

淨零轉型的知識與行動架構：臺灣知識社群研究 圖像的檢視

林子倫^{1*} 李宜卿² 周素卿³

摘要

「淨零排放」已成為巴黎氣候協定之後，最受矚目的全球氣候倡議。隨著越來越多國家、城市與地方政府、企業提出其淨零目標與承諾，淨零排放從一個科學研究的概念，成為引領全球氣候治理議題的轉型主軸。面對氣候變遷的「新常態」挑戰，未來勢必須從各個層面、大幅提升整體社會變革的規模及速度。然而，相較於過去氣候變遷的議題討論，淨零轉型涉及到哪些知識層面的議題挑戰？目前臺灣的科學與知識社群，對於淨零轉型主題的投入或同步程度如何？存在哪些知識缺口？透過綜整當前淨零轉型趨勢的文獻，以及針對臺灣學術社群的線上調查，本文嘗試提出一個涵蓋六大面向—治理體系、社會體系、經濟體系、技術體系、建築與人居環境、自然生態體系—的「淨零轉型的知識與行動架構」，檢視臺灣知識界及學術社群，在淨零轉型議題上研究圖像及參與現況，並討論未來潛在的研究方向與重要議題。事實上，「淨零轉型」趨勢所揭示的，不只是一項跨部門、跨領域、跨世代的轉型任務；「淨零轉型」需要整合技術突破與思維創新、整合基礎研究與後續應用，更需要整合政策目標與社會需求，而知識社群作為科學知識生產到轉化政策行動的中介組織，在淨零轉型上也將持續扮演積極關鍵的角色。

關鍵詞：淨零排放，淨零轉型，知識社群，碳中和，氣候治理

1. 前言

2015年，在巴黎舉行的聯合國氣候大會上，歷史性的《巴黎協定》(Paris Agreement)，揭示了將全球暖化控制在1.5°C的氣候目標。2018年，聯合國政府間氣候變遷專門委員會

(IPCC)關於全球暖化1.5°C的特別報告，進一步明確化各國為履行承諾而必須採取最低限度的行動，尤其是到2050年，使全球二氧化碳排放量達到「淨零」(net zero)¹，並大幅減少其他溫室氣體的排放(IPCC, 2018)。隨著全球越來越多國家、城市與地方政府、企業等提出其淨零目

¹ 國立臺灣大學政治學系暨公共事務研究所副教授；行政院能源及減碳辦公室副執行長

² 國立臺灣大學地理環境資源學系 博士後研究員

³ 國立臺灣大學地理環境資源學系 教授

*通訊作者，電話: 02-33668405, E-mail: tlilin@ntu.edu.tw

收到日期: 2021年08月31日

修正日期: 2021年11月08日

接受日期: 2021年11月11日

¹ 嚴格來說，根據IPCC (2018)的定義，二氧化碳的淨零排放(Net zero CO₂ emissions)又稱為碳中和(carbon neutrality)，係指在特定時期內，人為的二氧化碳排放與人為的二氧化碳移除(在全球範圍內)達到平衡。淨零排放(Net zero emissions)則是指特定時期內，人為的溫室氣體排放與人為的溫室氣體移除達成平衡。而氣候中和(Climatic neutrality)則是人類活動對氣候系統沒有淨影響(net effect)的狀態，即在淨零排放之外，還考量區域或局部的生物地球物理影響(biogeophysical effects)。簡言之，「碳中和」目標僅包含二氧化碳，「淨零」包含所有溫室氣體排放，「氣候中和」除了溫室氣體排放外，也考慮其他人類活動的局部影響。不過，目前在一般相關的討論當中，淨零排放、碳中和、氣候中和三者概念上仍有相互交換使用者，在此本文亦將循此方式來進行討論，而未區分嚴格定義。

標與承諾，過去幾年，「淨零排放」(net zero emissions)從一個科學研究的概念，已逐漸走到全球氣候議題討論的舞臺中心。

然而在此同時，全球暖化的趨勢，事實上也正以更快速、更大規模的方式進展當中。2019年，未來地球(Future Earth)發布的《氣候科學的10項新觀點》(10 New Insights in Climate Science 2019)報告指出，極端天氣已逐漸成為「新常態」(new normal)，氣候變遷的速度與強度不僅超乎預期，且所帶來的影響與威脅，從自然森林、生物多樣性，擴及到數億人的健康與糧食安全，也衍生出更多脆弱族群與不平等的議題，而我們已處在氣候行動的轉折點(tipping points)(Pihl *et al.*, 2019)。而根據IPCC最新發布的科學報告，更指出在未來二十年，全球升溫即可能達到、甚至超越1.5°C；不同區域面臨的氣候衝擊正在加劇，而人類活動與各類極端氣候事件的關聯性也更加明確、甚或是重要的驅動因素(IPCC, 2021)。當全球氣候系統逐漸接近不可逆轉的臨界點，如何在接下來的十到二十年，以更強而有力的方式，迅速、大幅、且持續性地減少溫室氣體排放，進而實現所謂的「淨零轉型」(net zero transition)以及《巴黎協定》的氣候目標，成為各國日益關注的焦點，也是今(2021)年在英國格拉斯哥(Glasgow)舉辦的聯合國氣候峰會(COP 26)的重要主題。

在臺灣，從政府到民間，事實上也正逐漸面臨「淨零轉型」趨勢的挑戰。2020年12月，行政院成立了「淨零排放路徑專案工作組」，透過五個工作圈陸續邀請產官學及民間專家參

與願景工作坊及路徑規劃的討論²。而在科學社群方面，以中央研究院參與的「未來地球」(Future Earth)國際合作網絡為例，在過去幾年，也積極整合國內有關全球環境變遷與永續科學研究的知識社群，並致力於透過跨領域的科學研究，來支持永續發展、協助永續轉型的政策實踐。

不過，進一步來看，面對氣候變遷的「新常態」與「淨零排放」的挑戰，未來勢必須從各個層面、大幅提升整體社會變革的規模及速度。然而，相較於過去氣候變遷的議題討論，「淨零轉型」涉及到哪些知識層面的議題挑戰？目前臺灣的科學與知識社群(epistemic communities)³，對於淨零轉型主題的投入或同步程度如何？存在哪些知識缺口？換言之，透過臺灣知識社群研究圖像的初步檢視，本文旨在關切，在淨零轉型的趨勢背景下，科學知識生產如何能夠進一步轉化為政策行動、或協助政策實踐。基於上述脈絡，以下本文將先簡要回顧淨零轉型的國際發展與學術研究概況，並梳理現階段的討論焦點與主要關切。其次，透過綜整全球目前針對淨零轉型趨勢的討論及有關文獻，本文嘗試提出一個「淨零轉型的知識與行動架構」，並指出潛在重要的面向與研究課題。接著，透過實證資料的蒐集與分析，本文將進一步檢視臺灣知識界及學術社群，在淨零轉型議題上研究圖像及參與現況。透過國際發展與臺灣在地現況、文獻研究與實證資料的對照，以探究在淨零轉型的脈絡下，科學研究與政策實踐間的互動關係。

² 淨零排放路徑設定作為一項跨部門、跨領域的高度複雜性議題，行政院於2020年12月成立「淨零排放專案工作組」，由國家發展委員會主委龔明鑫政務委員擔任召集人，並分為去碳能源、產業及能源效率、綠運輸及運具電氣化、負碳技術以及治理等五個工作圈，針對淨零路徑規劃進行研討評估。同時，行政院能源及減碳辦公室、環保署亦與有關部會合作，展開2050願景規劃的公眾溝通工作，討論農林碳匯、淨零建築、綠色運輸、低碳產業、經濟工具、公正轉型等關鍵議題，藉以納入多元意見參與及對話。

³ 根據Haas (1992)的界定，知識社群(epistemic community)係指一個在特定領域具有公認的專業知識能力，並對該議題領域的政策形塑和知識建構有論述主張的專業人士網絡。儘管一個知識社群可能由來自不同學科和背景的人士組成，但基本上社群成員具有類似的價值觀來指導其行動，有共同的標準來評估什麼是有效的知識，並且通常希望利用其專業知識來為政策提供資訊，以造福社會。換言之，知識社群關注如何以其所擁有的專業知識能力的形式，來形塑政策及帶來變革，尤其是在議題具有高度複雜和不確定性，且決策者和利害關係者專業知識能力有限的情况下(Lovell and MacKenzie, 2011；Dunlop, 2017)。

2. 淨零轉型的國際發展與研究概況

2.1 國際發展

在《巴黎協定》之後，過去幾年，「淨零排放」從最初一個科學研究的概念，正逐漸轉變成為引導全球氣候行動的核心原則(Black *et al.*, 2021)。2017年，瑞典率先成為全球第一個將淨零排放目標(2045年)入法的國家。2019年6月，英國政府也跟進，透過修訂《氣候變遷法》來確立2050年達成溫室氣體排放的淨零目標。2019年12月，歐盟執委會發布綠色新政(European Green Deal)，宣示2050年達到氣候中和(climate neutral)，並於2020年3月提出「歐盟氣候法」(European Climate Law)草案。自此在全球帶動了淨零目標討論的雪球效應，目前全球已有超過130個國家宣示或規劃2050年淨零排放目標。而除了國家政府外，亦有越來越多城市與地方政府、以及企業部門做出淨零目標的承諾。一項來自DataDriven EnviroLab & NewClimate Institute的研究(2020)顯示，目前全球有823個城市、101個地區⁴、以及1,541家公司已設置淨零目標，這個數量約莫是2019年的兩倍。這些非國家行動者，有許多也是聯合國「奔向淨零」(Race to Zero)倡議的成員⁵。該聯盟致力於敦促各領域行動者做出2050年實現淨零排放的承諾，並為此採取必要行動(UNFCCC, 2021)。

