

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：研習)

參加「國際林業資訊交流活動研習」報告

服務機關：行政院農業委員會林業試驗所
出國人職稱：副研究員
姓名：劉瓊霖
出國地區：美國
出國期間：91年02月22日~91年12月30日
報告日期：92年03月14日

F8/
CO9101629

公務出國報告提要

頁數: 57 含附件: 否

報告名稱:

參加國際林業資訊交流活動研習

主辦機關:

行政院農業委員會林業試驗所

聯絡人/電話:

黃明仁/23039978#1215

出國人員:

劉瓊靄 行政院農業委員會林業試驗所 集水區經營組 副研究員

出國類別: 研究 實習

出國地區: 美國

出國期間: 民國 91 年 02 月 22 日 - 民國 91 年 12 月 30 日

報告日期: 民國 92 年 03 月 14 日

分類號/目: F8/林業 F8/林業

關鍵詞: 濱水生態系經營(Riparian Ecosystem Management)、生物多樣性
(Biodiversity)、國際林業資訊(International Forestry Information)

內容摘要: 本研習的工作重點在學習美國西北太平洋地區10餘年的生態系經營理念及技術，在其濱岸帶設置研究樣區，監測濱水帶木質殘材分佈，水量與水質變化等。在約十個月的研習期間，因經費是由林業試驗所與世界森林研究所(World Forest Institute)以對等基金方式合作辦理的研習訓練活動，因此透過世界森林研究所的安排，共參加60餘次的野外現場考察、參觀木材加工廠、參加研討會和專題演講，並與林業專家及一般民眾互相交換林業的知識和介紹台灣的林業。本研習活動對於美國西北太平洋沿岸的林業可說是有了全盤的瞭解，包括有高產量的森林、天然林、多元價值的森林等未來永續森林可能有的三種模式的經營策略和方針，瞭解到好的政策形成不單靠有可信度的(Credibility)科學，此科學還需有合法(Legitimacy)和卓越(Salience)的特色，學習到林業資訊之傳播及溝通技能。因森林學家是森林和林地經營的核心人物，故必須要有創新、持續不懈及新穎的觀念和作法，藉由此中美合作的研習訓練，可說是獲益良多。建議應值得編列經常的預算，持續和世界森林研究所的合作關係。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

目次

壹、 目的-----	1
貳、 重要行程和內容-----	2
參、 心得-----	9
肆、 結論與建議-----	47
伍、 附錄（專題演講內容）-----	52

壹、目的

近年來，國內外均在提倡森林生態系經營，其基本概念均以集水區為單元來考慮。從水文過程及溪流生態觀之，濱岸帶 (riparian zone) 在生態系中的地位極為重要。許多試驗結果亦顯示，集水區中林道的闢建與濱岸帶的破壞所帶來的水文改變非常鉅大。這些敏感地區所佔面積雖不大，但受干擾後所造成的影響卻可能相當大。因此，本研習的部分工作重點乃在學習美國太平洋西北地區 10 餘年研發出的生態系經營理念及技術，在其濱岸帶設置研究樣區，監測濱水帶木質殘材分佈，水量與水質變化等，俾獲濱岸帶經營的實務經驗與技術。

另，隨著林業日趨複雜且全球化，林業資訊之需求日益殷切。雖然從事林業及林產品貿易之研究機構很多，但在研究成果資訊的提供者與使用者間之聯繫管道卻未被充分建立。世界森林中心(World Forestry Center)有鑑於此，遂於 1989 年成立世界森林研究所(World Forest Institute)。世界森林研究所主要係以國際間協力合作項目，藉著研究團體、私營企業和公共機構之間的合作來發展當前世界林業界熱門問題的研究和林產品信息的交流，專門訓練各國的年輕專家處理國際林業資訊交流的知識與技巧。因此，本研習的另一部分工作重點是學習此方面的資訊，以提升臺灣林業資訊之傳播及溝通技能，期使我國林業經營能順應世界潮流。

貳、重要行程和內容

1. 三月十日；

世界森林中心：日本和烏拉圭的森林及木材市場。

講員：Gustavo Daniluk, Uruguay

Tatecki Hata, Japan

2. 三月十三日；

Salem：參加 SWG 育林工作小組會議。

主持人：Floyd Freeman, Silviculturist, Cascade Resource Area, Salem BLM Distric

3. 三月十四日；

Lewis & Clark 學院：西北森林是否永續經營？

講員：Chris Jarmer, OFIC

Jim Brown, Oregon's State Forester

Daniel Hall, The American Lands Alliance

Paul Harlan, Collins Pine

Janet Neuman, Board of Forestry member and Lewis & Clark law professor

4. 三月十八日；

世界森林中心：森林會員月會。

5. 三月二十~二十二日；

Portland Convention Center：木材機具技術現場觀摩會。

6. 三月二十九日；

美國林務署 (US Forest Service)：森林火災的防治對策討論會。

7. 四月四日；

Oregon 州立大學：介紹台灣的林業及森林學研究。

8. 四月十日；

Oregon 林業處：參訪森林疏伐及收穫現場作業、苗木儲藏及森林火災滅火設備。

9. 四月十一日；

土地經營管理局：參訪濱水生態系、異齡林地景作業、花旗松林地地力改善計畫、木材收穫後引火整地造林地。

10. 四月十三日；

世界森林研究所：參加學習樹計畫（The Project Learning Tree）。

11.四月十八日；

Oregon 州立大學：介紹林業試驗所的試驗研究計畫。

12.四月三十~五月二日；

世界森林研究所：永續林的圓桌會議，分為保育和生物多樣性、森林生態系生產力的維持、森林生態系健康和活力的維持、土壤和水資源的保持、森林對全球碳循環貢獻的維持、維持和增進長期社會-經濟的利益以符合社會的需求、森林保育和永續經營—合法的、制度的及經濟的藍圖。

13.五月三日；

Magness 紀念林場：指導林業科學的研習。

14.五月六日；

Oregon 州立大學：河溪的路徑和污染來源的探討。

講員：Maria Dragila, Department of Crop and Soil Science, OSU

15.五月八日；

世界森林研究所：幫忙木材的神奇研習活動。

16.五月十三日；

Oregon 州立大學：Coastal Oregon 溪流化學和養分收支的控制-集水區和陸地間經由鮭魚迴游所攜回的養分。

講員：Robbins Church and Jana Comptom, US Environmental Protection Agency

17.五月十四~十五日；

Oregon 州立大學：野生動物和育林作業野外參觀。

18.五月十六日；

華盛頓集水區教育推廣中心：溪流評估和整建。

19.五月十七日；

Hull-Oaks Stream-Powered 木材廠：參訪老式的製材作業。

20.五月二十三日；

Salem：Hampton 木材生產林地及木材廠。

21.六月三~四日；

H.J. Andrew 實驗林：參訪土石流監測系統、老齡林經營、幼齡林不同疏伐作業

經營及土地變遷地景的監測等。

22.六月六日；

華盛頓集水區教育推廣中心：水質的監測。

23.六月十日；

Oregon 州立大學：Oregon 海岸山脈森林和集水區的一多元化資源經營的評估。

24.六月十一日；

Starker 森林：參訪林木皆伐後引火整地的前作業工作。

25.六月十三日；

BLM, Salem：參訪私有林使用梯子進行修枝作業。

26.六月十四日；

Oregon 州立大學：參訪森林學院及 McDonald-Dunn 實驗林。

27.六月十七日；

世界林業中心：和資深職員開會請教林業博物館之誕生及經營管理。

28. 六月二十日；

Portland：生物多樣性在森林計畫和經營研討會；科學現況和研究需要。

29.六月二十一日；

Georgia-Pacific 林業公司：參訪製材廠、木材的集散作業及異齡林地景

30.六月二十四~二十八日；

Sisters：多樣性森林結構的育林作業研討會。

31.七月九日；

世界林業中心：每月例行會議，報告工作進度並提出工作需求。

32.七月十日；

The city of Portland office of sustainable development：參觀市中心的綠建築物。

33.七月十一日；

Weyerhaeuser Woodburn I-Joist plant(Mike Ritter)：參觀綠建材的製作。

34.七月十五日；

Oregon coast：參訪瀕絕物種～斑點梟（Spotted Owl）之經營管理。

35.七月十六日；

Weyerhaeuser Albany LVL plant：參觀綠建材的製作。

36.七月二十二日；

世界林業中心：工作心得報告並對此國際合作計畫提出建議和討論。

37.七月二十七日；

世界林業中心：世界森林研究所及博物館的參訪。

38.七月二十八日；

世界林業中心：介紹臺灣的林業及有關林業部門，和來自美國不同州、日本、澳洲及墨西哥的林業教育者互相討論及請教有關的森林學知識。

39.七月二十九日；

Kloutchy Creek Big Tree, Chapman Point, Ecola State Park, Oswald West State Park, Short Stands Beach：西北太平洋森林的生態、歷史、和變遷。

40.七月三十日；

Mt. St. Helens, Silver Lake Visitor Center--Eruption Orientation, Johnson Ridge Visitor Center--Blast Zone Forest Learning Center--Reforestation：森林的自然干擾(火山爆發)和復育重建。

41.七月三十一日；

Horning Seed Orchard--Reforestation, Magness Tree Farm Tour--Landowner Objectives/Forest Practices, Hands--on Planting, Harvest, Inventory Demonstrations：未來的森林-研究和發展應用。

42.八月一日；

Inspect Logging Operation, Tour Mill--Manufacture/Technology, Lumber Yard--Production/Consumers, Home Construction Site--Utilization：森林與日常生活的關係-從樹到房子。

43.八月二日；

Cascade Streamwatch--Salmon, Wildlife, and Children, Museum at Warm Springs--Q & A with Tribal Leaders, Mount Hood National Forest--Q & A with Forest Supervisor：森林的功能-多元的需求和目標。

44.八月三日；

Portland：紐西蘭的林業和投資機會。

45.八月七日；

Bull Run Watershed：Portland 主要水源地的歷史回顧和發展、此集水區的經營現況、第三水壩的建議案--未來水資源供應的意見、水量和水質的監測系統、此集

水區天然災害對未來水質的影響、老齡林和水質及野生生物的關係、此集水區的伐木歷史及現有森林的使用概況、第一水壩的建造和運作、水力發電屋、水的儲存、水位的經營及季節變動、對野生生物的影響。

46.八月八日；

Riverside Park, Clack River Water, Shibley Property：濱水區的經營和水質的關係

講員：Paul Adams, Paul.Adams@orst.edu

Ric Balfour, balfour@ofri.com

Michael Carlson, Michael@clackamasriver.org

Stephen Fitzgerald, Stephen.Fitzgerald@orst.edu

Steve Kennett, steve@solv.org

Clair Klock, clair-klock@or.nacdnet.org

Gordon McGhee, gmcghee@crwater.com

Gilbert Shibley, shibleys@123mail.net

Jeremy Solin, solin@ofri.com

Andrew Swanson, Andrews@co.clackamas.or.us

47.八月二十一日；

Oregon Garden：參觀森林花園的配置、規劃、教育及發展。

48.八月二十七日；

Harmon Property, Foster Creek, Barton County Park, Longview Fibre Property, John

Belton Property：參訪私有林和產業林的森林經營對魚和野生生物的影響。

講員：James A. Rochelle, rochellej@olywa.net

Todd Alsbury, Todd.Alsbury@STATE.OR.US

John Belton, jcbtrees@aol.com

Dave Harmon, DHAForest@cs.com

Bill O'Brien, wdoobrien@longfibre.com

Tom Ortman, tomort@co.clackamas.or.us

Jeremy Solin, solin@ofri.com

49.九月五日；

Weyerhaeuser 資源回收工廠：參訪 Weyerhaeuser 廢紙回收的方法及再利用；進廠-分類-捆綁-出廠。

50.九月十二日；

USFS Ranger District along the Clackamas River：參訪林務署的自然資源保育教育中心，森林遊樂區的自然森林步道、露營地、自然景觀和戶外教室。瞭解林務署經營森林遊樂區的理念、作法和設施。

51.九月十三日；

Columbia River Gorge National Scenic Area：參訪國家林地的森林遊樂設施及其使用，討論國家風景區的解說、河流的遊樂利用及傳統和非傳統的森林使用及探訪。

講員：Stan Hinatsu, shinatsu@fs.fed.us

Beth Kirschhofer

Scott Springer

Kim Titus

52.九月十五日；

Mt. Rainier National Park：參訪老齡林之經營及步道與國家公園之植生復舊。

53.九月十六日；

Olympic 國家森林、Olympic 自然資源中心：參訪自然資源之經營管理及國家森林步道的建立。

54.九月二十四日；

USGS Water Resources Division Oregon District, Fanno Creek：參與 USGS NAWQA 現場例行的溪流水的流量觀測，水溫、電導度、溶氧及 pH 的現場測定，現場 QA 及水樣的採取和保存，實驗室水樣的保存處理和運送的所有過程。

55.九月二十五日；

Willamette University：參加森林的未來—科學（Science）、政治（Politics）和政策（Policy）；瞭解到好的政策形成不單靠有可信度的（Credibility）科學，此科學還需有合法（Legitimacy）和卓越（Salience）的特色。科學家要報告其科學結果、解釋其結果、將此結果聯結到政策決定的改變，經營者則主張政策決定的改變和做決定。科學家必須履行一新的社會責任合約，在保育和自然資源課題上擔任一很好的領導人員。

56.九月二十七日；

波特蘭水污染控制實驗室（Portland's Water Pollution Control Laboratory）：參觀水

中重金屬、有機物、一般化學物及養分分析實驗室。

57.十月四日；

Oregon 州立大學：Jim Wilson 介紹綠建築的房屋建造過程及綠建材的認證制度。

58.十月八日；

Portland：參訪都市林步道和綠色隧道。

59 十月十三日~十七日；

美國水文所：參加水文的極端事件：科學和經營的挑戰研討會。並口頭發表論文

『Stream Water Chemistry of Guandaushi Forest Ecosystem Impacted by the Powerful 1999 Chi-Chi Earthquake』如附件。

60.十月二十三日~二十四日；

Bend：參加火在奧勒崗州：危險的評估、影響和防治對策研討會。

61.十月三十日；

世界林業中心：研討世界林產品之貿易分析。

62.十一月十三日；

Georgia-Pacific Halsey Mill in Halsey：參觀再生紙的製作。

63.十一月二十日；

Ecotrust Building：學習美國森林和木材認證的過程和歷史。

64.十二月五日；

Aloha School：協助樹的朋友們（Friends of Trees）的都市溼地種樹計畫（Urban Wetland Planting）<http://www.friendsoftrees.org>，教導小朋友如何種樹、如何照顧樹及樹的生活史。

參、心得

一、研習環境

世界林業中心位於美國奧勒岡州的波特蘭市，是一個非營利性的教育組織。其宗旨是開展世界林業教育，使人們了解森林和樹木，及其與所有生命的相互關係，促使人類社會走向永續發展的道路。

地球上大多數的生物種類生活於森林中，但是，由於森林的不合理砍伐，造成這些生物種類的大量減少；發育健全而功能強大的森林能有效地保護流域安全，同時可產生清潔的飲用水；森林通過光合作用固定大氣中大量的二氧化碳，這有助於減緩因工業二氧化碳大量排放而造成的溫室效應；同時，數千年來，人們從森林中獲取木材用作燃料、造船、建房和造紙，或者砍伐森林後用林地種糧食作物。所以，問題的關鍵是要保持森林的永續利用。

森林的命運是目前的關鍵議題，我們中的所有人，特別是生活在美國西北部太平洋沿岸的人們深深地受益於森林和森林產品。由於用於木材收穫的林地越來越少，因此，強調森林的環境效應，促進森林的永續發展將更為重要。否則，失業率將會增加，鄉村社區便會慢慢消失。

世界林業中心是唯一一所致力於提供有關全球森林客觀信息的機構，陳述有關森林保護、森林永續收穫、森林經營和生態系統等種種議題。其認為，通過對森林的有效管理，不僅可以為我們提供日常生活所需的各種原材料，同時，森林還可為我們提供清潔的水源、肥沃的土壤和娛樂場所，也為野生動物和魚類提供了良好的棲息環境。其深信各種信息應通過寓教於樂的方式傳播給廣大民眾。

世界林業中心前身是創建於1964年西部林業中心，再往前可追溯到建於1905年，位於波特蘭西北部的一座原木建築。1964年，該原木建築毀於一場大火，化為灰燼。之後，在波特蘭市的華盛頓公園舊地重建，並更名為西部林業中心。1971年，建成了森林博物館，並對外開放。隨著中心的各種活動和會員數量的增加，其國際化的前景始更為寬廣。由於認識到其在世界範圍內的作用日益增強，因此，於1986年，將西部林業中心更名為世界林業中心。並於1988年成立下屬機構的世界森林研究所，該所致力於國際間森林和森林資源信息的相互交流。

近30年來，世界林業中心通過森林博物館的展覽，Magness 紀念林場的參觀，社區和學校活動以及出版物，向成千上萬的學生以及他們的老師和家長講授了森林的價值和森林永續經營的重要性。結合參觀博物館和森林旅遊，向同學們提出各種有關森林的討論話題，這些話題包括：美國西北部的樹木、大家來植樹、雨林的秘密、森林採伐和植樹造林、全球森林現狀和未來森林經營的選擇模式等。

世界林業中心向各種年齡層的人們提供博物館和森林旅遊方面的導遊服務，同時，發展專門為學生安排的具有特殊教育意義的校外活動，如：消防熊日、全國樹木日和假日植樹活動。其也提供在課堂上講授的有關以森林和環境為主題的教材，每年舉辦一次為期一週的森林與青春夏令營活動。

