



「即發即用」養殖自電自用模組之初探

梁晏甄、楊順德 / 水產試驗所淡水養殖研究中心

前言

隨著氣候變遷加劇，極端天氣事件日益頻繁。2024 年臺灣受山陀兒颱風影響，多地出現強降雨與破紀錄陣風，造成淹水、停電等災情，顯示出基礎設施在面對極端氣候下的脆弱性。這類事件不僅影響民生，也對高度依賴能源穩定性的產業，如水產養殖業，帶來實質挑戰。臺灣能源供應結構特殊，98% 能源仰賴進口，加上島國地理特性，無法跨國調度電力支援，使得提升能源自主性與多元發展成為當務之急。同時，全球正積極推動能源轉型，以應對氣候變遷與減碳目標。

對臺灣而言，推動能源轉型、降低對進口能源的依賴，並促進我國綠能科技與產業發展，已是勢在必行的方向。在這樣的背景下，傳統養殖場域因仰賴大量電力以維持水泵、增氧與控溫等設備運作，面臨供電需求與能源成本上升的雙重壓力。為強化養殖現場的能源韌性與操作彈性，本研究探討即發即用養殖自電自用模組的應用潛力。透過模組化設計、結合光電與養殖設備，可望實現即時供電與自主能源管理，為養殖業提供一項具韌性與永續發展潛力的能源解決方案。

養殖用自電自用模組開發

本中心安裝一組約 5 kW 發電容量的太陽

能光電系統進行試驗。主要設施包括 9 片最大輸出功率 540 W 的太陽能模組。本模組之控制器為雙電源控制器；可直接使用太陽能 360 V 直流電 (DC) 及市電 220V 交流電 (AC)，以供養殖設施使用。就本試驗的裝置設置圖，可供應 2 台 DC 節能水車、1 台鼓風機及戰情室內的空調系統，在日間光照條件下可即時發電，為以上設備提供穩定電力 (圖 1)。

一、整合光電發電系統以提高創能效益

自發自用設備因太陽能發電為直流電，需經逆變器轉換至交流電。在「光電系統結合節能水車自電自用初探」(白, 2024) (以下稱之為「具儲能之模組」) 中，具備儲能系統的設施增加充電箱與電力控制器，但這些設備各自存在效率限制。

本系統則簡化結構，將太陽能直流電直接供應至連接養殖設施的控制器，省略充電箱與電力控制器，減少電力轉換設備，避免因效率限制造成的能量損失，顯著提升整體至少 7% 能源轉換效率。

本研究於 2024 年 9 – 10 月之鹿港地區測試日均發電量約為 16 kWh。根據中央氣象署資料，同時段臺中地區總日照時數為 341.6 小時，中部地區日均日照時數約為 5.6 小時。然而影響太陽能系統效率的環境因素除了日照時數以外，還包含陽光入射角、全天空日射量等。且鹿港緯度 (約北緯 24 度) 高於北回歸線，可

