

國立成功大學永續跨領域整合型計畫書(Proposal)

壹、基本資料 General Information

計畫名稱 Title of Project	Chinese (中文)	建構一個可視化的低碳校園：從近零到淨零							
	English (英文)	Constructing a Visual Low-Carbon Campus: From Near-Zero to Net-Zero							
全程執行期限 Project Period	自 2023 年 4 月 1 日 至 2024 年 12 月 31 日 From 2023-4-1st to 2024-12-31st								
申請經費總額度 Requested Budget	NTD <u>4000000</u> 元								
永續發展目標 (SDGs) (請勾選/ Please check the applicable options.)	<input type="checkbox"/> SDG1.消除貧窮 <input type="checkbox"/> SDG2.消除飢餓 <input type="checkbox"/> SDG3.良好健康與福祉 <input type="checkbox"/> SDG4.優質教育 <input type="checkbox"/> SDG5.性別平等 <input type="checkbox"/> SDG6.潔淨水與衛生 <input type="checkbox"/> SDG7.可負擔的潔淨能源 <input type="checkbox"/> SDG8.尊嚴就業與經濟成長 <input type="checkbox"/> SDG9.產業創新與基礎建設 <input type="checkbox"/> SDG10.減少不平等 <input type="checkbox"/> SDG11.永續城鄉發展 <input checked="" type="checkbox"/> SDG12.負責任的消費與生產 <input checked="" type="checkbox"/> SDG13.氣候變遷 <input type="checkbox"/> SDG14.海洋生態 <input checked="" type="checkbox"/> SDG15.陸域生態 <input type="checkbox"/> SDG16.和平正義與有力的制度 <input type="checkbox"/> SDG17.夥伴關係								
扣合本校關鍵發展議題 Area of Research Related to NCKU Development Goals	<input type="checkbox"/> 產業創新及數位化 Industrial Innovation and Digitalization <input type="checkbox"/> 精準醫療及新興疾病 Precision Medicine and Emerging Disease <input checked="" type="checkbox"/> 能源、碳中和及綠色供應鏈 Energy, Carbon Neutrality, and Green Supply Chain <input type="checkbox"/> 糧食安全及水資源 Food, Safety and Water Resource <input type="checkbox"/> 區域和平及夥伴關係 Regional Peace and Partnership								
申請資料 Application Materials	<input checked="" type="checkbox"/> 計畫主持人、分項主持人之個人資料表 / Curriculum Vitae of PI & co-PIs (每人以 2 頁為限/2 pages per person) <input checked="" type="checkbox"/> 計畫書/ Proposal <input checked="" type="checkbox"/> 經費需求表/ Requested Budget for Entire Project Period <input checked="" type="checkbox"/> 其他有助於審查之資料/ Supplemental Materials (Page limit: 2 pages)								
聯絡人 Contact Person	姓名 Name	蔣鎮宇		職稱 Position	教授兼所長				
	E-mail	tychiang@mail.ncku.edu.tw							
	連絡電話 Tel.	(office)	58116	(mobile)	0988074504				
簽章/日期 Signature / Date	計畫主持人 簽章 Principal Investigator Signature			日期 Date	03-08-2023				

貳、整合型研究計畫表 Brief Information of Integrated Research Project

計畫名稱 Title of Project		中文 Chinese	建構一個可視化的低碳校園: 從近零到淨零			
		英文 English	Constructing a Visual Low-Carbon Campus: From Near-Zero to Net-Zero			
計畫主持人 Principal Investigator		姓名 Name	中文 Chinese	蔣鎮宇	英文 English	Tzen-Yuh Chiang
		服務單位 Affiliation	(院 College) 生物科學與科技學院 (系所 Department/ Institute) 熱帶植物與微生物研究所			
分項計畫一 Subproject 1	計畫名稱 Title of subproject	中文 Chinese	碳元素捕手植物與微生物在校園碳排的研究與實踐			
		英文 English	Research and Practice of Carbon Catcher Plants and Microorganisms on Campus Carbon Emissions			
	分項主持人 Co-PI	姓名 Name	中文 Chinese	蔣鎮宇	英文 English	Tzen-Yuh Chiang
		服務單位 Affiliation	(院 College) 生物科學與科技學院 (系所 Department/ Institute) 熱帶植物與微生物研究所			
分項計畫二 Subproject 2	計畫名稱 Title of subproject	中文 Chinese	土木材料與工程技術於校園減碳之研究與實作			
		英文 English	Research and Implementation of Civil Materials and Engineering Technology on Campus Carbon Reduction			
	分項主持人 Co-PI	姓名 Name	中文 Chinese	王雲哲	英文 English	Yun-Che Wang
		服務單位 Affiliation	(院 College) 工學院 (系所 Department/ Institute) 土木工程學系			
分項計畫三 Subproject 3	計畫名稱 Title of subproject	中文 Chinese	低碳校園之可視化介面設計與實踐			
		英文 English	Design and Implementation of Visual Interface for Low-Carbon Campus			
	分項主持人 Co-PI	姓名 Name	中文 Chinese	曾繁勛	英文 English	Fan-Hsun Tseng
		服務單位 Affiliation	(院 College) 電機資訊學院 (系所 Department/ Institute) 資訊工程學系			

參、計畫書（至多8頁不含參考文獻）/ Contents of Proposal (8 pages exc. references)

一、計畫背景、重要性及目標

全球暖化對人類生存的衝擊：全球環境變遷的衝擊影響了人類的永續生存，在進入更新世以後，地球受到週期性的冰河活動的影響，然而廿一世紀的地球卻是比預期還提前進入了間冰期的高峰，由於人類活動增加的二氧化碳速度和量遠大於碳移除速度，造成地球碳循環失衡，在短短 50 年溫室氣體排放增加 25% 濃度，這些主要來自 1) 燃燒煤炭、2) 燃燒石化燃料用來開車、發電及木炭烤肉、3) 畜牧除了需要大片土地外，其消化及排遺釋放甲烷為二氧化碳約 84 倍、4) 水泥生產佔總排放為 8%。溫室氣體包括二氧化碳、甲烷、臭氧、一氧化氮及水蒸氣造成溫室效應導致溫度上升，每上升 1°C 足以破壞地球穩定造成極端氣候包括颶風、暴風雪、熱浪、強降雨、乾旱、洪水、土石流、更寒冷的冬天及海平面上升。例如馬達加斯加，除了本身去森林化，也卻受嚴重溫室氣體排放國家的影響，已經連續幾年乾旱，成為第一個全世界因氣候變遷造成飢荒的受害國家，馬達加斯加從一個綠意盎然生物多樣性的國家，變成紅沙一片(Euronews 2022/03/20)。

科學家預估若我們在 2025 年不能減少 75% 碳排放，溫室效應不管對人類、生態、經濟、政治及社會將成為無法扭轉的災害，變成無法居住的地球(Wallace-Wells 2021)。碳排與碳中和達到平衡，也就是碳排放淨零 (Net Zero carbon dioxide emissions)，這也是已開發國家必須在 2035 年前必須達到的目標，其他開發中國家則訂在 2045 年(the International Energy Agency 2021)。United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change's (IPCC)認為最有效的碳捕捉技術開發可能在 2050 年之後較成熟，因此碳排放淨零燃眉之急，我們需要改變生活方式，如不用一次性容器、不用烘乾機、冷氣、空調、購買在地生產農產品、天然毛料、攜帶購物袋、減少吃肉、減少水資源浪費、使用再生能源、減低熱水溫度、減少飛行旅行及使用電動車等。也可以施壓大企業利用對氣候有善經營方式，並投資碳中和技術與造林。整個生態系統可以依據植被、土壤、氣候、微生物及各種動物歸類成聚落(biomes)，陽光透過植物光合作用，製造食物給整個生態系包括動植物及微生物，這些再經由分解讓生態系統維持平衡。

都會水泥叢林、校園碳排—從一杯咖啡談起：校園是眾多知識份子聚集講學與追求學術卓越之地，相較於社區、商圈及工廠，校園碳排似乎要低許多，然而實際計算每人的碳排，一位每天飲食習慣包括牛肉及咖啡的“中產階級”雅痞，他的日碳排量卻是出乎意料高得驚人(科技新報[Link]、產品碳足跡資訊網[Link])，加上環繞我們的水泥叢林，碳中和的目標離淨零十分遙遠。本計畫擬從一杯咖啡談起，從咖啡的生長發育與土壤的結構以及地下水層的蘊含量，到微生物怎樣影響咖啡的健康、抗熱、抗蟲、抗病到開花結果，以及收穫後的烘焙如何增加碳排，乃至到了餐桌一杯拿鐵咖啡如何“貢獻”到全球暖化，以視覺化的方式呈現碳排累積的過程。由此擴及良善的「碳捕手」植物以及「碳中和」殺手(一如水泥化、過塑、排氣集草、殺草劑噴灑等)，從生科、工程至資訊的跨領域結合，建構一個低碳的友善永續校園。

