

# 逆電流に関する基礎的な検討

平成26年4月25日

株式会社NTTファシリティーズ  
馬場 政志

1

## 背景

太陽電池モジュールを並列に接続する回路には、その回路に短絡が生じた場合に回路を保護する過電流遮断器その他の器具を施設すること。と各種保護素子の設置が義務付けられている。

	逆流防止ダイオード	ヒューズ
特徴	整流作用を持つ半導体素子	定格電流以上で溶断する回路保護素子
安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>日陰や地絡等による電圧低下や、逆接続しても他ストリングからの逆流を防止できる</li> <li>故障モードがショートの場合、過電流を保護できない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日陰や地絡等による電圧低下や、逆接続すると他ストリングから逆流する</li> <li>過電流を確実に保護できる</li> </ul>
経済性	<ul style="list-style-type: none"> <li>順方向電圧低下により、通電時にロスが生じる</li> <li>ロスに伴う発熱や放熱設計の観点から、接続箱の筐体サイズや材質に制約がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通電によるロスがほぼ無い</li> <li>発熱しないので、接続箱の筐体サイズを小さくでき、樹脂など軽量素材を使用できる</li> </ul>
実績	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内での豊富な実績</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内実績が乏しい(欧州では豊富)</li> </ul>

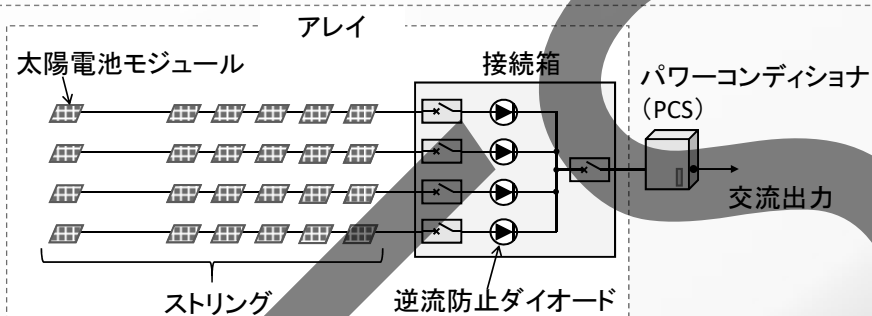
(C) 2014 NTT Facility

## 背景

### 逆流防止ダイオード (Blocking Diode)

出力の低いストリングへ流れ込む逆電流を防止

- ・部分影
- ・短絡故障や地絡故障



日本における太陽光発電システムの一般的な構成

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

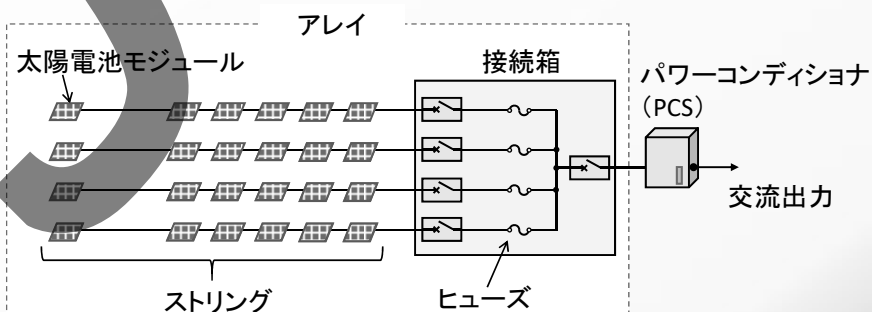
3

## 背景

### ヒューズ (FUSE)

他のストリングから流れ込む逆電流が定格以上で溶断

どのような条件で、どの程度の逆電流が流れるかをシミュレーションと実験で定量的に把握する必要がある。



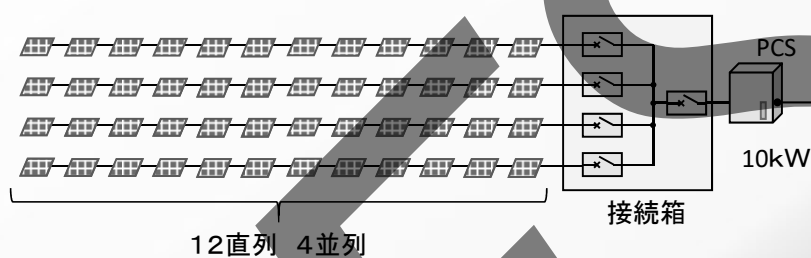
欧米における太陽光発電システムの構成

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

4

### 検討システムの構成

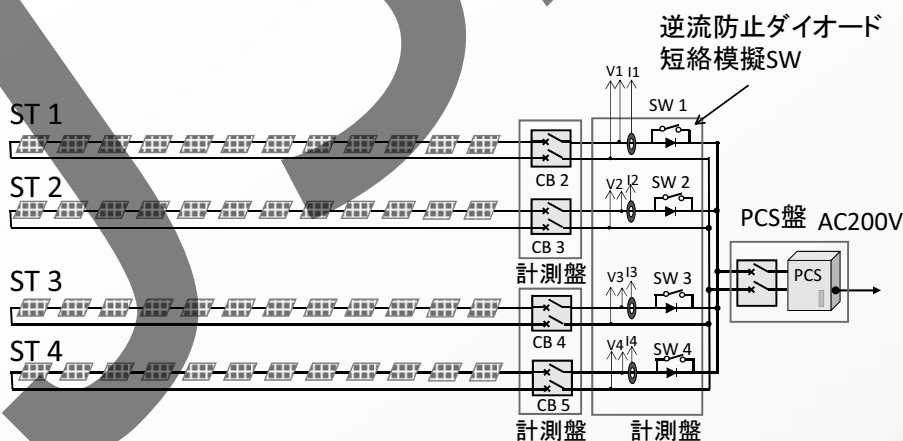
項目	内容・値	
PVモジュール	種類	単結晶シリコン
	公称最大出力 Pm	208.4 W
	公称開放電圧 Voc	33.2 V
ストリング	公称短絡電流 Isc	8.50 A
	モジュールの直列数	12
アレイ	ストリングの並列数	4
	接地方式	非接地



(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

5

### 実験システム



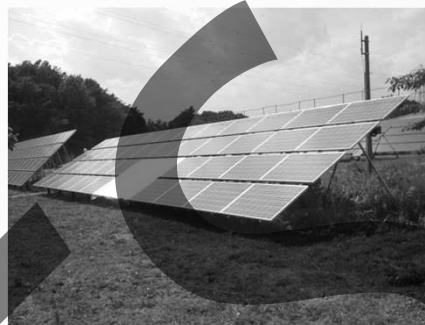
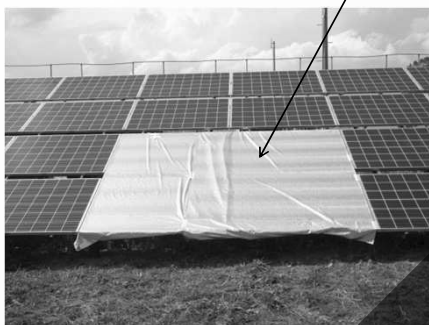
項目	値
方位	南
傾斜角	30°

