

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：開會)

赴美國參加CPV-10聚光型太陽能發電國際研討會及參觀Sandia National Laboratories  
出國報告

服務機關：中油公司綠能科技研究所

出國人職稱：機械工程師

姓名：賴立中

出國地點：美國

出國期間：103年04月06日至103年04月12日

報告日期：102年07月03日

## 壹、 摘要

太陽光發電具有再生及永續不息特性，為各國積極扶持產業。雖然目前太陽能發電成本高於傳統化石燃料發電，市場必須仰賴各國政府大力補助。但是長期而言，太陽能是世界未來主要能源。再生能源組－太陽光電技術研究負責太陽光電相關技術，為了解國際上太陽光電發展技術，因此參加10th International Conference on Concentrator Photovoltaic Systems(第10屆CPV聚光型太陽光電系統國際研討會)；研討會主辦單位同時安排技術參觀，參觀單位包括CFV Solar Test Laboratory / Fraunhofer CSE Outdoor Test Site(太陽光電測試實驗室)、 PNM Prosperity Solar Energy Storage Plant(太陽能蓄電廠、智慧型電網)、及Eubank Landfill Solar Array( 2MW等級聚光型太陽能電廠)。

本次出國考察經洛杉磯(美國加州)至阿布奎基(美國新墨西哥州)，參加第 10 屆 CPV 聚光型太陽光電系統國際研討會，透過參與太陽光電系統國際研討會可更瞭解目前太陽光電及系統相關技術之發展與應用實例，有助於本所未來在太陽光電技術的研究。

聚光型太陽光電系統基本上由三個部份組成，主要研究討論的部份也可因此分為三個部份，包括(1)太陽電池(Solar Cells)、(2)聚光系統(Concentrating Optics)、(3)追日系統(Tracking)。本次研討會的主題分別分為(1) Effects of Temperature and Light on CPV Cells(溫度及光線對CPV電池的影響)；(2)CPV Module Development and Characterization(CPV模組研究發展及定性分析)；(3)CPV Tracking and Optics Components(CPV追日及光學原件)；(4)CPV System Performance and Field Results(CPV系統效能及野外實測結果)；(5)Spectral Impacts on CPV Performance(光譜對CPV系統效能影響)；(6)CPV Optics Development and Evaluation(CPV的光學設計及評估)；(7)Advancements in CPV Cell Fabrication and Modelling(CPV太陽電池在製造及模組化的進程)；(8)Codes, standards, and Application thereof(法規、標準、及應用其他)。

# 目次

壹、 摘要 .....	2
貳、 目的 .....	3
參、 行程 .....	7
肆、 參訪與討論 .....	8
伍、 心得與建議 .....	20
陸、 參考資料 .....	25

## 圖表說明

表 3.1、參訪行程與時間.....	7
圖 4.1、研討會照片.....	8
表 4.1、IBM HCPVT 技術資料.....	8
圖 4.2、IBM HCPVT 詳細設計圖示.....	9
表 4.2、IBM HCPVT 關鍵特色.....	9
圖 4.3、IBM HCPVT 冷卻系統及概念圖.....	10
圖 4.4、溫度與用電量之關係圖，當溫度超過 27 度時，用電量大幅增加.....	10
圖 4.5、全球日照度分部圖、顏色愈深者代表日照度愈高.....	11
圖 4.6、太陽光反射示意圖，白色表面相對於其他顏色，有較高的反射率.....	11
圖 4.7、不同太陽能板的反射示意圖，一般多晶矽及薄膜型太陽電池皆有很高的熱幅射效應。.....	12
圖 4.8、不同太陽能板的 PAYBACK TIME，考量為一般地表情況改為太陽能板，ALBEDO 的改變量為從 0.4 變為 0.05。.....	12
圖 4.9、不同太陽能板的 PAYBACK TIME，白色屋頂改為太陽能板，ALBEDO 的改變量為從 0.4 變為 0.05。.....	13
圖 4.10、白色屋頂改為太陽能板，ALBEDO 的改變量為從 0.4 變為 0.05。.....	13
圖 4.11、白色屋頂改為太陽能板，ALBEDO 的改變量為從 0.4 變為 0.05。.....	14
圖 4.12、CFV SOLAR TEST LABORATORY.....	15
圖 4.13、全尺寸的模組機械強度測試設備.....	15
圖 4.14、全尺寸的模組環境(溫、溼度)試驗設備.....	16
圖 4.15、全模組尺寸的室內 I-V 量測系統.....	16
圖 4.16、戶外模組實測設備.....	16
圖 4.17、智慧型電網，包括右側之控制室及後方之儲能系統.....	17
圖 4.18、智慧型電網主要的通訊及控制主機.....	17
圖 4.19、智慧型電網的儲能系統內部，基本上為鉛蓄電池(LEAD-ACID BATTERY)堆.....	18
圖 4.20、EUBANK LANDFILL SOLAR ARRAY 聚光型太陽能電廠.....	18
圖 4.21、EUBANK LANDFILL SOLAR ARRAY 聚光型太陽能電廠之直交流變電箱	

(SMA SUNNY CENTER) .....	19
圖 5.1、CPV 陣列 .....	20
圖 5.2、不同太陽 PV 系統從日出至日落之發電情況比較圖.....	24
圖 5.3、不同接面對於不同光波長區段之響應頻譜 .....	24
圖 5.4、太陽直射光示意圖.....	24
圖 5.5、追日系統研究之魚骨圖 .....	24
圖 5.6、CPV 受到雲的影響導致快速的 I-V 改變.....	24
圖 5.8、CPV 與 PV 系統的年安裝量趨勢圖 .....	24
圖 5.9、EPIA 預測從 2013~2017 年之不同種類之 PV 系統年複合成長率(CAGR)	24
圖 5.10、主要 CPV 生產公司及產能.....	24

## 貳、 目的

近年來世界各國的快速發展導致各種能源短缺，能源危機將是人類未來所面臨的最大挑戰；再者能源過度使用造成全球暖化，所導致的氣候變異及生態浩劫，已經是目前嚴峻的課題。一個無污染、無虞匱乏並足夠全世界使用的綠色能源—太陽能電池，因此廣泛受到各界的重視，目前市場上的太陽能電池大部分是利用單晶矽或是多晶矽晶圓所製造，也就是所謂的第一代太陽能電池，但是目前製造成本仍高，若要取代一般電廠仍有極大困難，下一世代的太陽能電池勢必要大幅降低成本，以達成市電平衡，甚者可已比市電更便宜之價格發電，以取代傳統電廠(例如火力發電)。