一般人印象之中植物應該是碳的捕手而不是幫兇，然而馴化作用為了提升作物的產量，廣泛的使用化肥以及除草劑、農藥，卻加增了碳排，這在咖啡及可可中尤為嚴重，咖啡的植栽過程因為肥料的使用會產生一氧化氮(笑氣)，對於全球暖化的衝擊是二氧化碳的265倍(產品碳足跡資訊網[Link])，相較於每公斤香蕉產生約 0.86 kg 的碳排放，而每公斤咖啡則會產生約 28.53 kg 碳排放，因為施肥產生的溫室氣體則高達10.4 kg (文章[Link])，烘焙讓咖啡在食物碳排中更加惡名昭彰。煮好一杯咖啡會產生的碳排量：黑咖啡21 克、53克黑咖啡加牛奶、235克大杯卡布其諾、340克大杯拿鐵(文章[Link])。顯然地，咖啡(尤其是拿鐵)跟牛肉是食物中的碳排之首惡，從咖啡減碳下手無疑地是大學難以迴避的社會責任。相對於咖啡這樣的後段班學生，自然農法的綠色植栽則是極具口碑碳捕手，透過選種、低碳栽培(無農藥及化肥)、水資源的管理、土壤微生物的經營等，將有效地達到校園碳中和的功能，而資訊科學則提供了這個生物科技與大地土木科學的跨領域學習與實踐的可視化媒介，將校園碳排的反差，從裸露地、缺乏地被的喬木樹叢、到有效管理的低碳植栽，以視覺化的方式呈現出來。

文獻之評述：

碳元素捕手植物與微生物在校園碳排的研究與實踐：自然界碳中和能力最強的不外植物葉綠體的光合作用(Godin 2022)，這是全世界固碳最佳的引擎，一直到今日，科學家依然無法模擬透過電子傳遞系統將二氧化碳跟水在酵素的催化之下合成葡萄糖，植物碳中和了總碳數的30%，其次是海洋(25%)，而45%的碳卻是無法被中和，這也是全球暖化的主因之一。而與植物生長發育相關的則是固氮作用(這也是施用氮肥讓植物快速生長的理由)，植物生長固碳也會連帶的提高，然而過肥(尤其是氮肥)因為氮氣過高卻也是溫室氣體增加的原兇。Nab & Maslin (2020) 發現永續自然農法的咖啡植栽比慣行農法要減少77%的碳排 (3.51 vs. 15.33)，主要差異在於土壤有機碳(SOC)的累積(Sharma et al. 2021)，因為少肥而改變了土壤有益菌的組成與比例，進一步影響了土壤以及植物根際的健康(Hu et al. 2019; Shah et al. 2022)，Rosado-Porto et al. (2021) 同時發現日益升高的大氣二氧化碳的含量也抑制了維持土壤健康的有益微生物，連帶地衝擊到土壤的動物(一如蚯蚓)，顯然地，土壤微生物與全球暖化具有彼此拮抗的作用(Nielsen et al. 2002; Valencia et al. 2018)，這也是許多輕農願意投入自然農法的原因之一。Holka et al. (2022) 實驗也證實有機農法能顯著降低溫室氣體，顯然地，這個從二戰結束之後，人類引以為傲的化學肥料所引發的綠色革命，已經到了功成身退的時候，第二波的綠色革命再起，這一次不但要維持作物的產量(這是極其關鍵的，當農民得不到“應得”的報償時，自然農法自然會被放棄，而回到了慣行農法)，還同時要兼顧到生產過程中低的碳排，對於碳排的斤斤計較已經是回不去的全球趨勢。

土木材料與工程技術於校園減碳之研究與實作：水泥化是全球暖化的「四大惡人」之一(Godin 2022)，混凝土材料則是問題的主要來源之一(Fernandez 2008)，使用低碳排的混凝土作為土木材料是目前的顯學，例如使用地工高分子聚合混凝土(Gourley & Johnson 2005)，本研究的重點之一即為探討低碳排混凝土材料，以及其所對應的獨特工程施工技術，使用於校園環境中。土壤、地下水以及碳排放具有高度關聯性，土壤是多孔隙材料(Brady & Weil 2010)，其物理性質已有多數學模型可以描述其中固體與液體的行為(Darcy 1856; Biot 1956; Ababou 1988)，本研究使用這些數學模型進行多重物理場模擬計算與預測。土壤減碳是一種減少大氣中二氧化碳濃度的方法，它是通過將二氧化碳永久地儲存在土壤中來實現的。因此土壤是重要的碳儲存媒介，於土壤當中一直都存在著大量的有機碳。我們可以藉由改變土壤管理的形式，以減少二氧化碳的排放。例如增加土壤有機質的含量、增加植被覆蓋率以及規模化管理等，正好與本次計畫的減碳手法相符。除此之外，本計畫執行擬運用電腦軟體進行模擬與評估，也就是使用多重物理場科學計算的方式，進行減碳的模擬，以及其他物理現象進行模擬分析，可用於研究地下水、土壤以及碳排放之間的關係，並進行多物理場耦合計算。

可視化介面設計與實踐：本跨領域整合型計畫旨在實現低碳校園，透過研究植物與微生物以及土壤與地下水對於碳排與減碳之成效。在資訊科技領域中，常見的永續與減碳方法為智慧農業(Smart/Intelligent Agriculture)、精緻農業(Precision Agriculture)、精緻農作(Precision Farming)等方式，為了實現上述技術和實驗場域，往往須佈建感測器(Sensor)與物聯網(Internet of Things)裝置，在追求永續與減少農作物對環境污染的目標，同時又額外佈建了製造碳排放的電子儀器設備，似乎是背道而馳，最終結果也會是事倍功半，因此，本計畫捨棄佈建額外的感測器和連網裝置，將計畫在生物科學與工程學實現永續與減碳之成果，透過資訊科技之可視化(Visualization)技術，將計畫實施場域之減碳成效可視化，追求真正的零碳排，實現永續與減碳之推廣。此外，本計畫透過植物與微生物以及土壤與地下水探究減碳成效，然而，無論是植物、微生物、土壤、或水流之固碳與減碳成效皆為冰冷的數據，即便是身處在此計畫實施場域生科院現場檢視示範場域之減碳成果，專家學者抑或是一般民眾都無法從肉眼觀察實施場域得知最終減少多少碳排放，再者，即便將減少的碳排放數據量化成果呈現給一般民眾，對民眾而言仍為一堆冰冷的數字，對於永續與減碳之推廣成效有限，因此，本計畫透過資訊科技技術，目標實踐互動式網頁，將實施場域之減碳成效以及背後的永續故事與技術呈現在使用者現有的連網裝置中，例如智慧型手機、平板、個人電腦等設備，進行可

視化介面之設計與實踐，讓專家學者和一般民眾都能透過圖表與色彩了解實施場域的減碳效果，藉由可視化之互動式網頁進行計畫成果推廣，使一般民眾了解永續與減碳的重要性。

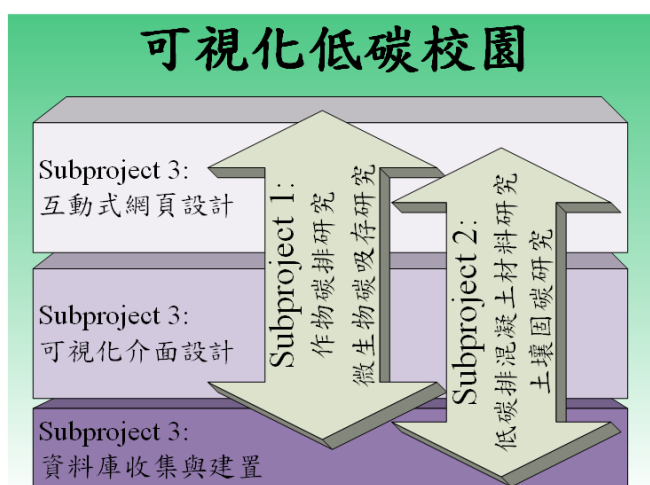
重要性：減碳是廿一世紀國家永續發展指標，大學端扮演著理論推導研發乃至實踐的火車頭，以此為核心向外擴及社區以及產業，然而水泥化房舍處處的校園卻有著減碳先天困難性，加上師生職工人口密集，每日生活所需卻成碳排的最大負擔，本計畫透過生物科技以及現代土木工程科技的跨領域合作，從水、土、植物與微生物的交互作用，提升碳中和的能力與效應，透過資訊科學的解析，以視覺化的分析共同建構一個低碳的校園。本計畫另一個指標意義在從生活飲食中，喚起每一位師生對碳排的重視與覺醒，在喝一杯拿鐵前，思考碳排的付出。

