

# 水—能—糧，農業綠能與淨零轉型的雙重契機

## Water–Energy–Food Nexus: A Dual Opportunity for Agricultural Green Energy and the Net-Zero Transition

財團法人農業工程研究中心

助理研究員 張蕙蓉 Hui-Jung Chang	助理研究員 張瓊姿 Chiung-Tzu Chang	助理研究員 張惠婷 Hui-Ting Chang
--------------------------------	----------------------------------	--------------------------------

### 摘 要

在 2050 年淨零碳排政策的脈絡下，農業用地角色正在轉變，農田水利逐漸被納入再生能源發展的架構。傳統上，農業用地主要扮演糧食生產與灌溉供水的角色，然而在永續發展需求下，這些空間逐步展現出能源生產的新興潛力。

本研究聚焦於臺灣農田水利綠能場址的發展情形，包含太陽光電與小型水力發電設施。這些設施多設置於灌溉圳路、水庫堤體與埤塘等地點，配合地形與水流條件進行能源開發，兼顧農業生產與能源利用。經過場址整理與發電量資料統計，全臺農業綠能設施設置之總發電量已累積超過 15 億度電，減碳量達 78 萬公噸，顯示農業場域具備穩定輸出之潛力，對於提升能源自主與電力系統多元化具正向貢獻。本研究依據「各縣市太陽光電容量因數」與「慣常水力容量因數」進一步評估不同類型場址之發電效能，經過計算，多數光電場址之容量因數落於預期範圍，反映場址選擇與設施運轉良好；部分小型水力場址受限於水量季節變動與設計條件，其容量因數表現則略有差異。

整體而言，農田水利綠能的發展不僅體現空間資源的永續利用，也展示數據治理與能源管理的深度融合，幫助農業土地功能轉型與能源政策實踐。

關鍵詞：農業綠能、太陽光電、小型水力發電、碳排減量、容量因數

## Abstract

Within the context of Taiwan's 2050 net-zero emission policy, the functional role of agricultural land is undergoing transformation. Agricultural water areas, previously used primarily for irrigation and food production, are now being integrated into renewable energy development strategies. These spatial resources are increasingly recognized for their dual potential in supporting both agricultural productivity and clean energy generation.

This study investigates the development of green energy infrastructure in Taiwan's agricultural water areas, focusing on the deployment of solar photovoltaic and small-scale hydropower facilities. These installations are situated along irrigation canals, reservoirs, and farm ponds, leveraging local topography and hydrological conditions while preserving agricultural utility. Based on a nationwide site inventory and statistical analysis of generation data, cumulative output has surpassed 1.5 billion kilowatt-hours, yielding an estimated carbon reduction of 780,000 metric tons. Such outcomes highlight the contribution of agricultural sites to stable energy production and national energy diversification.

Furthermore, this study evaluates the power generation efficiency of different types of sites based on Taiwan Power Company's "capacity factors of solar photovoltaic systems by county" and Taiwan's renewable energy "conventional hydropower capacity factors.". Results indicate that most PV sites operate within expected capacity factor ranges, reflecting effective site selection and operational efficiency. In contrast, some hydropower sites demonstrate performance variability due to seasonal water availability and system design constraints.

In sum, the integration of renewable energy into agricultural water infrastructure not only exemplifies the sustainable use of land resources but also illustrates the synergistic role of data governance and energy management in advancing land-use transformation and policy implementation.

Keywords: Agricultural green energy, Solar photovoltaic, Small hydropower, Carbon reduction, Capacity factor

## 一、前言

氣候變遷已成為全球關注的重大議題，各國紛紛制定減碳政策與能源轉型策略。在此背景下，農業部門不僅承擔糧食安全保障，更被視為能源轉型的重要參與者。臺灣農田水利綠能場址包括灌溉圳路、水庫堤體及埤塘，分佈廣泛且結構多樣，具備導入再生能源的先天條件。

農田水利綠能開發模式主要包括太陽光電與小型水力發電兩種。太陽光電可利用灌溉設施上方空間或鄰近閒置地設置，而小型水力則可利用水庫放水、灌溉引水及水位高低落差條件進行發電。然而，這些場址在不同時期及地理條件下，其發電效能存在差異，因此容量因數與減碳效益分析對政策制定及後續優化具有重要意義。

