

南華大學科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士論文

Master Program of Green Technology for Sustainability

College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

消防人員搶救太陽能光電災害的危險因子之研究

Research on Risk Factors for Firefighters to Rescue Solar
Photovoltaic Disasters



黃志中

Jhih-Jhong Huang

指導教授：趙家民 博士

Advisor: Chia-Ming Chao, Ph.D.

中華民國 111 年 6 月

June 2022

南 華 大 學
科技學院永續綠色科技
碩 士 學 位 論 文

消防人員搶救太陽能光電災害的危險因子之研究

Research on Risk Factors for Firefighters to
Rescue Solar Photovoltaic Disasters

研究生：黃志中

經考試合格特此證明

口試委員：黃登輝
莫懷祖
趙家元

指導教授：趙家元

系主任(所長)：洪耀明

口試日期：中華民國 111 年 06 月 10 日

中文摘要

我國適合推廣太陽能發電，並在政府政策引導下，國營事業單位、企業，甚至普通家庭都開始在屋頂安裝太陽能電。建築物的外牆或空地，太陽能光電（Photovoltaics；PV）系統的倍數增長。據經濟部統計截至 111 年 2 月，光電系統發電並網容量為 10.5 億千瓦時。然而，在這些擁有太陽能發電設施的建築物中，隱藏著許多危機，即使台電的供電線路因天災、技術施工錯誤或系統缺陷而發生火災時被切斷，也可能是由蓄電系統設備引起的、陽光等，或因火災的熱輻射照射太陽能發電設備發電，電流、電壓殘留在建物外皮鐵構上，導致救災人員在搶救災害上會有觸電危險。

本研究主要探討，探討太陽能光電系統發生事故時所伴隨的災害或火災搶救現況，及探討消防人員在搶救太陽能光電火災時會面臨的危險因子，兩個主要方向。

藉由研究結果，讓消防人員的光電災害搶救現況能在危險因子預知的前提下，更進一步的保護自己，訓練單位也能藉以參考作為訓練目標與設施的建設，以達消防人員在面對新型態的太陽能光電災害，更有能力的保護自己與搶救人民生命財產安全。

關鍵詞：太陽能光電系統、危險因子、觸電

Abstract

My country is suitable for the promotion of solar power generation. What's more, under the guidance of government policies, state-owned institutions, enterprises, and even ordinary families have begun to install solar power plants on the roof. The exterior wall of the building or the open space, the multiple growth of the solar photovoltaic (Photovoltaics; PV) system. According to the statistics of the Ministry of Economic Affairs, as of February 2011, the grid-connected capacity of photovoltaic systems was 1.05 billion kWh. However, there are many hidden dangers among these buildings with solar power generation facilities. Even if Taipower's power supply line is cut off due to natural disasters, technical construction errors or system defects in a fire, it may be caused by power storage system equipment and sunlight, etc. Or because the thermal radiation of the fire irradiates the solar power generation equipment to generate electricity, the current and voltage remain on the iron structure of the building's outer skin. The rescue personnel will be in danger of electric shock in the rescue of the disaster.

This research mainly discusses two directions: to explore the current situation of disasters or fire rescue accompanied by solar photovoltaic system accidents and the risk factors that firefighters will face when rescuing solar photovoltaic fires.

Through the research results, the firefighters' photoelectric disaster

rescue status can be further protected under the premise of predicting the risk factors. In addition, the training units can also use it as a reference for the construction of training objectives and facilities so that when the firefighters face the new solar photovoltaic disasters, they can be more capable of protecting themselves and saving people's lives and property safety.

Keywords: Solar photovoltaic systems, risk factors, electric shock



目錄

中文摘要	i
Abstract	ii
目錄	iv
表目錄	vii
圖目錄	viii
第一章 緒論	
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	3
1.3 研究流程	4
第二章 文獻探討	
2.1 太陽光電國內之簡介及相關法令與管理規範	5
2.1.1 太陽能光電概念與發展概況	5
2.1.2 太陽能光電系統火災之相關法令與搶救注意事項	9
2.1.3 國內外火災搶救相關研究文獻回顧	15
2.1.4 國外太陽能光電火警案例分析	18
2.1.5 國內太陽能光電火警案例分析	19
2.2 太陽光電之危險因子文獻分析	24
2.2.1 太陽光電造成火災的原因	24
2.2.2 太陽光電系統火災對搶救人員的可能危險分析	26
2.2.3 太陽能光電系統火災搶救上對消防員的觸電風險分析	27
2.2.4 觸電危險分析總結	31
第三章 研究方法	
3.1 研究架構	33
3.2 研究方法	34

3.2.1 文獻分析法	34
3.2.2 訪談法	34
3.3 研究設計	34
3.3.1 研究對象	34
3.3.2 訪談大綱	35
3.3.3 訪談資料編碼	37
 第四章 資料分析與結果	
4.1 探討太陽能光電系統專業知識及相關認知度、經驗.....	39
4.1.1 何謂太陽能光電系統？其原理及運作模式，您熟悉嗎？...	39
4.1.2 您從事的工作經歷裡，是否有遇過太陽能光電系統發生災害 的相關經驗？	40
4.1.3 您認為太陽能光電系統發生火災的機率及光電系統發生事 故時導致搶救人員發生危險的機率會很高嗎？如果遇到了太陽能 光電系統相關的災害，是否有能力應對及處理？您覺得是否需要請 專業人士或者光電業者到場嗎？	42
4.2 探討太陽能光電災害危險種類認知程度、發生原因和面對危險 的處理方式	45
4.2.1 您認為太陽能發電系統發生火災時，會發生哪些危險？哪些 危險會導致人民的生命財產損傷甚至搶救人員的傷亡最嚴重？	45
4.2.2 對於太陽能光電相關知識與搶救，您有受過哪些的專業訓練？ 就您所受過的職能教育或專業知識裡，就您的職能教育及相關認知 下覺得是什麼樣的因素，會導致太陽能光電系統災害？	48
4.2.3 搶救太陽能光電系統災害時，您最害怕遇到的危險類型是什 麼？對於這些個危險，在您的職能教育訓練下，有知道哪些 SOP 能	

在搶救時可以依循與保護搶救人員？	50
4.3 探討太陽能光電災害搶救時，面對觸電危險的防護裝備技術認 知度及使用情形	52
4.3.1 關於太陽能光電系統火災中的觸電危險，您認為所能應付的 方法及技術有哪些？您覺得您目前的裝備及技術足以應付嗎？	52
4.3.2 光電火災中觸電危險下，您覺得射水搶救是否會對於搶救人 員造成傷害？如果會，搶救人員會有什麼裝備可以使用？	54
4.3.3 您認為您所受過的教育訓練與技術知識，足以應付太陽能光 電系統火災發生時，所伴隨而來的災害嗎？	56
4.3.4 目前所有能處理太陽能光電災害的搶救相關設備，您所知道 的有哪些？有受過搶救設備的相關訓練跟能熟練運用器材嗎？	58
第五章 結論與建議	
5.1 結論	61
5.1.1 太陽能光電系統發生事故時所伴隨的災害或火災搶救現況	61
5.1.2 消防人員搶救太陽能光電火災時會面臨的危險因子	62
5.2 研究建議	64
參考文獻	67
附錄 A 訪談逐字稿	70

表目錄

表 2.1 消防機關搶救太陽光電發電設備火災流程彙整表	10
表 2.1.3 國內外博、碩士研究有關火災搶救等相關研究及內容彙 整	15
表 2.1.4 國外太陽能光電火災相關案例及內容彙整	18
表 2.2.3 DIN VDE 0132 (VDE 0132) :2008-08 對帶電體噴水滅火的 建議距離	27
表 3.1 本研究之訪談對象	34
表 5.1.2 研究結論概要圖	63
表 5.2 研究建議概要	65



圖目錄

圖 1.1 政府推廣太陽能累計設置容量目標	2
圖 1.3 研究流程	4
圖 2.1.1 太陽能光電系統示意圖	6
圖 2.1.2 太陽能發電型態	7
圖 2.1.3 太陽能模組結構與材料	8
圖 2.1.4 太陽能光電系統示意圖	9
圖 2.2 噴水測試感電	28
圖 2.2.1 水柱	29
圖 2.2.2 水霧	29
圖 2.2.3 MC 直線瞄子測試結果	30
圖 2.2.4 C hollow 渦輪瞄子測試結果	30
圖 2.2.5 直流電流對人體的影響	31
圖 3.1 研究架構圖	33

第一章 緒論

台灣陽光充足，日光照射時間長，適合推廣太陽能發電。我國政府政策引導下，國營事業單位、企業，甚至普通家庭都開始在屋頂安裝太陽能電站。建築物的外牆或空地，太陽能光電

(Photovoltaics; PV) 系統的倍數增長。據經濟部統計，截至 111 年 2 月，光電系統發電並網容量為 10.5 億千瓦時。然而，在這些擁有太陽能發電設施的建築物中，隱藏著許多危機，即使台電的供電線路因天災、技術施工錯誤或系統缺陷而發生火災時被切斷，也可能是由蓄電系統設備引起的、陽光等，或因火災的熱輻射照射太陽能發電設備發電，電流、電壓殘留在建物外皮鐵構上，導致救災人員在搶救災害上會有觸電危險。

本研究結果可作為相關消防單位於 PV 系統火災搶救時，有應變策略、救災應對裝備器材、制訂作業程序以及專業訓練內容和感電風險避免之參考依據。

1.1 研究背景與動機

為應對全球暖化和氣候變遷，替代能源已成為重要的國際問題。目前世界各地的研究趨勢都集中在能源永續和環境再生上。台灣的“太陽能光電系統 (PV)” 產業發展條件非常優良，因為擁有良好的日照和氣候條件，以及先進的半導體技術。政府在推動引進太陽能發電系統設備取得了優勢，不僅促進了能源需求供給和產業發展，也使其成為國內替代能源的主要方向 (圖 1)。

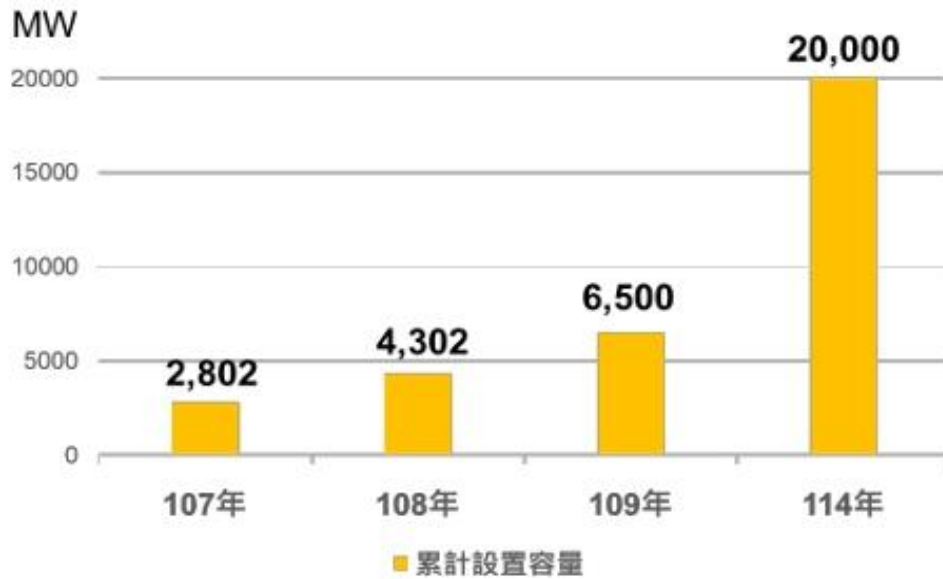


圖 1.1：政府推廣太陽能累計設置容量目標

資料來源：經濟部能源局 2022

目前，建築中使用的光電發電設備可分為建築附著式建築附著型(Building Attached Photovoltaic; BAPV)，以及建材一體型(Building Integrated Photovoltaic ; BIPV)。太陽能系統應用於建築是未來綠色建築的關鍵設備之一，但是除了方便太陽能發電系統設備發電外，如果系統設備發生火災，電流傳輸設備依舊會繼續發電或殘留電壓與電流（AC220V 到 600V，DC 最高到 1500V），即使斷除變電箱，太陽能板的電源傳輸設備依然繼續發電（孤島效應），對於救援人員的傷亡極具危險。且太陽能發電系統可能因電弧、短路和電線起火等熱失控因素引起火災。（內政部消防署，108）

2017 年 7 月 27 日台北市公館淨水廠、2019 年 3 月 29 日桃園市新屋畜牧場，都發生大型的太陽能光電系統火災，經後續的火災原因調查發現，其發生原因為本身模組設計缺陷、施工不良、動物破壞等因素，導致太陽能光電系統短路過熱現象，進而發生大型火

災。

而由於目前國內使用的太陽能發電系統大部分安裝在建物中，所以對建物中的太陽能系統設備的火災發生原因與災害種類搶救應對非常重要。所以評估該類建築火災搶救與消防人員搶救上安全影響之間的相關性，並且可以藉由太陽能組件系統的危險因子的瞭解，避免搶救上的危險發生。

1.2 研究目的

太陽能光電系統發電是一種可以將太陽光轉化為電位差而產生電流的發電方式。近年來，台灣在各地積極推廣綠色能源，而其中以太陽能光電系統發電為主要，尤其是日照時間較長的中南部地區，在開闊的田野、池塘和海灘上大規模安裝，在普通房屋和工廠等建築物的屋頂上可以看到許多太陽能電池板，並且可以看到太陽能發電融入人們的生活當中。

由於太陽能發電的普及，發生火災的案例很多。太陽能轉化包括化學轉化和能量轉化與電能和熱能密切相關，因此相關設備和系統出現問題會導致故障，使其無法使用而導致產生短路導電、高溫與火災的發生，以致人民生命財產損失與搶救人員上的危險災害。

藉由研究將太陽能火災發生的危險因子分析，將可能會發生之潛在危險以及該如何事前做好充足的準備以防止意外，避免造成人員傷亡。提升太陽能光電設備火災時的消防搶救人員安全，危險認知與搶救重點認知，提供消防人員在搶救時預防此類火災的方法。

本研究者研究目的如下：

1. 探討太陽能光電系統發生事故時所伴隨的災害或火災搶救現況
2. 探討消防人員在搶救太陽能光電火災時會面臨的危險因子

1.3 研究流程

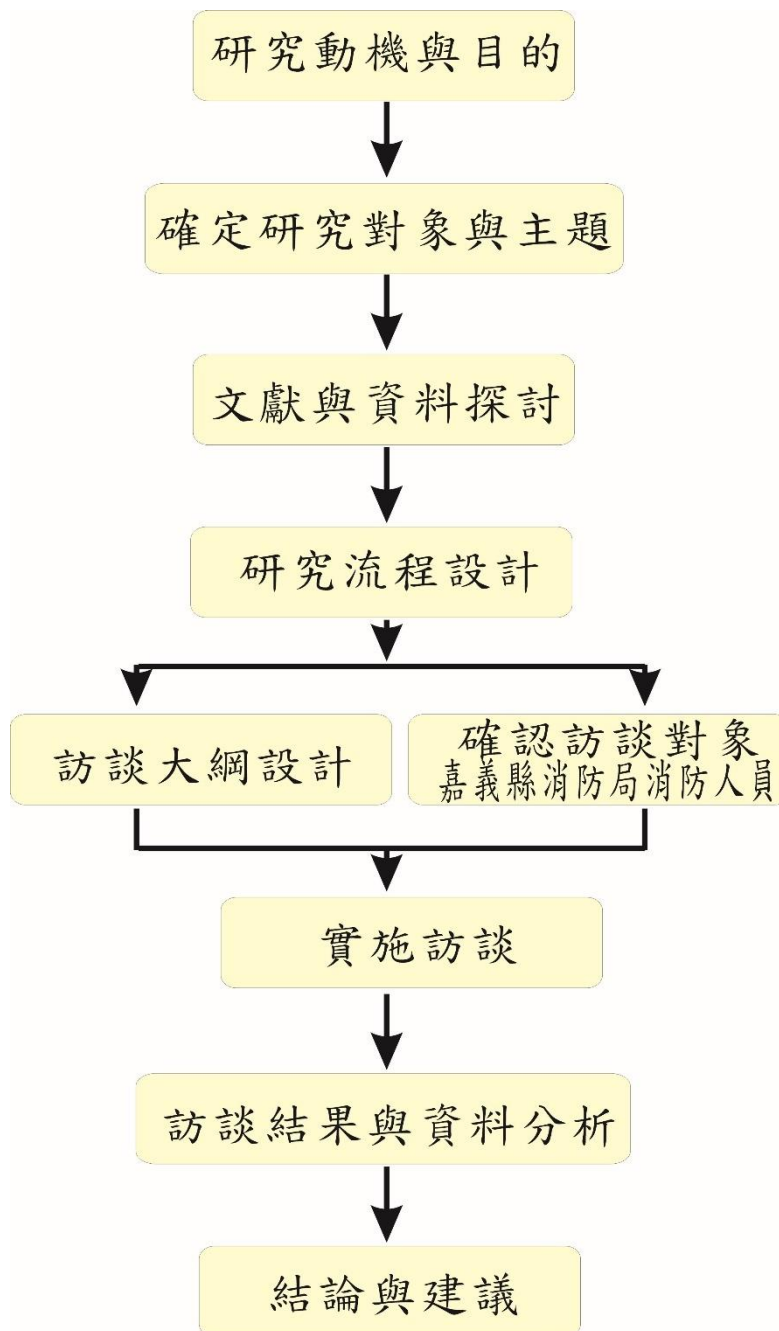


圖 1.3 研究流程

資料來源：本研究製作

第二章 文獻探討

在世界潮流與政府的主導下，大量建築物與空地、農地，安裝太陽能光電系統在台灣已是普遍。太陽能光電系統導致的火災相關災害在台灣的研究為數不多，但因政府的政策與世界主流下，未來可見的相關太陽能災害搶救數量勢必增加。

國內相關研究有限，基於各種火災救援相關文獻和國外研究作為太陽能光電系統火災應對的依據，以德國與美國研究機構和台灣專家學者及縣市政府消防部門，對太陽能光電系統的救援方法進行了整理和分析。分析後總結設置太陽能光電系統可能引發火災的原因，以及災害發生時的搶救作為要點，讓這類太陽能光電系統災害搶救有參考的依據。

2.1 太陽光電國內之簡介及相關法令與管理規範

2.1.1 太陽能光電概念與發展概況

太陽光電模組(PV Module)：

太陽光電模組(PV Module)藉由光的輻射轉換為電流，發電過程不產生任何空氣汙染、工業廢水、輻射產生，是相當綠能的發電方式。市售大部分太陽光電模組(PV Module)之太陽電池主要材料為無毒的矽，即便放置在自然環境下受日曬雨淋，也不會分解出產生液體，不會土地跟水源造成汙染。

太陽能模組運作模式：

太陽光電模組組列 → DC 接線箱 → 變流器(Inverter) → AC 配線盤 → 併聯市電 (圖 2.1)

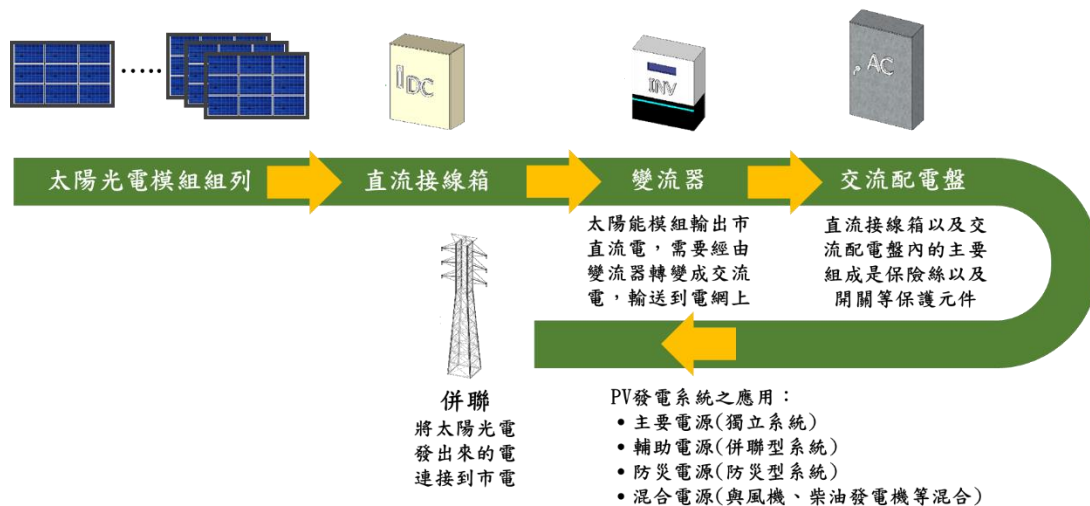
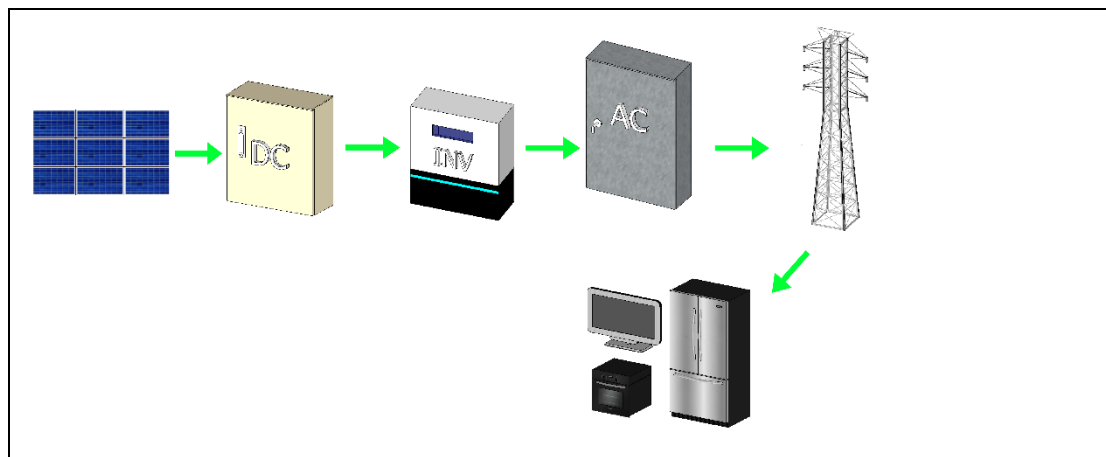


圖 2.1.1：太陽能光電系統示意圖

資料來源：經濟部能源局 2021 年 4 月

太陽光電系統架構：

太陽能發電可分成三種型態，併網型、獨立型、混合型（圖 2.4），其主要設備包含太陽光電模組、蓄電池、變流器(Inverter)等。太陽光電模組第一階段為因電位差形成電流產生電，太陽光電板的模組矽晶體陰陽光照射後，將光能轉換成 DC 直流電。故需藉由逆變器/變流器 (Inverter)將太陽光電模組所形成的直流電轉換為符合台電使用的交流電，後併聯上市電將電能回傳輸至台電，或將產生的電能儲存於儲能設施中，或與室內電網連接進行使用。



