

# 研習「生物資源調查及資料庫建置技術」

| 目 錄   | 頁次 |
|---|----|
| 提 要 .....   | 2  |
| 壹、摘要 .....  | 3  |
| 貳、前言 .....  | 4  |
| 參、研習行程表 .....   | 5  |
| 肆、研習內容  |    |
| 一、聖海倫火山紀念區 .....  | 6  |
| 二、Rainier 山國家公園 .....   | 7  |
| 三、Hood 山國家森林 .....  | 8  |
| 四、哥倫比亞峽谷國家風景區 .....   | 10 |
| 五、奧勒崗州立大學（林務署西北太平洋研究站 Corvallis<br>森林科學實驗室，地質調查署森林及牧場生態科學中心<br>FRESC，奧勒崗州立大學森林學院） ..... | 12 |
| 六、美國林務署太平洋西北區研究站 .....  | 19 |
| 七、世界森林中心 .....  | 22 |
| 八、洛磯山國家公園 .....   | 24 |
| 九、美洲大陸中區生態科學中心 .....  | 25 |
| 十、美國林務署調查與監測研究所 .....   | 26 |
| 十一、生物資源資訊中心 .....   | 34 |
| 十二、密蘇里植物園 .....   | 36 |
| 十三、植物保育中心 .....   | 38 |
| 十四、Shenandoah 國家公園 .....  | 40 |
| 十五、美國地質調查署 .....  | 41 |
| 十六、美國林務署 .....  | 48 |
| 伍、心得與建議 .....   | 50 |
| 附錄一：訪問名單（依訪談順序排列） .....   | 64 |
| 附錄二：研習活動照片 .....  | 73 |
| 附錄三：台灣生物資源資料庫建置簡介 .....   | 87 |

## 提 要

出國報告名稱：赴美研習國家生物資源資料庫管理與分析

| <u>出國計畫主辦機關</u> | <u>聯絡人</u> | <u>電 話</u>  |
|-----------------|------------|-------------|
| 中華民國環境綠化協會      | 魯 丁 慧      | 02-23676616 |

| <u>出國人員姓名</u> | <u>服務機關</u> | <u>單位</u> | <u>職稱</u> | <u>電 話</u>  |
|---------------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| 陳明義           | 國立中興大學      | 植物學系      | 教授        | 04-22851333 |
| 劉和義           | 國立中山大學      | 生物科學系     | 副教授       | 07-5253699  |
| 邱祈榮           | 國立台灣大學      | 森林學系      | 助理教授      | 02-23697658 |
| 紀麗美           | 行政院農委會林務局   | 企劃組       | 技 正       | 02-23515441 |
| 邱立文           | 行政院農委會林務局   | 企劃組       | 課 長       | 02-23515441 |
| 陳希文           | 行政院農委會林務局   | 企劃組       | 技 士       | 02-23515441 |
| 魯 丁 慧         | 中華民國環境綠化協會  |           | 秘書長       | 02-23676616 |

出國類別： 1.考察 2.進修 3.研究 4.實習 5.其他

內容摘要：

為瞭解及吸取先進國家的生物資源資料庫之管理分析能力，農業委員會「台灣生物資料庫中心」的人員及專家學者共七人，於七月一日至十九日赴美參訪相關之機構。參訪單位的資料庫系統都有明確定位，並以跨機構合作及網際網路來整合不同機構之間的異質性資料庫；且在資料查詢方面完全開放，而發揮其最大功能。沿途並參訪森林生態系經營及自然保育等相關業務（生態地理學應用、森林調查與分析系統、森林健康監測、森林生態系經營評估準則與指標計畫、棲地模式評估、溪流資源保育、干擾地監測、稀有植物物種保育及長期生態研究等）。建議未來可選派種子教官以較長時期赴美研習，並透過中美合作計劃來提昇本國相關業務之效能。

## 壹、摘要

台灣因其特殊之地形及氣候環境，蘊育豐富且多樣性之生物資源，此為我國未來生技產業永續發展之後盾。行政院農業委員會特於民國八十八年成立「台灣生物資料庫中心」，蒐集並整合我國生物資源調查成果。為了瞭解及吸取先進國家的專業知識及協調整合之工作經驗，加速我國發展生物資源調查的技術及資料庫管理分析能力，農業委員會特選派「台灣生物資料庫中心」的工作人員及相關的專家學者七人，前往美國相關機構研習生物資源調查及資料庫之課題，並實地參訪森林生態系經營及自然保育等相關業務。

此行參訪波特蘭、丹佛、聖路易和華盛頓特區等地區之相關機構與現場。生物資料庫及相關之資訊系統部分，每一個單位對於其系統都有明確的定位，並大量使用網際網路以整合異質性的資料庫，資料不僅僅提供給研究人員及野外工作者，並開放給一般民眾使用，使資料庫得以發揮其最大功能。

在生態系經營及自然保育相關部分，本次研習所涵蓋的子題包括生態地理學的應用、森林調查與分析系統、森林健康監測計畫、森林生態系經營評估準則與指標計畫、棲地模式評估、長期生態研究、干擾地監測計畫、溪流資源保育及稀有植物物種保育等。

此次之研習發現，在生物資源資訊系統及生態系經營方面，應加強網際網路的應用及異質性資料庫整合技術之發展，尤其在建立國家資料庫之標準及跨機構之合作上，都有不少值得國內效法之處。在自然保育部分，在溪流資源保育、干擾地監測、物種保育及民間參與保育等方面，國內應與美國相關單位加強技術與經驗之交流。由於時間不足，無法針對主題深入研習，建議未來可選派種子教官赴美研習相關經驗，並透過雙方相關機構之簽訂合作計劃，以有效提昇國內之相關業務。

## 貳、前言

台灣是一個亞熱帶島嶼，地形複雜且受到大陸及海洋性氣候影響，因此同時具備熱帶、亞熱帶、溫帶及亞寒帶之生物資源。過去五十年來，台灣人民的勤奮努力造就了經濟奇蹟，惟在生物資源保育方面尚待加強。

我國應保育豐富的生物資源，以此為後盾去發展生物技術，達成永續發展的目標。人力及生物資源可說是二十一世紀台灣永續發展的命脈，政府早已認知生物資源對台灣的重要性，行政院於民國八十一年核定「行政院農業委員會生物資源調查策劃小組設置要點」，責成農業委員會邀集各部會及學者專家成立策劃小組，推動台灣生物資源調查工作。十年來農業委員會積極推動生物資源調查工作，並於八十八年正式成立「台灣生物資料庫中心」(Taiwan Biological Database Center)，藉以加強整合分析生物資源調查的成果。

美國是世界上推動生物資源調查及生物資源資訊系統較為先進的國家之一，為了瞭解及吸取先進國家的專業知識及工作經驗，以加速我國發展生物資源的調查技術及成果應用，農業委員會特選派實際參與台灣生物資源調查及生物資訊系統之學者專家及工作人員共七人，於民國九十年七月一日至十九日期間，前往美國有關機關研習其國家生物資源調查與生物資料庫之規劃及推動情形，並研習其整合經驗及應用分析，藉以提昇國內生物資源調查之效率及應用價值。

此行參訪波特蘭(Portland)、丹佛(Denver)、聖路易(St. Louis)和華盛頓特區(Washington, D.C.)等地區之相關機構與現場。除生物資源調查與生物資料庫主題外，亦同時實地研習森林生態系經營、自然保育等相關業務，期能藉由本次的研習與後續的交流，獲得美國之先進知識及技術，成為國內推動相關業務之助力。

## 參、研習行程

| 日期       | 行程   |
|----------|--|
| 7月1日(日)  | 台北 中正機場 San Francisco (轉機) Portland  |
| 7月2日(一)  | Mount St. Helens National Volcanic Monument  |
| 7月3日(二)  | Mt. Rainier National Park  |
| 7月4日(三)  | Forest Service Mt. Hood Station  |
| 7月5日(四)  | 參訪：1. Forestry Sciences Laboratory (Corvallis)<br>2. USGS FRESC Headquarter<br>3. Oregon State University, College of Forestry |
| 7月6日(五)  | 參訪：Forest Service PNW Research Station<br>World Forestry Center  |
| 7月7日(六)  | Portland Denver  |
| 7月8日(日)  | 參訪：Rocky Mountain National Park  |
| 7月9日(一)  | 參訪：1. Rocky Mountain Research Station<br>2. Inventory and Monitoring Institute<br>3. Midcontinent Ecological Science Center    |
| 7月10日(二) | 參訪：USGS Center for Biological Informatics  |
| 7月11日(三) | Denver St. Louis   |
| 7月12日(四) | 參訪：Missouri Botanical Garden<br>Center for Plant Conservation  |
| 7月13日(五) | St. Louis Chicago Washington, D.C.   |
| 7月14日(六) | 參訪：Shenandoah National Park  |
| 7月15日(日) | 自由活動   |
| 7月16日(一) | 參訪：USGS Biological Resources Division  |
| 7月17日(二) | 參訪：Forest Service  |
| 7月18日(三) | Washington, D.C. San Francisco (轉機)  |
| 7月19日(四) | 抵中正機場 台北   |

## 肆、研習內容

### 一、聖海倫火山紀念區

聖海倫斯山 (Mount St. Helens) 位於華盛頓州南方，是一座活火山，近四百年至少爆發 8 次。於 1980 年 5 月 18 日早上 8 點 32 分再度火山爆發，驚天動地，整個山頭降低了 1,300 呎，海拔高度由原先的 9,677 呎降為 8,364 呎，火山口長 2.4 哩，寬 1.2 哩，深 2,000 呎，所噴發的火山灰遠達東方 950 哩，遮蓋了天空，也污染了許多城鎮。火山口周邊及北方約 70,000 英畝的森林及其他生物幾乎全毀，花旗松 (Douglas fir, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco)、銀冷杉 (silver fir, *Abies amabilis* Douglas ex Forbes) 與西部鐵杉 (western hemlock, *Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg) 等巨木全面橫倒，形成枯木群墳場。此次爆發有 57 人死亡，火山灰、土石流與枯木大量堆積在 Spirit 湖與 Toutle 河，魚類消失殆盡，Toutle 河、Cowlitz 河與 Columbia 河因而嚴重阻塞。

火山爆發看似毀除了一切生物，但又逐漸再生。爆發數週後，紅火草 (red fireweed, *Epilobium angustifolium* L.) 與加拿大薊 (Canada thistle, *Cirsium arvense* (L.) Scop.) 的種子即隨風飄降，魯冰花 (lupine, *Lupinus* spp.)、雪崩百合 (avalanche lily, *Erythronium montanum* S. Watson) 及多種禾草也開始在火山區拓殖。魯冰花可固氮，重建土壤肥力。有些越橘類 (huckleberries, *Vaccinium* spp.) 也由根部萌蘖。目前雖在環境較差的生育地尚呈半裸露狀態，但有些地方已有銀冷杉更新幼木。在動物方面，昆蟲、蜘蛛很快隨風而來，有些鳥類，諸如以紅火草花蜜為食的蜂鳥，也很快又回來。二十年後，大地又呈現盎然生機。

聖海倫斯火山區位於 Gifford Pinchot 國家森林區內，為保存火山爆發地景以及自然過程，已於 1982 年設立聖海倫斯火山紀念區 (Mt. St. Helens National Volcanic Monument)，所有地貌、倒木以及演替過程皆未經人為干擾，並定期加以監測。且在 Johnstone Ridge 等處設立訪客中心，為每年約兩百萬的訪客進行環境解說。國內在九二一地震後之九九峰、九份二山及草嶺崩場地，景觀與聖海倫斯火山區有點

類似，本火山紀念區在規劃、監測及環教等方面之經驗值得國內參考。

## 二、Rainier 山國家公園

於 1899 年設立的 Rainier 山國家公園 (Mount Rainier National Park) 位於華盛頓州西方，總面積 378 平方哩 (980 平方公里)，包括了森林、瀑布、湖泊、雪地與草原等多樣的景觀，也保護了近千種動植物。

Rainier 山高度為 14,411 呎 (4,392 公尺)，是美國本土的第五高峰，也是美國最雄偉的單峰冰河體系，有 25 條主要的冰河由高峰向斜坡散射。Rainier 山是火山演化的代表作，最近的一次爆發約在 150 年前，地質學家估計，再過兩世紀有可能再度爆發。近年每年約有 3,000 名登山客攻上山頭，但山路艱辛，已約有 50 人喪命。國家公園規定若要攀登 10,000 呎以上的山區，必須申請許可證，也建議登山客與設在 Paradise 的登山學校連絡，由學校提供必要的訓練與裝備服務。

Rainier 國家公園之低海拔地區存有茂密的老齡林 (old-growth forest)。老齡林是指存有 200 年生以上巨木群的天然林，主要樹種為花旗松 (Douglas fir, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco)、西部鐵杉 (western hemlock, *Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg) 與西部柏樹 (western red cedar, *Thuja plicata* Donn. ex D. Don)，最大的樹木胸徑達 109 吋，有許多樹木樹齡大於 550 年。伴生樹種有赤楊 (red alder, *Alnus rubra* Bong.)、黑楊 (black cottonwood, *Populus balsamifera* L. ssp. *tricarpa* (Torr. & A. Gray ex Hook.) T. C. Brayshaw) 等，林下之灌木與草本植物也很繁茂。

美國西部太平洋區老齡林之存續是近年重要環保議題之一，引發爭議的是斑點鴉 (northern spotted owl, *Strix occidentalis caurina*)，這種鳥類已在 1990 年被列為瀕臨絕種動物，因需要以老齡林為棲地，其族群隨老齡林之砍伐而減少。儘管 Rainier 等國家公園區內的老齡林已禁止砍伐，但在一般國家森林 (national forest) 內老齡林之砍伐引發了很大的爭議，斑點鴉保護與伐木業工作機會兩

