



教育部

潔能系統整合與應用人才培育計畫

Talent Cultivation for Integration and Application of Clean Energy System



太陽光電場域消防實務

現職:

國立東華大學光電工程學系 副教授
兼能源科技中心/教育部宜花東推動中心辦公室主任

經歷:

國立東華大學能源科技中心副主任
國立東華創新研究園區執行長
國立東華大學研發處產學合作組組長

教師學術研究專長

1. 太陽光電元件與材料
2. 氫能與燃料電池
3. 生質氣化發電技術
4. 無線電力傳輸技術
5. 纖維乙醇開發與應用
6. 太陽光電數位製圖與設計
7. 穿透式電子顯微鏡與分析



白益豪

(Prof. Yi-Hao Pai)

光電元件暨能源技術實驗室

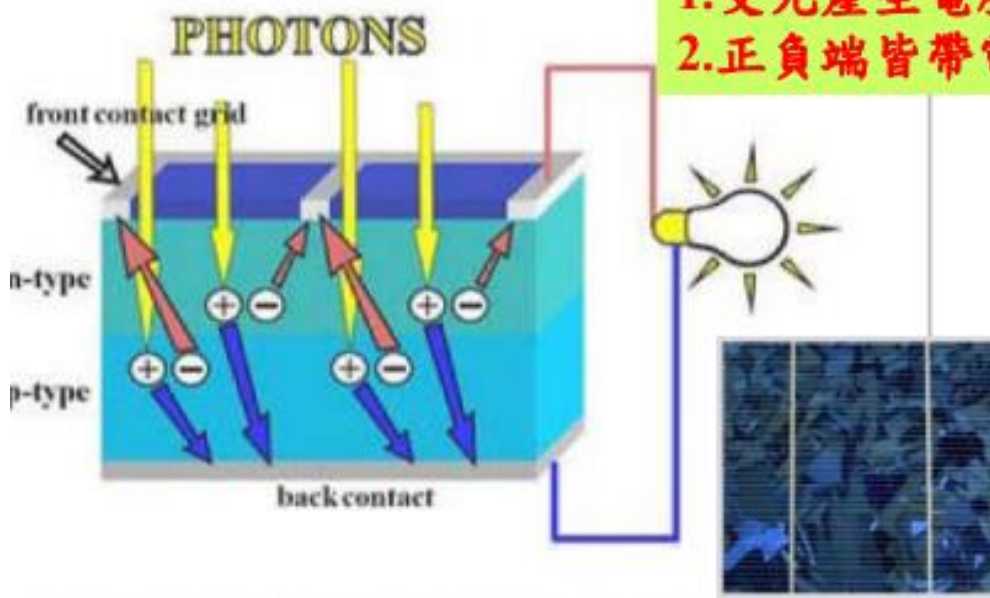
OPTOELECTRONIC DEVICE AND ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY

太陽能產生電力的常見模式

Two pathways of creating electricity from solar:

太陽能光電 Photovoltaics

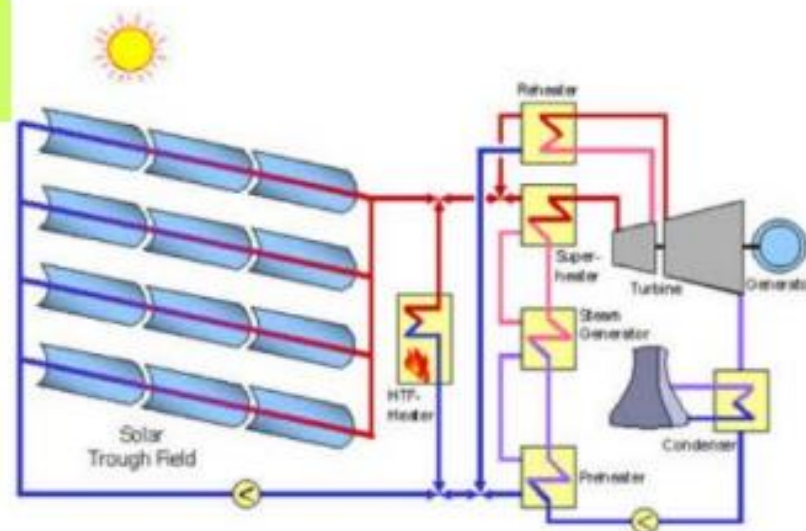
Cells of semi-conductors absorb photons and directly convert them into electrical current.



Can be used anywhere in the U.S.

太陽能聚熱發電 Concentrating Solar Power

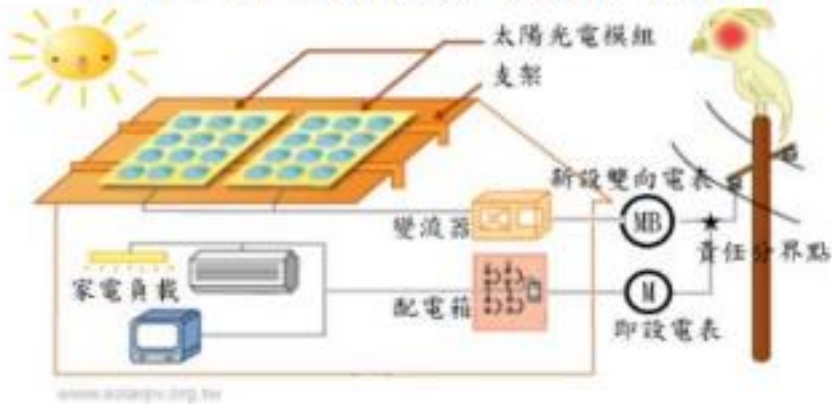
Mirrors focus solar radiation to heat fluids that are used to drive electric generators.



Predominantly in the Southwest U.S.
(requires direct sunlight)

