

出國報告（出國類別：其他）

執行 112 年度「土壤碳儲潛力空間分析技術交流」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

派赴國家：澳大利亞

出國期間：112 年 9 月 18 日至 112 年 9 月 29 日

報告日期：112 年 9 月 30 日

摘要

本次交流會議為執行 112 年度「土壤碳儲潛力空間分析技術交流」計畫，赴澳大利亞雪梨大學短期研習，整個研習行程時間為 112 年 9 月 18 日至 9 月 29 日。本次研習重點為區域和國家尺度土壤有機碳儲潛力空間分析及繪圖技術，期望能夠透過本次的研習學習如何利用本所全國性土壤調查資料庫合理估算我國農業區土壤有機碳儲量及碳儲潛力，該成果有助於提供決策者有關我國合理的土壤增匯目標設定及規劃負碳農耕執行區位等建議。研習期間，依據澳洲專家來臺交流給予之建議，整理土壤碳儲量、碳儲潛力、土壤質地空間分析初步結果，與專家進行討論及修正，專家也很樂意分享經驗及提供建議。有關土壤資料之應用，澳方專家認為我們有很好的基礎可以做土壤計量學(Pedometrics)的研究，包括數位土壤繪圖和非破壞性量測技術開發等主題，對於現在我國主要的農業議題如淨零碳排、韌性農業、農業水資源、生態系服務價值等議題，都需要不同尺度的土壤繪圖技術來支持，農業空間資料分析技術已成為農業環境研究議題現今必備的能力。本次的研究除了學習土壤資料的空間分析技術外，也能夠了解研習單位目前的技術發展階段，透過雙方的討論激發出適合我國農業環境的技術，或是需要持續研究的議題。國際技術交流對於未來在規劃研究方向上相當有幫助外，也有助於建立國際合作團隊，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拓展視野。

目錄

摘要	2
本文	4
一、 目的	4
二、 過程	5
三、 心得與建議	7
附錄	9

本文

一、目的

本次研習主題為區域尺度土壤有機碳儲潛力空間分析及繪圖技術，期望能夠透過本次的研習學習如何利用本所全國性土壤調查資料庫合理估算我國農業區土壤有機碳儲量及碳儲潛力，並且研擬相關技術流程，該成果有助於提供決策者有關我國土壤增匯目標設定及規劃負碳農耕執行區位等建議。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」(112-115年)相關性高，期望透過本次的短期研習及技術交流，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，作為未來相關計畫合作研提的基礎。此外，透過彼此的交流討論，期望可激盪出新的想法，改善及強化現有的不足。

二、過程

1. 會議行程表

日期	地點	行程
112年9月18-19日	臺灣-澳大利亞雪梨	由臺灣出發至澳大利亞雪梨，9/19中午抵達，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。
112年9月19-28日	澳大利亞雪梨	於雪梨大學交流單位進行短期研習，學習區域尺度土壤有機碳儲潛力空間分析及繪圖技術，以及學習估算我國農業區土壤有機碳儲潛力。此外，於研習期間也與交流單位討論未來研究合作的方向。
112年9月28-29日	澳大利亞雪梨-臺灣	由澳大利亞雪梨返回臺灣，9/29抵達臺灣。

2. 會議經過概述

2023年9月18日(一)-9月19日(二)

9月18日晚上11:30由桃園機場出發，搭乘中華航空班機飛往澳大利亞雪梨，抵達時間約為當地時間9月19日中午。當日下午赴雪梨大學研習單位(雪梨大學生命及環境科學學院 Prof. Budiman Minasny 研究室)報到，並且與 Prof. Budiman Minasny 討論本次研習的內容，包含土壤碳儲量、碳儲潛力、土壤物理特性等空間分析，討論的方式主要是先分享目前本所的研究成果，再請教授提供建議。

2023年9月20日(三)

地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 和澳方專家討論本所於土壤有機碳飽和轉換方程式目前的結果，Prof. Budiman Minasny 提供數據處理之建議，同時也分享細顆粒土壤對於碳飽和及碳儲推估的合理性及應用性。
- (2) 和澳方專家 Dr. Wartini Ng 討論本所土壤資料庫在土壤安全(Soil Security)議題上的研究方向，包含土壤污染、土壤退化等問題。
- (3) 線上參加於印度舉辦有千分之四倡議相關的研討會「The “4 per 1000” Asia-Pacific Regional Conference on Soil Health to address Climate Change and Food Security」，Prof. Budiman Minasny 於該會議的演講「題目：Situation of Soil Health in Asia and significant advances of the research in this field」中有提到我國農業部門對於土壤碳匯的研究現況。

2023年9月21日(四)