## 二、場址整理與發電量資料統計

### 1. 研究範圍與資料收集

本研究針對農田水利綠能場址(包括太陽光電與小型水力發電兩種)進行調查，共完成百餘處場址的詳細資訊蒐集與分析。為確保研究資料的準確性與完整性，採用多元化資料收集方法，整合不同來源的數據進行交叉驗證。主要資料來源涵蓋三個重要管道：第一是各農田水利管理單位的直接填報資料，提供第一手的場址基本資訊；第二是臺灣電力公司的官方發電量統計數據，確保電力生產資訊的權威性；第三是各綠能開發廠商的公開營運資料，補充商業面向的實務數據。

### 2. 法規要求與資料公開現況

根據電業法第 66 條的明確規定，所有能源業者均有義務遵循資訊透明公開原則，必須按月及按年度向經濟部能源署提交標準格式報表。這些報表內容相當豐富，包括營運狀況的綜合分析、詳細業務執行報告，以及完整的財務營運報告等重要資訊。然而，在實際資料蒐集過程中發現，多數能源業者尚未建立統一的資訊公開平台，導致資料散佈在不同網站或系統中。更複雜的是，這些資料以多種不同檔案格式呈現，包括可編輯的 Word 文件、不可編輯的 PDF 文件，以及各式各樣的圖片格式檔案等。此外，同一場址在不同資料來源中的名稱標示往往不一致，造成資料比對與整合的困難。

### 3. 資料標準化與處理方法

為了克服上述挑戰，本研究團隊採用系統性的資料處理方法，透過場址地理位置、基本設施資料及多方資訊來源進行細致的比對與匹配作業，最終建立完整的場址清單。考量到後續統計分析與計算需求，研究團隊特別設計了標準化的資料整理表格系統，確保不同類型場址的資料都能以一致的格式進行處理。這套標準化系統的設計目標明確：支援精確的發電量統計、科學的減碳效益計算，以及可靠的容量因數評估分析。

在資料處理的技術層面，除了進行總量統計外，研究團隊也根據不同分析需求進行資料的精細化切割，包括時間序列的對齊校正以及地理區域的分類劃分。特別值得注意的是，臺灣電力公司公告的各縣市太陽光電容量因數採年度統計方式，但各個綠能場址的建設完工時間、實際供電期間並不相同，因此在時間數據的對應處理上必須格外謹慎，以確保最終研究結果的準確性與可信度。

### 三、減碳量計算

太陽光電是利用太陽能電池板將太陽光轉換為電能的技術，這種技術不需要燃燒化石燃料，因此不會產生二氧化碳等溫室氣體；而小型水力發電則是利用水流動能來產生電力，這種技術同樣不需要燃燒化石燃料，並且可以利用已經存在的水資源 24 小時不間斷地運作，減少對化石燃料的依賴與碳排放，實現節能減碳的目標。

電力排碳係數是指電力生產過程中，每發一度電所產生的二氧化碳排放量。電力排碳係數越低，代表發電過程中產生的溫室氣體排放量越少，也就越有利於減碳。

根據經濟部能源局公告 112 年電力排碳係數：0.494kgCO<sub>2</sub>e/度電(kWh)，意即每使用一度再生能源的電力可減少 0.494 公斤排碳量，將實際發電量數據乘以電力排碳係數，即可得到發電的減碳量。

#### 112年度電力排碳係數

$$\frac{\text{發電業及自用發電設備設置者躉售公用售電業電量之電力排碳量一線損承擔之電力排碳量}}{\text{公用售電業總銷售電量}}$$

$$=0.494 \text{ 公斤 CO}_2\text{e/度}$$

說明：

1. 電力排碳係數適用範圍：因應溫室氣體盤查量化作業，作為計算購買及使用公用售電業電力所需間接承擔燃料燃燒溫室氣體排放量之依據。
2. 電力排碳係數未含再生能源發(售)電業直、轉供予用戶之綠電，故此數值會因產業綠電需求攀升，以直、轉供方式直接供應產業之綠電量增加，使電力排碳係數降幅呈趨緩態勢。

$$\begin{aligned} \text{減碳量(公斤)} &= \text{發電度數} \times 0.494(\text{碳排係數}) \\ \text{每年減碳量(t)} &= \text{每年發電量(kWh)} \times 0.494/1000 \end{aligned}$$