此外，中心的博物館已成為很具特色的森林博物館，吸引著來自世界各地的遊客。通過展示森林的歷史、文化和自然屬性，進而向人們展現森林在養育人類和維護地球健康等方面的重要意義。例如：博物館通過展示老齡林，幫助遊客真正認識其重要性和在生態系統中扮演的重要角色。但是，並不主張森林越古老越好，相反地，積極主張合理經營各種類型的林分，包括從人工林到古老的森林。因為人們需要木材和紙張，而森林工業在經濟發展中佔有重要的地位，人們也需要從古老的森林享受自然、清新和寧靜。

1989年，世界林業中心成立其下屬機構--世界森林研究所。世界森林研究所主要通過國際間協力合作項目，以及研究團體、私營企業和公共機構之間的合作來發展當前世界林業界熱門問題的研究和林產品信息的交流。

世界森林研究所為來自世界各地的從事林業和林產品研究的專業人員提供半年到一年的研修時間。這些年輕的專業研究人員均從事他們的贊助者感興趣的研究領域。他們一般受到當地政府、研究所或林業企業的贊助。

世界森林研究所為這些欲在美國進行相關研究和數據收集的組織提供了良好的機會。向他們提供了研究太平洋西北部林業、訪問各種林業組織，建立林業信息交流網絡，促進有關林業資源及其在全球範圍內的利用等林業信息進行交流的很好機會。

世界森林研究所對所有關心世界林業問題的國家開放，並向研究人員提供懸掛該國國旗的辦公場所。為了使各項活動更好的發展，世界森林研究所為每一位年輕學者提供一半的經費支助。

世界林業中心現已成為服務於波特蘭市民娛樂與受教育的重要基地。世界林業中心、佔地 64 英畝的俄勒岡動物園、以及新建的兒童博物館均面對華盛頓公園的輕軌火車站，交通十分方便，是家庭、學校和旅遊者的最佳去處。另外，世界林業中心擁有三座木材結構的會議大廳，且配齊有廚房和各項完善的設施，環境十分宜人，是企業和社會團體舉行會議和聚會的理想場所。



世界林業中心
(World Forestry Center)



世界林業中心博物館
(World Forestry Center Museum)



木材的神奇研習活動(Wood Magic)



參加學習樹計畫(Project Learning Tree)



青春夏令營活動 (Summer Institute)



青春夏令營活動

二、多樣性森林結構的育林作業

前言

如何經營森林使成為多樣的森林結構？是目前育林經營作業的重要課題，在過去大部分的森林學和育林是強調單一結構的林分經營，林分和林分的檢定個別在單一的區域內進行，然後取其平均值和標準偏差來作描述，經營作業如疏伐或復舊造林仍然以形成單純林為主要的考量。但現今的森林作業則是較強調地景和林分的多樣性，經營者能以地景和林分的層次來描述林分的變動情形。在一社會上習慣於使用平均值是什麼或正常的經營目地是什麼來評估近乎所有的事情時，使得描述變動成為一項挑戰。我們如何去測定、描述、持續追蹤和解釋變動？什麼樣的變動是我們所追求的？誰能決定什麼樣的變動是好、較好或最適當的？什麼樣的的尺度是有用的？我們需要去思考這些問題，並彼此學習成功的技巧。

由 Forest Service PNW Research Station, OSU, National Forest 和 BLM 共同合作的育林整合計畫不外乎有以下三目的：

- (一) 在複合尺度考量下，分析生物多樣性的發展趨勢 (analyze at multiple scales -the drivers of biodiversity)；
- (二) 藉由現有的資料檢視回顧的研究，以發展新的研究方法 (to develop new methods of conducting retrospective studies from existing data)；
- (三) 在重複和長期實驗中，以大型的土地區塊，比較最適經營方針 (to compare

adaptive management approaches over large blocks of land in a replicated, long-term experiment)。

在藉由疏伐可增加生物多樣性的假設下，我們應思考，在決定砍伐的樹後，如何能維持原有的所有樹種在此林分中生存？在長期的演替下，如何能保證原有的所有樹種都能再生？

主題一：主旨 (Keynote)

奧勒崗州立大學的森林學院院長 Hal Salwasser 以“二十一世紀經營的優先考慮：現今的社會、政治和經濟狀況如何使森林資源經營改變和聯邦林地社會改變下，聯邦林地扮演的角色”為題，說明未來的林業和未來的森林學家。

一百年前，永續收穫森林學剛在美國起步，當時只有少數的學校有訓練和教育民眾如何去實施，但到中世紀時，每州幾乎都有森林學的學校，此時已有一專業的團體，其附帶利益與自然資源專業的社會息息相關。現在州和聯邦政府都設有各種部門，雇請專業的人員來從事救火、森林重建和伐木。單純只知道什麼樣的工作存在及什麼樣的訓練需要似乎太簡單，國家的林業人員應該要知道如何造林、收穫及重新造林，發現土地邊界和林道的設計，滅火，建構營火地和步道，從這裏到那裏經營一範圍的主題。

為什麼短短 50 年事情已經改變？今天的林業人員仍需知道如何做全部早期的工作，且需要是好的傳達者、熟諳高科技、有生態系和生物多樣性的概念、對實務的美學敏感、對於理論的爭論能處於有利的地位、文化傳統和人權政治的熱心贊助者。隨著環境法規和政策在 1970 年代或更早期的到來，林業人員需要和非受過森林學技術的其他跨領域的專業人員共同討論來如何作決定。

但只憑現今的技術和知識，想要使森林學足夠持續立於保育和自然資源經營的領導者亦是不可能了，森林學的前景總是在不斷改變，而可確定的事實是我們的時間。森林的市場和公司將會變成全球性的聯盟和組織，我們想想過去，我們可僅使用 30 年前，甚至只在地區範圍已有的標準水準決議來解決我們林業問題，而現在情勢已不同，國際性的事務、生物多樣性和碳儲存已變為森林經營者最值得注意的議題。競爭的好處是不再藉由接近當地首府、實施當地的法規和銷售到當地或地區的市場來決定經營的方式。這所有的改變始於 1900 年代中期，但卻在本世紀加速成長，現今成長更迅速。木材、休閒、打獵、釣魚和碳儲存已

經傳遞到全球的市場且受到全球壓力的影響。什麼構成森林永續和什麼是永續森林已經開放於國家和國際的討論會上進行辯護。

所以，隨著這些改變，那裏是森林學和林業人員在未來該走的方向呢？什麼樣的人將是世界所需的森林經營者和管理者呢？首先，市場和社會壓力將會主導大部分木材產業進入使地理區域有高收穫量的森林學，如森林學將致力於增加木材和纖維的產量，兼顧經濟成長和生態健全，很幸運的西北太平洋是其中的一地區。此些相同的壓力亦主導自然區的保護，使此些天然林地變成公眾地持有保留，如森林學將致力於藉由維持原生種的多樣性和生態過程來保護、重建和維持生態系特色，此已是現今最優先的經營計畫。此時未確定的是，是否及有多少空間存在於木材生產和自然保護重點的中間區域。在美國，佔有相當優勢的私人持有家族森林，能夠領導展現於全世界，如何維持多元價值的森林，並兼顧經濟、環境和社會的考量。讓我們來想想以下未來永續森林可能有的三種模式。

(一)、高產量的森林

此為最積極的模式，接近於農藝的做法，在早期就用大筆資金投資於基因選種或工程輔助設施、控制其他植生和害蟲、審慎的施肥、且在木材有最大價值時收穫以回饋於大量的投資，在生產循環的每一階段不斷加入高科技技術。但現今只有雜交楊樹 (hybrid poplar) 和桉樹 (eucalyptus) 造林地有像玉米田和自動噴水果園的高產量。大部分的人工造林仍或將保留相當的多樣性，不過最後他們仍會砍除早熟的植生、無商用價值的樹木及類似天然林的老齡結構。

林業人員經營此模式森林必需知道樹的基因、養分生理、個體經濟學、最適的收穫和分類系統、早期建造林的生態等。他們的老闆要熟諳主要的市場、國際貿易、州和國家的政治且他們必須是有遠見的領導者和最優秀的經營者。我們需要此些森林以供給大部分以木材為主產品的需要。

(二)、天然林

此為最消極的模式，並不需要很多森林學知識，事實上，大部分此類森林礙於坡度、財政或政策的問題並不易到達，所以並無管理，任其自然生長。天然林應妥善保留為老齡森林和偶而因天然災害而必需實施的早期造林。但只要有人為活動的森林就必需經營，最起碼應限制人的活動對森林之影響必須在可接受的範圍內，例如：類似原野地和國家公園的經營。在許多天然林，如火災後我們亦需

重新造成天然林的結構，以阻擋外來種階段性的入侵，或外地污染物的散佈。

林業人員經營此模式森林必需熟悉生態系統生態、育林著重於重建或維持自然狀態和過程、及人的經營者。他們也必須是好的傳達者，因為大部分人並不知道現今在這充滿人的世上維持自然也是需要積極經營的。我們亦需要此些經營的天然林，來擁有高產量的森林和多元價值的森林所無法相容的不朽的價值。

(三)、多元價值的森林

專業林業人員最在意的多元價值的森林展現最大的挑戰性，此多元經營目的的複雜性遠遠大於單一優勢目的。此複雜性包括生態、經濟、和社會結合的森林學，在許多地方此種形式的森林學已經在實行（有些地方尚有爭論），回饋必須要等於或大於投資，否則企業可能就放棄此事業。此回饋不單只是金錢，應包括金錢、美學、休閒、公眾關係及其他價值的結合。

許多公有林和些許私有林將會投資於非市場的商品和服務，如休閒、水質和生物多樣性的保存等。因這些森林的經營是以多元價值為目的，故將難和高產量的市場商品相互競爭，且需自然保留它們不同的價值。因此他們需要自我區別且發現方法來表現其特色和傳達任一的其他永續森林不會有的不同價值。此些價值可被延伸為早期棲息地、非商用價值的樹木和灌木、木材生長於鬱閉處或較長輪伐期的的結構品質，或許可說成，此些價值在市場上並不是以高產量或天然的森林來訂定。

明顯地，多樣價值森林的從業者需要熟悉全部永續森林的規律法則加上市場導向，然而，現今我們雖可看出高產量和天然森林的未來趨勢，但卻尚未看到此中間區域將會如何及如何進展到一永續市場的景象。此森林尚未發生在聯邦的森林，因他們受到民眾的壓力，企圖跳過此中間區域，轉而趨向消極的天然林。同樣地，也尚未發生在家族森林區域，因大部分的林主必需不斷地增加和其他人設立的全球商品價格或國際認證制度的市場狀況的相互依存關係。所以此模式森林尚有很大的森林學創新機會和市場。

所以我們的森林學和自然資源學校將如何適應及提供未來資源經營者給全世界呢？首先，要瞭解到達到永續森林的主要途徑，單靠一般訓練的人們是無法做的好的，有學位的教育其理論又遠過基礎實務需要，因此自然和人文科學必需

要能提供足夠的技術發展給予畢業生，使他們至少要能熟諳高產量、天然或多元價值森林養成的一項方法。森林系的學生在他們大三之前，應該就明確知道什麼樣的途徑是他們所追求的。第二，所有的途徑都需要有溝通、順應高科技及經濟的技術。第三，定期的工作經驗，如透過實習的過程，給予學生在其進入職場前，和有潛力的員工受一相同的技術訓練是必要的。

這世上在未來需要很多有經驗的林業人員，只會增加不會減少，森林對這世上重要性也只會增加不會減少。好的森林學來指導此三途徑將非常重要，使養成一健康和合理的世界，並不單純只針對一途徑。我們應有責任將此些話告訴年輕人、父母和顧問們，因他們未確定森林學是一可追求的專業，它不但是可追求的專業且是這世上少數存在對後代的子孫會有持續影響的專業之一。

主題二：以林分結構為基準之經營的基本概念 (Basic Concepts for structure – based Management)

瞭解西北太平洋森林干擾的機制及地景在指導林分層次經營的重要性。首先由 Thomas Atzet (tatzet@fs.fed.us) 主講”西北太平洋森林干擾的機制 – 火的歷史角色、火的控制及其他的干擾”。森林演替過程的干擾有火災、水災、病蟲害、風災、山崩或土石流及森林收穫等，在西北太平洋森林，就屬森林火的干擾最嚴重，其會打斷森林生態系的平衡，使某些物種突然絕滅。火的證據包括有土壤碳化 (Soil charcoal)、萌生樹的年輪 (Tree rings of sprouts)、焦黑的樹 (Black scarred trees)、樹心 (Cores)、殘留的樹頭 (Stumps)、林分的結構和組成 (Stand structure & Composition) 及火燄 (Flames) 等。他以 Siskiyou 區國家森林為例，說明森林火在此區域過去的時空分佈，藉由過去資料的分析，建議不同樹種的最大和最小地基面積的最適經營，期許森林火發生的頻率能減少。在未來應該：

1. 持續擴展時間和空間的考量 (一致性)
2. 持續知道全球碳的平衡
3. 能夠不考量政治限制愈多愈好，經營地景成為最好的棲息地，有最好的生產力
4. 經營人類為地景的一部分 (到永續系統的方法)
5. 以多樣性為前導
6. 學習評估和經營危機

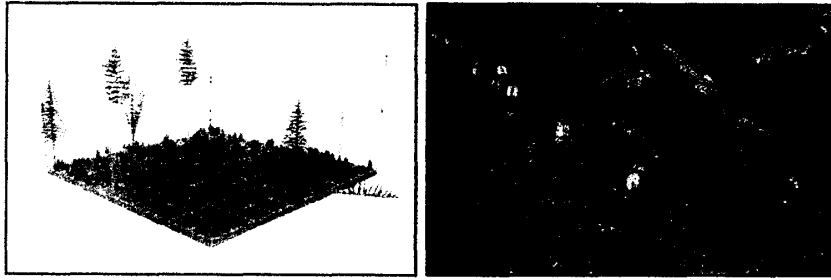
7. 共同合作，而不是等待輿論的批評

另 Jim Laacke 主講”Rational Approaches to Deriving Stand and Landscape Structural Features” 及 Mike Schnee 主講”Planning Stand Activities From a Landscape Structure Perspective: The Oregon State Department of Forestry Northwest Forest Plan: Structure based management”，其皆強調西北太平洋森林的地景經營的起源和方法，包括四個主軸觀念：1)活用的森林經營使林分型態具有多樣性；2)為地景結構上的組成經營；3)藉由資源專業，有效地活用-評定現有狀況-定義未來所要的狀況-指示森林經營的行動；4) 監測和適當的經營方針使達到經營成功。

奧勒崗州依據社會、經濟及環境等三方面的利益為準則來共同評估其森林經營之計畫成效，此經營計畫是結合森林學、魚類學、野生動植物學及水等各方面的知識來訂定目標和實施步驟，以達成具體成效，並符合此州居民對其州森林的期望：能生產多樣性的價值。此經營計畫已成功地在該地區達成經營成效，如在 Tillamook 地區的森林雖然在 1933 和 1951 年歷經四次森林大火，但經由大面積的造林經營，現在已形成一片綠海。此各方面結合的經營步驟最重要的部分是一目標稱做以林分結構為基準之經營 (Structure-Based Management)，共有五種不同的形態，茲分述如下：

林分形態 1 (Stand Type 1) — 更新 (Regeneration, REG) (目標佔整個地景之 5-15%)

此區域主要覆蓋為樹苗、小苗、草本植物或灌木等，樹種可能是針葉樹或闊葉樹，草本植物、灌木、和/或草生植物的分佈很廣 (約佔地面面積 20~80%) 且生長良好。此型態包含第一年更新的林分且持續到此林分鬱閉階段。此更新林分由林分的初始階段開始發展，始於此林地受干擾後，如木材收穫、火災、或風災後殺死或移除大部分或全部的大棵樹；或當非目標樹種被移除以改植其他樹種等干擾。草本植物、灌木、些許林木、枯立木和倒木會被遺留在原來之林地上。新的植生 (林木、灌木、草本植物) 藉由種子、萌芽、人工更新或其他方法在此早期階段開始生長。經過數年後，此林分開始鬱閉，草本植物、灌木和草種則開始死亡或失去活力。



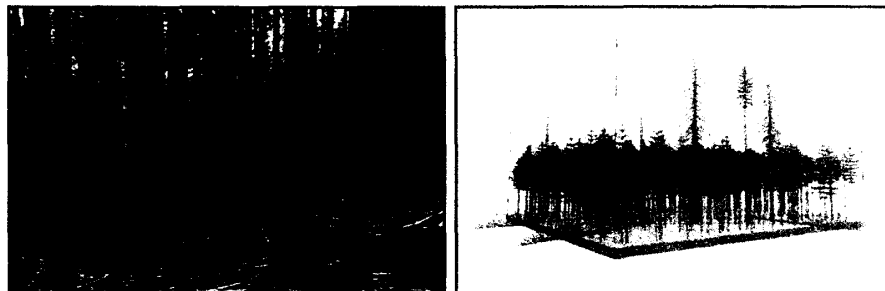
林分形態 1— 更新

林分形態 2 (Stand Type 2) — 鬱閉的單一林冠 (Closed Single Canopy, CSC) (目標佔整個地景之 10-20%)

林分發展過程 — 樹幹移除 (Stem Exclusion, SE)