者間之協調確是難題。

Rainier 國家公園保留了珍貴且脆弱的生態系。在 1988 年，公園的 96%土地已被指定為 Rainier 山野地(Mount Rainier Wilderness)。儘管國家公園每年約有兩百萬的訪客前來體會荒野，但因嚴格執行禁止採集、禁止餵食等相關規定，因此訪客的衝擊可減至最低。

### 三、Hood 山國家森林

Hood 山國家森林 (Mt. Hood National Forest) 位於 Oregon 州 Portland 市東方，面積共 4,856 平方公里(約 120 萬英畝)，林相以針葉林為主，優勢種為花旗松(Douglas fir, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco)、西部鐵杉(western hemlock, *Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg)及西部柏樹(western red cedar, *Thuja plicata* Donn. ex D. Don)。

Hood 山國家森林隸屬於美國林務署 (USDA Forest Service) 太平洋西北林區 (Pacific Northwest Region) 管轄，該林區共管理 Washington 州及 Oregon 州中北部 24.8 百萬英畝之公有地，包括 19 個國家森林(其中 13 個在 Oregon 州) 85 個工作站 (Ranger District) 及 1 個國有草生地。

七月三日研習團先拜會距 Portland 市約一個半小時車程之 Hood 山 (Mt.Hood) 國家森林總部，由 Mr. Sachet 簡介並引導前往 Hood 山國家森林。本次參觀的地點包括：鮭魚河保護區 (Salmon River Riparian Reserve)、Hood 山以及牛頓溪崩塌地(Newton Creek Landslide)。考察項目包括：(1) 西北國家森林入山許可證；(2) 河濱保護區；(3) 演替後期林相；(4) 崩塌地整治等。

Hood 山國家森林依四種不同法案，劃分出數個保護區。為保護荒野環境(wilderness environment)，保護區只限申請西北森林入山許可證 (Northwest Forest Pass)者進入；至於一般區域，則開放從事健行、釣魚、滑雪等遊憩活動，年平均遊客約 800 萬人次。西北森林入山許可證係適用於整個西北林區之通行證，分為二種，第一種僅可

使用一次，一張美金五元；另一種是一年內不限使用次數，一張美金三十五元。所得 20% 為一般性事務支出(如代售傭金等)，其餘 80% 收費均用於步道新建及維護等用途。

為保護溪流資源(魚類、野生動物與水域)，美國林務署在 Hood 山國家森林內設立鮭魚河保護區，為維持行水區地形、水文與倒木之自然狀態，林中倒木均不移出，任其倒置於溪流上，以庇護鮭魚等魚類之續存。沿鮭魚河兩岸為老齡林，有花旗松、西部鐵杉、西部柏樹等巨木，兩岸約 200-300 呎寬度內之森林(約樹高之二倍)皆不得砍伐。此外，次河道也加以保護，其水流量較小，可提供小魚棲息場所。保護區內之魚類族群及棲息環境一直在監測中。為減少遊客之衝擊，位於河岸一側的步道可能移往較高處，而未來之訪客管制勢必更加嚴格。國內之七家灣溪、卡社溪等水流環境與鮭魚河保護區類似，或可參考其管理經營模式。

河岸步道旁之林相屬演替後期林相，主由 13 種針葉樹及闊葉樹混生而成，其中以花旗松、西部鐵杉、西部柏樹等為主。林相蒼鬱，林下有許多倒木與地被植物，形成複層林相，保存豐富之生物多樣性。

Hood 山海拔高 11,235 呎，是 Oregon 州第一高峰。山頂終年積雪，森林界限(timberline)之樹種包括：大冷杉(*grand fir, Abies grandis* (Douglas ex D. Don) Lindl.)、柱松(*lodgepole pine, Pinus contorta* Douglas ex Loudon var. *murrayana* (Grev. & Balf.) Engelm.)、山鐵杉(*mountain hemlock, Tsuga mertensiana* (Bong.) Carriere)等，在此嚴寒多風的逆境下，樹冠呈單向旗形。Hood 山亦是著名的滑雪勝地，惟對地景與林木有所影響。為配合滑雪及遊憩，在經濟蕭條之 1930 年代，美國政府特雇請失業工人，用當地之木材、石材以手工建造森林線山屋(Timberline Lodge)，提供遊客住宿、用餐等服務。山屋相當高大雄偉，維護也良好。山屋是在 1937 年由羅斯福總統命名，在 1972 年已列入國家歷史紀念地(National Register of Historic Place)。Hood 山之山屋與滑雪業之管理經營及維護，係委外經營，國內之合歡山森林遊樂區或可參考此模式。

該國家森林內之牛頓溪(Newton Creek)上游陡坡地，據該區工

作站主任 Ms.Kim 表示，於 2000 年 9 月 30 日至 10 月 1 日，因發生大暴雨，一天之內下了八英吋的雨量，牛頓溪源頭土石大量崩落，洪水混合泥沙形成土石流，並夾雜大量木材傾洩而下，造成所謂的枯木流 (debris flow)，掩埋了大面積的老齡林，使河流改道，並淹沒了 35 號公路，造成交通中斷。為不影響交通

且顧及景觀與生物資源，公路管理單位立即協調林務署進行搶救工作，前後共花費約百萬美元進行整治。在整治過程中，林務署在儘量不破壞林相前提下，先疏浚新河道，並沿其河道設置三個水文監測站進行水文觀測，更配合育林措施，加強林相復育工作，初步已有成效，將著手進行生物與地文、水文之監測。國內九九峰等地區亦因九二一地震而造成崩塌地與土石流，建議與美國相關林務單位進行技術與經驗交流。我方林務局已提供九二一震災網站網址，算是初步經驗交流。

#### 四、哥倫比亞峽谷國家風景區 (Columbia River Gorge National Scenic Area)

哥倫比亞河分隔華盛頓州及奧勒崗州，其所切割而成的峽谷風景優美，被指定為國家風景區；此次訪問參觀了其區域內的邦威水庫及瀑布群，發現此區域之自然資源保育和經濟開發之間保持者一良好之平衡。

美國政府之各級機構在各個方面都非常重視自然資源之保育工作；以邦威湖水庫為例，美國聯邦兵工署工程隊在在哥倫比亞流域上設計建造水庫及其相關的發電廠的時候，就已經考慮到如何均衡地保護及利用此地段的自然資源，譬如以交換的形式另購野生物棲息地以及建造魚梯、魚類觀察台、幼魚下游輔佐渠道和魚苗養殖場；以下詳述之。

在水庫之第二個發電廠及新運河閘的施工建造中，一些野生物棲息地因為施工的緣故而受到影響，工程隊為此開闢了一片 70 畝的田地，

以供水鳥與其他野生動物的棲息；工程隊還在華盛頓州加馬斯市附近的斯代戈渥湖買下 273 畝的地作為野生物棲息地。

工程師和環境保護專家們依據自然溪流中的環境，在水庫建造了帶有瀑布、池塘的魚梯。有四道魚梯從水庫工程下游向邦威湖水庫上游延伸；一道在華盛頓州河段，其餘的三道在原工程河段。這些魚梯是為了方便那些季節性往上游遷移產卵的魚類而設計的，使洄游的魚類可以遵循其習慣的路線從海洋洄游到哥倫比亞河流域和斯耐克河流域。魚梯中的池塘是沿著水庫用鐵網圈圍起來的。鐵網在底部有開口，以便魚類由一級魚梯的池塘游到另一級魚梯。各種鮭魚、鱒魚和其他魚類利用這些魚梯作為洄游的路線。從 1938 年以來，邦威水庫的工作人員就設立了魚類觀察台，將每一條魚道上沿魚梯洄游的各種魚類的重要資料記錄下來；每年平均有七十萬條至一百萬條的成年鮭魚通過邦威水庫向上游遷移；在這裡還可以觀察到其他的各種魚類。魚類觀察台且開放給民眾參觀，並設有解說及相關之商店，以達教育及觀光之目的。

在每個發電廠工程旁還設有輔佐渠道，以便新生的魚類能順利通過水庫游回大海，不致受到水庫及發電廠渦輪設施的傷害，每年平均約有三千萬條至五千萬條的幼魚向下游遷移。另外並利用魚苗養殖場培養魚苗以緩和因為水庫滿漲而減少產卵地的問題；在每個發電廠都有魚苗養殖場，由工程隊負責收集並培養魚苗；工程隊的工人們每年把成千上萬的魚苗用駁船或車輛運送到下游河段。參觀行程中，位於田納溪的邦威魚苗場，是奧勒崗州最古老的魚苗養殖場，由該州的水產野生物部管理，場內設有自動化裝置，以保證哥倫比亞河流域的鮭魚數量。

美國政府之各級機構彼此之間亦有相當良好的溝通及合作，以確實保護及利用此地段的自然資源，並均衡其與人為設施間的融合及利用。哥倫比亞河流域的自然資源，由農業部之林業署及內政部之土地管理局共同合作執行生態系管理計劃；林業署負責之國家風景區內有高速公路通過，二者之景觀自然且融合為一；此類合作值得國內效法。

## 五、奧勒崗州立大學（林務署西北太平洋研究站 Corvallis 森林科學實驗室，地質調查署森林及牧場生態科學中心 FRESC，奧勒崗州立大學森林學院）

奧勒崗州立大學位於 Corvallis, 本次參訪其森林學院及設於其校園內的林務署西北太平洋研究站 Corvallis 森林科學實驗室和地質調查署森林及牧場生態科學中心。後二者位於奧勒崗州立大學校園內的同一棟建築內，與奧大森林學院僅十數公尺之隔。

美國林務署下設有八個研究機構，太平洋西北區研究站（簡稱 PNW 研究站）即為其一。PNW 研究站其下設有九個森林科學實驗室，奧勒崗州立大學校園內即有其中一所。此 Corvallis 森林科學實驗室規模為全國第二大，所研究的領域承襲 PNW 研究站之七大研究計畫，劃分為水域生態系，生態系過程（在此實驗室再分為森林地景及生態系、生態系永續性生產、樹冠及濕生森林結構、森林真菌等四個主計畫）、自然干擾之管理（在此再分為野火與環境研究之應用、森林病蟲害之行為化學與生態、植物與空氣土壤關係製圖等三個主計畫），社會與環境價值（此地特專重國際森林及動態土地利用），人與自然資源（此地分為生態系經營決策支援 EMDS，以及資源決策之有效參與等兩個主計畫），資源調查及資源管理與生產（此地有森林遺傳及林木培育等兩個主計畫）等七項，另有土壤調查之研究。

美國地質調查署(USGS)之森林及牧場生態系科學中心(Forest & Rangeland Ecosystem Science Center, FRESC) 於 1994 年成立，該中心為美國內政部在西北太平洋地區的重要研究機構，主要研究範圍包括哥倫比亞盆地(Columbia Basin)、大盆地(Great Basin)、科羅拉多高原、西南地區的幾個沙漠及西北太平洋地區的生態學研究。

FRESC 主要任務是提供國家自然資源之經營及保育所需之科學知識及技術，尤其著重在西部地區的生態系經營，藉由一些優質的研究及監測系統輔助森林、乾旱地及半乾旱地生態系之經營管理。FRESC 全職研究人員共 78 人，每年有七百六十萬美元預算經費，執行大約 200 項研究計畫。研究策略是結合多種領域的團隊合作研究，提供技術支援與傳播資訊。其研究領域包括：森林生態系、污染物與人類基因污

染、乾旱生態系及半乾旱生態系、地景動態及資源管理、水生及濕地生態系、族群生存能力及基因保護、野生動植物生態、生態重建及特有物種。

FRESC 總部的大部份研究人員與土地管理局(BLM)、國家公(NPS)及林務署的工作站(FWS)等均有深厚的歷史淵源,其研究主題包括:西北森林之兩棲類、高山湖泊生態、牧場生態、基因保護、受威脅或瀕臨絕種之物種及汙染等研究。

FRESC 總部設在位於 Covallis 的奧勒崗州立大學校園內。共有五個野外工作站(如圖 1 所示):

### 1. 峽谷區野外站(Canyonlands Field Station)

位於猶他州的 Moab, 峽谷區野外站大部份研究人員和國家公園之合作研究淵源深厚,其研究主題包括:土壤生態及復建措施、峽谷國家公園氮沈降及紫外線、摩哈維族(Mojave)生態、西南部無脊椎動物生態等。

### 2. 科羅拉多高原野外站(Colorado Plateau Field Station)

位於亞利桑納州的 Flagstaff, 科羅拉多高原野外站大部份研究人員和國家公園有長期之合作關係,其研究主題包括:西南柳樹鶉(Southwestern willow flycatcher, *Empidonax traillii extimus*)、西南濱水區生態系之鳥類、摩哈維沙漠生態、特有植物之製圖及入侵潛力、墨西哥斑點鴞(Mexican spotted owl, *Strix occidentalis lucida*)、史前生態等。

### 3. 奧林匹克野外站(Olympic Field Station)

位於華盛頓州的 Port Angeles, 奧林匹克野外大部份研究人員和



圖 1. FRESC 總部及五個工作站位置圖

奧林匹克國家公園有深厚的歷史淵源，其研究主題包括：奧林匹克半島生態系之長期監測、北方斑點鴉、Elwha 河之復建、有蹄哺乳類動物對生態系之影響。

#### 4. Snake 河野外站(Snake River Field Station)

位於愛達荷州的首府 Boise，Snake 河野外調查站研究人員與土地管理局的猛禽技術支援中心(BLM Raptor Technical Assistance Center)關係密切，其研究主題包括：軍事訓練及火災對 Snake 河猛禽之影響、猛禽生態、猛禽資訊系統、河濱鳥類生態監測。

#### 5. Cascadia 野外站(Cascadia Field Station)

位於華盛頓州的西雅圖(Seattle)，Cascadia 野外站大部份研究人員和國家公園關係密切，其中的一位研究員為社會學家，其餘為生態學家，研究主題包括：奧林匹克半島資訊情報站、全球氣候變遷、阿拉斯加土著天然資源之利用、遊客對國家公園之影響。

參訪當天上午由 Corvallis 森林科學實驗室和森林及牧場生態科學中心共同安排了簡報，除生物資源資訊系統外，亦報導其地景層次的水生生態系研究及國家公園的調查與監測計畫。下午到森林學院參訪，由該院之講座教授簡報 Andrews 試驗林的情形，並由其助理在電腦教室示範該院所參與及使用的生物資源資訊系統，最後再由副院長親自帶領參觀教學及研究設施。

在 Covallis 的研習中，Andrews 試驗林與生物資源資訊系相關的資料彙整如下：

##### (一) Andrews 試驗林

Andrews 試驗林原名為 Blue River 試驗林，後來為紀念林學家 Andrews 先生，在 1953 年改名為 Andrews 試驗林。它位於 Oregon 州 Eugene 東方約 80 公里處，由美國林務署太平洋西北區研究站(USDA Forest Service's Pacific Northwest Research Station)、Oregon 州立大學(Oregon State University)及 Willamette 國有林(Willamette National Forest)共同管理。該試驗林之研究與教育經費來自不同的單位，包括國家科學基金會(National Science Foundation)、林務署、Oregon 州立大學、美國地質調查署(U.S.