目前台灣發展之再生能源包括：風能、太陽光電、太陽熱能、生質能、地熱能、海洋能及水力能等，目前再生能源佔比達6.8%(其中風力佔1.37%，水力佔5.08%，太陽能佔0.33%) [1]，政府也陸續推動「千架海陸風力機」發展風能、「陽光屋頂百萬座」發展太陽能，據規劃2030年屆時預估可占我國總電力系統裝置容量16.1% [2]。太陽光電發電近年來蓬勃發展、百花齊放，2013年全球的安裝量約35GWp，預計2014年全球的安裝量將增長至49GWp [3]。全世界不論政府與民間，投入太陽光電產業的金額也非常龐大。世界各國例如日本、德國、美國、歐盟、韓國等政府均設定產業目標及獎勵補助措施，我國自然也提供太陽光發電產業許多補助。台灣地區地處亞熱帶，日照充份，具有使用太陽光發電之利基，本公司為國內最大能源公司，自然期待在國內太陽光電產業中，扮演火車頭角色，結合國內業者，使我國具有國際競爭力。

本次出國目的主要有三項：

- (一)、 參與美國舉行之 CPV-10 聚光型太陽能發電國際研討會，掌握國際 CPV 太陽電池研發現況及發展趨勢。
- (二)、 參加研討會安排的技術參觀，包括太陽光電測試實驗室太陽能蓄電廠、智慧型電網 2MW 等級聚光型太陽能電廠。
- (三)、 促進資訊交流，建立國際人脈關係。

## 參、 行程

研討會行程及參訪時間安排如下表

表 3.1、參訪行程與時間

日期	詳細工作內容
103/04/06(日)	啟程：台灣→洛杉磯(美美國加州)
103/04/07(一)	洛杉磯(美國加州)→阿布奎基(美國新墨西哥州) CPV 太陽光電系統國際研討會
103/04/08(二)	CPV 太陽光電系統國際研討會
103/04/09(三)	CPV 太陽光電系統國際研討會
103/04/10(四)	參觀 CFV Solar Test Laboratory / Fraunhofer CSE Outdoor Test Site(太陽光電測試實驗室)、 PNM Prosperity Solar Energy Storage Plant(太陽能蓄電廠、智慧型電網)、及 Eubank Landfill Solar Array( 2MW 等級聚光型太陽能電廠)。回程阿布奎基(美國新墨西哥州)→洛山機(美國加州)
103/04/11(五)	回程(洛山機(美國加州) →台灣(飛機上過夜)
103/04/12(六)	回程洛山機(美國加州)→台灣

## 肆、 參訪與討論

本節內容主要為參加 10th International Conference on Concentrator Photovoltaic Systems(第 10 屆 CPV 聚光型太陽光電系統國際研討會)的重點說明；以及研討會主辦單位安排的技术參觀，參觀單位包括 CFV Solar Test Laboratory / Fraunhofer CSE Outdoor Test Site(太陽光電測試實驗室)、 PNM Prosperity Solar Energy Storage Plant(太陽能蓄電廠、智慧型電網)、及 Eubank Landfill Solar Array( 2MW 等級聚光型太陽能電廠)。

### 4.1. CPV 太陽光電系統國際研討會



圖 4.1、研討會照片

本研討會邀請了許多國際 CPV 的重量級研究單位、專家與會討論，其中研究單位包括 NREL(National Renewable Energy Laboratory)、IBM(International Business Machines Corporation)、Fraunhofer CSE(Center for Sustainable Energy Systems)、CFV(CSA Group+Fraunhofer+VDE Institute) Solar Test Laboratory、Sandia National Laboratories...等。本章節主要拮錄研討會報告中其中重要的部份 [4]，詳加解釋說明。

#### 4.1.1. IBM 的技術 HCPVT Technology [5] [6]

表 4.1、IBM HCPVT 技術資料

技術資料	內容
低成本	Low Cost Photovoltaic Thermal Concentrator from innovative materials
高容量	Size: 10kW electrical and 25 kW thermal @ 90°C
高效率	超高 80%的光能(電能+熱能)轉換效率— Yields: 25% electrical, 55% thermal, and 80% total Microchannel cooled



multichip receiver with 10x lower thermal resistance

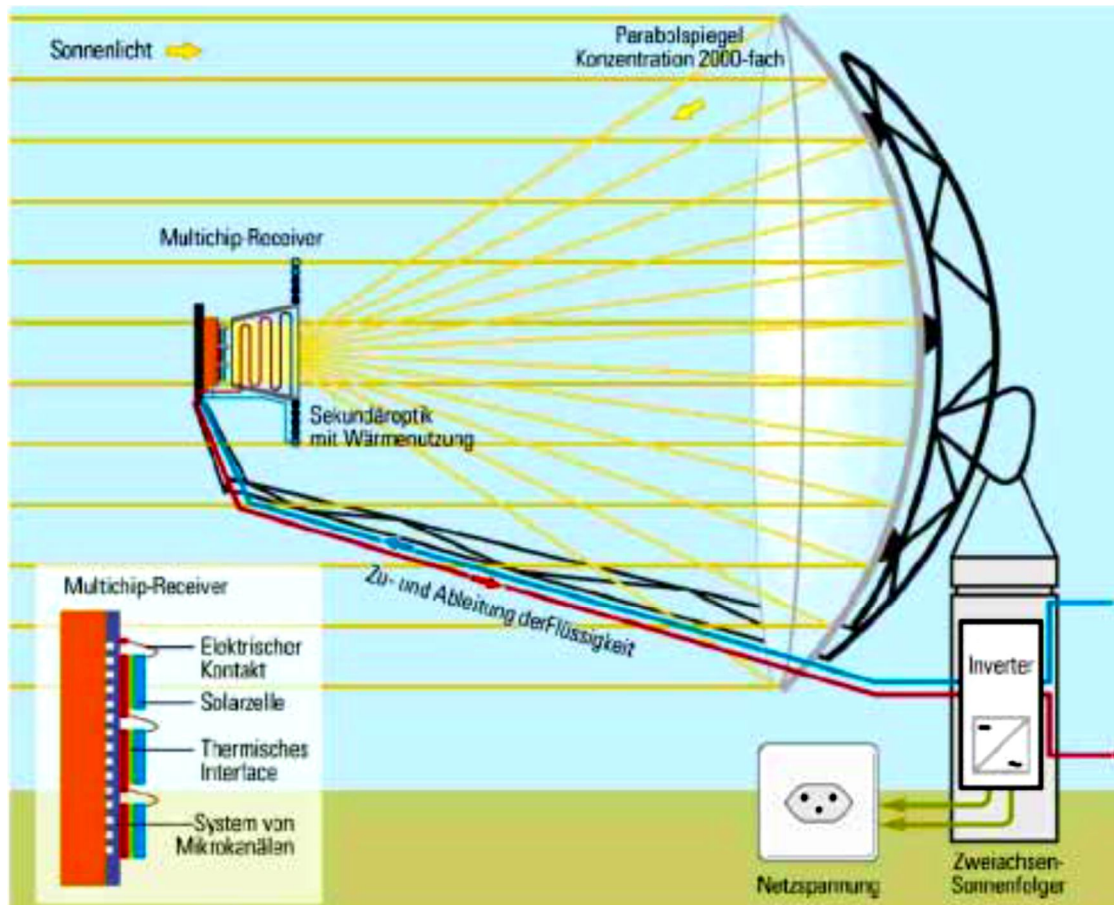


圖 4.2、IBM HCPVT 詳細設計圖示

表 4.2、IBM HCPVT 關鍵特色

關鍵特色	內容
鋼筋混凝土結構	十分之一的結構材料成本—Concrete tracking and supporting structure inflatable mirrors with 10x lower cost than steel/glass technologies
與海水蒸餾淡化結合	Combination with adsorption cooling and membrane distillation desalination