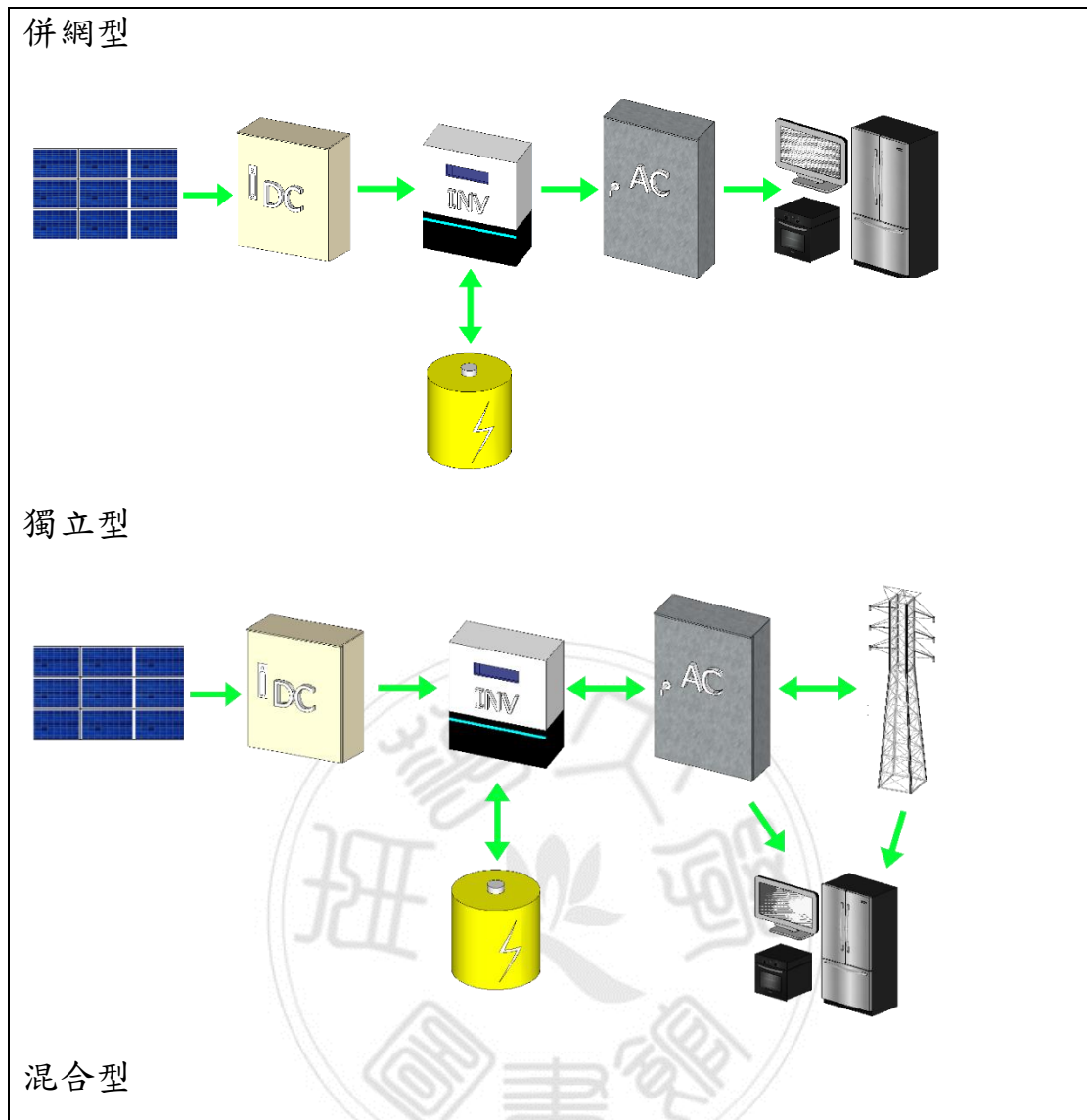


圖 2.1.2 太陽能發電型態

資料來源：經濟部能源局 2021 年 4 月

太陽光電模組：

太陽光電模組的主要功能就是發電，所發的電都是直流電，其太陽光電模組的結構與材料大致為鋁、玻璃、EVA、矽晶片與接線盒等組合而成（圖 2.1.3）。

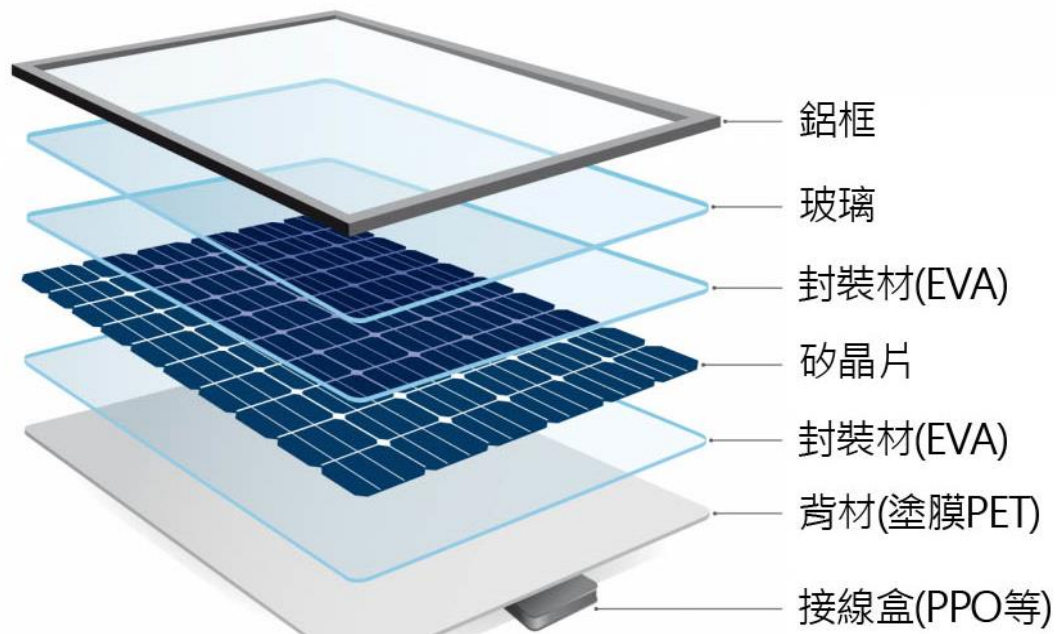


圖 2.1.3 太陽能模組結構與材料

資料來源：經濟部能源局 2021 年 4 月

直流接線箱/DC 箱：

直流接線箱的主要作用是提供模組串併聯，以及容納串列的保護元件如保險絲、突波吸收器等。

變流器/逆變器(Inverter)：

變流器的主要功能是把直流電轉換為交流電，同時也有監控系統可紀錄直流端與交流端的電壓、電流、功率等。變流器的大小有很大的差異，從冷氣機大小到貨櫃大小的變流器都有。小型系統的變流器通常較小，隨著系統規模越大，選擇的逆變器可能也越大。

交流配電箱/AC 箱：

交流配電箱主要功能是把變流器送出的 AC 電源匯流，以併聯到電網。電箱裡主要的元件是配電盤與交流開關。

升壓站：

較大的太陽能系統通常需要升壓後併接到高壓電網，就需要具

備升壓站。升壓站的主要元件是變壓器，以及相關的交流配電盤。

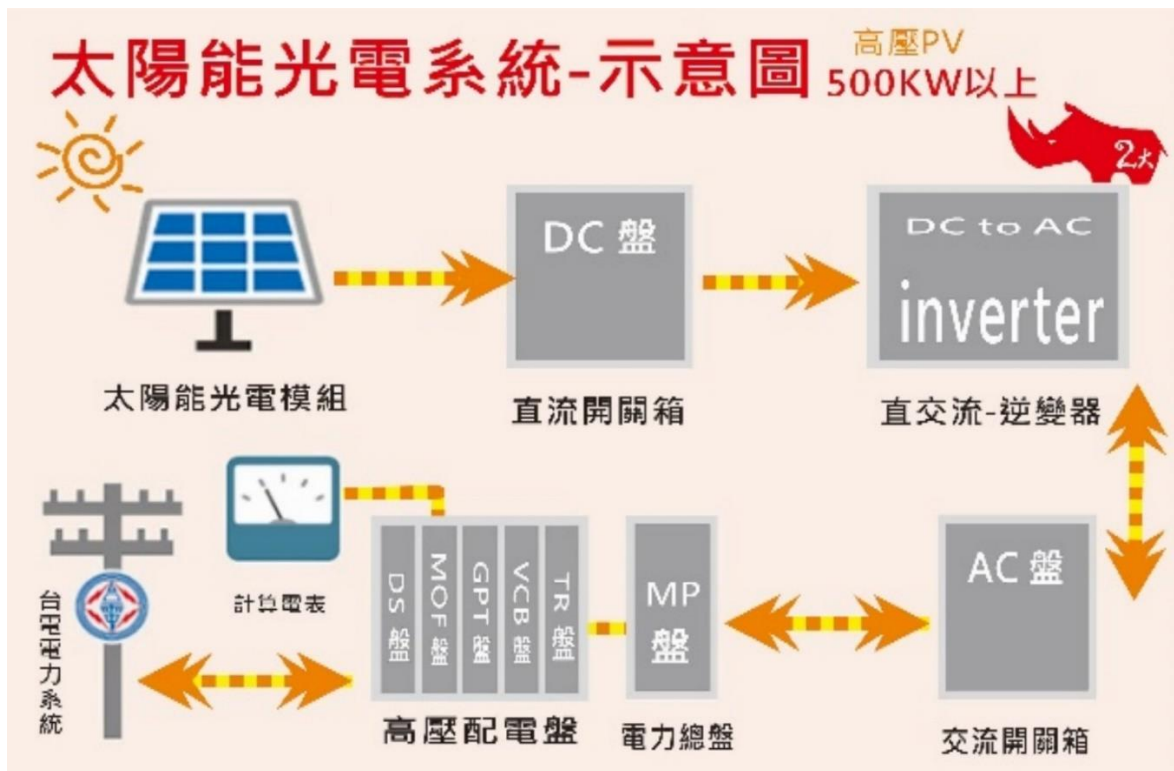


圖 2.1.4：太陽能光電系統示意圖

資料來源：本研究整理製圖

2.1.2 太陽能光電系統火災之相關法令與搶救注意事項

2.1.2.1 消防機關搶救裝設太陽光電發電設備火災指導原則

「消防機關搶救裝設太陽光電發電設備火災指導原則」：

- 1、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，皆會引起感電。
- 2、裝設太陽光電發電設備建築物及處所即使經臺電斷電後，應注意太陽能板至變流器（inverter）間配線仍有電力，從火災初期至殘火處理都必須注意，指揮官應通知提醒火場搶救人員仍有電力樓層作業時須避免感電。
- 3、切勿貿然射水，使救災人員暴露在感電風險下。
- 4、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、救命器及熱影像儀等防護裝備器材，並避免碰觸導電物體。

- 5、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)。
- 6、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。
- 7、太陽光電發電系統未斷電線路，掉落碰觸到建築物的金屬梁柱時，依舊有導電危險，勿以沾溼的手套碰觸金屬周邊設施，並通知太陽光電發電業者（或臺電協同）。於建築物屋內活動如需關閉電源開關時，請戴上絕緣性高的高壓電用塑膠絕緣手套。
- 8、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。
- 9、非建築物（如農田、空地）的太陽光電發電設備火災，建議以警戒，防止火勢延燒戰術考量。

2.1.2.2 消防機關搶救太陽光電發電設備火災流程

消防機關搶救太陽光電發電設備火災流程：

表 2.1 消防機關搶救太陽光電發電設備火災流程彙整表

作業 流程	步驟 說明
	<ol style="list-style-type: none">1、針對設有太陽光電發電設備建築物相關資訊瞭解，或與地方 政府再生能源發電設備業管機關、台電及太陽光電發電業者 等建立緊急查詢機制及窗口。2、消防機關洽上述單位提供資訊以建立轄區設有此設

<p>(一) 資料整備</p>	<p>備之建築物清冊，另對於屬供公眾使用建築物之場所宜製作搶救計畫</p> <p>(含圖資及變流器【inverter】位置與串接發電系統之輸出供電線路開關位置)。</p> <p>3、對於屬供公眾使用建築物，消防機關得洽請設有此設備之所有權人或相關管理人員配合進行人命救助及火災搶救訓練及演練。</p>
<p>(二) 受理報案</p>	<p>1、受理後通知台電及太陽光電發電業者立即前往斷電。</p> <p>2、查詢是否為太陽光電發電建築物，即時通報出勤人員知悉。</p> <p>3、查閱搶救圖資 E 化管理系統基本資料，確認該建築物是否為太陽光電發電建築物，經確認後，提醒帶隊官及出勤人員注意(攜帶高絕緣性手套或木製器具)，並通報該建築物之變流器(inverter)位置(一般住宅通常位於太陽能板直下樓層)，避免太陽能板至變流器(inverter)間電路感電意外。</p>
<p>(三) 到達現場</p>	<p>1、確認為太陽光電發電建築物、燃燒的形式(建物火災、室內火災或光電設備火災)、火勢大小及燃燒物質(設備或元件)。</p> <p>2、疏散火場內住戶民眾。</p> <p>3、調閱搶救計畫及搶救圖資，檢視火場建物四周地形地物與建築物狀況。</p> <p>4、通知關係人(含台電及太陽光電發電業者等)到場，詢問建築物關係人確認光電發電相關設備、規模、</p>

	<p>位置等狀況。</p> <p>5、確認光電設備受燒狀況。</p> <p>6、確認屋頂牢固情形。</p> <p>7、擬訂行動計畫與現場決斷。</p> <p>註：餘依「消防機關火場指揮及搶救作業要點」及各消防機關相關作業規範等規定辦理。</p>
(四) 確認太陽光電發電設備位置	<p>確認建築物內太陽能板、變流器(inverter)、蓄電池及太陽光電發電系統輸電配線開關位於建築物相關位置，作為救災決策上依據。</p>
(五) 由台電或太陽光電發電業者協同確認台電及場所太	<p>1、指揮官回報指揮中心目前火勢狀況，於台電未到場前，以防禦作戰方式避免延燒。</p> <p>2、確認台電供電電源或太陽光電發電業者斷電作業。</p> <p>日間火警：</p> <p>(1) 經台電斷電後，仍應注意太陽能板至變流器(inverter)間仍可能存有電力，指揮官應通知提醒火場內部仍有電力樓層之搶救作業人員注意作業時避免感電。</p> <p>(2) 可利用遮蔽效應，遮斷光電半導體發電效應。</p> <p>夜間火警：</p> <p>(1) 經台電斷電後，惟仍應注意蓄電池電力危險，視現場情況可由防禦戰轉變為攻擊戰。</p> <p>(2) 滅火作業延長至日出時，因光電半導體光電效應</p>

<p>陽光電 發電設 備斷 電</p>	<p>會有發電現象，需注意光電設備與電力轉換器間會有直流電力產生，慎防感電或致生二次危險。可利用遮蔽效應，遮斷光電半導體發電效應。</p> <p>3、確認場所自主切斷發電供電開關：消防人員應確認相關人員是否已派員將太陽光電發電設備輸電開關關閉。</p>
<p>(六) 入 室搶救 作業</p>	<p>1、個人防護裝備確實著裝：</p> <p>(1) 著完整無破損之乾燥消防衣、帽、鞋、手套、頭套等防護裝備。</p> <p>(2) 背戴空氣呼吸器、救命器等裝備器材。</p> <p>(3) 其他個人防護或搶救所需設備。</p> <p>2、入室作業人員應保持乾燥絕緣狀態。</p> <p>3、落實安全管控機制，記錄入室人員入室時間與空氣量，以換班保持入室人員體力。</p> <p>4、確認變流器(inverter)與蓄電池位置，防止感電意外。</p> <p>5、迅速撤離室內受困災民。</p> <p>6、注意事項：</p> <p>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等依舊有導電危險，勿以沾濕的手套碰觸金屬周邊設施。</p> <p>於建築物內部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手套。</p> <p>留意太陽能板設備掉落的可能性。</p>

	<p>太陽能板之玻璃碎裂時會形成大小碎片，須注意防範玻璃 破裂掉落或滑倒等。</p>
<p>(七) 滅火作業</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、如確定建築物內無待救人員，即採防禦戰術，穿戴具絕緣性 高的手套、消防鞋。 2、勿以直線水柱直接朝相關設備射水，使入室人員處於感電風 險危險中。 3、滅火行動遇有配線或電器設備盡可能使用乾粉或絕緣氣體滅 火。 4、若需射水，建議在至少 6 公尺以上，以 10 公尺為較佳距離， 以張角角度30 度之水霧射水，且瞄子出水壓力至少7kg/ cm² (100psi) 5、太陽光電發電設備燃燒時，主要為太陽能板內部環氧樹脂及 密封零件燃燒，撲滅時因水會被電池表面的玻璃阻擋，無法 直接灌水進入內部，滅火較費時，建議予以警戒防止火勢延燒。
<p>(八) 破壞排煙作業</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、入室後儘速將門窗打開驅煙，增加能見度俾利搜索。 2、勿碰觸、剪斷、破壞任何相關電器(氣)設備、線路，以免觸 電。 3、查看太陽能光電板是否受火勢波及，切勿碰觸、破壞太陽光電發電設備，以免觸電。 4、攀爬屋頂或窗戶時，注意避免感電或滑(摔)落意外。 5、注意崩塌、爆炸、電弧、感電等危險。 6、在排煙作業無法完全驅煙時，指揮官應立即重新評

	<p>估，若因 屋頂被光電設備或其他元件阻礙排煙或需控制竄燒時，水平 正壓排煙不失為較佳之作業措施。</p> <p>7、執行破壞時應使用護目鏡做臉部保護。</p>
(九) 殘火處理	<p>1、確定已整棟完全斷電後，再進行殘火處理。</p> <p>2、即使太陽光電發電設備已遭受破壞，受到日照仍有光電效應，仍須提高警覺避免感電，勿輕忽大意。</p> <p>3、攀爬屋頂時可輔以梯子與繩索等支撐確保，避免滑(摔)落。</p> <p>4、火災產生的熱會破壞板面，切勿碰觸及破壞，避免被割傷 或感電。</p>

資料來源：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

2.1.3 國內外火災搶救相關研究文獻回顧

表 2.1.3 國內外博、碩士研究有關火災搶救等相關研究及內容彙整

著作名稱	年度	作者 姓名	摘要精簡
Fire Fighter Safety and Emergency Response	102	Casey C. Grant, P.E.	本著作彙編了有關消防員和火災事故指揮官最佳作戰方案與指導的相關資訊，以幫助他們決策過程和涉及太陽能系統的火災緊急作為。這著重於安裝太陽能系統產生熱源或

for Solar power Systems			電力的建築物及建築主體結構，並提供與太陽能系統相關的案例研究報告和損失數據以及應急指南。
Fire Safety Challenges of Green Buildings	101	Brian Meacham, Brandon Poole, Juan Echeverria and Raymond Cheng	<p>在本報告中針對綠色建築物體安全、火災風險之間相關探討：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、實際火災事件與綠色建築物之間相關的要件。 2、綠色建築的要素或功能存在的問題，與傳統建築相比的火災災害風險。 3、調查和研究案例對於火災風險，以及對特定綠色建築的設計元素引起的建築安全、人身安全和消防安全的識別。
太陽能發電系統消防和滅火活動的安全對策	103	田村裕之、松島早苗、阿部伸之、森井統、塚目孝裕、志水裕昭、高梨健一、尾川義雄	<p>主要研究了太陽能發電系統的原理與相關，並從消防發生火災的角度進行了各種測試和實驗。在實驗中，發現了太陽能發電在防火方面的危險，並採取了相關的預防措施，以達到保護消防人員在救災中的安全。</p>

Firefighter Safety and Photovoltaic Installations Research Project	100	David A. Dini, P.E.	在此報告中主要論述了由 26 個 230 W (功率 5980 W) 的光電陣列框架模塊組成，並研究了電氣絕緣技術的有效性，以提供有關消防員身體防止觸電危險的數據。並進行了幾個實驗來做到這一點。在從實驗中展示了普通消防員在消防活動中遇到的電極的潛在危險，並提供了預防措施建議，以減少消防員觸電受傷的可能性。
火災搶救與火場安全管理之探討—以雲林縣消防局為例	104	<u>林子博</u>	本著作對火災救援和火災現場安全管理的相關文獻資料進行分析，通過對雲林縣火災救援案例的歷史回顧和分析策略，提出火災救援、火災戰術和火災現場安全，調查結果及確保消防救災安全的政策建議。
消防設備設置對於火災搶救風險探討—以新北市蘆洲區	105	<u>吳嘉偉</u>	本著作主要以新北市蘆洲區福州路沿線的鐵皮屋為例，調查消防安全設備的裝置情況，並通過專家訪談，就各種消防安全設備裝置的效能提出多方面的看法。如果發生火災，我們將提供降低火災率的建議，並最終提出改善鐵皮屋火災的方法。

太陽能發電 火災案例研 析 (消防月 刊)	110	康智堯	在本文中，簡要介紹光電發電的系統和原理。通過太陽能火災案例的講解，找出此類火災的常見原因，講解接觸太陽能發電設備時的安全注意事項，並提供預防此類火災的方法。
-----------------------------------	-----	-----	--

資料來源：台灣碩博士論文知識加值系統，2022

2.1.4 國外太陽光電火災案例分析

表 2.1.4 國外太陽能光電火災相關案例及內容彙整

發生時間地點	裝置類型	火勢概況與處理方式	初判起火原因
2015年5月 美國亞利桑那州 蘋果公司廠房	屋頂型	1、工廠起火燃燒，延燒至PV模組。 2、太陽能板模組有被燻黑，熱熔的現象。	工廠起火延燒導致模組短路起火，屬延燒性質。
2013年3月 美國紐澤西州 工廠	屋頂型	1、逆變器起火燃燒。 2、配線盤與線槽間延燒。 3、短路產生電弧。	疑似逆變器過熱，導致熱失控而短路起火。
2009年4月 加州 百貨公司	屋頂型	1、電纜短路，導致電弧產生。 2、線槽間火警。 3、特色：電弧導致搶	配件品質不良，導致熱漲冷縮暴露電纜導致短路。

		救人員困擾。	
2008年5月 美國加州 三藩市大學	屋頂型	1、配電盤與模組燃燒。 2、電力公司人員及時到達現場，採取措施。 3、實施斷開帶電導體和模板以下設施。 4、消防人員出水將損害侷限，在有效範圍，未傷及主體建築物。	裝置密度高導致火災蔓延

資料來源：維基百科

2.1.5 國內太陽光電火災案例分析

(一) 案例一：北市自來水淨水廠（浮動式太陽能模組）

- 1、發生時間：105年7月27日13時54分。
- 2、發生地點：台北市中正區自來水園區。
- 3、現場概況：

現場係自來水園區淨水池上方蓋板（台北市自來水事業處公館淨水廠淨水設備）起火，燒損蓋板、太陽能板。燃燒面積約700平方公尺、疏散200人。

- 4、人員傷亡情形：無人員傷亡。
- 5、研判起火原因：

(1)、研判使用不合格電線短路肇禍：

自來水園區太陽能板突起火，太陽能板不會因日曬高溫而自燃，可能是太陽能模組是中國的廉價品，使用不合格的電線導致短路造成。

(2)、施工管理，頻繁差拔線頭：

台北市自來水園區的太陽能板是屬於移動式的，頻繁拔換插頭可能造成受損，才引發火災。

6、案例檢討：

- (1) 平時整備業者聯絡窗口、建築物相關資訊、設備相關資訊，提供災時指揮系統調閱運用，並請維運廠商參與平時演練及災時應變（斷電作業）。
- (2) 裝設容量一定數量以上之場所，優先評估列入搶救困難地區及製作搶救計畫並舉辦相關演練。
- (3) 辦理太陽光電發電系統相關教育訓練。



資料來源：台北市消防局提供



資料來源：台北市消防局提供

(二) 案例二：嘉義縣工業區工廠（屋頂型太陽能模組）

- 1、發生時間：110年2月12日15時08分。
- 2、發生地點：嘉義縣大埔美工業區工廠屋頂太陽能板。
- 3、現場概況：

起火位置為DC配電箱及其周圍線槽，燃燒面積約5平方公尺，初期由轄區分隊嘗試用滅火器滅火無果，後著SCBA依標準作業程序，以水霧將火勢壓制降溫嘗試撲滅，撲滅後過一陣子又復燃，持續反覆至廠商到場，經由廠商斷絕模組至DC配電箱之間的線槽，終於兩個小時後自然火勢熄滅。

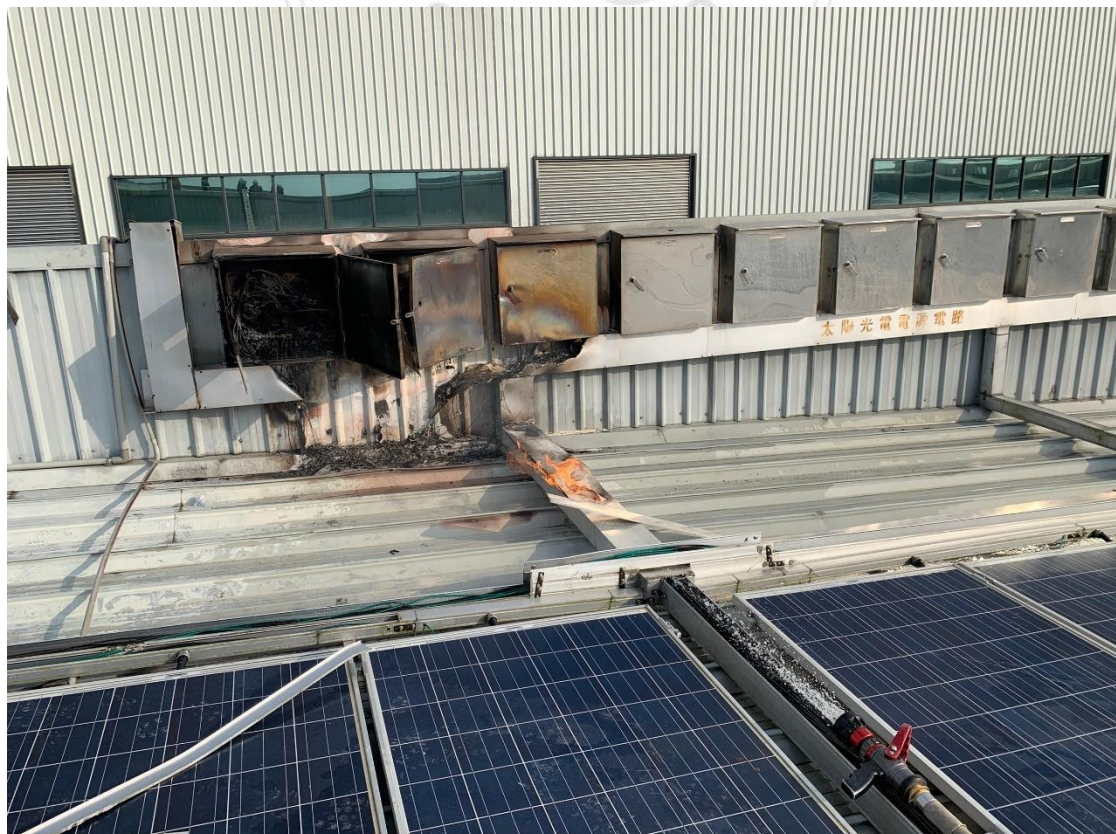
- 4、人員傷亡情形：無人員傷亡。

5、 研判起火原因：

- (1)、火調初步研判最初起火位置為逆變器與 DC 配電盤間的線槽，疑似施工不良導致線體有磨損導致短路。
- (2)、配線槽內，因設計或施工不良導致線體短路發生電弧，產生高溫起火燃燒。

