

淨零碳排

引言人：

農委會林業試驗所

林俊成主任秘書

與談人：

農委會農業試驗所 陳琦玲研究員

中興大學森林系 柳婉郁特聘教授

BSI英國標準協會 鄭仲凱副協理

瓜瓜園企業股份有限公司 邱裕翔總經理

永智顧問股份有限公司 石信智總經理

農業淨零碳排議題發展趨勢

林俊成

農委會林業試驗所主任秘書

ljc@tfri.gov.tw

摘要

淨零排放為各國努力達成的共同目標，在臺灣，於 2022 年 3 月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略」，以「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」、「社會轉型」等四大轉型，及「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基礎，輔以「十二項關鍵戰略」，以落實淨零轉型目標。農業部門在 2040 年將完成淨零排放目標，並在「減量」、「增匯」、「循環」及「綠趨勢」等四大主軸下具體提出 19 項策略與對應的 59 項措施來推動跨單位合作具體落實。本文以如何達成農業淨零排放目標為思考，針對自然碳匯、碳定價與碳足跡等議題加以剖析，俾供後續政策措施研議參考。

關鍵詞：淨零排放、碳匯、碳定價、碳足跡

壹、前言

根據全球碳計畫（Global Carbon Project, GCP）公布年度報告顯示，2020年因全球 COVID-19（冠狀病毒）疫情爆發導致經濟趨緩，造成碳排放量減少，減少了 19 億公噸 CO₂，從 2019 年的 367 億公噸 CO₂ 降至 2020 年的 348 億公噸 CO₂，減少 5.4%。但 2021 年全球化石燃料的 CO₂ 排放量將反彈至接近疫情前的水平。預計 2021 年排放量將平均增加 4.9%，達到 364 億公噸 CO₂。2021 年的全球排放量仍比 2019 年水平低約 0.8%。2021 年增加 16 億公噸 CO₂ 與 2008-2009 年全球金融危機後 2010 年觀察到的增加趨勢相似（17 億公噸 CO₂；比 2009 年水平高 5.5%）。尤其中國、美國、歐盟、印度等 4 大排碳國，排放量更是在回升到疫情爆發之前的水平，佔全球碳排放量近 6 成（Friedlingstein et al., 2022）。因此巴黎協定（Paris Agreement）要求將全球氣溫升幅控制在工業化前水平的攝氏 1.5 度的目標，似乎對世人是個很大的挑戰。

依據 2018 年 IPCC 所發表《全球變暖 1.5°C 特別報告》將「淨零排放」定義為：當一個國家（組織）所有溫室氣體排放量與移除量達到平衡時，就是淨零溫室氣體排放。至 2021 年 8 月，全球已有歐盟等 134 個國家宣示或規劃淨零排放（Net Zero Emissions）目標，此外，15 個地方、398 個城市、786 家企業和 16 位投資者也表示他們正努力實現淨零排放目標。從以上各國、團體與個人行動顯示，現有氣候行動計畫不足以減少人類社會、人類自身以及自然系統面臨的氣候風險（World Bank, 2020）。

在臺灣，蔡英文總統在 2021 年 4 月 22 日「世界地球日」時，明確宣示「2050 年淨零轉型」是全世界也是臺灣的目標。我國於 2022 年 3 月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略」，以「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」、「社會轉型」等四大轉型，及「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基礎，輔以自然碳匯等「十二項關鍵戰略」，就能源、產業、生活轉型政策預期增長的重要領域制定行動計畫，落實淨零轉型目標（國家發展委員會等，2022）。

行政院農業委員會於 2021 年 9 月成立農業淨零專責辦公室，加強政策落實與對外溝通，也將氣候變遷調適與淨零排放策略列入重點施政項目，另於 2022 年 2 月 9 日舉辦的「邁向農業淨零排放策略大會」宣示，農業部門在 2040 年將完成淨零排放目標，並在「減量」、「增匯」、「循環」及「綠趨勢」等四大主軸下具

體提出 19 項策略與對應的 59 項措施來推動跨單位合作具體落實。藉此，農業部門具體訂定 2040 年淨零目標，包含要達成減少溫室氣體排放 50%、推動國公私有地造林面積、提昇國產材自給率、建立農林漁畜低碳永續循環場域、農業綠能發電滿足農業用電比例達百分百等多項執行目標，藉由全面加速推動我國農業淨零排放措施。重要措施包括：1. 全面建立農業生產碳排資訊，建立低碳農漁畜的生產模式，達到減量目標，有效減少溫室氣體的排放。2. 增加森林碳匯面積、加強森林經營管理、提高國產材利用、強化海洋及溼地碳匯管理，以建構負碳農法，強化具碳匯效益。3. 農業剩餘能源化、資源化、材料化與加值再利用，並推動農業跨域循環示範場域，加強農業循環技術科技研發，創造農業加值再利用。4. 建構能源自主農漁村，推動農業部門有效碳定價及碳權交易制度以及農業綠色金融及綠色消費，達到農村自主發電，用電自給自足。並在各項措施下設定具體的做法與路徑，明確 2040 農業淨零排放的目標願景（行政院農業委員會，2022）。

本文即以如何落實農業淨零排放目標為思考主軸，針對自然碳匯技術、碳定價發展與產品碳足跡等議題加以剖析，俾供後續政策措施研議及研究方向之參考。

貳、研究分析

一、以自然為本解決方案納入國家自定貢獻中成為各國氣候行動，而自然碳匯成為主角

（一）NDC 的 NbS 氣候行動

巴黎協定（Paris Agreement）呼籲將全球溫度的上升幅度限制在低於工業化前的 2°C 以下，並希望將上升幅度限制在 1.5°C 以下。為了實現此一目標，呼籲各國提出「國家自定貢獻」（Nationally Determined Contribution, NDC）並列出 2020 年後的減緩（mitigation）與調適（adaptation）氣候行動與目標。各國依自身能力與經濟發展狀況下訂定合理的減碳目標，體現了各國為減少國家排放和調適氣候變化的影響而做出的努力（林俊成等人，2021）。

以自然為本的解決方案（Nature-based Solutions, NbS）理念最早出現於 2008 年世界銀行（World Bank）《生物多樣性、氣候變遷和調適：來自世界銀行的 NbS 投資》報告中，強調生物多樣性保育對氣候變遷減緩與調適的重要性（大自然保護協會，2019）。透過與自然合作解決氣候變遷的驅動因素和影響，而不是僅

僅依靠傳統的工程或「灰色」解決方案（例如防波堤、堤防和灌溉基礎設施）來應對社會挑戰。根據國際自然保育聯盟（International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN）對NbS的定義為「保護、永續管理和恢復自然或經修改的生態系的行動，這些行動可以有效和具調適性來因應社會挑戰（如氣候變遷、糧食和水安全或自然災害），同時提供人類福祉和生物多樣性好處」，在解決氣候變遷衝擊可發揮相當重要的作用。許多國家在其NDC中闡明了廣泛的「以自然為本（Nature-based）」或「以生態系為導向（ecosystem-oriented）」的減緩和調適願景，並提出了一系列「綠色」行動和目標以實現這些願景。這些行動主要涉及生態系或以自然為本的農業實踐的管理、恢復和保護。一些研究顯示，NbS可以提供在2030年將暖化穩定在2°C以下所需約30%的成本來促成有效的減緩措施，在168個NDC中，有130個國家將NbS優先行動或目標以某種形式作為減緩或調適措施的一部分（IUCN, 2020a），且至少有66%的《巴黎協定》簽署方以某種形式包含NbS，以幫助實現其減緩氣候變遷和調適目標（Seddon et al., 2019）。三分之二的NDCs指出，生態系對氣候變遷很重要，但也易受到氣候變遷的影響，在易受氣候變遷影響的5個領域中，生態系僅低於糧食和水安全，但高於漁業、能源和運輸（Seddon et al., 2019）。《巴黎協定》在公約中的序言表明「溫室氣體碳匯和貯存庫的保存及增加之重要性」，其中包括「生物量、森林和海洋以及其他陸地、沿海和海洋生態系」。

Reise et al. (2022) 依據NbS所應用的生態系統、溫室氣體減排類型以及管理變化加以分析（表1）。

表 1 NbS 之溫室氣體減排類型與管理變化

生態系統	NbS	溫室氣體減排類型			管理變化	
		減少	移除	避免	活動轉移	土地利用變化
森林	造林和再造林		○		○	○
	天然林管理	○	○		○	
	避免森林轉用			○		○
	森林保護			○	○	
	改良性種植	○	○		○	
農地	養分管理	○			○	
	混農林業 / 農地造林 / 間作		○		○	○

生態系統	NbS	溫室氣體減排類型			管理變化	
		減少	移除	避免	活動轉移	土地利用變化
農地	改善糞便管理	○			○	
	保護性農業	○			○	
	覆蓋作物	○	○		○	
	改良水稻栽培	○			○	
草地	放牧優化	○	○		○	
	豆科牧草	○	○		○	
	草地恢復		○		○	○
	避免草地轉用			○		○
陸域濕地	泥炭地恢復	○	(○) +	○	○	○
	泥炭地保護		(○) +	○	○	
	避免泥炭地退化 / 轉用			○		○
沿海濕地	沿海濕地恢復	○	○		○	○
	沿海濕地保護		○	○	○	
	避免沿海濕地退化 / 轉用			○		○
集居地	都市綠化		○		○	○

資料來源：Reise et al.(2022)

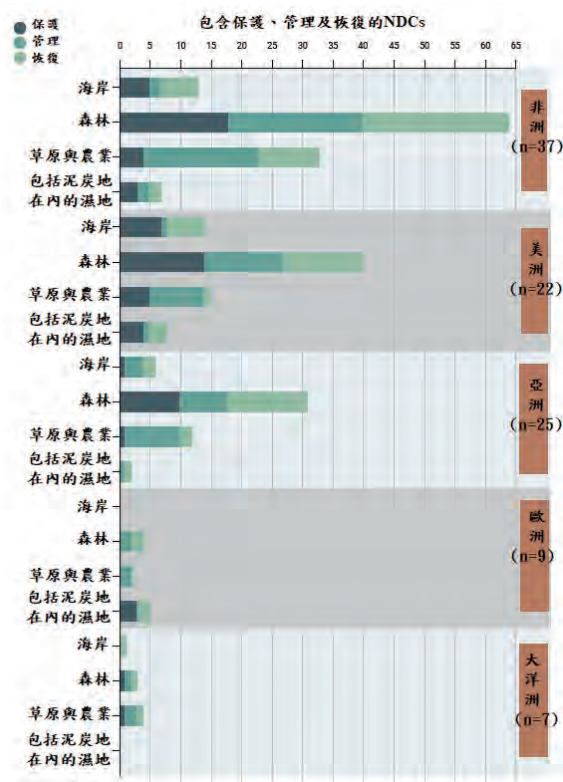
註：NbS 根據生態系統及其對溫室氣體排放的減緩作用類型以及它們所暗示的管理變化進行分類。”+” 與森林等其他生態系統相比，泥炭地的清除非常緩慢且長期，因此不是該措施的主要好處。

在提交給 UNFCCC 的 NDC 中，66% 包括承諾實施某種形式的 NbS (Seddon et al., 2019；Reise et al., 2022)。Reise 等人 (2022) 做了以下統整：

1. 86% 的開發中國家、88% 的轉型國家和 98% 的已開發國家根據《巴黎協定》將農業和 / 或土地利用、土地利用變化和林業 (land use, land use change and forestry, LULUCF) 納入其 NDC。
2. 97% 的國家將 LULUCF 納入其減緩計畫，62% 的 NDC 將 NbS 作為調適行動。
3. 74% 的 NDC 包括與森林相關的目標，其中 20% 是可量化的，55% 的 NDC 包括森林作為經濟範圍目標的一部分。52 個開發中國家著手制訂減少森林砍伐的政策和措施。
4. 19% 擁有沿海生態系統的締約方將這些棲息地納入其 NDC 的減緩部分，39% 將其納入其調適部分。

5. 28% 的 NDC 將 NbS 定位在顯著位置，在非洲和中南美洲比在亞洲（不包括中國和歐洲）更為常見，而 63% 的 NDC 欲透過其減緩行動來保護生態系統和 / 或生物多樣性。
6. 截至 2021 年 11 月 1 日，61% 的 NDC 包括與土壤有機碳（soil organic carbon, SOC）相關的承諾，特別是在濕地管理（43%）、混農林業（34%）和草地管理（22%）方面。然而，只有 50-60% 具有最高減緩潛力的國家優先考慮 SOC。

UNEP&IUCN（2021）評估每個 NDC 是否包括海岸、森林、草地和農地及濕地等四種廣泛生態系統類型中是否採取保護、管理或恢復的行動，發現 NDC 對管理和恢復的承諾比對保護生態系統的承諾要多一些。以森林為基礎的選擇是較常見的，其次是草地和農業、沿海生態系統，最後是濕地（圖 1）。



每個生態系統計算一次的保護、管理和恢復操作；
n = 每個區域審查的 NDC 數量。

圖 1 NDC 的 NbS 行動

資料來源：UNEP&IUCN（2021）。

（二）NDC 的農業氣候行動

國際之非政府組織之氣候變遷、農業及糧食安全組織 CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) 分析各國最新 NDC (至 2020 年 5 月 22 日) 中針對減緩和調適行動計劃中農業部門的實施情形，認為畜牧業作為農業排放的最大貢獻者，土壤碳管理是作為碳移除的最大貢獻者，水稻種植作為具有高減排潛力為是優先事項。本文依土壤有機碳、牲畜及水稻三個部分來說明 (Rose et al, 2021)：

1. 土壤有機碳：在 158 個國家中有 101 個 (64%) 在最新 NDC 中明確提到了土壤碳 (35 個國家) 或與土壤碳相關的做法 (66 個國家)。僅在減緩貢獻中提及土壤碳或相關做法的國家有 14 個國家，僅在調適貢獻中提及土壤碳或相關做法的國家有 26 個國家。在減緩和調適貢獻中皆有提到土壤碳或相關做法的國家有 60 個國家。減緩重點包括濕地管理 (wetland management) (24%)、混農林業 (agroforestry) (22%) 和草地管理 (grassland management) (13%)。調適優先事項同樣包括濕地管理 (34%)、農林業 (20%) 和草地管理 (14%)。
2. 牲畜：僅在減緩貢獻中提到牲畜的國家有 23 個國家，僅在調適貢獻中提及牲畜的國家有 27 個國家，在減緩和調適貢獻中提到牲畜的國家有 33 個國家。減緩重點包括糞便管理 (manure management) (19%)、飼料管理 (feed management) (16%) 和林牧混合 (silvopastoralism) (11%)。調適重點包括品種管理 (15%)、林牧業 (10%) 和飼料管理 (9%)。
3. 稻米：僅在減緩貢獻中提到稻米的國家有 13 個國家，僅在調適貢獻中提到稻米的國家有 8 個，在減緩和調適貢獻中提到稻米的國家為 13 個。減緩優先事項包括水管理 (water management) (14 個國家)、水稻管理包 (rice management packages) (8 個)、土地使用管理 (land use management) (8 個) 以及副產品和殘留物管理 (by-product and residue management) (9 個)。調適重點包括水資源管理 (10 個)、品種開發 (variety development) (8 個) 和水稻集約化系統 (System of Rice Intensification, SRI) (6 個) (圖 2)。

聯合國糧農組織 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 與歐洲復興開發銀行 (European Bank for Reconstruction and Development, EBRD) 共同發布「投資碳中和：烏托邦還是新綠色浪潮？農業糧食體系的機遇和挑戰」 (Investing in carbon neutrality: utopia or the new green wave? Challenges

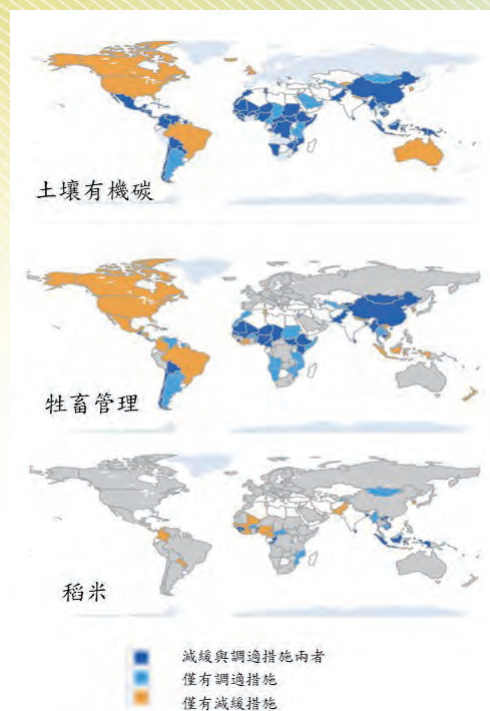


圖 2 土壤有機碳、牲畜管理、稻米耕作列為國家的減緩和調適貢獻

資料來源：(Rose et al, 2021)

and opportunities for agrifood systems) 報告，研究農業糧食體系去碳化的途徑。據估算，農業糧食體系排放占人為溫室氣體排放總量的 21~37%。與此同時，氣候變化也對農業糧食體系產生不利影響。氣溫上升、降雨模式改變和供應鏈中斷已經影響到糧食生產，削弱了全球消除饑餓 (zero hunger) 的努力。因此，到 2050 年，面臨饑餓的人數可能達到 10 億。由於農業部門深受氣候變化的影響甚大，因此農業必須成為氣候解決方案的一部分，通過糧食生產和土地利用體系來減少排放和增加碳匯。根據政府間氣候變化專門委員會第五次評估報告的量測計算，到 2030 年，農業減排潛力可能達到約每年 40 億噸二氧化碳排放當量，相當於目前人為排放總量的 7% 左右，這可以轉化為數千億美元的潛在經濟效益。而農業低碳的路徑欲實現，則需要強有力的政治和企業承諾，協調一致的行動，包括健全的政策和良好治理，以及專門的投資和人力資源，才能產生預期效果。