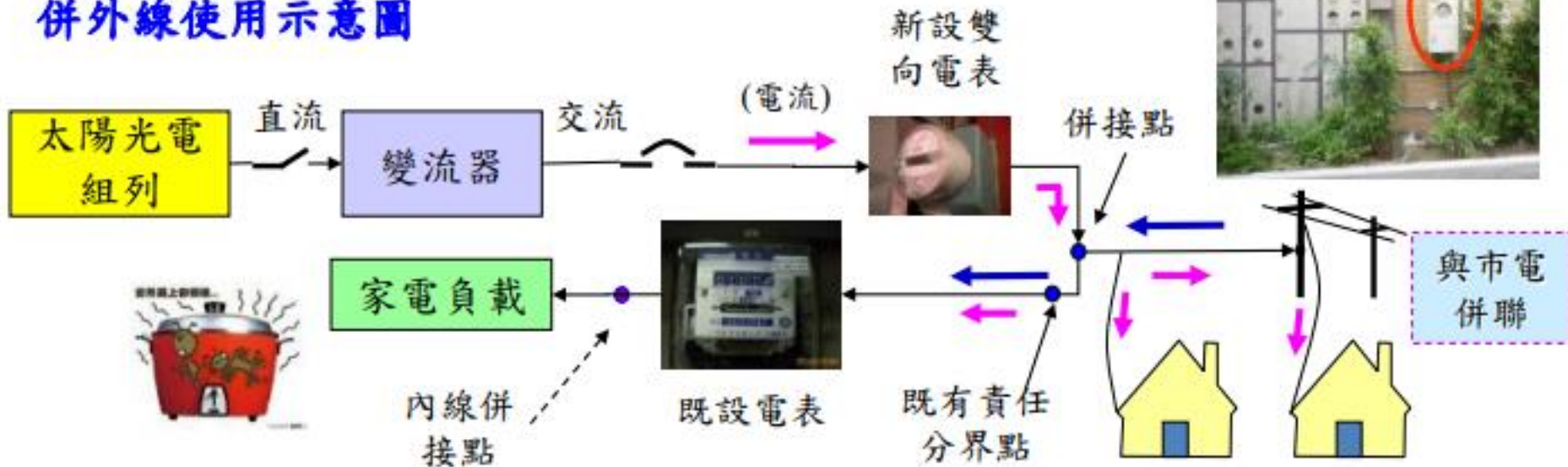
住宅太陽光電系統-併聯市電案例220V

併聯型太陽光電發電系統示意圖



- 併內線與外線
- 併聯型變流器都必須具備"孤島效應"，也就是當偵測到台電停電時，系統會立刻停止發電，以免台電維修人員發生觸電危險。

併外線使用示意圖



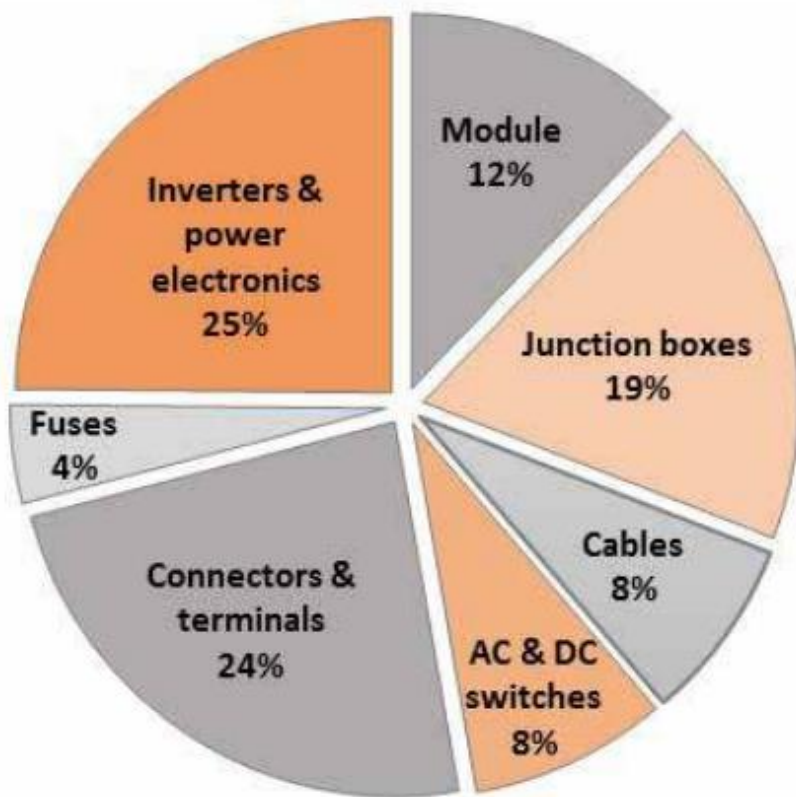
Cases of fires involving PV systems



潔能系統整合與
應用人才培育計畫

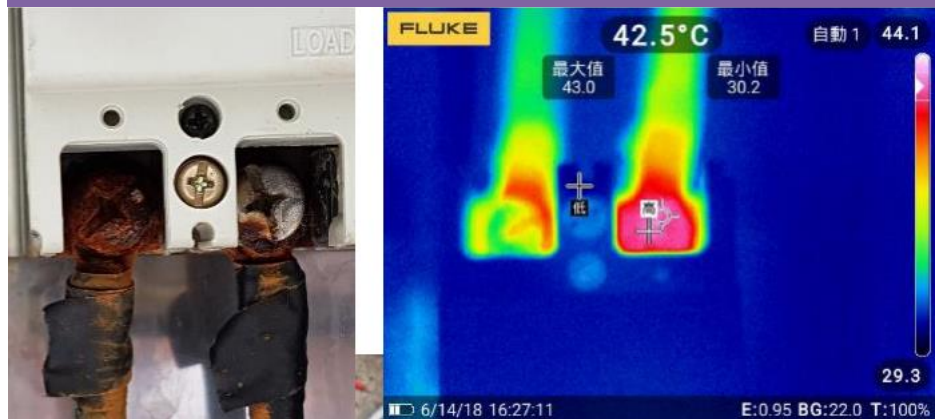
A 2013 survey analyzed fire incidents involving PV systems (including rooftop PV and ground-mounted PV) **in Germany from 1995 to 2012**, during which period the installed PV capacity had risen to more than 30 GW.

The survey found about 400 cases in which a PV system was present; in 180 of these cases, a PV component was determined to be the source of the fire. Figure 1 shows components where fire started in 180 fires, with **inverters and power electronics**, **connectors and terminals**, and **junction boxes** being major causes of fire.

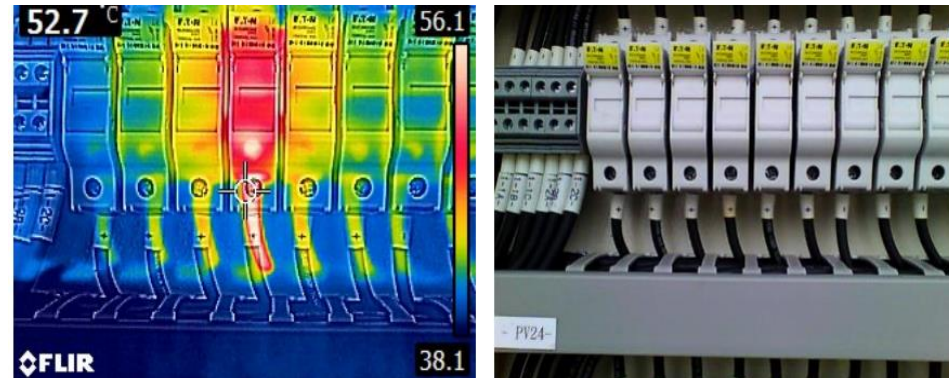
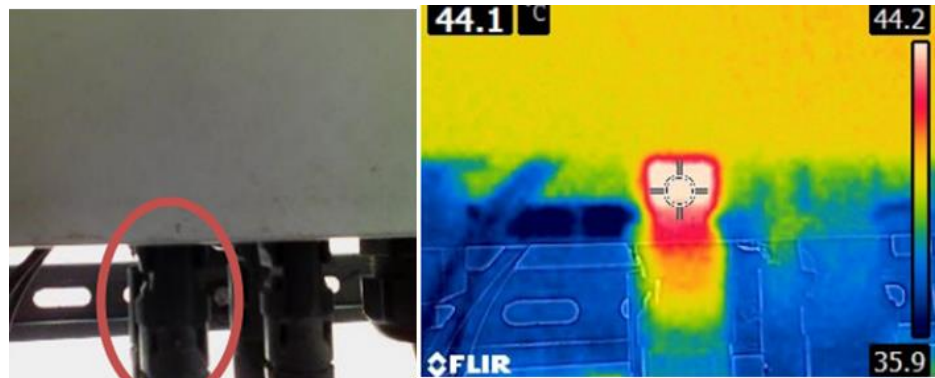
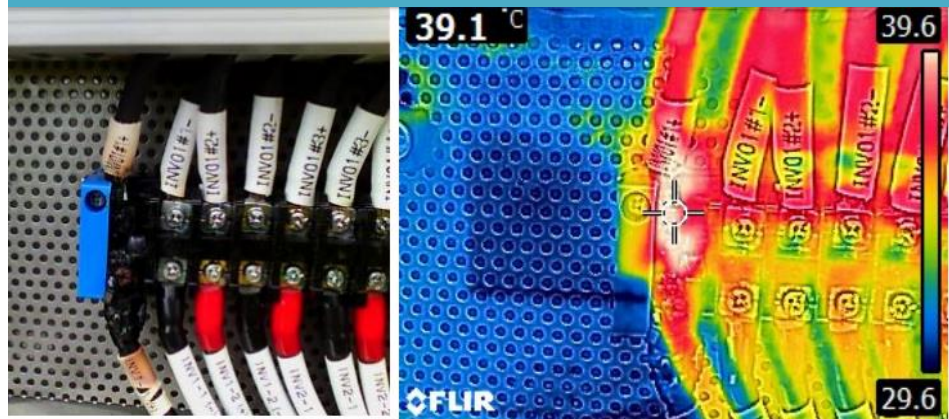