目標：本計畫的目標在透過跨領域的合作建構一個友善的低碳排校園，利用工程的技術降低碳的排放，以土壤與地下水的資訊提供給校園植栽的基礎資料，同時以植物與微生物透過自然農法提高碳中和的能力，這些差異化過程將透過資訊的大數據分析進一步視覺化，整體過程以近零為短期目標，最後達到淨零的無碳排為目標；除了理論與實踐的結合，透過微學分的推動，培育廿一世紀公民在環境永續的基本素養。

二、整合必要性。

1. **碳排不是單一領域能解決的課題：**全球暖化是一個地球自然的過程，地球受到週期性的冰河活動的影響，Milankovitch cycles 涵蓋10萬年的冰河擴張期以及2萬年的間冰期(Bennett, 1990)，然而人類恣意破壞大自然的經濟活動，卻加速了暖化的腳步，其中包括對熱帶雨林的濫墾濫伐造成的大面積森林的喪失引發的固碳效能的大幅下降、對海洋的過度漁撈造成自然資源的快速流失，更不用說工業的廢氣以及中國等金磚四國的崛起造成的汽車廢氣的大幅排放等等環境的衝擊。學者將台灣列入了陸地流失的紅色警戒區；可喜的是人類開始覺醒了，各式的理論開始被提出，許多先進國家也開始有了行動，其中最為顯著的即是對碳排的關注甚至是“斤斤計較”(畢竟碳排是以重量單位計算)。很顯然的碳排不是任何單一領域可以解決的課題，如以簡單的邏輯來看待(亦即reductionism)，不外降低碳排，同時提升碳中和的能力。透過工程的手段、生物科技提升碳捕手的功能以及資訊的分析，可以在短期內趨近於零排放的目標，當然教育的功能在碳排的降低上有顯著的功能 (Zafar et al. 2021)，而資訊的視覺化不但有助於跨領域學術的交流，更能落實校園低碳的教育。

2. **我們的跨領域整合：**本計畫透過跨領域的學術合作，將碳中和的理論化為實際，希冀落實低碳排校園的建構，領域間的互動如右圖示。



三、研究方法。

(一) 碳元素捕手植物與微生物在校園碳排的研究與實踐：

1. **場域：**力行校區為本計畫的實施場域，依據碳排的現況選定三個棲地

- A. 生科院南棟大樓五樓屋頂：完全裸露及水泥化，陽光直曬，加增了四樓大講堂的溫度以及冷氣的使用
- B. 社科院一生科院接壤樹林：土壤貧瘠發育不良，僅第一層的喬木，地被層裸露
- C. 生科院中庭花園：實施自然農法有年，土壤發育良好，然因下層為機車及汽車停車場，土壤厚度僅30公分，只適合草本或藤本植物生長

2. **團隊成員：**共同主持人包含王育民院長、李瑞花副教授、邱啟洲副教授、黃兆立副教授、許再文副教授(兼任)、林幸君教授(嘉義大學、農業經濟與碳排專長)

3. **背景：**慣行農法耕作方法需要透過使用農藥來控制病蟲害，卻往往造成對農藥產生抗性，導致農藥越用越多。慣行農法也高度依賴化學肥料，使土壤快速的酸化與貧瘠，種植的作物不易健康生長。惡中之惡的不外乎殺草劑的使用，嚴重破壞生態環境、土壤微生物相、蚯蚓生態、土壤氮循環與人體健康。農業、林業和使用土地占溫室氣體排放18.4% (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2016)。溫室氣體排放包括從土壤，燃燒作物殘渣，水稻田甲烷釋放，肥料的使用。鉀肥及磷肥無法再生仰賴需要耗能採礦而得，氮肥的製做使用了全球2%的能源，肥料每年製作就釋放1.4%二氧化碳，而農民不合理性的施肥，過剩的肥料汙染河流海洋，造成水域的優氧化，影響水生生物因為缺氧而死亡。因為烏俄戰爭使肥料價格飆漲，加海、路運輸，機械施肥更增加碳足跡。為了減少因從事農業所造成對氣候和環境影響，因此政府鼓勵合理施肥減少肥料使用，或以循環經濟概念使用農業廢棄物。

4. **方法：**城市農園是在城市中或周遭私有或公有大小不拘閒置空地，執行動物飼養、水產養殖、農林業、城市養蜂及各種園藝作物的密集種植。為區域糧食安全重要一環。所有食物、能源及其他產物的生產、加工、物流、販賣及消費是因應城市居民的日常需要。城市農園同時帶來經濟活力、創業管理，同時提供休閒、綠化，恢復環境生產力的功能及減少碳足跡。生產模式必須對環境友善，使用或重複使用自然和城市產生的垃圾資源生產個人、家庭及社區食物，並以提供均衡營養為目的。台灣可耕作農地面積只剩下50萬公頃，面對全球暖化與極端氣候的挑戰，減少損耗與浪費，推動綠色循環經濟為必要手段，邁向永續低碳生活並提高糧食安全。因此，如何確保效率與永續的糧食供應鏈，提供城市地區穩定且安全無虞的糧食益形重要。

實驗設計與植栽的選擇：整體實驗的目的在有效的提升碳中和能力，針對不同的場域提出不同的策略，除篩選適當的植物種類外，同時強調土壤微生物在碳吸存與碳中和扮演的角色 (Chaparro et al. 2012; Nannipieri et al. 2017)。

策略與物種選擇

A. 五樓陽台：完全的水泥化無遮蔽的空間，配合院空間的規劃—搭建太陽能板，以黑網模擬太陽的遮蔽效應，顧慮到頂樓防水的問題，主要以盆栽的方式實施，而選擇的植物種類以耐旱以及高光合作用的植物為首要，以植物生理學的角度思考，C4以及 CAM 光合作用的植物優於 C3植物、沙漠玫瑰、三角梅等都是極佳的候選物種。

B. 生科院中庭：特色香草及蔬果園的規劃與實施，比對自然農業與慣行農法之間的差異，前者強調自然資源永續利用的原則，不允許使用化學合成物質，強調水土資源保育與生態平衡之管理系統，並達到生產自然安全農產品目標之農業，而後者則施用化學肥料(在校園不施用農藥及除草劑)，另外，針對自然農法，進一步比對單一作物種植與複作栽培的差異。

C. 社科院一生科院接壤林下：林下幾近裸落，土壤發育不良，將用於降低咖啡碳排的植栽實驗，咖啡的碳排放與全球暖化造成植株抗病與抗蟲的能力下降有密切的相關，易言之，增加植物的抗性將有助於降低農業生產的碳排，透過微生物農法的施作，將提高於根部的健康，實驗設計將比對微生物農法與慣行農法的差異，比較的參數包括土壤與根部的微生物多樣性組成，以及與固碳相關聯的微生物種類，另外植物本身的生物量(biomass)更是重要的生長與固碳的指標

重要參數：A. 作物光合作用效率的差異、B. 作物生物量的差異、C. 土壤與根部微生物的差異、D. 土壤微小動物多樣性的差異；以上述參數綜合比較不同農法碳中和能力的差異性

(二) 土木材料與工程技術於校園減碳之研究與實作

1. **背景：**碳排放和土壤之間存在著密切的關係。土壤是其中一個重要的碳儲存庫，其中包含大量的有機碳，如植物殘骸、微生物、土壤有機物等。這些有機碳可以通過不同的途徑進行碳循環，如土地用途變化、植物生長死亡、土壤有機物分解等。首先，碳排放會對土壤造成影響，過度的工業化、農業和能源使用等人類活動會產生大量的碳排放，進而影響土壤對碳的儲存量以及穩定性。例如，過度的農業耕作和施肥會導致土壤有機碳的流失，同時，大

量的森林砍伐和土地開發也會減少土壤的碳儲存量。其次，土壤碳儲存的變化也會對碳排放產生影響。土壤中的有機碳可以通過微生物和不同的土壤使用方式等管道進行分解與釋放，進而產生二氧化碳等溫室氣體。而不同的土地管理方法和生態系統也會對土壤中的碳儲存和釋放產生不同的影響。例如，長期施用有機肥料和適當的耕作方式可以增加土壤有機碳的積累和減少碳釋放，從而減少碳排放。土壤中的碳循環和碳排放也會對全球氣候變化產生影響。土壤中的碳庫是地球碳循環的重要部分，而碳釋放和儲存量的變化會對全球碳平衡產生影響。例如，當土壤中的碳釋放量增加時，會導致全球溫室氣體濃度的增加，進而對氣候變化產生不利影響。總而言之，碳排放和土壤之間存在著密切的關係。通過改善土地管理方式和增加土壤碳儲存量等措施，可以減少碳排放並保護土壤碳庫的穩定性和健康。除此之外，土壤亦與地下水關係密切，主要體現在以下幾個方面：