政府可以通過政策、戰略和路線圖來定調，包括在國家自主貢獻中做出堅定承諾。政府可以監管碳排放，為採用低碳技術提供激勵，支援建設透明和高效的碳市場。對私營企業來說，衡量碳中和可能是一個重大挑戰，政府可以通過定義、

依據土地管理的選擇應對		減緩	調適	沙漠化	土地退化	糧食安全	成本
農業	提高糧食生產力	低	中	低	中	高	
	混農林業	中	中	中	中	低	●
	改善農田管理	中	低	低	低	低	●●
	改善牲畜管理	中	低	低	低	低	●●●
	農業多樣性	低	低	低	中	低	●
	改善牧場管理	中	低	低	低	低	
	綜合水資源管理	低	低	低	低	低	●●
	減少草地向農田轉化	低		低	中	低	●
森林	森林經營	中	低	低	低	低	●●
	減少毀林和森林退化	高	低	低	低	低	●●
土壤	增加土壤有機碳含量	高	低	中	中	低	●●
	減少土壤侵蝕		低	中	中	低	●●
	減少土壤鹽化		低	低	低	低	●●
	減少土壤壓實		低		低	低	●
其他生態系統	火災管理	中	中	中	中	低	●
	減少土石流和中和自然災害	低	低	低	低	低	
	減少污染(含酸化)	低	中	低	低	低	
	沿海濕地恢復和減少轉化	中	低	中	中	低	
	泥炭地恢復和減少轉化	中		N/A	中	低	●
依據價值鏈管理的選擇應對							
要求	減少收穫後損失	高	中	低	低	高	
	飲食改變	高		低	高	高	
	減少食物浪費(消費者或零售商)	高		低	中	中	
提供	永續性來源		低		低	低	
	改善食品加工和零售	低	低			低	
	改善糧食系統能源使用	低	低			低	
依據風險管理的選擇應對							
風險	牲畜多樣性		低		低	低	
	都市擴張管理		低	低	中	低	
	風險分散工具	低↔	低		低↔	低	●●
		減緩 (GtCO ₂ eq yr ⁻¹)	調適 (百萬人)	沙漠化 (百萬平方公里)	土地退化 (百萬平方公里)	糧食安全 (百萬人)	
正向	高	>3	正向超過25	正向超過3	正向超過3	正向超過100	
	中	0.3~3	1~25	0.5~3	0.5~3	1~100	
	低	<0.3	<1	<0.5	<0.5	<1	
負向	忽略	無影響	無影響	無影響	無影響	無影響	
	低	<-0.3	<1	<0.5	<0.5	<1	
	中	-0.3~-3	1~25	0.5~3	0.5~3	1~100	
	高	>-3	負向超過25	負向超過3	負向超過3	負向超過100	

註 1: 高、中、低表示對該類別的置信度。

註 2: 成本範圍單位為 USD tCO₂e⁻¹ 或是 USD ha⁻¹ ●●●高成本 ●●中成本 ●低成本 (USD 100 tCO₂e⁻¹ or USD 200 ha⁻¹)。

註 3: ↔表示可為正向或是負向。

圖 3 潛在對全球減緩、調適、防範沙漠化和土地退化以及加強糧食安全貢獻的應對方案

資料來源：(Santos et al. 2022)。

簡化和協調國際公認的碳核算標準來協助企業。報告中也指出，迫切需要更完善和更標準化的工具和方法來收集資料，並測量、報告和核實排放量，還需要健全的治理機制來引導低碳投資和私營部門合規，尤其需要完善監管和制度化的解決方案，這可以刺激碳市場進一步壯大，為綠色金融創造更多機會。因此，通過提供優惠貸款和激勵措施，推動碳市場和綠色金融工具的發展，能夠支援企業並最終支援農民實現經營過程去碳化。從農民到企業、從服務提供者到消費者，各個層面的能力建設和知識共用也很重要。就產品的環境足跡進行淺顯易懂、更加透明和可靠的宣傳，可以影響消費者的購買習慣（Santos et al. 2022）。

上圖 3 顯示各種土地管理對全球減緩、調適、防範沙漠化和土地退化及加強糧食安全貢獻的實施的應對方案及成本。貢獻大小使用正面或負面影響的閾值進行分類。單元格內的字母表示相對於所用閾值的影響程度的置信度（參見圖例）。對變化方向的信心普遍較高。以森林而言，皆為正向。

（三）碳農業

碳農業 (Carbon Farming) 是一種整體農場方法，通過實施已知可提高二氧化碳從大氣中移除並儲存在植物材料和 / 或土壤有機質中的速率的實踐來優化工

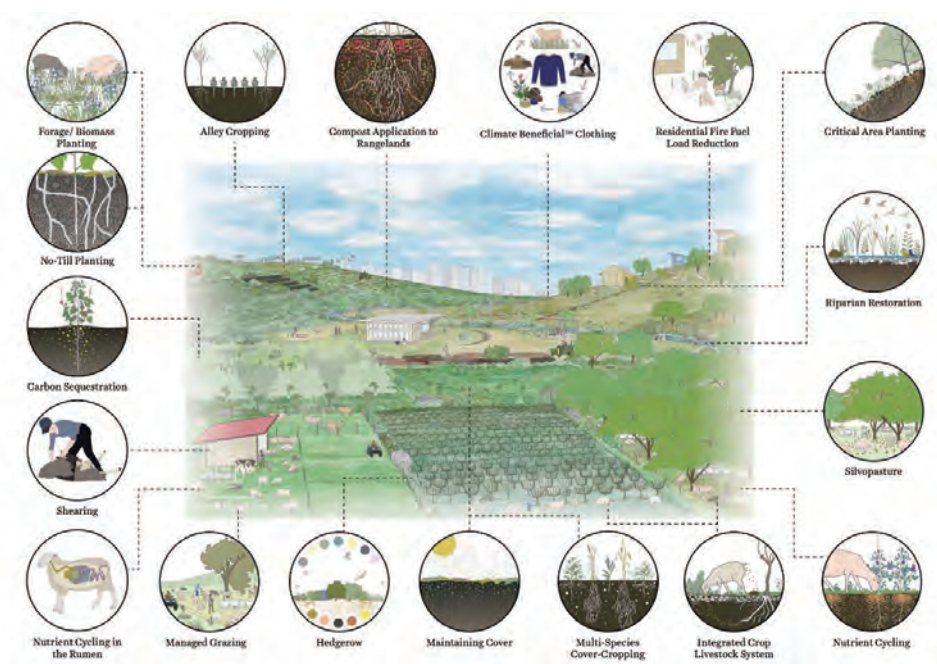


圖 4 碳農業實踐

資料來源：(CCI, 2022)。

作環境中的碳捕捉。碳農業實踐是已知的吸存碳和 / 或減少溫室氣體排放的管理實踐。其中至少有 35 種做法被自然資源保護局 (Natural Resource Conservation Service, NRCS) 確定為改善土壤健康和碳吸存的保護做法，同時產生重要的共同效益，包括：提高土壤持水能力、水文功能、生物多樣性和韌性 (Carbon Cycle Institute (CCI)(2022))。

二、國際碳定價機制發展熱絡，自然碳匯深具市場潛力

(一) 國際碳定價機制發展

碳市場 (Carbon markets) 的目的在於透過成立排放限制和使用排放單位元交易，以有效降低溫室氣體排放成本。透過碳市場機制及碳稅等碳定價機制，有助於將碳污染的環境和社會成本內部化，鼓勵投資者和消費者選擇低碳路徑。碳市場主要分為兩大類型：排放交易體系 (Emissions Trading Systems, ETSs) 和在巴黎協定 (Paris Agreement) 第 6.2 條中定義的自願性體系。在自願性體系中，可實施國家自主貢獻 (Nationally Determined Contributions, NDC) 方面的自願合作，允許採取更有企圖心的減緩行動。各國將能夠在自願基礎上將國際轉移的減緩成果 (Internationally Transferred Mitigation Outcomes, ITMOs) 用於其 NDC (UNDP, 2016)。排放權交易體系 (ETS) 是一個基於市場 (market-based) 的政策工具，用於減少溫室氣體排放，在總量管制與排放交易 (cap and trade) 原則下，政府對一個或多個行業的碳排放實施總量管制。納入碳交易體系的企業，每排放一公噸溫室氣體 (通常是二氧化碳)，就需要有一個單位元的碳排放額度。企業可以獲取或購買這些額度，也可以和其他企業進行額度交易。

全球首個主要碳排放權交易體系 (ETS) 之歐盟排放交易體系 (European Emissions Trading System, EU ETS) 於 2005 年成立。之後至 2021 年，已經有遍佈全球五大洲的碳交易體系相繼出現，所覆蓋的地區 GDP 總量已占全球 GDP 的 54%、覆蓋全球約 16% 的溫室氣體排放量，如今，隨著越來越多的政府考慮採納碳市場作為減少排放的政策工具，碳交易已逐漸成為全球應對氣候變化的關鍵工具。與此同時，亞洲最近成為新 ETS 發展的熱點。2015 年，韓國成為繼哈薩克之後，第二個在亞洲推出國家層級的碳排放交易體系的國家，且目前是僅次於 EU ETS 的世界第二大碳排放交易體系。與此同時，中國也依七個試點碳交易體系的經驗，全國碳市場的建置做準備，全面投入運營後，中國將成為世界上最大的碳排放交易體系地點。每個碳排放交易體系都是獨一無二，政府可透過調整碳

交易體系的設計以調適當地實際情況，因此，每個體系都呈現出其獨特的特性。目前，碳排放交易在全球不同行政層級的地區運轉，從特大城市（如東京），到美國各州及加拿大各省份，再到國家層面（如紐西蘭、瑞士），還包括多國家組織如歐盟。各地區的碳排放交易設計特徵各異，所覆蓋的溫室氣體及行業部門也不盡相同。儘管大部分體系均涵蓋工業和能源行業，一些碳交易體系也被用於減少其他行業部門的碳排放，如建築、航空等（ICAP, 2021a,b,d）。

根據世界銀行（World Bank）發布的碳定價現況和趨勢（State and Trend of Carbon Pricing）2022 年度報告中，至 2022 年 4 月為止，全球有 68 個國家或地區已實施或正在規劃碳定價機制，另外有三個計畫實施，其中 37 個是碳稅，34 個是碳排放交易體系。烏拉圭於 2022 年 1 月開始徵收新的碳稅，去年在北美的地方轄區（俄勒岡州、新布倫瑞克省和安大略省）也開始三個新的碳排放交易體系。美國的華盛頓州、印尼和奧地利都計畫實施碳定價機制。為國家層級者，屬碳排放交易體系有澳大利亞、奧地利、比利時、保加利亞、中國、克羅埃西亞、賽普勒斯、捷克共和國、德國、希臘、匈牙利、義大利、哈薩克、立陶宛、盧森堡、馬爾他、荷蘭、紐西蘭、韓國、羅馬尼亞和斯洛伐克；屬碳稅有阿根廷、智利、哥倫比亞、日本、新加坡、南非和烏克蘭。碳排放交易體系和碳稅兼有為加拿大、丹麥、愛沙尼亞、芬蘭、法國、冰島、愛爾蘭、拉脫維亞、列支敦士登、墨西哥、挪威、波蘭、葡萄牙、斯洛維尼亞、西班牙、瑞典、瑞士和英國。其他尚有地方層級的碳排放權交易體系和碳稅。這些國家排放量約有 120 億公噸二氧化碳當量（tCO₂e），涵蓋全球溫室氣體排放總量的 22%，而台灣則列為規劃中。與前一年的結果相較數字有所增加，2019 年，已實施或計畫實施的碳排放交易制度和碳稅僅覆蓋了全球溫室氣體排放量的 20%，也增加 10 億公噸的管制排放量。根據各國碳定價機制所覆蓋之碳排放量占全球總量的比率，可以看出在 2005 年，由於歐盟碳排放交易制度設立，因此覆蓋比率向上增加，2021 年因中國國家碳排放交易制度的納入，覆蓋比率又邁入新的里程（圖 5）。

根據碳減量額度產生的方式和管理方式，可將碳減量額度機制（Carbon crediting mechanism）分為三類：

1. 國際性碳減量額度機制：是由國際相關氣候公約所規範的機制，通常由國際機構管理，如：清潔發展機制（Clean Development Mechanism, CDM）和共同履行（履約）（Joint Implementation, JI）。

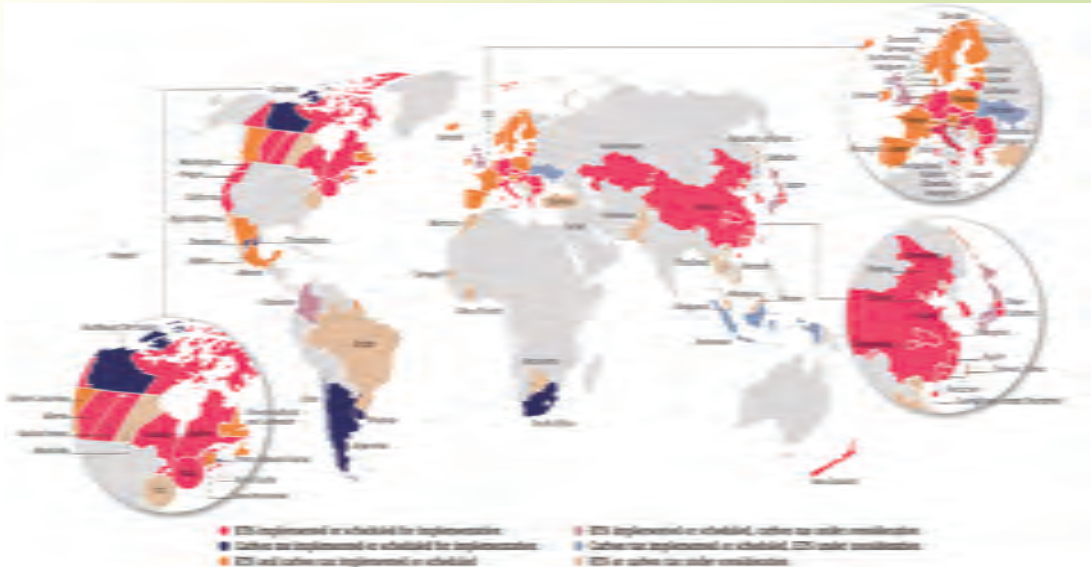


圖 5 已實施、計畫實施和考慮實施的碳定價機制的地點

資料來源：(World Bank, 2022)

2. 獨立性碳減量額度機制：是不受任何國家法規或國際相關氣候公約所約束的機制，由私人和獨立的第三方組織（通常是非政府組織）管理，如黃金標準（Gold Standard）和經查證碳標準（Verified Carbon Standard）。
3. 區域、國家和地方性碳減量額度機制：由各自行政轄區內的立法機構所管理，通常由區域、國家或地方各級政府管理。例如澳洲排放減量基金（Australia Emissions Reduction Fund）和美國加州規範性抵換計畫（Compliance Offset Program）。

全球碳價水準上具有相當大的差異，其差異主要源自各國政策、規範、低碳技術、產業等因素，每公噸排放不足 1 至 119 美元。過去一年亞洲地區碳價漲幅最大，這主要是由韓國碳市場可交易量減少及中國試點碳市場配額短缺所造成。國際貨幣基金組織（International Monetary Fund, IMF）也指出：全球平均碳價低於每公噸二氧化碳當量 2 美元，且仍有超過 50% 的交易制度的碳價每公噸低於 10 美元。因此，若要符合巴黎協定的目標，則碳價水準需要於 2020、2030 年前，分別達到每公噸二氧化碳當量為 40~80 美元，以及 50~100 美元。在碳價水準的變化表現上，南韓排放交易制度其每公噸二氧化碳當量價格從 2019 年 22 美元上漲至 33 美元；歐洲碳價成績較好的國家則分別為瑞士排放交易制度，因其正式