本研究掌握共百餘處之綠能場址，依經濟部能源局公告係數計算至 112 年發電量共計約 15 億度，累計減碳量約 78 萬公噸，其中太陽光電發電量共計約 6 億度，累計減碳量約 32 萬公噸、小型水力發電量共計約 9 億度，累計減碳量約 46 萬公噸。

本次研究範圍所掌握的農田水利小型水力發電資料，從民國 95 年的台東場址開始，

及民國 101 年後陸續建置的臺南、臺中及雲林場址，107 年並開始陸續加入太陽光電場址，發電量呈現快速成長趨勢(如圖 1)，此一成長趨勢反映政府積極推動綠能政策的成效。

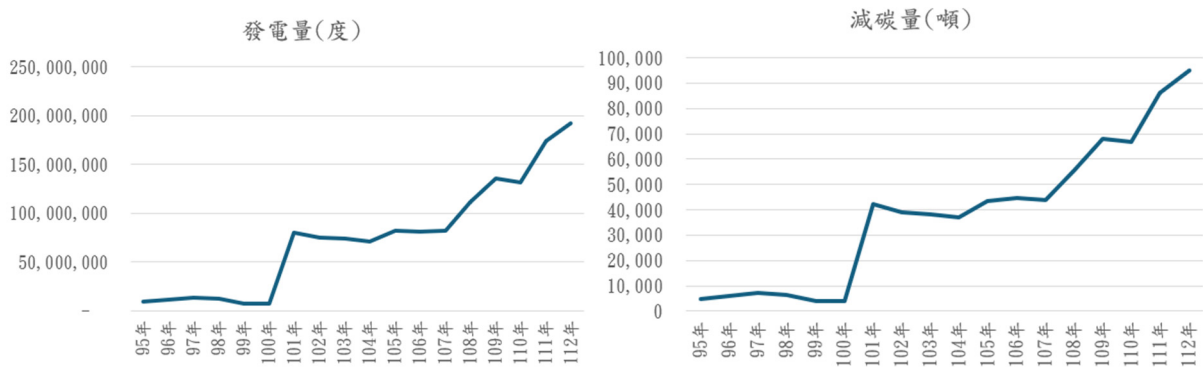


圖 1 農田水利綠能場址發電量及減碳量統計

#### 四、容量因數計算

容量因數 (Capacity Factor) 是指某一電力設備在一段時間內實際發電量與該設備在理論最大功率下運行同時長所能產生的發電量之比，它揭示了發電設備實際產能與理論最大產能之間的差距。對於間歇性再生能源如太陽光電而言，裝置容量僅反映其最大輸出能力，但要真正代表其對發電量的貢獻，必須結合容量因數來考量。

$$\text{容量因數} = \left( \frac{\text{實際發電量}}{\text{理論最大發電量}} \right) \times 100\%$$

##### 1. 太陽光電容量因數

太陽光電容量因數 (Capacity Factor, CF) 是評估太陽光電發電系統實際效能與潛在貢獻的核心指標。容量因數受到多重因素影響，包括日照強度、溫度、季節性變化、灰塵堆積等環境條件，以及面板效率、逆變器性能、系統設計與維護策略等技術與操作層面。

在臺灣，儘管夏季高溫可能降低光電板效率，但較長的日照時間仍使夏季發電量顯著高於冬季。臺灣電力公司每年統計並公告各縣市太陽光電容量因數(如圖 2)，係採「機組全年總購電量/(機組裝置容量 x 機組全年計費天數 x 24 小時)」計算，綜合該縣市內所有併網太陽能系統表現。這些數據對政府制定能源政策、企業進行能源投資及一般民眾了解太陽能發電效能具重要參考價值。

