
ブロッキングダイオードとPVヒューズの 逆電流保護方法の違い

2014年3月26日

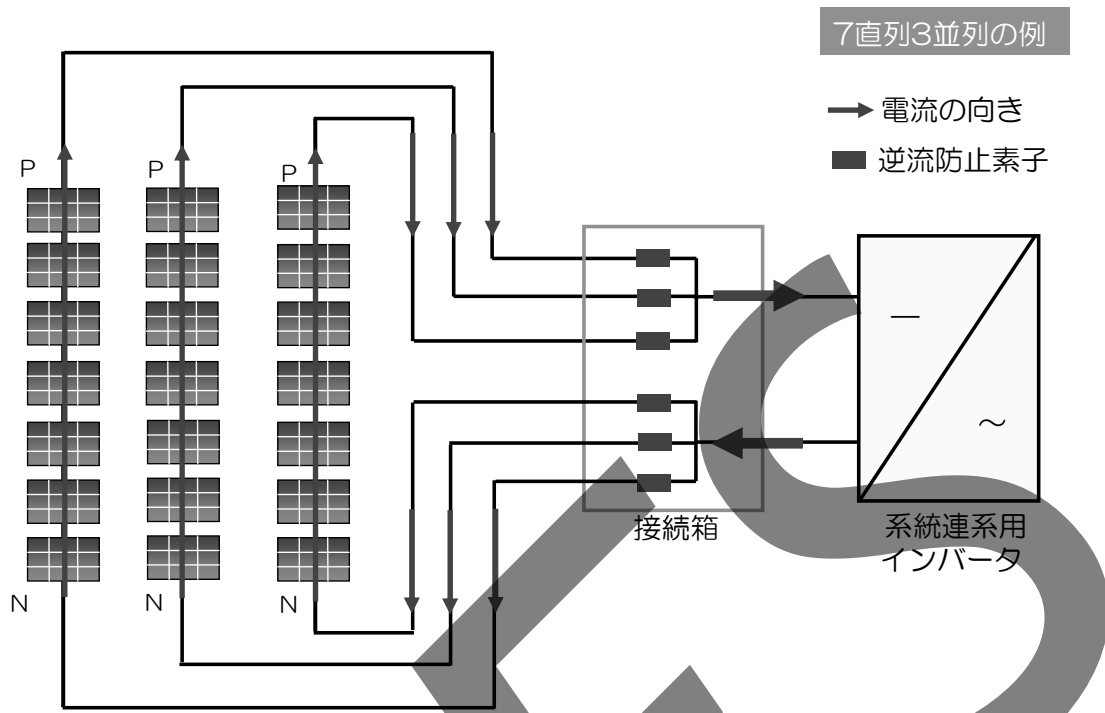
株式会社 関電工
宮本 裕介

目次

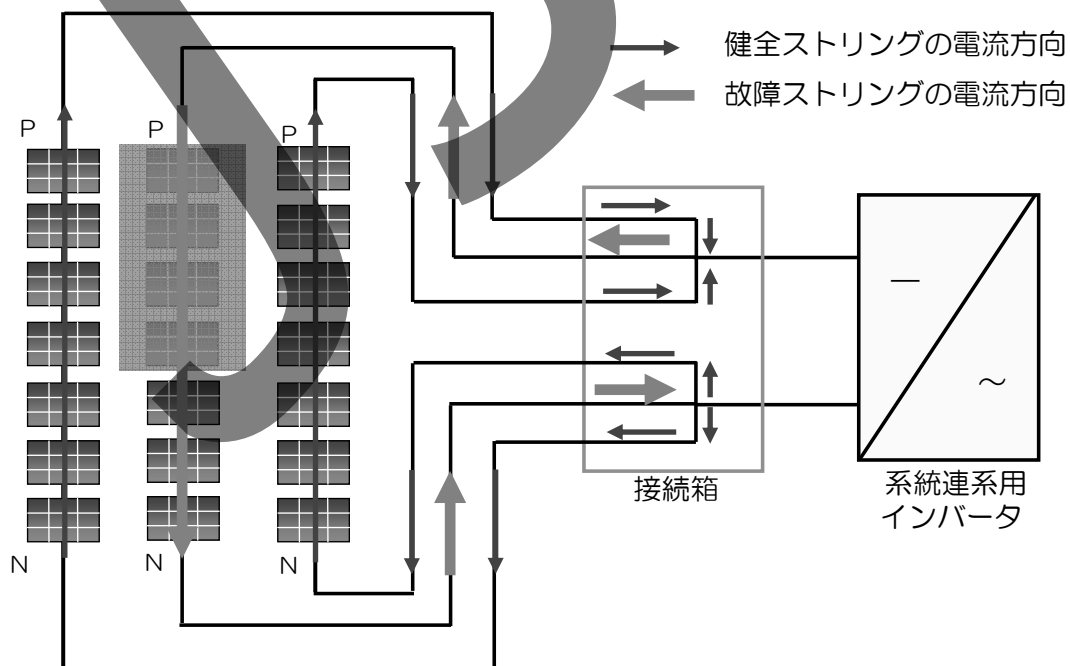
1. 太陽光発電システムの設備構成
2. 実験設備
3. I-V特性の測定
 - (1) 試験回路・試験条件
 - (2) I-V特性試験結果
 - (3) 逆電流値の推定
4. 直列短絡試験
 - (1) ブロッキングダイオード不使用
 - (2) ブロッキングダイオード使用
5. PVヒューズの特性
 - (1) ヒューズ試験結果の一例
 - (2) ブロッキングダイオード不使用時の年間逆電流発生頻度
6. まとめ