太陽光電系統可能造成溫度異常之問題

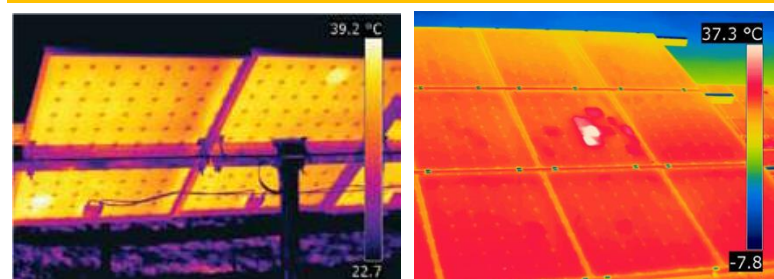
NFB 開關過熱



DC 箱端子座接點過熱



變流器接頭壓接不良過熱



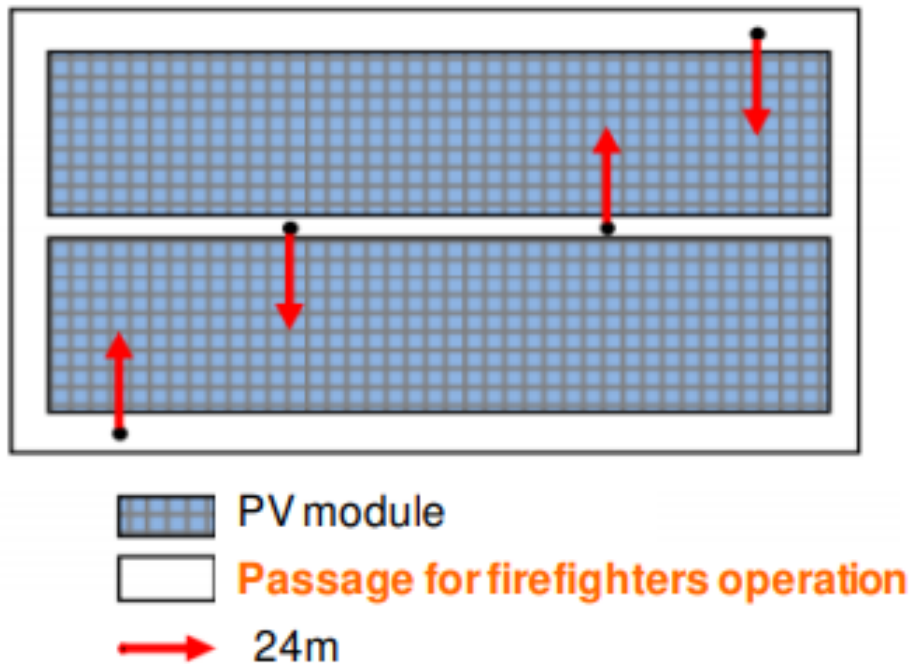
保險絲座過熱



熱顯像儀 Thermal Imager

Guidelines for installation with respect to firefighters' operations - Japan

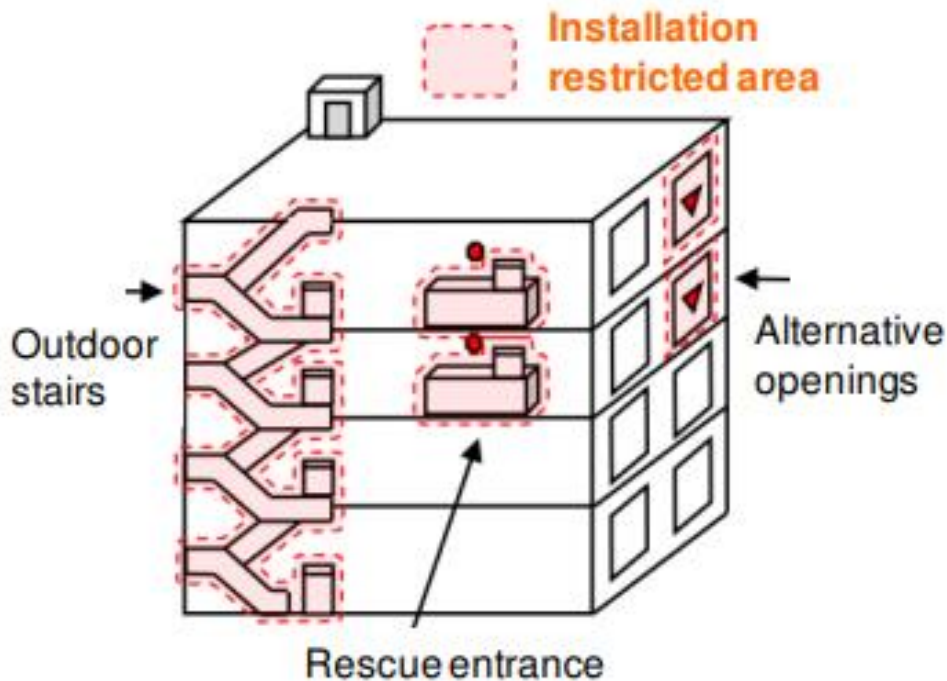
The Tokyo Fire Department released “**Directive standards for fire safety measurement regarding PV systems**” to ensure the safety of firefighters in July 2014. The scope includes buildings requiring fire prevention such as commercial buildings and public buildings in Tokyo.



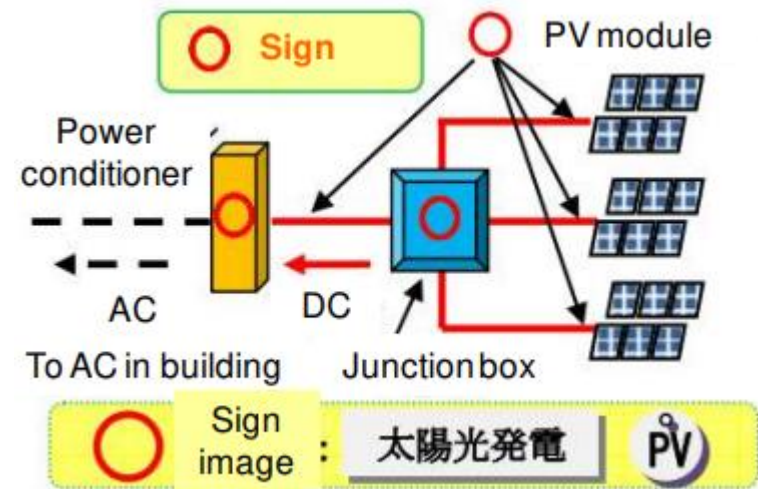
This directive states the setbacks necessary for a PV module on the roof, to make space for the passage of firefighters in large-scale PV installations (over 300 m²), and limits the distance between any passage and the center of a PV array to within 24 m, so that water being directed from the passageway can reach the fire.



