

# 千葉・山倉水上メガソーラー発電所 太陽電池破損事故に関する報告

2020年4月6日

京セラTCLソーラー合同会社

# 目次

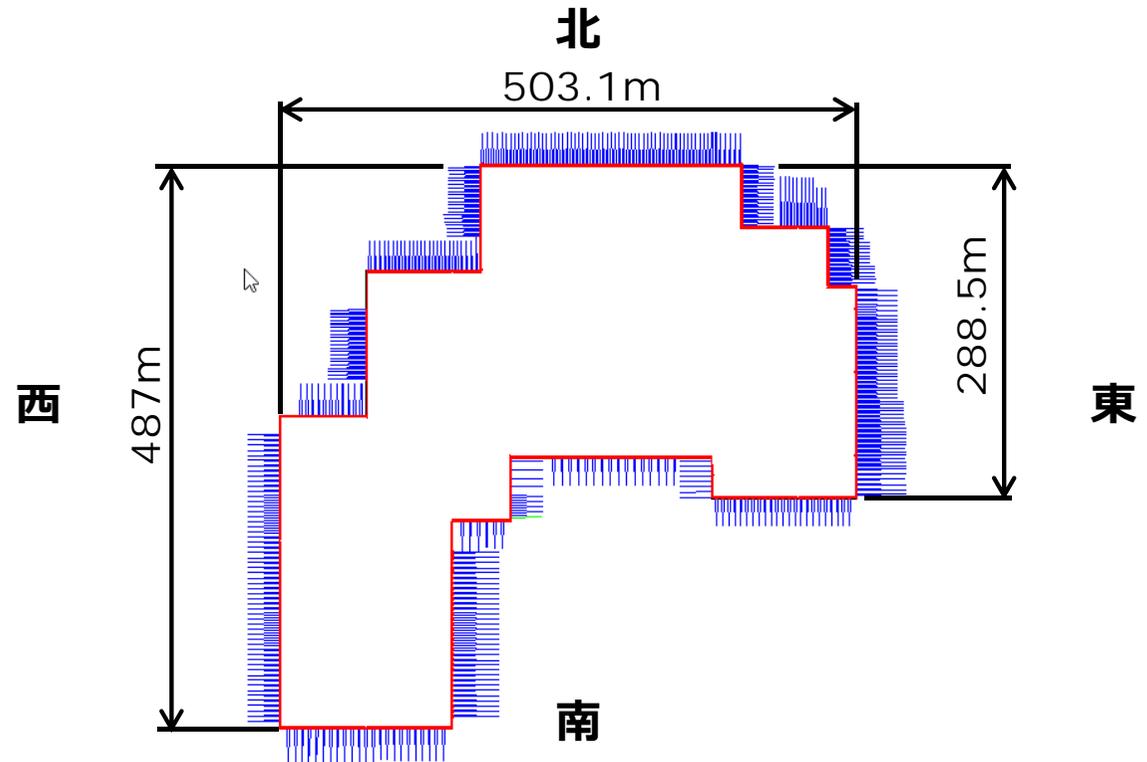
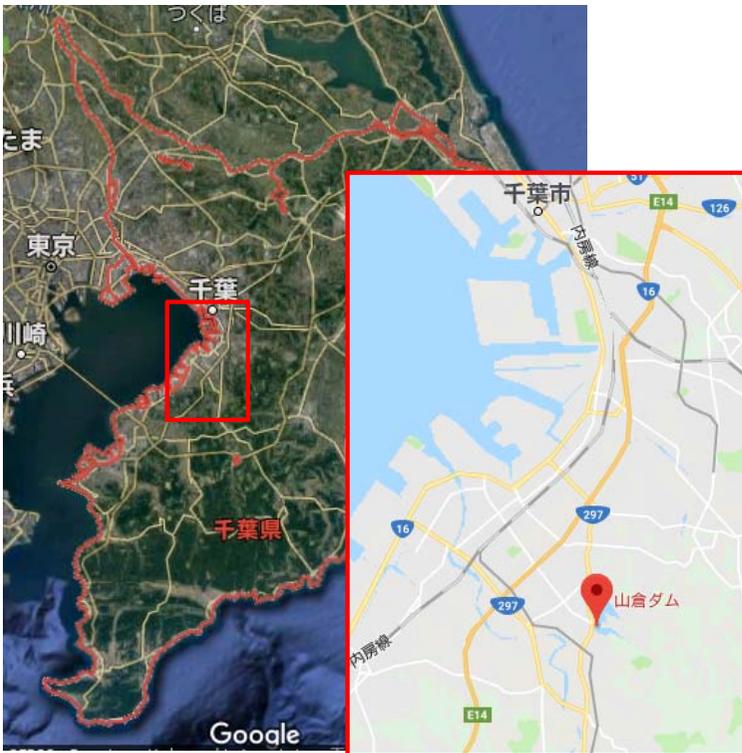
1. 発電所の概要
2. 太陽電池設備（アイランド）構成部材・係留方法
3. 事故の概要及び被害の状況
4. 事故原因調査
  - 4-1 要因分析・絞り込み
  - 4-2 台風15号の風速
  - 4-3 設計風速について
  - 4-4 破損状況（アイランド全体／構成部材等）
  - 4-5 破損状況（火災発生場所／直流短絡）
  - 4-6 破損状況（アンカー調査）
5. アイランド破損推定原因（火災原因含む）
  - 5-1 アイランドとアンカー配置図
  - 5-2 設計風速と風力係数から最大荷重算出
  - 5-2 アイランドの破損起点の推測理由
  - 5-3 揺動の影響
  - 5-4 火災原因調査（原因）
6. 要因と対策まとめ
  - 6-1 破損原因の要因分析
  - 6-2 原因を踏まえた山倉水上メガソーラーの再発防止対策
    - 要因1：矩形化・小型化による偏荷重発生リスクの低減
    - 要因2：アンカー抜け防止対策
    - 要因3：火災防止対策
7. 再発防止案：山倉水上メガソーラーの再建設計
8. 被害拡大防止フェールセーフ（連鎖的な破損対策）
  - 8-1 応力集中リスク場所に補助係留線追加（検討中）
  - 8-2 外周部のスプレッターバー固定部を強化接続ピンに変更
  - 8-3 外周フロート水入れ/水入りフロート追加
9. 事業者として初期提案時の新たな留意点と水平展開

# 1. 発電所の概要

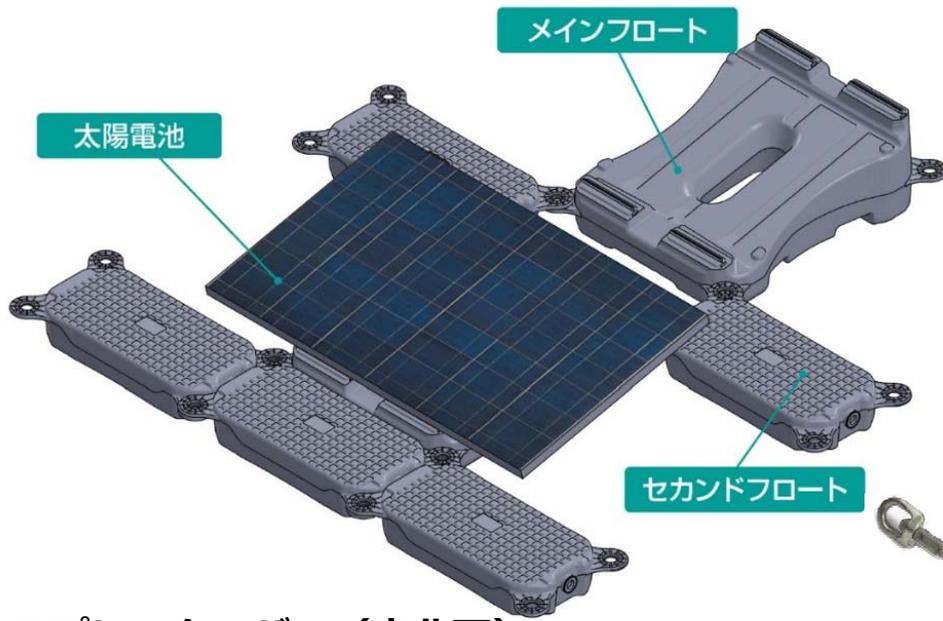


所在地：千葉県市原市山田橋シウノ谷420 他  
発電所設置面積：約18万㎡  
発電所容量：13.7MW  
年間予想発電量：合計1,617万kWhの見込み  
（一般家庭約4,970世帯分の年間電力消費量に相当）  
発電事業者：京セラTCLソーラー合同会社  
太陽電池パネル出力・枚数：270W×50,904枚  
フロート：シエルテール製  
工事着工年月：2016年1月  
運転開始年月：2018年3月

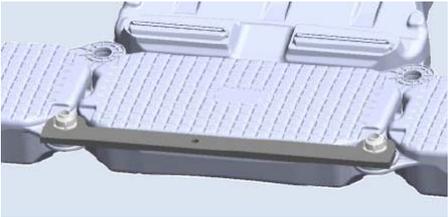
太陽電池設備（アイランド）の大きさ



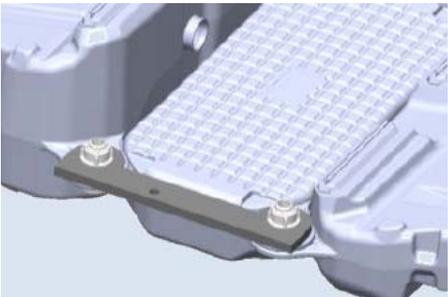
## 2. 太陽電池設備（アイランド）構成部材・係留方法



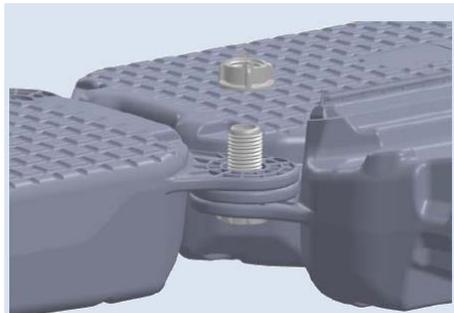
スプレッターバー（南北面）



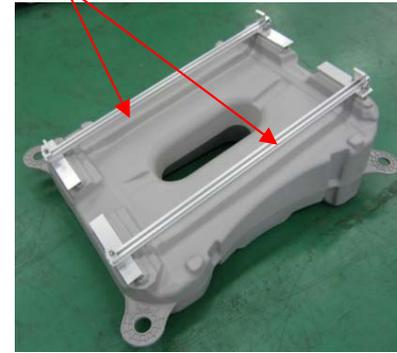
スプレッターバー（東西面）



接続部（接続ピン）



太陽電池固定金具

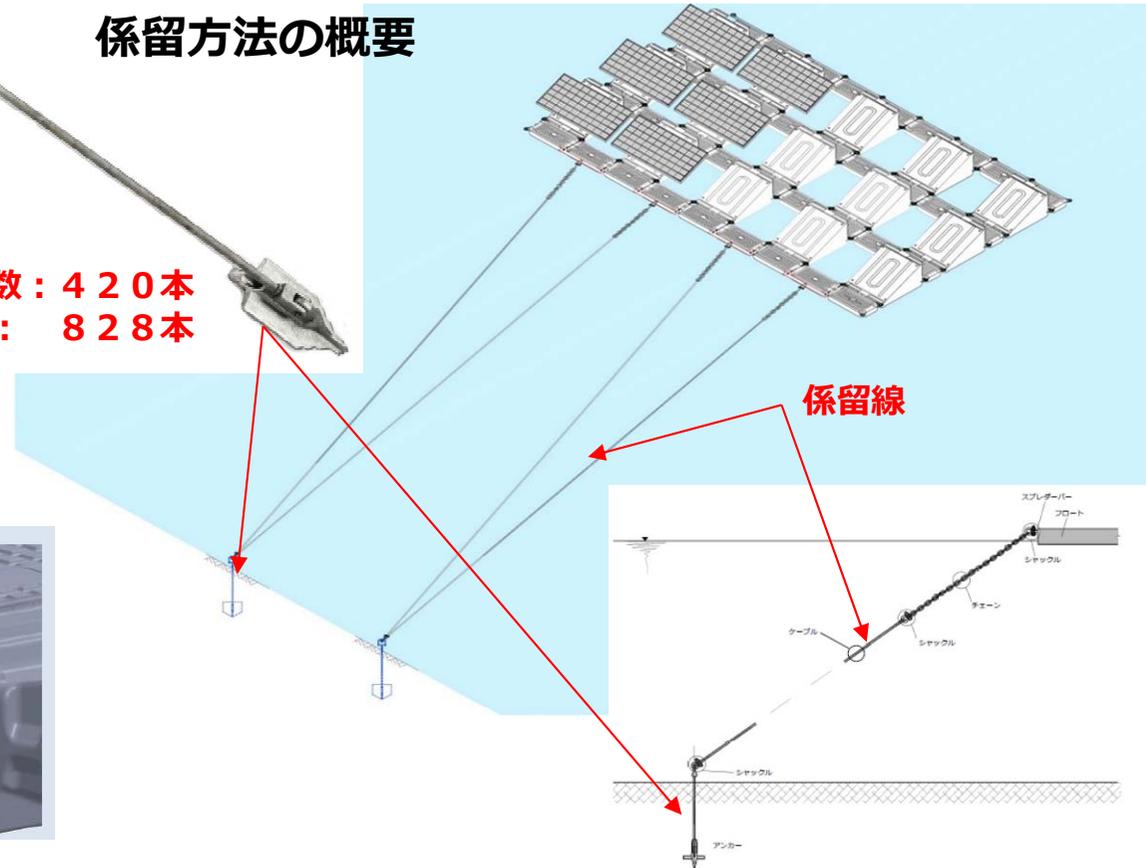


太陽電池を取り付けた状態

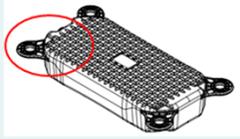


係留方法の概要

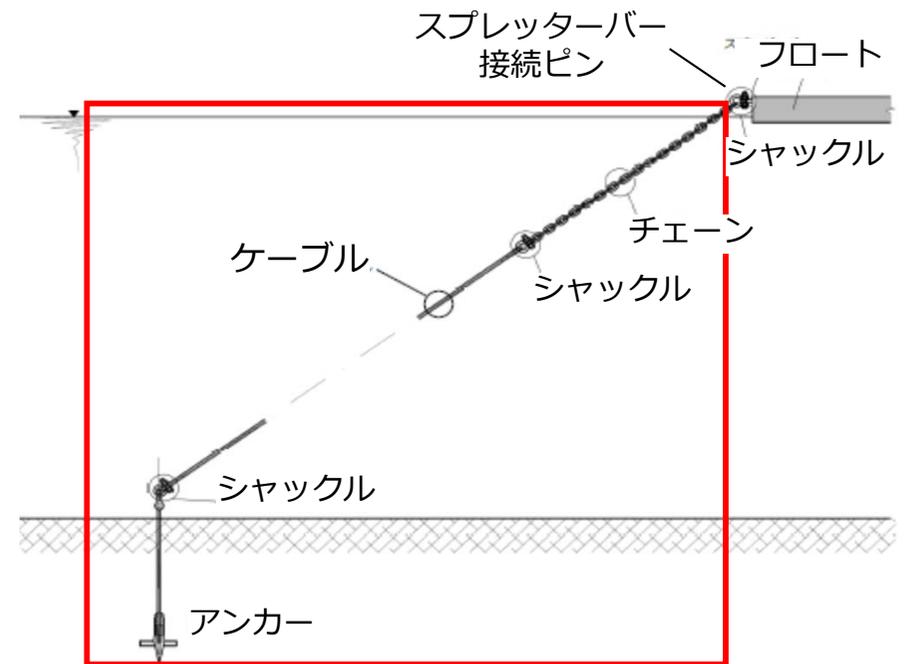
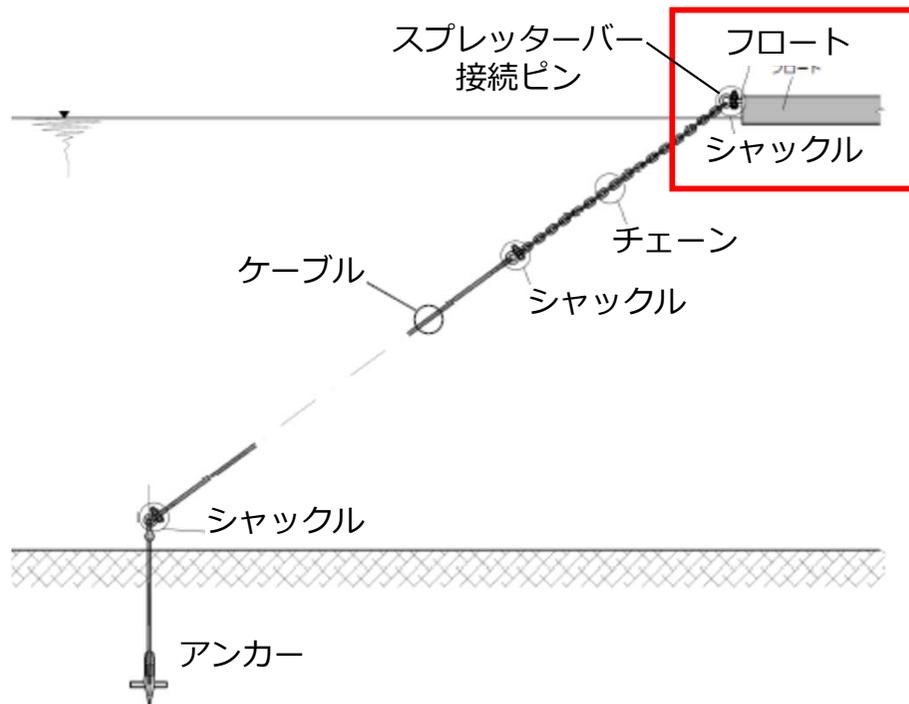
アンカー本数：420本  
係留線本数：828本



## 2. 水上フロート構成部材・アイランド係留方法

部材	用途	概略図
接続タブ	フロートの一部を構成し、フロート同士あるいはフロートとスプレッターバーを接続するためのタブ	
接続ピン	フロートの接続に使用するピン	
スプレッターバー	チェーンを接続し、フロートの接続タブ二箇所に固定	

