電動農機減碳能力初探-以農地搬運車為例

農試所農工組 林建志 邱相文 施富邦

一、前言

台灣於2022年3月正式宣布「台灣2050淨零排放路徑及策略總說明」，以「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」及「社會轉型」四大轉型及「科技研發」和「氣候法制」兩大治理基礎，輔以「十二項關鍵戰略」，就政策、能源、產業、生活、科技等重要領域制定行動計畫，以達淨零目標。依據2050淨零排放路徑及策略總說明指出，負碳領域僅有碳捕捉再利用及封存技術(carbon capture utilization and storage，CCUS)與森林(農業)碳匯等2項(國家永續發展委員會，2022) (圖一)，由此可知，農業對於我國淨零碳排的發展，具有相當關鍵性地位。

依據農委會109年農林漁牧業普查結果，農牧戶的農業經營管理者平均年齡64.4歲，從農家數減少到69.3萬家(農業委員會，2021)，從農人口持續老化與人力持續減少，最主要的原因係從事農業的經濟收益相對較差、工作環境惡劣及勞力不足...等；另外依據2023年行政院公告資料，台灣110年農耕地面積78.7萬公頃，農業就業人口為54.2萬人，農戶平均耕地規模約0.72公頃(行政院，2023)，屬於小農產業，不利於大型農業機械作業，經濟效益低且所需農業機械種類繁複，從農門檻較高，單一農戶資源往往不足，致使從農意願低。而農業機械電動化、共享化可在兼顧淨零碳排議題上有效解決農業勞動力不足與改善工作環境等問題，使農業穩定發展。

二、現況分析

台灣農業相關部門為達成淨零碳排目標，擬訂減量、增匯、循環及綠趨勢等四個主軸，其中主軸一減量主軸下，農、漁、畜皆有推廣節能減碳農機以減少能源使用相關之目標，為達成此目標，農業部推動省工及碳匯農機、代耕制度及農機共享等計畫。發展電動農機取代現行的內燃機農機，利用代耕制度與農機共享，增加農機的使

