

以福衛五號影像分析嘉義廢棄鹽田的太陽能產業發展

陳映璇¹ 姚亮巨¹ 張婷雅^{2*} 吳秉勳³

摘要

本文透過福衛五號影像格點 G005 範圍，及參考 Google Map 衛星影像進行影像分析，藉由 QGIS 監督式分類、實地訪查以及實驗結果，探討嘉義八、九、十區鹽田的昔今用途變遷，及太陽能光電廠分布差異，梳理出臺灣對於廢棄鹽田使用方式與未來規劃。臺灣近年太陽光電快速發展，本區廢棄鹽田轉型太陽能光電，成功提高經濟效益，但在轉型發展下，如何與當地居民取得共識，以及如何讓綠能發展與溼地復育及生態保留間達最佳平衡，是後續研究的重要議題。

關鍵詞：福衛五號、太陽能、鹽田、廢鹽田、監督式分析

1. 前言

臺灣是個面積僅 36,193 km^2 的小島，在這座小島上住著兩千三百萬人民，平均人口密度為每平方公里 649.93 人 (截至 2021 年 3 月)，在這個地狹人稠的國家裡，每一寸土地利用都十分重要，處於現代化的社會，能源成了我們生活的必需品，加上政府近年積極推動能源轉型，期望能於 2025 年達成綠能發電供應 20% 電源之目標 (陳寧，2019)，其中「綠能科技產業創新推動方案」，重點項目包括強化太陽光電在地產業以及建構國內自主供應鏈，預計 2025 年共設置 20 億瓦 (行政院，2018)，太陽光電的設置成為我國能源政策中重要議題。

目前臺灣太陽光電的設置，主要分布於中南部地區日照強烈的農地、魚塢、住家或工廠的屋頂上，以及本文欲探討的廢棄鹽田。過去臺灣的鹽田產業從清代開始到日治時期曾經達到鼎盛，如今，隨著鹽田的逐漸沒落，如何轉型成新興事業，遂成為值得研議之課題。本文期望透過福爾摩沙衛星五號的影像分析，瞭解八、九、十區廢棄鹽田這幾年的利用與變遷以及轉型為綠電太陽光電發電廠區分布及發展。

本研究預計從福衛五號衛星影像瞭解嘉義廢棄鹽田逐步變成太陽光電發電廠的過程，並藉由實地考察及訪問當地居民、觀察生態、測量水質狀況，以瞭解太陽光電對當地的影響，並思考發展太陽光電可能遭遇的問題與提出未來發展的建議。

2. 研究區介紹及研究方法

2.1 研究區介紹

本章節介紹研究區域的歷史變革以及衛星影像分析方法，並透過實地訪查與水質調查，討論鹽田與太陽光電廠發展的演變歷程及環境影響。

本研究主要研究範圍為嘉義縣八、九、十區鹽田，八區鹽田位於嘉義縣義竹鄉，九區和十區鹽田位於嘉義縣布袋鎮，鹽田範圍與位置如圖 1。

2.1.1 臺灣鹽田產業的發展

鹽田起源於荷治時期，先民在臺南的瀨口社 (今南區鹽埕路) 煮海水取鹽，但因煮出來的鹽太苦而作廢。直到鄭成功佔領臺灣後，陳永華才正式在瀨口修築「瓦盤鹽場」，讓海水進入鹽田，蒸發結晶後成鹽，並成為當時重要的物資 (高雄縣政府，1999)。在鄭氏時期採用淋鹵式鹽田，與後來的曬鹵

¹ 臺中市立惠文高級中學 學生

² 臺北市立萬芳高級中學 地理科教師

³ 臺中市立惠文高級中學 地理科教師

* 通訊作者，電話：0911864252, E-mail: 994@wfshtp.edu.tw

收到日期：民國 111 年 03 月 14 日

修改日期：民國 111 年 05 月 18 日

接受日期：民國 111 年 06 月 16 日

式鹽田生產流程不同，但因陳永華成功引進此曬鹽技術，故視 1665 年為臺灣「天日曬鹽的開端」(Olesan, 2013)。

到了清朝，因食鹽的需求增加，增建了多座鹽田(本文研究的布袋鹽田即是在當時開始發展)，也嚴禁自產私鹽，每個鹽田都加派人員日夜巡邏，防止民眾偷取官鹽。在劉銘傳來臺後，因私鹽仍舊盛行，所以將鹽的買賣全部交給清朝官方負責，並設立鹽制，此時即是鹽專賣的開端。清朝也將臺南南區的鹽田擴建 $1,842,848 m^2$ ，但後因風災水災，鹽田大量消失。

民國時期，朱玖瑩被當時的行政院院長陳誠邀請來臺，民國 41 年臺灣製鹽總廠成立，他一手策劃臺灣鹽業發展，改善技術，提升鹽田工作者生活品質，可謂對臺灣鹽田發展頗有功勞(Olesan, 2013)。然而因時空更迭，鹽業不敵多種環境因素衝擊，政府於民國 91 年宣布停止曬鹽，並將鹽田土地移轉給財政部國有財產局(即今之國有財產署)接管，臺灣曬鹽產業至此畫下句點(陳惠芳, 2018)。