Geological Survey)等。在 1980 年，Andrews 試驗林開始進行長期生態研究計劃(Long-Term Ecological Research (LTER) Program)。

Andrews 試驗林面積共 6,400 公頃，海拔高度由 410 公尺至 1,630 公尺，維管束植物約有五百種。在 1950 年開始伐木之前，約 65%的面積為四百年生以上的花旗松(*douglas fir*, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco)老齡林，其餘的大多為 1800 年代中期以後野火干擾後的天然更新林相。較低海拔的優勢種為花旗松、西部鐵杉(*western hemlock*, *Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg)、西部柏樹(*western red cedar*, *Thuja plicata* Donn. ex D. Don)；較高海拔有大冷杉(*noble fir*, *Abies procera* Rehder)、太平洋銀冷杉(*Pacific silver fir*, *Abies amabilis* Douglas ex Forbes)、花旗松與西部鐵杉。目前大部分的天然林已被皆伐或擇伐過，新人工林的組成、蓄積與樹齡有所不同。野火是主要的干擾(*disturbance*)，次要的干擾包括風倒、崩塌、根腐病及沖蝕。

Andrews 試驗林有良好的條件與設備，特別是冠層觀測塔。目前每年有一百項以上的計畫在此進行，最主要的是長期生態研究(LTER)計畫。LTER 的目的為監測人為與天然干擾對生態系生物多樣性(*biodiversity*)、碳動態(*carbon dynamics*)與水文學(*hydrology*)之影響，研究項目包括氣象、集水區水文、生物多樣性、干擾地長期演替、枯木分解、植群對溪流之影響、森林作業對碳貯存之影響、模式建立等。LTER 以外的研究計畫包括水岸生態與復育、森林發育與生長、年青森林構造與生物利用、無脊椎動物、遙測、景觀生態等。

Andrews 試驗林除注重研究成果之應用外，特別加強教育與宣導工作，其對象包括中學生、大學生、科學家、經營管理人員、政治家、大眾傳播人員等。我國國內之 LTER 研究學者及研究生已與 Andrews 試驗林進行初步交流，建議持續及擴大彼此間的合作。

## (二) VegSpec 專家系統

VegSpec 是由美國內政部地質調查署之森林及牧草地生態科學中心(FRESC)、農業部自然資源保育署(Natural Resource Conservation Service, NRCS)、科羅拉多州立大學及陸軍工程隊(Army Corps of Engineers)共同研發之專家系統。它是建構在網際網路上，可輔助栽植物種之選擇與推薦，作為栽植設計工具及決策支援應用，其應用範圍包括特定地點及一般地點之選址。

VegSpec 可提供聯邦或州政府土地管理者(如：土地管理局、國家公園或林務署工作站)、土地經營使用者(如：農場、牧場或林場)及私人顧問公司解決土地之管理、利用及栽植等問題，並提供解決問題之技術及建議。

VegSpec 包括三個重要的資料庫：植物、土壤及氣候資料庫。包括許多特殊用途之保育植物在內的植物資料庫，已有超過 2,500 種以上的植物資訊，每種植物約有 100 個屬性；土壤資料庫有將近 250,000 個土壤圖單元，氣候資料庫亦可由全美各地 4,888 個以上之氣象站取得資訊。

VegSpec 系統具備判斷栽植物種對特定地點適宜性之能力，它可利用土壤、植物及氣候資料去選擇栽植物種合宜的地點、達到預期的目標。VegSpec 之運作，首先找出適合所指定地點之土壤及氣候的所有植物，然後再經過一系列的條件過濾，篩選出所有能滿足目標的特徵組合。

VegSpec 可幫助土地管理者規劃及設計，其應用諸如：自然干擾(火災、水災)後族群棲息環境之再造、防風林建置、侵蝕控制、適應環境之植栽選擇及道路、建物旁之栽植。

網際網路的使用者只需具備 Netscape 4.06 或 Internet Explorer 4.0 以上之瀏覽器，連上 <http://polemonium.itc.nrcs.usda.gov/Netdynamics/Vegspec/pages/HomeVegspec.htm> 網頁即可使用 VegSpec 系統，或經由美國農業部植物資料庫網站(<http://plants.usda.gov/>)之植物工具(內尚包括穀物營養、侵蝕預測、森林及牧草地生態地資訊系統 ESIS 及保育用植物材料)來使用。

### (三) EMDS 系統

生態系經營決策支援(Ecosystem Management Decision Support, EMDS)以知識庫為基礎，作為環境評估決策支援之一種應用架構。該系統整合最先進的地理資訊系統(GIS)，在微軟視窗(Microsoft Windows)作業環境下，以基礎知識庫推理，提供新穎的分析技術，功能強大，且易於使用。

EMDS 專案目標在適當的運用資訊，提升評估效率，並運用更專業之分析及將各種不同主題進行更適切的整合，以提升評估產品之品質。EMDS 之分析及設計，由林務署之西北太平洋試驗站、山間試驗站、南方試驗站、林務署國有林第六區管理處、賓州州立大學及農業試驗研究署等共同合作。

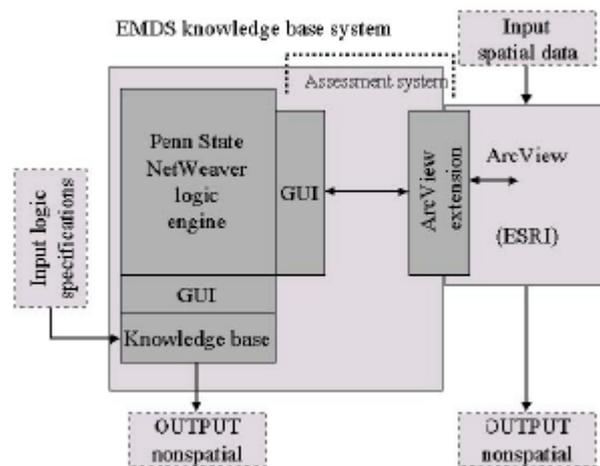


圖 2. EMDS 基本架構

EMDS 之設計及安裝上線，由環境系統研究所(Environmental Systems Research Institute)、Knowledge Garden 公司及 Rules of Thumb 公司共同完成。

EMDS 組成架構(如圖 2)，包含 ArcView GIS 擴充模組、NetWeaver (知識庫開發系統) 模組及評估系統(知識庫引擎)。

EMDS 為 ArcView 之擴充模組，它將知識庫推理整合至 GIS，其知識庫為詮釋資料庫，是用來說明如何詮釋資料。知識庫為表示如何評估資訊的邏輯，許多不同的主題可用一個簡單的知識庫來分析，運用知識庫亦可進行整體性分析。

概括性表述之架構應用為 EMDS 之主要特性，它使用邏輯引擎來整合數量龐大且互不相同的主題，以迅速執行包括生物學、地球物理學、社會及經濟等主題之生態分析，當資訊不完整時，它可提供健全之分

析方法，並支援缺乏資訊之處理。

目前使用之 EMDS 為 2.0 版，對於生態系適宜性管理過程，仍稱不上是完整的決策支援系統。然而透過它，可讓我們持續地在此基礎架構上建立一個更專業的系統。

EMDS 2.0 可作任何地理規模分析，其特徵包括：

1. 以 ArcView 主要的展示介面，它可展示經由 EMDS 評估系統分析後之各種地圖。
2. 自動套繪多個圖層，包括知識庫資料的多邊形主題及一單獨的 ArcView 擴充模組，該模組容許由遶近地區選擇屬性特徵來做基本資料分析。
3. NetWeaver 合併到 EMDS 提供知識庫發展環境，其組合知識庫以說明評估主題間的邏輯關係、生態系狀態與處理及其所需之資料。
4. EMDS 的評估系統主要功能為分析、連結瀏覽器、資料取得管理及 What-If 分析。包括三個子系統：（1）分析子系統，選擇及分析主題，提供地圖展示介面給知識庫。（2）資料取得管理(DAM)子系統。排定遺漏資料的取得之優先序做為輔助規劃新資料蒐集，提供各種有用的資訊，以改善評估品質。（3）熱聯結知識庫瀏覽器，可展示像 NetWeaver 一般的介面。
5. 當分析子系統在附屬網路上執行 NetWeaver 知識庫引擎時，此引擎除了執行生態系狀態及處理基本功能外，亦產生有關遺漏資料影響之資訊。

目前將 EMDS 應用在生態環境評估上之機構包括：林務署之北方大平原及北美五大湖區等處。應用在其他用途者則包括：科羅拉多州立大學、加州聖巴巴拉市、林務署、土地管理局、環保署、內政部國家公園署及加拿大環境部等機構。

EMDS 軟體、安裝說明及線上教學手冊等均可供使用者自網站下載或索取 CD，其網址為：<http://www.fsl.orst.edu/emds>。

## 六、美國林務署太平洋西北區研究站 (PNW Research Station)

美國林務署下設有八個研究機構（六個區域研究站、林產物實驗站及熱帶林業國際研究所），太平洋西北區研究站 (PNW Research Station, 以下簡稱 PNW 研究站) 即為其一。PNW 研究站在 1925 年設立，總部設在 Oregon 州 Portland 市，網址為 <http://www.fs.fed.us/pnw>。

總部之組織架構如下：Station Director Deputy Station Director Assistant Director for Program Implementation Director of Communications, Budget Coordinator, Director of Operations Program Managers( 7 位，分別負責以下各計畫：Ecosystem Processes Research Program, Aquatic and Land Interactions Research Program, People and Natural Resources Program, Social and Economic Values Research Program, Managing Disturbance Regimes Program, Resource Management and Productivity Program, Pacific Northwest Forest Inventory and Analysis Program (FIA) )

PNW 研究站之研究區域涵括 Alaska、Oregon 及 Washington 等三州，除在國家森林內劃設試驗地外，亦在其他公、私有林或州有林內設試驗地；PNW 研究站分別在 Alaska 州的 Anchorage、Juneau、Fairbanks；Oregon 州的 Portland、Corvallis、La Grande 以及 Washington 州的 Olympia Seattle Wenatchee 等地設置九個實驗室，另在 Alaska 州的 Sitka 設一個木材利用中心。共計約 520 餘位員工，其中固定編制約 230 餘位。在結合植物學、生態學、經濟學、昆蟲學、魚類生態學、森林學、基因學、地質學、水文學、真菌學、植物病理學、土壤學及野生生物學等不同背景專家之共同合作下，在 2000 年共發表 510 餘篇研究報告。此外，研究站很重視與其他組織的共同研究，建立關於土地經營方面完整可靠的資料，俾增進對自然資源的瞭解、利用與管理，以提供經營管理者、決策者、科學家及一般民眾使用。

PNW 研究站在 1996 年訂定了三類研究方向，並在 2000 年加以修正，包括：

1. 加強對生物物理、社會及經濟過程的瞭解：包括陸域生態結構、功能及過程；水域及河濱體系生態功能及過程；自然資源經營對文化面及社會經濟面的影響等。
2. 發展經營管理方面的重要課題：包括整合自然資源與資源管理等物理面、社會面及經濟面之評量方法；冷水水域與相關河濱資源等經營資訊的獲取；自然干擾對森林生態系的影響；訂定受威脅、瀕危及敏感物種對生育地的需求及限制因子；研究在達成多目標資源經營之理想且維持森林生態系之完整性下，有關林木、收穫等育林方法等。
3. 資源調查、監測及政策方面的應用：包括研訂資源調查及監測的方法；指導非國家森林土地之大尺度生態系調查以及分析太平洋岸五大洲的森林資源等。

目前 PNW 研究站更積極整合不同的研究計畫，以瞭解有關：木材生產與其他森林價值產能間的協調、永續的水資源及森林生態系健康等三項重要議題。主要的三個大計畫為：Interior Columbia Basin Ecosystem Management Project、Sustainable Management Strategies( Northwest Forest Plan)及 Tongass Land Management Plan (TLMP)。

基於 PNW 研究站長期以來對森林生態系之豐碩研究成果，參訪團七月六日上午至該總部參訪，由研究站主任 Mr. Thomas J. Millis 親自接待並安排三個簡報。參訪團亦針對我國生物資源調查計畫、生物資料庫中心及國內在森林生態系經營尚待發展之課題等作介紹。Mr. Millis 對我國相關工作深感興趣，並針對參訪團的重點，提供了以下相關研究報告，可供國內參考：

- \* Draft Strategic Plan
- \* Northwest Forest Plan
- \* Science Matters: Information for Managing the Tongass National Forest
- \* Highlighted Scientific Findings of the Interior Columbia Basin Ecosystem Management Project

