

出國報告（出國報告類別：考察）

綠色工程跨領域人才培育日本參訪交流計畫 出國考察報告

服務機關：教育部

姓名職稱：張寶儷科長

派赴國家：日本

出國期間：114 年 4 月 29 日至 114 年 5 月 2 日

報告日期：114 年 7 月 24 日

目錄

教育部出國報告提要.....	1
壹、前言.....	2
一、計畫緣由.....	2
二、考察目的.....	2
三、參與人員.....	2
貳、日本淨零碳排政策.....	3
參、參訪機關介紹.....	4
一、早稻田大學碳中和中心.....	4
二、東京大學駒場校區－未來戰略 LCA 研究中心.....	7
三、日本大成建設－新宿綜合住宅展示中心.....	8
四、東京大學本鄉校區－IFI 未來倡議研究所.....	11
肆、心得與建議.....	12

教育部出國報告提要

出國報告名稱：綠色工程跨領域人才培育日本參訪交流計畫出國考察報告

頁數：14 含附件：否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

教育部資訊及科技教育司/張寶儷/02-7712-9091

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

張寶儷/教育部/資訊科技及教育司/科長/02-7712-9091

出國類別：教育考察

出國期間：114 年 4 月 29 日至 114 年 5 月 2 日

出國地區：日本

報告日期：114 年 7 月 24 日

內容摘要：

本次教育參訪的主要目的，旨在了解日本工程領域淨零碳排之推動現況與特色，並拓展綠色工程人才育成團隊之國際視野，參訪與觀摩主題包含大學學研與人才培育策略、企業推動淨零碳排之經驗，並分享本計畫推動規劃與階段成果。

本次教育參訪機構類型包含學校及企業，參訪單位為早稻田大學碳中和中心、東京大學未來戰略 LCA 研究中心、東京大學 IFI 未來倡議研究所，以及在日本具相當知名度的大成建設公司，並實際與單位代表針對淨零碳排人才培育議題進行雙向交流，藉以達成互惠學習之效益。

本次參訪不僅加深團隊對日本綠色人才培育策略的理解，也提供我方在規劃綠色工程跨域人才培育之課程設計、建構產學平台與提升學生實作能力方面之啟示，以為未來推動工程及建築相關領域具備跨域永續思維與數位工具能力之新世代人才培育之借鏡。

壹、前言

一、計畫緣由

工程科技為推動社會發展之重要經濟產業，其技術革新為整體社會達成 2050 年淨零碳排目標之重要關鍵。為達永續社會之目標，教育部聚焦工程領域因應全球綠色轉型的需求與挑戰，如何在大專校院推動綠色工程跨領域人才培育，以對接產業未來人才需求，邁向淨零碳排的永續目標，自 113 年推動綠色工程跨領域人才培育計畫，規劃綠色工程主題式課群、學產合作共創專題與實習，促進永續工程與跨域學習之路徑，培育具備淨零碳排意識的跨域工程人才，以回應國內產業因應綠色轉型與碳中和政策推動之人才需求。

二、考察目的

本次教育考察的主要目的，旨在了解日本工程領域淨零碳排之推動現況與特色，並拓展綠色工程人才育成團隊之國際視野，參訪與觀摩主題包含大學學研人才培育策略與企業推動淨零碳排之經驗，並分享本計畫推動之規劃與階段成果。參訪的四個單位為日本具代表性之高等教育學術單位，以及具影響力的日本大型建設公司，並實際與單位代表進行雙向對話，藉以達成互惠學習之效益，並作為至我國推動綠色工程人才培育之借鏡，推動工程及建築相關領域對具備跨域永續思維與數位工具能力之新世代人才培育。

