

國際低碳校園推動作法之研析與啟示

李昕*

壹、研究緣起及目的

伍、低碳校園淨零轉型指引

貳、研究方法

陸、國際低碳校園案例研析

參、校園淨零轉型之重要性

柒、對台灣的啟示與建議

肆、校園碳排放來源分析

摘要

氣候變遷帶來的威脅與挑戰，正驅使著全世界推動淨零轉型。有鑒於高等教育機構對年輕世代、產業及社區實踐的重大影響力，若能快速集中校園資源，投入氣候研究與行動，轉型成為綠色低碳校園，並有效率的宣導淨零知識，再利用校園實踐淨零的成功經驗，發揮擴散效果，校園力量將在淨零轉型中發揮領導作用，為全球永續發展做出極大貢獻。

本研究參考聯合國校園淨零路徑指引手冊內容，整理國際間對於高等教育機構評估及規劃淨零轉型之方向建議，並依據國際評比結果，挑選氣候行動方面表現優異的3所大學，概述低碳校園發展相關策略，並從中汲取可供我國參考的面向，盼借鏡國際校園轉型經驗，提供政府及高等教育機構未來擬定相關政策參考。

*作者為經濟發展處科員。本文係筆者個人觀點，不代表國發會意見，若有疏漏之處當屬筆者之責。

The Research and Implications on International Low Carbon Campus Practice

Sin Lee

Officer

Economic Development Department, NDC

Abstract

The threats and challenges brought by climate change are driving the world to promote the net-zero transition urgently. In view of the significant influence of higher education institutions on the young generation, industry and community, if campuses can transform into green and low-carbon environment by concentrating resources and investing in climate research and net-zero actions rapidly, and further using their successful experience to exert a diffusion effect, they will play a leading role in net-zero transitions and make great contributions to global sustainable development.

This study refers to the contents of the campus net-zero pathway guidelines provided by the United Nations, and collates international suggestions for the direction of higher education institutions in evaluating and planning net-zero transition action plans. By selecting three universities with outstanding performance in climate actions based on the results of international evaluations and outlining their strategies toward low-carbon campuses, this study aims to draw lessons and learn experience from these indicative universities, and finally provides the government and higher education institutions in Taiwan with references for formulating relevant policies in the future.

壹、研究緣起及目的

「聯合國政府間氣候變遷專門委員會」(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 2023 年第 6 次評估報告 (AR6) 的綜合報告 (Synthesis Report) 指出，人為因素導致氣候變遷，已經影響全球包括大氣、海洋、冰凍圈和生物圈等區域，愈來愈多的氣候極端事件，已讓 2,800 萬人面臨嚴重的糧食和水資源的安全問題；而在全球升溫幅度逐漸高於預期的警訊下，應採取更急迫之氣候行動，才有機會實現將全球升溫控制在攝氏 1.5 度以內之目標。

截至 2023 年 7 月底，已有超過 150 個國家、254 個城市、953 間企業宣布淨零目標，涵蓋全球超過 80% 的溫室氣體排放量¹。隨著氣候變遷風險和影響日益顯著，淨零排放的呼籲及承諾已不再侷限於國家或政府層面，對於產業供應鏈和其他非國家行為者(例如：非政府組織、國際倡議、學研機構等)而言，制定目標並實現淨零排放亦是維持競爭力的重要投入。

第 26 屆聯合國氣候變遷大會 (26th UN Climate Change Conference of the Parties, COP26) 強調，不論是個人或是教育組織，都對因應氣候變遷災害具有舉足輕重的地位；氣候變遷對地球的影響正驅使全世界進行策略、行動、組織及合作方式上的結構轉變，也因為這場與自然條件和時間賽跑的競爭，世界各地的學研機構及大學校園逐漸展露了具有關鍵影響力的機會及貢獻。

學校擁有完整的校園基礎設施，並有學生、教師、員工、商業租戶及企業贊助者等角色參與，可比擬為一座微型城市，因此如同城市一般，校園對於溫室氣體排放也有著舉足輕重的影響。然而，城市中的資產擁有者大多分散，且基礎設施往往獨立營運，而學校則通常由相同理念的利害關係人經營，在參與淨零轉型時，可以快速集中校園環境資源，並有效率的宣導淨零知識，投入氣候研究與行動，並蒐整校園內所有參與者的建議與回饋；這使得學校相較於城市或國家，能夠更快速地轉變為淨零區域，若能利用校園實踐淨零的成功經驗，發揮學習擴散效果，將可讓校園在全球淨零轉型中發揮關鍵領導作用。

¹ Net Zero Tracker (<https://zerotracker.net/>)，統計至 2023 年 7 月 31 日。

推動淨零轉型已是世界必須共同面對且不可忽視的重要議題，無論是生產、消費、生活、交通等面向，都必須進行結構性的變革，才能實現 2050 年淨零排放的全球目標。我國於 2022 年 3 月發布淨零路徑規劃，同年 12 月研擬淨零轉型「12 項關鍵戰略」行動方案，並在 2023 年 2 月公布的「氣候變遷因應法」中，將淨零排放目標入法，讓淨零轉型不只是口號，展現淨零轉型的決心。國家科學技術委員會亦於 2023 年 3 月公布「淨零科技方案(2023-2026)」，並在同年 5 月成立「臺灣淨零科技方案推動小組」，藉由國家淨零科技路徑與治理策略布局之研析，開展「永續及前瞻能源、低（減）碳、負碳、循環、人文社會科學」等五大淨零科技領域的研發部署，協助我國達成淨零轉型。

淨零轉型「12 項關鍵戰略」中，節能、資源循環零廢棄、淨零綠生活等戰略均針對校園參與進行規劃並研提行動方案，我國教育機構或研究單位若能跟上國際趨勢，借鏡國際校園間推動低碳化或是淨零新運動的成功經驗與規劃方向，納入策略擬定依據，將使校園成為我國社會淨零轉型的重要推力。鑒此，本研究將蒐集國際間對於低碳校園的指導方針，以及國際低碳校園實例進行研析，並研提政策建議，以做為我國政府或高等教育機構未來精進相關政策措施之參考。

貳、 研究方法

本研究主題為國際低碳校園推動作法或策略研析，使用質性研究方法。首先蒐集國際組織、國際評比、期刊論文、報章雜誌、圖書及網路資訊等，篩選值得討論之政策面向，並鎖定具有參考價值的案例進行深入研析，並針對整體研究結果做出結論，並提出值得我國政府或高等教育機構參考之政策建議。

參、校園淨零轉型之重要性

每年有近 2,000 萬位學生接受高等教育，這個群體有潛力成為扭轉氣候暖化的戰略領導者。大學校園往往直接影響區域經濟繁榮，經濟驅動力同時也是永續發展驅動力；許多學校利用其資源來支持社區發展氣候行動，學生也可以發揮對企業及社區實踐的影響力，為全球淨零轉型貢獻最大助力。

一、高等教育體系對於永續氣候行動的重要性已在國際會議中被廣泛討論

自 1993 年起，國際大學協會(International Association of Universities, IAU)²開始倡導高等教育體系應在全球永續發展中扮演關鍵角色，並支持聯合國《2030 永續發展議程》。因為氣候變遷與全球暖化議題對世界經濟、社會、文化及環境的劇烈影響，IAU 成員機構認為高等教育體系可以發揮教育及研究的力量，對永續發展目標 13「氣候行動」做出貢獻。2015 年 COP21 期間，包括 IAU 在內的全球高等教育永續發展聯盟，聯合發表了一封公開信³，敦促政府和領導者強化高等教育體系在應對氣候變遷方面的作用。

IAU 推動「以高等教育及研究促進永續發展」(Higher Education and Research for Sustainable Development, HESD)優先戰略，並納入聯合國教科文組織「永續發展教育與綠色教育夥伴關係」(UNESCO, ESD)、聯合國氣候變遷綱要公約「氣候稟賦行動」(UNFCCC, ACE)等重要概念；IAU 和 UNESCO 也預計在 COP28 會議中提出進一步的高等教育體系氣候行動計畫，並重啟「綠色教育夥伴關係」計畫(Greening Education Partnership)⁴。

二、大學校園就像微型城市，因為擁有高強度的自治力道，可以快速轉變為淨零區域⁵

人類活動需要能源，大多數碳排放則來自於燃燒化石燃料作為能源使用而產生，能源消耗使溫室氣體持續排放，對全球環境造成災難性且不可逆

² IAU 是聯合國教科文組織(UNESCO)「2030 年永續發展教育戰略」的重要合作夥伴，致力於為高等教育機構提供發展框架，將永續發展概念與原則納入教學、研究及社區參與等校園策略規劃，並推動高等教育網路的永續發展夥伴關係。<https://www.iau-aiu.net/HESD>

³ <https://www.iau-hesd.net/news/2606-open-letter-cop21-ministers-higher-education-institutions-climate-change.html>

⁴ 聯合國秘書長認為，必須對教育進行轉型，以應對全球氣候和環境危機，因此綠色教育夥伴關係旨在提供整合、協調和全面性行動，幫助每個學習者獲得應對氣候變化的知識、技能、價值觀和態度，並促進永續發展。

⁵ <https://www.timeshighereducation.com/campus/charting-shared-path-net-zero-universities>

的負面影響；面對這些挑戰，必須發展低碳解決方案，在不減緩社會經濟發展的情況下，改變社會當前不友善的消費和生產模式，保護環境並讓資源永續發展。

減少碳排放的議題不僅受到國家或政府層級的重視，在人口眾多、空間規模較大的大學校園，近年來也高度關注碳排放問題。教職員生的通勤工具、教學服務的提供、住宿及行政活動的營運(如照明、空調、其他設備運作等)、教學場域(教室、實驗室、辦公室等)器材的採購、抑或是食品和飲料的消費等活動，均構成了大量的能源消耗；因此，大學校園環境的減碳為全球永續發展提供了巨大潛力。

大學校園由大量的基礎設施、學生、教職員工和商業用戶組成，具有微型城市的架構，通常經營者可以高度控制自己的校園環境，在集中決策建立後，能夠快速轉變為淨零區域，在全球淨零排放競賽中發揮關鍵領導作用。

三、鼓勵大學發展低碳活動，並利用校園對於社區或是企業的影響力進而水平擴散減碳方法，將是淨零轉型的重要推力

校園可以充當生活實驗室，系統性地發展大規模氣候解決方案，然後透過擴大成功案例、推動知識分享及轉化研究成果，讓這些實驗性的解決方案可以更廣泛的部署，在城市中成功複製經驗；校園對基礎研究的貢獻，可以結合現有知識，培育下一代領導者並提升公民參與，為開放式創新思想和社區參與創造空間，孕育出更多解決排碳問題所需的創新思維。