1. 逆電流発生のメカニズム

(1) 太陽光発電システムの設備構成

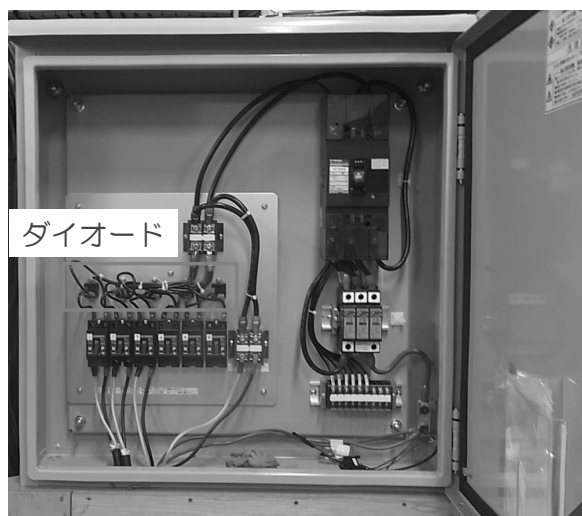


(2) 故障時の電流方向

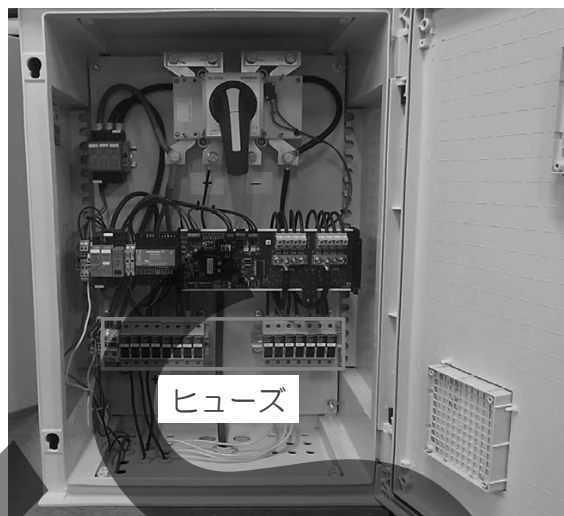


事故等により、直列電圧が低下した場合に逆電流が発生する。

(3) 接続箱の構成



日本製

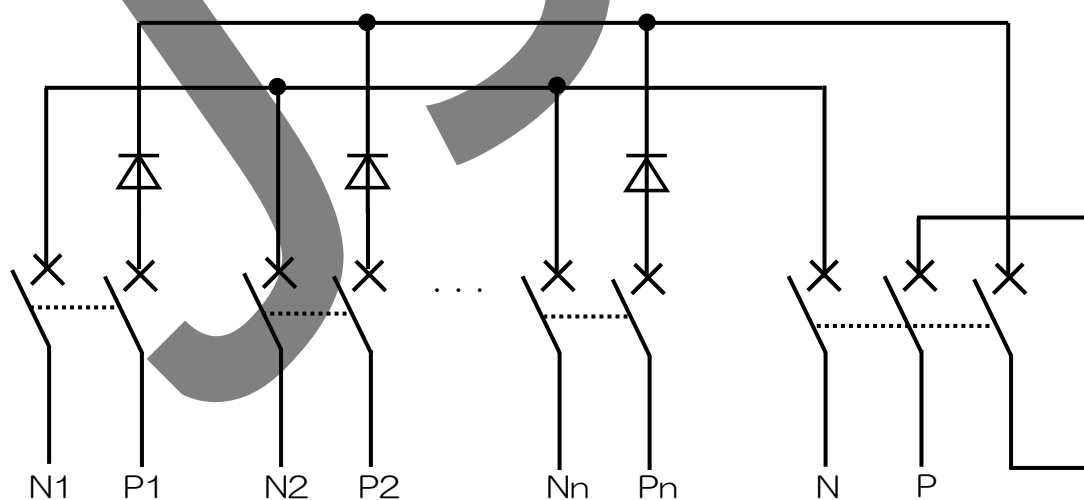


海外製

逆流防止素子として、国内では主にブロッキングダイオードが、海外ではヒューズが使用されている。

(4) 回路構成

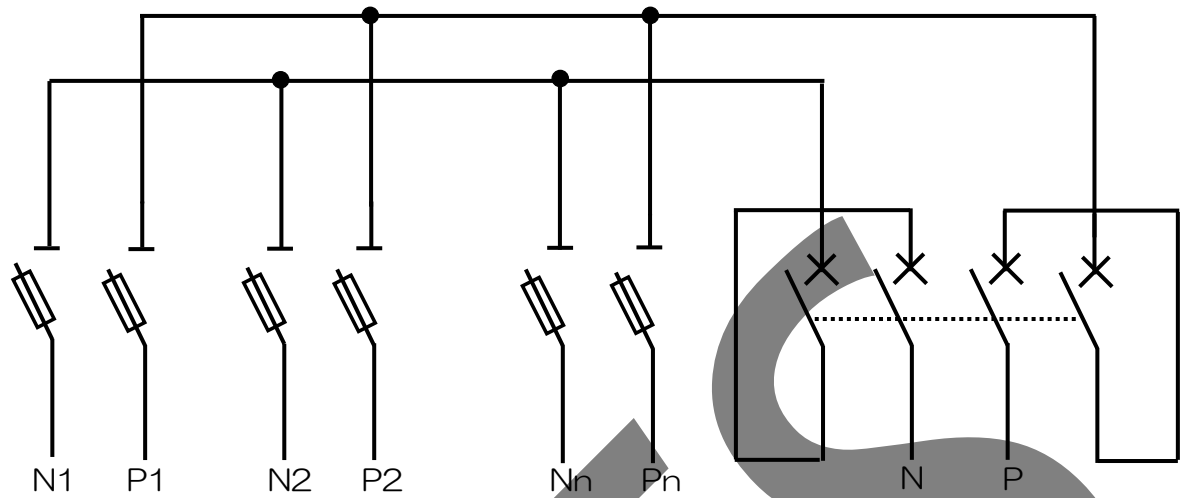
① ブロッキングダイオード



主な特徴

- ・ 各分岐の片相にブロッキングダイオードを実装（図はP側実装の例）
- ・ 各分岐に開閉器を実装
- ・ 出力側遮断器はオプション若しくは無しの場合もあり

②ヒューズ



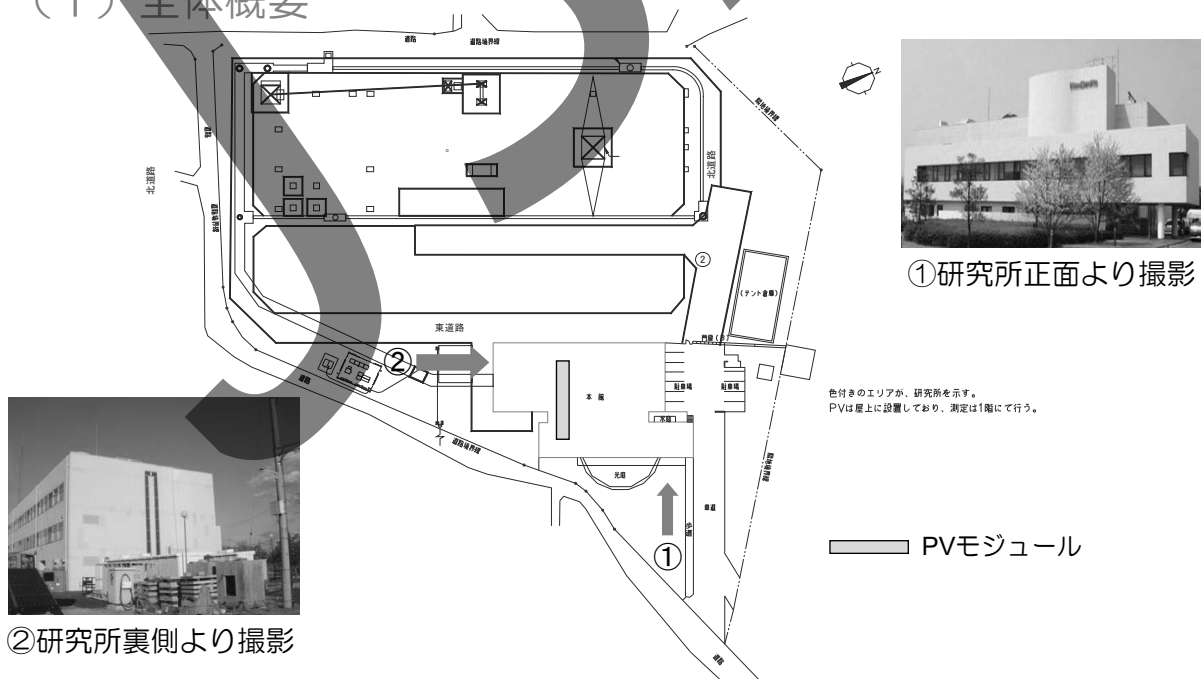