林木覆蓋整個林地，形成單一主要冠層。很少甚或沒有下層植生，若有下層植生存在，也僅是少數的灌木和草本植物，此些灌木和草本植物層可謂完全沒有或僅有一或二種耐陰性種類，如劍蕨 (sword fern)、Oregon grape、oxalis、或 salal。此些林分可包括幼齡林 (sapling stands)、未疏伐林或上層林木仍是主要覆蓋的已疏伐林。

當 REG 林分的樹木長大且開始競爭陽光、水分和養分時，就發展為 CSC。當新生樹、灌木和草本植物不再出現和已存在者因為競爭而死亡後，樹幹移除過程就開始。接著此階段，灌木和草本植物可能多已不存在。樹木之主幹大小、胸高直徑的生長速率和冠幅均開始減小。當競爭力弱的樹死亡後，林分下層就會出現枯立木和倒木。剩餘的存活樹長的更大且其樹高和胸高直徑變異也很大，在此階段的後期，足夠的樹已死亡且存活樹有足夠的變異，因此小空隙就形成，下層樹、灌木和草本植物又出現。



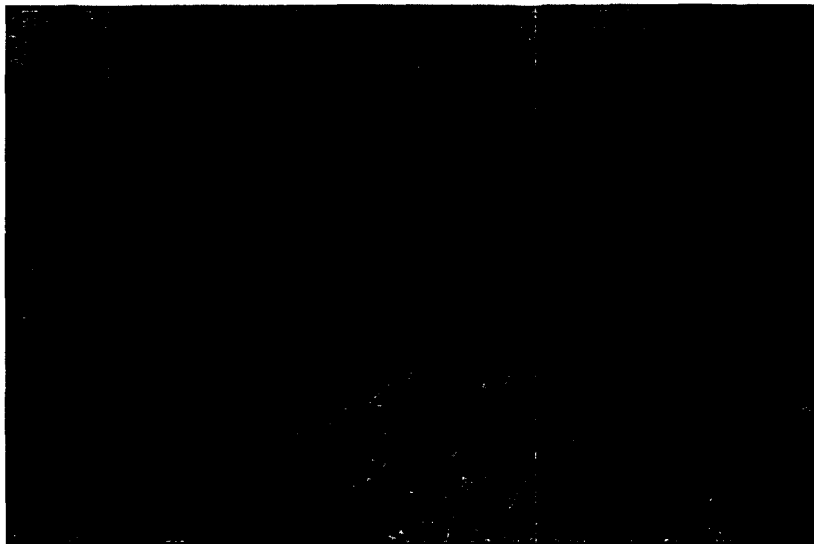
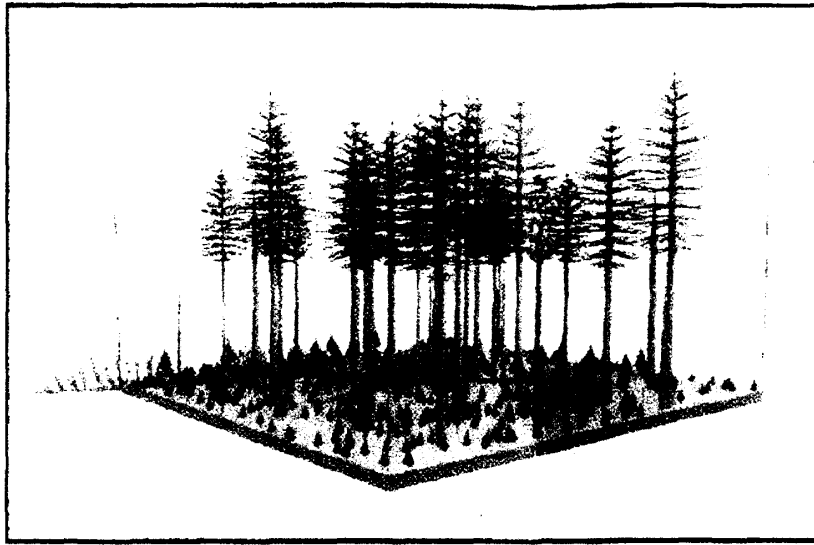
林分形態 2— 鬱閉的單一林冠

林分形態 3 (Stand Type 3) — 下層植生 (Understory, UDS) (目標佔整個地景之 15-30%)

此種林分的發展較 CSC 有較多樣性的灌木和草本植物層且有比樹苗大一點的樹，樹冠層範圍由一單純樹種，單一冠層的主要林冠結合優勢、次優勢、及被壓木到形成複層林冠，然而，重要的林冠層尚未形成。

此林分發展至少包括一單純樹種、單一冠層、主要林冠和一多樣性的灌木和草本植物的下層，有足夠的陽光到達地被使耐陰和非耐陰的灌木和草本植物均能生長茂盛。此種林分必需是草本植物、灌木和下層樹生長良好且開始趨於多樣性，垂直冠層可能已開展但卻未擴張。

下層植物的再生長過程發生於樹幹被移除後，有足夠的光線和養分使得地被層草本植物、灌木、及更新樹能夠再出現於下層。在開始階段，只有少量的矮灌木叢和草本植物，但到後期階段其所佔有的數量卻相當大。所有 UDS 林分的矮灌木叢和草本植物儘可能持續其多樣性和維持或改良其活力。這些林分能提供發展為高多樣性的植物社會的良好潛力。端視密度經營作業的強度和時間，這些林分能隨時間向前或向後在 CSC 和 UDS 林分形態間推移。



林分形態 3— 下層植生

林分形態 4 (Stand Type 4) — 多層林 (Layered, LYR) (目標佔整個地景之 20-30%)

林分發展過程 — 下層植生再生長 (Understory Reinitiation)

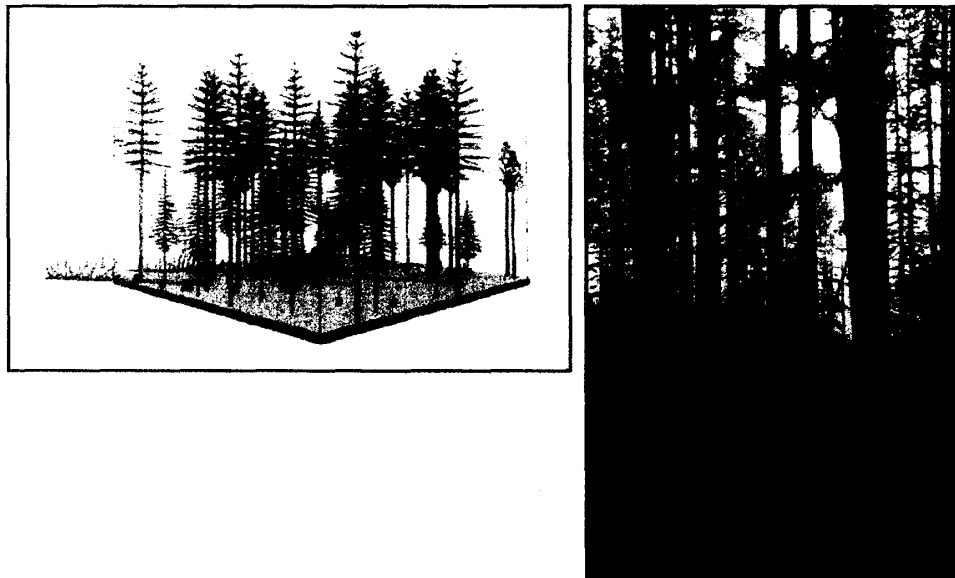
LYR 林分有擴張的草本植物、灌木及樹冠層，林分的垂直結構較 UDS 複雜。不但灌木或草本植物存在，且樹冠層至少二至多層。上層林冠主要為胸高直徑大於 18 英吋及高度大於 100 英尺的林木所覆蓋。

較複雜的 LYR 林分則是耐陰和非耐陰樹種、灌木或草本植物的混合。最年

輕的樹也必需至少 30 英尺高，樹冠層由上而下相當明顯。灌木和草本植物層是相當多樣的，有成群的種類和垂直的分布，此植物社會由地被到上層林冠能提供一大範圍的棲地。

老齡林分結構(OFS)只是一小部分的 LYR 林分，已達到相當多量的倒木和枯立木，高多樣性的 LYR 林分也許已有全部 OFS 的需求屬性，但卻缺乏最小樹直徑的需要以提供如北方斑點貓頭鷹、pileated 啄木鳥和飛鼠等野生動物的棲地。這些林分或許能提供其他一些能和老齡林共存的野生動物的棲地。

下層植物的再生長過程發生於樹幹被移除後，有足夠的光線和養分使得地被層草本植物、灌木、及更新樹能夠再出現於下層。這些新生長的下層植物因高林分密度也許長的相當慢，下層植物的矮灌木叢和草本植物在此林分的後期階段會增加到相當多的數量。



林分形態 4— 多層林

林分形態 5 (Stand Type 5) —老齡林分結構 (Old Forest Structure, OFS) (目標佔整個地景之 20-30%)

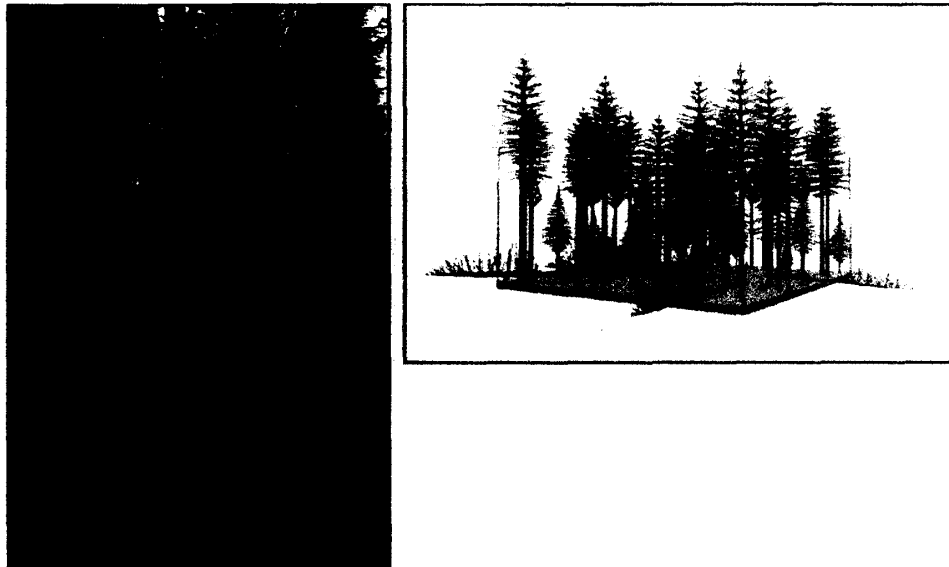
林分發展過程 —下層植生再生長 (Understory Reinitiation)

當 LYR 林分發展到以下結構特性時，就稱之為老齡林分結構，其和老齡林及成熟生長是相連的。OFS 林分並不需要和非常老林分的過程和功能相匹配，除

在單層林分能典型地發現樹種的多樣性外，OFS 尚有以下四種特性：

- 每公頃至少有 8 棵胸高直徑至少 32 英吋的存活樹，在林地種類屬於 3、4、5 級的 Santiam State 森林，海拔高於 3,000 英呎的地方，胸高直徑則降為至少 24 英吋。
- 樹冠層至少二至多層，通常有一層為耐陰性樹種。
- 枯立木— 每公頃至少有 6 棵；有 2 棵至少胸高直徑 24 英吋；其餘 4 棵則至少胸高直徑 12 英吋。
- 每公頃有 600 到 900 立方英呎的倒木（腐朽級 1 或 2），或每公頃有 3,000 到 4,500 立方英呎的倒木（腐朽級 1-5）

下層植物的再生長過程也如 UDS 和 LYR 所描述，OFS 只要是 LYR 已達到以上所定義的結構特性。



林分形態 5—老齡林分結構

此創新的目標稱做靈活地經營森林使達到和天然鑲嵌情形相仿的不同形態林分——範圍從更新（在伐木跡地或受到天然災害的影響，如火災、風災、水災和山崩等影響的地方造林）到老齡森林結構（類似老齡林）。林業人員依據這五階段來評估其森林的地景，並依森林的狀況範圍來決定其所需要的作業使儘速達到穩定的林分型態。依據過去的經驗顯示，只要當地的不同林分結構達到其目標

要求，即能符合所有原生物種的棲地需求。

此目標是依能提供穩定的木材收入、健康的野生生物棲息地及良好品質的遊樂機會而設計，且全部都要以永續為基礎。另為滿足經濟因素，奧勒崗州的森林經營是為產生永續且穩定的歲入以支應各縣、學校、地區的區域稅和一般學校的基金（Common School Fund）。

一林分結構的多樣性配置若自然發生在森林地景可能需要超過數百年的時間，但若以林分結構為基準來經營，則在 50 到 80 年即可達到。此生長的促進及晉升為較複雜的林分即是靈活經營森林的結果，如疏伐作業就是增加現行樹的伸展空間及使下層植物（如新生樹和灌木）有足夠的陽光供其生長。

不同的林分結構混合將有益於原生動植物的生存，因棲地的需要是因品種的不同而異，因此，一主要的目標即為使幼齡林發展為老齡林並視老齡森林的情況，建立較多樣性的棲地以利多樣的物種生存。

為保存其保護和瀕臨絕種的野生物種並促進完成西部奧勒崗州的經營計畫，ODF 將更新其和聯邦機構的討論結果以得到西部奧勒崗州森林棲地保存計畫（Western State Forests Habitat Conservation Plan, HCP）草案的認同。HCP 依據瀕臨絕種法案（Endangered Species Act）來給予 ODF 一許可證明，允許其在可能影響瀕臨絕種物種的區域實施經營作業。此許可證須要一完整的計畫，藉由維持可接受的森林棲地數量以抵消偶發的影響，因此物種能持續的生存而不受到傷害。

附帶一提的是一般學校土地，此些土地的經營是為能提供一般學校基金長期的歲入來源並適用此經營計畫案。

主題三：基本林木/林分的行為模式（Basic tree/Stand Behavior Pattern）

主要在描述森林上層和下層植生動態，及如何經營以達到多樣性結構的育林方法。Greg Riegel 主講”Eastside: Overstory – Understory Competition and Management”，研究的主要目的在於瞭解什麼樣的環境因素（光線、水分、養分）控制林下植物的生產力。其試驗地於 1985 年建立於奧勒崗州東北部的美國西部黃松（*Pinus ponderosa*）林分。試驗結果顯示，疏伐明顯增加光合作用有效輻射，減少正午時的相對溼度但卻增加正午時的溫度。光線增加並不會增加林下植物的生物量，但若降低根對水分和養分的競爭，則其生物量明顯增加，證明地下的資

源是影響奧勒崗州東北部的美國西部黃松林下植物生產力的主要因子。另在此試驗地的其他實驗證明林下植物對維持土壤品質深具重要性。

Bill Emmingham 主講”Westside: Recent Experience with Thinning and Underplanting Coast Range and Willamette Valley Margin : Implications of stand dynamic”，試驗地於 1992 年建立於 30 年生的花旗松人工林，目地在瞭解上層和下層植生對疏伐和林下栽植的反應。之後每四年調查一次，調查項目包括有相對密度、斷面積、胸高直徑、林分特性、林冠特性、樹冠影像、有效光線、林下栽植的成活率、林下栽植的樹高和直徑、及微氣候調查等，無疑的，樹的胸高直徑生長（非樹高）在強度疏伐區最大，但樹冠伸長（crown lift）卻停止，初步的分析結果顯示，單位面積內，斷面積生長最大的是在中度疏伐區（normal thinning），而強度疏伐幾年後，光線有效性快速減少，但整個地景仍然調和。

Kathy Maas 主講”Riparian Restoration in the Oregon Coast Range: Release and underplanting planting options”，其試驗主要是在大面積干擾（如皆伐和火災）後的林地，在自然復育佔優勢的闊葉樹濱水區，以人工栽植原生針葉樹，因大型針葉樹倒木是溪流中鮭魚復育的重要因子。此試驗遇到的阻礙包括動物的吃食、洪水、沖蝕和上層掉落的殘材等。此些問題發生的種類、頻率和密度，顯示育林技術需要因地制宜。低苗木成活率顯示事前適當造林試驗地選擇的重要，選擇的考慮端視整個集水區的狀況、未來供應大型倒木在溪流和濱水區的可能性、長期試驗地的穩定性及微氣候等。栽植的苗木，在上層樹的密度至少減少 50% 加上一些程度的下層植生經營，生長最好。

Greg Filip 主講”Effects of Forest Disease and Associated Insect Pests on Forest Structure”，缺乏干擾和撫育作業的高密度單純林，容易受到害蟲的傳染而改變林分結構（林分密度、枯木數目、活的樹冠比例、冠層及倒木、不正常的樹枝），進而會影響野生動植物的棲息地、野火的發生、林分的疏開和復育、及樹種的改變等。在異齡林的林分經營上，從整地-復育-疏伐-收穫，亦須考慮病蟲害的問題，事先防備以避免問題的蔓延。

Stephen Fitzgerald 主講”Allocation of Growing Stock in Multi-Aged Stands: Basic Concept”，林分動態和密度經營的基本的法則是 1) 當樹愈長愈大時，就需要較多的資源以供其生長和生存；2) 林地的資源（主要是陽光、水和養分）供應

是有限的；3)當樹長到一定程度大小而資源供應不敷使用時，就出現競爭，因此就有優勝劣敗的現象，而形成不同的樹冠級，有些樹甚至死亡；4)雖然地力的好壞可決定此過程的快慢，但基本過程是相同的。不管選擇何種方法來規劃異齡林分生長的配置，都必須要 1)定義或定量所要的結構；2)限制一保留儲備的水準(考慮樹種的差異)；3)提供為復育建造和生長；4)適時介入以維持結構。