6、 案例檢討：

- (1)、強化業者（含太陽光電）橫向溝通聯繫，加強第一時間通報機制，請太陽光電業者至現場應變斷電，避免擴大燃燒。
- (2)、初步出水採取防禦戰術，避免暴露於接地風險中。
- (3)、發現電弧火花時，剪斷鋁槽內引發電弧的 PV 線迴路，每迴路至少剪一條線，此方式須注意 PV 線可能帶有高壓直流電。
- (4)、剪斷回路以專業人員採取為之，避免由消防人員實行。





資料來源：嘉義縣消防局提供

2.2 太陽光電之危險因子文獻分析

2.2.1 太陽光電造成火災的原因

太陽光電系統造成火災，可分成外部與內部兩種原因：

外部原因：由太陽光電以外的其他因素造成，例如延燒（房屋火災）、撞擊（天災、其他物體）、雷擊、動物、鳥糞或動物屍體遮蔽所形成的熱斑、人為（故意、疏失）、設計施工不良導致損傷等。

內部原因：由太陽光電系統本身造成的火災，如元件品質缺陷（如太陽光電模組、電纜線、接頭、變流器）、施工不良（如接線錯誤、材料選用不當）、設計不良（如散熱不良、絕緣不足、串併設計不當）。

太陽能光電系統災害的原因裡，依據 TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme（2018）的研究敘述中，另外可歸納出火災原因如下：

- 1、短路與電弧：短路與電弧為火災主要原因。太陽光電設施因設計、施工不良或材料劣化，導致導線裸露，造成短路或電弧，進而引燃周圍物體而發生火災。
- 2、高溫、熱斑：變流器、線槽或配電盤等太陽光電設施，因環境高溫、曝曬或者負荷過高，或模組上因異物、電阻形成的熱斑，導致形成高溫降低材料的絕緣能力，甚至絕緣層熔融，導致起火燃燒。
- 3、外力延燒：太陽光電模組本身不易起火，但是會被燃燒，因建物或其他物火災，延燒至太陽光電設施。
- 4、儲能系統燃燒與爆炸危險：少數太陽光電系統中使用蓄電池儲存

電能。最常用的電池是鉛酸，鉛酸電池含有硫酸，火災時會產生有害煙霧。一旦確定建築物有一組或多組電池組，就應該通知指揮官和所有在電池周圍操作的人員。另一種用於太陽光電系統的電池是鋰離子電池，在鋰離子電池的存放電中，會有一種能量轉換失效後溫度升高的風險，這個現象稱之為熱失控（thermal runaway）。熱失控主要是因能量轉換儲存的時候，電池內部異常造成溫度上升的連鎖反應。目前鋰離子電池中的電解液有機溶劑所組成，具有高揮發性、低閃點及燃燒容易的特性。尤其是受到衝撞或形體變形引發的短路，及過度充電等因素，就會溫度升高產生大量的熱，導致電池的本體溫度上升，且當溫度高達一定時，會產生分解反應，使鋰電池本體的熱平衡遭受破壞。最後釋放出的熱散逸不良時，會更重反應的進行，這一連續的放熱反應，電池本體溫度急速升高，最後導致燃燒，最嚴重時會發生爆炸，這個現象稱為「熱失控」。另外，也建議電池機櫃設置地點最好遠離易燃物，放置地點最好是通風良好，並有完善滅火設施。

資料來源：TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2018), Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization

2.2.2 太陽光電系統火災對搶救人員的可能危險分析

關於搶救人員在面對太陽能光電系統火災時，所可能面對的危險，依據 TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (2018) 研究敘述中，可分成幾項種類。

太陽光電系統的搶救危險因子可大致分以下幾項種類：

1. 吸入毒氣：PV 模組可燃，除了玻璃和鋁（框架）外，還包含多種塑料以及視技術而定的有毒重金屬。燃燒後所形成的有毒有害廢氣、煙氣和煙塵顆粒可能對人體有危險。
2. 火勢延燒：由於緊湊的設計和模組之間的電纜，可能會使火災蔓延。
3. 化學物質：系統模組燃燒後所產生的有毒有害廢氣，主要以呼吸道中毒的形式出現。
4. 爆炸：常發生在蓄電設備和被水淹沒的太陽光電系統配線盤模組，泡水的系統配線模組容易因淹水導致爆炸。但是，如果屋頂木材的火焰蔓延到 PV 系統並導致模組玻璃破裂，也會發生類似爆炸的效果。玻璃碎片半徑達 20 至 30 米。由於大火的熱效應而分離的晶片碎片被加熱至很高的高度，並散佈了數百米。
5. 觸電：特別是帶電的直流端在損壞的情況下會帶來危險，在滅火過程中會產生接觸危險。
6. 坍塌：熱會損害鋼結構的承載能力。在主結構強度減弱的情況下，通過燃燒而減小主體的承載能力。框架或結構的承載減弱，無法負荷光電模組的重量，導致坍塌，會造成搶救人員的危險。

資料來源：TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2018), Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization

2.2.3 太陽能光電系統火災搶救上對消防員的觸電風險分析

依據 TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (2018) 研究，在太陽光電系統災害發生的消防搶救作為中，會有極大的機率遇到接觸性與非接觸性的感電危險，搶救人員要選擇適當的搶救作為與策略運用，保護自身、設備及任何其他人免受感電危險。

在白天太陽光電模組因日照開始產生電壓與電流，但是在其他的情況下，即使是路邊的照明設備也可能出現電壓，例如火災中的照明。特別是使用鹵素聚光燈會在不利條件下產生足以危險的電壓，而讓模組與發光物體保持足夠的距離，可減少這類的電壓危險。

歐盟對於帶電物件的滅火規範 DIN VDE 0132 (VDE 0132):2008-08 裡，建議了電壓在 1.5 kV 以下，使用水霧的最小距離是 1 m，水柱的距離是 5 m (如表 1)。在 (ISE, 2018) 實驗數據驗證了這個規範的可行性。

表 2.2.3 DIN VDE 0132 (VDE 0132):2008-08 對帶電體噴水滅火的建議距離

Nozzle DIN 14365-CM	Low voltage (L) ≤ AC 1 kV oder ≤ DC 1,5 kV	High voltage (H) > AC 1 kV oder > DC 1,5 KV
Spray jet	1 m	5 m
Full jet	5 m	10 m
Code	N-1-5	H-5-10

資料來源：TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2018), Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization

其中也敘述到以金屬網模擬太陽能板，連接 1000 V 電壓以及模擬人體阻抗的 R_m ，電路佈置如圖 2.2 所示。噴頭設置在距離電網 1 m 與 5 m 處，使用電錶量測通過人體的漏電流。

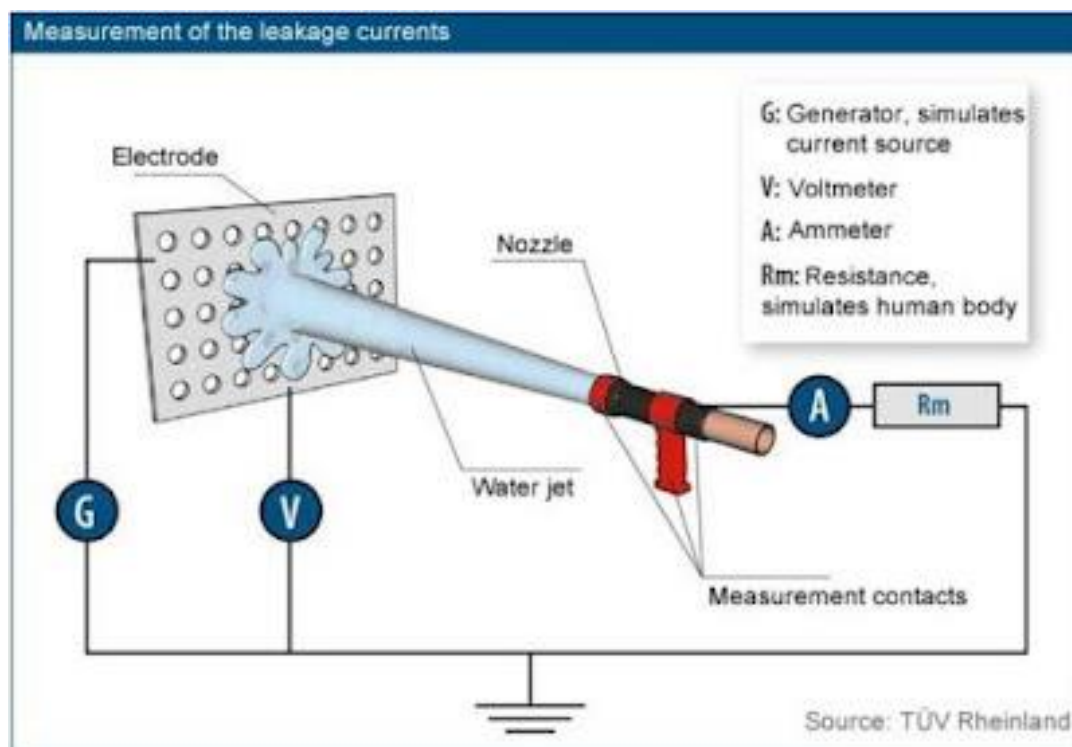


圖 2.2 噴水測試感電

資料來源：TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2018), Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization

噴水測試觸電試驗，其測試所使用的噴頭有渦輪式瞄子與直線瞄子，射水模式則有水柱（圖 2.2.1 水柱）與水霧（圖 2.2.2 水霧）兩種模式。



圖 2.2.1 水柱



圖 2.2.2 水霧

圖 2.2.3 是 MC 多功能噴頭（直線）測的試結果，圖 2.2.4 是 C hollow 噴射噴頭（水霧）的測試結果。由結果可以看到所有的漏電流都小於 25 mA，都是在安全的範圍。依據歐盟標準 DIN IEC

/ TS 60479 -1 (VDE V 0140- 479-1) : 2007-5，人體對直流電的反應顯示於圖 2.2.5，橫軸是電流大小，縱軸是通電時間。由此圖表可以看到，電流在 25 mA 以下對人體沒有傷害，超過則會造成肌肉抽搐，而要到 500 mA 以上才會有嚴重傷害。

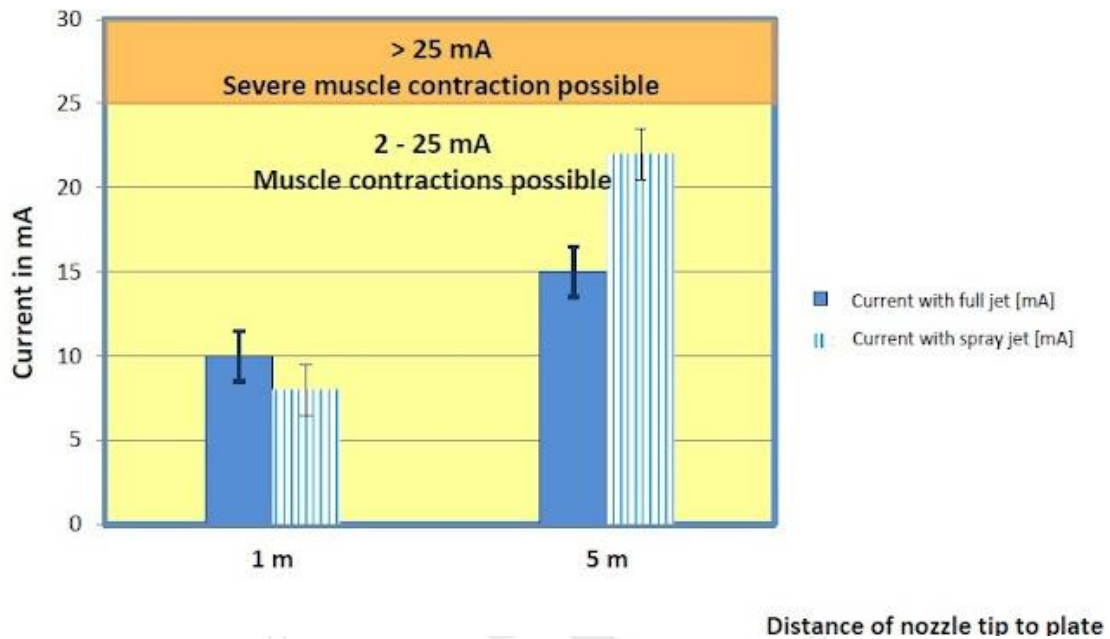


圖 2.2.3 MC 直線瞄子測試結果

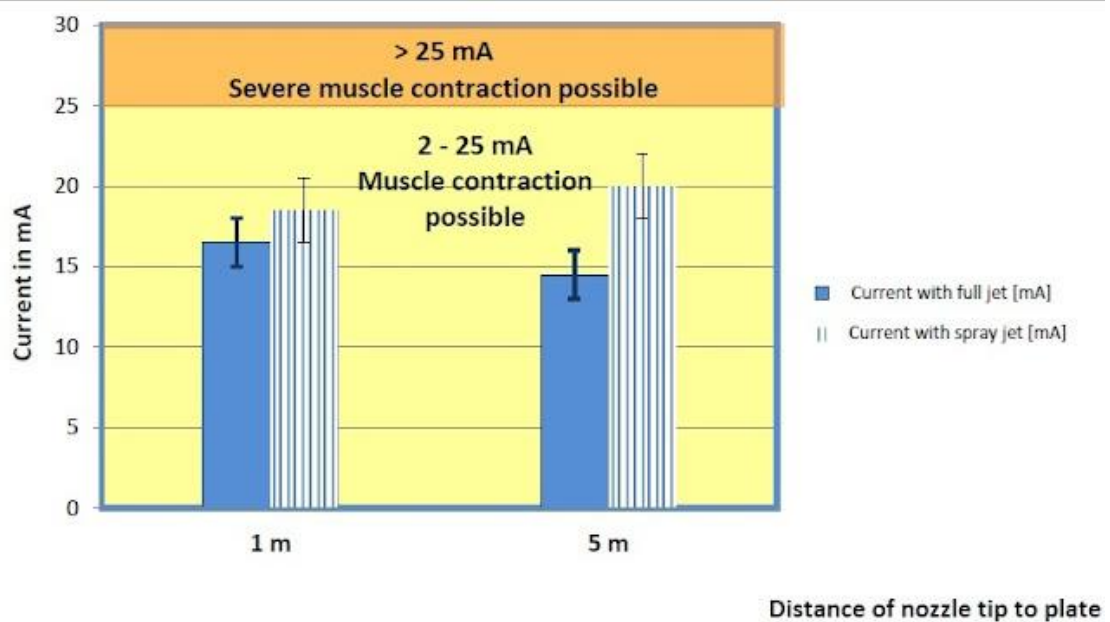


圖 2.2.4 C hollow 渦輪瞄子測試結果

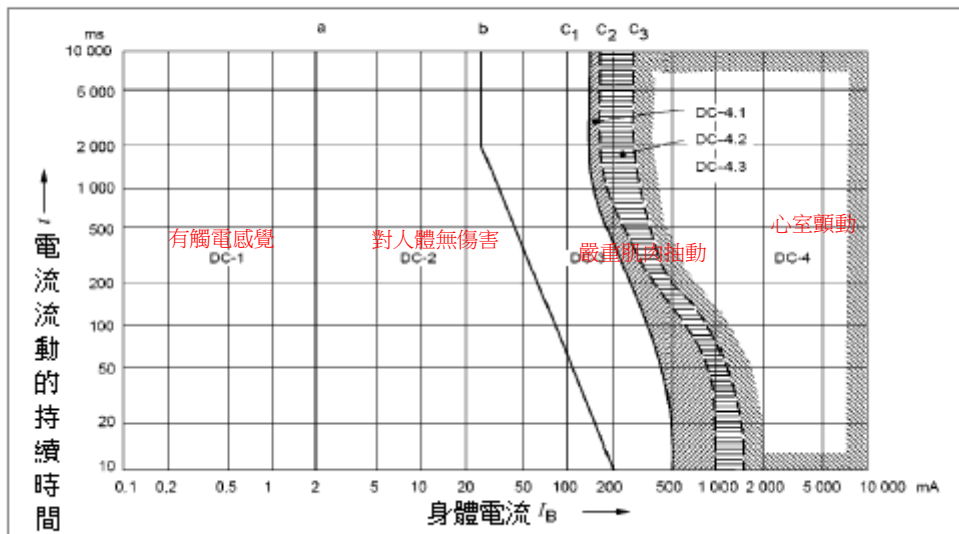


圖 2.2.5 直流電流對人體的影響
 (資料來源：DIN IEC / TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1) : 2007-5)

這個實驗結果有另外一個現象，距離遠的漏電流與距離近的差不多。這是因為距離遠的時候有更多水噴到地上，導致地上形成另一個漏電的通路，導致加起來的漏電流反而比近距離更高，這個現象表示消防人員射水接地導電的重要性。

而實際上消防員，如果在穿著專業消防衣帽鞋的前提下，這漏電路徑不太會發生。但無論如何，以最差條件來看，兩個路徑加起來最高的漏電流都還是在人體安全的範圍之內。

2.2.4 觸電危險分析總結

根據以上幾點分析，對於觸電危險可得幾點總結

1. 實驗量測結果漏電流都低於 25 mA，水柱造成非常低的漏電流，未達傷害人體的臨界值。
2. 消防人員的射水距離遠近，所測得的漏電流差不多，觸電的導電

通路主要為接地，故消防人員漏電的觸電關鍵因素為導電接地。

3. 根據歐盟的消防安全標準 DIN VDE 0132 (VDE 0132):2008-08，1.5 kV 的狀況下，建議的水柱滅火距離為 5 m，水霧的滅火距離為 1 m。本研究的實驗結果驗證依照此規範的距離，噴水滅火不會產生對消防人員有害的漏電流。



第三章 研究方法

藉由文獻的分析台灣太陽能光電系統的概況，進一步探討太陽能光電系統搶救及危險種類的評估，本章節研究方法為個人訪談法，調查消防人員對於太陽能發電系統的危險因子所在，和搶救上的安全注意觀念的看法差異及瞭解程度，並引用政府提供相關資料加以整理分析，釐清消防人員在面對太陽能光電系統災害時，所面臨困境與安全防護知識的不足。

3.1 研究架構

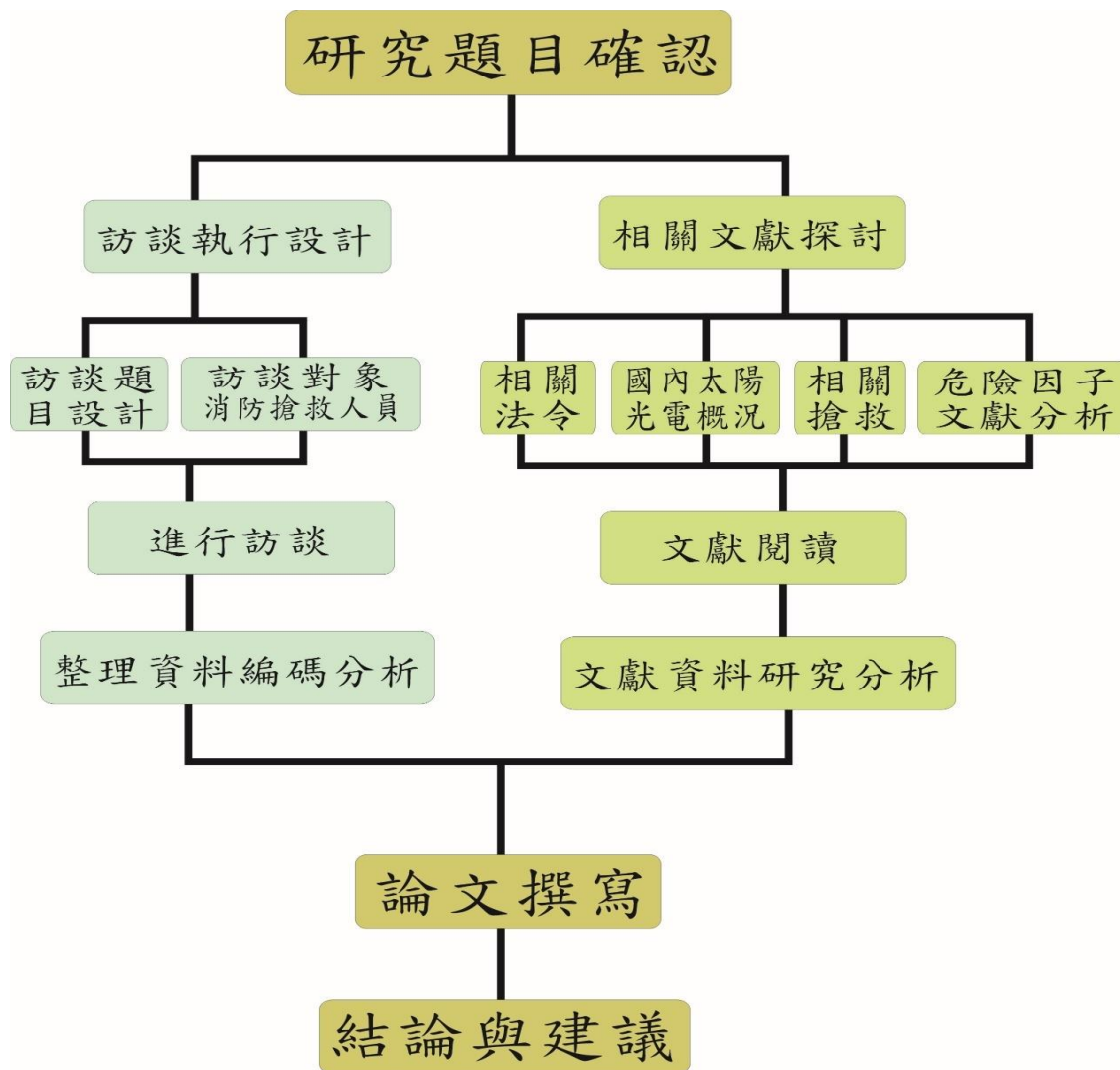


圖 3.1 研究架構圖

資料來源：本研究自行整理

3.2 研究方法

本研究中的訪談主要以面對面訪談的形式，在指定時間和地點進行，採用討論、對話和提問式對話的方式，並增加數據收集的多樣性。還可以更好地了解受訪者對問題的態度和想法，以及改進計劃。受訪者有基層的消防員、消防隊指揮官、更高層的管理層級等，他們將分享他們的救災經驗，並為太陽能光電火災提供更好的救援方法與意見。

3.2.1 文獻分析法

文獻研究是從過去的相關研究中調查特定問題的方法，組織和分析他並整理研究內容的過程。文獻研究是最常見的研究活動方法，也為所有研究活動都必須經過的一個步驟。

3.2.2 訪談法

訪談是一種研究性質的交談，由研究者依研究的主題，直接面對面與受訪者口語交談蒐集到資料，並將訪談結果作資料分析，並作分析研究成重要依據。

3.3 研究設計

3.3.1 研究對象

為了使深度訪談的效果更佳，本研究所選定的受訪對象除了現任的消防隊員外，基本還可分成三個層級的消防隊員來做深度訪談研究。

三個層級的消防隊員大致上有，基層第一線直接面對災害的消防員，還有現場做決策跟下定指揮作戰策略的指揮官層級，最後就是更高層級的管理階層，如局本部或者是更高職位的指揮官。

表 3.1 本研究之訪談對象

受訪者身份	編碼	訪談日期、時間	地點
基層 消防隊員	A	民國 111 年 3 月 23 日 中午 13:00~ 14:20	嘉義縣消防局00分 隊
基層 消防隊員	B	民國 111 年 3 月 25 日 上午 10:40~ 11:20	嘉義縣消防局00分 隊
消防隊 分隊長	C	民國 111 年 3 月 26 日 中午 14:00~ 15:20	嘉義縣消防局第0大 隊
消防隊 分隊長	D	民國 111 年4月10日 中午 13:00~14:10	嘉義縣消防局00分 隊
消防隊 副大隊長	E	民國 111 年4月15日 中午 14:00~15:10	嘉義縣消防局第0大 隊
消防隊 00科長	F	民國 111 年4月16日 中午 14:00~15:40	嘉義縣消防局00科

3.3.2 訪談大綱

本研究在文獻收集後，蒐集及分析大量的相關文獻、國內外期刊文件，依太陽能光電系統的危險因子、消防人員的職能認知、相關搶救上的知識和搶救相關設備上，針對現任的消防搶救人員，依研究目的方向擬定及設計訪談大綱，並將訪談內容分成三主軸部分，十個題目進行訪談。