2.1.2 布袋鹽田發展與退場

布袋鹽田正式展開為清朝乾隆年間，但至道光年間時，因曾文溪改道而損壞。後來當時一個鹽商吳尚新在原本大田場舊址北邊(今布袋鎮新厝地區)產鹽同時將舊式鹽田改良。接著，日治時期進入布袋鹽田發展之黃金時期，起初日本政府實行自由買

賣及專賣，但因成效並沒有太好，反而導致部分鹽田廢曬或荒廢、鹽價升高許多，更使中國便宜鹽大量進口，讓臺灣昂貴的鹽失去市場，更造成供給的不平衡。後因戰爭需求，大量發展土盤鹽灘，此時布袋鹽田發展達到巔峰。國民政府接收後因曬鹽所需成本日益升高、曬鹽工作者日益減少的關係，以及隨之而來的進口鹽廉價量銷，布袋鹽田於 2002 年走入歷史，直到 2019 年開始設置太陽光電發電廠，布袋鹽田相關問題才又逐漸為大眾討論。

2.1.3 鹽田區域目前的太陽光電廠區規劃

如前述，在多項環境因素影響下，鹽田的沒落與變遷，勢不可擋。八區鹽田目前大部分區域已建有地面式太陽板(例見圖 7)，每年可生產超過一億度電，可滿足約 2 萬 8000 戶居民的用電需求，並在旁邊留有一塊約 $241,000 m^2$ (約佔原鹽田 30%面積)的候鳥保育區(例見圖 8)，放水供候鳥棲息，近年可觀察到瀕臨絕種的黑面琵鷺來臺過冬，平時還有許多水鳥到當地覓食(吳國仲, 2019)；九區鹽田目前是已填土、挖深作滯洪池的區域，且建有許多的水域式太陽能板，也正在進行候鳥保育相關行動(例見圖 9)；十區鹽田目前因曬鹽工作停止，水文設施無使用而逐漸損壞，加上缺乏管理導致水文循環不佳，水中藻類過多，甚至有異味飄出(黃書彥及林瑞興, 2020)。十區鹽田現況參見圖 11 及圖 12。



圖 1 嘉義縣八、九、十區鹽田範圍

2.1.4 未來的太陽能廠區規劃

八區鹽田的艾貴義竹發電廠是全臺至今最大的民營地面型太陽光電發電廠，預計於 2025 年達成 20 GW 再生能源的目標，且公民團體、光電業者和公部門對於鳥類保育也十分重視，與鳥會合作調查瞭解當地候鳥數量及增減原因，希望附近社區可以加入保育以及觀測野鳥 (吳宛柔, 2021)；九區鹽田的天泰能源公司表示太陽光電廠區的錄影、土壤與水質等環境監測可避免有人偷排廢棄物影響生態保育，也可達到守護地方的效果，且在設廠起 21 年內一定會做好生態調查，保育當地鳥類；十區鹽田目前並無相關政策規劃 (陳文姿, 2019)。目前十區鹽田正朝保育鳥類的方向努力，並使用虹吸管進行棲地復育 (鄭雅云, 2022)。

2.2 人工判讀衛星影像

本研究對於太陽光電廠分布比較，分為三階段，第一階段為人工判讀各年份的衛星影像，以不同的波段影像交叉比對來確定該位置的物件為何；第二階段為使用監督式分析分類影像中的各類物件，輔助人工找到判讀時未觀察到的物件，且透過將太陽能板顏色標記為與其他物件對比的顏色，可使觀察太陽能板分布時速度較快、錯誤率較低；第三階段為實地訪查，衛星影像資料僅有 2018 年~2020 年的資料，為了瞭解 2021 年太陽能板分布是否有改變、鹽田水質是否與太陽能板有關以及當地居民對太陽能板的想法等問題，以實地訪查與訪問當地居民的方式使我們對這些問題有進一步的答案。

2.3 影像分類

衛星影像需透過人工去判讀物件種類，此方法容易判斷錯誤且效率不高，所以我們可以透過影像分類使得相同光譜特徵之物件標記為相同顏色，使人更好判讀圖中物件分布。影像分類常見方式有兩種：

(1) 監督式分類 (Supervised Classification): 監督式分類的方法為先由人工圈選訓練區，將影像中不同物件圈選分類做為電腦判斷光譜特徵之

依據，此依據稱為標籤 (Label)，再讓電腦分析辨識出影像中不同像元之光譜值及訓練區光譜值之間差異，進而決定各像元為何物件 (劉守恆, 2002)。此方法優點為分類結果較精確，但缺點為耗時較長。