儘管淨零承諾短時間內在全球取得大幅進展，如何將淨零目標轉化為實際的計畫與行動，以確保目標的可信度，牽涉到承諾的具體細節，以及相應的路徑、策略與治理機制的規劃。眾多的學研機構與智庫組織在此扮演了重要角色。首先，有若干研究針對如何

設計一個可信的淨零目標，發展出所需的標準清單。DataDriven EnviroLab & NewClimate Institute (2020)就提出「淨零目標透明度的十個基本標準」(Ten basic criteria for net-zero target transparency)，包括描繪一個帶有期中目標的去碳化路徑、針對減排與溫室氣體移除設定個別目標、提供有關抵消方案的細節等。世界資源研究所(World Resources Institute)除建議淨零目標應有明確的時間架構、涵蓋所有部門的溫室氣體排放，任何減排或溫室氣體移除應優先在本國境內、而非透過國際移轉的方式來實現；同時，法律或有約束力的政策、獨立的專家機構、以及納入利害關係人的參與式進程，有助於期中目標、政策和措施的設計，並為氣候行動提供更大支持(Levin *et al.*, 2020)。

許多國際組織也陸續針對不同部門如何達成淨零排放，探究可能的技術選擇與路徑規劃。例如，國際再生能源總署(IRENA) (2020)在《利用再生能源達成零排放》(Reaching Zero with Renewables)報告中指出，近年來再生能源成本的持續下降，為實現《巴黎協定》1.5°C氣候目標開闢了更廣泛的技術選擇與應用範疇。針對尤其面臨去碳化挑戰的工業與運輸部門，報告也以再生能源為基礎，提出(1)提高能源效率與減少需求；(2)再生能源電力；(3)再生熱能與生質燃料；(4)綠色氫氣與電氣化；以及(5)二氧化碳移除技術等五大技術支柱組成的去碳化方案，透過技術組合的規模化應用，促成工業及運輸部門達成零排放。而國際能源總署(IEA) (2021)的《2050年淨零排放：全球能源部門的路徑圖》(Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector)報告，更首次針對全球能源部門如何在2050年之前達成淨零排放進行研究分析。報告指出，全球能源系統的淨零轉型，必須對現有的能源生產、運輸及使用

⁴ 這823個城市及101個地區涵蓋了全球超過8.46億人，占全球人口的11%，其溫室氣體排放足跡超過65億噸。以五大洲來看，歐洲是擁有最多城市及地區做出淨零排放承諾的區域，包括291個城市和38個地區。

⁵ 2020年6月，一項名為「奔向淨零」的全球行動，旨在凝聚企業、城市、地區和投資者提供領導和支持，以實現一個健康、有韌性且公平的零碳經濟(zero carbon economy)。該項行動目前已動員全球共733個城市、31個地區、3,067個企業、173個投資者和622個高等教育機構加入(UNFCCC, 2021)。

模式進行全面性、根本性的變革，並建立一個以再生能源(太陽能和風能為主)及能源效率為主導的能源經濟模式。報告並盤點了到2050年前各階段、共有400多項關鍵性的技術與進展(milestone)⁶，建議各國政府應盡速增加並調整研發支出，並將此作為氣候與能源政策核心。

另外，為協助城市與地方政府實現淨零排放，全球最大規模的地方政府組織「地方永續發展理事會」(ICLEI)於2020年提出一個「氣候中和架構」(Climate Neutrality Framework)，並建立在三個行動支柱之上：(1)大幅減少和封存所有部門的溫室氣體排放；(2)撤除化石燃料的投資，將資金重新投資於氣候與永續能源行動；(3)抵消和補償任何不能立即消除、減少或避免的溫室氣體排放。該架構並與ICLEI的「綠色氣候城市計畫」(GreenClimateCities Program)⁷整合，透過三個階段的指引和工具，協助城市與地方政府以更全觀和整合性的方式，逐步應對氣候變遷問題(Arikan *et al.*, 2020)。

2.2 學術研究概況

而在學術研究方面，若以近三年(2019-2021)淨零轉型有關的國外研究與學術發表(research articles)來看，主題多數聚焦在技術、經濟與治理體系三個面向。首先，技術領域主題占了研究比例的大宗，焦點尤側重在負碳排技術(NETs)、碳捕獲與封存(CCS)、生質能、氫能、儲能等領域的技術發展，以及它們在驅動淨零轉型方面的作用及功能(Baak *et al.*, 2019；García-Freites *et al.*, 2021；Greig and Uden, 2021；Iyer *et al.*, 2021；Patrizio *et al.*, 2021；Quarton and Samsatli, 2021；Rueda *et al.*, 2021；Yang *et al.*, 2021)。例如Quarton 與Samsatli

(2021)關注可用以支持氫能等新興能源技術發展、進而實現淨零排放的政策設計與方案。Yang等人(2021)則以鋼鐵、水泥、化工、造紙等能源密集型工業為例，針對工業部門的碳捕獲與封存與生質能等負碳排方案，進行技術經濟的評估與比較分析。

經濟領域方面，隨著《巴黎協定》通過，碳定價(carbon pricing)作為一項驅動溫室氣體減排的指標性工具，相關機制設計與制度發展—包括碳稅(carbon tax)、碳排放交易(ETS)、新增的碳邊境調整機制(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM，俗稱碳關稅)—以及它們對於減少排放、低碳技術布局與投資組合的影響，一直是討論與研究熱點。例如Tvinnereima與Mehling (2018)以及Daggash與Dowell (2019)兩份研究不約而同關注碳定價在實踐深度減碳、乃至淨零排放目標上的有效性，認為僅靠提高碳價難以長期維持深度減碳，必須結合其他的政策工具組合，包括對創新的支持，來實踐氣候目標。Manaf等人(2021)則嘗試運用人工智慧，來開發在ETS政策下，低碳技術的投資評估與決策平台。Xu和Hobbs (2021)則比較了幾種在加州的碳定價系統中可能實施的CBAM方案，探討它們對北美電力市場運作的影響。

另外，有相當文獻討論各國在不同部門的去碳化(decarbonization)的策略布局或推動經驗，尤其是能源及運輸部門(ben Brahim *et al.*, 2019；Godínez-Zamora *et al.*, 2020；Lugovoy *et al.*, 2021；Slorach and Stamford, 2021；Vieira *et al.*, 2021)；以及新型態的經濟發展模式(Bonsu, 2020；Bednar *et al.*, 2021)。

而在治理體系方面，研究則關注不同區域或國家在淨零轉型的目標設定、政策及路徑規劃(Capros *et al.*, 2019；Bataille *et al.*, 2020；

⁶ 不同年度的關鍵政策目標包括，例如：即日起不再對新的化石燃料項目或新的燃煤電廠進行投資；2035年不再銷售燃油的車輛；2040年達成全球電力部門淨零排放等(IEA, 2021)。

⁷ 「綠色氣候城市計畫」(GreenClimateCities (GCC) Program) 是ICLEI在2016年啟動的一項氣候行動倡議，透過提供三個階段—分析(Analyze)、行動(Act)、加速(Accelerate)—九個步驟的指引和工具，來指導ICLEI網絡中的城市、鄉鎮和地區，如何評估氣候風險和脆弱性、確定永續選項、並將其納入城市或地方發展政策、計畫和進程當中。GCC計畫是為了支持地方和區域政府制定和實現氣候及能源目標所量身定做的，目的在協助其推動整合性的氣候行動—包括減緩、調適與韌性議題(ICLEI, 2021)。

Nikolakis and Guðjónsson, 2021 ; Shahbaz *et al.*, 2021)；部分業已觸及城市與地方層級經驗 (Kobashi *et al.*, 2020 ; Gudde *et al.*, 2021 ; Salvia *et al.*, 2021)。例如Nikolakis與Guðjónsson (2021) 從冰島經驗，探索如何促進國家、企業與第三部門在氣候行動上的自願性合作與夥伴關係，以實現該國2040年碳中和目標。透過問卷調查與結構化訪談，該研究測試了一個合作架構，由六種促進合作的機制所組成：一個上位目標、群體認同、信任、課責、溝通和獎勵分配。研究指出，這六種機制為促成或強化自願性合作提供了結構化途徑，而明確的目標是合作與課責的基礎。Shahbaz等人(2021)則從歷史數據，調查英國的經濟成長、金融發展、研發支出等，與二氧化碳排放的關係，並建議透過金融部門發展及研發經費投入，作為減少二氧化碳排放、實現2050淨零目標的關鍵工具。另外，Gudde等人(2021)關注英國地方政府在實踐淨零轉型承諾上的角色。儘管有超過75%的地方政府已承諾淨零目標或宣示其政治意願，但這些地方當局在目標承諾的範圍、行動規劃、及相應的資金計畫上有著顯著的差異和模糊性；同時，公民參與在此過程的角色和作用仍不明確。該研究認為有必要提出一個新的治理架構，將國家與地方層級的淨零目標相結合，並明確化地方政府具體的「淨零」責任。

其他研究尚包括淨零排放概念對於建築環境與永續城市規劃的影響，包括相關基礎設施、土地利用空間、能源系統與運具的配置 (Karlsson *et al.*, 2021 ; Lausset *et al.*, 2021 ; Satola *et al.*, 2021)；另有少數則觸及淨零轉型的社會影響與公平性議題(如：社會脆弱度、公正轉型(just transition)) (Kortetmäki and Järvelä, 2021 ; Winkler, 2020)。