縣市	太陽光電裝置容量(瓩)	太陽光電購電量(度)	平均各機組每瓩年購電量(度) $\Sigma(\text{各機組年購電量}/\text{各機組裝置容量})/\text{縣市機組數}(A)$	每瓩日平均購電量(度) (A)/365天	容量因數 (A)/8760小時
基隆市	22,150	19,976,935	791	2.17	9.03%
台北市	75,080	72,656,397	1,006	2.76	11.48%
新北市	159,095	151,911,140	990	2.71	11.31%
桃園市	694,371	702,208,489	1,113	3.05	12.70%
新竹市	46,024	51,976,888	1,185	3.25	13.53%
新竹縣	186,148	209,214,008	1,139	3.12	13.01%
苗栗縣	336,973	379,915,426	1,218	3.34	13.91%
台中市	665,276	755,387,975	1,256	3.44	14.33%
彰化縣	1,542,051	1,515,128,031	1,272	3.49	14.52%
南投縣	222,189	220,340,737	1,146	3.14	13.08%
雲林縣	1,295,567	1,706,087,814	1,239	3.39	14.14%
嘉義市	44,478	48,727,281	1,155	3.16	13.18%
嘉義縣	1,000,222	961,762,143	1,220	3.34	13.93%
台南市	2,283,197	2,550,245,555	1,244	3.41	14.20%
高雄市	1,059,244	1,189,402,782	1,158	3.17	13.22%
屏東縣	1,253,502	1,311,159,381	1,154	3.16	13.17%
宜蘭縣	170,802	147,817,997	1,010	2.77	11.53%
花蓮縣	176,028	181,655,160	1,031	2.83	11.77%
台東縣	74,017	72,092,776	1,168	3.20	13.33%
澎湖縣	57,873	36,195,810	1,264	3.46	14.43%
金門縣	20,259	23,448,994	1,251	3.43	14.29%
連江縣	70	73,442	1,260	3.45	14.38%
合計	11,384,617	12,307,385,161	1,196	3.28	13.65%

註：  
1. 容量因數(Capacity Factor)計算說明：機組全年總購電量/(機組裝置容量x機組全年購電天數換算時數)。  
2. 112年為365天，機組全年購電天數換算時數為8760小時。  
3. 112年每瓩年平均購電量約1.196度，各地區因日照條件略有增減。  
4. 各縣市採全年外購電量(未含轉直供電量)計算，因機組設置時間不一，購電效益不一，故計算結果與實際情形可能略有出入。  
5. 「平均各機組每瓩年購電量(度)」計算，如因機組設置期間未滿一年者，按天數比例推估年購電量後計算。

圖 2 112 年各縣市太陽光電容量因數(臺灣電力公司)

在計算容量因數時，時間基礎的選擇具有重要意義。雖然年資料是常見的計算基礎，但若裝置容量在一年中因機組新增或退役而有所變化，則以年底裝置容量為基礎的年資料計算可能高估或低估實際的容量因數。為提升精確度，有些研究會先以月度資料進行容量因數估算，再彙整成年度數據，以更真實反映全年變化情況。本研究根據需求，對資料進行粒度切割、時間對齊與地域劃分，以確保在不同場址完工時間與供電期間不一致的情況下，仍能獲得準確的容量因數評估結果。

## 2. 慣常水力容量因數

水力發電之容量因數受到不同水系水文差異造成流量豐枯懸殊，依運轉型態可分為慣常式和抽蓄式，慣常式是運用河川流量發電，又分為川流式、調整池式、水庫式，農田水利綠能場址運用水位落差、川流式發電，皆屬慣常式水力發電；抽蓄式則設有上池與下池，用電尖峰時，運用上池流至下池的位能發電，離峰時段再將水從下池抽回上池，使水資源循環利用。儘管慣常水力在全國總發電量中的佔比相對較小，但其高穩定性和調度彈性使其在電力系統中扮演著重要的輔助角色，並且在水源充足的條件下能夠實現 24 小時連續發電，在臺灣積極發展太陽光電和風力發電等間歇性再