主要分成三個主軸：

- 一、太陽能光電系統專業知識及相關認知度、經驗。
- 二、太陽能光電災害危險種類、認知程度、發生原因和面對危險的處理方式。
- 三、太陽能光電災害搶救時，面對危險的防護裝備技術認知度及使用情形。

共制訂了十個題目，依照受訪者的專長、職場搶救經驗、專業能力為主要訪談方向與依據，在深度訪談時可依照瞭解的程度來回答，如有不瞭解或無題目中所訪談的相關經驗，可不必回答。

本研究所設計的訪談題目如下：

- 一、太陽能光電系統專業知識及相關認知度、經驗：
 - 1、何謂太陽能光電系統？其原理及運作模式，您熟悉嗎？
 - 2、您從事的工作經歷裡，是否有遇過太陽能光電系統發生災害的相關經驗？
 - 3、您認為太陽能光電系統發生火災的機率及光電系統發生事故時導致搶救人員發生危險的機率會很高嗎？如果遇到了太陽能光電系統相關的災害，是否有能力應對及處理？您覺得是否需要請專業人士或者光電業者到場嗎？

二、太陽能光電災害危險種類認知程度、發生原因和面對危險的處理方式：

- 1、您認為太陽能發電系統發生火災時，會發生哪些危險？哪些危險會導致人民的生命財產損傷甚至搶救人員的傷亡最嚴重？
- 2、對於太陽能光電相關知識與搶救，您有受過哪些的專業訓練？就您所受過的職能教育或專業知識裡，就您的職能教育及相關認知下覺得是什麼樣的因素，會導致太陽能光電系統

災害？

- 3、搶救太陽能光電系統災害時，您最害怕遇到的危險類型是什麼？對於這些個危險，在您的職能教育訓練下，有知道哪些 SOP 能在搶救時可以依循與保護搶救人員？

三、太陽能光電災害搶救時，面對危險的防護裝備技術認知度及使用情形：

- 1、關於太陽能光電系統火災中的觸電危險，您認為所能應付的方法及技術有哪些？您覺得您目前的裝備及技術足以應付嗎？
- 2、光電火災中觸電危險下，您覺得射水搶救是否會對於搶救人員造成傷害？如果會，搶救人員會有什麼裝備可以使用？
- 3、您認為您所受過的教育訓練與技術知識，足以應付太陽能光電系統火災發生時，所伴隨而來的災害嗎？
- 4、目前所有能處理太陽能光電災害的搶救相關設備，您所知道的有哪些？有受過搶救設備的相關訓練跟能熟練運用器材嗎？

3.3.3 訪談資料編碼

編碼方式將逐字稿分為左右兩欄，左欄是原始的訪談內容，右欄是原始逐字稿整理過後的訪談重點。

本研究訪談對象分別以編碼代號 A 代表嘉義縣消防局 00 分隊隊員、編碼代號 B 代表嘉義縣消防局 00 分隊隊員、編碼代號 C 代表嘉義縣消防局第 0 大隊分隊長、編碼代號 D 代表嘉義縣消防局分隊長、編碼代號 E 代表嘉義縣消防局副大隊長、編碼代號 F 代表代表嘉義縣消防局 00 科長。

針對訪談內容的各主軸以及細目做資料編碼，以下列出其所代表的

編碼內容：

一、太陽能光電系統專業知識及相關認知度、經驗，以 1 代表。

1-1 代表 1、何謂太陽能光電系統？其原理及運作模式，您熟悉嗎？

1-2 代表 2、您從事的工作經歷裡，是否有遇過太陽能光電系統發生災害的相關經驗？

1-3 代表 3、您認為太陽能光電系統發生火災的機率及光電系統發生事故時導致搶救人員發生危險的機率會很高嗎？如果遇到了太陽能光電系統相關的災害，是否有能力應對及處理？您覺得是否需要請專業人士或者光電業者到場嗎？

？

受訪者 A 談到太陽能光電系統的知識與經驗，則以(A-1-1)或(A1-1-2)來表示，第 3 個數字 1 或 2，主要是顯示其於訪談逐字稿中所在問題大綱的位置，在文中若是有引用受訪者 A 時，會以 A-1-1-1、A-1-1-2、A-1-1-3 來表示。

第四章 資料分析與結果

本章依據深度訪談的內容進行分析與整理，大致上分成相關知識、危險程度、裝備技術三個層面，第一節太陽能光電系統專業知識及相關認知度、經驗；第二節太陽能光電災害危險種類認知程度、發生原因和面對危險的處理方式；第三節太陽能光電災害搶救時，面對危險的防護裝備技術認知度及技術使用情形，來整理分析結果。

4.1 探討太陽能光電系統專業知識及相關認知度、經驗

4.1.1 何謂太陽能光電系統？其原理及運作模式，您熟悉嗎？

依據受訪者 A 提到：太陽能光電系統，大概就是太陽能板上面的物質對光譜產生電位差，太陽能板有反應產生電位差然後因為產生電。(A-1-1-1)

依據受訪者 B 提到：他的原理不是很清楚，可能是他的板子上的物質來發電，然後再藉由電線傳輸電源回台電這樣而已。(B-1-1-1)

依據受訪者 C 提到：太陽能就是由光線、有燙的輻射波長，然後轉換成電的一個東西阿。那個系統與你大概就是把電轉變成板子上的離子、電位差然後產生電。(C-1-1-1)

依據受訪者 D 提到：太陽能光電系統這幾年還蠻風行的，所以我大概都知道就跟太陽能熱水器啦、太陽能發電啦，那東西就是將光能轉換成電能。(D-1-1-1) 比較風行的一個能源模式，所以我們也是稍微有在接觸，至於熟不熟悉原理，當然沒有很熟悉了。(D-

1-1-2)

依據受訪者 E 提到：太陽能光電系統我們一般認識，這是利用太陽能轉換成電能的一個系統 (E-1-1-1)

依據受訪者 F 提到：太陽能光電系統，他的原理跟你是他就是是一個經過矽晶體所做成的太陽能板，然後矽晶體他上面會有正負電離子，他矽晶體會因為太陽光的照射然後會活躍，電子的流動會有出現電流，倒是因為這樣子而產生電 (F-1-1-1)

綜合上列訪談者所述，歸納下列幾點：

- 1、 受訪者大部分對於太陽能光電系統的運作模組及模式，不甚了解、不熟悉。
- 2、 消防人員對於光電系統的概略印象為，太陽光能轉變成能賣台電的電能來源。
- 3、 僅部分人員有較熟悉認知太陽能光電模組板，因光譜的照射，模板上的物質因活躍產生電位差，電位差形成電流，產生電源，併聯回傳台電。

4.1.2 您從事的工作經歷裡，是否有遇過太陽能光電系統發生災害的相關經驗？

依據受訪者 A 提到：我從事消防工作大概已經快 20 年了，應該 22 21 年了，我有遇過太陽能光電發電的相關的火警哪是一定的啊。現在工廠上面裝太陽能那麼多，尤其是像去年的過年大埔美工業區的一場火警就是這樣，也是太陽能板燒起來，還好沒有擴大到整間廠房類似像這樣的經驗。(A-1-2-1)

依據受訪者 B 提到：最近幾年的太陽能發電才開始出現，也慢

慢的普及在民宅跟工廠，所以當然也遇過了許多，有雞舍、工廠，至於民宅的就沒遇過了。(B-1-2-1)

雞舍那次燒的就很嚴重，全部都燒光光，工廠的就還好，大概就是一小部分起火，就線槽或者是變電箱的位置。(B-1-2-2)

依據受訪者 C 提到：在我想那有發生過幾件了，可是都沒有很大啦！所以對於這方面新、比較新新一個災害經驗，不論是～～有！啦就我們家轄區這線，這下去那是有發生過，可是都還好沒有很嚴重或者是那個雞舍全毀了，不需要太過於積極搶救光電救災經驗。(C-1-2-1)

依據受訪者 D 提到：轄內最近有發生過幾件，一個是工廠的，工廠屋頂的太陽能板大型的，那個蠻大型的，在工業區裡面發生的那個，非常的大，大概有好幾千片有，他是他的電線、電線燒失火，而小型的阿有遇過豬舍，整個燒毀，不過他的是豬舍，是因為豬舍不小心燒起來，然後延燒到太陽能板，到最後也算在太陽能案件。(D-1-2-1)

依據受訪者 E 提到：我目前工作的經歷，是有遇過這些災害，太陽能發生什麼災害的次數算起來大概幾件而已，然那麼也沒有到很大的規模 (E-1-2-1)

依據受訪者 F 提到：我以前從還在外勤當主管的時候那個時候還沒有太陽能板跟太陽能發電系統這種東西啊，我後來在科室裡面的時候有外勤的同仁有回報跟統計相關的報表，所以我也沒有直接的去面對跟應付過這一些相關的災害 (F-1-2-1)

綜合上列訪談者所述，歸納下列幾點：

1、 第一線的消防隊員，普遍都有遇過太陽能光電系統的災害，

或者是因其所衍生的災害火警。

- 2、 據訪談的整理，多數消防員所遇到的太陽能光電系統災害，都發生在雞舍、工廠之類的，規模較大的光電場所。

4.1.3 您認為太陽能光電系統發生火災的機率及光電系統發生事故時導致搶救人員發生危險的機率會很高嗎？如果遇到了太陽能光電系統相關的災害，是否有能力應對及處理？您覺得是否需要請專業人士或者光電業者到場嗎？

依據受訪者 A 提到：太陽能光電系統發生火災的機率會不會很大我覺得應該會蠻大的啊，他畢竟就是一個靠太陽跟光產生的電流，所以他大概就是跟電氣火警差不多意思，然後現在的工廠有那麼多裝設太陽能板，所以我覺得以後發生的機率應該還蠻大的。

(A-1-3-1)

然後他的危險的機率嗎？他就是一種電啊，就跟就是跟台電的電火警一樣啊，所以他在發生事故的時候發生太陽能火警的時候，我們搶救人員進去搶救的時候，我相信危險性一定會相對提高，火警本來就危險了加上他有電，他就一定會更危險，風險性更高。

(A-1-3-2)

如果遇到相關的太陽能光電火警的時候，目前相對能夠應付的能力不會很夠，因為我們受相關的訓練沒有很多啦！所以當然這方面還是要交給真的專家是來處理啊，像台電然後業者之類的到場，如果他們那個配合到場是最好的啊。(A-1-3-3)

依據受訪者 B 提到：就現在的普及率來說，太陽能光電的火警或者災害，一定會變多的，尤其是工廠之類的，就算工廠火警不是因為太陽能發電導致的火警，但是工廠一旦發生火警最後也慧眼變

成太陽能光電災害，然後現在大型工廠屋頂很多都設有太陽能了，感覺是趨勢，所以個人認為這個太陽能光電火災以後一定會很常遇到。(B-1-3-1)

消防隊對於這方面的訓練還很少，大部分都只是書面資料的閱讀而已，或者是什麼 70 度水霧，20 公尺之類的消防署標準，除了這個誰還知道有沒有用？也沒什麼實作方面的訓練跟進一步的訓練。(B-1-3-2)

我們消防隊大部分都不懂電，所以不請專業的人士來到場，來斷電讓我們搶救怎麼可以。最好是業者也來現場，畢竟那個是他們裝設的，一定知道關電的位置。(B-1-3-3)

依據受訪者 C 提到：危險性喔！會些是一定高的啊，這種這種東西就是電啊！就跟台電的災害一樣啊！只要有電的東西，我們搶救人員一定都會有很大的危險啊！他發生的機率喔，我們我們消防人員覺得應該會很高，現在政府主打綠能嘛！綠能就是他能供電阿，普及率那麼高，然後一堆工廠上面都有裝，所以我覺得啦！所以我們是的那都還沒有遇過幾間，可是我覺得未來應該會有發生相關的災害，一定會機率變得很高。(C-1-3-1)

即使不是太陽能板自己發生事故，然後因為工廠的火警導致波及到太陽能相關的系統就會變成太陽能的災害。所以這一方面就跟台電的電災害搶救一樣，當然是需要台電人員跟業者到場協助。(C-1-3-2)

依據受訪者 D 提到：如果太陽能系統發生災害的時候，他就跟處理有電的電器類火災一樣，對我們消防人員來講發生危險機率一定會很高啊，雖然實際上的數據我是不知道，不過我覺得如果應付這一系列的災害，我們的危險性發生危險的機率，如果沒有防護的

好，以現行的機率一定會相對高很多 (D-1-3-1)

遇到這太陽能災害，我們有沒有能力應付，這個是屬於比較新形態的火災，所以我們所接受的相關知識不多 (D-1-3-2)

當然是希望這一些安裝的業者或者是台電的人員，能夠協助我們，這個將對我們來講，對我的隊員來說，是比較有相對保障的 (D-1-3-3)

依據受訪者 E 提到：我認為目前針對太陽能光電系統發生火災的時候，消防人員在搶救發生危險的機率挺高的 (E-1-3-1)

目前依現有消防人員的專業知識裡面，的太陽能去應對及處理這方面的處理能力是不大夠的 (E-1-3-2)

在那一些相關的一些處理措施還是要請專業人士來處理會比較恰當。(E-1-3-3)

依據受訪者 F 提到：太陽能光電系統發生火災的機率有會不會很高啊，目前我們年報月報表計報表會報過來的次數是沒有很多啦，不過因為他的普及率很高啊，也有可能不具很高所以有你覺得他如果發生火災的話，應該會很高啊，消防署也只有最近才在統計各縣市辦理的相關訓練次數，所以我們對於這一方面也發生機率會不會很高，並不是很清楚只能猜測的方式去猜他，裝設很多所以應該會蠻容易發生的 (F-1-3-1)

近這幾年都有一直請教官跟外聘教官來上相關的搶救太陽能光電搶救的課程，不過因為消防署自己還沒有訂定相關的訓練教材，也沒有什麼訓練場的，重點是他沒有模擬的成立可以讓我們去做實務的訓練啊，我們只能夠叫業者來講解設備給我們看，我們也沒辦法去操作沒辦法模擬事故的狀況，所以如果有發生的話，我消防人員應該只能夠用防禦的戰術去面對他，這個這個這樣子算起來應該

是沒有能力應付 (F-1-3-2)

如果相關的災害發生的時候太陽能供電的業者跟台電一定要到場，有覺得這個一定要要求他們到場來協助我們斷電，要不然有沒有斷電，對搶救人來講風險相當的高 (F-1-3-3)

綜合上列訪談者所述，歸納下列幾點：

- 1、 太陽能光電系統發生火災的機率，因政府的推廣所以設置普及率很高，故消防人員即使無實際數據，也會推測太陽能光電系統火災的發生機率，會有所提高。
- 2、 太陽能光電系統火警因其屬性具有電力疑慮，所以搶救人員在搶救上，必定會提高警覺，深怕因觸電因素而有所傷亡，認為導致傷害的機率必定提升。
- 3、 因太陽能光電系統為較新興的新型態救災領域，消防人員所受的相關訓練不多實務演練也不多，皆會認為如果遇到相關的災害，無法應對或心理壓力恐懼而採取保守的防禦策略。
- 4、 受訪的消防人員認為，這屬於電力屬性的電器火災，為消防人員較不擅長的領域，故勢必要叫相關台電專業人士與業者到場協助斷電。

4.2 探討太陽能光電災害危險種類認知程度、發生原因和面對危險的處理方式

4.2.1 您認為太陽能發電系統發生火災時，會發生哪些危險？哪些危險會導致人民的生命財產損傷甚至搶救人員的傷亡最嚴重？

依據受訪者 A 提到：太陽能光電火警發生的時候，他的危險裡

一定會想到觸電，然後觸電之外，就是太陽能板會掉落吧，還有燒起來，太陽能板感覺就是很容易燒啊，他板子上的東西塑膠板子應該很容易燒，所以他的風險一定是觸電，再來就是引發火災，然後再來就是可能是掉落物掉下來，危險大概是這幾個！（A-2-1-1）

這些危險哪一種危險會對於人民的生命財產比較有嚴重性的，應該就是火警吧，太陽能板自己能產生火燒起來，且一定會延燒整個廠房就整個燒掉了啊，然後對消防隊那個來講，太陽能光電火災就是個電，他如果一旦發生危險，發生火警所最主要的危險對我們來講還是觸電。（A-2-1-2）

依據受訪者 B 提到：太陽能光電發生火警的時候，應該都是工廠火警吧！看到太陽能火警，一定會想到電阿，觸電是會死人的，不死也半條命，所以說到太陽能光電的火警，一定會想到電。（B-2-1-1）

搶救人員的傷亡也是觸電阿，整個就是會發電的東西，我們出水進去搶救，觸電一定是最大的危險。（B-2-1-2）

依據受訪者 C 提到：是電啊！電會產生電弧，然後跟觸電危險，還有還有就算他沒有燒起來，我們在人員在上面走應該也會有掉落跟滑落的問題啊！還有毒氣吧！太陽能板燒起來應該最直接的是毒氣。（C-2-1-1）

置於哪一些危險最容易讓我們有傷亡喔？這就是電弧跟漏電，這兩個應該是最危險的！還有就是毒氣產生的毒氣，這三個吧電弧會讓人家燙傷啊，燒燙傷啊、漏電阿，會如果比較大。（C-2-1-2）

依據受訪者 D 提到：太陽能發電如果發生火災的時候，當然是電啊，他就是一個電力系統嘛，就是電器類火災啊，所以對我們來

講，最新的就是當然是觸電啊，再來就是毒氣吧，聽說太陽能板燒起來會有致癌物會有很多的有毒氣體 (D-2-1-1)

太陽能板光電系統是高壓電，高壓電門路，不知道出水一定會被電到啊，所以這觸電一定是最嚴重的 (D-2-1-2)

依據受訪者 E 提到：太陽能發電系統發生火災或是最常見的危險就是觸電的災害，另外我在哪些電力拉出電弧的強烈高溫其實，對消防員也是很危險的 (E-2-1-1)

在太陽能設施後，他在施作的面相有各種不同的面向，設置屋頂的或者是那個在地面加棚架，一些是在水上面架設的，其實各個不同架設地方是否在消人員在搶救災方面其實都會有不同的危險性，有哪些危險會導致下那邊搶救傷亡，最後我認為其實我想所有的危險項目，對那個消防人員的傷亡其實都挺嚴重 (E-2-1-2)

依據受訪者 F 提到：太陽能發電光電系統發生火災的時候會發生的危險，大概就是爆炸、燃燒有毒氣體、觸電、電弧，首推電弧跟觸電 (F-2-1-1)

最嚴重的危險大概就是熱失控就是燒起來啦，高溫燒起來還有一些外面的觸電壓，還有還有還有還有爆炸 (F-2-1-2)

綜合上列訪談者所述，歸納下列幾點：

- 1、 消防人員的危險認知，太陽能光電火災會發生的危險觸電為最大認知，其餘漏電、電弧、掉落物、有毒氣體、熱失控等，為相關會發生的危險。
- 2、 太陽能光電系統發生火警，因其系統為會產生電，故消防人員皆認為觸電為最會導致搶救人員最為嚴重的傷亡，其次為熱失控，即高溫導致的燃燒現象，也會導致傷亡與財產的損失。

4.2.2 對於太陽能光電相關知識與搶救，您有受過哪些的專業訓練？就您所受過的職能教育或專業知識裡，就您的職能教育及相關認知下覺得是什麼樣的因素，會導致太陽能光電系統災害？

依據受訪者 A 提到：太陽能供電相關的知識跟搶救，我是消防局的教官之一，所以這方面我是有稍微接觸過一些訓練，不過我們所接觸過的訓練都沒有很全面。(A-2-2-1)

就是他產生電流的過程，然後如果太熱會讓他燒起來，要不然就是他施工過程、送電過程如果沒有施工的很仔細，就可能會讓造成電器走火的一個方式延燒起來啊，或者也有可能是因為被雷打到所引發的火警，或者是太熱會引發的火警，大概就是這一些會導致太陽能光電系統的火警發生吧。(A-2-2-2)

依據受訪者 B 提到：關於太陽能光電方面的搶救跟知識，大概就是我們大隊的組訓時候，組訓的教官會教一些，但是時間不是很長，都只能講一點點爾以，所以能夠訓練到很清楚有點難。(B-2-2-1)

目前所受的訓練跟知識不是很多，也都片片段段的，大部分就是消防署訂的搶救作業要點來作為我攻擊火點的戰術依據，所以我也不會很清楚的知道到底是什麼原因造成太陽能光電火災。(B-2-2-2)

依據受訪者 C 提到：我受過的專業訓練，大概就是我身為轄內的轄區內的主管，我是有受過一些局本部的一些教官的訓練，的課程相關課程訓練。可是都不多啦！差不多啦，我只是大概稍微知道一點點。(C-2-2-1)

導致太陽能光電系統的災害，應該是施工吧！我覺得施工品質很重要啊，還有他的板子跟變電器哪一些東西，的品質也很重要，故障會讓他變壞、變成太陽能光電火警。(C-2-2-2)

依據受訪者 D 提到：這幾年消防局已經開始在委託，開始在訓練訓練相關的訓練了，可是也只有理論上的課程在上而已，所以我們當然是幾乎有更有上沒有上是差不多的 (D-2-2-1)

職能教育或是相關的知識下，認為什麼樣因素，會導致這個太陽能的災害，應該是他的電線走火吧，電線走火應該是在施工的品質跟安裝的環境問題 (D-2-2-2)

依據受訪者 E 提到：太陽能光電目前消防人員並沒有相關的一些專業訓練，來著墨在太陽能光電搶救這一塊 (E-2-2-1)

在太陽能光電發生災害的因素應該是有很多各種因素，那其實就我在想的比較有可能發生的可能，就是在在施作這個太陽能系統上面的一些規範，沒有依照他應該算就施作的品質施作品質不當，那再來就是你原本那個產區那個發生火警說衍生的那一個太陽能光電的系統的災害 (E-2-2-2)

依據受訪者 F 提到：關於太陽能光電相關的知識跟搶救，我本科我們之前在消防署來發展這一塊之前，我們就稍微接觸過這一個領域的訓練，但是並不是很專業，因為消防署的這一方面的訓練也只有今年才開始有開辦太陽能光電搶救教官班，教材也還沒有完全發給我們，所以我們有受過相關的訓練但沒有很完整的將專業相關訓練 (F-2-2-1)

安裝安裝品質，還有他的施工品質環境影響，還有外力颱風啦、地震啦之類的天災，或者是被火災延燒然後都會導致他們太陽能系統的災發生，所以以工廠來講太陽能光電系統的火災是蠻容易

發生 (F-2-2-2)

綜合上列訪談者所述，歸納下列幾點：

- 1、 消防人員所受過的相關專業訓練，幾乎為理論課程甚至是沒有受過相關訓練，且即使受過訓練也無能實際模擬的演練操作。
- 2、 就相關的職能教育及認知下，規劃設計、施工品質及模組的生產品質及外力因素，會導致太陽能光電系統災害。

4.2.3 搶救太陽能光電系統災害時，您最害怕遇到的危險類型是什麼？對於這些個危險，在您的職能教育訓練下，有知道哪些 SOP 能在搶救時可以依循與保護搶救人員？

依據受訪者 A 提到：針對太陽能光電火警的災害，我們最害怕當然還是觸電啊，就是觸電那就是個電氣火警。(A-2-3-1)

我們的職能教育訓練下大概能夠進行 SOP，這大概就消防署所定的那個搶救作業要點吧！大概就是到達現場後，不要貿然出水，就算要出水也要採取 30 度水霧 7 公斤的壓力距離 20 公尺，我們大概能夠知道跟遵循的 SOP。(A-2-3-2)

依據受訪者 B 提到：如果火警出勤的時候，現場是太陽能光電火警，我最怕的當然還是觸電阿！太陽能光電就是發電來賣電給台電，那就跟變電箱火警一樣危險啦，也不能隨便出水，也不能自己斷電要靠台電來斷電。(B-2-3-1)

SOP 我是知道消防署好像有訂定啦，但是沒人教，也沒有特別的受到這方面的教育，所以消防署定的 SOP 就也不會很清楚了，只能用電器火警的方法來面對了。(B-2-3-2)

依據受訪者 C 提到：搶救太陽光電在那個時候，我最害怕什

麼？就是漏電啊！就剛剛講的啊，漏電阿漏電還有就電死會電死人這樣啊！（C-2-3-1）

受過的訓練有什麼 SOP 喔？就消防署訂定哪一哪幾項吧！我們知道就只有那幾項消防署的那幾項，就是預防跟禦戰術為優先，然後 30 度的水霧，保持點距離不要，最好不要隨便出水，我覺得應該是最最最好是不要隨便出水啦！這是最重要的 SOP，就是我們只是依照項所定的得像消防署 SOP。（C-2-3-2）