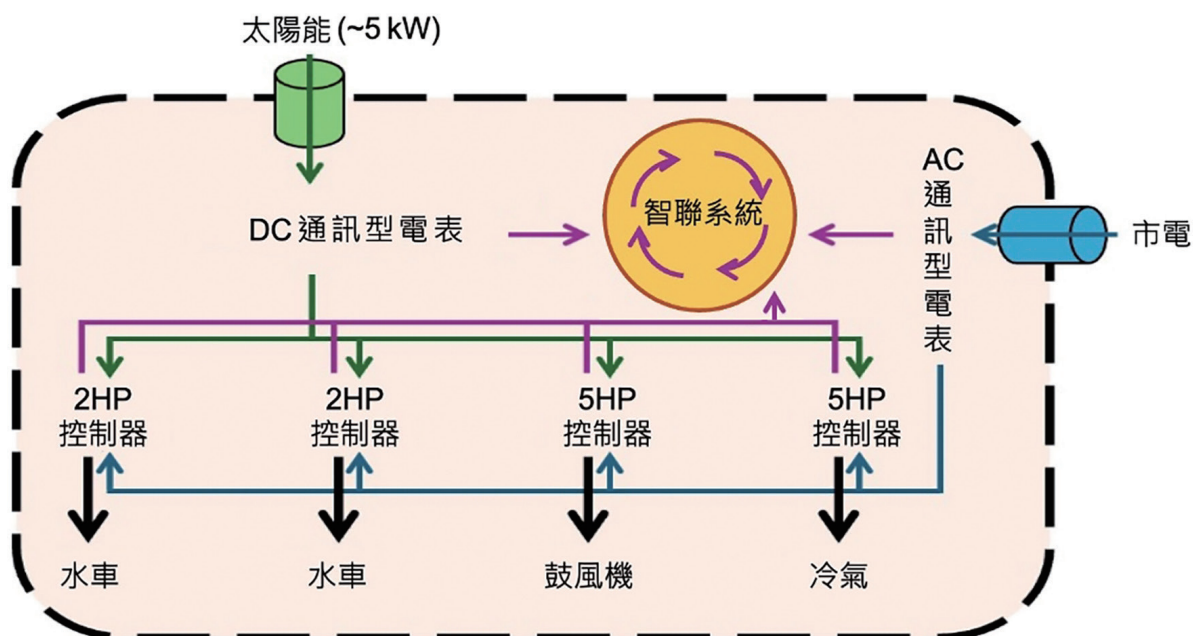


圖 1 養殖光電自電自用模組（即發即用）之設置圖（綠線為太陽能、藍線為市電、紫線為智聯）

能導致單位面積單位時間內獲得的太陽光能較少。依據能源局資料顯示，全臺灣平均每日每kW發電容量可產生之發電量約為3.4 kWh。所以本研究之結果與全臺平均值相近。

二、提高對極端環境及電力不穩耐受性

在台電供應中斷且日間陽光充足的情況下，系統能自動啟動並維持養殖設施的正常運轉。換句話說，遇到颱風或其他災害導致停電時，系統將可獨立運作。這是因為其控制器由太陽能板直接提供直流電，完全不依賴市電即可啟動並運行，實現真正的自主供電。因此，即使颱風過後長時間停電，只要有日光，系統便能穩定運作，確保養殖設施的正常運轉。這種設計不僅大幅提升自電自用的能力，還增強了應對極端天氣及長期電力中斷的韌性，對於養殖設施的穩定性具有重要意義。此外，本模組的控制器具備更廣的電壓容許範圍，可達正

負25%的範圍，具備更高的韌性；再者，即便市電供應缺相的狀態下（例如三相供電僅剩單相或雙相），仍能保持養殖設施的穩定運作，可進一步提升系統在電力不穩定條件下的可靠性和穩定性。

在我國基礎建設中，偏遠地區的電網系統常因長距離傳輸而導致電壓下降，影響用戶端（如養殖業者）的電力品質。本中心建置的自用型光電模組提供解決方案：

（一）微電網系統建置

養殖區多位於偏遠地區，透過建立小型且獨立的微電網，不僅能縮短輸電距離，降低成本，還能顯著提高供電可靠性。

（二）再生能源替代

本模組以再生能源—太陽能為主，為養殖戶提供穩定的替代電源，減少對傳統電網的依賴。此模組的應用不僅改善偏遠地區水產養殖業的電力供應條件，也為建立永續且高彈性設

施作為參考範例。

三、建立單位面積綠電應用最大化達到節能目標

太陽能創電之發電量取決於裝置容量，當裝置容量越大，則發電量越高。在固定的裝置容量下如何取得最大的效益，則取決於節能。除外，若要達到近 100% 使用綠電，就必須先減少傳統養殖設施能源上的損耗，剩下的所需電力則使用綠能代替。所以，節約能源成為首要項目。節能方式：(1) 將高耗能設備換為節能設備；(2) 使用變頻系統，即不同於傳統固定轉速的馬達，可隨時調整馬達轉速，並且使用智慧排程達節電目標；(3) 適時調整光電供電優先順序，將綠能直接供給至核心設備。

本研究以 DC 節能無刷馬達取代傳統 AC 馬達。DC 節能無刷馬達的工作原理是利用磁場和電流的交互作用來產生扭矩；與傳統的有刷馬達不同，無刷馬達沒有碳刷或整個換向器，因此可以提高效率和可靠性，從而使其更加節電。研究結果顯示，DC 節能無刷馬達運轉下的水車功耗僅需 0.5 kWh，相比傳統 AC 馬達運轉下的水車所需之 1 kWh，節省了 50% 的電力（圖 2）。也就是原先供應 1 台傳統水車的電力，可供應 2 台節能水車。相較於傳統水車，每台每年可節電約 4,000 度，每年減少 2,000 kg 二氧化碳當量。而臺灣每台燃油機車平均年排碳量為 350 kg 二氧化碳當量（趙，2020），更換每組 DC 節能無刷馬達相當於減少近 6 台機車的二氧化碳當量排放。