三、參與人員

本次出差之參訪團為「綠色工程跨領域人才培育計畫」之成員，以產學共育與培育策略為核心議題，藉由實地參訪探討相關單位培育淨零碳排人才之趨勢與作為。參訪成員如下：

教育部資訊及科技教育司張寶儷科長（業務承辦科長）、

國立臺灣大學土木工程學系謝尚賢教授（計畫主持人）、

國立臺灣科技大學機械工程系黃崧任教授（協同主持人）、

國立高雄科技大學機電工程系余志成教授（協同主持人）、

國立臺灣大學土木工程資訊模擬與管理研究中心張國儀營運長（專任助理）。

貳、日本淨零碳排政策

因應全球溫室氣體排放對氣候環境變遷所帶來的影響，1992 年共有 154 個國家簽署聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC），1997 年《京都議定書》（Kyoto Protocol）開始約束締約方中已開發國家淨零碳排的目標，2015 年《巴黎協定》（Paris Agreement）敘明締約方應積極擬定長期的溫室氣體低排放的發展策略並據以落實，以促進永續發展。2021 年《格拉斯氣候協定》（Glasgow Climate Pact），氣候升溫必須限制在 1.5°C 內，並將 2030 年前設定為關鍵 10 年，目標為各國致力減緩碳排放，在 2030 年前減少全球溫室氣體排放相較於 2010 年至少 45%。

日本亦屬締約國，其於 2023 年提出《Green Transformation 實現基本方針》（GX 実現に向けた基本方針），訂定淨零碳排目標為「2030 年度相較 2013 年度減少 46% 的溫室氣體排放，並持續挑戰達成 50% 的更高目標，同時力求 2050 年實現碳中和」¹。該方案並提出推動節能、支持碳中和創新科技發展，以及促進產業供應鏈共同減碳等方向，發展 14 項重點對策，包含能源轉型、資源循環、住宅與建築物符合節能基準、實現淨零碳排目標的數位投資等。

該方針其中一項主軸對策亦提及推動製造業的能源結構轉型，政府針對使用能源佔比較高的五大重點產業－鋼鐵業、化學工業、水泥製造業、造紙業、汽車製造業，提供非化石能源轉型的參考指引。此外，透過修訂《節能法》針對大型用能事業者，將強制其提出與非化石能源轉換相關的中長期計畫，並定期提交報告，另增加定期報告資訊的自願揭露制度，鼓勵企業主動對外公布其節能與非化石能源轉型的努力²。

Green Transformation（下稱 GX）的概念是整個社會的轉型，必須仰賴整個社會產官學民各部門的共同努力，包括企業本身要接受挑戰、商業規則與消費者意識也須有所變革，讓國內企業在 GX 相關投資能夠獲得更適當之評價、消費者可以選擇那些願意權衡 GX 與創新的企業，以使這些企業能夠成長、達成良性循環，為減少溫室氣體

¹ 來源：日本經濟產業省（2023），《GX 実現に向けた基本方針～今後 10 年を見据えたロードマップ～》

² 同註 1

排放做出貢獻³。GX 的策略除透過法規修訂引導產業訂定淨零碳排目標並執行，也包含支持碳中和技術發展的新創公司，以及促進投資 GX 公司的配套措施與相關鼓勵導入碳中和應用等補助，將實踐淨零碳排的利害關係人涵蓋產官學民，共同參與 GX 的機制實現綠色經濟與永續共好。

參、參訪機關簡介

一、早稻田大學碳中和中心

■ 參訪時間：2025/4/30

■ 參訪形式：團隊簡報、環境參觀

■ 單位簡介及特色

(一)單位介紹

早稻田大學於 2021 年建立早稻田大學碳中和中心（Waseda Center for a Carbon Neutral Society），以達成碳中和社會為目標，強調研究的技術實作與落地應用。該中心積極發展前瞻研究（cutting-edge research）如淨零排放建築（Net Zero Emission Building）、環境材料循環技術（Environmental Material Recycle Technology）、能源管理系統（Energy Management System）、綠色金融（Green Finance / Marketing）、環境法與環境倫理（Environmental Law / Environmental Ethics）等，教師均是來自於不同的系所並運用自身專長進行碳中和相關議題研究。此外，該中心亦展示早稻田大學長期以來與企業間的資源整合模式，如產學講座設置、技術開發贊助、企業出資之研究室共同營運等，形成穩定的研究與人才雙向培育生態。此種合作架構使研究生不僅參與學術研究，亦能直接接觸企業需求與應用環境，大幅提升其畢業後的產業即戰力。