3. 淨零轉型的知識與行動架構：關鍵面向與議題

過去幾年，「淨零排放」從最初的科學研究，逐漸走到全球氣候政治議程的核心關切。然而，要在接下的數十年內實現淨零排放，勢必須從各個層面、且大幅度地提升變革的規模及速度。而現階段，作為一項跨領域、且動態發展中的全球氣候倡議，各種目標與淨零轉型策略的討論，正持續進展當中。對此，透過綜整全球主要國家、研究機構和智庫組織現階段在淨零轉型趨勢上的討論及有關文獻⁸，以下本文透過一個全觀性(holistic)、系統性的角度，歸納並提出一個兼顧自然與社會科學、涵括六大面向的「淨零轉型的知識與行動架構」(Knowledge-Action Framework in Net Zero Transitions)⁹，並指出各面向重要的研究方向與相關議題，以作為後續研究、相關政策和實務推動的參考(圖1)。

3.1 治理體系

首先，伴隨全球氣候變遷的政治議程，氣候政策與治理(全球、跨國、國家、城市)向來是氣候議題的首要關切。而在淨零轉型的脈絡下，從淨零目標的設定、到轉型路徑的規劃與實施，一方面凸顯了政府在此的關鍵性角色；但另一方面，現有(多層次)氣候治理結構與制度安排，能否有效回應這樣全面性的轉型趨勢？又，什麼樣的治理結構可以更有效地引導、或協助淨零目標的實現？除了上述仍是氣候治理研究的焦點，若從永續轉型(sustainability transitions)的角度來看，淨零轉型也在觸發、進而帶動一個長期的、多面向的、根本性的變革過程，從而轉變到更為永續的

⁸ 舉例而言，除了前述的IEA (2021)、IRENA (2020)、以及World Bank (2021)、WorldGBC (2021)等諸多國際機構或組織外；其他主要國家的研究機構和智庫組織，例如英國「能源與氣候智庫」(Energy and Climate Intelligence Unit, ECIU)、德國的Agora Energiewende、Öko-Institut等，也都陸續針對該國淨零轉型政策目標與發展策略的發表分析或建議報告。

⁹ 在六大面向與相關課題的分類上，除了參照國際上現階段淨零轉型趨勢的議題脈動，另外也根據臺灣自身脈絡，包括在實務界和學術社群過去處理的議題軌跡，以及研究者自身長期研究經驗，而做此初步歸納。

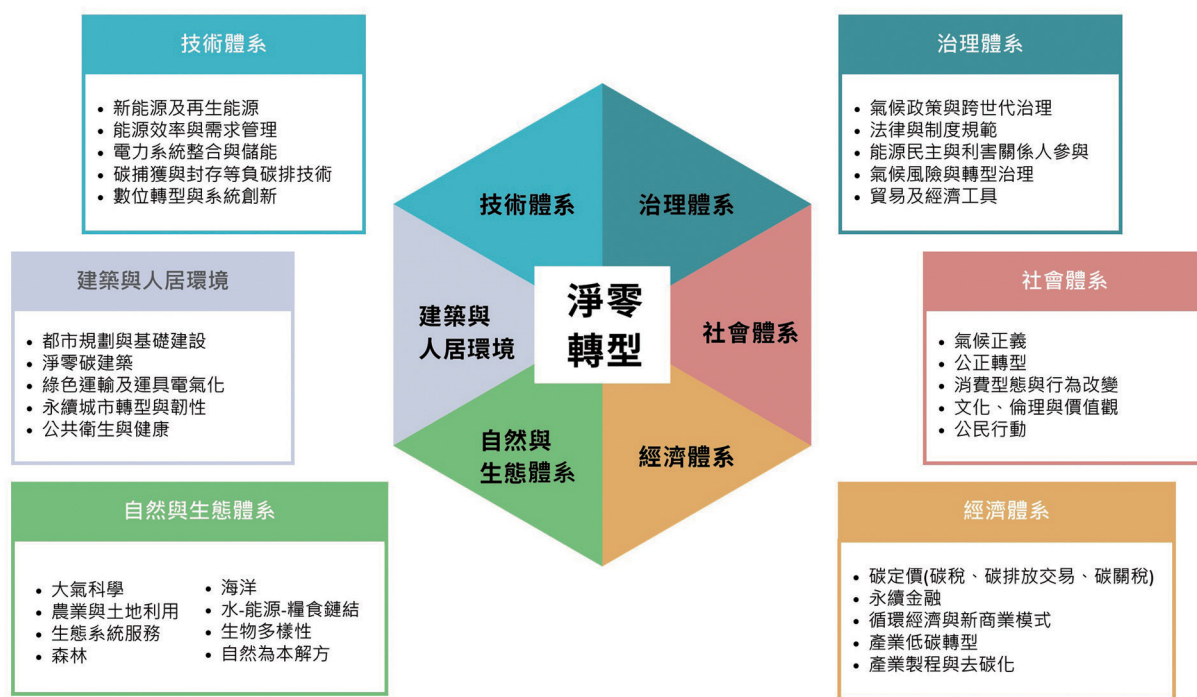


圖1 淨零轉型的知識與行動架構(本研究繪製)

社會系統(Markard *et al.*, 2012)。這樣一個系統性、深層結構的轉變過程，不僅牽涉轉型路徑的選擇、既有體制與創新利基的互動，也在重塑政府、企業、與民間社會在轉型過程的角色和關係。這當中可能帶來哪些新的治理概念、對現有政治經濟結構帶來哪些新的挑戰，包括跨世代治理的困境、矛盾甚至緊張關係，這些淨零轉型推動所衍生的轉型治理及人權課題，也是相關研究和議題討論值得思考的面向。

其次，如何透過法律與制度規範來加速推動、實踐淨零目標，是淨零轉型不可或缺的一環。此在淨零轉型上的重要性，在於一個清晰的法律框架與制度設計，可以為實現淨零目標提供堅實的制度基礎。具體而言，除了提供政策行動的框架，也能創造具體義務或誘因機

制，來引導政府、企業與民間投入淨零轉型工作。同時，除了氣候法外，淨零轉型也涉及了廣泛的法律領域，諸如：環境法、國際環境法、海洋法、國際貿易法¹⁰…等。這些法領域在未來要如何回應淨零轉型？或可透過哪些機制、規範來促進淨零目標的實現？都需要相關研究與知識社群的投入，來釐清適切的制度安排。

再者，許多研究報告顯示，公眾參與(public engagement)是得以實現淨零排放的一個重要部分¹¹。這不僅僅是因為，淨零轉型作為一項技術與社會挑戰，許多技術變革所驅動的去碳化策略，未來將更深入地影響民眾的生活方式；也在於有意義的公眾參與，對於建立公眾對變革的意識與理解、強化決策過程的合

¹⁰ 以國際貿易法為例，聯合國國際貿易法委員會(UNCITRAL)預計在今(2021)年將啟動一項有關淨零轉型的執行計畫，該計畫將重新檢視國際貿易法委員會下現有的規則體系、契約文本或解釋性文件的內容，是否與現階段的氣候目標(包括減緩與調適)相一致、以及可在哪些領域進行創新，包括提供新的貿易或法律工具，來協助國家或私人在全球貿易與投資中促進氣候目標的實現(UNCITRAL, 2021)。

¹¹ 有研究報告指出，在解決氣候變遷、實現淨零排放的議題上，公眾參與至少涉及了兩個面向：其一是關於如何實現淨零排放的決策與政策制定，此部分與參與式治理(participatory governance)的概念密切相關，涉及到公民賦權與決策參與；另一則是關於公眾參與實現淨零排放的必要行動，此面向則側重行為模式改變(behavior change)的概念與實踐(Demski, 2021:6)。在此本文在治理體系一節主要側重前者，也就是淨零轉型的決策過程的參與議題；後者(行為改變)則詳如「3.2社會體系」一節。

法性、形塑更具公平性的淨零政策有著關鍵作用。

因此，有效的公眾參與不僅涉及如何納入公眾或利害關係人、如何持續參與、相關參與途徑與公眾角色的討論；在解決氣候變遷與能源問題上，更深一層還可能包括：我們如何重新理解民主概念與制度在此的角色及功能。在此同時，近年許多新興的參與方式或概念的討論也在同步進展當中，諸如：能源民主(energy democracy)、社區或公民電廠(community/citizen energy)、數位參與(digital engagement)……等，這些參與形式的多樣性，也都有助於我們重塑對公眾參與的理解，以一種更開放的方式來看待淨零轉型的參與議題。

3.2 社會體系

在社會體系方面，首先，由於不同國家、地區或社群所受氣候風險的衝擊程度與承受能力的不同，氣候變遷不僅帶來不同型態的脆弱族群，也讓氣候正義和公平性議題的重要性浮上檯面。舉例而言，UNEP (2020)曾經指出，全球最富有的1%人口的就占了全球約15%的排放量，這個數字是全球最貧窮的50%人口的排放量的兩倍多；而全球最富有的10%人口，就占了全球近一半的排放量(48%)¹²。在國家層級上，多項研究報告也顯示，低收入或中低收入的國家，對於氣候變遷的脆弱度往往也較高。這不僅反映了氣候變遷在社會面向上的巨大挑戰，事實上，從另一個角度上來說，社會正義、公平性與世代衡平的課題，對於落實氣候變遷的減緩或調適而言至關重要；如果沒有考慮到公平性，相關措施不僅可能加劇社會不平等、甚或可能引發社會衝突。

這也是何以公正轉型(just transition)在近年的氣候與能源轉型討論成為關注焦點、來自年輕世代的「未來星期五」(Fridays for Future)行動尤其引發全球注目的原因。如何在轉型過程

中兼顧、並協助因轉型而深受影響的產業或地區(特別是傳統部門)；如何在轉型過程中，考慮利益及危害在不同群體與世代之間的公平分配；伴隨而來者，如何讓社會中多元的文化、倫理與價值觀，能夠以更具包容性(inclusive)的方式，納入氣候議題處理的考量，除了從制度設計上、從政策制定過程各種對話與參與程序，更需要從研究的角度切入，來探究、完善氣候變遷問題的解方。