與歐盟排放交易市場連結，2019年由每公噸二氧化碳當量價格5美元，調漲至19美元，漲幅高達280%；葡萄牙碳稅則亦從14美元新增至26美元。

2019年，因歐盟排放交易價格平穩，交易值較前一年僅增加10億美元為450億美元，其中，超過半數的收入用於環境保障與區域發展專案（Border Development projects），約40%則用於國庫統籌支用，其餘則直接回饋於人民或抵稅。2019年交易值的增加主要來自於加拿大聯邦政府之碳價制度（特別是魁北克碳權拍賣），以及紐西蘭排放交易提高價格的影響（圖6）。

(二) 不同碳交易機制之核發額度與平均價格

根據世界銀行（World Bank）於2022年發布最新的碳定價現況和趨勢（State and Trend of Carbon Pricing）年度報告，2021年核發額度則以查證碳標準（Verified Carbon Standard, VCS）最多為295.1百萬公噸二氧化碳當量（MtCO₂e），甚至為清潔發展機制（Clean Development Mechanism, CDM）（59.5 MtCO₂e）近五倍之多，而黃金標準（Gold Standard）及加州規範性抵換計畫（California Compliance Offset Program）核發額度也不少，分別有43.8及17.4 MtCO₂e。

由2021登錄專案數以日本埼玉森林吸收驗證體系（Saitama Forest Absorption Certification System）的592件為最多，之後為澳大利亞排放減量基金（Australia

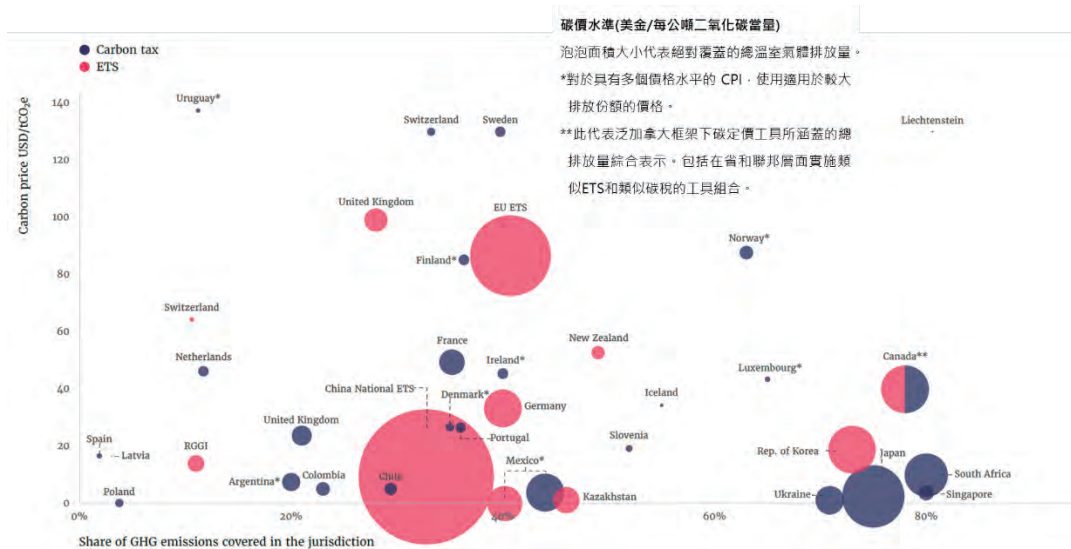


圖 6 碳定價國家的碳價、占當地排放總量的比率及碳定價收益

資料來源：(World Bank, 2022)

Emissions Reduction Fund)、及查證碳標準 (Verified Carbon Standard, VCS) 有 142、及 110 件。

以平均價格而言，就提供數值的機制來看，2021 年平均價格以瑞士二氧化碳證明減量額度機制 (Switzerland CO₂ Attestations Crediting Mechanism) 為最高，價格為 128.2 美元，其次為東京總量管制與排放交易計畫 (Tokyo Cap-and-Trade Program) 的 39-52.4 美元、亞伯達排放抵換體系 (Alberta Emission Offset System) 的 32 美元、韓國抵換減量額度 (Republic of Korea Offset Credit Mechanism)，平均價格落在 10.7-29 美元、日本減量額度制度 (J-Credit Scheme) 的 13-20.8 美元，而純林業專案的機制的中國福建林業碳匯抵換減量額度機制 (Fujian Forestry Offset Crediting Mechanism) 及北京林業碳匯抵換機制 (Beijing Forestry Offset Mechanism)，2021 年平均價格分別為 1.6-3.1、8.9 美元，其價格較低 (表 2)。

表 2 2021 年不同碳交易機制之核發額度與平均價格

機制名稱	核發額度 (MtCO ₂ e)	登錄專案數	平均價格 (\$USD)
查證碳標準 (Verified Carbon Standard, VCS)	295.1	110	4.2
加州規範性抵換計畫 (California Compliance Offset Program)	17.4	38	14.9
澳大利亞排放減量基金 (Australia Emissions Reduction Fund)	17.1	142	11.9-12.7
氣候行動儲備 (Climate Action Reserve, CAR)	4.8	44	2.1
清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM)	59.5	0	1.1
美國碳登錄 (American Carbon Registry, ACR)	8.8	18	11.4
加拿大不列顛哥倫比亞抵換計畫 (British Columbia Offset Program)	0	0	N/A
中國福建林業碳匯抵換減量額度機制 (Fujian Forestry Offset Crediting Mechanism)	0.3	3	1.6 - 3.1
黃金標準 (Gold Standard)	43.8	51	3.9
瑞士二氧化碳證明減量額度機制 (Switzerland CO ₂ Attestations Crediting Mechanism)	1.4	13	128.2
亞伯達排放抵換體系 (Alberta Emission Offset System)	0.4	33	32

機制名稱	核發額度 (MtCO ₂ e)	登錄 專案數	平均價格 (\$USD)
北京林業碳匯抵換機制 (Beijing Forestry Offset Mechanism)	0	0	8.9
日本減量額度制度 (J-Credit Scheme)	0.9	44	13 - 20.8
廣東普惠抵換減量額度機制 (Guangdong Pu Hui Offset Crediting Mechanism)	0.3	20	3.5 - 6.6
日本埼玉森林吸收驗證體系 (Saitama Forest Absorption Certification System)	0	15	N/A
中國溫室氣體自願排放減量計畫 (China GHG Voluntary Emission Reduction Program)	0	0	0.6 - 8.2
魁北克抵換減量額度機制 (Québec Offset Crediting Mechanism)	0.2	3	15.5
韓國抵換減量額度 (Republic of Korea Offset Credit Mechanism)	5.2	28	10.7 - 29
區域溫室氣體倡議二氧化碳抵換機制 (Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI CO ₂ Offset Mechanism)	0	0	N/A
日本埼玉目標設定排放交易體系 (Saitama Target Setting Emissions Trading System)	6.4	592	3.8
泰國自願排放減量計畫 (Thailand Voluntary Emission Reduction Program)	3	32	N/A
東京總量管制與排放交易計畫 (Tokyo Cap-and-Trade Program)	0.01	5	39 - 52.4
共同減量額度機制 (Joint Crediting Mechanism, JCM)	0.001	6	N/A

資料來源：World Bank (2022)。

過去，全球碳減量額度的四分之三都來自京都議定書下的碳減量額度機制，如清潔發展機制 (CDM) 與共同履行 (履約) (JI)，其中 70% 來自工業氣體、可再生能源和逸散性排放專案。CDM 是碳減量額度最大的簽發管道，簽發量佔全球 50% 以上，JI 則是碳減量額度第二大簽發管道，約佔全球總量的 22%。近年來，獨立碳減量額度機制簽發的減排減量額度顯著增加，來自獨立碳權機制的自願減量市場等，開始取代成為新的碳權市場趨勢，2019 年佔已簽發總量的 65%。值得注意的是，2019 年核證碳標準 (Verified Carbon Standard, VCS) 的碳減量額度簽發總量超過 CDM (圖 7)。碳減量額度活動開始逐漸轉移到京都機制之外的

專案中。過去清潔發展機制（CDM）經常在碳減量額度活動中佔據支配地位，但在 2012 年 CDM 市場價格暴跌之後，CDM 專案交易趨於穩定。

碳減量額度市場正處於決斷的十字路口，強勁的自願需求和不斷擴大的市場多樣性，過去一年的市場動態通過新買家、市場利基、交易基礎設施以及獨特的定價和偏好表現出來。與此同時，隨著市場的增長，碳信用在實現排放目標方面的作用，正受到更嚴格的審查。為維持當前的增長，市場參與者將需要合作以支持高標準、保護環境完整性和可信度並加深流動性。專門的治理機構、金融服務和新技术基礎設施正在湧現，以支持擴大市場和確保誠信的解決方案。在自願市場活動的帶動下，碳信用市場正在快速增長。過去一年，碳信用市場增長進一步加快，發行量、交易量和價格均大幅上漲。於格拉斯哥召開的 COP26 制定的新碳市場規則，創造了額外的確定性，可能有助於國際合乎規範的市場在未來幾年更進一步發展。目前，大多數市場活動仍以自願碳市場為中心。

碳信用市場在 2021 年增長了 48%。來自國際、國內和獨立信用機制的信用總量從 3.27 億增加到 4.78 億。這是自 2012 年碳信用發行高峰以來的最大同比增幅（圖 7）。自 2007 年以來發放的信用總量約為 47 億噸 tCO₂e。

過去幾年，市場對碳減量額度興趣激增。其中，碳匯專案首當其衝。過去五年，碳減量額度市場的 42% 資金來自林業。原因可能在於，碳匯專案具有降低排



圖 7 2007-2021 年間不同碳減量額度機制年核發量

資料來源：(World Bank, 2022)

放成本的巨大潛力，同時還能產生額外共同收益。因此，與人們對以自然為本的解決方案（NbS）的興趣相類似，林業產業的碳減量額度也受到關注。截至 2019 年 12 月 31 日，全球共計註冊約 14,550 個碳減量額度專案，累計減排近 40 億噸二氧化碳當量。林業領域簽發之碳減量額度為各產業之首，過去五年累計簽發碳減量額度佔全球總量 42%。在近期林業的碳減量額度量激增之前，大多數碳減量額度都來自工業氣體領域。可再生能源目前是第二大碳減量額度專案來源，約佔全球簽發碳減量額度的 33%（圖 8）。與碳減量額度活動相關的行業與領域及其對應的減排活動則呈現於下圖。過去的五年，林業領域產生的碳減量額度在絕對數量和金額上都顯著增加。此一趨勢主要在於 NbS 廣泛引起注意的原因。由於 NbS 專案具有有效降低排放成本的巨大潛力且在減少碳排放量外還能夠產生其他協同效益，因此林業領域專案受到歡迎。

(三) 自願性碳市場現況

根據 Forest Trends (2020a) 的生態系市場 (Ecosystem Marketplace) 統計，

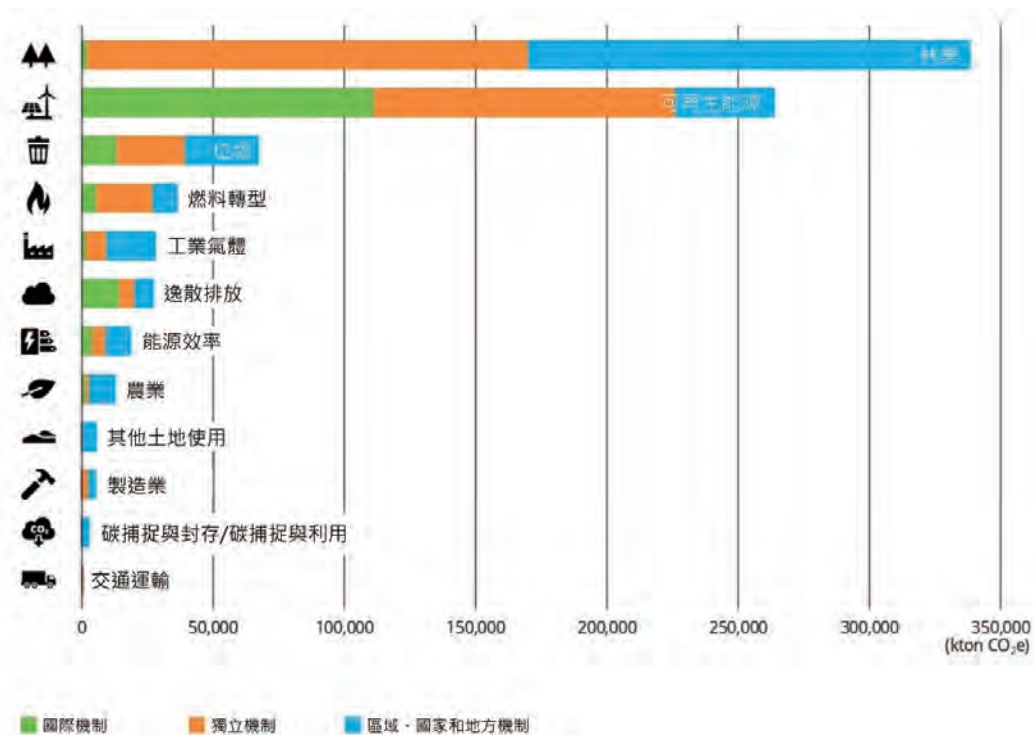


圖 8 2015-2019 年不同行業和機制類型的碳減量額度簽發量 (千公噸二氧化碳當量)

資料來源：(World Bank, 2020)

自願性碳市場，截至 2019 年為止，累計市場交易量突破 13 億公噸，價值超過 55 億美元（圖 9、10）。

生態系市場將交易歸為七個主要專案類別，以 2017-2019 年來看，2019 年的再生能源市場交易量激增了 78%，從 2018 年的 23.8 百萬公噸二氧化碳當量 (MtCO₂e) 增至 2019 年的 42.3 MtCO₂e，但是平均價格卻比 2018 下降了 16%。

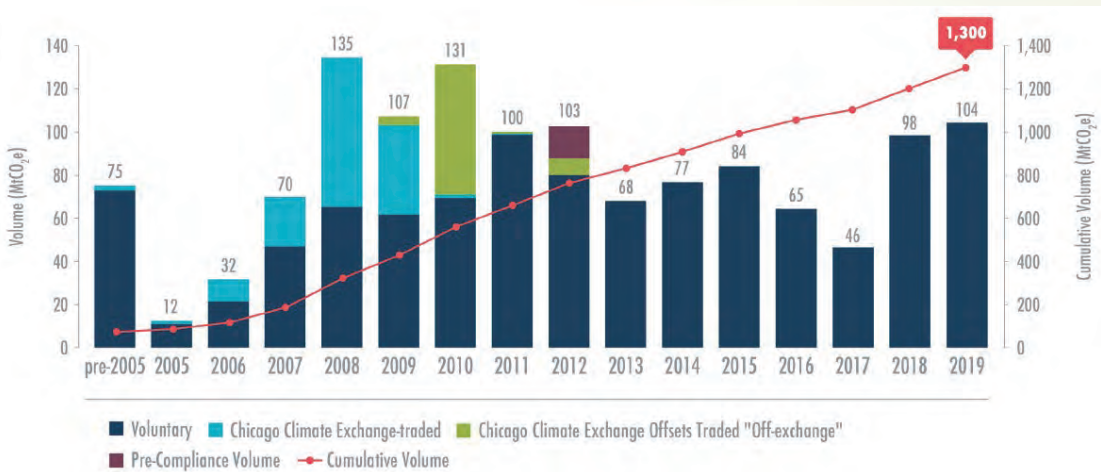


圖 9 歷年自願性碳市場交易量

資料來源：(Forest Trends, 2020a)

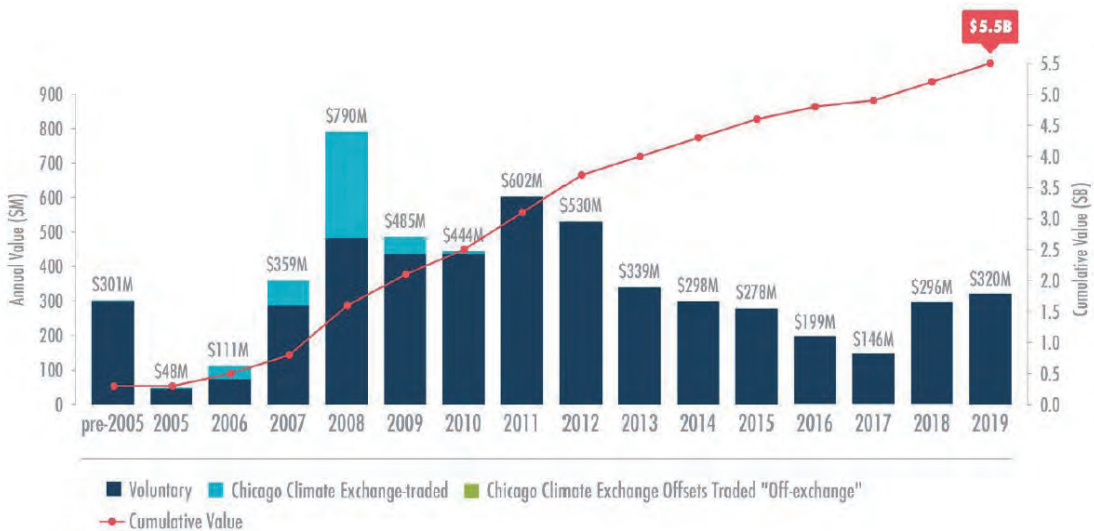


圖 10 歷年自願性碳市場交易值

資料來源：(Forest Trends, 2020a)

