

淨零永續人才培育： 大學之道

蔣本基

名譽/終身特聘教授

國立臺灣大學 環境工程學研究所

2025年11月27日

目錄

一. 前言

二. 大學之道：淨零永續

三. 人才培育策略與方案

四. 結語

一、淨零永續

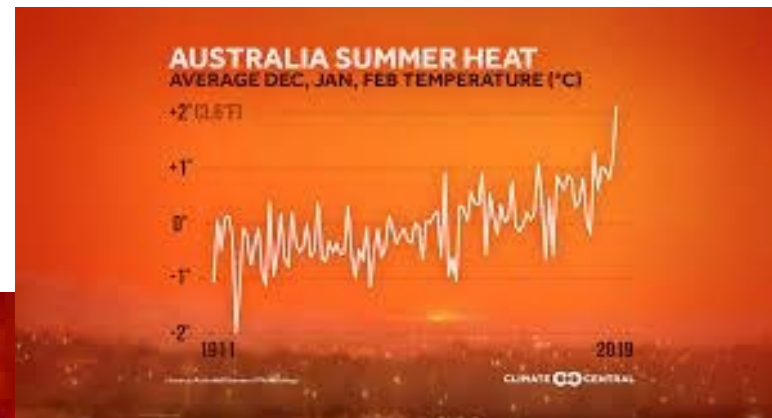
1.1 氣候變遷

法制趕不上環境惡化的速度，永續發展似乎成為了奢想

WWF: 自 1970 年代人類致 4,000 種動物群族減 60%，問題根源是過度消費，我們不應再忽略當前不永續的生產模式和浪費帶來的影響。 Source：立場報道 2018.10.30



澳洲大火帶來了史上最糟糕的空氣品質.....



澳洲大火有將近1/3的無尾熊，8,000隻被大火吞蝕，也帶來了史上最糟糕的空氣品質.....



AMAZON RAINFOREST IN NUMBERS

- 73,000** Approx number of fires since January 2019
- 4,100** miles of winding rivers
- 1/10** known species on Earth live in the rainforest
- Home to **1 million** indigenous people and **3 million** plant and animal species
- 20%** of the world's oxygen is produced here
- Spans across 9 mostly neighboring countries: Brazil, Peru, Ecuador, Colombia, Venezuela, Suriname and French Guiana
- 9** If it was a country it would be the ninth largest in the world
- 1.4 billion** acres of dense forests, half of the planet's remaining tropical forests
- 2.6 million** square miles in the Amazon basin, about 40 percent of South America

The rain forests contain 90 to 140 billion metric tons of carbon



亞馬遜森林大火73,000個火場，影響到地球20%的氧氣來源，及1/10的物種生存.....



□ 損失情況概述

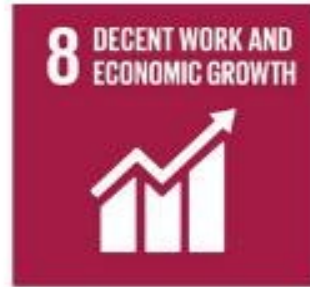
- 山火造成的經濟損失預計在**2500億至2750億美元**之間，這可能使其成為美國歷史上損失最嚴重的自然災害之一。
- 燃燒的面積達到**165平方公里**，至少**12000棟建築**被摧毀或變得不適宜居住。
- 目前已確認有**27人死於此次災害**，約**10萬居民**無家可歸。
- 當地政府緊急採取了防護措施,包括在**60英里範圍內**設定防護設施,但仍面臨泥石流等風險。
- 鑑於此次山火的嚴重性，預計**恢復可能需要長達10年的時間**。

巴黎氣候協議

□巴黎氣候協議生效，確立全球減碳方向

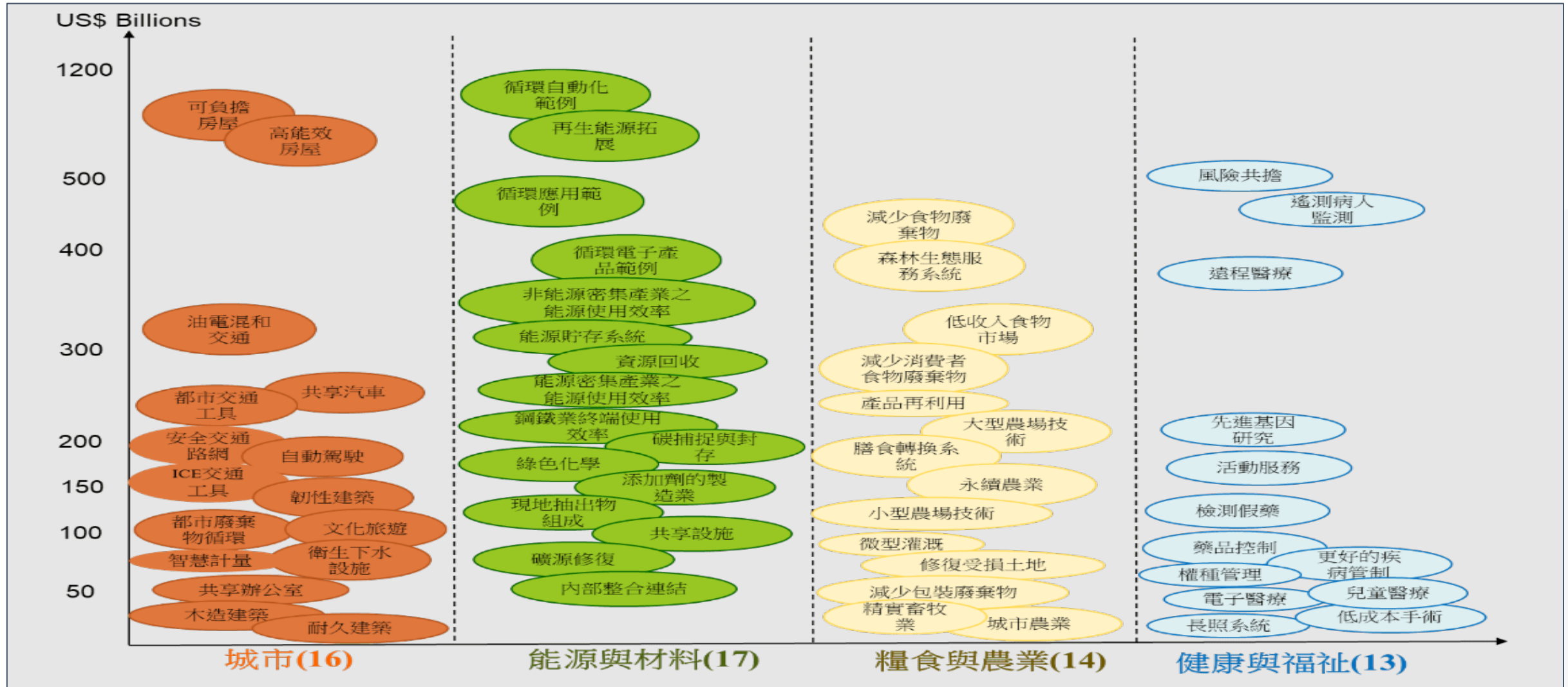
- 在維持全球增溫不超過2°C的共識下，聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)第21屆締約國會議(COP21)已於2015年底達成歷史性的全球氣候協議，將成為2020年後國際間執行溫室氣體減量與氣候調適工作的主要依據。
- 碳中和之概念是指首先由溫室氣體盤查量化開始，其後藉由減量措施(包括提升能源效率、優化再生能源、碳捕捉、封存與利用技術、開發替代能源等)減少溫室氣體排放量。
- 再透過碳抵換(Carbon Offsets)機制，抵換無法藉由減量措施降低之溫室氣體排放量，進而達成使「溫室氣體淨排放量為零」。
- 因此國家、企業與活動等必須透過溫室氣體量化→減量→抵換三階段，以達成碳中和的終極目標。