(2) 非監督式分類 (Unsupervised Classification): 非監督式分類是由數學演算法分類，無須透過人工圈選訓練區即可進行分類，電腦會將關聯性較高之物件分為一類，雖然計算較為便捷省時，但分類結果僅有顏色分類，無法得知物件類別物，同時容易出現光譜值過於相近而分類錯誤之情形。

本篇研究所使用影像分類方法為監督式分類，使用兩種不同方式分類：

(1) 使用 QGIS 並搭配 Semi-Automatic Classification Plugin：因為研究區域有許多魚塭分布，而魚塭因養植物種的不同及藻類含量的多寡會導致顏色呈現巨大差異，所以選擇監督式分類。依照研究區地物、地貌及目標物特徵，我們劃分了十個不同的訓練區，包含海洋、河川、雲、雲陰影、建築物、魚塭、道路、田地、沙灘以及太陽能板分類所使用顏色如圖2所示，雖然河川與魚塭光譜值過於相近，電腦分析辨識容易將二者視為同一物件，不過整體上不影響太陽能板分布的判斷。

海	藍色
河	青色
雲	白色
雲陰影	灰色
建築	紫色
魚塭	黃色
路	黑色
田	綠色
沙	橘色
太陽能板	紅色

圖 2 影像分類圖分類顏色意義

(2) 使用 Google 的 Teachable Machine (<https://teachablemachine.withgoogle.com/>)：我們先使用前述QGIS軟體將衛星影像調整為

1-2-3 波段，並轉成 jpeg 影像檔案，再此用 PhotoScape 軟體切割成 70x70 畫素大小的小圖檔，每個小圖檔的邊長大約相當於 150 m，使用 Google Teachable Machine，將 18 幅太陽能板及 63 幅其他類別訓練區圖檔上傳至 Google Teachable Machine 進行分類處理。圖檔部分樣本參見表 1，完整資料參附錄。

表 1 上傳至 GoogleTeachable Machine 的部分樣本

太陽能板	
其他	
	魚塢房屋水體 (河)

2.4 實驗器材、方法

2.4.1 實驗方法

三個區域鹽田 (以下簡稱三區) 皆包含水體，為了更瞭解鹽田水質與太陽光電廠有無是否有關連，所以我們在當地每區各採樣 0.5 L 的水來測試水的濁度與溶解度，嘗試瞭解三區水質之異同與原因。三區取水點的經緯度座標分別為位於八區鹽田：23.337°N, 120.165°E、位於九區鹽田：23.321°N, 120.169°E、以及位於十區鹽田：23.342°N, 120.136°E。以下為測量水質兩種不同的實驗方法：

- (1) 濁度檢測：實驗器材有容器、採樣水以及 Grove 的水濁度感測器 (Turbidity Sensor Meter)，所測得的數值為相對數值，水中的懸浮微粒越少則數值越低。實驗方法為將三區採樣水分別倒入容器中，用水濁度感測器檢測其水質混濁度，水濁度感測器的原理為檢測通過水之光的透光率與散射率綜合判斷其水濁度，檢測出的數值越高表示水越混濁。
- (2) 總溶解固體量 (TDS) 檢測：我們使用 Yinmik 的 TDS&EC E-1 檢測各區水池的總溶解固體量，由於水中所溶解物質而形成的帶電離子，可藉由測量導電度以推測水中所溶解的物質多寡，

由於這種測量方法無法分出水中溶解物質的成分，僅知道所有溶解物質之導電度，因此稱為總溶解固體量，一般海水的 TDS 為 35,000 ppm。另外，由於我們所使用的儀器適合測量淡水而非海水的 TDS，鹽田水質的 TDS 都超過儀器測量上限，因此我們使用純水稀釋後測量，再換算為實際數值。

2.4.2 實驗訪查

本訪查工作進行時，八區鹽田的太陽能光電廠已建置完畢；九區鹽田的太陽能光電廠工程則正進行中；十區鹽田未進行任何工程。其中八區及九區鹽田的太陽能光電廠最顯著的差異為太陽能板設置的類型，以下是三種常見太陽能板的類型：

- (1) 屋簷式太陽能板：屋簷式太陽能板設置方法為將太陽能板設置於屋頂，常見於住家或是工廠有大面積屋頂的地方。屋簷式又分成平鋪式與棚架式，其中平鋪式是直接將太陽能板平鋪於屋頂上，常見於斜屋頂，優點為組裝快；而棚架式是用架子將太陽能板架高，使太陽能板傾斜，因為在臺灣太陽能板若是水平擺置吸收光的效率將會大幅下降，所以平屋頂常使用棚架式太陽能板。
- (2) 地面式太陽能板：地面式太陽能板的設置方法是將地樁打製地下，將太陽能板架於地樁之上，常見於魚塢，例見圖 7。地面式太陽能板可再細分兩種，固定式以及追日式，固定式為將太陽能板固定於地樁上，只能吸收固定角度之日光，而追日式為利用電腦系統控制太陽能板盡量與日光垂直，使太陽能板吸收較多的日光，達成較高的發電效率，但缺點是需要較大面積才符合經濟效益 (沈輝、曾祖勤，2008)。
- (3) 水域式太陽能板：水域式太陽能板的設置方法是將太陽能板置於水上或岸邊，例見圖 9。水域式太陽能板可再細分兩種方法，固定式與浮動式，固定式與地面式太陽能板的設置方法相同，但因建置於水上或岸邊，故稱為水域式太陽能板，而浮動式是將太陽能板置於浮台之上，因建於浮台之上，所以須考量到當地有無強風或