依據受訪者 D 提到：我們在搶救災相關的災害的時候，我們最害怕遇到的危險類型還是觸電啊就是觸電（D-2-3-1）

消防署訂定的那一些規則，水霧出水啊，或者是能夠不要貿然出水防禦戰術，我們能夠依循的 SOP 大概就是這一些，都是消防署的那一些作業安全標準（D-2-3-2）

依據受訪者 E 提到：當然太陽能光電的危險最怕遇到的類型就是太陽能觸電的風險（E-2-3-1）

作業風險就我們目前職能的教育訓練有消防署，其實有訂定有關太陽能光電系統搶救的一個安全規範了，然後前我們所知的也是大概這個規範我們可以依循而已（E-2-3-2）

依據受訪者 F 提到：太陽能光電系統發生災害我最害怕的遇到的就是搶救人員的觸電啊，啊還有他的有還有害氣體，我是怕相關人員背負空氣瓶所以會吸入很多有毒的氣體，所以第一個就是觸電，然後再來就是有毒氣體（F-2-3-1）

消防署的消防人員作業安全手冊裡面有訂定這一個太陽能光電搶救災害的作業要點，可是他只有很簡單的只是大概就是防禦戰術，不要貿然出水，即使要出水也是水霧 30 度，大概就是這一些 SOP，消防署也是最近才開始在發展這一項相關的訓練跟教材跟

SOP 還有訓練設施 (F-2-3-2)

綜合上列訪談者所述，歸納下列幾點：

- 1、 消防人員面對太陽能光電災害的發生，最害怕的危險因子，以觸電為最主要。
- 2、 就目前消防人員所受過的相關訓練下，所能依靠的救災安全規範與流程，為消防署所制訂的 SOP，且消防人員對於是否能真正的保護自己，並不是很有把握。

4.3 探討太陽能光電災害搶救時，面對觸電危險的防護裝備技術認知度及使用情形

4.3.1 關於太陽能光電系統火災中的觸電危險，您認為所能應付的方法及技術有哪些？您覺得您目前的裝備及技術足以應付嗎？

依據受訪者 A 提到：其他的裝備消防隊目前對這方面的裝備也發的也不是很多啦，也沒有很多所以能夠應付他們的大概是乾粉，然後還有頂多是乾燥的消防手套跟消防衣帽鞋大概就是這一些。

(A-3-1-1)

當然光電火警中的觸電危險，我認為能夠應付的方法跟技術喔？大概就是滅火器吧！還有的消防衣帽鞋，我們消防衣帽鞋的鞋子他有耐電壓大概 1000 伏特左右啊，我覺得應該是足以應付。(A-3-1-2)

依據受訪者 B 提到：太陽能光電火災對於我來說，就像是電器火警，面對電器火警當然就是會怕觸電啦，觸電的風險當然就是斷電，雖然也不知道斷電對於太陽能光電火警有沒有用也不是很清楚，但是目前只能想到斷電，不然就是叫台電的人來，大概就是這些了吧！(B-3-1-1)

我們的裝備幾乎都是用來打火的，我們除了水帶、水線、泡沫、跟保護我們的消防衣帽鞋外，好像也沒什麼其他針對太陽能光電火警的裝備了，所以如果遇到太陽能光電火警，這類的會讓人觸電的電器火災，能閃遠點就閃遠點嘍！我們又沒什麼能對付觸電的裝備。(B-3-1-2)

依據受訪者 C 提到：關於他能過的系統的觸電危險喔，我所能夠想到的方法應該就是乾粉滅火器，還有避電手套、避電剪，我能夠應付的方式大概這些啊！還有還有還有還有就是把業者叫來，還有台電的人員叫來，叫他把電關掉，他把電關掉，這個很重要。

(C-3-1-1)

依據受訪者 D 提到：關於太陽能光電火災的觸電危險，我們所能夠應付的東西跟裝備大概就是乾粉滅火器吧，我們就把他當成電器類火災在對付 (D-3-1-1)

我們能夠知道的方法跟技術就是 C 類的電器系列的火災，就是根本我們現在的裝備也沒有辦法應付，我如果只是把他當成一一系列的電器火災來看的話，我們就是消防鞋然後避電手套、避電剪，然後根本沒有其他的裝備 (D-3-1-2)

依據受訪者 E 提到：目前所知我們消防大概說真的，對付應對的設施就公發的裝備，驗電設施，可以去去去確認看是不是他有電壓的情形，好那在我們消防衣帽鞋，有一定的那個避電能力 (E-3-1-1)

太陽能那個是他在持續供電情況下，其實這些都沒有辦法去完全完全摒除掉觸電的風險，所以目前我們裝備跟就其實還不太足以應付太陽能光電系統的火災

(E-3-1-2)

依據受訪者 F 提到：一系列的相關的裝備，例如檢電棒就是驗電器，可以去驗直交流的電壓，剛好符合太陽能光電，有直流跟交流的兩種，所以我們教官有推薦我們就知道去買這個東西，他可以檢驗直流跟交流的電壓，然後還有避電剪還有耐高壓電的絕緣手套還有消防衣帽鞋 (F-3-1-1)

裝備跟技術來講我們裝備已經慢慢再補齊了，只是技術還在推廣，就我所知二大隊的教官有在推廣跟訓練他們大隊的消防人員，怎麼去使用檢電器就是那個驗電棒直交流驗電器，這一方面是可以預防災搶救相關的時候，漏電之前可以先感知這個地方有沒有漏電，這個對我們來講是一種保障也是一種技術 (F-3-1-2)

綜合上列訪談者所述，歸納下列幾點：

- 1、 關於搶救時的觸電危險，消防人員最主要的依據是消防署制訂的 SOP，除此之外普遍認知為應對電器火災所使用的乾粉滅火器，為主要防護技術，再來就是將專業台電人員及業者叫來現場，協助斷電也是主要戰術之一。
- 2、 目前消防人員所認知及擁有的觸電防護裝備有，避電剪、勾式電錶、驗電棒、避電手套及消防衣帽鞋，但仍對於是否能有效保護自己，抱無法肯定的態度。

4.3.2 光電火災中觸電危險下，您覺得射水搶救是否會對於搶救人員造成傷害？如果會，搶救人員會有什麼裝備可以使用？

依據受訪者 A 提到：光電火警的觸電危險，出水多多少少都會有造成觸電的風險啊，所以消防署有說就算出水 30 度水霧、壓力 7 公斤 20 公尺，可是我還是覺得他們光電火警，他就是一個電氣

火災啊！他就是一個電有在跑，所以我們出水應該也是會造成觸電的風險了。(A-3-2-1)

裝備應該就乾粉吧，乾粉滅火器是最直接的，如果不能出水，選擇先選擇乾粉滅火器來使用！(A-3-2-2)

依據受訪者B提到：太陽能光電火災，就跟電器火災差不多吧！電器火災就是在斷電前不要出水，直到確認斷電後，才能出水搶救，所以太陽能光電火警也差不多一樣，射水一定會造成觸電的，雖然消防署定的作業要點指出是可以30度水霧距離20公尺，但是我還是覺得出水應該會導致觸電。(B-3-2-1)

我們是消防人員不是台電人員，所以怎麼可能會有針對電器火災跟觸電處理的裝備，有的話頂多就是乾粉滅火器吧！(B-3-2-2)

依據受訪者C提到：關於觸電能不能出水知識問題！消防署定SOP，消防署消防署的SOP是可以出水霧，可是他是說要防禦戰術為優先，不得已才要出水霧，但是他是消防署制定說可以出水啊！

可是我們覺得這個就是電器類的火警啊！隨便出水應該會有讓人員觸電的風險啦，這是我覺得。(C-3-2-1)

防觸電手套阿，避電剪啊，大概消防衣帽鞋應該也可以稍微阻隔一下啊，他就是避免把電流經過我的身體，然後導電接地電流流穿過我的身體這樣就可以避免掉我受傷害。(C-3-2-2)

依據受訪者D提到：C系列的電氣火災的啊，那我們出水一定會導電一定會觸電的啊，所以我覺得射水搶救C類的電器火災應該會蠻危險的，一定會對我們造成的傷害(D-3-2-1)

什麼裝備可以使用，應該就是絕緣手套、移動砲塔移動式砲塔(D-3-2-2)

依據受訪者 E 提到：在有觸電的風險下射水搶救，其實都都會有可能對我們消防人員造成傷害 (E-3-2-1)

我們目前搶救人員也只有消防衣帽鞋的部分，我可以著裝做防護使用，而並沒有配發相關的一些有效的避電設施那個防護設備 (E-3-2-2)

依據受訪者 F 提到：我們知道射水只要不要貿然的射水，基本上我們出水水霧在太陽能模組這一段，是不大會觸電的即使觸電，好像也不會造成危險，因安培數很低，我們大概知道會不會造成傷害 (F-3-2-1)

我們如果覺得會的話，我們有什麼裝備可以使用，就是我們像我剛剛講的在去年有發，採購了一批檢電器跟絕緣手套耐高壓的絕緣手套，這一些東西都是可以預防我們第一線搶救人員受到觸電的危險 (F-3-2-2)

綜合上列訪談者所述，歸納下列幾點：

- 1、 消防人員對於觸電危險下，射水搶救一事，雖然消防署有訂定射水搶救 SOP，但對於電力類的火警，射水搶救對消防人員來說會造成相當份量的心理壓力，極其害怕會因漏電的觸電而導致受傷。
- 2、 就消防人員擔心的射水觸電問題，如果會造成射水觸電風險，消防衣帽鞋及避電絕緣手套，是消防人員認定的最佳防護裝備。

4.3.3 您認為您所受過的教育訓練與技術知識，足以應付太陽能光電系統火災發生時，所伴隨而來的災害嗎？

依據受訪者 A 提到：我收到這一方面的教育訓練跟職能訓練，

也並不是很全面，因為我們在這方面的相關訓練規劃還有點薄弱，對這方面的訓練也沒有很全面的一個規劃設計教學。(A-3-3-1)

我們應該相對來講沒有辦法去注意應付，目前所說過的訓練無法注意應付太陽能光電系統的火災發生時所帶來的一些風險。(A-3-3-2)

依據受訪者 B 提到：這方面所受的訓練真的很少，所以都會害怕遇到這類的火警，當然就無法應付啦。(B-3-3-1)

依據受訪者 C 提到：我認為我受過的訓練喔，有沒有辦法足夠應付這個火警喔？當然是不行啊！我只有在消防局的幾位教官上過幾個小時的課啊，也沒有實作過，唯一能夠依靠的知識就是就是消防署訂定的 SOP，所以我當然是沒辦法，不足以應付他所會伴隨而來的災害。(C-3-3-1)

一定會以防禦戰術來做我最優先的考量，因為我也不知道怎麼辦啊！我整個叫台電來啊啊，不然我也沒辦法做什麼事情啊，所以我沒有辦法應付啦！(C-3-3-2)

依據受訪者 D 提到：太陽能供電系統就是新型的新型態的，現在很流行的一個模式發電模式所伴隨來的災害，所以我們現在所接收到的資訊大概就是消防署的那一套，其他就是把當成 C 類電氣火災來應付，我們覺得除了這些以外就是沒招啊，當然就是沒辦法應付啊，感覺就是很複雜的一套系統，然後叫我們消防隊員在沒有準備好了情況下，你沒有什麼裝備也沒有什麼相關知識背景也沒有什麼專業知識，就要去對付應付太陽能光電火災

(D-3-3-1)

依據受訪者 E 提到：我並沒有受過相關的教育訓練，那針對這種太陽能光電系統火災伴隨而來的災害，當然沒有能力能夠應付。

(E-3-3-1)

依據受訪者 F 提到：教育訓練跟技術應該沒辦法應付吧，本科是搶救訓練相關的科室，關於這方面的時我們還在發展當中，不過最基本的保護消防人員觸電這方面我們應該有自信可以去處理，就認為啦因為本科去年有買採購了一批絕緣手套、驗電器還有那我們消防鞋本來就有耐高壓電了，然後在教育消防人員防禦戰術，優先不要亂剪電線，所以這一些持續教育訓練下我們應該足以應付一般小型的太陽能光電的災害 (F-3-3-1)

綜合上列訪談者所述，歸納下列幾點：

- 1、 太陽能光電災害搶救，因現任的消防人員認為自己所受過的相關訓練並不多，或者沒有受到有系統性的實際搶救演練訓練，對於掌握的技術知識，認為無法應付發生與伴隨而來的太陽能光電相關災害。
- 2、 因無法或無自信應付相關災害，皆會採取較保守的防禦戰術，或者叫專業人士台電人員與業者到場支援。

4.3.4 目前所有能處理太陽能光電災害的搶救相關設備，您所知道的有哪些？有受過搶救設備的相關訓練跟能熟練運用器材嗎？

依據受訪者 A 提到：目前能夠處理太陽能光電災害的搶救設備，大概就是橡膠手套、絕緣手套、斷電器、避電剪、消防衣帽鞋。(A-3-4-1)

我們有受過相關的訓練？這一方面是有，不過我們對於避電剪跟消防衣帽鞋這些東西是還蠻熟悉的。(A-3-4-2)

依據受訪者 B 提到：就太陽能光電災害搶救器材，我能想到的

就是乾粉滅火器了吧！乾粉滅火器對於我們來說，當然很熟練阿，宣導都會用到，所以當然能夠靈活運用。(B-3-4-1)

依據受訪者 C 提到：乾粉滅火器，電器類火警就是乾的優先啊，然後再來就是避電手套啊，勾式電表啊啊，還有避電剪啊！還有我們的消防衣帽鞋，應該也可以避掉一些電。(C-3-4-1)

消防局只有上過幾個小時的課，都只上觀念啊，我們也沒有實際操作過啊啊，不過乾粉滅火器跟水霧瞄子這個部分，我們是很熟悉有沒有，傳統的消防隊就是他會拿這些來當我們的武器啊，所以這相關的一些設備跟器材，我自己也不是很清楚有哪些說，當然就不會很熟悉去運用。(C-3-4-2)

依據受訪者 D 提到：消防衣帽鞋、乾粉滅火器、避電剪、絕緣手套大概就是這一些，有沒有受過這一些相關的訓練，乾粉滅火器拉瞄壓掃這個我們會啦，這個就是拿來對付 C 型的 C 型的電器火災，那其他什麼避電剪哪哪一些，好像你還有檢電器啦，就是驗電棒 (D-3-4-1)

我們也不會用啊又沒有教啊，所以當然是沒有辦法去應用啊，畢竟他是一個新型態的一個救災的模式啊，跟電動車一樣都是高壓電的一個災害，所以我們在對付的手都要特別特別的小心啊，我們所受過訓練沒有很多所以我們只能夠抱著一個恐慌的心去面對這一些新的災害 (D-3-4-2)

依據受訪者 E 提到：目前有關太陽能光電觸電的部分，其實就是除掉這種觸電風險的這個狀況其他就跟我們一般消防搶救模式其實沒有太大差別，所以現在我們消防隊員所配發的，一些相關的設備在各種不同災害中，的什麼事都有可能去運用到 (E-3-4-1)

那有關觸電這一塊我們比較現有配發避電器、個人防護裝備，

消防人員還是這樣子有這些相關的訓練與應用 (E-3-4-2)

依據受訪者 F 提到：搶救相關的設備，我知道的就是驗電器就是指交流電電器筆、電纜剪、耐高壓電手套、我們的消防衣帽鞋 (F-3-4-1)

沒有很正式的去受過相關的訓練，也只有聽過廠商介紹檢電器跟絕緣手套的使用方式，可是這一些都只有僅止於教案上的書面教導，沒有很實務的更完整的搶救跟實務模擬訓練，所以如果真的有發生光電災害的時候我們應該只敢用防禦戰術去面對這一切 (F-3-4-2)

綜合上列訪談者所述，歸納下列幾點：

- 1、 太陽光電災害搶救上，消防員認知的所能使用裝備有：橡膠手套、絕緣手套、斷電器、避電剪、驗電棒、消防衣帽鞋、乾粉滅火器及水霧瞄子等。
- 2、 對於相關的裝備器材訓練，也因消防人員未完整的受過相關訓練及系統性的實際演練，對於相關的裝備，只有傳統的器材使用如避電剪、乾粉滅火器、水霧瞄子有使用上的經驗，而部分人員有受過驗電棒的訓練，其餘對於電力性災害防護裝備，認為無法熟練的運用及實際操作經驗。

第五章 結論與建議

消防人員面對新型態太陽能光電災害搶救發生時，會有對於太陽能光電系統的知識原理不足，及所面對的搶救作業流程陌生而感到恐懼，進而導致發生搶救風險。

但對於這方面的太陽能光電災害搶救，普遍會對於觸電及電弧傷害，對消防人員有一定的傷害上的認知。只是這方面的觸電及電弧傷害，僅止於會對消防員有傷害的認知，卻對於搶救時所能應付的職能技術、搶救方法、裝備器材的使用及作業流程的不熟悉，而認為自己無法面對這類的災害發生。

目前消防人員太陽光電搶救相關的訓練尚為不足，或者是裝備器材等相關的防護工具也配發不普及，對此，建議相關單位辦理實務操作訓練，並配發防護裝備、驗電器、絕緣手套等，也應將繁雜的太陽能光電搶救觀念簡化，融入搶救訓練當中，使消防人員在還未受到相對的實務訓練前，能有搶救方向明確、搶救知識普及的戰術依據。

5.1 結論

依據文獻分析與訪談資料分析得出以下結論。

5.1.1 太陽能光電系統發生事故時所伴隨的災害或火災搶救現況

根據文獻分析與訪談結果顯示，第一線搶救人員認為當太陽能光電系統發生火災時，所將面臨及接觸的災害與危險因子，為有毒氣體、觸電、掉落物、熱失控、及電弧等危險因子，這些危險因子對於該類火災搶救時的消防人員的危險性極高，而其中部分訪談的

消防人員即使還未經歷太陽能光電設備火災，也認定太陽能光電系統會對第一時間搶救的消防人員帶來傷害。

受訪者也認為太陽能光電災害的相關職能知識不足，應接受太陽能光電系統搶救教育訓練與實務搶救訓練，也認為在現況中對於太陽能光電火災的安全認知及防護裝備相當有限。部分訪談對象認為在有限的認知下，知道不可貿然出水搶救，否則將導致搶救人員暴露於觸電風險下，在相關的知識與搶救災害防護認知薄弱的前提下，應多辦理實務訓練以提升搶救人員面對太陽能光電系統災害的防護及危機處理能力。

5.1.2 消防人員搶救太陽能光電火災時會面臨的危險因子

文獻分析研究得知，太陽光電系統的搶救危險因子可大致分以下幾項種類：吸入毒氣、火勢延燒、化學物質、爆炸、觸電、坍塌，等的幾項危險因子，其中以觸電、電弧為最大的危險。

訪談結果表示，全數受訪者均認為太陽能光電災害所面對的主要危險為觸電風險，也有受訪者覺得所有的危險因子都會對消防人員造成嚴重傷害，而搶救部分覺得除觸電危險外其他的危險因子顧慮以一般火災搶救來應對即可。

對於搶救時射水部分，在訪談中太陽能光電災害射水搶救表示，只有一名訪談人員認為射水不會造成過大的觸電風險，其餘大多數認為射水搶救會增加消防人員的觸電風險，表示當太陽能設備發生火災時，不可使用水柱滅火，能避免感電危險。

也有部分訪談覺得對於太陽能光電搶救方面的知識、搶救技術、裝備使用及實務訓練不足、心理壓力，也是消防人員所面臨的危險因子之一。

消防人員面對新型態太陽能光電災害搶救發生時，會有對於太陽能光電系統的知識原理不足，及所面對的搶救作業流程陌生而感到恐懼，進而導致發生搶救風險。

但對於這方面的太陽能光電災害搶救，皆會對於觸電及電弧危險對消防人員造成一定傷害的認知。只是這方面的觸電及電弧傷害，僅止於會對消防員有傷害的認知，卻對於搶救時所能應付的職能技術、搶救方法、裝備器材的使用及作業流程的不熟悉，而認為自己無法面對或處理這類的太陽能光電災害。

目前消防人員太陽光電搶救相關的訓練尚為不足，或者是裝備器材等相關的防護工具也配發不普及，相關的太陽能光電知識來源也過於繁雜與難懂。

對此，建議相關單位辦理實務操作訓練，並配發防護裝備、驗電器、絕緣手套等，也應將繁雜的太陽能光電搶救觀念簡化，融入搶救訓練當中，使消防人員在還未受到相對的實務訓練前，能有搶救方向明確、搶救知識普及的戰術依據。

表 5.1.2 研究結論概要

搶救人員面臨的危險因子	
搶救危險因子	1、吸入毒氣 2、火勢延燒 3、化學物質 4、爆炸 5、觸電（電弧） 6、坍塌 等幾項危險因子
硬體設施缺乏	1、漏電檢知裝置、高壓絕緣手套、避電剪

	<p>等，應對防護裝備不足。</p> <p>2、缺乏可實際實行斷電演練的場所。</p>
心理層面壓力	<p>1、PV 原理知識不足。</p> <p>2、搶救流程陌生。</p> <p>3、裝備、技術、搶救方法不熟悉。</p> <p>4、相關流程、原理知識，過於繁雜難懂。</p> <p>5、相關的實務演練與訓練不足。</p> <p>6、信心不足，認為自己無法面對或處理這類災害。</p>

資料來源：本研究自行整理

5.2 研究建議

本次研究文獻與訪談結果分析後提出的建議，可供相關單位在辦理訓練時，或者消防人員搶救太陽能光電災害的參考依據，其建議主要分成四個方向：

一、硬體設施：

- 1、 模擬設施：建設模擬太陽能光電災害場所設施，模擬太陽能光電的電力設施，設置模擬太陽能板、相關配電盤、線槽，在訓練人員可控制下的明火設施，模擬消防人員出水攻擊時，漏電的警示裝置及斷電設施。
- 2、 光電原理模型：如同安檢訓練，設置小型光電模型，講解光電原理，並串聯原理及電路走向、開關位置、斷電位置、台電併聯點等。

二、實務訓練：

搶救演練：藉由著全套裝備實際出水，模擬設施辦理相關實務訓練，使消防人員可以模擬斷電、出水攻擊、漏電檢知、太陽

能光電系統的原理。

三、 裝備採購：

補足外勤同仁裝備，面對太陽能光電災害，消防人員除了乾粉滅火器、消防衣帽鞋、TIC 熱顯像儀外，還可配發漏電檢電裝置、高電壓絕緣手套、具有認證的避電剪、斷電棒等裝備。

四、教育訓練：

- 1、 裝備訓練：採購驗電裝置等裝備外，需要經過器材教育訓練等，方能正確使用達防護之效。
- 2、 另製簡化版教案：因為太陽能光電災害為新型態的消防災害，且系統原理涉及電力原理，使教案過於複雜，讓消防人員於繁重的勤務下，無法有效的達學習效果，可建議製作簡化版且重點提要的搶救要點或相關知識懶人包，來宣傳相關救災知識，以利消防人員面對太陽能光電災害時，能直覺的反應避開危險。

表 5.2 研究建議概要

研究建議：	
一、硬體設施	1、建設模擬搶救設施 2、光電直交流原理模型
二、搶救演練	1、模擬斷電過程搶救演練 2、漏電檢知器模擬使用 3、辦理實際出水搶救演練
三、裝備採購	1、TIC 熱顯像儀 2、漏電檢知裝置 3、高電壓絕緣手套

	4、避電剪 5、斷電棒
四、教育訓練	1、裝備使用教育訓練 2、簡化、要點式 PV 原理教育訓練 3、PV 搶救教育訓練

資料來源：本研究自行整理



參考文獻

中文參考文獻：

- 內政部消防署. (2020). 危險性救災行動認定標準.
- 內政部消防署. (2019). 消防機關搶救太陽光電發電設備火災指導原則.
- 林弘崧. 陳世勳. (2015). 搶救裝設太陽光電發電設備火災內政部消防署訂定指導原則. 消防月刊.
- 林子博. (2015). 火災搶救與火場安全管理之探討—以雲林縣消防局為例.
- 吳嘉偉. (2016). 消防設備設置對於火災搶救風險探討.
- 康智堯. (2021). 太陽能發電火災案例研析, 消防月刊.
- 田村裕之、松島早苗、阿部伸之、森井統、塚目孝裕志水裕昭、高梨健一、尾川義雄. (2014). 太陽能發電系統消防和滅火活動的安全對策.
- 林子博. (2015). 火災搶救與火場安全管理之探討—以雲林縣消防局為例.
- 吳嘉偉. (2016). 消防設備設置對於火災搶救風險探討-以新北市蘆洲區.
- 康智堯. (2021). 太陽能發電火災案例研析 (消防月刊).

外文參考文獻：

- TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). (2018) .Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization.
- CAL FIRE–Office of the State Fire Marshal. (2010) . Fire Operations for Photovoltaic Emergencies.
- David A. Dini, P.E. 、 Robert Backstrom. (2011) .Firefighter Safety and Photovoltaic Installations Research Project.
- CESA. (2016) .Solar Photovoltaic (PV) Fire Safety Training.
- NFPA . (2021) . Energy Storage Systems Safety Fact Sheet.
- FSRI . (2021) . Energy Storage System Installation Test Report.
- Casey C. Grant, P.E.. (2013) . Fire Fighter Safety and Emergency Response for Solar powerSystems.
- Brian Meacham, Brandon Poole, Juan Echeverria and Raymond Cheng. (2012) . Fire Safety Challenges of Green Buildings.
- David A. Dini, P.E.. (2011) . Firefighter Safety and Photovoltaic Installations Research Project.