PNW 研究站所安排的三項計畫簡報如下：

#### (一)森林資源調查及分析計畫(FIA)

本計畫調查森林資源(含木材與非木材資源)的現況,以增強對太平洋海岸森林及原野生態系的瞭解。藉由調查與監測技術,進行廣泛的調查與對現況及未來趨勢作評估,提供預測將來該區域之生態系、利用性與健康性等參考資訊。自 2000 年起,森林健康監測(Forest Health Monitoring, FHM)樣區亦為大面積 FIA 樣區之一部分,故在 FIA 及 FHM 樣區所蒐集的資料大多是相同的,所累積的資料量可供更細的分析。然 FHM 仍會繼續監測一些較特殊的指標,如地衣的多樣性、臭氧對植群的損害等。

調查分三階段:(1)航空照片判釋、分類:一樣點代表 400 英畝;(2)FIA:一樣區代表 6000 英畝;(3)FHM:一樣區代表 126,000 英畝。樣區調查項目包括:林木、斷枝、下層植被、樹冠、林分歷史、地位、地衣、座標位置等,所建立之 ORACLE 資料庫(分為區域性及全國性資料庫),包括現在及過去的資源資料,與航空照片、衛星影像及 GIS 圖層分析合併,可公開提供民眾參考,分析結果更可提供經營者、決策者、規劃者、教育家、學生、研究人員及私人機構使用。詳細計畫內容可參閱網站 <http://fia.fs.fed.us>。

#### (二)機構間物種管理系統 (Interagency Species Management System, ISMS)

ISMS 為一整合 FIA、NRIS (Natural Resource Information System)、CVS (Current Vegetation Survey)、國家公園物種資料庫、州級自然資產工作計畫 (State Heritage Program) 等不同機構在太平洋海岸地區相關於保育類物種的資料庫資訊管理系統,目前資料庫為 1.11 版,納入了干擾前調查及策略性調查的資料,包括:菌類 209 種、地衣類 49 種、苔蘚類 17 種、脊椎動物 7 種、維管束植物 12 種、蝸牛 45 種及 4 群節肢動物等。提供經營者瞭解:地區性的物種類別、發展各地的調查因子、經營準則及保育策略等;亦可提供現場人員瞭解:干擾前的調查、策略性的景觀調查、針對資源管理的施行方法等。資料庫之表格已超過 125 個,表格欄位包括:物種(植物、動物)、

位置 (UTM 座標、經緯度)、現地調查資料、觀察員、調查因子、地形因子 (坡向、高程、坡度等) 等。

ISMS 已約有 520 個使用者，使用 UNIX 平台之 ORACLE 關連式資料庫，及 ArcView 地理資訊軟體。集中式資料庫設在 Portland，各使用者可透過網路從遠端進入、更新及利用。至於地理資訊軟體則安裝在各使用者之電腦上，提供繪圖、直接在螢幕上數化及提供地理資訊軟體連結資料庫的查詢等功能。

### (三) 生物多樣性的生態基礎 (The Ecological Foundations of Biodiversity, EFB)

鑑於人口數的增加，而林地相對地減少，然而對森林的需求卻在增加，且要求更豐富的多樣性。另外，人們也愈瞭解森林對生命維持及生活品質的重要性。EFB 研究係為 PNW 研究站 Ecosystem Processes Research Program 的一部份，內容包括：森林生態系的研究、生育地發展的研究、人工規劃下森林生態系經營系統等。歸納近二十年的研究，所提出的五大項報告分別是：(1) 生物的族群研究；(2) 斑點鴉的研究；(3) 斑點鴉攫食者的基礎研究；(4) 蒐集以往對幼齡及老齡林分的模擬模式；(5) 幼齡之經營林分的相關研究實驗等。

## 七、世界森林中心 (World Forestry Center)

世界森林中心成立於 1966 年，為一非營利性的教育單位，總部設在 Oregon 州 Portland 市，網址為 <http://www.worldforestry.org>，目的在利用教育、研究和展示的方式來推動全球森林和相關資源的建立、保護和永續管理，下轄世界森林研究所 (World Forest Institute)、博物館和兩座林場。

世界森林所為一提供森林及其相關產品資訊的單位，主要供全世界研究人員、顧問、製造商、經銷商、政府機關和一般民眾來使用。提供的資訊包括木材產品的市場資訊、新產品、技術的發展、林木物種及其特徵和林業的趨勢。趨勢主要包括國際木材產品的交易趨勢、大眾對森林所持的價值觀發展。物種及其特徵包括全球主要木材產地

的樹種特性及栽植情形，並連結至主要森林資訊網站。此外並透過國際合作之方式來改進其資訊內容，並資助其他國家之研究人員至此地進行學習及合作計畫，林業試驗所現有一人在此進行六個月之研習。

中心現在正在推動之保育計畫有二：Umpqua 土地交換計畫及保育地役權（Conservation Easement）計畫。後者為最近美國保育新趨勢之一，以確保林地傳承中保持一定的管理規範；中心現在負責兩處林地的監測，其中一塊大於八百英畝；地主設立法律契約規範未來之擁有者須維持林地之天然狀況，而由中心負責檢查。土地交換計畫則為利用科學模式來預測及評估那一個提議中的 Umpqua 河流域大規模土地交換計畫最能改進瀕臨絕種生物的棲地環境、提高環境指數以及維持木材的產量。

博物館的展示分為主要展示和特展，參訪時的特展為西藏風情。主要展示基本上分為三個部分。第一部份為森林簡介，以一株七十呎高的花旗松複製物為中心，此複製物與天然生長者看起來幾乎無法區別，樹皮部分並切開以展示內部的構造，尤其是輸導組織，並以五國語言來自我介紹此一巨大的“說話之樹”；另外有化石森林、森林製品、林木生長、林業名人及重要貢獻者檔案櫃等等展示。第二部份為西北方具有獨特林形的古老森林，以圖片、林木樣品和自然產物來表示，呈現其對於原住民與自然的價值，最後以不同觀點來探討此古老森林的未來。第三部份為由史密森博物館所設計實體大小的熱帶雨林展示，以三個不同家庭的故事來敘述熱帶雨林的植物、動物和人民。

博物館提供免費的網路導引手冊，內容包括博物館簡介、規則、展示內容、館內各層之活動設計及問題、以及戶外活動設計。手冊內容主要供做導覽談話，也可轉化成活動單，但手冊內之中心也在其森林農場及全球各地提供戶外教育的安排，並安排旅途。其旅途安排包括適宜的組織、地點、森林、旅遊導覽、旅行社、食宿和交通。其活動設計不同於一般博物館填充式的活動單，而以預測、觀察和思考為主。在研習同時，巧遇波特蘭市長來訪，本團與市長暢談台灣與波特蘭之現況。

## 八、洛磯山國家公園

洛磯山國家公園 (Rocky Mountain National Park) 位於科羅拉多州中北部，它設立於 1915 年，是美國第十座國家公園，總面積約 415 平方哩。地景十分優美，含括了古老冰河、高山寒原、森林、湖泊等。隆格斯峰 (Longs Peak) 是園區內最高峰，高達 14,255 呎。生物多樣性很豐富，植物有 900 種以上，哺乳動物有 66 種，鳥類有 260 種。

在海拔高 7,800 至 9,000 呎間之山區，分水嶺東坡之優勢種為西部黃松 (Ponderosa pine, *Pinus ponderosa* Douglas ex Lawson & C. Lawson)，西坡之優勢種為柱松 (lodgepole pine, *Pinus contorta* Douglas ex Loudon var. *murrayana* (Grev. & Balf.) Engelm.)，這兩種松樹算是火燒適存種，在松林間有抖白楊 (quaking aspen, *Populus tremuloides* Michx.)、花旗松 (Douglas fir, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) 等伴生。在海拔高 9,000 至 11,400 呎間的山區，優勢種為亞高山冷杉 (subalpine fir, *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt.) 與恩格曼雲杉 (Englemann spruce, *Picea engelmannii* Parry ex Engelm.)。樹木界線 (treeline) 約在 11,400 呎，在此線以上，風大，可高達 160km/hrs，冰雪期大於五個月，土層又淺薄，此逆境限制了樹木的生存。樹木線上之亞高山冷杉與軟松 (limber pine, *Pinus flexilis* E. James) 呈單向旗形生長，或矮盤灌叢 (krummholz)，以適應此種逆境。樹木線以上為高山寒原 (alpine tundra)，約佔了公園三分之一的面積。寒原上有許多耐寒旱的植物，它們利用短暫的生長季完成生活史。高山寒原是本公園最特殊的地景，有完善的步道與解說牌，也進行密集的科學研究。

園區內的哺乳動物包括：美國麋鹿 (American elk, *Cervus elaphus*)、大角羊 (bighorn sheep, *Ovis canadensis*)、鹿、熊、山獅、狼、狐等。麋鹿早年曾因過度打獵而瀕危，在設立國家公園後，族群再度恢復。河獺 (river otter, *Lontra canadensis*)、綠背鱒 (greenback cutthroat trout, *Oncorhynchus clarki stomias*) 與隼 (peregrine falcon, *Falco peregrinus*) 亦因復育而續存。大角羊算是園區內之招牌動物，在疾病、打獵、棲地減少等壓力下，園區

內的羊群在 1950 年代曾減至 150 隻左右，目前已約有 600 隻，常見羊群在羊湖（Sheep Lake）一帶出沒，舔食鹽分。在羊湖設有解說站，為訪客進行解說服務。

許多研究在園區內進行，諸如美國地質調查署中區生態科學中心（US Geological Survey, Midcontinent Ecological Science Center, MESCC）即積極進行河獺、兩爬類、野火等相關的研究。在 1976 年，部分園區已在聯合國人與生物圈（Man and Biosphere）計畫下指定為國際生物圈保留區（International Biosphere Reserve），以保護重要的生態系與基因庫，並加強長期監測與研究。

## 九、美洲大陸中區生態科學中心（MESCC）

美國地質調查署（USGS）生物資源部門下有東區、中區及西區三個區域生態科學中心，其主要任務在於發展、整合及提供生態知識給土地經營單位，做為土地經營管理決策所需。位於科羅拉多州 Fort Collins 的美洲大陸中區生態科學中心（Midcontinent Ecological Science Center）其下擁有七個野外實驗站。中心約有 120 位正式工作人員及 40 位約聘人員，另有 40~50 位學生、工讀生協助試驗研究之進行。該中心主要之任務有四：（一）本土物種的生態研究（Ecological research on native species）（二）水資源生態及經營（Water resources ecology and management）（三）支援公有土地經營管理的研究與系統分析（Research and systems analysis in support of public land management）（四）支援自然資源決策之社會科學分析（Social science analysis in support of natural resources decision-making）。

此次參訪團於 2001 年 7 月 10 日上午參訪，該中心 Posson 主任親自接待，並針對水資源生態及經營、本土物種的生態研究、地理資訊系統及遙測之應用與棲地評估程序等四大主題提出簡報。簡報內容主要係將該中心近幾年來研究成果提出說明，並與我們進行討論。在水資源生態及經營方面，主要以河濱生態與濕地研究為主，該中心扼要

說明 6 個計畫的緣起與成果，並列舉出其計畫主持人的電子郵件位址以供日後連絡。於本土物種的生態研究方面，則有 19 項計畫，此外對於棲地評估程序 (Habitat Evaluation Procedure, HEP) 及棲地適合度指標模式 (Habitat Suitability Index, HSI)，該中心亦詳加介紹其基本原理與其應用。

棲地評估程序 (HEP) 於 1980 年代由美國魚類及野生物署、兵工署、Bureau of Reclamation、Soil Conservation Service、National Marine Fisheries Service 等單位共同發展而來。其目的主要用於野外生物學家進行棲地影響評估、發展遷徙計畫與設計棲地經營計畫。目前 HEP 已是棲地評估的基本方法，廣泛使用於聯邦、州政府及地方政府等，包括德國、日本等國家也採用之。HEP 係以量測標準單元——棲地單元 (Habitat Unit, HU) 的概念，做為不同替代方案間比較的依據。棲地單元為棲地品質 - 棲地適合度指標 (Habitat Suitability Index, HSI)，與棲地數量 - 面積之乘積，即  $HU = HSI * AREA$ 。目前美國已發展大約 200 種的 HSI 模式，從小型齧齒類、魚、鳥及哺乳類動物均有，可從 <http://www.nwrc.usgs.gov> 網站上下載。為推廣此一棲地模式，透過維吉尼亞理工大學 (Virginia Polytechnic Institute in Blacksburg, Virginia)，每年提供 2 次的訓練課程，若有需要該中心亦可提供特別的相關訓練課程。

由於該中心主要在於從事基礎性的試驗研究，然後將其研究成果提供給實際從事土地管理者作為其決策之參考。綜觀該中心主要的研究方向，係以棲地管理的角度出發，結合棲地評估以及相關生物與棲地的關聯。因此，該中心在棲地方面的研究頗為專精，值得國內引進試用。

## 十、林務署調查與監測研究所 (IMI)

美國林務署為求在較少的經費之下，能更加有效整合調查與監測的技術，乃於 1996 年設立調查與監測研究所 (Inventory & Monitoring Institute, IMI)。事實上 IMI 是一個多機構參與的國家級研究機構，

可視為美國林務署國有林經營系統的規劃部門，另外也肩負發展與測試新技術的任務。其主要工作著重於調查、監測與規劃分析等技術之發展。其機構組織依功能區分，可分為六大部門：

- (一) 查設計與品質確保 ( Inventory Design and Quality Assurance )
- (二) 析與資訊管理 ( Information Management and Analysis )
- (三) 資訊科技 ( Information Technology )
- (四) 生態地理學 ( Ecological Geography )
- (五) 行政支援 ( Administrative Support )
- (六) 國際調查與監測 ( International Inventory & Monitoring )。

此次參訪 IMI 主要有四項主題：(一) 整合式調查與監測發展計劃 ( Integrated Inventory and Monitoring ) (二) 生態地理學 ( Ecological Geography ) (三) LUCID 計劃 ( Local Unit Criteria and Indicators Development Project ) (四) 規劃軟體 Spectrum , SNAP and RELM。各項主題介紹如下：