是颱風等侵害性較高的天然災害等 (宋賢超, 2017), 避免太陽能板損害率過高, 使得損害高於利益。

2.5 實驗工具綜整

藉由上述衛星影像分析、實地訪查與水質調查與分析等, 以利更充分瞭解太陽光電發電廠與鹽田的發展歷程及影響。本研究實驗方法及分析工具彙整如表 2 所示。

3. 研究結果

3.1 衛星影像分析

3.1.1 太陽能板的衛星影像特徵

本篇研究所研究之區域為嘉義義竹鄉與布袋鎮, 影像格點 G005 範圍。其範圍內可觀察到十種不同的物件, 分別為海洋、河川、雲、雲陰影、建築物、魚塢、道路、田地、沙灘以及太陽能板 (類別顏色參見圖 2), 當福衛五號衛星影像波段為 1-2-3 時, 太陽能板呈現藍灰色, 與周圍景物顏色相仿, 運用肉眼容易判斷成顏色較暗的魚塢, 而當福衛五號衛星影像波段轉為 4-3-2 時, 太陽能板呈現淺綠色, 與周圍深綠色的魚塢形成對比, 運用肉眼可較輕易判斷物件間的種類, 進而分析太陽能板之分布。我們在分析福衛五號的衛星影像時, 除了定性特徵外, 也使用到 QGIS 識別圖徵的功能, 擇取各研究區不同波段的 DN 值, 表 3 為各波段太陽能板 DN 值分布。除此之外, 我們也參考 Google Map 的衛

星影像, 協助確認太陽能板的設置地點。

表 3 各波段太陽能板 DN 值分布

波段一	波段二	波段三	波段四
400~700	750~1150	840~1350	400~520

我們於 2021 年 04 月 30 日實地訪查發現八區鹽田實際上大致建滿太陽能板, 但有保留一塊有水源的地供候鳥棲息, 經比對後發現為衛星影像中呈現水體的部分。而設置太陽能板的下方為乾燥土地 (參見圖 7), 無水體; 九區鹽田實景與衛星影像接近, 實地查訪當天發現現場之太陽能板數量多於福衛 5 號衛星影像 (2020 年上半年) 所出現者, 但仍有大範圍的水體; 十區鹽田實景樣貌與衛星影像內容頗為一致, 綠色水體與衛星影像之水體顏色相符, 且充斥著令人不舒服的氣味, 推測因為水中藻類過多, 水質高度優養化。

3.1.2 監督式機器學習判斷太陽能板

經過 QGIS 的監督式分類, 由圖 4、圖 5 及圖 6 可以看出 2018 年上半年和下半年可能因為電廠前期整地施工的工程, 尚未有太陽能板; 2019 年開始有太陽能板的設置。藉由這樣的分類方法, 可以快速得到明確的太陽能板建設範圍, 但無法確認一般小型建築物屋頂的太陽能板。

而由 Google Teachable Machine 如表 4 幾乎所有的影像都能夠正確地判斷出太陽能板位置, 少部分判斷錯誤的事例可能是因為太陽能板和水體特徵較為接近, 需要再有更多的訓練資料加強。

表 2 各分析項目所使用的研究工具

分析項目	研究工具	分析內容
1. 衛星影像分析	1. 福衛五號衛星影像 (嘉義臺南 L4 2018 年上半年、2018 年下半年、2019 年、2020 年上半年) 2. Google Map 衛星影像 3. QGIS 4. Semi-Automatic Classification Plugin 5. Google Teachable Machine	1. 人工判別太陽能板的衛星影像特徵 2. 運用監督式與非監督式找出太陽能板 3. 運用機器學習自動分辨太陽能板
2. 鹽田環境觀測、居民訪談	口述記錄、拍照攝影	1. 瞭解鹽田與當地居民發展狀況 2. 瞭解太陽光電產業對當地影響
3. 鹽田水質調查	1. 濁度: Grove 的 Turbidity Sensor Meter 2. 總溶解固體量: Yimmik 的 TDS&EC E-1	1. 瞭解八、九、十區鹽田的水質現況 2. 推測對生態的可能影響

例如太陽能板占影像 66%其他 (非太陽能板) 為 34%，太陽能板及其他影結果皆為正確。

表 4 GoogleTeachable Machine 的訓練結果

測試結果			
太陽能板	66%	45%	66%
其他	34%	55%	34%
是否正確	正確	正確	正確
測試結果			
太陽能板	86%	19%	77%
其他	14%	81%	23%
是否正確	正確	錯誤	正確
測試影像			
太陽能板	5%	0%	0%
其他	95%	100%	100%
是否正確	正確	正確	正確
測試結果			
太陽能板	38%	0%	20%
其他	62%	100%	80%
是否正確	正確	正確	正確