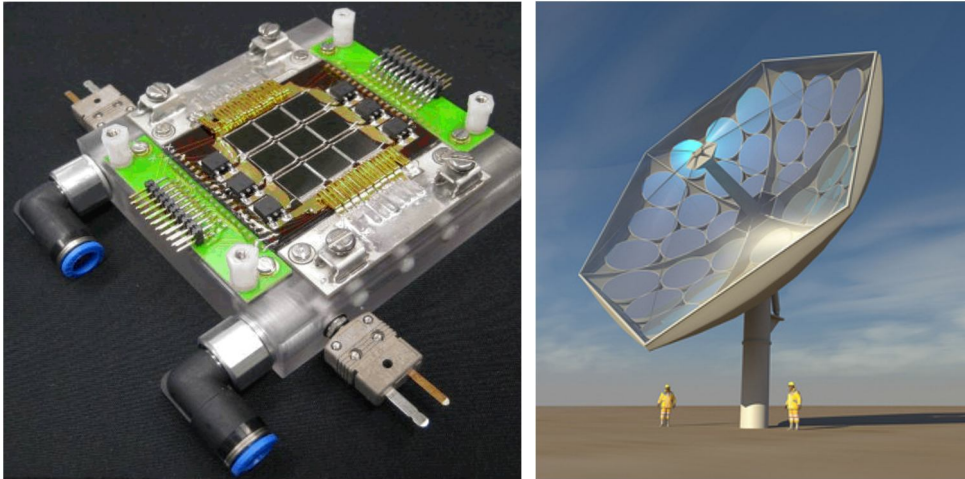


圖 4.3、IBM HCPVT 冷卻系統及概念圖

4.1.2. 太陽能並非免費之能源，包括以下幾種代價

- (1) 建造(CAPEX)及營運(OPEX)太陽能發電場的費用。
- (2) 製造太陽能板或其他隱含的能源成本(gray energy)。
- (3) 深色的太陽能板會引起更多的放射強制力(Radiative forcing)。

放射強制力(Radiative forcing)的定義為地球自太陽所接收到的輻射能量減去地球釋放出來的輻射能量。放射強制力除了轉換為其他能源形式(生質能、風能、波浪...)儲存，或是不能再被利用的熱能，而熱能會導致地球昇溫，這是我們所不樂見的。

這裡暗示著，若不能提高光電轉換效率，充份將太陽能轉換成電能，則其他能量可能將會以熱能形式留存而對於溫室效應無益。

- (4) 都市中大量的安裝太陽能板可能加劇都市的熱島效應，導致城市的氣溫更高，如此增加了民眾對於空調的用電需求。

在此，IBM 的演講者 Bruno Michel 認為，都市中大量的安裝太陽能板並非一個好的主意。因為大量的太陽能板導致城市內溫度升高，因而民眾的用電量也升高(如圖 4.4)，如此與推動太陽能的原意相違背。

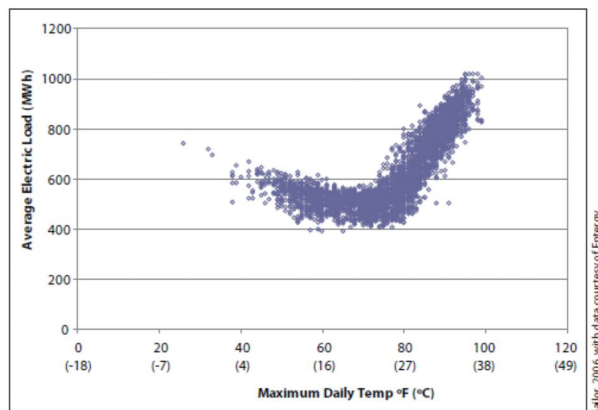


圖 4.4、溫度與用電量之關係圖，當溫度超過 27 度時，用電量大幅增加

#### 4.1.3. 在沙漠設置太陽能板可將太陽能的好處極大化

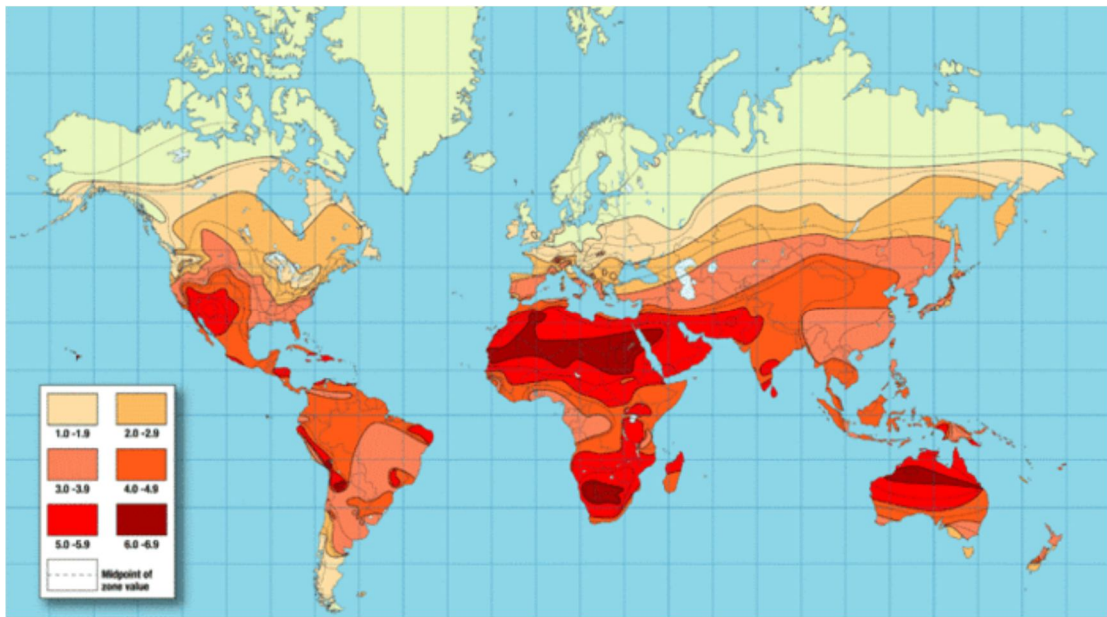


圖 4.5、全球日照度分部圖、顏色愈深者代表日照度愈高

是否能將太陽能的好處極大化，在此關係到太陽能板的 payback time，目前一般薄膜、及多晶矽太陽電池的 payback time 約略分別各為一年至二年。而太陽能板的使用壽命假定為 30 年，這代表著另外 28~29 年太陽能板發的電為乾淨的淨利的能源。然而考量實際情況，太陽能板安置的位置不同，因各地區緯度不同、氣候日照強度亦不同。安裝在歐洲國家例如德國的太陽能板，相對於安裝於地中海周邊國家(例如北非)，需要 3 倍以上 payback time。也因此，演講者認為若要將太陽能的好處極大化，太陽能板應集中設置在日照強度高的地區。