參考網站：

1. PV Guider 傑能科技顧問有限公司.
(2022) .<http://solar543.blogspot.com/>
2. 長谷川電機工業株式会社. (2022) .<https://www.hasegawa-elec.co.jp/>
3. 再生能源查核系統. (2021) .<https://yh.revo.org.tw/>
4. 經濟部能源局. (2021) .<https://www.moeaboe.gov.tw/>
5. 維基百科. (2022) .
<https://zh.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:%E9%A6%96%E9%A1%B5>



附錄 A

附錄 A 訪談逐字稿

附錄 訪談逐字稿整理

訪談編號：A

訪談對象：嘉義縣消防局第二大隊 00 分隊 隊員

訪談時間：民國 111 年 3 月 23 日 中午 13:00~14:20

訪談地點：嘉義縣消防局雙福分隊

訪談方式：開放式錄音

訪談逐字稿內容	編碼分析
<p>一、太陽能光電系統專業知識及相關認知度、經驗：</p> <p>1、何謂太陽能光電系統？其原理及運作模式，您熟悉嗎？</p> <p>答：太陽能光電系統，大概就是太陽能板上面的物質對光譜產生電位差，太陽能板有反應產生電位差然後因為產生電，大概是這樣吧！然後再轉成電源傳回給台電大概是這個模式啊。</p> <p>2、您從事的工作經歷裡，是否有遇過太陽能光電系統發生災害的相關經驗？</p> <p>答：我從事消防工作大概已經快20年了，應該22 21年了，我有遇過太陽能光電發電的相關的火警哪是一定的啊。現在工廠上面裝太陽能那麼多，尤其是像去年的過</p>	<p>太陽能光電系統，大概就是太陽能板上面的物質對光譜產生電位差，太陽能板有反應產生電位差然後因為產生電。(A-1-1-1)</p> <p>我從事消防工作大概已經快20年了，應該22 21年了，我有遇過太陽能光電</p>

年大埔美工業區的一場火警就是這樣，也是太陽能板燒起來，還好沒有擴大到整間廠房類似像這樣的經驗。

3、您認為太陽能光電系統發生火災的機率及光電系統發生事故時導致搶救人員發生危險的機率會很高嗎？如果遇到了太陽能光電系統相關的災害，是否有能力應對及處理？您覺得是否需要請專業人士或者光電業者到場嗎？

答：太陽能光電系統發生火災的機率會不會很大我覺得應該會蠻大的啊，他畢竟就是一個靠太陽跟光產生的電流，所以他大概就是跟電氣火警差不多意思，然後現在的工廠有那麼多裝設太陽能板，所以我覺得以後發生的機率應該還蠻大的，然後他的危險的機率嗎？他就是一種電啊，就跟就是跟台電的電火警一樣啊，所以他在發生事故的時候發生太陽能火警的時候，我們搶救人員進去搶救的時候，我相信危險性一定會相對提高，火警本來就危險了加上他有電，他就一定會更危險，風險性更高。

如果遇到相關的太陽能光電火警的時候，目前相對能夠應付的能力不會很夠，因為

發電的相關的火警哪是一定的啊。現在工廠上面裝太陽能那麼多，尤其是像去年的過年大埔美工業區的一場火警就是這樣，也是太陽能板燒起來，還好沒有擴大到整間廠房類似像這樣的經驗。（A-1-2-1）

太陽能光電系統發生火災的機率會不會很大我覺得應該會蠻大的啊，他畢竟就是一個靠太陽跟光產生的電流，所以他大概就是跟電氣火警差不多意思，然後現在的工

我們受相關的訓練沒有很多啦！所以當然這方面還是要交給真的專家是來處理啊，像台電然後業者之類的到場，如果他們那個配合到場是最好的啊。

廠有那麼多裝設太陽能板，所以我覺得以後發生的機率應該還蠻大的。

(A-1-3-1)

然後他的危險的機率嗎？他就是一種電啊，就跟就是跟台電的電火警一樣啊，所以他在發生事故的時候發生太陽能火警的時候，我們搶救人員進去搶救的時候，我相信危險性一定會相對提高，火警本來就危險了加上他有電，他就一定會更危險，風險性更高。(A-1-3-2)

如果遇到相關的太陽能光電火警的時候，目前相對能夠

	<p>應付的能力不會很夠，因為我們受相關的訓練沒有很多啦！所以當然這方面還是要交給真的專家是來處理啊，像台電然後業者之類的到場，如果他們那個配合到場是最好的啊。（A-1-3-3）</p>
<p>二、太陽能光電災害危險種類、認知程度、發生原因和面對危險的處理方式：</p> <p>1、您認為太陽能發電系統發生火災時，會發生哪些危險？哪些危險會導致人民的生命財產損傷甚至搶救人員的傷亡最嚴重？</p> <p>答：太陽能光電火警發生的時候，他的危險裡一定會想到觸電，然後觸電之外，就是太陽能板會掉落吧，還有燒起來，太陽能板感覺就是很容易燒啊，他板子上的東西塑膠板子應該很容易燒，所以他的風險一定是觸電，再來就是引發火災，然後再來就是可能是掉落物掉下來，危險大概是這幾個吧！</p>	<p>太陽能光電火警發生的時候，他的危險裡一定會想到觸電，然後觸電之外，就是太陽能板會掉落吧，還有燒起來，太陽能板感覺就是很容易燒啊，他板子上的</p>

這些危險哪一種危險會對於人民的生命財產比較有嚴重性的，應該就是火警吧，太陽能板自己能產生火燒起來，且一定會延燒整個廠房就整個燒掉了啊，然後對消防隊那個來講，太陽能光電火災就是個電，他如果一旦發生危險，發生火警所最主要的危險對我們來講還是觸電啊。

2、對於太陽能光電相關知識與搶救，您有

受過哪些的專業訓練？就您所受過的職能教育或專業知識裡，就您的職能教育及相關認知下覺得是什麼樣的因素，會導致太陽能光電系統災害？

答：太陽能供電相關的知識跟搶救，我是消防局的教官之一，所以這方面我是有稍微接觸過一些訓練，不過我們所接觸過的訓練都沒有很全面，那就我對太陽能供電的職能訓練跟專業訓練裡面，我覺得什麼樣的因素會導致太陽能光電系統的災害，那就是觸電吧！就是他產生電流的過程，然後如果太熱會讓他燒起來，要不然就是他施工過程、送電過程如果沒有施工的很仔細，就可能會讓造成電器走火的一個方式延燒起來啊，或者也有可能是因為被雷打到所引發的火警，或者是太熱會引發的

東西塑膠板子應該很容易燒，所以他的風險一定是觸電，再來就是引發火災，然後再來就是可能是掉落物掉下來，危險大概是這幾個！（A-2-1-1）

這些危險哪一種危險會對於人民的生命財產比較有嚴重性的，應該就是火警吧，太陽能板自己能產生火燒起來，且一定會延燒整個廠房就整個燒掉了啊，然後對消防隊那個來講，太陽能光電火災就是個電，他如果一旦發生危險，發生火警所最主要的危險對我們來講還是觸電。（A-2-1-2）

火警，大概都是這一些會導致太陽能光電系統的火警發生吧。

3、搶救太陽能光電系統災害時，您最害怕遇到的危險類型是什麼？對於這些個危險，在您的職能教育訓練下，有知道哪些SOP能在搶救時可以依循與保護搶救人員？

答：針對太陽能光電火警的災害，我們最害怕當然還是觸電啊，就是觸電那就是個電氣火警，針對觸電這個風險喔，我們的職能教育訓練下大概能夠進行SOP，這大概就消防署所定的那個搶救作業要點吧！大概就是到達現場後，不要貿然出水，就算要出水也要採取30度水霧7公斤的壓力距離20公尺，我們大概能夠知道跟遵循的SOP大概就是這樣。

太陽能供電相關的知識跟搶救，我是消防局的教官之一，所以這方面我是有稍微接觸過一些訓練，不過我們所接觸過的訓練都沒有很全面。（A-2-2-1）就是他產生電流的過程，然後如果太熱會讓他燒起來，要不然就是他施工過程、送電過程如果沒有施工的很仔細，就可能會讓造成電器走火的一個方式延燒起來啊，或者也有可能是因為被雷打到所引發的火警，或者是太熱會引發的火警，大概都是這一些會導致太陽能光電系

統的火警發生吧。

(A-2-2-2)

針對太陽能光電火警的災害，我們最害怕當然還是觸電啊，就是觸電那就是個電氣火警。

(A-2-3-1)

我們的職能教育訓練下大概能夠進行SOP，這大概就消防署所定的那個搶救作業要點吧！大概就是到達現場後，不要貿然出水，就算要出水也要採取30度水霧7公斤的壓力距離20公尺，我們大概能夠知道跟遵循的SOP。(A-2-3-2)

三、太陽能光電災害搶救時，面對危險的防護裝備技術認知度及使用情形。

1、關於太陽能光電系統火災中的觸電危險，您認為所能應付的方法及技術有哪些？您覺得您目前的裝備及技術足以應付嗎？

答：當然光電火警中的觸電危險，我認為能夠應付的方法跟技術喔？大概就是滅火器吧！還有的消防衣帽鞋，我們消防衣帽鞋的鞋子他有耐電壓大概1000伏特左右啊，我覺得應該是足以應付，然後其他的裝備消防隊目前對這方面的裝備也發的也不是很多啦，也沒有很多所以能夠應付他們的大概是乾粉，然後還有頂多是乾燥的消防手套跟消防衣帽鞋大概就是這一些。

2、光電火災中觸電危險下，您覺得射水搶救是否會對於搶救人員造成傷害？如果會，搶救人員會有什麼裝備可以使用？

答：光電火警的觸電危險，出水多多少少都會有造成觸電的風險啊，所以消防署有說就算出水30度水霧、壓力7公斤20公尺，可是我還是覺得他們光電火警，他就是一個電氣火災啊！他就是一個電有在跑，所以我們出水應該也是會造成觸電的

當然光電火警中的觸電危險，我認為能夠應付的方法跟技術喔？大概就是滅火器吧！還有的消防衣帽鞋，我們消防衣帽鞋的鞋子他有耐電壓大概1000伏特左右啊，我覺得應該是足以應付。（A-3-1-2）其他的裝備消防隊目前對這方面的裝備也發的也不是很多啦，也沒有很多所以能夠應付他們的大概是乾粉，然後還有頂多是乾燥的消防手套跟消防

風險了，如果會的話我們的裝備應該就乾粉吧，乾粉滅火器是最直接的，如果不能出水，選擇先選擇乾粉滅火器來使用！

3、您認為您所受過的教育訓練與技術知識，足以應付太陽能光電系統火災發生時，所伴隨而來的災害嗎？

答：就我一開始說的，我是消防局的教官之一，可是我身為教官我收到這一方面的教育訓練跟職能訓練，也並不是很全面，因為我們在這方面的相關訓練規劃還有點薄弱，對這方面的訓練也沒有很全面的一個規劃設計教學，所以我們應該相對來講沒有辦法去注意應付，目前所說過的訓練無法注意應付太陽能光電系統的火災發生時所帶來的一些風險。

4、目前所有能處理太陽能光電災害的搶救相關設備，您所知道的有哪些？有受過搶救設備的相關訓練跟能熟練運用器材嗎？

答：目前能夠處理太陽能光電災害的搶救設備，大概就是橡膠手套、絕緣手套、斷電器、避電剪、消防衣帽鞋啊！我們有受過相關的訓練？這一方面是沒有，不過我

衣帽鞋大概就是這一些。(A-3-1-1)

光電火警的觸電危險，出水多多少少都會有造成觸電的風險啊，所以消防署有說就算出水30度水霧、壓力7公斤20公尺，可是我還是覺得他們光電火警，他就是一個電氣火災啊！他就是一個電有在跑，所以我們出水應該也是會造成觸電的風險了。(A-3-2-1)

裝備應該就乾粉吧，乾粉滅火器是最直接的，如果不能出水，選擇先選擇乾粉滅火器來使用！(A-3-2-2)

們對於避電剪跟消防衣帽鞋這些東西是還蠻熟悉的。

我收到這一方面的教育訓練跟職能訓練，也並不是很全面，因為我們在這方面的相關訓練規劃還有點薄弱，對這方面的訓練也沒有很全面的一個規劃設計教學。(A-3-3-1)

我們應該相對來講沒有辦法去注意應付，目前所說過的訓練無法注意應付太陽能光電系統的火災發生時所帶來的一些風險。(A-3-3-2)

目前能夠處理太陽能光電災害的搶救設備，大概就是橡膠手套、絕緣手套、斷電器、避電剪、消防衣帽鞋。

	<p>(A-3-4-1)</p> <p>我們有受過相關的訓練？這一方面是沒有，不過我們對於避電剪跟消防衣帽鞋這些東西是還蠻熟悉的。(A-3-4-2)</p>
--	--

附錄 訪談逐字稿整理

訪談編號：B

訪談對象：嘉義縣消防局第二大隊 00 分隊 隊員

訪談時間：民國 111 年 3 月 25 日 上午 10：40～11：20

訪談地點：嘉義縣消防局民雄分隊

訪談方式：開放式錄音

訪談逐字稿內容	編碼分析
<p>四、太陽能光電系統專業知識及相關認知度、經驗：</p> <p>1、何謂太陽能光電系統？其原理及運作模式，您熟悉嗎？</p> <p>答：太陽能就我最早接觸的是台電的賣電、種電，大概就是知道他裝在房子的屋頂，然後依靠太陽光來轉換成電能發電，在傳送回去台電，賣電給台電換錢。</p>	<p>他的原理不是很清楚，可能是他的板子上面的物質來發電，然後再藉由電</p>

至於他的原理不是很清楚，可能是他的板子上面的物質來發電，然後再藉由電線傳輸電源回台電這樣而已。

線傳輸電源回台電這樣而已。(B-1-1-1)

2、您從事的工作經歷裡，是否有遇過太陽能光電系統發生災害的相關經驗？

答：我大概服公職做消防隊已經快二十年了，大大小小的火警參與了不少，直到最近幾年的太陽能發電才開始出現，也慢慢的普及在民宅跟工廠，所以當然也遇過了，有雞舍、工廠，至於民宅的就沒遇過了。雞舍那次燒的就很嚴重，全部都燒光光，工廠的就還好，大概就是一小部分起火，就線槽或者是變電箱的位置。

最近幾年的太陽能發電才開始出現，也慢慢的普及在民宅跟工廠，所以當然也遇過了，有雞舍、工廠，至於民宅的就沒遇過了。

3、您認為太陽能光電系統發生火災的機率及光電系統發生事故時導致搶救人員發生危險的機率會很高嗎？如果遇到了太陽能光電系統相關的災害，是否有能力應對及處理？您覺得是否需要請專業人士或者光電業者到場嗎？

答：就現在的普及率來說，太陽能光電的火警或者災害，一定會變多的，尤其是工廠之類的，就算工廠火警不是因為太陽能發電導致的火警，但是工廠一旦發生火警

了。(B-1-2-1)
雞舍那次燒的就很嚴重，全部都燒光光，工廠的就還好，大概就是一小部分起火，就線槽或者是變電箱的位置。(B-1-2-2)

最後也慧眼變成太陽能光電災害，然後現在大型工廠屋頂很多都設有太陽能了，感覺是趨勢，所以個人認為這個太陽能光電火災以後一定會很常遇到。

如果工廠火警我遇到了太陽能的工廠，我心裡一定會先猶豫了一下，猶豫是因為會害怕阿！！誰不會怕，有電捏，火災又大部分只能用水來滅，一個不小心就GG了。然後消防隊對於這方面的訓練還很少，大部分都只是書面資料的閱讀而已，或者是什麼70度水霧，20公尺之類的消防署標準，除了這個誰還知道有沒有用？也沒什麼實作方面的訓練跟進一步的訓練，所以遇到那類的火警一定嚇死。我們消防隊大部分都不懂電，所以不請專業的人士來到場，來斷電讓我們搶救怎麼可以。最好是業者也來現場，畢竟那個是他們裝設的，一定知道關電的位置。

就現在的普及率來說，太陽能光電的火警或者災害，一定會變多的，尤其是工廠之類的，就算工廠火警不是因為太陽能發電導致的火警，但是工廠一旦發生火警最後也慧眼變成太陽能光電災害，然後現在大型工廠屋頂很多都設有太陽能了，感覺是趨勢，所以個人認為這個太陽能光電火災以後一定會很常遇到。（B-1-3-1）消防隊對於這方面的訓練還很少，大部分都只是書面資

料的閱讀而已，或者是什麼70度水霧，20公尺之類的消防署標準，除了這個誰還知道有沒有用？也沒什麼實作方面的訓練跟進一步的訓練。（B-1-3-2）

我們消防隊大部分都不懂電，所以不請專業的人士來到場，來斷電讓我們搶救怎麼可以。最好是業者也來現場，畢竟那個是他們裝設的，一定知道關電的位置。

（B-1-3-3）

二、太陽能光電災害危險種類認知程度、發生原因和面對危險的處理方式：

甲、 您認為太陽能發電系統發生火災時，會發生哪些危險？哪些危險會導致人民的生命財產損傷甚至搶救人員的傷亡最嚴重？

答：太陽能光電發生火警的時候，應該都是工廠火警吧！看到太陽能火警，一定會想到電阿，觸電是會死人的，不死也半條命，所以說到太陽能光電的火警，一定會想到電阿！！

太陽能光電的相關災害，應該就像電線走火之類的，演變成火災，所以對於人民的生命財產來說，就跟火災一樣，到時候就是大量的財物損失跟房屋全毀。

搶救人員的傷亡也是觸電阿，整個就是會發電的東西，我們出水進去搶救，觸電一定是最大的危險。

2、對於太陽能光電相關知識與搶救，您有受過哪些的專業訓練？就您所受過的職能教育或專業知識裡，就您的職能教育及相關認知下覺得是什麼樣的因素，會導致太陽能光電系統災害？

答：關於太陽能光電方面的搶救跟知識，大概就是我們大隊的組訓時候，組訓的教

太陽能光電發生火警的時候，應該都是工廠火警吧！看到太陽能火警，一定會想到電阿，觸電是會死人的，不死也半條命，所以說到太陽能光電的火警，一定會想到電。（B-2-1-1）
搶救人員的傷亡也是觸電阿，整個就是會發電的東西，我們出水進去搶救，觸電一定是最大的危險。（B-2-1-2）

官會教一些，但是時間不是很長，都只能講一點點爾以，所以能夠訓練到很清楚有點難，其他的知識大概就剩下消防署訂定的搶救作業要點了吧！

就像我剛剛說的，我目前所受的訓練跟知識不是很多，也都片片段段的，大部分就是消防署訂的搶救作業要點來作為我攻擊火點的戰術依據，所以我也不會很清楚的知道到底是什麼原因造成太陽能光電火災的，不過我倒是知道，一定會有工廠失火的火警，最後演變成太陽能光電火災的。

3、搶救太陽能光電系統災害時，您最害怕遇到的危險類型是什麼？對於這些個危險，在您的職能教育訓練下，有知道哪些SOP能在搶救時可以依循與保護搶救人員？

答：如果火警出勤的時候，現場是太陽能光電火警，我最怕的當然還是觸電阿！太陽能光電就是發電來賣電給台電，那就跟變電箱火警一樣危險啦，也不能隨便出水，也不能自己斷電要靠台電來斷電。面對太陽能光電的火警，斷電部分除了知道消防署的出水要用水霧30度20公尺外，其他就是剩下跟電器火警的戰術想法差不

關於太陽能光電方面的搶救跟知識，大概就是我們大隊的組訓時候，組訓的教官會教一些，但是時間不是很長，都只能講一點點爾以，所以能夠訓練到很清楚有點難。（B-2-2-1）

我目前所受的訓練跟知識不是很多，也都片片段段的，大部分就是消防署訂的搶救作業要點來作為我攻擊火點的戰術依據，所以我也不會很清楚的知道到底是什麼原因造成太陽能光電火災。（B-2-2-2）

多了。SOP我是知道消防署好像有訂定
啦，但是沒人教，也沒有特別的受到這方
面的教育，所以消防署定的SOP就也不會
很清楚了，只能用電器火警的方法來面對
了。

如果火警出勤的時候，現場是太陽能
光電火警，我最怕的當然還是觸電
阿！太陽能光電就是發電來賣電給台
電，那就跟變電箱火警一樣危險啦，
也不能隨便出水，也不能自己斷電要
靠台電來斷電。

(B-2-3-1)

SOP我是知道消防署
好像有訂定啦，但是沒人教，也沒有
特別的受到這方面的教育，所以消防
署定的SOP就也不會
很清楚了，只能用
電器火警的方法來
面對了。(B-2-3-
2)

<p>三、太陽能光電災害搶救時，面對危險的防護裝備技術認知度及使用情形：</p> <p>1、關於太陽能光電系統火災中的觸電危險，您認為所能應付的方法及技術有哪些？您覺得您目前的裝備及技術足以應付嗎？</p> <p>答：太陽能光電火災對於我來說，就像是電器火警，面對電器火警當然就是會怕觸電啦，觸電的風險當然就是斷電，雖然也不知道斷電對於太陽能光電火警有沒有用也不是很清楚，但是目前只能想到斷電，不然就是叫台電的人來，大概就是這些了吧！</p> <p>我們的裝備幾乎都是用來打火的，我們除了水帶、水線、泡沫、跟保護我們的消防衣帽鞋外，好像也沒什麼其他針對太陽能</p>	<p>太陽能光電火災對於我來說，就像是電器火警，面對電器火警當然就是會怕觸電啦，觸電的風險當然就是斷電，雖然也不知道斷電對於太陽能光電火警有沒有用也不是很清楚，但是</p>

光電火警的裝備了，所以如果遇到太陽能光電火警，這類的會讓人觸電的電器火災，能閃遠點就閃遠點嘍！我們又沒什麼能對付觸電的裝備。

2、光電火災中觸電危險下，您覺得射水搶救是否會對於搶救人員造成傷害？如果會，搶救人員會有什麼裝備可以使用？

答：太陽能光電火災，就跟電器火災差不多吧！電器火災就是在斷電前不要出水，直到確認斷電後，才能出水搶救，所以太陽能光電火警也差不多一樣，射水一定會造成觸電的，雖然消防署定的作業要點指出是可以30度水霧距離20公尺，但是我還是覺得出水應該會導致觸電。

我們是消防人員不是台電人員，所以怎麼可能會有針對電器火災跟觸電處理的裝備，有的話頂多就是乾粉滅火器吧！

3、您認為您所受過的教育訓練與技術知識，足以應付太陽能光電系統火災發生時，所伴隨而來的災害嗎？

答：我目前所能想到的太陽能光電火災的相關知識跟訓練大概就是消防署的30度水霧跟20公尺這樣，這方面所受的訓練真的

目前只能想到斷電，不然就是叫台電的人來，大概就是這些了吧！（B-3-1-1）

我們除了水帶、水線、泡沫、跟保護我們的消防衣帽鞋外，好像也沒什麼其他針對太陽能光電火警的裝備了，所以如果遇到太陽能光電火警，這類的會讓人觸電的電器火災，能閃遠點就閃遠點嘍！我們又沒什麼能對付觸電的裝備。（B-3-1-2）

太陽能光電火災，就跟電器火災差不多！電器火災就是在斷電前不要出水，直到確認斷電

很少，所以都會害怕遇到這類的火警，當然就無法應付啦。

4、目前所有能處理太陽能光電災害的搶救相關設備，您所知道的有哪些？有受過搶救設備的相關訓練跟能熟練運用器材嗎？

答：就太陽能光電災害搶救器材，我能想到的就是乾粉滅火器了吧！

乾粉滅火器對於我們來說，當然很熟練阿，宣導都會用到，所以當然能夠靈活運用。

後，才能出水搶救，射水一定會造成觸電的，雖然消防署定的作業要點指出是可以30度水霧距離20公尺，但是我還是覺得出水應該會導致觸電。

(B-3-2-1)

我們是消防人員不是台電人員，所以怎麼可能會有針對電器火災跟觸電處理的裝備，有的話頂多就是乾粉滅火器吧！(B-3-2-2)

這方面所受的訓練真的很少，所以都會害怕遇到這類的火警，當然就無法應付啦。(B-3-3-1)

	<p>就太陽能光電災害搶救器材，我能想到的就是乾粉滅火器了吧！乾粉滅火器對於我們來說，當然很熟練阿，宣導都會用到，所以當然能夠靈活運用。(B-3-4-1)</p>
--	---

附錄 訪談逐字稿整理

訪談編號：C

訪談對象：嘉義縣消防局第0大隊 分隊長

訪談時間：民國 111 年 3 月 26 日 中午 14：00～15：20

訪談地點：嘉義縣消防局 第二大隊

訪談方式：開放式錄音

訪談逐字稿內容	編碼分析
<p>一、太陽能光電系統專業知識及相關認知度、經驗：</p> <p>1、 何謂太陽能光電系統？其原理及運作模式，您熟悉嗎？</p> <p>答：什麼是太陽能喔？太陽能就是由光線、有燙的輻射波長，然後轉換成電的一</p>	<p>太陽能就是由光線、有燙的輻射波長，然後轉換成電</p>