主題四：多樣經營的晉級觀念

由同齡林的育林作業轉到趨向維持覆蓋和結構多樣性，已經漸漸翻新二層林和異齡林育林系統。新的多齡林 (multiaged stands) 目標是建議經營者，藉結合結構特色和自然干擾的過程，達到系統的諸多目標，來簡化過去的異齡林育林系統。為許多目的 (如生物多樣性) 來設計和完成多樣林分結構，其結果是有彈性的。當然對林分動態和地景生態的瞭解是先決條件。

研討木材的收穫系統和技術，以期對土壤的影響能降到最低，是為多樣森林經營所要考慮的。老齡林林木是相當重要的生態和景觀資源，在西北森林經營上，為提供多樣性結構和野生動植物棲地。維持大且老齡生長的林木是必要的，且其經營亦是奧勒崗重要的林業工作之一。一般的觀念認為，藉由林分密度的降低，當然能夠助長幼齡林林木的生長，但老齡林卻不然。故有試驗設計比較降低林分密度是否有助於生產力的提升，結果顯示降低林分密度對林木生長亦是有益無害。大部分研究考慮在光合產物的分配上，能有足夠的陽光、水分、養分及空間，使林木能生長及長期維持。

針對疏伐和控制焚燒，不管是老齡林和幼齡林的林分發展、林木和林分特性的動態亦有不少的研究和報告。

野外參觀

(一) Metolius Black Butte Ranch

Highway 20 Vegetation Management Project

1. 經營方向 (Management Allocation)：好的景觀、鹿的棲息地及 Metolius Black Butte 的地景經營。
2. 目標 (Objectives)：
 - a. 開始在此計畫的樣區內，重建 ponderrosa pine 生態系，使之成為更自然和健康的林分密度，並促進開放林分大樹的生長。

- b. 藉由減少階梯似的燃料和降低林分密度以減少火災的發生。
3. 樹的大小 (Tree size):
- 疏伐胸徑小於 8 英吋的樹，但並非全部砍除胸徑小於 8 英吋的樹，有些樹可因為多樣性的原因而保留，一般當疏伐胸徑小於 8 英吋的樹時，則保留較大直徑級的其他樹，但若一較小樹明顯比一較大樹有好的生長狀況時，則保留此較小樹，另若比較小樹是保留區塊 (Clump) 或模擬疏伐區塊的一部分時也保留之。
4. 景觀 (Scenery):
- 在此些單位 (units) 內維持視覺上的多樣性是相當重要的，可藉由以下一多樣的技術而做到：在每一單位內維持 20~30% 的一鑲嵌 (mosaic) / 樹叢區塊 (clump) 外觀、多樣疏伐密度、維持種類多樣性、在每一直徑級皆有保留樹、及保留枯死樹和在持續擴大的樹冠下建立開放的類似公園的環境，現有的開放空間亦是鑲嵌區塊的重要部分。
5. 間隔的指導方針 (Spacing Guidelines):
- a. 一般的間隔指導方針會根據單位內有相似地位潛力的特定群組而設計，每組指導方針會定義一斷面積的目標範圍且為胸徑小於 8 英吋樹的間隔，有三行列最重要的部分，外部二行建立胸徑小於 8 英吋樹的間隔範圍，中間行則實行平均的間隔。一般為胸徑大於 8 英吋樹的間隔指導方針，感覺上是為了同齡林林分而設計，但大部分的林分則需疏伐異齡的樹，因此根據任何特定區域的樹直徑級、現有開放空間的大小和位置及符合以上描述的需要，調整疏伐的間隔是必要的。
- b. 在距 Highway 20 的 100 呎 (30 公尺) 之內：在此區域疏伐至最大的間隔距離，樹叢區塊可被保留，但卻是最後的選擇區域，若不得不在此區域保留樹叢區塊，則離 Highway 愈遠愈好，避免直接靠近 Highway 或其他主要道路。
- c. 樹的胸徑 8 英吋到 21 英吋：若此直徑級的樹遠多於建議間隔的指導方針，則移除全部胸徑小於 8 英吋樹，除了為林分的生物多樣性或樹叢區塊的保留樹外。
- d. 樹的胸徑大於 21 英吋：基本上全部移除此些樹，尤其是 western juniper。
6. 樹種喜好 (Species Preference): 此區域只有 Ponderosa pine 和 Western juniper

二種樹種，基本上是保留 Ponderosa pine，移除 Western juniper，但並非砍掉全部胸徑小於 8 英吋的 juniper，決定是否砍除之前，先評估若砍掉此 juniper 是否對 Ponderosa pine 的生長有利，如果答案是肯定則砍除，若否則保留之。

7. 樹叢區塊 (Clumpyness)：樹叢區塊是藉由不同密度的樹來建立，而大部分自然形成在藉由限制疏伐胸徑小於 8 英吋樹的胸徑大於 8 英吋的樹。其特色如下：

- (1) 不同大小直到 2 英畝大；
- (2) 在每一單位有各種不同的分布；
- (3) 包含大的枯死木和倒木；
- (4) 依現有狀況好好定其邊界；
- (5) 很難看穿因其密度比疏伐區域大；
- (6) 包含胸徑大於 8 英吋的 western juniper，且通常比 Ponderosa pine 大；
- (7) 胸徑大於 8 英吋的 Ponderosa pine 鄰近或靠近樹叢區塊；
- (8) 主要組成是 western juniper。

8. 假邊、毛須 (Feathering)：此為縮小極端林分密度彼此的對比，是藉由疏伐到非疏伐單位逐漸降低樹的距離來達成，主要在鄰近非疏伐單位的邊緣來實施。單位邊緣都應有離邊緣約 75' 到 125' 不規則距離的假邊。

9. 樹的情形和活力 (Tree Condition/Vigor)：留下最健康、最有活力的樹。

10. 枯死樹 (dead trees)：砍掉所有可能在未來造成馬路危險的枯死樹。

11. 個別散生的苗木 (Individual Scattered Seedlings)：不砍除個別散生的 ponderosa pine 苗木 (胸徑小於 1 英吋)，這些樹將增添視覺上的多樣性。

(二) Budworm Episode-East of the Cascade crest

主要是學習如何經營易感染病蟲害的林地。

(三) Lost Lake- West of the Cascade crest

混合松林的經營如何受到蟲害的影響。

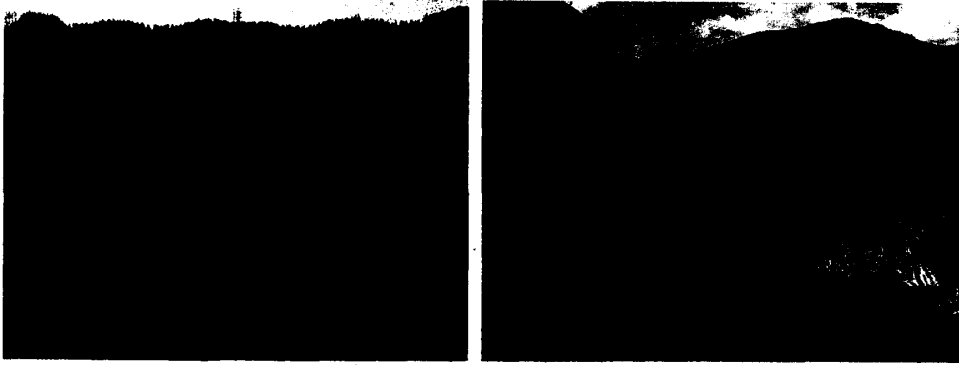
(四) H.J. Andrews

如何轉變年輕的同齡林使成為較多樣結構的林分、地景經營的觀念和作法、最適經營是否適用於現今的國有林、如何使研究者和經營者能夠合作無間、如何使最新的科學能夠落實在地區的森林經營、森林經營者是否能夠將研究單位或學

校的研究群包括在其經營計畫的決定上。

(五) eastside forests

密度經營使達生物多樣性目標。



奧勒崗 Tillamook 地區的森林歷經四次的森林大火，人工造林 50 年後已形成一片綠海。



花旗松疏伐前林相



花旗松疏伐後林相



限制火的施行，先行燃燒地上部的燃料，以防止森林大火的發生。



保留老齡木於林地的造林，以維持生物多樣性。

三、育林和野生動物野外參觀(Silviculture and Wildlife Field Tour)

共有 54 位來自政府官員(Oregon Department Fish & Wildlife)、大學教授和研究生 (Oregon State University)、民間林場和木材公司 (Port Blakely Tree Farms; Weyerhaeuser; Starker Forests, INC; Plum Creek Timber; Giustina Land & Timber CO; Starker Forests, INC) 參與此行程。

此行程由 OSU 的 Rick Fletcher (rick.fletcher@orst.edu)說明此二天的參觀行程後，由 OSU 出發。共有 7 輛車負責載運參加人員、行李及食物。

第一站是參觀和討論櫟樹 (Oak) 的棲地和其在在公有林和私有林的復育情形，櫟樹因林火、林地的城市化及農藝和育林的轉變已使得其覆蓋率在 Willamette Valley 地區已減少達 88%，僅剩 12%，此些保留的櫟樹林地，在 Willamette Valley 的一些區域能夠提供重要野生動物的棲息地，如白櫟能提供約二百種野生動植物的巢穴。有許多瀕臨絕種或敏感的野生動植物，如 pileated woodpecker, western bluebird, Oregon vesper sparrow, Lewis' woodpecker, western gray squirrel, acorn woodpecker, sharp tail snake, olive sided flycatcher, American peregrine falcon, white tailed kite, grasshopper sparrow, western meadowlark, yellow breasted chat, and common nighthawk 等端賴櫟樹林來作為它們生存的功能。

大約 98% 的奧勒崗白櫟樹林為私人擁有，農場和私有地也大約擁有近 90% 的 Willamette Valley 地區的奧勒崗白櫟樹林，其中私有森林產業大約擁有 8% 的所有權。近年來因大部分的白櫟樹林被改變為釀酒廠和苗圃，實有必要努力來保留櫟樹林地以保護棲息在此林地敏感的生物。

此試驗地為一櫟樹的皆伐區域，僅保留有數棵老櫟樹，在此林地使用機器

植草以野火雞能夠在此區域繼續生存，令我驚訝的是野火雞真的出現在我們面前，可見野生動物棲息地的保護只要肯做就能看到成果。現在面臨的問題包括其他使用櫟樹林地的邊際效益和稅的誘因是什麼？如何能夠增進大眾的利益又能保存部分的櫟樹林地？有何種經費能夠有效的達到此目地？

第二站討論週期性疏伐及對野生動植物的影響，此試驗地的擁有者是 Starker Forests，在 1963 年由 OSU 建立 Hoskins Levels-of-Growing -Stock (LOGS) 的研究，此研究是 OSU、美國林務署 (US Forest Service)、Weyerhaeuser 公司、Washington State DNR、加拿大林務署 (Canadian Forest Service) 和 BC Ministry of Forests 共同合作的一部分。此共同合作計畫已在奧勒崗州、華盛頓州及 Vancouver Island in British Columbia 總共建立九個研究基地，目的為在花旗松林藉由生長材積 (cumulative wood production)、林木大小 (tree size) 及生長和生長累積比例 (growth-growing stock ratios) 的調查，比較八種不同疏伐的方式 (regimes) 的差異以建立一大範圍的林分密度最適性。

LOGS 實行八種不同密度處理的疏伐作業及一未疏伐的控制區，每種處理重複 3 次，每一區塊 0.2 英畝，總共有 27 個區塊，採取隨機分佈在此試驗地。在實施任何處理之前，每一區塊依空間選取 16 棵 (80 棵/英畝) 生長良好的樹當作生產樹 (crop trees)。處理前最初的林分密度決定是藉由一標準化的疏伐，使達到斷面積的限制的水準以增加一致性。

待完成校正疏伐後，就開始規畫如何依據間隔 (interval)、種類 (kind)、及強度 (intensity) 來進行八種不同密度處理的疏伐作業。之後就開始調查：

1. 林分的發展和測量樹的大小 (Stand Development and Tree Size)
2. 生長和生長累積的關係 (Growth/growing stock relationship)
3. 樹的大小和材積生產 (Tree size and volume production)
4. 生長百分比 (Growth percent)
5. 淨年平均生長量/連年生長量的驅勢 (Net mean annual increment, MAI/periodic annual increment, PAI trends)

晚餐後，Steve Mealey 演講，講題為「奧勒崗州的木材和野生動植物：新永續模式之夥伴關係，Oregon Wood and Wildlife: Partnership for A New Model of Sustainability」。演講重點在森林由多目標利用轉變為生態系經營的過程，如何修

正森林計畫以符合西北森林計畫 (NWFP)。當一時的贏家 (環保人士或野生動物保育專家)，在其勝利時，如不對其他挫敗者 (失敗者、伐木業者、採礦業者、牧場業者、獵人或存有不確定性和挫折感的小鄉村社區人們) 寄予同情的話，就會使彼此的合作變得極端困難。無預警的森林火災會阻礙欲減少長期生態危機的森林重建計畫的進行，因此瞭解積極經營森林和不經營對森林火災的相對危險度評估是相當重要的，藉由此評估方能使保護、維持和復育生物多樣性的目標得以達成。不協調和衝突的法律條文，是棲息地復育和永續森林的一大障礙，法規條文往往勝過經營條文，這使得經營滯礙難行，不管是在公有或私有林地的復育和保護。在奧勒崗州現有『奧勒崗州森林施行細則，Oregon State Forest Practices Act Implementation』，以加強州和私有林地的管理和永續，另有『奧勒崗州鮭魚和集水區計畫，The Oregon Plan for Salmon and Watershed』，強調共同參與、建全的科學及地區的行動和結果，有效地為奧勒崗州的木材、野生動植物和鄉村社區發展一新的永續模式。私有林主、州和聯邦林地的管理者，可依循奧勒崗州為鮭魚和集水區計畫的模式，形成一合作的夥伴，使奧勒崗州的木材、野生動植物和鄉村社區的生態、經濟和社會的發展目標單一化，高峰的基本原則是在於「合作和尊重是建設性的，Collaboration and Respect are Constructive」。依一分享的看法 (vision)、任務 (mission)、和施行原則 (operating principles) 的發展，合作關係可提出以下可能的主題：

1. 鑑別一般的挑戰和機會
2. 奧勒崗州生物多樣性評估
3. 生態風險評估
4. 針對美國生態學會 (ESA) 及潔淨水法案 (CWA) 進行生態更新
5. 評估滯礙難行的土地條文
6. 一可實行的奧勒崗鄉村的必要條件
7. 為森林重建建立基礎結構的誘因
8. 管理森林首應專注的森林獨特保存價值

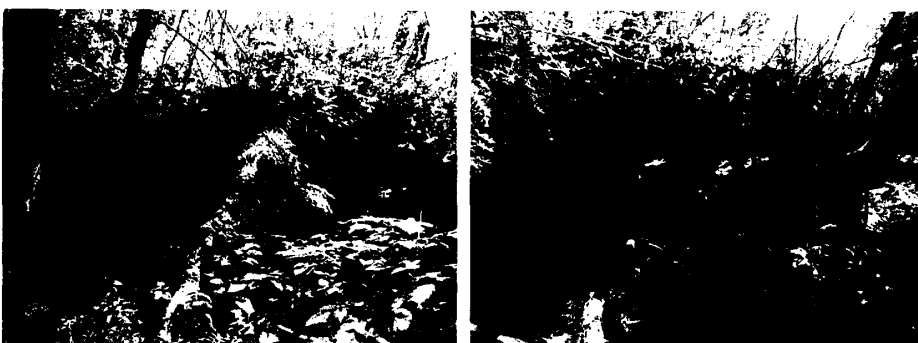
總之，失敗是起於 1) 分裂的力量存在且更惡化，即弱的團體和團體間的合作關係；2) 來自不確定森林大火的森林生態系危機；及 3) 衝突的持續，消滅一新的永續模式的可能性。成功則在於 1) 木材業、野生生物和鄉村社區能夠有共同的

興趣主題，並形成彼此贊助約定；2) 強化團體和團體間的合作關係及他們共同感興趣的生態系；3) 綜合性 (Synthesis) 以減緩極端性 (Polarization)；4) 成功的政策在於成功的聯盟 (coalition)。

第三站參觀濱水帶的復育計畫，重點在於濱水帶的野生動植物的保育價值。第四站參觀應用石灰於幼齡且疏伐的花旗松林分，檢視對於林下植被的影響。第五站參觀不同程度的地被植物保留對於皆伐跡地早期苗木生長的影响。決定早期苗木生長需要多少的地被植物保留為最適當。第五站參觀一小溪魚的復育計畫，皆伐地濱水帶保留的重要性。



塊狀皆伐並有些許的保留木留在林地的育林方式，兼顧生產與野生動物保育。



倒木不只是天然的苗床，也可提供魚和其他水生動物的重要棲息地。

四、水文的極端事件：科學和經營的挑戰

美國水文所 2002 年年會主要是集合科學家、政府官員和企業家，共同分享美國和其他國家在環境水文學 (environmental hydrology) 和水文地理學 (hydrogeology) 野外工作經驗，藉由此次研討會口頭報告和海報的展示，參與者能夠學習到科學和技術上的最新發展資訊。此次會議的主題包括有氣候變遷、