透過基於自然的林業和土地利用解決方案產生的抵換量下降了30%，從2018年的50.7 MtCO_{2e}降至2019年的36.7 MtCO_{2e}，2019年被再生能源交易量超過，但基於自然的林業和土地利用解決方案所獲得的平均價格超過再生能源的三倍。可能原因為是一些碳標準，如驗證碳標準（Verified Carbon Standard, VCS）和黃金標準（Gold Standard）在2019年底停止接受再生能源專案，導致這些較便宜的信用額度急於發行和交易，因此交易數量大增。在過去幾年中，自願性交易市場中按交易量計算的信用額度的主要類別已在再生能源與林業和土地利用之間轉換。在2015年至2017年期間，再生能源是自願性交易市場中交易最多的專案類別，儘管2018年再生能源交易數量繼續增加，但當年基於自然的林業和土地利用解決方案的交易量中幅增加264%，使其成為交易量最大的類別，為50.7 MtCO_{2e}，佔2018年市場總量的一半以上（表3）。儘管再生能源的信用額度平均價格始終比基於自然的林業和土地利用解決方案便宜（Forest Trends, 2020b）。

表3 2017-2019年自願性碳市場不同類別的交易數量與價格

單位：數量（MtCO_{2e}）、價格（美元）與價值（百萬美元）

年	2017			2018			2019		
類別	數量	平均價格	價值	數量	平均價格	價值	數量	平均價格	價值
林業和土地利用	16.6	\$3.4	\$63.4	50.7	\$3.2	\$171.9	36.7	\$4.3	\$159.1
再生能源	16.8	\$1.9	\$31.35	23.8	\$1.7	\$40.9	42.4	\$1.4	\$60.1
廢物處理	3.7	\$2.0	\$7.4	4.5	\$2.2	\$10.0	7.3	\$2.5	\$18.0
家用設備	2.3	\$5.0	\$11.8	6.1	\$4.8	\$29.5	6.4	\$3.8	\$24.8
化學過程/ 工業製造	2.6	\$1.9	\$4.9	2.5	\$3.1	\$7.9	4.1	\$1.9	\$7.7
能源效率/ 燃油轉換	1.1	\$2.1	\$3.3	2.8	\$2.8	\$7.8	3.1	\$3.9	\$11.9
運輸	0.1	\$2.9	\$0.2	0.3	\$1.7	\$0.5	0.4	\$1.7	\$0.7

資料來源：Forest Trends（2020b）

三、欲達成淨零，先了解產品碳足跡與組織碳盤查，從中找出減碳具有成本效率的可行方案

(一) 產品碳足跡與組織碳盤查

碳足跡 (Carbon Footprint) 是指個人或組織日常運作所產生的溫室氣體數量 (以二氧化碳當量即 CO₂-e 的影響為單位)，用以衡量人類活動對環境的影響。碳足跡可被定義為一項活動 (Activity) 或產品的整個生命週期過程所直接與間接產生的溫室氣體排放量。相較於一般大家瞭解的溫室氣體排放量，碳足跡的差異之處在於從消費者端出發，破除所謂『有煙囪才有污染』的觀念。企業及產業溫室氣體的排放，一般是指製造部分相關的排放，但產品碳足跡排放尚須包含產品原物料的開採與製造、組裝、運輸，一直到使用及廢棄處理或回收時所產生的溫室氣體排放量。從溫室氣體涵蓋範圍來看，溫室氣體盤查可分為三個內容 (行政院環境保護署，2022)：1. 國家或地區的能源燃燒排放統計；2. 針對企業或組織自身與相關的溫室氣體排放；3. 針對個別產品生命週期的溫室氣體排放；即所謂的「產品碳足跡」。

國際公認的溫室氣體核算標準-「溫室氣體協定書 (Greenhouse Gas Protocol)」，此協定書將排放分為三個範圍 (圖 11)，範圍 1 為與現場燃料燃燒或車隊車輛相

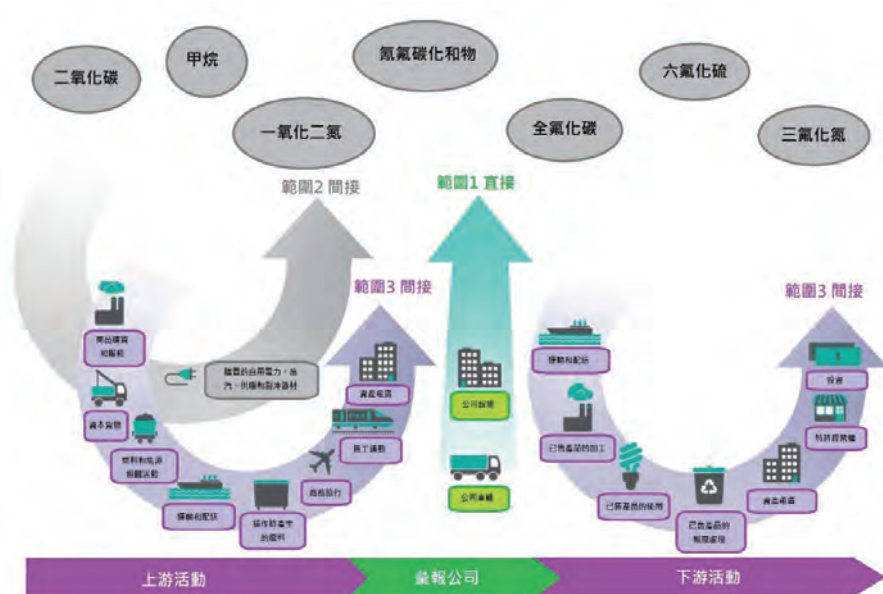


圖 11 溫室氣體協議的三個範疇

資料來源：改編自 Compare your footprint, 2018。

關的直接排放；範圍 2 為與熱能和電力等外購能源的排放產生相關的間接排放；範圍 3 為與上游和下游業務活動排放相關的其他間接排放。通常範疇 3 的排放量多於其他兩個範疇。另組織碳足跡可參照 ISO 14064 的規範來進行。

產品碳足跡 (Carbon Footprint of Product, CFP) 是計算在整個生命週期內針對特定產品所關聯產生的溫室氣體排放量，其中溫室氣體包含二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、氟氫碳化物 (HFCs)、全氟碳化物 (PFCs)、六氟化硫 (SF₆) 等六大氣體。評估方式主要是藉由生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA)，針對特定產品、服務、計畫或方案等範疇，從原物料取得、生產、配送、使用及廢棄回收 (亦即搖籃至墳墓) 的投入和產出造成的溫室氣體排放，完整評估生命週期對環境考量面與潛在衝擊。由於產品碳足跡的分析能清楚揭露產品供應鏈的排碳資訊，作為未來降低產品碳足跡之依據，並能夠協助企業在產品設計、生產和供應等製程的改善，減少溫室氣體排放的機會，或開發出低碳的新產品。產品生命週期示意圖如圖 12 所示。



圖 12 產品生命週期示意圖

(二) 以油茶產品碳足跡評估為例

產品碳足跡評估之方法主要有產品與服務碳足跡計算指引 (我國環保署)、PAS2050 (英國 Carbon Trust)、TSQ0010 (日本經產省) 與 WRI/WBCSD 的產品生命週期計算及報告標準 (Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard)。我國產品與服務碳足跡計算指引：該指引提供業界和一般人一致性之評估方法，計算產品生命週期溫室氣體排放，並基於 ISO 14067 的應用，詳細規範產品生命週期溫室氣體排放評估。行政院環境保護署「產品類別規則 (PCR) 訂定、引用及修訂指引」為基準，進行審議產品類別規則文件作業，並公告通過審議或認可者，其碳足跡產品類別規則文件 (CF-PCR) 供業界參考。本文以行政院環保署公布之非調和粗製食用油碳足跡產品別規則為基準，採個案方式調查及計算油茶碳足跡。圖 13 為應用非調和粗製食用植物油生命週期流程圖，以油行為受訪對象，調查原料取得階段的碳足跡。共訪問 7 家油行，4 家利用傳統餅式油壓榨油，3

家使用螺旋式機器榨油。使用傳統餅式油壓者，多混和壓榨其它種類的食用油，如花生油、芝麻油等，多數業者的機具並未分別安裝電表，僅1家油行有記錄油茶油生命週期消耗的能源。使用螺旋式機器榨油，目前也僅1家油行提供相關數據。因此本文就以上2家油行的訪談結果，計算傳統餅式油壓、螺旋式榨油於製程中所排放的碳足跡。此外，並與去年調查的國內產銷班使用自行生產茶籽、在地製造販賣的碳足跡，以及進口茶籽壓榨的碳足跡進行比較。

油行榨油方式為傳統餅式油壓，以進口大陸茶籽為原料，1瓶600ml油茶碳排放為4.259 kg CO₂eq。表4為油行製油過程中排放的碳足跡，1瓶600ml油茶碳排放為5.52 kgCO₂eq。兩者主要差異在於能源使用量，油行的茶籽需置於冰箱儲藏，而油行無冷藏茶籽的動作，其茶籽直接購買於大盤商，不需負擔冷藏的費用。整體而言，原料取得階段（肥料施用）所造成的碳足跡排放最多，此結果與國外橄欖油及國內芝麻油等碳足跡等碳足跡盤查結果相似。同樣600ml規格的油茶碳足跡，最大為深坑鄉螺旋榨油者，最小為國內產銷班使用自行生產茶籽、在地製造販賣的碳足跡；前者製程中相較於後者多了運輸與冷藏的過程。茶籽冷藏影響碳足跡排放甚巨，由表4與表5可知茶籽冷凍儲藏所排放的碳足跡占總碳足跡的23%-30%。因此，從減少碳排而言，在地生產消費應是減少碳排放的最佳策略。

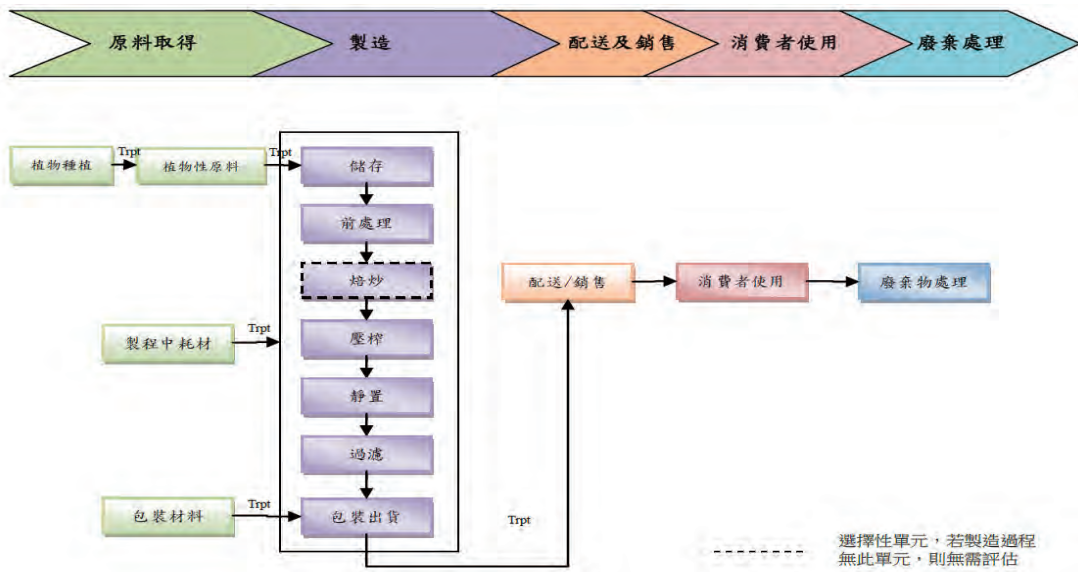


圖 13 應用非調合粗製食用植物油生命週期流程圖

資料來源：行政院環境保護署 2020。

表 4 國內產銷班使用自行生產茶籽、在地製造販賣的碳足跡

項目	碳排放	
	kgCO ₂ eq	%
1. 原料取得 (缺育苗)	3.5561	85.41%
整地 (油)	0.1583	0.05%
肥料	2.9333	0.91%
農機具使用耗材 (油)	0.4644	0.14%
2. 包裝材	0.3739	8.98%
紙箱	0.0360	0.09%
玻璃瓶	0.3366	1.08%
運輸	0.0013	0.02%
3. 能源使用量	0.1760	4.23%
電	0.0342	4.41%
柴油	0.1418	0.06%
4. 廢棄物回收	0.0576	1.38%
總計	4.1635	100.00%

1 瓶 600ml 油茶碳排放為 4.1635kgCO₂eq

(資料來源：作者自行調查研究)

表 5 使用大陸進口茶籽於製造及配送銷售過程中的碳足跡

項目	碳排放	
	kgCO ₂ eq	%
1. 原料取得 (缺育苗)	2.965	49.98%
整地 (油)	0.132	2.22%
肥料	2.446	41.23%
農機具使用耗材 (油)	0.387	6.53%
2. 茶籽運輸	0.055	0.92%
皇崗-台中港	0.037	0.63%
台中港-公司	0.018	0.30%
3. 包裝材	0.485	8.18%
紙箱	0.036	0.61%
玻璃瓶	0.439	7.39%
紙箱運輸	0.008	0.13%
玻璃瓶運輸	0.003	0.05%
4. 能源使用量	2.297	38.73%
電 (冰箱)	1.787	30.13%
電 (乾燥機)	0.024	0.41%
電 (壓榨)	0.302	5.10%
電 (堆高機)	0.183	3.09%
5. 配送銷售	0.060	1.00%
6. 廢棄物回收	0.070	1.17%
總計	5.932	100.00%

1 瓶 500ml 油茶碳排放為 5.932 kgCO₂eq

(資料來源：作者自行調查研究)

（三）農產品生產和加工的溫室氣體排放

溫室氣體排放是由糧食系統生產和加工各個階段的活動產生。生產前排放 (Pre-production emissions) 來自農業投入的製造和分配，例如種子、化肥、殺蟲劑、動物飼料和動物種畜的維護。農業生產排放 (agricultural production)，有時被稱為“農場 (on-farm)” 排放，可以分為機械和非機械來源 (WRI & WBCSD, 2014)。機械來源 (Mechanical sources) 是農場設備或機械的操作，例如收割機和製冷設備。這些來源排放出二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、氫氟碳化合物 (HFCs) 和全氟化碳 (PFCs)，這些來源的排放取決於設備的特性和燃料成分。相比之下，非機械來源 (non-mechanical sources) 的排放是生物和生物地球化學過程的結果，例如腸道發酵（牛等反芻動物消化碳水化合物）、有機物分解以及土壤中的硝化和反硝化作用 (WRI & WBCSD, 2014)。這些排放 (CH₄、N₂O 以及在較小程度上的 CO₂) 受氣候和土壤條件以及農業管理決策的影響。生產後排放包括來自食品加工、儲存、包裝、運輸和零售過程等活動的排放。其他排放源發生在消費者購買產品之後，例如來自烹飪和消費廢棄物。除了作為溫室氣體排放源之外，農場還有可能成為 CO₂ 的匯 (sinks)，換句話說，其作用是從大氣中去除碳並將其儲存在土壤或木本植被（樹木和灌木）中。當這種儲存永久發生時，代表額外的碳從空氣到土壤或生物質的真正、長期的轉移，它被稱為碳吸存。

此外，農業也是土地利用變化 (LAND USE CHANGE, LUC) 的驅動力，直接導致全球大部分毀林。LUC 造成的排放包括碳儲量損失，以 CO₂ 排放的形式在地上生物量、地下生物量、土壤有機碳、枯枝落葉和死木等 5 個主要碳庫中，後兩者可以合併為一類“死有機物”。如果植被被燒毀，可能會產生額外的 CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放。由於毀林（即將森林轉化為農田或草地）通常是全球影響最大的土地利用變化。

在將 LUC 歸因於特定農產品時，通常區分直接 LUC 和間接 LUC。顧名思義，直接 LUC 直接歸因於相關產品：影響發生在產品種植（或放牧）的領域。間接 LUC 發生在市場層面，全球對更多產品的需求導致土地轉為農業 (CCAFS, 2018)。

