

出國報告（出國類別：其他）

執行 113 年度「土壤有機碳儲量空間 分析及近端感測技術交流」計畫

服務機關：農業部農業試驗所

姓名職稱：許健輝副研究員、柯弈瑄助理研究員

派赴國家：澳大利亞

出國期間：113 年 9 月 8 日至 113 年 9 月 20 日

報告日期：113 年 10 月 31 日

摘要

本次赴澳大利亞雪梨大學短期研習為執行 113 年度「土壤有機碳儲量空間分析及近端感測技術交流」計畫，整個研習時間為 113 年 9 月 8 日至 9 月 20 日。研習重點為國家尺度土壤有機碳儲量空間分析及土壤有機碳非破壞性分析技術，期望能夠透過本次的研習精進目前的研究結果。研習期間，依據研習前整理土壤有機碳儲量空間及非破壞性方法建立初步結果，與專家進行討論及修正，專家也很樂意提供技術優化建議及問題解決方法。有關土壤資訊之應用，研習單位專家認為我國具有雄厚的基礎可以做土壤計量學(Pedometrics)的研究，包括數位土壤繪圖和土壤光譜(非破壞性分析技術)開發等主題，對於我國淨零碳排、農業生態系服務價值及其他重要議題，都需要相關的技術來支持。本次的研究除了學習土壤資料的空間分析及非破壞性土壤分析技術外，也能夠了解研習單位相關技術發展階段，透過雙方討論激發出適合我國農業環境的技術，或是未來可持續研究的議題。國際技術交流對於農業重要議題在規劃研究方向上相當有幫助外，也有助於建立國際研究合作團隊，因此，鼓勵研究人員能夠踴躍申請及參與國際合作計畫，提升我國的國際參與及能見度。

目錄

摘要	2
本文	4
一、 目的	4
二、 過程	5
三、 心得與建議	8
附錄	10

本文

一、 目的

為合理估算農地土壤有機碳儲量，同時，因應未來氣候變遷因應法的「自願減碳」的辦法實施，可能產生大量土壤碳測量需求，利用非破壞性量測技術建立快速、低成本、準確的土壤有機碳量測方法實為當務之急。因此，本次研習主題為國家尺度土壤有機碳儲量空間分析及土壤有機碳非破壞性分析技術，期望能夠透過本次的研習學習如何利用本所土壤調查及土壤光譜資料，建立相關技術流程，並且優化目前的研究成果。本次研習之目的與職執行之土壤增匯計畫「建立國家尺度農地土壤碳儲量及碳儲潛力估算方法」及「開發非破壞性土壤分析技術」相關性高，期望透過本次研習及技術交流，瞭解雙方發展相關技術的進程及評估農業土壤碳匯的經驗，作為未來國際合作計畫研提的基礎。

二、過程

1. 會議行程表

日期	地點	行程
113年9月8-9日	臺灣-澳大利亞雪梨	由臺灣出發至澳大利亞雪梨，9/9上午抵達，抵達後赴雪梨大學交流單位(Budiman Minasny 教授研究室，School of Life and Environmental Sciences)報到。
113年9月9-19日	澳大利亞雪梨	於雪梨大學交流單位進行短期研習，學習非破壞性量測技術對土壤有機碳的預測，優化區域尺度土壤有機碳儲量空間分析及繪圖技術，以評估我國農業區土壤有機碳儲潛力，並與交流單位探討合作備忘錄(MOU)簽訂事宜。
113年9月19-20日	澳大利亞雪梨-臺灣	由澳大利亞雪梨返回臺灣，9/20抵達臺灣。

2. 會議經過概述

2024年9月8日(日)

晚上 11:15 由桃園機場出發，搭乘中華航空班機飛往澳大利亞雪梨。

2024年9月9日(一)

地點：地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

班機抵達時間約 10:45，當日下午赴雪梨大學生命環境科學院(School of Life and Environmental Sciences) Prof. Budiman Minasny 研究室報到，認識實驗室研究人員並說明本次研習內容包含學習非破壞性量測技術利用土壤光譜進行土壤有機碳的預測，以及優化臺灣土壤有機碳儲量預測結果。

2024年9月10日(二)

