

精誠中學校舍屋頂新設太陽能發電設備評估報告

緒論

台灣進口能源比例為 97.49%(2012 年)，能源密集度(能源 teo/百萬美金 GDP)較日、德、英、法、義為高。顯示我國應積極朝向降低能源密集產業、提升能源效率，及提高再生能源技術的發展與裝置設置方向努力。

精誠中學 103 年契約容量為 810KW，104 年為 790KW，是能源局列管的能源大戶，必須逐年接受能源查核，並設置能源管理人員，進行能源統計、檢核、呈報，擬定並執行節能計畫等工作。

今年的節能計畫有兩個主要的項目：其一、是更新樹旺樓老舊冷氣及新增節能控制系統，其二、是校舍屋頂裝設太陽能發電裝置。本報告就裝設太陽能發電設備進行評估分析。

發電量分析

本校可裝設太陽能發電設備的屋頂有 8 棟教學或辦公大樓，其中跨尚志樓金石樓的鐵皮屋頂有使用執照的問題，目前不能裝設。精誠樓屋頂為圓弧狀，較難施工。德慧樓、勤學樓已有鐵皮斜屋頂，是最容易施作的狀況。樹旺樓、迎曦館、科學大樓是平面狀屋頂，部分有凸出物及鄰近高層建築遮蔭的問題。經廠商實測，樹旺樓約可裝設 50KW，迎曦館+科學大樓也約可裝設 50KW。德慧樓、勤學樓共可裝設 94KW。所以全校目前可以裝設太陽能發電設備的總發電量約為 194KW。

建物	屋頂	裝設可行性	發電量
跨尚志樓金石樓 鐵皮屋頂	山形鐵皮屋頂	目前不可行	
精誠樓	弧形鐵皮屋頂	難度高	
德慧樓+勤學樓	山形鐵皮屋頂	最容易施作	約 94KW
樹旺樓	平面屋頂有凸出 物及鄰近高凸建 物	可裝設部分面積	約 50KW
迎曦館、科學大 樓	平面屋頂有凸出 物	可裝設部分面積	約 50KW

收益分析

我國為推展再生能源的發展，訂有優惠收購綠能電價的費率。以太陽能發電為例，104 年下半年核定 50KW 規模的躉售電價為 5.576 元/度，較台電售電給本校夏季約 4.5 元/度，冬季約 3.5 元/度更高。以 20 年合約計算，扣除初設、維修、保養、保險等費用，總售電金額約是所有費用的 2 倍左右。

	1st	2ed	3th	4 th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
效率衰減	100%	99%	98%	97%	96%	95%	94%	93%	92%	91%
產量(Kwh/year)	66606	65940	65274	64608	63942	63276	62610	61944	61278	60611
收購電價(度/元)	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576
營業收入	371,395	367,681	363,967	360,253	356,539	352,825	349,111	345,397	341,683	337,970
保險	8,250	7,838	7,425	7,013	6,600	6,188	5,775	5,363	4,950	4,538
維修	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
租金收入(5%)	18,570	18,384	18,198	18,013	17,827	17,641	17,456	17,270	17,084	16,898
租金收入(10%)	37,140	36,768	36,397	36,025	35,654	35,283	34,911	34,540	34,168	33,797
自建方案淨收入	341,145	337,844	334,542	331,241	327,939	324,638	321,336	318,035	314,733	311,432

	11th	12th	13th	14th	15th	16th	17th	18th	19th	20th	
效率衰減	90%	89%	88%	87%	86%	85%	84%	83%	82%	81%	
產量(Kwh/year)	59945	59279	58613	57947	57281	56615	55949	55283	54617	53951	
收購電價(度/元)	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	
營業收入	334,256	330,542	326,828	323,114	319,400	315,686	311,972	308,258	304,544	300,830	
保險	4,125	3,713	3,300	2,888	2,475	1,650	1,238	825	413	0	
維修	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	20 年合計
租金收入(5%)	16,713	16,527	16,341	16,156	15,970	15,784	15,599	15,413	15,227	15,041	336,113
租金收入(10%)	33,426	33,054	32,683	32,311	31,940	31,569	31,197	30,826	30,454	30,083	672,225
自建方案淨收入	308,131	304,829	301,528	298,226	294,925	292,036	288,734	285,433	282,131	278,830	6,197,688

以樹旺樓為例，初設成本以 6.5 萬/KW 估計(目前各家報價為 6-7.5 萬)，約需耗資 325 萬，20 年售電所得扣除維修、保養、保險費用後，約可收益 620 萬元(平均 31 萬/年)。若以出租屋頂方式辦理，校方 0 出資，也不用負擔任何維修及保險費，單純收取售電所得的 5%-10%(根據目前各家報價而不同)，20 年合計 33.6-67.2 萬(平均 2.8-5.6 萬/年)。

上表中的計算基礎，發電量是以經濟部能源局陽光屋頂百萬座計畫推動辦公室所提供的台灣各地區每日平均發電時間表中，彰化縣為 3.65 小時，再乘上太陽能面板發電效能，並逐年根據衰減率計算。

節能

除了可以計算的實際收益部分，另外還有較難具體量化的頂樓及冷氣主機，因遮陰所得到降溫節能受惠部分。

104 年規劃優先裝設樹旺樓，太陽能面板會裝設在架高約 2.5 米的架子上。原置放在屋頂的冷氣主機可以避免陽光直接曝曬，降低主機運轉時的功率消耗。此外，頂樓教室因太陽能面板遮陰可以降低室內溫度，不同的估計方式，認為可以降溫 4-6℃，明顯可以降低頂樓教室冷氣壓縮機運轉的時間及耗電量。