部材	用途	概略図
チェーン	スプレッターバーとケーブルを接続するもので係留線の長さを調整	
ケーブル	アンカーとチェーンを接続	
シャックル	次の二つの部材を接続 ・ケーブルとチェーン ・ケーブルとアンカー	
アンカー	アイランドを地底に係留	



### 3. 事故の概要及び被害の状況

#### 事故の状況

2019年9月9日

- 6 : 30頃 監視センター（佐倉市）並びに電気主任技術者携帯端末にて直流漏電を感知（箇所不明）。
- 7 : 30頃 電気主任技術者が現地に急行、太陽電池設備の破損を確認。
- 7 : 50頃 全PCSの停止操作を開始。（～8 : 30頃）
- 13 : 00頃 太陽電池設備の一部発火を覚知。県消防指令センターへ通報（指令センターから市原市消防署へ連絡）。
- 14 : 00頃 消火活動開始。
- 17 : 20 鎮火。

#### 被害の状況

人的被害：なし

物的被害：山倉ダムの水上に設置された太陽電池50,904枚のうち77%程度が風に流され破損し、一部が発火、焼損。

### 3. 事故の概要及び被害の状況 (消火活動)

- ・ 13:03 モジュールからの出火を確認  
消防へ通報
- ・ 14:18 消防が放水開始
- ・ 15:24 火災鎮圧  
～ 放水を止めると10分程度で再出火  
するため放水継続
- ・ 17:20 鎮火

地上より特別車両にて放水



14:45頃



## 4. 事故原因調査

4-1 要因分析・絞り込み

4-2 台風15号の風速

4-3 設計風速について

4-4 破損状況（アイランド全体／構成部材等）

4-5 破損状況（火災発生場所／直流短絡）

4-6 破損状況（アンカー調査）

## 4-1 要因分析・絞り込み

事象	要因 1	要因 2	調査の状況	
アイランド 破損	設計風速超え (41.53m/s)		千葉県近隣の観測所の風速（最大瞬間風速） 出典：気象庁 千葉：57.5m/s 館山：48.8m/s 木更津：49.0m/s ※山倉ダムでは計測されていないため実風速が不明。 (水面近くや周辺地形の影響で増幅する可能性もあり。)	
	設計荷重の算定方法	JIS、ガイドライン等参照規格	山倉ダムMS：JIS C 8955（2011）＋風洞試験(風力係数) ⇒基準風速：38m/s 地表面粗度区分：Ⅲ 用途係数：1	
	アイランドが風、波により揺動し偏荷重が発生	想定荷重＋偏荷重		アイランドに部分的に応力が集中する可能性確認
		急激な増水で流速が増加		入水する川はなく増水しにくい。 →降雨量108mm/日 28.5mm/1時間（最大降雨）
		水位の変動 風荷重＋浮力、移動距離		増水なし 台風時の水位37.3m（9月9日 5時） 当日の水位は最高水位(37.5m)から-0.2m
	地耐力不足	初期値からの低下	繰り返し荷重、経年低下	
連結部品 破損	アイランド形状により設計耐力以上の応力が発生	アイランド大型化でピン、接続タブに設計荷重を超える荷重が作用	アイランドの大型化でアンカー本数を増やし対応 →アンカー配置	
		アイランド形状原因で応力集中（出隅/入隅）	仮説、検証中（風圧力/アイランド形状/係留線）	
	樹脂製製品強化ピン、接続タブの強度不足	繰り返し荷重でクリープ現象発生	現地調査で破損状態は短期荷重と判断	

## 4-2 台風15号の風速

- ・市原市は木更津に次ぐ風速を観測。
- ・山倉ダム周辺は市原市内と比較して少し高い値であった。（台風19号）  
⇒ダムに近い市原市のデータには設計風速41.53m/sを上回る風速は観測されず。
- ・観測値は40m/s=設計風速41.53m/sとして揺動の影響を確認する。

※千葉市観測所の57.5m/sの最大瞬間風速：観測場所は地上高さ47.9mと高所に設置。

山倉ダム設計風速の高さ5mよりも強い風が観測。

⇒気象庁観測所と市原市内の風速観測データを同じ地上5mで換算した最大瞬間風速値が下表

	観測地	風速計 高さ	台風	観測された 最大瞬間風速	最大瞬間風速 地上高5m換算値	15号
						風向
気象庁 気象観測所	千葉	47.9m	15号	57.5	36.6m/s	南東
			19号	40.3	25.6m/s	南東
市原市 大気汚染監視 システム	五井	18.0m	15号	50.8	39.3m/s	南東
			19号	39.8	30.8m/s	南東
	郡本	15.0m	15号	50.4	40.5m/s	南東
			19号	36.4	29.2m/s	南南東
潤井戸	10.0m	15号	45.8	39.9m/s	南南東	
		19号	34.1	29.7m/s		
気象庁 気象観測所	木更津	10.1m	15号	49.0	42.6m/s	
			19号	35.9	31.2m/s	
現地観測	山倉	7.2m	15号	計測なし		
			19号	34.0	31.6m/s	

地表面粗地区分に応じた係数

$$H < Z_b \quad E_r = 1.7 \times \left( \frac{Z_b}{Z_G} \right)^\alpha$$

$\alpha: 0.2$

$Z_b: 5m$

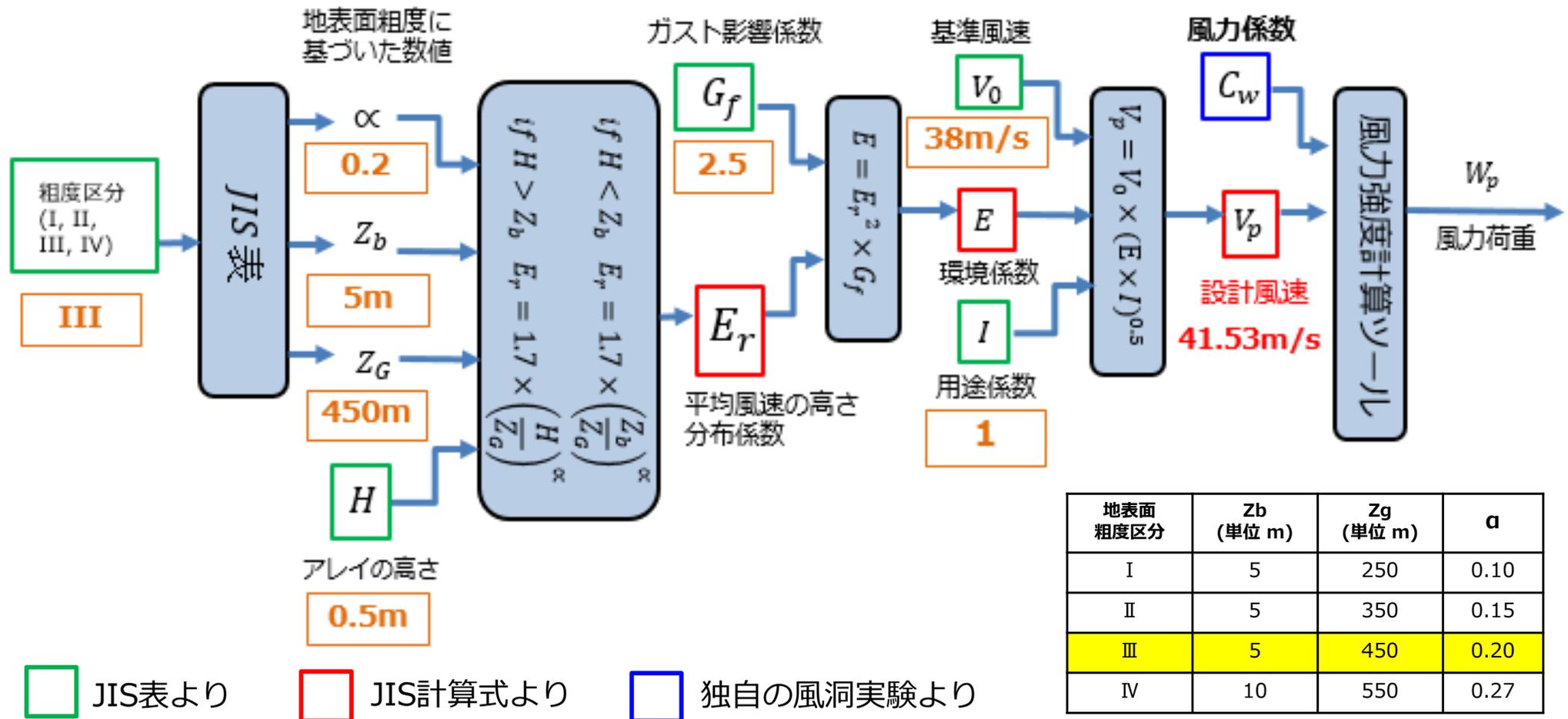
$$H > Z_b \quad E_r = 1.7 \times \left( \frac{H}{Z_G} \right)^\alpha$$

$Z_G: 450m$

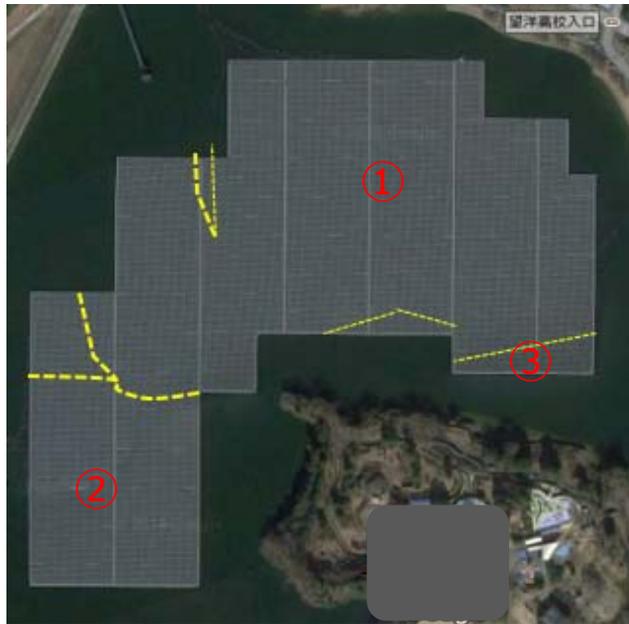
台風15号平均風速（観測計高さ）  
（最大瞬間風速と同時刻帯）

- ・五井 : 20.2m/s (18.0m)
- ・郡本 : 24.0m/s (15.0m)
- ・潤井戸 : 14.1m/s (10.0m)
- ・木更津 : 22.7m/s (10.1m)

- 設計風速の算出は『太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算出方法』JIS C 8955:2011に基づく。
- 緑枠と赤枠の部分はJISに基づいており、青枠風力係数 $C_w$ を独自に風洞実験を行い、地表面粗度区分Ⅲに基づいた数値から、 $E_r$ ：平均風速の高さ分布係数を求め、ガスト影響係数を乗じた $E$ ：環境係数と用途係数、市原市基準風速は38 m/sから設計風速41.53m/sを算出。風力係数を使って風力荷重を計算致します。

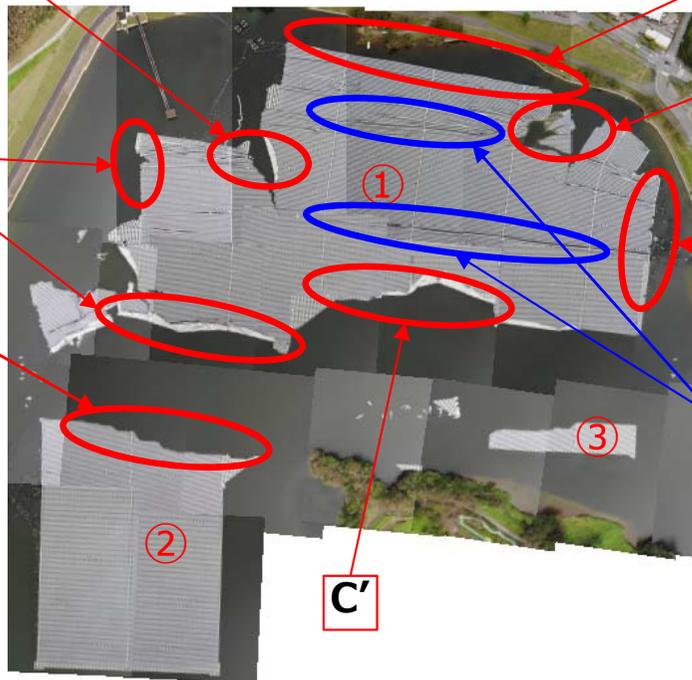


## 4-4 破損状況 ◆左図黄色点線部によりアイランドが三つに分断



A

E



B

F

C

G

D

H

C'

**A** 北側へ移動・断裂、フロートが巻き上がる



**E** 北側のアンカーの影響で水中に引き込まれる



**B** アンカーから離脱し北側へ移動  
フロート・パネルが隆起



**F** 火災発生箇所、燃えた部材の大半は沈没



**C** 断裂しロール状にフロートが巻き上がる  
C'



**G** パワコンへの配線収束部



**D** 断裂した部分の接続ピン破損



**H** フロート・パネルが隆起



## 4-4 破損状況（構成部材等）

接続タブ



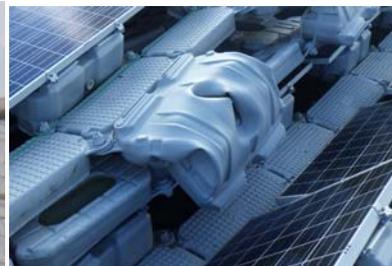
接続箱



接続ピン



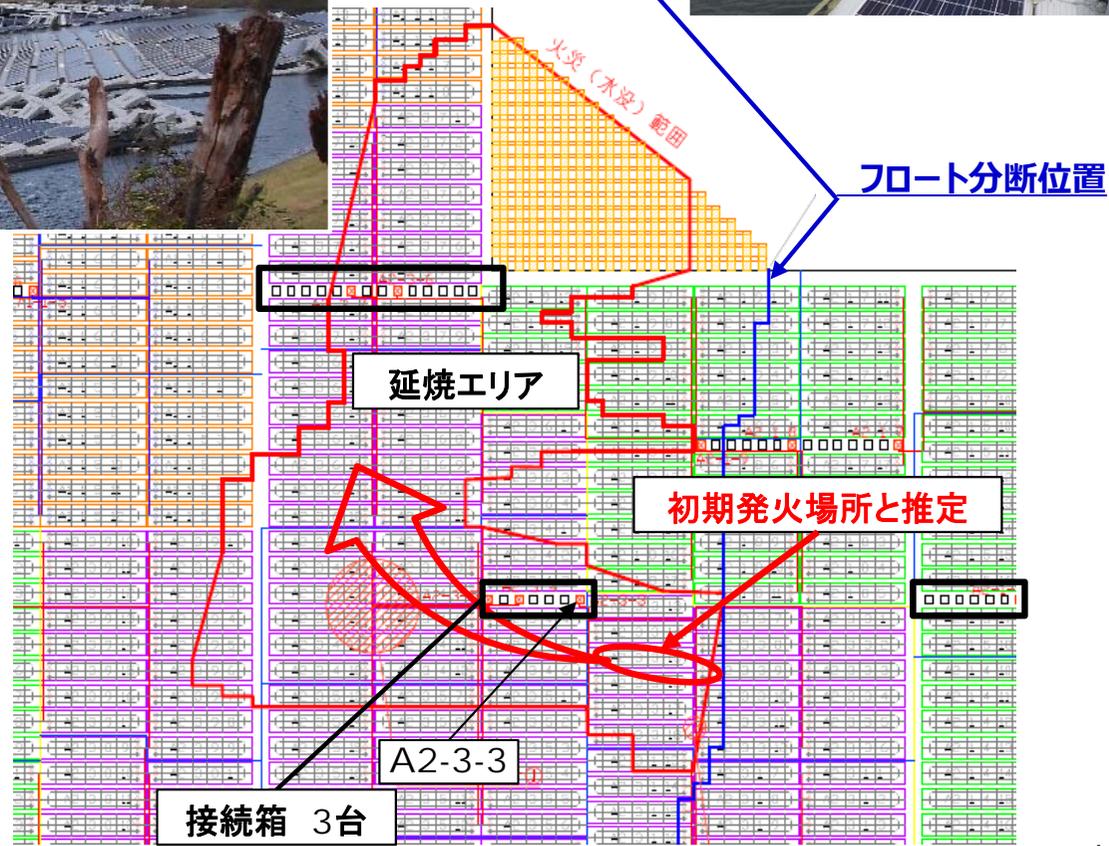
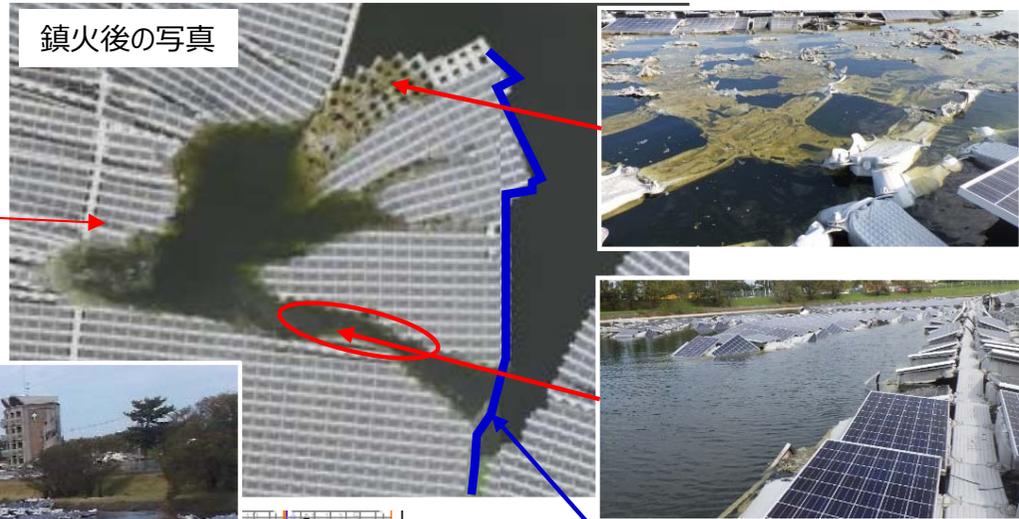
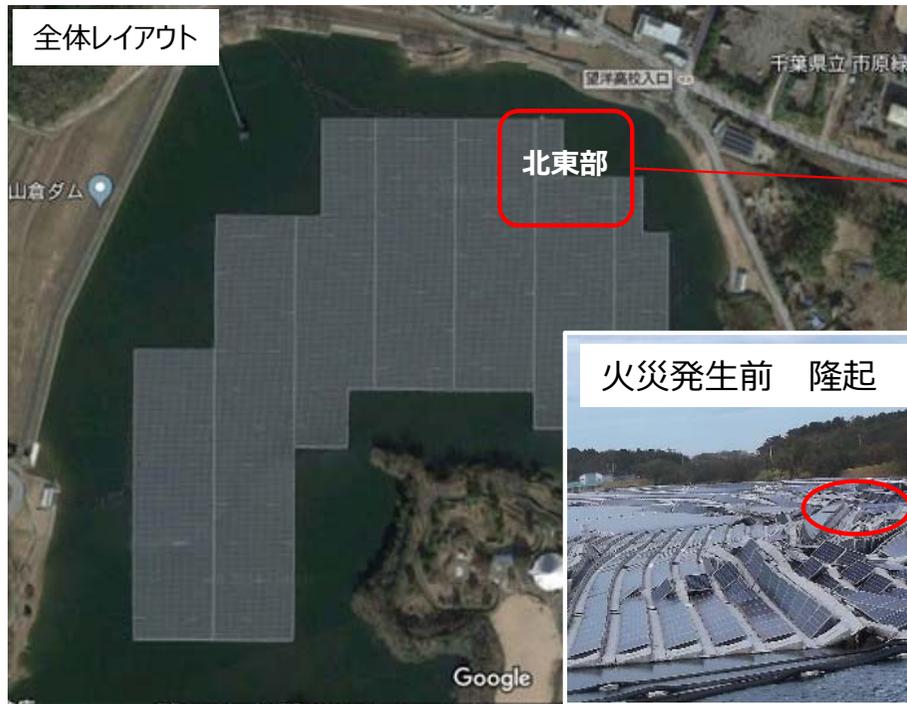
メインフロート



