



工業技術研究院

Industrial Technology  
Research Institute

# PV電廠檢測技術與常見問題

專案經理：蔡閔安

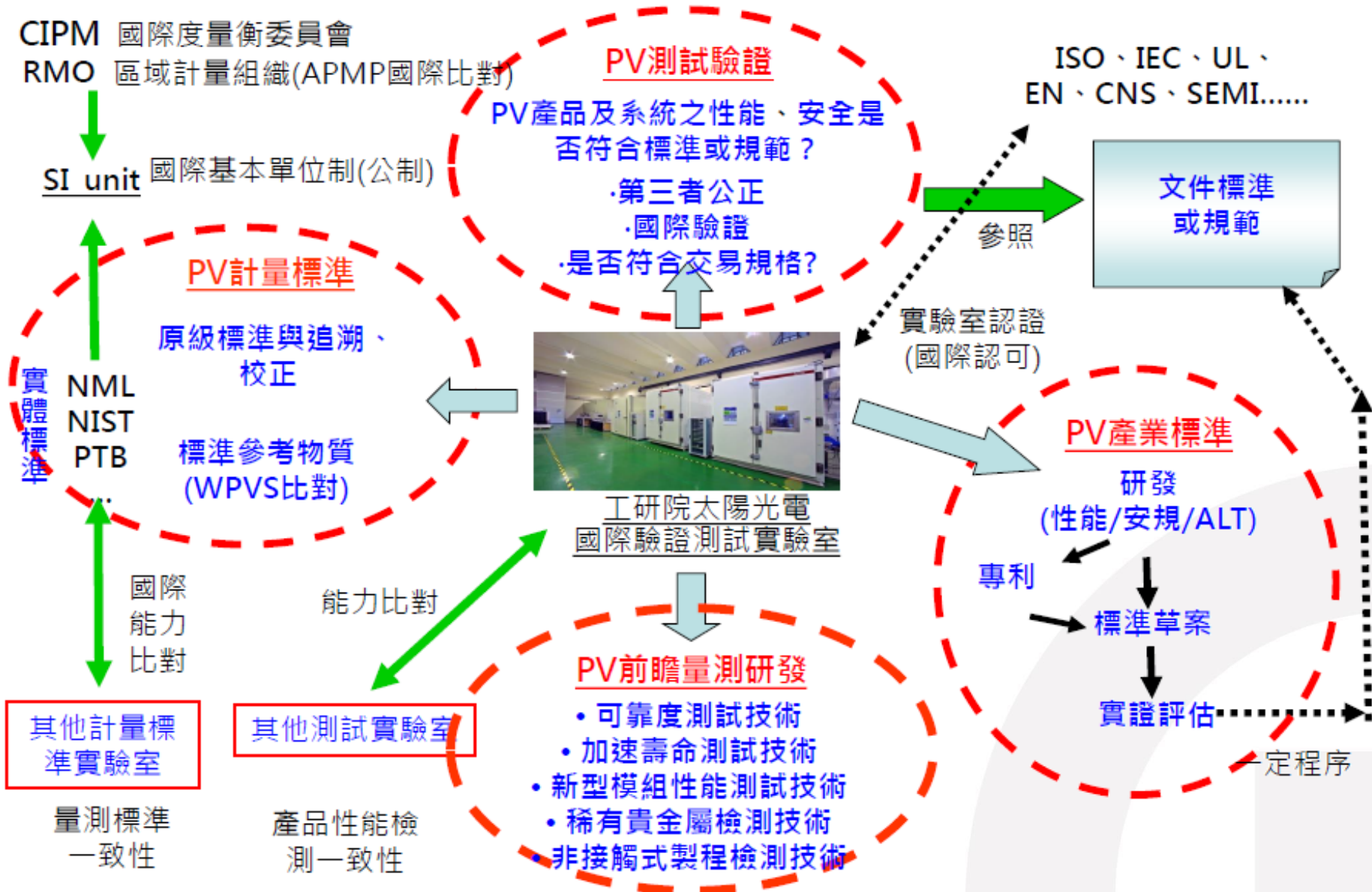
ITRI/CMS

能源與環境計量技術組

太陽光電計量實驗室

107年4月30日屏東縣政府

# 太陽光電國際驗證測試實驗室



# 建立等國際級測試與標準系統



100 kW 符合IEC 62109/IEC 62116 環境模擬測試系統  
之電源轉換器驗證技術



UV脈衝雷射光老化



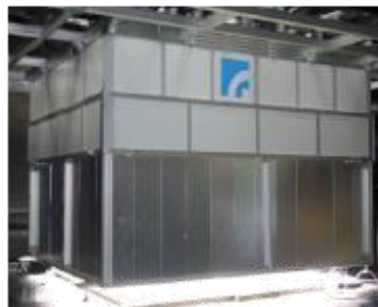
模組分光響應/BIPV性能與缺陷檢測



IEC 61730 防火測試



PV模組加速老化試驗系統



太陽光模擬器/光老化測試系統



IEC 61701 鹽霧測試



PV模組戶外壽命實證平台 (屏東科大)



一級與二級校準系統



# 工研院量測中心PV服務能量

## 太陽能電池

- 一級與二級參考太陽能電池校正
- 高強度小模組照光測試

## 太陽光電 模組

- 模組驗證測試(新舊版): IEC 61215, IEC 61646, IEC 61730, UL 1703
- **環境可靠度測試: 耐氨Ammonia (IEC 62716), 鹽霧Salt mist (IEC 61701), 動態機械負荷 –抗強風(IEC TS 62782), PID (IEC TS 62804)**
- **模組校正與IEC 61853-1, Pan-File measurement**

## PV變流器 (120 kW)

- 安全性: IEC 62109-1,-2, UL 1741, LVRT
- 併網: IEC 62116; Others: CEC Efficiency, BOS Reliability (IEC 62093)

## PV 系統

- 現場測試Arrays I-V: IEC 61829; DAQ and Monitoring: IEC 61724 (PR)
- 安全驗證System Evaluation: IEC 62446

## 設備評估 量測

- 太陽光模擬器Solar Simulator Evaluation: IEC 60904-9
- On site calibration: I-V Tracer and IR Sensor; Pyranometer calibration

# 推動太陽光電產品合格登錄

建立太陽光電產品登錄制度，提供合格產品白名單以提高民間設置者信心，並揭示其安全、性能表現及產品驗證等公開資訊。

經濟部能源局 Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs  
太陽光電模組產品登錄 (www.tcpv.org.tw)

計畫介紹 動態/活動 規範/標準 驗證機構/實驗室 PV模組產品查詢 登錄制度 相關網站 常見問題

使用太陽光電模組產品登錄 邁向綠色能源新世代

最新統計資訊  
登錄申請中  
PV模組產品登錄數  
1 8 5 4  
更多PV模組產品申請須知

PV模組產品查詢

您知道哪些太陽光電模組產品取得登錄嗎？請立即進入查詢，獲得更多資訊！

2014 我要參加

登錄制度  
提供太陽光電廠商申請PV模組產品登錄之制度說明，登錄流程，作業程序等資訊！

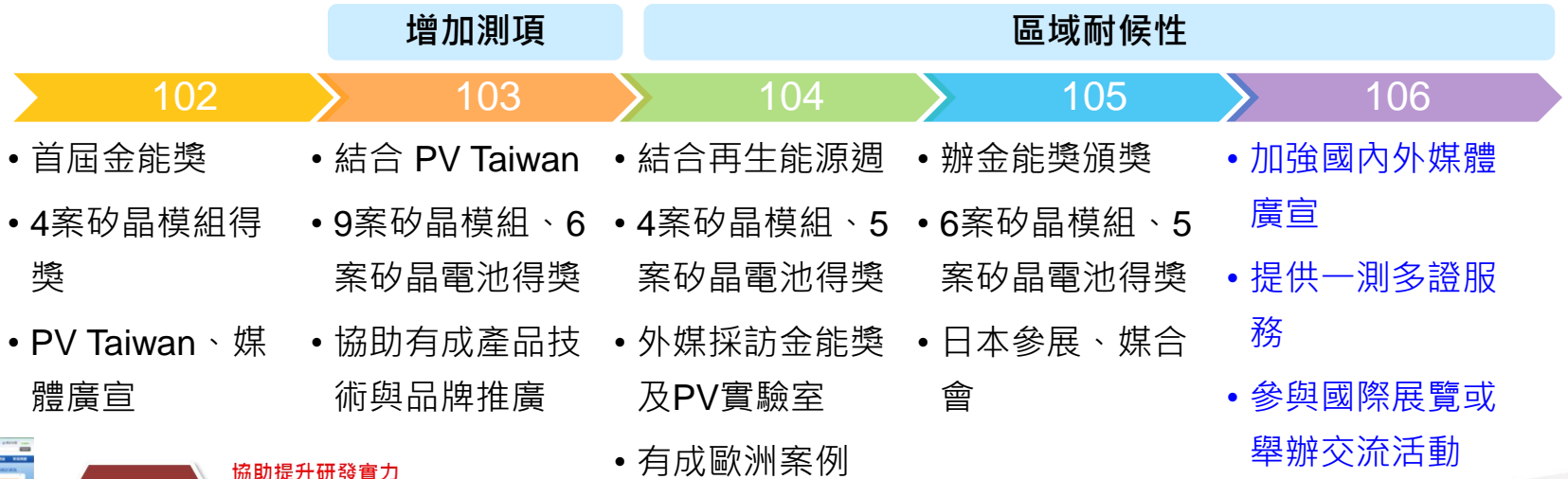
驗證機構/實驗室  
IECEE太陽光電類別中列名之NCB：全國認證基金會認證可執行太陽光電產品驗證...