生能源的背景下，慣常水力能夠有效彌補這些能源固有的不確定性，確保電網的穩定運作。

慣常水力發電的容量因數受到多種因素的影響，其中最為顯著的是季節性變化與水資源豐枯，明顯受到季節影響而波動。本研究根據臺灣再生能源發電量及裝置容量統計資料(如表 1、表 2)，以一年 8,760 小時推算臺灣慣常水力容量因數。

表 1 再生能源裝置容量統計資料(經濟部能源署 113.11)

期間	4-02 再生能源裝(設)置容量 Renewable Energy Installed Capacity																											
	發電裝置容量 Installed Capacity																											
	慣常水力 Hydro			地熱 Geothermal		太陽光電 Solar PV		風力 Wind						生質能 Biomass						廢棄物 Waste		太陽熱熱水器 Solar water heater						
	千瓩 (MW)	千瓩 (MW)	占比 (%)	千瓩 (MW)	占比 (%)	千瓩 (MW)	占比 (%)	小計 Subtotal		陸域 Onshore		離岸 Offshore		小計 Subtotal		固態 Solid		液態 Biogas		千瓩 (MW)		占比 (%)		千瓩 (MW)				
94年	2,608	1,910	73.2	-	-	1	0.0	24	0.9	24	0.9	-	-	90	3.4	73	2.8	16	0.6	584	22.4	452	-	-	-	-		
95年	2,711	1,910	70.5	-	-	1	0.1	102	3.8	102	3.8	-	-	88	3.3	73	2.7	15	0.6	609	22.5	567	-	-	-			
96年	2,819	1,921	68.2	-	-	2	0.1	186	6.6	186	6.6	-	-	87	3.1	73	2.6	14	0.5	622	22.1	682	-	-	-			
97年	2,903	1,938	66.8	-	-	6	0.2	250	8.6	250	8.6	-	-	87	3.0	73	2.5	14	0.5	622	21.4	800	-	-	-			
98年	3,030	1,937	63.9	-	-	10	0.3	374	12.4	374	12.4	-	-	87	2.9	73	2.4	14	0.4	622	20.5	900	-	-	-			
99年	3,197	1,977	61.9	-	-	35	1.1	476	14.9	476	14.9	-	-	87	2.7	73	2.3	14	0.4	622	19.5	1,036	-	-	-			
100年	3,399	2,041	60.0	-	-	130	3.8	523	15.4	523	15.4	-	-	81	2.4	73	2.2	8	0.2	624	18.4	1,157	-	-	-			
101年	3,594	2,081	57.9	-	-	231	6.4	571	15.9	571	15.9	-	-	81	2.3	73	2.0	8	0.2	629	17.5	1,278	-	-	-			
102年	3,816	2,081	54.5	-	-	410	10.7	614	16.1	614	16.1	-	-	81	2.1	73	1.9	8	0.2	629	16.5	1,388	-	-	-			
103年	4,065	2,081	51.2	-	-	636	15.6	637	15.7	637	15.7	-	-	81	2.0	73	1.8	8	0.2	629	15.5	1,505	-	-	-			
104年	4,329	2,089	48.3	-	-	884	20.4	647	14.9	647	14.9	-	-	80	1.8	71	1.6	9	0.2	629	14.5	1,620	-	-	-			
105年	4,726	2,089	44.2	-	-	1,245	26.3	682	14.4	682	14.4	-	-	80	1.7	71	1.5	9	0.2	629	13.3	1,716	-	-	-			
106年	5,259	2,089	39.7	-	-	1,768	33.6	692	13.2	684	13.0	8	0.2	80	1.5	71	1.3	9	0.2	629	12.0	1,813	-	-	-			
107年	5,742	2,100	36.8	0	0.0	2,738	43.8	713	11.4	705	11.3	8	0.1	81	1.1	71	1.1	10	0.2	632	10.1	1,853	-	-	-			
108年	7,798	2,092	26.8	0	0.0	4,150	53.2	845	10.8	717	9.2	128	1.6	79	1.0	71	0.9	8	0.1	632	8.1	1,882	-	-	-			
109年	9,566	2,093	21.9	0	0.0	5,817	60.8	937	9.8	809	8.5	128	1.3	86	0.9	71	0.7	16	0.2	632	6.6	1,862	-	-	-			
110年	11,610	2,094	18.0	5	0.0	7,700	66.3	1,094	9.4	825	7.1	269	2.3	85	0.7	71	0.6	14	0.1	632	5.4	1,239	-	-	-			
111年	14,132	2,098	14.8	5	0.0	9,724	68.8	1,581	11.2	836	5.9	745	5.3	92	0.6	71	0.5	21	0.1	632	4.5	-	-	-	-			
112年	17,956	2,104	11.7	7	0.0	12,418	69.2	2,678	14.9	915	5.1	1,763	9.8	83	0.5	61	0.3	21	0.1	666	3.7	-	-	-	-			