#### (一) 整合式調查與監測發展計劃

從調查與監測所獲得的資料與資訊，構成美國林務署評估其是否有達成國會及社會大眾所賦予期望之任務的重要基礎。然而，美國林務署如同世界各國森林主管機關所面臨的情況一樣，目前正面臨土地管理客觀環境目標變化快速及趨於複雜，必需在多尺度情況下進行分析，加上資訊科學與技術持續性改變，一般民眾對自然資源資訊需求的殷切，這種種新的需求及挑戰，都讓以往的調查與監測技術無法完全勝任，甚至毫無用武之處，因而亟需發展一套完整的調查與監測方法。於是美國林務署決定利用目前最新的技術，配合系統方法的應用，加上與其他機構的共同合作，希望未來能透過新的整合性調查與監測工作的進行，提供可高度信賴的資料與資訊，以期滿足社會大眾廣大的需求。因此，近幾年來，美國林務署積極地投入人力與經費，希望能透過整合式調查與監測發展計劃，發展出新的整合式調查與監測技術滿足上述的需求。在發展整合式

資源調查與監測技術過程中，主要定義出下列的幾個關鍵項目，以達成整合之實：

### 1. 整合於既有資訊管理架構

根據 EMCT/IREMCG 1997 年報告所提出的結論，美國林務署於

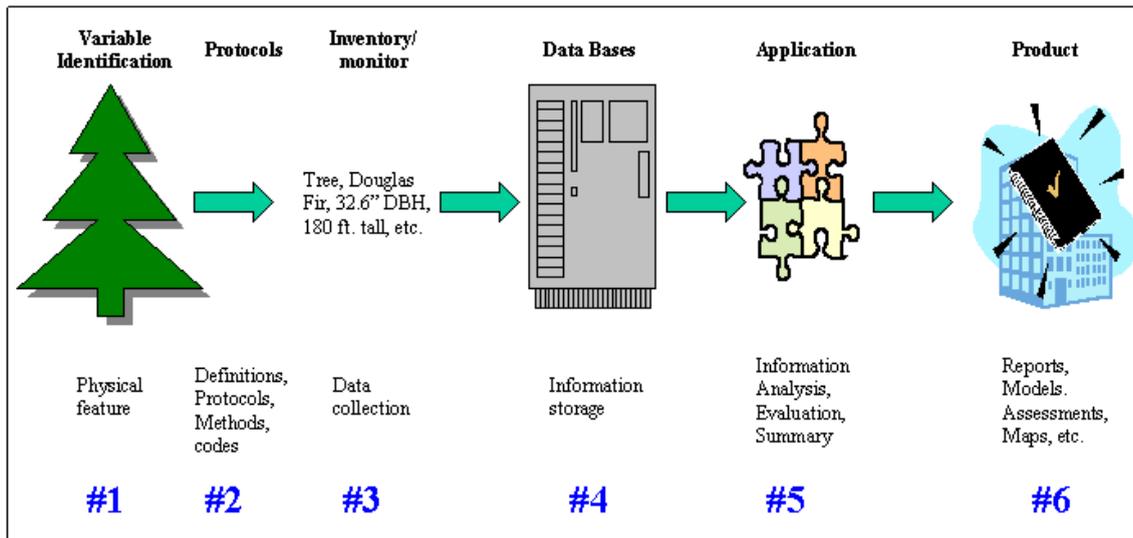


圖 3 資源資訊經營管理架構

資源資訊經營的運作架構有 6 個步驟：資源變數定義、雛型建立、資料收集、資料儲存、資料分析與模式評價、圖表報告等產品(如圖 3)。

由圖 3 可以確知在資源調查與監測的資料收集過程中均應於此一架構中運作，於調查前即應有妥善的規劃與定義，再透過地面或其他的管道收集資料，進入資料庫管理系統，最後經由資訊分析與應用的過程方可得到我們所需的成果。這一切過程均應建立於已建置的資訊管理架構中，方能與現有或未來的資料相互整合。

### 2. 建立核心項目觀念

若想要尋求一個不需顧及不同使用者需求的整合系統，可採用核心變數或項目的概念，亦即定義一組核心項目，這些項目將使用標準的調查方法，在所有的樣點上收集資料，同時除掉這些核心項目外，在不同層級上亦保留有足夠彈性去收集額外非核心項目的資料，如此透過核心項目確保系統的一致性，同時亦可

滿足不同層級使用者的需求。這種核心項目的概念如圖 4 表示。

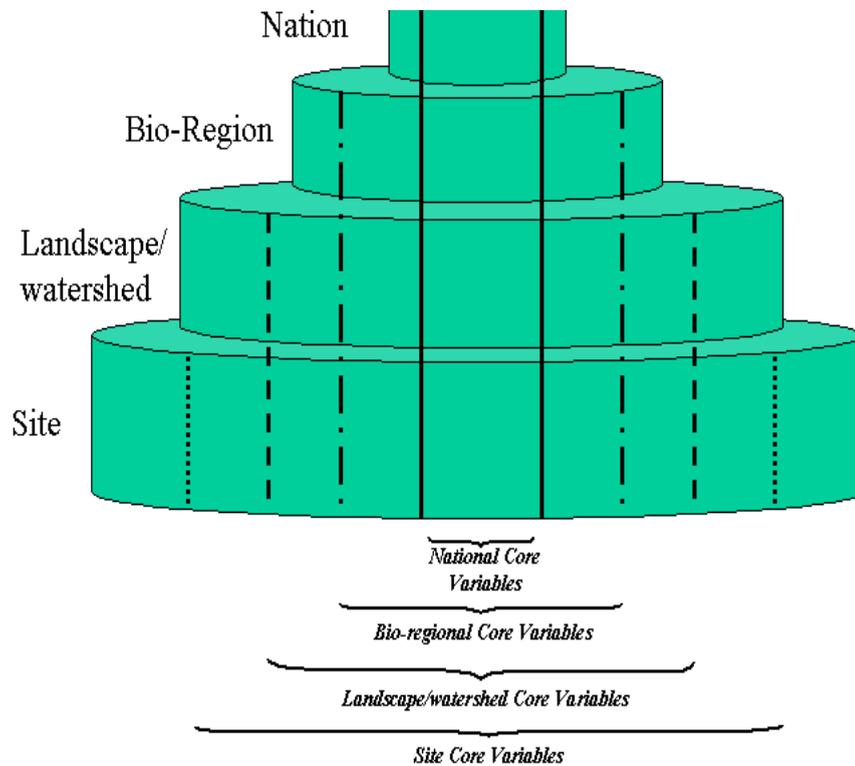


圖 4 核心項目概念圖

圖 4 中，依不同的空間層級，由立地(Site)至地景/集水區、生態區到國家(Nation)的不同空間層級中，在空間尺度越小（例如立地層級）時，將進行越細緻的調查，所以其調查的項目也就越多，然而在立地間有立地的核心調查項目，以便於立地間資料的整合。至於縱向的連結上，立地的核心變數應包括其上一層級（地景/集水區）的所有核心項目。依此類推，亦即，到最上層的國家層級時，其核心項目應是最少的，至於核心項目以外的部分，調查人員可依其調查目的之不同，適當地增加其所需的調查項目。

### 3. 應用系統方法

在整合過程中，應該應用系統方法來進行調查及監測工作的整合。成功的整合應包括：(1)跨機關整合 (Collaboration) -

與相關機構建立工作夥伴關係，並與顧客、民眾以義工或其他方式共同工作；(2)垂直整合 (Cooperation) - 資料調查人員 (資料收集者) 與決策人員 (資料使用者) 能夠坦誠溝通合作，進行機關內部上下垂直的整合；(3)橫向整合 (Coordination) - 機關內部不同調查部門或人員間，應橫向協調整合，確保調查內容無重覆或遺漏重要項目。至於整合過程中應注意尺度、生態系統、空間與時間方面的整合 (圖 5)。

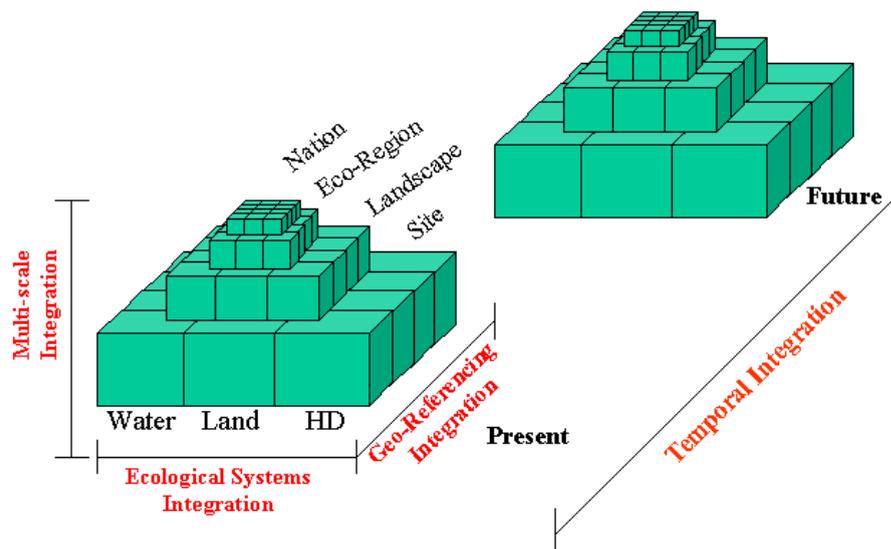


圖 5 整合系統圖

當然，上述的整合概念需透過實際的執行方能落實整合。就現有技術而言，地理資訊系統可算是最為恰當的整合工具。透過地理資訊系統的空間分析功能，不但可以輕易達到不同生態系統間的橫向整合，更能達成不同尺度層級的核心項目的整合。因此，地理資訊系統技術的應用，為系統整合提供了一個絕佳的整合平台。

#### 4. 確立領導與機關角色

領導階層的積極參與是改變機關文化與行為的最重要基礎，況且在調查整合過程中，組織責任相關的議題遠比技術上的議題來得複雜與重要。因此，如何在機關定位、責任區分與領導者的

互動，均應是整合上要特別注意的。

## 5. 發展及實行行動計劃

當然，一個計畫的落實要有完整的行動計劃（Action plan）來加以配合。因此，在整個整合的過程中，美國林務署均有發展完整的行動計劃，並依其實施年度予以追蹤考核，以期落實計畫之執行。

### (二) 生態地理學

於生態地理學方面，由生態地理學大師 Bailey 博士主講，他深入淺出地以美國的生態分區為例，闡述其生態地理學的基本原理及應用。

生態分區係依據物理因子（氣候、地形、地質、土壤、水文）、生物因子（動植物、微生物、潛在植群）、生態循環（水、能量、養分循環）等基本因子，再考量社會經濟、文化等，依層級式的生態單元分區，從大區域至小區域分別分為 Domain、Division、Province、Section、Subsection、Land type Association、Land type、Land type phase 等八個生態單元層級。表 1 列出此八個生態單元層級與其對應之規劃分析尺度及使用時機列表表示。

表 1 美國國家生態單元階層表

| Planning and Analysis Scale | Ecological Units      | Purpose, Objectives, and General Use                                       |
|-----------------------------|-----------------------|--|
| Ecoregion                   |                       | Broad applicability for modeling and sampling                              |
| Global                      | Domain                |  |
| Continental                 | Division              | Strategic planning and assessment  |
| Regional                    | Province              | International planning   |
| Subregion                   | Section               | Strategic, multiforest, statewide, and multiagency analysis and assessment |
|                             | Subsection            |  |
| Landscape                   | Land type association | Forest or area-wide planning, and watershed analysis                       |
| Land unit                   | Land type             | Project and management area planning                                       |

|  |                |              |
|--|----------------|--------------|
|  | Landtype phase | and analysis |
|--|----------------|--------------|

由表 1,我們可以清楚地了解到當考慮的區域及目的不同時,我們應採用適當的生態單元層級,方可正確地配合目的需要。依據上述的生態單元概念,美國已將全美分成不同的生態單元,圖 6 僅列出 Domain、Division、Province 生態層級作為參考,圖 7 則針對加州進一步列出其 Section 層級的生態分區圖。



圖 6 全美 Domain、Division、Province 生態單元層級圖

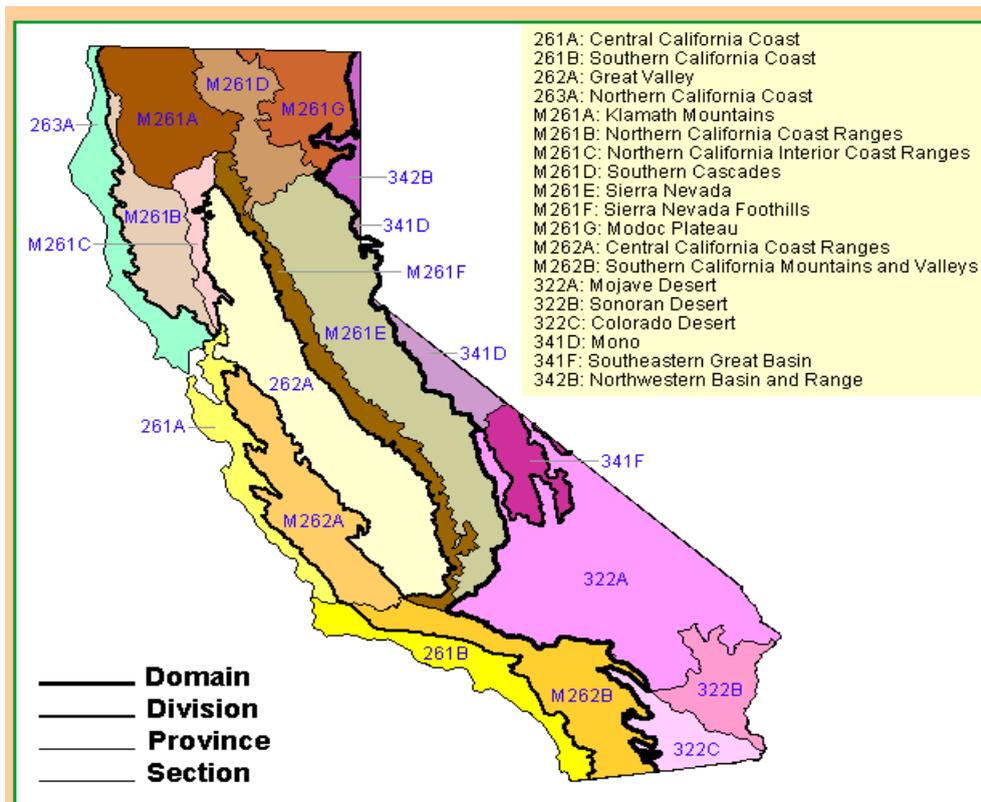


圖 7 加州 Domain、Division、Province、Section 生態單元層級圖

此種生態單元的概念，對於生態系經營非常重要，尤其在初期規劃、掌握變化趨勢、小尺度資訊整合提供大尺度分析及不同機關的資訊分享等方面均可透過此生態單元層級的概念，提供適當的經營資訊供資源經營者參考。所以，此方面的相關資訊值得國內有關單位重視，並可考慮邀請 Bailey 博士至國內參觀訪問。相信以 Bailey 博士堅實的生態地理學理論基礎與豐富的實務經驗，必可為國內在此方面提出非常建設性的建議。