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

6

## 実験システム

ターポリンシート（遮光率 99.99%）



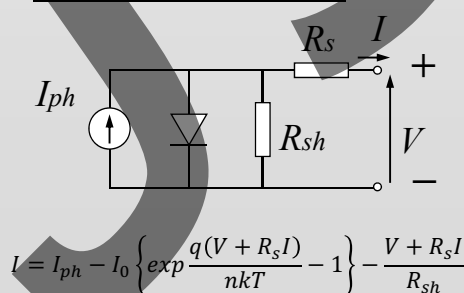
日影による出力低下の模擬方法

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

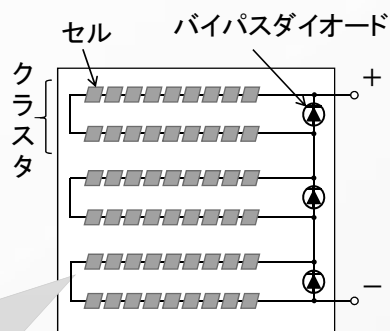
7

## シミュレーションモデル

### 太陽電池セルのモデル



各種パラメータは実験システムの計測値から算出



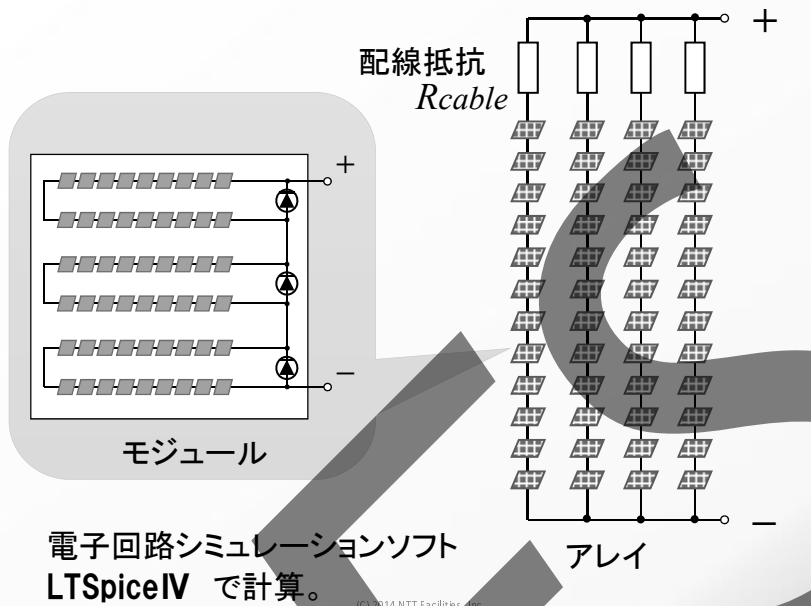
モジュールの構成

項目	値
セルの直列数	54
クラスタ数	3

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

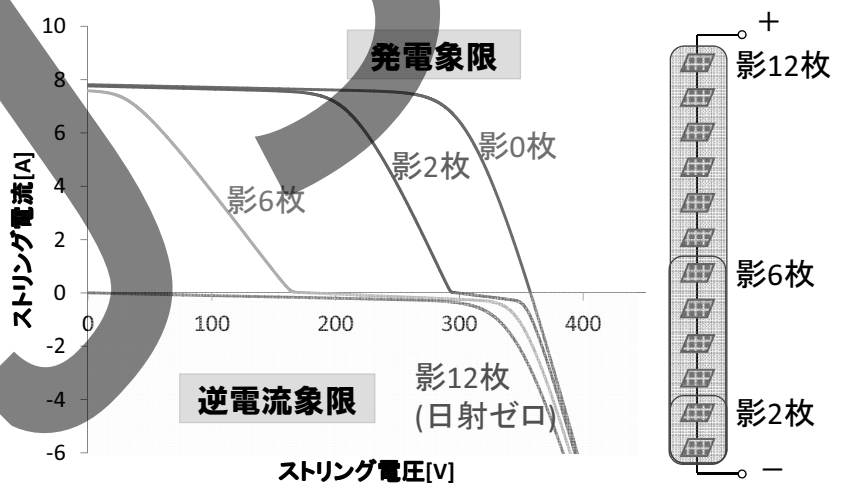
8

## シミュレーションモデル



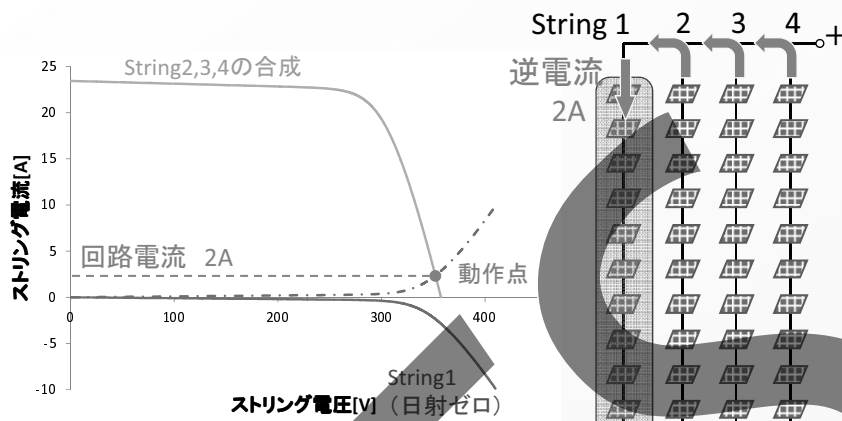
9

## 発電象限と逆電流象限



10

### PCS停止時の逆電流の算定（日影によるアンバランス）

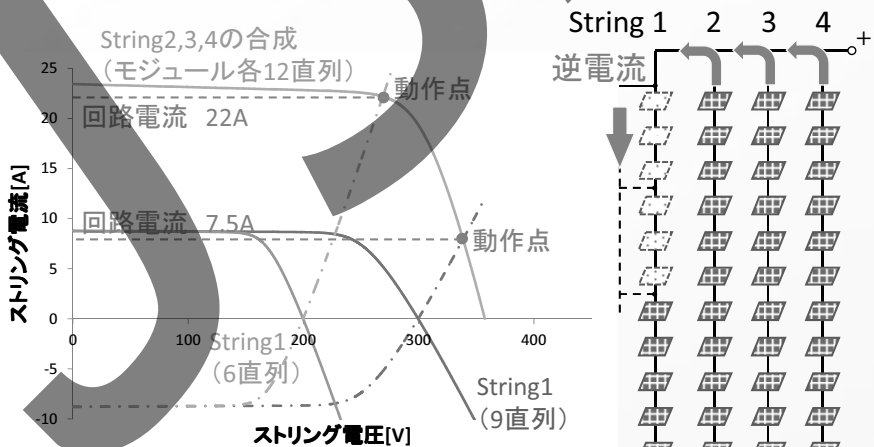