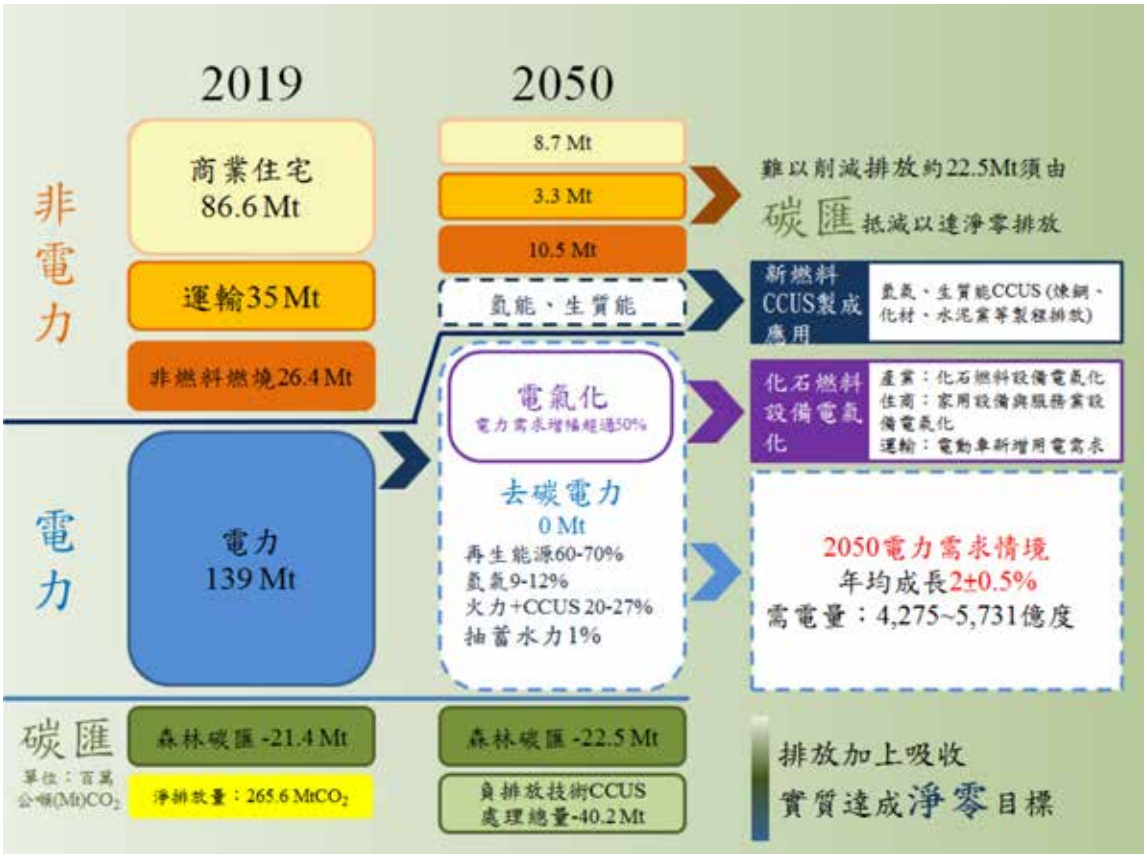
作　　者：林建志助理研究員
連絡電話：04-23317716

用率，以最少的碳排放達到最大經濟活動(含減少勞力輸出、減少不必要的資源浪費、提升工作效率...等)。

(一) 省工及碳匯農機

傳統農業機械使用內燃機作為動力源，其排放廢氣具有大量的溫室氣體，不符合目前國際社會淨零排放的發展趨勢，然農村勞力缺工，若不使用農業機械，恐無法進行日常的農業經濟活動，在此前提下，推動電動農機發展被認為係可行的解決方案。農業部農糧署實施農機補助計畫已多年，並於111年開始辦理省工高效及碳匯農機補助實施計畫，輔導農民購置及引進省工農業機械、農事服務機械、農用無人飛行載具噴藥機(UAV)、新研發農機(農業部轄下各試驗改良場所研發之新型農機)及碳匯農機(係指具備「化學肥料減量施用」、「增進農地土壤碳匯」、「節能減碳省水」、「友善環境耕作」或「農業剩餘資源利用」等效益之農機)等，期紓解農村勞動力不足問題(農糧署，2023)。

電動農機被認為在相同的作業情況下碳排放量較低，具有「減碳」的效益(式1，環境保護署，2023)，然而電動農機售價較傳統農機高，且效率受限於電池，無法長時間使用，致使在省工高效及碳匯農機補助實施計畫執行前，電動



圖一、台灣規劃 2050 淨零排放初步藍圖(國家永續發展委員會，2022)。

農機幾乎無農民購買使用，農機廠商研發及生產電動農機的意願亦偏低，為符合淨零排放趨勢，農糧署在本計畫下提高電動農機補助上限(一般農機補助上限係售價的三分之一，電動農機則係售價的二分之一)，藉此吸引農民購置，間接提升農機廠商研發及生產意願。

(二) 代耕制度與農機共享

過去已有水稻代耕制度，若要將該模式推廣應用於其他經濟作物，需針對不同區域特色作物、生產者習慣、經濟規模…等進行分析，瞭解各區域農業特色，找出適合且通用的農業機械，發展符合當地產業需求之農機共享模式。目前農政單位已有執行相關示範計畫，提出乾租及濕租兩種共享模式，乾租係指農民僅租用農機進行農業經濟活動，濕租則類似代耕制度，農民租用農機操作者及農機進行農業經濟活動(許等，2023)。

代耕制度與農機共享的精神係提升農業機械的使用效率，以最小的設備成本，發揮最大的工作效率，另一方面也可以利用共享的概念，將電池共享化，於特定區域設置電池交換站或充電站，可舒緩電動農機續航力不足問題，提升農民使用意願。

三、電動農機是否具減碳能力

電動農機的碳排放量是否比傳統內燃機農機較少係一個值得深入探討的問

MRE(公斤)＝[EF1×全年免費用油數量(公升)－EF2×全年用電量]×T(年)　式1

MRE：單一機械減量。

EF1：燃油排放係數(公斤/升) 。

EF2：電力排放係數，以環評案通過年為基準(公斤/度)。

T：耐用年限，5年。

資料來源：環境保護署公布之汰換老舊農機為電動農機減量計算基準，2023

表一、台灣常用農業機械每年碳排放量估算表

	耕耘機	曳引機	中耕機	動力割草機	背負式噴霧機或施肥機	水稻聯合收穫機	農地動力搬運車	雜糧動力聯合收穫機
110年統計台數[1]	1,805	15,457	38,715	74,890	56,285	2,871	21,728	836
參考用油量[2]，公升/年	2,000	10,000	700	600	800	6,000	2,500	10,000
建議油種	柴油	柴油	汽油	汽油	汽油	柴油	汽油	柴油
碳排放量估算[3]，公噸二氧化碳/年	9,567	409,611	68,022	112,784	113,020	45,649	136,343	22,154

[1]農業委員會農業統計資料查訊系統(農業委員會，2021)。

2農機免稅用油基準(農業委員會，2016)。

[3]IPCC公布資料CO_2、CH_4及N_2O的GWP值依序為1、29.8及273；行政院環境保護署公布資料，燃燒每公升汽油溫室氣體排放量係2.2631 kgCO_2，0.000816 kgCH_4及0.000261 kgN_2O，柴油則係2.6060 kgCO_2，0.000137 kgCH_4及0.000137 kgN_2O；計算後得到燃燒每公升汽油碳排放量約2.51 kgCO_2，燃燒每公升柴油約2.65 kgCO_2。

題，目前國內尚無相關研究可以佐證此項觀點，故蒐集行政院環境保護署、經濟部能源局、農業部農糧署、農業試驗所及IPCC公開資料，並整理分析，以佐證電動農機比傳統內燃機農機減碳。