### (三) LUCID 計劃 (Local Unit Criteria and Indicators Development Project)

1995 年美國同意使用蒙特婁協議所訂定的 C&I (準則與指標) 作為測量永續森林經營目標達成與否的方法。1998 年美國林務署與加拿大、墨西哥共同針對國際林學研究中心所提出北美永續森林經營所需的評估標準與指標進行測試，雖然此項測試於 Boise 國有林區進行，但其準則與指標之設立卻是以北美地區所設計的，經由此次的實地測試，美國林務署對其結果感到滿意並認為 C&I 的評估方式確為監測經營成效的有效方法。美國林務署以 Boise 國有林區所進行的先驅測試嘗試落實實施 C&I 於森林經營單元 (Forest Management Unit) 的尺度，同時也嘗試將這些 C&I 與蒙特婁會議所列出的 C&I 進行比對聯結。這個先驅測試先後持續長達兩年之久，並陸續擴及至 6 個國有林區實施。

根據這先驅測試的經驗，林務署決定進行 LUCID 計劃，此一計畫主要是在進一步調整、修正於先驅測試所發展的 C&I，並且探討如何在地區性單元所量測到的與國家層級的蒙特婁協議的 C&I 取得聯結。LUCID 計畫於六個國有林區同時進行，嘗試去定義出尋求生態、經濟及社會系統永續的必要狀況，並且發展評估森林經營如何影響永續性的 C&I。目前此一計畫仍在持續進行中，可算是未來美國林務署預計用於實際經營實務上評估永續性的重要方法，值得未來注意其發展動態。

#### (四) 規劃軟體 Spectrum , SNAP & RELM

在規劃軟體方面主要有 Spectrum、SNAP 及 RELM 等三套規劃軟體。說明如下：

##### 1. Spectrum - Spectrum 為生態系經營的決策支援軟體 ( Design Support Software for Ecosystem Management )

其設計主要是透過良好使用者介面幫助決策者去發展不同的資源管理替代方案，提供能符合國有林經營及生態系經營實務需要的整合性多資源分析架構。其操作介面包括：具有線上求助的資料輸入系統、多模式資料管理、資料及求解圖形展示、關連式資料結構儲存、查詢、多種輸出格式等。目前該軟體主要應用於森林經營計畫編寫、地景集水區尺度分析、發展永續經營策略、土地及資源分配、經營活動排定、環境效應分析等方面。

##### 2. SNAP ( Scheduling and Network Analysis Program )

SNAP 主要為針對計畫尺度的林木收穫預定及採運規劃的下拉式選單軟體，其最新版本 SNAP 能同時處理 10,000 林分及 3,000 連結的規劃問題，SNAP 能處理同齡林及異齡林的經營問題，並可透過伐採列區的相鄰性分析

，避免伐採過度集中，亦可規範伐林區大小及決定敏感的動物棲地與河濱帶，避免伐採及規劃適當廊道以維護棲地的完整性，同時亦分析採運網路之開設及影響，減低開路對環境之影響。

##### 3. RELM ( Regional Ecosystem and Land Management )

RELM 為以線性規劃 ( Linear Programming, LP ) 為底的最適化規劃軟體，其主要功能在於以森林地景或集水區為單元針對為 Spectrum 分析結果的策略規劃群，加上空間位置之考量進行線性規劃分析。

#### 十一、生物資源資訊中心 ( CBI )

位於科羅拉多州 ( Colorado ) 丹佛市 ( Denver ) 屬於 USGS 之下生物資源部門的生物資源資訊中心 ( Center for Biological Informatics, CBI ) ，其主要任務係透過國家生物資訊建設 ( National Biological

Information Infrastructure, NBII)幫助，使用及應用生物資料與資訊，去說明國家生物資源，推展自然資源經營及支援生態研究及教育。其主要的服務對象從科學技術人員、土地管理人員、聯邦及州政府機構與一般公眾均包括在內。

CBI 負責 NBII 的整體架構運轉，從端點管理、基礎建設發展、標準訂定與網站行政等均為 CBI 任務，參訪時，CBI 曾針對國家公園署植群圖繪製計劃、樣區資料庫與整合式分類資訊系統 (Integrated Taxonomic Information System, ITIS) 予以介紹，茲說明如下：

#### (一)國家公園署植群圖繪製計劃 (NPS Vegetation Mapping Program)

此計劃係針對內政部國家公園署所轄約 250 個國家公園、國家紀念物等地區，進行植物社會分類、植群圖繪製與資料庫建置的計劃。在此計劃中，其產出圖層資料記錄、轉換及分類等均應符合聯邦地政資料委員會 (FGDC) 所制定之標準。此標準規範有制式的分類方法及製圖精度的要求等。其製圖精度要求應符合國家製圖標準，在主題精度上應高於 80%，此外其最小製圖單元為 0.5 公頃。總結而言，此計畫目標在於完成國家公園署 250 個地區的高精度，且有全國一致具層級性的植群分類體系，可協助國家公園管理之需。

#### (二)樣區資料庫 (Plots Database)

樣區資料庫係由生物資源資訊中心委託自然保育協會 (The Nature Conservation) 所開發的軟體工具。其主要目的在於管理、儲存前述調查計畫的資料。在資料庫組成方面，共有 7 個表單組成，包括 Plots、Plot-Species、Locations、Geology Classes、AA Observations、AA-Species 及 Jurisdictions。

#### (三)整合式分類資訊系統 (ITIS)

由於生物多樣性議題愈來愈受到重視，然而就不同的單位、分類系統對“種”的認定與紀錄均有極大之差異。為解決種的爭議及便於參考，於是有 ITIS 的產生。ITIS 是一套完整物種分類、紀錄詳實及標準化參考的資訊系統，所以 ITIS 可算是北美分類與命名的標準化資料庫，其內容除物種應有的各種名稱及學名與其命名者之外，尚記載該物種之原始發表文章出處與研究該物種之專家、分布資料等。目前此

一系統可在 <http://www.itis.usda.gov> 網站上查詢使用。在 GBIF (Global Biodiversity Information Facility) 計劃目前逐漸受到國內外重視之際，本系統值得國內參考。

本系統係由美國與加拿大等國家多個單位所共同參與 (圖 8)，其組織運作模式係設有指導委員會 (Steering Committee)，下有資料庫與分類工作群。



圖 8 ITIS 系統參與機構圖

事實上 ITIS 透過適當的連結管理，經由網路連結至不同的資料庫網站或自身的資料庫，而能將各種不同生物物種的資訊，完整地呈現在使用者螢幕前。此種分散式資料庫的觀念，應是未來國內相關系統建置時重要的參考。

## 十二、密蘇里植物園 TROPICOS 植物資料庫電腦管理系統

密蘇里植物園位於美國密蘇里州聖路易市區，該園自 1983 年開始發展 TROPICOS 植物資料庫電腦管理系統，至今共收錄有超過 800,000 個維管束植物及苔蘚植物的名稱、超過一百二十五萬份的標本標籤記

錄及許多的文獻資料。從 1998 年起開始進行各種影像數位化的工作，內容包括標本館中的標本、活體材料、具有特殊價值的善本書中的圖片及或研究人員野外調查拍攝的幻燈片。上述的影像資料庫配合原先的文字資料，構成全球植物資源保育及研究上一個重要的資料來源。台灣植物資源調查資料庫未來將含括相似之資料，此電腦管理系統因而成為此次訪問安排參觀的行程之一。園方特地安排了資料庫負責人 Magill 博士與我們座談，下面為 TROPICOS 內含之簡要：

學名檔案是 TROPICOS 的中心。它是一個純粹的命名檔案，包括拉丁學名（科至種以下的學名），並連結書目檔案中之原始發表文獻出處。維管束植物各科分別有其學名資料檔案，苔蘚類學名檔案則獨立於外。查詢時可由任一分類階層處查起。每一學名都附有模式資料，依據發表之文獻提供模式分類群、模式標本資料（無正模式標本及選定模式時亦列出原始文獻出處為可能之模式標本資料）。如今學名檔案中已有超過四十萬種和種以下的學名。學名檔案使作者、名稱和書目檔案發揮作用。

學名與其相關之異名是由異名檔案系統來相連的。異名檔案系統記錄文獻中的異名，每個異名基於一個參考文獻而來。該參考文獻編於書目檔案中，因此容易追蹤分類上或命名上判斷的來源。TROPICOS 並不判斷那一個學名為正確之學名，而是將學名與其相關之異名（包括基礎名及後出同名）相連，由使用者自行判斷。原始發表文獻出處若與常用之學名檢索書籍（如 *Index Kewensis*）有別，亦是採用類似的方法，並列而由使用者自行判斷。

書目檔案實際上是一系列的書籍文獻目錄，而為 TROPICOS 系統中特別的子檔案。它可以用關鍵字指示任何工作，輸入額外的關鍵詞，和輸入為印表所設的附註（例如印出修訂過的書目）。

分布檔案以三個層次記錄植物的地理分布，此三個層次是國家、州和郡，或是已有名字而具有類似層次的地理分區，在分布檔案中的資訊可由文獻得來，引證的文獻記錄則在書目檔中。或者也可根據標本而來，這種情形下，引證標本資料儲存在標本檔案中。

標本標籤檔案包括標本館中標籤上找出的資訊，它從學名檔案中取

得，並使用地理分布的表單。具有商業價值之物種地理分布及標本標籤資訊，由于並沒有附加詳細之地點資料（如 GPS 資料），僅有國家、州和郡之資訊，再一定程度上可以避免一般民眾之濫採。

染色體檔案包括已發表的染色體數目資訊，它與學名檔案相連，並使用書目檔案的表單。

TROPICOS 另有描述程式可供使用，也提供接受查詢的資料庫，可是無法製作二分法的檢索表。此部份為舊資料庫程式，現今之使用者基本上將通用之描述軟體（如 Delta）與 TROPICOS 之其他檔案連用。

TROPICOS 原先是建置在一小的商業資料庫軟體上，僅供內部管理和研究人員查詢，但隨著植物園各項研究及保育計劃（包括與其他機構與國家之合作計劃）之擴大，以及 1996 年起因應網際網路之普及，而有一連串之改革。資料庫軟體改採甲骨文資料庫，並開始開放給全球各地使用。資料模組委由資訊公司分析後，再由三位分散在園內不同地方的軟體工程師逐步進行實際之更動。現乃在進行實際之更動及資料庫轉移中，並簽有園外的資訊公司負責難題解決及諮詢。園內的三位軟體工程師亦負責將資料庫轉成植物園現正進行的計劃所需之形式及內容。一般人士可以經由網際網路在 <http://mobot.mobot.org/W3T/Search/> 網址搜尋 W3TROPICOS 中的資料，但資料庫本身並未與網際網路直接相連，以確保網路駭客不會破壞到資料庫本身；研究人員則可取得其研究相關的資料庫及程式（其他學術機構的研究人員可透過電子郵件與園方負責人員連絡後取得），未來計劃由網路上直接下載。W3TROPICOS 之使用者以一般民眾最多，而非當初認為之研究機關及學校。而公開及免費之使用，使得使用者在看到錯誤時會通知園方，甚至提供可供加入的資訊，大大地增加資料庫的正確性及使用性。

### 十三、植物保育中心

密蘇里植物園園內有一植物保育中心（Center for Plant Conservation），但此中心並非植物園所管轄，而是由全美 29 所植物研究單位共同組成的植物保育連網之協調單位，旨在收集、保存及復

育美國的瀕危植物。

該連網目前共收集了全美地區 570 種野外瀕臨絕滅的植物。從野外謹慎地採集後，由連網之研究單位以認為最適合的形式 - 種子、發根之切枝、組織培養及成株，在可調控的環境下維持此些植物。這種國家之收集旨在保證此些植物不會在野外絕跡；收集種子並無限制地保存或者種植植株並使其重返野外。中心提供材料給聯邦、州及私人之自然保護區，有超過 60 種稀有植物現正進行野外復育中。中心並負責協調那一所機構負責保存那一種野外瀕臨絕滅的植物，由中心依據種類的數目每年補助一定的金額給那一特定機構。中心也提供種種收集之認養制度，部分種類的稀有植物之收集現在是由認養人或組織贊助的。