主な特徴

- ・全分岐にヒューズを実装
- ・分岐回路は、通電中の開放不可
- ・出力側遮断器が必要

KANDENKO

7

2. 実験設備 (1) 全体概要



①研究所正面より撮影

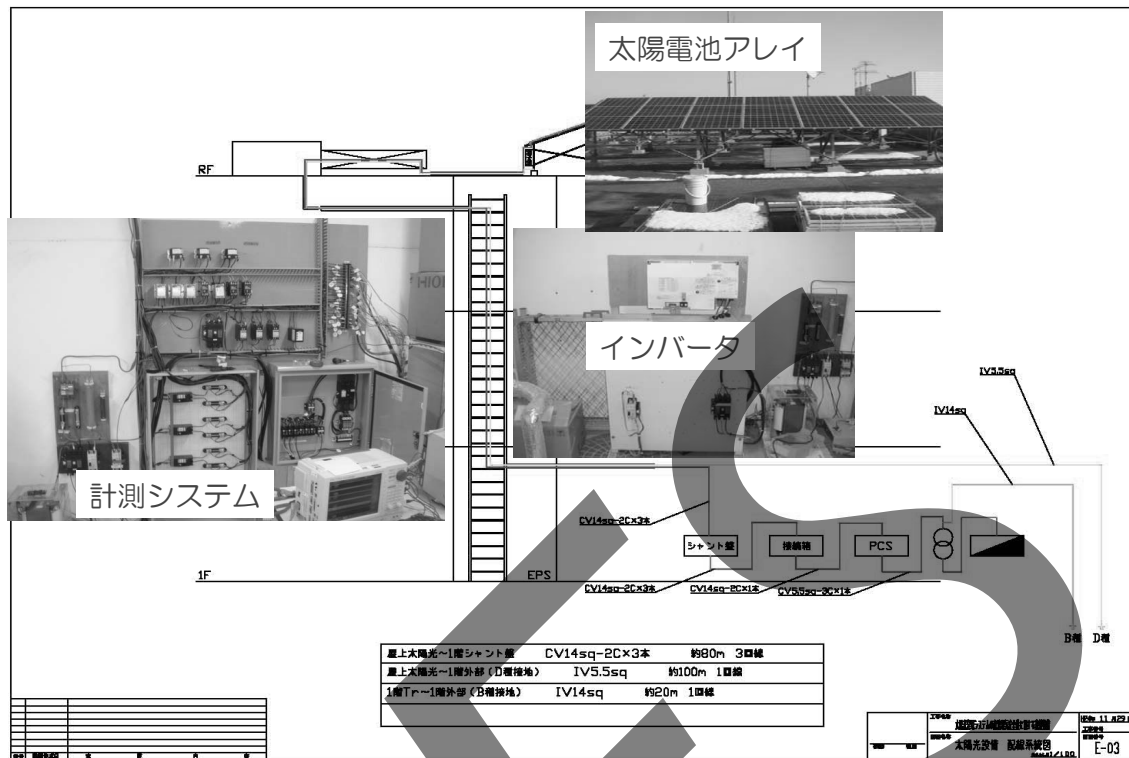
②研究所裏側より撮影

関電工技術研究所（茨城県かすみがうら市）に実験設備を構築

KANDENKO

8

(2) システム構成



KANDENKO

9

(3) 太陽電池アレイ構成

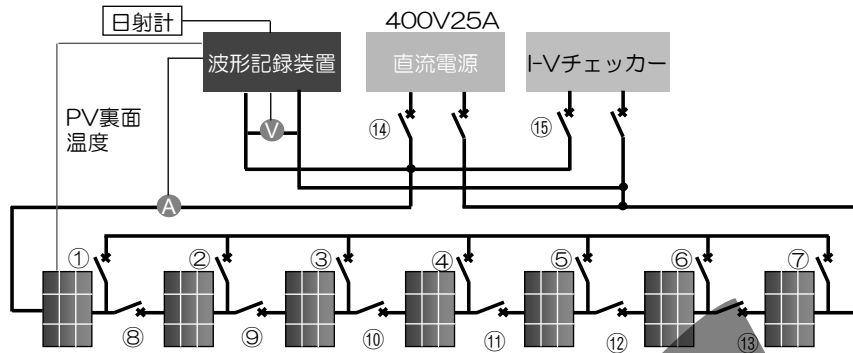
	公称値	
	モジュール	アレイ
最大電力 (Pmax)	200 (W)	4200 (W)
短絡電流 (Isc)	9.28 (A)	27.84 (A)
開放電圧 (Voc)	29.5 (V)	206.5 (V)
最大出力動作電流 (I _{pmax})	8.48 (A)	25.44 (A)
最大出力動作電圧 (V _{pmax})	23.6 (V)	165.2 (V)