113年	14,578	2,098	14.4	5	0.0	10,073	69.1	1,678	11.5	845	5.8	833	5.7	92	0.6	71	0.5	21	0.1	666	3.7	-	-	-	-			
02月	14,742	2,100	14.2	5	0.0	10,168	69.0	1,750	11.9	845	5.7	905	6.1	82	0.6	61	0.4	21	0.1	666	3.4	-	-	-	-			
03月	14,967	2,100	14.0	5	0.0	10,311	68.9	1,832	12.2	845	5.6	987	6.6	83	0.6	61	0.4	21	0.1	636	4.3	-	-	-	-			
04月	15,224	2,100	13.8	5	0.0	10,480	68.9	1,920	12.6	860	5.6	1,060	7.0	83	0.5	61	0.4	21	0.1	636	4.2	-	-	-	-			
05月	15,581	2,100	13.5	6	0.0	10,721	68.8	2,034	13.1	876	5.6	1,157	7.4	82	0.5	61	0.4	21	0.1	636	4.1	-	-	-	-			
06月	16,014	2,104	13.1	6	0.0	11,000	68.7	2,155	13.5	876	5.5	1,278	8.0	83	0.5	61	0.4	21	0.1	666	4.2	-	-	-	-			
07月	16,415	2,104	12.8	6	0.0	11,226	68.4	2,329	14.2	885	5.4	1,444	8.8	83	0.5	61	0.4	21	0.1	666	4.1	-	-	-	-			
08月	16,826	2,104	12.5	7	0.0	11,452	67.9	2,534	15.1	888	5.3	1,646	9.8	83	0.5	61	0.4	21	0.1	666	4.0	-	-	-	-			
09月	17,006	2,111	12.4	7	0.0	11,594	67.9	2,732	15.8	895	4.9	1,854	10.9	83	0.5	61	0.4	21	0.1	666	3.9	-	-	-	-			
10月	17,196	2,104	12.2	7	0.0	11,702	68.1	2,634	15.3	911	5.3	1,723	10.0	83	0.5	61	0.4	21	0.1	666	3.9	-	-	-	-			
11月	17,541	2,104	12.0	7	0.0	12,012	68.5	2,670	15.2	915	5.5	1,755	10.0	83	0.5	61	0.4	21	0.1	666	3.8	-	-	-	-			
12月	17,956	2,104	11.7	7	0.0	12,418	69.2	2,678	14.9	915	5.1	1,763	9.8	83	0.5	61	0.3	21	0.1	666	3.7	-	-	-	-			
113年	18,086	2,107	11.6	7	0.0	12,458	68.9	2,764	15.3	915	5.1	1,850	10.2	83	0.5	61	0.3	21	0.1	666	3.7	-	-	-	-			
02月	18,214	2,111	11.6	7	0.0	12,570	69.0	2,781	15.3	915	5.0	1,866	10.2	83	0.5	61	0.3	21	0.1	666	3.7	-	-	-	-			
03月	18,616	2,111	11.3	7	0.0	12,816	68.8	2,932	15.7	915	4.9	2,017	10.8	83	0.4	61	0.3	21	0.1	666	3.6	-	-	-	-			
04月	18,799	2,111	11.2	7	0.0	12,963	69.0	3,068	16.8	915	4.9	2,054	10.9	83	0.4	61	0.3	21	0.1	666	3.5	-	-	-	-			
05月	19,351	2,111	10.9	7	0.0	13,220	68.3	3,263	16.9	915	4.7	2,348	12.1	83	0.4	61	0.3	21	0.1	666	3.4	-	-	-	-			
06月	19,588	2,113	10.8	7	0.0	13,396	68.4	3,322	17.0	915	4.7	2,407	12.3	83	0.4	61	0.3	21	0.1	666	3.4	-	-	-	-			
07月	19,851	2,113	10.6	7	0.0	13,517	68.1	3,464	17.4	915	4.6	2,549	12.8	83	0.4	61	0.3	21	0.1	666	3.4	-	-	-	-			
08月	20,138	2,120	10.5	7	0.0	13,622	67.6	3,639	18.1	915	4.5	2,724	13.5	83	0.4	61	0.3	21	0.1	666	3.3	-	-	-	-			
09月	20,320	2,120	10.4	7	0.0	13,706	67.4	3,738	18.4	919	4.5	2,819	13.9	83	0.4	61	0.3	21	0.1	666	3.3	-	-	-	-			
較上月(%)	0.9	-	-	-	-	0.6	-	2.7	-	0.5	-	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
較上年同月	19.5	0.8	-	2.7	-	18.6	-	44.2	-	3.8	-	65.1	-	0.2	-	-	-	0.7	-	0.0	-	-	-	-	-	-		