此外，學生可以扮演改革的推動者，運用他們的熱情、活力和創新思考，制定由下而上(bottom-up)的減碳行動，將他們學到的減碳行為和專業知識，運用到研究成果、就業市場、公共參與、及其居住或生活的社區中，建立合作夥伴關係，擴大氣候行動。。

鼓勵大學參與低碳活動，降低大學校園活動的碳排放量，將有助於解決全球暖化問題；雖然大學間不一定具有相同的環境基礎或是共同的減碳資源，低碳校園的發展很難用量化方式計算成效，但若能利用校園對於社區或是企業的影響力，水平擴散減碳方法，促進校園間經驗分享，低碳校園的推進將是全球邁向淨零轉型的重要推力。

肆、校園碳排放來源分析

為了強化並引導經濟體進行溫室氣體的盤查與報告，藉以了解自身排放狀況，國際間制定「溫室氣體盤查議定書—企業會計與報告準則」(GHG Protocol—Corporate Accounting and Reporting Standard)，確保經濟體提出的資訊能可靠、真實及公正地反映出溫室氣體排放狀況。GHG 會計準則揭示溫室氣體的計算或評估，應基於相關性(Relevance)、完整性 (Completeness)、一致性 (Consistency)、透明度 (Transparency)、精確度 (Accuracy)等原則；有鑑於此，盤點校園碳排放來源應是推動校園淨零轉型的首要工作。

一、校園碳排放的計算缺乏一致性的標準⁶

大學作為全球科技創新的推動者，肩負引領社會走向碳中和的重要使命；然而，目前只有少數大學已制定淨零目標，或盤點及公布其碳排放來源。繪製一所大學甚至整個教育體系的碳排放量相當困難，即便可以掌握校園電力來源的碳排放，仍很難統計教職員或學生通勤時產生的碳排放，或是實驗活動及商業服務產生的碳排放；更因為不同大學的分析方法、實踐措施以及目標定義不同，大學碳排放數據之間的一致性有限。

碳盤查數據必須具備國際可比性、透明性和可用性，才能有效追蹤校園進行淨零轉型前後的貢獻。目前大學碳排放的量化主要受限於數據未定期記錄，或數據收集方向未切合主題等，且大學碳盤查報告通常以當地語言發布，不容易進行國際比較。

北美地區是目前大學碳盤查計算最為制度化的區域，近 1,000 所高等教育機構已註冊使用「永續發展追蹤、評估及評等系統」(The Sustainability Tracking, Assessment & Rating System, STARS) 報告工具，STARS 提供框架來衡量高等教育機構的永續發展表現，開發通用的評等方法，提供參與者在不同時空背景和不同機構之間進行有意義的比較，並促進高等教育機構永續發展實踐與成果的資訊共享。

二、校園碳排放的計算會受到營運方式的不同而難以歸納出統一的標準

大部分已提出二氧化碳排放數據的大學都遵循 GHG 會計準則來定義

⁶ <https://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-021-00454-6>

排放計算標準，亦即將溫室氣體排放分為三大範疇：

- 範疇 1：由校園擁有或控制的內部基礎設施所產生的直接溫室氣體排放。
- 範疇 2：校園購買或取得能源所產生的間接氣體排放；一般為電力和熱能。
- 範疇 3：其他間接溫室氣體排放；包括校園商業活動、辦公室及實驗室消耗品採購、教職員生商務旅行等。

但許多大學因為發展出獨特的營運模式，造成部分排放源的範疇偏離 GHG 會計準則所定義的內容。例如：莫納什大學、開普敦大學和耶魯大學已經開始運作自有發電廠供電、南洋理工大學設有完善的太陽能發電模組，這些營運方式都會讓一部分因發電耗能產生的排放影響，從範疇 2 轉移到範疇 1；若大學已招募自有車隊並提供服務，而非使用外部承攬車輛時，教職員生在商務旅行時產生的排放則會從範疇 3 轉移到範疇 1。

整體而言，單純使用 GHG 會計準則來比較大學之間的碳排放影響，相當具有挑戰性，因此目前多數的實證研究報告，都將比較基準建立在校園碳排放造成的影響類別而非排放範疇本身。

三、目前仍缺乏針對教育機構的具體減碳或碳盤查指導方針，導致大學根據自己的主觀判斷與經驗來決定將哪些排放源納入最終碳盤查結果⁷

由於缺乏針對教育機構的具體減碳指導方針，使得遵循統一的計算方法來比較不同大學之間的減碳結果變得更加困難；國際科學期刊上有關高等教育機構評估碳盤查所使用的方法，較多人關注的有：Robinson et al. (2018)、Helmerts et al. (2021)、以及 Valls-Val and Bovea (2021)。

但是這些既有的方法論多半採取 GHG 會計準則來定義排放源，雖然明確規範了範疇 1 和範疇 2，對於範疇 3 卻不那麼嚴格，並且允許選擇性地納入間接或非能源相關排放，導致高等教育機構似乎根據自己的主觀判斷與經驗來決定將哪些排放源納入最終的碳盤查結果，往往缺乏可信度。

⁷Journal of Environmental Management, "Carbon footprint at institutions of higher education: The case of the University of Oulu", March 01, 2023.

四、電力使用佔校園溫室氣體排放的 80% 以上，為儘早達成淨零目標，應針對校園排放大宗進行結構性的轉型

根據教育部「校園溫室氣體管理手冊」，電力使用佔校園溫室氣體排放的 80% 以上，其他如教職員生的交通工具使用、餐廳及實驗室的燃料使用、廢棄物管理等，均為校園內可能的碳排放源。

為使英國高等教育機構成為引領全球加速淨零轉型的領導者，長年致力於推動英國境內高等教育發展的皇家週年信託基金(the Royal Anniversary Trust)於 2023 年 1 月提出「加速英國高等教育機構實現淨零排放」報告⁸，利用高等教育機構的既有優勢，透過夥伴關係串聯知識網路，採取系統性方式提出減少溫室氣體排放、增強氣候調適能力、保護自然環境等新解決方案。該報告指出，校園碳排放主要來自建築物(19.0%)、通勤(24.4%)及消費產品採購(36.3%)等項目。

聯合國永續發展解決方案網路(Sustainable Development Solutions Network, SDSN)2023 年報告則是臚列出各種校園活動，包含電力使用、建築物、校車、實驗室廢棄物、購買能源、購買商品與服務、特許經營權等，並使用範疇 1、2、3 的分類方式，提供大學校園碳排放的廣泛定義(如圖 1)。

綜上，雖然對於大學校園的碳排放計算存有爭議，但因為校園營運涉及的項目相較於一般社會單純，大致仍可歸納出影響校園碳排放較大的項目，如電力使用、建築物、通勤運具、辦公室及實驗室消耗品採購等。為了讓高等教育機構可以儘早發揮社會影響力，成為推動整體經濟達成淨零轉型的強大助力，應設定校園減碳計畫，規劃清楚的階段目標及里程碑，針對校園排放大宗進行結構性的轉型。

⁸ The Royal Anniversary Trust, "Accelerating the UK Tertiary Education Sector towards Net Zero", Jan 22, 2023.

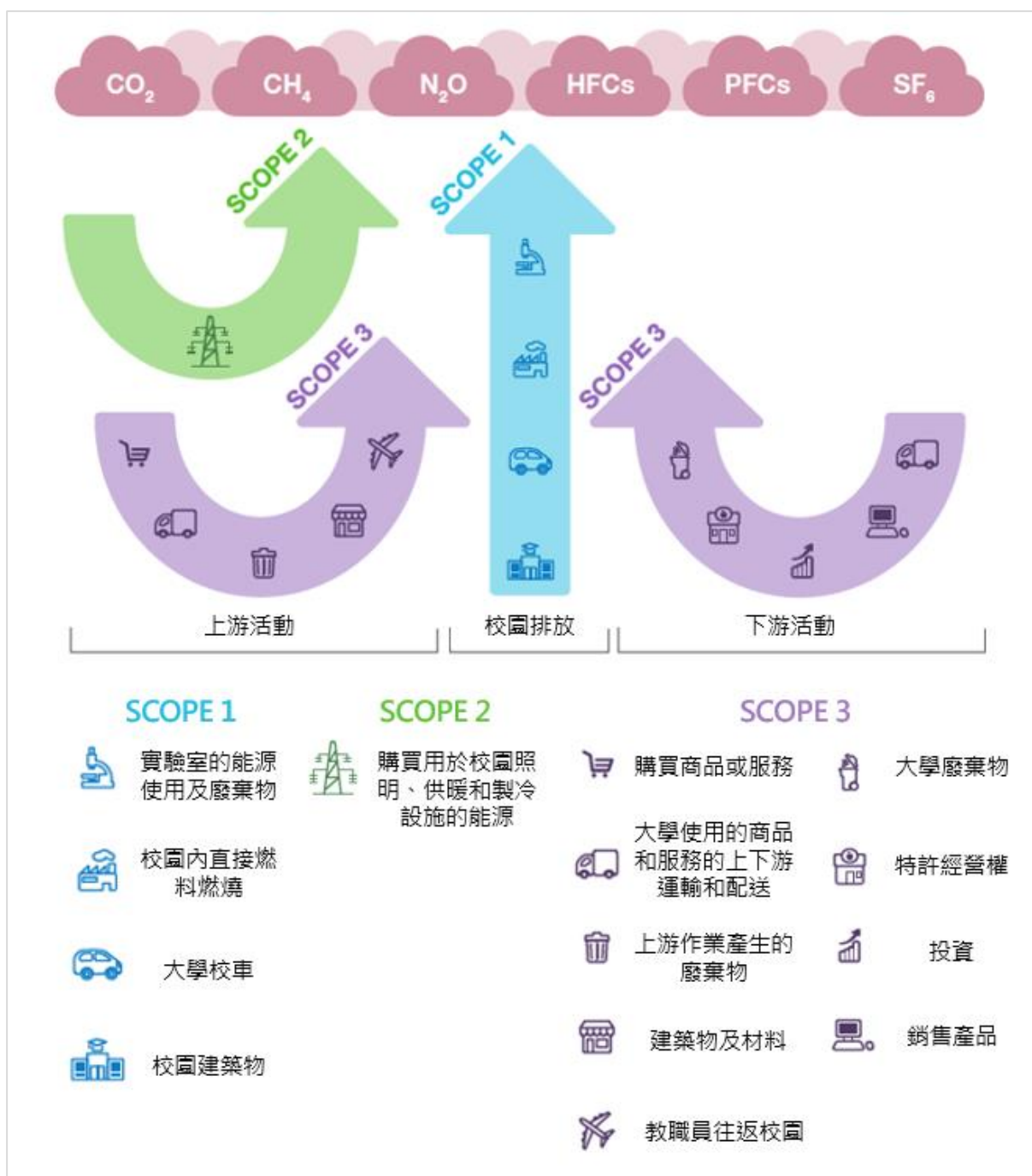


圖 1、大學校園碳排放的廣泛定義(範疇 1、2、3)

資料來源：SDSN (2023), “NET ZERO ON CAMPUS. A guide for universities and colleges to accelerate climate action”.