KANDENKO

10

3. I-V特性の測定

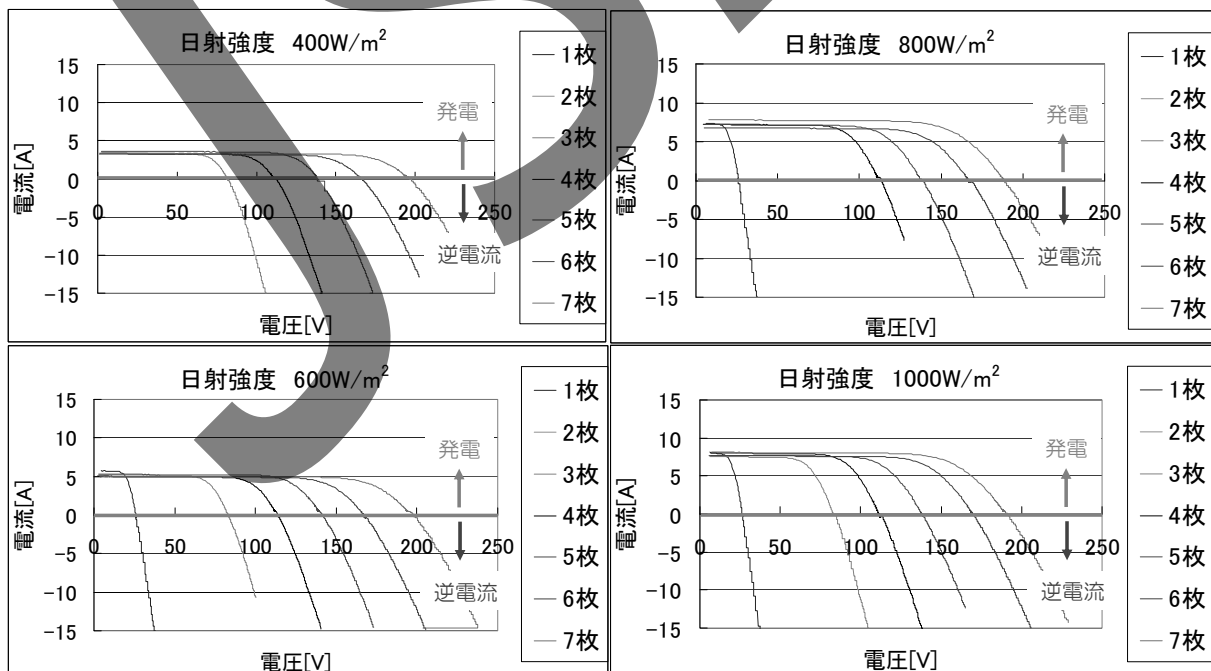
(1) 試験回路・試験条件



PVパネル直列数	ブレード投入箇所	
	発電領域	逆電流領域
1枚	①,⑦,⑮	①,⑦,⑭
2枚	②,⑦,⑧,⑮	②,⑦,⑧,⑭
3枚	③,⑦,⑧,⑨,⑮	③,⑦,⑧,⑨,⑭
4枚	④,⑦,⑧,⑨,⑩,⑮	④,⑦,⑧,⑨,⑩,⑭
5枚	⑤,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑮	⑤,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑭
6枚	⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫,⑮	⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫,⑭
7枚	⑧,⑨,⑩,⑪,⑫,⑬,⑮	⑧,⑨,⑩,⑪,⑫,⑬,⑭