會議：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 根據 Prof. Budiman Minasny 本(112)年度來台交流提供的建議，將沒有總體密度的採樣點以土壤轉換方程式(PTF)推估，由此來增加山區的樣點；為了避免山區表層土壤有機碳儲量高估的問題，也需考量含石量的問題，因此也將含石量納入土壤碳儲量的計算，利用數位土壤繪圖(Digital soil mapping, DSM)進行繪圖，得到表層土壤有機碳儲量基線分布圖。教授認為後續可以進行不確定度的估算及繪圖，並且比較不同土地覆蓋及土壤分類下有機碳儲量的差異。
- (2) 由於我國土壤調查數量相較於其他國家，是密度非常高的，Prof. Budiman Minasny 建議可找一個範圍的試驗區，比較地理統計和機器學習對於土壤有機碳或不同土壤性質預測表現的差異，同時也可以繪製空間分布圖進行比較。
- (3) 無論土壤碳匯或農業水資源的議題，在大尺度的管理下，都需要土壤質地的空間分布圖。因土壤質地數據組成非連續型的數值，因此 Prof. Budiman Minasny 建議先將數據進行對數轉換後再對於砂粒、粉粒和黏粒建立預測模型及驗證其預測表現。

2023年9月22日(五)

會議：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：整理有關土壤碳儲潛力的評估方法、代表的意義及適用性，簡述如下

- (1) Soil organic carbon sequestration potential: 此為利用細顆粒土壤(clay, silt)可穩定固定土壤有機碳的概念，利用細顆粒土壤的量來推估有機碳飽和量，進而利用有機碳飽和量和現有有機碳含量的差值求得碳儲潛力。由該方法得到的碳儲潛力可視為理論值，此為本人目前進行的研究。
- (2) Soil organic carbon storage potential: 此為利用目前的土壤調查數據或是土壤有機碳資料庫，利用不同的百分位數來設定土壤有機碳儲存的目標，設定之目標與現有之土壤有機碳差值即為土壤碳儲存潛力。由於該數值的推算是透過實際量測的結果，因此透過該方法推估的潛力被認為是具有可達成性的(reachable)。Budiman Minasny 教授建議後續可利用本所土壤調查數據，透過氣候分區和百分位數設定來估算最大的土壤有機碳儲量，進而推估不同目標下之 SOC storage potential。

2023年9月23日(六)

地點：Sydney, Australia

內容：整理研習資料及文獻回顧

2023年9月24日(日)

地點：Sydney, Australia

內容：整理研習資料及文獻回顧

2023年9月25日(一)

地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 依據上週雙方討論及文獻回顧的內容，和 Budiman Minasny 教授討論在期刊發表的題目和大致架構，教授認為本所過去的土壤調查密度和數量非常高，所以得到的研究成果除了更符合我國的農業環境外，也會與其他國家的研究成果及學術貢獻有所區別，因此，建議我們儘快整理及發表。
- (2) 博士後研究員(Dr. Wartini Ng)帶我到實驗室參觀，介紹了 X 射線螢光光譜儀(XRF)、桌上型中紅外光光譜儀(MIR)、粒徑分析儀、手持式近紅外光譜儀(NIR)、總有機碳分析儀(TOC)等，並且簡單說明樣本處理和分析流程。
- (3) 博士後研究員(Dr. Peipei Xue)介紹土壤微生物 DNA 萃取的流程，並且說明現地採樣方式和樣本保存方式與時間等。

2023 年 9 月 26 日(二)

地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：整理全臺表層土壤碳儲潛力數據，繪製該空間分布圖及估算總碳儲量。並且製作海報投稿至亞太糧肥中心於 10 月 17-19 日舉辦之「2023 International Workshop on Low Carbon Farming for Smallholders in the Asian and Pacific Region」，發表題目為「Baseline maps of organic carbon stock in Taiwan soils」，此為本次研習與澳方專家合作的初步成果。

2023 年 9 月 27 日(三)

地點：Biomedical Building (Sydney, Australia)

內容：

- (1) 和研習單位博士後研究員討論土壤資料之研究及應用，討論議題包括土壤碳匯(carbon sequestration)、農業水資源、農業生態系服務、土壤安全等。討論的技術包括數位土壤繪圖方法、土壤光譜/非破壞性量測方法、機器學習模式建立及驗證方法及不確定度評估方法。
- (2) 和教授討論明年臺澳交流計畫的內容，初步規劃重點為土壤有機碳的繪圖及非破壞性量測的技術交流。
- (3) 整理雲嘉南土壤調查資料，比較數位土壤繪圖和地理統計方法在土壤有機碳儲量預測表現的差異，並且繪製該空間分布圖。

2023 年 9 月 28 日(四)-9 月 29 日(五)

- (1) 和教授討論比較數位土壤繪圖和地理統計方法在土壤有機碳儲量預測表現的初步結果，教授建議後續可以加入不同的樣本數來做比較，也可測試其他的機器學習模式。
- (2) 9 月 28 日晚上 10:10 搭乘中華航空 CI0052 班次返國，9 月 29 日上午抵達桃園機場。