PV產品分類一  
商品分類：太陽光電模組產品 登錄日期： 關鍵字搜尋： 查詢

廠牌	型號	尺寸	功率	有效期限
TYSOLAR	TYSG2407100	1155*695*40	100	1041123
TYSOLAR	TYSG2408100	997*665*40	100	1041123
TYSOLAR	TYPG2408100	997*665*40	100	1041123
TYSOLAR	TYPG2407100	1155*665*40	100	1041123
TYSOLAR	TYSG2408105	997*665*40	105	1041123
TYSOLAR	TYSG2407105	1155*665*40	105	1041123
TYSOLAR	TYPG2408105	997*665*40	105	1041123

# 辦理優質太陽光電產品評選活動 (金能獎)

## ■ 歷年推廣方式與亮點



# 報告大綱

- **PV** 電站相關標準簡介
- 常用PV電站檢測技術
- 模組失效分析實例介紹

# PV 電站的專案時程

- 設計驗證 (Design)
- 系統驗收 (Commissioning)
- 系統效能 (O & M)
- 資產轉移 (Assets Transfer)

成本與品質(風險)的角力





# PV電站相關標準簡介(1)

- 設計驗證 (Design)

  - 組件

    - 模組 IEC 61215/ IEC 61646/ IEC 61730/ IEC 62941(品質管控)
    - 變流器 (安全)IEC 62109-1/ IEC 62109-2/  
(併網) IEC 62116/ 61727 (EMC) 61000-6-X系列

  - 電站設計

    - 一般要求 IEC 62548 (for all system)/ 大型電站 IEC 62738  
(Utility-Scale)
    - 品質管控 IEC TS 63049

[IEC 62548:2016](#)

Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements

[IEC 62738 to be published](#)

Design guidelines and recommendations for photovoltaic power plants

[IEC TS 62941:2016](#)

Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Guideline for increased confidence in PV module design qualification and type approval

[IEC TS 63049 to be published](#)

Terrestrial photovoltaic ( PV) systems - Guideline for increased confidence in PV system installation

# PV 電站相關標準簡介(2)

- 系統驗收 (Commissioning)
  - IEC 62446-1/ IEC 62446-3
  - IEC 61724-1/ IEC 61724-2
- 系統效能 (O & M)
  - IEC 62446-2/ IEC 61724-3

## IEC 62446-1:2016

Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance - Part 1: Grid connected systems - Documentation, commissioning tests and inspection

## IEC 62446-2 to be published

Grid connected photovoltaic systems - Maintenance of PV systems

## IEC 62446-3:2017

Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance - Part 3: Photovoltaic modules and plants - Outdoor infrared thermography

## IEC 61724-1:2017

Photovoltaic system performance - Part 1: Monitoring

## IEC TS 61724-2:2016

Photovoltaic system performance - Part 2: Capacity evaluation method

## IEC TS 61724-3:2016

Photovoltaic system performance - Part 3: Energy evaluation method

# PV 電站相關標準簡介(3)

- IEC 61724-1

	CLASS A	CLASS B	CLASS C
accuracy	high	medium	basic
purpose	utility scale PV systems	large commercial PV systems	small PV systems

	CLASS A	CLASS B	CLASS C
irradiance measurement	secondary standard pyranometer  matched high-accuracy PV reference cell (same cell type and anti-reflection coating as the PV system)	first class pyranometer  matched medium-accuracy PV reference cell, (same cell type and anti-reflection coating as the PV system)	any
heating	required	required	not required
ventilation	for pyranometers only	not required	not required
cleaning	1 x / week	optional	not required

# IEC TC82 標準活動簡介

## WG6 發展中項目

- 量測**變流器**轉換效率標準IEC 61683
- BOS設計驗證標準第二版IEC 62093
- 變流器於PV系統下之特殊安全標準IEC 62109-3
- 併網型變流器總轉換效率量測標準IEC 62891
- PV變流器EMC要求標準IEC 62920
- PV系統之DC電弧偵測與阻斷標準IEC 63027
- PV接地設備安全功能與分級標準IEC 63112
- 其他發展在其他技術委員會項目，包括Combiner box、DC Switch、DC Breaker、Surge protection devices、Batteries以及Power converters。

# 報告大綱

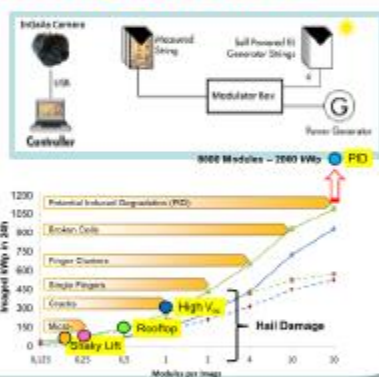
- PV 電站相關標準簡介
- 常用PV電站檢測技術
- 模組失效分析實例介紹

# 太陽光電陣列缺陷與失效分析

## 太陽光電電站檢測技術

- 目的：提供太陽光電系統於戶外運轉環境下的失效分析與缺陷評估方法，提供產業降低系統失效風險的解決方案。
- 效益：應用戶外電致發光檢測及熱影像檢測技術檢測系統模組元件之缺陷，並以太陽光電系統I-V量測技術評估其失效性，從而達到快速排除發電設備缺陷故障、恢復發電設備效率及可靠度的目的。

### 太陽光電發電設備全日電致發光(EL)缺陷檢測



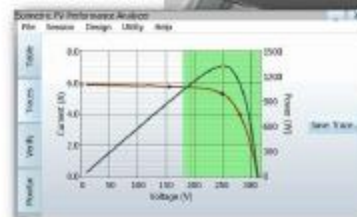
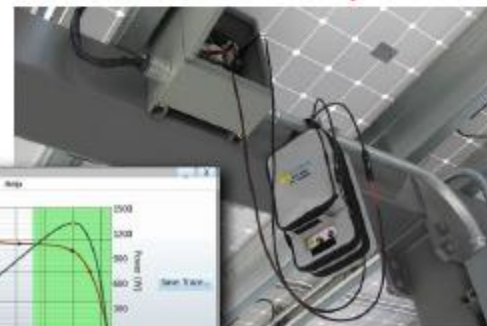
### 空拍熱影像檢測系統



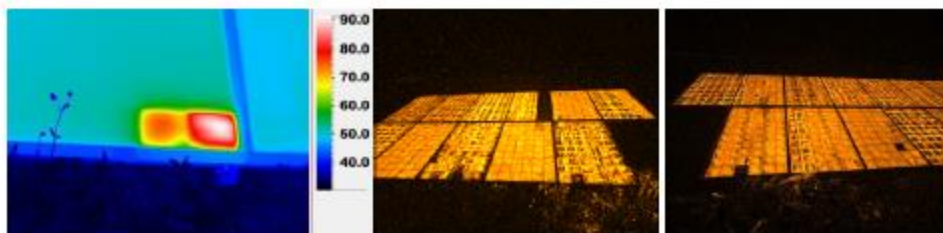
### 太陽光電陣列漏電及斷路檢測系統



### 太陽光電陣列與模組I-V測試系統(IEC 61829)



### 太陽光電電站模組焊帶腐蝕及PID檢測案例

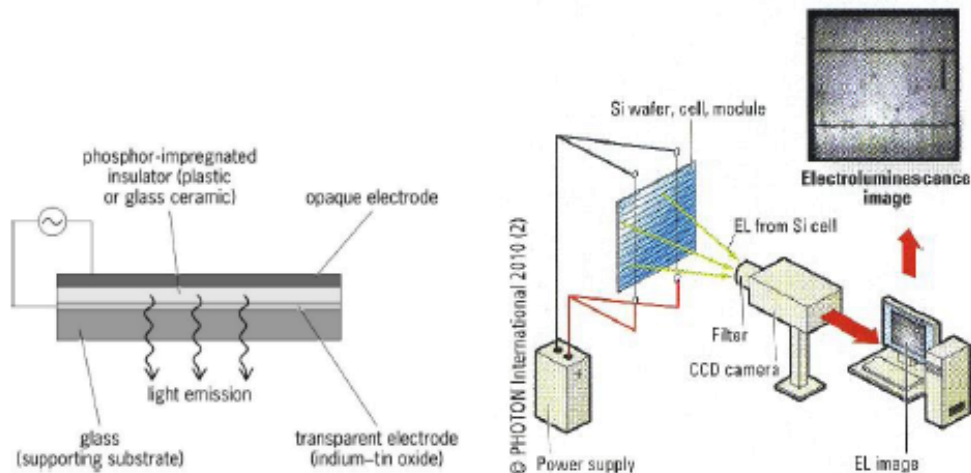


# 太陽光電陣列缺陷與失效分析

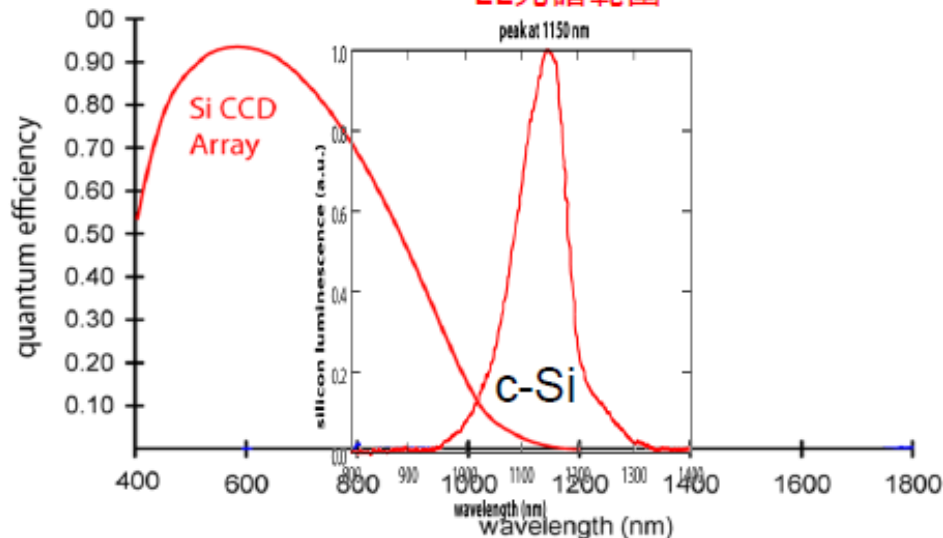
## 電致發光(Electroluminescence, EL)技術

- 電致發光(Electroluminescence, EL)技術是將太陽能電池加上一正向電流後，太陽能電池會如發光二極體般，發出近紅外的光，其光強度除正比於輸入電流外，亦和其缺陷密度有關；缺陷越少的部分，其發光強度也越強；缺陷越多的部分，其光強度就越弱。藉由觀察電致發光的影像，不僅可判別材料瑕疵、燒結與製程污染之缺陷；如微裂與線路斷路等缺陷，由於缺陷密度極高，亦可由電致發光的影像明顯的判別出來。