- (1) 土壤作為碳儲存庫：土壤是地球上最大的碳儲存庫之一，其中包括有機質和無機碳等多種形式的碳。通過植物光合作用和土壤微生物的代謝活動，大量的碳被儲存在土壤中。然而，人類的活動，例如土地開墾、林業採伐、農業耕作等，會破壞土壤的結構和生態系統，導致土壤中的碳被釋放，形成碳排放。
- (2) 地下水的碳儲存：地下水可以含有大量的二氧化碳，尤其是在含有碳酸鹽的岩層中。地下水中的二氧化碳可以通過水文地質作用進一步釋放到大氣中，形成碳排放。同時，地下水中的有機質分解也會產生二氧化碳，增加碳排放的量。
- (3) 土壤和地下水的碳交換：土壤和地下水之間存在複雜的物質和能量交換過程。例如土壤中的微生物和植物會通過根系將二氧化碳釋放到土壤中，形成土壤呼吸。地下水中的碳酸鹽可溶解並進入土壤，促進植物的生長。因此，土壤和地下水的碳交換也會對碳排放產生影響。

由上可見，土壤地下水以及碳排放三者之間關係甚切，這些關係不僅體現了碳在自然界的循環過程，同時也反映人類活動對環境的影響和生態系統的脆弱。因此，減少碳排放勢在必行。

混凝土是建築業最常用的材料之一，但是在生產過程中需要大量使用水泥，而水泥的生產過程則會產生大量的碳排放。事實上，全球約有百分之五的二氧化碳排放量來自於水泥的生產過程。此外，混凝土的使用也會產生大量的二氧化碳，因此使用低碳排混凝土已成為減少建設業對環境影響的一個重要著眼點。低碳排混凝土是一種減少碳排放的建築材料，相比傳統混凝土具有更低的碳足跡，其誕生主要是為了因應全球氣候變遷以及減少碳排放的需求，由於建設業是一個能源密集型和高碳排放的行業，因此在建築材料的開發和使用方面減少碳排放尤其重要。低碳混凝土通常使用的方法包括

- (1) 減少水泥用量：低碳混凝土可以通過減少水泥用量來降低碳排放。例如，使用高效水泥控制其用量，使用替代材料如粉煤灰或硅灰等代替部分水泥。
- (2) 使用新的原材料：低碳混凝土可以使用新的原材料，例如高爐石、膨脹珍珠岩等，這些原材料可以代替部分水泥，降低碳排放。
- (3) 使用再生材料：低碳混凝土可以使用再生材料(Hansen & Narud 1983)，例如廢棄物玻璃、廢棄物石英等，這些再生材料可以代替部分水泥，降低碳排放。
- (4) 降低施工能耗：低碳混凝土可以降低施工能耗，例如降低攪拌時間和使用高效攪拌機等。

低碳排混凝土可以透過減少水泥用量、使用新的原材料、使用再生材料和降低施工能耗等方式來實現。低碳混凝土的開發和應用對於減少碳排放和環境保護意識的發展是相當有助益的，而這也為建設業的可持續發展提供了新的方向和選擇。

2. 團隊成員：陳振華(高雄大學土木與環境工程系)，以及本人的研究生：廖則淳、謝維倫、羅允伶、李佳儒、羅鼎霖。

3. 方法：碳排放、土壤和地下水交互作用是一個複雜的環境問題，可以使用電腦計算方式進行模擬和分析。具體來說，針對地下水流和其化學反應的多重物理問題進行模擬計算，對碳排放、土壤和地下水交互作用進行模擬和分析，對於減少校園內碳排放的研究以及實踐。以下為本研究擬進行之計算工作：

- A. 土壤中的水分轉移:土壤中水分的轉移，從而確定土壤中水分的分布與流速。
- B. 地下水的流動:地下水的流動，從而確定地下水的流動與分布。
- C. 土壤當中的碳儲存和釋放：土壤中碳吸附和釋放過程，確定其在土壤中分布以及轉化速率。
- D. 二氧化碳在土壤和地下水中的運移和轉化：模擬二氧化碳在土壤和地下水的運移和轉化過程，評估二氧化碳對土壤和地下水影響，進行碳排放和地下水交互作用的風險評估和管理。
- E. 土壤和地下水的化學反應：模擬土壤和地下水中的化學反應過程，包括溶解、沉澱、吸附等，評估這些化學反應對碳排放和地下水交互作用的影響，進行相應的風險評估和管理。
- F. 基于地下水的碳捕捉和存儲：模擬基于地下水的碳捕捉和存儲技術，評估其對土壤和地下水的影響，進行方案改進和風險管理。

檢驗低碳排混凝土之效果：

- A. 碳排放減少程度：低碳排混凝土相較於普通混凝土的主要優勢是碳排放量更少。因此，檢驗低碳排混凝土的成效的第一步是測量其碳排放減少程度。可以通過比較生產低碳排混凝土和普通混凝土的碳排放數據來進行評估。
- B. 抗壓強度：低碳排混凝土的抗壓強度應該與普通混凝土相當，若低碳排混凝土的強度過低，將會影響建築物穩定性。因此，預計使用實驗室儀器進行抗壓試驗測試低碳排混凝土的強度。
- C. 成本效益：低碳排混凝土生產過程中可能需使用一些特殊原料或添加劑，這將增加其生產成本。因此，需考慮低碳排混凝土的成本效益，通過比較其生產和使用成本評估其實用性。

(三) 低碳校園之可視化介面設計與實踐

1. 團隊成員：曾繁勛助理教授(分項計畫三主持人)、鄭憲宗教授(共同主持人)、陳奕岑(碩士生)、黃禹翔(碩士生)、劉晉宏(碩士生)、賴右騰(碩士生)。

2. 背景：現有資訊科技之永續與節能減碳之相關研究，包含智慧農業、精緻農業、精緻農作等方式降低農作物對環境之污染與破壞，然而，要實現數據收集與分析，必須佈建對應的感測器，例如在栽種植物和農作物時，往往需要佈建氣候相關之感測器監控雨量、溫度、濕度等數值，在監控水質對農作物或養殖業影響時，需要佈建水質感測器監控水的污濁程度、PH 值、總溶解固體值等數據，以實驗為導向進行環境優化與輔助裝置設定，然而，上述新興科技與技術同時也佈建了破壞環境的感測器與物聯網裝置，即使在軟硬體裝置與技術進行節能優化研究，但對於環境自然資源而言早已先破並造成額外的碳排放，再者，感測器需要電力供給，常見的作法為佈建太陽能板進行能量轉換，但太陽能板的建造亦已造成環境破壞，無論是透過資訊科技之數據分析與優化，抑或是太陽能板之能源轉換，這些與零碳排的最終目標實屬互斥。此外，在進行跨領域計畫提案討論時發現，仰賴生物科學與工程學之減碳成效豐碩，但對於非相關領域的學者抑或是一般民眾根本無法體會，對一般民眾而言，使用可視化介面進行圖表與色彩方式呈現，以簡單的圖像與顏色呈現作物、土壤、水流動對碳排放之影響，必定更能理解與體會減碳之成效，屆此提升減碳之重要性推廣。因此，本計畫在資訊科技方面，捨棄佈建額外的感測器裝置進行數據收集與分析，藉由植物、微生物、土壤、水源等技術在減碳之成效，將減碳之成果與數據進行可視化介面之設計與實踐，目標建構一個可視化的互動式網頁呈現減碳成效與永續推廣。

3. 方法：目標為建構一個低碳校園之可視化介面，將實施場域的減碳成效以圖表和色彩方式呈現於互動式網頁中，在網頁中介紹植物、微生物、土壤、水流動對於碳排放之影響值，首先呈現計畫減碳之成果，並設計互動式內容供使用者替換不同的作物與土壤，將替換後碳排放數據以可視化圖表色彩呈現，即便是非專業領域的一般民眾都能透過此可視化介面了解不同作物與土壤對碳排放之影響，在不額外佈建感測器增加碳排放的方式下進行永續與減碳之推廣。本計畫在可視化介面設計與實踐的工作項目如下：

