

因應2050淨零排放 農業部門減排策略初擬

農試所農化組 施雅惠 林旻頡 陳琦玲

一、前言

自工業革命後，全球碳排放量急速上升，聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於今年8月發布氣候變遷第六次評估報告 (Assessment Report 6, AR6)，文中指出2011-2020年全球地表溫度比1850-1900年提高了1.1°C。且在5種溫室氣體排放情境評估結果中發現，不論是哪種排放情境，未來20年內平均全球溫度增幅預計將達到或超過1.5°C，所有地區的氣候變化都將加劇，如：熱浪發生頻率增加、暖季時間更長、冷季時間更短(IPCC 2021)。如何降低空氣中二氧化碳濃度上升，以及減緩氣候變遷是目前世界各國正面對的環境議題。

2015年通過的《巴黎協定》，重要內容包括 (1)與工業化前溫度水平相比，全球平均氣溫升幅控制於2°C之內，並致力於限制在1.5°C之內；(2)各國將提交國家自主貢獻 (Nationally Determined Contributions, NDCs) 作為減量目標之機制進行減排或限排，工業化國家必須有絕對減量目標值；(3)由已開發國家提供綠色氣候基金，協助開發中國家執行氣候變遷減緩與調適；(4)國家預期自定貢獻於簽署後正式成為國家自定貢獻，每五年提交報告及檢討，將於2023年首次全球盤點、透明公開呈現。

根據IPCC 2018年發表的全球暖化1.5°C (global warming of 1.5°C)特別報告指出，若要達成全球平均氣溫升幅不超過1.5°C的目標，2030年全球人為二氧化碳淨排放量需比2010年降低約45%，約在2050年達到淨零排放；若要將全球平均氣溫升幅控制在2°C以下，則在2030年二氧化碳排放量需比2010年降低約25%，並在2070年左右達到淨零排放 (IPCC 2018)。但若全球平均溫度提高2°C，已對全球生態、生物多樣性造成很大的影響，於是2019年歐盟提出2050年達到碳中和目標後，帶動全球淨零討論的雪球效應，截至2021年1月底，已有127個國家宣示或規劃2050年淨零排放目標，包含日本、韓國、中國等鄰近國家。

通訊作者：陳琦玲研究員
連絡電話：04-23317407

為因應全球氣候變遷行動，台灣於2015年頒布『溫室氣體減量及管理法』（以下簡稱溫管法），是以符合巴黎協定中全球平均氣溫升幅不超過2°C為目標。隨著國際倡議加大減碳力道，追求2050淨零排放，蔡總統於今年4月22日地球日明確宣示「2050 淨零轉型也是台灣的目標」，以控制平均氣溫升幅於1.5°C內。為達此目標，各部門皆重新研議更嚴格的階段性減碳目標與策略。其中，農業部門肩負經濟發展、生態保護與糧食安全等任務，目前已提出相關減碳策略並持續執行中，短期內仍先以達成溫管法原定之第二階段溫室氣體排放管制目標為目標，且同時確保產業競爭力、經濟競爭力與糧食安全之發展。本報告係藉文獻回顧介紹國際在因應2050淨零排放農業部門之減碳策略及考量國內現況，探討台灣農業2050淨零排放可能的減碳作為。

二、國際因應2050淨零排放之農業部門減碳策略

依主要排碳經濟體（中國、美國、歐盟）及與台灣農業型態相近之經濟體（日本、韓國）最新的農、畜業溫室氣體排放管制政策資訊，其中以推動合理化施肥、生質能發展、設置節能或再生能源設備、有機農業、改良畜禽腸內發酵及制定政策法規等，為各國均採行之措施。

日本農林水產省《制定綠色食品系統戰略》的報告中，提出將透過水田水

分管理減少甲烷排放、導入節能設施園藝設備、間伐等適當的森林管理、低甲烷排放品種開發、生物炭碳儲存擴展、海藻固定二氧化碳(藍碳)、適用於農業及漁村地產地消型能源系統建設、高樓層木造建築物之普及、農林機械和漁船電氣化等多種技術戰略達到2050年農業零排放（日本經濟產業省 2020）。

英國於2020年公告《綠色工業革命十點計畫》，宣示將透過十大重點項目，以期扭轉國家整體經濟及達成2050年淨零排放目標。而涉及農業部門之策略為維護自然環境，新建並指定更多的國家公園及傑出自然風景區，同時強化造林及復育泥炭地等土地管理作為，創造自然保育及復育相關工作機會，並提供生產補貼鼓勵農民投資新技術，於減少碳排同時促進生產效率與生物多樣性，以對抗氣候變遷帶來之衝擊。英國全國農民聯盟(National Farmers Union, NFU)提出藉由促進可再生能源和更廣泛的生物經濟、土壤碳捕捉與儲量，及提高農業生產力等措施降低農業排放量，以期於2040年達到農業淨零排放(NFU 2019)。