### EL 系統架構



### EL光譜範圍



### 太陽光電模組EL系統



### 太陽電池片EL系統



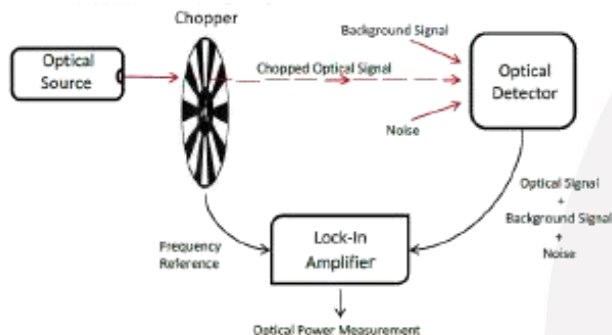
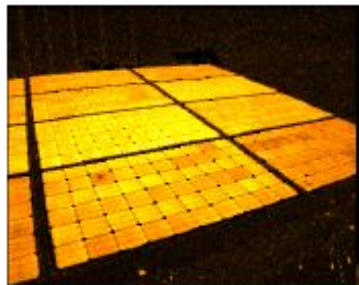
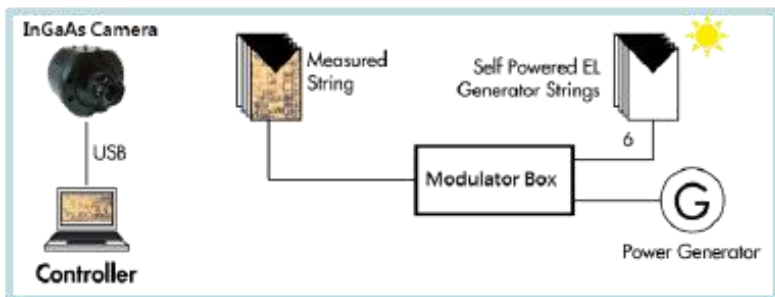
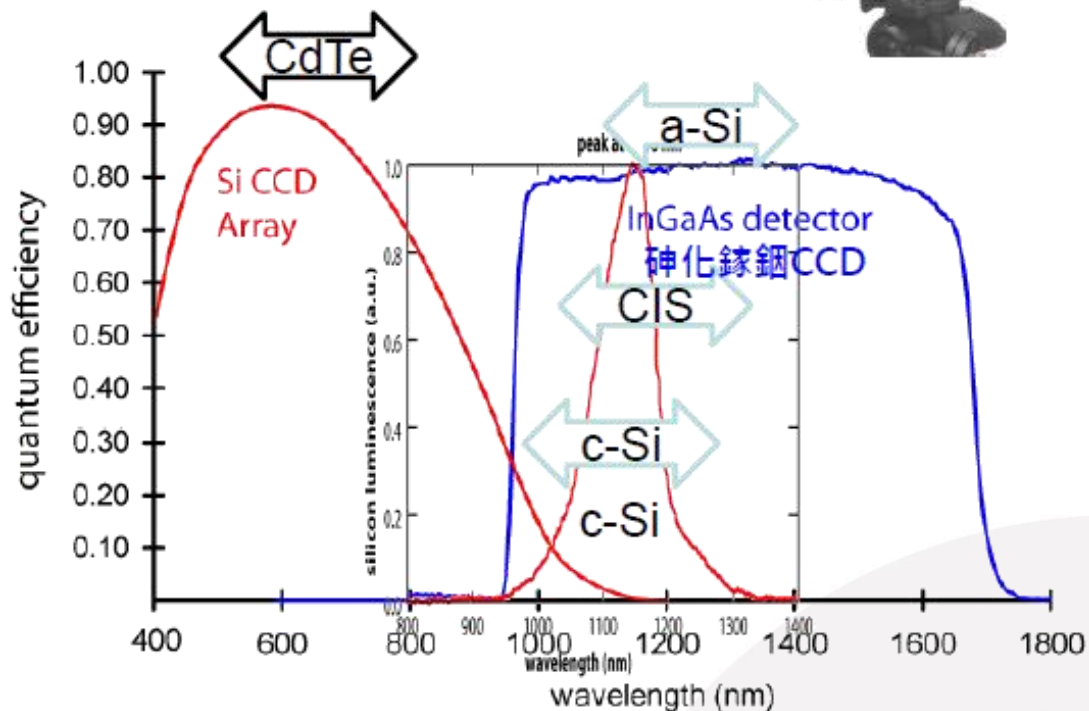
# 太陽光電陣列缺陷與失效分析

## 電致發光(Electroluminescence, EL)技術

### 全日戶外電致發光檢測及熱影像檢測

- 特點：應用高感度的紅外線**砷化鎵** CCD(InGaAs)作為影像探頭強化信號強度及應用**鎖相放大器** (Lock-in-Amplifier)技術濾除背景太陽光，從而可以呈現出**清晰的太陽電池電致發光影像**。

### EL CCD光譜響應

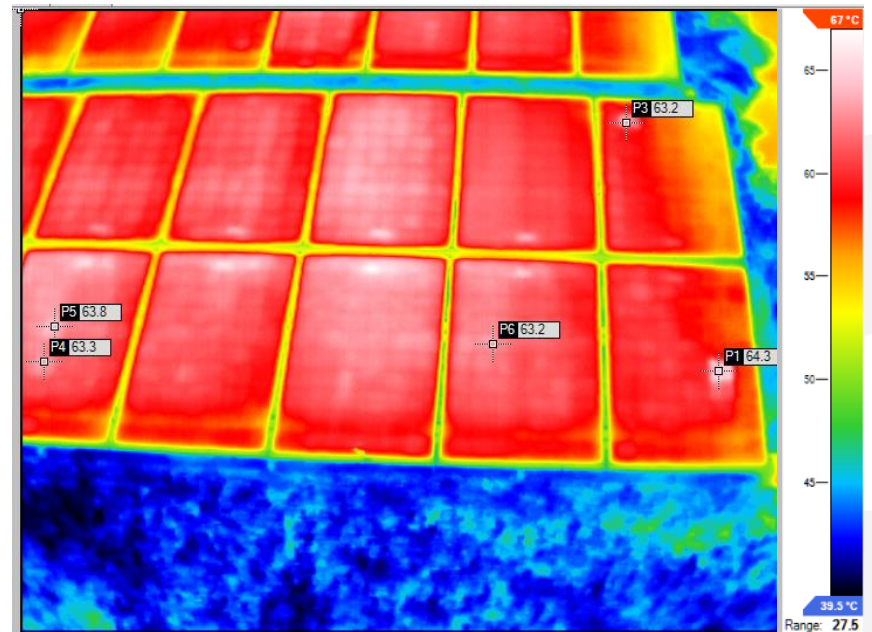




# 太陽光電案場快速故障檢測技術

## ■ 系統熱斑位置快速檢測技術

以搭載紅外線熱影像儀的小型無人機，於太陽光電系統上方依序進行掃描，藉由熱影像找出模組熱斑甚至是失效串列



# 日照計校正服務

## 技術特色

- 日照計靈敏度項目校正
- 校正時程短且不受天候影響
- ISO 9847:1992(E), 參考件比對校正方法
- 參考日照計為ISO 9060 SECONDARY STANDARD等級
- 參考日照計追溯至PMOD/WRC
- 最小不確定度 $0.13 \mu\text{V}/\text{WM}^{-2}$
- TAF認可實驗室 · 認證編號0016



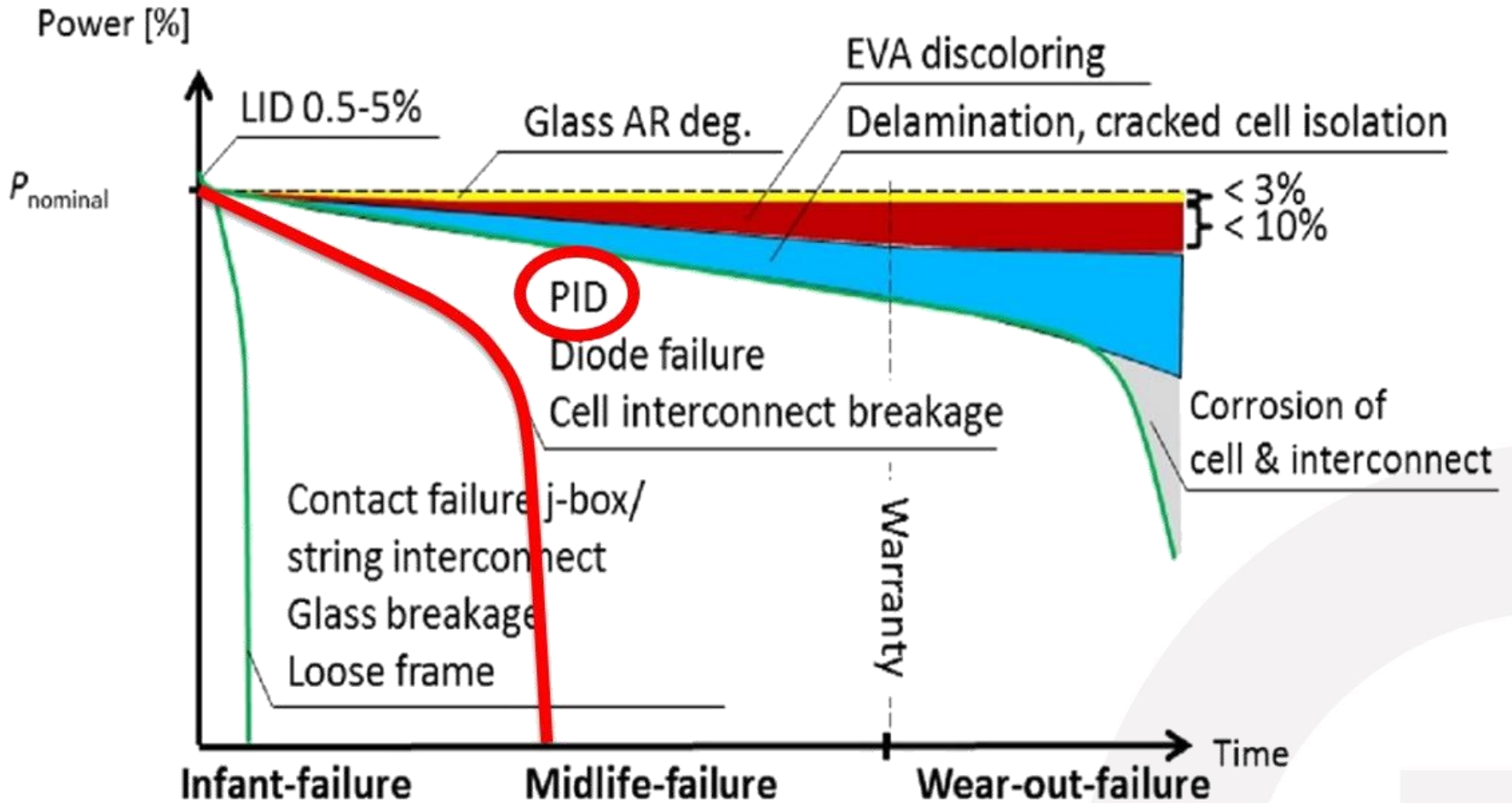
By rotating the turntable, the positions of these two can be precisely interchanged.