3.1.3 不同時期與不同地區的太陽光電廠比較

本研究對於太陽光電廠分布比較，分為三階段，第一階段為肉眼判讀各年份的衛星影像，以不同的波段影像交叉比對來確定該位置的物件為何；第二階段為使用監督式分析分類影像中的各類物件 (如圖 3~圖 6)，輔助肉眼找到判讀時未觀察到的物件，且透過將太陽能板顏色標記為與其他物件對比的顏色，可使觀察太陽能板分布時較具效能並降低錯誤率，此部分工作成果如 3.1.1 及 3.1.2 所述；第三階段為實地訪查。當進行第一階段研究時，我們發現於 2018 年，研究的三個區域皆尚未建太陽能板，當使用波段 1-2-3 時，三個區域顏色相仿，而當使用波段 4-3-2 時，八區鹽田有部分區域有水，部分

是乾涸的，九區鹽田及十區鹽田顏色無太大差異，皆為有水狀態。在 2019 年影像資料中，八區鹽田乾涸的部分已建滿太陽能板，而有水的部分被保留下來提供候鳥棲息覓食，九區鹽田部分區域已建了太陽能板，十區鹽田尚未建太陽能板，但該區的水體顏色變得很綠。2020 年的影像資料與 2019 年影像資料相仿。在第二階段研究的過程中我們發現影像分類將 2018 年影像中鹽田區域歸類於魚塢，由此可知廢鹽田光譜值與魚塢之光譜值相似，而 2019 年與 2020 年的分類影像中可更明顯看出廢鹽田中太陽能板與水體之區別，助益於確定八區鹽田與九區鹽田中太陽能板的分布範圍。



圖 3 2018 年上半年影像分類圖



圖 4 2018 年下半年影像分類圖

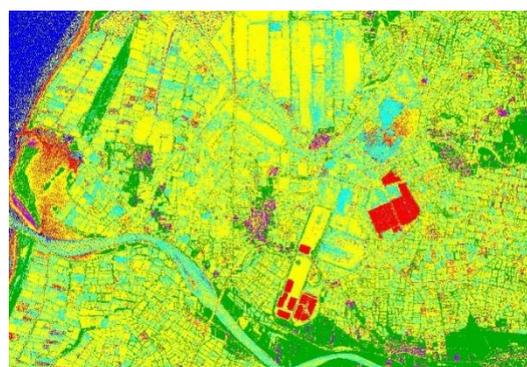


圖 5 2019 年影像分類圖

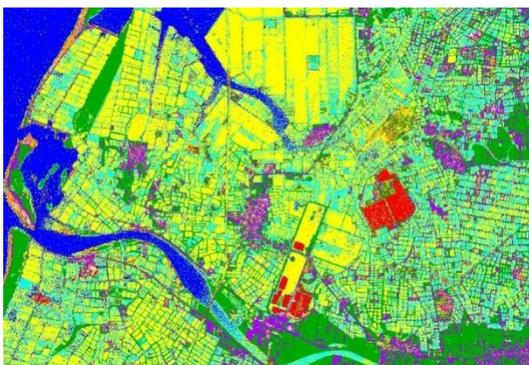


圖 6 2020 年上半年影像分類圖



圖 8 八區廠區內保留大水池，有許多鳥類棲息

3.2 實地查訪

3.2.1 三個廠區的性質比較

在三個研究區域中，八區鹽田所建置的太陽能板為地面式固定式太陽能板（例見圖 7），太陽能板底下無水，而距離太陽能板約 100 m 處有積水的區域則停留許多濱鵝、金斑鴿、小環頸鴿等候鳥（例見圖 8）（池文傑，2011），這些候鳥常出現在水邊，廠區旁並設有賞鳥區，太陽能板附近鳥類較少，目視可見的太陽能板上也較少鳥糞；九區鹽田所建置的太陽能板為水域式浮動式太陽能板（例見圖 9），太陽能板浮在水面上，水中有很多魚類，太陽能板的浮台上也常有白鷺鷥站立（例見圖 10），且九區鹽田中的太陽能板上常有鳥糞，推測是九區鹽田的水分佈於太陽能板底下，所以鳥類能在太陽能板上與周圍活動及覓食；（例見圖 11）十區鹽田並無建置太陽能板，僅是一大片水池，我們觀察到十區鹽田的表面水色明顯偏綠，且飄出一股難聞臭味，水質過度優養化。水池邊緣有許多成堆的牡蠣殼（例見圖 12），推測可能是有居民丟棄，加深十區鹽田的水質惡化程度。