伍、 低碳校園淨零轉型指引

全球有超過 1,000 所大學加入聯合國「淨零競賽」(Race to Zero)⁹，以實現校園淨零，但直到現在仍缺乏校園間共同的最佳實踐及資源分享平台。為此，SDSN 與 Monash 大學合作，於 2023 年發布了校園淨零指南和線上資源，詳細說明校園透過減少能源、交通、建築、廢棄物管理和整體價值鏈的碳排放，實施淨零具體行動的指引。SDSN 希望培育高等教育機構教職員生，讓校園營運符合淨零原則，並提供更多創新技術，在接下來關鍵的十年氣候行動中，發揮其作為全球轉型推動者的優勢。

一、校園淨零路徑規劃原則

依據 SDSN 指引手冊內容，高等教育機構邁向淨零的旅程中，最重要的是儘早規劃安排實現淨零排放的關鍵原則和階段目標，因此指引手冊提供重點原則，作為高等教育機構評估及規劃的參考基礎。

(一)做出承諾: 達成校園淨零轉型的第一步就是做出淨零承諾，目前世界頂尖的高等教育機構都透過加入聯合國淨零競賽倡議(UN Race to Zero Initiative)來做出淨零宣示。

(二)評估與組織：

1. 評估碳排放範疇: 校園不僅必須瞭解其營運排放，還必須掌握其使用的產品或服務價值鏈中產生的排放。然而範疇 3 的間接排放量不在校園直接管理或營運控制範圍內，所以很難評估，必須考量校園內最重要的間接排放項目，如:通勤、商務旅行、設備購買、廢棄物處理等，盡可能掌握排放範疇。
2. 治理架構: 治理機構、工作小組和流程設計等對於校園淨零計劃、推動透明度、問責制和利益相關者參與至關重要。

(三)計畫與戰略：

1. 了解校園淨零計畫的利益及挑戰: 重要的是要仔細考慮大學的背景，並

⁹ Race to Zero 是一項由聯合國主導的全球性運動，號召全世界的城市、企業、組織、醫療機構、教育組織等非國家行為者為，在 2030 為全球碳排放量減半、2050 達成碳淨零。目前已有超過 11,000 名成員（城市、地區、投資者、公司以及教育和醫療機構）加入運動，集結來自全世界的夥伴，希望攜手打造一個更健康、更公平的零碳世界。

在總體淨零計畫中制定出面對共同挑戰的解決方案。

2. 辨別淨零路徑的效益與成本：淨零倡議的生命週期成本和收益通常從財務角度考慮。於此同時，效益可以是非財務的，例如社區健康的改善、大學或學院運營更好的氣候適應能力、當地空氣質量的改善以及聲譽效益。通過量化這些效益，淨零倡議更有可能獲得主要利益相關者的支持和認可。
3. 設定清楚的階段目標及里程碑：例如運用 SBTis，設定基於科學基礎的目標，與最新氣候科學採用一致標準。

(四)實踐與創新：

1. 實踐校園淨零倡議：針對能源、通勤、設備、廢棄物處理及價值供應鏈等排放項目進行減排。
2. 創新並擴大轉型範圍：高等教育機構可以通過擴大其成功案例並推動氣候變化方面的知識和研究，在校園之外發揮主導作用。
3. 籌措淨零資金：聯合國政府間氣候變化專門委員會(IPCC)估計，每年需要 1.6-3.8 兆美元才能避免升溫超過 1.5°C。然而，2019-20 年，氣候相關資金流量僅為約 6000 億美元。淨零行動計劃的融資已被高等教育機構確定為一個關鍵挑戰，尤其氣候脆弱地區的大學和學院籌集資金更為困難。

(五)監測與評估：校園內的淨零計畫需要定期審查和透明評估，以確保達成淨零目標。

二、校園淨零關鍵行動計畫

高等教育機構有五項關鍵行動計畫可以推動氣候變遷的減緩與調適，利用其核心優勢並成為成功案例後，可以進一步影響或改變經濟體系，發揮校園在應對氣候變遷時的關鍵領導力。

(一)知識建構：學生在校園中學習氣候變遷相關知識，畢業後將相關知識應用於工作場所，發揮校友的傳遞能量影響整體社會，讓氣候變遷的社會成因發生變化，進一步改變氣候變遷的減緩與調適。

- (二)研究：高等教育機構有強大的研究量能，主導氣候科學研究，並開發應對氣候變化的產品和技術，研究成果可為社會和組織提供資訊，對氣候變遷的減緩與調適產生影響。
- (三)為社區提供服務：高等教育機構有豐富資源，可以向決策者或社區提供實證研究和政策建議，影響組織制訂政策的考量。
- (四)建立公共辯論或審議平台：高等教育機構參與公民倡議、社會運動並為公眾辯論提供安全空間，有機會影響政府政策決定和公眾輿論，從而影響氣候變遷的減緩與調適。
- (五)校園營運：高等教育機構可以率先做出讓校園完善應對氣候變遷的減緩與調適策略，作為解決方案的試驗場，並將成功案例推行到鄰近的社區，產生擴散效果。

三、校園減碳方向

SDSN 希望高等教育機構可以從能源、運輸、設施、廢棄物處理、價值鏈、校外營運等六大方向進行減碳計畫，以實現淨零校園(如表 1)。

(一)化石燃料供電產生的排放是校園碳排放的主要來源，減少校園總能源需求，可以有效降低能源相關的排放

減少能源需求並提高能源效率是校園實施淨零轉型的第一步，轉型為再生能源、改善校園基礎設施、利用智慧化及自動化技術管理能源、鼓勵教職員生參與節能活動等，都是校園內部減少碳排的積極措施。例如：使用通過能效標準認證的照明設備、限制校園空調運行時間、隨手關燈等。

高度使用化石燃料的設備會提升校園內範疇 1 的碳排放，為了減少這些排放並防止未來能源成本遽增，校園必須轉換成低碳能源，並實現供暖/供冷及照明設備的電氣化。儘管初期需投入大量的設備更換成本，但 SDSN 認為這些成本都可以被未來預期降低的營運及發電成本給彌補。

除了低碳燃料外，建立微電網也是降低碳排放的一種選擇。微電網由再生能源發電、儲能系統和智慧電網組成，智慧電網控制校園內能源的使用時間及方式，與系統負載管理搭配使用，可確保僅在電網發電時運作能源密集型的電器和設備(如圖 2)。



圖 2、微電網系統

資料來源：Monash University, “Online resource about Microgrids developed by Monash University's Net Zero Initiative”.

再生能源涉及高昂的前置成本，對於大多數的校園來說是相當沉重的負擔，但隨著世界各國逐步推動淨零轉型，將再生能源納入國家電網及電力使用，校園則獲得了使用再生能源的新機會¹⁰；此外教育機構可以和地方政府合作建立「能源採購契約」(Power Purchase Agreement, PPA)，在校園內安裝再生能源基礎設施(如：太陽能板、生質能裝置等)。

(二)大多數現代交通方式都仰賴化石燃料，因此降低校園內外運輸通勤產生的碳排放相當重要

使用零排放汽車(Zero Emission Vehicles, ZEV)取代化石燃料汽車，並改變會議舉行的方式，以視訊取代實體會議，盡可能的減少商務出差，或使

¹⁰ 在中等及低收入國家(LMIC)，清潔及高效率的發電技術仍然缺乏可用性、可負擔性及普遍性，例如巴基斯坦 Aga Khan 大學認為他們必須與能源供應商保持密切合作，才能鋪平現在落後的淨零道路。

用大眾運輸系統，藉由發展永續運輸模式來有效降低碳排放，也可以節省不必要的差旅成本。

除了減排，永續交通模式還可以減少校園內外的塞車、空氣污染和道路安全隱患，在校園內提倡簡單、安全和愉快的通行方式(如：腳踏車、步行等)，並串聯校園內部與外部公共交通服務，達成永續通勤方式的轉換，也提升整體社區效益。

(三)校園通常擁有並管理大量的建築物與設施，如何減少使用碳排放量高的建築材料、降低建築體本身耗能、並減少營運中產生的廢棄物，是減排的關鍵要素

校園內的建築物包括教室、辦公室、實驗室、宿舍、體育場館等，使用高能效設備取代能源密集型設備可以快速減少能源需求，例如升級照明、供暖、通風和空調系統等，亦須建立良好的維運模式，以避免系統中的能量損失。

改造原有建築物可以有效提升校園建築能效，但建築改造計畫不一定是單獨進行，應依據現代工作及教學環境，例如：遠距教學及線上互動平台興起，可以更廣泛的考慮改造建築為共享設施，讓校園建築擁有更廣泛的新用途。

如果無法改造原有建築物必須重新建造，則強烈建議使用信譽良好的綠色建築認證計畫和設計標準，以節省長期資金，並增強應對氣候變遷的能力。在設計新建築時，應採用被動式設計¹¹來創造低能源需求的設施，並選擇低碳建築材料(如：含有回收鋼材的鋼筋、粉煤灰混凝土等)，提升建築物綠化程度來減少校園熱島效應，亦可以創造社區就業機會。

(四)校園營運過程中製造的廢棄物，可以透過提升減少垃圾意識，以及循環再利用來降低影響

校園應該致力於減少、回收及再利用廢棄物來構建循環經濟概念，包括

¹¹ 被動式建築設計就是順應自然界的陽光、風力、氣溫、濕度的自然原理，儘量不依賴常規能源的消耗，以規劃、設計、環境配置的建築手法來改善和創造舒適的建築環境。它被認為是當今建築業中最嚴格的標準，被動式設計建築的耗能較傳統建築減少 90%。以台北為例，要符合被動房標準，暖氣耗能要低於每年每平方公尺 15 度，冷氣加上除溼的耗能必須介於每年每平方公尺 40 度到 50 度之間。