營運管理

如果是出租屋頂，本校簽訂合約後，每 6 個月根據公式收取租金。

如果是自建，每個月台電會將售電所得匯入學校指定帳戶。總務處每月定期上屋頂檢視設備，不定期運用行動載具應用程式，檢視發電狀況。

無論是租金或售電所得，逐年編列預算，並於決算書中核實呈現。

保固

太陽能發電設備主要由：太陽能面板、逆電變電器、固定支架、傳輸電纜、資訊傳輸設備等 5 大部分組成。

如果是出租屋頂，本校與得標廠商簽訂 20 年合約，合約中保固標的是屋頂防水及結構，所有設備維修全部由得標廠商自行負責。

如果是本校自購，由太陽能電廠裝設廠商及太陽能面板生產廠商，針對太陽能面板發電量及每年發電衰退比率，提供 20 年聯合保固。逆電變電器，根據不同廠商所使用的產品，提供 5-7 年保固。固定支架、傳輸電纜、資訊傳輸設備等，則提供 1-3 年不等的保固期限。合約中針對屋頂防水層會訂定專款，若防水功能因裝設太陽能發電設備導致毀損，及漏水所發生的相關損失，應由廠商負責修復還原。

另外與產物保險公司簽訂保險合約，提供非人為因素損壞，例如颱風、地震時相關設備毀損時的賠償。

發電相關設備維修

如果是出租屋頂，維修由得標廠商負責。本校僅提供維修時的適當時間與通道。

如果是自購，透過行動載具可以隨時監控發電設備是否異常。若太陽能面板非人為或天災因素損壞，20 年合約期間，廠商應根據保固合約修復或更換。天災因素損壞，則由保險公司理賠。若逆電變電器在保固期外自然損壞，1KW 更新費用約 7 千-1 萬元。其他設備則根據損壞原因，由保險公司理賠或請廠商修復。維修費用估算，已納入收益分析表。

能源教育

無論自購或出租，校方都會要求廠商設置太陽能發電資訊面板，提供太陽能即時及累計發電量的資訊。也要求廠商提供透過行動載具，可以監控設備是否正常運作，以及發電資訊的 APP 應用程式。

請教務處委請物理、生物、地理、生活科技或其他有意願科目的老師，在各種傳統、行動學習、校本課程規劃中，研發與太陽能發電相關的綠色能源教案，在適當課程進行永續發展在能源議題面向的教學。

屋頂防水保固

各家太陽能裝設廠商，多有在各地租用屋頂設置太陽能電廠的經驗，租用合約中都會有屋頂保固條款。在結構與承載力部份，申請裝設太陽能發電設備時，必須提供結構技師的評估與認證程序。在防水方面，各廠商都有合適的技術與材料，維護屋頂的防水功能。

以樹旺樓為例，目前屋頂是輕質發泡水泥，以隔熱功能為主，兼具防水功效。最糟的情況，如果防水功能因裝設發電設備而破壞，無法局部修復，必須全部拆除重作時。若是租用屋頂，所有費用由承租廠商負擔。若自建，20年合約期間發生，亦由承製廠商負擔。如果20年期滿後才發生，須由本校自行負擔時，目前粗略估計不超過50萬元。意即最多耗費20年收益(620-325=295)萬元的17%。

合約期滿處置選項

本校與台電或太陽能設備廠商合約都是簽訂20年，20年後發電效能約剩8成。20年合約期滿後處置方式有4種選項：

選項1、台電定型化合約中規定，20年期滿可以續約5年，5年後再選擇處置方式。

選項2、拆除復原。

選項3、改建最新的發電設備。

選項4、留下發電設備發電自用，目前本校非上班時間的耗電功率約110KW，夏季上課時間尖峰用電約760KW，非夏季尖峰用電約250KW。如果累積裝設容量為193KW，20年後，全日照時約剩154KW發電功率，可以全數直接由本校所使用，減少向台電購電的需求。

裝設時程規劃

台電規定裝設容量超過一定限額，必須參加躉售電價競標，104年規定限額是50KW，105年提高為100KW。若超過這些限額，根據經驗，競標結果，躉售電價約為核定綠能收購電價的八折，會明顯降低售電收益或租金收入。

因此，規劃在較有遮蔭需求的樹旺樓、迎曦館、科學大樓，選擇有優先需求的地點，在104年裝設50KW，105年再裝設50KW，剩下已有鐵皮屋頂的德慧樓、勤學樓因為沒有遮蔭降溫需求，暫時不裝設。因為躉售電價逐年下降，105年後，超過100KW的部分需要競標，售電價格會進一步打折，整體收益會大幅下降。

5-10年內，預期太陽能發電技術有進一步的發展，屆時再選擇適合的材料與廠商，裝設更先進的太陽能發電設施。

若房舍於合約期間改建

設置在屋頂的太陽能相關發電設備，都可以在數天內拆卸或重新裝設。因此，若出租屋頂，合約中將註明，房舍於合約存續期間若有改建計畫，廠商須配合學校拆裝相關設備，不得提出發電收益損失賠償要求。若自建，則在合約中約定拆裝費用的概算方式。

招標方式

目前來校洽談廠商約 10 家，各家所提供的設備規格、回饋金、逆電變電器保固期限等相關項目內容略有不同。因此，無論自建或出租屋頂，都根據採購法精神，採最有利標方式進行遴選廠商程序。

結論

綜合而言，本校閒置屋頂裝設太陽能發電設施，兼具教育、節能、經濟效益、外觀改善等多方面正面意義。建議專案提報董事會討論，同意後進行相關採購或招標程序。