Guidelines for installation with respect to firefighters' operations - Japan

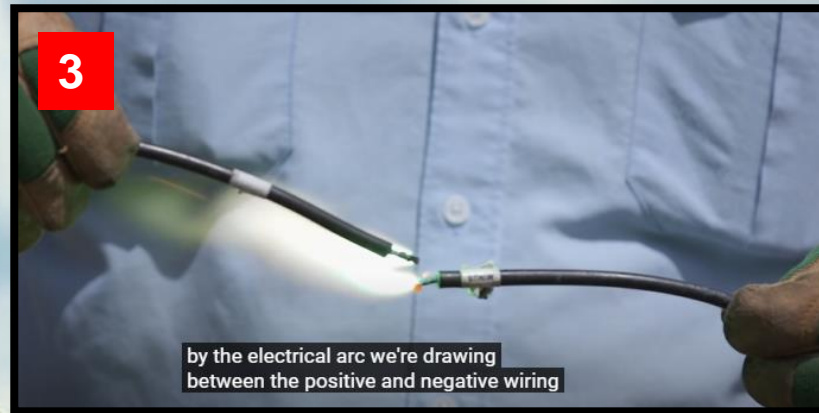
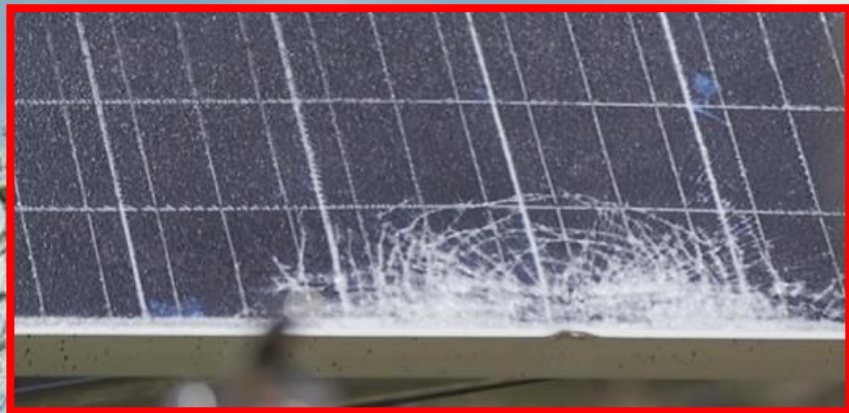
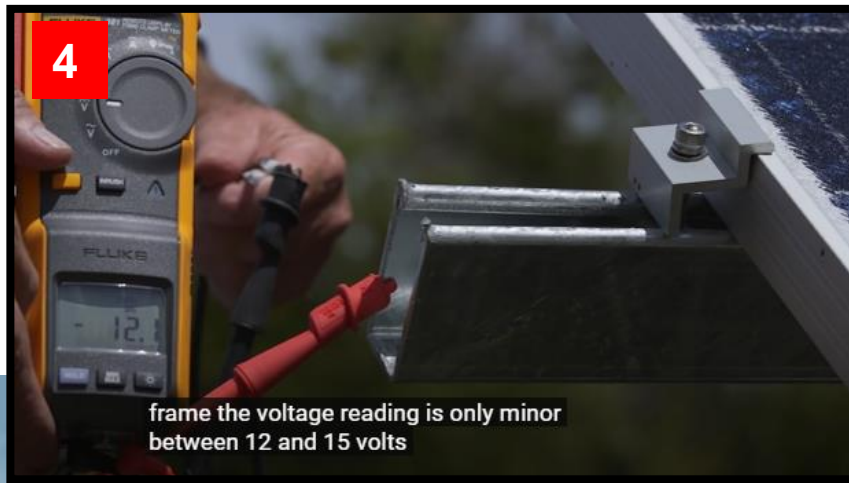


PV installation locations, including the DC wiring conduits, are restricted to being no more than 50 cm outside boundaries around the building areas used by firefighters. These areas include **outdoor stairs, rescue entrances, and alternative**.



To mitigate the hazard of an electrical shock to firefighters, the directive standards require **markings (signage)** for the PV system, junction box, power conditioner, and DC wiring.





系統仍會產生超過650伏的開路電流和近9安培的電流

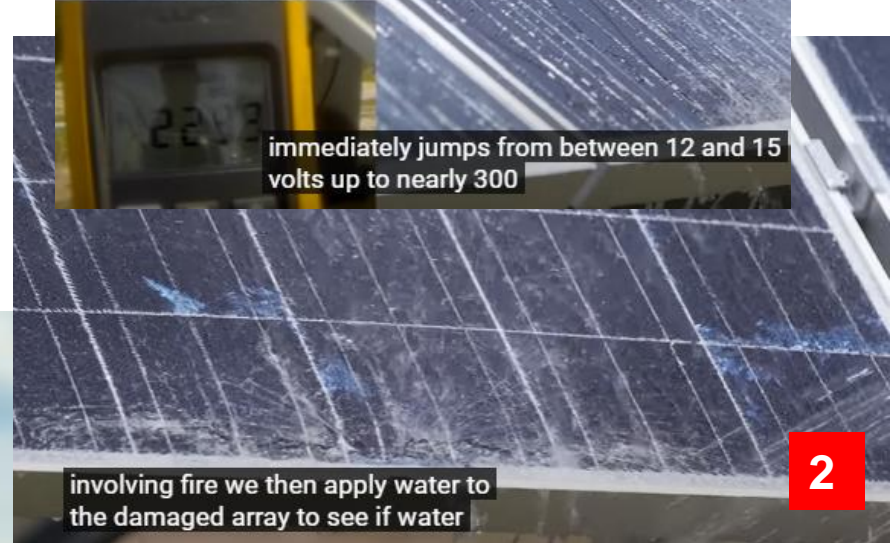


潔能系統整合與
應用人才培育計畫



潔能系統整合與 應用人才培育計畫

In this video we show how water applied to a damaged solar panel system can radically increase the danger of electrocution.





A new approach for shut down solar system



An aerial photograph of a large solar farm in a valley. The solar panels are arranged in a grid pattern, covering a significant portion of the valley floor. The surrounding area is a mix of green fields and residential or commercial buildings. In the background, there are rolling hills and mountains under a clear blue sky with some light clouds. The text is overlaid in the center of the image.

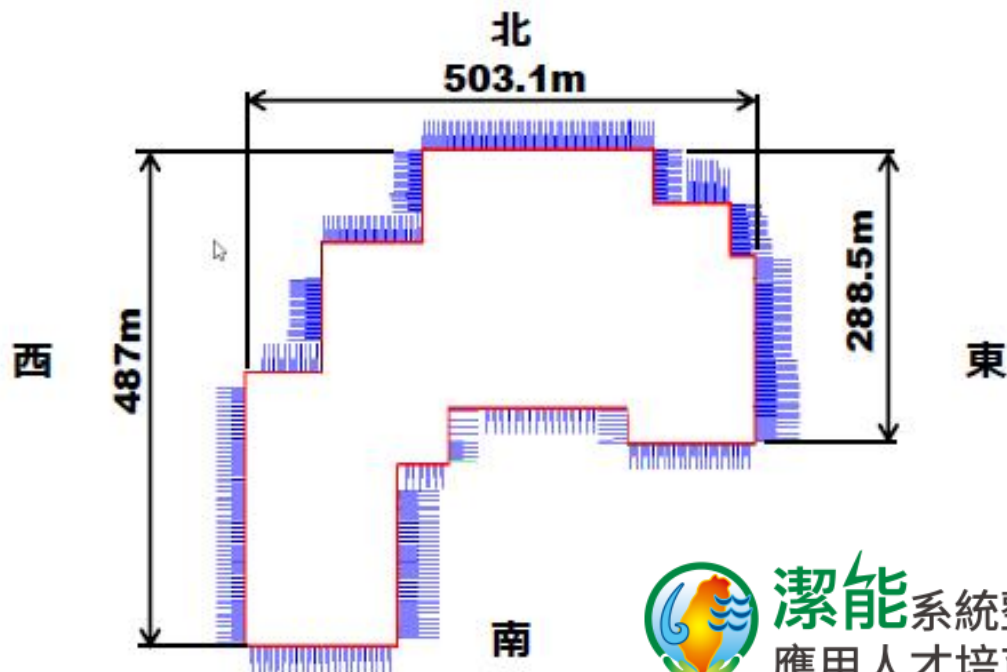
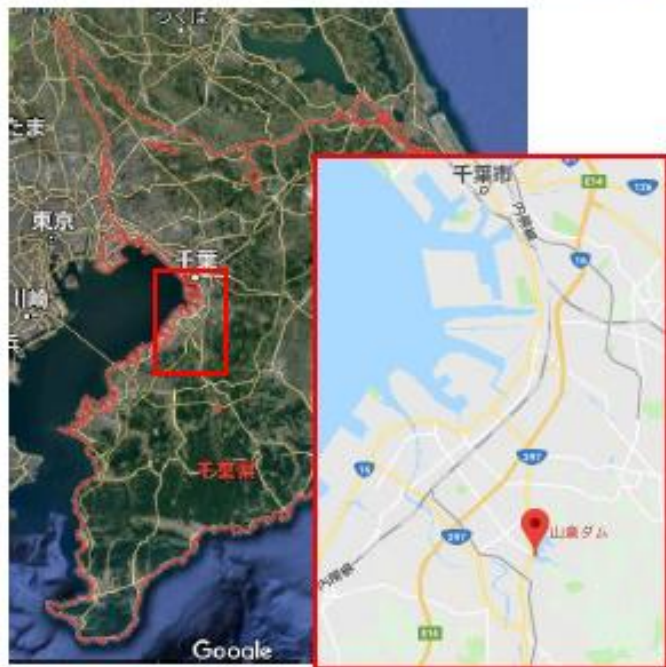
千葉・山倉水上メガソーラー発電所
太陽電池破損事故