(二)全校性副專攻制度

早稻田大學設有全校性副專攻制度（University-wide minor program），讓學生在主修之外，可以依其興趣修讀副專攻學程，目標是讓學生有機會拓展第二

³ 來源：林韋廷、黃莉婷、王婷虹（2023），《日本綠色轉型（GX）政策、法規、策略作法之彙整與解說》，頁2

專長，或補強主修或跨域應用至其他領域，若完成該學程所指定學分數，則可以獲得修畢證書。早稻田大學在 2022 年設置了 Net Zero Leader program，該副專攻學程的目標是培育學生能在日本、世界各地與各行各業中，成為以全球視野推動碳中和（Carbon Neutral）的領導者。為實現這項人才培育目標，Net Zero Leader program 規劃跨文理領域、所有學生都可以修讀的副專攻學程，其學習內容不僅涵蓋氣候變遷、國際趨勢、碳中和的技術開發與落地、國內外能源轉型等與碳中和直接相關的知識與資訊，同時也將修習環境經濟、環境法規、資源循環等與碳中和相關的「法律」「經濟」「社會科學」「理工學」等領域的基礎知識⁴，以培養具備跨域整合能力的永續人才。

(三)實驗室參觀

本次接待參訪團的是所千春教授（Chiharu Tokoro, Prof.）團隊。所千春教授的專長為分離式材料回收技術以及資源循環，此次參訪時，該研究團隊所開發的「高壓電金屬分離技術」為最具代表性的案例，參訪團也實際前往實驗室觀摩。該技術用於鋰電池中的金屬回收，運用該技術可將回收物上的石墨剝離得更加完整，有利於材料循環使用，現已由產業界採用進入商轉階段，顯示早稻田在以研究反哺產業應用、並促進學生參與實際技術研發方面已建立成熟的模式。

(四)早稻田學生食堂

早稻田大學食堂使用免洗塑膠碗盛裝餐點，學生用餐完畢後，只要自行將免洗碗表面的薄膜撕除，將薄膜丟進垃圾桶，而乾淨的塑膠碗則放置分類回收桶。這個設計除了可以縮短餐後使用者整理的時間，避免人潮擠在碗盤回收區；同時可撕除的薄膜亦將餐點所帶來的油漬或不易清除的殘渣全部剝除，可免除使用者後續之清潔處理。

⁴ 來源：早稻田大學網站 <https://www.waseda.jp/inst/gcc/undergraduate/minor-2/>



早稻田大學西校區大門



早稻田大學碳中和中心拜會交流



早稻田大學碳中和中心：
參觀金屬分離實驗



早稻田大學碳中和中心主要接待人：
所千春教授（中）



早稻田大學食堂：免洗碗之薄膜回收



企業於早稻田大學張貼之徵才公告

二、東京大學駒場校區－未來戰略 LCA 研究中心

■ 參訪時間：2025/4/30

■ 參訪形式：團隊簡報

■ 單位簡介及特色

東京大學未來戰略 LCA 研究中心（UTokyo LCA Center for Future Strategy, UTLCA）創立於 2023 年 4 月，其中心的設立目標為發展「先行性 LCA（Pre-emptive LCA）」學術典範⁵。該中心代表分享「先行性 LCA」係強調在科技技術與產品研發階段時即進行未來情境（Future scenario）以及物質流分析（Material Flow Analysis, MFA）等方法，假設其實際導入時的產業結構與社會制度，進行評估並聚焦於建構可信任的環境衝擊評估模型與推動標準化資料庫，作為跨領域評估與決策的依據。此外，因應科技進步，在未來的社會中，用於生產的原料來源中，初級資源與次級資源之間的使用比例將發生變化，因此該中心也提倡循環經濟的推動應從整體社會系統的觀點出發，對如電動車、建築、能源、石化等產業，進行生產模式與消費使用整合設計，並納入國際趨勢作為考量，以實現 2050 年減碳目標。