A. 資料收集：傳統資訊科技的作法係透過佈建感測器進行數據收集與分析，但太陽能板供電使感測器進行資料收集就已先對環境造成額外的碳排放與破壞。因此，本計畫將收集不同

的作物、土壤、水流動方式造成的碳排放數據，這些數據來自於生物科學與工程學長年研究成果，將這些公認的數據儲存於資料庫中，供可視化互動式介面使用。

B. 可視化介面設計：已知各種作物、土壤、水流動方式對應的碳排放數據，但這些數據對於一般人而言就是冰冷的數字，例如種植咖啡產生了多少碳排，本計畫降低多少碳排，這些精確的數字一般人難以體會。因此，本計畫將以圖表與色彩的方式進行可視化呈現，將高碳排作物以警示的深紫色呈現，中等碳排作物以紅色呈現，對降低碳排有益的作物以綠色方式呈現，以此類推呈現不同的土壤與水流動方式等，如此一來，即便是非專業學者亦能一目了然且有更深刻的體會與認知。此外，除了以不同的色彩呈現，亦可將冰冷的數字轉化成一目了然的圖表，藉由圖表方式呈現實施場域的碳排放與減碳量，以淺顯易懂的可視化方式呈現。

C. 互動式網頁設計：透過可視化介面，可得知實施場域的碳排放與減碳量，然而，若僅是呈現減碳成果，對於原本的環境配置造成的高碳排放量仍無法有深刻體會。因此，本計畫將設計互動式網頁，使用者可基於實施場域面積大小，進行不同作物、土壤、水流之間替換，並將替換後的碳排放量呈現於可視化介面中，如此一來，便可更直觀地了解作物與土壤對於碳排放之影響，進而讓非專業領域之學者和一般民眾了解永續與減碳之重要性。

四、執行時程規劃。

2023				
月	Subproject 1	Subproject 2		Subproject 3
	植栽栽培	低碳排混凝土材料	土壤固碳	可視化介面
4	本土野生植物的採擷與馴化，進行遺傳多樣性分析	蒐集低碳排混凝土材料相關資料	蒐集土壤固碳以及低碳排混凝土材料用於土壤固碳之相關資料	植物、微生物、土壤等碳排放與固碳數據收集
5				
6				
7				
8	進行第一輪植栽栽種測試，依情況調整環境條件與微生物補充	分析低碳排混凝土材料之相關工程技術	模擬土壤固碳物理過程，評估校園土壤固碳之經濟價值	資料庫建置
9				
10				
11				
12				
2024				
1	進行第二輪植栽栽種測試，依情況調整環境條件與微生物補充	以小型現地實驗方式進行低碳排混凝土材料實作與研究其相關工程議題	以小型現地實驗方式進行土壤固碳實驗並研究其相關工程議題	將資料庫中的數據進行可視化，並進行可視化介面設計
2				
3				
4				
5	進行第三輪植栽栽種測試，依情況調整環境條件與微生物補充		結合低碳排混凝土材料與土壤固碳技術，提升減碳效能	將可視化介面中的植物、微生物、土壤的元件實踐成可視化互動式網頁
6				
7				
8				
9	撰寫期刊文獻	撰寫期刊文獻	撰寫期刊文獻	可視化互動式網頁測試與優化
10				
11				
12				

五、自訂績效指標或預期成果

- 建構最佳碳排的植物生長模式
- 有效降低咖啡植栽的碳排
- 屋頂植栽能有效降低講堂及教室的溫度
- 建構使用低碳排混凝土的工程技術
- 建構校園內土壤固碳的工程技術
- 量化評估校園內使用低碳排混凝土和土壤固碳的經濟價值
- 彙整碳排放數據建置資料庫
- 可視化介面設計與研究
- 建構可視化互動式網頁
- 開授永續跨領域微學分課程

Summary:

全球暖化是地球冰河週期必然的過程，年平均溫度逐年上升，北冰洋的冰塊快速地融化，海平面勢必上升，影響陸地的生態以及人類的生存，然而這樣的速度遠遠比預測來得快，究其原因不外人類對生態環境恣意地破壞，包括對森林的砍伐與畜牧牛羊的甲烷排放、燃燒煤炭（包括發電）及工業與汽車的廢氣排放、水泥化的都會叢林與居民的碳排等，台灣的個人碳排高居全球的前半段班，每年人均約 12 公噸，高於日本（9.32）、歐盟 27 國（7.05）和中國（6.92），與南韓同列第 15 名，高於台灣的則有加拿大（15.5）、美國（15.24）、澳洲（15.48）、卡達（32.42）等（台灣地球日專欄[\[Link\]](#)）；Godin (2022) 的全球碳年鑑提到雖然全球變遷的趨勢無法逆轉，但是延緩暖化的腳步永遠不晚，降低碳排以及提升碳中和的能力是人人可以從事的，從生活中少開車多騎自行車或散步、少攝食牛羊肉、拒絕拿鐵咖啡等，都會是具體有效的行動（環境資訊中心[\[Link\]](#)），最近幾年許多 APP 被發展出來，不僅是教我們如何計算碳足跡，更教我們減碳（JORO[\[Link\]](#)、產品碳足跡[\[Link\]](#)、澳門展貿協會之會展及活動碳排放計算器[\[Link\]](#)）；我們的計畫將從校園出發，一方面從降低碳排著手，研發**低碳排水泥以及施作的工法**，而另一方面則利用**碳捕手的植物與微生物的生態系功能**，利用 C4 及 CAM 植物高效率的光合作用，配合土壤的**地下水資源管理與微生物多樣性的導入**，強化碳中和的能力；針對作物碳排首惡咖啡的植栽，利用微生物農法，降低農藥與化肥的使用（碳排以及笑氣排放來源之一），一方面提升咖啡抗病與抗蟲害的能力，另一方面更須提升其生物量（CASE 報科學文章[\[Link\]](#)），而提升咖啡樹對**全球變遷的韌性**，已經是全球的趨勢（食力 FoodNEXT 文章 [\[Link\]](#)），本計畫科技的成果將輻射到台灣各地的咖啡植栽農場，一如東山，阿里山、古坑等，**落實科技民主**讓全民共享成果；我們的計畫除了透過生物科技與土木工程技術的跨領域結合之外，整個碳排與碳中和過程的顯示，以及不同工法之間的差異化，將結合資訊科學，共同建構一個**可視化低碳排的校園**，從短期的近零到中長期的淨零，達到校園碳收支的平衡。

參考文獻

引用文獻:

- Ababou R (1988) Three-dimensional flow in random porous media, Ph.D. dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Boston.
- Biot MA (1956) Theory of propagation of elastic waves in a fluid saturated porous solid, I. Low-frequency range, *Journal of the Acoustical Society of America* 28:168-178.
- Brady NC & Weil RR (2010) *Elements of the Nature and Properties of Soils*. 3rd edition. Pearson Education, New Jersey, USA.
- Chaparro JM et al. (2012) Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. *Biology and Fertility of Soils* 48: 489–499.
- Darcy H (1856) *Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon*, Dalmont.
- Godin S (2022) The Carbon Almanac. It's Not Too Late. *Business Weekly*.
- Gourley J T & Johnson B (2005) Developments in geopolymer precast concrete, *Geopolymer, Green Chemistry and Sustainable Development Solution*.
- Hansen TC & Narud H (1983) Strength of Recycle Concrete Made from Crushed Coarse Aggregate. *Concrete Inter-national*.
- Holka M et al. (2022) Reducing Carbon Footprint of Agriculture—Can Organic Farming Help to Mitigate Climate Change? *Agriculture* 12: 1383.
- Hu et al. (2019) Changes in soil C: N: P stoichiometry and microbial structure along soil depth in two forest soils. *Forests* 10.2: 113.
- Nab C & Maslin M (2020) Life cycle assessment synthesis of the carbon footprint of Arabica coffee: Case study of Brazil and Vietnam conventional and sustainable coffee production and export to the United Kingdom. *Geography and Environment* 2020; e00096.
- Nannipieri P et al. (2017) Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science* 68: 12-26.
- Nielsen MN et al. (2002) Microorganisms as indicators of soil health. NERI Technical Report No. 388.
- Perez Fernandez N (2008) The influence of construction materials on life-cycle energy use and carbon dioxide emissions. <http://hdl.handle.net/10063/653>
- Rosado-Porto D et al. (2022) Elevated Atmospheric CO₂ Modifies Mostly the Metabolic Active Rhizosphere Soil Microbiome in the Giessen FACE Experiment. *Microbial Ecology* 83:619–634
- Shah AM et al. (2022) Soil Microbiome: A Treasure Trove for Soil Health Sustainability under Changing Climate. *Land* 11: 1887.
- Sharma M et al. (2021) Carbon Farming: Prospects and Challenges. *Sustainability* 13:11122.
- The International Energy Agency (2021) Global Energy Review: CO₂ Emissions in 2021: Global emissions rebound sharply to highest ever level. <https://www.iea.org/reports/global->
- Valencia E et al. (2018) Cascading effects from plants to soil microorganisms explain how plant species richness and simulated climate change affect soil multifunctionality. *Glob Change Biol* 24: 5642–54.
- Wallace-Wells D (2021) The uninhabitable earth: life after warming. <https://www.youtube.com/watch?v=wrFhFz2EQfE>
- Zafar MW (2021) Effects of biomass energy consumption on environmental quality: The role of education and technology in Asia-Pacific Economic Cooperation countries. *Renewable and*