另外，消費型態與行為模式的改變(behavior change)，在淨零轉型中亦值得關注。舉例而言，針對能源部門的淨零排放，IEA (2021)就界定了行為改變的三種主要類型：減少過度或浪費的能源使用、運輸模式的轉換、以及材料效率的提升。其中，在運輸模式轉換方面，「減少航空需求」是交通行為改變中尤其重要的部分；但在此同時，IEA也指出，航空旅行需求(aviation travel demand)是現階段在交通政策與行為改變研究中相對不足的領域。另一方面，淨零轉型中的行為改變，其範圍、規模與速度，在不同地區可能有很大差異，也反映出當地的地理、基礎設施條件、社會規範與文化價值觀等多重因素的影響。這些社會環境層面的作用，對於理解淨零轉型中的行為改變深具重要性。就如同IEA (2021:67)的報告所言，「最終是人們推動了能源相關的產品與服務的需求，而社會規範(social norms)與個人選擇在引導能源系統走向永續的道路上發揮關鍵作用。」

3.3 經濟體系

從全球到地方，經濟層面始終是淨零轉型趨勢的主要關切，當中也圍繞著多個層次的討論與研究方向。在現有的資本主義架構下，首先，碳定價作為一項關鍵性的政策工具，如何透過相應的制度設計(如：碳稅、碳排放交易)，創造適切的經濟誘因而來有效降低排放、促

¹² UNEP (2020)指出，要實現《巴黎協議》1.5°C的目標，需要在2030年之前將人均消費排放減少到2–2.5噸二氧化碳，這也意味著全球最富有的1%的人必須將其目前的排放量至少減少30倍。

成產業轉型，同時運用碳定價的收益促進低碳與創新投資，成為淨零轉型的關鍵課題。在此同時，歐盟近期公布「55套案」(Fit for 55)，預計將在2023年起逐步實施「碳邊境調整機制」(CBAM)，針對歐盟的進口產品課徵碳關稅。該項機制目的主要在避免碳洩漏(carbon leakage)的風險，並促使貿易夥伴國共同減少碳排放。因此，除了關注國際上對歐盟CBAM的回應，該項機制對臺灣貿易與產業的衝擊情形、特別是中長期的影響評估，有待後續研究持續關注。

其次，伴隨碳定價趨勢而來的重要課題，是產業(低碳)轉型與去碳化策略。尤其是工業部門，受限於原物料與製程特性，在各國都格外面臨去碳化的挑戰。因此，如何透過相關技術研發(如：燃料轉換、電氣化)及政策導引，為產業與製程去碳化開闢新的路徑，也需要研究與知識社群的持續投入¹³。

再者，氣候議題對於財務部門和金融市場的影響與變革，諸如氣候金融(climate finance)、綠色金融(green finance)、永續金融(sustainable finance)、ESG(環境、社會、治理)等概念與機制的發展，以及如何透過各項財政手段的應用(如：財政補貼、融資…等)，來提供財務支持或引導私部門投資，也是淨零轉型趨勢中值得持續關注的重要議題。而在今年的聯合國氣候峰會(COP26)上，「永續金融」也是成為討論焦點。

另外，有部分針對現有的資本主義運作與線性經濟發展模式提出反省，認為過往的線性發展模式不僅快速消耗全球資源，更加劇全球氣候危機；並進一步衍生出新的經濟與商業模式的討論，諸如：循環經濟(circular economy)、共享經濟(sharing economy)、零碳經濟…等，這些經濟與商業模式有別於過去，更重視資源與物質利用的效率，從而降低對環境

與氣候的負面影響。

3.4 技術體系

不論從國際組織的技術報告，或是各國淨零排放的路徑規劃，可知技術體系、尤其是能源技術的創新(innovation)，是驅動並落實淨零轉型進程不可忽視的重要環節。這些創新可能來自於現有技術的重新佈局；創新技術的研發、突破與應用；或是啟動創新知識與管理模式。具體而言，在淨零轉型的脈絡下，各項去碳化與創新技術的部署，除了(新)再生能源技術與能源效率提升仍扮演關鍵角色，還牽涉有關(電力)系統整合(如：電網、儲能系統、電力市場、部門串聯)，以及碳捕獲與封存(CCS)等負碳排放技術的討論與布局。

在此同時，數位轉型是淨零轉型的另一個重要面向。創新的數位技術與智慧系統，以及由此產生的新的資訊、管理和參與形式，如：大數據(Big Data)、資料科學等，為加速整個能源系統變革和優化決策模式帶來了巨大潛力。尤其，隨著再生能源電力與分散式技術應用的增加，數位化有利於整合多種技術與解決方案、並以更有效的方式來處理日益複雜且靈活的能源系統，從而有助於淨零目標及去碳化路徑的實現。

3.5 建築與人居環境

從現實層面來看，淨零轉型也為未來的居住環境與城鄉發展，帶來了挑戰與新的可能。從單一建築到鄰里社區、再擴大到城鄉規劃，要如何在不同尺度的空間達成淨零排放，關乎人們對未來居住環境的想像(imagination)、新的概念與技術組合的引進，也需要整合多個部門一如：建築、能源、運輸部門—與議題挑戰：例如，在建築環境的層次，「淨零(碳)建築」(net zero (carbon) building)的概念與實踐，

¹³ 特別說明的是，在經濟層面，「產業低碳轉型」和「產業製程去碳化」均為驅動淨零轉型的重要課題，但兩者在層次與內涵上仍有些許差異。亦即，「產業低碳轉型」側重於從個別產業到整體經濟和產業結構的變革的討論；而「產業製程去碳化」則側重探討如何透過技術與燃料轉換，降低製造過程的碳排放，並可作為產業低碳轉型的一環。

牽涉到建築本身與周邊的節能、耗能與創能設計；而在社區和城市的層次，也涉及都市規劃與基礎建設的配置、綠色運輸及運具電動化(如：電動車、自駕車的發展)、都市環境的公共衛生與健康、永續城市轉型等不同層次的議題討論或觀念轉變，這些都有待學術社群等相關研究的持續投入。

3.6 自然與生態體系

最後，在自然與生態體系的面向，則涉及如何將氣候變遷及自然與生態系統、這兩大知識領域在淨零轉型議題上能夠做更好的整合(integration)。舉例而言，IPCC與IPBES(生物多樣性和生態系統服務政府間科學政策平台)於今(2021)年中共同發布了一份報告¹⁴，指出過往的科學研究與政策實踐，在很大程度上係將氣候變遷與生物多樣性保護兩大議題切割並個別處理。但事實上，氣候變遷與生物多樣性的喪失，兩者的影響往往相互加乘，若僅狹隘地考慮應對氣候變遷的措施，對生物多樣性反而可能產生負面影響；反之亦然。如能共同關注生物多樣性保護與應對氣候變遷兩者之間的協同作用(synergies)，將兩者的解決方案做更大的整合，並考慮其社會影響，將可為解決這兩大危機做出積極貢獻(IPBES, 2021)。

對於淨零轉型而言，事實上，自然與生態系統的運作一如：大氣、森林、海洋、各種農業與土地利用、生物多樣性…，以及相應的生態系統服務(ecosystem service)、水-能源-糧食鏈結(water-energy-food nexus)、以自然為本的解決方案(nature-based solutions)等一本身有著

巨大潛力，來協助減緩、並調適氣候變遷帶來的挑戰。因此，如何透過更具整合性的角度或合作架構，來為淨零轉型及氣候行動，提供一個更結合自然生態考量的科學知識基礎，也是淨零轉型研究可努力的方向。

4. 臺灣知識社群的淨零轉型研究與量能盤點

面對國際上淨零轉型的發展趨勢，臺灣知識界、特別是科學研究與學術社群對此如何回應？在盤點淨零轉型的議題趨勢與研究方向後，本文接續將透過實證資料的蒐集分析，並對照上一節提出的「淨零轉型的知識與行動架構」，以進一步了解臺灣知識界及學術社群在淨零轉型研究上的參與現況。以下本節將依序說明實證資料的蒐集方式與結果分析。

4.1 資料蒐集與問卷設計

在實證資料蒐集上，受限於研究時間的限制，本研究主要透過線上電子問卷與科技部轄下的政府研究資訊系統(Government Research Bulletin, GRB)兩大來源，作為資料蒐集管道。

首先，在電子問卷方面，為了解臺灣知識界及學術社群在淨零轉型研究的參與概況，本研究透過google線上問卷功能設計問卷後，針對中研院「未來地球」(Future Earth)計畫網絡(136位)、及參與過行政院「淨零排放路徑工作小組」工作圈會議討論的學者專家(49位)，以email寄送電子問卷連結¹⁵。問卷發放時間為2021年8月9日至8月18日。

¹⁴ 詳情可參考Pörtner, H.O. et al., 2021. *IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change*. IPBES and IPCC.

