

出國報告書（出國類別：研究）

研究「溶解性有機氮在台灣山地森林生態  
系氮循環之角色」出國報告書

服務機關：行政院農業委員會林業試驗所

姓名職稱：王巧萍副研究員

派赴國家：德國拜若依特大學(Uni. Bayreuth)

出國期間：99.05.01 ~ 99.05.31

報告日期：99.08.15

## 摘要

在全球變遷及環境相關議題上，溶解性有機氮（DON）在森林生態系中土壤氮循環所扮演的角色，是在相關領域中相當具有前瞻性的研究。尤其在多雨的亞熱帶山地森林，DON 可能為森林氮素流失的主要關鍵，因此為極需學術界研究的課題。德國 Bayreuth 大學生態與環境研究中心陸域生態系研究所是國際知名的生態系養分循環研究重鎮，特別是關於可溶解性有機碳(DOC)與溶解性有機氮的研究上，該研究所所長 Prof. Dr. Egbert Matzner 的著作與經驗之豐富更為個中翹楚。我們與 Prof. Dr. Egbert Matzner 所共同研擬的中德合作之研究計畫案，試驗地點為棲蘭山區雲霧帶之台灣扁柏森林生態系，由德方製作野外試驗收集儀器自 2006 年 3 月已由雙方共同攜至台灣試區完成安裝，並開始由我方進行長期的野外樣品採集、試驗地環境資料之收集、及各種養分離子、DON、DOC 等基本化學分析工作，水樣中的 amino acid 及 amino sugar 則由我方於上年度奉派攜至德國研習分析方法。而本年度除完成為期三年的資料之整合外，並參訪歌廷根大學森林科學與森林生態學院之熱帶與亞熱帶森林生態系土壤研究所、溫帶育林研究所、以及動物暨人類學研究所進行學術交流，並獲取與國際土壤動物研究權威之 Prof. Dr. Stefan Scheub 同意共同研擬新的國際學術合作研究計畫的機會。

關鍵詞：森林土壤，溶解性有機碳，溶解性有機氮，養分循環

## 目次

一、目的	P.01
二、過程	P.02
三、重要成果	P.02
四、心得及建議	P.03

## 一、目的

1. 完成細根分解之 DON 與 DOC 輸出及其對森林生態系碳氮循環影響研究之資料整合與成果撰寫。
2. 介紹我國在霧林帶及長期森林生態研究上之成果。
3. 加強「我國國家科學委員會」(NSC) 與「德國研究基金會」(DFG) 間正式之學術研究關係，促進雙方未來之學術合作。
4. 拜訪其他相關研究機構，建立新的合作管道，持續我國與德國長期生態研究之學術合作，以學術外交提高我國之國際地位與生態學研究地位。

## 二、過程

- 5 月 1 日 (六) 臺北→法蘭克福。
- 5 月 2 日 (日) 法蘭克福→拜若依特。
- 5 月 2 日 (一) 至 5 月 23 日 (日) 於拜若依特大學陸域生態研究所整合 DON 合成結果果資料，完成細根分解之 DON 與 DOC 輸出及其對森林生態系碳氮循環影響研究之資料整合與成果撰寫。
- 5 月 11 日 (二) 至 Fichtelgebirge 試驗地進行土壤水與枯落物取樣。
- 5 月 18 日 (二) 至 Fichtelgebirge 試驗地協助進行全自動土壤呼吸測定箱之安裝。
- 5 月 24 日 (一) 拜若依特→歌廷根。
- 5 月 25 日 (二) 拜訪歌廷根大學森林生態研究中心 Dr. G. Wiedey 及熱帶與亞熱帶森林生態系土壤科學研究中心 Prof. Dr. E. Veldcampf。
- 5 月 26 日 (三) 參訪歌廷根大學森林科學與森林生態學院附屬之索林 (Solling) 試驗地。
- 5 月 27 日 (四) 拜訪歌廷根大學動物人類學研究所所長 Prof. Dr. S. Scheu 及其研究團隊，研商台灣入侵種蚯蚓(黃頸蝟蚓)對土壤生物多樣性及有機質礦化速率之影響的共同合作研究計畫細節。
- 5 月 28 日 (五) Prof. Dr. S. Scheu 與其研究團隊之 Dr. Olaf Butenschoen 共同研擬黃頸蝟蚓入侵機制及其對台灣熱帶森林生態系影響之研究之計畫書初稿。
- 5 月 29 日 (六) 歌廷根→法蘭克福。
- 5 月 30 日 (日) 至 5 月 31 日 (一) 法蘭克福→台北