#### 4.1.4. 考率反射率下不同太陽能板的 payback time

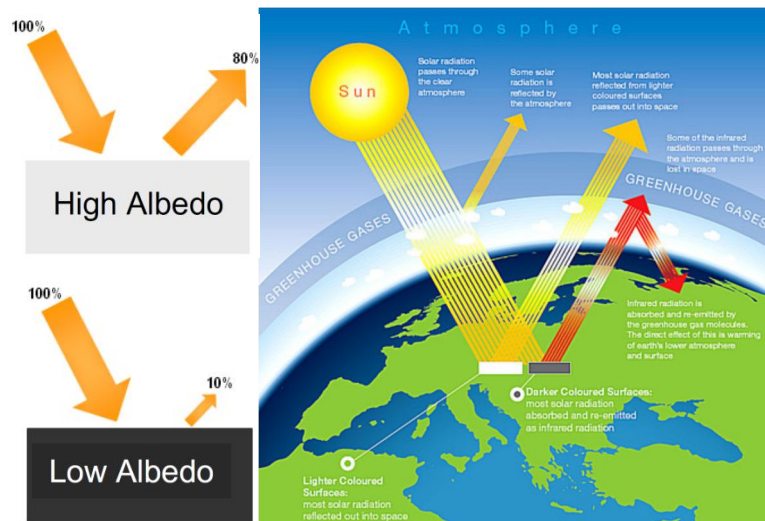


圖 4.6、太陽光反射示意圖，白色表面相對於其他顏色，有較高的反射率

地球的平均反射率為 30~35%，根據不同的地質結構變化有所不同。白色相對其他顏色則有相當高的反射率。在如此考量下，重新來檢視不同太陽面板的能量使用平衡，如此，低反射的太陽能板裝置量多時可能增加溫室效應，依此假設重新計算的 payback time。假設 0.01 反射率改變 (albedo change) 相當等於 7 kg CO<sub>2</sub> emissions / m<sup>2</sup> 生成；與地面比較，相等於 0.35 的反射率改變，同等於 245 kg CO<sub>2</sub> emissions / m<sup>2</sup> 生成(如圖 4.8)；或是與白色屋頂相比較，相等於 0.75 的反射率改變，同等於 525 kg CO<sub>2</sub> emissions / m<sup>2</sup> 生成(如圖 4.9)。