太陽電池

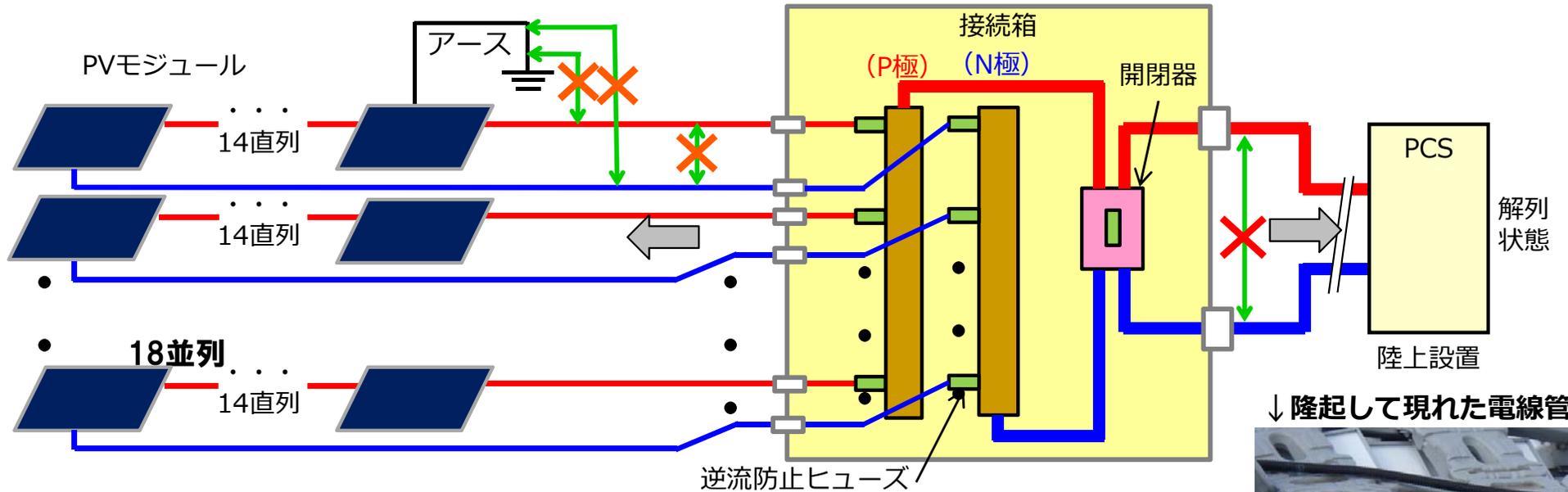


# 4-5 破損状況 (火災発生場所)



## 4-5 破損状況 (火災発生原因) 直流ケーブルの短絡 (PN間、2点地絡)

太陽電池が発電している日中においては、PN間が短絡もしくは配線がアースとの間で2か所以上短絡した場合アークが発生する可能性がある



↓ 隆起して現れた電線管 例



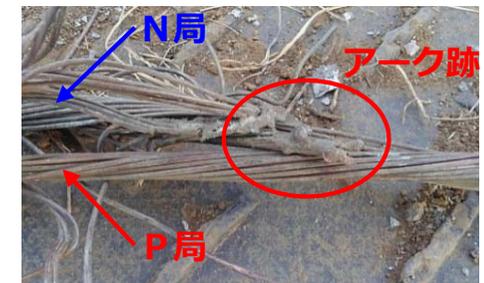
PV 枠のアーク痕 ※

太陽電池モジュール枠



マイナス配線焼損跡

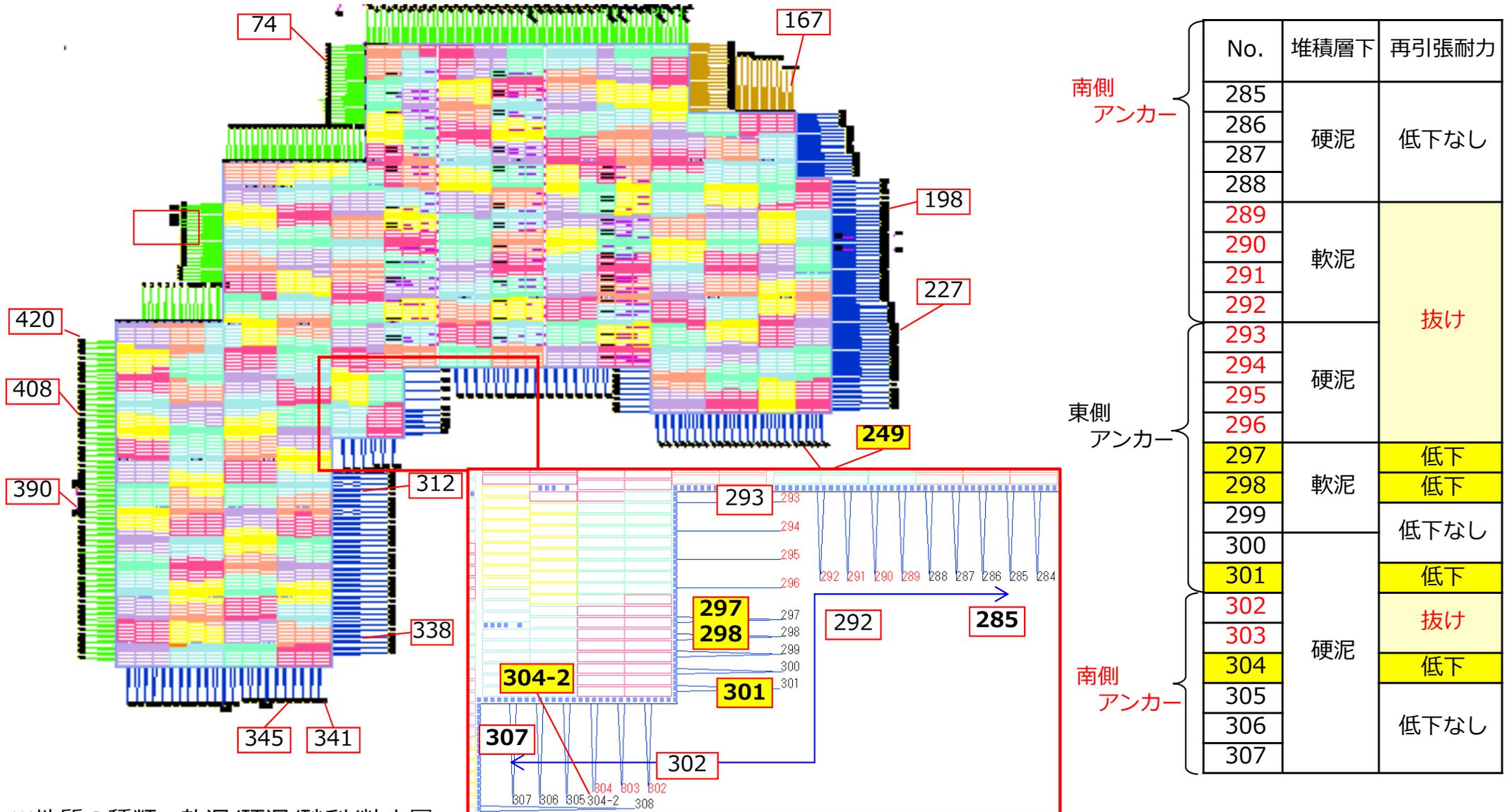
PV 配線 (PN間のアーク痕)



※ PV 枠と PV 配線間でのアーク痕が確認された。もう 1 点で地絡していると思われるが場所は特定できていない。

## 4-6 アンカー引き抜き耐力調査結果（初期値と事故後比較）

- ・ 応力集中が発生したアンカーNo.289~302に一部アンカー抜け、耐力の低下を確認した。
- ・ その他のエリアにおいては、再引張耐力試験を実施したが問題はなかった。