## 三、重要成果

1. 受邀於拜若依特大學陸域生態研究所發表專題演講 "Fine Root Decomposition and its Nutrient Dynamics of yellow cypress at the Chi-Lan Mountain site"。
2. 與合作學者共同完成 2005~2008 年土壤水化學之各項分析與統計，所得成果 High precipitation causes large fluxes of dissolved organic carbon and nitrogen in a subtropical montane Chamaecyparis forest in Taiwan，已通過國際生態學一流期刊 Biogeochemistry 審查通過，並已正式刊出發表。
3. 深入了解德國在森林生態學與全球變遷等相關研究之現況與未來。

4. 論，所得之研究結果亦深受與會學者之重視，對我國在國際學術地位上有正面之意義。
5. 充分獲得德國合作機構之友誼與支持，對我國之學術及國民外交有極正面之助益。
6. 已與國際蚯蚓與土壤動物學研究權威 Prof. Dr. Stefan Scheu 及 Dr. Olaf Butenschoen 共同完成黃頸蝮蚓入侵機制及其對台灣熱帶森林生態系影響之研究計畫書初稿，有利於未來進一步瞭解入侵種蚯蚓對台灣亞熱帶森林碳氮循環之衝擊以尋求解決之道。

#### 四、心得及建議

1. 本次研習進修除完成資料之整合與報告之撰寫外，並進行每周一次的進度報告與檢討，並多次參與專題演講(圖 1a)。在良好的學術研究氣氛下，不儘使研習者在專業上有所成長助益，彼此也在共事工作的互動中，建立互信互助的合作基礎與伙伴關係(圖 1b)。



圖 1a. 參加 BayCeer 定期舉行之專題演講。



圖 1b. 與來自蘇聯、巴拿馬及德國之人員討論研究心得。

2. 報告人兩度受邀與 BayCeer 之研究人員至因酸雨研究而聞名國際的長期森林生態研究試驗地 Fichtelgebierge 樣區進行例行取樣，除實地參訪其長期生態研究地點試驗地之研究與設施，以瞭解德國在森林生態學與全球變遷等之相關研究外，更親自參與儀器之架設與操作(圖 2)。在現地瞭解此一設立已近三十年的試驗地的研究現況與未來後，更加肯定長期生態觀測與研



圖 2. 報告人與 BayCeer 之研究人員於樣區安裝自動土壤呼吸測定箱。

究以及基礎環境資料之收集與資料庫之維護，不只關係著我們對生態現象的瞭解是否周延而完整，更是提供決策者正確資訊的基本。

3. Bayreuth 大學重要試驗地 Fichtelgebierge 樣區於去年冬天(2009 年 12 月~2010 年 2 月)遭受三十年來最為嚴重的雪災，樣區中超過三分之一以上的試驗林木因不堪大雪堆積而折損，甚至是胸徑大於 50cm 以上的雲杉亦未能幸免於難(圖 3)。由於短期的生態學研究多只能對於許多生態現象用於進行推測其可能性；而若要能更深入瞭解森林生態系之組成的變化與其機制的運作，則需要長期的觀測與試驗。然而在全球氣候變遷以致使極端氣候頻率增高的狀況下，長期觀測的樣區受天災而損壞甚至不得不中止部分的研究，似乎已是許多研究地區的共同隱憂。