<p>個東西阿。那個系統與你大概就是把電轉變成板子上的離子、電位差然後產生電所以我們大概知道了就是這些東西。</p>	<p>的一個東西阿。那個系統與你大概就是把電轉變成板子上的離子、電位差然後產生電。(C-1-1-1)</p>
<p>2、 您從事的工作經歷裡，是否有遇過太陽能光電系統發生災害的相關經驗？</p> <p>答：我大概消防工作了20幾年了齣。在我想那有發生過幾件了，可是都沒有很大啦！所以對於這方面新、比較新新一個災害經驗，不論是～～有！啦就我們家轄區這線，這下去那是有發生過，可是都還好沒有很嚴重或者是那個雞舍全毀了，不需要太過於積極搶救光電救災經驗。</p>	<p>在我想那有發生過幾件了，可是都沒有很大啦！所以對於這方面新、比較新新一個災害經驗，不論是～～</p>
<p>3、 您認為太陽能光電系統發生火災的機率及光電系統發生事故時導致搶救人員發生危險的機率會很高嗎？如果遇到了太陽能光電系統相關的災害，是否有能力應對及處理？您覺得是否需要請專業人士或者光電業者到場嗎？</p> <p>答：危險性喔！會些是一定高的啊，這種這種東西就是電啊！就跟台電的災害一樣啊！只要有電的東西，我們搶救人員一定都會有很大的危險啊！他發生的機率喔，我們我們消防人員覺得應該會很高，現在</p>	<p>有！啦就我們家轄區這線，這下去那是有發生過，可是都還好沒有很嚴重或者是那個雞舍全毀了，不需要太過於積極搶救光電救災經驗。(C-1-2-1)</p>

政府主打綠能嘛！綠能就是他能供電阿，普及率那麼高，然後一堆工廠上面都有裝，所以我覺得啦！所以我們是我的那都還沒有遇過幾間，可是我覺得未來應該會有發生相關的災害，一定會機率變得很高，這是絕對的即使不是太陽能板自己發生事故，然後因為工廠的火警導致波及到太陽能相關的系統就會變成太陽能的災害。

所以這一方面就跟台電的電災害搶救一樣，當然是需要台電人員跟業者到場協助，我們因為我們，能夠做的事情就不多啊！

危險性喔！會些是一定高的啊，這種這種東西就是電啊！就跟台電的災害一樣啊！只要有電的東西，我們搶救人員一定都會有很大的危險啊！他發生的機率喔，我們我們消防人員覺得應該會很高，現在政府主打綠能嘛！綠能就是他能供電阿，普及率那麼高，然後一堆工廠上面都有裝，所以我覺得啦！所以我們是我的那都還沒有遇過幾間，可是我覺得未來應該會有發生相關的災害，一定會機率變

	<p>得很高。(C-1-3-1)</p> <p>即使不是太陽能板自己發生事故，然後因為工廠的火警導致波及到太陽能相關的系統就會變成太陽能的災害。所以這一方面就跟台電的電災害搶救一樣，當然是需要台電人員跟業者到場協助。(C-1-3-2)</p>
<p>二、太陽能光電災害危險種類認知程度、發生原因和面對危險的處理方式：</p> <p>1、您認為太陽能發電系統發生火災時，會發生哪些危險？哪些危險會導致人民的生命財產損傷甚至搶救人員的傷亡最嚴重？</p> <p>答：太陽能發電系統發生火災的時候，會發生哪些危險喔？第一個一定便是電吧！</p> <p>是電啊！電會產生電弧，然後跟觸電危險，還有還有就算他沒有燒起來，我們在人員在上面走應該也會有掉落跟滑落的問題啊！</p>	<p>是電啊！電會產生電弧，然後跟觸電危險，還有還有就算他沒有燒起來，我們在人員在上面走應該也會有掉落跟滑落的問題啊！</p> <p>還有毒氣吧！太陽能板燒起來應該最</p>

還有毒氣吧！太陽能板燒起來應該最直接的是毒氣阿，燒起來產生的有毒氣體。置於哪一些危險最容易讓我們有傷亡喔？這就是電弧跟漏電，這兩個應該是最危險的！還有就是毒氣產生的毒氣，這三個吧電弧會讓人家燙傷啊，燒燙傷啊、漏電阿，會如果比較大的話，應該會死人啊！所以應該是這幾個

2、對於太陽能光電相關知識與搶救，您有受過哪些的專業訓練？就您所受過的職能教育或專業知識裡，就您的職能教育及相關認知下覺得是什麼樣的因素，會導致太陽能光電系統災害？

答：我受過的專業訓練，大概就是我身為轄內的轄區內的主管，我是有受過一些局本部的一些教官的訓練，的課程相關課程訓練。

可是都不多啦！差不多啦，我只是大概稍微知道一點點，訓練過的專業訓練以下我認為，我認為會有什麼原因，導致太陽能光電系統的災害，應該是施工吧！我覺得施工品質很重要啊，還有他的板子跟變電器哪一些東西，的品質也很重要，故障會讓他變壞、變成太陽能光電火警，這樣我

直接的是毒氣。

(C-2-1-1)

置於哪一些危險最容易讓我們有傷亡喔？這就是電弧跟漏電，這兩個應該是最危險的！還有就是毒氣產生的毒氣，這三個吧電弧會讓人家燙傷啊，燒燙傷啊、漏電阿，會如果比較大。(C-2-1-2)

我受過的專業訓練，大概就是我身為轄內的轄區內的主管，我是有受過一些局本部的一些教官的訓練，的課程相關課程訓練。可是都不多啦！差

覺得你這個應該是最大的原因之一。

3、搶救太陽能光電系統災害時，您最害怕遇到的危險類型是什麼？對於這些個危險，在您的職能教育訓練下，有知道哪些SOP能在搶救時可以依循與保護搶救人員？

答：搶救太陽光電在那個時候，我最害怕什麼？就是漏電啊！就剛剛講的啊，漏電阿漏電還有就電死會電死人這樣啊！然後這些危險之下喔，我的訓練我受過的訓練有什麼SOP喔？就消防署訂定哪一哪幾項吧！我們知道就只有那幾項消防署的那幾項，就是預防跟禦戰術為優先，然後30度的水霧，保持點距離不要，最好不要隨便出水，我覺得應該是最最最好是不要隨便出水啦！這是最重要的SOP，就是我們只是依照項所定的得像消防署SOP啊，我們只能夠這樣做。

不多啦，我只是大概稍微知道一點

點。(C-2-2-1)
導致太陽能光電系統的災害，應該是施工吧！我覺得施工品質很重要啊，還有他的板子跟變電器哪一些東西，的品質也很重要，故障會讓他變壞、變成太陽能光電火警。(C-2-2-2)

搶救太陽光電在那個時候，我最害怕什麼？就是漏電啊！就剛剛講的

啊，漏電阿漏電還有就電死會電死人這樣啊！（C-2-3-1）

受過的訓練有什麼SOP喔？就消防署訂定哪一哪幾項吧！我們知道就只有那幾項消防署的那幾項，就是預防跟禦戰術為優先，然後30度的水霧，保持點距離不要，最好不要隨便出水，我覺得應該是最最最好是不要隨便出水啦！這是最重要的SOP，就是我們只是依照項所定的得像消防署SOP。（C-2-3-2）

<p>三、太陽能光電災害搶救時，面對危險的防護裝備技術認知度及使用情形：</p> <p>1、 關於太陽能光電系統火災中的觸電危險，您認為所能應付的方法及技術有哪些？您覺得您目前的裝備及技術足以應付嗎？</p> <p>答：關於太陽能的系統的觸電危險喔，我所能夠想到的方法應該就是乾粉滅火器，還有避電手套、避電剪，我能夠應付的方式大概這些啊！還有還有還有還有就是把業者叫來，還有台電的人員叫來，叫他把電關掉，他把電關掉，這個很重要啊，我們目前的裝備喔？目前裝備是在去年搶救科有發勾式電表跟防觸電手套這些東西，大概是這些東西。</p> <p>2、 光電火災中觸電危險下，您覺得射水搶救是否會對於搶救人員造成傷害？如果會，搶救人員會有什麼裝備可以使用？</p> <p>答：關於觸電能不能出水知識問題！消防署定SOP，消防署消防署的SOP是可以出水霧，可是他是說要防禦戰術為優先，不得已才要出水霧，但是他是消防署制定說可以出水啊！</p> <p>可是我們覺得這個就是電器類的火警啊！隨便出水應該會有讓人員觸電的風險啦，</p>	<p>關於太陽能的系統的觸電危險喔，我所能夠想到的方法應該就是乾粉滅火器，還有避電手套、避電剪，我能夠應付的方式大概這些啊！還有還有還有就是把業者叫來，還有台電的人員叫來，叫他把電關掉，他把電關掉，這個很重要。（C-3-1-1）</p> <p>關於觸電能不能出水知識問題！消防</p>
--	--

這是我覺得啦，他如果會觸電的話我們有什麼裝備可以用喔？就剛剛講的啊防觸電手套阿，避電剪啊，大概消防衣帽鞋應該也可以稍微阻隔一下啊，他就是避免把電流經過我的身體，然後導電接地電流流穿過我的身體這樣就可以避免掉我受傷害。

3、 您認為您所受過的教育訓練與技術知識，足以應付太陽能光電系統火災發生時，所伴隨而來的災害嗎？

太陽能的系統我認為我受過的訓練喔，有沒有辦法足夠應付這個火警喔？當然是不行啊！我只有在消防局的幾位教官上過幾個小時的課啊，也沒有實作過，唯一能夠依靠的知識就是就是消防署訂定的SOP，所以我當然是沒辦法，不足以應付他所會伴隨而來的災害啊！所以如果我在我的那，在想那有發生相關的這種火警時，我一定會以防禦戰術為優先，而且這種是新型態的一個災害啊，新型態的災害對我們這種傳統的消防，對這方面的課程跟訓練也沒有很多很足夠，所以如果是我，我一定會以防禦戰術來做我最優先的考量，因為我也不知道怎麼辦啊！我整個叫台電來啊啊，不然我也沒辦法做什麼事情啊，所

署定SOP，消防署消防署的SOP是可以出水霧，可是他是說要防禦戰術為優先，不得已才要出水霧，但是他是消防署制定說可以出水啊！

可是我們覺得這個就是電器類的火警啊！隨便出水應該會有讓人員觸電的風險啦，這是我覺得。（C-3-2-1）

防觸電手套阿，避電剪啊，大概消防衣帽鞋應該也可以稍微阻隔一下啊，他就是避免把電流經過我的身體，然後導電接地電流流穿過我的身體這樣就可以避免掉我受傷害。（C-3-2-2）

<p>以我沒有辦法應付啦！</p> <p>4、目前所有能處理太陽能光電災害的搶救相關設備，您所知道的有哪些？有受過搶救設備的相關訓練跟能熟練運用器材嗎？</p> <p>答：目前的相關的裝備跟設備喔？乾粉滅火器，電器類火警就是乾的優先啊，然後再來就是避電手套啊，勾式電表啊啊，還有避電剪啊！還有我們的消防衣帽鞋，應該也可以避掉一些電，是不知道他的電壓有沒有辦法防禦到太陽能板，太陽能板高電壓了這一方面的設備喔，我們有沒有訓練過啊？當然是沒有啊，消防局只有上過幾個小時的課，都只上觀念啊，我們也沒有實際操作過啊啊，不過乾粉滅火器跟水霧瞄子這個部分，我們是很熟悉有沒有，傳統的消防隊就是他會拿這些來當我們的武器啊，所以這相關的一些設備跟器材，我自己也不是很清楚有哪些說，當然就不會很熟悉去運用。</p>	<p>我認為我受過的訓練喔，有沒有辦法足夠應付這個火警喔？當然是不行啊！我只有在消防局的幾位教官上過幾個小時的課啊，也沒有實作過，唯一能夠依靠的知識就是就是消防署訂定的SOP，所以我當然是沒辦法，不足以應付他所會伴隨而來的災害。（C-3-3-1）</p> <p>一定會以防禦戰術來做我最優先的考量，因為我也不知道怎麼辦啊！我整個叫台電來啊啊，不然我也沒辦法做什麼事情啊，所以我沒有辦法應付啦！（C-3-3-2）</p>
--	---

乾粉滅火器，電器類火警就是乾的優先啊，然後再來就是避電手套啊，勾式電表啊啊，還有避電剪啊！還有我們的消防衣帽鞋，應該也可以避掉一些電。(C-3-4-1)

消防局只有上過幾個小時的課，都只上觀念啊，我們也沒有實際操作過啊啊，不過乾粉滅火器跟水霧瞄子這個部分，我們是很熟悉有沒有，傳統的消防隊就是他會拿這些來當我們的武器啊，所以這相關的一些設備跟器

	材，我自己也不是很清楚有哪些說，當然就不會很熟悉去運用。(C-3-4-2)
--	---------------------------------------

附錄 訪談逐字稿整理

訪談編號：D

訪談對象：嘉義縣消防局第二大隊 00 分隊長

訪談時間：民國 111 年 4 月 10 日 中午 14:00~15:20

訪談地點：嘉義縣消防局 第二大隊 00 分隊

訪談方式：開放式錄音

訪談逐字稿內容	編碼分析
---------	------

<p>一、太陽能光電系統專業知識及相關認知度、經驗：</p> <p>甲、何謂太陽能光電系統？其原理及運作模式，您熟悉嗎？</p> <p>答：太陽能光電系統這幾年還蠻風行的，所以我大概都知道就跟太陽能熱水器啦、太陽能發電啦，那東西就是將光能轉換成電能，然後運作模式為他最近這幾年，是比較風行的一個能源模式，所以我們也是稍微有在接觸，至於熟不熟悉原理，當然沒有很熟悉了。</p> <p>乙、您從事的工作經歷裡，是否有遇過太陽能光電系統發生災害的相關經驗？</p> <p>答：我的消防職業生涯大概10年齣，我任主管，外勤主管大概3、4年而已，但是齣，我們轄內最近有發生過幾件，一個是工廠的，工廠屋頂的太陽能板大型的，那個蠻大型的，在工業區裡面發生的那個，非常的大，大概有好幾千片有，他是他的電線、電線燒失火，而小型的阿有遇過豬舍，整個燒毀，不過他的是豬舍，是因為豬舍不小心燒起來，然後延燒到太陽能板，到最後也算在太陽能案件身</p>	<p>太陽能光電系統這幾年還蠻風行的，所以我大概就知道就跟太陽能熱水器啦、太陽能發電啦，那東西就是將光能轉換成電能。</p> <p>(D-1-1-1)</p> <p>比較風行的一個能源模式，所以我們也是稍微有在接觸，至於熟不熟悉原理，當然沒有很熟悉了。(D-1-1-2)</p> <p>轄內最近有發生過幾件，一個是工廠的，工廠屋頂的太陽能板大型的，那個蠻大型的，在工</p>
---	---

上，所以我就遇過這幾件。

丙、您認為太陽能光電系統發生火災的機率及光電系統發生事故時導致搶救人員發生危險的機率會很高嗎？如果遇到了太陽能光電系統相關的災害，是否有能力應對及處理？您覺得是否需要請專業人士或者光電業者到場嗎？

答：太陽能發生火災的機率高不高，這個我是不知道啦，不過我倒是知道，如果太陽能係統發生災害的時候，他就跟處理有電的電器類火災一樣，對我們消防人員來講發生危險機率一定會很高啊，雖然實際上的數據我是不知道，不過我覺得如果應付這一系列的災害，我們的危險性發生危險的機率，如果沒有防護的好，以現行的機率一定會相對高很多，那如果遇到這太陽能災害，我們有沒有能力應付，這個是屬於比較新型態的火災，所以我們所接受的相關知識不多，當然是希望這一些安裝的業者或者是台電的人員，能夠協助我們，這個將對我們來講，對我的隊員來說，是比較有相對保障的。

業區裡面發生的那個，非常的大，大概有好幾千片有，他是他的電線、電線燒失火，而小型的阿有遇過豬舍，整個燒毀，不過他的是豬舍，是因為豬舍不小心燒起來，然後延燒到太陽能板，到最後也算在太陽能案件。

(D-1-2-1)

如果太陽能係統發生災害的時候，他就跟處理有電的電器類火災一樣，對

我們消防人員來講發生危險機率一定會很高啊，雖然實際上的數據我是不知道，不過我覺得如果應付這一系列的災害，我們的危險性發生危險的機率，如果沒有防護的好，以現行的機率一定會相對高很多（D-1-3-1）

遇到這太陽能災害，我們有沒有能力應付，這個是屬於比較新型態的火災，所以我們所接受的相關知識不多（D-1-3-2）

當然是希望這一些安裝的業者或者是台電的人員，能夠協助我們，這個將對我們來講，對我的隊員來說，是比

	較有相對保障的 (D-1-3-3)
<p>二、太陽能光電災害危險種類認知程度、發生原因和面對危險的處理方式：</p> <p>1、您認為太陽能發電系統發生火災時，會發生哪些危險？哪些危險會導致人民的生命財產損傷甚至搶救人員的傷亡最嚴重？</p> <p>答：太陽能發電，太陽能發電如果發生火災的時候，當然是電啊，他就是一個電力系統嘛，就是電器類火災啊，所以對我們來講，最新的就是當然是觸電啊，再來就是毒氣吧，聽說太陽能板燒起來會有致癌物會有很多的有毒氣體，這一些應該就是危險吧，那那我們哪一種哪一種危險，對我們來講是最嚴重的，但是觸電啊，聽說太陽能板光電系統是高壓電，高壓電門路，不知道出水一定會被電到啊，所以這觸電一定是最嚴重的</p>	<p>太陽能發電如果發生火災的時候，當然是電啊，他就是一個電力系統嘛，就是電器類火災啊，所以對我們來講，最新的就是當然是觸電啊，再來就是毒氣吧，聽說太陽能板燒起來會有致癌物會有很多</p>

<p>乙、對於太陽能光電相關知識與搶救，您有受過哪些的專業訓練？就您所受過的職能教育或專業知識裡，就您的職能教育及相關認知下覺得是什麼樣的</p> <p>因素，會導致太陽能光電系統災害？</p> <p>答：我們有沒有受過相關的專業訓練</p> <p>喔，我是有聽說訓練中心有計畫想要開辦相關的訓練，不過聽，這個只是聽說，我們局好像有人去受訓了，阿就我們大隊的阿，好像有去受類似的教官班訓練，其他的這一方面我們消防署有訂定作業安全標準，所以我們大概知道他可以射水，非不得已情況下來可以出水，水壓出7公斤然後30度角，然後距離個幾公尺，大概大概這一方面的知識，知道然後有沒有相關的訓練，這幾年消防局已經開始在委託，開始在訓練相關的訓練了，可是也只有理論上的課程在上而已，所以我們當然是幾乎有更有上沒有上是差不多的，那我們的職能教育或是相關的知識下，認為什麼樣的因素，會導致這個太陽能的災害，應該是他的電線走火吧，電線走火應該是在施工的品質跟安裝的環境問題吧！我想</p>	<p>的有毒氣體（D-2-1-1）</p> <p>太陽能板光電系統是高壓電，高壓電門路，不知道出水一定會被電到啊，所以這觸電一定是最嚴重的（D-2-1-2）</p> <p>這幾年消防局已經開始在委託，開始在訓練相關的訓練了，可是也只有理論上的課程在上而已，所以我們當然是幾乎有更有上沒有上是差不多的（D-2-2-1）</p> <p>職能教育或是相關的知識下，認為什</p>
---	--

到他就是這樣啊。

丙、搶救太陽能光電系統災害時，您最害怕遇到的危險類型是什麼？對於這些個危險，在您的職能教育訓練下，有知道哪些SOP能在搶救時可以依循與保護搶救人員？

答：我們在搶救災相關的災害的時候，我們最害怕遇到的危險類型還是觸電啊就是觸電啊，然後對於這些危險我們有沒有什麼相關訓練喔或者是知道什麼SOP，就像剛剛講的啊，我們只有消防署訂定的那一些規則，水霧出水啊，或者是能夠不要貿然出水防禦戰術，我們能夠依循的SOP大概就是這一些，都是消防署的那一些作業安全標準

麼樣因素，會導致這個太陽能的災害，應該是他的電線走火吧，電線走火應該是在施工的品質跟安裝的環境問題（D-2-2-2）

我們在搶救災相關的災害的時候，我們最害怕遇到的危險類型還是觸電啊就是觸電（D-2-3-

	<p>1)</p> <p>消防署訂定的那一些規則，水霧出水啊，或者是能夠不要貿然出水防禦戰術，我們能夠依循的SOP大概就是這一些，都是消防署的那一些作業安全標準 (D-2-3-2)</p>
<p>三、太陽能光電災害搶救時，面對危險的防護裝備技術認知度及使用情形：</p> <p>1、關於太陽能光電系統火災中的觸電危險，您認為所能應付的方法及技術有哪些？您覺得您目前的裝備及技術足以應付嗎？</p> <p>答：關於太陽能光電火災的觸電危險，我們所能夠應付的東西跟裝備大概就是乾粉滅火器吧，我們就把他當成電器類火災在對付，所以我們能夠知道的方法跟技術就是C類的電器系列的火災，就是根本我們現在的裝備也沒有辦法應付，我如果只是把他當成一系列的電器火災來看的話，我們就是消防鞋然後避電手套、避電剪，然後根本沒有其他的裝備，我大概就知道這</p>	<p>關於太陽能光電火災的觸電危險，我們所能夠應付的東西跟裝備大概就是乾粉滅火器吧，我們就把他當成電器類火災在對付 (D-3-1-1)</p> <p>我們能夠知道的方法跟技術就是C類的電器系列的火災，就是根本我們現在的裝備也沒有辦法</p>

<p>一些。</p>	<p>應付，我如果只是把他當成一系列的</p>
<p>2、光電火災中觸電危險下，您覺得射水搶救是否會對於搶救人員造成傷害？如果會，搶救人員會有什麼裝備可以使用？</p> <p>答：觸電危險下，會不會射水，會不會造成傷害，他都是C系列的電氣火災的啊，那我們出水一定會導電一定會觸電的啊，所以我覺得射水搶救C類的電器火災應該會蠻危險的，一定會對我們造成的傷害，然後這個如果會的話我沒有什麼裝備可以使用，應該就是絕緣手套、移動砲塔移動式砲塔，移動到我要的位置，應該蠻好用的</p>	<p>電器火災來看的話，我們就是消防鞋然後避電手套、避電剪，然後根本沒有其他的裝備</p> <p>(D-3-1-2)</p>
<p>3、您認為您所受過的教育訓練與技術知識，足以應付太陽能光電系統火災發生時，所伴隨而來的災害嗎？</p> <p>答：我認為我受過的教育訓練跟技術知識有沒有辦法應付，我當然是不行啊，太陽能供電系統就是新型的新型態的，現在很流行的一個模式發電模式所伴隨來的災害，所以我們現在所接收到的資訊大概就是消防署的那一套，其他就是把當成C類電氣火災來應付，我們覺得除了這些以外就是沒招啊，當然就是沒辦法應付啊，感</p>	<p>C系列的電氣火災的啊，那我們出水一定會導電一定會觸電的啊，所以我覺得射水搶救C類的電器火災應該會蠻危險的，一定會對我們造成的傷害 (D-3-2-1)</p> <p>什麼裝備可以使用，應該就是絕緣手套、移動砲塔移</p>

覺就是很複雜的一套系統，然後叫我們消防隊員在沒有準備好了情況下，你沒有什麼裝備也沒有什麼相關知識背景也沒有什麼專業知識，就要去對付應付太陽能光電火災

丁、目前所有能處理太陽能光電災害的搶救相關設備，您所知道的有哪些呢？有受過搶救設備的相關訓練跟能熟練運用器材嗎？

答：目前所能處理的太陽能光電災害的搶救相關設備，我所知道了就是消防衣帽鞋、乾粉滅火器、避電剪、絕緣手套大概就是這一些，有沒有受過這一些相關的訓練，乾粉滅火器拉瞄壓掃這個我們會啦，這個就是拿來對付C型的C型的電器火災，那其他什麼避電剪哪哪一些，好像你還有檢電器啦，就是驗電棒，可是我們也不會用啊又沒有教啊，所以當然是沒有辦法去應用啊，畢竟他是一個新型態的一個救災的模式啊，跟電動車一樣都是高壓電的一個災害，所以我們在對付的手都要特別特別的小心啊，我們所受過訓練沒有很多所以我們只能夠抱著一個恐慌的心去面對這一些新的災害

動式砲塔 (D-3-2-2)

太陽能供電系統就是新型的新型態的，現在很流行的一個模式發電模式所伴隨來的災害，所以我們現在所接收到的資訊大概就是消防署的那一套，其他就是把當成C類電氣火災來應付，我們覺得除了這些以外就是沒招啊，當然就是沒辦法應付啊，感覺就是很複雜的一套系統，然後叫我們消防隊員在沒有準備好了情況下，你沒有什麼裝備也沒有什麼相關知識背景

也沒有什麼專業知識，就要去對付應付太陽能光電火災 (D-3-3-1)