材料回收、責任消費及採購、制定廢棄物管理計畫¹²，透過行為改變及觀念改造，讓校園廢棄物逐步減少；教職員工也可以在社區中發起循環經濟商業模式，捐贈舊書或舊衣、設備租賃或折扣出售、甚至是利用教育或研究課程讓學生設計創新循環模式，來發揮更大的影響力。

(五)校園使用的各種設備和用品將涉及產品上游供應鏈的碳排放，優先選擇使用永續材料的供應商可以降低校園碳排放

校園內應規劃永續採購政策，同時適用於校園資產承租戶與校園零售商。與具有相同淨零價值觀的供應商簽訂採購合約，透過合作夥伴的選擇來創造整體價值供應鏈的淨零循環，以符合社會期待。

購買碳權來抵銷校園排放也是一種可行的方法，但是必須考量是否為高品質碳權，避免對原住民或邊緣化社區產生負面危害，也不能因此就消極地減少碳排放。

(六)高等教育機構不僅應在其校園範圍內實施淨零轉型，更應該在整個社區中創造更廣泛的系統性變革

作為思想領袖，校園具有獨特的優勢，可以成為當地社區積極淨零轉型的推動者，高等教育機構可以利用其合作夥伴關係來激勵更廣泛的社區減少排放。透過對基礎研究的貢獻、結合現有知識、參與下一代領導者的教育和培訓、為開放式探索思想創造空間；並透過社區參與，促進減碳創新技術發展；校園也可以做為生活實驗室，在校園內執行大規模測試解決方案，並在社區中產生滾雪球效應。

學生也可以主導校園淨零活動與競賽，促進校園永續生活，透過體驗式學習，發起學生氣候組織，將團體合作融入校園淨零規劃，促進行政部門、教職員工和學生組織之間的合作，發揮由下而上的影響力量，擴大年輕世代對淨零轉型的積極參與，進而將淨零轉型的動力渲染到整個社區。

¹² 減少廢棄物的方式包括：減少食物浪費、減少食品包裝、轉贈剩餘物資、收集有機廢棄物、鼓勵重複使用、使用環保餐具等。

表 1、校園減碳六大關鍵領域

項目	實際作法
能源 Energy	• 減少能源需求 • 更換使用化石燃料的設備 • 建立校園微電網 • 開發再生能源
運輸 Mobility	• 鼓勵永續發展通勤模式 • 校園內部車隊轉型為淨零排放車隊 • 實施永續商務旅行
設施 Facility	• 更換能源密集型設備 • 改造校園建築 • 打造新的永續建築
減少及回收廢棄物 Waste Minimisation and Recycling	• 發展循環經濟 • 實施校園資源回收
價值鏈 Value Chain	• 實踐永續採購 • 購買碳權抵銷排放
校外營運 Beyond Campus Operation	• 扮演轉型的推動者 • 參與學生淨零團體 • 鼓勵淨零教育、研究與創新

資料來源：SDSN (2023), “NET ZERO ON CAMPUS. A guide for universities and colleges to accelerate climate action”.

陸、 低碳校園案例研析

英國泰晤士高等教育（Times Higher Education, THE）於 2023 年 6 月發布「2023 世界大學影響力排名」（University Impact Rankings 2023），以聯合國 17 項「永續發展目標」（SDGs）作為評核世界各大學對實現永續及社會影響力的成果；2023 年共有 1,591 所大學入榜，涵蓋全球 115 個國家或地區，展現在教學、研究、管理及推廣等四大面向的永續發展綜合評量。

其中，有關 SDG 13（氣候行動）的評估結果，係衡量大學對氣候變化的研究、能源使用以及因應氣候變遷的準備情形。澳洲塔斯馬尼亞大學、澳洲新南威爾士大學及加拿大維多利亞大學位居前三名，而我國則以國立屏東科技大學有優異表現。以下分就前述四所大學的低碳校園淨零宣示與轉型策略進行說明：

表 2、2023 世界大學影響力排名— SDG 13 氣候行動

排名	國家	學校名稱	SDG 13	整體 評分
1	澳洲	University of Tasmania	92.8	96.6
2	澳洲	UNSW Sydney	92.6	94.5
3	加拿大	University of Victoria	89.4	95.8
4	加拿大	University of British Columbia	86.2	93.4
5	加拿大	Simon Fraser University	86.0	89.2
6	美國	Arizona State University (Tempe)	84.5	96.5
7	澳洲	Western Sydney University	84.3	99.4
8	英國	University of Exeter	83.7	94.5
9	加拿大	Université Laval	83.1	95.0
10	英國	University of Reading	83.0	90.7
11	英國	Manchester Metropolitan University	82.7	90.4
12	澳洲	University of Newcastle	82.5	93.0
66	臺灣	國立屏東科技大學	70.8	76.8-82.1

資料來源：THE (2023), “Impact Rankings 2023”.

一、澳洲塔斯馬尼亞大學(University of Tasmania, UTAS)

2022 年 11 月，塔斯馬尼亞政府公布修正《氣候變遷法》(Climate Change Act)，承諾在 2030 年實現淨零排放，2040 年使用 200% 可再生能源滿足島上電力需求及交通電氣化，為公私部門應對氣候變遷行動建立明確框架，計畫每五年更新一次氣候變遷行動計畫。

為了支持塔斯馬尼亞政府的淨零政策，且體認到氣候風險的緊迫性、以及讓升溫限制在 1.5 度的必要性，UTAS 認為自己有責任帶領校園及周邊社區對抗氣候危機。採取氣候行動除了降低衝擊外，更可以建立 UTAS 的國際聲譽，強化其永續發展的領導地位，並分享和擴大 UTAS 地緣性(place-based)的氣候研究和解決方案，加速全球淨零轉型。

(一) 低碳校園發展歷程

UTAS 於 2016 年獲得英國聯邦氣候碳中和標準(The Commonwealth Climate Active Carbon Neutral Standard)認證為碳中和組織¹³；2020 年成為國際大學氣候聯盟(International Universities Climate Alliance)成員。

UTAS 於 2021 年 4 月加入聯合國「淨零競賽」(Race to Zero)，承諾在 2030 年將總排放量相較於 2015 基準年減少 50%；並簽署「國際教育工作者氣候行動網絡協議」(The Climate Action Network for International Educators Accord, CANIE Accord)¹⁴，承諾採取實際行動計畫，減少其校園碳排放，也領導國家研究和開發工作，在農業部門推廣碳封存技術。並提供 100 多個氣候課程，讓學生有機會瞭解環境以及氣候變遷，並對社會做出貢獻。

(二) 溫室氣體排放概要

UTAS 根據 2007 年國家溫室氣體和能源報告(National Greenhouse and Energy Reporting, NGER)法案，以及高等教育設施管理協會(Tertiary

¹³ 獲得碳中和認證的組織必須盡可能測量並減少排放，須公開其碳中和報告，並由環境審核員或碳中和顧問至少每三年進行一次獨立驗證。

¹⁴ 國際教育工作者氣候行動網絡協議是一項由國際教育從業者發起的倡議，其使命是支持世界各地的國際教育工作者針對氣候變化採取大膽行動，同時也承認國際教育對於「促進不同民族之間的理解和尊重，以超越國界、文化和語言來解決全球問題」的重要性。

Education Facilities Management Association，TEFMA)基準調查，申報其溫室氣體排放量。

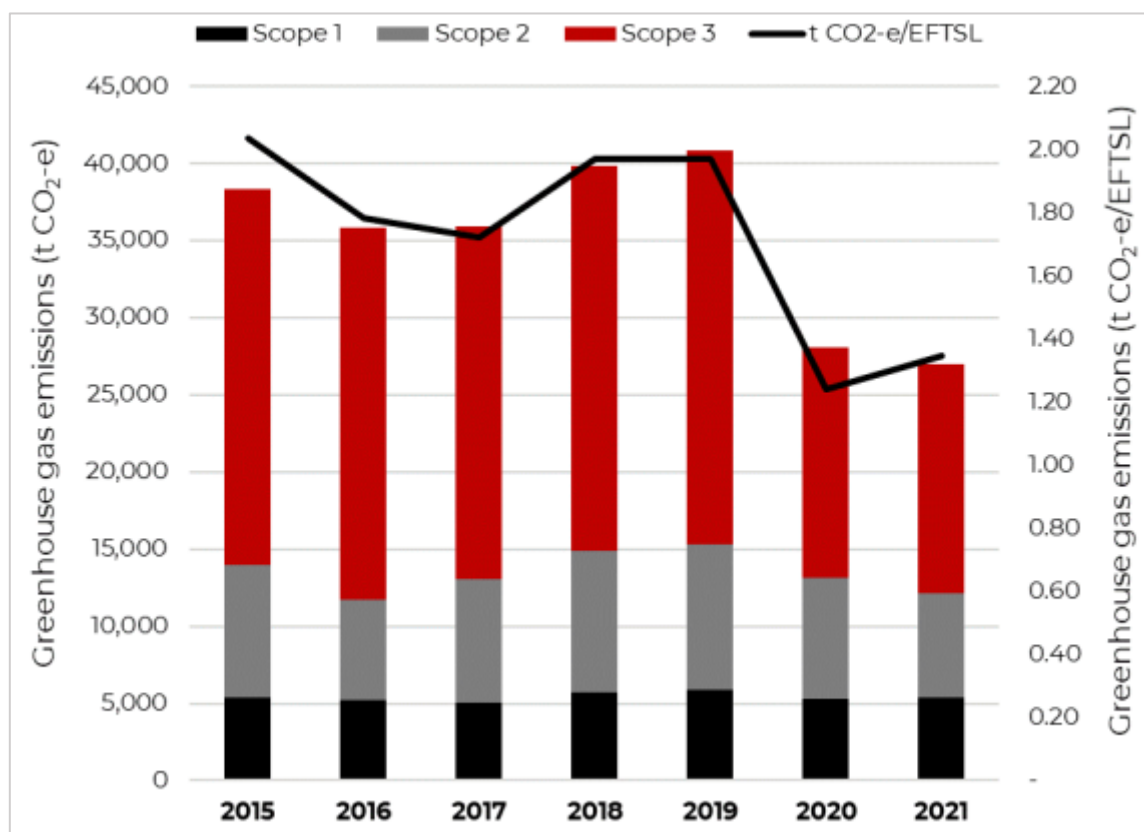


圖 3、UTAS 溫室氣體排放量(依據範疇及 EFTSL¹⁵區分)

資料來源：UTAS, “Greenhouse Gas Emissions Reduction Strategic Plan”