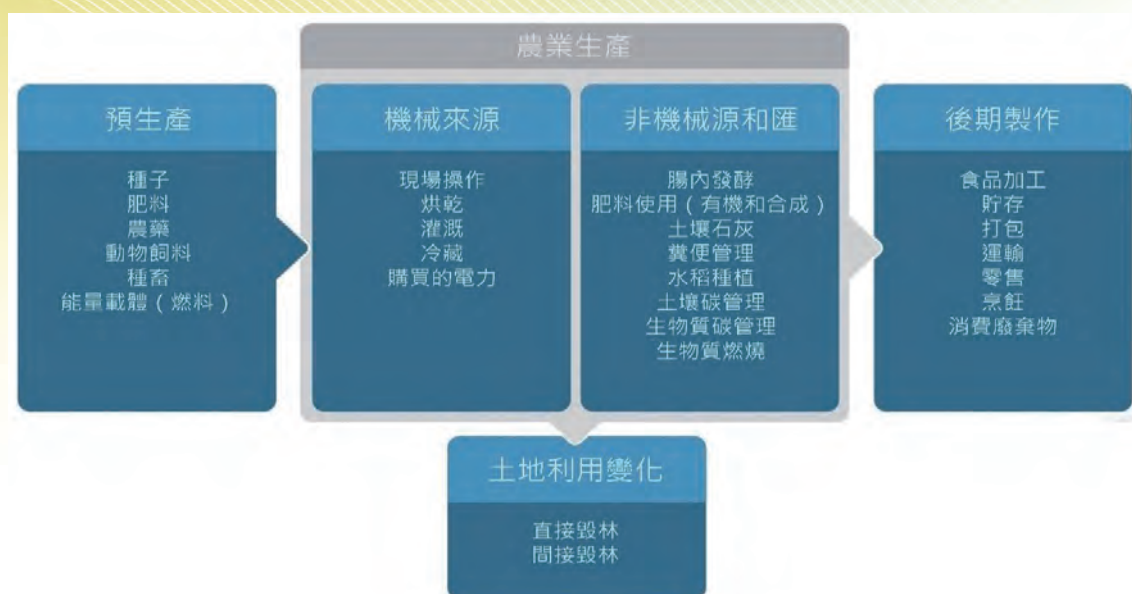


圖 14 農產品生產和加工的溫室氣體排放源

資料來源：CCAFS, 2018。

參、結論與建議

實踐巴黎協定 (Paris Agreement) 將全球氣溫控制在升溫攝氏 1.5 度，雖是個艱困的挑戰，但致力於「淨零排放」成為世界各國所共同致力的目標。臺灣 2050 淨零排放路徑及策略中，以自然碳匯等十二項關鍵戰略為未來的重點方向，農業部門更積極要在 2040 年將完成淨零排放目標，並在「減量」、「增匯」、「循環」及「綠趨勢」等四大主軸下推動跨單位合作具體落實。如何發揮農業在海洋、森林、土壤之藍碳、綠碳及黃碳自然碳匯功能，應以盤點現有資源為起點，藉由各項減量、增匯技術的精進，發揮以自然為本的碳農業，並導入碳定價策略，增加各項技術推動時的成本有效性。

肆、參考文獻

- 大自然保護協會 TNC。2019。「以自然為本的解決方案」---- 氣候變化。<https://itw01.com/YXJHUEG.html>
- 行政院農業委員會。2022。邁向農業淨零排放策略。<https://ccpo.coa.gov.tw/>。
- 行政院環境保護署。2020。非調合粗製食用植物油碳足跡產品類別規則。
- 行政院環境保護署。2022。產品碳足跡資訊網，碳足跡介紹。<https://cfp-calculate.tw/cfpc/Carbon/WebPage/FLFootIntroduction.aspx>
- 林俊成、王培蓉、徐韻茹。2021。朝向淨零排放之森林負碳排技術。林業研究專訊 28(5):39-45。
- 林靖為。1999。桿式噴藥車用液壓系統之電腦模擬與分析。碩士論文。臺北：國立臺灣大學農業機械工程學研究所。
- 國家發展委員會、行政院環境保護署、經濟部、科技部、交通部、內政部、行政院農業委員會、金融監督管理委員會。2022。臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，80 頁。
- 郭俊華、葉仲基。1998。農用搬運車載貨台減震機構之設計與分析。農業機械學刊 7(2):61-76。
- 陳貽倫。1988。農業動力。初版。臺北：南山堂。pp. 385-410。
- 萬一怒、尤崧名、黃靖雯、楊佳祥、王林懋、簡佳慧。2007。農業無線多媒體感測網路的發展與禽畜場之應用。http://www.taita.org.tw/event/20071129/download/4/4_2.pdf. Accessed September 10, 2008.
- 詹聚法、葉仲基。1998。把手振動量測系統之建立及其在農用動力式手工具之應用。出自“八十七年農業機械論文發表會論文摘要集”，pp. 15-16。臺北：中華農業機械學會。
- Carbon Cycle Institute (CCI). 2022. What is Carbon Farming? <https://www.carboncycle.org/what-is-carbon-farming/>
- Chandra, S., S. Singh, and D. Kumari. 2015. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. J. Food Sci. Technol. 52(6):3681-3688. doi: 10.1007/s13197-014-1427-2
- CLIMATE CHANGE Nature-based solutions and global climate protection - Assessment



- of their global mitigation potential and recommendations for international climate policy. On-line available at <https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2022/50061-Nature-Based-Solutions-and-Global-Climate-Protection.pdf>
- Compare your footprint. 2018. What is the Difference Between Scope 1, 2 and 3 Emissions? <https://compareyourfootprint.com/difference-scope-1-2-3-emissions/>
- Forest Trends. 2020a. Voluntary Carbon and the Post- Pandemic Recovery. State of Voluntary Carbon Markets Report, Special Climate Week NYC 2020 Installment. Washington DC: Forest Trends Association.
- Forest Trends. 2020b. The Only Constant is Change. State of the Voluntary Carbon Markets 2020, Second Installment Featuring Core Carbon & Additional Attributes Offset Prices, Volumes and Insights. Washington DC: Forest Trends Association, December 2020.
- Friedlingstein, P., Jones, M. W., O’Sullivan, M., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J. and all. 2022. Global Carbon Budget 2021, *Earth Syst. Sci. Data*, 14, 1917–2005, <https://doi.org/10.5194/essd-14-1917-2022>.
- Friedman, M. 2015. Acrylamide: inhibition of formation in processed food and mitigation of toxicity in cells, animals, and humans. *Food Funct.* 6(6):1752-1772. doi: 10.1039/C5FO00320B
- Gelsinger, P. 1999. Expanding Moore’s law with convergence. On-line available at <http://www.intel.com/technology/silicon/mooreslaw/em101031.htm>. Accessed June 7, 1999.
- Holman, J. P. 1978. *Experimental Methods for Engineers*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill. pp. 405-427.
- ICAP. 2021a. Emissions Trading Worldwide: Status Report 2021. Berlin: International Carbon Action Partnership.
- ICAP. 2021b. What is Emissions Trading. ICAP Brief #1. Berlin: International Carbon Action Partnership.
- ICAP. 2021d. Emissions Trading at a Glance. ICAP Brief #3. Berlin: International Carbon Action Partnership.
- International Union for Conservation of Nature. 2020a. Outlook for boosting ambition in 2020 Nationally Determined Contributions through forest landscape restoration

- targets. Washington DC, USA.
- Judith Reise, Anne Siemons, Hannes Böttcher, Anke Herold, Cristina Urrutia, Lambert Schneider, Ewa Iwaszuk and all. 2022. Nature-Based Solutions and Global Climate Protection. Assessment of their global mitigation potential and recommendations for international climate policy. Climate Change 01/2022. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Miller, F. R. and R. A. Creelman. 1980. Sorghum — A new fuel. In “Proc. 35th Annual Corn and Sorghum Industry Research Conference” , eds. H. D. Londen and W. Wilkinson, pp. 219-232. Washington, DC: Am. Seed Trade Assoc.
- Overstreet, H. A. 1925. The psychology of effective writing. In “Effective Report Writing: Principles and Practices” , ed. W. H. Pierce, pp. 87-109. Chicago: Graphic Publishing Co.
- Reise, J., Siemons, A., Böttcher, H., Herold, A., Urrutia, C., Schneider, L., ... & Davis, M. 2022. Nature-based solutions and global climate protection.
- Rose S, Khatri-Chhetri A, Stier M, Vu T, Nelson K. 2021. Agricultural sub-sectors in new and updated NDCs: 2020-2021 dataset. CCAFS dataset version 1.0. Wageningen, Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CAAFS).<https://ccafs.cgiar.org/resources/tools/agriculture-in-the-ndcs-data-maps-2021>
- Rumsey, T. R. 1985. An anisotropic model for air flow in beds of rice. ASAE Paper No. 85-3554. St. Joseph, MI: ASAE.
- Santos, N., Monzini Taccone di Sitizano, J., Pedersen, E. and Borgomeo, E. 2022. Investing in carbon neutrality – Utopia or the new green wave? Challenges and opportunities for agrifood systems. Rome, FAO. On-line available at <https://doi.org/10.4060/cc0011en>
- Seddon, N., Sengupta, S., Garcia-Espinosa, M., Hauler, I., Herr, D. and Rizvi, A.R. 2019. Nature-based Solutions in Nationally Determined Contributions: Synthesis and recommendations for enhancing climate ambition and action by 2020. Gland, Switzerland and Oxford, UK: IUCN and University of Oxford.
- Seddon, N., Sengupta, S., Garcia-Espinosa, M., Hauler, I., Herr, D. and Rizvi, A.R. 2019. Nature-based Solutions in Nationally Determined Contributions: Synthesis



- and recommendations for enhancing climate ambition and action by 2020. Gland, Switzerland and Oxford, UK: IUCN and University of Oxford.
- Seddon, N., Sengupta, S., García-Espinosa, M., Hauler, I., Herr, D. and Rizvi, A.R. 2019. Nature-based Solutions in Nationally Determined Contributions: Synthesis and recommendations for enhancing climate ambition and action by 2020. Gland, Switzerland and Oxford, UK: IUCN and University of Oxford.
- Seddon, N., Senguputa, S., Garcia-Espinosa, M., Hauler. I., Herr. D., Rizvi A. 2019. Nature-based solutions in nationally determined contributions. <https://portals.iucn.org/library/node/48525>
- The CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). 2018. MEASURE THE CHAIN: TOOLS FOR MANAGING GHG EMISSIONS IN AGRICULTURAL SUPPLY CHAINS. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/98361/Ceres_MeasureTheChain_GHG.pdf
- The World Bank. 2022. “State and Trends of Carbon Pricing 2022” (May), World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1895-0. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
- UNDP. 2016. Carbon markets. <https://www.sdfinance.undp.org/content/sdfinance/en/home/solutions/carbon-markets.html>
- United Nations Environment Programme and International Union for Conservation of Nature 2021. Nature-based solutions for climate change mitigation. Nairobi and Gland.
- World Bank (2020). State and Trends of Carbon Pricing 2020 (May), World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1586-7. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
- World Bank. 2020. State and Trends of Carbon Pricing 2020 (May), World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1586-7. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.
- WWF. 2021a. NDCs: A Force for Nature? 4TH EDITION | NATURE IN ENHANCED NDCS. Retrieved from: https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2021-11/20211105_Report_NDCs-A-force-for-nature_WWF.pdf

Towards net-zero carbon emissions in Taiwan's agriculture

Jiunn-Cheng Lin

Abstract

Net zero emissions are a shared goal for all countries to achieve. In Taiwan, the “Taiwan’s Pathway to Net-Zero Emissions in 2050” was officially announced in March 2022, with four major transitions, “Energy Transition,” “Industrial Transition,” “Lifestyle Transition” and “Social Transition,” governed by two principles of “Technological R&D” and “Climate Legislation” reinforced with “12 Key Strategies” to implement the goal of net zero transformation. The agricultural sector will have reached the target for net zero emissions by 2040, and its 19 strategies with the corresponding 59 measures of four key themes in “reduction,” “increase of carbon sink,” “carbon cycle” and “green trend” will help promote the implementation of cross-sector cooperation. This paper focuses on how to achieve the goal of net zero emissions in agriculture, and analyzes issues such as natural carbon sinks, carbon pricing, and carbon footprint to inform subsequent policy making.

Key words : Net Zero 、 Carbon Sink 、 Carbon Pricing 、 Carbon footprint

2022中臺灣農業科技前瞻論壇

農業淨零碳排議題發展趨勢

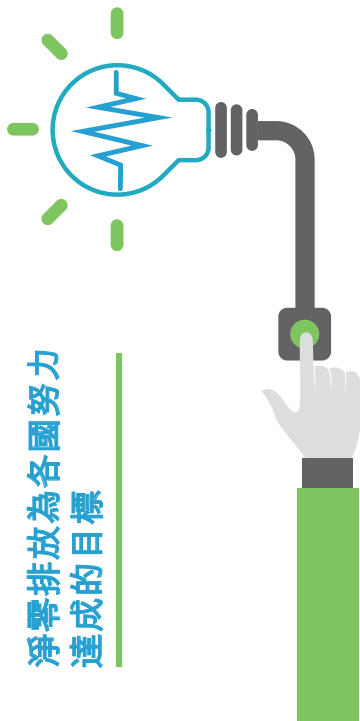
農委會林業試驗所
林俊成 研究員兼主任秘書

11.1.10-14(五)9:40-10:00

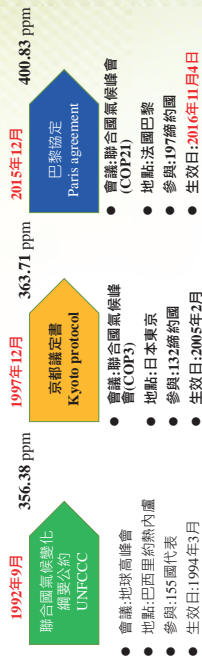


- 01 減量增匯技術
- 02 碳交易碳定價
- 03 碳足跡盤查
- 04 結語

淨零排放為各國努力達成的目標



國際溫室氣體重要減量協議演進




目標: 將大氣GHG穩定在一定且安全水平，防止氣候系統因人為干擾而造成不可回穩的後果

目標: 附件一國家GHG排放量在2012年減少5%

目標 (取代京都議定書): 控制世紀末全球平均溫升低於2°C (相對於工業革命前)，且努力追求低於1.5°C




國際淨零排放發展趨勢



歐盟在2019年提出2050年達到碳中和目標後，在全球帶動淨零討論的雪球效應，目前已有137個國家宣示或規劃2050年淨零排放目標。

臺灣2050淨零排放路徑及策略 十二項關鍵戰略~自然碳匯



藉執行造林及相關經營工作能降低大氣二氧化碳濃度；建構負碳農法及海洋棲地、動植物保育技術，保護生物多樣性、避免土壤流失、保有森林及復育碳匯生態系統，以提升碳吸收功能。


農業部門在2040年完成淨零目標

- 主軸一、減量 (5項策略、17項措施)
- 主軸二、增(碳)匯 (7項策略、16項措施)
- 主軸三、循環 (3項策略、12項措施)
- 主軸四、綠趨勢 (4項策略、14項措施)

4主軸、19項策略、59項措施

減量增匯技術

國家自定貢獻以納入以自然為本解決方案為各國氣候行動趨勢，自然碳匯成為主角



NbS之溫室氣體減排類型與管理變化

生態系統	NbS	溫室氣體減排類型			管理變化	
		減少	移除	避免	活動轉移	土地利用變化
森林	造林和再造林		X		X	X
	天然林管理	X			X	
	避免森林轉用			X		X
	森林保護		X	X	X	
農地	糞分管理	X			X	
	混農林業/農地造林/間作		X		X	X
	改善糞便管理	X			X	
	保護性農業	X			X	X
	覆蓋作物	X	X		X	X
	改良水稻栽培	X			X	X

國家自定貢獻 (Nationally Determined Contribution, NDC)

減緩 (mitigation) 與調適 (adaptation) 氣候行動與目標。



- 以自然為本的解決方案 (Nature-based Solutions, NbS)
 - 保護、永續管理和恢復自然或經修改的生態系的行動，這些行動可以有效和具調適性來因應社會挑戰（如氣候變遷、糧食和水安全或自然災害），同時提供人類福祉和生物多樣性好處。
- NbS 可以提供在 2030 年將溫度穩定在 2°C 以下所需約 30% 的成本從有效減緩措施，在 168 個 NDC 中，有 130 個國家將 NbS 優先行動或目標以某種形式作為減緩或調適措施的一部分 (IUCN, 2020a)，且至少有 66% 的《巴黎協定》簽署方以某種形式包含 NbS，以幫助實現其減緩氣候變遷和調適目標 (Seddon et al., 2019)。
- 三分之二的 NDC 指出，生態系對氣候變遷的影響，在易受氣候變遷影響的 5 個領域中，生態系僅低於糧食和水安全，但高於漁業、能源和運輸 (Seddon et al., 2019)。
- 《巴黎協定》在公約中的序言表明「溫室氣體破壞和貯存庫的保存及增加之重要性」，其中包括「生物圈、森林和海洋以及其他陸地、沿海和海洋生態系」。