1.2 永續發展目標 (Sustainable Development Goals)



资料来源: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals>

實現永續發展目標的 60 大商機



城市

城市市場：（1）韌性城市、（2）綠色交通和（3）綠色建築

韌性城市

- 建設有韌性的城市
- 市政漏水
- 文化旅遊
- 智慧電錶
- 水和衛生基礎設施
- 辦公室共享

Value (in 2030): \$515 billion

綠色交通

- 電動和混合動力汽車
- 市區公共交通
- 汽車共享
- 道路安全設備
- 自動駕駛汽車
- 內燃機車燃油效率

Value (in 2030): \$1.215 trillion

綠色建築

- 經濟適用房
- 能源效率 - 建築
- 木結構建築
- 耐用的模塊化建築

Value (in 2030): \$1.93 trillion

能源與材料

能源和材料：(1) 永續能源，(2) 能源效率和 (3) 循環經濟

永續能源

- 可再生能源的擴張
- 儲能系統
- 資源回收
- 能源獲取
- 電網互聯

能源效率

- 能源效率 - 非能源密集型行業
- 最終用途鋼材效率
- 能源效率 - 能源密集型行業
- 共用基礎設施
- 礦山修復

循環經濟

- 循環模型 - 汽車
- 循環模型 - 設備
- 循環模型 - 電子
- 碳捕獲與封存
- 綠色化工
- 增材製造
- Extratives 中的本地內容

食品和農業

食品和農業: (1)永續農業、(2)生態服務和(3)綠色食品

永續農業

- 減少價值鏈中的食物浪費
- 減少消費者的食物浪費
- 農場技術
- 微灌溉

生態服務

- 森林生態系統服務
- 低收入食品市場
- 牛集約化

綠色食品

- 產品改造
- 飲食轉換
- 永續城市農業
- 減少包裝廢棄物

(FAO, 2011)

健康福祉

健康福祉: (1) 普遍獲得醫療保健、(2) 改善醫療保健和(3) 非傳染性疾病

普遍獲得醫療保健

- 風險分池
- 遠程患者管理
- 遠距醫療
- 電子病歷
- 低成本手術

改善醫療保健

- 先進基因組學
- 檢測假藥
- 改善母嬰健康
- 醫療保健培訓

非傳染性疾病

- 活動服務
- 控煙
- 更好的疾病管理

(Chernew, Cutler and Keenan, 2005)