自然農法與生態系服務相關文獻:

Barnauda C, Couixb N (2020) The multifunctionality of mountain farming: Social constructions and local negotiations behind an apparent consensus. *Journal of Rural Studies* 73:34-45. (多功能農法的探討)

Diacono M et al. (2017) Agro-Ecology for potential adaptation of horticultural systems to climate change: Agronomic and energetic performance evaluation. *Agronomy* 7:35. (針對全球變遷的農業生態系適應)

微生物農法相關文獻:

Banning NC et al. (2011) Soil microbial community successional patterns during forest ecosystem restoration. *Appl Environ Microbiol* 77:6158–6164. (土壤微生物相與生態系演退的關聯)

de Castro AP et al. (2016) Microbial Diversity in Cerrado Biome (Neotropical Savanna) Soils. *PLoS ONE* 11(2): e0148785. doi:10.1371/journal.pone.0148785. (微生物多樣性與生物量的關聯)

Faucon MP et al. 2017. Plant functional traits: soil and ecosystem services. *Trends in plant science*, 22(5), 385-394. (植物的關鍵功能性狀與土壤生態系服務的關聯)

Harris J (2009) Soil microbial communities and restoration ecology: facilitators or followers? *Science* 325, 573–574. (土壤微生物與生態系的復育)

Hinsinger P et al. 2009. Rhizosphere: biophysics, biogeochemistry and ecological relevance. *Plant and soil*, 321, 117-152. (根際與微生物的交互作用及功能)

Motiejūnaitė J 2019. Cultural ecosystem services provided by the biodiversity of forest soils: A European review. *Geoderma* 343: 19-30. (土壤生物多樣性與農業生態系服務的關聯)

Raaijmakers JM et al. 2009. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. *Plant Soil* 321: 341–361. (植物根際是有益微生物與病原菌交互競爭的場域)

Sternhagen EC et al. (2020) Contrasting patterns of functional diversity in coffee root fungal communities associated with organic and conventionally managed fields. *Applied and Environmental Microbiology* 86: e00052-20. (微生物農法與慣行農法在咖啡植栽的差異)

Su LJ et al. (2020) Experimental and theoretical study of mechanical properties of root-soil interface for slope protection. *Journal of Mountain Science* 17: 2784–2795. (根系－土壤的交互作用與棲地保護的關聯)

Zewdie B et al. (2020) Patterns and drivers of fungal disease communities on Arabica coffee along a management gradient. *Basic and Applied Ecology* 47:95-106. (咖啡的植病)

壹、經費需求表 Requested Budget Form

金額單位/ Currency Unit: 新台幣元/NTD

年份 Project Year		第一年計畫 First Year
項目 Budget Categories		(2023/04~2023/12)
設備費 Equipment Fees		250,000
業務費 General Expenses	兼任助理薪資 Salaries for part-time assistants	348,000
	耗材及雜項費用 Consumables	1,312,000
國外差旅費 Travel Expenses for International Destinations		90,000
小計 Subtotal		2,000,000
總計 Total		2,000,000

年份 Project Year		第二年計畫 First Year
項目 Budget Categories		(2024/01~2024/12)
設備費 Equipment Fees		230,000
業務費 General Expenses	兼任助理薪資 Salaries for part-time assistants	504,000
	耗材及雜項費用 Consumables	1,176,000
國外差旅費 Travel Expenses for International Destinations		90,000
小計 Subtotal		2,000,000
總計 Total		2,000,000

計畫主持人及共同主持人個人資料表

計畫總主持人: 蔣鎮宇

學校名稱	國別	主修學門系所	學位	起訖年月(西元年/ 月)
華盛頓大學	美國	生物系	博士	自 1990/08 至 1994/08
國立台灣大學	中華民國	植物研究所	碩士	自 1987/08 至 1989/07
國立台灣師範大學	中華民國	生物學系	學士	自 1978/08 至 1983/07
國立成功大學	熱帶植物與微生物研究所	所長		自 2021/09 至
國立成功大學	生物科技中心	主任		自 2015/02 至2019/01
國立成功大學	生命科學系	主任		自 2009/08 至2012/07
國立成功大學	生命科學系(所)	教授		自 2001/08 至
國立成功大學	生物系	副教授		自 1997/08 至2001/07
國立成功大學	生物學系	講師		自 1996/08 至1997/07
中央研究院	植物研究所	博士後副研究員		自 1994/08 至1996/07

1. 族群遺傳學	2. 微生物學	3. 生態基因體學	4. 親緣地理學
----------	---------	-----------	----------

期刊論文 *通訊作者

1. Nguyen NTH, Huang MB, Liu FY, Huang WL, Tran HT, Hsu TW, Huang CL, **Chiang TY*** (2023, Jan). Deciphering microbial community dynamics along the fermentation course of soy sauce under different temperatures using metagenomic analysis. Bioscience of Microbiota, Food and Health, <https://doi.org/10.12938/bmfh.2022-012>. (Accepted).
2. **Chiang TY***, Hsu TW, Chiang YC (2022, Jul). Responding to Future Earth's Biodiversity Goals: Implementing Ecological Services, Agricultural Diversity and Bioresource Sustainability of the Shallow Mountain Slope Ecosystem in Dongshan Distric. Impact 2022(4):16-19.
3. Nguyen NTH, Wang WY, Huang WL, Huang CL, **Chiang TY*** (2022, Jun). Metagenomics analyses of microbial dynamics associated with putative flavor development in mash fermentation of Sake. LWT, 163: 113570.
4. Tran HT, Nguyen HM, Nguyen T, Chang C, Huang WL, Huang CL, **Chiang TY*** (2022, Jan). Microbial communities of soils along 2,3,7,8- tetrachlorodibenzodioxin concentration gradient at lands polluted with Agent Orange based on metagenomic analyses. Microbial Ecology, <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01953-y>.
5. Huang WL, Wu PC*, **Chiang TY*** (2021, Dec). Metagenomics: Potential for bioremediation of soil contaminated with heavy metals. Ecological Genetics and Genomics, 22:100111.
6. Liao YT, Hung KH, Mi IT, Huang MB, Huang WL, **Chiang TY***. (2021, Dec). Heparin sodium extraction from broiler intestines based on acid/base methodology. . Journal of Animal and Veterinary Advances, 20:185-188.
7. Zheng Y, **Chiang TY**, Huang CL, Feng XY, Yrjälä K, Gong X. (2021, Jun). The Predominance of Proteobacteria and Cyanobacteria in the Cycas dolichophylla Coralloid Roots Revealed by 16S rRNA Metabarcoding. . Microbiology, 90(6): 805–815..
8. Vu TD, Iwasaki Y, Shigenobu S, Maruko A, Oshima K, Iioka E, Huang CL, Abe T, Tamaki S, Lin YW, Chen CK, Lu MY, Hojo M, Wang HV, Tzeng SF, Huang HJ, Kanai A, Gojobori T, **Chiang TY**, Sun HS, Li WH, Okada N (2020, Jun). Behavioral and brain-transcriptomic synchronization

between the two opponents of a fighting pair of the fish *Betta splendens*. Plos Genetics, 16(6): e1008831.

9. Huang CL, Sarkar R, Hsu TW, Yang CF, Chien CH, Chang WC & **Chiang TY*** (2019, Dec). Endophytic Microbiome of Biofuel Plant *Miscanthus sinensis* (Poaceae) Interacts with Environmental Gradients. Microbial Ecology, <https://doi.org/10.1007/s00248-019-01467-8>.
10. Wang SY, **Chiang TY**, Wu JC. (Contribution equal to the first author) (2019, Aug). Molecular Evolution of Hepatitis Delta Virus in Taiwan. HEPATOLOGY, 68: 1219A.
11. Tran HT, Wang HC, Hsu TW, Sarkar R, Huang CL, **Chiang TY***. (2019, Jun). Revegetation on abandoned salt ponds relieves the seasonal fluctuation of soil microbiomes. BMC Genomics, 20(1):478.
12. Zheng Y, **Chiang TY**, Huang CL, Gong X. (Contribution equal to the first author) (2018, May). Highly diverse endophytes in roots of *Cycas bifida* (Cycadaceae), an ancient but endangered gymnosperm. JOURNAL OF MICROBIOLOGY 56: 337-345. 本人為共第一作者。
13. Gong X, Hung KH, Ting YW, Hsu TW, Malikova L, Huang CL, Liu SH, **Chiang TY***. (2017, Aug). Frequent gene flow blurred taxonomic boundaries of sections in *Lilium* L. (Liliaceae). PLoS One, 12(8): e0183209.
14. Lin CW, Huang LY, Huang CL, Wang YC, Lai PH, Wang HV, Chang WC, **Chiang TY**, Huang HJ. (2017, Mar). Common Stress Transcriptome Analysis Reveals Functional and Genomic Architecture Differences Between Early and Delayed Response Genes. Plant & Cell Physiology, 58: 546-559.
15. **Chiang, TY**, Chen YY, Lee TW, Hsu, KC, Lin, FJ, Wang, WK, Lin, HD. (2017, Feb). Comparative phylogeography of two codistributed endemic cyprinids in southeastern Taiwan. BIOCHEMICAL SYSTEMATICS AND ECOLOGY, 70:283-290.