# 報告大綱

- PV電站相關標準簡介
- 常用PV電站檢測技術
- 模組失效分析實例介紹

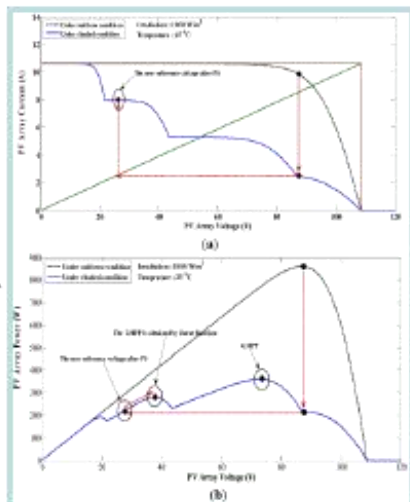
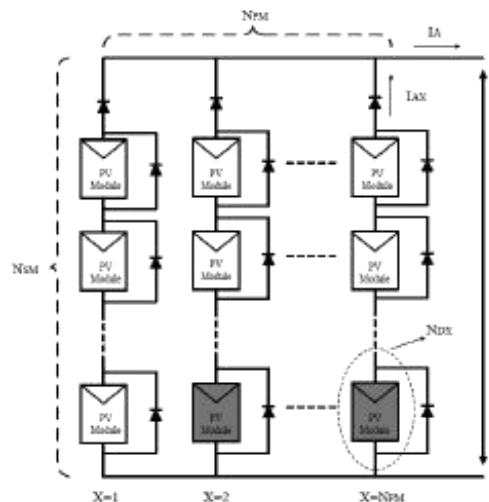
# PID 對大型PV系統功率的影響



來源：國家可再生能源實驗室，NREL

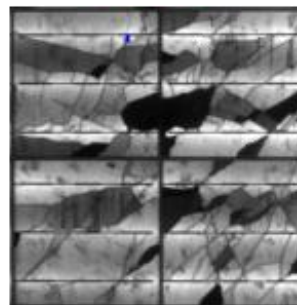
# 太陽光電陣列缺陷與失效分析

■ 系統失效：部分太陽光電模組元件的失效將造成整體系統明顯的發電損失



■ 模組元件失效具有多種類型以及形成之原因，均會影響系統的效能與可靠性

強風及波浪導致電池片微裂，破片

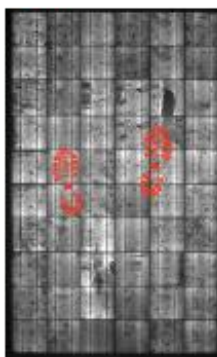


水氣侵蝕模組封裝

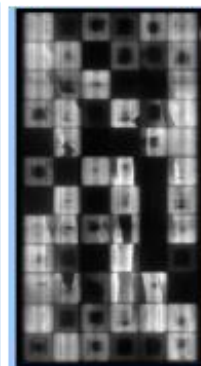


參考文獻: Dual Search Maximum Power Point (DSMPP) Algorithm Based on Mathematical Analysis under Shaded Conditions

模組運送及安裝不當



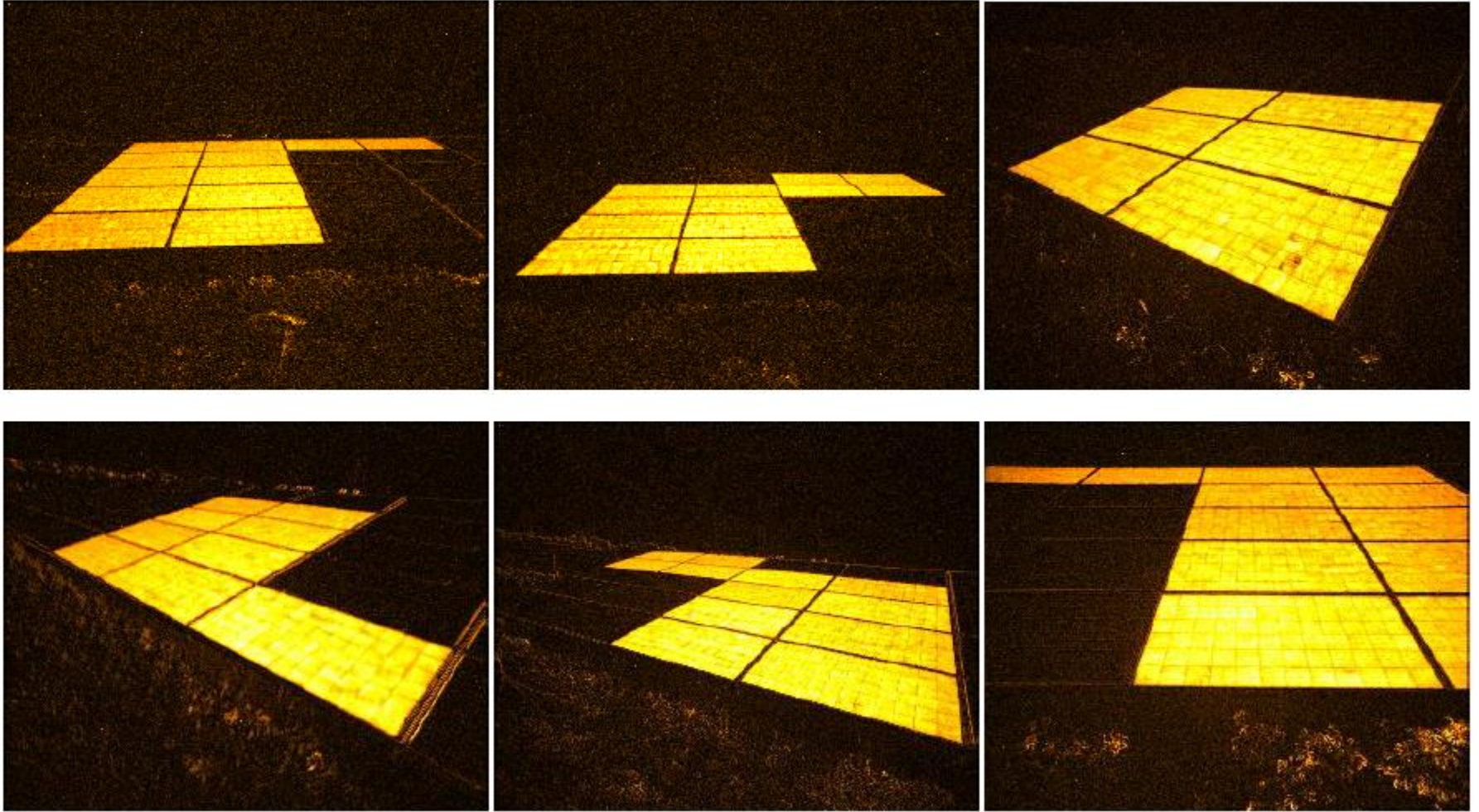
電勢誘發衰減(PID), 光致衰減(LID)