1.3 聯合國永續發展目標叢書

1. 聯合國永續發展目標-策略、理論與實踐

第一章 無貧窮

第二章 零飢餓

第三章 良好健康與福祉

第四章 優質教育

第五章 性別平等

第六章 清潔飲水與衛生設施

第七章 經濟適用的清潔能源

第八章 體面工作與經濟增長

第九章 工業、創新和基礎建設

第十章 減少不平等

第十一章 永續城市和社區

第十二章 責任消費與生產

第十三章 氣候行動

第十四章 水下生物

第十五章 陸地生物

第十六章 和平、正義與強大機構

第十七章 促進目標實現的夥伴關係

第十八章 機會與挑戰



2. 永續產業理念與實踐



第一部分 永續產業理念

- 清潔生產與產業生態學
- 資源管理與環境會計
- 風險評估
- 人工智慧

第二部分 發展永續食農

- 永續農業
- 永續農業生態系服務
- 綠色食品

第三部分 建構永續城市

- 國土規劃與韌性城市
- 智慧交通與綠色運輸
- 綠建築產業

第四部分 能源資源之實踐

- 永續能源發展
- 能源效率
- 循環經濟

第五部分 國民健康福祉

- 健康照護
- 長期照顧服務
- 醫療資訊與管理

第六部分 未來展用挑戰

- 永續產業的展望與挑戰

3. 循環經濟理論與實務



第一章 緒論

第二章 循環經濟與永續發展

第三章 循環經濟的理論與實踐

第四章 循環經濟評估

第五章 循環性的企業與商業模式

第六章 循環型農業

第七章 循環型工業

第八章 循環型服務業

第九章 生態工業園區

第十章 挑戰與展望

4. 永續發展教育

第一章 緒論

第二章 永續發展概述

第三章 永續發展教育的歷史演變

第四章 永續發展教育的核心內涵

第五章 永續發展教育與永續發展目標

第六章 人類文明的最大挑戰：氣候變遷

第七章 永續消費與生產的實踐：循環經濟

第八章 全球化與不平等：消除貧窮

第九章 兼顧社會正義與環境效益的公司治理（ESG）：企業永續

第十章 翻轉我們的全球：永續發展目標脈絡與核心精神

第十一章 經濟繁榮關聯的永續發展目標

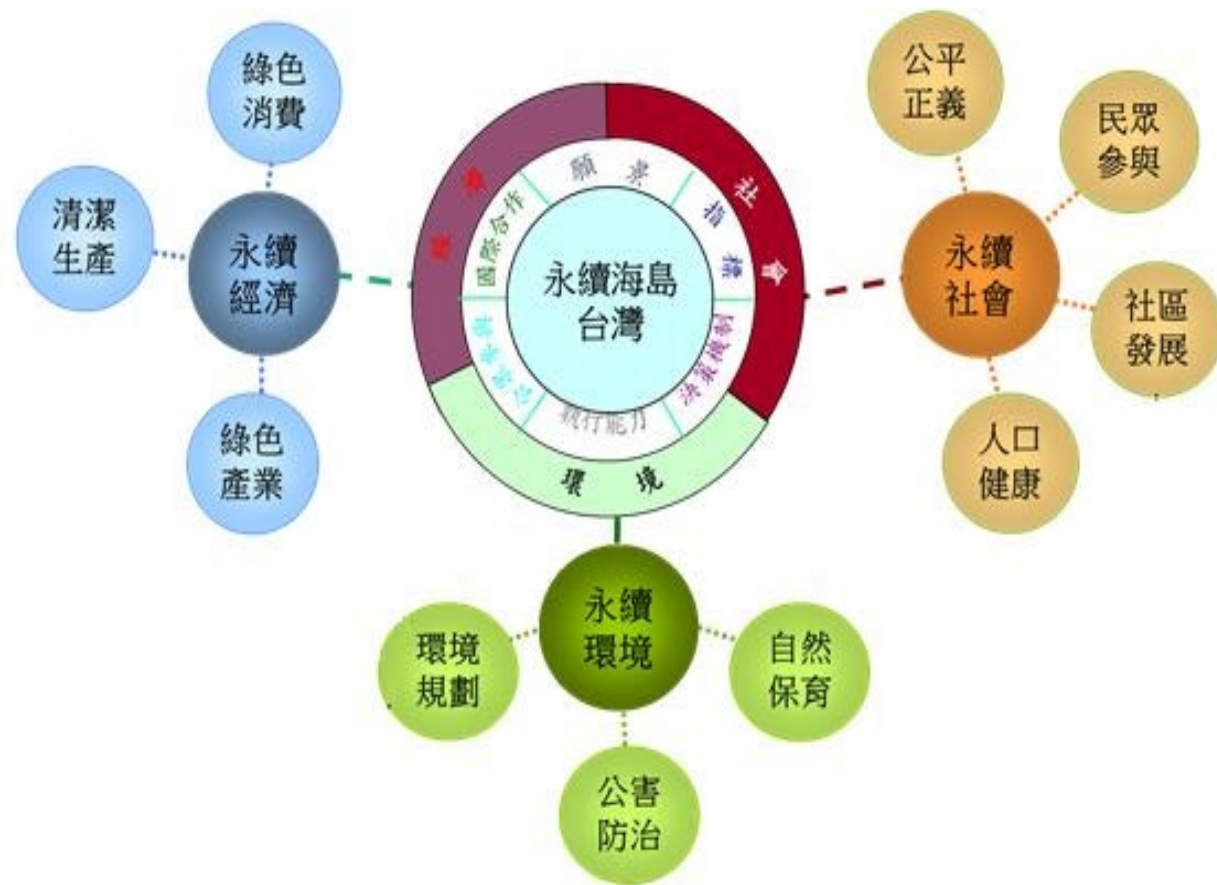
第十二章 社會包容關聯的永續發展目標

第十三章 環境品質關聯的永續發展目標

第十四章 挑戰與展望

1.4 國家永續發展政策綱領

- 台灣近年來已陸續制訂國家「二十一世紀議程」、「生物多樣性國家報告書」、「溫室氣體減量策略」、及「國家環境保護計畫」，並推動「綠色矽島」計畫。
- 為積極落實永續台灣的理念，於民國91年9月發佈「永續發展行動計畫」，次年民國92年訂為「永續發展行動元年」，期能帶動國人永續發展的理念與行動，使台灣永保生機；於民國93年11月8日頒佈「台灣21世紀議程國家永續發展願景與策略綱領」。