主持過的整合型計畫：

- A). 極端棲地下植物與微生物的物種多樣性、遺傳分化與適應--極端棲地土壤及植物根部微生物的物種多樣性、適應與種化 MOST 109-2313-B-006 -007 -
- B). 全球暖化衝擊下的高山物種適應：生態基因體與轉錄體學研究--高山草本植物的生態基因體學研究 MOST 105-2621-B-006 -002 -
- C). 從自然資源到生物科技：台灣腐生蘭野生天麻的生物多樣性研究--台灣野生天麻的基因體系統分類學及遺傳多樣性研究 MOST 100-2621-B-006 -001 -MY3
- D). 野生阿拉伯芥的生物資源整合與基因體研究 99-2321-B-006 -005 -
- E). 東亞野生物種生態基因體學研究：種化、分歧、適應—野生阿拉伯芥的生態基因體學研究 MOST 098-2811-B-006 -027 -
- F). 教育部單一整合型計畫：大學社會責任(USR)：以微生物科技導入台南市大溪北地區的農業 (2017-)
- G). 經濟部產學研價值創造計畫：「利用環境微生除汙之技術商品化與事業化開發計畫-先期研究」 (2017-)
- H). 科技部單一整合型計畫：呼應 Future Earth 生物多樣性的目標：落實東山區(台南市)淺山坡地生態系的生態服務、農業多樣性及生物資源永續--淺山生態系生態服務及農業資源永續 (1/4) MOST 110-2321-B-006-007- (2021-)

2006-2009 年擔任國科會生物處生物多樣性及長期生態研究學門召集人，具有整合協調的能力與經驗。最近幾年投注於大學社會責任的實踐，該團隊於 2019 年榮獲教育部大學社會責任計畫全國展最佳實踐獎；2020、2022 年獲國立成功大學“大學創新與大學社會責任教學優良獎”。2017-2018 年榮獲國立成功大學產學合作成果特優教師優良獎。

近五年獎項：PLoS One Editorial Board Long Service Award (2023)、美國 Sigma Xi 正式會員 (2022)、印度 STAIR 終生研究獎 (2022)、食創三星獎(食力媒體) (2022)

計畫主持人及共同主持人個人資料表

計畫總主持人: 王雲哲

學校名稱	國別	主修學門系所	學位	起訖年月(西元年/月)
威斯康辛大學麥迪遜分校	美國	工程物理系	博士	自 1999/08 至 2004/06
國立成功大學	中華民國	土木工程系	碩士	自 1994/08 至 1996/07
中原大學	中華民國	土木工程系	學士	自 1990/08 至 1994/07
國立成功大學	土木工程系	主任		自 2023/02 至
國立成功大學	土木工程系	教授		自 2015/08 至
國立成功大學	土木工程系	副教授		自 2010/08 至 2015/07
國立成功大學	土木工程系	助理教授		自 2006/08 至 2010/07
Los Alamos National Laboratory	Materials Science and Technology Division	博士後研究員		自 2004/07 至 2006/07

1. 超材料metamaterials	2. 計算科學	3. 工程分析與模擬	4. 深度神經網路
---------------------	---------	------------	-----------

期刊論文 *通訊作者

1. **YC Wang***, TC Liao, KW Tan, SM Aizikovich, Bandgap Properties of a Class of Chiral and Achiral Metamaterials, Sixty Shades of Generalized Continua, Springer, 693-704, 2023
2. Evgeniy V. Sadyrin, Andrey L. Nikolaev, Sergei V. Chapek, Dmitry V. Nazarenko, Sergei M. Aizikovich, **Yun-Che Wang**, Manufacturing Quality Evaluation of Photopolymer Resin 3D-Printed Scaffolds Using Microtomography, Sixty Shades of Generalized Continua, Springer, 593-603, 2023
3. **YC Wang***, KW Tan, TW Ko, TC Liao, Numerical study of simultaneously negative thermal expansion and Poisson's ratio in a class of auxetic structures, Physica Status Solidi B 259, 2200418 (2022) <https://doi.org/10.1002/pssb.202200418>
4. **Y.C. Wang***, T.W. Ko., K.W. Tan, Effective Viscoelastic Properties of Chiral Structures with Hierarchy. In: Altenbach H., Eremeyev V.A., Galybin A., Vasiliev A. (eds) Advanced Materials Modelling for Mechanical, Medical and Biological Applications. Advanced Structured Materials, vol 155, pp. 429-440, Springer, Cham (2022) https://doi.org/10.1007/978-3-030-81705-3_23
5. S. Alexandrov, **Y.C. Wang***, L. Lang, An Accurate Limit Load Solution for an Anisotropic Highly Undermatched Tension Specimen with a Crack, Symmetry 13, 1941 (2021) <https://doi.org/10.3390/sym13101941>
6. L. Lang, S. Alexandrov, **Y.C. Wang***, An Upper Bound Solution for the Compression of an Orthotropic Cylinder, Materials 14, 5253 (2021) <https://doi.org/10.3390/ma14185253>
7. **Y.C. Wang***, C.C. Ko, K.W. Chang, T.W. Ko, Negative-stiffness composite systems and their coupled-field properties, Continuum Mechanics and Thermodynamics, 33(4), 1857-1872 (2021) <https://doi.org/10.1007/s00161-021-01021-3>

8. **Y.C. Wang***, T.W. Ko, X.J. Ren, Effective mechanical responses of a class of 2D chiral materials, *Physica Status Solidi B* 257, 2000277 (2020)
<https://doi.org/10.1002/pssb.202000277>
9. **Y.C. Wang***, H.W. Lai, X.J. Ren, Enhanced auxetic and viscoelastic properties of filled reentrant honeycomb, *Physica Status Solidi B* 257, 1900184 (2020)
<https://doi.org/10.1002/pssb.201900184>
10. S. B. Zarandi, H.W. Lai, **Y.C. Wang***, S. M. Aizikovich, Residual stress in an elastoplastic annular disc interacting with an elastic inclusion, *Coupled Systems Mechanics, An Int'l Journal*, Vol. 8, No. 3., pp. 273-287 (2019)
<https://doi.org/10.12989/csm.2019.8.3.273>
11. **Y.C. Wang***, Negative Poisson's Ratio in Plane Elasticity. In *Encyclopedia of Continuum Mechanics* (2nd ed., Vol. 15, pp. 1–7). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. (2019)
https://doi.org/10.1007/978-3-662-53605-6_349-1
12. J. Guo, C. Tang, G. Rothwell, L. Li, **Y.C. Wang**, Q. Yang, X. Ren, Welding of High Entropy Alloys – A Review. *Entropy*, 21(4), 431, 17 pages (2019)
<https://doi.org/10.3390/e21040431>
13. S. Zarandi, H.W. Lai, **Y.C. Wang***, S. Aizikovich, Residual stress analysis of an orthotropic composite cylinder under thermal loading and unloading. *Symmetry*, 11(3), 320, 11 pages (2019)
<https://doi.org/10.3390/sym11030320>
14. S. Alexandrov, **Y.C. Wang***, L. Lang, A Theory of Elastic/Plastic Plane Strain Pure Bending of FGM Sheets at Large Strain. *Materials*, 12(3), 456, 17 pages (2019)
<https://doi.org/10.3390/ma12030456>
15. **Y.C. Wang***, H.W. Lai, M.W. Shen, Effects of Cracks on Anomalous Mechanical Behavior and Energy Dissipation of Negative-Stiffness Plates, *Physica Status Solidi B* 256, 1800489 (2019)
<https://doi.org/10.1002/pssb.201800489>
16. Chun-Yi Wu, **Yun-Che Wang***, Indentation behavior of metallic glass via molecular dynamics simulation, In: Hsueh CH. et al. (eds) *Handbook of Mechanics of Materials*. Springer, Singapore, 2018.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-6855-3_2-1
17. **Y.C. Wang***, M.W. Shen, S.M. Liao, Microstructural Effects on the Poisson's Ratio of Star-Shaped Two-Dimensional Systems, *Physica Status Solidi B* 254, 1700024 (2017)
<https://doi.org/10.1002/pssb.201700024>