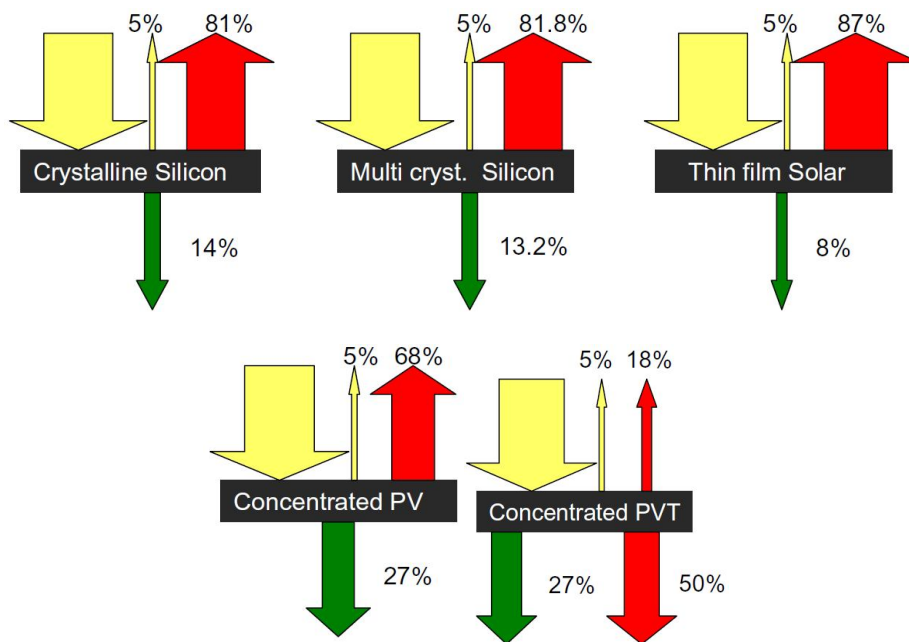


圖 4.7、不同太陽能板的反射示意圖，一般多晶矽及薄膜型太陽電池皆有很高的熱輻射效應。

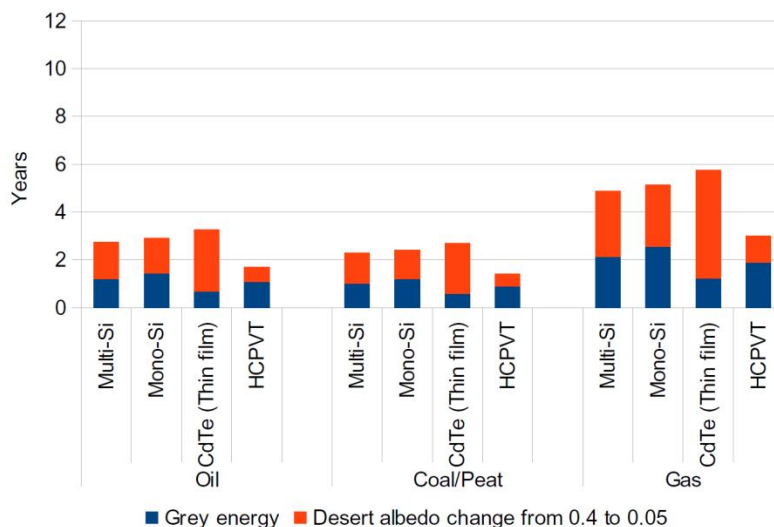


圖 4.8、不同太陽能板的 PAYBACK TIME，考量為一般地表情況改為太陽能板，



ALBEDO 的改變量為從 0.4 變為 0.05。

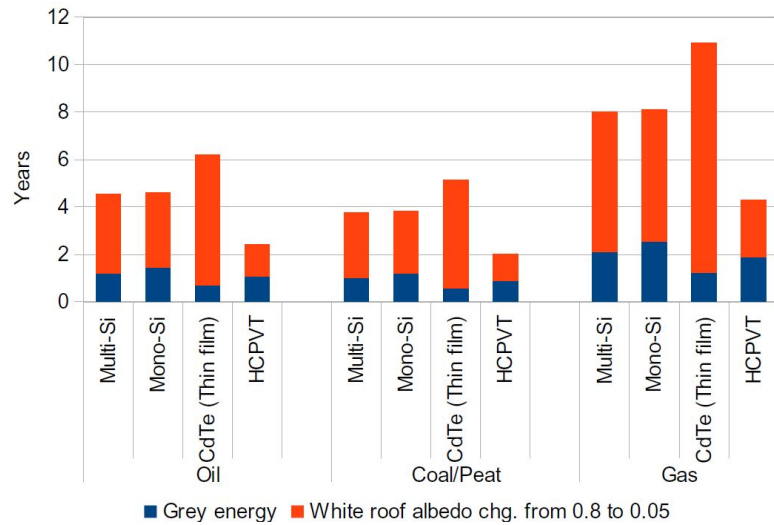


圖 4.9、不同太陽能板的 PAYBACK TIME，白色屋頂改為太陽能板，ALBEDO 的改變量為從 0.4 變為 0.05。

#### 4.1.5. 白色的屋頂能降底熱島效應，可配合衛星式(非在城市中)的太陽能發電場

若能將城市中的屋頂改為白色屋頂，而非設置太陽能板，如此可以提高反射率，降低熱島效應，如下圖。

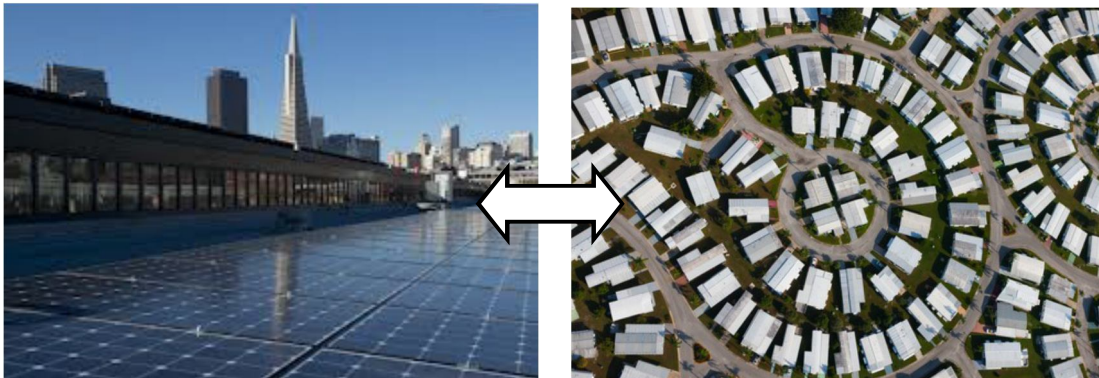


圖 4.10、白色屋頂改為太陽能板，ALBEDO 的改變量為從 0.4 變為 0.05。

依此理念，IBM 提出電一個概念性的規畫，如下圖 4.11，將太陽能發電場設置在離城市中心 50 公里外的地方，所發的電能提供城市所用，所產生的熱能可供當地使用，或做為海水淡化的加熱蒸餾所用。而冷卻後之淡水可做為城市一般用水所需，或是再做為冷卻水提供太陽能發電場 CPVT 的冷卻所用。

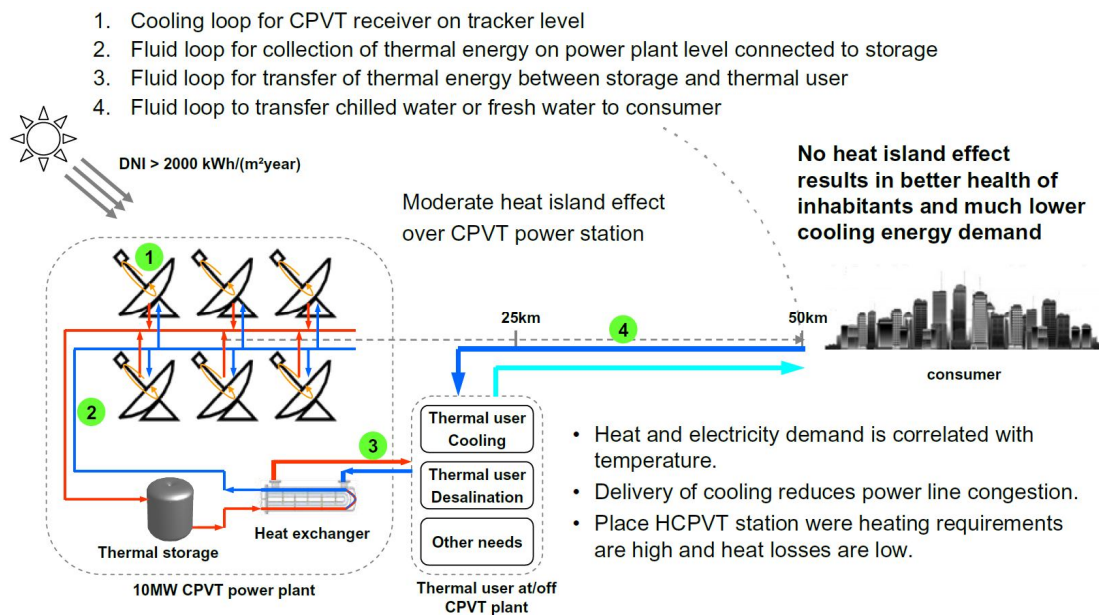


圖 4.11、白色屋頂改為太陽能板，ALBEDO 的改變量為從 0.4 變為 0.05。

#### 4.1.6. 研討會重點結論

- (1) 過去認為太陽能是免費的能源，因此對於效能要求的壓力並不大，這觀念是錯誤的。
- (2) 因為太陽能板會導致增加放射強制力(Radiative forcing)，不能再視為免費的能源，因此太陽能板的 payback time 應須重新考量。
- (3) 白色的屋頂能大幅降底熱島效應，可配合衛星式(非在城市中)的太陽能發電場。
- (4) 城市中的太陽能板會增加熱島效應，導致用電需求上昇。
- (5) 最佳的技術應是設置在城市外、高效能的太陽能電廠，如此可避免熱島效應。

#### 4.2. 研究中心及發電場參觀行程

本參觀行程由研討會主辦單位安排至 Sandia National Laboratories，因為 Sandia National Laboratories 位於美國空軍基地中，後來主辦單位才告知我因為安全問題不能成行。因此本節主要為其他之參訪行程，包括參觀 CFV Solar Test Laboratory / Fraunhofer CSE Outdoor Test Site(太陽光電測試實驗室)、PNM Prosperity Solar Energy Storage Plant(太陽能蓄電廠、智慧型電網)、及 Eubank Landfill Solar Array( 2MW 等級聚光型太陽能電廠)