¹⁵ 作為初探性研究，本次問卷先擇取中研院「未來地球」(Future Earth)計畫網絡、以及參與行政院「淨零排放路徑工作小組」工作圈的學者專家為受訪對象，除了研究時間的限制和問卷發放可行性的考量，也在於兩者均為國內目前關注淨零轉型議題的代表性社群：(1)首先，中研院「未來地球」計畫網絡係由中研院召集、永續科學中心協助運作，成立於2015年。成員背景除了來自自然與社會科會不同領域、曾參與國際組織或全球研究項目的學者和利害關係代表；「未來地球」亦成立11個工作小組，協助推動全球環境變遷與永續科學研究，並關注包含「淨零轉型」在內、國際上各項具有前瞻性、前沿性的重要議題，並積極整合國內有關學術社群。(2)而行政院「淨零排放路徑工作小組」的五個工作圈，成員主要為各部會推薦、且曾受邀參與政策討論的學者專家，包含政府及民間研究機構或民間組織代表。目前工作圈專家諮詢仍持續擴大中，但基於研究時間限制，本文僅先以研究當時參與工作圈討論者為受訪對象。

本研究的問卷問項分為四大部分：

- (1) 第一部分為淨零轉型研究經驗，詢問受訪者過去是否曾進行淨零轉型有關研究、未來是否有投入意願、研究領域及主題(可複選)等，共5題。
- (2) 第二部分為淨零轉型的政策參與，詢問受訪者是否知道政府目前成立之「淨零排放路徑工作小組」、有無參與或諮詢，共3題。
- (3) 第三部分為淨零轉型的政策建議，詢問受訪者認為臺灣目前在淨零轉型議題上，政府最應優先推動的工作項目，共1題。
- (4) 第四部分為受訪者的基本資料。

總計共發出185份問卷，回收63份，回收率為34%。

另外，在政府研究資訊系統方面，本研究初步設定了「淨零排放」、「淨零轉型」、「淨零」、「碳中和」、「氣候中和」，以及「net zero emissions」、「net zero transition (transformation)」、「net zero」、「carbon neutrality」、「climate neutrality」、「zero carbon emissions」等，針對近五年(2016-2020)政府研究計畫進行關鍵字搜尋¹⁶，經扣除重複與無效項目後，總計共搜尋到97件計畫。

有關實證資料結果及整體分析，詳如4.2所示。

4.2 橋接臺灣知識社群與淨零轉型研究：實證資料分析

4.2.1 實證資料結果

4.2.1.1 受訪者背景

首先，從問卷結果來看，在受訪者的背景資訊方面，在本次問卷填答的63位受訪者中，有三分之二的背景是來自學研單位(以大學及中研院為主)；另三分之一則來自政府及民間的智庫組織。以年齡層分布來看，則以51-60歲(約占43%)、41-50歲(約占33%)為大宗，兩者比例加總超過七成五；另外，40歲以下者約占6%。

4.2.1.2 淨零轉型研究經驗

在淨零轉型研究經驗方面，有98%的受訪者曾經接觸過「淨零轉型」或「碳中和」、「氣候中和」等相關概念¹⁷。而在所有填答的受訪者中，有63% (40位)在過去曾進行淨零轉型有關研究；另有84% (53位)的受訪者，有意在未來進行淨零轉型有關研究¹⁸。

在研究方向及議題分布方面，如對照上節提出的「淨零轉型的知識與行動架構」的六大面向，首先，從整體分布來看，未來有意投入淨零轉型研究者，在六大面向的主題都較過去投入者有所增加，當中未來關注度最高者，為經濟體系與治理體系面向的研究、再來是技術體系(圖2)。若以個別面向的研究主題來看，以經濟體系為例，未來關注度最高者為「碳定價」，而與過去相較、關注度增加最多者為「產業低碳轉型」；而在治理體系下，未來關注度最高的主題是「氣候政策與治理(全球、跨國、國家、地方)」，而關注度增加最多的主題是「氣候風險與轉型治理」(表1)¹⁹。

其次，若比較來自學研單位或智庫組織的受訪者，在研究面向與關注主題的差異，可以發現，不論是過去或未來有意投入的淨零轉型

¹⁶ 本文首先針對近五年(2016-2020)的政府研究計畫為範疇進行關鍵字搜尋，主要考量是對應近年全球氣候治理的討論與發展趨勢，特別是2015年的《巴黎協定》，事實上標示了全球氣候治理的一個階段性轉折：該協議不僅揭示1.5°C的氣候目標，此後，伴隨全球暖化的加速趨勢，整個全球氣候治理的討論與關注焦點，也逐漸聚焦在各國如何以更有效且系統性的方式和策略、大幅減少溫室氣體排放，從而實踐《巴黎協定》的氣候目標。

¹⁷ 進一步來看，不論是「淨零轉型」或「碳中和」、「氣候中和」，兩者都有接觸過者占有受訪者的70%；僅接觸過其一者則占28%。

¹⁸ 在過去曾進行淨零轉型有關研究的40位受訪者當中，有22位來自學研單位、18位來自政府與民間智庫。而在未來有意從事淨零轉型研究的受訪者中，則有33位來自學研單位、20位來自智庫組織。

¹⁹ 表1中所稱關注度差異：(1)「未來關注度最高」，則是指各面向下，未來(預計)投入人數最多的研究主題。(2)「關注度增加最多」，是指與過去相較，在未來有意投入淨零轉型六大面向研究的受訪者中，各面向下人數增加幅度最多的研究主題。

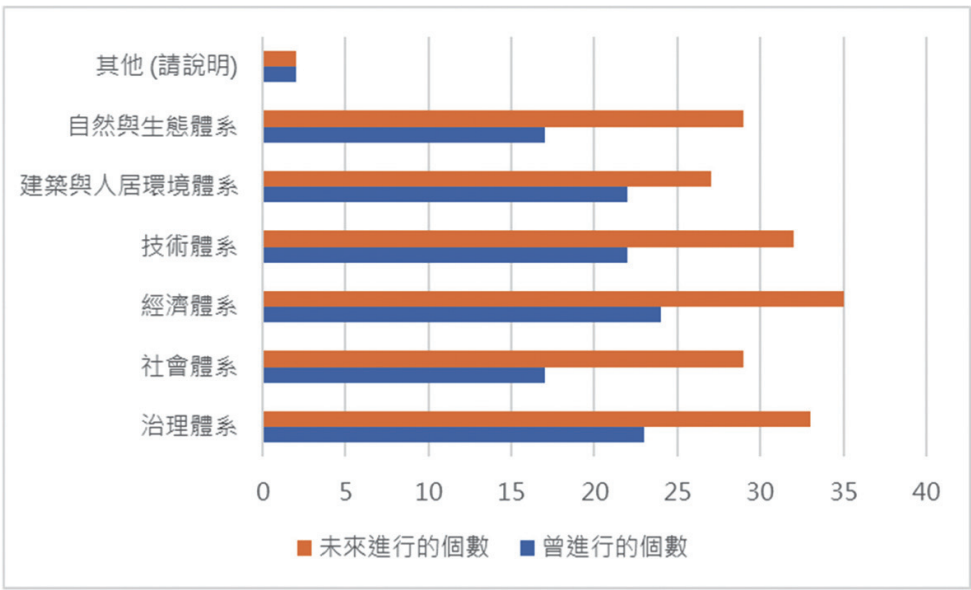


圖2 臺灣學術界投入淨零轉型研究主題之整體分布(本研究繪製)

表1 淨零轉型研究六大面向主題在未來的關注度差異(本研究整理)

淨零研究面向	未來關注度最高(前兩名)	關注度增加最多(前兩名)(與過去相較)
治理體系	<div>• 氣候政策與治理</div> <div>• 氣候風險與轉型治理、氣候變遷的法律與制度規範</div>	<div>• 氣候風險與轉型治理</div> <div>• 能源民主與利害關係人參與</div>
社會體系	<div>• 消費型態與行為改變</div> <div>• 氣候正義</div>	<div>• 氣候正義</div> <div>• 消費型態與行為改變</div>
經濟體系	<div>• 碳定價</div> <div>• 產業低碳轉型</div>	<div>• 產業低碳轉型</div> <div>• 碳定價</div>
技術體系	<div>• 新及再生能源</div> <div>• 能源效率與需求面管理、CCS等負碳排技術</div>	<div>• 數位轉型與系統創新</div> <div>• 電力系統整合、CCS等負碳排技術</div>
建築與人居环境	<div>• 永續城市轉型</div> <div>• 淨零碳建築</div>	<div>• 都市規劃與基礎建設</div>
自然生態	<div>• 水-能源-糧食鏈結、農業與土地利用</div>	<div>• 生態系統服務</div> <div>• 水-能源-糧食鏈結</div>

研究中，學研單位在此較側重社會體系與自然生態面向的研究主題，在自然生態部分如：海洋、森林、農業與土地利用，而在社會體系方面則集中關注氣候正義、消費型態與行為改變兩個主題。至於智庫方面，則相對較關注經濟體系與技術體系的主題，如：氣候金融、產業製程去碳化、碳定價、數位轉型與系統創新、能源效率與需求端管理等。另外，無論是學研單位或智庫組織，兩者都相當重視治理體系方面的研究課題，如：氣候風險與轉型治理、貿

易與經濟工具，更是未來研究關注焦點(表2)。

再者，若以50歲為界，比較資深與年輕學者或研究人員，在研究主題選擇上是否有顯著差異，可以發現：其一，在過去曾進行淨零轉型有關研究中，不論是年輕或是資深學者，均相當程度關注氣候政策與治理、碳定價兩大主題。而在此之外，年輕學者尚聚焦在氣候變遷的法律與制度規範、並擴及產業製程去碳化、淨零碳建築等不同面向主題；而資深學者則側重於技術與產業轉型(表3)。

表2 學研單位與智庫組織在淨零轉型研究關注焦點差異(本研究整理)

受訪者背景	學研單位	智庫
個別關注焦點差異	<ul style="list-style-type: none"> 較側重社會體系、自然生態、建築與人居环境方面主題 1) 社會體系：氣候正義 2) 自然生態：海洋、森林、農業與土地利用 3) 建築與人居环境：都市規劃與基礎設施 	<ul style="list-style-type: none"> 較側重經濟體系與技術體系主題 1) 經濟體系：氣候金融、產業製程去碳化、碳定價、新經濟&商業模式 2) 技術體系：數位轉型與系統創新、能源效率與需求端管理
共同關注主題	<ul style="list-style-type: none"> 治理體系：氣候政策與治理、氣候風險與轉型治理(未來)、貿易與經濟工具(未來)、法律與制度規範 技術體系：新及再生能源(未來)、CCS等負碳排技術(未來) 自然生態：水-能源-糧食鏈結(未來) 	