※地質の種類：軟泥/硬泥/砂利/粘土層

## 5. アイランド破損推定原因

5-1 アイランドとアンカー配置図

5-2 設計風速と風力係数から最大荷重算出

5-3 アイランドの破損起点の推測理由（Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ）

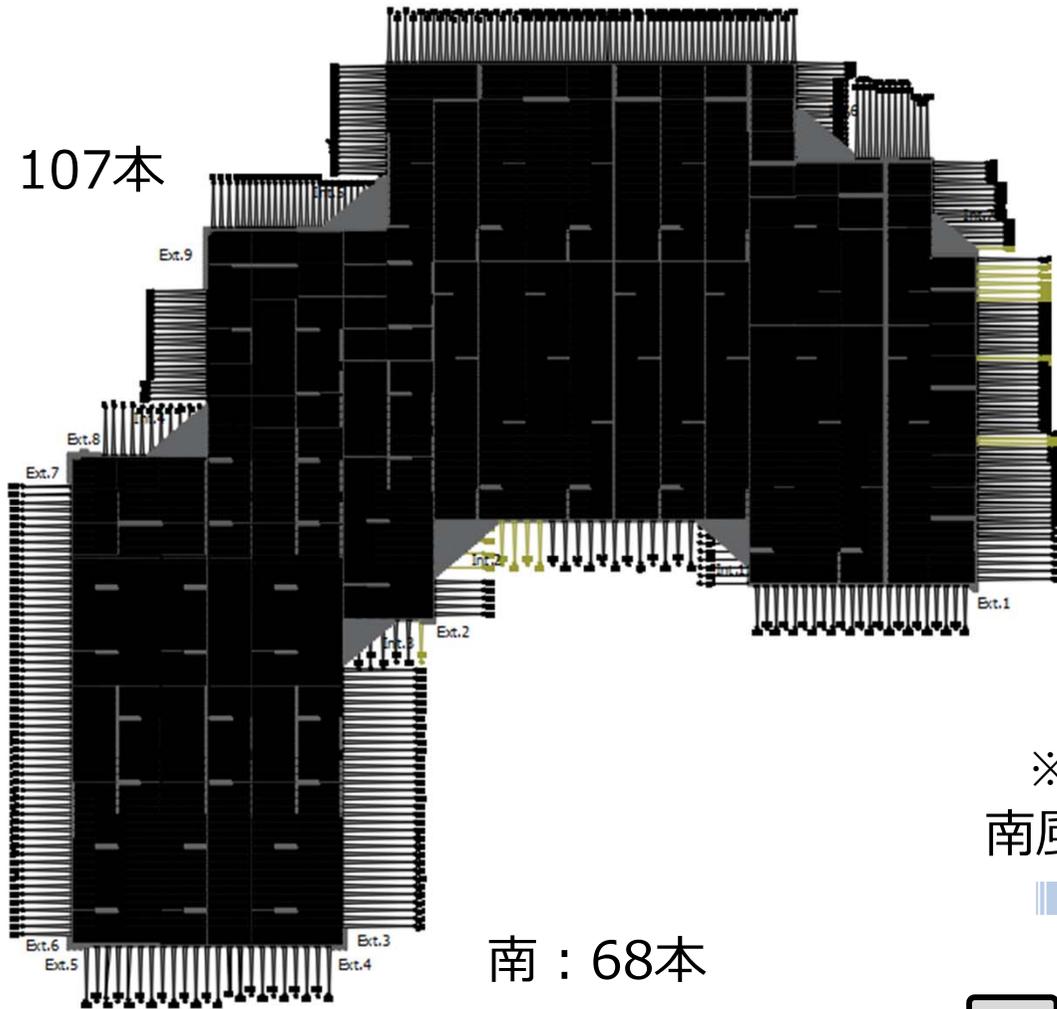
5-4 揺動の影響

5-5 火災原因調査

# 5-1 アイランドとアンカー配置図

北 : 112本

西 : 107本

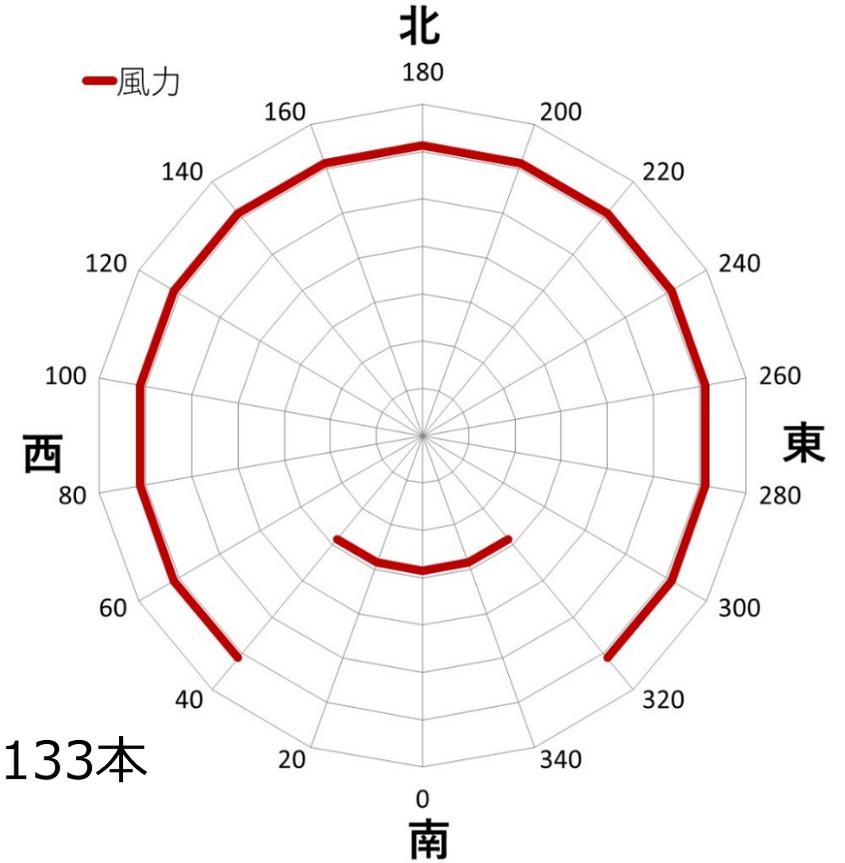


東 : 133本

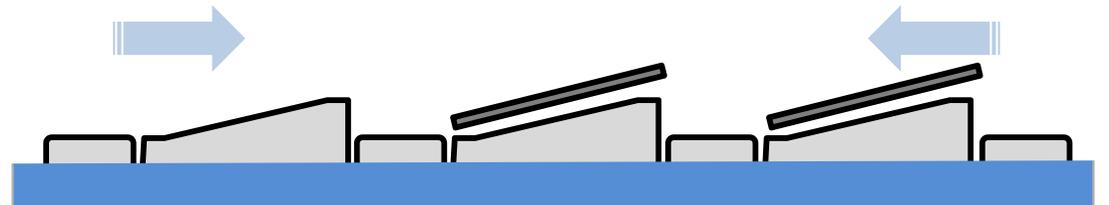
南 : 68本

注 : 本はアンカー本数を示す

### 設計風力分布図

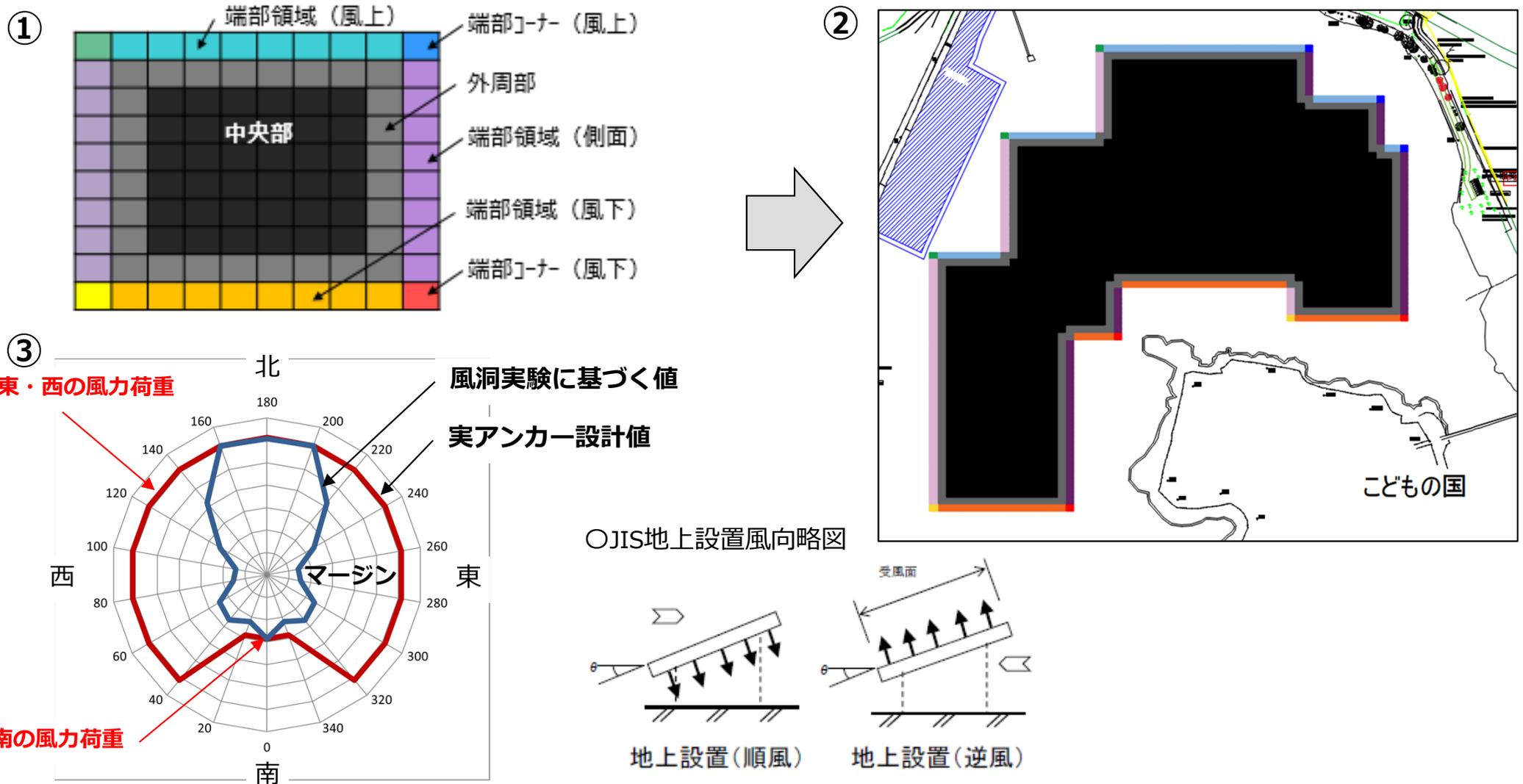


※南風以外は太陽電池の傾斜の影響を受ける  
南風



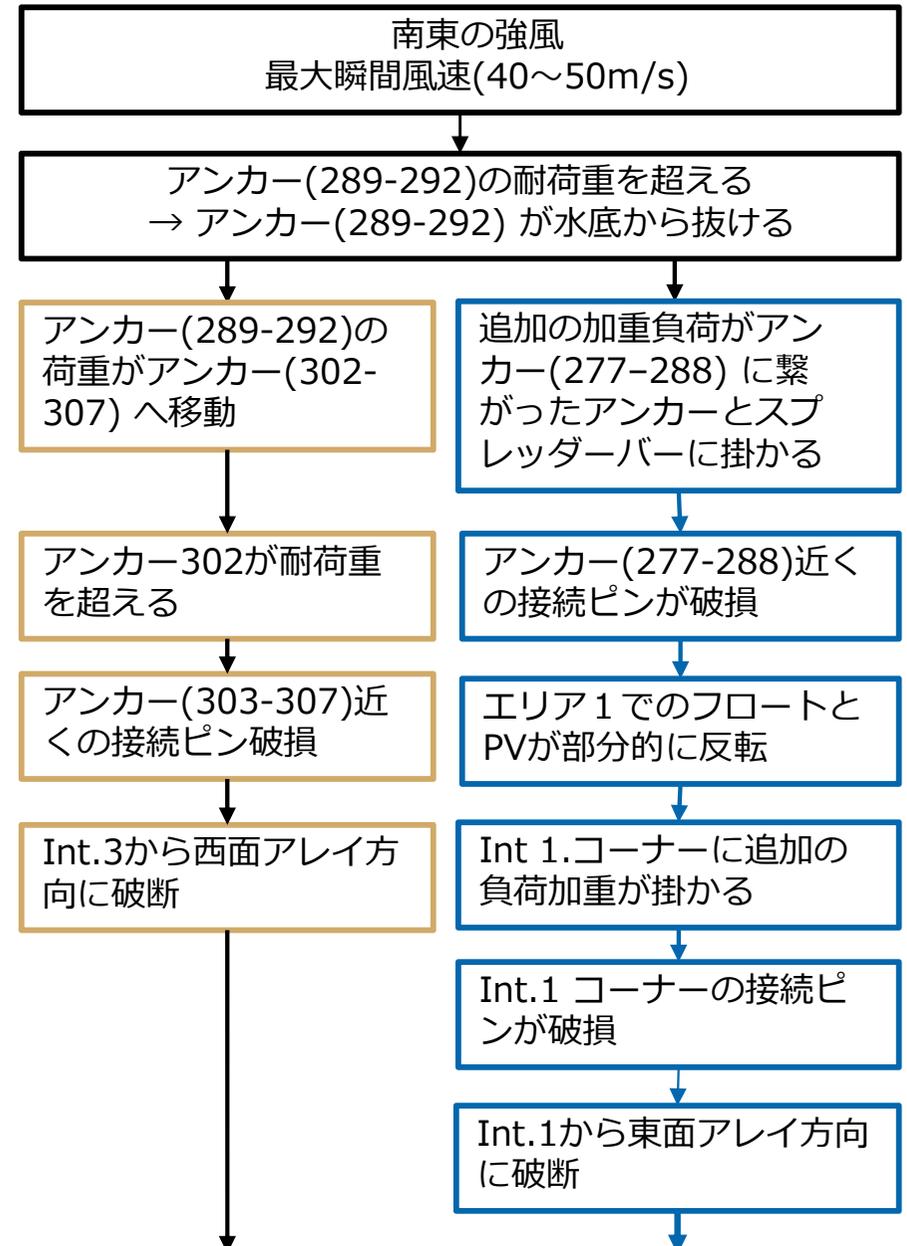
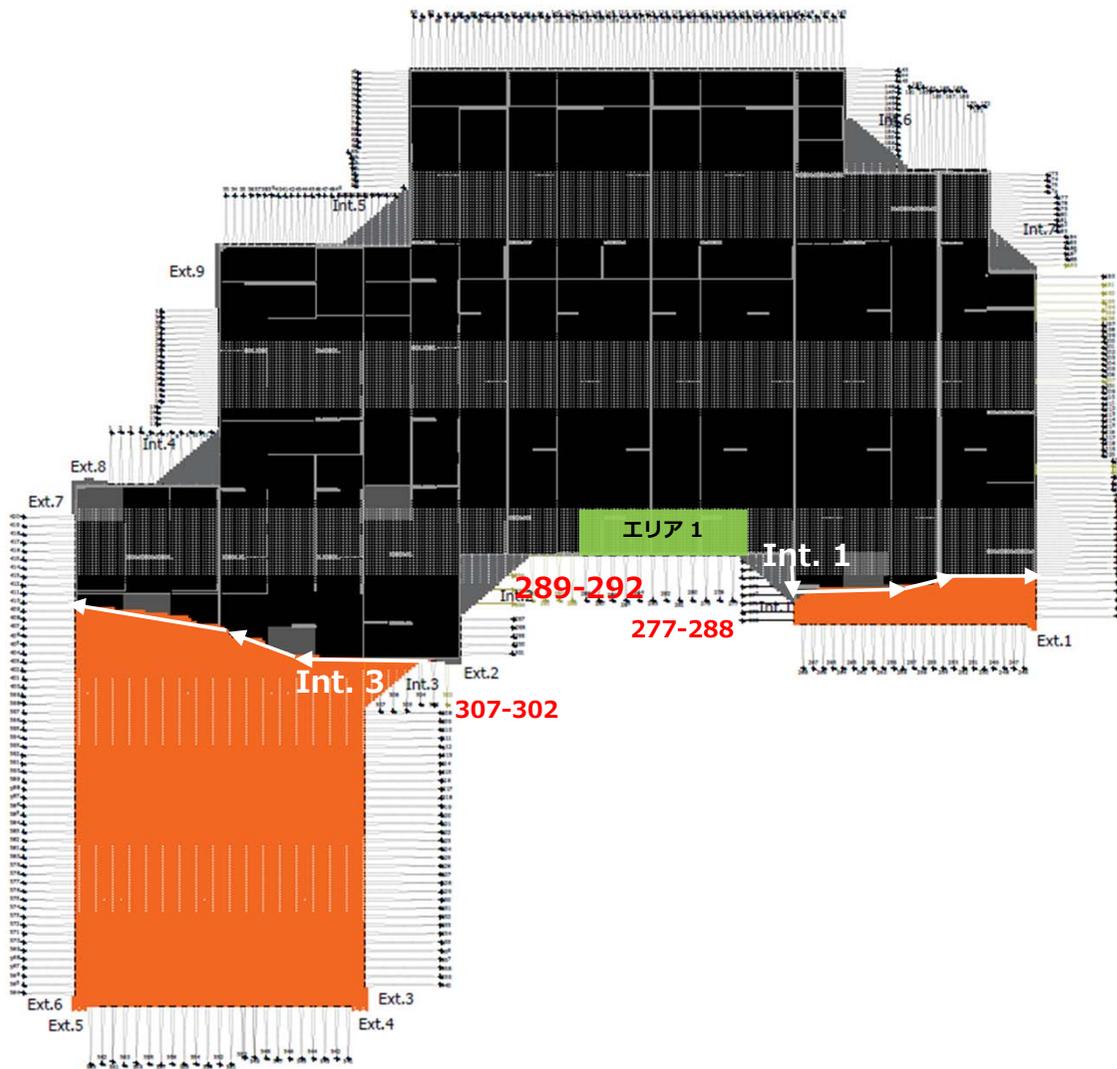
## 5-2 設計風速と風力係数から最大荷重算出

- ① フロートの配置場所毎に風力係数を設定 (Cw)
- ② 山倉ダムアイランド形状で風力荷重算出 (設計風速 × Cw = 風力荷重)
- ③ 設計風速 **41.53m/s** 時にアイランドに掛かる風向別風荷重、風洞実験に基づく値は、青色線が最大荷重 → JISの地上設置型の風力係数、順風、逆風の考え方に合わせ東西方向も北と同じ設計荷重値でアンカー設計値で設計 (赤色線)。



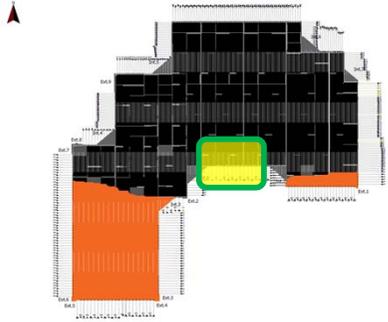
## 5-3 アイランドの破損起点の推測理由

## ◆破損の流れ（推測）



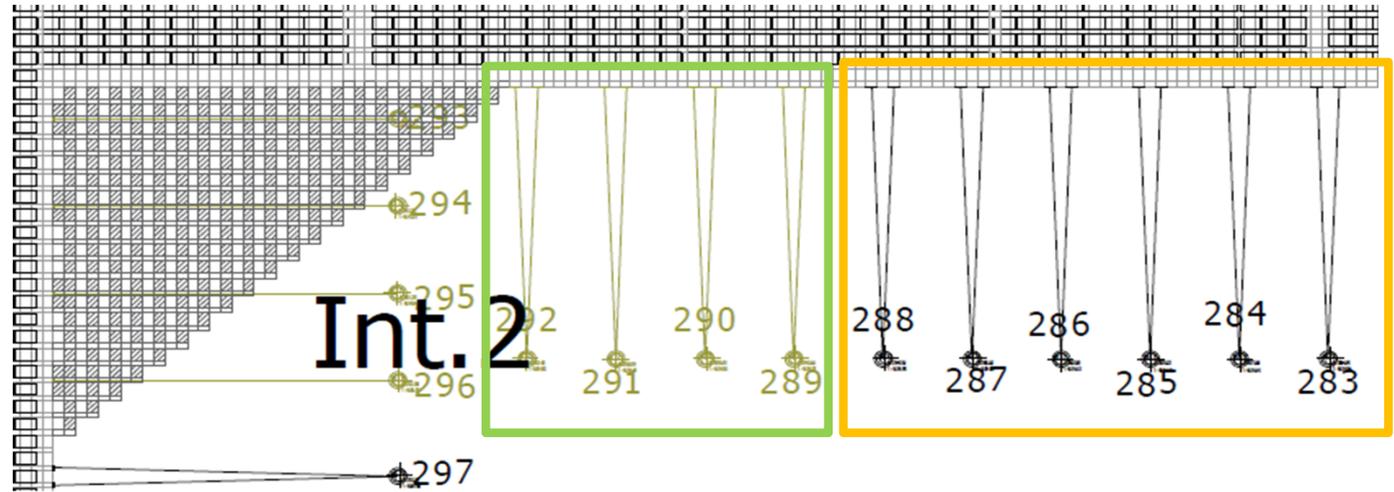
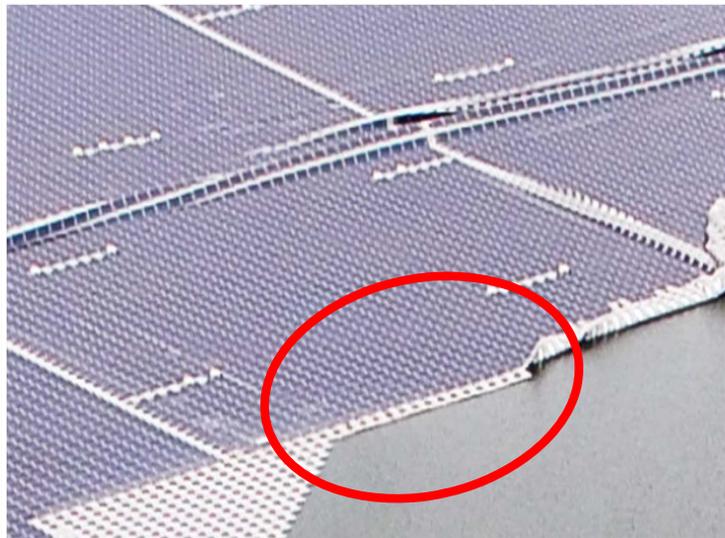
北側のアレイ・エリアが南側から切り離され、北側方向に漂流することになったと推察

## 5-3 アイランドの破損起点の推測理由 ◆現場検証 I

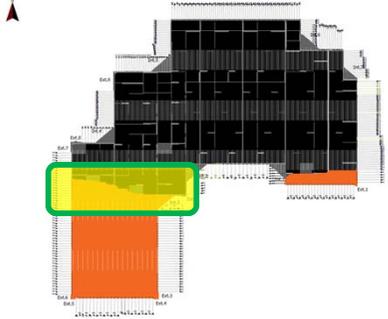


**アンカー番号 292 から 289の部分：緑色枠**  
接続ピン、スプレッダーバー、チェーンの残留を確認。

**アンカー番号 288 から 277の部分：黄色枠**  
外周部のフロートが係留線と一緒にアイランドから分離。



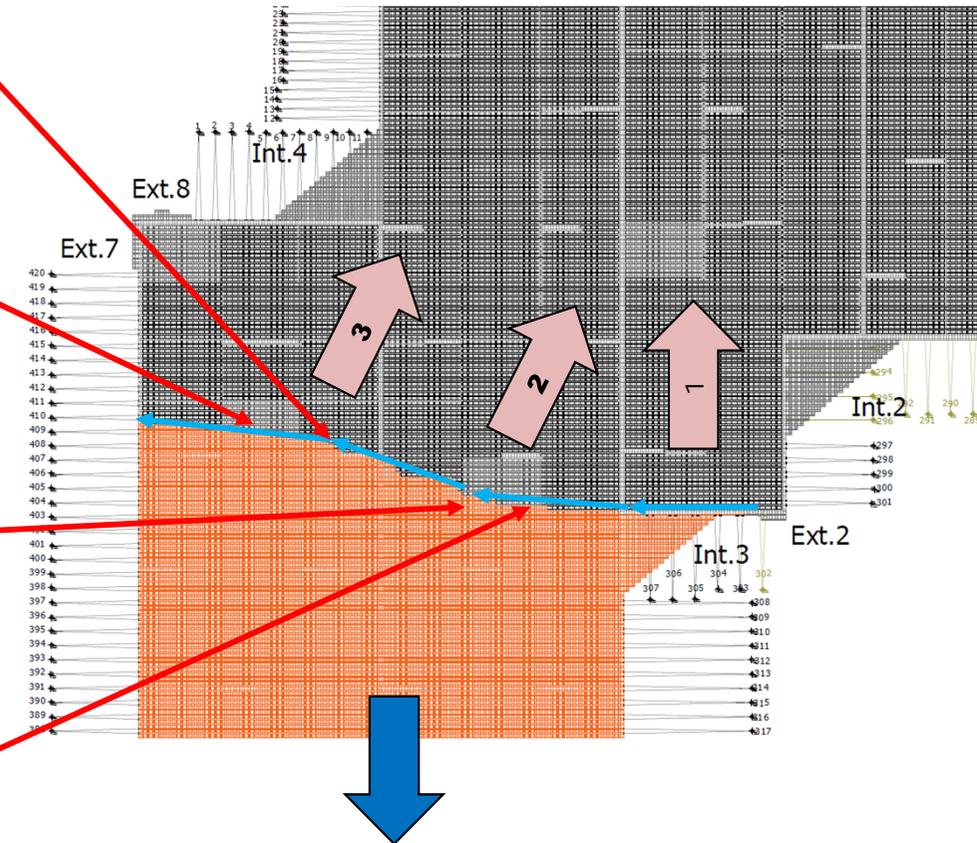
## 5-3 アイランドの破損起点の推測理由 ◆現場検証Ⅱ



### アイランドの破断状況

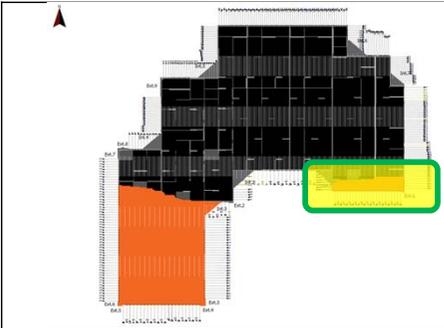
<アイランド南西エリア>

- ・ 東から西方面に向かって破断。
- Int.3からアンカー番号410に向かって破断。



- ・ Int.3から西方面への破断線に沿って、接続ピンの破損が見られた。
- ・ 風荷重により、白矢印1→2→3の順番でアイランドが破断したと推察。
- ・ 青矢印で示す南側アンカーにより、アイランドは損壊せず。