電池片熱斑

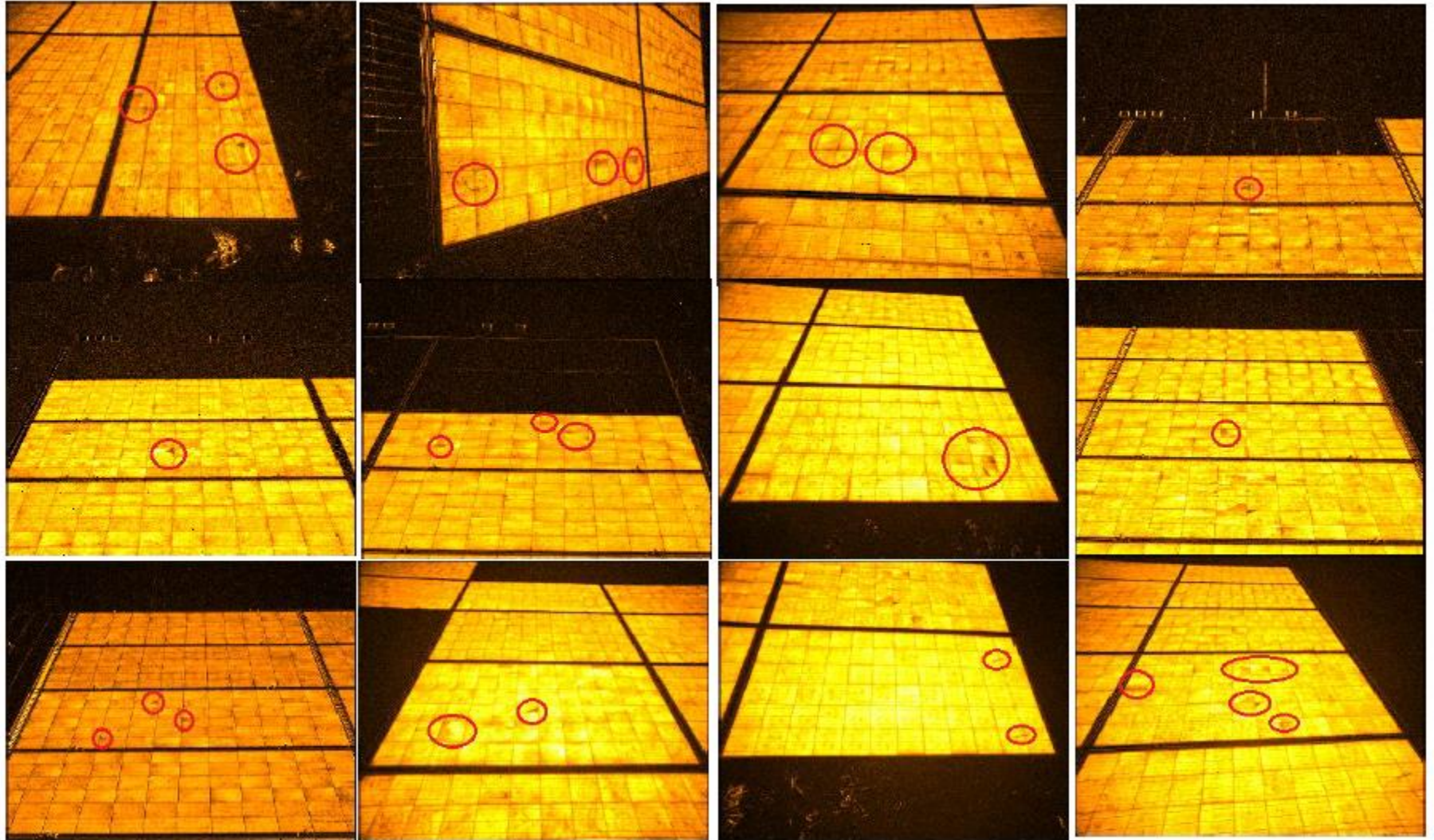


# 電致發光缺陷檢測 整串模組拍攝 (12片/串)



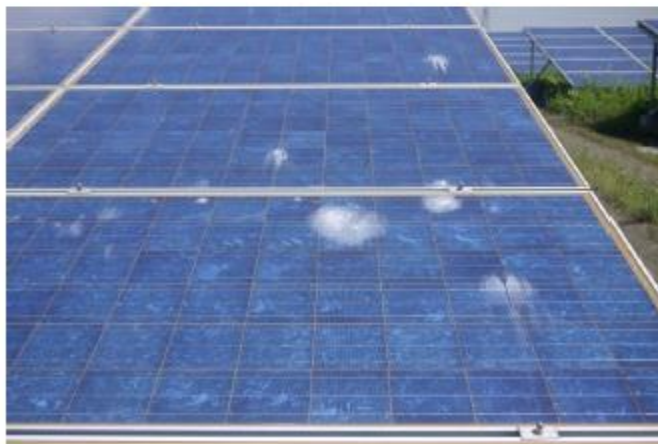
# 電致發光缺陷檢測 模組特寫拍攝

- 破片、隱裂缺陷、脫焊及PID (電勢誘發衰減) 缺陷

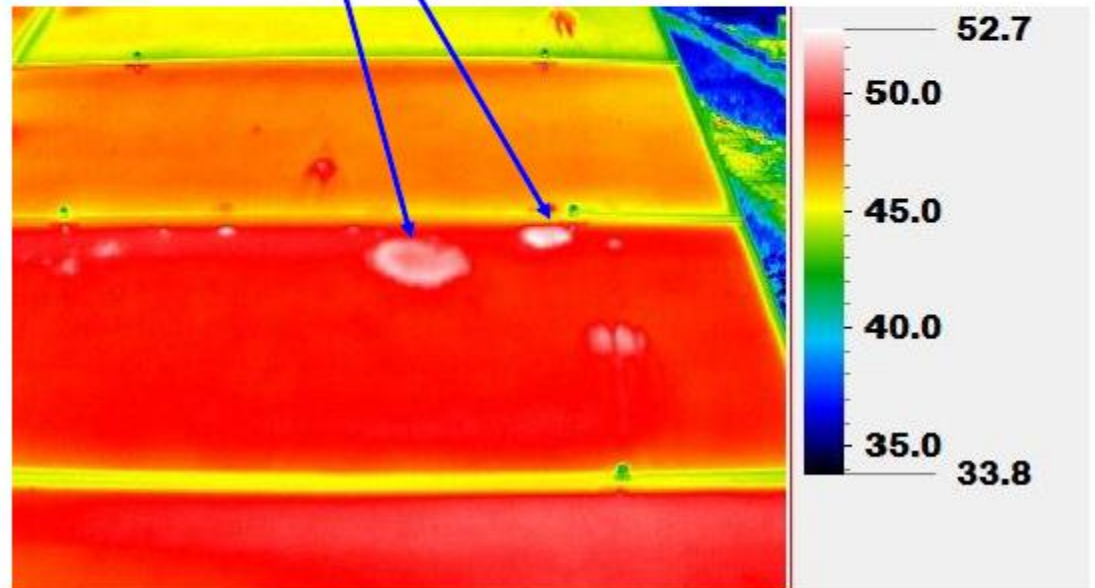


# 熱影像(IR)缺陷檢測

模組串列上之鳥禽排泄物經雨水沖刷後，以熱像儀拍攝顯示有輕微之熱斑缺陷



鳥禽排泄物遮蔽之熱斑





# 熱影像(IR)缺陷檢測

## ■ 小草力量大

- 鳥禽排泄物會經由雨水沖刷而降低遮蔽的熱斑效應；落葉經過風吹後會自然去除，但雜草越是風吹雨淋卻越是生長快速，除草1個月後又長出來，反而成為熱斑缺陷形成的原因

電站前後1個多月之雜草生長情形



7/17日



9/4日

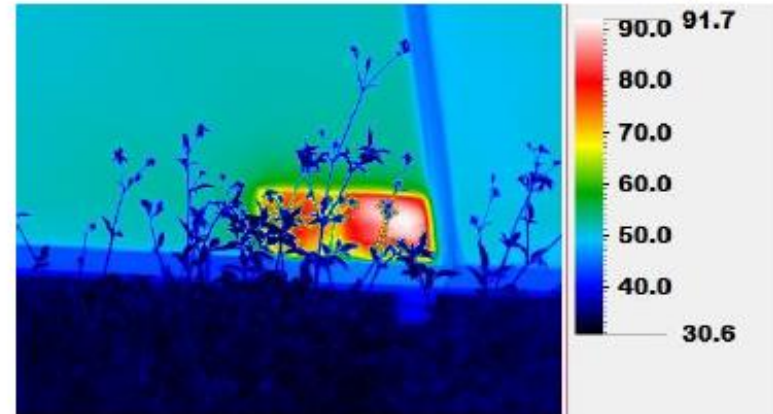


# 熱影像(IR)缺陷檢測

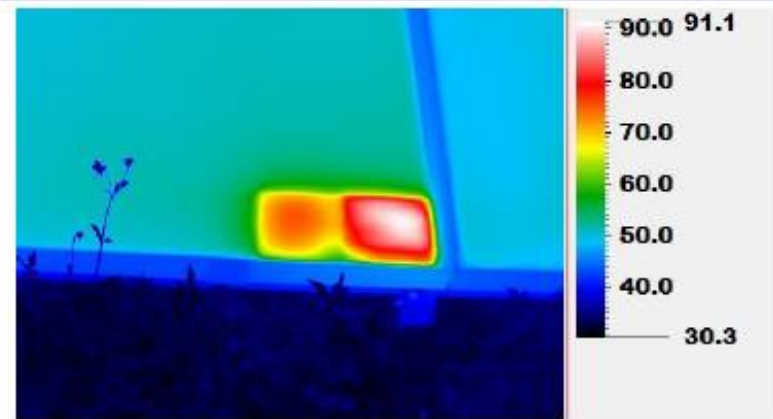
## ■ 模組串列受雜草遮蔽所產生的熱斑缺陷



受雜草遮蔽所產生的熱斑缺陷

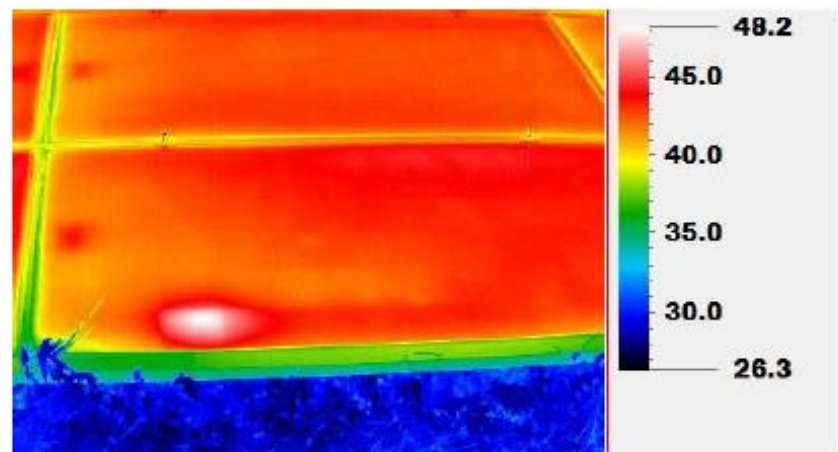
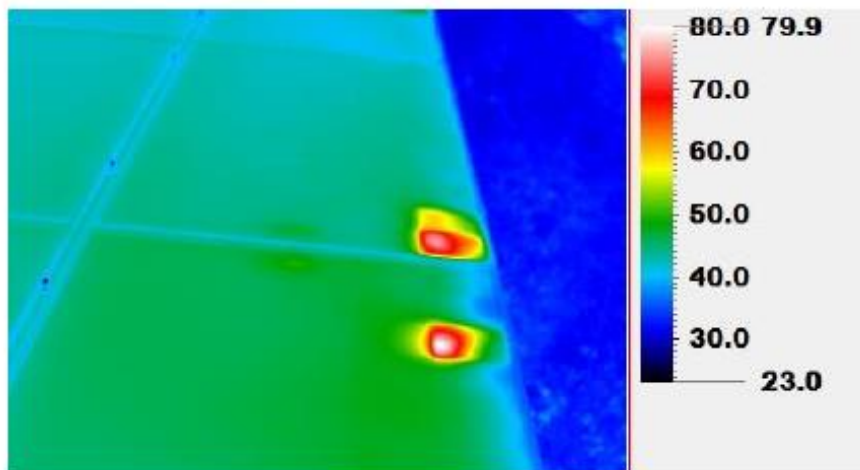
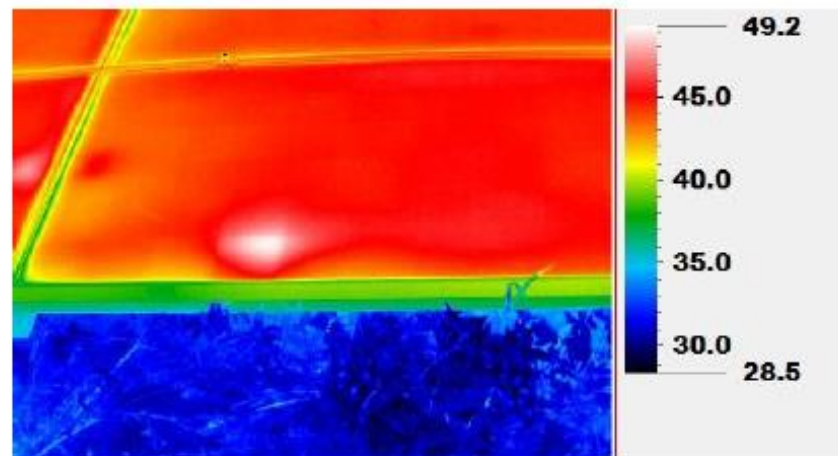
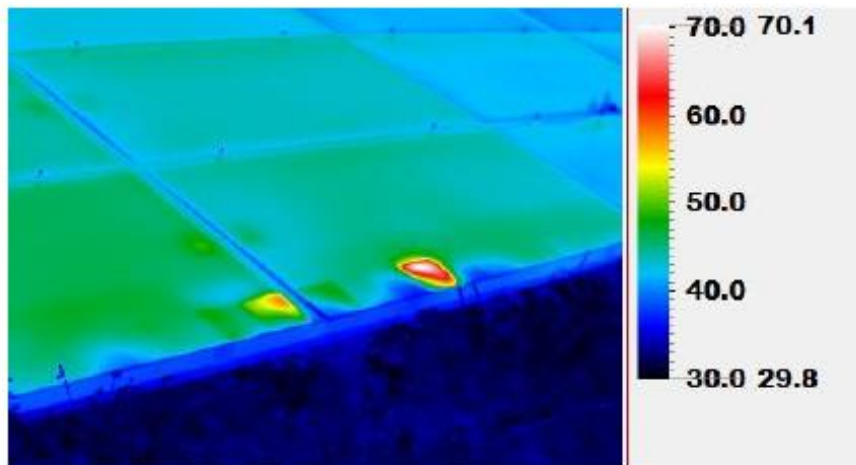