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

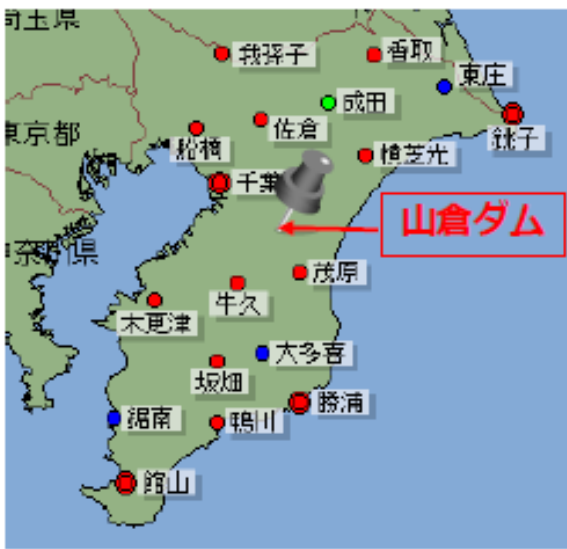
太陽電池設備（アイランド）の大きさ



15號颱風法西 (Faxai) 於9月9日登陸日本千葉市，號稱「關東史上最強颱風」，千葉市測量到紀錄上最高風速，每小時129.2公里 (12級風) 以及最大瞬時風速每小時207公里 (17級風)

4-2 原因の調査 ◆ 台風15号の風速について

千葉県気象庁観測所データ



- 【千葉】 9月9日4:30
平均風速35.1m/s
最大瞬間風速57.5m/s を観測
- 【館山】 9月9日2:40
平均風速26m/s
最大瞬間風速48.8m/s を観測
- 【木更津】 9月9日2:50
平均風速22.7m/s
最大瞬間風速49.0m/s を観測
- 【佐倉】 9月9日
平均風速16.0m/s
最大瞬間風速33.9m/s を観測

市原市大気汚染常時監視測定局位置図



- 【五井】 3~4時 最大瞬間風速 46.2m/s
4~5時 50.8m/s を観測
- 【郡本】 最大瞬間風速 49.7m/s 50.4m/s を観測
- 【潤井戸】 最大瞬間風速 42.6m/s

2 事故の概要及び被害の状況

◆左図黄色点線部によりアイランドが三つに分断



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



G パワコンへの配線収束部



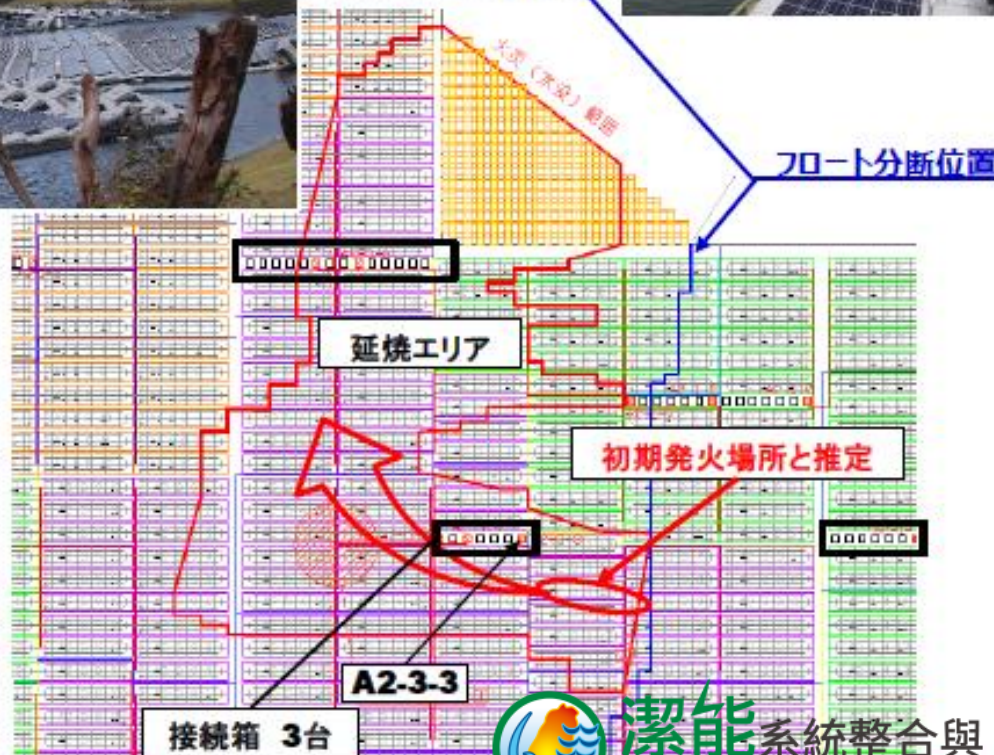
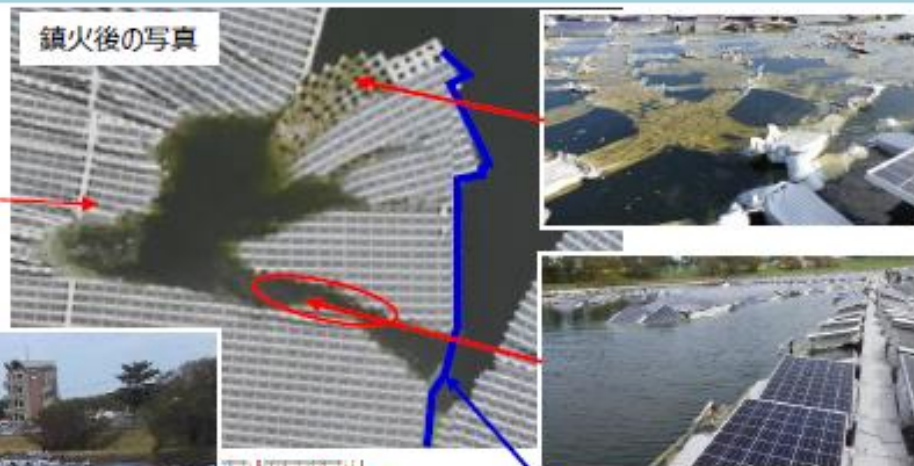
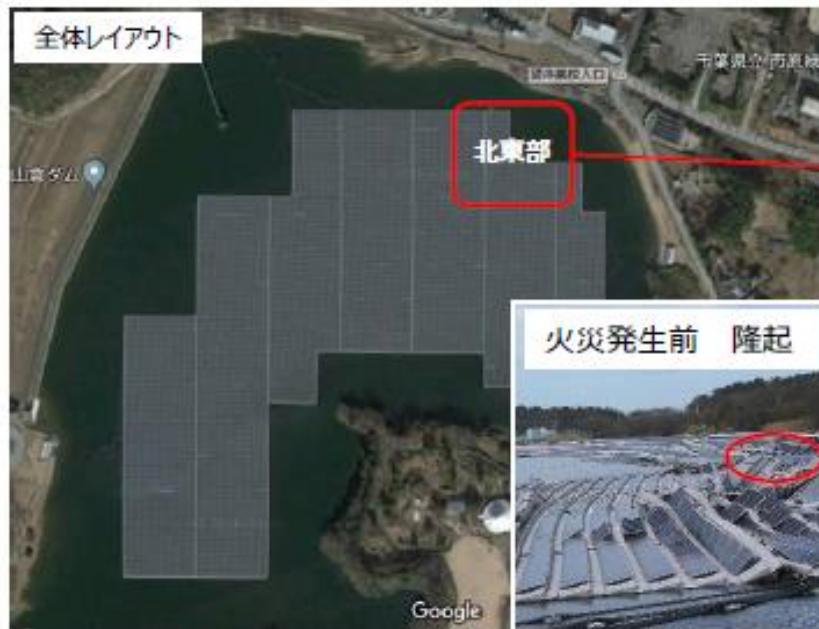
D 断裂した部分の接続ピン破損