##### 4.2.1. CFV Solar Test Laboratory / Fraunhofer CSE Outdoor Test Site(太陽光電測試實驗室) [7]



圖 4.12、CFV SOLAR TEST LABORATORY

在此實驗室中禁止拍攝照片，故在此無拍攝照片。本測試實驗室主要有分為戶內及戶外兩個主要部份。在戶內的部份主要為全尺寸的太陽能模組相關測試，主要的設備包括

- (1) Pilot Module Fabrication line
- (2) Pulsed Class A+A+A+ Solar Simulators
- (3) FEA Modeling
- (4) Indoor Environmental Testing
- (5) Imaging (EL, IR, SEM)



圖 4.13、全尺寸的模組機械強度測試設備





圖 4.14、全尺寸的模組環境(溫、溼度)試驗設備 [8]



圖 4.15、全模組尺寸的室內 I-V 量測系統 [8]

在戶外的部份為追日系統模組實測設備以及屋頂型太陽能實測設備



圖 4.16、戶外模組實測及追日系統設備

#### 4.2.2. PNM Prosperity Solar Energy Storage Plant(太陽能蓄電廠、智慧型電網)





圖 4.17、智慧型電網，包括右側之控制室及後方之儲能系統



圖 4.18、智慧型電網主要的通訊及控制主機



圖 4.19、智慧型電網的儲能系統內部，基本上為鉛蓄電池(LEAD-ACID BATTERY)堆

#### 4.2.3. Eubank Landfill Solar Array( 2MW 等級聚光型太陽能電廠)

在此聚光型太陽能電廠旁同時設置有追日型的多晶矽太陽能面版，根據與現場工程師的討論，了解到此種形式之聚光型太陽能仍有許多問題，包括落塵清洗等，但最主要的問題是總發電量相比於追日型的多晶矽太陽能面版，並無顯著的差異。因此聚光型太陽能在實用上仍須進一步的改善。



圖 4.20、EUBANK LANDFILL SOLAR ARRAY 聚光型太陽能電廠





圖 4.21、EUBANK LANDFILL SOLAR ARRAY 聚光型太陽能電廠之直交流變電箱(SMA SUNNY CENTER)

## 伍、心得與建議

### 5.1. 心得

本節主要就 CPV 的優點與缺點、及近期的 CPV 系統市佔率及未來的發展性報告心得感想。



圖 5.1、CPV 陣列 [9]

#### 5.1.1. CPV 的優點與缺點

##### 優點

- (1) 發電量穩定：如下圖 5.2，因為 CPV 具追日功能，故發電量受太陽的角度的影響較小，在一整日能保持穩定的發電量(假設無遮陰及雲層遮日)。相較之下，固定式的 PV 系統(如圖 5.2、Fixed Si PV 及 Thin Film PV)，發電量受太陽入射角度影響較大，無法在白天時提供穩定的發電，因此也不適合作為白天時之基載電力供應。

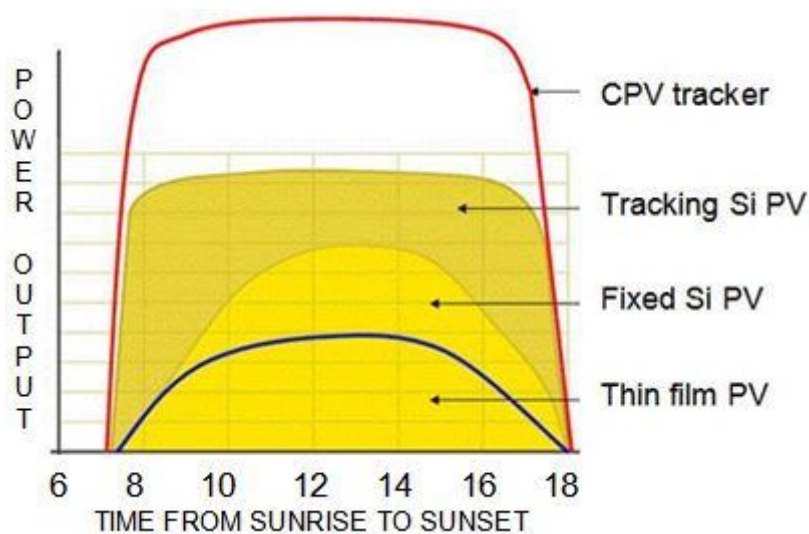


圖 5.2、不同太陽 PV 系統從日出至日落之發電情況比較圖 [10]

- (2) 理論較轉換效率高：目前在 4 接面之太陽能電池研究(4 Junction GaInP/GaAs/GaInAsP/GaInAs 聚光型太陽電池)效能已可達 44.7% [11]，若能再結合太陽熱能的利用，總太陽能利用率可達 60%~80%。下圖顯示，在 4 接面之太陽電池，對於太陽光譜全波段由 250nm 至 1750nm 皆有良好之響應頻譜值(EQE)。

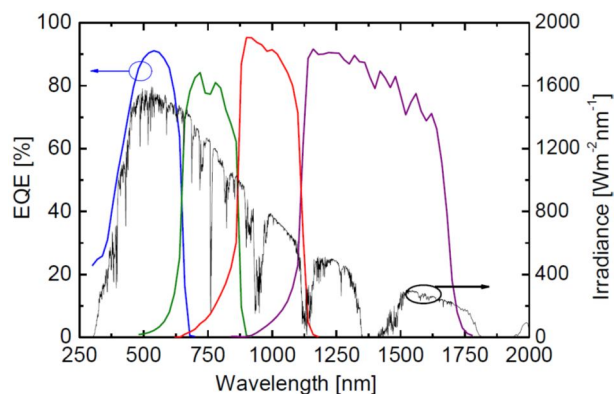


圖 5.3、不同接面對於不同光波長區段之響應頻譜  
(外部量子轉換效率 EQE Data)

### 缺點

- (1) 需要大量的直射光(一般建議  $DNI > 850 \text{ W/m}^2$ ，台灣平均約  $500 \text{ W/m}^2$ )，因此較合適於沙漠地區，但同時必需保持聚光鏡的清潔，故必需要近水源。且不可離用電地區太遠，以免電力傳輸耗損。

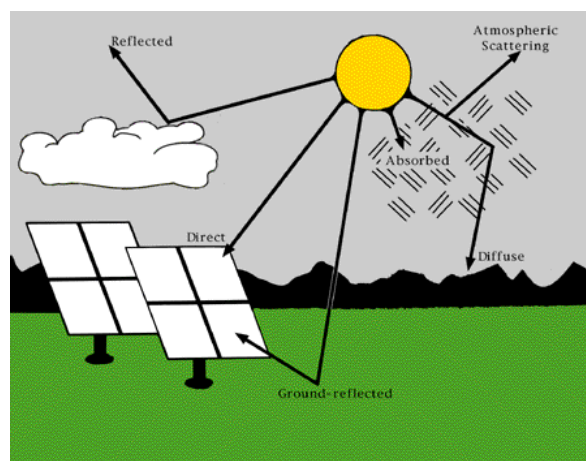


圖 5.4、太陽直射光示意圖 [12]