三、心得與建議

1. 研習單位裡的人員組成來自不同國家(澳大利亞、印尼、臺灣、韓國、緬甸、智利、法國、印度、中國等)，國際化程度相當高，工作職位包括教授、博士後研

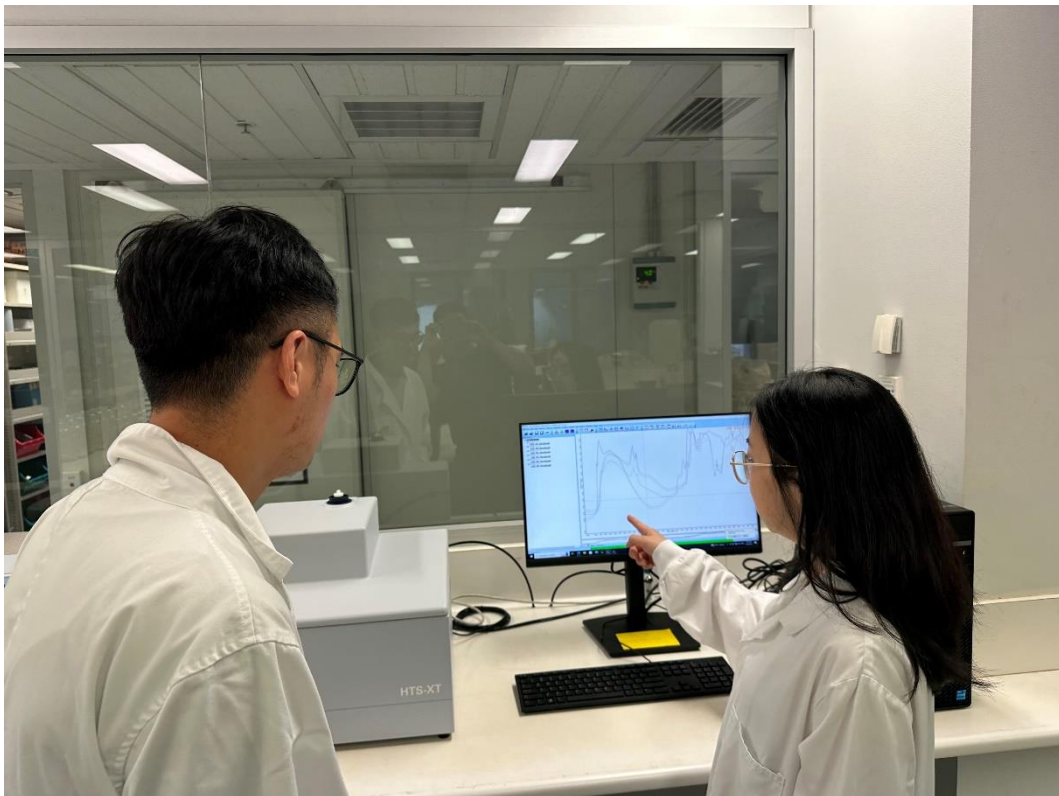
究員、技術員、博士班學生等，進行的研究主要為土壤計量學(Pedometrics)。由於各國對於土壤資料應用及繪圖技術的需求和重視程度逐漸提升，因此，來自不同國家的學者來研習單位攻讀學位及訪問，今年9月也有一位來自國立臺灣大學的學生來研習單位攻讀博士，期望未來有更多人投入土壤資料應用及繪圖之研究。

2. 本次研習的目的為土壤碳儲潛力空間分析技術交流，根據今(112)年度8月澳方專家來台給予的建議，赴澳前準備資料、數據分析及產出初步成果，因此，在討論的時候能夠更聚焦，澳方專家提供的建議也能夠更具體，這對於短期研習來說非常有效率。除了土壤碳儲潛力以外，我也趁此機會請教有關土壤碳儲量基線及土壤物理特性等空間分析技術，教授也很樂意分享經驗及提供非常受用的建議。
3. 有關土壤資料之應用，因為過去豐富的土壤調查資料，澳方專家認為我們有很好的基礎可以做土壤計量學的研究，包括數位土壤繪圖和非破壞性量測技術開發等主題。對於現在我國主要的農業研究，例如淨零碳排、韌性農業、農業水資源、生態系服務價值等議題，都需要土壤屬性的空間分析技術及繪圖技術來支持，農業空間資料分析技術已成為農業環境研究議題現今必備的能力。
4. 研習期間，認識了來自不同國家的研究人員或學生，我認為這樣的機會非常難得，能夠建立聯繫管道及了解各自的專長，都是未來進行國際合作研究重要的基礎，對於未來執行農業部雙邊合作計畫，以及辦理相關議題的國際研討會都非常有幫助。
5. 透過雙方互訪的交流和討論，於本次研習期間共同發表土壤碳儲量基線的初步成果於國際會議，題目為「Baseline maps of organic carbon stock in Taiwan soils」，這是相當好的開始，後續也將持續保持合作，期望共同產出的成果能夠作為雙邊農業政策參考的科學基礎，也能夠發表於國際期刊，提供更多的學術研究貢獻。
6. 本次的研習除了學習土壤資料的空間分析技術外，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適合我國農業環境的技術和方法，或是還有哪些需要持續研究的議題。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. 澳方專家說明利用中紅外光譜儀分析土壤樣本



附圖 3. 與澳方專家討論研究內容



附圖 4. 於研習單位研究室門口留影