旱災和水災、溪流水溫標準和模式、瀕臨絕種物種、電力和灌溉、濱水區過程、森林和集水區概況、地下水變動、水質變動、水道地形學等。

(一) 哥倫比亞河峽谷國家風景區 (Columbia River Gorge National Scenic Area)

哥倫比亞河河水長年累月之沖刷，將兩岸切割成今日之哥倫比亞河峽谷，堅實烏黑的岩層聳立河道兩旁，甚為壯觀。哥倫比亞河源頭起自加拿大卑詩省流經華州沿著俄勒岡州界進入太平洋，全長共 1,270 英哩，上游華盛頓州境內築有無數大小水壩，並建有水力發電設備，同時提供華盛頓州東部農業地區充沛之灌溉用水。1986 年，哥倫比亞河峽谷被劃定為國家景觀區。

美國的眾多河川之間，哥倫比亞河是一條豐饒之河。河邊林木蒼鬱，也因為古代造山運動之賜，河水在許多處因為落差而蘊藏無窮無盡的水力。在河中，更是充滿了無限的生機，根據印第安人古老相傳，數百年前每當秋季鮭魚迴游時，因為魚的數量極多，本來青翠的河水會「為之盡墨」。

這樣一條豐饒之河，很難想像在廿世紀初曾經是一條死亡之河。原來，在廿世紀初，美國西北區也和許多地方一樣，遭到工業文明和產業革命的入侵。因為哥倫比亞河河畔有用之不竭的水力，又有採之不盡的森林，是以一間一間的鋼鐵廠、造紙廠如雨後春筍般地出現在豐饒大河的河畔。

隨著工業的蓬勃發展，一開始也的確為西北區帶來了莫大的財富。但是，長年累月的廢水、廢料在河中囤積，這條豐饒之河卻逐漸出現死亡的跡象。據說，當時狀況最差的時候哥倫比亞河河水的含氧量是零，河水中完全沒有生物。一條活生生的魚放進水中，不到三分鐘就會翻白肚子窒息而死。

經濟和環保的考量在現代的臺灣是一個方興未艾的話題，但是美國在工業化的這條路上，走過的足跡要比我們早上許多。早在二次大戰之前，這類型的爭議便已經浮上檯面。金錢及經濟固然重要，但是能不能留給後代子孫一個乾淨可喜的自然環境，在當時的美國也逐漸變成許多人關心的議題。

於是，有一群來自奧勒崗州的有心人士便開始大聲疾呼，運用一切方式，企圖救回這條曾在地球上豐饒千百萬年的大河。他們甚至動用了當時仍非常昂貴的彩色影片，拍攝哥倫比亞河的慘狀，送至全國各處播放。最後，終於引起了全國性的注意，經由輿論產生的絕大影響力，也促使美國國會帶動正式的立法，開始

整治這條瀕臨死亡的大河。

整治哥倫比亞河並不是件立竿見影的工程，即使有了政府的支援幫助，也是件非常勞心勞力的工作。

首先，在哥倫比亞河畔造成污染的鋼鐵廠、造紙廠，經由政府的立法，這些廠房都必須加設污水處理的設備。有些廠商財力不足，便由政府貸款添置污水處理設備，從「不再流出污水」的方式做起。

再來，經由環保人士的多方奔走遊說，設法將許多工廠遷移他處，不再污染河水。

事實上，這樣的過程非常的漫長，並不是立竿見影的事，算一算美國人總共花了三十年的歲月才將哥倫比亞河恢復舊觀。而那些當年大聲疾呼整治河川的人們，有很多在有生之年都沒能看見她再次重生。真正享受到河水甘美的，是他們的後代子孫。

現在，哥倫比亞河的河水已經恢復了往年的清澈，鮭魚也已經開始迴游，雖然仍離千百年前「河水盡墨」的盛況有相當大的差距，但看著鮭魚在河水悠游的身影，也總會讓人萌生無限美好的生命之感。

這樣的努力，究竟值不值得呢？答案絕對是肯定的，因為在這場「還給大自然美麗面貌」的戰役之後，因而帶動出的環保氣息，已經使得哥倫比亞河沿岸的奧勒崗州成為全美最著名的環保聖地。在城市中，奧勒崗州民擁有全美國最乾淨美麗的市容，在山林中，處處可見參天的古木，迴遊的鮭魚，以及全然不怕人的可愛動物。現在在哥倫比亞河的河畔只剩下為數極少的幾家造紙廠，整條大河的河水清澈如同既往，除了原先的水力及魚產之外，每逢假日還是民眾乘風帆休閒的好去處。而在上游的水壩更建造了讓鮭魚迴游的「魚梯」每年迴游的鮭魚可以順利到上游產卵。而且，奧勒崗人更有一個理想，希望有朝一日甚至連水壩都要拆除，還給鮭魚一個自然的產卵環境。這一切，當然要歸功於當年那些無怨無悔讓這條大河重生的人們。

（二）、氣候變遷

在長期氣候變遷下，對一集水區水文事件潛在影響的評估，尤其是溪流量和養分的輸出，對於確認錯綜複雜的水質改變和建立集水區將來經營的方案是相當重要的訊息。歸納此主題的重要結論如下：

1. 溪流養分輸出變動的重要性和趨勢與集水區大小及土地使用特性有明顯相關。
2. 氣候預測未來北半球因溫室效應使得地球上的溫度愈來愈高，冬天的雨量也隨之增多，此些轉變指出夏天溪流的基流量將會減少，雪水就是溪流水的重要來源，因此，溪流水來源的改變將迫使水資源的經營和政策隨之修正。
3. 氣候變遷將會影響區域的氣溫、降雨量、蒸發散量、和地表逕流。可以模式模擬未來的水文現象，以提早提出因應對策。
4. 雖然可以使用過去的觀測資料來模擬預測未來的氣候和水文現象，但有些區域溪流量變動相當大，特別是聖嬰（艾尼紐）現象所造成的改變更大，此些區域就容易造成對未來預測的嚴重錯誤。

(三)、水質變動

從 1991 年開始，美國地質調查所 (USGS) 開始著手全國水質評估 (National Water-Quality Assessment, NAWQA) 計畫，在全國超過 50 個主要的溪流體收集和分析水樣資料，目的在發展建立河川、地下水和水生生態系長期一貫和比較的資訊，以為制定良好政策和經營參考的依據。此計畫的實施是為解答以下的問題：

1. 全國河川和地下水的水質狀況如何？
2. 隨著時間演進，水質狀況如何改變？
3. 自然和人為活動又如何影響水質？

因此，研究的設計和方法是全國一致的，使能比較某一地區和全國的水質狀況。研究是長期且週期性的，使能分析水質的變化趨勢，以測定水質狀況變好或變壞。研究連結自然（土壤、地質、水文、氣候）和人為活動（污染源、土地和化學物的使用）對水質的影響，以幫助決定如何經營水資源和保護飲用水及水生生態系。USGS 的科學家和政府官員、資源經營者、工業界代表及其它有興趣的團體保持互動關係，使研究能適合決策者參考。USGS 涵括水文、地質、地球、生物、地理和統計等專長的科學家們，能夠分析河川和水生系統之間的相關性。USGS 有責任和義務提供公正的科學資訊給每個人，所以研究結果以很多不同的方式呈現，包括原始資料、報告、期刊文章、小冊子和錄影帶等。

綜觀 USGS 水質計畫的特色有 1) 長期以地區和國家的大尺度全面水資源評

估，能洞觀水質因受自然或人為的影響，時間和空間的變化。USGS 依研究主題的不同而有不同範圍的尺度，從地方一特殊河流或水體到跨越幾個管轄區域的數條河流；2) 瞭解全部的資源，包括水文循環的因子及影響這些因子的相關因素，因此 USGS 從地下水、不飽含水層、溪流、湖和水庫中取水樣，掌握地下水和地面水的相關資訊及大氣沉降對其的影響，這使得能全面評估影響水質改變的因素，並強化水資源利用、保護和復育的成效；3) 瞭解水質和生物系統之相關，USGS 提出特殊水體中較敏感的生物，如藻類、大型節肢動物、魚和水質改變的關聯性，偵測這些生物對多樣環境改變的反應，此評估能提供改良生物監測和一致的方法給水資源和環境的結果；4) 依據全面的水文因子來評估水質，如參考河川流量測定以化學和生物的資料來詮釋河川水質，參考地下水系統和特色來看地下水水質，污染和其未來對飲用水的影響會隨時間和流量及地下水流向而變化；5) 堅持實施符合國家標準統一的水質取樣和分析方法，筆者曾親自參與現場例行的溪流水的流量觀測，水溫、電導度、溶氧及 pH 的現場測定，現場 QA 及水樣的採取和保存，實驗室水樣的保存處理和運送的所有過程，所有流程都很小心謹慎，一點也不馬虎，以確保能全面比較地方或國家的水質變化趨勢；6) 低濃度化學物的偵測，通常其濃度比 EPA 公佈的標準低 10 到 1000 倍，以利早期發現污染物的來源、傳送和種類，及早訂定防治之道。

在過去 10 年其主要的研究結果及建議不同層級（地方、州、州際、全國）的人如何參考這些資料來作些政策的決定，如資源經營、飲用水及水生生態系保護等。

（四）、水質問題的挑戰

1. 大部分水質的問題來自擴散的非點源 (nonpoint) 汙染，如農業用地、都市發展、森林砍伐、及大氣等，此非點源污染源很難有效地監測、評估和控制。其每分每秒都在變化，故不若點源污染源 (point sources)，如下水道水位和工業廢水，能夠隨時監測和定量。
2. 水質問題的議題愈來愈複雜，過去 40 年，大都集中在河川和溪流水的乾淨品質上，特別是菌落數、養分、是否有足夠的氧供給在水中的魚、及一些簡單的測定，如溫度和鹽度 (salinity)。在過去 25 年，上述議題仍然很重要，但卻有新的和更複雜的議題出現。上百種的合成有機化合物，如殺蟲劑和在溶

劑及石油中的揮發性有機物，出現在我們的環境中。過去 5 年，水質實驗室的分析技術已朝向探索細菌和濾過性病毒污染、藥劑 (pharmaceuticals)、及荷爾蒙。此些項目在過去均未曾測定。因此些污染在先前沒有監測資料，使得評估其對水質和水生生態系的影響就益顯困難。

3. 評估和監測污染源及美國水資源的一般概況，受限於零碎的有效資訊，資料須要從多方的資源和研究，重新加以整合，但許多資源和研究並不是為瞭解全國性的水質特性而設計且會隨時間而變化，如水質資料型式不同、分析方法不同、時間和空間尺度不同，就呈現不一致的現象。因此，在 2000 年美國 General Accounting Office 給國會水資源和環境小組的報告，並無法確定水質問題的精確程度、自然和人為的嚴重問題及需要保護高品質水的地區。

瞭解到上述的困難點，美國國會從 1991 年同意在美國地質調查所開始著手全國水質評估 (NAWQA) 計畫，目的在提供有效的水資源經營和策略，NAWQA 提供經過嚴格品保 (QA) 和品管 (QC) 高品質可信賴的水質資料做為許多科學政策決定的依據。

(五)、農地集水區水質和非點源污染

農業用地在美國佔陸地面積超過 50%，其使用肥料、殺蟲劑、及殺草劑已降低在此區域溪流和淺層地下水的水質。以下概述一些 NAWQA 對農地集水區水質改變的重要發現例子。

氮和磷在表面水通常超過一般的水準，容易讓藻類過度繁衍。大約 80% 溪流年平均磷的濃度超過 USEPA 所規範避免惱人的植物過度在溪流生長的標準，其結果將導致低的溶氧量，不利魚類和其他水生植物的生長。

農地淺層地下水氮的濃度常常提高到超過背景值，約有 20% 淺井水氮的濃度超過 USEPA 飲用水的標準。此結果在鄉村尤其值得關心，因大部分居民使用此些未加以管理的淺層地下水和井水，他們往往不知道其井水水質如何及是否易受到污染。在石灰岩岩溶 (karst) 地區或土壤和含水層含有沙或小碎石的地方，因其快速過濾水和化學物到下游的自然特色，使得在此些地方水中氮的濃度容易提高，如在 Central Valley of California, 西北太平洋部分區域, Great Plains, 和 Mid-Atlantic。相反地，在部分中部的農地，除少部分使用大量肥料的地方，並無偵測到地下水污染的現象。這可能是因為土壤難以滲透水、排水不良的土及冰

蹟土覆蓋大部分的區域，水泥的排水管直接迅速將逕流水排放到溪流中。

農藥的散佈相當廣泛，超過 95% 的溪流，其水中至少檢測出一種農藥成分，在農業地區，超過 60% 的淺層井水，也檢測出有農藥成分，但其濃度都相當低，低於會影響人體健康的標準（此假設限於評估檢驗 USEPA 公佈的飲用水的標準成分）。

除草劑在農業用地的溪流和地下水往往高於都市用地，尤其是 atrazine, desethylatrazine, metolachlor, cyanazine, 及 alachlor 等五種農業用除草劑。農藥一般是混合成分，因此約有 2/3 農業用地的溪流水樣檢測到超過 5 種不同的農藥，1/4 超過 10 種。地下水則含較少數量的農藥，約有 30% 的地下水超過 2 種不同的農藥。

NAWQA 在農業用地的溪流和地下水偵測到農藥和養分的資料，是許多水資源經營政策決定的基本參考，例如關聯到水資源的保護策略、合法使用的農藥及養分的標準上。此外，這些資訊亦可提供地方和州決定最適經營策略。

(六)、長期監測、評估和研究以保證有效的水資源經營

USGS 已經組織出三個主要水資源經營的重點，以保證經營的成效，包括 1) 長期監測；2) 資源評估；和 3) 研究。茲說明如下：

長期監測的資料能提供保證來回答『事情是變好或變壞呢？』，水質隨時間不斷的改變，長期持續性和系統性的資料需要 1) 區別出長期的趨勢或短期的變動，自然干擾或人為的影響；2) 評估環境如何控制及策略是否有效；3) 為將來選擇最有成效的資源經營策略。

資源評估提出許多污染物發生和傳送的複雜性，這些污染物會隨時空而變化，如會隨不同的土地利用方式和不同的化學物施用、土地經營操作、集水區發展的程度、自然因子（土壤、地質、水文、氣候）等而異。甚至相似的土地利用和污染源，不同的水文和其它自然因素也可導致對污染負載力的不同，而發展出不同的水經營策略來改善水質。

研究能指出有危害的污染源（如農藥、荷爾蒙、類固醇、藥劑）、能提供新的資訊和創新的研究方向來闡釋污染主題、並能發展出有效的水文評估方法等。USGS 不斷改良技術來瞭解和模擬污染的來源和傳送，及如何影響集水區和其他水體的水質過程。並不斷開發出可信賴的模式，以不同的時間尺度、地理位置及

環境狀況來預測未來污染的程度和傳送。這些改良的模式將提供有利的利器，幫助集水區的經營者或管理者作出有效的優先管理，以確保資源永續。

(七)、個案研究：Mississippi 河流域的養分傳送

USGS 在 Mississippi 河流域的養分傳送研究，提供一很好的例子，如何使用連接長期監測的資料、評估和研究來幫助及早瞭解地方和國家水質主題的重要性。在部分 Mississippi 河流域，過量的氮已威脅到野生動植物棲息地、遊憩及飲用水的水質，原因在於人為肥料的施用，會隨著廢水和大氣沉降到溪流中。此外，下水道化及濕地的喪失，已經減少氮的自然轉變為無害的氣體（如去硝化作用的減少），使得氮在水中大量累積且無法降低氮在水中的傳送。USGS 從 1980 年開始就長期監測 Mississippi 河流域超過 40 個集水區的水質，這些資料能幫助比較不同集水區氮的輸出。

在春天，過量的氮由 Mississippi 河流到 Gulf of Mexico，形成 hypoxic 層，此缺氧層已嚴重威脅到此海灣底泥生物的存活，因它們無法逃到此海灣氧含量較豐富的地方，根據調查 hypoxic 層已比 1985 年大二倍以上

(<http://wwwrcolka.cr.usgs.gov/midconherd/hypoxia.html>)，USGS 的長期水質監測資料也證明由 Mississippi 河流到 Gulf of Mexico 的氮量已逐年增加，導因於流量的增加。如在 1980 年晚期的旱災，使得流量變得相當低，但在 1993 年的水災卻使得流量變成出奇的高，雖然此流域氮在此時期的施用並沒有增加。

除水質監測之外，USGS 也在 Mississippi 流域的小型集水區和大型河道，進行影響氮的傳送和轉變過程的研究及評估，此研究能提供幫助增加瞭解地面水流、大氣循環和不同大小的河道如何影響氮的轉換為不同型態、是否傳送到下游或直接去硝化到大氣。USGS 科學家發展出一套質量平衡的迴歸模式，稱作 SPARROW，用來幫助瞭解連接污染源和其因子如何影響下游氮的傳送

(<http://water.usgs.gov/nawqa/sparrow>)。此模式相連下游河川氮的輸出和上游氮的輸入（如肥料施用、糞便、廢水排出和大氣沉降等）和這些集水區控制氮傳送的因子，包括地景和流域特色（如土壤滲透度、河道大小及水流速度等）。研究發現，當河道變寬時，氮在河中的移動迅速降低，氮累積到鄰近的大河中，導致增加傳送養分到 Gulf of Mexico。不管長程輸送的時間，許多位於離 Gulf of Mexico 超過 2500 公里沿著 Mississippi 流域集水區的大型河川比位於離 Gulf of