(三)淨零轉型發展計畫

減少校園溫室氣體排放是 UTAS 致力於永續發展的重要目標，UTAS 校園的各種政策或行動計畫均已納入淨零考量。UTAS 的第一份減排戰略計畫 (Emissions Reduction Strategic Plan, ERSP)係在考慮氣候調適、氣候韌性、與校園氣候正義等前提下，減少三個範疇的溫室氣體排放所需的氣候決策；另透過「學生永續發展整合計畫」(Sustainability Integration Program for Students, SIPS)讓學生收集數據、研發減碳方法、應用碳排放計算方式，以支持 ERSP 開發。

¹⁵ 等值全時段學生學習量(Equivalent full-time student load, EFTSL) 係衡量每位學生一年內全日制學習課程的學習負擔。

此外，UTAS 迄今已制定多項校園永續或淨零計畫，敦促利害關係人實踐低碳校園目標，包括：

1. 永續發展戰略框架(Strategic Framework for Sustainability)：UTAS 依據此框架，致力於其設施和營運管理的永續性。
2. 能源戰略計畫(Energy Strategic Plan)：提高能源安全並減少各種形式的能源消耗，減少碳排放。
3. 永續交通戰略計畫(Sustainable Transport Strategy)：減少來自校園通勤等交通運輸的溫室氣體排放，努力實現交通碳中和。
4. 廢棄物最小化行動計畫(Waste Minimization Action Plan)：盡量減少與廢棄物產生和管理相關的碳排放。
5. 財政及投資策略(Treasury and Investment Policy)：校園投資決策將受到化石燃料使用的負面篩選條件，以及聯合國 SDGs 的正面篩選條件的影響。
6. 風險偏好聲明(Risk Appetite Statements)：讓永續發展作為新建築設計核心，以碳中和方式營運，最大限度地減少長期碳排放，並適度協調採購和廢棄物管理，提高環境保護成果。
7. 永續發展參與計畫(Sustainability Engagement Plan)：提升氣候韌性，包括增加永續運輸行為、零廢棄物填埋(包括塑料最小化)、提高能源效率和永續糧食系統。

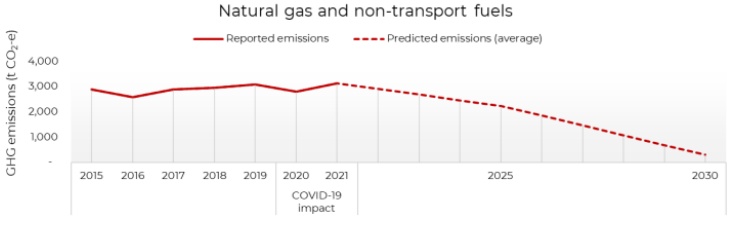
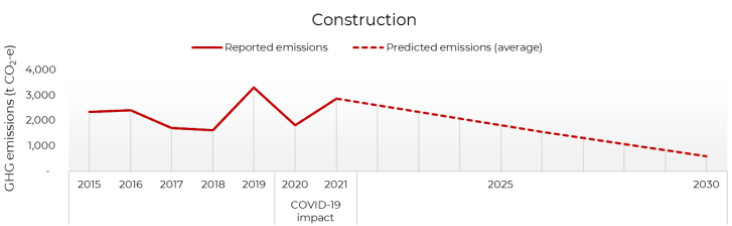
(四) 低碳校園行動計畫

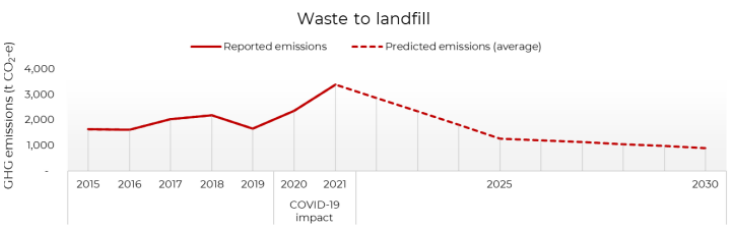
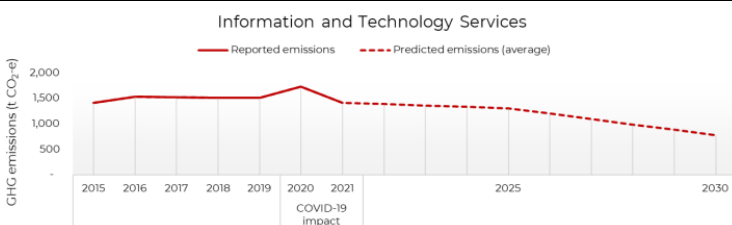
UTAS 針對校園主要碳排放來源，研訂行動計畫，茲將主要碳排放項目的行動計畫說明、KPI/目標、路徑規劃及具體計畫等整理彙列於表 3。

表 3、UTAS 減碳行動計畫

碳排放來源	項目	說明
電力 Electricity	來源	校園電力主要用於空調系統(冷氣、暖氣、通風設備)、建築物機械(電梯、火警偵測系統)、照明系統、教學或研究設備的充電等

碳排放來源	項目	說明
	減碳目標	2025 年減量 5-10% 2030 年減量 45-55%
	減碳路徑	Electricity GHG emissions (t CO₂-e) 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2025 2030 COVID-19 impact
	行動計畫	- 安裝再生能源供電系統 - 簽定再生能源購電協議，最大化減少電力排放 - 升級現有的電力零組件，提高電網效率 - 確保新建築或現有建築整修可降低能源需求 10% 以上
商務旅行 Business Travel	來源	教職員生參加校外研究、教學和行政活動，使用大學管理的車輛以外的交通方式（例如計程車、租賃車、航空旅行），或入住飯店
	減碳目標	2025 年減量 25-30% 2030 年減量 50-60%
	減碳路徑	Business travel GHG emissions (t CO₂-e) 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2025 2030 COVID-19 impact
	行動計畫	- 實施內部碳定價，並為每個業務部門的非研究相關商務旅行設定次數或頻率上限 - 實施獎勵計劃，鼓勵使用大眾運輸商務旅行
員工通勤 Staff commuting	來源	教職員生使用不同的交通方式往返於校園，包括汽車、計程車、摩托車、自行車、公車等
	減碳目標	2025 年減量 10-15% 2030 年減量 35-45%
	減碳路徑	Staff commuting GHG emissions (t CO₂-e) 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2025 2030 COVID-19 impact

碳排放來源	項目	說明
	行動計畫	• 安裝電動車充電設施 • 對電動車充電提供優惠費率 • 在校園內宣傳推廣使用電動自行車或電動汽機車 • 鼓勵使用大眾運輸系統
天然氣與非運輸燃料 Natural gas and non-transport fuels	來源	校園天然氣主要用於暖氣系統、高溫熱水管線、校園餐飲、溫水游泳池、發電機、消防設施和農業設備
	減碳目標	• 2025 年減量 20-25% • 2030 年減量 85-95%
	減碳路徑	
	行動計畫	• 更新天然氣設備，推動電氣化進程 • 使用非化石燃料動力系統的發電機 • 更換化石燃料車輛 • 更換化石燃料烹飪設備
建築 Construction	來源	建築物建造或整修時使用的材料或設備
	減碳目標	• 2025 年減量 20-25% • 2030 年減量 70-80%
	減碳路徑	
	行動計畫	• 使用低碳建築材料 • 使用回收再利用材料
廢棄物處理 Waste to landfill	來源	研究、教學和營運過程中產生的廢棄物，包括：實驗室廢棄物、一般辦公廢棄物、食品等
	減碳目標	• 2025 年減量 20-25% • 2030 年減量 85-95%

碳排放來源	項目	說明
	減碳路徑	
	行動計畫	• 實施「廢棄物最小化計畫」(Waste Minimization Action Plan 2021-2025) • 優化廢棄物處理、回收、再利用流程
資通科技 Information and communication technology (ICT)	來源	教職員生使用 ICT 設備或服務進行教學研究，包括：電話、無線網路、設備硬體購買等
	減碳目標	• 2025 年減量 20-25% • 2030 年減量 85-95%
	減碳路徑	
	行動計畫	• 確認設備供應商通過再生能源認證 • 優先採購節能型設備，並儘量採購數量

二、澳洲新南威爾士大學(University of New South Wales，UNSW Sydney)

新南威爾士大學雪梨分校(UNSW Sydney)於 2022 年發布「2022-2024 環境永續發展計劃」(The Environmental Sustainability Plan 2022-2024)，盼透過建立與聯合國 SDGs 一致的校園永續發展目標，來解決校園面臨的氣候威脅與挑戰。UNSW Sydney 承諾在 2020 年實現範疇 1 和範疇 2 的淨零營運，在 2030 年將總排放量減少 50%，並規劃在 2050 年實現包含範疇 3 的淨零供應鏈。UNSW Sydney 也和與威爾斯政府合作，提供淨零及永續線上課程及技術指導。

(一)溫室氣體排放概要

與 2021 年相比，UNSW Sydney 2022 年的總排放量增加了 18,007 噸 (13%)，達到 156,852 噸。增幅最大的是國際邊境重新開放後的商務旅行(增

加 10,799 噸)以及購買的商品和服務(增加了 7,372 噸)。

大學營運與支出水平在疫情期間大幅減少後，於 2022 年恢復到接近正常水平；因此與 2020 年和 2021 年相比，2022 年校園活動增加，租戶能源使用(增加 2,581 噸)、天然氣和其他燃料排放量也有所增加(增加 1,048 噸)。

整體而言，雖然 UNSW Sydney 溫室氣體排放總量在 2022 年上升，但仍較 2018 年基準低了 46%，遠高於 2025 年減少 30% 的目標，並有望實現 2030 年減少 50% 的目標。