開放電圧より電圧が低い領域（順電流領域）と電圧が高い領域（逆電流領域）の両方を日射条件に応じて計測

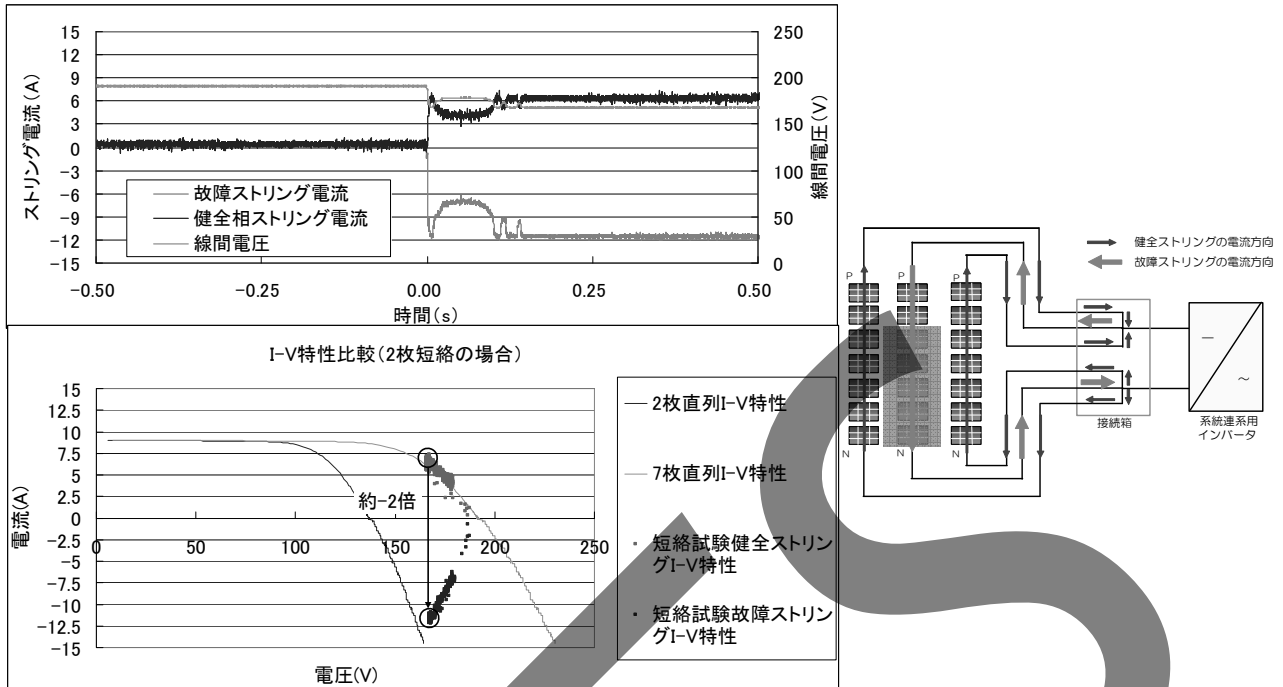
(2) I-V特性試験結果



日射強度に応じて、太陽電池は発電領域から逆電流領域まで動作可能

JIS8923-02 に基づき実測値を換算（PV温度53度）

(3) 逆電流値の推定

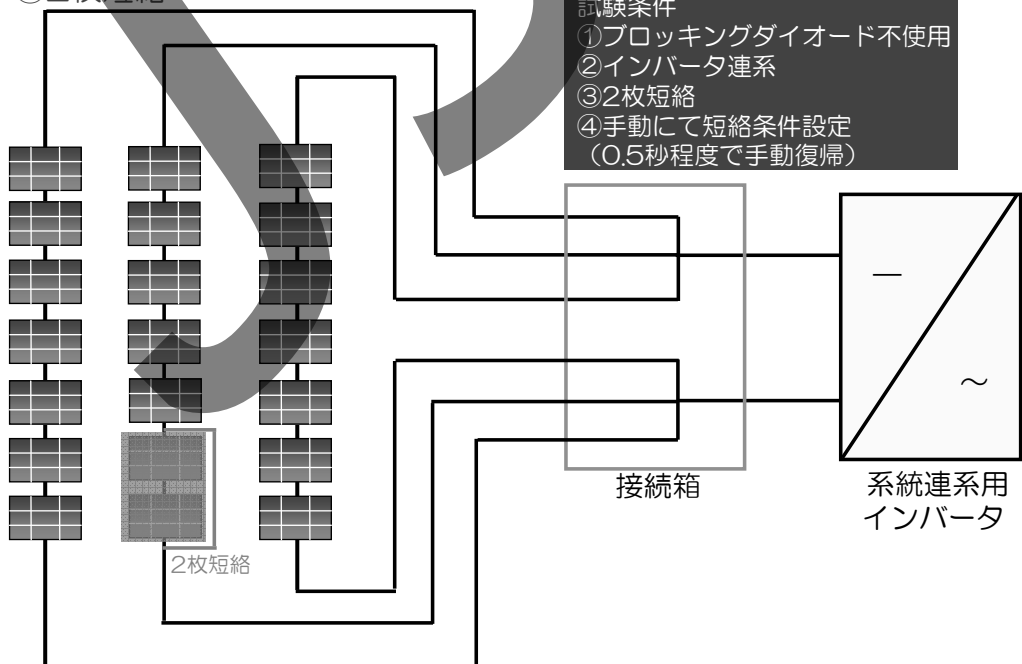


逆電流 = 健全ストリング電流 × (N-1) N: ストリング数

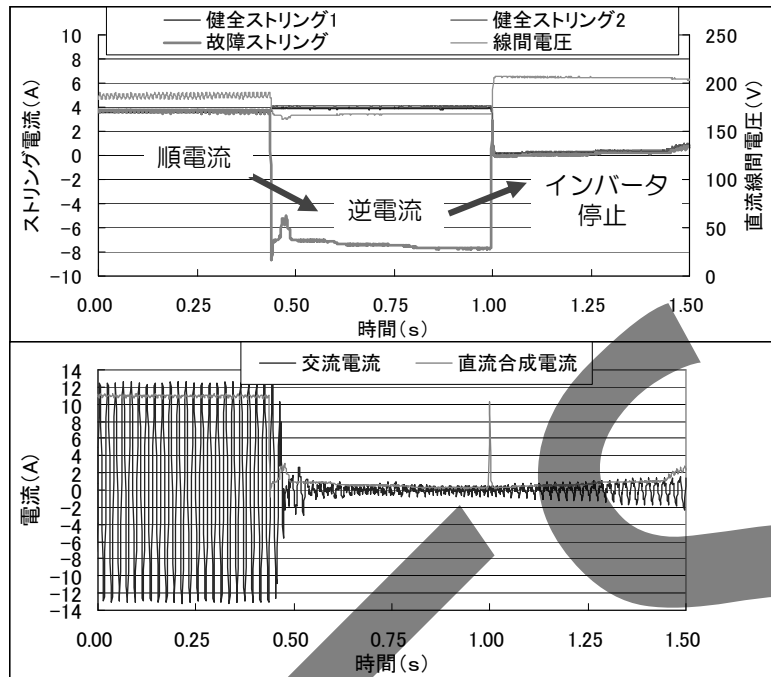
4. 直列短絡試験

(1) ブロッキングダイオード不使用

① 2枚短絡