台灣21世紀議程國家永續發展願景與策略綱領架構圖

政策綱領—永續的環境

自然保育

- 保護水資源
- 保護生物多樣性
- 保護海洋及海岸濕地
- 保護土地資源
- 防治自然災害

公害防治

- 防治大氣公害
- 防治水資源公害
- 防治土壤公害
- 防治廢棄物公害

環境規劃

- 合理的土地使用
- 適當利用農村生產區
- 保留適當自然綠地
- 建立生態城鄉
- 生態工業區

政策綱領—永續的社會

• 公平正義

- 保護弱勢族群與團體
- 關注後代子孫福祉
- 保障環境人權

• 民眾參與

- 建立公民參與機制
- 強化非政府組織合作
- 完整蒐集並即時公開相關資訊

社區發展

- 建立生態社區
- 落實文化保存及多樣性維護
- 建構社區安全與照顧體系
- 持續推動社區再造

人口健康

- 促進原住民族群健康與人口延續
- 增進弱勢族群健康
- 排除危害健康的環境風險
- 降低危害健康的個人風險

政策綱領—永續的經濟

綠色產業

- 調整產業結構
- 發展非核潔淨能源產業
- 發展生態旅遊服務業
- 發展文化創意服務業
- 發展數位內容產業

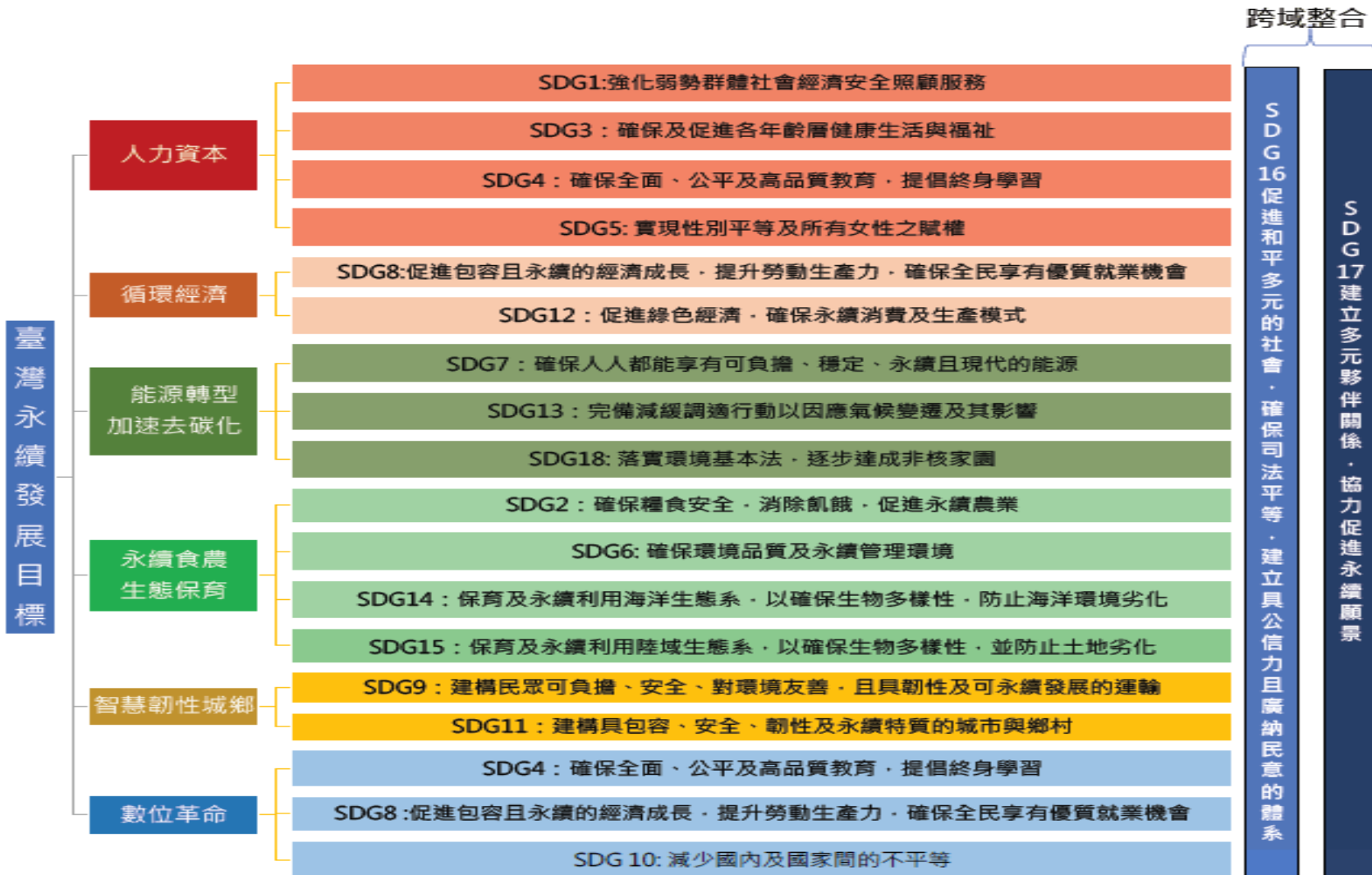
清潔生產

- 培育高級人力資源
- 節約資源投入
- 發展綠色科技
- 強化廢棄物減量
- 推動延長產品責任制

綠色消費

- 推展綠色標章
- 鼓勵綠色採購
- 推動綠色運輸
- 推動綠色租稅
- 推動綠建築

台灣永續發展目標



臺灣永續發展
目標與轉型領域

1.5 教育部永續發展教育系列叢書

分「永續環境」、「永續社會」與「永續經濟」三大類別。邀集國內大專院校相關專家學者，研訂編輯政策，完成該系列叢書10冊。

- 「永續環境」4冊：「自然保育」、「公害防治」、「環境與資源管理」、及「氣候變遷/災害防救」
- 「永續經濟」3冊：「綠色產業」、「清潔生產」及「綠色消費」
- 「永續社會」3冊：「文化保存」、「社區參與（社區發展、全民參與）」、及「人口健康」

自然保育



□ 論述自然資源保育管理與永續發展，應以長期之社會生態系統恢復力、生態與社會脆弱性以及適應能力為基礎，以達成永續性與自然保育的最終目標-人類福祉。

公害防治



□ 論述傳統基礎架構、新穎處置與管理策略，針對各公害污染來源進行解析，進而闡述污染防治之可行控制技術與控制策略。

氣候變遷與災害防救



作者簡介
林俊全
國立臺灣大學地理環境資源學系教授
莊新禹
國立臺灣大學地理環境資源學系
助理教授
李建宏
國立臺灣大學地理環境資源學系
助理教授

□ 論述由氣候變遷的特性著手，針對臺灣各地理區的特性與可能面對的問題加以探討，並提出相關的策略與看法。

環境與資源管理



作者簡介

張子超
國立臺灣師範大學
環境教育研究所教授

賴向暉
國立臺灣大學環境工程研究所教授

林煥文
國立臺灣大學環境工程研究所
教授兼主任

李永興
中國醫藥學院環境工程研究所教授

蔡慧敏
國立臺灣師範大學
環境教育研究所教授

- 論述環境與資源管理的目標、理論、策略及應用，介紹環境與資源管理的原理與技術之外，也指出對水土資源管理及環境治理的社會發展具體的方向。

綠色產業



□ 論述國內外綠色科技發展之沿革，提出綠色科技發展策略，期能推動國內綠能產業，有效解決環境能資源汙染問題，兼顧產業的永續發展。

綠色所得與綠色消費



□ 論述如何在永續環境的基礎上維繫國計民生，用綠色所得檢討過去經濟活動造成的衝擊，用綠色消費作為未來消費的參考準則之一，踏出永續環境的第一步。

文化保存



□ 論述臺灣多樣文化的保存，不但處理族群的問題，也處理不同文化內容與文化資產保存法，同時介紹文化保存的基本邏輯、文化權的概念以及語言保存等範疇。

社會正義與社區參與



□ 論述社會公平、平等、正義及社區參與、社區意識、社區能力等相關核心概念，也探討國家社會福利制度、企業社會責任、到家庭與社區的關係，更從制度面的社會安全網到實務面的社區志工發展，來理解社區與永續發展的關係。

人口與健康



作者簡介

- 蔣得雄
國立臺灣大學
環境社會學系教授兼系主任
- 蔣華忠
國立臺灣大學社會學系教授
- 江敏瑛
國立臺灣大學
人口學系教授兼副系長暨環境社會學系
教授
- 姜麗紅
國立臺灣大學地理環境研究所
副教授
- 黃佳敏
國立臺灣大學人口地理研究所副教授
- 陳麗娟
國立中央大學醫務管理學系教授
- 葉宜娟
中央研究院社會學博士候選人

□ 論述地球主人的身份，深入了解居住在這環境中的人類特性、習性、健康及壽命的長短、繁殖情形等，期使人類能在這地球上，活得愉悅與長久。

二、大學之道：淨零永續

- 「大學之道」理念：融入當代大學淨零永續的人才培育規劃，能為技術導向的教育注入人文關懷與社會責任，實現「成己達人」的終極目標。
- 「大學之道」的核心綱領：「在明明德，在新民，在止於至善」。這三綱與淨零永續的培育目標高度契合。

大學之道三綱	理念意涵	淨零永續人才培育的對應實踐
1. 明明德 (對內修養)	彰顯內在光明的德性，實現良知本性。	培養學生的道德責任、環境倫理和永續思維，認知人類與環境的關係。
2. 新民 (對外實踐)	推己及人，革新社會，創造新氣象。	鼓勵學生將所學的淨零知識與技術，應用於社會服務、產業轉型，以改善人類與地球福祉。
3. 止於至善 (終極目標)	追求事理當然的極致，達成最合理的圓滿實踐。	追求淨零排放 (Net Zero) 與永續發展 (SDGs) 的終極目標，即人與自然和諧共存的「至善」境界。

2.1 「三網」淨零永續實踐

□ 模組一：明明德 — 奠基永續倫理與素養

這是所有淨零課程的精神基礎，目的在於啟發學生的道德自覺。

□ 課程名稱範例：

□ 《永續與環境倫理》（全校通識必修）

□ 《經典中的人與自然關係》

□ 實踐方式（知所先後，則近道矣）：

□ 「格物致知」的探索：讓學生從在地環境、校園碳排等「物」的觀察和盤查入手，掌握科學數據（格物），進而反思氣候變遷的倫理根源（致知）。

□ 內省與思辨：課程結合環境個案分析與倫理思辨，讓學生討論技術創新與社會公平、經濟發展與環境保護之間的取捨，訓練其靜而后能慮的能力。

□ 融入生命教育：強調人與天地萬物一體的觀念，促使學生將淨零行動視為道德實踐而非僅是技術任務。

□ 模組二：新民 — 強化跨域整合與社會革新

這是淨零人才能力體現的關鍵，強調將知識用於改變社會。

□ 課程名稱範例：

□ 《淨零轉型社會創新專題》（跨領域學分學程核心）

□ 《永續科技的溝通與治理》

□ 實踐方式（推己及人，應用於民）：

□ 「學產共育」的推行：課程鼓勵學生以跨系組團隊形式（工學院、管理學院、社科院學生），協作解決企業或社區的實際減碳問題（如：為中小企業設計低成本碳盤查方案）。這就是將「明明德」所成的知識能力，「新」於產業與民眾。