圖 9 九區鹽田水域-浮動式太陽能板設置情形



圖 10 鳥類站立在浮動式太陽能板上



圖 7 八區鹽田地面式太陽能板設置情形



圖 11 十區鹽田現況



圖 12 十區鹽田旁布滿廢棄牡蠣殼

3.2.2 在地居民的訪問

我們實地訪談位於嘉義縣義竹鄉八區鹽田附近的新店村，採訪幾位當地居民和村長。在與居民的訪問中，得知了其實在八區鹽田的太陽光電發電廠建造時，對於當地居民沒有什麼影響，與原本在網路上查詢到的環保團體訴求不同，其中訪談當地養殖業者表示：「太陽能板的架設，對養殖業和我們沒有影響，人家也是為了生活，沒有什麼好反對，而且我有聽說他們有在回饋地方」。但在建造完成後，也有居民認為太陽能板多少會有污染，並且會擔憂颱風來時會造成汙染，也有民眾認為二十年後太陽能板廢棄後如何處置是個大問題，因而不支持八區鹽田建太陽光電場，但實際上大部分民眾對太陽光電場的看法並無太深的感受，或是反彈。

當地村長數十年前更曾經再在鹽田工作過，說到鹽價在當時以鹽擔計算，村長說：「過去一擔鹽約 11~12 塊，生活稱不上富裕，但也還算過得去，大約我 30 歲時鹽田就被徵收了（沒有在曬鹽了）。」村長提到，過去當地居民多從事曬鹽產業維生，後來以八區鹽田最早被徵收，陸續鹽田就逐漸衰退沒落，而太陽光電廠則是從民國 105 年就開始有人到當地詢問太陽光電廠建造事宜。

我們在村落附近行走時，也觀察到有些老舊的房舍有下陷的情況（例見圖 13），比較新的住宅有的有墊高，或是在家門前裝設防水閘門。詢問當地居民，居民說過去有使用地下水，造成地層下陷，現今主要以河水、水庫水、內陸海水為主，已經沒有地層下陷的情況了，但為了防止颱風豪雨造成淹水，仍需裝設防水閘門。



圖 13 遭遇地層下陷的老舊房舍

地層下陷和淹水等問題也是太陽光電發電廠在設置時需要注意的，八區鹽田的地面式太陽能板和相關設備機組，都有架高至超過大約一個人的身高（如圖 14）；九區鹽田的水域-浮動式太陽能板（如圖 15），則能隨著水面起伏，不受淹水的影響。



圖 14 架高的八區鹽田太陽能板和相關機組



圖 15 放置在九區鹽田旁邊太陽能板浮台

3.2.3 鹽田水質分析實驗

研究區域三區皆包含水體，為了更瞭解鹽田水質與太陽光電廠是否有關連，我們在當地進行水質採樣（圖 16~圖 18），施作細節如 2.4.1 節所描述。以下為測量結果：

(1) 濁度檢測：濁度計所檢測出的數值越高表示水

越混濁，檢測結果八區鹽田數值為 990、九區鹽田數值為 980；十區鹽田數值為 1011。由實驗結果可瞭解十區鹽田水質最混濁，且經由目視水的顏色可判斷其中藻類含量很高，而九區鹽田的水質最為清澈，所以當地盛產魚類。



圖 16 八區鹽田採樣水



圖 17 九區鹽田採樣水



圖 18 十區鹽田採樣水

- (2) 總溶解固體量 (TDS) 檢測：八區鹽田 TDS 為 23,576 ppm，在八區鹽田的地面上可看見許多白色斑點，如圖 19 所示，推測圖中白色斑點為鹽，所以可由此了解八區鹽田的採樣水中溶解了許多鹽；九區鹽田 TDS 為 4,956 ppm，在九

區鹽田實地訪查時，我們發現九區鹽田中有許多魚類，由溶解度可推測因九區鹽田鹽分較少，環境適合此地生長的魚類；十區鹽田 TDS 為 8,904 ppm，而十區鹽田水是綠色的，我們原以為溶解度會較高，沒想到溶解度僅排名第二，表示水中溶解的物質較少。



圖 19 八區鹽田地面

4. 結論與建議

近年來能源議題漸漸被大眾重視，政府提出能源轉型，大力發展綠能，且臺灣地狹人稠，土地的規劃與利用亦是重要議題。本文為探討嘉義縣的義竹鄉與布袋鎮八、九、十區的廢鹽田發展為太陽能光電廠的轉型過程。本文主要運用了 QGIS 的監督式分類和 Google Teachable Machine 的監督式分類，以歸類出福衛五號衛星影像的地表特徵，分析後發現 2018 年到 2020 年期間，八區鹽田大部分已建滿地面式太陽能板，且保留部分候鳥保育區；九區鹽田則是部份為水域式浮動式太陽能板，部分為水體；而十區則全部為水域，無太陽能板分布。再者，透過實地採水進行鹽田水質分析實驗，發現十區鹽田水質最混濁，而九區鹽田的水質最為清澈；而在總固體溶解量 (TDS) 檢測當中，發現八區鹽田的含鹽量最高，九區含鹽量最低。整體來說，目前八區鹽田在艾貴義竹發電廠規劃下，發展完整且與當地居民關係良好；九區鹽田水質良好且 2021 年仍在快速擴建當中，這兩區呈現有效的土地利用，避免土地閒置之問題，且兩區皆有許多候鳥，可知當地生態並無完全被破壞；但十區鹽田便是發展的較不好的區域，無建置太陽能板，當地鳥類較少且