# 5-3 アイランドの破損起点の推測理由 ◆現場検証Ⅲ



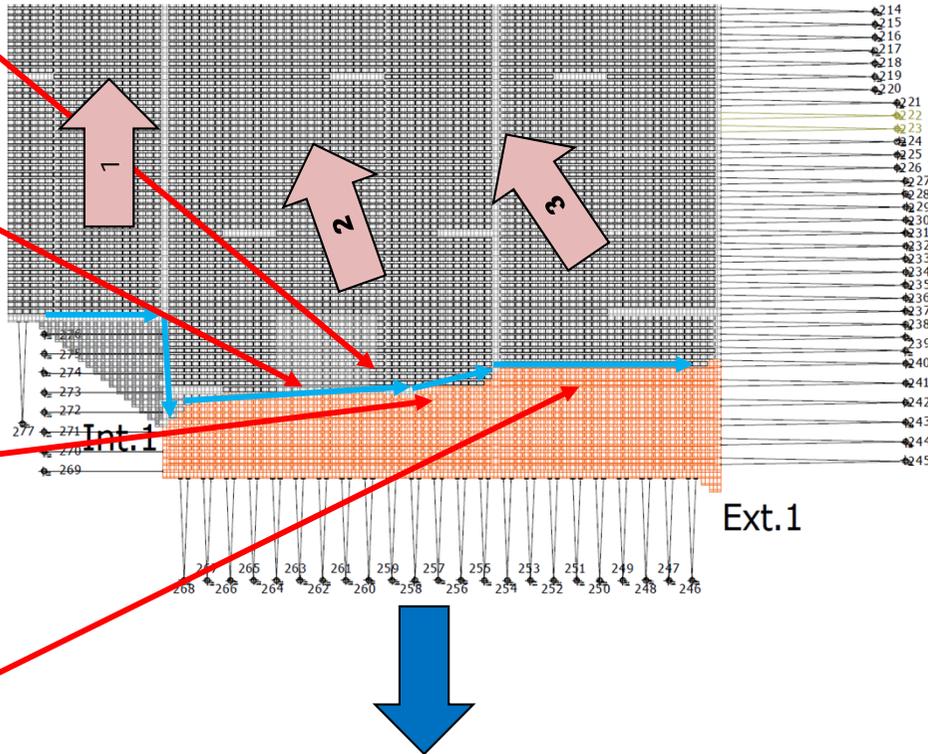
## アイランド破断エリア:

<アイランド南東エリア>

- ・西方向から東方向に破断。
- ・東方向：Int.1コーナーからアンカー番号240に向かって破断。



- 接続ピン破損
- 耳部破損



このエリアでは、接続ピンと耳部の破損が見られた。

- ・ Int.1から東方面への破断線に沿って接続ピンの破損が見られた。
- ・ 風荷重により、白矢印1→2→3の順番でアイランドが破断したと推察。
- ・ 青矢印で示す南側アンカーにより、アイランドは損壊せず。

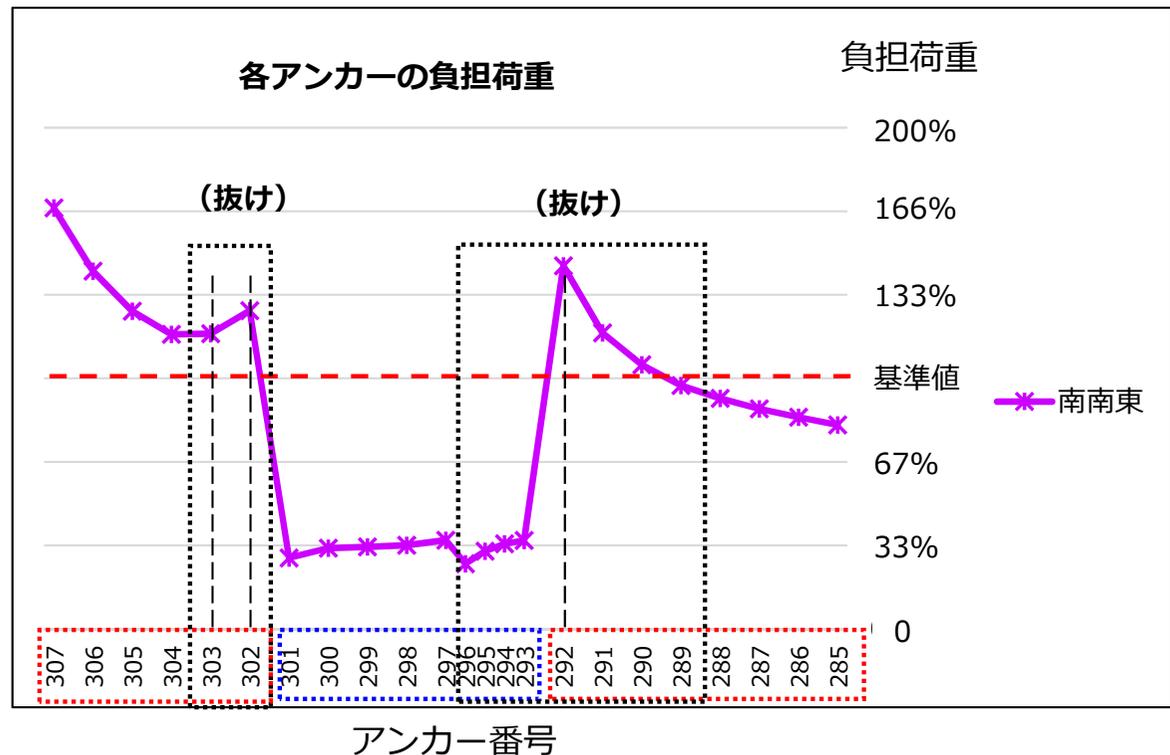
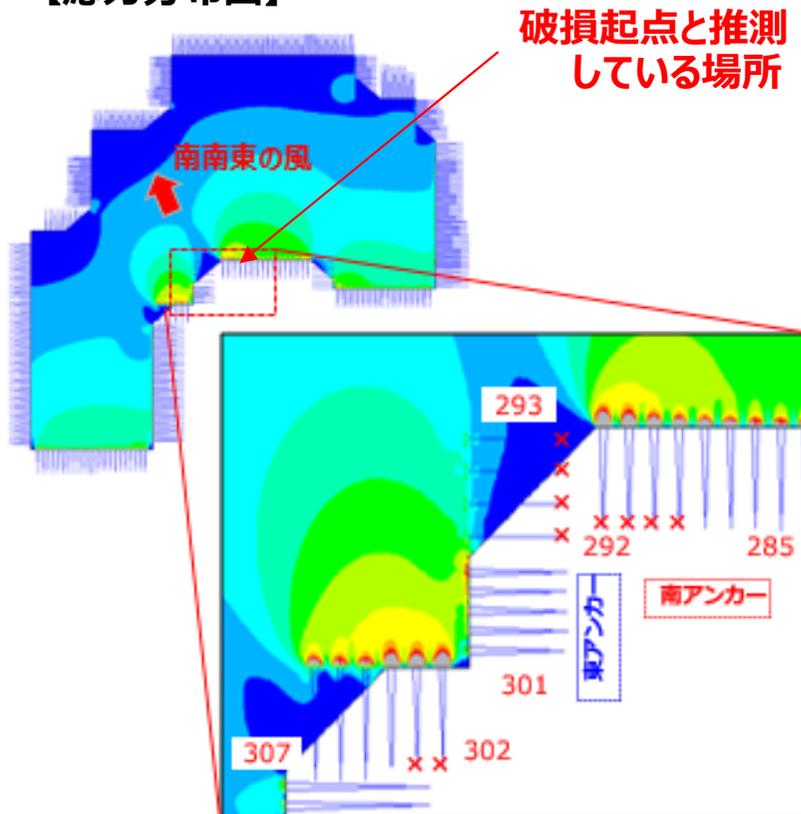
## 5-4 揺動の影響 偏荷重による応力集中の発生

- 樹脂製アイランドが強風時に揺動し南側中央部の段差部で偏荷重が発生した。
- 偏荷重が原因で係留線に応力集中が発生しアンカーの設計耐力を超える引張荷重が発生した。  
⇒解析上の値がアンカー要求耐力を超えたアンカーNo.292・302が現場でも抜けていること、また接続部が破損していることから今回の**破損原因、起点であった可能性が高い。**

### 追加検証

- 風速のバラツキで偏荷重の増減発生しないか確認を行う
- 揺動、偏荷重発生時の荷重伝達の影響を確認する

### 【応力分布図】



赤枠：南側アンカー／青枠：東側アンカー／黒枠：今回抜けたアンカー

# 5-4 揺動の影響

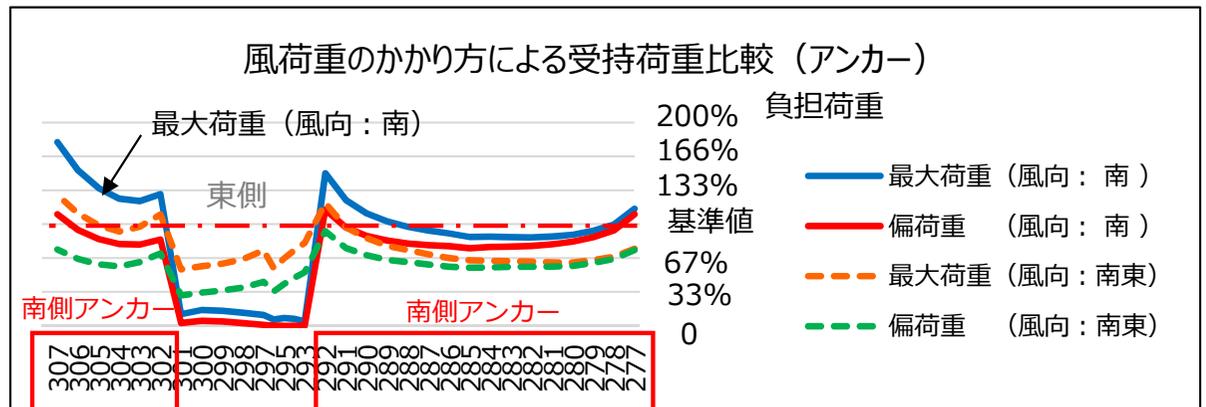
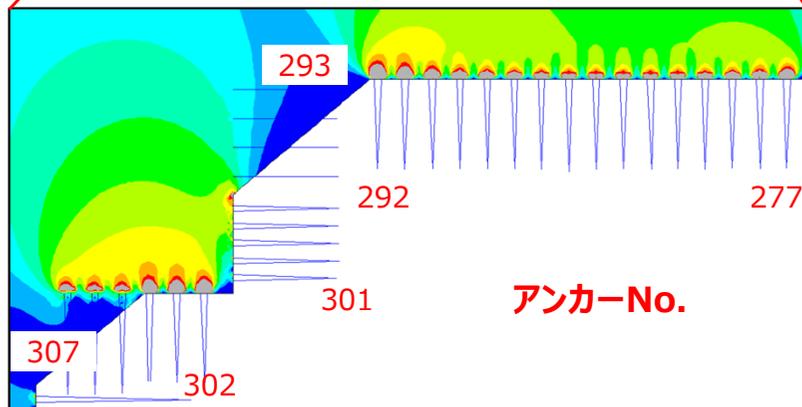
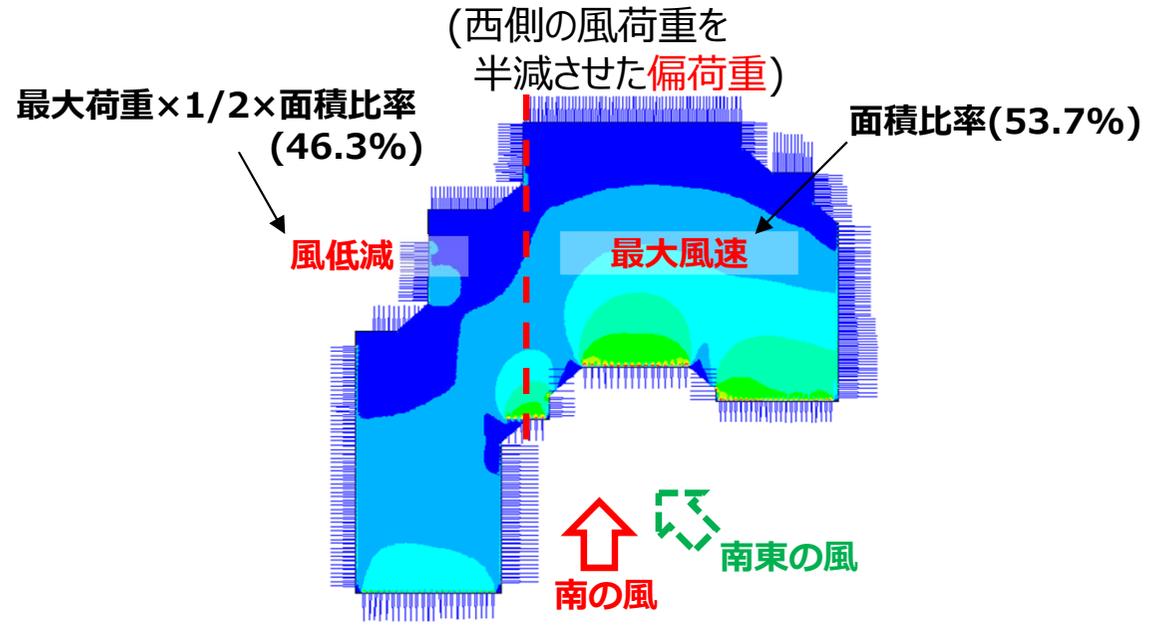
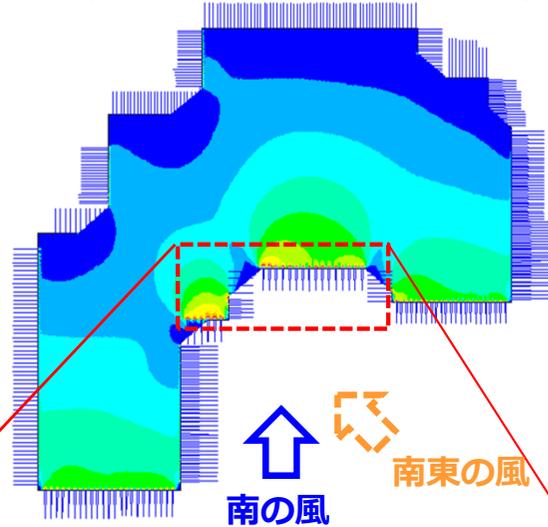
風向、風速のバラツキで偏荷重の増減発生しないか確認

- 全面に最大風速時（南）の風荷重に対し、風向きの違い、部分的に風速が弱まった場合でも偏荷重による荷重増加はない。（南側アンカー）

※風速のバラツキは風荷重が小さくなった分受持荷重が下がるためと考えられる。

## 【応力分布図】

(全面に最大風速時の荷重)