主持過的計畫：

- A) 手性階級複合材料之人工智慧輔助設計及分析與實驗驗證, 109/08/01~112/07/31, 科技部
- B) 階級微觀結構對高阻尼高勁度複合材料之影響的實驗與理論研究, 108/08/01~109/07/31, 科技部
- C) 具微觀結構之高阻尼高勁度材料的實驗與理論研究, 107/08/01~108/07/31, 科技部

2021-2023 年擔任國科會土木學門複審委員

近五年獎項: 2022 年獲國立成功大學“大學創新與大學社會責任教學優良獎”，2019 年指導學生獲得「中技社 AI 創意競賽」佳作，2018 年指導學生獲「亞太地區人工智慧競賽」季軍

計畫主持人及共同主持人個人資料表

計畫總主持人: 曾繁勛

學校名稱	國別	主修學門系所	學位	起訖年月(西元年/月)
國立中央大學	中華民國	資訊工程學系	博士	自 2010/09 至 2016/06
國立宜蘭大學	中華民國	資訊工程研究所	碩士	自 2008/09 至 2010/06
國立宜蘭大學	中華民國	電子工程學系	學士	自 2005/09 至 2008/06
國立成功大學	資訊工程學系		助理教授	自 2021/08 至
國立臺灣師範大學	科技應用與人力資源發展學系		助理教授	自 2020/08 至 2021/07
國立臺灣師範大學	科技應用與人力資源發展學系		專案助理教授	自 2018/02 至 2020/07
英屬哥倫比亞大學	電機與電腦工程		訪問博士生	自 2015/03 至 2015/10

1. 網路架構與通訊系統	2. 網路技術與應用	3. 行動網路與計算
--------------	------------	------------

期刊論文 *通訊作者

1. Fan-Hsun Tseng, Kuo-Hui Yeh, Fan-Yi Kao, and Chi-Yuan Chen (2023, Jan). MiniNet: Dense Squeeze with Depthwise Separable Convolutions for Image Classification in Resource-constrained Autonomous Systems. *ISA Transactions*, 132, 120-139.
2. Shu-Yu Kuo, Kuo-Chun Tseng, Yao-Hsin Chou and Fan-Hsun Tseng* (2023). Quantum Oblivious Transfer with Reusable Bell State. *Computers, Materials & Continua*, 74(1), 915-932.
3. Fan-Hsun Tseng, Yu-Shan Liang, Yen-Wu Ti, Chia-Mu Yu (2022, Oct). Intelligent Reflecting Surface-aided Network Planning. *IET Communications*, 16(20), 2406-2413.
4. Fan-Hsun Tseng, Yen-Pin Cheng, Yu Wang, and Hung-Yue Suen (2022, Aug). Real-time Facial Expression Recognition via Dense and Squeeze-and-Excitation Blocks. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 12(39), 1-14.
5. Hsin-Hung Cho, Min-Yan Tsai, Fan-Hsun Tseng, Hsin-Te Wu, Chi-Yuan Chen (2022, Feb). Improving Randomness of Symmetric Encryption for Consumer Privacy using Metaheuristic-based Framework. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 11(1), 42-49.
6. Hsin-Hung Cho, Hsin-Te Wu, Chin-Feng Lai, Timothy K. Shih, Fan-Hsun Tseng* (2021, Feb). Intelligent Charging Path Planning for IoT Network over Blockchain-based Edge Architecture. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(4), 2379-2394.
7. Fan-Hsun Tseng, Yong-Ming Jheng, Li-Der Chou, Han-Chieh Chao, and Victor C.M. Leung (2020, Oct). Link-Aware Virtual Machine Placement for Cloud Services based on Service-Oriented Architecture. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 8(4), 989-1002.
8. Wu-Chih Hu, Hsin-Te Wu, Hsin-Hung Cho, and Fan-Hsun Tseng* (2020, May). Optimal Route Planning System for Logistics Vehicles Based on Artificial Intelligence. *Journal of Internet Technology*, 21(3), 757-764.
9. Hsin-Te Wu, Hsin-Hung Cho, Sheng-Jie Wang, and Fan-Hsun Tseng* (2019, Dec). Intelligent Data Cache based on Content Popularity and User Location for Content Centric Networks. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 9(44), 1-16.
10. Fan-Hsun Tseng, Hsin-Hung Cho, and Hsin-Te Wu (2019, Aug). Applying Big Data for Intelligent Agriculture-Based Crop Selection Analysis. *IEEE Access*, 7, 116965-116974.
11. Wei-Che Chien, Hsin-Hung Cho, Chin-Feng Lai, Fan-Hsun Tseng, Han-Chieh Chao, Moham-

- mad Mehedi Hassan, and Abdulhameed Alelaiwi (2019, May). Intelligent Architecture for Mobile HetNet in B5G. *IEEE Network*, 33(3), 34-41.
12. Yao-Tsung Yang, Li-Der Chou, Chia-Wei Tseng, Fan-Hsun Tseng, and Chien-Chang Liu (2019, Mar). Blockchain-based Traffic Event Validation and Trust Verification for VANETs. *IEEE Access*, 7, 30868-30877.
 13. Fan-Hsun Tseng, Chi-Yuan Chen, and Han-Chieh Chao (2019, Feb). Multi-Objective Optimization for Heterogeneous Cellular Network Planning. *IET Communications*, 13(3), 322-330.
 14. Zhenjiang Zhang, Wenyu Zhang, and Fan-Hsun Tseng (2019, Jan). Satellite Mobile Edge Computing: Improving QoS of High-Speed Satellite-Terrestrial Networks Using Edge Computing Techniques. *IEEE Network*, 33(1), 70-76.
 15. Fan-Hsun Tseng, Ming-Shiun Tsai, Chia-Wei Tseng, Yao-Tsung Yang, Chien-Chang Liu, and Li-Der Chou (2018, Oct). A Lightweight Auto-Scaling Mechanism for Fog Computing in Industrial Applications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(10), 4529-4537.
 16. Fan-Hsun Tseng, Jen-Hao Hsueh, Chia-Wei Tseng, Yao-Tsung Yang, Han-Chieh Chao, Li-Der Chou (2018, Oct). Congestion Prediction with Big Data for Real-time Highway Traffic. *IEEE Access*, 6, 57311-57323.
 17. Chia-Wei Tseng, Fan-Hsun Tseng, Yao-Tsung Yang, Chien-Chang Liu and Li-Der Chou (2018, Jul). Task Scheduling for Edge Computing with Lightweight VNF on-demand Service Model Toward Future 5G Networks. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018(7802797), 1-13.
 18. Fan-Hsun Tseng, Xiaofei Wang, Li-Der Chou, Han-Chieh Chao, and Victor C.M. Leung (2018, Jun). Dynamic Resource Prediction and Allocation for Cloud Data Center Using the Multiobjective Genetic Algorithm. *IEEE Systems Journal*, 12(2), 1688-1699.
 19. Li-Der Chou, Hui-Fan Chen, Fan-Hsun Tseng, Han-Chieh Chao, and Yao-Jen Chang (2018, Jun). DPRA: Dynamic Power-saving Resource Allocation for Cloud Data Center using Particle Swarm Optimization. *IEEE Systems Journal*, 12(2), 1554-1565.

主持過的計畫：

- A) 聯邦學習之智慧邊緣邁向升級版第五代行動網路, 主持人, 111/08/01~114/07/31, 國科會
- B) 深度學習輔助藍芽物聯網通訊協定安全測試技術研發, 共同主持人, 110/11/01~111/10/31, 科技部
- C) 智慧邊緣快取與路徑規劃在無人飛行載具輔助之第五代行動網路, 主持人, 110/08/01~111/07/31
- D) 可解釋的人工智慧細菌通訊在行動邊緣運算, 主持人, 107/03/01~110/07/31

近五年獎項：

- A) (2022)臺灣綜合大學系統2022年「年輕學者創新研發成果」佳作獎
- B) (2022) World's Top 2% Scientists by Stanford University, single year in 2021
- C) (2022)中華民國資訊學會2021李國鼎青年研究獎
- D) (2022) Fellow of European Alliance for Innovation (EAI)
- E) (2021) World's Top 2% Scientists by Stanford University, single year in 2020
- F) (2021) Best Young Professional Member Award, IEEE Tainan Section
- G) (2021) IEEE Senior Member、(2021) 第十八屆育秀盃創意獎，軟體應用類，銀獎
- H) (2020) 中華民國電腦學會傑出青年獎
- I) (2019) The 11th International Conference on Computer Science and its Applications (CSA), Best Paper Award
- J) (2018) 科技部年輕學者養成計畫，愛因斯坦培植計畫