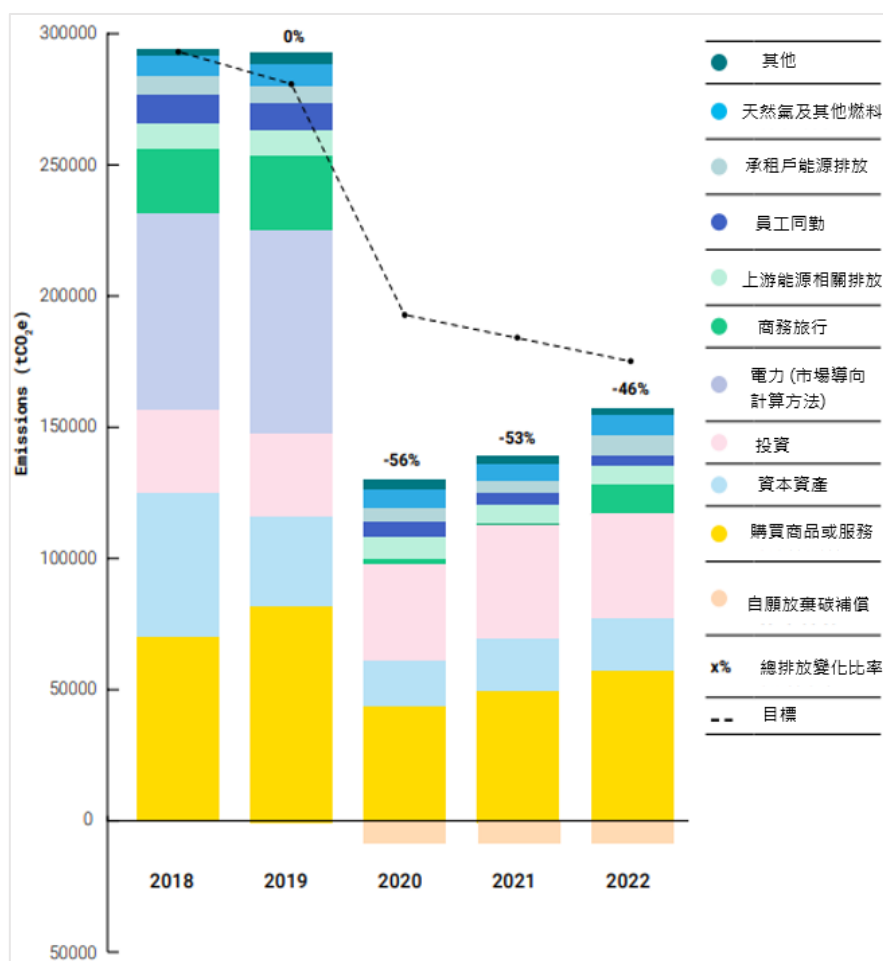


圖 4、UNSW Sydney 溫室氣體排放量

資料來源：UNSW Sydney, “Environmental Sustainability Report 2022”

(二)校園淨零及永續發展目標

UNSW Sydney 的「環境永續發展計劃」規範校園應致力於提升營運過程中的環境績效，從建築規劃、供電方式、減少和管理廢棄物以及校園內外

的交通運輸，UNSW Sydney 持續探尋減少對環境影響的最佳解決辦法。

「環境永續發展計劃」針對三大主題臚列出七大重點領域，並研擬 13 項目標及 16 項關鍵行動計畫，加速實現校園淨零承諾。

表 3、UNSW Sydney 環境永續發展計劃

主題	SDGs	重點領域	核心目標	行動計畫
氣候行動 在校園營運及 供應鏈中採取 緊急行動以達 成淨零	7 13	營運過程 排放	- 維持範疇 1 和範疇 2 的淨零營運模式 - 將太陽光電發電容量提高至 1.5MWp	- 實施第一階段電氣化策略 - 採購 100% 再生電力
		合作實現 淨零	2030 年將總排放量減少 50%，並在 2050 年實現淨零 - 抽離對化石燃料公司的轉投資	- 完成氣候風險評估 - 完成並實施淨零排放戰略 - 責任投資框架 - 永續採購框架
生活校園 創造健康且有 彈性的學習研 究場所	4 11 12 15	校園建築	- 資本項目達成最低永續發展要求 - Kensington 校區達成生物多樣性價值的淨成長	- 建立生物多樣性價值指標和基準 - 建立乾旱區保護地點 - 戰略資產管理計劃
		校園參與 及整合	提高教職員生對於環境永續的認知	- 實施實驗室效率評估框架 - 維護並推廣 SDGs 目標工具及模組
		校園運輸	至少 85% 的教職員生以永續交通方式前往校園	實施校園旅行計劃
資源效率 減少消耗並以 再利用方式管	6 7 12	能源及水 資源	- 能源密集度降低 5% - 水資源密集度降低	實施能源及水資源行動計劃

主題	SDGs	重點領域	核心目標	行動計畫
理廢棄物以節約資源			5%	
		廢棄物管理及回收	- 轉移來自掩埋場的85%一般廢棄物 - 一般廢棄物減少20% - 至少80%的供應商達成零塑認證	- 實施廢棄物管理計畫 - 實施零塑餐飲

資料來源：UNSW Sydney, “The Environmental Sustainability Plan 2022-2024”

(三) 氣候行動成果

儘管受 COVID-19 疫情影響，導致許多大學永續發展活動中斷，UNSW Sydney 仍然在 2019 年至 2021 年期間實現了幾項關鍵淨零里程碑：

表 4、UNSW Sydney 永續發展推動成果(2019-2021)

重點領域	推動成果
營運過程排放	- 簽訂 15 年期太陽光電採購計畫，100% 轉換為再生能源 - 架設 4 座新的太陽能發電裝置 - 架設 6 座新的電動車充電站
合作實現淨零	成立國際大學氣候聯盟(International Universities Climate Alliance, IUCA)
校園建築物	在校園重點開發項目中實施永續發展財務計畫
校園參與及整合	完成實驗室效率評估框架(Laboratory Efficiency Assessment Framework, LEAF)的試點計畫
校園運輸	- 維運巴克街(Barker Street)自行車商店 - 劃設 90 個新的短期自行車停車格
能源及水資源	針對校園內部水資源密集度最高的 20 個建築物，完成水資源評估
廢棄物管理及回收	實施並推廣零塑餐飲(Plastic Free Dining)

資料來源：UNSW Sydney, “Environmental Sustainability Report 2022”

三、加拿大維多利亞大學(University of Victoria, UVic)

為了成為環境、社會、氣候行動及永續發展領域的全球領導者，UVic 致力於社區參與式教學和研究，與政府、社區和企業合作，為因應氣候變遷挑戰提供創新的綜合解決方案，以促進全球衡平發展。並成立氣候和永續發展中心，旨在協調、加強和促進氣候和永續發展解決方案的教育及研究。

UVic 已加入聯合國「淨零競賽」，展現校園對淨零排放的承諾與責任，並發布「氣候及永續發展行動計畫」(Climate and Sustainability Action Plan 2030, CSAP)，作為實踐永續發展的路徑及指導原則；UVic 認為永續發展不應該單獨行動，而是應該建立漸進式且與社區相互依賴的目標，校園淨零的成功將取決於全體師生的參與，加上校園對其他單位的潛在影響。

(一)溫室氣體排放概要

UVic 自 2010 年起每年發布「氣候變遷責任報告」(Climate Change Accountability Report)，說明校園的溫室氣體排放概況、為實現碳中和所購買的補償金額、氣候行動及減排計劃等。

據統計，UVic 校園建築的化石燃料使用佔整體碳排放的 92%¹⁶，而透過優化建築設施、電氣化及數位化等方式，UVic 自 2010 年以來已經減少營運過程的碳排放量 30%；UVic 承諾在 2030 年將總排放量較 2010 基準年減少 50%，並在 2040 年實現淨零排放。

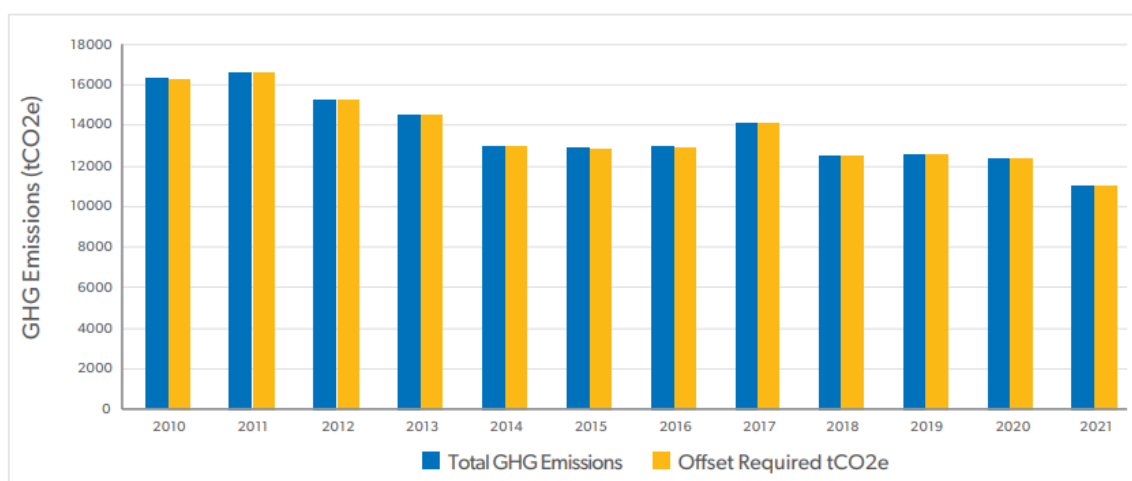


圖 5、UVic 溫室氣體排放量

¹⁶ <https://www.uvic.ca/news/topics/2022+sustainability-net-zero-campus+news>

資料來源：UVic, “Climate and Sustainability Action Plan 2030”

(二)淨零轉型規劃原則

UVic 係依據下列指導原則規劃低碳校園淨零轉型路徑，並提供氣候解決方案，整合永續發展行動。

1. 以在地知識體系和世界觀為發展重點：利用在地化知識體系及價值觀，強化校園環境管理，並擴大校園內外對永續發展的認同感。
2. 創新與卓越：採取積極行動，推動低碳韌性校園，並追蹤績效、整合學習、引領創新並響應具世界觀的最佳實踐。
3. 整合：加強校園內部及外部的協力合作。
4. 有包容性的及可授權的領導力：建立有包容性的決策結構，聽取來自各界的建議，讓整個校園承擔永續發展的共同責任。
5. 氣候正義和公平：參與氣候行動對於弱勢群體或邊緣化社區來說可能存在障礙，必須確認轉型過程中應支持公平正義、多樣性及包容性。
6. 社區參與：與社區和外部合作夥伴合作，發展互利、包容的戰略夥伴關係，對社區產生積極影響。

(三)低碳校園行動計畫

UVic 在溫室氣體排放、廣泛的永續發展及推進聯合國 SDGs 等面向制定了 3 大重點項目，並規劃 11 項短中長期指標來實現。

目標 1：2030 年校園溫室氣體排放量較 2010 年基準減少 50%，2040 年實現淨零排放

目標 2：2026 年獲得永續發展追蹤評估及評等系統(Sustainability Tracking Assessment and Rating System, STARS)的白金認證