消防衣帽鞋、乾粉滅火器、避電剪、絕緣手套大概就是這一些，有沒有受過這一些相關的訓練，乾粉滅火器拉瞄壓掃這個我們會啦，這個就是拿來對付C型的C型的電器火災，那其他什麼避電剪哪哪一些，好像你還有檢電器啦，就是驗電棒 (D-3-4-1)

我們也不會用啊又沒有教啊，所以當然是沒有辦法去應用啊，畢竟他是一

	<p>個新型態的一個救災的模式啊，跟電動車一樣都是高壓電的一個災害，所以我們在對付的手都要特別特別的小心啊，我們所受過訓練沒有很多所以我們只能夠抱著一個恐慌的心去面對這一些新的災害</p> <p>(D-3-4-2)</p>
--	---

附錄 訪談逐字稿整理

訪談編號：E

訪談對象：嘉義縣消防局第 0 大隊 副大隊長

訪談時間：民國 111 年 4 月 15 日 中午 14：00~15：10

訪談地點：嘉義縣消防局 第二大隊

訪談方式：開放式錄音

訪談逐字稿內容	編碼分析
<p>一、太陽能光電系統專業知識及相關認知度、經驗：</p> <p>1、 何謂太陽能光電系統？其原理及運</p>	

<p>作模式，您熟悉嗎？</p> <p>答：太陽能光電系統我們一般認識，這是利用太陽能轉換成電能的一個系統吧，至於熟悉度也不算熟，太陽能運作的原理跟模式是因為有相關廠商跑來跟我們介紹過，跟哪大概的原理作業模式。</p>	<p>太陽能光電系統我們一般認識，這是利用太陽能轉換成電能的一個系統（E-1-1-1）</p> <p>熟悉度也不算熟，太陽能運作的原理跟模式是因為有相關廠商跑來跟我們介紹過，跟哪大概的原理作業模式</p>
<p>2、 您從事的工作經歷裡，是否有遇過太陽能光電系統發生災害的相關經驗？</p> <p>答：我目前工作的經歷，是有遇過這些災害，太陽能發生什麼災害的次數算起來大概幾件而已，然那麼也沒有到很大的規模</p>	<p>跟模式是因為有相關廠商跑來跟我們介紹過，跟哪大概的原理作業模式（E-1-1-2）</p> <p>我目前工作的經歷，是有遇過這些</p>
<p>3、 您認為太陽能光電系統發生火災的機率及光電系統發生事故時導致搶救人員發生危險的機率會很高嗎？如果遇到了太陽能光電系統相關的災害，是否有能力應對及處理？您覺得是否需要請專業人士或者光電業者到場嗎？</p> <p>答：我認為目前針對太陽能光電系統發生火災的時候，消防人員在搶救發生危險的機率挺高的，目前依</p>	<p>災害，太陽能發生什麼災害的次數算起來大概幾件而已，然那麼也沒有到很大的規模（E-1-2-1）</p>

現有消防人員的專業知識裡面，的太陽能去應對及處理這方面的處理能力是不大夠的，在那一些相關的一些處理措施還是要請專業人士來處理會比較恰當。

我認為目前針對太陽能光電系統發生火災的時候，消防人員在搶救發生危險的機率挺高的

(E-1-3-1)

目前依現有消防人員的專業知識裡面，的太陽能去應對及處理這方面的處理能力是不大夠的 (E-1-3-2)

在那一些相關的一些處理措施還是要請專業人士來處理會比較恰當。(E-1-3-3)

二、太陽能光電災害危險種類認知程度、發生原因和面對危險的處理方式：

1、您認為太陽能發電系統發生火災時，會發生哪些危險？哪些危險會導致人民的生命財產損傷甚至搶救人員的傷亡最嚴重？

答：太陽能發電系統發生火災或是最常見的危險就是觸電的災害，另外我在哪些電力拉出電弧的強烈高溫其實，對消防員也是很危險的，那就是因為現在太陽能設施後，他在施作的面相有各種不同的面向，設置屋頂的或者是那個在地面加棚架，一些是在水上面架設的，其實各個不同架設地方是否在消人員在搶救災方面其實都會有不同的危險性，有哪些危險會導致下那邊搶救傷亡，最後我認為其實我想所有的危險項目，對那個消防人員的傷亡其實都挺嚴重

2、對於太陽能光電相關知識與搶救，您有受過哪些的專業訓練？就您所受過的職能教育或專業知識裡，就您的職能教育及相關認知下覺得是什麼樣的因素，會導致太陽能光電系統災害？

答：太陽能光電目前消防人員並沒有相關的一些專業訓練，來著墨在太陽能光電搶

太陽能發電系統發生火災或是最常見的危險就是觸電的災害，另外我在這些電力拉出電弧的強烈高溫其實，對消防員也是很危險的（E-2-1-1）在太陽能設施後，他在施作的面相有各種不同的面向，設置屋頂的或者是那個在地面加棚

架，一些是在水上面架設的，其實各個不同架設地方是否在消人員在搶救災方面其實都會有不同的危險性，有哪些危險會導致下

救這一塊，那就是在太陽能光電發生災害的因素應該是有很多各種因素，那其實就我在想的比較有可能發生的可能，就是在在施作這個太陽能系統上面的一些規範，沒有依照他應該算就施作的品質施作品質不當，那再來就是你原本那個產區那個發生火警說衍生的那一個太陽能光電的系統的災害

3、搶救太陽能光電系統災害時，您最害怕遇到的危險類型是什麼？對於這些個危險，在您的職能教育訓練下，有知道哪些SOP能在搶救時可以依循與保護搶救人員？
答：當然太陽能光電的危險最怕遇到的類型就就是太陽能觸電的風險，作業風險就我們目前職能的教育訓練相信有消防署，其實有訂定有關太陽能光電系統搶救的一個安全規範了，然後前我們所知的也是大概這個規範我們可以依循而已

那邊搶救傷亡，最後我認為其實我想所有的危險項目，對那個消防人員的傷亡其實都挺嚴重 (E-2-1-2)

太陽能光電目前消防人員並沒有相關的一些專業訓練，來著墨在太陽能光電搶救這一塊 (E-2-2-1)

在太陽能光電發生災害的因素應該是有很多各種因素，那其實就我在想的比較有可能發生的可能，就是在在施作這個太陽能系統上面的一些規範，沒有依照他應該算就施作的品質施作品質不當，那再來

就是你原本那個產區那個發生火警說衍生的那一個太陽能光電的系統的災害 (E-2-2-2)

當然太陽能光電的危險最怕遇到的類型就就是太陽能觸電的風險 (E-2-3-1)

作業風險就我們目前職能的教育訓練有消防署，其實有訂定有關太陽能光電系統搶救的一個安全規範了，然後前我們所知的也是大概這個規範我們可以依循而已 (E-2-3-2)

三、太陽能光電災害搶救時，面對危險的防護

裝備技術認知度及使用情形：

- 1、關於太陽能光電系統火災中的觸電危險，您認為所能應付的方法及技術有哪些？您覺得您目前的裝備及技術足以應付嗎？

答：就我目前所知我們消防大概說真的，對付應對的設施就公發的裝備，驗電設施，可以去去去確認看是不是他有電壓的情形，好那在我們消防衣帽鞋，有一定的那個避電能力，好那但是在這個太陽能那個是他在持續供電情況下，其實這些都沒有辦法去完全完全摒除掉觸電的風險，所以目前我們裝備跟就其實還不太足以應付太陽能光電系統的火災

- 2、光電火災中觸電危險下，您覺得射水搶救是否會對於搶救人員造成傷害？如果會，搶救人員會有什麼裝備可以使用？

答：在有觸電的風險下射水搶救，其實都會有可能對我們消防人員造成傷害啦，那其實我們目前搶救人員也只有消防衣帽鞋的部分，我可以著裝做防護使用，而並沒有配發相關的一些有效的避電設施那個防護設備啦。

目前所知我們消防大概說真的，對付應對的設施就公發的裝備，驗電設施，可以去去去確認看是不是他有電壓的情形，好那在我們消防衣帽鞋，有一定的那個避電能力（E-3-1-1）

太陽能那個是他在持續供電情況下，其實這些都沒有辦法去完全完全摒除掉觸電的風險，所以目前我們裝備跟就其實還不太足以應付太陽能光電系統的火災

（E-3-1-2）

<p>3、您認為您所受過的教育訓練與技術知識，足以應付太陽能光電系統火災發生時，所伴隨而來的災害嗎？</p> <p>答：我並沒有受過相關的教育訓練，那針對這種太陽能光電系統火災伴隨而來的災害，當然沒有能力能夠應付。</p>	<p>在有觸電的風險下射水搶救，其實都會有可能對我們消防人員造成傷害 (E-3-2-1)</p> <p>我們目前搶救人員也只有消防衣帽鞋的部分，我可以著裝做防護使用，而並沒有配發相關的一些有效的避電設施那個防護設備 (E-3-2-2)</p>
<p>4、目前所有能處理太陽能光電災害的搶救相關設備，您所知道的有哪些？有受過搶救設備的相關訓練跟能熟練運用器材嗎？</p> <p>答：爾目前有關太陽能光電觸電的部分，其實就是除掉這種觸電風險的這個狀況其他就跟我們一般消防搶救模式其實沒有太大差別，所以現在我們消防隊員所配發的，一些相關的設備在各種不同災害中，的什麼事都有可能去運用到，那有關觸電這一塊我們比較現有配發避電器、個人防護裝備，消防人員還是這樣子有這些相關的訓練與應用</p>	<p>我並沒有受過相關的教育訓練，那針對這種太陽能光電系統火災伴隨而來的災害，當然沒有能力能夠應付。 (E-3-3-1)</p> <p>目前有關太陽能光電觸電的部分，其</p>

實就是除掉這種觸電風險的這個狀況其他就跟我們一般消防搶救模式其實沒有太大差別，所以現在我們消防隊員所配發的，一些相關的設備在各種不同災害中，的什麼事都有可能去運用到（E-3-4-1）

那有關觸電這一塊我們比較現有配發避電器、個人防護裝備，消防人員還是這樣子有這些相關的訓練與應用（E-3-4-2）

附錄 訪談逐字稿整理

訪談編號：F

訪談對象：嘉義縣消防局 00 科長

訪談時間：民國 111 年 4 月 16 日 中午 14:00~15:40

訪談地點：嘉義縣消防局

訪談方式：開放式錄音

訪談逐字稿內容	編碼分析
<p>一、太陽能光電系統專業知識及相關認知</p> <p>度、經驗：</p> <p>1、 何謂太陽能光電系統？其原理及運作模式，您熟悉嗎？</p> <p>答：什麼叫做太陽能光電系統，他的原理跟你是他就是一個經過矽晶體所做成的太陽能板，然後矽晶體他上面會有正負電離子，他矽晶體會因為太陽光的照射然後會活躍，電子的流動會有出現電流，倒是因為這樣子而產生電，太陽能大概就</p>	<p>太陽能光電系統，他的原理跟你是他就是一個經過矽晶體所做成的太陽能板，然後矽晶體他上面會有正負電離子，他矽晶體會因</p>

<p>是這一些。</p>	<p>為太陽光的照射然後會活躍，電子的</p>
<p>2、 您從事的工作經歷裡，是否有遇過太陽能光電系統發生災害的相關經驗？</p> <p>答：我以前從還在外勤當主管的時候那個時候還沒有太陽能板跟太陽能發電系統這種東西啊，我後來在科室裡面的時候有外勤的同仁有回報跟統計相關的報表，所以我也沒有直接的去面對跟應付過這一些相關的災害。</p>	<p>流動會有出現電流，倒是因為這樣子而產生電（F-1-1-1）</p> <p>我以前從還在外勤當主管的時候那個時候還沒有太陽能</p>
<p>3、 您認為太陽能光電系統發生火災的機率及光電系統發生事故時導致搶救人員發生危險的機率會很高嗎？如果遇到了太陽能光電系統相關的災害，是否有能力應對及處理？您覺得是否需要請專業人士或者光電業者到場嗎？</p>	<p>板跟太陽能發電系統這種東西啊，我後來在科室裡面的時候有外勤的同仁有回報跟統計相關的報表，所以我也</p>

<p>答：太陽能光電系統發生火災的機率有會不會很高啊，目前我們年報月報表計報表會報過來的次數是沒有很多啦，不過因為他的普及率很高啊，也有可能不具很高所以有</p> <p>覺得他如果發生火災的話，應該會很高啊，自己為什麼月報表跟計報表的，是除了很多有可能同仁對於這一方面的數字沒有很敏感，也有可能他們覺得很陌生，消防署也只有最近才在統計各縣市辦理的相關訓練次數，所以我們對於這一方面也發生機率會不會很高，並不是很清楚只能猜測的方式去猜他，裝設很多所以應該會蠻容易發生的，那如果遇到相關的災害我們有辦法應付嗎？本科最近這幾年都一直請教官跟外聘教官來上相關的搶救太陽能光電搶救的課程，不過因為消</p>	<p>沒有直接的去面對跟應付過這一些相關的災害 (F-1-2-1)</p> <p>太陽能光電系統發生火災的機率有會不會很高啊，目前我們年報月報表計報表會報過來的次數是沒有很多啦，不過因為他的普及率很高啊，也有可能不具很高所以有</p>
--	---

<p>防署自己還沒有訂定相關的訓練教材，也沒有什麼訓練場的，重點是他沒有模擬的成立可以讓我們去做實務的訓練啊，我們只能夠叫業者來講解設備給我們看，我們也沒辦法去操作沒辦法模擬事故的狀況，所以如果有發生的話，我消防人員應該只能夠用防禦的戰術去面對他，這個這個這樣子算起來應該是沒有能力應付吧，因為只能夠用防禦戰術去處理他而已，所以我覺得如果相關的災害發生的時候太陽能供電的業者跟台電一定要到場，有覺得這個一定要要求他們到場來協助我們斷電，要不然有沒有斷電，對搶救人來講風險相當的高</p>	<p>你覺得他如果發生火災的話，應該會很高啊，消防署也只有最近才在統計各縣市辦理的相關訓練次數，所以我們對於這一方面也發生機率會不會很高，並不是很清楚只能猜測的方式去猜他，裝設很多所以應該會蠻容易發生的（F-1-3-1）</p> <p>近這幾年都有一直請教官跟外聘教官來上相關的搶救太陽能光電搶救的課程，不過因為消防</p>
---	--

署自己還沒有訂定
相關的訓練教材，
也沒有什麼訓練場
的，重點是他沒有
模擬的成立可以讓
我們去做實務的訓
練啊，我們只能夠
叫業者來講解設備
給我們看，我們也
沒辦法去操作沒辦
法模擬事故的狀
況，所以如果有發
生的話，我消防人
員應該只能夠用防
禦的戰術去面對
他，這個這個這樣
子算起來應該是沒
有能力應付（F-1-
3-2）

	<p>如果相關的災害發生的時候太陽能供電的業者跟台電一定要到場，有覺得這個一定要要求他們到場來協助我們斷電，要不然沒有斷電，對搶救人來講風險相當的高</p> <p>(F-1-3-3)</p>
<p>二、太陽能光電災害危險種類認知程度、發生原因和面對危險的處理方式：</p> <p>1、您認為太陽能發電系統發生火災時，</p> <p>會發生哪些危險？哪些危險會導致人民的生命財產損傷甚至搶救人員的傷亡最嚴重？</p> <p>答：太陽能發電光電系統發生火災的時候會發生的危險，大概就是爆炸、</p>	<p>太陽能發電光電系統發生火災的時候</p>

<p>燃燒有毒氣體、觸電、電弧，首推電弧跟觸電了大概就是這些，那哪一些最嚴重的危險大概就是熱失控就是燒起來啦，高溫燒起來還有一些外面的觸電壓，還有還有還有還有爆炸吧，太陽能應該就是這一些。</p>	<p>會發生的危險，大概就是爆炸、燃燒有毒氣體、觸電、電弧，首推電弧跟觸電（F-2-1-1）</p>
<p>2、對於太陽能光電相關知識與搶救，您有受過哪些的專業訓練？就您所受過的職能教育或專業知識裡，就您的職能教育及相關認知下覺得是什麼樣的因素，會導致太陽能光電系統災害？</p> <p>答：關於太陽能光電相關的知識跟搶救，我本科我們之前在消防署來發展這一塊之前，我們就稍微接觸過這一個領域的訓練，但是並不是很專業，因為消防署的這一方面的訓練也只有今年才開始有開辦太陽能光電搶救教官班，教材也還沒有完全發給我們，</p>	<p>最嚴重的危險大概就是熱失控就是燒起來啦，高溫燒起來還有一些外面的觸電壓，還有還有還有還有爆炸（F-2-1-2）</p> <p>關於太陽能光電相關的知識跟搶救，</p>

所以我們有受過相關的訓練但沒有很完整的將專業相關訓練，那我所受過的職業職能教育和專業知識裡面，我覺得什麼樣原因會導致他們供電系統的災害發生，本科之前我有去簡報過，也有接觸消防署派來的長官講解，所以我大概知道他的安裝安裝品質，還有他的施工品質環境影響，還有外力颱風啦、地震啦之類的天災，或者是被火災延燒然後都會導致他們太陽能系統的災發生，所以以工廠來講太陽能光電系統的火災是蠻容易發生的就我所認為的。

3、搶救太陽能光電系統災害時，您最害怕遇到的危險類型是什麼？對於這些個危險，在您的職能教育訓練下，有知道哪些SOP能在搶救時可以依循與

我本科我們之前消防署來發展這一塊之前，我們就稍微接觸過這一個領域的訓練，但是並不是很專業，因為消防署的這一方面訓練也只有今年才開始有開辦太陽能光電搶救教官班，教材也還沒有完全發給我們，所以我們有受過相關的訓練但沒有很完整的將專業相關訓練 (F-2-2-1)

安裝安裝品質，還有他的施工品質環

保護搶救人員？

答：太陽能光電系統發生災害我最害怕的遇到的就是搶救人員的觸電啊，啊還有他的有還有害氣體，我是怕相關人員背負空氣瓶所以會吸入很多有毒的氣體，所以第一個就是觸電，然後再來就是有毒氣體，那那這些危險有什麼SOP可以依循，我們消防署的消防人員作業安全手冊裡面有訂定這一個太陽能光電搶救災害的作業要點，可是他只有很簡單的只是大概就是防禦戰術，不要貿然出水，即使要出水也是水霧30度，大概就是這一些SOP，消防署也是最近才開始在發展這一項相關的訓練跟教材跟SOP還有訓練設施。

境影響，還有外力
颶風啦、地震啦之
類的天災，或者是
被火災延燒然後都
會導致他們太陽能
系統的災發生，所
以以工廠來講太陽
能光電系統的火災
是蠻容易發生（F-
2-2-2）

太陽能光電系統發

生災害我最害怕的
遇到的就是搶救人
員的觸電啊，啊還
有他的有還有害氣
體，我是怕相關人
員背負空氣瓶所以
會吸入很多有毒的
氣體，所以第一個
就是觸電，然後再
來就是有毒氣體
(F-2-3-1)

消防署的消防人員
作業安全手冊裡面
有訂定這一個太陽
能光電搶救災害的
作業要點，可是他
只有很簡單的只是
大概就是防禦戰

	<p>術，不要貿然出水，即使要出水也是水霧30度，大概就是這一些SOP，消防署也是最近才開始在發展這一項相關的訓練跟教材跟SOP還有訓練設施</p> <p>(F-2-3-2)</p>
<p>三、太陽能光電災害搶救時，面對危險的防護裝備技術認知度及使用情形：</p> <p>1、關於太陽能光電系統火災中的觸電危險，您認為所能應付的方法及技術有哪些？您覺得您目前的裝備及技術足以應付嗎？</p> <p>答：太陽能供電的觸電危險，我所能夠應付的方法跟技術有哪一些，本科在去年本科去年在我們二大的教官推薦下，</p>	<p>一系列的相關的裝備，例如檢電棒就是驗電器，可以去</p>

有買了一系列的相關的裝備，例如檢電棒就是驗電器，可以去驗直流的電壓，剛好符合太陽能光電，有直流跟交流的兩種，所以我們教官有推薦我們就知道去買這個東西，他可以檢驗直流跟交流的電壓，然後還有避電剪還有耐高壓電的絕緣手套還有消防衣帽鞋，我們大概能夠知道就是這一些，還有業者請業者來上課的時候一直有教我們用斷電棒，可是我覺得斷電棒這個東西是技術層面比較高的，所以我們只知道這些東西而已，所以我們的裝備跟技術來講我們裝備已經慢慢再補齊了，只是技術還在推廣，就我所知二大隊的教官有在推廣跟訓練他們大隊的消防人員，怎麼去使用檢電器就是那個驗電棒直交流驗電器，這一方面是可以預防災搶救相關的時候，漏電之前可以先感知這個地方有沒有漏電，這個對我們來講是一種保障

驗直流的電壓，剛好符合太陽能光電，有直流跟交流的兩種，所以我們教官有推薦我們就知道去買這個東西，他可以檢驗直流跟交流的電壓，然後還有避電剪還有耐高壓電的絕緣手套還有消防衣帽鞋（F-3-1-1）裝備跟技術來講我們裝備已經慢慢再補齊了，只是技術還在推廣，就我所知二大隊的教官有在推廣跟訓練他們大隊的消防人員，

也是一種技術。

2、光電火災中觸電危險下，您覺得射水搶救是否會對於搶救人員造成傷害？如果會，搶救人員會有什麼裝備可以使用？

答：觸電危險來說射水會不會造成傷害，就我之前二大隊的教官回報過來的教材跟訓練資訊，我們知道射水只要不要貿然的射水，基本上我們出水水霧在太陽能模組這一段，是不大會觸電的即使觸電，好像也不會造成危險，因安培數很低，我們大概知道會不會造成傷害，大概是這一些，我們如果覺得會的話，我們有什麼裝備可以使用，就是我們像我剛剛講的在去年有發，採購了一批檢電器跟絕緣手套耐高壓的絕緣手套，這一些東西都是可以預防我們第一線搶救人員受到觸電的危險。

怎麼去使用檢電器就是那個驗電棒直交流驗電器，這一方面是可以預防災搶救相關的時候，漏電之前可以先感知這個地方有沒有漏電，這個對我們來講是一種保障也是一種技術（F-3-1-2）

我們知道射水只要

<p>3、您認為您所受過的教育訓練與技術知識，足以應付太陽能光電系統火災發生時，所伴隨而來的災害嗎？</p> <p>答：我所受過的教育訓練跟技術應該沒辦法應付吧，本科是搶救訓練相關的科室，關於這方面的時我們還在發展當中，不過最基本的保護消防人員觸電這方面我們應該有自信可以去處理，就認為啦因為本科去年有買採購了一批絕緣手套、驗電器還有那我們消防鞋本來就有耐高壓電了，然後在教育消防人員防禦戰術，優先不要亂剪電線，所以這一些持續教育訓練下我們應該足以應付一般小型的太陽能光電的災害。</p>	<p>不要貿然的射水，基本上我們出水水霧在太陽能模組這一段，是不大會觸電的即使觸電，好像也不會造成危險，因安培數很低，我們大概知道會不會造成傷害（F-3-2-1）</p> <p>我們如果覺得會的話，我們有什麼裝備可以使用，就是我們像我剛剛講的在去年有發，採購</p>
<p>4、目前所有能處理太陽能光電災害的搶救相關設備，您所知道的有哪些？有受過搶救設備的相關訓練跟能熟練運用器材嗎？</p>	<p>了一批檢電器跟絕緣手套耐高壓的絕緣手套，這一些東西都是可以預防我</p>

答：目前就搶救相關的設備，我知道的就是驗電器就是指交流電電器筆、電纜剪、耐高壓電手套、我們的消防衣帽鞋，大概就是這一些，那這一些也沒有受過相關的訓練跟熟練的應用，我們本科和那就我大概只有看過教官陳報上來的訓練教案的草案，再也沒有很正式的去受過相關的訓練，也只有聽過廠商介紹檢電器跟絕緣手套的使用方式，可是這一些都只有僅止於教案上的書面教導，沒有很實務的更完整的搶救跟實務模擬訓練，所以如果真的有發生光電災害的時候我們應該只敢用防禦戰術去面對這一切。

們第一線搶救人員受到觸電的危險 (F-3-2-2) 教育訓練跟技術應該沒辦法應付吧，本科是搶救訓練相關的科室，關於這方面的時我們還在發展當中，不過最基本的保護消防人員觸電這方面我們應該有自信可以去處理，就認為啦因為本科去年有買採購了一批絕緣手套、驗電器還有那我們消防鞋本來就

有耐高壓電了，然後在教育消防人員防禦戰術，優先不要亂剪電線，所以這一些持續教育訓練下我們應該足以應付一般小型的太陽能光電的災害

(F-3-3-1)

搶救相關的設備，我知道的就是驗電器就是指交流電電器筆、電纜剪、耐高壓電手套、我們的消防衣帽鞋 (F-3-4-1))

沒有很正式的去受過相關的訓練，也只有聽過廠商介紹檢電器跟絕緣手套的使用方式，可是這一些都只有僅止於教案上的書面教導，沒有很實務的更完整的搶救跟實務模擬訓練，所以如果真的有發生光電災害的時候我們應該只敢用防禦戰術去面對這一切

(F-3-4-2)