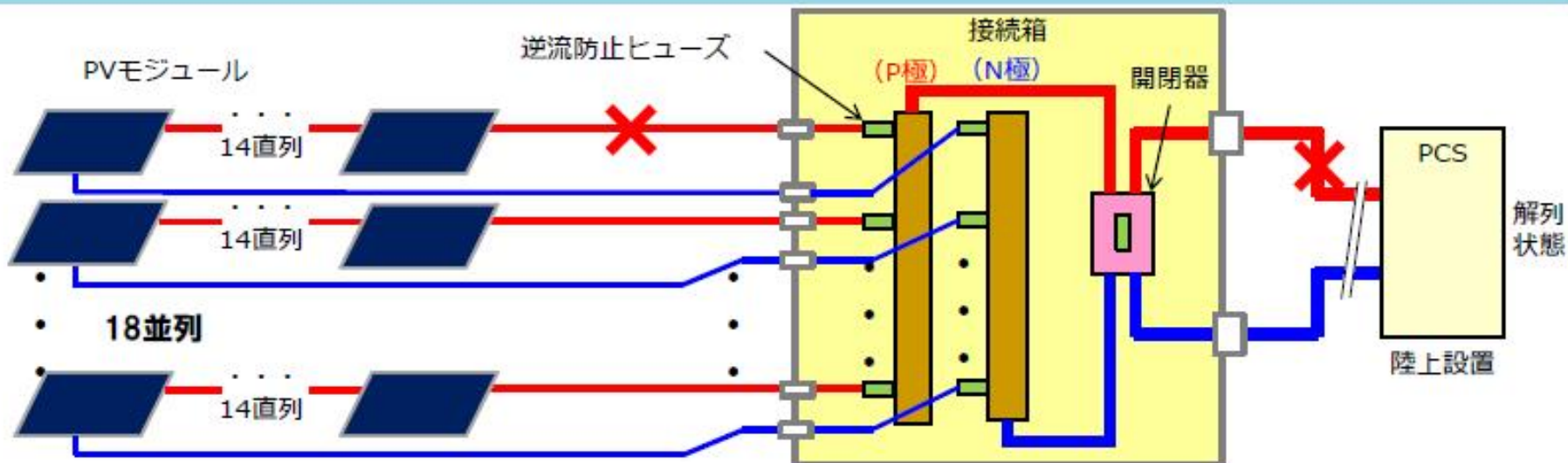
H フロート・パネルが隆起



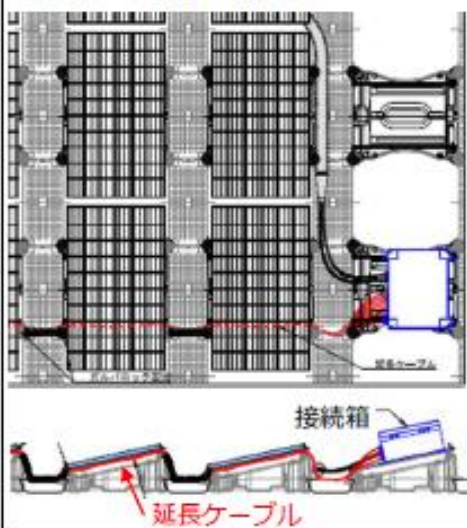
6-1 火災発生場所 (調査より推測)



6-2 火災発生原因 推定① 直流ケーブルの断線



延長ケーブル俯瞰図



接続箱周囲の配線

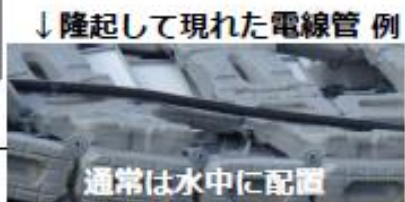
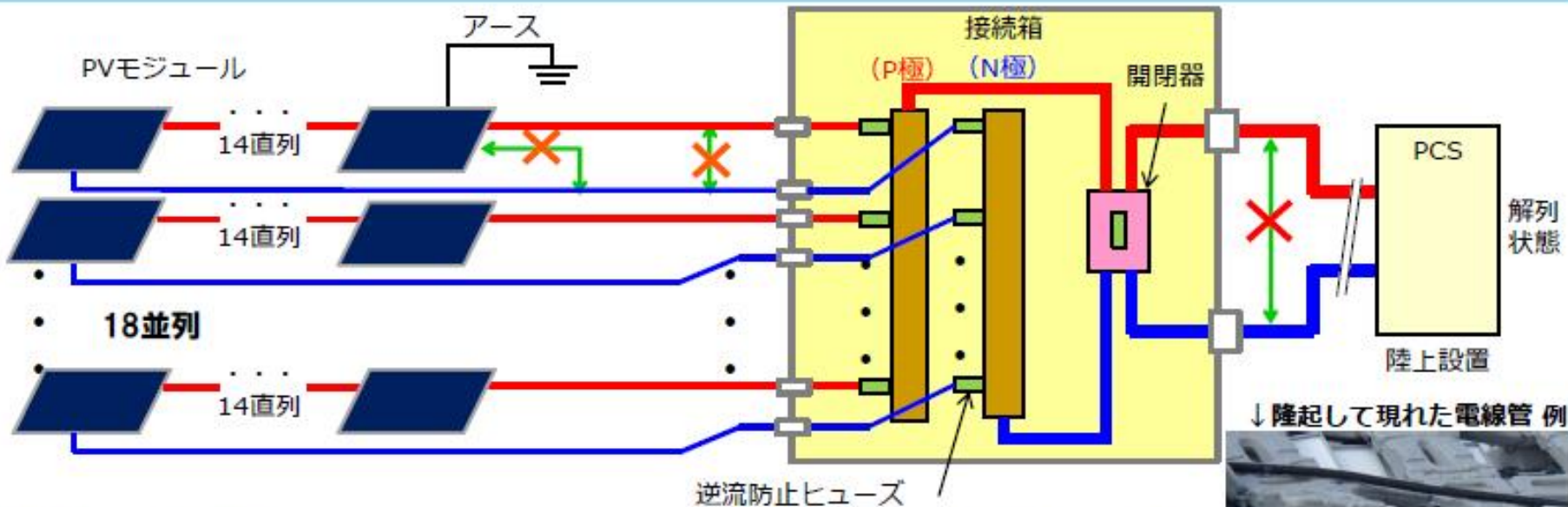