圖 3. Fichtelgebierge 樣區於去年冬天遭受三十年來最強烈的風雪使樣區林木嚴重雪折。

此次雪災除可能與極端氣候頻率增高有關外，另一個重要原因則是樹種與基因表現型的選育不當。這是由於該樣區之雲杉乃於二次世界大戰前後所植，當時因林木種子的種源不足，因此無法顧及種源之控管，導致不得不將低海拔的雲杉種苗種至山區的狀況。由於生長於低海拔的雲杉枝條多上揚，不似高海拔與高緯度的雲杉在長期的適應下枝條多呈下垂狀以避免冬季大量堆積雪團而導致側枝與頂稍雪折(圖 4)。可知林木育種的觀念與技術在因應全球氣候變遷時之重要。



圖 4. 二次世界大戰期間因林木種源大量取得不易，使得當時德國在造林時無法顧及同種林木之表現型(phenotype)，以致低海拔雲杉種於高海拔與高緯度時側枝與頂稍易遭雪折。

4. 近年來在台灣保育意識提高且人民經濟能力上升對休閒活動需求量亦增高的狀況下，我們的森林學教育已由過去傳統林木生產、水土保持與國土保安為主逐漸轉型為以生態保育及森林遊樂為主，這也使得基礎育林學與森林經營學的課程普遍不被重視。此一現象在短期內的影響或許不明顯，然而長期下來，忽視本土育林學與森林經營技術的發展，將使得我們空有生態保育與環境保護的觀念與理想，卻缺乏對自己所處環境真正深入的認識與經營能力。



圖 5. 受雪折後的林木必須儘速移出林地，以免造成甲蟲大量繁殖而危害更多的林木。而這些雪折木多在極短的時間內完成分級與標售作業，以達最佳的經營與環保目的。

然而尖端與傳統科技以及生態保育均可謂世界先驅的德國，其國民在生物/生態保育上與森林資源的經營管理上並沒有極端對立的困擾，因此在天災下折損的林木可在第一時間就標售出去，並快速移出林地以免甲蟲大量滋生而危害到健康的樹木(圖 5)。更值得我們學習的是，環保與科技並進的德國，如何讓森林經營與育林技術能與林產工業一起相輔相成的發展。例如此次參訪所遇的雪折木與風倒木，因木材品質不良無法製材，但放在林地又可能衍生出其他病蟲害的問題，而在未來石化能源日益不足的狀況下，如何廢物利用則成為工業界與政府決策單位共同努力的目標。為此，德國政府推廣並補助民間更改家用的暖氣系統，



圖 6. 在化石能源日益不足下，德國政府推廣民間使用可直接燃燒木片的暖氣系統，並發展出能就地將中小徑木及枝條打成木片的大型機具以減少林木運送的成本。

由傳統的燃油與燃煤進步為直接燃燒木片，並發展出能在林地就地處理的大型機具，以減少林木運送的成本(圖 6)，如此一來，不止可減少國家對於化石燃料的需求，亦可增加森林的收穫甚至避免森林病蟲害之發生。

反觀台灣近 154 萬公頃的國有林地中，仍有超過三成的林地為人工林，而其中則有近三成是以未來生產林木為目標的。然而我們的育林學與森林經營學若只停留在過去引自歐美的觀念與技術，然後就停頓下來只談保留與保育，實則在未來環境變遷日益嚴重的趨勢下，不僅無法真正解決保育的瓶頸，也是對我們有限的資源的一種漠視。而這樣的漠視在全球的資源日益緊縮之下，似乎亦有再反省討論的空間。

5. 此次研習期間，報告人除定期參與該研究所之專題討論及實驗室會報外，亦將個人及我國學者在森林生態與長期氣候變遷等之學術研究成果介紹給對方。讓我國長期積極參與並推動各項國際學術合作活動之努力與成果，日漸受到國際學者之尊重與推崇，進而充分獲得德國合作機構之友誼與支持，對我國之學術及國民外交有極正面之助益。