(一) 常用農業機械的碳排放量

表一係台灣常用農業機械每年碳排放量估算表，其中碳排放量的估算係利用溫室氣體排放係數管理表6.0.4版(行政院環境保護署，2023)及IPCC公布的Global Warming Potential (GWP-全球升溫潛能值，ERCE，2021)的數據計算所得。燃燒每公升汽油溫室氣體排放量係2.2631 kgCO_2，0.000816 kgCH_4及0.000261 kgN_2O，柴油則係2.6060 kgCO_2，0.000137 kgCH_4及0.000137 kgN_2O，其中CH_4的CO_2當量係29.8，N_2O的CO_2當量係273，計算後得到燃燒每公升汽油約排放2.51 kgCO_2，燃燒每公升柴油約排放2.65 kgCO_2，而我國常用的農業機械每年總碳排放量約917,150 tCO_2/y。

(二) 內燃機與電動農機的碳排放量評估

經濟部能源局110年公開資料統計(經濟部能源局，2023)，101年至110年的電力排碳係數平均約為0.523kgCO_2/kWh，依據前項計算得知，燃燒1L汽油其碳排放量等同於使用4.80 kWh的電力，柴油則係5.07kWh，簡言之，在內燃機農機使用1L燃料作業條件下，使用電動農機耗電量若小於上述數值，推論代表電動農機確實具有減碳效益。

(三) 電動農機的減碳量評估

依前述，農糧署111年省工高效及碳匯農機補助實施計畫執行前，電動農機因市場問題，農機廠商研發意願低，致使電動農機相關性能數據較少，無法判斷在相同的作業條件下，電動農機的碳排放量比內燃機農機少，故根據本所農機(具)性能測定相關資料，特別針對農地搬運車機種項目(以下簡稱搬運車)進行分析研究，初步探討農機電動化後是否能達成所預期的減碳效果。從搬運車機種之中所分析後所得到的結果為：汽油搬運車耗油量約0.1 公升/公里，柴油搬運車耗油量約0.06 公升/公里，電動搬運車耗電量0.05度/公里(農業試驗所，2022)，將上述數據代入式1，並將全年用油量與用電量轉換成農用搬運車每公里用油量與用電量取得式2，利用式2計算後得知，若將內燃機搬運車汰換為電

式2

$$RCE=[EF3\times CF-EF4\times CE]$$

RCE：單一搬運車減量(公斤/公里)。

EF3：燃油排放係數(公斤/公升) 。

CF：每公里搬運車耗油量(公升/公里)

EF4：電力排放係數，以環評案通過年為基準(公斤/度)。

CE：每公里搬運車耗電量(度/公里)

動搬運車，則汽油搬運車每公里可減少之碳排放量係 0.2249 $kgCO_2/km$，柴油搬運車係0.1329 $kgCO_2/km$，最後從表一農地搬運車數據進行換算得知，燃油搬運車全數汰換成電動搬運車的話，每年約可減少12,216,568 $kgCO_2$，依據環保署規定耐用年限5年進行計算，其減碳量高達61,082,840 $kgCO_2$(約0.06Mt CO_2)。

四、結論

台灣目前已有部分農民採用電動農機，但受限於電池的續航力及電動機的輸出扭力，目前電動農機尚無法完全取代傳統內燃機農機，仍需更進一步的優化與精進，囿於台灣電動農機尚未發展完全，本文無法對電動農機進行全面性的減碳能力評估，惟在針對農地搬運車進行分析發現，若將燃油搬運車汰換成電動搬運車，可有效的減少碳排放量，其數值約可達到0.06 Mt CO_2，減碳量相當高。因此，透過數據的分析與探討後進行推論，若將傳統內燃機農機逐步的汰換成電動農機，應可發揮不可忽視的減碳效益，對未來淨零排放政策有正面意義，亦成為產官學研各界邁向全面發展電動化農機的推動力。

五、參考文獻

許晉瑋、康瑋帆、卓晏安、劉育姍、黃明雅。2022。台灣農業機械共享模式發展探討。農政與農情：355期，p43-50。

行政院農業委員會。2021。農機牌照數量統計。110年農業統計年報。

行政院農業委員會。2016。農耕用機器設備及農地搬運車使用免徵營業稅燃料用油作業須知。農授糧字第1051069578A號令。

行政院環境保護署。2023。行政院環境保護署審查開發行為溫室氣體排放量增量抵換處理原則。環署氣字第1121001864號令。

行政院。2023。農業經營現況。網址：https://www.ey.gov.tw/state/CD050F4E4007084B/0ededcaf-8d80-428e-96b7-7c24feb4ea0d。

行政院國家永續發展委員會。2022。國家2050淨零排放路徑。網址：https://ncsd.ndc.gov.tw/。

農業部農糧署。2023。網址：https://www.afa.gov.tw/cht/index.php?。上網日期：2023/06/15。

經濟部能源局。2023。110年度電力排碳係數。網址：https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/news/Board.aspx?kind=3&menu_id=57&news_id=26128。

行政院環境保護署-事業溫室氣體排放量資訊平台。2023。溫室氣體排放係數管理表。網址：https://ghgregistry.epa.gov.tw/epa_ghg/。

ERCE，2021，IPCC Sixth Assessment Report Global Warming Potentials，Web site：https://erce.energy/erceipccsixthassessment/。