該中心已有超過 40 名跨領域研究者參與，研究領域除環境安全、氣候變遷、產品、材料、能源系統等，亦結合法律制度、經濟體系、人類行為、生命科學與設計等面向。此外，該中心團隊亦強調跨部門協作與系統性整合，並與政府、企業共同參與產品環境足跡（PEF）與環境產品聲明（EPD）等制度推動。在人才培育方面，目標培育具備前瞻科學技術與 LCA 雙重專業能力的跨領域人才，該中心會定期辦理工作坊以及合作論壇，並積極推動與國內外研究機構的合作交流，以及與產業進行研發合作，LCA 團隊的成員多參與國家或企業專案，透過實際案例進行數據收集、建模與評估作業，並有機會參與環保署及產業標準諮詢。課程設計方面，則鼓勵成員進入企業研修，並由企業回校授課，融合學術研究與實務經驗，構成互動式雙軌學習模式。

⁵ 來源：UTLCA 網站 <https://www.utlca.u-tokyo.ac.jp/en/>

	
東京大學駒場校區	東京大學 LCA 研究中心
	
東京大學 LCA 研究中心拜會合影	東京大學 LCA 研究中心意見交流

三、日本大成建設－新宿綜合住宅展示中心

- 參訪時間：2025/5/1
- 參訪形式：團隊簡報、環境參觀
- 公司簡介及特色：

大成建設（TAISEI CORPORATION）創立於 1873 年，為日本五大建設公司之一。其建案涵蓋基礎建設如交通建設、大型公共設施、商業大樓等，新國立競技場（Japan National Stadium）即為其代表性作品。大成建設業務除建築、土木工程，也包含建築與土木關聯設施，以及區域開發等。

公司團隊也分享日本《建築節能法》（建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律）將「符合節能基準」義務化，推動符合節能標準的節能建築（Net Zero Energy Building, ZEB）及節能住宅（Zero Energy House, ZEH），設定 2030 年以後新

建之建築其能源消耗應低於特定基準值，一般建築物依建築用途不同，一次性能源消耗應比現行基準值降低 30%至 40%；目標是至 2050 年，透過進行節能改裝與翻修、導入節能設備以及設置再生能源等方式，實現既有建築物的能源效率平均值達到 ZEB 標準，也就是每年建築物一次性能源消耗與其產生的再生能源相減為 0（Building Energy Index=1.0）。

大成建設已有實際 ZEB Ready（Building Energy Index=0.5）的案例，以及為達成 ZEB 所設計節能科技應用與導入再生能源之案例。本次參訪大成建設位於新宿的綜合住宅展示中心，觀摩該企業在低碳建築技術上的實際應用成果。展示中心之獨棟住宅建案 Palcon 則為節能住宅的展示，呈現多項由大成建設自行研發的低碳建材與節能設計技術，如高斷熱建材、空氣清淨系統、空調與照明採光的能效最佳化設計，以及環境感測與自動控制系統的整合應用。例如運用反射原理設置的「T-Light[®] Duct100」高反射薄型導光管提升自然採光；「T-Light[®] Blind」則為可調節光源的百葉窗，採用上下兩段設計，下段可遮光，上段可調節陽光反射角度。「T-Zone Saver[®]」則是整合感測技術，透過感測熱源判斷是否有人在場，有別於傳統使用動作辨識，可更精確感知人員在場狀態，並因應該狀態進行亮度、室內溫度等的環境調節，以減少能源消耗。此外，該屋展示的再生能源為大成建設參與研發的「T-Green[®] Multi Solar」與建材一體化的太陽能發電系統，並有實心型與透光型的太陽能面板，透過該技術能夠將太陽能面板裝設在建築外牆與窗戶進行發電。