該連網更進一步地進行相關之保育研究，由中心負責計劃之補助申請及協調；各個參與機構之專才研究人員負責各式各樣的保育研究(如種子保存、傳粉生態、族群遺傳)，以瞭解此些野外瀕臨絕滅的植物之生態及如何管理。中心亦負責與其他保育單位，如美國自然保育協會 (The Nature Conservancy)、林務署、地質調查署生物資源部門 (USGS Biological Resource Division) 等之合作事宜。

為了對於連網內之工作能有效地協調，達到保育所有美國之瀕臨絕滅的植物種類，中心是以電腦資料庫來管理此些資訊。資料庫內容包括所有的稀有植物在野外及栽培下的狀況。由於植物種類不多，其資料庫軟體採用微軟之 Access，但可以和密蘇里植物園 TROPICOS 植物資料庫電腦管理系統相連，資料庫之設計及程式之撰寫亦是由植物園的一位軟體工程師來負責的，此工程師亦負責 TROPICOS 之部分。中心對資料庫加以經常性地查對，並根據參予連網之研究單位之定期報告更正之；然後再提供給需要之保育人員及機構。所有稀有植物的管理基本上是依據此一資料庫上的資訊來做決定的；管理措施實施之過程及現況亦紀錄于資料庫中，以為評估之用。

中心之另一主要工作是教育，透過連網內之植物園及樹木園的稀有植物展示來進行各種解說教育及保育活動 (如進用義工進行野外植群之監測及輔助復育計劃)，並利用網際網路來進行保育及生態之資訊

交換。另外並贊助各種研討會及出版各類保育相關書籍，其中不乏台灣可以參考之技術手冊。

#### 十四、Shenandoah 國家公園

Shenandoah 國家公園設立於 1926 年，它位於維吉尼亞州之北部山區，面積有 196,000 英畝（約 300 平方哩），海拔高度由約 1,000 呎至 4,049 呎（Hawksbill 山峰）。由於海拔高度及其他環境之變化而呈現出不同的季節景觀。

園區約有 95% 的面積是由森林所覆蓋，高等植物種類約有 1600 種，當中樹木約有 100 種，除維吉尼亞松（Virginia pine, *Pinus virginiana* Mill.）、多脂松（pitch pine, *Pinus rigida* Mill.）、東部白松（eastern white pine, *Pinus strobus* L.）、短葉松（short-leaf pine, *Pinus echinata* Mill.）、桌山松（table mountain pine, *Pinus pungens* Lamb.）等為常綠樹外，大多為落葉闊葉樹，算是典型的櫟 - 山核桃林型（oak-hickory forest, *Quercus-Carya* forest）。美國板栗（American chestnut, *Castanea dentata* (Marsh.) Borkh.）曾是重要的樹種，已因病害而消失，目前瀕危的樹種尚有灰樺樹（gray birch, *Betula populifolia* Marsh.）等。林下的蕨類有 46 種（7 種 20 屬），發生於 1996 年的熱帶性 Fran 暴風（Tropical Fran Storm）以及偶發性的林火算是較為重大的干擾。

園內的哺乳動物約有 50 種，包括黑熊、鹿、狐、浣熊、山貓（bobcat, *Lynx rufus*）等，黑熊的族群估計約有 300 至 500 隻。園內的白尾鹿（white-tailed deer, *Odocoileus virginianus*）曾因過度打獵而消失，1934 年野放了 13 隻，目前族群已約有 5,000 隻。區內鳥類約有 200 種。1994 至 1998 年曾有隼在區內營巢並孵育出 8 隻小隼，此尚後續監測中。園內也有多種蠃螈（salamander）及蛇類。

在 1976 年，園區約五分之二面積（79,579 英畝）的土地已依美國國會於 1964 年所制定的野地法案（Wilderness Act）納入國家野地保存系統（National Wilderness Preservation System），以加強保存大地的面貌及自然過程。

本國家公園雖積極加強保育工作，但仍面臨空氣污染、外來種入侵、野火等問題，空氣污染主要來自於附近的火力發電廠。民間環保人士已積極參與空氣品質監測，並對火力發電廠施壓；也熱心推動防火教育（Smokey education），以減少林火發生。特別一提的是，設立於 1950 年的非營利團體 - Shenandoah 協會（Shenandoah Association），一直熱心參與公園之環教與解說活動，成效良好。由民間人士協助保育工作是國內應加強推動之事項。事實上，在 Shenandoah 國家公園設立之前，園區曾長期經歷伐木、農耕、開礦等嚴重干擾，但經由爾後之積極復育與保育而形成今日的優質面貌，本公園之管理經營模式值得國內參考。

參訪過 Shenandoah 國家公園後，回程並順道參訪 Mason Neck 國家野生物保護區（Mason Neck National Wildlife Refuge）。其門口採取榮譽收費而無人看管，此理念在國內值得推廣。

## 十五、美國地質調查署

美國地質調查署(United States Geological Survey, USGS)為國家提供下述值得信賴的資訊：（1）闡述及了解地球。（2）減少天然災害造成生命財產之損失。（3）管理水、生態、能源、礦物等資源。（4）加強及保護人民的生活品質。

USGS 於 1879 年成立，120 年來運用他們的天份及知識來推展科技，為當今內政部唯一的科學機構。由於它的自然科學經驗及擁有龐大的地球及生態資料，因此，數以千計的顧客找它合作。USGS 提供存取或了解資訊，以協助解決複雜的全國性乃至世界性的自然資源問題。

USGS 為國家級的測量機構，他就自然資源狀況、議題及問題等方面，加以蒐集、監測、分析及提供科學知識。由於它並不直接管理或接受委託管理，僅提供符合全球變遷需要之科學知識服務。多樣化的專門知識強化 USGS 執行大規模、多學門的調查，建立有關地球的知識庫。因此，各級政府及各行各業的公民均可取得他們需要的資訊工具，以滿足迫切的社會議題。

USGS 擁有最優秀、最有活力的專家，足以承擔各種地球及生命上的問題。結合多種領域的專家，無論是在佛羅里達沼澤地的復建，征服入侵及威脅物種，解決氣候變化影響或評估大都會區對天然災害的傷害等，使 USGS 得以了解複雜的自然現象，並提供科學資訊解決問題，使其合作者或顧客工作更輕鬆。

USGS 約有一萬名科學家、技師及員工，分為水資源、地圖、生物資源及地質資源四個部門，分散在將近 400 個在美國各地辦公處所及數個在外國地區。每年有超過十億美元的預算，支援超過 2000 個單位的美國聯邦政府、地方及部落政府、學術團體及私人機構。

USGS 主要的科學議題可分成天然災害、天然資源、環保、資訊與資料管理等四大領域。天然災害始終為全國性關心議題，USGS 被指定提供科學性需求，以減少可能遭受的生命財產損失。天然災害有很多種型式，包括地震、火山爆發、土石流、地表流失、洪水、乾旱、海岸風暴、野生動物(魚和野生動物)疾病、對外來物種等。USGS 評估天然災害可能發生地點及其對當地居民將造成何種風險。天然災害的長期監測讓科學家能更及時的偵測及報導災害的發生。USGS 與聯邦政府、州政府及地方政府合作，當大災害發生時，協助他們緊急應變，並提供大眾了解可能發生之社區災害，並協助他們設法降低可能遭受之傷害及損失。

天然資源之供給，諸如自來水、灌溉水、家庭供熱之礦物能源或經濟燃料。魚、水鳥及其他生物資源也提供多種生命並確保健康的環境。USGS 早期為國家經濟發展的推手，它提供學者專家評估天然資源的數量、品質及可利用性等必要之訊息。

在我們居住的複雜環境中，自然資源系統間的相互關係是我們必須深入去了解的。USGS 的環境科學著重在了解物理、化學及生物處理對自然資源系統之作用，這些處理在地景方面如何影響人類活動。USGS 不斷地尋求確認及減緩一些不利的衝擊以維持健康的國家環境所需的知識及科學資訊，包括：長期蒐集資料、監測、分析及預測模擬。

天然災害 資源及環境資訊是了解地球的關鍵。USGS 提供專業的、高品質的、即時的科學資訊給決策者及社會大眾。藉由此豐富的資訊，

建立充實資料庫之管道，提供地圖處理、最新的衛星影像、即時的資訊等服務以及累積長達一世紀之久的大量研究報告。

生活在資訊時代及在全球人口不斷成長的壓力下，生活環境勢必越來越複雜，科學資訊對使用者而言則更形重要。USGS 資訊也已上網服務，同時也製成 C D 片，可藉 C D 片直接傳送資訊給顧客。

USGS 以它過去服務社會大眾及在科學上的卓越貢獻為榮。它的科學家最先是研究水文技術在河川流域之管理及複雜的地表水流動模擬。1969 年太空人登陸月球前，即在 USGS 接受有關地質學之訓練。此外，讓全世界各地的人也可在網路上即時存取大量的近鄰地區及社區數值影像資訊，此更是一項創舉。今日能源及礦產蘊藏之基礎科學突破即為 USGS 科學家所建立的。USGS 生物學家徹底改變野生動物資源管理的理念，它提供健全的科學準則，讓水鳥保育及休閒狩獵之間能獲得妥適的管理而非突顯其間的衝突。在地震學上，USGS 及早發出地震的警訊，一旦發生地震才有足夠警示時間去救援生命。

USGS 在天然災害、自然資源管理及環保問題等方面，運用先進的資訊與資料管理科技，長期資料蒐集、監測、分析及預測模擬，並與各級政府機關乃至民間團體合作，解決複雜的管理角色衝突，減少因天然災害造成人民生命財產之損失。USGS 服務社會大眾之具體措施，足供國內各級政府機關在面對各種災害防救急應變處理時之借鏡。

茲將 USGS 總部參訪主題及簡報重點彙整如下：

#### (一) BioBot - 網際網路搜尋生物資訊之引擎

BioBot 為國家生物資訊基礎建設 (National Biological Information Infrastructure) 小組發展出來的產品，它可提供使



圖 9 各種資訊之搜尋畫面

用者一項新穎而且獨特的生物族群搜尋工具。BioBot 包含兩個不同的部份，一為可讓使用者輸入所欲查詢之各種資訊之搜尋畫面 (如圖 9)，另一部份為 MyNBIIFilter, (如圖 10)，讓使用者定義他們的興趣及這些資訊應該多久傳送一次給他們。

BioBot 可協助使用者應用在諸如：SnapBiology, AltaVista 及 Yahoo 等

搜尋工具，讓使用者可輕易取得 NBII 資訊及其他各種可自網路上取得的生物資訊。BioBot 亦定義網路特定格式之



圖 10

資訊，並依照使用者需要，每日、每週、隔週或每月將生物資訊傳送至使用者之個人電腦上。未來 BioBot 更將結合其他生物資訊，如整合生物分類資訊系統 (Integrated Taxonomic Information System, ITIS) 去學習物種及分類資訊。例如：使用者需要有關”入侵物種”，只需上網在 MyNBIIFilter 上定義，BioBot 隨即至網站上篩選出”入侵物種”之相關資訊並傳送至個人網頁上，並通知使用者可擷取資訊之有效期間。

BioBot 可節省使用者在網路上瀏覽及搜尋生物資訊的寶貴時間，它並可讓 NBII 之使用者從網路上取得最新的生物資訊。此外，BioBot 亦提供線上支援，它同時可協助初學者及專家迅速在網路上找到所需之資訊。有關 BioBot 之詳細資訊可參考 NBII 網站上之 <http://www.nbii.gov/search/> 之網頁。

## (二)GAP 分析

GAP (Gap Analysis Program) 為美國地質調查署生物資源組

執行的一項專案計畫，主要由位於科羅拉多州的生物資源調查中心負責。GAP 為美國生物多樣性保育規劃的地理方法，它是為長期維護某一缺乏代表性或代表性不足的生物多樣性元素(植群或物種)之特定區域而設立，它可透過在網狀系統上的生物多樣性土地管理過濾共同物種。

GAP 分析處理之構想開始於 1989 年，由 J. M. Scott 著手進行夏威夷有關鳥類的保育計畫。後來他和愛德荷州立大學研究魚類及野生動物的研究單位共同合作，成為美國魚類及野生動物署在愛德荷州的第一個 GAP 先驅計畫。

GAP 國家生物多樣性資料分析著重遙測、GIS、棲地分析及物種分佈模擬。資料集(Data Set)由各種資源編譯及整合而來。資料產品分成三級：1. 地被之樣板 - 植物或棲地類型之詳細分類；土地覆蓋以 30 公尺 X 30 公尺衛星影像為基礎，共細分為 41 類地被種類，為全美通用的最佳棲地分類。2. 物種分佈 - 模擬鳥類、哺乳類、爬蟲類及兩棲類動物分佈之多重模擬程序。3. 土地管理工作 - 紀錄土地所有權屬聯邦政府、部落及州政府、其他保留地或私有地；並紀錄經營管理及保育狀態之輪廓，以及與其他機構之合作情形：聯邦政府佔 37%，州政府佔 28%，學術機構佔 12%，部落佔 1%，非政府機構佔 16%，營業機構佔 5%、工業機構佔 1%。

GAP 分析程式的任務是提供天然族群及原生物種的保育、土地管理資訊應用評估以促進生物多樣性保育。可經由以下五個目標來達成：

1. 天然族群圖之繪製 - 繪製涵蓋陸域及水域的天然族群分佈。

繪製土地覆蓋及水生棲息地為在科學、技術及開始參與 GAP 後必須突破的。衛星影像結合現有資料、野外、空中錄影偵察及專家知識，為許多州創造了前所未有的地圖。GAP 繼續透過與聯邦政府、州政府及學術機構之合作，邁向國家標準的分類系統及影像處理。

2. 物種分佈圖之繪製 - 繪製原生物種的可能分佈。

某些州已將預測模擬用來繪製所有物種或重要棲息地，為預測

物種分佈，物種及棲地特性使用 GIS 繪圖，然後與高可信賴度的區域核對清單比較，加以評估物種分佈狀況。

3. 土地管理圖之繪製 - 繪製陸域及水域的生物多樣性管理及顯示現網狀系統的保護區。

GAP 描繪土地及水管理的特性是根據土地管理(資源管理者)需要維護生物多樣性。土地管理成果圖可識別土地所有權類別、管理者權限及管理計畫，有助於實際網狀系統的保護區的展示及分析處理。