□ 社會影響力評估：要求學生在提出淨零技術方案時，必須同時評估其對社會正義、弱勢群體的影響，將「新民」的關懷具體化。

□ 公共論述與溝通：訓練學生以清晰、有說服力的方式，向不同群體（如政府官員、社區居民）倡議永續方案，實踐「新民」的領導與溝通能力。

□ 模組三：止於至善 — 追求系統整合與長遠實踐

這是淨零永續人才終極目標的設定，追求系統性的、永續的圓滿方案。

□ 課程名稱範例：

□ 《校園永續藍圖設計與實踐》（高階實作課程）

□ 《跨國永續治理與合作》

□ 實踐方式（止而后有定）：

□ 實創場域的永續經營：將校園的綠建築、智慧電網視為「至善」的示範場域，由學生接手維護與優化，實踐長久經營和持續改進的理念。

□ 長期規劃與策略：課程不只關注短期技術，更引導學生進行2050淨零路徑的長期策略規劃，訓練他們從「物有本末，事有終始」的角度思考問題。

□ 成果的檢視與回饋：專案成果必須透過嚴謹的KPI (關鍵績效指標) 和影響力評估進行檢視，確保其真正趨向「至善」，避免形式主義。

2.2 「八條目」的永續實踐路徑

- 《大學》進一步提出「格物、致知、誠意、正心、修身、齊家、治國、平天下」八條目，為永續實踐提供了由內而外、由個人到全球的路徑。

八條目	永續意義與實踐	具體行動範疇
格物、致知	科學探究與系統分析：窮究萬物的道理，理解氣候、生態、資源的運作規律（自然科學），以及社會制度、經濟模型（人文科學）的本質。	氣候模型分析、生命週期評估（LCA）、社會-經濟系統研究。
誠意、正心、修身	永續價值觀與生活轉型：確保永續決策是發自內心的真誠意願（非漂綠）。實踐綠色生活、低碳飲食、負責任的消費，成為合格的「地球公民」。	永續倫理教育、個人碳足跡管理、綠色消費。
齊家	社區與組織的永續化：推動家庭、鄰里、企業（小組織）的永續實踐。如社區能源轉型、辦公室實施循環經濟。	企業ESG實踐、社區韌性規劃、家庭能源管理。
治國	國家級永續政策與法規：制定並執行國家淨零路徑、碳定價機制、生物多樣性保護法等，確保國家資源的長遠利益。	氣候法制定、能源政策、自然資本會計（NCA）。
平天下	全球治理與國際合作：參與國際氣候談判、推動全球SDGs目標、協助開發中國家進行永續發展，實現全球的和平與共榮。	國際援助、氣候外交、聯合國SDGs合作計畫。

2.3 「大學之道與永續未來」推廣策略

□ 大學作為培育「大人之學」的機構，應成為融合古今智慧、實踐永續的樞紐。

策略層面	具體推廣行動	核心精神體現
教學 (明德與知本)	開設「永續與人文經典」通識課程：邀請人文學者解析《大學》、道家、佛家等對人與自然的觀點，再由科學家對比現代生態倫理和SDGs，建立學生對永續的內在認同。	明明德：從傳統文化中尋找永續倫理的根源。
研究 (格物與致知)	設立「古今智慧與當代挑戰」研究小組：鼓勵歷史學家研究古代社會應對環境變化的智慧，結合氣候科學家和工程師的研究，找出適用於現代的「在地化永續解方」。	格物致知：應用傳統智慧於現代科技與政策的設計。
校園與社區 (修身與齊家)	「永續生活場域實踐」計畫：鼓勵學生以「修身」的精神（節約、減碳），參與校園能源盤點與優化（格物），並將校園的永續成果擴展至鄰近社區，推動綠色交通（如「大學之道」單車道計畫）。	知行合一：將個人修養轉化為社區的永續行動。
國際合作 (治國與平天下)	發起「亞洲永續人文領導力論壇」：聚焦亞洲傳統文化與哲學（如儒家、佛家）在應對氣候變遷和社會不平等上的潛在貢獻，與國際夥伴共同探索非西方中心的永續治理模式。	止於至善： 貢獻在地智慧，追求全球永續的多元至善。

三、人才培育目標與策略

3.1 核心目標

□ 實踐能源與永續素養教育：

- 強化以素養導向的能源與永續教育，擴充相關知識傳播、實踐與啟迪。
- 讓學生具備對氣候變遷、能源窘境及永續發展的基礎認知與公民意識。

□ 培育具系統整合能力的跨域人才：

- 培育具備跨領域知識、技術與實作能力的永續能源人才。
- 結合智能化技術，訓練學生具備面對未來綠色經濟所需的系統整合能力。

□ 建立實創示範場域：

- 呼應綠電及再生能源產業趨勢，結合智能化綠電整合系統，建立校園實創場域。
- 培養學生在真實環境中應用知識與實作的能力。

□ 創造跨域對話與探索未來知識：

- 建立橫跨理工、商管、人文、社科院系的協作中心，引導學生探索未來綠能經濟模式及綠電發展方向。

3.2 策略規劃

□ 課程與教學設計：

- **跨領域整合**：在課程中自然融入不同學科的知識，例如工程科技（再生能源原理、儲能）、社會科學（能源政策影響）、經濟學（成本效益分析）等。
- **在地化探索與實作**：設計以「探索我們身邊的能源未來」為主軸的探究式課程，讓學生診斷學校或社區的能源問題，並提出具體改善方案。
- **模組化課程**：依據不同訓練對象（如公部門、企業、學生等），以模組化方式規劃基礎及進階課程。

□ 學產共育與產業連結：

- **導入產業資源**：鼓勵學校與企業合作，以「學產共育」為主軸，導入產業資源，培育具備整體產業思維的人才。
- **實務連結**：邀請能源公司、綠建築顧問等專家講座，並請合作企業提供實際問題讓學生以專題形式嘗試解決。
- **實作成品與競賽**：鼓勵學生將學習成果轉化為節能裝置原型、方案提案，並參與相關競賽，增加實戰經驗。

策略規劃

□ 基礎建設與環境布建：

□ 強化教學環境：鼓勵學校強化淨零科技與能源跨領域技術應用的教學環境布建。

□ 示範場域：規劃特定校區或場域作為永續生態與能源轉型的實驗場域（例如建立碳中和技術示範基地）。

總體而言，大學淨零永續人才培育的關鍵在於打破學科界線、強化實務應用、並與產業需求緊密結合，以培育出具備專業技能、跨域整合能力與永續思維的綠領人才。

3.3 人才培育方案

1. 教學創新：打破學科隔閡與系統思維

- **融入SDGs與跨域課程**：檢視通識與專業課程，將氣候變遷、能源轉型、生物多樣性等永續議題納入課程設計。例如，生物、環工等科系可開設「環境資源管理」課，商管科系納入ESG案例教學，並以模組化學分學程強化學生的永續素養。
- **跨學科學程**：成立永續學院或專門學程，鼓勵學生跨系選修永續相關課程（如「智慧城市與能源」、「自然資產管理」等）。此外，開設「永續與數位融合」課程（例如「淨零科技學程」、「AI for Sustainability」），教導學生運用AI、物聯網與大數據進行能源管理、碳盤查與氣候風險評估。
- **行動學習與實地體驗**：採用問題導向學習（PBL）、服務學習與專案實作等方式，鼓勵學生走出教室。例如，實地監測河川酸鹼值、計算校園碳足跡、參與社區節能計畫等，使學習與真實世界接軌。此類實踐學習不僅擴大學生視野，也培養解決問題與團隊合作能力。