表3 過去曾進行淨零轉型有關研究主題：年輕與資深學者比較(本研究整理)

受訪者背景	年輕學者(50歲以下)	資深學者(50歲以上)
過去曾進行淨零轉型有關研究主題(前五名)	1.氣候政策與治理 2.氣候變遷的法律與制度規範 2.碳定價 2.產業製程去碳化 2.淨零碳建築	1.氣候政策與治理 2.新及再生能源 3.能源效率及需求面管理 3.碳定價 5.產業低碳轉型

*表中數字表示前五名主題之排序

其二，延續過去的研究關切，不論是年輕或資深學者，氣候政策與治理以及碳定價，均是在未來最有意願投入淨零轉型有關研究的研究主題。其三，相較於過去，年輕學者一方面對於經濟體系有關的研究主題關注度更高；另一方面，從淨零轉型的參與、到數位科技等創新技術，相對於資深學者，年輕學者在未來也更有意願嘗試不同面向或主題的淨零轉型研究。其四、在資深學者方面，相較於過去，在技術端，CCS等負碳排技術的關注度大為提高；在此同時，相對於年輕學者，資深學者也更為關注貿易與經濟工具在淨零轉型中的作用(表4)。

4.2.1.3 淨零轉型的政策參與

在淨零轉型的政策參與方面，以行政院目前已成立的淨零排放路徑專案工作組及工作圈為例，有70%的受訪者知悉行政院已針對淨零議題成立該專案工作組；不過，半數以上(63%)

受訪者，在過往未曾參與該工作組的討論或政策諮詢，且僅有少部分(8%)參與過該專案工作組的會議討論。

而根據曾經參與淨零排放路徑專案工作組討論的受訪者所示，討論或諮詢的主題，從整體與部門淨零路徑(尤其是運輸、製造、農業部門)、碳定價等經濟工具、產業低碳轉型(特別是水泥業)，到零碳電力、電力系統整合、節能、淨零(碳)建築等，另有部分聚焦自然碳匯。

4.2.1.4. 淨零轉型的政策建議

針對淨零轉型的政策建議方面，整體而言，受訪者認為臺灣目前在淨零轉型議題上，政府最應優先推動的政策或工作項目，前三項依序為碳定價(包括制定碳稅(費)或碳交易制度)、低碳/零碳/負碳技術研發²⁰、以及確立臺灣淨零目標與路徑規劃(表5)。值得注意的是，

²⁰ 在低碳/零碳/負碳技術研發方面，除有相當受訪者關注(自然)碳匯技術與能力開發，亦有個別關注再生能源、綠色氫氣、碳捕獲與封存等技術；或是關切整體前瞻能源技術、減排技術、或創新技術發展者。從不同角度或層次表達其對於未來國內在技術端發展方向的關切。

表4 未來有意投入淨零轉型有關主題：年輕與資深學者比較(本研究整理)

受訪者背景	年輕學者(50歲以下)	資深學者(50歲以上)
未來有意投入淨零轉型有關主題 (前十名)	1.氣候政策與治理 1.碳定價 1.產業低碳轉型 1.新經濟與商業模式 5.氣候金融 5.氣候變遷的法律與制度規範 7.能源民主與利害關係人參與 7.產業製程去碳化 7.新及再生能源 7.數位轉型與系統創新 7.永續城市轉型 7.氣候正義 7.消費型態與行為改變 7.水-能源-糧食鏈結	1.氣候政策與治理 2.碳定價 3.產業低碳轉型 4.貿易與經濟工具 4. CCS等負碳排放技術 6.新經濟與商業模式 6.新及再生能源 6.能源效率及需求面管理 6.消費型態與行為改變 10.農業與土地利用

表5 在淨零轉型議題上政府最應優先推動的政策項目(本研究整理)

政府最應優先推動的政策項目	計次
碳定價(包括碳稅(費)、碳交易制度、碳邊境調整)	25
低碳/零碳/負碳技術研發(如：碳匯)	23 (9)
淨零目標與路徑規劃	16
綠色運輸與運具電氣化	7
產業轉型	6
能源轉型	6
能源價格合理化	4
節能措施	3

在低碳/零碳/負碳技術發展方面，有相當受訪者認為應關注碳匯能力與技術的開發，特別是自然碳匯的部分；而在確立臺灣淨零目標與路徑方面，除了部門目標與路徑規劃，有部分受訪者亦認為應透過修訂《溫室氣體減量及管理法》，將淨零目標納入法律明定。

其他關注度較高、應優先納入推動的政策建議，尚包括綠色運輸推動與運具電氣化、推動產業(低碳)轉型(包括產業碳排放量盤查、輔導高耗能產業轉型)、能源轉型、能源價格合理化、以及節能措施等。

另外，有個別受訪者認為，應優先針對臺灣達成淨零目標進行可行性分析與衝擊評估，

包括其對於環境安全、食品安全、水資源、居住環境等的衝擊評估；在減碳同時，也應關注調適面向，特別是國土高溫化的調適策略；或是導入資通訊科技(ICT)解決方案創新，並擴大應用規模。而在政府投入之外，也應多規劃得以觸發民眾參與的淨零政策，並取代過往政府補助為主的推動模式，例如可考慮規劃，將建築能效標示制度導入房地產交易或租賃市場。

4.2.1.5 GRB資料結果

另外，在政府研究資訊系統(GRB)方面，整體而言，若以近五年(2016-2020)與淨零排放有關的政府研究計畫的計畫主題來看，基本上以技術體系的研究主題為大宗，其次是治理體系、自然生態(以農業與土地利用為主)、和經濟體系方面的主題。值得注意的是，過去五年政府研究計畫當中，幾乎沒有針對淨零排放的社會面向的計畫主題，與其他研究面向有著明顯落差(表6)。

4.2.2 討論與分析

本研究關注臺灣知識界及學術社群在淨零轉型議題趨勢上的參與和同步程度，透過本次問卷結果可知：

(1) 臺灣知識界及學術社群，對淨零轉型的發展

表6 近五年與淨零排放有關之政府研究計畫主題之整體分布(本研究整理)

研究面向	治理體系	社會體系	經濟體系	技術體系	建築與 人居環境	自然生態	總計
計畫數目	16	0	15	41	9	16	97

趨勢整體而言敏感度高

首先，受訪者有相當高比例接觸過「淨零轉型」等相關概念(98%)；且在未來淨零轉型研究主題的選擇與政策建議上，經濟、治理與技術體系方面的主題整體而言受到高度關注，此大致上亦吻合現階段淨零轉型的國際發展趨勢及研究概況，以及臺灣處於政策討論的初期階段；另外，受訪者中亦有相當比例，知悉行政院已針對淨零議題成立淨零排放路徑專案小組等政府單位(70%)。以上顯示出臺灣知識界及學術社群，對於目前淨零轉型趨勢的現實發展，整體而言基本上敏感度高。

(2) 臺灣知識界及學術社群，在淨零轉型各面向，皆存在若干重要的研究缺口

不過另一方面，若透過「淨零轉型知識與行動架構」的進一步檢視，可知臺灣在淨零轉型研究方面，相較於經濟、治理與技術體系研究主題的高度關注，未來在社會、建築與人居環境、自然生態體系等面向，仍皆存在重要的議題缺口和突破性技術，有待學術社群持續投入。

例如，在社會體系方面，除了關注文化、倫理與價值觀層面議題對轉型進程的影響；「公正轉型」尤為淨零轉型中一項關鍵性的研究課題。從概念內涵的發展、相關論述在引導淨零轉型進程中的作用，到落實公正轉型的具體途徑、可能面臨的潛在挑戰…等，均為後續「公正轉型」研究可深化討論之處。而在建築與人居環境、自然生態體系等面向，如何進一步理解氣候變遷對公共衛生與健康層面的影響、或是探究生物多樣性保護與氣候變遷兩者間的協同作用，相關研究不僅有助於強化轉型過程的環境與社會考量，也可有利於淨零目標與路徑的實現。

(3) 臺灣知識界及學術社群，對於淨零轉型研究主題的選擇，存在若干慣性思維

再者，從學研單位或智庫組織的受訪者，在淨零轉型研究側重面向與關注主題的差異來看(學研單位側重社會體系與自然生態面向、智庫組織則較關注經濟與技術體系主題)，可以推論臺灣知識界與學術社群在淨零轉型研究主題的選擇上，存在一定程度的慣性思維或傾向。詳言之，智庫組織由於其研究內容多以服務政府部門、回應政策需求為目的，以臺灣現階段針對淨零轉型尚處在政策啟動的初期階段，反映在淨零研究的主題選擇上，也會傾向符合現階段政策所需之技術與經濟層面的主題。而學研單位多半傾向從自身主要研究領域出發，來延伸相關基礎研究，而本次問卷受訪者主要來自中研院「未來地球」計畫網絡，也反映了研究主題的選擇傾向。

(4) 年輕學者更有意願投入跨領域或涉及價值取向議題，也更關注淨零轉型過程的參與

另外，從資深與年輕學者的研究取向來看，年輕學者或研究人員除了更有意願投入不同面向或主題的淨零轉型研究，事實上，從兩者在未來研究主題的選擇內容來進一步檢視，也可觀察到一些內涵上的差異。

詳言之，在淨零轉型的脈絡下，從再生能源到負碳排技術、從貿易與經濟工具到消費型態改變，資深學者大體上仍延續過往、較側重在技術、產業轉型與整體經濟發展的關切。而年輕學者的關注焦點，一方面，在經濟面向上，年輕學者更關切各種新經濟模式、氣候金融等新型態的議題；另一方面，在其他面向上，從能源民主到氣候正義、從數位轉型到永續城市、再到水-能源-糧食鏈結，年輕學者除了更有意願投入各種跨領域、或涉及價值取向的