Mexico 僅幾百公里的小型溪流，明顯地輸送較多的氮到入海口。此輸送到入海口的氮包括點源和非點源的來源，並非僅距離的簡單原因能解釋其來源的。

Mississippi 流域長期監測的資料、評估和研究，持續提供重要的訊息給予養分經營，此些訊息提供給州、聯邦機構及其他集水區的擁有者，以發展和評估改善水質的策略，特別是 1) 幫助降低養分由農地、都市逕流和廢水中流失；2) 指導濕地復育的成效和飛航跑道的經營，以增加去硝化作用；3) 找出那個集水區是重要的氮來源，且養分經營策略在此些集水區是否有改善的效果。

(八)、都市集水區水質和非點源污染

雖然都會區佔美國陸地面積不到 5%，且一般並不視其為非點源污染的重要來源（和農業區相較），但 NAWQA 的研究發現，經由水中和溪床沉積物污染物的發現、濁度的提高、藻類的增加、濱水區棲地的減少、生物社會生存的壓力及物種多樣性和魚類族群的減少等指標，都市區的水資源已遭受破壞。一些選擇性的痕量元素、養分、農藥及 VOCs 施用於房屋周圍、花園及一些商業和公共用地，其使用頻率和濃度常常超過一般土地設定的標準。雖然都會區仍有許多點源污染和基本改善的問題待解決，但對水質的重要改善策略，仍不可忽視非點源資源經營的影響。

(九)、污染物的傳送和移動

僅是化學物使用的追蹤和來源的鑑定並不足以有效地經營非點源污染，決策者也需要瞭解一集水區水和污染物的移動，以決定適當的經營決策和行動。

(十)、水源保護和經營的有效策略

並非所有水資源對污染的承受程度都一樣，即使有類似的土地使用方式和相同的污染源，也會有不同程度的影響及對保護和經營策略有不同的反應。NAWQA 的研究清楚地證明，自然特色（如地質、土壤和水文）和土地經營方式（如排水和灌溉系統）會影響化學物在土地和水中的移動。要有效經營非點源污染的問題，需要依針對污染承受程度來訂定目標策略，而不是針對污染源訂定相同的處理方式。結合自然特色的知識及集水區的土地利用、事件發生及化學物的傳送，可使要決定優先考慮處理的對污染敏感區域的溪流和水體變得容易些，且增加多樣水源保護策略的有效性。

溪流和地下水對污染的敏感性亦會隨季節而變化，如在美國境內許多農業

區的排水中，在春天和夏天，因化學物的施用最多，伴隨春雨、溶雪及灌溉的淋洗，會有高濃度的養分和農藥，過量的污染物亦會隨著暴雨流入溪流中。如 1996 年，在 Potomac River，當地的大型暴雨促使大量增加溪流中的養分和農藥，有時甚至超限影響到下游的海灣，如 Chesapeake Bay。在此案例中，極端的暴雨後，使部分成份濃度超過環保署所制定的飲用水標準，此資訊能幫助水源供應者，較清楚瞭解短期和季節性偶發事件所扮演影響水質的角色，能思考如何以最少的經費，儲備和供應高品質的水。

(十一)、養分濃度的提高和臨界值

美國境內許多的河川因養分濃度的提高而出現令人討厭的植物，事實上，NAWQA 的取樣發現，大約有 75% 的農地和都會區河流，磷的濃度超過 USEPA 所訂定防止令人討厭植物生長的標準。如果想歸納一國家版的優氧化影響，若方法受限於只考慮養分濃度，將使得其困難重重且過分草率。基於此，USEPA 和 USGS 及其他聯邦和州的機構，乃共同合作發展出一套策略來評估水生植物的生長，試圖瞭解河流養分動態、河流棲地（遮蔭和溫度）、濁度及藻類生長過程。NAWQA 亦和個別的州合作，訂定河川的養分標準和臨界值。

(十二)、藉由改善河流保護、復育及補救措施來使都會區的河川能夠永保其水體的健康

NAWQA 的發現指出水質及懸浮物的惡化及棲地干擾已使得在都會區河流的生物族群逐漸減少，最明顯的影響是在人口密度很高及集水區高度發展的區域。此些影響又會因暴雨、化學物使用、來自工業區非點源污染的養分、懸浮物重金屬、及有機化合物、廢水處理、汽機車廢氣排放、照顧草皮和花園及其他都會區土地活動等而加劇。森林和濕地則在維持對敏感物種的健康的水、食物及棲地的供應上扮演一重要的角色。

(十三)、國家公園水資源經營

USGS 和超過 30 個的聯邦國家公園經營區域合作，以評估水資源，此些區域試圖平衡維持原始狀態，並不因增加保留區的開發而受影響。NAWQA 的觀察、取樣及監測的結果已被應用於改善水資源的經營和保護上。如 NAWQA 在 Nevada 的盆地和山脈的調查發現，綜合性的有機化合物已在 Las Vegas 海灣底層的懸浮物上出現。經由持續的調查計畫，已為此重要的國家遊樂區，提供此些化

合物的來源及未來對人和其他野生生物影響的重要資訊。

森林集水區的水質當然會隨極端事件的發生而變化，如水災時，懸浮質的濃度和養分傳送就異常迅速，旱災時，溪水溫度就會提高，溶氧量卻降低。然而此些例行的水文極端例子的測定，高流量和低流量，只是極端事件影響水質的一小部分。另如當洪水消退時，所引來的大量有機物，會使魚因缺氧而死亡。野火會使得溪水直接暴露在太陽幅射下，乾燥氣候下，若野火發生，會增加河道的懸浮質，秋天的落葉會增加溪流的有機物，風暴會增加河道的斷木殘材，病蟲害的感染，會排泄有機質豐富的糞便到溪流中，初期生產者在秋天枯萎時會釋放大量的養分到下游，流域在溪床和地下水可能有極端的養分濃度。一般水質標準的訂定是以平均的水質狀況和能保持其最佳使用的價值來考量(自然狀況下)，然而，上述的不同極端事件常常會影響到不同的水質參數，對照水質標準就能得知水體受到自然干擾後的影響。在水質變化趨勢(pattern)的說明下，我們才能對未來的水質有較好的預測，也才能將有限的資源集中在經營主要的集水區。

一總最大的日輸入(A Total Maximum Daily Load, TMDL)，是潔淨水法案(Clean Water Act)為未達水質標準的水體所設定的過程和文件。TMDL建立一河川能維持水質標準所能承受污染物的量或輸入。如EPA在Columbia和Snake河，發展出溫度的TMDL，發現溫度在Columbia和Snake河沿岸的Washington, Oregon, Idaho州及Colville部落都超過水質的標準極限，尤其在夏天沿著TMDL計畫區內，其溫度超過更多。根據長期的溫度資料分析顯示，水壩的興建是影響水溫升高的最主要原因，另外可能的原因是氣候變遷的因素。

(十四)、濱水區過程

過去的研究已顯示濱水生態系是集水區最複雜的環境之一，在此些生態系中，水文和生物地質化學過程不只在小範圍內變化，且會和許多未曾顯現出的現象交互作用。直至今日，尚未發展出一套完整經過測試的模式，能夠用來描述此些生態系的水文和生物地質化學功能。到底定量此些複雜的自然水文和生物地質化學過程和在此系統內的交互作用，面臨什麼樣的挑戰呢？問題包括在集水區範圍內我們到底有多少能力定量濱水區的影響；能區別出空間和時間的變異到什麼樣的程度；及模式長期模擬此些生態系的變動能力等。基本上，如此複雜的生態系模式，包含無數的演繹法(algorithms)和參數。有許多實例顯示，演繹法是

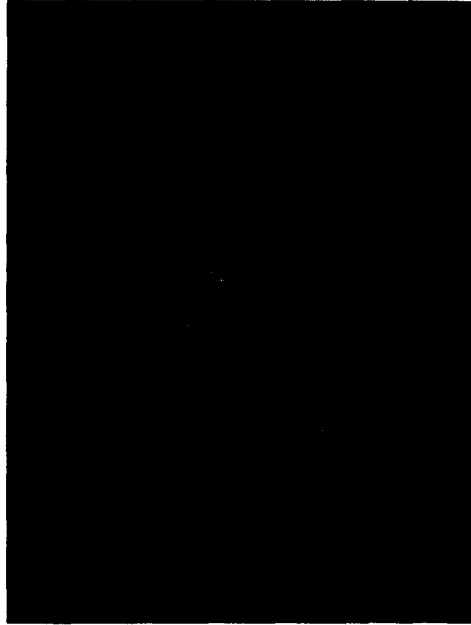
在實驗室或由土柱 (soil-score) 發展出來，然後應用到地景生態上。選擇適當的參數值就變成一重要的挑戰，此外，過多的參數會增加模式的不確定性，降低對模式所作預測的信心。資料的品質亦是決定成功模式落實和評估的重要關鍵。資料的輸入-輸出格式是否適當？或是否我們應該持續收集此些系統內部變動的測定資料呢？可用近年來新發展出的濱水生態系經營模式 (Riparian Ecosystem Management Model, REMM) 來說明濱水緩衝區的水質功能，來詮釋上述的問題。

(十五)、森林和集水區

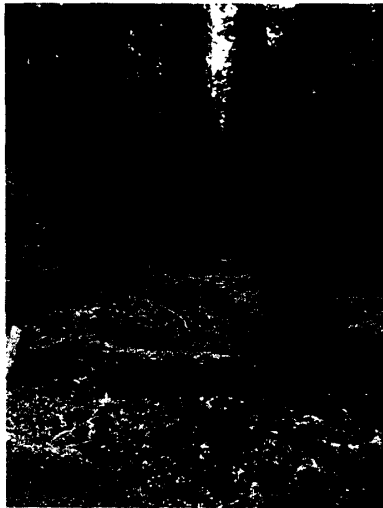
在美國，許多乾燥地方的森林，其林分密度已經過高且累積大量的燃料。全面地處理此些森林，以重建森林生態系的完整和降低不確定的森林大火發生，是相當需要的。然而，在眾多的處理方法中，如何在砍伐、機器燃料處理 (mechanical fuel treatments) 及控制焚燒 (prescribed fire) 三者上取得適當的平衡，仍常屬未知。資源經營者需要有較好的資訊來源，如有關比較替代方案的實行 (如控制焚燒和機械的火替代品) 的影響，因此，在美國現在有一連結 13 個長期研究樣區的國家網站的建立，以符合現實的需要，其經費是來自 Joint Fire Science Program 及 National Fire Plan。在各試驗樣區重複以下四種處理：1) 砍伐和機械燃料處理；2) 控制焚燒；3) 結合砍伐、機械燃料處理及限制火；4) 不處理的對照區。經由全面檢視、重覆測定一連串的核心變數，如火的行為和燃料、植生、野生動植物、昆蟲學、病理學、土壤及經濟等，來評估不同處理的影響。此試驗的設計是在各樣區能夠自行有規律地分析資料，以提供當地經營者適當的資訊，瞭解他們的作業方式對整體生態系的影響。另整合全國的資料，以分析什麼影響最為普遍，什麼影響只存在於特定的區域。

集水區評價 (Watershed assessments) 是最早發展出以評估一集水區累積影響的方法，此方法已被廣泛實行在美國的西北太平洋區，藉以檢視集水區現今和未來的狀況，有些例子更可反應出經營對集水區的影響。有些集水區評價也能提供對特定集水區的經營方法，以符合水質，漁場以及其他效益使用等。集水區評價通常包含一大範圍主題、集水區狀況的目錄和評定、技術的綜合、一控制階段的發展、及有些進行的模擬以評估假設和進度。集水區評價的方法因地制宜，但此些方法的目標不外乎要求評價的邏輯，再現性高及技術上無懈可擊。近來由 EPA 綜合不同的評價方法，發展出集水區分析和經營手冊 (the watershed analysis

and management guide)。事實上仍存在許多技術和過程上的問題，例如怎樣在綜合和聯結及實行間有一折衷。集水區評價是要引導出最適當的情況以發展出最適宜的因地策略、地區性的補救機會、及設立有效的觀測系統等。補助集水區評價是很難有報酬的，因此，過多的經費需求和政治的導向或邊際的效益，會使得其目標缺乏吸引力。有些州已將集水區評價的經驗納入其標準的森林施行法則內。



長期監測水文和水質的變動，以提供森林經營者決策的參考資料。



良好的森林覆蓋能夠提供豐沛且乾淨的水源。



參加者在 High desert museum 外，
聽取簡報



火山爆發後，天然下種更新苗



地方社區、林務署與學校研究單位共同合作計畫以防範森林大火危害居民安全



老齡林(old growth forest)是斑點梟(spotted owls)的重要棲息地

肆、結論與建議

- 一、傳統上，育林學家已經被視為能規劃地景的優秀評定者角色，但現今的育林學家已被要求超越此尺度，其評定要有一大範圍的目標（包括野生動物、商品、永續、多樣性及生態系的回復力），尺度範圍從地景到鄰近林分、集水區、主區域、副區域。且當此主題遇到自然資源的經營就變得較複雜、有爭議、及政治化。評定者角色將變為一經營的整體部分，因育林學家是森林和林地經營的核心人物，使得育林學家必須有創新、持續不懈及新穎的觀念和作法，能宏觀一大範圍時間和空間的尺度。
- 二、在此段研習期間，分享不少的專家學者有關育林和野生動植物的寶貴經驗，尤其是現場的野外工作經驗，更讓我獲益良多。尤其是研討會上，現場的討論都非常熱絡，都希望經由研討會得到更多的資訊以應用於森林的生態經營。建議臺灣亦可應用 LOGS 的疏伐作業於人工林的撫育作業，建立永久樣區的資料，強調森林經營的重要性。野生動植物的保育者，亦應平心靜氣聽聽林業人員的心聲和努力，彼此間多點互動的關係，方能建立雙贏的結果。機關間應增加彼此的互信，使有成功可行的新政策形成。育林工作者應明確知道林分經營的目的，並知道如何應用育林技術達到其目的。林業人員應在林分的建造階段，實際多到現場觀察，以預測未來可能的結果，而不只是經由資料的分析來預測。
- 三、古印第安人的傳說中，河川是「天神最鍾愛的銀色腰帶」。參觀過哥倫比亞河後，在我心中想起的，卻是在臺灣大地上蒙塵的那幾條「銀色腰帶」。千百年前，我們的大地之上，也一樣有著許多「銀色腰帶」在美麗婆娑之島上盤桓奔流。但是，隨著工業化步伐的起飛，這些河川已經逐漸蒙塵，有些逐漸污染變色，有些則永遠在大地上失去了蹤影，日後我們的子孫，就只能在紙上憑吊它們的光榮過去。美國曾經含氧量為零的死亡之河仍能恢復舊觀，難道我們的淡水河、濁水溪、愛河就不行嗎？曾經，在美國的西北大地上有一條長河由死裡復生，而現在兒童們已經又能在這條大河上戲水遊玩。在我們的心中，也有一個美麗的梦想，希望經由我們的努力，千百年後，我們的後代子孫也一樣能在淡水河、愛河、大漢溪、濁水溪中掬飲一瓢清澈甘甜的大

地之水。

- 四、大部分水質的問題來自擴散的非點源 (nonpoint) 汙染，如農業用地、都市發展、森林砍伐、及大氣等，此非點源污染源很難有效地監測、評估和控制。其每分每秒都在變化，故不若點源污染源 (point sources)，如下水道水位和工業廢水，能夠隨時監測和定量。
- 五、水質問題的議題愈來愈複雜，過去 40 年，大都集中在河川和溪流水的乾淨品質上，特別是菌落數、養分、是否有足夠的氧供給在水中的魚、及一些簡單的測定，如溫度和鹽度。在過去 25 年，上述議題仍然很重要，但卻有新的和更複雜的議題出現。上百種的合成有機化合物，如殺蟲劑和在溶劑和石油的揮發性有機物，出現在我們的環境中。過去 5 年，水質實驗室的分析技術已朝向探索細菌和濾過性病毒汙染、藥劑 (pharmaceuticals)、及荷爾蒙等，這些在過去未曾測定的項目，有關此方面的研究報告，並榮登美國 2002 年的 100 大科學性的故事之一。因此些汙染在先前沒有監測資料，使得評估其對水質和水生生態系的影響就益顯困難。在人口如此稠密的台灣，此些問題的嚴重性一定不亞於美國，故及早規劃統一、長期的全國水質監測系統，實乃刻不容緩的任務。
- 六、評估和監測污染源及美國水資源的一般概況，受限於零碎的有效資訊，資料須要從多方的資料和研究，重新加以整合，但許多資料和研究並不是為瞭解全國性的水質特性而設計且水質是會隨時間而變化，如水質資料型式不同、分析方法不同、時間和空間尺度不同，就呈現不一致的現象。因此，在 2000 年美國 General Accounting Office 給國會水資源和環境小組的報告，並無法確定水質問題的精確程度、自然和人為的嚴重問題及需要保護高品質水的地區。上述的問題，一樣存在於臺灣的水質監測報告上，我們應該警覺此問題未來的嚴重性，規劃提出因應之策略。
- 七、應長期以地區和國家的大尺度來進行全面水資源評估，方能洞觀水質因受自然或人為的影響，時間和空間的變化。
- 八、瞭解全部的資源，包括水文循環的因子及影響此些因子的相關因素，才能強化水資源利用、保護和復育的成效。
- 九、瞭解水質和生物系統相關，可提出特殊水體中較敏感的生物，如藻類、大型