直流配線が断線時のフロート焼損痕 (対策作業中)



※開閉器は開放状態

6-2 火災発生原因 推定② 直流ケーブルの短絡 (PN間、2点地絡)



PV 枠のアーケ痕 ※

太陽電池モジュール枠



マイナス配線焼損跡



PV 配線 (PN間のアーケ痕)



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

6-4 消火方法

- ・ 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





1 8. 火災関連 まとめと再発防止対策案

- ・火災推定エリアにおいて、接続箱と中継箱の間の幹線のP N間にアーク痕が発見されたことより、**本件の発火原因はこの幹線のP N間アークによって近傍のフロートが発火し延焼したと断定。**

補足：台風通過直後はアイランドが破断し流され、太陽電池/フロートが隆起し重なり合った状態であった。|

○今後の再発防止対策方針

- ・アイランドの破損、隆起が起こらないための構造上の対策を実施。
→ アイランドサイズ、形状制限、強化部品の追加など。
- ・直流ケーブル破損対策として、一緒に配置していた直流ケーブルをP N分離して配置すること破損しにくくするため、保護管に入れるといった対策を実施。

斷電作業 - 緊急斷電

➤ 各箱體 **斷電** 順序：分路由小關到大

1. 關閉直流箱開關 → 2. 關閉逆變器開關 → 3. 關閉交流NFB → 4. 關閉主 NFB → 5. 關閉 VCB 開關 (高壓案場)

並視現場緊急狀況需要，通知台電公司進行電網高壓斷電。



1. 關閉直流開關



2. 關閉逆變器開關



3. 關閉交流NFB



4. 關閉計量錶箱NFB



5. 關閉 VCB (高壓站)

復歸作業 - 斷電後復電

➤ 各箱體 **復電** 順序：分路由**大**開到**小**

1. 確定台電電網正常
2. 開啟 VCB 開關 (高壓案場)
3. 開啟主NFB
4. 開啟交流 NFB
5. 開啟逆變器開關
6. 開啟直流箱開關

近年來政府鼓勵在各種居住、工作、休閒、教育、廠場機關等建築物之外牆、屋頂、陽台或利用其他空地等裝設太陽光電發電設備，一旦太陽光電發電設備有火災或受到鄰接物熱輻射，即會產生電流，對執行救災的消防人員可能產生感電危害。有鑑於此教育部宜花東推動中心、辰亞能源股份有限公司配合花蓮縣內消防局等5/4於花蓮縣鳳林鄉環保園區旁舉辦太陽光電設施消防講習課程，特別針對太陽光電併聯系統之線路配置、直流電力斷開與滅火器選用種類進行實務演練，期能藉由平時落實訓練，使第一線救災人員掌握搶救重點，強化救災安全及提升搶救效能。

綠電系統消防演練「電」定救災新觀念

國立教育廣播電台

2020年5月4日 下午8:21

留言



太陽光電如何兼顧永續維運與防範火災、地震是重要的安全議題。教育部宜花東區域推動中心、國立東華大學能源科技中心、與兩家廠商配合花蓮縣內各單位的



消防機關搶救太陽光電發電設備火災指導原則

內政部消防署 103 年 12 月 23 日消署救字第 1030600446 號函訂定
內政部消防署 108 年 1 月 14 日消署救字第 1070600474 號函修正

- 一. 太陽能板易受日光或有照度光線影響，產生電壓，所以當太陽能板發生火災或鄰接物火災輻射至太陽能板，皆會產生電壓，引起感電。
- 二. 入室人員應著完整無破損之乾燥消防衣、帽、鞋、**手套**、頭套、空氣呼吸器、救命器、熱影像儀等防護裝備器材，並避免碰觸導電物體。
- 三. 滅火行動盡可能使用乾粉或氣體藥劑。若需射水，建議在 **6 至 10 公尺以上之距離處**，以展開角度30度以上之水霧射水，且瞄子出水壓力至少 **7kgf/cm² (100psi)**。
- 四. 太陽能板材質破裂時會形成大小碎片，消防搶救活動時須注意建築物斜屋頂及外牆太陽能板碎片掉落危險。
- 五. 太陽光電發電系統未斷電線路，掉落碰觸到建築物的金屬樑柱時，依舊有導電危險，勿以沾濕的手套碰觸金屬周邊設施，並通知太陽光電發電業者（或台電協同）。於建築物屋內活動如需關閉電源開關時，請戴上絕緣性高之高壓電用塑膠絕緣手套。
- 六. 非必要時切勿碰觸、破壞太陽光電發電設備，以免觸電。即使太陽能板表面已遭受破壞，仍須注意觸電風險。