6. 報告人於研習最後期間，再次至歌廷根大學進行學術交流。除至 Solling 樣區學習房遮(Roof)技術(圖 7)外，另拜訪國際蚯蚓研究權威 Prof. Dr. Stefan Scheu。Solling 試驗地建立於 1966 年，並自從九 0 年代以來，由歐洲共同體資助進行二個整合型之長期跨國性森林生態系研究：NITREX(氮飽和試驗 NITrogen saturation EXperiment)與 EXMAN(歐洲森林生態系之人為控制試驗 EXperimental MANipulation of forest ecosystems in Europe)計劃。

藉以瞭解人為空氣污染與全球氣候變遷這兩個無國界的環境問題，對陸地生態系中土壤與水體的酸化以及優養化及氣候條件之極端化等對森林生態系之健全與存活構成威脅。當時歐洲各國自八 0 年代起，便著手選取樣區以及策劃協調各項同步之試驗。其中有七個國家在八個樣區執行 NITREX 中之十項試驗，而 EXMAN 則在英、德、丹麥及荷蘭等四國的六個



圖 7.Solling 試驗地的房遮技術為人為空氣污染與全球氣候變遷對森林生態系之健全與存活構成威脅提供了良好的試驗條件。

樣區中進行。而在德國的 Solling 與丹麥的 Klosterhede 兩地區，則同時進行 NITREX 與 EXMAN 兩項計劃。在 Solling 試驗地已養成超過數十位來自世界各地的博士，而所得的研究成果則廣見於國際重要科學期刊上。

然而，此一世界最著名的試驗地則也不免遭遇管理上的瓶頸，而其中最值得我們引以為借鏡的即大型試驗材料的維護與管理。這是由於試驗研究經費多只管建構而不管拆除，而當年建造房遮及空中吊車時，無論是在使用年限上或建物的構造與設計上，均是以當時的試驗設計為主，以致現今的 Solling 試驗地上除了已停擺多年的試驗“廢料”散佈(圖 8 左、中)外，已過使用年限的大型物件如空中吊車甚至造成了安全性的問題，但卻苦無經費可以拆裝(圖 8 右)。為解決此一問題，除需設法申請預估需二十萬歐元以上的拆裝與運輸費外，歌廷根大學的森林學院已改用以租借代替建造的方式，以免未來面臨同樣的問題。



圖 8.已廢棄十多年的小型試驗裝置(左)，使現場工作者面臨拆也不是留也不是的困難。而大型設備(右)則面臨有錢蓋沒錢拆的窘境。

7. 在親自與 Prof. Dr. Stefan Scheu 及其團隊分享有關入侵蚯蚓對台灣不同森林土壤二氧化碳排放增量最新的研究成果後(圖 10)，我們終於建立了雙邊學術合作的基礎，並完成共同研提國際合作計畫，以在未來分工解決入侵種蚯蚓對亞熱帶森林碳氮循環研究之瓶頸。雖然歌廷根大學為報告人之母校，然因 Prof. Dr. Stefan Scheu 甫於去年至該校任職，彼此過去並不認識，因此能在二度拜會後建立起互信的合作管道，實為可貴。特別是 Prof. Dr. Stefan Scheu 的研究團隊成員都是非常優秀而資深的研究學者，在全球各地進行試驗，此次能與對方達成共同研提 DAAD-NSC 的雙邊合作協議，邀請到國際級的大師到台灣來進行研究，報告人感到非常的榮幸。因為這不只表示我們過去的研究成果受到國際友人的肯定，更為未來共同訓練後起之秀開啓了一扇新的大門。



圖 10.報告人與歌廷根大學國際蚯蚓研究權威 Prof. Stefan Scheu 及其團隊討論共同研擬入侵種蚯蚓對亞熱帶森林碳氮循環研究之內容。