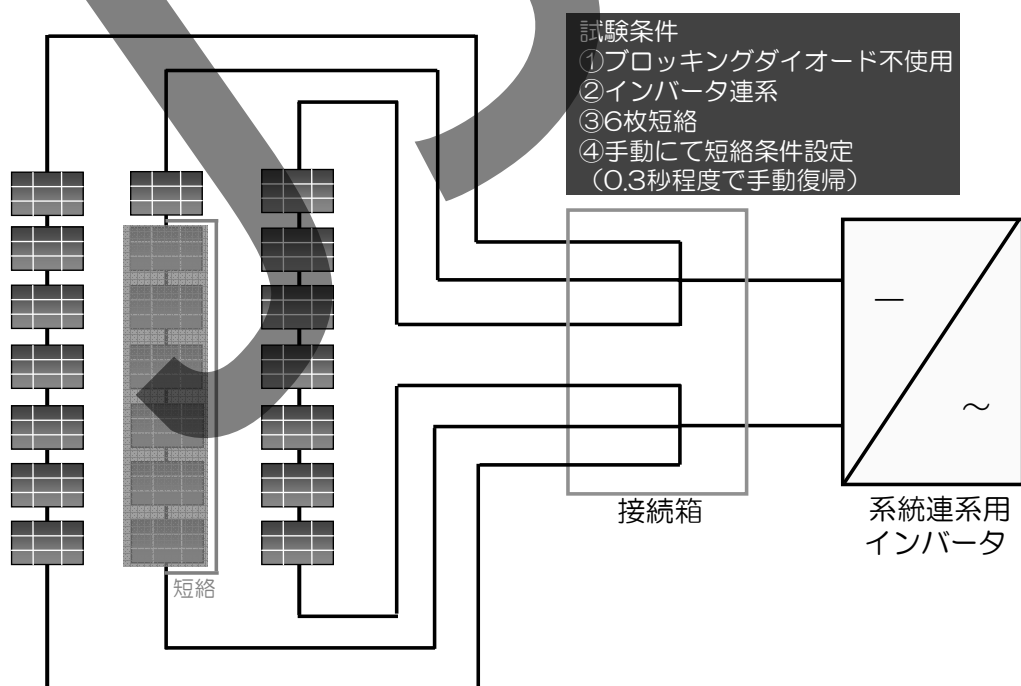


2枚短絡試験結果

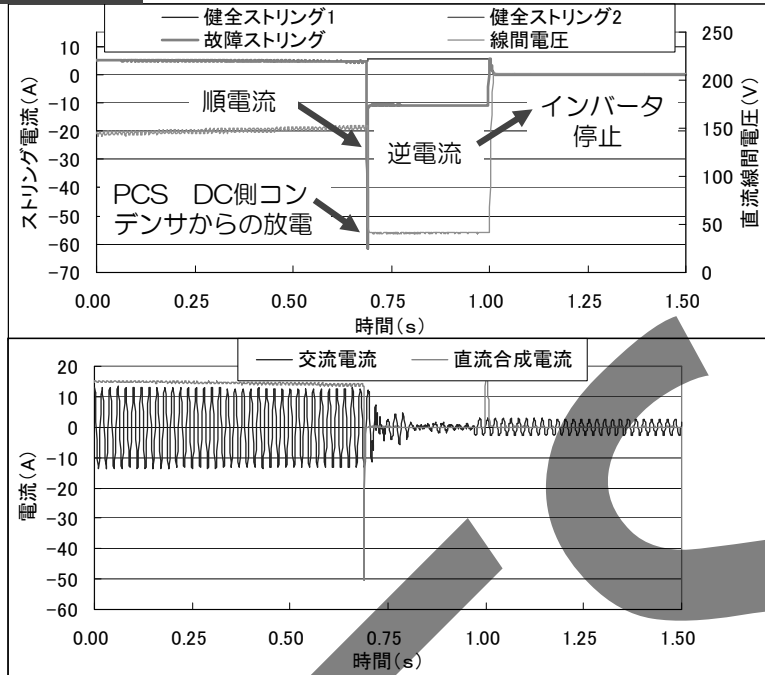


ブロッキングダイオード不使用の条件で、系統連系中に2枚短絡した結果、逆電流が発生。（健全ストリング電流4A程度、故障ストリング電流-8A程度）

②6枚短絡試験

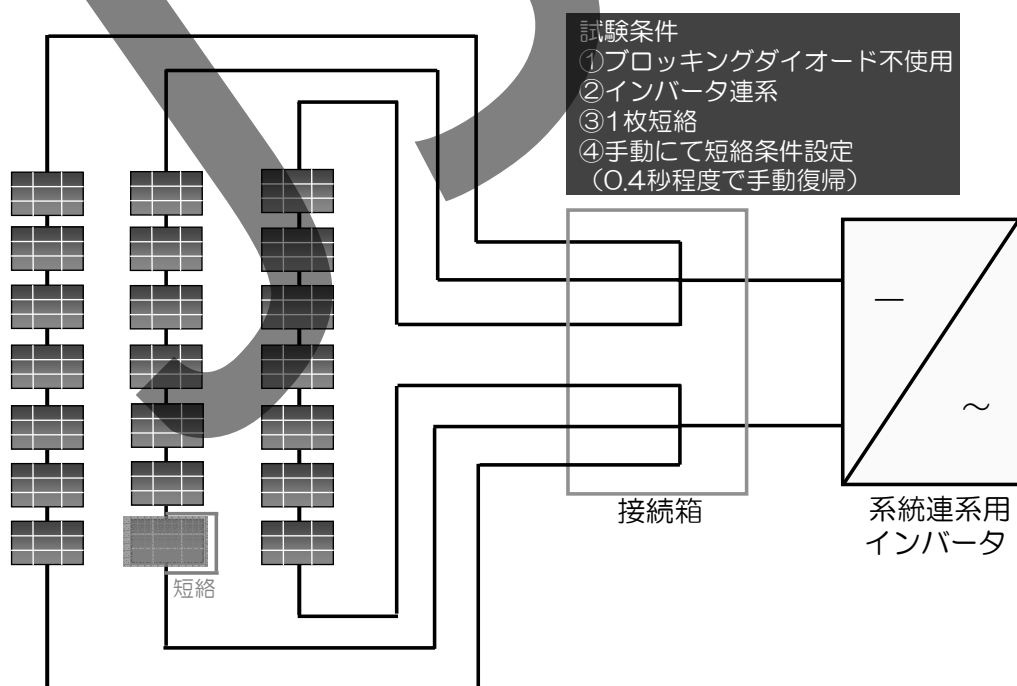


6枚短絡試験結果

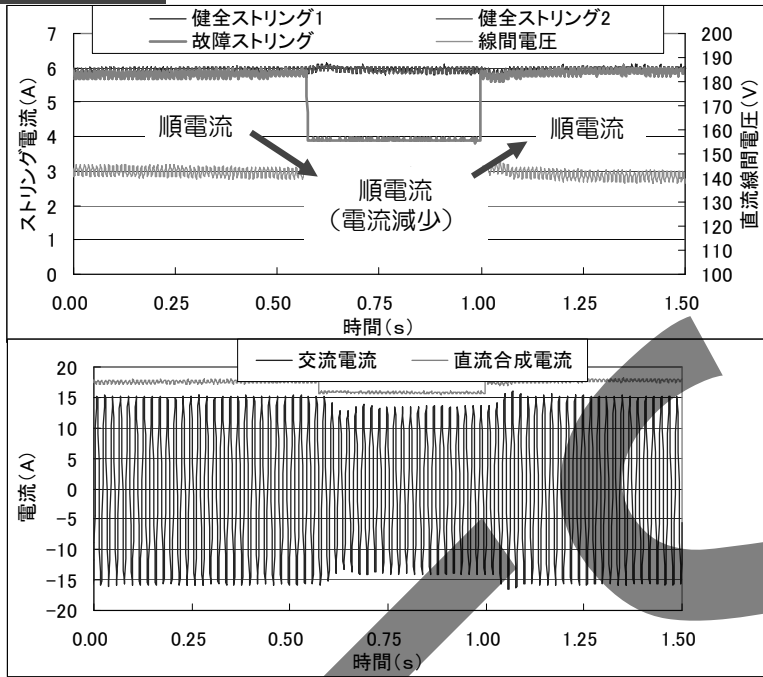


ブロッキングダイオード不使用の条件で、系統連系中に6枚短絡した結果、逆電流が発生。（健全ストリング電流5A程度、故障ストリング電流-10A程度。ただし、コンデンサからの放電時は故障ストリング電流が-50A程度）