大成建設的核心特色在於其內部技術開發能力，並展現自主投入研發、製造與應用低碳建材的完整鏈結能力，持續針對建築生命週期各階段進行碳排減量優化。其技術研發不僅針對建造過程及建築材料，也延伸至使用與維護階段，試圖建立高效能、低耗能、舒適宜居的永續住宅模型。該案件所展示的節能解決方案具高度整合性，突顯大成建設對建築永續議題的長期投入與掌握度，而透過提供具體案例研發成果落實於實際展示與推廣空間，也有助於強化公眾對永續住宅理念的理解與接受度。此外，大成建設也與多所大學進行產學研究合作案，特別是京都大學，雙方除共同開發研究方向，也鼓勵企業工程師參與校內專題指導。



新宿綜合住宅展示場



T-Zone Saver® (左)



Falcon 建築外觀



T-Light® Duct100 構造介紹



T-Green® Multi Solar
分為不透光（左）及可透光式（右）



T-Light® Blind
分段調節光源

四、東京大學本鄉校區－IFI 未來倡議研究所

■ 參訪時間：2025/5/1

■ 參訪形式：團隊簡報

■ 單位簡介及特色

未來倡議研究所（Institute for Future Initiatives, IFI）創立於 2019 年 4 月，致力於協助東京大學推動與實現永續發展目標（SDGs）行動，並發揮大學社會責任與影響力。IFI 以研究為基礎對未來社會議題提出建議，亦作為產官學民共同創新平台，整合全校與未來社會議題有關的研究資源，與產官學民合作推進相關研究。

該研究所研究方向聚焦於永續發展、氣候變遷、社會創新與科技治理，不僅針對當前已發生的風險議題進行研究，更挖掘與未來相關的潛在風險與議題。其研究設計以「社會需求導向」為出發點，廣泛連結政府與企業協作平台，同時也十分重視國際鏈結。該單位目前與企業和政府推動多項淨零政策與智慧城市的研究計畫，涵蓋公私部門參與規劃、資料治理與碳排政策模擬等面向。中心成員不僅參與研究，亦實際進入中央部會、地方政府與企業擔任研究助理或顧問角色，累積現場經驗並回饋於課程之中。

此外，IFI 也積極推動人才培育及鼓勵在職進修，並設立 World-leading Innovative Graduate Study Program for Co-designing Future Society (WINGS-CFS)⁶。呼應 IFI 宗旨，提倡探索未來社會議題是跨域合作追求共同目標，學習新的價值觀與能力的歷程，故其人才培育的目標為培育具備專業知識且能應用於跨領域共創，成為能解決問題並引領創新的「未來社會協創人才（Co-designing Future Society Human Resources）」。

該人才培育策略強調「政策理解、系統設計與社會參與」三者並重，開設包含基礎課程講授、專題實作、實習、專業課程研修等，其中專題實作（Project-Based Learning, PBL）課程會根據企業提供的問題設定多個主題，由碩士生與博士生組隊共同進行問題解決。

⁶ 來源：WING CFS 網站 <https://cfs.tu-tokyo.ac.jp/curriculum.html>



肆、心得與建議

一、綠色工程人才為社會永續發展的重要基盤

因應世界氣候的極端變化，國際已形成具體減碳目標，要在 2030 年先達成階段性減碳成果，我國亦因應全球經濟局勢以及環境永續思維，於 2022 年發布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」及「12 項關鍵戰略行動計畫」佈局並展現 2050 淨零碳排目標之策略與決心。相對照日本 GX 實現方針，也有許多策略相近之處，如「生活轉型更永續」、「非電力能源去碳化」、「產業轉型更具競爭力」。此外 12 項關鍵戰略中，亦需要堅實的淨零科技研發基礎推動產業轉型與強化社會韌性系統，建立綠色金融機制導引市場朝向永續目標行動，以及促進綠色設計及綠色消費打造零廢生活等。