地點：地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 前往澳大利亞機械中心(Australian Centre for Robotics, Faculty of Engineering)，參與研習單位專家與機械中心共同開發現地土壤光譜量測設備之討論，研習單位期望能夠開發應用於現地的土壤光譜蒐集設備，進而推估土壤基本性質(如有機碳含量、pH、陽離子交換容量等)，透過快速及非破壞性的分析即時瞭解土壤特性並且監測土壤狀況。
- (2) 研習單位專家說明目前光譜數據處理的應用技術，亦提供參考資料(Soil

Spectral Inference with R)供研究人員深入研讀，後續研習期間也會依據參考資料進行數據處理的演練。澳方專家指導如何分析光譜圖的分佈特徵及異常現象，並提供光譜數據處理的建議，包括光譜離群值的篩選、數據結構的優化、光譜雜訊的修正及光譜解析度的調整等。

2024年9月11日(三)

地點：地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 根據澳方專家提供的數據處理方法，我們利用程式語言 R 進行光譜前處理的實際演練，在此過程中，澳方專家協助修正程式錯誤，並分享參數調整的技巧與建議。
- (2) 與澳方專家討論建立土壤光譜資料庫的架構和應用，韓國籍博士後研究員(Dr. Ho Jun Jang)也介紹該國土壤資料收集、建立資料庫及應用的案例。

2024年9月12日(四)

地點：地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 持續討論光譜處理技術，比較不同光譜前處理方法對預測模型的效果，也建議後續可以測試其他機器學習模型。此外，也與澳方專家討論優化土壤有機碳空間分布預測模型之方法，包含測試產製預測參數的方法及納入可能有幫助的預測參數。
- (2) 博士後研究員(Dr. Ho Jun Jang)帶領參觀實驗室，說明樣品處理、實驗操作之空間配置，瞭解實驗室磨土防護器具的穿戴與使用方式，講解手持式近紅外光譜儀(NIR)、桌上型中紅外光光譜儀(MIR)的使用方法及土壤樣本分析流程，並實際操作手持式近紅外光譜儀，過程中亦討論 NIR、MIR 與高光譜應用上的差異。
- (3) 和 Prof. Budiman Minasny 討論合作備忘錄內容，並且依據討論內容撰寫初稿。

2024年9月13日(五)

地點：地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 澳方專家簡介實驗室非破壞性量測技術的研究進程與成果，包括對黏土礦物的預測，利用光譜預測得到的土壤性質進一步預測其進階物理和化學性質，以及開發田間土壤光譜量測技術等。
- (2) 和博士後研究員(Dr. Nicolas Francos)討論高光譜影像處理技術，探討高光譜影像獲取與影像品質的控制要素，包括攝影環境中光源變異，水分干擾對影像品質的影響，也分享建立模型的研究經驗，透過主成分分析(PCA)進行樣本分群及後續建模，可以提高預測模型的適用性。
- (3) 和 Prof. Budiman Minasny 討論利用 RothC 模擬全台土壤有機碳變化速率之情境分析結果，專家建議可先確定模擬得到的土壤有機碳儲量和目前利用土壤調查資料

產製的土壤有機碳儲量分布圖之間的差異，確認模擬的合理性。

2024年9月14日(六)

地點：Sydney, Australia

內容：整理研習資料及文獻回顧

2024年9月15日(日)

地點：Sydney, Australia

內容：根據第一週研習資料，擬定後續與澳方專家的研討內容

2024年9月16日(一)

地點：地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 巴西交流學者(Dr. Nicolas Rosin)向我們介紹應用遙測影像預測裸土(bare soil)有機碳含量的研究成果，並且說明可利用該方法監測大尺度土壤有機碳隨時間的變化。
- (2) 研習單位資深教授(Prof. Alex McBratney)給予非破壞性量測技術研究上的建議，目前澳方已用土壤光譜(近紅外光及中紅外光)預測許多土壤性質且效果良好，可減少傳統土壤分析上的花費及降低環境負擔。對於利用高光譜預測土壤有機碳，專家建議應注意土壤水分含量對光譜資訊的影響，可先在實驗室建立不同土壤溼度條件下的預測模式，未來能夠嘗試裝設在無人機上應用於田間。另外，也討論土壤資訊的應用，以及該教授建議未來可利用現有的土壤調查資源進行土壤安全(Soil security)評估。

2024年9月17日(二)