③ 1枚短絡試験



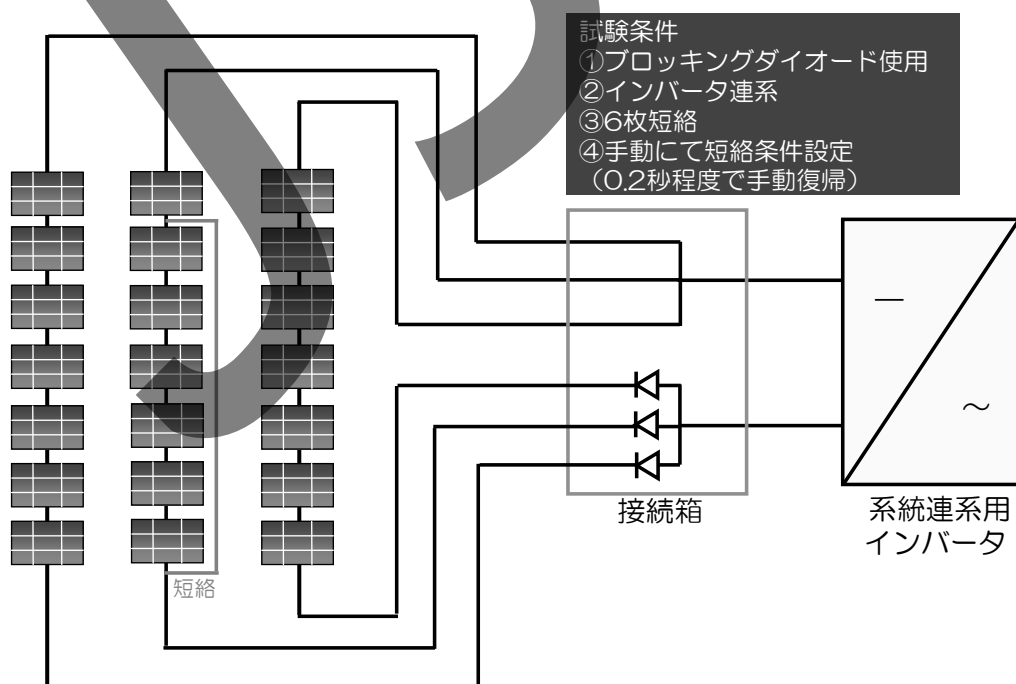
1枚短絡試験結果



ブロッキングダイオード不使用の条件で、系統連系中に1枚短絡した結果、逆電流発生せず。（健全ストリング電流6A程度、故障ストリング電流4A程度）

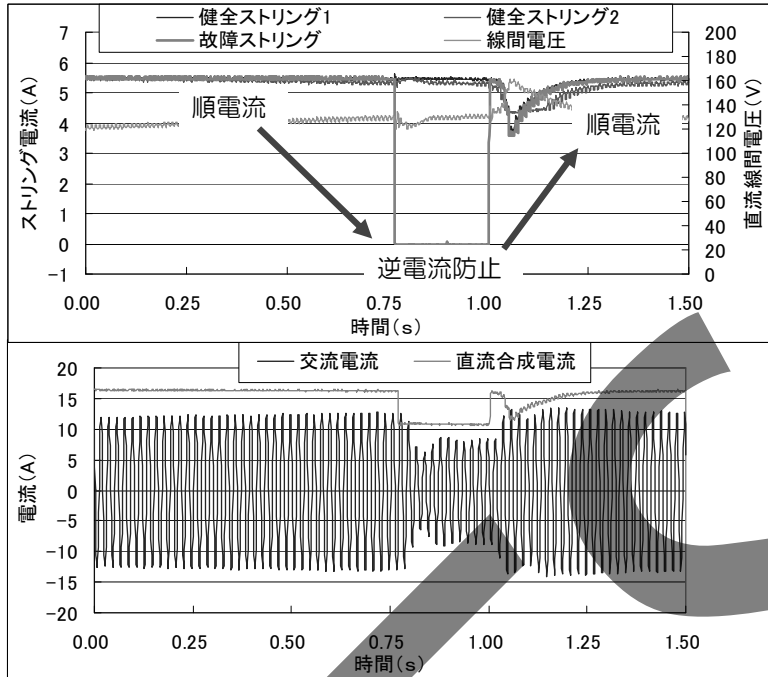
(2) ブロッキングダイオード使用

① 6枚短絡試験



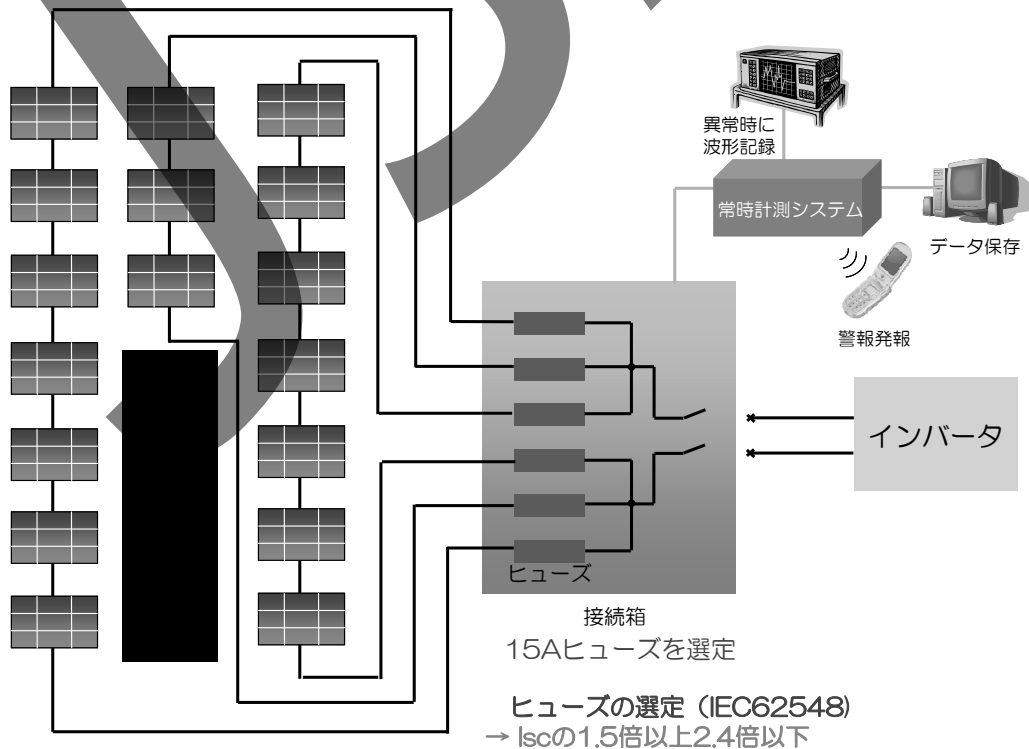
- 試験条件
- ① ブロッキングダイオード使用
 - ② インバータ連系
 - ③ 6枚短絡
 - ④ 手動にて短絡条件設定 (0.2秒程度で手動復帰)