水池邊緣為成堆的牡蠣殼，水質惡化，甚至因高度優氧化而飄出異味。

研究區的廢鹽田轉型光電的過程中，並無像其他地區有居民的強烈反彈情況，在有效發展太陽光電的八、九區反而呈現較好的環境品質。除此之外，我們認為如果要避免十區鹽田藻類持續增長，建置太陽能板遮住部分水域的日光可使藻類減少，使當地難聞氣味減少改善水質，也可增加電能；再者，透過水文管理也可使水文循環改善現今環境，且可與當地的社區營造—好美里的彩繪觀光結合，提升與當地社區的互動，例如：可以設置有關附近鳥類的資訊與太陽光電的發電資訊看板，達到社區發展、廢鹽田再利用以及綠能轉型的雙贏。

參考文獻

- Olesan, 2013。台灣鹽業，<https://kyp0809.pixnet.net/blog/post/97336152>，引用 2021/02/01。[Olesan, 2013. Taiwan Salt Industry, Available at: <https://kyp0809.pixnet.net/blog/post/97336152>, Accessed February 1, 2021. (in Chinese)]
- 池文傑，2011。臺灣的候鳥，科學研習月刊，41(7)：8-17。[Chih, W.J., 2011. Migrant Bird in Taiwan, National Taiwan Science Education Center Science Study Monthly, 41(7): 8-17. (in Chinese)]
- 行政院，2018。重要政策：能源轉型，打造綠能科技島—綠能科技產業創新推動方案，<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/f0c0d485-a977-40cc-aeab-5e19e210fd85>，引用 2021/02/01。[Executive Yuan, 2018. Major Policy: Green Energy Innovation, Available at: <https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/f0c0d485-a977-40cc-aeab-5e19e210fd85>, Accessed February 1, 2021. (in Chinese)]
- 吳國仲，2019。韋能嘉義太陽能新廠商轉，每年產 1 億度電，<https://tw.appledaily.com/property/20190917/M2HD7NOHLUTILHTDGEUBOTIIMJ>，引用 2021/02/01。[Wu, G. Z., 2019. Venerable Chiayi's New Solar Energy Manufacturer Has Been Transferred to Produce 100 Million kWh of Electricity Per Year, Available at: <https://tw.appledaily.com/property/20190917/M2HD7NOHLUTILHTDGEUBOTIIMJ>, Accessed February 1, 2021. (in Chinese)]
- 宋賢超，2017。水面型太陽光電發電系統發展與應用，https://km.twenergy.org.tw/Knowledge/knowledge_more?id=2115，引用 2021/02/01。[Sung, H.C., 2017. Development and Application of Water-Based Solar Photovoltaic Power Generation System, Available at: https://km.twenergy.org.tw/Knowledge/knowledge_more?id=2115, Accessed February 1, 2021. (in Chinese)]
- 沈輝、曾祖勤，2008。太陽能光電技術，五南圖書出版股份有限公司，台北。[Shen, H., and Zeng, Z.C., 2008. Solar Energy & Photovoltaic Technology, Wu-Nan Book Inc, Taipei. (in Chinese)]
- 高雄縣政府，1999。古時候的專賣事業-製鹽業，<http://163.28.10.78/content/local/kaushoun/ksedu/industry/idty3.htm>，引用 2021/02/01。[Kaohsiung County Government, 1999. The Ancient Monopoly Business - The Salt Industry, Available at: <http://163.28.10.78/content/local/kaushoun/ksedu/industry/idty3.htm>, Accessed February 1, 2021. (in Chinese)]
- 陳惠芳，2018。臺灣鹽業檔案，https://www.th.gov.tw/new_site/uploads/userfiles/images/圖書室/reader-6.pdf，引用 2021/02/01。[Chen, H.F., 2018. Taiwan Salt Industry Archives, Available at: https://www.th.gov.tw/new_site/uploads/userfiles/images/%E5%9C%96%E6%9B%B8%E5%AE%A4/reader-6.pdf, Accessed February 1, 2021. (in

Chinese)]

陳寧，2019。綠能的結與解-當光電遇上候鳥，<https://e-info.org.tw/node/216402>，引用 2021/02/01。[Chen, N., 2019. The Knot and Solution Og Green Energy When Optoelectronics Meets Migratory Birds, Available at: <https://e-info.org.tw/node/216402>, Accessed February 1, 2021. (inChinese)]

黃書彥、林瑞興，2020。光電遇見生態-布袋鹽田發展太陽光電歷程，自然保育季刊，110: 18-27。[Huang, S.Y., and Lin, R.S., 2020. When solar photovoltaic met biological conservation-The development of solar photovoltaic at Budai salt pans, Nature Conservation Quarterly, 110:18-27. (in Chinese)]