淨零系統思維與跨域創新學程

(Innovative Net-Zero System Thinking Curriculum)

本學程旨在培養學生能夠將工程、經濟、社會、政策四大學科知識融會貫通，以宏觀的系統視角解決淨零轉型問題。

I. 基礎系統思維模組（必修/通識強化）

此模組旨在為所有學生建立共同的「系統語言」和宏觀認知。

課程名稱	核心目標與創新重點	跨學科整合點
《永續系統模型與動態分析》	介紹系統動力學（System Dynamics）和生命週期評估（LCA）等工具，訓練學生理解複雜系統中的因果迴路、延遲效應和非預期後果。	工程學（LCA的數據輸入）、管理學（系統模型模擬）、社會學（行為反饋迴路）。
《淨零系統系統概論：能源、經濟與社會》	以「系統的四大要素」（能源技術、經濟誘因、政策法規、社會行為）為軸線，取代傳統的單一學科介紹。	能源（工程）、經濟學（碳價、市場機制）、社會學（行為改變）。
《倫理、公平與氣候正義》	探討淨零政策對不同群體（世代、貧富、區域）的衝擊，培養學生在系統決策中的倫理考量。	倫理學、社會學、公共政策。

II. 跨學科系統實踐模組（核心實戰）

此模組是打破學科隔閡的關鍵，透過問題導向的專案，強制不同專業的學生進行協作。

課程名稱	創新教學實踐與打破隔閡策略	系統思維應用
《淨零轉型整合設計工作室 (Design Studio)》	（打破隔閡核心課）：將學生分為跨專業小組（例如：工程、財經、設計、人文各一人），共同完成一個複雜專案，如「城市交通淨零路徑規劃」。	整合應用：工程學生負責技術可行性；財經學生負責成本效益與融資；人文學生負責社會溝通與接受度。成果必須是具備技術、經濟和社會可行性的整體方案。
《碳金融與風險管理模擬實驗》	透過情境模擬 (Simulation) 實驗室，讓學生扮演不同角色（企業 CEO、政府監管者、投資人），在虛擬的碳交易市場中進行決策。	決策者視角：訓練學生理解單一技術決策（如投資 CCUS）對企業財務、市場競爭、政策風險的多重影響。
《在地化能源自主專案》	選擇校園或社區作為「微型能源系統」，讓學生團隊進行從盤查、設計、融資、到實施和維護的完整專案週期。	本末終始：強調物有本末，事有終始。學生需對專案的生命週期效益負責，而不僅是單一階段的技術交付。

III. 應用系統工具模組（技能深化）

此模組提供淨零人才處理複雜數據和進行優化決策所需的工具箱。

課程名稱	核心技能與工具	跨學科整合點
《淨零數據分析與決策》	教授如何運用 Python/R 等程式語言處理能源數據、建立能源流優化模型、進行情境分析和預測。	理工/資工（編程與建模）、管理/經濟（數據解釋與決策）。
《供應鏈永續與數位孿生（Digital Twin）》	學習利用數位孿生技術模擬產品的綠色供應鏈，優化物流、減少浪費，並進行風險管理。	資工（建模與視覺化）、工業管理（供應鏈優化）、環工（排放數據追蹤）。
《政策工具設計與評估》	系統性分析不同政策工具（如碳費、補貼、法規）對社會系統、產業系統的總體影響與邊際效益。	公共政策、計量經濟學。

2. 研究革新：連結在地優勢與社會需求

- **聚焦在地自然資本**：充分發揮地方優勢（如生物多樣性、農林資源、半導體技術等）來驅動永續研究。例如成立以生態系服務量化與保護為主的研究中心，進行自然資本評估（NCA、生態恢復、生態修復技術開發）。此舉能讓學術數據支持企業與政府決策，補足自然資產貨幣化研究的不足。
- **跨領域整合**：建立跨領域研究團隊，鼓勵理工、農林科學、管理與人文社會學科協作，執行整合性研究計畫。學校應設獎勵機制支持教師合作發表前瞻性論文，並推動研究成果與業界或地方政府掛鉤，進而轉化為政策建言或商品應用。
- **政策與創新**：將學術研究與政府、企業需求接軌，提供循證數據與解決方案。例如，透過研究團隊的能耗分析協助制定產業減碳路徑，或利用校園實驗平台測試低碳材料與新技術，影響未來環境法規。透過產學合作與政策合作，讓學術發現直接推動社會與產業轉型。

淨零在地創新與社會鏈結學程

(Net-Zero Local Innovation & Social Impact)

此學程旨在訓練學生運用學術研究方法，分析並解決在地環境、產業和社區在淨零轉型中面臨的特定挑戰，並將研究成果轉化為實際的社會效益。

I. 研究基礎與在地優勢連結模組 (Research Foundation & Regional Assets)

此模組旨在建立學生對在地資源的深度理解，並學會以研究方法進行系統性分析。

課程名稱	核心目標與研究方法	在地優勢連結點
《區域能源系統與產業生態分析》	學習區域分析方法，如 SWOT 或 PESTLE 分析，掌握在地特色產業（如臺灣的半導體、鋼鐵、農業、觀光）的能源結構和減碳難點。	在地優勢：針對學校所在縣市的產業集群或自然資源（如光電、風電潛力區）進行專案研究。
《社會科學研究法與永續議題》	教授定性（訪談、案例研究）和定量（調查、迴歸分析）研究方法，聚焦於在地民眾的行為意願、政策接受度、與氣候風險感知。	社會需求：數據來源為在地社區的第一手田野調查或地方政府的公開數據。
《永續技術可行性評估 (Feasibility Study)》	訓練學生評估新興淨零技術（如 CCUS、綠氫）在臺灣在地環境條件（如土地、法規、成本）下的實用性與商業可行性。	在地優勢：對比國際成熟技術與在地應用條件，提出最適合區域發展的技術選型報告。

II. 社會需求導向研究模組 (Societal Needs-Driven Research)

此模組強調研究必須直接回應社會迫切需求，並促成跨界合作。

課程名稱	創新教學實踐與社會需求對應	研究革新重點
《政策白皮書與公民參與專案》	(研究革新核心課)：學生團隊必須選擇一個在地社會問題(如：農地光電爭議、垃圾處理碳排)，進行深度政策研究，並撰寫政策白皮書。	社會需求：成果必須提交給在地議會或地方政府單位，並設計公民論壇或工作坊來納入在地民眾意見。
《在地化氣候韌性與災變調適研究》	聚焦於臺灣高風險地區(如西部海岸、土石流潛勢區)的氣候衝擊，研究提出具體調適方案。	在地優勢：結合地理資訊系統(GIS)、水利工程、社會學進行跨領域分析，為在地防災體系提供實證基礎。
《低碳生活與行為改變實驗設計》	學生運用行為經濟學和心理學的原理，在校園或社區設計並執行小型實驗，測試促進節能、減塑等低碳行為的最佳干預方式。	社會需求：直接針對民眾的日常行為進行研究，成果立即回饋給校園或社區管理單位。