- (2) 需要高精確度之追日系統。一般追日精度要求偏差值小於 0.1 度，且追日系統須要高精密之設計，增加了製造成本及維護成本。
- (3) 在晴天下有雲層短暫遮日亦會造成發電量極劇的上昇與下降。如下圖

• 3rd order analysis for HeliosLite tracker

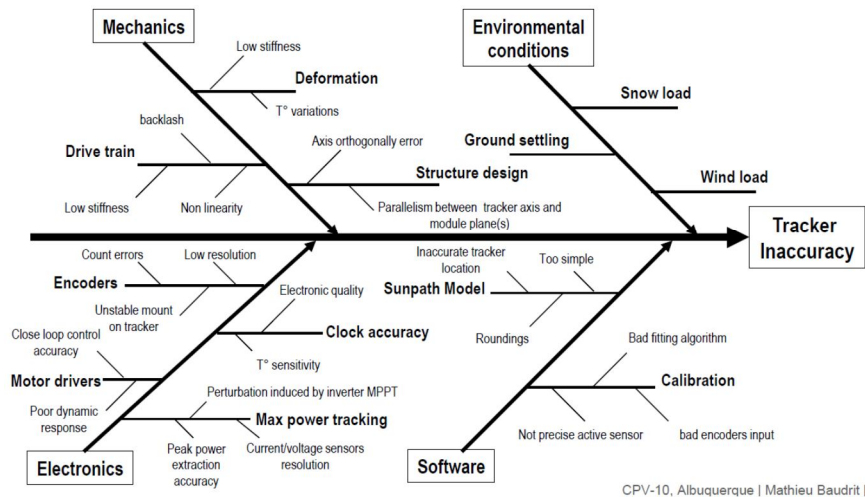


圖 5.5、追日系統研究之魚骨圖 [13]

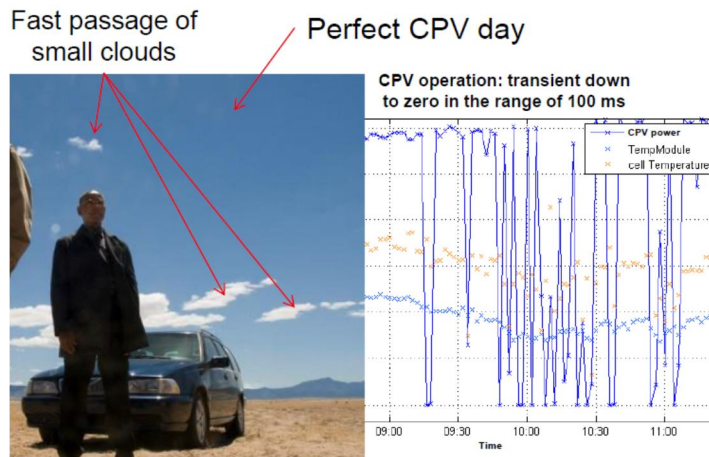


圖 5.6、CPV 受到雲的影響導致快速的 I-V 改變 [14]

- Cell efficiency, ASTM G173-03 (CSTC: AM1.5d,  $x \cdot 1000 \text{ W/m}^2$ , 25 °C) **40 %**
- Optical efficiency,  $G_{\text{on-cell}} / G_{\text{sun}}$  (estimate for 25 °C) **83 %**  
 standard reflection losses on front and rear side of the lens;  
 losses within Fresnel structure: diffraction, chromatic aberration, ...
- Module manufacturing efficiency **93 %**  
 distribution in cell efficiency, positioning of lens-cell, ...
- **Module efficiency**, ASTM G173-03, CSTC:  $1000 \text{ W/m}^2$ , 25 °C (cell) **31 %**
- System installation efficiency **85 %**  
 distribution in module efficiencies, cabling, inverter efficiency,  
 operating cell and lens temperature, ...
- **System efficiency**, ASTM G173-03, CSOC:  $900 \text{ W/m}^2$ , 20 °C (ambient) **26 %**

圖 5.7、從元件到模組到系統之效能變化 [15]



- (4) 設置及維護費用較高：GaAs 電池造價昂貴，遠超過傳統矽晶電池的數十倍。而追日系統、聚光面板皆需要定期的維護，以達較好的發電效果。
- (5) 因聚光型太陽能系統設計較為複雜，雖然電池元件本身效能約 40% 以上，但完成之系統光電效能約為 26%，如圖 5.7 [15]。相比於固定型低維護成本的高效能矽晶系統(19%)，優勢因而不明顯。

### 5.1.2. CPV 系統市佔率及未來可能發展性

Annual installed capacity update

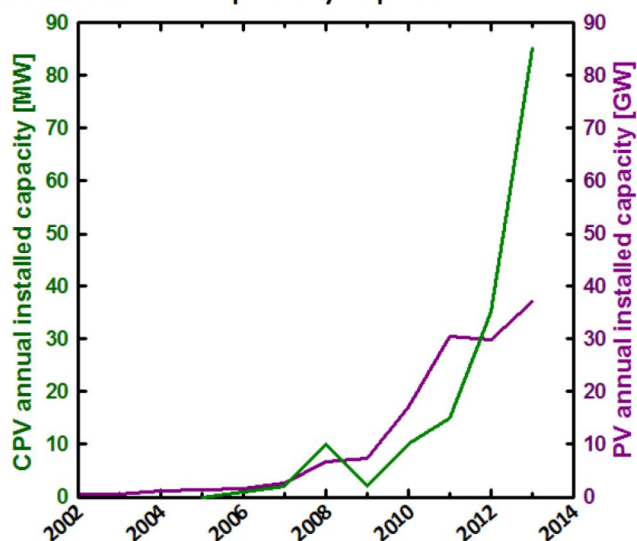
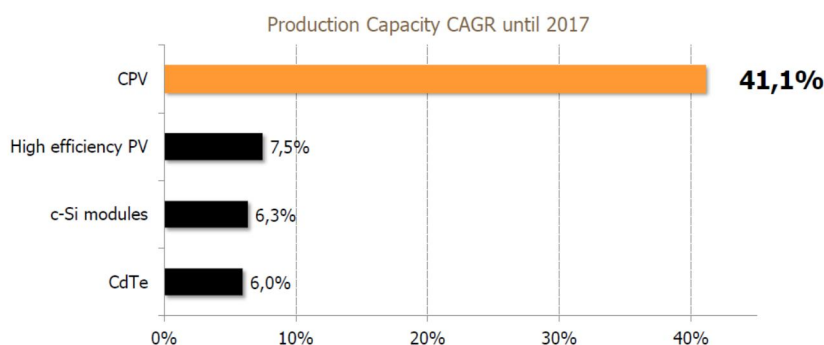