目標 3：每年呈現實踐聯合國 SDGs 的進度及成果

短中長期的指標則包含：

1. 尊重地球上所有相互關聯的元素，包括土地、空氣、水及所有生命體，

並承認原住民文化與知識體系的重要連結。

2. 在永續發展社會對話中提升並擴大傾聽原住民的聲音，淨零規畫的世代原則均需包含考量原住民社區的多樣化氣候行動。
3. 持續發展與氣候變遷及永續發展相關的原住民社區知識體系。
4. 讓 UVic 成為氣候及永續發展研究領域的領導者。
5. 讓 UVic 帶領永續發展解決方案的改革與創新研究。
6. 推進永續發展研究，並為實踐永續發展建構發展方向。
7. 向 UVic 全體師生提供永續發展教育。
8. 讓 UVic 全體師生參與氣候行動，並成為改革推動者與領導者。
9. 在 UVic 校園服務中優先考量永續發展及低碳彈性。
10. UVic 的財務管理模式即在資產收購或投資決策中納入永續發展及低碳排考量。
11. 為範疇 3 排放建立基準及評估報告程序。

UVic 也持續研究從廢熱源中回收熱能、將校園規模的熱泵納入區域能源系統、以及使用低碳建築材料等具體技術，且部分技術已經被納入校園的新資本投資項目中。學生住宿和餐飲服務也已納入低碳策略，包括：外牆保溫，通風排氣，以及用於暖氣、淋浴及廚房熱水的高效熱泵技術，新建築的設計和建造亦將符合 LEED v4 黃金級和被動式房屋標準¹⁷。

由 UVic 綜合能源系統研究所帶領的為期七年「加速社區能源轉型計劃」(Accelerating Community Energy Transformation, ACET)¹⁸，利用 UVic 在跨學科和社區研究方面的專業知識，透過促進高度依賴化石燃料的加拿大原住民族及偏遠社區轉換為再生能源系統，並創造公平的當地經濟，避免弱勢族群承受昂貴的能源負擔，幫助加拿大實現淨零轉型目標。

¹⁷ <https://educationnewscanada.com/article/education/level/university/1/947881/planning-for-a-net-zero-campus.html>

¹⁸ ACET 的跨學科研究團隊包括來自工程學、地理學、法律、政治學、原住民治理、公共管理、商業、經濟和環境研究的專家。

四、國立屏東科技大學

屏科大致力於永續發展與大學社會責任之教育、研究、推廣與實踐，以實際行動將學術力量回饋於社會；恪守「塔樂禮宣言」¹⁹，以大學應扮演環境保護與追求永續環境重要角色之理念，實踐綠色校園，達到 2049 年 100% 碳中和目標。

為落實永續與社會責任之管理，創造校園之永續文化，屏科大成立「國立屏東科技大學永續發展辦公室」，研議、推動、評估校園永續發展政策之制定與執行；另有「永續發展諮詢委員會」督導永續發展工作之推動。2022 學年度更新增 2,974 門淨零永續相關課程，深耕綠能技職專才培育，2023 年更獲得「教育類國家永續發展獎」，持續培養具備永續思維和全球公民意識的優秀人才²⁰。

(一)溫室氣體排放概要

為善盡學校環境責任，屏科大建置校園能源查核及管理機制，致力於節能以減少溫室氣體排放。以 2019 年為基期，每年進行溫室氣體盤查作業，並揭露溫室氣體排放資訊(以範疇二為主要揭露範圍，主要盤查範疇為電力及交通，未來將擴大碳盤查項目)，降低能源使用量以達成低碳校園目標。

表 5、以 2019 年為基期之範疇二碳排放量

年度	用電度數(GJ)	用電碳排放量(tCO ₂ e/年)
2019	110,403.28	14,786.82
2020	109,600.67	12,824.63
2021	102,143.71	11,032.67
2022	105,146.03	11,088.49

資料來源：國立屏東科技大學，「2022 永續報告書」

¹⁹ 塔樂禮宣言 (The Talloires Declaration) 是目前國際公認高等教育機構推動永續發展最具指標意義的文件，全世界共有四百多所大學參與連署。塔樂禮宣言揭示高等教育機構的十大行動計畫：(1)增加對環境永續發展的覺醒；(2)創造一個追求永續性的校園文化；(3)教育學生成為對環境負責的公民；(4)促進校園每一份子對環境的認知；(5)落實校園生態；(6)結合政府與民間的力量；(7)跨領域合作；(8)協助中小學校在教導永續發展的能力與建立夥伴關係；(9)加強國內外週邊合作與服務；(10)持續交流與互相扶持。

²⁰

<https://sustainability.npust.edu.tw/news/%e5%b1%8f%e7%a7%91%e5%a4%a7%e6%a6%ae%e7%8d%b2112%e5%b9%b4%e5%ba%a6%e6%95%99%e8%82%b2%e9%a1%9e%e5%9c%8b%e5%ae%b6%e6%b0%b8%e7%ba%8c%e7%99%bc%e5%b1%95%e7%8d%8e/>

(二)校園淨零目標

屏科大於 2012 年加入「台灣綠色大學聯盟」，承諾校務經營納入「環境永續」的理念，並遵守相關環境法律及法規。在全體教職員生努力下，永續校園經營績效獲得國內外肯定，在國際評比中皆有亮眼表現。

屏科大針對環境永續重大議題，設定各項目標，搭配具體策略與行動，並設置永續發展中心、永續發展辦公室等專案編制分組，持續研發及整合資源，推進低碳永續校園發展。

表 6、屏東科技大學永續發展階段目標

重大議題	短期目標 (2023-2024)	中期目標 (2025-2026)	長期目標 (2027-2033)
節能管理 再生能源	- 節電量： 2023 年 1,000GJ 2024 年 1,000GJ - 使用再生能源： 2023 年 26,800GJ 2024 年 26,900GJ	積極推動能源查核及使用管理機制，降低能源使用量，每年用電指標降低，朝低碳校園目標邁進	校務發展結合 SDGs，深化永續發展行動，持續實踐聯合國永續發展目標及綠色永續校園，成為台灣綠色大學領頭羊
氣候變遷治理與行動 廢棄物回收再利用 水資源管理與利用 保護及復育生物多樣性	- 減緩氣候變遷 2023 及 2024 年各種樹 1,000 棵 - 廢棄物回收再利用比率 2023 年及 2024 年 30%以上 2023-2024 年生活污水「全回收、零排放」 2 家企業以上合作推動生態保育	- 持續推廣水資源涵養設施，加強節約用水及生活污水回收再利用 - 非有害廢棄物重量每年減少 - 成立蝦類保種繁殖人才培育，保護水域生物	
國土保育及災害防救	災害防救產官學合作計畫： 2023 年 30 件 2024 年 30 件	推廣提升農地水土保持專業技術，協助地方政府辦理防災宣導，助弱勢族群建構永續家園	

資料來源：國立屏東科技大學，「2022 永續報告書」

(三) 低碳校園行動計畫

屏科大透過推動溫室氣體盤查、永續通勤目標、設置再生能源、節約能源、廢棄物循環再利用及環境永續教育等，落實全校師生對永續校園的共識，達到低碳校園目標。以下說明相關行動計畫：

1. 溫室氣體減量與管理

(1) 逐年擴大碳盤查項目，持續邁向碳中和大學

2019 年盤查範疇為電力及交通，未來將擴大碳盤查項目，並持續藉由各種節能設施、綠色能源發電、種植樹木與綠地等措施減少碳排放，2049 年達成 100% 碳中和目標。

(2) 農業淨零碳匯，邁向淨零碳排

鑒於農業是碳匯、固碳及碳中和的最佳路徑，屏科大於 2022 年 3 月設立「農學院熱帶有機農業淨零與碳匯推動辦公室」，積極進行創新農法研發，對外爭取計畫，輔導上中下游農產業生態系，以最低成本階段性達到減少碳排放及增加碳匯之目標。

(3) 永續減碳通勤

為減少汽機車數、改善空氣污染及車禍發生等問題，營造健康安全的綠色校園，自 2016 年起配合友善地球及校園綠能交通運輸政策，訂定永續通勤目標；設置免費校園公車鼓勵搭乘公眾運輸。

2. 節能管理

成立節約能源推動小組，推行節約能源工作，落實師生節約能源共識。於全校大型建物建置校園智慧能源監控系統及智慧空調管理系統，監控全校各建築物用電量及空調使用。逐步更換老舊空調為變頻空調，並裝設變頻空調智能計費表，以控制用電量、將老舊電力變壓器更換為非晶合金變壓器，減少功率損耗、全面更換 LED 燈具、學生宿舍全面使用熱泵提供熱水、節水龍頭、省水馬桶等節能設備，透過定期維護，保持設備正常運作。

3. 再生能源

屏科大配合政府能源政策，希望在 2025 年將再生能源使用比例提高至 20%，以自發自用為目標。校園內再生能源發電設備有太陽能、風能、生物柴油能及生質能等；於 2022 年創建「永續研發中心」，由先進綠能技術、農林循環經濟創值、生質能源循環、畜牧環境永續科技等團隊組成，持續研發與整合資源，發展再生能源的採集、儲存與利用。

4. 綠色建築

屏科大新建築採智慧綠建築，自然採光，並安裝相關節能設備以符合永續標準，目前取得五張候選綠建築證書，均符合綠色量化，基本保水量，每日節能和水資源的四個指標。

5. 廢棄物管理

屏科大環境安全衛生中心負責校園環境維護之規劃與執行，推動環安衛管理系統，制定校園廢棄物處理政策，以落實校園廢棄物減量，力行資源回收與循環再利用。

針對有機廢棄物，根據其性質進行循環再利用，以跨領域研究、產學合作、資源循環、再生零廢棄、環境友善的原則，將有機廢棄物進行收集、運輸、儲存、再利用，透過創新技術與研發，創造綠金新價值。

柒、對臺灣的啟示與建議

一、校園環境基礎建設應納入淨零與永續思維，並參酌政府政策規劃方向，讓校園營運跟上整體社會淨零轉型腳步

依據前述澳洲塔斯馬尼亞大學、澳洲新南威爾士大學及加拿大維多利亞大學的低碳轉型策略，可以看出國際間推動校園減碳，均會參考政府整體政策規劃，並著重基礎建設的改造或新建；無論是低碳建材的選擇、低碳運具的編制、校園廢棄物的循環管理等，都希望用創新的經營管理模式來達成減碳目標，除了低碳轉型的策略規劃外，也設定了短中長期各階段的發展方向與目標，將淨零與永續理念融入校園長期發展策略規劃。