節肢動物、魚和水質改變的關聯性，偵測這些生物對多樣環境改變的反應，此評估能提供改良生物監測和一致的方法給水資源和環境的結果。

十、依據全面的水文因子來評估水質，如參考河川流量測定以化學和生物的資料來詮釋河川水質，參考地下水流系統和特色來看地下水水質，污染物和其未來對飲用水的影響會隨時間和流量及地下水流向而變化。

十一、實施符合國家標準統一的水質取樣和分析方法，並有專門的訓練機構，以確保能全面比較各地方或國家的水質變化趨勢。

十二、低濃度有機化學物的偵測，以利早期發現污染物的來源、傳送和種類，及早訂定防治之道。

十三、生物多樣性在森林計畫和經營的角色

在美國設有國家永續林業科學委員會（National Commission on Science for Sustainable Forestry, NCSSF），以結果導向來提供實務資訊和目標給予林業經營者、從業者和政策制定者，主要任務在改善美國於永續林業發展，實行和評估的科學基礎。NCSSF 現今強調在發展改進未來五年永續林業真正實施的知識和方法，故其要先行檢視經營林地的需要。

永續林業和生物多樣性保育現今往前推展所遭遇到的問題包括：

1. 嚴重欠缺對科學的瞭解
2. 無法充分有效使研究結果轉變為有用的資訊
3. 缺乏對過程測定和評估的方法
4. 研究者和從業者無法充分溝通

NCSSF 的每年例行工作就針對以上問題提出意見，集合相關人士，進行協調、溝通、和評估 NCSSF 科學計畫。其有三層目標，首先，舉辦一公聽會，思考委員會在生物多樣性和森林經營的焦點主題，第二，委員會針對其活動、研究行事曆及研究結果進行公眾溝通協調，第三，提供各種個人和團體直接意見回饋和對話的機會。

森林經營大概不脫離以下四範疇：

1. 高保育價值森林經營，重點在生物多樣性和複雜性
2. 高產量價值森林經營，重點在生產木材纖維
3. 多目標價值森林經營，如國家公園

4. 都市林和小塊森林 (woodlands) 之經營

但每一範疇都應在生物多樣性保育扮演一角色。

十四、對生物多樣性現有瞭解的盲點包括

(一) 物種

1. 定義和優先考慮物種的主要復育需要
2. 瞭解昆蟲作為決定生物多樣性要件的主要功能群和角色
3. 如何避免入侵外來種造成問題
4. 對非木材的森林產品投入更多的工作
5. 主要物種根據它們的功能來定義指標以利鑑定者

(二) 生態系

1. 瞭解地面上生物多樣性和生態系運作的相關性
2. 對多元價值森林的生物多樣性應有更深一層的瞭解
3. 對都市森林的生物多樣性應有更深一層的瞭解
4. 發展出對復育有較好參考價值的系統
5. 測驗對自然有深入瞭解的假說
6. 調查時間的延宕可能會遮蓋我們對原因和結果的瞭解
7. 需要較多特殊地區生物的資訊
8. 對生物多樣性和干擾之間的關係應有更深一層的瞭解
9. 未經營天然林地對短期的森林火災干擾的長期和短期的好處和壞處

(三) 地景

1. 以地景比較不同經營作業對生物多樣性的影響
2. 對氣候變遷及其對物種遷移可能的影響應有更深一層的瞭解
3. 發展出地景階層所需和不需的模式

(四) 經營願景

1. 什麼是永續森林及其應被定義在什麼時間架構上 (timeframe) ?
2. 改變育林目標的影響是什麼?
3. 如何測定和傳達永續森林作業的好處?
4. 聯結不同生物多樣性的要素到永續森林經營的不同要素
5. 發展出同時具地質、生態和尺度敏感的指標

6. 很清楚知道對未來如何經營
7. 如何能較好地實行我們已經知道該作的事

(五) 人的尺度

1. 以生物多樣性保存的社會和政治的觀點架構出較清楚地問題
2. 如何在未知世界作出需要的決定
3. 認可在社會和政治研究裡面的人類多樣性
5. 對經濟和市場力量對森林經營實務的聯結應有更深一層的瞭解

十五、如何解決上述盲點

- (一) 調查資訊交換的課程表，強調藉由上課的學習活動和文獻的搜尋來綜合現有的知識
- (二) 由長期努力搜集的資料得到幫助並給予加油打氣
- (三) 回顧過往的研究
- (四) 發展不同年齡層的訓練課程
- (五) 全面檢視永續林業實務執行的經濟研究
- (六) 能對已完成的研究和經營實務間為什麼無法配合有較好的瞭解
- (七) 研究推廣服務和其他溝通系統的加強

永續森林經營已經討論二十年，但為什麼仍然無法有許多觀念上的突破或解決的辦法呢？有太多複雜的因素，包括宇宙目的和圓形的專業術語

(teleological and circular terminology)、一地區的精神狀態 (a zoning mentality)、結合傲慢與過度謙恭的相互矛盾 (combination of hubris and excess humility)。「永續」和「生物多樣性」名詞不可能得到所有人的認同，因此，我們應專注在我們能操作和測定的特殊指標上。我們應建立全民的過程 (civil processes)，透過有效率的領導和社會目標得到好的結果，確認永續森林實務和生物多樣性保育需求調查在此過程和領導上。我們應奮鬥而不是只想贏，不該只注重生物多樣性而忽略永續森林的其他要素。

Stream Water Chemistry of Guandaushi forest Ecosystem Impacted by the Powerful
1999 Chi-Chi Earthquake

Bor-Hung Sheu¹, Chung-Pin Liu²

[Abstract]

A powerful 7.3 magnitude earthquake struck Taiwan on September 21, 1999. The stream water chemistry (pH, total alkalinity, conductivity, sodium, potassium, calcium, magnesium, ammonium, fluoride, chloride, sulfate, and nitrate,) has been monitored since 1995 at Guandaushi forestry riparian zone in central Taiwan. Those data were used as a basis for comparison of pre- and post-earthquake impacts. The pH, conductivity and concentrations of Na, Ca, Mg, SO₄, and HCO₃ in streamwater were lowest during the summer season, which streamwater discharge was highest. On the other hand, the lowest concentrations of Cl, NH₄, and NO₃ in streamwater occurred in the winter season, when streamwater discharge was lowest. As K and F, they showed very little seasonal fluctuation in concentration. Downward trends in K and Ca were found 14 months earlier before the earthquake, however, an upward trend occurred in NH₄ at the same time.

Key Words: earthquake, water chemistry, stream water

¹ Department of Forestry, National Chung Hsing University. Taichung 402, Taiwan

² Division of Watershed Management, Taiwan Forest Research Institute. 53 Nanhai Rd., Taipei 100, Taiwan

Introduction

Research on stream water chemistry has given increased attention in recent years to the analysis of watershed processes that define the overall supply and availability of mineral elements to streams. However, stream water chemistry is altered along various hydrologic pathways from uplands to streams is increasingly recognized as critical to understanding stream biogeochemistry (Hill, 2000). Water chemistry in natural systems is regulated by a complex suite of processes such as the geochemical weathering reactions of minerals derived from bedrock. On the other hand, flow in most streams is dominated by ground water inputs. Therefore, the baseline chemistry and hydrology of streams is a function of processes that occurred as precipitation percolated through soil horizons and moved along ground water flow paths. Even during storms when stream discharge is greatly elevated, the majority of water in stream channels is typically recently discharged ground water displaced from soils and bedrock by incoming precipitation (Near et al., 1992; Ogunkoya and Jenkins, 1993; Buttle, 1994).

Depending on catchments characteristic, precipitation takes different routes from upland to stream ecosystems, and these different flow paths influence material fluxes entering stream corridors (Fisher, et al., 1998). In forested with deep, well-drained soils, precipitation percolates below rooting depth and does not again interact with vegetation until reaching the riparian zone. When soils are shallow, vegetation throughout the catchments may intercept ground water nutrients. A number of studies have shown that riparian processes (Peterjohn and Correll, 1984; Lowrance, 1992; Hill, 1996). On the other hand, relationship between stream water nutrient and natural disturbances (like typhoon and earthquake) most likely vary with scale and depend upon surrounding soil, geology, vegetation, and climate. In contrast to the large number of detailed studies on the rule of nutrient interception by riparian forests, little attention has been given to the natural disturbance on the nutrient dynamics of these forests at the large watershed area. While some studies have stressed the important of landscape position (Brinson, 1993; Haycock, 1993; Chang, 2000), few have included this variable in water quality studies.

In 1994, the National Science Council of Taiwan supported Guandaushi Experimental Forest to begin long-term ecosystem researches with hydrology, climate,

diverse vegetation and animal, nutrient cycling *etc.* A major research objective was to provide a more comprehensive database against which the effects of global change and other issues might be better quantified.

In 1999, a powerful 7.3 magnitude earthquake struck Taiwan. The earthquake created permanent physiographic changes to over 11,297 ha of forest watershed (nearly 0.3% of the island's land area) in central Taiwan. In this long-term research site, much of this landscape was contorted and displaced by soil subsidence by soil liquefaction and massive landslides. This paper will report the effects of Powerful 1999 Earthquake on stream water chemistry in this area.

Study area

This study was carried out in the Guandaushi Forest, central Taiwan (Fig. 1). The site is located at a 47-ha watershed with elevations ranging from 1100 to 1700 m. The mean annual temperature is about 25 °C and the annual rainfall is about 2700 mm with distinct rainy and dry seasons. Typhoons occur occasionally between June and September and bring a high intensity of precipitation and disturbance to the site. The site is a typical subtropical mixed-hardwood forest in central Taiwan, which is characterized by steep topographies, abundant riparian ferns, virgin hardwood forests, and abundant epiphytes. The forests on the ridges have been cut and planted with China-fir. The hardwood forests are the typical Lauro-Fagaceae association of Taiwan. Lauracea (15 species) and Fagaceae (14 species) are the major families in this study area and they occupy 4.60% and 4.29% of the total forest composition, respectively (Lu and Ou, 1996).

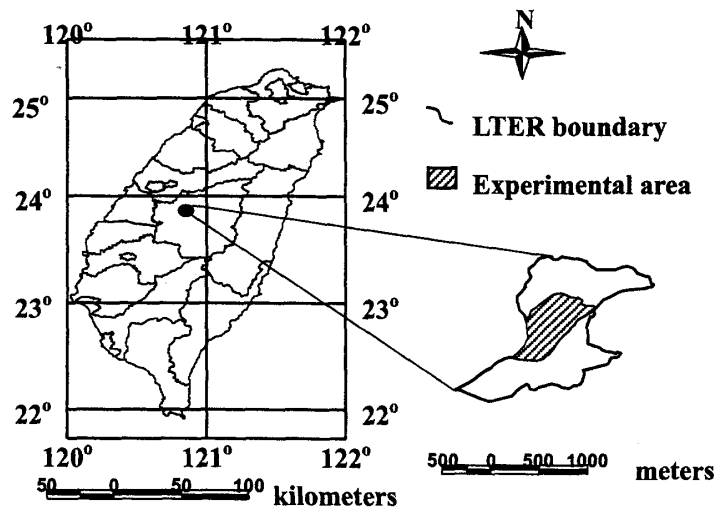


Fig.1 Study site, located at the Guandaushi Forest, a long-term ecological research (LTER) experimental area, in central Taiwan.

At midnight of September 21, 1999, a powerful 7.3 magnitude earthquake struck this area. The earthquake created permanent physiographic changes to over 11,297 ha of forest watersheds (nearly 0.31 % the Taiwan island's land area) in central Taiwan. Much of this landscape was contorted and displaced by soil subsidence caused by soil liquefaction and massive landslides. Torrential rains that are common to this area triggered mudslides and boulder-dominated debris flows that are still actively reshaping the geomorphology of many river systems.

Sample Collection and Chemical Analyses

The stream sampling was designed to represent average annual concentrations of dissolved constituents in base flow. Stream water samples were grab-sampled from one routinely monitored point. As a rule, sampling was performed on a day without rainfall and under predominantly base flow conditions. In this paper, the sampling period was from January 1995 to December 2000. However, we did not collect water samples for 5 months after 1999 earthquake because of no water in the stream during the period. Samples were taken in polyethylene bottles that were cleaned with chromic acid cleaning solution, rinsed with distilled water, and then rinsed in the

stream several times.

The pH and conductivity of samples were determined on unfiltered samples within a few days after arrival at the laboratory. pH was determined by a glass electrode (Metrohm 691, Swiss). Electrical conductivity was determined by a conductivity meter (WTW LF 340, Germany). Solute concentrations were measured after water samples were passed through 0.45 μ m pore size Millipore filters. Concentrations of Na, K, Ca, Mg, NH₄, F, Cl, NO₃, and SO₄ were determined by ion chromatography (DX-100, USA). Alkalinity (HCO₃) was measured by titration with 0.005 N H₂SO₄ solution to pH 4.52 (APHA, 1995). Total nitrogen was determined by Kjeldahl method.

Results and Discussion

Fig. 2. were the trends in precipitation, discharge and air temperature as time series from 1995 to 1999 in the long-term study site. The period precipitation was lowest in winter and highest in summer. Monthly discharge pattern also followed precipitation. As to air temperature, July was significantly warmest and December and February were coolest. There were no special climate changes before September 21, 1999, which happened a powerful 7.3 magnitude earthquake.

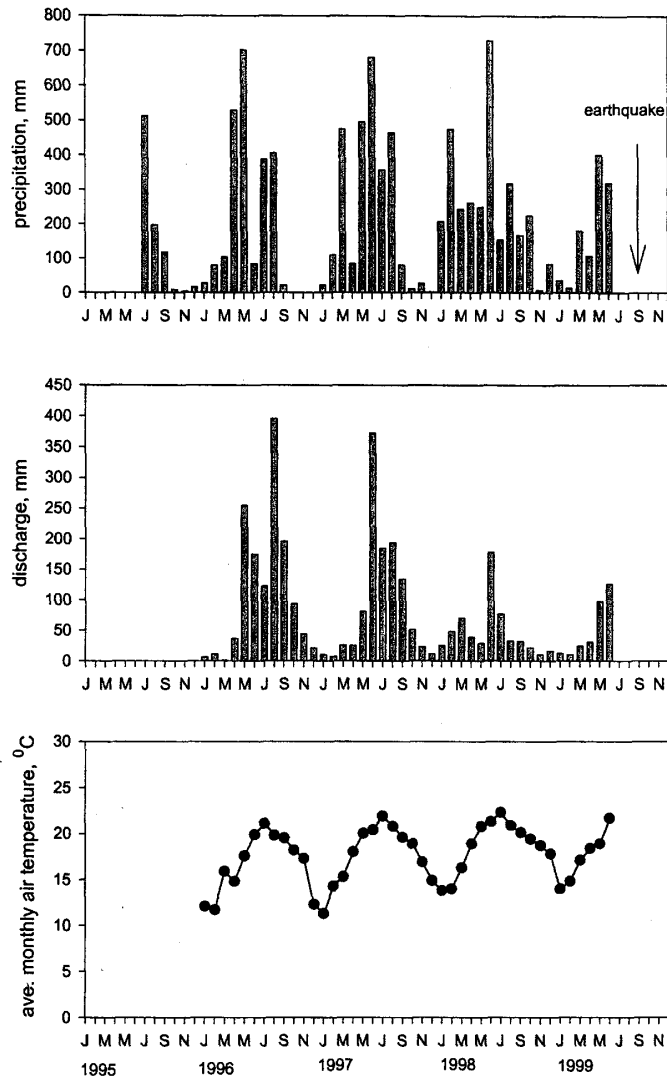


Fig. 2. Monthly variation in precipitation, stream discharge and air temperature for the LTER site.

The period of record used for the analysis of temporal trends was water years 1995 through 2000. The analysis does not include data from October 1999 to April 2000 because there was no water in the stream after the September 1999 earthquake for the period. The measurements of chemistry variables from different sampling dates

were averaged for months. The dynamics of month trends of precipitation and chemistry variables were presented in Fig. 3.

The pH, conductivity and concentrations of Na, Ca, Mg, SO₄, and HCO₃ in streamwater were lowest during the summer season, which streamwater discharge was highest. The regular seasonal pattern in streamflow, despite the fairly even distribution of rainfall, with even more rain in summer (from May to August) pointed to the strong control of discharge on the ion concentrations. Changes in streamwater chemistry at high discharge were explained by dilution of water derived from groundwater sources or the B/C horizon, either with laterally flowing water from the upper soil horizons, or with precipitation. Billett and Cresser (1996) reported that changes in the relative proportions of Na:Ca:Mg in streamwater during storms suggested that precipitation chemistry may play a greater role than hitherto suggested in modifying solute chemistry during periods of high flow. Much of this temporal variation in streamwater chemistry is attributed to seasonal variation in residence times of soil water (Phillips and Stewart, 1990).

The lowest concentrations of Cl, NH₄, and NO₃ in streamwater occurred in the winter season, when streamwater discharge was lowest. The fluctuation in streamwater chemistry is related to precipitation fluctuation and probably the main reason for those patterns is the importance and characteristics of dry season in the area. As K, it showed very little seasonal fluctuation in concentration.