議題，也更為關注淨零轉型過程的參與及公平性。

5. 結論：從知識到政策行動

歷史性的《巴黎協定》過後，「淨零排放」從最初一個科學研究的概念，逐漸走到全球氣候變遷議題討論的舞台中心。在此同時，全球暖化的趨勢也正以更快速、更大規模的方式進展當中。面對氣候變遷的「新常態」，如何在接下來的三十年間達成所謂的「淨零轉型」，成為日益關注的焦點。隨著淨零承諾的提出在全球取得大幅進展，如何將淨零目標轉化為實際的政策行動，除了積極整合各個政策網絡，眾多學研機構與智庫組織所組成的知識社群也在此扮演重要角色，從不同面向為淨零轉型擘劃可能的路徑與策略。

在此背景下，面對淨零轉型的趨勢挑戰，本文關注科學知識生產如何進一步轉化為政策行動，以及臺灣知識界及學術社群在淨零轉型研究上的參與現況。對此，一方面，透過綜整全球現階段針對淨零轉型的議題討論及有關文獻，本文試圖提出一個涵蓋六大面向—治理體系、社會體系、經濟體系、技術體系、建築與人居環境、自然生態體系—的「淨零轉型的知識與行動架構」，並指出潛在的研究方向與重要議題。另一方面，透過問卷調查等實證資料的蒐集分析，本文也進一步檢視臺灣知識界及學術社群的研究圖像，發現整體而言，臺灣知識界及學術社群：(1)對於淨零轉型的現實發展與整體趨勢敏感度高；(2)在社會體系、建築與人居環境、自然生態體系等面向，仍存在若干重要的研究缺口，包括「公正轉型」等關鍵課題；(3)基於自身主要研究領域或服務政府部門需求，學研機構及智庫組織各有其對於淨零轉型研究主題選擇的慣性；(4)年輕學者更有意願投入跨領域或價值取向議題，也更關注淨零轉型過程的參與及公平性。

更深一個層次來看，事實上，「淨零轉

型」趨勢所揭示的，不只是一項跨部門、跨領域、跨世代、但同時帶有時間性的轉型任務，也代表著從政府、企業到民間，必須以更迅速、更全面、且更具整合性的方式，來重新應對氣候變遷問題。換言之，「淨零轉型」不僅需要整合技術突破與思維創新、整合基礎研究與後續應用，更需要整合政策目標與社會需求。而知識社群作為科學知識生產到轉化政策行動的中介組織，在淨零轉型上也將持續扮演積極關鍵的角色。

本文關切臺灣知識社群在淨零轉型研究上的參與概況，為一初探性的嘗試，後續仍有持續推進之空間：首先，針對「淨零轉型的知識與行動架構」，後續除了可針對六大面向下的研究主題持續開展淨零轉型有關研究外；亦可針對六大面向下不同領域別的知識社群，探究其在淨零轉型議題上的研究概況。其次，在問卷調查方面，本文係以中研院「未來地球」計畫網絡及行政院「淨零排放路徑工作小組」的學者專家作為研究樣本，後續研究在樣本選取上可兼及不同來源，或擴大樣本數量。再者，在政府研究資訊系統(GRB)方面，本文係以近五年(2016-2020)的研究計畫作為研究對象，後續可持續追蹤未來年度GRB的研究計畫，關注其計畫內容、有關政策、與淨零轉型議題之間的關聯程度。

誌 謝

論文出版接受科技部計畫「科技政策規劃及評估支援系統建置整合型計畫(1/3)」(MOST109-3011-F-492-009)及國立臺灣大學高等教育深耕計畫—特色領域研究中心計畫「Future Earth下的東亞地理與永續性」(110L901004)之經費資助。對補助單位的支持及匿名審查者提供的精闢修正意見，作者謹此表達誠摯的感謝。另也感謝清大科技管理學院學士班許育禎同學、臺大地理環境資源學系劉玫宜助理，協助問卷調查資料收集與分析工作。

參考文獻

- Arikan, Y., C. Carreño and M. van Staden, 2020. "ICLEI's Climate Neutrality Framework: Accelerating integrated climate action for sustainable urban development". https://e-lib.iclei.org/publications/ICLEIs_Climate_Neutrality_Framework.pdf.
- Baak, J.A., A.K. Pozarlik., M.J. Arentsen and G. Brem, 2019. "Techno-economic study of a zero-emission methanol based energy storage system." *Energy Conversion and Management*, 182: 530-545.
- Bataille, C., H. Waisman., Y. Briand., J. Svensson., A. Vogt-Schilb., M. Jaramillo., R. Delgado., R. Arguello., L. Clarke., T. Wild., F. Lallana., G. Bravo., G. Nadal., G. Le Treut., G. Godinez., J. Quiros-Tortos., E. Pereira., M. Howells and M. Imperio. 2020. "Net-zero deep decarbonization pathways in Latin America: Challenges and opportunities." *Energy Strategy Reviews*, 30: 100510.
- Bednar, J., M. Obersteiner., A. Baklanov., M. Thomson., F. Wagner., O. Geden., M. Allen and J.W. Hall, 2021. "Operationalizing the net-negative carbon economy." *Nature*, <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03723-9>.
- ben Brahim, T., F. Wiese and M. Münster, 2019. "Pathways to climate-neutral shipping: A Danish case study." *Energy*, 188: 116009.
- Black, R., K. Cullen., B. Fay., T. Hale., J. Lang., S. Mahmood and S.M. Smith, 2021. *Taking Stock: A global assessment of net zero targets*. Energy & Climate Intelligence Unit and Oxford Net Zero.
- Bonsu, N.O., 2020. "Towards a circular and low-carbon economy: Insights from the transitioning to electric vehicles and net zero economy." *Journal of Cleaner Production*, 256: 120659.
- Capros, P., G. Zazias., S. Evangelopoulou., M. Kannavou., T. Fotiou., P. Siskos., A. De Vita and K. Sakellaris. 2019. "Energy-system modelling of the EU strategy towards climate-neutrality." *Energy Policy*, 134: 110960.
- Daggash, H.A. and N.M. Dowell, 2019. "Higher carbon prices on emissions alone will not deliver the Paris Agreement." *Joule*, 3(9): 2120-2133.
- Data-Driven EnviroLab & NewClimate Institute, 2020. *Accelerating Net Zero: Exploring Cities, Regions, and Companies' Pledges to Decarbonise*. http://datadrivenlab.org/wp-content/uploads/2020/09/Accelerating_Net_Zero_Report_Sept2020.pdf
- Demski, C., 2021. "Net zero public engagement and participation: A research note." https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/969428/net-zero-public-engagement-participation-research-note.pdf.
- Dunlop, C., 2017. "The possible experts: how epistemic communities negotiate barriers to knowledge use in ecosystems services policy." *Environment and Planning C: Government and Policy*, 32(2): 208-228.
- García-Freites, S., C. Gough and M. Röder, 2021. "The greenhouse gas removal potential of bioenergy with carbon capture and storage (BECCS) to support the UK's net-zero emission target." *Biomass and Bioenergy*, 151: 106164.
- Godínez-Zamora, G., L. Victor-Gallardo., J. Angulo-Paniagua., E. Ramos., M. Howells., W. Usher., F. De León., A. Meza and J. Quirós-Tortós, 2020. "Decarbonising the transport and energy sectors: Technical feasibility and socioeconomic impacts in

- Costa Rica.” *Energy Strategy Reviews*, 32: 100573.
- Greig, C. and S. Uden, 2021. “The value of CCUS in transitions to net-zero emissions.” *The Electricity Journal*, 34(7): 107004.
- Gudde, P., J. Oakes., P. Cochrane., N. Caldwell and N. Bury, 2021. “The role of UK local government in delivering on net zero carbon commitments: You've declared a Climate Emergency, so what's the plan?” *Energy Policy*, 154: 112245.
- Haas, P., 1992. “Introduction: Epistemic Communities and International Policy Coordination.” *International Organization*, 46(1): 1-35.
- ICLEI, 2020. How ICLEI is helping cities and regions on their climate neutrality journey. <https://iclei.org/en/media/how-iclei-is-helping-cities-and-regions-on-their-climate-neutrality-journey>.
- IEA, 2021. *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*. Paris: IEA.
- IPBES, 2021. “Tackling Biodiversity & Climate Crises Together and Their Combined Social Impacts.” <https://ipbes.net/sites/default/files/2021-06/20210606%20Media%20Release%20EMBARGO%203pm%20CEST%2010%20June.pdf>.
- IPCC, 2018. Special Report on Global Warming of 1.5°C. <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- IPCC, 2021. “Climate change widespread, rapid, and intensifying – IPCC.” <https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>.
- IRENA, 2020. *Reaching Zero with Renewables: Eliminating CO₂ emissions from industry and transport in line with the 1.5°C climate goal*. Abu Dhabi: IRENA.
- Iyer, G., L. Clarke., J. Edmonds., A. Fawcett., J. Fuhrman., H. McJeon and S. Waldhoff, 2021. “The role of carbon dioxide removal in net-zero emissions pledges.” *Energy and Climate Change*, 2: 100043.
- Karlsson, I., J. Rootzén., F. Johnsson and M. Erlandsson, 2021. “Achieving net-zero carbon emissions in construction supply chains: A multidimensional analysis of residential building systems. *Developments in the Built Environment*: 100059.
- Kobashi, T., T. Yoshida., Y. Yamagata., K. Naito., S. Pfenninger., K. Say., Y. Takeda., A. Ahl., M. Yarime and K. Hara, 2020. “On the potential of “Photovoltaics + Electric vehicles” for deep decarbonization of Kyoto’s power systems: Techno-economic-social considerations.” *Applied Energy*, 275(C): 115419.
- Kortetmäki, T. and M. Järvelä, 2021. “Social vulnerability to climate policies: Building a matrix to assess policy impacts on well-being.” *Environmental Science and Policy*, 123: 220-228.
- Lausselet, C., K.M. Lund and H. Brattebø, 2021. “LCA and scenario analysis of a Norwegian net-zero GHG emission neighbourhood: The importance of mobility and surplus energy from PV technologies.” *Building and Environment*, 189: 107528.
- Levin, K., D. Rich., K. Ross., T. Fransen and C. Elliott, 2020. “Designing and Communicating Net-Zero Targets.” Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute. <https://files.wri.org/d8/s3fs-public/designing-communicating-net-zero-targets.pdf>.
- Lovell, H. and D. MacKenzie, 2011. “Accounting for Carbon: The Role of Accounting Professional Organisations in Governing Climate Change.” *Antipode*, 43(3): 704-730.
- Lugovoy, O., S. Gao., J. Gao and K. Jiang, 2021. “Feasibility study of China's electric power