在低轉速條件下，節能水車於 50% 轉速運轉時功耗僅 0.12 kWh（此數據基於水車浮具無負載的條件下）（圖 2）。相較功耗 1 kWh 的傳

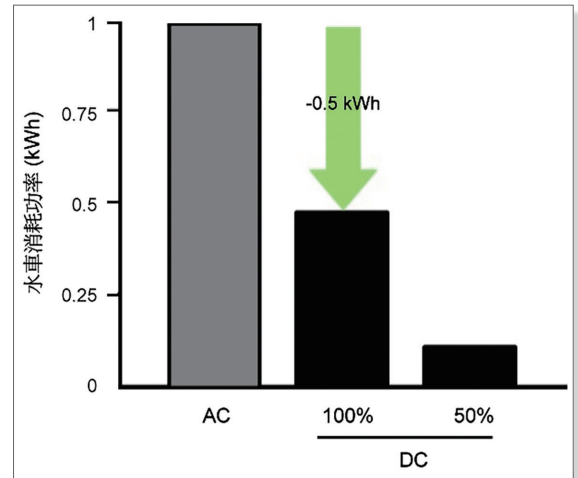


圖 2 水車不同轉速與消耗功率關係圖

統水車與 0.5 kWh 的節能水車，節電效果更顯著。所以更換節能水車可省下 50% 電力，若再降速至 50%，節電幅度高達 90%。在養殖前期、養殖密度不高條件下，戶外養殖池因藻類於日間進行光合作用以提供氧氣，僅需低速運轉水車促進水流形成。

本模組應用之養殖設備包含 2 台 DC 節能水車及 1 台鼓風機（圖 1），所以此系統也可連接養殖業者原有的養殖設備，如本模組所使用的鼓風機，可藉由調控其馬達轉速度以達到節能減碳的目的，若以本鼓風機為例，全速運轉的消耗功率為近 3 kWh，假設將轉速降至 7—8 成，則消耗功率約為 1.5 kWh，所以就本模組的裝置配置，節能減碳的效益為年省 18,000 度電，約省 6 萬元，節碳 9,000 kg 二氧化碳當量（表 1）。

四、建置成本分析

以 5 kW 的裝置容量計算，光電每年可減省約 8,500 度電，節省約 3 萬元電費。針對光電自電自用設施建置成本，以光電板及結構體與相關電力轉換設備等建置成本進行比較，具



儲能之模組為地面型固定式，佔地面積為 40 m²，創能成本為 49 萬元；需要搭配電力轉換和電控箱等設備，包含電力控制器、充電箱及約 26 萬元的儲能模組，僅能供應 1 台傳統 AC 水車 24 小時運轉，約 1 分地養殖面積應用。

本研究之即發即用模組為屋頂型架設於貨櫃上，佔地面積約為 15 m²，創能加上智慧節能系統之建置成本為 34 萬元（表 1），包含創能 18 萬及智慧節能系統需要電控箱及控制器，其建置成本為 16 萬元，就本試驗的裝置設置圖，可供應 2 台 DC 節能水車、1 台鼓風機及戰情室內的空調系統（圖 1）。此模組優點包含易維修、具保護功能、擴充性高等，可選配水質監測、監視系統等，具有高度整合性。另外，可以選配貨櫃（11 萬元），兼作太陽能支架與遮陽設施，同時提供作為戰情室或儲藏室之用，以提升系統穩定性並有效利用垂直空間。

表 1 養殖自電自用模組比較

		具儲能之模組	即發即用模組（即本研究）
目的		自電自用	自電自用 + 節能減碳
成本	儲能	26 萬元 (15 kWh)	無
	創能	49 萬元 (6 kW)	18 萬元 (5 kW)
	智慧節能	無	16 萬元（系統含 4 個控制器，如本試驗配置）
效益	創能	年省 8,500 度電，約省 3 萬元 約 4,200 kg CO ₂ e（理想狀態）	
	智慧節能	無	年省 18,000 度電，約省 6 萬元 約 9,000 kg CO ₂ e
能源轉換效率		無	提高 7%
佔地面積		45 m ²	15 m ²
應用養殖面積		1 分	1 甲
維護		結構複雜	結構簡化，維修容易
保護	過流保護	無	有
	寬壓運作	無，± 10%	有，± 25%
	欠向運轉	無	有
智慧化設備		擴充性低	可選配，如水質監測、智慧監視

結語

此套模組的未來發展著眼於提升水產養殖場域的能源自主性，期望邁向近 100% 綠電使用。實現此目標的前提，須先降低傳統養殖設施之耗能，再逐步以綠能補足實際用電需求，作為穩健邁向永續發展的策略之一。

隨著氣候變遷帶來的颱風強度增強與降水模式變化，養殖產業在能源供應與氣候適應方面面臨一定挑戰。本研究初步顯示，此養殖自電自用模組在穩定供電與成本控制上具備一定可行性，為養殖現場提供一項具有韌性潛力的選項，有助於支持環境友善與資源有效利用的養殖管理模式。此外，此模組的應用有助於減少對市電的依賴，提升養殖場域的自主性與操作彈性。且具有智慧管理系統，可優化能源調度與提升作業效率，為養殖產業的持續發展創造更多可能性。