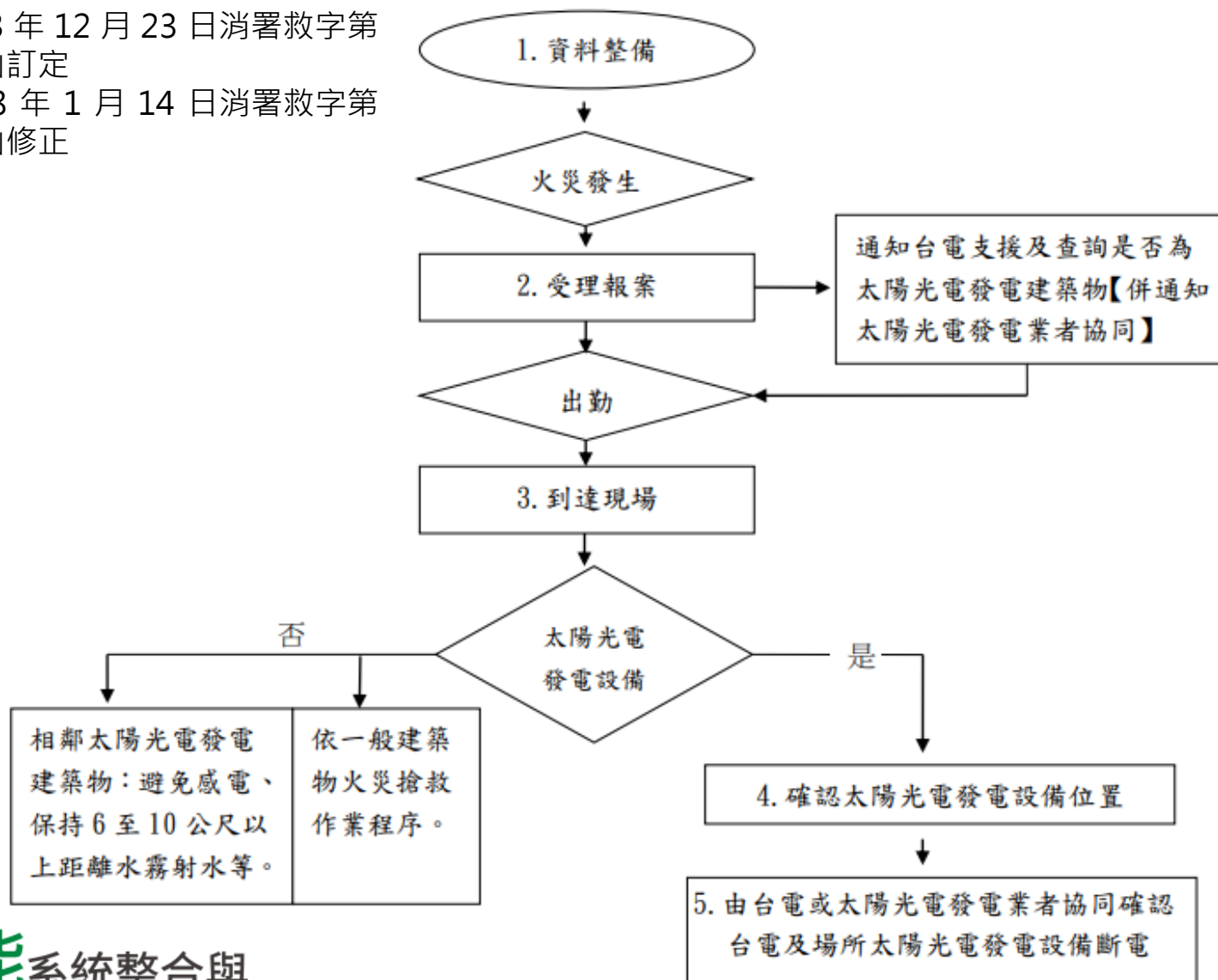
絕緣手套等級分為：
12KV、20KV、25KV、
35KV。



潔能系統整合與
應用人才培育計畫

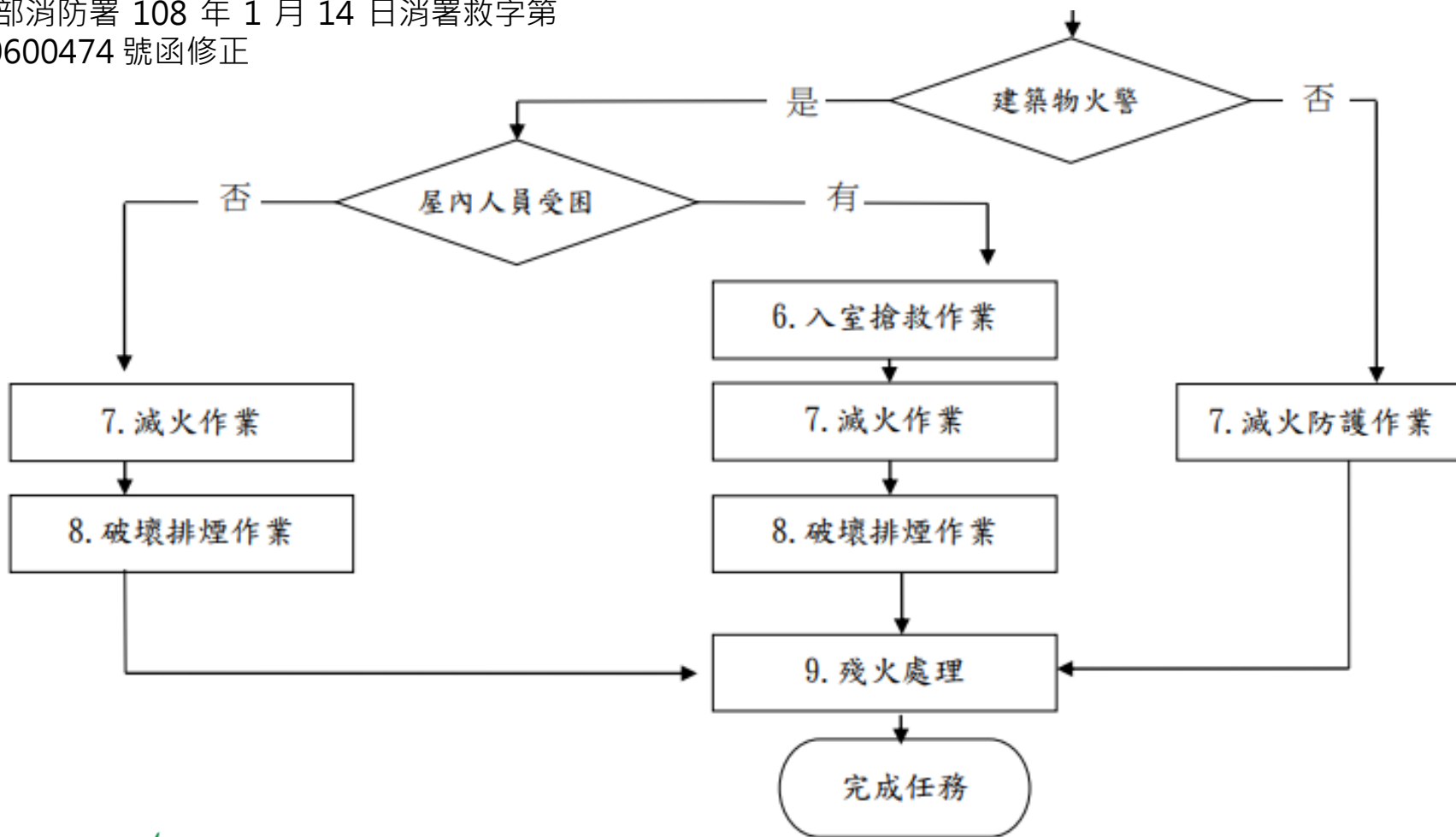
消防機關搶救太陽光電發電設備火災指導原則

內政部消防署 103 年 12 月 23 日消署救字第 1030600446 號函訂定
內政部消防署 108 年 1 月 14 日消署救字第 1070600474 號函修正



消防機關搶救太陽光電發電設備火災指導原則

內政部消防署 103 年 12 月 23 日消署救字第
1030600446 號函訂定
內政部消防署 108 年 1 月 14 日消署救字第
1070600474 號函修正



火災類別	著火物體	水性滅火器				氣體滅火器 二氧化碳	粉末滅火器 ABC 乾粉	
		強化液 (霧狀)	純水	機械泡沫 (化學泡沫)	機械泡沫 (耐酒精型泡沫)			
		(註: ◎ 非常容易滅火 ○ 可滅火 △ 無法完全滅火但可抑制火災 × 無法滅火)						
C 電氣火災用 ELECTRIC	電線(通電中)	○	○	×	×	◎	○	

A. 乾粉滅火器

最常見的滅火器種類，原理是噴射出加壓乾粉，隔絕火源以及氧氣，達到滅火的效果。乾粉滅火器特性係**便宜**，且**原料易取得**，**適用A、B、C型火災**。缺點係**三年**就需要更換填充乾一次，且汰換的填充乾粉**沒有辦法以環保的方式回收**。噴射出的**乾粉容易沾黏清潔不易**，造成場所的二次汙染，以及電器電子或精密設備損壞，甚至產生人體吸入性傷害。

B. CO₂二氧化碳滅火器

內部填充加壓二氧化碳氣體 (CO₂)，對準火源噴射後會排擠掉火源周遭的氧氣，讓火源窒息停止燃燒。二氧化碳可說是汙染最小的滅火器種類之一，缺點是對於普通火災，也就是A類火災的滅火效果欠佳。且不可在密閉空間內使用，以免造成人員窒息。可適用於C類火災。

C. 消防水線搶救注意事項:

採取射水搶救，建議在6公尺以上之距離處，已展開角度30°以上之水霧射水，出水水壓至少100 psi (kgf/cm²)。



重點提醒

1. 使用化學乾粉滅火劑(磷酸銨鹽乾粉滅火劑、磷酸銨鹽乾粉滅火器)不使用泡沫滅火劑或避免使用水對小型的光伏發電設備進行滅火。
2. 用化學乾粉滅火器滅火時，電壓為10kV及以下者機體、噴嘴及帶電體的最小距離不應小於0.4m，電壓為35kV及以上者不應小於0.6m。
3. 光伏電站高壓電氣設備或線路發生接地時，室內撲救人員不得進入距故障點4m以內;室外撲救人員不得接近距故障點8m以內，進入上述範圍時，必須穿絕緣鞋(耐壓等級10KV以上)，接觸設備外殼和構架時，應戴絕緣手套。
4. 如果請求消防人員支援撲救，應對消防人員做出提醒，屋頂光伏設備仍帶電，暫時無法切斷直流側電源。



感謝 Thanks!

