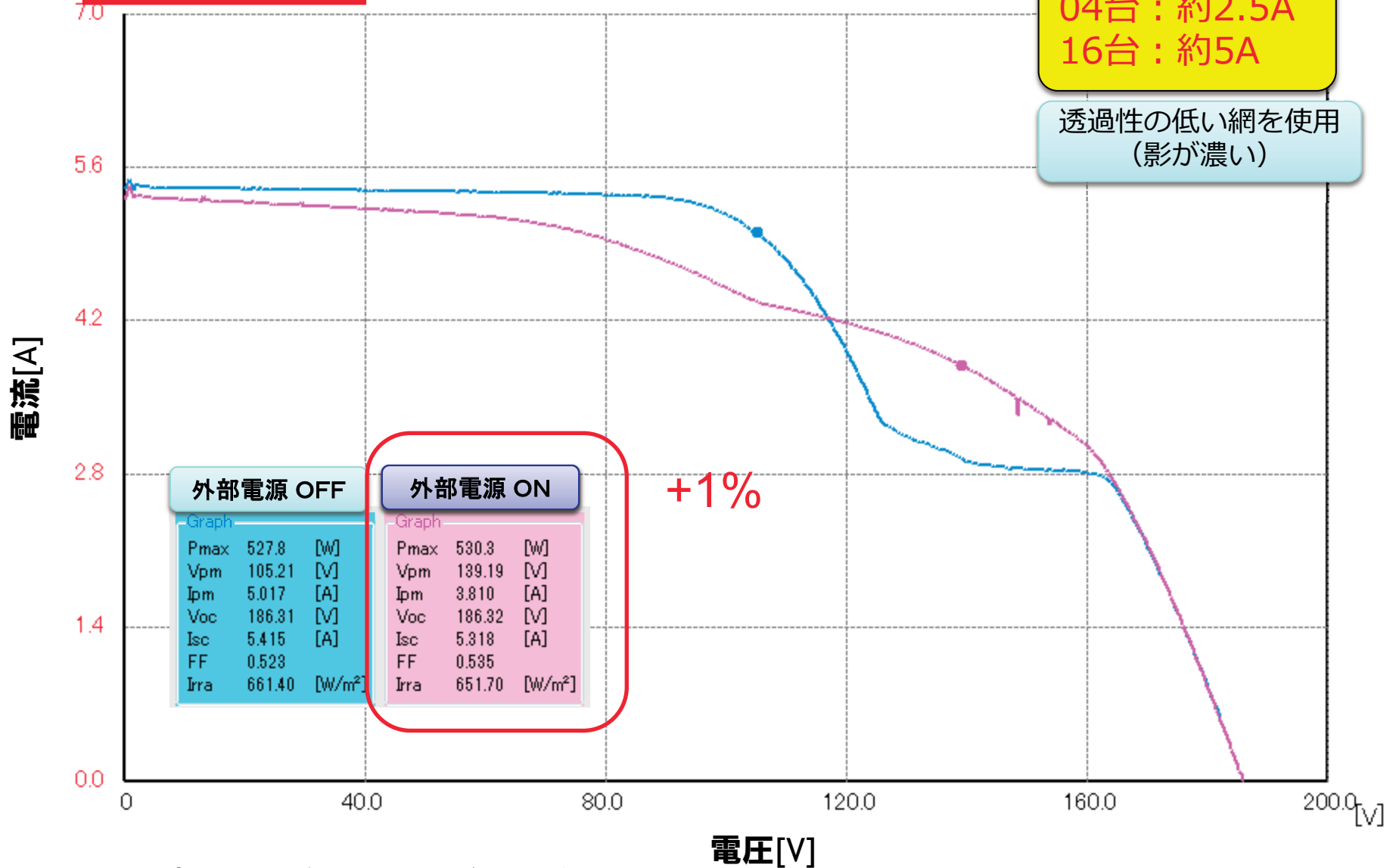


改善される例7



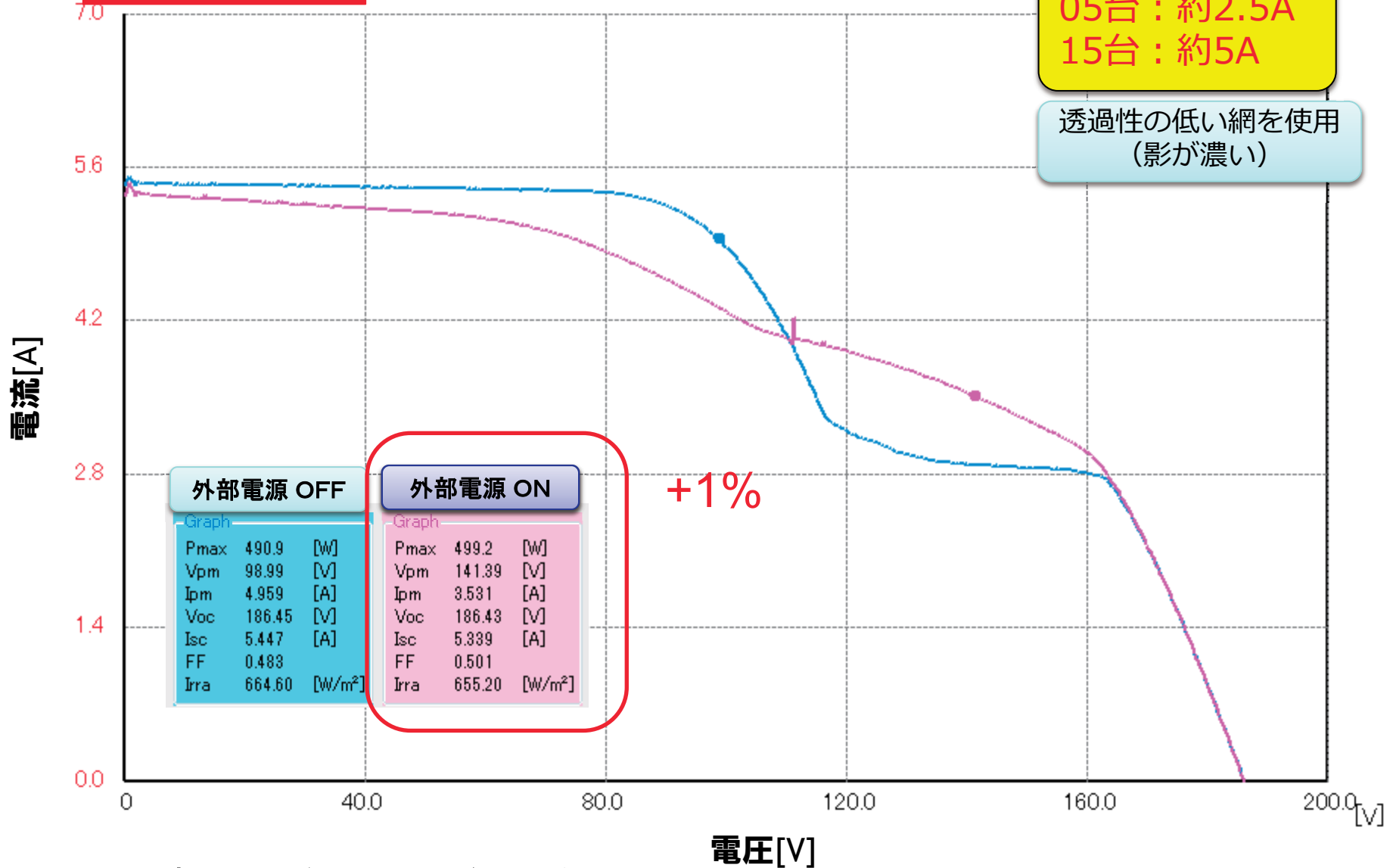
測定日: 2014年12月8日 気温: 9°C

改善される例8



測定日: 2014年12月8日 気温: 9°C

改善される例9



測定日: 2014年12月8日 気温: 9°C

## まとめ

- **太陽電池モジュール間の電力配分による自動最適化回路を提案した。**
  - ⇒I-Vカーブを整形可能。
  - ⇒ミスマッチによる損失をリカバー
    - 最大1~10%。
- **特に電流差が小さい範囲で有効であることを示した。**
  - フレキシブルや集光への適用
  - 電流差が大きい場合は、損失が拡大する場合もある。
- **今回はコンデンサ(C)タイプを紹介。小型化, 配分による線路損失低減が課題。**
  - リアクトル(L)タイプ, LCタイプ, フライバックタイプも検討(各4台で実験済み)
- **公開特許2件(未公開特許:2件)**
  - 特開2014-103766, 特開2014-116991

## 謝辞

**本研究はセンターステップアップ予算により実施したものです。  
関係各位に感謝します。**