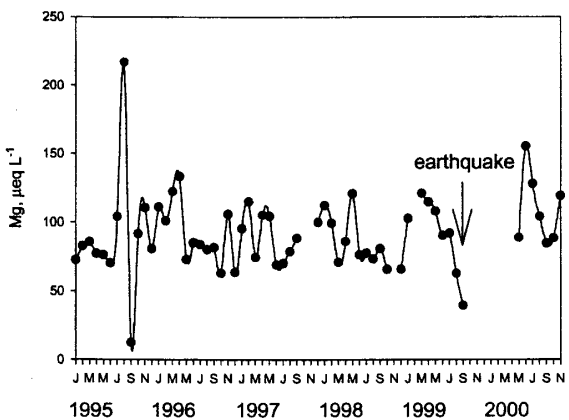
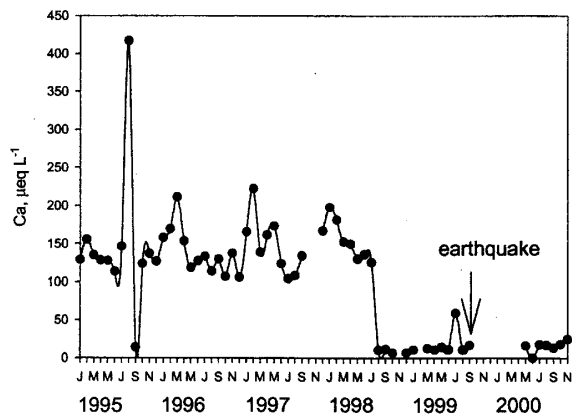
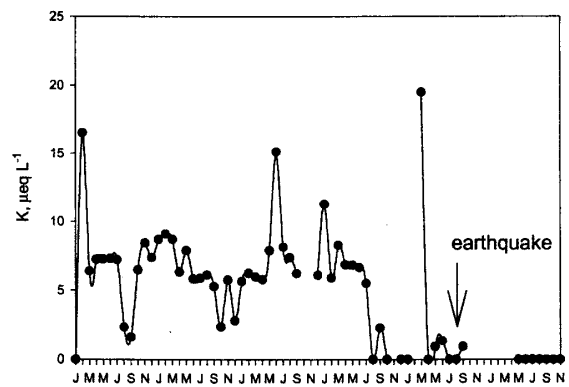
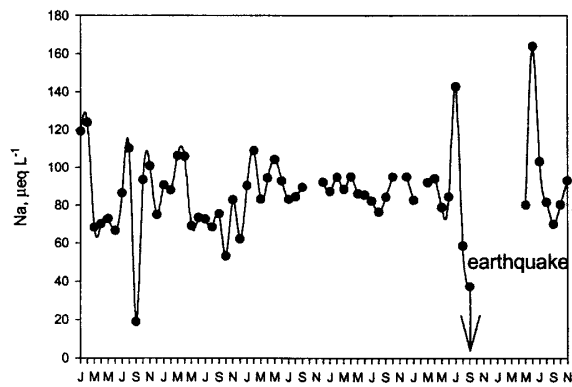
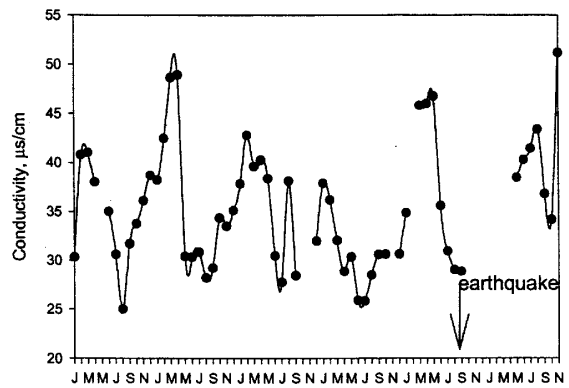
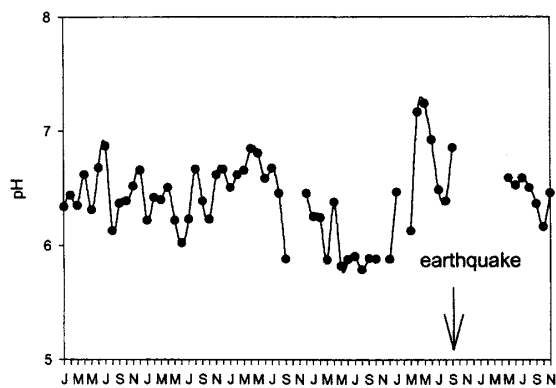
In general, the measured streamwater concentrations of most dissolved substances vary within a narrow range (less than a factor of two), even though discharge of water may fluctuate over four orders of magnitude during an annual cycle (Fisher and Likens, 1973; Johnson *et al.*, 1969; Likens *et al.*, 1967). This is particularly true for Mg, SO₄, Cl, and Ca concentrations. Na concentration may be diluted up to three fold during periods of high streamflow.

The chemistry of forested watershed stream water is affected by biogeochemical processes and factors in forested watersheds. Various papers have studied water chemistry in stream waters (e.g. Foster *et al.*, 1989; Rice and Bricker, 1995; Billett and Cresser, 1996; Hornbeck *et al.*, 1997; Ohrui and Mitchell, 1998; Nakagawa and Iwatsubo, 2000). Rice and Bricker (1995) observed that there are strong seasonal

cycles in the streamwater chemistry of the two catchments on the Catoctin Formation resulted from seasonal hydrological processes superimposed on geologically controlled groundwater compositions. In the streams where concentrations of SO_4 and divalent cations were low, alkalinity was closely related to Na reflecting production by weathering (Nakagawa and Iwatsubo, 2000). Ohruai and Mitchell (1998) suggested that temporal variations of solute concentrations in twenty-five stream waters within a small region in Japan were related to stream discharge rates: during high flow, Ca and NO_3 concentrations increased, while Na, HCO_3 , and SiO_2 concentrations decreased.

As to the effect of earthquake on streamwater chemistry, downward trends in K and Ca were found 14 months earlier before the earthquake, however, an upward trend occurred in NH_4 at the same time. Trends in concentration data can be caused by data collection and analysis techniques as well as by environmental factors, which are hydrologic and flow paths and geomorphology.

Large increase of NH_4 was not associated with decreases in NO_3 in the stream, indicating no reduced nitrification. Ammonia is a nitrogen-containing substance, which may indicate, recently decomposed plant or animal material, which breakdown of organic matter into small parts. Ammonia can also bind to cation exchange sites on streambed sediment (Triska et al., 1990). Adsorbed (exchangeable) ammonia is important as a source of ammonia to the overlying water and as a sink for ammonia produced from DON mineralization (Acosta-Nassar et al., 1994). In some riparian zones, stream cation dynamics may be influenced by the mixing of event water and ground water, as well as by interactions with riparian substrates during storms. Increased stream flow during summer and autumn storms in Glen Major swamp was associated with declines in Ca, Mg, and Na concentrations, whereas K concentration often remained constant or increased (Hill, 1993b). On the other hand, ground water influences stream functioning by affecting water temperature, which in turn influences rates of many processes (Ward and Stanford, 1982; White et al., 1987). In these monitoring data indicated that the ground temperature increased before earthquake resulting in increasing mineralization and declining ammonium adsorption, therefore, the concentration of NH_4 became very high but cation, except Na and Mg, declined rapidly to very low levels.



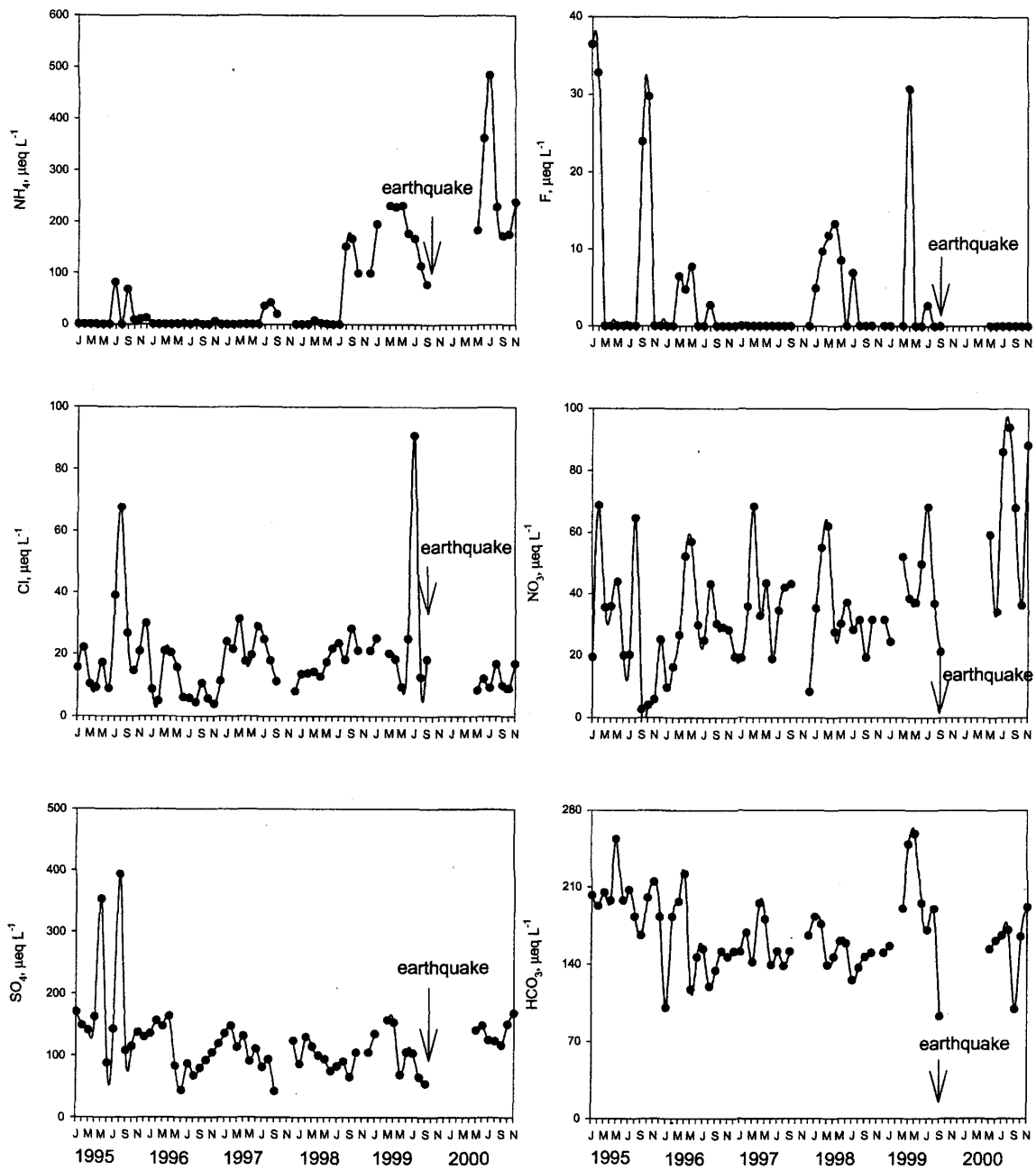


Fig. 3. Average monthly stream pH and nutrient concentration

Fig. 3. Average monthly stream nutrient concentration (continued)

Forest soils contain large organic C and N pools. Small Changes in soil temperature or moisture can significantly alter C and N mineralization rates (Binkley et al., 1994; Stottlemeyer et al., 1998), above- and below-ground C:N ratios, and the ecosystem's status as a C source or sink (Illeris and Jonasson, 1999). In some ecosystems, seasonal variation in forest floor N cycling, in response to soil temperature and moisture, appears related to stream water inorganic N discharge (Stottlemeyer and Toczydowski, 1999). Other recent research suggested the soils component might be most important in determining how an ecosystem responds to global change (Zak et al., 1994; Kendall et al., 1995). Even in simple but highly stressed environments as alpine talus, small amounts of soil can dominate ecosystem nutrient budgets (Campbell et al., 1995). Ecosystem potentially may be sensitive NH_4 , which can alter biomass and biodiversity (Tilman et al., 1997).

Helsel (1993) states "trend is not a static phenomenon." As the period of record used in the analysis changes, the result of the trend can change. Continued investigations of nutrient concentrations in this area will assist in determining the importance of natural portent on forecasting earthquake.

Acknowledgements

This research was funded in part by the National Science Council of the Republic of China (grant # NSC 89-2316-B-054-002, NSC 89-2621-B-005-014 and NSC 90-2313-B-054-018).

References

- Acosta-Nassar, M.V., Morell, J.M., Corredor, J.E. 1994. The nitrogen budget of a tropical semi-intensive freshwater fish culture pond. *Journal of World Aquatic Association* 25: 261-270.
- APHA 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. A.D. Eaton, L.S. Clesceri, and A.E. Greenberg, Eds. 19th edition. United Book Press, Baltimore, MD.
- Billett, M. F., Cresser, M. S. 1996. Evaluation of the use of soil ion exchange

- properties for predicting streamwater chemistry in upland catchments. *Journal of Hydrology (Amsterdam)* 186: 375-394.
- Brinson, M.M. 1993. Changes in the functioning of wetlands along environmental gradients. *Wetlands* 13(2): 65-74.
- Buttle, J.M. 1994. Isotope hydrograph separations and rapid delivery of pre-event water from drainage basins. *Progress in Physical Geography* 18: 16-41.
- Chang, S.C. 2000. The Survey and Designation of Potentially Landslide Hazardous Settlements after Chi-Chi Earthquake. *Proceedings of the 2nd National conference (2000) on landslide stabilization and Disaster Prevention Research in Taiwan.* 330 pp.
- Fisher, S.G., Grimm, N.B., Marti, E., Holmes, R.M., Jones, J.B., 1998. Material spiraling in stream corridors: A telescoping ecosystem model. *Ecosystems* 1: 19-34.
- Fisher, S.G., Likens, G.E. 1973. Energy flow in Bear Brook, New Hampshire: an integrative approach to stream ecosystem metabolism. *Ecol. Monogr.* 43: 421-439.
- Foster, N.W., Nicolson, J.A., Hazlett, P.W. 1989. Temporal variation in nitrate and cations in drainage waters from a deciduous forest. *J. Environ. Qual.* 18: 238-244.
- Haycock, N.E., Pinay, G., Walker, C. 1993. Nitrogen retention in river corridors: European perspective. *Ambio* 22(6): 340-346.
- Hill, A.R. 1993b. Base cation chemistry of storm runoff in a forested headwater wetland. *Water Resources Research* 29: 2663-2673.
- Hill, A.R. 1996. Nitrate removal in stream riparian zones. *Journal of environmental Quality* 25: 743-755.
- Hill, A.R. 2000. Stream chemistry and riparian zones. In "Streams and Ground Waters" (Jones, J.B. and Mulholland, P.J. eds.), pp. 83-107. Academic Press, California.
- Hornbeck, J. W., Bailey, S. W., Buso, D. C., Shanley, J. B. 1997. Streamwater chemistry and nutrient budgets for forested watersheds in New England: variability and management implications. *Forest Ecology and Management* 93:73-89.
- Johnson, N.M., Lokens, G.E., Bormann, F.H., Fisher, D.W., Pierce, R.S. 1969. A

- working model for the variation in streamwater chemistry at the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. *Water Resources Res.* 5: 1353-1363.
- Likens, G.E., Bormann, F.H., Johnson, N.M., Pierce, R.S. 1967. The calcium, magnesium, potassium and sodium budgets for a small forested ecosystem. *Ecology* 48: 772-785.
- Lowrance, R. 1992. Ground water nitrate and denitrification in a coastal plain riparian forest. *Journal of Environmental Quality* 21: 401-405.
- Nakagawa, Y., Iwatsubo, G. 2000. Water chemistry in a number of mountainous streams of east Asia. *Journal of Hydrology* 240: 118-130.
- Neal, C., Neal, M., Warrington, A., Avila, A., Pioñl, J. Roda, F. 1992. Stable hydrogen and oxygen isotope studies of rainfall and stream waters fro two contrasting helm oak areas of Catalonia, northeastern Spain. *Journal of Hydrology* 140: 163-178
- Ogunkoya, O., Jenkins, A. 1993. Analysis of storm hydrograph flow pathways using a three-component hydrograph separation model. *Journal of Hydrology* 142: 71-88.
- Ohroi, K., Mitchell, M.J. 1998. Stream water chemistry in Japanese forested watershed and its variability on a small regional scale. *Water Resour. Res.* 34: 1553-1561.
- Peterjohn, W.T., Correll, D.L. 1984. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: Observation on the role of a riparian forest. *Ecology* 65: 1466-1475.
- Phillips, R. A., Stewart, K. M. 1990. Longitudinal and seasonal water chemistry variations in a northern Appalachian stream. *Water Resources Bulletin* 26: 489-498.
- Rice, K. C., Bricker, O. P. 1995. Seasonal cycles of dissolved constituents in streamwater in two forested catchments in the mid-Atlantic region of the eastern USA. *Journal of Hydrology (Amsterdam)* : 170:137-158.
- Triska, F.J., Duff, J.H., Avanzino, R.J. 1990. Influence of exchange flow between the channel and hypohetic zone on NO₃ production in a small mountain stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11: 2099-2111.
- Triska, F.J., Duff, J.H., Avanzino, R.J. 1993. The role of water exchange between a stream channel and its hypohetic zone in nitrogen cycling at the

- terrestrial-aquatic interface. *Hydrobiologia* 251: 167-184.
- Ward, J., Stanford, J.A. 1982. Thermal responses in the evolutionary ecology of aquatic insects. *Annual Review of Entomology* 27: 97-117.
- White, D.S., Elzinga, C.H., Hendricks, S.P. 1987. Temperature patterns within the hypohetic zone of a northern Michigan river. *Journal of the North American Benthological Society* 6: 85-91.
- White, D.S., Elzinga, C.H., Hendricks, S.P. 1987. Temperature patterns within the hypohetic zone of a northern Michigan river. *Journal of the North American Benthological Society* 6: 85-91.