三、農業部門的減碳策略

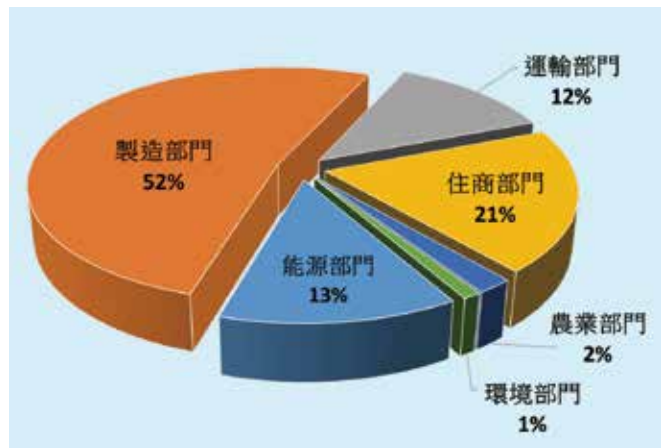
依據2018年世界資源研究所統計結果，全球碳排放量為489億公噸二氧化碳當量(CO₂ eq)，農業占12.2%。依據2018年我國溫室氣體總排放量，農業部門占全國排放量2%(圖一)，其中燃料燃燒與非燃料燃燒排放分別占53%與47%，

各排放源占比如圖二。在非燃料燃燒排放，農業土壤占45.9%，為最大占比，其他排放占比依序為畜禽腸胃發酵占21.1%、水稻種植占22.7%、畜禽糞尿處理占9.1%、尿素施用占1.1%、作物殘體燃燒占0.1%(EPA 2020)。目前台灣尚缺乏針對土地利用變更部分：農地、濕地、居住地、草原及其他部分的估算，環保署正規劃納入評估，以作為未來減碳策略之參考。農業部門為顧及糧食安全，近期先以達成溫減法第二階段為目標，即2025年淨排放量較2005年基準年減少10%。農政單位已經推動相關策略，如友善環境農業耕作、推動對地綠色環境給付、合理化施肥、大糧倉計畫、畜牧廢棄物再利用、沼氣發電系統推廣、獎勵休漁及漁船(筏)收購、節能設施補助等政策，並持續執行中(圖三)。

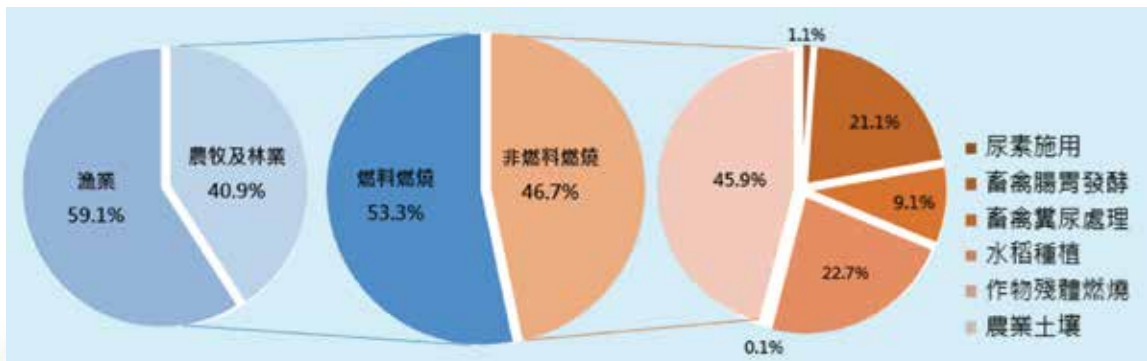
四、為達2050年淨零排放的行動方案

台灣碳排放總量為2.75 億公噸CO₂ eq，占全球總排放量

0.56%，排名第23，其中燃料燃燒（能源使用）人均排放量為10.83公噸CO₂ eq，全球排名第20，顯示台灣的人均碳排是偏高的。為達2050年淨零排放的目標，行政院國發會組織「淨零排放路徑專案工作組」，並分為去碳能源工作圈、產業及能源效率工作圈、運具電氣化工作圈與負碳技術工作圈等四大工作圈進行研討評估，由各工作圈召集部會持續加強與民間部門溝通，提出淨零排放路徑初步藍圖。並規劃願景組與模型組，願景組基於利害關係共識討論，調查關鍵參數以及技術組合，並由模型組基於科