熱斑於除草後仍存在，形成不可逆的缺陷



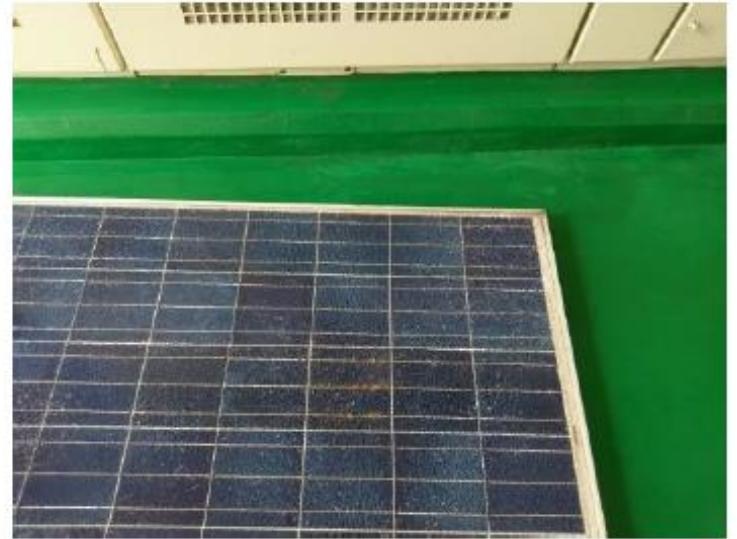
# 熱影像(IR)缺陷檢測

- 模組第一排，雜草尚未造成遮蔽即已有熱斑缺陷，推測為過去受雜草遮蔽所形成



## ■ 熱斑缺陷檢測

- 模組焊線脫焊燃燒



# 海島型太陽光電電站

## ■ 太陽光電陣列目視、EL、熱像、I-V曲線及斷路檢測

模組焊線腐蝕產生電弧



支架腐蝕



日射計水氣侵入



模組蝸牛紋情形



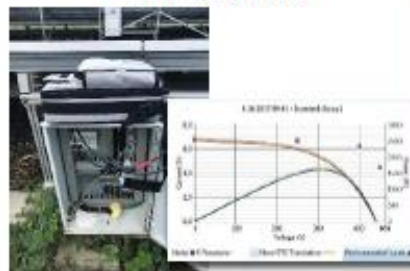
系統EL檢測



空拍熱影像檢測



I-V曲線檢測

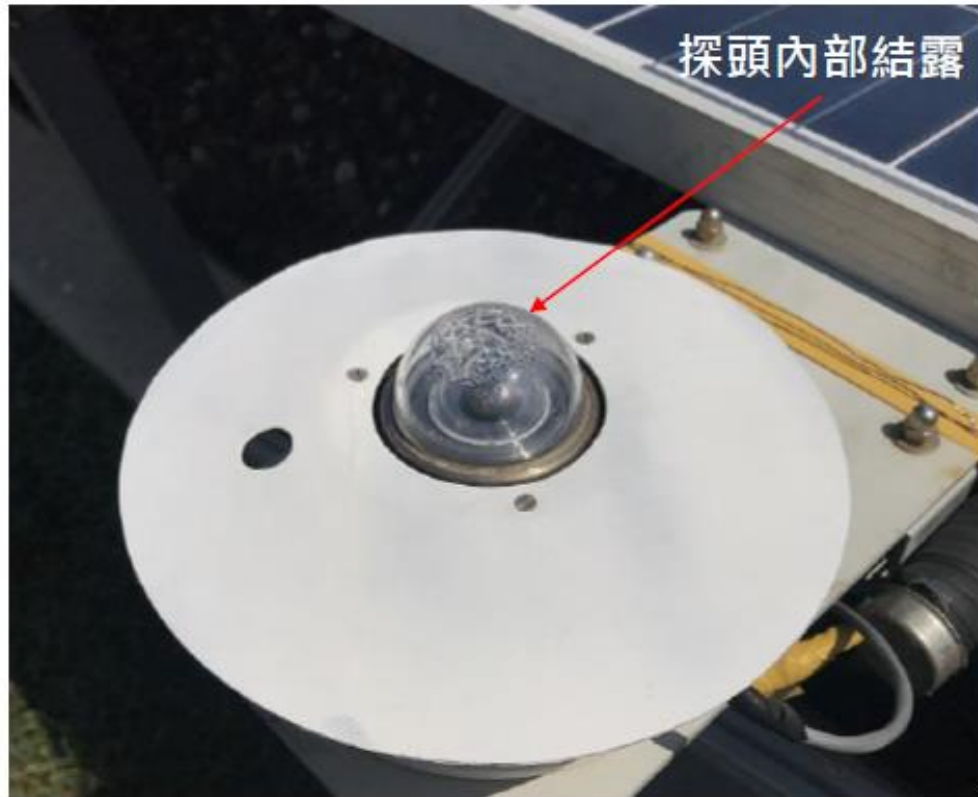


系統斷路偵測



## ■ 日射計(Pyranometer)校正維護

- 日射計應**固定1~2年校正一次**，並經常**更換乾燥劑**。探頭內部**結露**或外部**附著泥沙**將使得透光率下降、**日照量受到低估**，日照量低估的情況下，將導致**電站性能與效率的計算失準**。



### □ 系統性能比 PR (Performance Ratio)

- 統計一段時間系統的**總發電量**及**日射量**後，計算**發電功率與系統額定功率之比**。

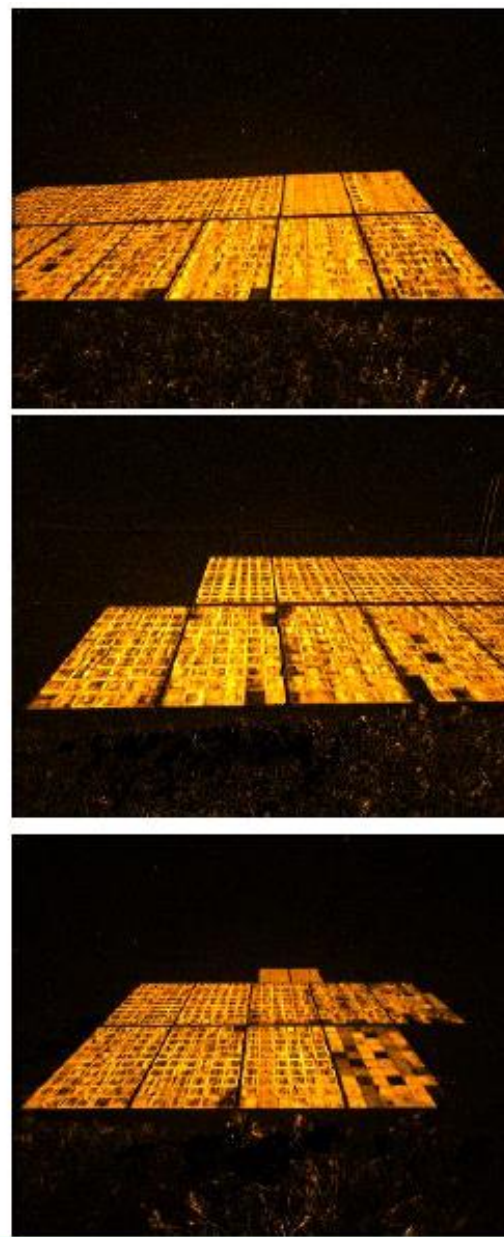
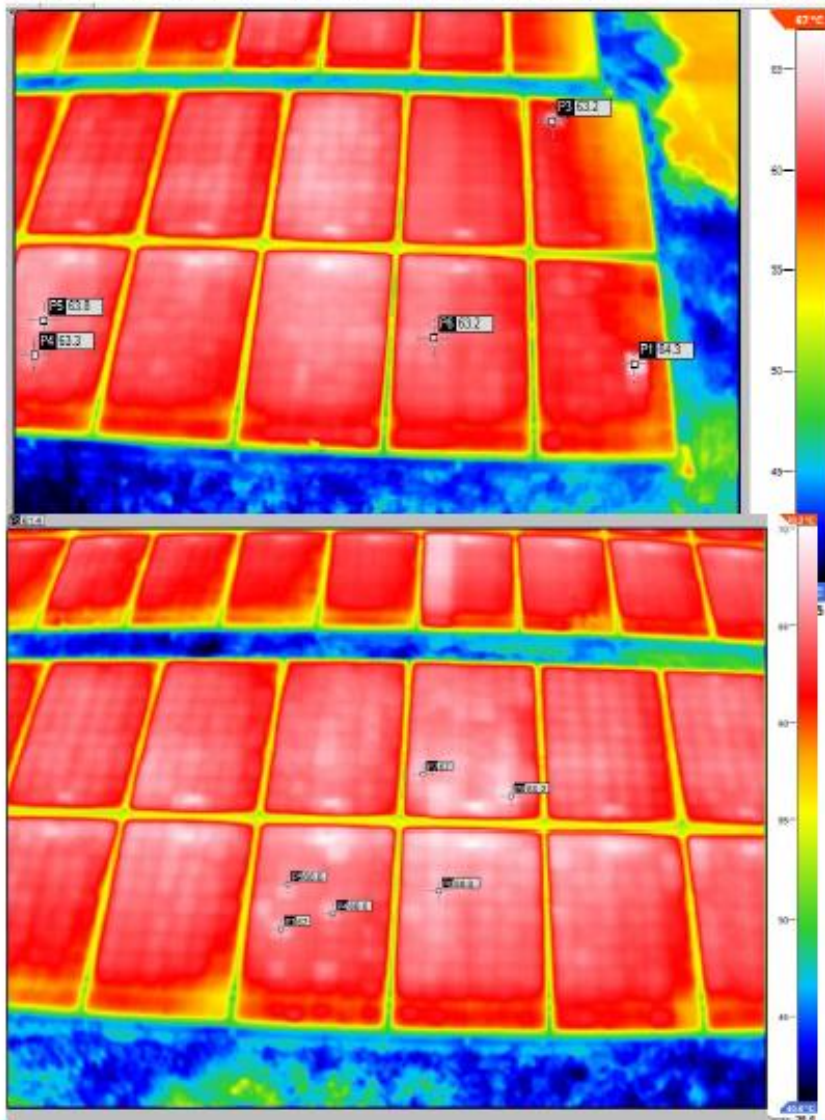
- 單位：%