アンカー番号

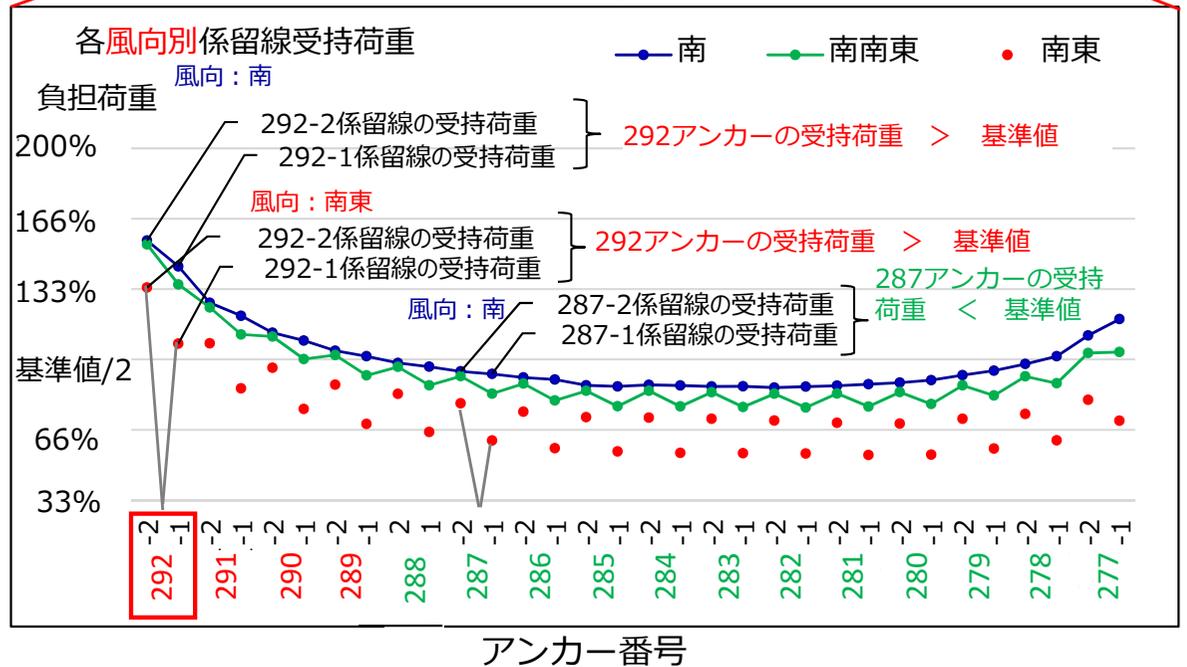
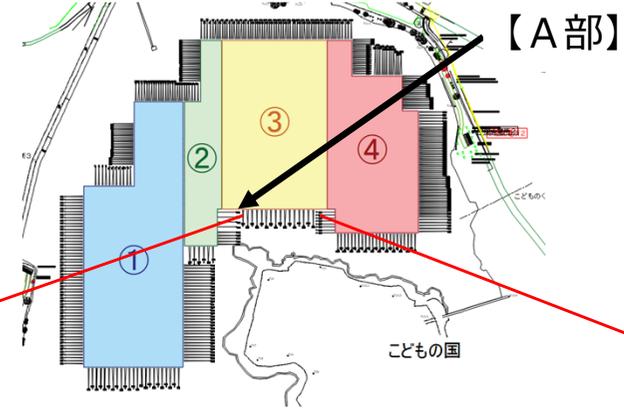
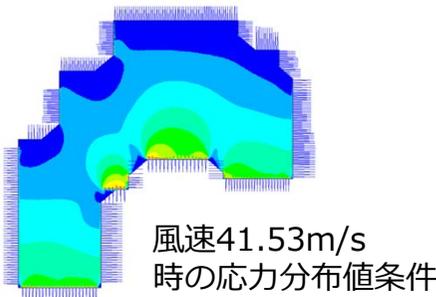
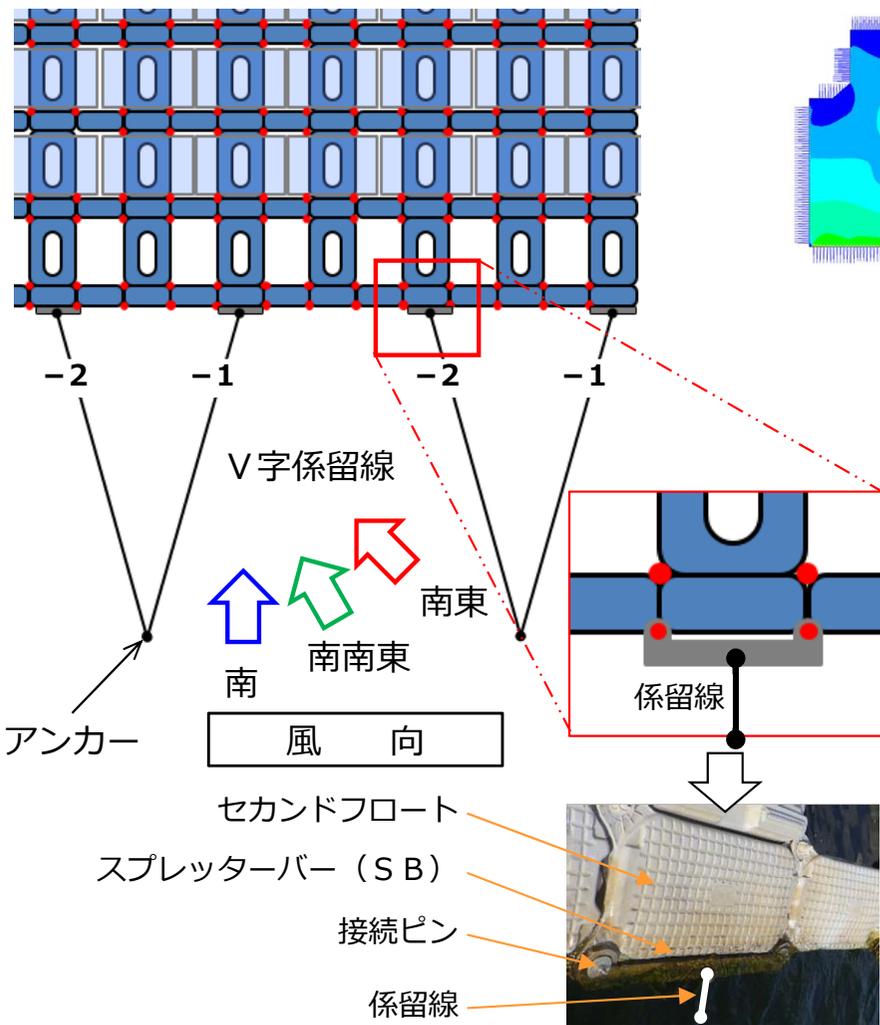
# 5-4 揺動の影響 揺動、偏荷重発生時の荷重伝達の影響 (V字係留線)

## 山倉アイランド：エリア3 係留線とアンカー負担荷重

設計風速41.53m/s時の応力分布値で荷重伝達シミュレーション実施 (V字係留線とアンカー)

- ・中央部付近では荷重はアンカーの耐力値内であったが、入り隅付近【A部】では大きく超えた。
- ・V字係留線は風向が変わった場合、2本の負担割合が変化するが、南風の荷重最大値を超えることはなく、風向の変化による風荷重の変化は破断原因には直結していない。

係留線イメージ図



## 5-5 火災調査 延長ケーブルの調査

### ① 直流ケーブルの断線（延長ケーブル）

- ・ 発火推定場所には痕跡が無かったため火元ではないことが判明。

#### ○ 水底から引き上げられた焼損品



#### 延長ケーブル 幹線ケーブル



経路：B（仮）



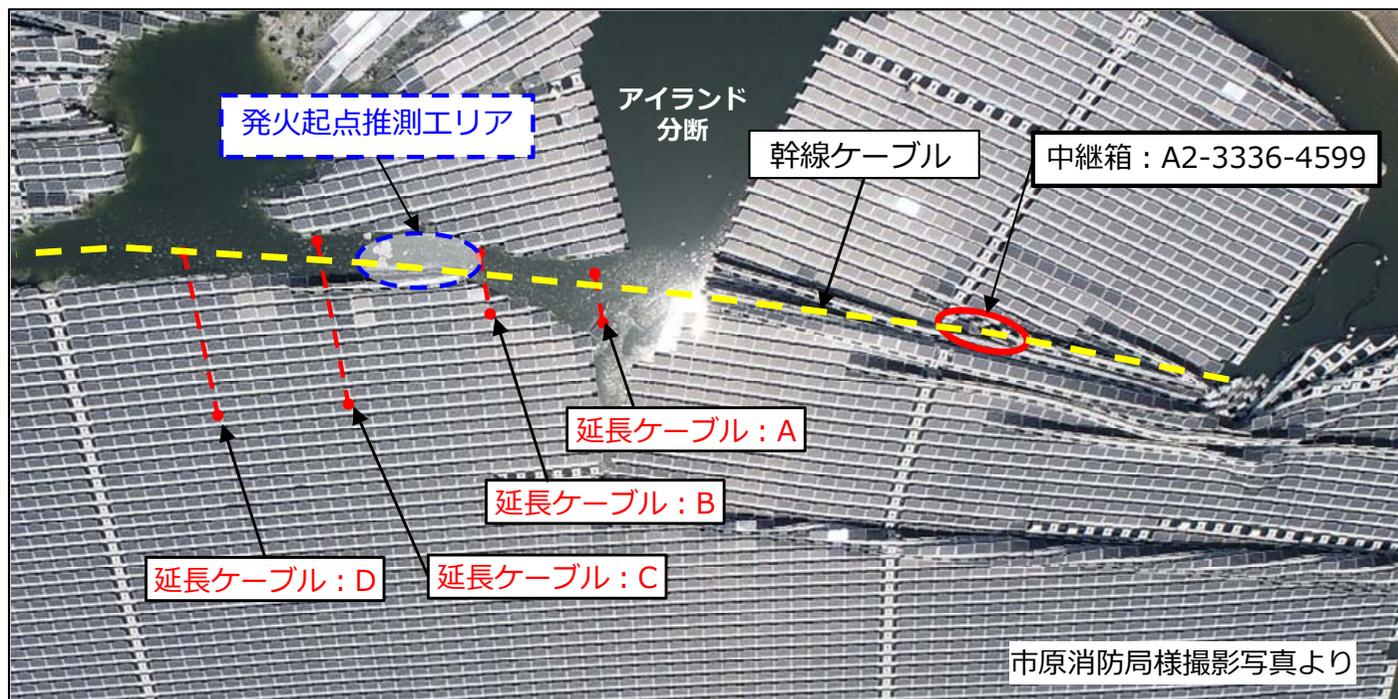
経路：C



経路：D



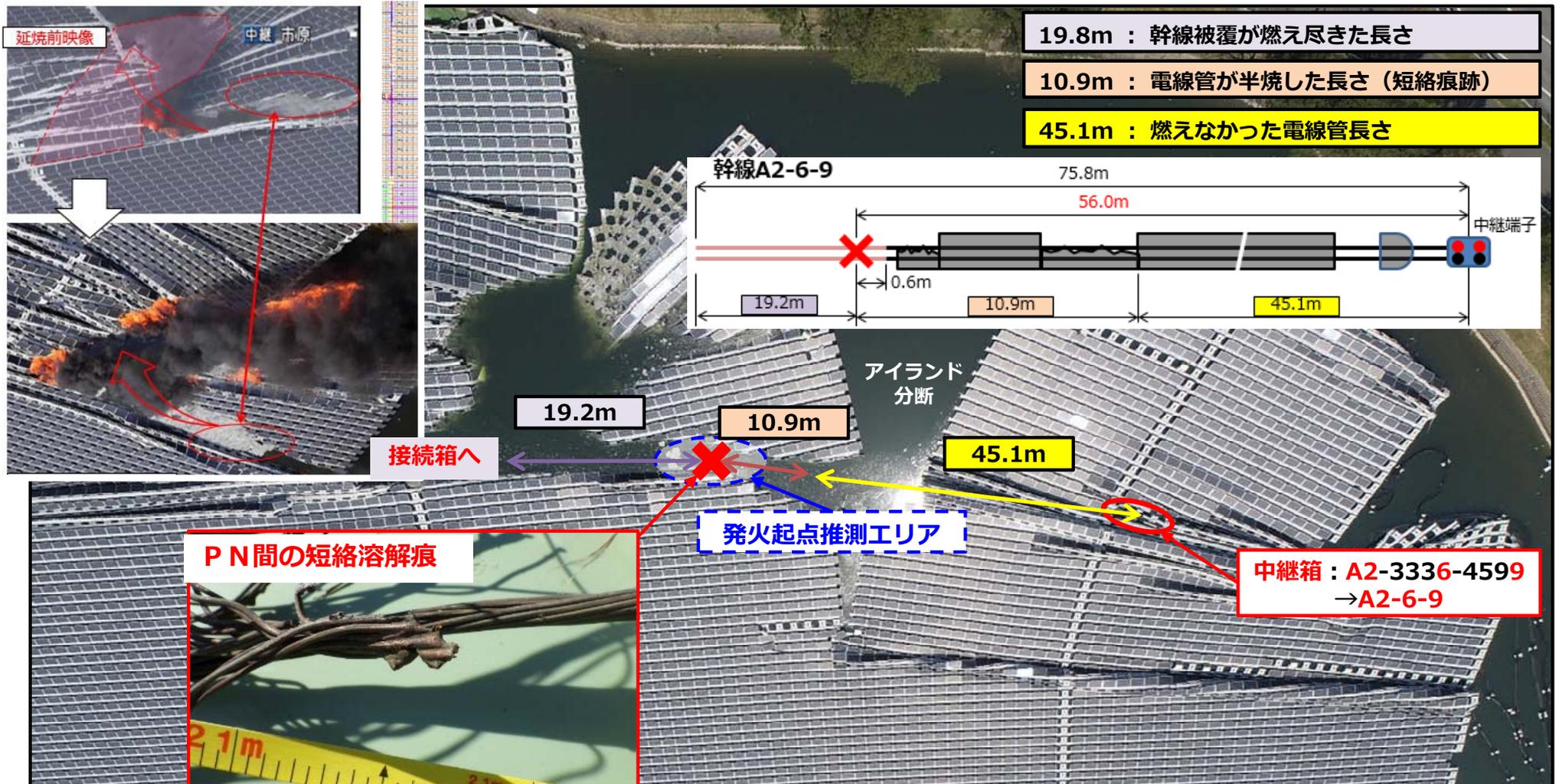
痕跡



## 5-5 火災調査 幹線ケーブルの調査 (PN間) 発火原因

### ② 直流ケーブルの短絡 (PN間) 発火原因

- ・ 幹線ケーブルのPN間の短絡溶解痕が発火推定場所から発見され、発火原因と断定した。



## 6. 要因と対策まとめ

### 6-1 破損原因の要因分析

### 6-2 原因を踏まえた山倉水上メガソーラーの再発防止対策

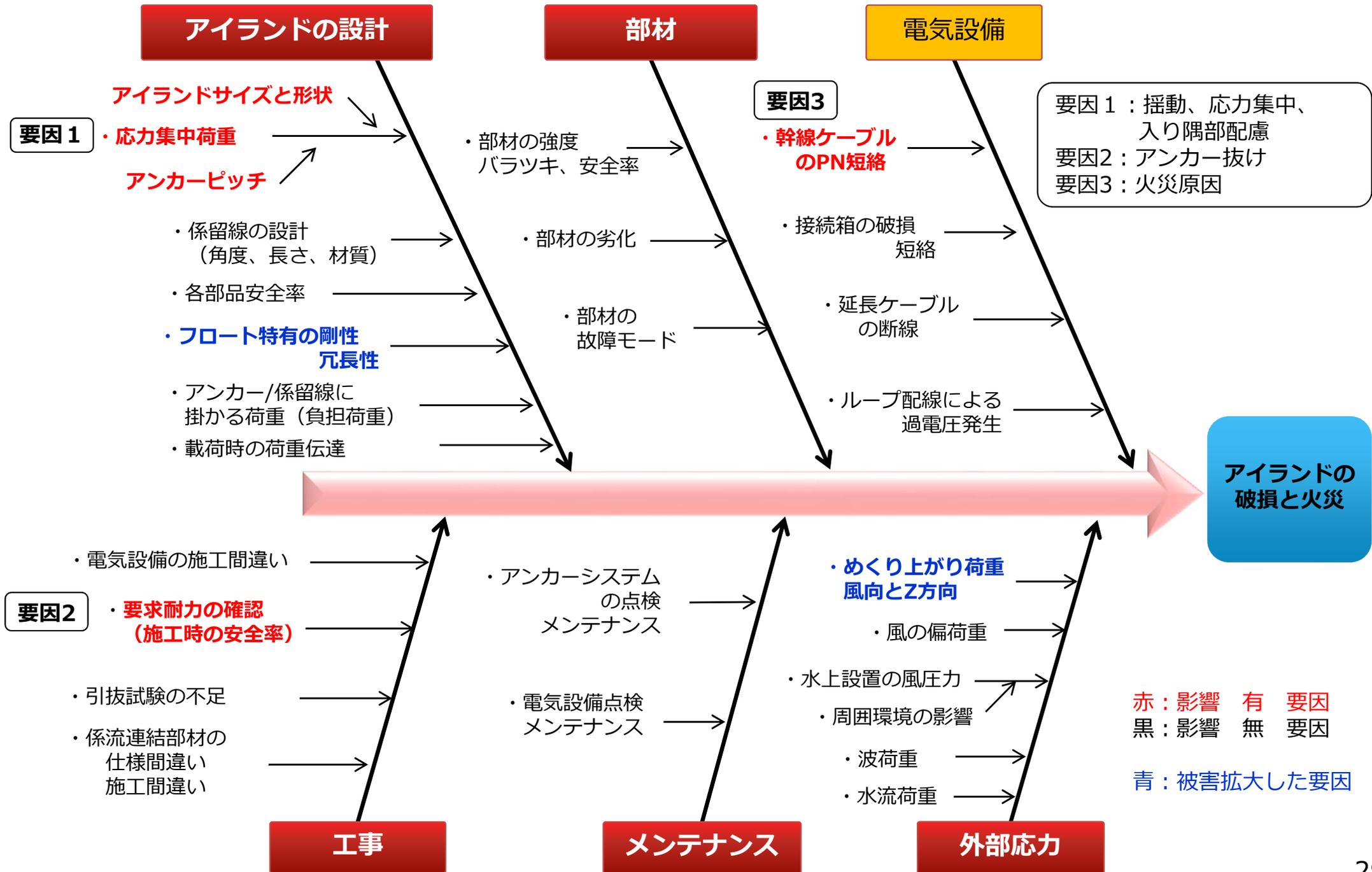
要因1：矩形化・小型化による偏荷重発生  
リスクの低減

補足：入り隅部の不均等アンカー配置の  
解消策

要因2：アンカー抜け防止対策

要因3：火災防止対策

# 6-1 破損原因の要因分析



## 6-2 原因を踏まえた山倉水上メガソーラーの再発防止対策

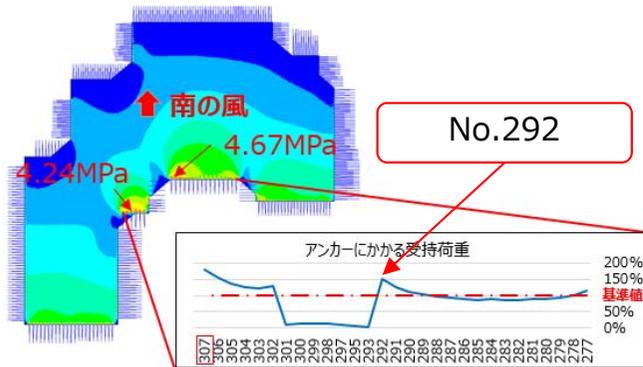
- ・アイランドの形状やサイズを考慮の上、応力集中の発生しない設計を実施。
- ・建築・土木の基準を参考にした安全率を確保し、アンカー／係留線の受持荷重が均等に配置される設計を実施。
- ・強靱な設計により火災発生に繋がる破壊を防ぎ、かつアークの発生しない配線設計を実施。
- ・アイランドの冗長性を持たせた設計を実施し、被害拡大を防止します。