圖 5.8、CPV 與 PV 系統的年安裝量趨勢圖 [16]

上圖 5.8 為 CPV 與 PV 系統的年安裝量趨勢圖，儘管近年來 CPV 年安裝量成長趨勢快於 PV 系統，但 CPV 仍只佔 PV 系統中的一小部份；在 2013 年當年度，CPV 的總安裝量約為 85MW，同一年 PV 系統的年安裝總量約為 39GW，這代表 CPV 只佔約 PV 系統的 0.2~0.3%。

EPIA projects 1 GW of production capacity by 2017



Source: EPIA, Global Market Outlook for Photovoltaics 2013 - 2017

圖 5.9、EPIA 預測從 2013~2017 年之不同種類之 PV 系統年複合成長率(CAGR) [17]

上圖 5.9 為 EPIA 預測從 2013~2017 年，不同種類之 PV 系統年複合成長率(CAGR)，相比於其他的 PV 系統，EPIA 預期 CPV 系統的年複合成長率可達 41.1%，相較於其他系統如 C-Si 或 CdTe，CPV 系統的年複合成長率超出 5~7 倍。

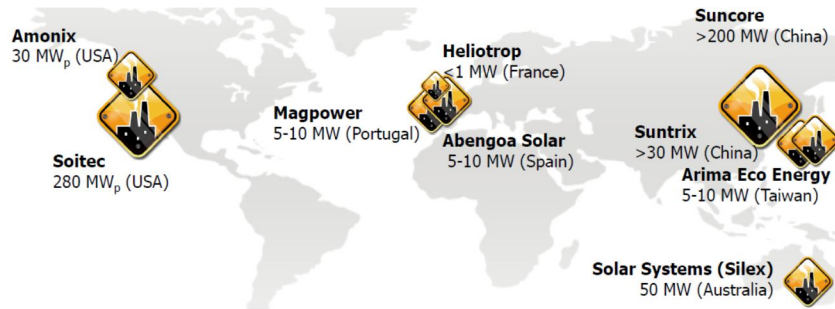


圖 5.10、主要 CPV 生產公司及產能 [9]

### 5.1.3. 心得結論

儘管近年來 CPV 年安裝量成長趨勢快於 PV 系統，但 CPV 仍只佔 PV 系統中的一小部份，PV 系統產業仍以矽晶太陽電池為主流，佔 PV 系統中的 85~90%，其次為薄膜太陽電池，主要包括矽薄膜、CIGS、及 CdTe 等。CPV 雖然具有相當多的優點，但其系統技術要求高、維護費用較高昂，皆為 CPV 發展之阻礙，未來市場仍待更多之研究評估。

## 5.2. 建議

總結本次開會行程與討論，以下幾點建議：

- (1) 在考慮到太陽能板或太陽能系統的payback time時，應有更周嚴的考量，不能僅僅只考慮到產品本身的gray energy。對於系統設置後對環境帶來的衝擊需一併考慮，如此重新計算的payback time才更能符合實際情況。
- (2) 過去甚少考量到太陽能板安裝後，對環境帶來的衝擊，這一部份可分為兩者，一者是深色的太陽能板可能會引起地球升溫，將此考量併入計算後，payback time大幅增加。
- (3) 第二是，若在都市中大量的安裝太陽能板，可能導致熱島效應，而熱島效應升高的溫度反而會導致用電量大幅的提高。政府在推動BIPV時，須考量是否會導致熱島效應的提高。
- (4) CPV有其高效能的優勢，如果結合熱利用，未來可能有發展的機會。但目前仍有許多問題需要克服，包括實際運轉時效能優勢並不明顯，系統維護費用較為高昂，安裝地點受限，只能侷限於特定氣候條件，並不合適台灣氣候。



## 陸、 參考資料

- [1] 台灣電力公司, “<http://www.taipower.com.tw/>,” [線上].
- [2] 經濟部能源局, “<http://energymonthly.tier.org.tw/>,” 能源報導—再生能源, 1 2012. [線上].
- [3] S. Quarterly,  
“<http://www.solarbuzz.com/tw/news/recent-findings/strong-growth-forecast-solar-pv-industry-2014-demand-reaching-49-gw/>,” Solarbuzz Quarterly, 12 2013. [線上].
- [4] Brian R. Burg, Angelos Selviaridis, Stephan Paredes, and Bruno Michel, “Ecological and Economical Advantages of Efficient Solar Systems,” 於 *CPV-10*, Albuquerque, 2014.
- [5] W. Escher, S. Paredes, S. Zimmermann, C. L. Ong, P. Ruch, and B. Michel, “Thermal management and overall performance of a high concentration PV,” 於 *CPV-8*, Proc., 2012.
- [6] B. R. Burg, S. Paredes, T. Tick, W. Escher, and B. Michel, “Receiver integrated cooling of high- concentrating photovoltaic thermal systems for efficient heat recovery,” *review*, 2014.
- [7] C. F. S. T. Laboratories, “<http://cfvsolar.com/>,” [線上].
- [8] Larry Pratt, Nick Riedel, and the CFV Team, “PV Module Characterization Methods at CFV solar Test Lab,” 於 *Sandia 2014 PV systems Symposium*, Santa Clara , 2014.
- [9] H. Lerchenmüller, “Enhanced commercial attractiveness of CPV,” 於 *CPV-10*, Albuquerque, 2014.
- [10] A. S. Blazej, “ECNmag,” 27 11 2013. [線上]. Available:  
<http://www.ecnmag.com/articles/2013/11/cpv-technology-today-and-tomorrow>.
- [11] F. Dimroth, M. Grave, P. Beutel, R. Krause, “Wafer bonded four-junction GaInP/GaAs//GaInAsP/GaInAs concentrator solar cells with 44.7% efficiency,” *Photovoltaics*, 2014.
- [12] “<http://rredc.nrel.gov/>,” [線上]. Available:  
[http://rredc.nrel.gov/solar/pubs/shining/page12\\_fig.html](http://rredc.nrel.gov/solar/pubs/shining/page12_fig.html).
- [13] M. Baudrit, P. Besson, and E. Ménard, “How High Precision Tracking Accuracy Sensors can Unlock a Tracker's Design Potential,” 於 *CPV-10*, Albuquerque, 2014.
- [14] César Domínguez, Philippe Voarino, Begoña Lazpita, Anthony Bier, Pierre Besson and Mathieu Baudrit, “CPV-SPECIFIC TEST PROCEDURES FOR EVALUATING ON-GRID INVERTERS,” 於 *CPV-10*, Albuquerque, 2014.
- [15] A. Bett, “High-Efficiency - A Key for CPV,” 於 *CPV-10*, Albuquerque, 2014.
- [16] G. Kinsey, “Welcome to CPV-10,” 於 *CPV-10*, Albuquerque, 2014.
- [17] “Global Market Outlook for Photovoltaics 2013~2017,” *EPIA*.