負荷となるstringのI-Vカーブを電圧軸について対称に描き、他のstringのI-Vカーブとの交点が動作点となる。

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

11

### PCS停止時の逆電流の算定（直列数のアンバランス）

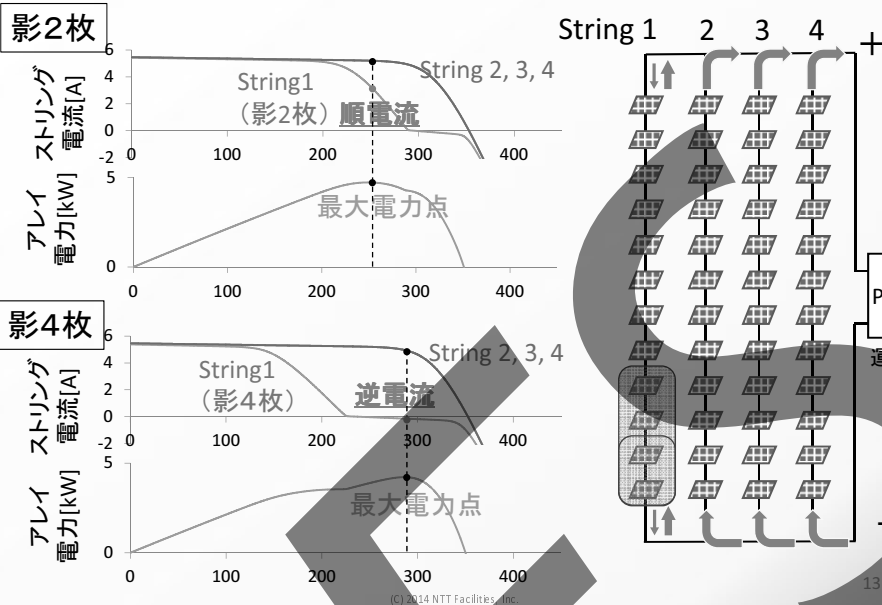


太陽電池の直列数が極端に減ると、健全stringの短絡電流が流れ込む。

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

12

### PCS運転時の逆電流の算定（日影によるアンバランス）

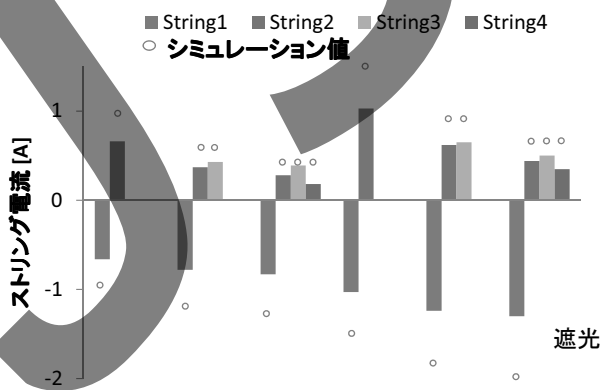


(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

13

### 実験とシミュレーションの結果

#### PCS停止時／日影によるアンバランス



String1の影	6枚			12枚		
並列String	2	3	4	2	3	4

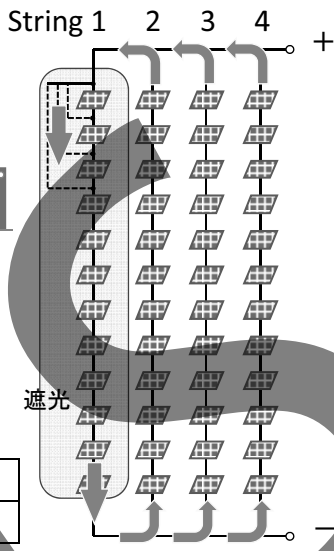
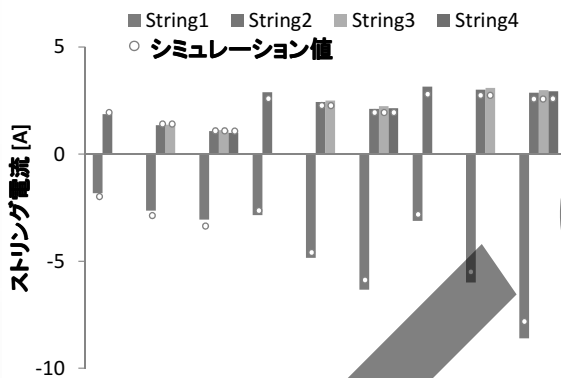
遮光