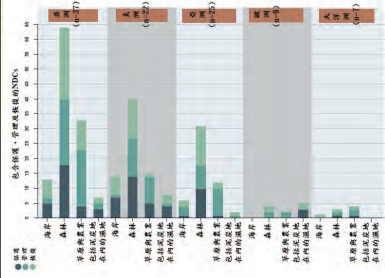
NbS之溫室氣體減排類型與管理變化

生態系統	NbS	溫室氣體減排類型			管理變化	
		減少	移除	避免	活動轉移	土地利用變化
草地	放牧優化	X	X		X	
	豆科牧草	X			X	
	草地恢復		X		X	X
陸域濕地	避免草地轉用		X		X	X
	泥炭地恢復	X	(X)+	X	X	X
	泥炭地保護		(X)+	X	X	X
沿海濕地	避免泥炭地退化轉用		X		X	X
	沿海濕地恢復	X	X		X	X
集居地	沿海濕地保護		X	X	X	X
	避免沿海濕地退化轉用		X	X	X	X

“+”與森林等其他生態系統相比，泥炭地的消除非常緩慢且長期，因此不是該措施的主要好處。

NDC的NbS行動

- 評估每個NDC是否包括保護、管理或恢復四種廣泛生態系統類型中的每一種行動，發現NDC對管理和恢復的承諾比較常見，其次是草地和農業、沿海生態系統，最後是濕地。



資料來源: UNDESA/UNEP/ICUN (2021)

各種土地管理對全球減緩、調適、防範沙漠化和土地退化及加強糧食安全貢獻的實施應對方案及成本

依適應性管理策略的適應應對		中		低		高	
高	低	高	低	高	低	高	低
美國	減少乾旱損失	高	低	低	低	中	高
美國	減少森林砍伐(消費與木料貿易)	高	低	低	低	中	低
中國	土壤性來源	低	低	低	低	低	低
中國	減少農畜加工和零售	低	低	低	低	低	低
中國	改善糧食系統能源使用	低	低	低	低	低	低
依減風險管理的適應應對		低		中		低	
依適應性管理		低		中		低	
依風險分區工具		低		中		低	

減緩 (GtCO ₂ eq ⁻¹ yr ⁻¹)		沙塵化 (百萬平方公里)		土地退化 (百萬平方公里)		糧食安全 (百萬噸)	
正	負	正	負	正	負	正	負
>1	>-1	>0.5	>-0.5	>0.5	>-0.5	>100	>-100
0.1-1	-1-0.1	0.5-1	-1-0.5	0.5-3	-3-0.5	1-100	-100-1
<0.1	<-0.1	<0.5	<-0.5	<0.5	<-0.5	<100	<-100
0-0.1	-0.1-0	0-0.5	-0.5-0	0-0.5	-0.5-0	0-100	-100-0

資料來源: (Smitrov et al., 2022)。

碳農業 (Carbon Farming) 是一種通過農業活動增加土壤和生物質中碳含量的方法。從大氣中吸收並儲存碳的有機材料或土壤產生碳匯。實踐碳農業的系統包括：如限安灌溉、或減少澆水、減少肥料的使用、或減少沙塵暴。CF 的做法被自然資源保護局 (Natural Resources Conservation Service) 形容為改善土壤健康、減少碳排放、同時產生重要的共同利益。包括：提高土壤持水能力、水文功能、生物多樣性和韌性。

資料來源: Carbon Cycle Institute (CCI) (2022)。

碳交易碳定價

國際碳定價機制發展熱絡，自然碳匯深具市場潛力

碳定價 (Carbon Pricing)

- 比照環境汙染，將**排碳成本內部化**，進而降低排碳意願或增加減碳誘因，是國際間執行減碳計畫最普遍且重要的政策工具，這項概念被稱為「**碳定價**」(Carbon Pricing) 也就是「給排碳定出一個價格」。
- 碳定價有兩款主要機制：直接課徵「**碳稅**」或「**碳費**」，以及建立「**碳排放交易系統**」(Emissions Trading System, ETS)。

資料來源: 財團法人 財團法人環境資訊協會, 今夏刊
 2020.04.15
<http://www.burtonsonobay.com.tw/files/attachment/20200415/00511財團環境資訊專刊>

已實施、計畫實施和考慮實施的碳定價機制的地點

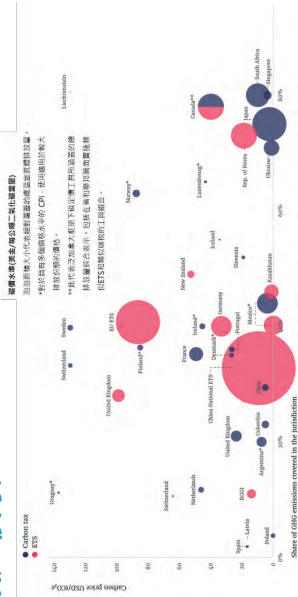


資料來源：(World Bank, 2022)

依碳減量額度產生的方式和管理方式 碳減量額度機制 (Carbon crediting mechanism) 分為三類：

- **國際性碳減量額度機制**：是由國際相關氣候公約所規範的機制，通常由國際機構管理，如：清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM) 和共同履行 (履約) (Joint Implementation, JI)。
- **獨立性碳減量額度機制**：是不受任何國家法規或國際相關氣候公約所約束的機制，由私人或獨立的第三方組織 (通常是非政府組織) 管理，如黃金標準 (Gold Standard) 和經查證碳標準 (Verified Carbon Standard)。
- **國家和地方政府性碳減量額度機制**：由各自行政轄區內的立法機構所管理，通常由區域、國家或地方各級政府管理。例如澳洲排放減量基金 (Australia Emissions Reduction Fund) 和美國加州規範性抵換計畫 (Compliance Offset Program)。

碳定價國家的碳價、占當地排放總量的比率及 碳定價收益

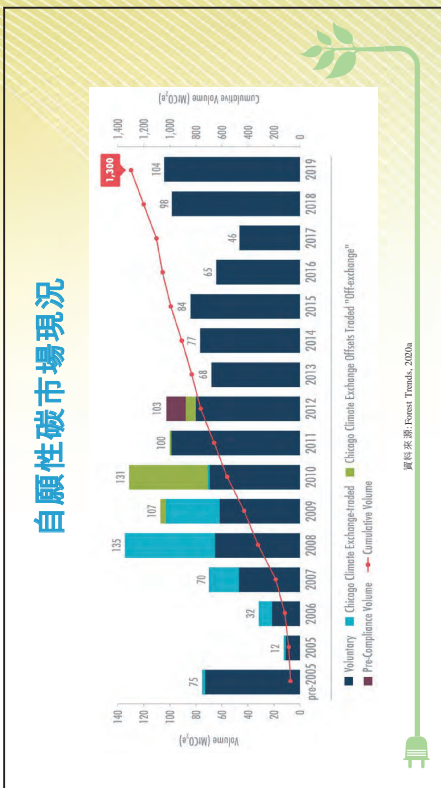
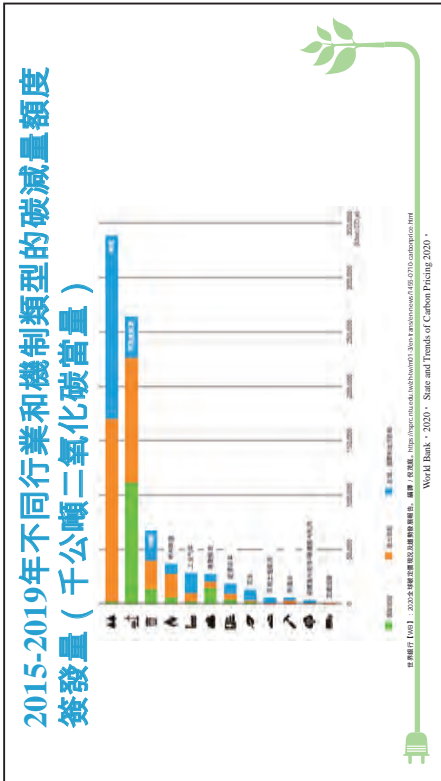


資料來源：(World Bank, 2022)

2007-2021年間不同碳減量額度機制年核發量



資料來源：(World Bank, 2022)



2017-2019年自願性碳市場不同類別的交易數量與價格

單位：數量 (MtCO₂e)、價格 (美元) 與價值 (百萬美元)

年	2017		2018		2019				
	數量	平均價格	數量	平均價格	數量	平均價格			
林業和土地利用	16.6	\$3.4	\$63.4	\$0.7	\$3.2	\$171.9	36.7	\$4.3	\$159.1
再生能源	16.8	\$1.9	\$31.35	23.8	\$1.7	\$40.9	42.4	\$1.4	\$60.1
廢物處理	3.7	\$2.0	\$7.4	4.5	\$2.2	\$10.0	7.3	\$2.5	\$18.0
家用設備	2.3	\$5.0	\$11.8	6.1	\$4.8	\$29.5	6.4	\$3.8	\$24.8
化學過程/工業製造	2.6	\$1.9	\$4.9	2.5	\$3.1	\$7.9	4.1	\$1.9	\$7.7
能源效率/燃油轉換	1.1	\$2.1	\$3.3	2.8	\$2.8	\$7.8	3.1	\$3.9	\$11.9
運輸	0.1	\$2.9	\$0.2	0.3	\$1.7	\$0.5	0.4	\$1.7	\$0.7

資料來源: Forest Trends (2020b)

碳足跡盤查

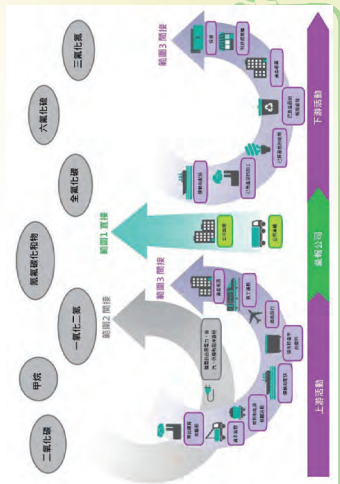
欲達成淨零，先了解產品碳足跡與組織碳盤查，從中找出減碳具有成本效率的可行方案

碳足跡定義

- 碳足跡(Carbon Footprint)是指個人或組織日常運作所產生的溫室氣體數量(以二氧化碳當量即CO₂e的影響為單位)，用以衡量人類活動對環境的影響。
- 碳足跡可被定義為與一項活動(Activity)或產品的整個生命週期過程所直接與間接產生的溫室氣體排放量。
- 國家或地區的能源燃燒排放統計。
- 針對企業或組織自身與相關的溫室氣體排放。
- 針對個別產品生命週期的溫室氣體排放；即所謂的「產品碳足跡」。

「溫室氣體議定書(Greenhouse Gas Protocol) - 排放範疇」

- 範疇 1**
為與現場燃料燃燒或車隊車輛相關
的直接排放。
- 範疇 2**
為與熱能和電力等外購能源的排放
產生相關的間接排放。
- 範疇 3**
為與上游和下游業務活動的排放相
關的其他間接排放。通常範疇3的
排放量多於其他兩個範疇。另組織
碳足跡可參照ISO14064的規範來
進行。



產品碳足跡

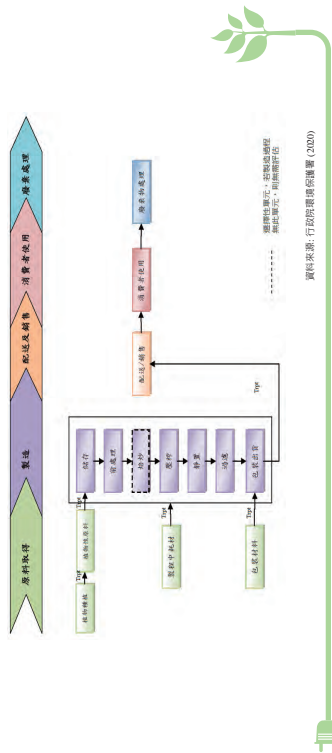


產品生命週期示意圖





應用非調合粗製食用植物油生命週期流程圖



國內產銷班使用自行生產茶籽、在地製造販賣碳足跡

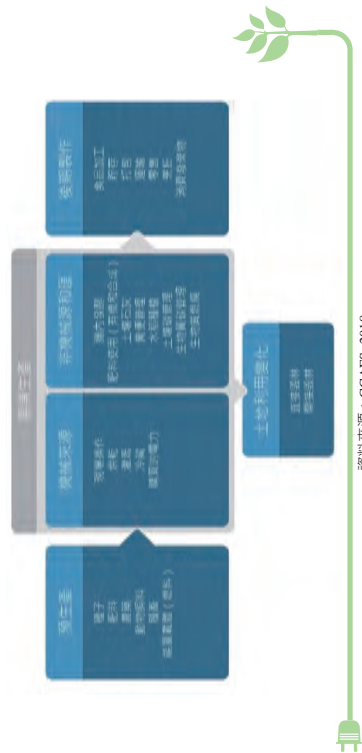
項目	kgCO ₂ eq	%
1.原料取得 (缺斤少兩)	3.5561	85.41%
- 整地 (油)	0.1583	0.05%
- 肥料	2.9333	0.91%
- 農機具使用耗材 (油)	0.4644	0.14%
2.包裝材	0.3739	8.98%
- 紙箱	0.0360	0.09%
- 玻璃瓶	0.3366	1.08%
3.能源使用量	0.0013	0.02%
- 運輸	0.1760	4.23%
- 電	0.0342	0.06%
- 柴油	0.1418	0.06%
4.廢棄物回收	0.0576	1.38%
- 總計	4.1635	100.00%

1瓶600ml油茶瓶碳排放為4.1635kgCO₂eq

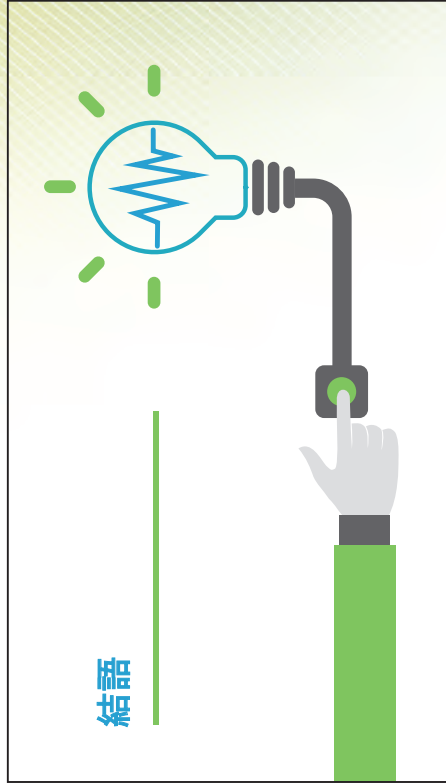
使用大陸進口茶籽於製造及配送銷售過程中的碳足跡

項目	kgCO ₂ eq	%
1.原料取得 (缺斤少兩)	2.965	49.98%
- 整地 (油)	0.132	2.22%
- 肥料	2.446	41.23%
2.茶籽運輸	0.387	6.53%
- 農機具使用耗材 (油)	0.055	0.92%
- 運輸	0.037	0.63%
3.包裝材	0.018	0.30%
- 紙箱	0.485	8.18%
- 玻璃瓶	0.036	0.61%
- 運輸	0.439	7.59%
- 電	0.008	0.13%
- 玻璃瓶運輸	0.003	0.05%
4.能源使用量	2.297	38.73%
- 電 (水電)	1.787	30.13%
- 電 (乾燒機)	0.024	0.41%
- 電 (原料)	0.302	5.10%
- 電 (堆高機)	0.183	3.09%
5.配送銷售	0.060	1.00%
6.廢棄物回收	0.070	1.17%

產品生產和加工的溫室氣體排放源



結語





敬請指教

- 實踐巴黎協定（Paris Agreement）將全球氣溫控制在升溫攝氏1.5度，雖是個艱困的挑戰。因此「淨零排放」成為世界各國所共同致力的目標
- 臺灣2050淨零排放路徑及策略中，以自然碳匯等十二項關鍵戰略為未來的重點方向
- 農業部門更積極要在2040年將完成淨零排放目標，並在「減量」、「循環」、「趨勢」等四大主軸下推動跨單位合作具體落實。
- 如何發揮農業在海洋、森林、土壤之藍碳、綠碳及黃碳自然碳匯功能，應以**盤點現有資源為起點**，藉由各項減量、增匯技術的精進，發揮以自然為本的碳農業，並**導入碳定價策略**，增加各項技術推動時的成本有效性。

農業部門減排與增匯技術

陳琦玲

農委會農業試驗所研究員

摘要

2019年農業部門(含燃料燃燒、非燃料燃燒)排放量為637.3萬公噸CO₂當量,約占全國總排放量2.2%。主要排放源依序為用電(24.3%)、用油(23.9%)、農業土壤(18.6%)、禽畜糞尿處理(14.1%)、水稻種植(9.6%)、禽畜腸胃發酵(9.0%)等。彙整國內外採行之減排與增匯作為,在燃料燃燒部分,可藉由可藉由節能設施的裝設、提高能源利用效率、發展綠能取代化石燃料等措施,減少燃料燃燒的碳排。在畜牧部門可透過調整飼料成分等方式改善畜禽動物腸內發酵排放,或是禽畜糞便再利用、發展生質能源,減少畜牧產業的碳排;在農糧部門可藉由推動合理化施肥,提升氮肥利用效率,應用水田間歇性灌溉,減少農地溫室氣體排放;在農地增匯技術上,可依永續土壤管理原則進行農地管理,如盡量減少土壤侵蝕(栽種覆蓋作物、保育耕犁等)、提高土壤有機質含量(作物殘渣管理、正確施用有機資材等);完善土壤養分與水分管理,以增加土壤碳匯;另應用碳捕獲與封存技術,可大幅增加土壤碳封存量。依據全球統計,循環經濟在減碳的技術上扮演重要角色,政府與企業若能逐漸將線性經濟轉為循環經濟,預期可大幅降低碳排放。此外,溫室氣體相關法規制定及實施,以提供相關政策獎勵,鼓勵投資新技術,促進生產效率,亦是達成2040年農業淨零排放目標的重要策略。