圖一、2018年全台能源排放量分攤至各部門後之排放占比。



圖二、2018年台灣農業溫室氣體排放情形。

學基礎技術推估，進行情境模擬與路徑評估，逐步確認淨零排放路徑可能的方向與關鍵指標，並研提中長期計畫以達成目標。

五、農糧部門其他可能的減碳措施

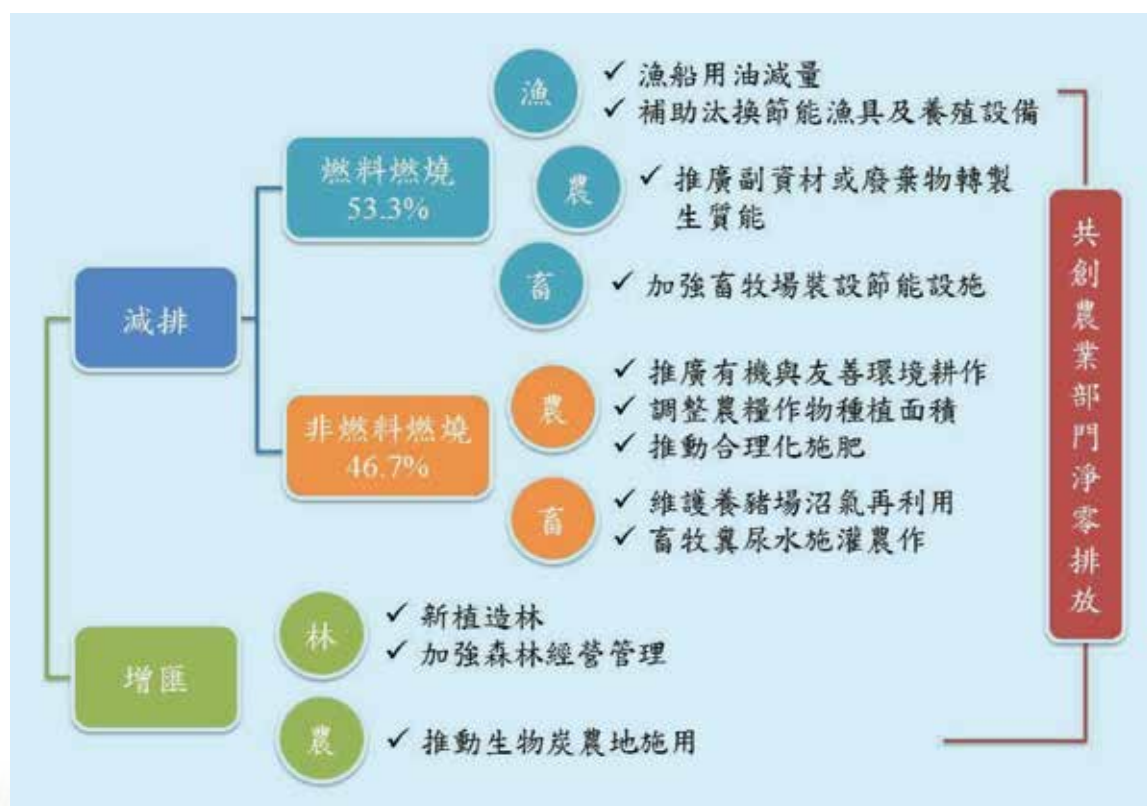
(一) 提高肥料利用效率

依據清冊盤點結果，農地施用肥料之溫室氣體排放占農糧部門總排放量約66%，由於化學肥料價格低廉，肥效快，大部分農友為確保作物產量，經常過量施肥，造成溫室氣體的排放。依據調查，水、旱、蔬菜田之肥料利用率分別為25%、30%、10%，應有減量空間。除

了推動合理化施肥外，嘗試使用緩效性肥料，以提高肥料利用效率，應是有效作法，但需獲得肥料公司的認同，製造合用的肥料，並需評估單位營養素的價格。施用緩效性肥料，預期可減少20%的肥料施用(江汶錦 2014)。

(二) 施用葉面肥

葉面施肥比土壤施肥效率高、見效快，且可克服不良環境的影響，迅速滿足植物生長發育所需。雖然葉面施肥的肥料效率可達80%或以上，但因為葉面施用肥料之濃度必須精確控制，且噴灑間隔密集，需要耗費較多人力，是不易全面推廣的原因之一。若能掌控施用時機與濃度，預估可減少50%肥料施用



圖三、農業部門因應淨零排放短期目標之減排與增匯策略(農委會提供)。

量。此外葉面施肥易受環境條件、植物種類和生育期不同而效果差異大，尚須與土壤施肥一同應用於農作生產才具增產活提高品質的效果(郭雅紋 2013)。

(三) 施用硝化抑制劑

硝化抑制劑能選擇性抑制土壤中硝化細菌的活動，從而減緩銨態氮轉化為硝態氮的反應速度，提高銨態氮、尿素的穩定性，不致快速轉換為硝態氮而淋失，從而增加氮肥利用效率。一般施肥時搭配硝化抑制劑，預估可減少10-20%的肥料施用。(Turner *et al.* 2010)