調査項目		原因	防止対策
要因1	応力集中の発生	揺動シミュレーションにより、強風時にアイランドに偏荷重が発生することが判明。	①アイランド形状の制限 複合形形状 → 矩形形状 ②アイランドサイズの制限（小型化） 6アイランドに分散 <div style="float: right; border: 1px solid red; padding: 2px;">偏荷重対策</div> <div style="float: right; border: 1px solid red; padding: 2px;">アイランド風荷重低減</div>
		入り隅部のアンカーの受け持ち荷重が過大となりアンカーが抜けた。	③矩形形状の外周部にアンカー／係留線を均等配置 <div style="float: right; border: 1px solid red; padding: 2px;">応力集中防止対策</div>
要因2	アンカー抜けが発生	一般的な安全率(1.2)	①建築・土木の基準を参考にした安全率を確保 最大荷重×1.2×1.5=1.8以上の初期耐力※とする ※従来通りアンカー施工時、鉛直方向での耐力値 ②アンカー係留線の設計基準変更 <div style="float: right; border: 1px solid red; padding: 2px;">冗長性確保</div>
被害拡大要因	アイランド接合強度・冗長性	連鎖的な破損	①補助係留線追加（検討中） <div style="float: right; border: 1px solid red; padding: 2px;">フェールセーフ</div>
	Z方向の荷重（浮き上がり）	外周部めくれ上がり（反転）	①既存フロートに水入れ or 水入りフロート追加 ②強化接続ピン導入（検討中） <div style="float: right; border: 1px solid red; padding: 2px;">フェールセーフ</div>
要因3	火災発生	破損したアイランド内で幹線のP N間アークによって発火	①P極とN極配線の距離を保つ。 ②保護管の使用 <div style="float: right; border: 1px solid red; padding: 2px;">フェールセーフ</div>

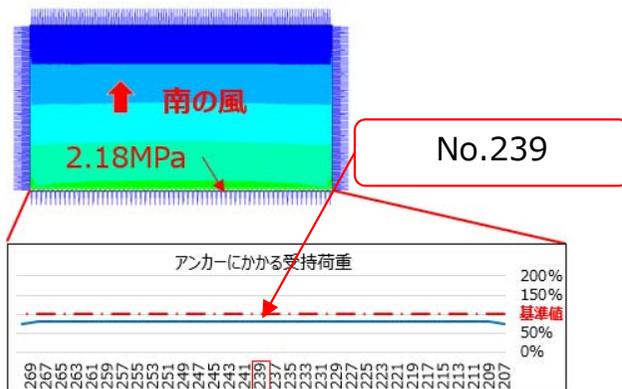
# 要因1：矩形化・小型化による偏荷重発生リスクの低減

- 複合形モデルから矩形大モデルにすることで、同じ面積、アンカー本数でもアイランド面には偏荷重による応力集中の発生リスクが減ることによりアンカー受持荷重が分散できる。①→②
- アイランドサイズを小型化することでアイランド全体の風力荷重が下がり負担荷重も低減され、接続部品、係留部材の安全率を確保する。②→③

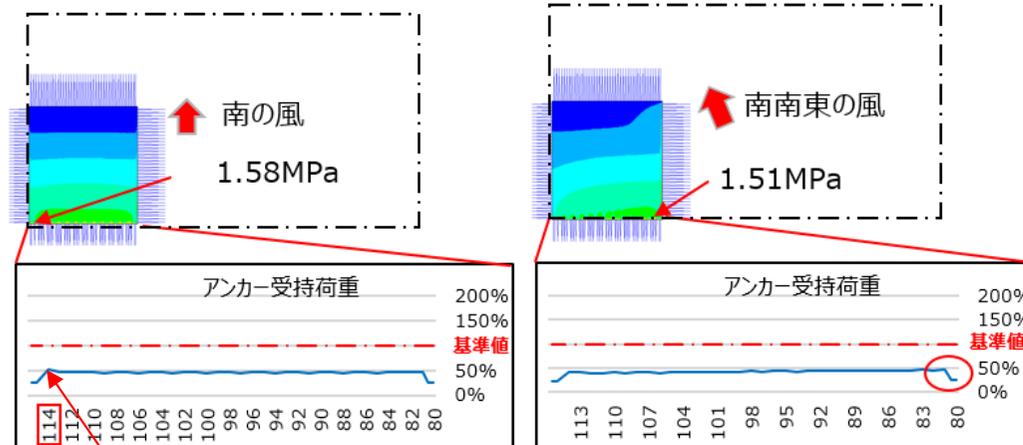
① <複合形モデル(138,196m<sup>2</sup>)>  
山倉サイズ



② <矩形(大)モデル(137,205m<sup>2</sup>)>  
山倉同等面積



③ <矩形(小)モデル(28,534m<sup>2</sup>)>例  
山倉再建案(アイランドⅡ)サイズ：南北最長アイランド 面積約1/4.8



No.114

安全率 = 基準値 / 受持ち荷重

	最大アンカー負担荷重	備考
① 複合形モデル	No.292	偏荷重により耐力不足
② 矩形(大)モデル	No.239	矩形形状で偏荷重改善
③ 矩形(小)モデル	No.114	小型化で負担荷重低減

短期荷重×(2/3)  
安全率=1.5以上

1.7倍  
1.6倍  
2.8倍

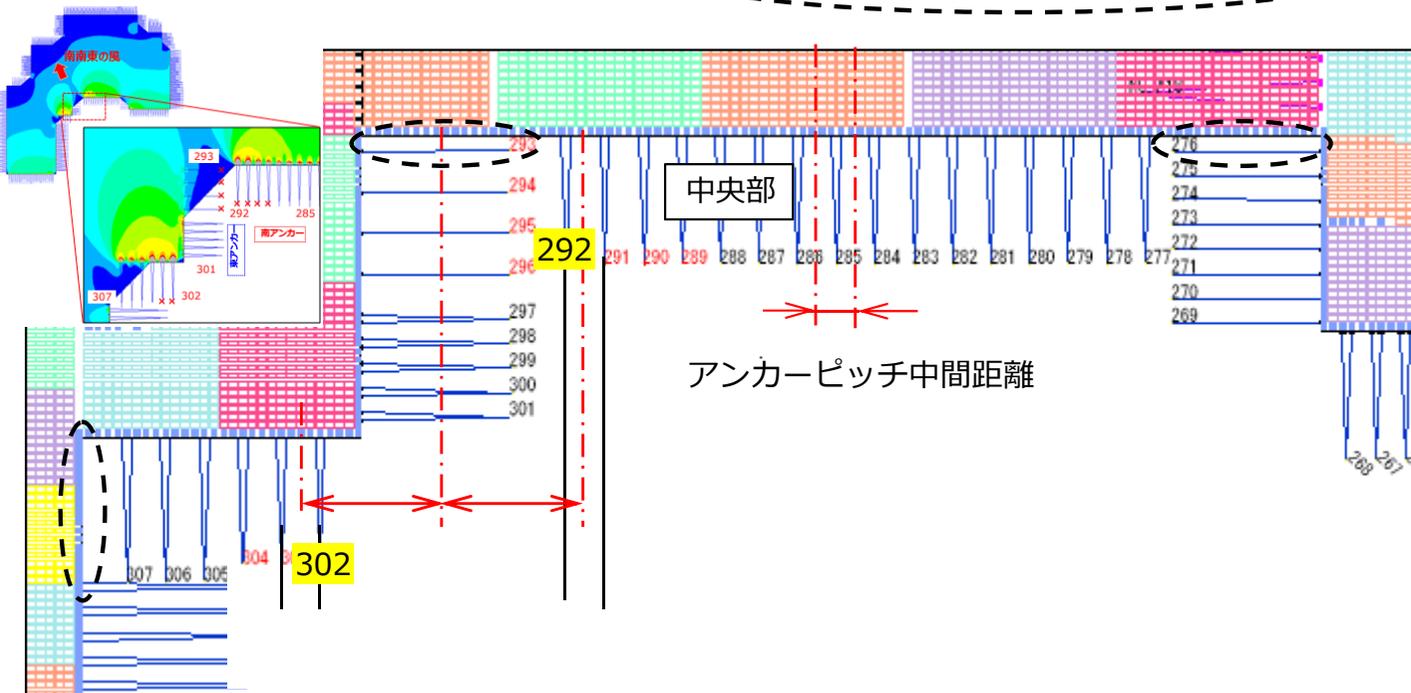
風速41.53m/s、粗度区分Ⅲ相当

# 要因1（補足）：入り隅部の不均等アンカー配置の解消策

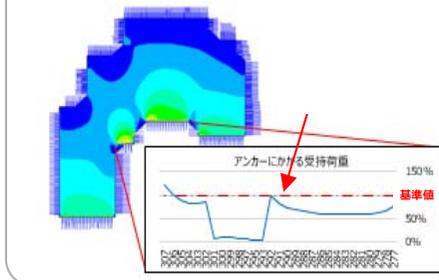
## 【補足】

入り隅部の角部からアンカー292~302番の間には南側アンカーが設置されていなかったため、強風により、292と302の負担荷重が大きくなりアンカー抜けに繋がった。

## 入り隅部の不均等アンカー配置



アンカー耐力基準値 (No.292)  
が抜ける最大瞬間風速：39.1m/s

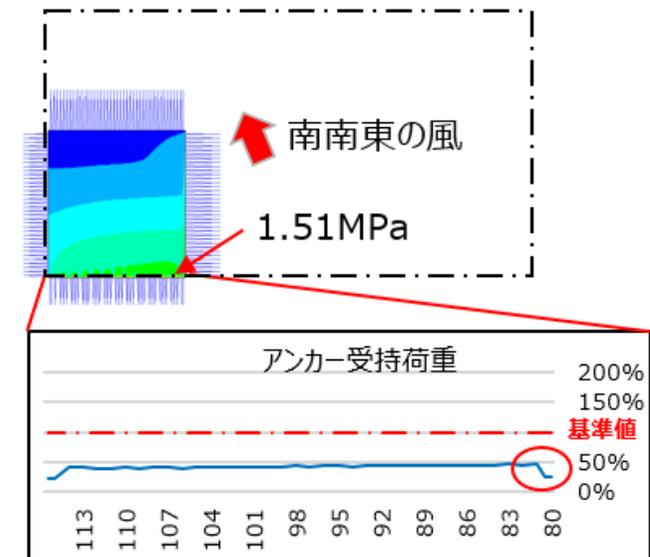


市原市基準風速 38 m/s  
設計風速 41.53m/s

- 台風15号平均風速（観測計高さ）  
（最大瞬間風速と同時刻帯）
- ・五井：20.2m/s（18.0m）
  - ・郡本：24.0m/s（15.0m）
  - ・潤井戸：14.1m/s（10.0m）

## 【解消策】

矩形形状の外周部に  
アンカー／係留線を  
均等配置する

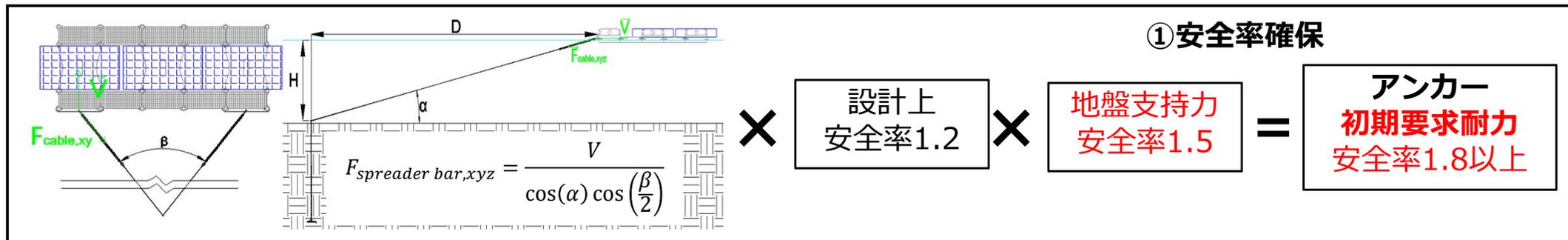


# 要因2：アンカー抜け防止対策

## ① アンカー設計時には建築・土木の基準を参考にした安全率を確保

最大風力荷重に対して、従来の設計上安全率1.2倍に、更に地盤支持力1.5倍を乗じて1.8倍以上を初期要求耐力とする。※

## ② 係留線が1本切れても隣り合う係留線、連結部品、アンカーは補完する耐力を有する設計

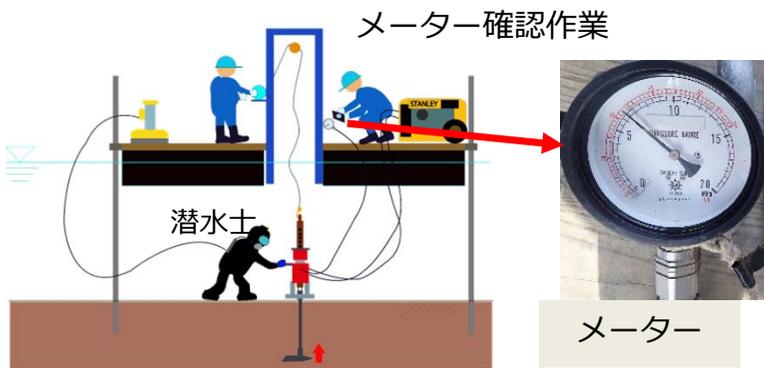


### ■ 施工フロー

- 1) 準備工
- 2) 位置出し
- 3) アンカー部材組立
- 4) アンカー打設
- 5) アンカー反転定着確認
- 6) アンカー引抜き耐力測定
- 7) アンカーワイヤー取付

### 6) アンカー引抜き耐力測定 > (初期要求耐力)

所定のアンカー耐力を船上作業者が油圧メータで確認し記録する。

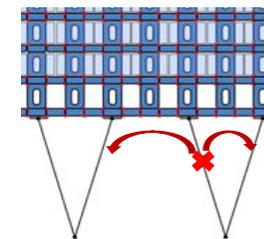


※従来通りアンカー施工時、鉛直方向での耐力値

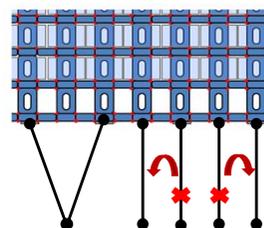
### ② アンカー係留線の設計基準変更

- ・係留線が1本切れても隣り合う係留線、連結部品は補完する耐力を有する設計

⇒ 矩形中間部 (一般部) 条件



⇒ 矩形角部 (最大応力発生部) 条件

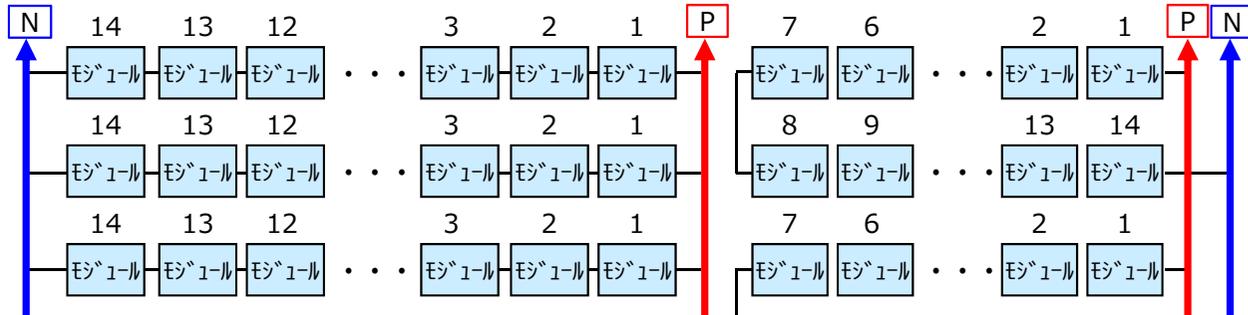


- ・V字→I字係留線としアンカーを増設 × (1.5~2.0)

# 要因3：火災防止対策

- ・ 配線ループが大きくなならない配線経路でP極とN極配線の距離を保つ。
- ・ P局/N極の延長ケーブルが近い場合は保護管に入れる対策を実施。

## ● 14直列系統の場合



## ● 大きなループ配線の危険性

[5] 太陽電池アレイ付近において雷(直撃/誘導)が発生した場合に、太陽電池アレイ配線内のケーブルに電磁誘導は発生することになる。その場合に、正負極のケーブルを図2.5.2-2の右のように並列配線している場合には、誘導電流が打ち消しあい、線間の過電圧の発生がない。他方、正負極を離して配線した場合には、大きな閉ループが形成されてしまい、両者に過電圧が発生する可能性がある。(2.4 雷害保護設計を参照)。