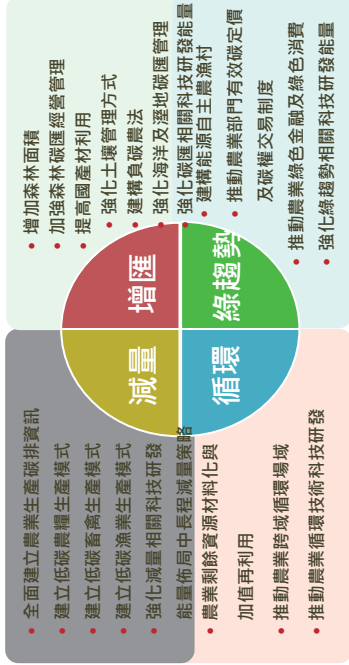
關鍵詞:減排、增匯、綠能、循環農業、農業淨零碳排

農業部門碳排放與增匯技術

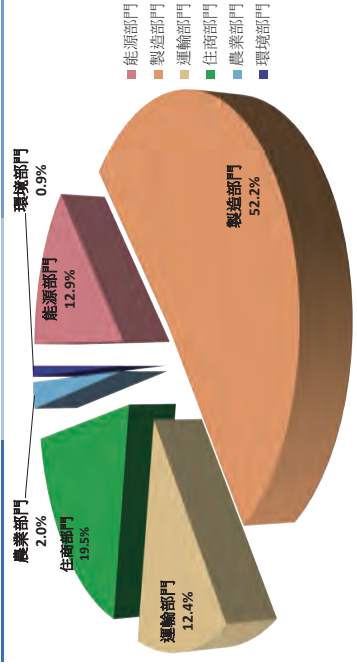
陳琦玲
行政院農委會農業試驗所

11/10/14 2022 中臺灣農業科技前瞻論壇議程-台中場

淨零排放農業政策會議 (3/23)

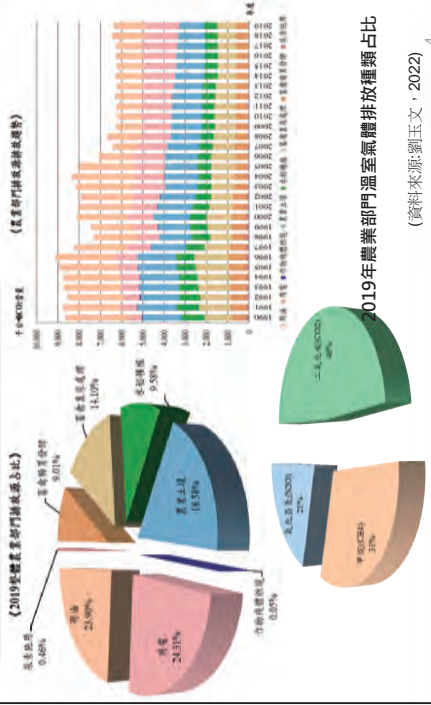


能源分攤至各部門後之排放佔比(2019年)



Source: <https://www.climatealks.tw/blank-20>

農業部門溫室氣體排放現況



(資料來源:劉玉文, 2022)

行政院農業委員會農業出版社

農業部門淨零排放策略



行政院農業委員會農業出版社

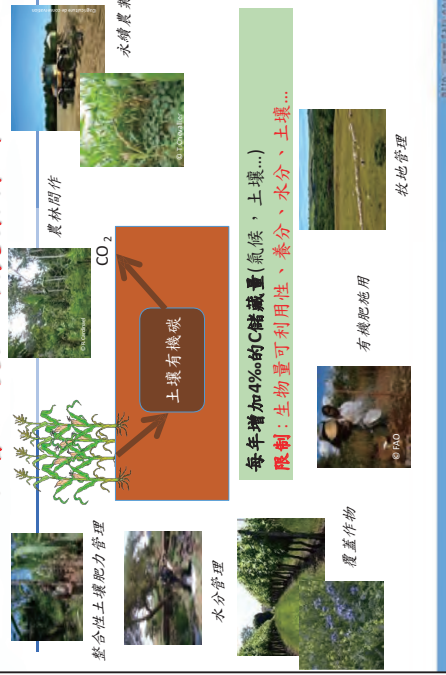
提高肥料利用效率

Putting the Next Generation of Fertilizer Technology into the hands of smallholder farmers



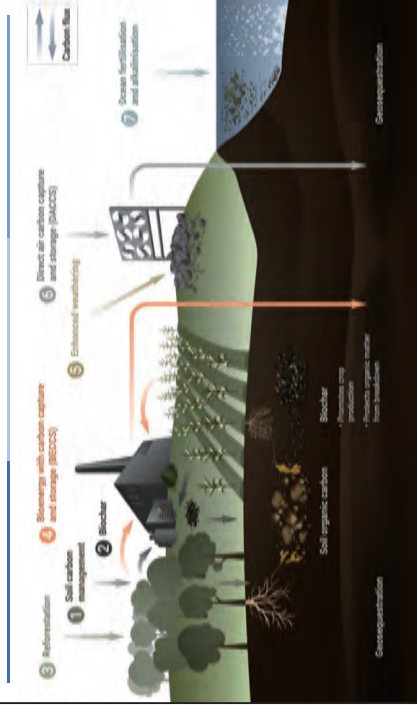
行政院農業委員會農業出版社

可增加碳匯的農業操作



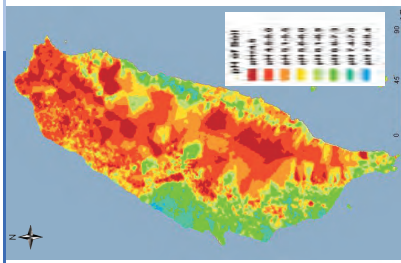
行政院農業委員會農業出版社

碳捕獲與封存 Carbon Capture and Storage (CCS)



行政院農業委員會農業試驗所

施用生物炭的碳封存量



- 大部分的生物炭屬於極酸性
- 極酸性土壤 (pH<5.5): ~30萬 ha (Tan et al., 2005)
- 2% 生物炭施用: 生物炭含碳量50% 施用2%生物炭於酸性土壤上, 可幫助農作生產; 約30%生物炭會分解
- 表土的碳封存潛量: ~390萬噸 CO₂ 等量於1430萬噸CO₂

9

行政院農業委員會農業試驗所

英國新創 Brilliant Planet 超大型工業用微藻繁殖場

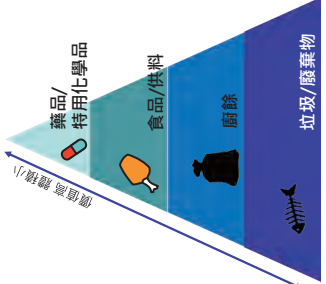


- 預估成本約為當前直接空氣捕獲的十分之一。(預計價格落在每噸50-100美元)
- 建置在沙漠海岸邊, 引入離岸2-3公里處水深且營養豐富的「上升流」海水至藻類繁殖池。最終以細網過濾器捕獲藻類, 乾燥後將這些含鹽含碳的生物質埋入沙漠地底 1-4 公尺。
- 該公司篩選大約 50 萬平方公里的合適沙漠的候選名單。這相當於每年大約 2 億畝正在準備建置占地 30 公頃的示範設備, 計劃 2023 年動工, 之後還打算建立第一個商用工廠, 占地約 1,000 公頃、每年可減少約 40,000 噸二氧化碳

資料來源: 科技新報; Brilliant Planet

行政院農業委員會農業試驗所

淨零2050: 加速發展再生、在地型的新農業 (生物經濟/循環經濟)



善用大自然的水、氣、光、土壤，發展高價值的「5F+3BM」

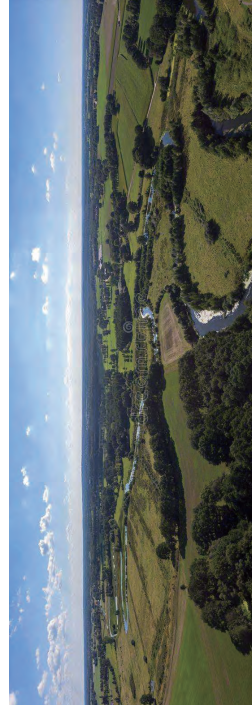
- 食材 Food
- 飼料 Feed
- 肥料 Fertilizer
- 能源 Fuel
- 時尚 Fashion
- 生質材料 BioMaterials
- 醫療保健 BioMedical
- 仿生 BioMimicry

藥品/特用化學品
食品/供料
廚餘
垃圾/廢棄物

圖片來源: 循環台灣基金會 2022/02/09

行政院農業委員會農業試驗所

謝謝聆聽 敬請指教



調整作物新作模式-混林農業(國土地景改造)

(source: 郭, 2021)


碳交易與碳定價

柳婉郁

中興大學森林系特聘教授

摘要

國際過去強調減碳(各種策略減少碳排放),現在強調碳中和(人為碳排=人為碳吸收),包括減少排放與增加吸收(碳捕捉/農林),而淨零排放指透過草地碳匯、農地土壤碳匯、植樹造林、碳捕捉與封存等方式減少溫室氣體排放。企業或組織即使有排放碳量仍可透過相關技術使溫室氣體淨排放為零,國際推動農業淨零減排方式甚多,美國俄亥俄州每年秋天農民 Rick Clifton 7,500 英畝土地完成大豆收割後開始種植黑麥和油菜籽。過去只是為了淡季覆蓋餵養土壤。現在這些覆蓋作物具真正的價值-碳交易市場,可以在未來五年內為他帶來約 175,000 美元的淨收入。2016 年開始美國農業部自然資源保護局(NRCS)買 12,225 英畝奧勒岡牧場地役權。允許主人繼續養牛,但也要確保牧場富含碳的土壤不受干擾,將碳(土壤有機物)鎖定土壤中。2021 年開始美國 NRCS 執行計畫協助牧場出售碳額度,增加牧場收入。2021 年澳洲開啟史上最大的土壤碳權專案!再生農業實踐(regenerative agriculture practices),沒有放犁(no-tilling)僅改變管理動物/土壤碳和植被加起來將足以抵消所有碳排(牛甲烷排放),還可賣多餘 ACCU(澳洲碳權單位)碳市場上。



淨零碳排_產品碳足跡實務分享

Ivan Cheng 鄭仲凱
Chief Technology Officer, CTO BSI Taiwan
October 14, 2022
Copyright © 2022 BSI. All Rights Reserved.



碳足跡管理



Step 1 碳足跡 碳足跡管理目標

Step 2 碳減量 碳減量

Step 3 碳中和 透過削減、交換等制度，使產品淨零碳排

130g CO₂ Equivalent

bsi

產品碳足跡盤查範圍

- 產品銷售至消費端 **B to C-搖籃到墳墓 (Cradle to Grave)**
 - 例如電視機、筆電、洗髮精、保養服務、房屋中介、農產品(雞蛋/茶葉)
 - 功能單位(Functional Unit) 對於產品系統量化的性能用以作為參考單位
- 原料取得 → 生產製造 → 產品運輸 → 產品使用 → 產品廢棄

碳標籤案件只允許到消費者的商品或服務申請

- 產品銷售客戶進行後段加工或組裝 **B to B-搖籃到大門 (Cradle to Gate)**
 - 例如鋼胚、化學品、晶圓製造、電子零組件
 - 宣告單位(Declared Unit) 對於產品數量描述，用作部分階段碳足跡量量化參考單位
- 原料取得 → 生產製造

bsi

產品碳足跡數據收集方式



原物料投入	原物料運輸	能源源使用	產品運輸
PVC顆粒	材料運輸里程	電力使用度數	用戶收件區域
IC晶片	材料運輸運具形式	燃料使用(發電機車輛)	運輸方式(郵寄/貨車)
磁帶			
色母			
包材			
耗材			

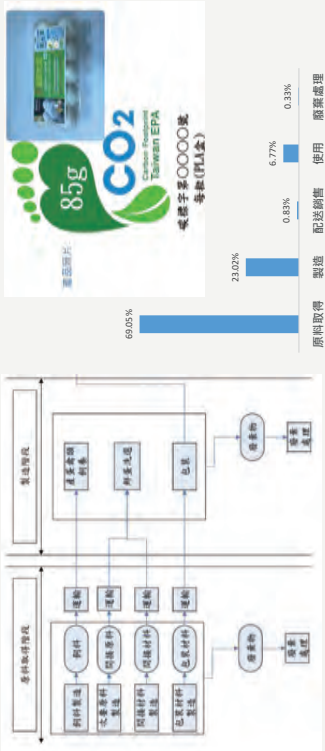
產品使用(假設情境)

(1)電力消耗評估：每年平均用卡23次×5年×每次用卡耗電量。
 (2)信用卡廢棄評估方式：(2張紙質紙單/次) × 每年紙質紙單次數 × 5年。
 (3)紙質評估方式：(每年12張A4紙質單+12個信封) × 5年 × 實體紙單比例。
 (4)紙質運輸評估方式：評估運輸至主要消費者所在縣市之物流業止。

bsi



雞蛋主要排放：原料與製造階段

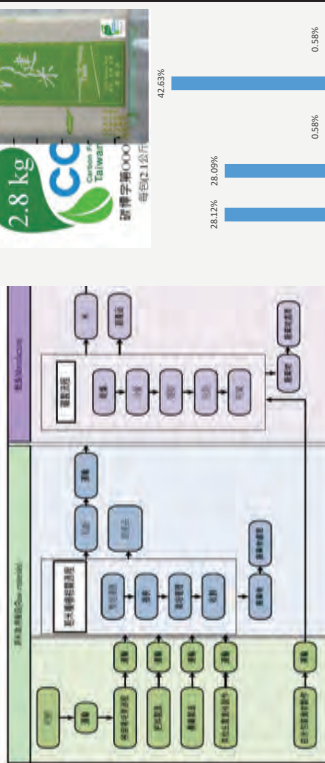


圖片來源：鮮蛋碳足跡產品類別規則



Copyright © 2022 BSI. All Rights Reserved

白米主要排放：使用階段 (1/2期稻作差異)



圖片來源：米碳足跡產品類別規則



Copyright © 2022 BSI. All Rights Reserved

碳標籤申請 四階段



資料來源：工研院_碳標籤與關鍵性審查制度介紹



Copyright © 2022 BSI. All Rights Reserved

bsi. ...making excellence a habit.™



~低碳農業一步一腳印~ 碳足跡標籤經驗分享

執行單位：瓜瓜園企業股份有限公司
報告人：邱裕翔 總經理

111年10月14日

簡報大綱

- 台灣農業減碳現行佈局
- 瓜瓜園企業使命與因應策略
- 瓜瓜園碳足跡標籤歷程
- 目標及願景

<02>

台灣農業減碳現行佈局

台灣農業減碳政策現況

- 為因應全球氣候變遷行動，臺灣於2015年頒布「溫室氣體減量及管理法」，明訂長期減量目標為2050年碳排放量較2005年減少50%。
- 依據2018年統計，全球排放48,900百萬公噸二氧化碳當量，其中臺灣溫室氣體排放量總排放量為275百萬公噸CO₂ eq，佔全球總排放量0.56%，總排放量為23。
- 台灣在六大部門中，農業部門約佔全國排放2%，2025年前自2018年381萬公噸CO₂ eq減量至501萬公噸CO₂ eq，其中農業部門需削減排放34萬公噸CO₂ eq減量。

台灣農業部門碳排放趨勢

- 1990年至2018年台灣農業溫室氣體排放量逐年下降，主要為開墾農業生產結構，推動休耕政策造成耕地面積及畜欄數減少等因素，另有機化肥料推廣亦有助溫室氣體之減量。