我國高等教育機構應參考國際經驗，導入節能、創能、儲能、循環經濟、減碳技術研發、淨零永續教育等概念，除了盤點校園在淨零碳排領域的研發能量，規劃相關課程與活動，讓學生充實淨零碳排的知識與素養，並養成節能減碳的良好習慣外，亦需盤點校園重大能耗設備，透過操作策略優化、高效設備汰換等方式持續改善。

另外，建議可參考我國 2050 淨零轉型路徑規劃，導入系統化規劃節能措施，採用一級能效設備，或在屋頂裝設太陽能板、設置地面型太陽光電系統，逐步汰換為燃氣發電機組或儲能蓄電池型式等，減少碳排放並增加使用再生能源，讓校園邁向永續未來。

二、建議可在現有環境教育基礎上，結合我國淨零轉型及永續發展目標與行動計畫考量，讓年輕世代的減碳意識和永續素養更貼近國際社會核心價值，以校園培力支持社會轉型，發揮教育的關鍵影響力

永續發展和淨零轉型近年來已成為世界的共同語言，更是一個不分國界的全球性挑戰，沒有任何國家、產業及城市能置身事外；不僅企業積極展開企業社會責任(CSR)計畫，國際間的高等教育機構也發動了大學社會責任(USR)風潮，而高等教育機構對於淨零及永續的影響力也逐漸引發國際關注；高等教育機構擁有優秀的學者教授、想法創新且具有高度行動力的莘莘學子，也有許多進行中的減碳研究、以及在地進行的實驗項目，在培育人才傳播知識方面，具有獨特的地位，若能有效在國家淨零政策中納入學研量能，高等教育機構就能在低碳轉型過程中發揮生產知識的重要助力。

我國教育部於 2019 年正式啟動以素養為核心的十二年國民基本教育課程綱要，強調以跨學科、跨領域議題教學為革新方向，並將「環境教育」納入重要學習議題，發展環境倫理、永續發展、氣候變遷、災害防救及資源能源永續利用等五大學習主題，以及全球關切的環境教育議題學習內容。2020 年教育部提出「新世代環境教育發展」(New-generation Environmental Education Development, NEED) 學習理念，呼籲以永續發展為導向的環境教育，讓學生扮演觸發校園及周邊社區朝向永續發展目標轉化的角色，確保學校課程所學的知識實際運用於日常生活中，促進自發、互動、共好之系統性思考與獨立思辨能力。

面對嚴峻而難以預知走向的氣候緊急狀態，我國政府應更積極透過提升學生新世代環境教育的素養，將氣候變遷、永續發展教育及永續發展目標的三合一知能導入既有的環境教育架構和政策，帶領學校環境教育朝向永續發展目標，深化學校環境教育的教學與行動，讓年輕世代環境素養更貼近國際社會核心價值，才能更有效發揮校園對於淨零減碳以及永續發展的關鍵影響力。

三、政府應深入評估高等教育機構對於減碳的貢獻，利用政策引導加速高等教育機構減碳學研成果的擴散效果，並強化產官學研界及社區的減碳鏈結，讓高等教育機構成為社會減碳的重要助力

UVic 利用在地化知識體系及價值觀，強化校園環境管理，並擴大校園內外對永續發展的認同感，與社區和外部合作夥伴合作，發展互利、包容的戰略夥伴關係，對社區產生積極影響，亦在永續發展社會對話中多方考量原住民社區可能遭受的衝擊與影響。

2021 年日本文部科學省、經濟產業省、環境省共同成立「大學聯盟」，共 188 所大學參加，透過教育研究和社會貢獻活動，創造國家與區域政策及創新基礎的科學知識，並發揮擴散效果。大學聯盟的校園零碳工作組致力於制定政策和路線圖；區域零碳工作組則是研究地方政府與大學間的地方計畫合作；創新工作組主責為加強產官學和私部門合作並促進研發；人力資源發展工作組著重於碳中和人才培育計畫及教材；國際合作組則扮演橋樑連接日本與其他國家。

而我國高等教育界 9 所國立大學於 2022 年 11 月共同成立「台灣永續治理大學聯盟」，成員包含台灣大學、台灣師範大學、台灣科技大學、中央大學、中興大學、中山大學、台灣海洋大學、屏東科技大學以及東華大學。建立高等教育機構間的交流網絡，共同肩負起大學永續發展及社會責任，建立大學永續治理交流網絡、設立永續專責單位、改善校園治理缺口、確立低碳轉型及韌性調適目標。

我國教育部則是為了呼應國家氣候變遷調適政策，針對氣候變遷調適之教育規劃「通才」與「專才」培育雙主軸方式，藉由「氣候變遷調適教育教學聯盟計畫」成立大專九大專業領域教學聯盟，及中小學教學聯盟，透過個別計畫推動與整合，提昇跨領域間資源共享與合作。藉由提供各領域之「氣候變遷調適專業融入補充教材」等各種教學資源之交流分享，提升國內相關領域教師於氣候變遷方面的專業學識，以培育更多具氣候變遷調適專業素養之學生。

綜上，國際間推動校園減碳時，除了重視校園內部的轉型與減碳實績，亦將產官學研界合作、社區參與、社區淨零環境營造、公正轉型等理念納入規劃要素，發揮校園不可取代的知識傳播與社會貢獻等重要功能。惟我國政府在校園減碳方面，較著重於人才的知識培育及教材修訂，欠缺將教育或研究成果貢獻整體社會、或是結合產官學研界共同努力邁進的思維；高等教育機構雖然自行組成永續治理聯盟，仍偏重校園內部的永續經營，向外拓展範圍有限；因此如何加速高等教育機構學研成果的擴散實績，讓高等教育機構成為社會減碳的原動力和推進力，需要政府進一步的支持與評估。

四、教育機構可能因為缺乏對環境的認知或缺乏經費資源而忽視碳排放造成的影響，建議政府可建立校園減碳成功經驗知識分享平台，發揮擴散效果，帶領更多校園邁向淨零及永續目標

當整體經濟社會都已經積極展開行動，高等教育機構的減碳進度卻沒有顯著表現，在追求永續的「教育」面向上，相關的討論卻比較少，也缺乏成效評估，尤其以理工見長的院校，永續教育資源略顯不足；更可能因為缺乏對環境的認知或轉型經費而置身事外，在困難的校園碳盤查過程中，也可能因為缺乏資源及可信度，造成整體高等教育機構忽視其碳排放影響。

為加速整體社會達成淨零轉型，提升我國教育體系的淨零意識及經驗分享亦至關重要。「2023 世界大學影響力排名」報告中，我國在 SDG 13（氣候行動）表現較佳的學校為國立屏東科技大學。屏科大長期致力於永續發展與大學社會責任之教育、研究、推廣與實踐，以大學應扮演環境保護與追求永續環境重要角色之理念，實踐綠色校園，達到 2049 年 100% 碳中和目標，在全體教職員生努力下，永續校園經營績效獲得國內外肯定，在國際評比中皆有亮眼表現。

建議未來政府可參考成功案例，製作校園減碳成功案例的示範教材或建立知識分享平台，讓資源相對缺乏的校園可以更快速地獲取減碳經驗，引領更多校園加入減碳實際行動。

五、本研究囿於時間及資料來源限制，未能對國內低碳校園現況及實踐方法進行更深入且具體的研析，後續或可蒐集更多國內校園淨零進展

本研究參考英國泰晤士高等教育「2023 世界大學影響力排名」有關氣候行動的評估結果，挑選澳洲塔斯馬尼亞大學、澳洲新南威爾士大學及加拿大維多利亞大學及臺灣國立屏東科技大學的低碳校園淨零宣示與轉型策略進行研析；惟因氣候行動難以使用單一指標進行衡量，THE 排名可能略失公允。

另外，本研究囿於時間及資料來源限制，未能對國內低碳校園現況及實踐方法進行更深入且具體的研析，亦無法將國內各大專院校的發展條件及資源限制納入考量，未來或可持續透過不同管道蒐集更多國內校園淨零進展資訊，充實研究內容。

參考文獻

1. 文部科学省(2021),「カーボンニュートラル達成に貢献する大学等コア」。
2. 社團法人中華民國企業永續發展協會(2005),「第二版溫室氣體盤查議定書—企業會計與報告標準」。
3. 周煜翔(2012),「綠色校園減碳績效指標之初探—以東海大學為例」。
4. 國立屏東科技大學,「2022 永續報告書」,2023.08。
5. 國立臺灣大學社會科學院風險社會與政策研究中心(2022),「各國減碳宣言歲末大盤點！走在東亞前端的日本、韓國怎麼邁向碳中和？」。
6. 國家發展委員會,《臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明》,2022.03.30。
7. 國家發展委員會,《淨零轉型之階段目標及行動》,2022.12.28。
8. 教育部(2021),《新世代環境教育發展政策中長程計畫(111-114 年)》。
9. 張瑞雄,「《教育停看聽》大學應領導社會節能減碳」,2023.01.30。
10. 廖慶榮,「大學怎麼淨零轉型？可以做這 6 件事」,2022.11.15。
11. 黎錦輝、文一智(2020),「我國亞熱帶地區被動式建築設計之策略初探」。
12. 劉仲恩、甘庭宇(2021),「永續課程有哪些？誰來教？怎麼學？全臺大學環境永續與氣候變遷課程的挑戰與機會」。
13. 駐英國代表處教育組,「英國 COP26 大學網絡對氣候議題的影響力」,2021.12.11。
14. 環境資訊中心時事專題,「【專訪 PHI】除溼、遮蔭做好 被動式「節能建築」也適用台灣」,2018.07.17
15. Caird, S., Lane, A., Swithenby, E., Roy, R. and Potter, S. (2015), "Design of higher education teaching models and carbon impacts", International Journal of Sustainability in Higher Education, Vol. 16 No. 1, pp. 96-111.
16. IPCC (2023), "AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023"
17. Marieke Versteijlen, Francisca Perez Salgado, Marleen Janssen Groesbeek, Anda Counotte, "Pros and cons of online education as a measure to reduce carbon emissions in higher education in the Netherlands", 2017.11.22
18. Paula Meason, "The Campus Carbon Footprint Hiding in Plain Sight", November 2, 2021.
19. SDSN, "Net Zero on Campus: A guide and accompanying toolkit for universities and colleges to accelerate climate action worldwide", April 20, 2023.
20. The Royal Anniversary Trust, "Accelerating the UK Tertiary Education Sector towards Net Zero", January 22, 2023.
21. UNSW Sydney, "Environmental Sustainability Report 2022", June, 2023.
22. UTAS, "Greenhouse Gas Emissions Reduction Strategic Plan 2022-2030", June, 2023 (updated).
23. UVic (2022), "Climate and Sustainability Action Plan 2030"