- sector transition to zero emissions by 2050.” *Energy Economics*, 96: 105176.
- Manaf, N.A., D. Milani and A. Abbas, 2021. “An intelligent platform for evaluating investment in low-emissions technology for clean power production under ETS policy.” *Journal of Cleaner Production*, 317: 128362.
- Markard, J., R. Raven and B. Truffer, 2012. “Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects.” *Research Policy*, 41: 955-967.
- NewClimate Institute & DataDriven EnviroLab, 2020. Navigating the nuances of net-zero targets. https://newclimate.org/wp-content/uploads/2020/10/NewClimate_NetZeroReport_October2020.pdf.
- Nikolakis, W. and G. Guðjónsson, 2021. “Building voluntary partnerships for climate action: An exploratory study from Iceland.” *Cleaner and Responsible Consumption*, 3: 100023.
- Patrizio, P., M. Fajardy., M. Bui and N. Mac Dowell, 2021. “CO₂ mitigation or removal: The optimal uses of biomass in energy system decarbonization.” *iScience*, 24(7): 102765.
- Pihl, E., M.A. Martin., T. Blome., S. Hebden., M.P. Jarzebski., R.A. Lambino., C. Köhler., J.G. Canadell., K.L. Ebi., O. Edenhofer., O. Gaffney., J. Rockström., J. Roy., L. Srivastava., D.R. Payne., C. Adler., S. Watts., L. Jacobsson and S. Sonntag, 2019. 10 New Insights in Climate Science 2019. Stockholm: Future Earth & The Earth League.
- Pörtner, H.O., R.J. Scholes., J. Agard., E. Archer., A. Arneth., X. Bai., D. Barnes., M. Burrows., L. Chan., W.L. Cheung., S. Diamond., C. Donatti., C. Duarte., N. Eisenhauer., W. Foden., M. Gasalla., C. Handa., T. Hickler., O. Hoegh-Guldberg., K. Ichii., U. Jacob., G. Insarov., W. Kiessling., P. Leadley., R. Leemans., L. Levin., M. Lim., S. Maharaj., S. Managi., P. Marquet., P. McElwee., G. Midgley., T. Oberdorff., D. Obura., E. Osman., R. Pandit., U. Pascual., A.P. F. Pires., A. Popp., V. Reyes-García., M. Sankaran., J. Settele., Y.J. Shin., D.W. Sintayehu., P. Smith., N. Steiner., B. Strassburg., R. Sukumar., C. Trisos., A.L. Val., J. Wu., E. Aldrian., C. Parmesan., R. Pichs-Madruga., D.C. Roberts., A.D. Rogers., S. Díaz., M. Fischer., S. Hashimoto., S. Lavorel., N. Wu and H.T. Ngo, 2021. *IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change*. IPBES and IPCC.
- Quarton, C.J. and S. Samsatli, 2021. “How to incentivise hydrogen energy technologies for net zero: Whole-system value chain optimisation of policy scenarios.” *Sustainable Production and Consumption*, 27: 1215-1238.
- Rueda, O., J.M. Mogollón., A. Tukker and L. Scherera, 2021. “Negative-emissions technology portfolios to meet the 1.5°C target.” *Global Environmental Change*, 67: 102238.
- Salvia, M., D. Reckien., F. Pietrapertosa., P. Eckersley., N.A. Spyridaki., A. Krook-Riekkola., M. Olazabal., S. De Gregorio Hurtado., S.G. Simoes., D. Geneletti., V. Viguié., P.A. Fokaides., B.I. Ioannou., A. Flamos., M.S. Csete., A. Buzasi., H. Orru., C. de Boer., A. Foley., K. Rižnar., M. Matosović., M.V. Balzan., M. Smigaj., V. Baštáková., E. Streberova., N.B. Šel., L. Coste., L. Tardieu., C. Altenburg., E.K. Lorencová., K. Orru., A. Wejs., E. Feliu., J.M. Church., S. Grafakos., S. Vasilie., I. Paspaldzhiev and O. Heidrich, 2021. “Will climate mitigation ambitions lead to carbon neutrality? An analysis of the local-level plans of 327 cities in the EU.”

- Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135: 110253.
- Satola, D., M. Balouktsi., T. Lützkendorf, A. H. Wiberg and A. Gustavsen, 2021. "How to define (net) zero greenhouse gas emissions buildings: The results of an international survey as part of IEA EBC annex 72." *Building and Environment*, 192: 107619.
- Shahbaz, M., M. AliNasir, E. Hille and M.K. Mahalik, 2021. "UK's net-zero carbon emissions target: Investigating the potential role of economic growth, financial development, and R&D expenditures based on historical data (1870-2017)." *Technological Forecasting and Social Change*, 161: 120255.
- Slorach, P.C. and L. Stamford, 2021. "Net zero in the heating sector: Technological options and environmental sustainability from now to 2050." *Energy Conversion and Management*, 230: 113838.
- Tvinnereima, E. and M. Mehling, 2018. "Carbon pricing and deep decarbonisation." *Energy Policy*, 121: 185-189.
- UNCITRAL, 2021. "Net Zero Legislative Project: possible work in UNCITRAL. Stocktaking Climate Change Mitigation & Adaptation Objectives in Modern Trade Law." https://uncitral.un.org/sites/uncitral.un.org/files/media-documents/uncitral/en/uncitral_net_zero_legislative_project_summary.pdf.
- UNEP, 2020. *Emissions Gap Report 2020*. Nairobi: UNEP.
- UNFCCC, 2021. "Race To Zero Campaign." <https://unfccc.int/climate-action/race-to-zero-campaign>.
- Vieira, L.C., M. Longo and M. Mura, 2021. "Are the European manufacturing and energy sectors on track for achieving net-zero emissions in 2050? An empirical analysis." *Energy Policy*, 156: 112464.
- Winkler, H., 2020. "Towards a theory of just transition: A neo-Gramscian understanding of how to shift development pathways to zero poverty and zero carbon." *Energy Res Soc Sci*. 70: 101789.
- World Bank, 2021. *State and Trends of Carbon Pricing 2021*. Washington, DC: World Bank.
- WorldGBC, 2021. *Advancing Net Zero Status Report 2021*. https://www.worldgbc.org/sites/default/files/WorldGBC%20ANZ%20Status%20Report%202021_FINAL.pdf.
- Xu, Q. and B.F. Hobbs, 2021. "Economic efficiency of alternative border carbon adjustment schemes: A case study of California Carbon Pricing and the Western North American power market." *Energy Policy*, 156: 112463.
- Yang, F., J.C. Meerman and A.P.C. Faaij, 2021. "Carbon capture and biomass in industry: A techno-economic analysis and comparison of negative emission options." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 144: 111028.

The Knowledge-Action Framework for Net Zero Transitions: The Inquiry of Research Agenda and Gaps of Epistemic Communities in Taiwan

Tze-Luen Lin^{1*} Yi-Ching Lee² Sue-Ching Jou³

ABSTRACT

“Net Zero emissions” has become the most attentive global climate initiative after the Paris climate agreement. As more and more countries, cities and local governments, and businesses put forward their net-zero targets and commitments, net zero emissions have changed from a scientific research concept to core axis of transformation leading global climate governance. Facing the challenge of the “new normal” induced by climate change, the future of the world must significantly increase the scale and speed of overall social change from all levels. However, compared with past climate discourses, what are the intellectual challenges involved in the net zero transition? What is the current status of investment or synchronization of the science and epistemic communities in Taiwan on the topics of net zero emissions? What knowledge gaps exist? Based on the current literature on net zero transition trends and online surveys targeting Taiwan’s academic community, this paper attempts to propose an analytical framework, the Knowledge-Action Framework for Net Zero Transitions, composed of six major aspects: governance, social, economic, technical, built environment, and natural systems, trying to identifying the current research agendas, gaps and future directions of academic community in Taiwan regarding the net-zero transition. In fact, the trend of “net zero transition” reveals more than a trans-departmental, transdisciplinary, and trans-generational transformation; it requires the integration and innovation of policy actions, social needs, and epistemic community. The epistemic community will surely play a critical role in the transformation.

Keywords: Net Zero Emissions, Net Zero Transition, Epistemic Community, Carbon Neutrality, Climate Governance.

¹Associate Professor, Department of Political Science, National Taiwan University;
Deputy Executive Director, Office of Energy and Carbon Reduction, Executive Yuan.

²Postdoctoral Research Fellow, Department of Geography, National Taiwan University.

³Professor, Department of Geography, National Taiwan University.

* Corresponding Author, Phone: +886-2-33668405, E-mail: tlin@ntu.edu.tw

Received Date: August 31, 2021

Revised Date: November 8, 2021

Accepted Date: November 11, 2021