資料來源：臺灣農業減碳作為與部公告限制之限制（林明憲、林聖訓、陳裕欣, 2021）

<03>

台灣農業減碳現行佈局

臺灣農業部門溫室氣體減量路徑及措施

- 台灣農業部門提出之溫室氣體減量措施如右圖。
- 農糧部門進一步提出減碳作為策略

資料來源：臺灣農業減碳作為與部公告限制之限制（林明憲、林聖訓、陳裕欣, 2021）

<04>

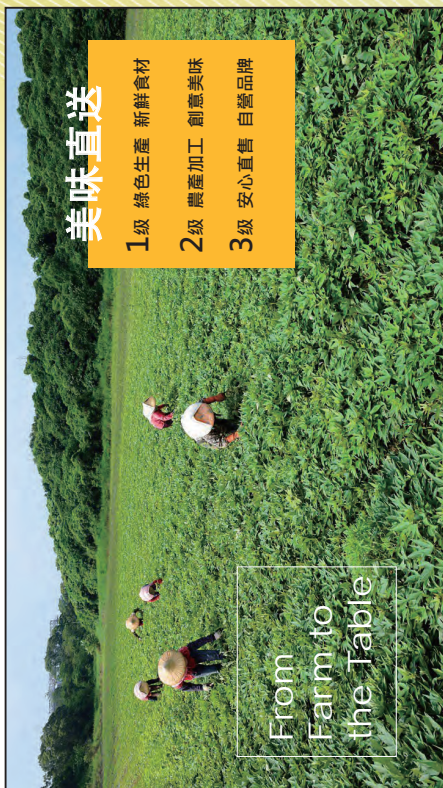
美味直送

1級 綠色生產 新鮮食材

2級 農產加工 創意美味

3級 安心直售 自營品牌

From Farm to the Table



瓜瓜園企業使命與因應策略

公司沿革

- 1985 成立 瓜瓜園養生
- 1989 成立 瓜瓜園養生
- 1991 成立 瓜瓜園養生
- 1992 成立 瓜瓜園養生
- 1993 成立 瓜瓜園養生
- 2001 成立 瓜瓜園養生
- 2003 成立 瓜瓜園養生
- 2006 成立 瓜瓜園養生
- 2009 成立 瓜瓜園養生
- 2013 成立 瓜瓜園養生
- 2015 成立 瓜瓜園養生
- 2017 成立 瓜瓜園養生
- 2018 成立 瓜瓜園養生



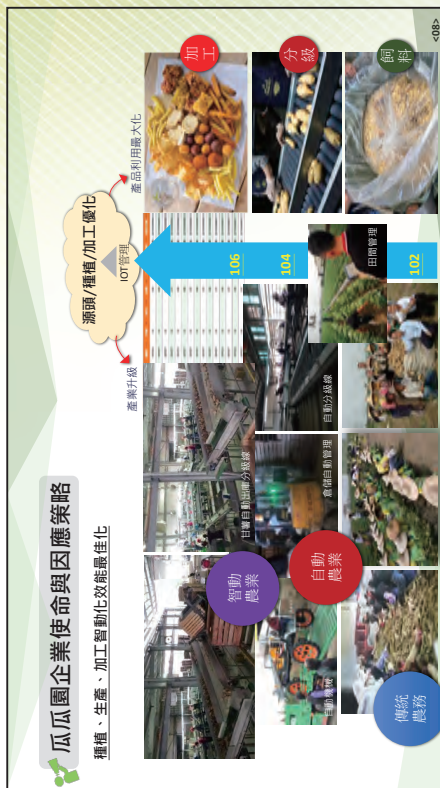
瓜瓜園企業使命與因應策略

種植、生產、加工 自動化效能最佳化

傳統 農務

自動 農業

智慧 農業



從農場到餐桌 316個程序 具體生產過程

1. 播種育苗
2. 田間作業
3. 包裝出貨
4. 田間管理
5. 灌溉
6. 收穫
7. 分級洗選
8. 田間作業
9. 包裝出貨
10. 田間管理
11. 灌溉
12. 收穫
13. 分級洗選
14. 田間作業
15. 包裝出貨
16. 田間管理
17. 灌溉
18. 收穫
19. 分級洗選
20. 田間作業
21. 包裝出貨
22. 田間管理
23. 灌溉
24. 收穫
25. 分級洗選
26. 田間作業
27. 包裝出貨
28. 田間管理
29. 灌溉
30. 收穫
31. 分級洗選
32. 田間作業
33. 包裝出貨
34. 田間管理
35. 灌溉
36. 收穫
37. 分級洗選
38. 田間作業
39. 包裝出貨
40. 田間管理
41. 灌溉
42. 收穫
43. 分級洗選
44. 田間作業
45. 包裝出貨
46. 田間管理
47. 灌溉
48. 收穫
49. 分級洗選
50. 田間作業
51. 包裝出貨
52. 田間管理
53. 灌溉
54. 收穫
55. 分級洗選
56. 田間作業
57. 包裝出貨
58. 田間管理
59. 灌溉
60. 收穫
61. 分級洗選
62. 田間作業
63. 包裝出貨
64. 田間管理
65. 灌溉
66. 收穫
67. 分級洗選
68. 田間作業
69. 包裝出貨
70. 田間管理
71. 灌溉
72. 收穫
73. 分級洗選
74. 田間作業
75. 包裝出貨
76. 田間管理
77. 灌溉
78. 收穫
79. 分級洗選
80. 田間作業
81. 包裝出貨
82. 田間管理
83. 灌溉
84. 收穫
85. 分級洗選
86. 田間作業
87. 包裝出貨
88. 田間管理
89. 灌溉
90. 收穫
91. 分級洗選
92. 田間作業
93. 包裝出貨
94. 田間管理
95. 灌溉
96. 收穫
97. 分級洗選
98. 田間作業
99. 包裝出貨
100. 田間管理
101. 灌溉
102. 收穫
103. 分級洗選
104. 田間作業
105. 包裝出貨
106. 田間管理
107. 灌溉
108. 收穫
109. 分級洗選
110. 田間作業
111. 包裝出貨
112. 田間管理
113. 灌溉
114. 收穫
115. 分級洗選
116. 田間作業
117. 包裝出貨
118. 田間管理
119. 灌溉
120. 收穫
121. 分級洗選
122. 田間作業
123. 包裝出貨
124. 田間管理
125. 灌溉
126. 收穫
127. 分級洗選
128. 田間作業
129. 包裝出貨
130. 田間管理
131. 灌溉
132. 收穫
133. 分級洗選
134. 田間作業
135. 包裝出貨
136. 田間管理
137. 灌溉
138. 收穫
139. 分級洗選
140. 田間作業
141. 包裝出貨
142. 田間管理
143. 灌溉
144. 收穫
145. 分級洗選
146. 田間作業
147. 包裝出貨
148. 田間管理
149. 灌溉
150. 收穫
151. 分級洗選
152. 田間作業
153. 包裝出貨
154. 田間管理
155. 灌溉
156. 收穫
157. 分級洗選
158. 田間作業
159. 包裝出貨
160. 田間管理
161. 灌溉
162. 收穫
163. 分級洗選
164. 田間作業
165. 包裝出貨
166. 田間管理
167. 灌溉
168. 收穫
169. 分級洗選
170. 田間作業
171. 包裝出貨
172. 田間管理
173. 灌溉
174. 收穫
175. 分級洗選
176. 田間作業
177. 包裝出貨
178. 田間管理
179. 灌溉
180. 收穫
181. 分級洗選
182. 田間作業
183. 包裝出貨
184. 田間管理
185. 灌溉
186. 收穫
187. 分級洗選
188. 田間作業
189. 包裝出貨
190. 田間管理
191. 灌溉
192. 收穫
193. 分級洗選
194. 田間作業
195. 包裝出貨
196. 田間管理
197. 灌溉
198. 收穫
199. 分級洗選
200. 田間作業
201. 包裝出貨
202. 田間管理
203. 灌溉
204. 收穫
205. 分級洗選
206. 田間作業
207. 包裝出貨
208. 田間管理
209. 灌溉
210. 收穫
211. 分級洗選
212. 田間作業
213. 包裝出貨
214. 田間管理
215. 灌溉
216. 收穫
217. 分級洗選
218. 田間作業
219. 包裝出貨
220. 田間管理
221. 灌溉
222. 收穫
223. 分級洗選
224. 田間作業
225. 包裝出貨
226. 田間管理
227. 灌溉
228. 收穫
229. 分級洗選
230. 田間作業
231. 包裝出貨
232. 田間管理
233. 灌溉
234. 收穫
235. 分級洗選
236. 田間作業
237. 包裝出貨
238. 田間管理
239. 灌溉
240. 收穫
241. 分級洗選
242. 田間作業
243. 包裝出貨
244. 田間管理
245. 灌溉
246. 收穫
247. 分級洗選
248. 田間作業
249. 包裝出貨
250. 田間管理
251. 灌溉
252. 收穫
253. 分級洗選
254. 田間作業
255. 包裝出貨
256. 田間管理
257. 灌溉
258. 收穫
259. 分級洗選
260. 田間作業
261. 包裝出貨
262. 田間管理
263. 灌溉
264. 收穫
265. 分級洗選
266. 田間作業
267. 包裝出貨
268. 田間管理
269. 灌溉
270. 收穫
271. 分級洗選
272. 田間作業
273. 包裝出貨
274. 田間管理
275. 灌溉
276. 收穫
277. 分級洗選
278. 田間作業
279. 包裝出貨
280. 田間管理
281. 灌溉
282. 收穫
283. 分級洗選
284. 田間作業
285. 包裝出貨
286. 田間管理
287. 灌溉
288. 收穫
289. 分級洗選
290. 田間作業
291. 包裝出貨
292. 田間管理
293. 灌溉
294. 收穫
295. 分級洗選
296. 田間作業
297. 包裝出貨
298. 田間管理
299. 灌溉
300. 收穫
301. 分級洗選
302. 田間作業
303. 包裝出貨
304. 田間管理
305. 灌溉
306. 收穫
307. 分級洗選
308. 田間作業
309. 包裝出貨
310. 田間管理
311. 灌溉
312. 收穫
313. 分級洗選
314. 田間作業
315. 包裝出貨
316. 田間管理



瓜瓜園碳足跡標籤歷程

- 歷程：瓜瓜園碳足跡標籤證書101~106年間一共申請15個品項。

品名	淨重/淨容	產品名稱	製造商/產品單位	公司/產品名稱
小吋檸檬(100g)	1802714003	小吋檸檬(100g)	瓜瓜園企業有限公司	瓜瓜園企業有限公司
小吋檸檬(400g)	1802714004	小吋檸檬(400g)	瓜瓜園企業有限公司	瓜瓜園企業有限公司
小吋檸檬(900g)	1802714005	小吋檸檬(900g)	瓜瓜園企業有限公司	瓜瓜園企業有限公司
小吋檸檬(1.5kg)	1802714006	小吋檸檬(1.5kg)	瓜瓜園企業有限公司	瓜瓜園企業有限公司
小吋檸檬(3kg)	1802714007	小吋檸檬(3kg)	瓜瓜園企業有限公司	瓜瓜園企業有限公司
小吋檸檬(4.5kg)	1802714008	小吋檸檬(4.5kg)	瓜瓜園企業有限公司	瓜瓜園企業有限公司
小吋檸檬(6kg)	1302714009	小吋檸檬(6kg)	瓜瓜園企業有限公司	瓜瓜園企業有限公司

- 目的：企業社會責任由碳揭露-碳管理-減碳策略制定/客戶要求



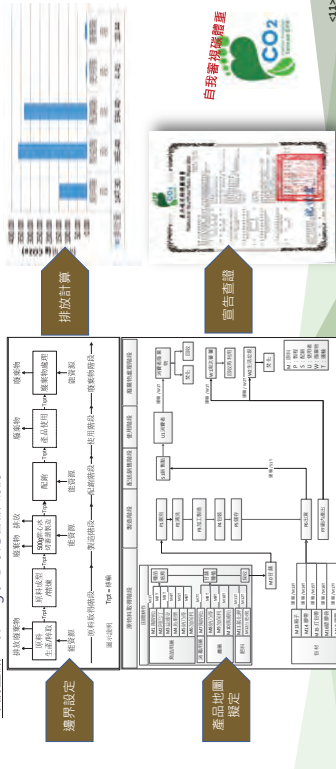
瓜瓜園企業使命與因應策略

種植、生產、加工標準化應歷化



瓜瓜園碳足跡標籤歷程

- 申請重點：以500g紫心冰烤蕃薯為例



瓜瓜園碳足跡標籤歷程

- 申請重點：後數檢核

產品碳足跡查詢技術指引

加工目標產品碳足跡 產品類別規則第 2.0 版

7. 實施產品類別規則編碼本身，若制定產品類別規則編碼未達到以下條件，則應將類別規則編碼納入一般活動數據集。若未：「若明確的數據集，將是類別規則編碼的溫室氣體排放數據未達到上游排放之溫室氣體排放量 10%或 10%以上的要求，則應將類別規則編碼納入一般活動數據集。且類別規則編碼應佔總溫室氣體排放量 10%以上。」

產品與服務碳足跡計算指引

7.3 一般活動數據

一般活動數據應自執行本指引之組織的擁有、管理或控制之數據集。但一般活動數據應要求不應用於下游加工過程。

在產品生命週期內，應將一般活動數據與上游排放數據進行整合。應將一般活動數據與上游排放數據進行整合，以確保數據的完整性。應將一般活動數據與上游排放數據進行整合，以確保數據的完整性。

瓜瓜園所有申請品項之一級活動數據 排放量達 **23.82%** 以上，已符合「**合理保證等級**」認定。



自發善舉 碳減歷程

此次產量需求較前次申請量增加4.34倍，能將機台設備利用效率提升，廠內能源消耗量到每1公斤單量的用電大幅減少。

*本次產量 3,133,437.42公斤/前次產量 721,929.84公斤

類別	1kg 碳排放量(%)
包材	12.07%
直接原料	7.40%
原料運輸	0.16%
能源二	36.34%
外購電力	12.87%
能源一	1.97%
廠內廢棄物	

碳管理

階段	碳排放量	類別	1kg 單量與前次差異
原料階段	-69.17%	營養補劑過程用藥	-112(gCO ₂ e)
製造階段	-37.52%	營養補劑過程能源	+ 8 (gCO ₂ e)
		用電量	-21.4(gCO ₂ e)
		冷劑	-57(gCO ₂ e)
		柴油	-22(gCO ₂ e)

總體減產策略

1. 加裝自動化設備，取代傳統機械，提高機台設備利用率，預計可降低整體碳排放量2%。
2. 計畫性產銷，將現有13台/層24小時運作之冷凍庫運作之冷凍庫減少1~2台使用，可降低冷庫能源消耗，預計降低整體碳排放量1%。

預計三年內減少整體碳排放量3%
破舊轉身 We are ready!

瓜瓜園目標及願景

地瓜淨零循環經濟策略：產品利用率最大化/單位生產效能最佳化

降低品質與通關限制
生產計畫：國內外SIS 技術提升：數位化冷庫管理

上游管理：三年全產銷履歷化
效率精進：自動化標竿作業

循環肥料製肥料
格外品原料開發
分發策略：發酵地用達到100%利用目標
效率精進：自動化大數據作業

多型態次級品加工

感謝聆聽 Thank You

邁向2050年淨零排放目標，瓜瓜園不缺席

農業淨零與碳定價

石信智

永智顧問有限公司 總經理

2021 年底《聯合國氣候變化綱要公約》(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)第 26 屆締約國會議(26th Conference of the Parties, COP26)順利落幕，完成談判多年的《巴黎協定》規則書，帶動全球邁向 2050 年淨零排放之目標，但根據最新研究，若要達到《巴黎協定》要求的抑制升溫 1.5°C 目標，至 2030 年仍有 190~230 億噸之差距，即使各國達成國家自定貢獻(Nationally Determined Contribution, NDCs)目標，全球於本世紀末仍將升溫 2.1°C，超過《巴黎協定》1.5°C 目標，此差距須各國採取更迫切及更具野心之行動。

碳定價為國際間減少溫室氣體排放的重要政策工具之一，至 2022 年，全球共 68 個地區實施碳定價，約占全球 23% 的溫室氣體排放量，目前實施碳排放交易機制的主要地區包括歐盟、美國加州、韓國、紐西蘭、中國等，近期東南亞國家亦將陸續規劃碳定價制度，而我國正在修法新增碳費條文，後續可能轉向排放交易制度。國際間除各政府建立的碳市場外，減緩氣候變遷已成為企業社會責任與永續經營不可或缺的一環，積極採取減緩自願行動，並加速自願性碳市場之發展，因此在《巴黎協定》架構下，政府機制及自願市場間的制度逐漸整合，碳市場開始蓬勃發展。

為達成淨零排放目標，除減少及避免溫室氣體排放外，亦須從大氣移除二氧化碳，因此以自然為本的解決方案(Nature-based Solutions, NbS)，則利用自然方法解決氣候相關挑戰，將成為碳市場發展的重點。NbS 範圍包括林業、農業及海岸與海洋生態系統。而農業 NbS 減碳方法包括養分管理(施肥)、改進耕作方法、灌溉(水管理)、有機投入(堆肥、綠肥/覆蓋物、生物碳)及減少畜牧排放之甲烷等。

截至 2022 年 6 月，國內共有四件農業部門計畫註冊審查通過，包括漢寶畜牧場透過避免經堆肥造成甲烷排放申請之堆肥場減碳專案，以及弘智畜牧場透過廢水處理甲烷氣回收以轉化成綠電後售電予台電公司。因國內農業部門減碳個案規模較小，申請碳權及交易成本相對較高，因此可考慮透過各區農會或協會整合，利用方案型專案申請，並善用市場機制促使我國達成淨零排放目標。