地點：地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 和雪梨大學農業研究所(Sydney Institute of Agriculture)的 director (Prof. Damien Field)討論合作備忘錄(MOU)簽訂事宜。由我方簡介農試所的組織架構與業務職掌，說明未來合作目標以及工作項目，後續也將提供農試所的簡介資料供雪梨大學農業研究所進一步評估合作事宜。另外，雪梨大學所方建議合作內容除了 Digital soil mapping、Proximal soil sensing 和 Soil security 等議題外，可研擬擴大合作的議題，例如澳洲和臺灣都關注的淨零(Net zero)以及碳抵銷與碳信用 (Carbon offsets and credits)等議題，而澳洲近期也著重自然保護(Nature protection)議題，建議思考如何結合淨零排放與自然保護的研究主題。後續將持續與雪梨大學所方的聯絡窗口討論合作備忘錄的簽訂細節。
- (2) 和 Prof. Budiman Minasny 討論未來可以持續進行的研究議題，臺灣有多樣的土壤調查數據，未來在土壤光譜的研究上，可思考轉移學習(Transfer learning)之應用；在數位土壤繪圖方面，教授也建議我們可以嘗試微量元素(trace element)或重金屬的數位土壤繪圖，供農耕或環境評估使用。

- (3) 研習單位博士生分享寫程式處理繪圖及土壤光譜的經驗，並且提供開源及好用的工具。

2024 年 9 月 18 日(三)

地點：地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 與澳方專家交流不同光譜處理方法的使用情境，專家建議每當獲取來自不同來源的光譜資料時，都應進行測試與效能比較，並強調無法僅依賴單一光譜前處理程序來應用於所有的光譜資料。
- (2) 與澳方專家(智利籍博士後)討論如何優化土壤有機碳儲量模式預測表現，並且討論應用深度學習的可行性。

2024 年 9 月 19 日(四)

地點：地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 和 Prof. Budiman Minasny 討論合作成果發表事宜，並且討論下一年度交流之主題及研究目標(建立土壤有機碳時空變化預測模式)。
- (2) 與澳方專家討論後續可嘗試的光譜資料分析處理方法，並交換聯絡方式，建立未來交流研討的管道。
- (3) 晚上 10:10 搭乘中華航空班機返回臺灣。

2024 年 9 月 20 日(五)

上午 05:40 抵達桃園機場。

三、心得與建議

1. 研習期間，認識了來自不同國家的研究人員或學生，透過建立聯繫管道及了解各自的專長，對於未來進行國際合作研究是相當重要的基礎，以及辦理相關議題的國際研討會都非常受用。
2. 研習單位對於利用非破壞性量測技術預測土壤性質，以及土壤有機碳空間分析技術，都已有豐碩的研究成果，透過與澳方交流數據處理的技術及經驗，能夠迅速且有效率地釐清目前研究上遇到的問題。
3. 與澳方研習單位人員交流其研究主題包含近端土壤感測、遙測、土壤繪圖技術及土壤安全等研究，其中土壤安全在我國尚未成為廣泛研究的議題，但該議題在國際上的重要性使其值得我們深入探討。
4. 參觀研習單位的土壤實驗室，觀察到他們在環境整潔度的維護及動線規劃上的嚴謹，對實驗的順利進行具有重要助益。此外，他們對於磨土過程中人身安全的防護措施極為重視，這也值得我們學習。
5. 此次與研習單位的研究人員交流，參與實驗室活動，觀察到他們在生活與研究

之間的平衡及有效的時間規劃，並感受到他們對研究的專注與積極投入。實驗室中來自不同國家(澳大利亞、哥倫比亞、巴西、加拿大、印尼、臺灣、韓國、緬甸、智利、法國、印度、中國等)的研究人員促進了豐富的國際交流，所營造的研究氛圍值得我們借鑒。

6. 本次的研習除了學習土壤資料的空間分析技術及土壤光譜分析技術外，也能夠了解研習單位目前的研究和技術發展階段，透過雙方的討論激發出可以持續研究的議題。這對於未來在研提科技計畫及規劃研究方向上相當有幫助，因此，鼓勵研究人員能夠踴躍申請及參與國際合作計畫，建立我國與國際的連結，以及提升我國的國際參與及能見度。

附錄



附圖 1. 與澳方專家合照



附圖 2. 與在研習單位攻讀博士及碩士的學生合照