表 2 再生能源發電量統計資料(經濟部能源署 113.11)

期間	4-01 再生能源發電量 Renewable energy power generation																											
	發電量																											
	慣常水力 Hydro			地熱 Geothermal		太陽光電 Solar PV		風力 Wind						生質能 Biomass						廢棄物 Waste								
	千瓩 (MW)	千瓩 (MW)	占比 (%)	千瓩 (MW)	占比 (%)	千瓩 (MW)	占比 (%)	小計 Subtotal		陸域 Onshore		離岸 Offshore		小計 Subtotal		固態 Solid		液態 Biogas		千瓩 (MW)		占比 (%)		千瓩 (MW)				
94年	7,540,945	4,071,374	54.0	-	-	960	0.0	91,300	1.2	91,300	1.2	-	-	323,478	4.3	262,376	3.5	61,102	0.8	3,053,833	40.5	-	-	-	-	-		
95年	7,745,848	4,083,351	52.8	-	-	1,457	0.0	276,075	3.6	276,075	3.6	-	-	302,643	3.9	266,849	3.4	35,794	0.5	3,443,437	44.5	-	-	-	-	-		
96年	8,324,812	4,417,550	53.1	-	-	2,180	0.0	439,535	5.3	439,535	5.3	-	-	302,267	3.6	246,865	3.0	55,402	0.7	3,163,280	38.0	-	-	-	-	-		
97年	8,259,060	4,305,105	52.1	-	-	4,473	0.1	588,265	7.1	588,265	7.1	-	-	272,489	3.3	226,997	2.7	45,491	0.6	3,088,727	37.4	-	-	-	-	-		
98年	7,809,525	3,748,288	48.0	-	-	9,113	0.1	786,635	10.1	786,635	10.1	-	-	229,350	2.9	187,521	2.4	41,829	0.5	3,036,139	38.9	-	-	-	-	-		
99年	8,639,758	4,194,101	48.5	-	-	21,727	0.3	1,026,338	11.9	1,026,338	11.9	-	-	270,038	3.1	234,679	2											

計算出各場址的實際容量因數後，太陽光電場址與台電公告的「各縣市太陽光電容量因數」比較，小型水力場址則與「慣常水力容量因數」對照。



表 3 112 年各縣市容量因數與研究場址實際容量因數比較

縣市	各縣市容量因數(臺灣電力公司)	農田水利太陽光電場址實際容量因數
桃園市	12.70%	13.85% ~ 14.38%
新竹縣	13.01%	13.16% ~ 15.43%
臺中市	14.33%	12.71% ~ 15.28%
雲林縣	14.14%	14.83% ~ 15.63%
嘉義縣	13.93%	14.16%
臺南市	14.20%	12.95% ~ 16.17%
高雄市	13.22%	12.91% ~ 16.02%
屏東縣	13.17%	13.3% ~ 16.23%