劉守恆，2002。衛星影像於崩塌地自動分類組合之研究，國立成功大學地球科學系碩士論文。[Liu, S.H., 2002. Automatic identification of landslides in satellite images : A proposed new approach, Master Thesis, National Cheng Kung University, Taiwan, ROC. (in Chinese)]

吳宛柔，2021。鹽田及溼地發電-節能辦公室-太陽能及沼氣發電，<https://www.greenadvocates.org.tw/activity/page/?id=66>，引用 2022/02/01。[Wu, W.R., 2021. Field and Wetland Power Generation - Energy Saving Office - Solar and Biogas Power Generation, Available at: <https://www.greenadvocates.org.tw/activity/page/?id=66>, Accessed February 1, 2022. (in Chinese)]

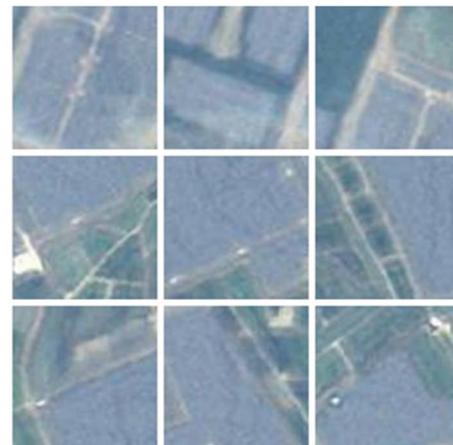
陳文姿，2019。光電與鹽田生態共存？擁護與反對者，共同用 21 年找到答案，<https://e-info.org.tw/node/215924>，引用 2021/02/01。[Chen, W.Z., 2019. Photovoltaic and Salt Field Ecology Coexist? Supporters and Opponents Jointly Use 21 Years of Environmental Monitoring to Find Answers, Available at: <https://e-info.org.tw/node/215924>, Accessed February 1, 2021. (in Chinese)]

鄭雅云，2022。把水找回來，「虹吸管」現身布袋鹽田，復育濕地打造候鳥棲息地，<https://e-info.org.tw/node/233995>，引用 2022/05/18。[Zheng, Y.Y., 2022. Get the Water Back, "Siphon" Appears in Cloth Bag Waste Salt Fields, Restore Wetlands to Create Habitat for Migratory Birds, Available at: <https://e-info.org.tw/node/233995>, Accessed May 18, 2022. (in Chinese)]

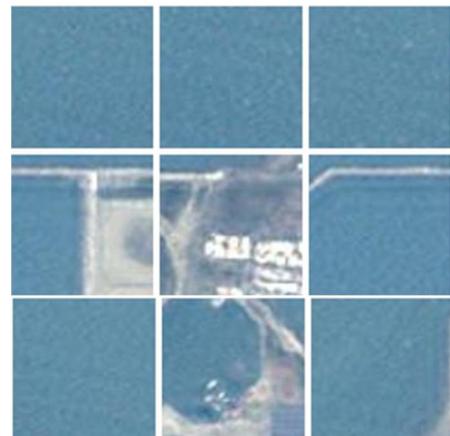
附錄

GoogleTeachable Machine 訓練資料

(1)分類 1：太陽能板



(2)分類 2：其他



Investigation on Development of Solar Energy Industry in the Salt Ponds of Chayi County Using Formosat-5 Imagery

Ying-Xuan Chen ¹ Liang-Syuan Yao ¹ Ting-Ya Chang ^{2*} Bing-Xun Wu ³

Abstract

The research area is the eighth, ninth, and tenth districts' salt evaporation ponds in Chiayi. To discuss the changes of these salt evaporation ponds, image analysis was carried out through the G005 grid of Formosat-5 image, by referring to the Google satellite image, the classified images of QGIS supervised analysis, field survey, and experimental data. The differences in the distribution of solar photovoltaic power plants were investigated to sort out the usage of abandoned salt fields as reference for future plans in Taiwan. Recently, with the rapid development of solar photovoltaics in Taiwan, the transformation of abandoned salt evaporation ponds into solar photovoltaics in this area increases economic efficiency successfully. Nonetheless, under the improvement of transformation, how to reach consensus with the local residents and how to make green energy development and environmental ecology coexist are both significant issues.

Keywords: Formosat-5, Solar Energy, Salt Pond, Abandoned Salt Pond, Supervised Learning

¹ Senior Student, Taichung Municipal Hui-Wen Senior High School

² Geography Teacher, Taipei Municipal Wan Fang Senior High School

³ Geography Teacher, Taichung Municipal Hui-Wen Senior High School

* Corresponding Author, Tel: 886-911864252, E-mail: 994@wfsh.tp.edu.tw

Received Date: Mar. 14, 2022

Revised Date: May. 18, 2022

Accepted Date: Jun. 16, 2022