III. 成果轉化與社會影響力模組 (Impact & Translation)

此模組旨在訓練學生將學術研究成果轉化為有形、可用的社會資源或商業模式。

課程名稱	核心技能與成果轉化	社會鏈結方式
《永續研究的科技轉移與智財權》	學習如何撰寫技術報告、專利申請，以及將學術成果包裝為社會企業或技術授權的商業模式。	鏈結產業：邀請技轉中心、社會企業創業者擔任業師，指導學生將研究成果商品化或服務化。
《永續溝通與跨利害關係人協商》	訓練學生具備跨界協調的能力，學會用不同語言（技術語言、商業語言、社區語言）與在地政府、企業、居民進行有效溝通和衝突管理。	社會鏈結：舉辦多方對話模擬會議，練習在資源分配、環境保護等衝突點上達成共識。
《學程成果發表與社會回饋》	（結業專題）：要求學生必須完成一個結合在地優勢和社會需求的「淨零行動研究專案」，並向學校、產業夥伴、地方政府公開發表。	社會回饋：專案成果必須附帶明確的行動計畫和社會影響力評估指標，確保研究具有實際的執行價值。

3. 產學協同：推動綠色與數位雙軸轉型

- **研發合作與創新**：與企業共同研發綠能、循環經濟和低碳技術，鼓勵技術商轉與創業。例如，大學可與產業合作共建創新園區或試驗場域，將實驗室成果帶入市場。如與電力與製造業合作測試智慧電網、能源管理系統等，直接加速產業的數位化與淨零轉型。
- **示範基地與人才培訓**：與企業聯合設立示範工廠或智慧產業園區，推廣節能減碳與智慧製造應用。並開設產學合作碩士或在職專班，培養企業所需的AI與綠色人才。透過校園示範與課程對接，大學成為產業人才培育與技術落地的重要橋樑。
- **自然資本與金融**：協助企業導入自然資本會計與TNFD（自然資本金融揭露）等概念，開發綠色供應鏈與文化永續ESG方案。大學可提供碳盤查與供應鏈管理顧問服務，或與金融機構合作研發綠色金融產品，使生態資產價值納入企業決策過程。

綠色與數位雙軸轉型學程

(Green & Digital Twin Transformation Program)

此學程旨在透過產學合作，訓練學生將 AI、物聯網 (IoT)、大數據等數位技術，應用於企業的碳管理、能源優化和循環經濟設計，使學生能成為推動產業雙軸轉型的關鍵人才。

I. 基礎理論與雙軸連結模組 (Foundational Theory & Twin Linkage)

此模組建立學生對綠色與數位兩大領域的基本認知，理解它們如何相互驅動。

課程名稱	核心內容與雙軸連結	產學協同重點
《數位轉型基礎與工業 4.0》	介紹工業 4.0、物聯網 (IoT)、雲端運算在製造業和服務業的應用，理解數據在企業決策中的價值。	數位化案例：引入製造業夥伴的數位轉型失敗與成功案例，分析其數據架構。
《淨零與循環經濟原理》	系統學習溫室氣體核算、能源效率提升、產品服務化 (P-S System) 等綠色轉型核心概念。	綠色趨勢：邀請永續顧問公司業師，介紹最新的國際綠色法規與企業應對策略。
《環境數據採集與分析》	學習從感測器、智慧電表、ERP 系統中採集能源與排放數據的方法，並進行基礎統計分析。	數據標準：產學共同訂定數據採集與清洗標準，確保學生數據處理能力符合業界要求。

II. 產學協同核心實戰模組 (Core Co-creation & Dual Practice)

此模組透過真實專案，讓學生將數位工具應用於綠色轉型的實際挑戰中。這是實現雙軸轉型人才培育的關鍵。

課程名稱	創新實踐與協同合作策略	雙軸轉型應用點
《智慧能源管理與數據優化專案》	(產學協同核心課)：學生團隊與合作企業共同工作，使用企業提供的真實能耗數據。目標是透過 AI/ 機器學習模型，預測並優化工廠或大樓的能源使用。	綠色：實現能源效率提升與碳排放降低。數位：應用時間序列分析、預測模型和數據視覺化。
《綠色供應鏈數位追蹤與評估》	學習利用區塊鏈或數位追蹤技術，建立產品從原料到最終消費的碳足跡數位孿生 (Digital Twin) 系統。	綠色：確保供應鏈的透明化與減碳成效。數位：掌握區塊鏈/分散式帳本技術 (DLT) 的應用。
《永續報告與 ESG 數據自動化》	指導學生設計自動化的 ESG 數據儀表板，整合企業的財務 (F)、環境 (E)、社會 (S) 數據，並自動生成符合國際標準 (如 GRI/ISSB) 的報告架構。	綠色：滿足國際永續資訊揭露要求。數位：應用 BI (Business Intelligence) 工具和雲端資料庫技術。

III. 決策與創新轉化模組 (Decision-Making & Innovation Translation)

此模組將學生的技術能力提升至企業決策層面，培養具有轉型思維的領導者。

課程名稱	核心能力與轉型思維	產學協同推動轉型
《綠色創新商業模式與財務分析》	學習如何評估綠色投資案（如再生能源建置、節能設備更新）的投資回報率 (ROI) 和內部報酬率 (IRR)，並設計循環經濟的服務模式。	決策者視角：邀請綠色金融專家或企業CFO擔任評審，指導學生進行財務模型分析。
《產業數位與綠色轉型策略模擬》	透過高階情境模擬（Scenario Planning）軟體，讓學生模擬企業面對碳費、電價波動、供應鏈中斷等風險時，如何利用數位工具進行最佳策略調整。	風險應對：模擬情境由產業公會或合作企業提供，確保其真實性與挑戰性。
《雙軸轉型頂石專題 (Capstone Project)》	（結業專題）：學生需為合作企業設計一套完整的「雙軸轉型行動計畫」，從數據採集、技術方案、到財務分析和組織變革建議，進行全面性的提案。	人才輸出：該專題成果即為學生向業界展示其解決真實問題能力的最佳作品。

4. 國際合作：在地行動與全球連結的平衡

- **加入全球永續網絡**：積極參與聯合國永續發展解決方案網絡（SDSN）、國際大學氣候聯盟等組織。通過與SDG Academy、UNESCO永續教育網絡等平台合作，引入世界先進的永續課程與教材。這些聯盟能提供研究與教學資源，擴大學院國際聲音。
- **共同研究與計畫**：與國際頂尖大學和研究機構合作，爭取EU Horizon等大型永續研究計畫，提升研究成果的國際能見度。同時，參與UNEP、TEEB、WRI等自然資本全球計畫，分享數據與方法，並將台灣的研究成果貢獻全球。
- **提升全球影響力**：借助台灣高中小與大學社會責任計畫（USR）等架構，強化地方需求與國際連結。隨著超過百校參與，永續議題逐漸成為校務治理DNA。大學應「走出去、也引進來」，一方面將地方成果（如生物多樣性保存經驗）轉化為國際援助，另一方面積極學習歐盟、北歐等先進永續案例，使在地實踐與全球標準相互促進。