6枚短絡試験結果

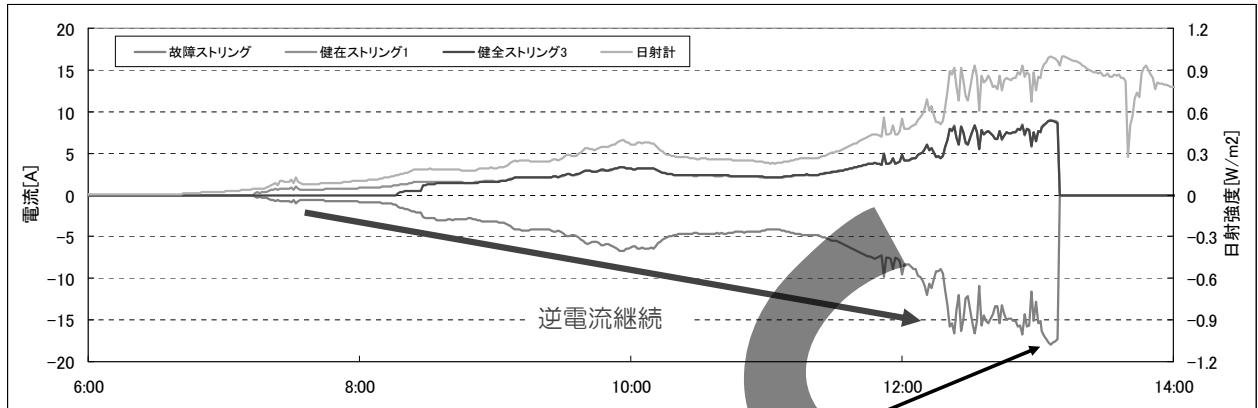


ブロッキングダイオード使用の条件で、系統連系中に6枚短絡した結果、逆電流を防止。（健全ストリング電流5.5A程度、故障ストリング電流0A）

5. PVヒューズの特性 (1) ヒューズ試験結果の一例



4枚短絡試験結果

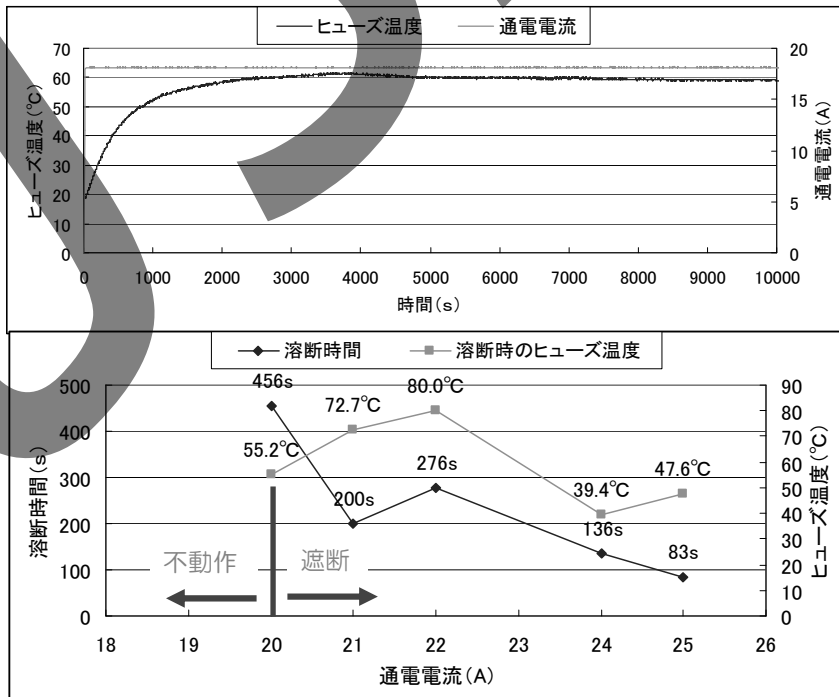


ヒューズが溶断することで過電流を防止。ただし、ヒューズ溶断までは逆電流が発生

ただし...

15Aヒューズ

18A連続通電試験



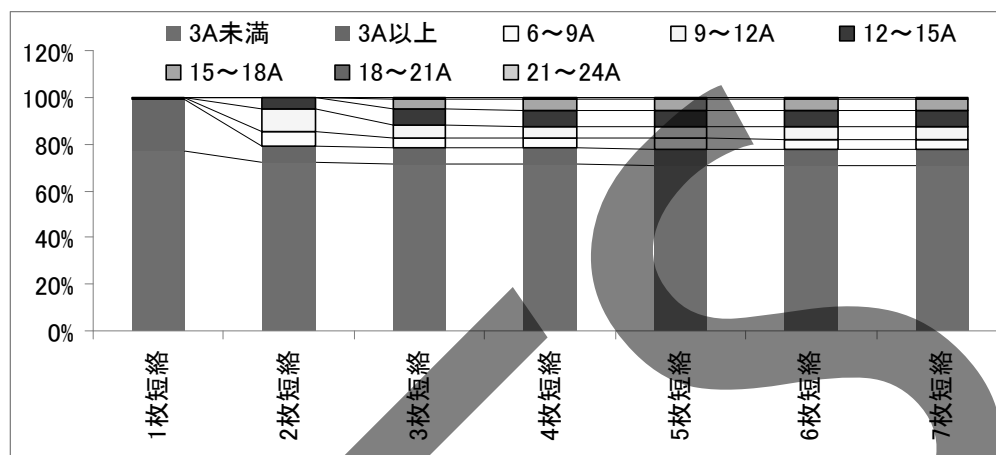
通電試験と遮断時間

直流電源を用いて18A連続通電実施時は遮断せず。(個体差あり)

(2) ブロッキングダイオード不使用時の年間逆電流発生頻度

検討条件

- ①実験設備と同様に7直列3並列構成
- ②日射、温度データはNEDOが実施した「集中連系型太陽光発電システム実証研究」の年間実測データを使用
- ③JIS8923-02に基づき、今回実測したI-V特性を用いて、日射・温度に応じた逆電流を換算



短絡枚数の増加と共に過大な逆電流の発生頻度が増加

6. まとめ

- ①ブロッキングダイオード不使用の条件で、あるストリングの直列枚数が減少すると逆電流が発生する。(PCS運転停止時も逆電流は継続)
- ②逆電流の大きさは、健全ストリング電流×ストリング数-1で決定される。
- ③ブロッキングダイオードを使用すると、基本的に逆電流は発生しない。
- ④ヒューズを使用すると、過電流発生時に遮断する。ただし、ヒューズ遮断領域以下の逆電流は許容する。

本研究の一部は、経済産業省/三菱総合研究所受託研究
「新エネルギー等共通基盤整備促進事業」における「太陽光発電システムの直流電気安全性に関する基盤整備」の一環で行った