太陽光電場址，多數場址的運轉效能優於該縣市容量因數(如表 3)，反映出良好的場址選擇與設施運維管理；南部地區受惠於較佳的日照條件，發電績效普遍優於北部地區。

表 4 112 年臺灣慣常水力容量因數與研究場址實際容量因數比較

112 年臺灣慣常水力容量因數	縣市	農田水利太陽光電場址實際容量因數
21.51%	臺中	20.42%
	雲林	40.04% ~ 46.74%
	臺南	7.46% ~ 37.47%
	臺東	20.24% ~ 34.31%

各區域小型水力場址發電績效存在顯著差異，主要受地理位置、水文條件及場址規模影響，112 年臺灣慣常水力容量因數為 21.51%，本研究範圍之小型水力場址分別位於臺中、雲林、臺南及臺東，多數場址優於或符合該年度臺灣慣常水力容量因數(如表 4)，介於 20.24%~46.74%之間，不過臺南 112 年度有幾個月因曾文水庫未放水，而導致下游發電廠的發電量受到影響，計算出來的實際容量因數介於 7.46%~37.47%，部分場址低於 112 年臺灣慣常水力容量因數。

## 五、結論

本研究透過系統性的調查與分析，深入探討臺灣農田水利綠能場址的發展現況與效益評估，為農業用地功能轉型提供了重要的實證依據。研究成果顯示，在 2050 年淨零碳排政策推動下，農業用地已逐漸從傳統的糧食生產與灌溉供水功能，擴展至兼具能源生產的多元化應用模式。

經過全面的場址調查與數據整理，全臺百餘處農田水利綠能設施已累積超過 15 億度的總發電量，相當於減少 78 萬公噸的碳排放量，其中太陽光電貢獻約 6 億度電力與 32 萬公噸減碳量，小型水力發電則提供約 9 億度電力與 46 萬公噸減碳量。這些數據不僅證明農業場域具備穩定的能源輸出潛力，更突顯其在國家能源轉型策略中的重要地位。

容量因數分析結果表明，多數太陽光電場址的運轉效能均落在預期範圍內，反映出良好的場址選擇與設施運維管理；南部地區受惠於優越的日照條件，發電績效普遍優於北部地區。而小型水力場址雖受季節性水量變動影響，但其 24 小時連續發電特性有效彌補了太陽光電等間歇性能源的不足，為電網穩定運作提供重要支撐。

本研究建立的標準化資料收集與分析流程，克服了資料來源分散、格式不一致等挑戰，為後續的長期監測與績效評估奠定了堅實基礎。研究方法的系統性與數據的可靠性，使得評析結果能夠為政策制定者提供客觀的決策參考。

展望未來，農田水利綠能的持續發展不僅體現了空間資源的永續利用價值，更展現了數據治理與能源管理的深度融合。持續強化數據完整性與監測系統，針對發電效能偏低的場址從設備維護、環境因素及管理策略等面向進行深入探討與改善，以確保農田水利綠能場址能發揮最佳效益，為國家 2050 年淨零碳排目標做出更大貢獻。農業綠能的成功推展，不僅拓展了農業用地的多元功能，也為臺灣能源自主與系統韌性的提升開闢了新的發展路徑。

## 六、參考文獻

1. 中興工程顧問股份有限公司，「河川小水力發電開發參考手冊」，經濟部水利署，2023。
2. 臺灣電力公司，台電綠網，<https://service.taipower.com.tw/greennet/>。
3. 農業部，農業綠能發展資訊網，<https://age.triwra.org.tw/>。
4. 經濟部能源署再生能源資訊網 - 再生能源統計資料，<https://www.re.org.tw/information/statistics.aspx>。
5. 劉宏仁、林文勝、游景雲、陳谷汎，小水力發電之發展歷程、現況與推動建議，土木水利第五十一卷第一期，頁 52-58，2024。