淨零永續跨域學分學程：全球視野與在地實踐

此學程設計為 4 個核心模組，總計約 24 - 30 學分，強調理論與實作的結合，特別關注國際標準與在地法規的應用。

模組一：全球趨勢與永續治理 (Global Context & Governance)

此模組著重於「明明德」的全球視野，理解淨零目標背後的國際規範與倫理。

課程名稱	核心內容與全球連結	實踐平衡點
國際氣候政策與協定	深度探討《巴黎協定》、COP 會議成果、IPCC 報告等。分析各國的國家自主貢獻 (NDC) 策略。	全球連結：理解國際框架。在地行動：比較臺灣的淨零路徑與國際標準的差距與接軌策略。
全球 ESG 框架與標準	學習 TCFD、ISSB、GRI 等國際主流的永續揭露標準，以及綠色金融的趨勢。	全球連結：熟悉國際資本市場對企業永續的要求。在地行動：應用於臺灣上市櫃公司的永續報告書審閱與分析。
氣候變遷調適與韌性	國際上關於城市韌性、水資源管理、生態系統調適的案例研究。	全球連結：研究國際頂尖城市（如鹿特丹、新加坡）的調適策略。在地行動：針對臺灣特定地理或產業（如農業、海岸）提出調適方案。

模組二：在地淨零技術與法規 (Local Action & Technical Know-how)

此模組著重於「新民」的實踐能力，訓練學生掌握在地執行淨零目標所需的硬技術與法規知識。

課程名稱	核心內容與在地行動	實踐平衡點
臺灣再生能源法規與電網併聯	深入解析臺灣《電業法》、《再生能源發展條例》、躉購費率 (FIT) 制度，及地方政府的能源政策。	在地行動：確保技術方案符合臺灣現行法規。全球連結：對比臺灣電網與歐美成熟電網的技術標準差異。
臺灣企業碳盤查與減量實務	依循環保署（現環境部）公告的溫室氣體排放源清單、盤查方法學及申報要求。	在地行動：執行校園或區域產業的實際碳盤查。全球連結：學習國際認證機構（如第三方查驗機構）的審查流程。
綠色營運與循環經濟	著重於本土製造業、服務業的節能減碳與資源循環的案例與工具。	在地行動：輔導在地廠商進行製程優化。全球連結：參考德國工業 4.0 與日本低碳轉型的產業典範。

模組三：跨界整合與國際交流 (Transnational Integration)

此模組是實現「全球連結」的核心，訓練學生用國際視野解決在地問題。

課程名稱	核心能力與平衡策略	產學協同推動轉型
淨零專案的國際合作與溝通	學習如何撰寫國際級研究計畫（如 Horizon Europe, ADB 專案），跨文化團隊合作的溝通技巧。	全球連結：模擬國際提案會議、撰寫國際級摘要。在地行動：將國際合作的研究成果，轉化為在地政策建議。
氣候變遷的社會經濟衝擊	研究氣候變遷對全球供應鏈、糧食安全、氣候移民的影響。	全球連結：引入國際頂尖大學（如歐美日）的線上客座講座或虛擬交換課程。在地行動：評估臺灣特定行業（如半導體、農業）在全球供應鏈重組中的風險與機會。
永續設計思考與創新	運用 Design Thinking 方法論，結合在地資源與國際趨勢，設計創新淨零解決方案。	實作整合：最終成果需包含全球趨勢的參照與在地執行的可行性分析。

模組四：淨零實戰與成果展現 (Capstone & Final Output)

此模組直接對應「止於至善」，要求學生整合所學，產出具備國際視野和在地可行性的「至善」方案。

□ **學期專題研究 (Semester Project)**：學生必須選擇一個在地議題（如某工業區的減碳計畫、某社區的能源自主方案），並依循國際標準（如 ISO、IPCC 指引）進行分析與規劃。

□ **成果發表與國際交流**：

□ **在地發表**：邀請地方政府、產業代表參與，模擬政策或商業提案。

□ **國際連結**：鼓勵學生將專案成果投稿至國際研討會，或參與國際線上永續黑客松 (Hackathon)，接受國際同儕的檢視與回饋。

四、結語

4.1 願景目標

高等教育在永續轉型浪潮中肩負獨特使命。大學應以「當下即在塑造未來」的思維，將永續價值融入校園文化和日常運作。只有建立生態校園、落實多樣性保育和韌性規劃，並讓每一次學習成為實踐的契機，我們才能兌現2050淨零承諾。

- **以價值引領校園文化**：強調環境正義、社會公平與世代責任，讓永續理念成為校園DNA。透過社區參與、跨科系社群等機制，使師生在理念上形成共識，共同承擔綠色未來的責任。
- **設計具體行動計畫**：在全校範圍內定期盤查碳排放、自然資源和環境影響指標，並據此訂立短中長期目標。建立跨部門協調機制，將政策、課程、實踐活動納入年度報告與評鑑，確保每一步都朝永續願景邁進。
- **結合跨界合作**：強化學校領導與各界溝通，將永續教育、研究和產業對接機制制度化。與政府、企業和國際夥伴共創治理方案，引領社會走向兼顧生態和人的永續未來。

4.2 總體策略：科技 × 文化 × 永續

面向	策略方向
技術創新	發展綠色科技、AI倫理、循環經濟平台、碳盤查工具
文化轉型	強化文化韌性、社群凝聚力、地方創意與多樣性
教育改革	導入科技文化與永續模組、跨域課程、系統思維訓練
制度設計	建立文化ESG指標、永續治理架構、公共參與機制

4.3 核心策略

1. 教育與人才培育

- 建立「科技文化 × 永續」微學程與跨院系課程。
- 培養具批判思維、倫理素養與系統整合能力的永續人才。
- 推動「問題導向學習 (PBL)」與「設計思考」教學法。

2. 制度與政策引導

- 納入文化作為永續發展的第四支柱（UNESCO倡議）。
- 建立文化ESG指標，強化企業與政府的文化責任。
- 推動地方文化政策與永續治理結合，如社區循環經濟、
文化保存。

3. 科技應用與倫理治理

- 發展具文化敏感度的AI與數位工具（如：演算法公平性、數位人權）。
- 推動科技倫理審查制度與公民參與機制。
- 建立科技文化影響評估（**Techno-cultural Impact Assessment**）制度。

4. 跨域合作與社會創新

- 建立「科技 × 藝術 × 社會」創新平台（如：Media Lab模式）。
- 推動公私協力、學研合作、社群參與的永續行動。
- 發展文化創意產業與地方創新，促進社會韌性與歸屬感。

A close-up photograph of a hand holding a blue fountain pen, writing the words "Thank you!" in a cursive script on a white, curved surface. The background is a soft, light blue gradient with white, wavy shapes that suggest a clean, modern aesthetic. The lighting is bright and even, highlighting the texture of the skin and the ink on the paper.

Thank you!