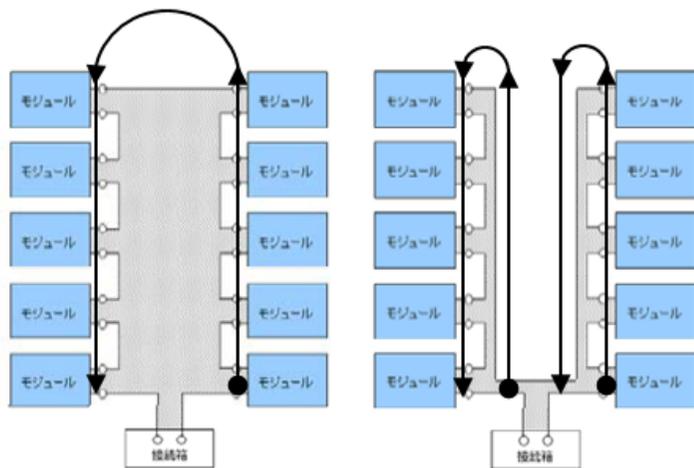


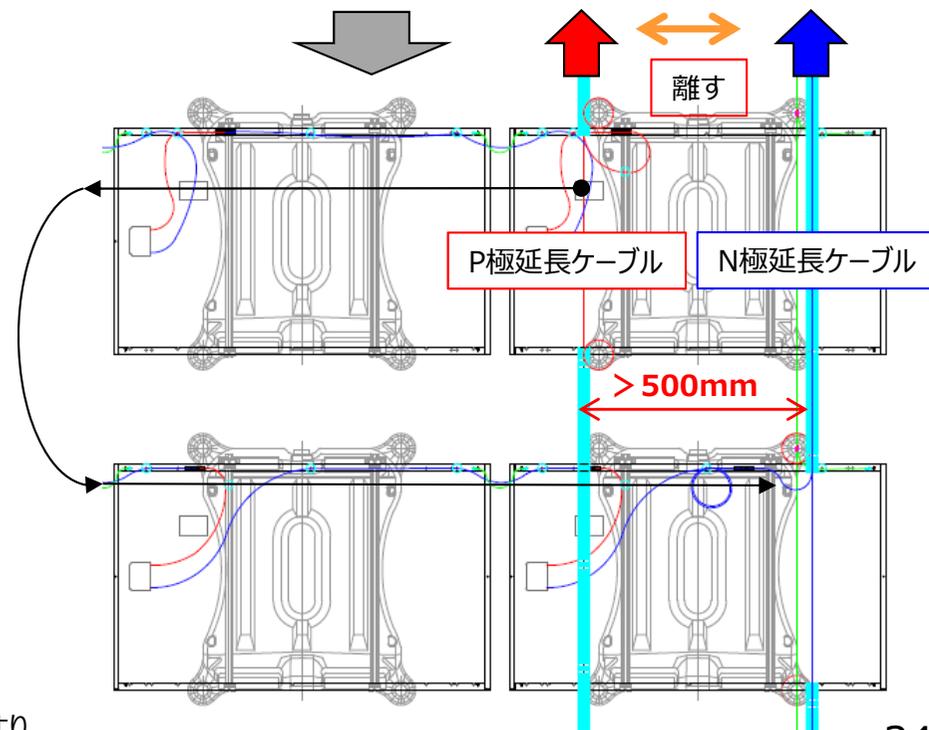
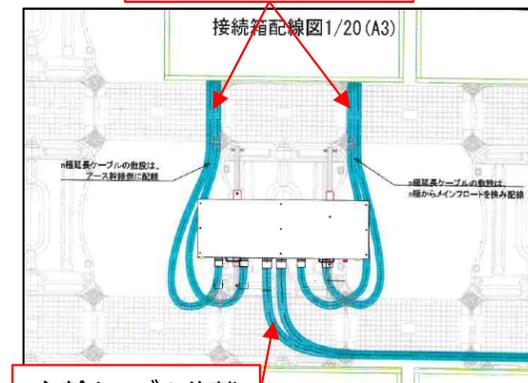
図 2.5.2-2 太陽電池モジュールの配線による誘導ループの違い

※ 産業技術総合研究所「太陽光発電の直流電気安全のための手引きと技術情報」より

## PN延長ケーブル同位置結束



## PN延長ケーブル分離



# 7. 再発防止案：山倉水上メガソーラーの再建設計案

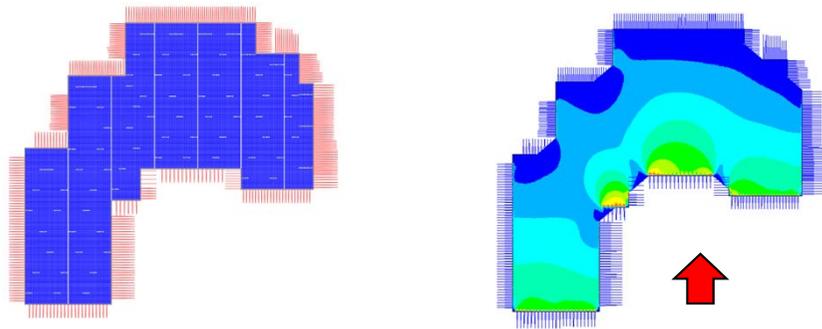
- 複合形状から矩形にすることで偏荷重による応力集中の発生リスクが減る。
- アイランドを小型化、分散化することでアンカー／係留線1本当たりの負担荷重を低減し安全率を確保。

<複合形モデル(138,196m<sup>2</sup>)> 初期形状

アイランド面積：90.8%

太陽電池パネル出力・枚数：270W×50,904枚

発電所容量：13.7MW



風向：南

アンカー本数：203%

アンカー総本数：420本

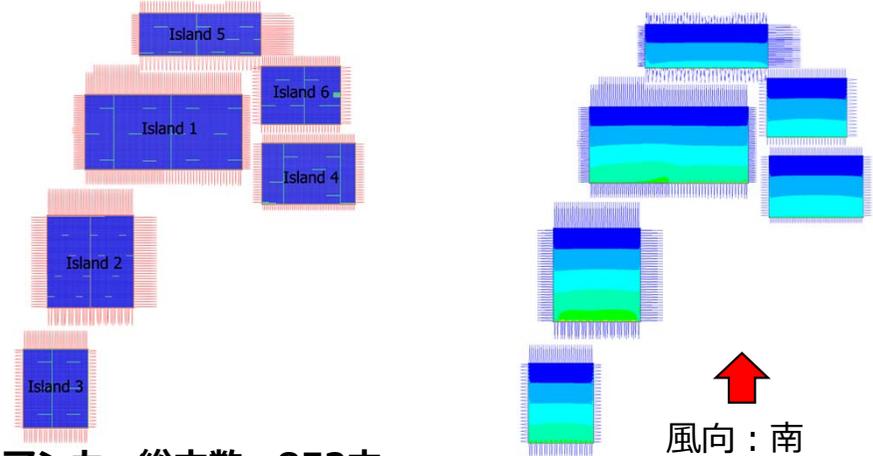
	面積(m <sup>2</sup> )	北	東	南	西
初期山倉	138,196	112本	133本	<b>68本</b>	107本
アンカー1本当たり負担面積(m <sup>2</sup> /本)		1,234m <sup>2</sup>	1,039m <sup>2</sup>	<b>2,032m<sup>2</sup></b>	1,292m <sup>2</sup>

<矩形(小)モデル(125,519m<sup>2</sup>)> 再建形状案

太陽電池パネル出力・枚数：270W×8,848枚

315W×36,050枚

発電所容量：13.7MW



風向：南

アンカー総本数：852本

	面積(m <sup>2</sup> )	北	東	南	西
合計	125,519	280本	169本	<b>233本</b>	170本
アンカー1本当たり負担面積(m <sup>2</sup> /本)		488m <sup>2</sup>	743m <sup>2</sup>	<b>539m<sup>2</sup></b>	738m <sup>2</sup>

※負担面積差補足

安全率向上、アイランド分割による周長増によりアンカー本数を増やしたため負担面積が小さくなっています。

※現地の地耐力を再計測中のためアンカー本数が増減する可能性があります。

## 8. 被害拡大防止フェールセーフ（連鎖的な破損対策）

8-1 応力集中リスク場所に補助係留線追加（検討中）

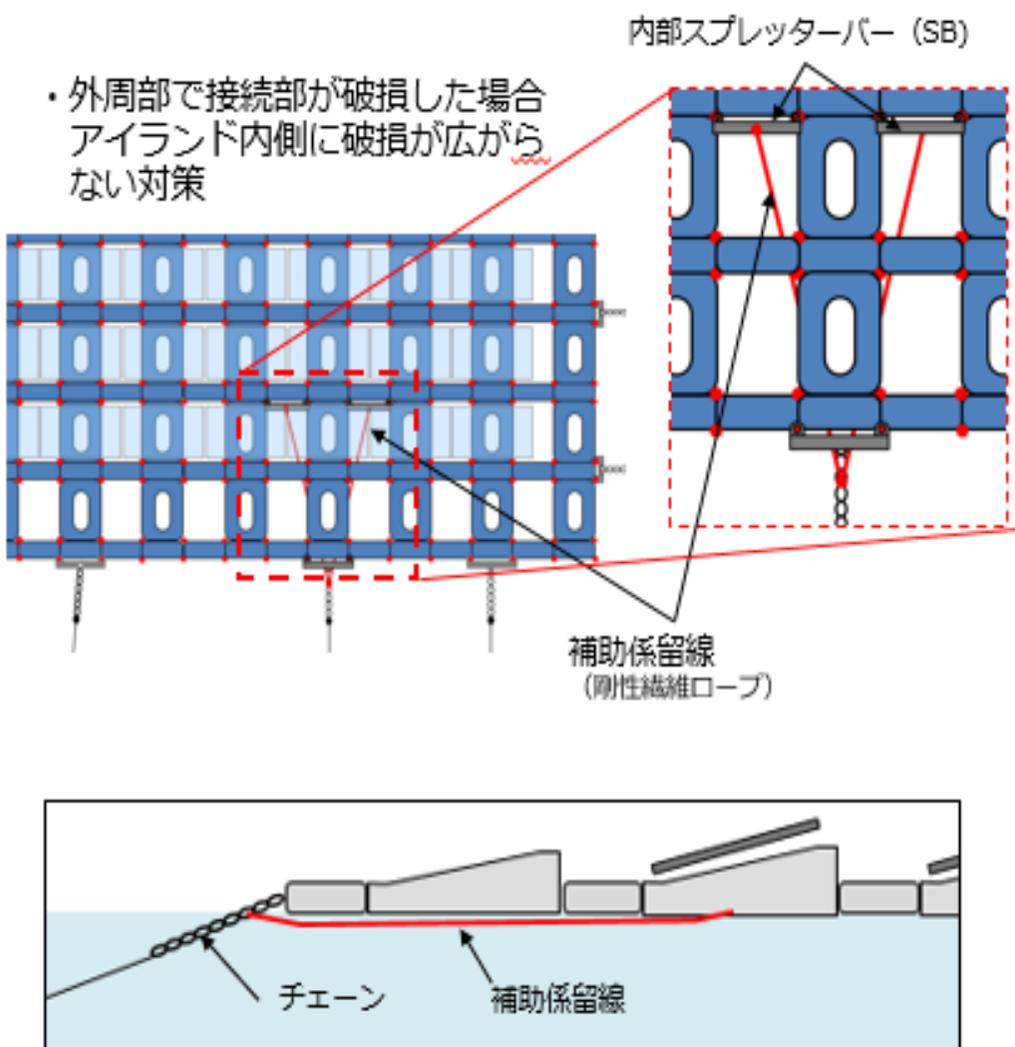
8-2 外周部のスプレッターバー固定部を強化接続ピンに変更

8-3 外周フロート水入れ/水入りフロート追加

# 8-1, 8-2 被害拡大防止フェールセーフ（連鎖的な破損対策）

- ① 応力集中リスク場所に補助係留線追加（検討中）
- ② 外周部のスプレッターバー固定部を強化接続ピンに変更
- ③ 外周フロート水入れ/水入りフロート追加

## ① 補助係留線追加



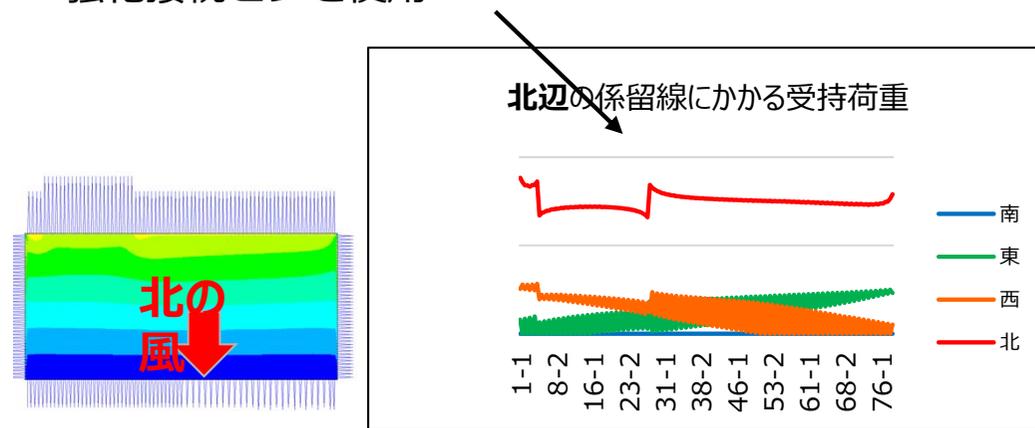
## ② 強化接続ピンの追加設定

最外周部でスプレッターバー固定接続ピンを強化ピンに変更



### <応力分布図>

耐力基準値内で部分的なピークが出る場合は、強化接続ピンを使用



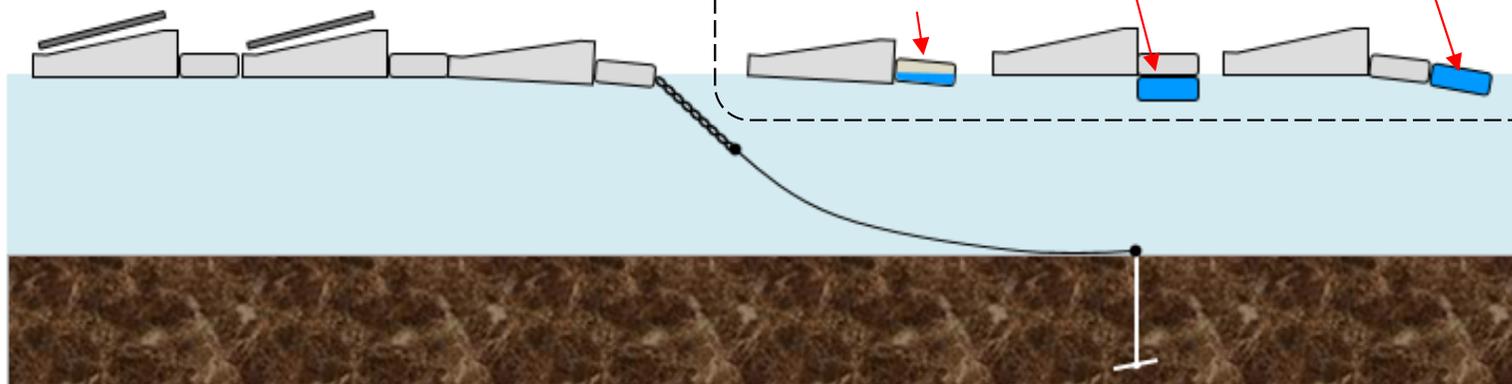
## 8-3 被害拡大防止フェールセーフ（連鎖的な破損対策）

- ① 応力集中リスク場所に補助係留線追加（検討中）
- ② 外周部のスプレッターバー固定部を強化接続ピンに変更
- ③ **外周フロート水入れ/水入りフロート追加**

③ 係留線配置間のセカンドフロートに水入れ  
又は水入りフロートを追加

水入りフロート事例

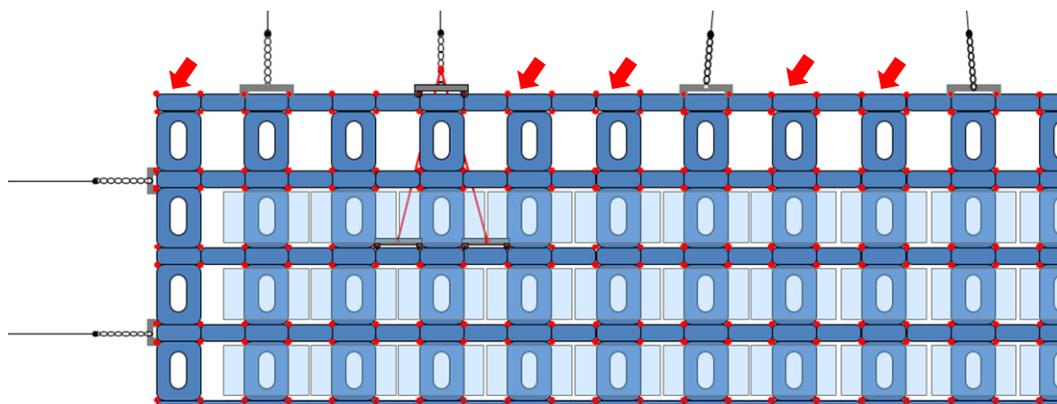
- ・ 水入りフロート追加  
（フロート下配置）
- ・ 既存フロート水入れ
- ・ 水入りフロート追加  
（フロート外側配置）



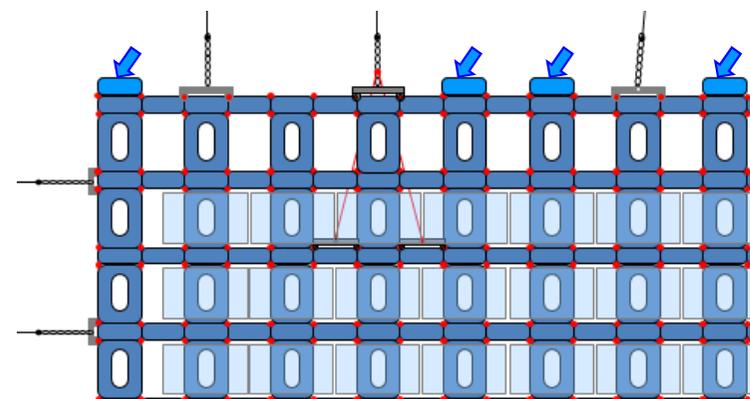
既存フロート水入れ作業



❖ フロートに水入り  
/水入りフロート追加（フロート下配置）



❖ 水入りフロート追加（フロート外側配置）



## 9. 初期提案時の新たな留意点と水平展開

項目	部位	再発防止設計の留意点
設計基準・根拠	風洞実験～	水上アイランドの設計荷重算出方法について 外部応力（風/波）
アイランド設計	設計条件	環境調査（水深、水質、流速、水位変動などの変動要素含む）
	<b>形状</b>	<b>矩形／複合形状</b> ：風向別荷重分布影響 機器レイアウト
	<b>サイズ</b>	<b>方位別の最大連結台数</b> と支持辺長／係留線1本当たりのフロート数
	<b>構造</b>	<b>フェールセーフ設計（連鎖的破壊防止策）</b> 、安定性、配線経路
アンカー設計	アンカー	初期の調査と設計耐力 アンカー方式、荷重負担・施工管理
	係留線	施工時バラツキと調整方法、余長と移動距離
		係留線配置ピッチと角度、係留線材質：劣化率、伸び率
フロート、接続部品設計	設計耐力	揺動時の接続部の応力、荷重伝達
	部品強度	負担荷重、破壊モード、
電気配線設計	ケーブル配線	<b>火災</b> 、経路（水面上/水面下）、クランプ方法・ケーブル保護・メンテナンス性

### 水平展開

- 進行中の案件及び既設案件に関しましては、上記の留意点、とりわけアイランド形状についてサイト毎に検討し、緊急性を鑑みて補強などの対応をして参ります。