為了實現永續社會，各行各業未來都會逐步轉型為綠色供應鏈，惟針對碳排放量較高的產業，如何減碳更是當務之急。本次至日本參訪，無論是大學還是企業，都表示產業亟須具備淨零碳排思維以及生命週期評估等技術的人才，來加入企業推動淨零轉型的關鍵技術，但目前的人才儲備與產業所需的人才量還待補足。故回應到我國高等教育人才培育，若能參考本次參訪的學校以學程或課群的方式，在學生主修領域之外輔以淨零碳排相關學程，將有利擴大淨零碳排人才培育的基盤，加速回應國際淨零趨勢與企業轉型的需求。

二、培育具備生態系統觀的跨域實踐人才

本次參訪未來戰略 LCA 研究中心以及 IFI 未來倡議研究所，均強調要達成綠色轉型，必須思考整體社會生態系統，包含法規制度面、經濟模式、研究開發端、工業部門、供應商、投資者、消費者、公民等因素。淨零碳排議題涉及的專業領域並非單一，以節能建築推動為例，所需整合的知識橫跨建築設計、能源工程、環境規劃與用戶行為等多元領域，具有高度整合性。因此，面對未來社會日益複雜的挑戰，跨域人才更能有效與不同專業背景的專家協作，提出綜合性的解決方案並推動創新策略的發展。

因應快速變遷的環境，技術或產品的發展不能單以現在社會的條件去對未來進行評估，而應該更前瞻性的設想未來社會的條件，並以數據進行模擬與分析來提供決策。此外，技術開發階段即導入 LCA 相關技術評估，從源頭、生產、消費到廢棄回收再利用等流程，均要重新思考其對環境帶來的影響，從而導引整體產業鏈重新定義經濟模式。

這次參訪即看到一個很好的案例－運用於免洗碗的薄膜回收技術。從循環經濟的角度來思考，一個好的設計是考量到整個產品的生命週期，該產品考量到消費者與商家的使用習慣，有效的將產品拆解進行分類，相較使用者自行用水清洗免洗碗後丟置回收桶，運用薄膜回收技術，可以減少水資源的浪費，降低可回收產品因為污染而無法進入回收流程的情形，也減少中間塑膠碗回收再利用前所需的污染物剔除處理成本，提升回收的品質以及後續的再利用率。

高等教育如何與社會變遷緊密連結、共同回應永續挑戰，早稻田大學的 Net Zero Leader program 和東京大學的 WINGS-CFS，其課程設計都強調跨領域的人才培育，無論是理工領域的人才到人文社會的人才，均有鏈結到淨零碳排的學習路徑，將專業知識應用於跨領域共創。爰此，回應我國綠色工程跨領域人才培育之規劃，除了應提供 LCA 等專業評估課程，另也可發展讓學生瞭解淨零碳排的整體生態系統觀，並透過運用專題實作或設計思考工作坊等形式，彙集理工人社等不同領域人才進行跨域對話，並透過跨域合作的方式，整合運用各種知識設計解決

問題的方案，培育學生跨域合作之整合能力，以更敏捷地面對未來環境的挑戰。

三、強化企業合作並發展產學共育人才

本次參訪瞭解到早稻田大學透過企業資源導入推動研發與人才共育、東京大學 LCA 團隊強調政策與實務整合的課程設計，或是大成建設以技術創新實踐低碳建築理念，皆展現出「從社會需求出發、以場域與真實問題為教材」的教育思維。而日本的產學共育人才以合作研發模式居多，係企業會優先從學校階段開始共同合作培育具備淨零研發技術的人才，希望學生未來畢業後即至企業直接就業，也有利產業技術發展的布局；此外，則以各校自行發展的學程來強化學生永續思維。面對全球減碳目標，其衍生的環境、社會、經濟與產業發展等複合式議題，企業急需綠領人才以及發展技術革新的永續工程人才，如果政府能引導促進大學、企業共同合作來培育淨零人才，將會更有利大學資源的整體分配以及吸引企業的資源投入。因此，有待發展新型態的產學合作人才培育機制，強化企業與學界合作投入在人才前育成階段，透過強化實習與專題與產業真實議題的扣合，轉化企業經驗並鏈結人才就業，以呼應「從需求端反推人才策略設計」之精神。