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

14

### 実験とシミュレーションの結果

PCS停止時／直列数のアンバランス



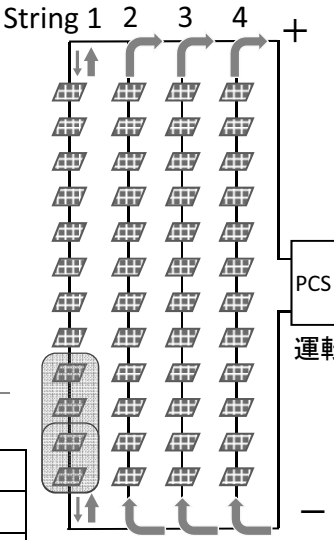
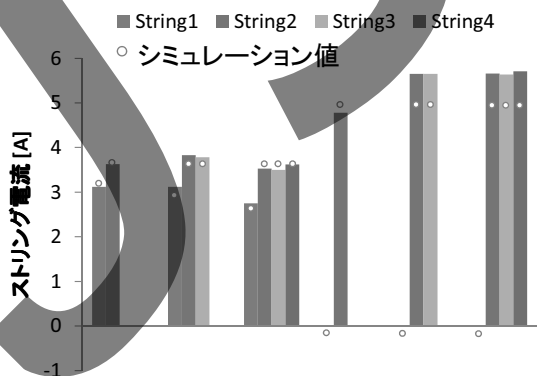
モジュール減数	1枚			2枚			3枚		
並列ストリング	2	3	4	2	3	4	2	3	4
String1	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5
String2	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5
String3	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5
String4	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5	~-1.5
シミュレーション値	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5	~1.5

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

15

### 実験とシミュレーションの結果

PCS運転時／日影によるアンバランス



String1の影	2枚			4枚		
並列ストリング	2	3	4	2	3	4
アレイ電圧 [V]	256	263	264	292	300	294

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

16



## 逆電流量のシミュレーション

1ストリング短絡時	モジュールの半分(6枚)短絡時
<p>ストリングのプラス端とマイナス端が短絡した場合、全ての並列ストリングの短絡電流が事故点に流れる。短絡電流はストリング本数にほぼ比例。</p>	<p>健全ストリングの電圧(約245V)が、短絡していないモジュール(6枚)にかかり逆電流(22.6A)が流れる。事故点には4ストリング分の電流30.4Aが流れる。短絡電流はストリング本数にほぼ比例。</p>
<p>開放電圧: 0.8V 短絡電流: 31.3A 7.8A, 7.8A, 7.8A</p>	<p>開放電圧: 245V 短絡電流: 30.4A 22.6A, 7.5A, 7.5A, 7.5A</p>

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

17

## 逆電流量のシミュレーション

短絡故障時(並列数増加)	1ストリング逆接続時
<p>並列ストリング数、短絡故障枚数によって逆電流は異なる。PCS停止時は短絡故障枚数にほぼ比例して逆電流が増加し、PCS運転時は最大電力追従制御により動作電圧は最大電力点で決定。</p>	<p>逆接続ストリングのバイパスダイオードが負荷となり、並列数に応じてモジュール短絡電流以上の電流が流れる。ヒューズ遮断容量とバイパスダイオード定格電流を同等にして保護が必要。</p>
<p>ストリング電流 [A] ストリング電圧 [V] PCS停止時の逆電流 3枚減: 19A 2枚減: 12A 1枚減: 6.5A 0枚減: 2.8A PCS運転時の逆電流 3枚減: 8.2A 2枚減: 3.1A 1枚減: 0.9A 0枚減: 0.4A 開放電圧は同じため、大きくは変化しない</p>	<p>開放電圧: 309V 17.1A, 5.7A, 5.7A, 5.7A</p>

(C) 2014 NTT Facilities, Inc.

18

## まとめ

---

- 一般的な太陽電池の等価回路を用いたシミュレーションモデルによる逆電流の計算値は、静的な動作について実システムでの傾向をよく表した。
  
- ヒューズを保護素子として用いる場合、各種条件下での逆電流を考慮して選定する必要がある。