$$PR = \frac{E_{out} / P_0}{H_I / G_0}$$

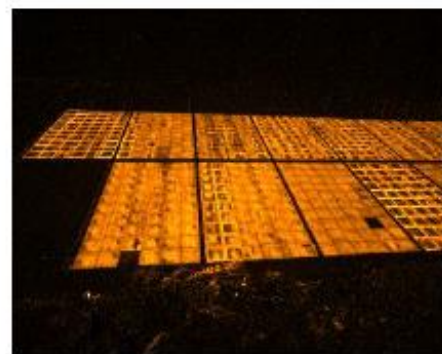
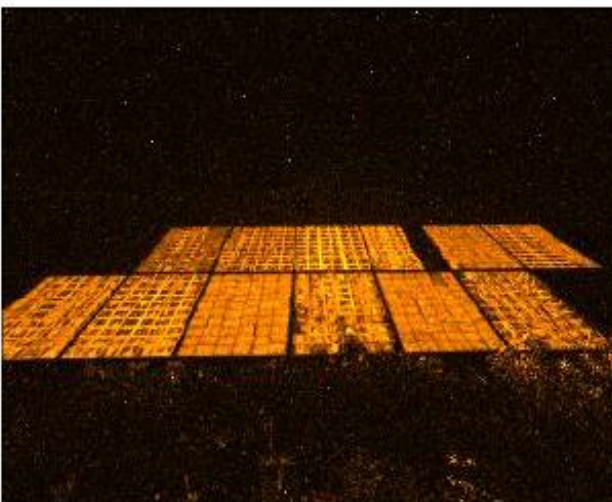
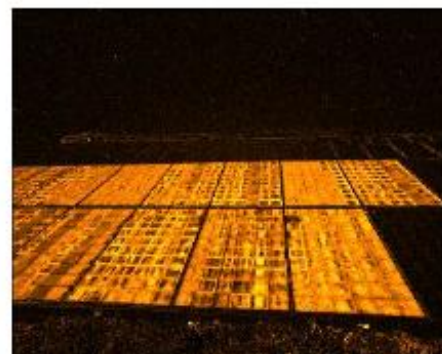
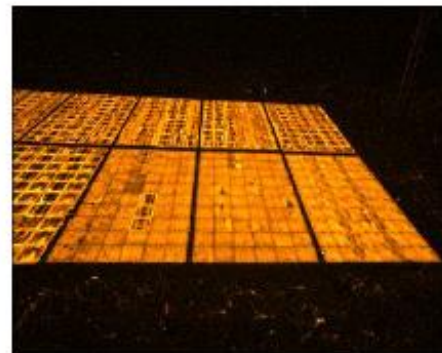
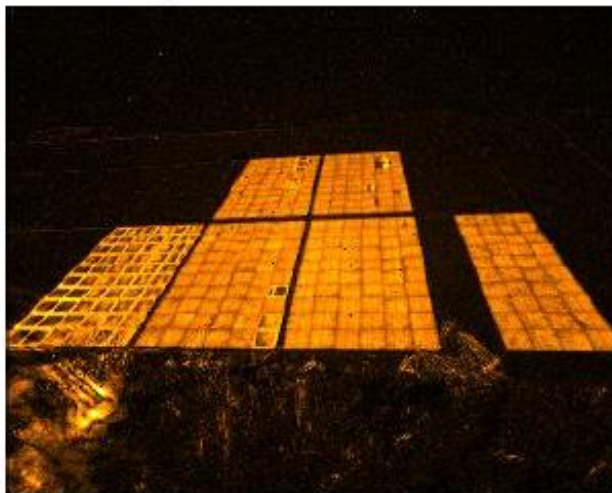
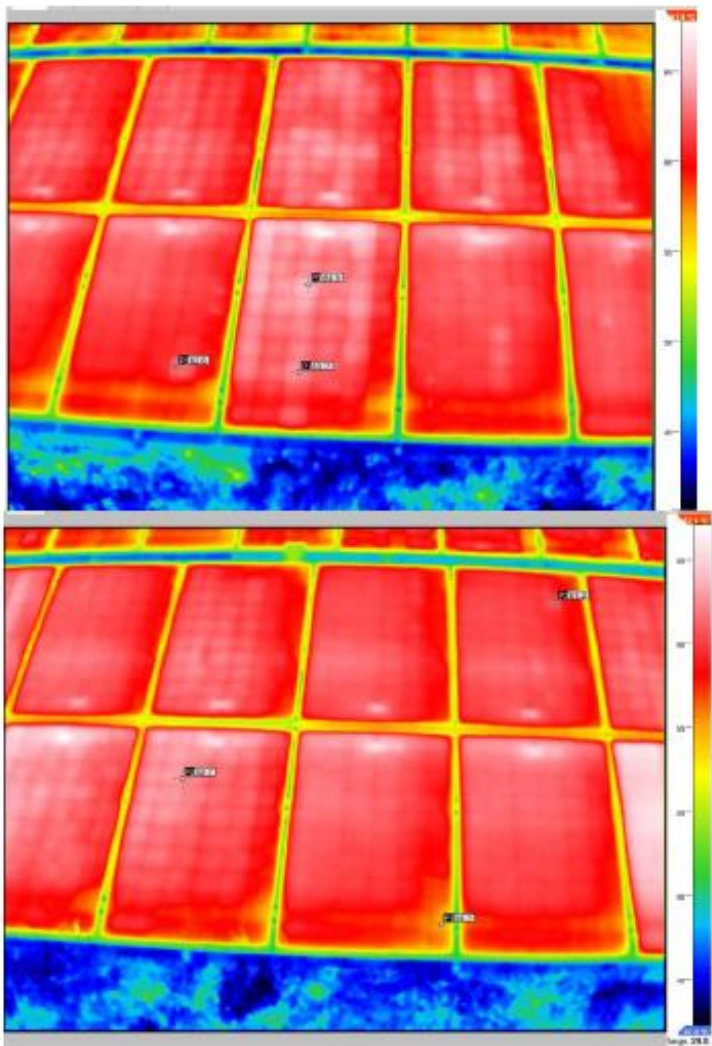
$E_{out}$ : 總發電量 (kWh)  
 $P_0$ : 系統額定功率 (kWp)  
 $H_I$ : 總日射量 (kWh/m<sup>2</sup>)  
 $G_0$ : 標準日照度 (1000 W/m<sup>2</sup>)