(四) 使用生物肥料

生物肥料是以微生物為主體，指具有活性微生物體(包含其休眠孢子)，如細菌(含放線菌類)、真菌、藻類等微生物及其代謝產物的特定製劑，應用於農業生產具供應植物養分的效果，包括增進植物養分和元素之供應量與總量、刺激植物生長與促進植物對營養和元素的吸收等(楊秋忠 2009)。依據試驗結果，施用固氮菌可減少50%氮肥施用；施用溶磷菌可減少30-50%磷肥施用。

(五) 農作物品種改良

氣候變遷所造成的極端氣候，促使農業氣候災害發生，造成糧食危機。藉由作物育種可培育出具高逆境調適能力的新品種，或改善現有品種的耐/抗逆境能力，以適應不同的氣候與土壤逆境並得以平穩地生長。另外，高氮素利用率及抵抗病蟲害之品種育選是另一個育種方向，藉此降低肥料、農藥與能源使

用，進而降低溫室氣體排放與氣候變遷所造成的影響，確保糧食安全(楊藹華 2014)。

(六) 綠電

鑑於全球正處在能源轉型的關鍵時代，綠色能源將是未來驅動經濟發展的新引擎。綠電發展雖屬於行政院「淨零排放路徑專案工作組」之「去碳能源工作圈」的範疇，其效益不歸屬於農業部門，但因是在農業部門產生的綠電，故本文仍提出說明。

2020年經濟部能源局能源統計資料指出，目前台灣火力發電量占總發電量82.2%，其次為核能發電11.2%，再生能源5.4%，最後為抽蓄水利1.1%。火力發電過程中會產生許多空氣污染與溫室氣體排放，增進全球暖化。因此，藉由太陽能、風力、河流水位落差、燃燒生質能與廢棄物等綠色能源，可減輕發電裝置對環境造成的污染與碳排放。農委會推動「農糧製儲銷屋頂附屬太陽光電」，截至2020年已設置太陽光電265.6百萬瓦，每年可取代燃煤發電294.7百萬度電，約15萬公噸CO₂ eq。扣除製作太陽能板產生2.7萬公噸CO₂ eq，共可減排約12.7萬公噸CO₂ eq。同時推廣畜牧場沼氣再利用(發電)，除了減少畜禽糞便之甲烷及氧化亞氮逸散、降低廢水處理之耗能外，亦能取代部分燃煤發電，據研究，平均每頭豬一天能產生0.1噸沼氣，而每0.7噸沼氣可產生1度電。統計至2019年12月，推廣總飼養規模達61.5萬頭，約每年可取代燃煤發電32百萬度電。

六、結論

雖然農業部門溫室氣體排放(包含燃料燃燒)僅占台灣總排放量2%，但氣候變遷導致的極端氣候已對農業造成重大的影響，因此，農業部門在確保糧食安全前提下研擬因應與調適策略，發展並推動低碳農業，持續落實各項行動方案並開發新的減碳技術，以達到農業淨零排放目標。除了減碳技術外，增加土壤碳匯更是農糧部門達到淨零排放的重要策略，包含有機農業、果園草生栽培、生物炭應用等農業操作。本文限於篇幅，僅先說明減排策略，擬另文說明台灣實現仟分之四倡議的可能性，以及藉由增匯技術達到淨零排放的策略。

七、參考資料

- 日本經濟產業省。2020。2050年碳中和綠色增長戰略。日本經濟產業省p.43-45。
- 行政院環境保護署(EPA)。2020。我國國家溫室氣體排放清冊報告。行政院環境保護署
- 江汶錦。2014。施肥懶人包—緩效性肥料。科學發展，496，p.40-44。
- 郭雅紋。2013。葉面施肥的吸收機制和影響因子。台中區農業改良場102年專題討論專集。
- 楊秋忠。2009。微生物肥料的施用之目的及要領。國立中興大學農業學報，69期。
- 楊藹華。2014。作物品種的改良。科學發展，504期p.54-58。

- National Farmers Union (NFU). 2019. Achieving NET ZERO Farming's 2040 goal. National Farmers Union
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2018. Global warming of 1.5°C. IPCC Report [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.
- Turner D.A., R.B. .Edis, D.Chen, J.R.Freney, O.T.Denmead, R.Christied. 2010. Determination and mitigation of ammonia loss from urea applied to winter wheat with N-(n-butyl) thiophosphoric triamide. Agriculture, Ecosystems & Environment. 137(3-4). 261-266.