Reference: Preventing PID in transformerless PV inverter installations

## ■ 太陽光電陣列模組熱影像檢測-Array A

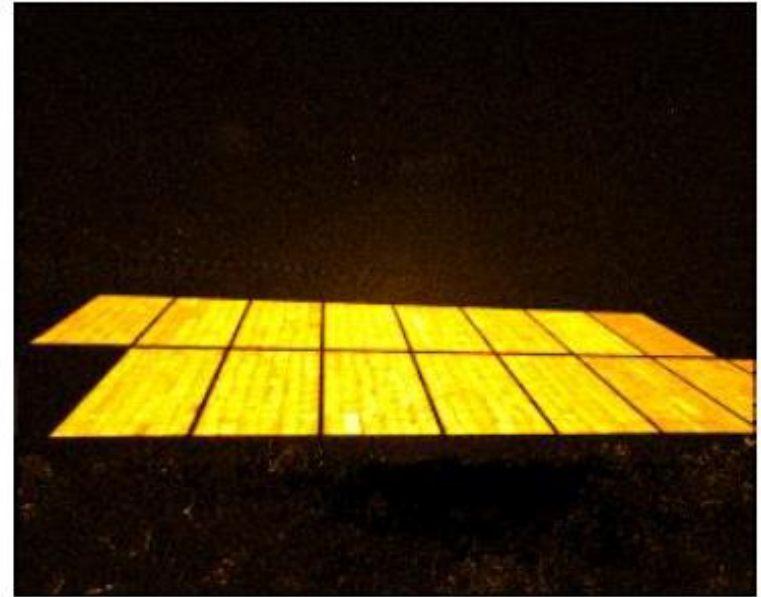
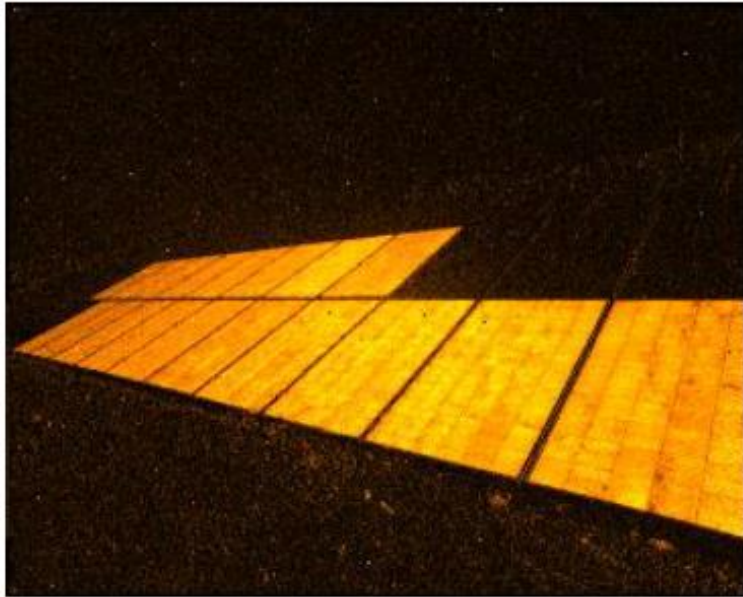
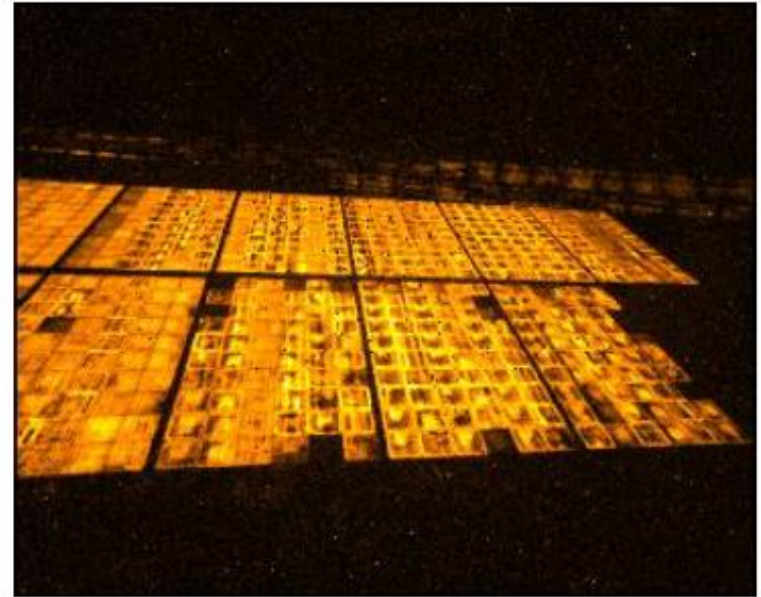
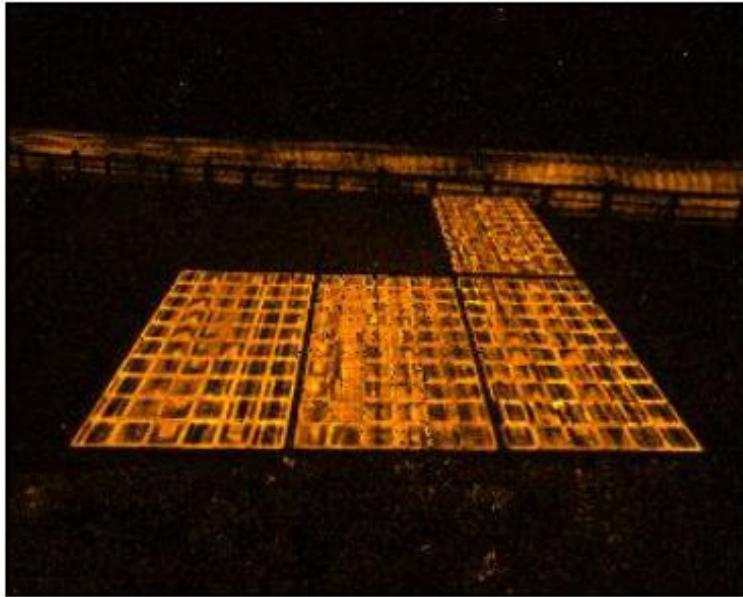


## ■ 太陽光電陣列模組熱影像檢測-Array B



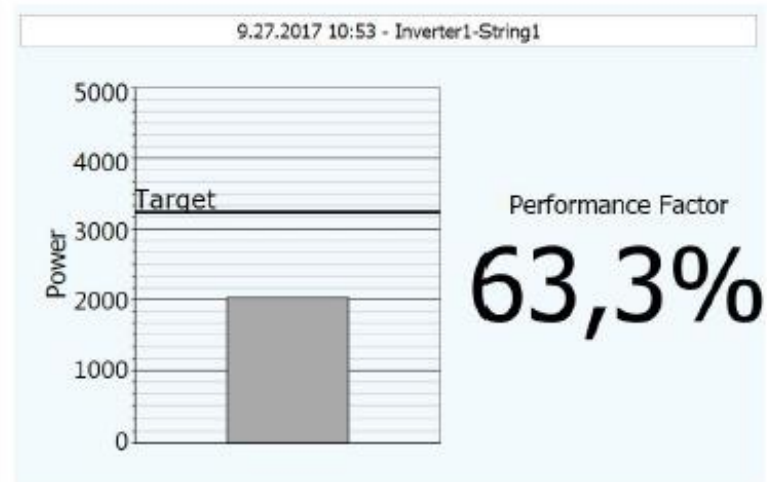
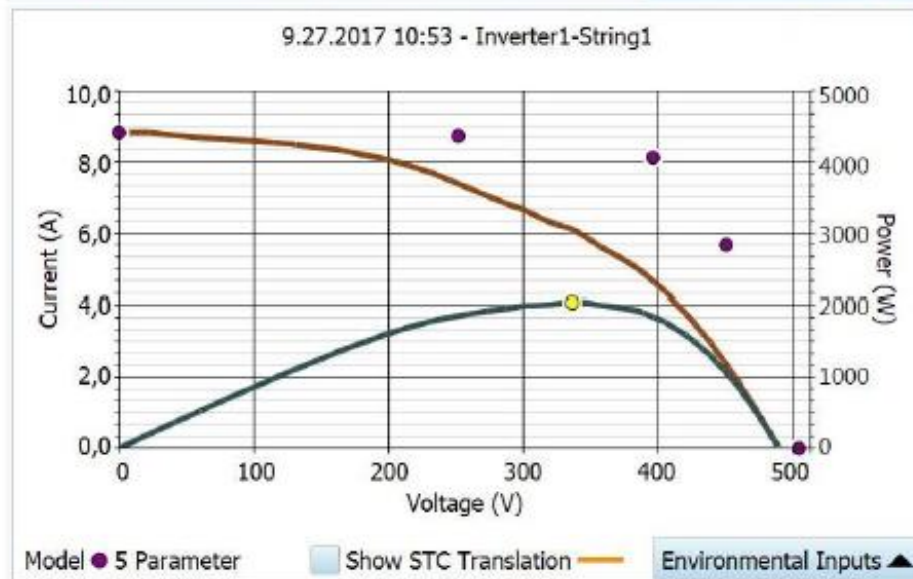
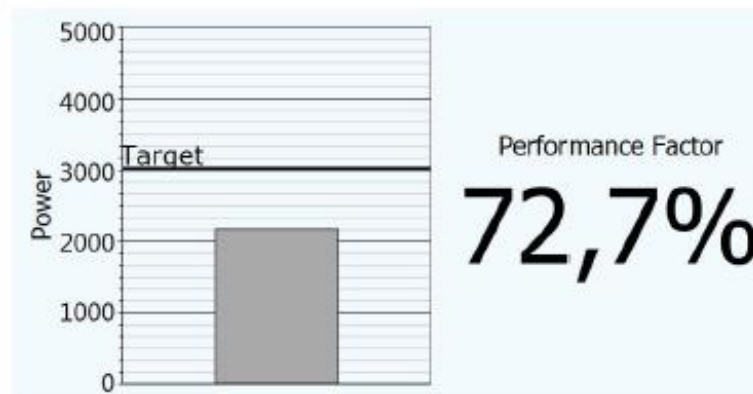
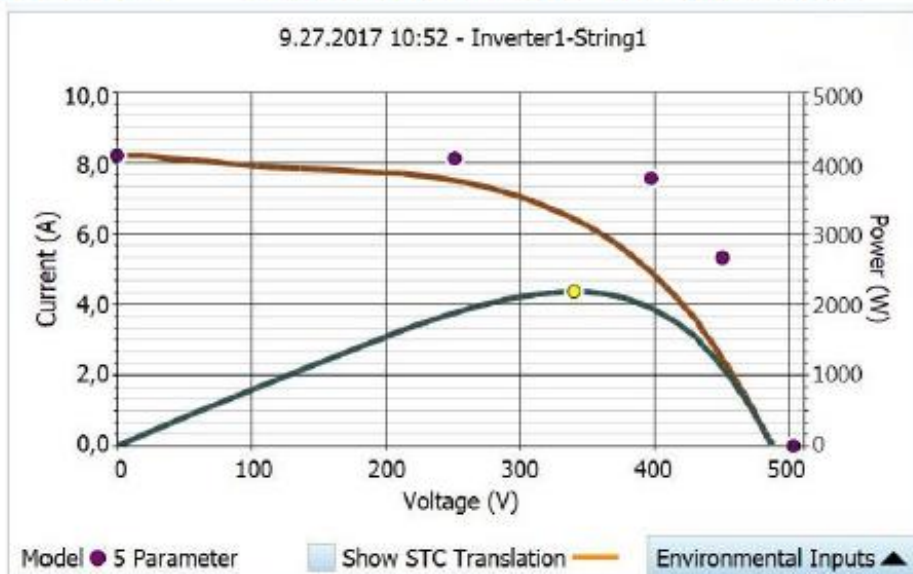


# 海島型太陽光電電站



# 海島型太陽光電電站

## ■ 失效分析— 太陽光電陣列I-V曲線量測



1. PV模組陣列在電站建置營運的初、中、後三階段中，目視可見及非目視可見的缺陷必須有對應的方案加以有效的檢測，缺陷的元件若不加以適時的汰換，不但會造成長期性的發電損失，也可能形成系統漏電流、接地故障、電弧故障等整體安全的隱患。
2. 新系統建置完成之初最好能做一次完整的系統可靠度檢測(EL、IR、IV)，除了驗證系統品質之外也可做為日後比對的依據。
3. 熱像儀主要的功能在於檢測熱斑，避免系統發生潛在的電弧危害，模組非目視的缺陷檢測須以EL檢測為主。
4. 全日型戶外EL檢測技術可提供不分晝夜，以模組串列為單位的快速檢測方案，具有時效性。
5. 海島或濱海的系統場址，氣候條件相對的嚴酷，強風振動、高濕度、高鹽度所衍生模組電池片的隱裂、蝸牛紋以及PID等缺陷都可能造成系統發電的明顯失效，建議採用通過第三方認證單位加嚴測試驗證的模組元件。

# 感謝聆聽、敬請指教

INNOVATING  
A BETTER FUTURE



[蔡閔安 MATsai@itri.org.tw](mailto:MATsai@itri.org.tw)