4. 分析 - 比較天然族群及物種分佈與現有網狀系統的保護區，顯示出何種物種或棲地未充分顯現在網狀系統的保護區上。

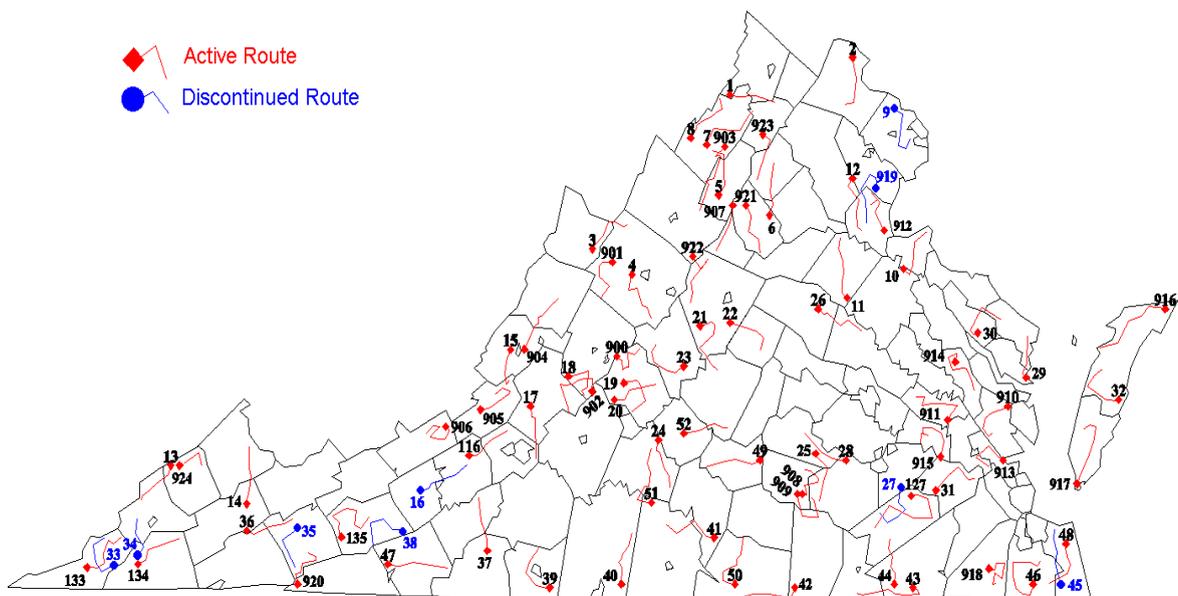


圖 11 1988 年維琴尼亞州繁殖鳥類監測路線分佈圖

“GAP”是代表性不足的物種長期存活在管理區域，要確認這些缺口，可將物種分佈及描述土地所有權及意欲維護生物多樣性的土地管理圖疊合。套疊統計結果將刊載在成果報告中，並允許土地管理人決定在他們土地上的物種需要做更好管理工作或均分管

理工作。

5. 資訊及擴展 - 擴散原始資料及成果資訊到負責土地利用規劃、管理及研究之一般大眾，在應用資訊上建立機關間的合作。

GAP 資訊需再特別努力才有助於大眾有效運用，GAP 亦發展先驅決策支援系統幫助使用者整合 GAP 資料作決策支援處理。詳細情形可參考網站：<http://www.gap.uidaho.edu/>

### (三) 北美繁殖鳥類調查(Breeding Bird Survey, BBS) - 資料之管理及傳遞

美國地質調查署(USGS)和加拿大野生動物署(Canadian Wildlife Service, CWS)自 1966 年起共同合作，利用 BBS 來蒐集路邊的繁殖鳥類監測資料。在美國及加拿大南部的大陸地區隨機選取 4,100 條道路，每條道路 24.5 英哩，沿途每 0.5 英哩設一站，每條道路共設置 50 站，每一站每 3 分鐘計算一次在半徑 0.25 英哩所看到或聽到的鳥類。BBS 資料提供一個族群指標，來預估族群趨勢及其相對數量。BBS 資料庫已存有 34 年鳥類族群資料，370 萬種資料，每年增加 20 萬種。

北美繁殖鳥類調查有兩種資料輸入系統，一為光學辨識方式，運用光學辨識技術將掃描影像轉為數值資料，另外約 32%的資料則直接透過網路輸入。在資料輸入過程及資料上傳至資料庫前，系統將進行各種資料正確性檢驗，必要時還需配合人工檢核，經實際抽查 20%資料加以驗證結果，其錯誤率約為 0.036%。資料透過網際網路傳輸之優點，在於所有資料隨時皆可直接透過網路擷取，資料的取得迅速而方便，並且可減少員工耗費時間於例行性資料需求上。

在 BBS 資料分析方面，目前已發展出調查路線層次之分析(route level analysis)、區域性族群趨勢分析(regional trend analysis)及群落動態分析(community dynamics analysis) 等應用工具，調查路線族群改變之分析可能是 BBS 資料最大的應用效益，該分析程式提供在 BBS 資料庫中所有調查路線上的任何鳥類品種之資訊。

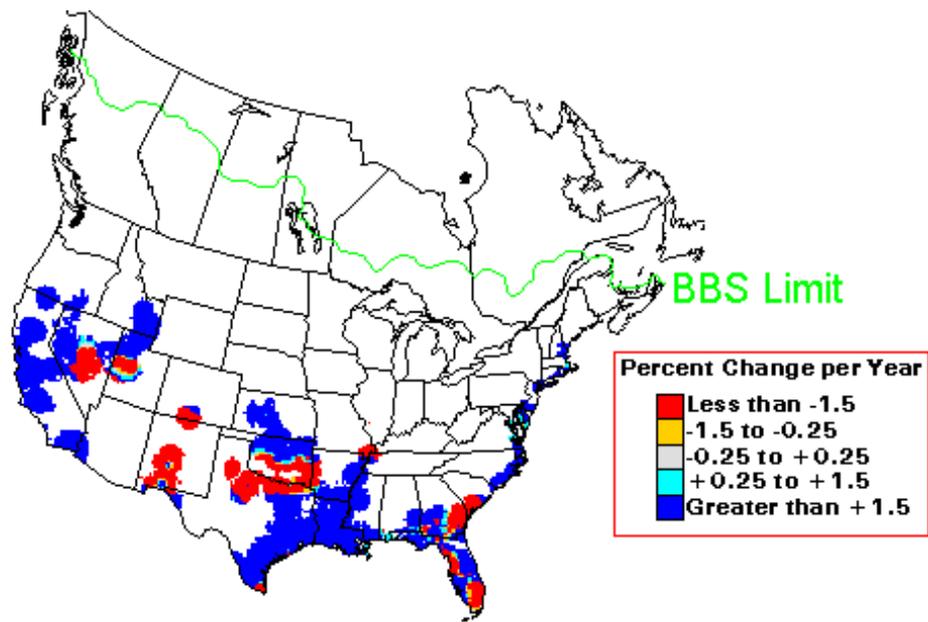


圖 12 1966-1996 年雪鷺族群趨勢分析圖

該 BBS 資料庫具相當大的彈性，其功能十分完整，可完全滿足鳥類研究專家及生物學家之需求。其原始調查資料約有 650 種以上，每月可透過網路擷取的檔案將近 200 個。另外，還有 400 種以上繁殖鳥類調查資料分析結果可直接透過網路查詢，其網址為：  
<http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/bbs/bbs.html>。

#### (四)自然科學資訊系統(Science Information System, SIS)

SIS 係由 USGS 生物資源處(Biological Resource Division, BRD)發展出來的一項自動化查詢系統，它可迅速擷取生物資源處之研究專案資料。SIS 資料庫包括所有 BRD 正在執行的專案之目標、位置、資金來源、研究方法、執行期限、進展及成果摘要。SIS 可依員工不同的業務需求，提供相關之綜合性資訊，作為生物科學研究、向國會爭取經費及預算評估等之參考依據。

## (五) 國家生物資訊基礎建設 (National Biological Information Infrastructure, NBII)

NBII 為 BRD 所發展出來的國家生物資訊基礎建設，最初僅有十個節點，後來逐漸擴大，近年來已普遍受到各界的肯定與支持。NBII 是由全國各地彼此之間可相互交談的電腦所組成，這就是所謂的 NBII 網路，網路上每一部大電腦或一群電腦就稱之為"節點"。節點可分成區域性節點、主題節點及基礎架設構節點，它可提供：分析及合成能力、技術支援、資料倉儲、讓電腦軟硬體在多種品牌機器上能有意義的溝通及教育訓練等用途。節點的設置地點等級有地區性、全國性、跨國之地域性及全球性的節點，每個節點所被賦予之任務各有不同。

## 十六、美國林務署 (USDA Forest Service)

林務署負責的業務很多，但其主要目標在維護全美森林的永續性和健康情形，並使用蒙特婁協議所訂定的 C&I (準則與指標) 作為測量永續森林經營目標達成與否的方法，而 FIA (Pacific Northwest Forest Inventory and Analysis Program) 和 NRIS (Natural Resource Information System) 的資訊管理系統則是構成準則與指標的量測基礎 (圖 13)。FIA 在林務署 PNW 研究站時已有詳細簡報，故本次參訪林務署總部時，自然資源資訊系統 NRIS 及與 FIA 相關的森林健康保護計劃 (Forest Health Protection Programs, FHP) 和森林健康監測計劃 (Forest Health Monitoring Program, FHM) 就成為林務署總部簡報的重點。另外，並與其負責研究和發展的副署長 Robert Lewis 討論資料庫及森林生態保育相關的課題。

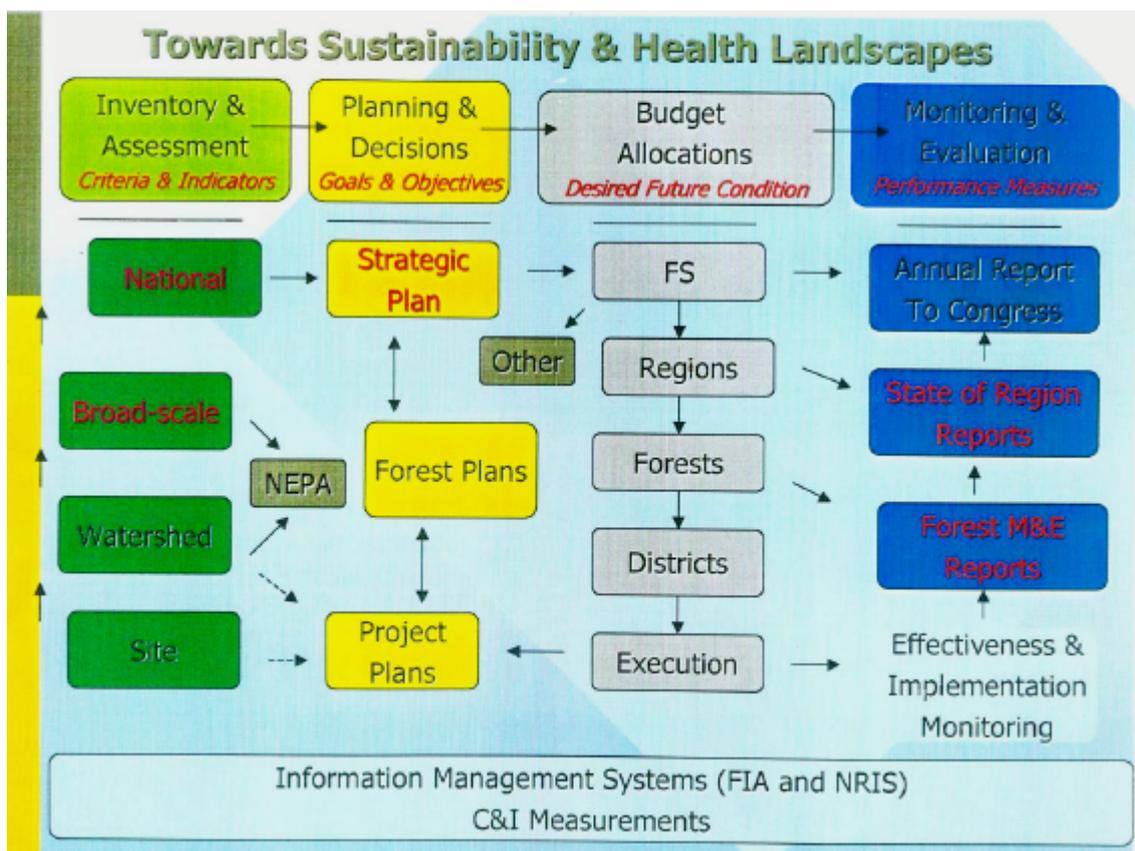


圖 13 C&I 量測永續森林經營目標關係圖

森林健康保護計劃主要在管理森林的病蟲害，以保護森林生態系的健康情形，主要在利用森林健康監測計劃來提供森林健康狀態改變的早期偵測和評估，因而能夠及時地做出資源管理政策的正確決定。

森林健康監測計劃每年利用地面及空中調查來決定全美森林狀態指標的現況、改變和趨勢，稱為發現監測(detection monitoring)；再利用詳盡的評估監測(evaluation monitoring)來評估特定的地點；如果仍有無法判定的地方，則利用密集的樣點生態系監測(intensive site ecosystem monitoring)做進一步的調查和決定；另有監測技術的研究來改進指標選擇和數據分析。發現監測與森林調查分析(Forest Inventory and Analysis, FIA)計劃完全融合在一起，森林健康監測(Forest Health Monitoring, FHM)樣區亦為大面積 FIA 樣區之一部分，採用 FIA 第三階段的調查方法(調查方法的手冊可由網路

<http://fia.fs.fed.us/library.htm#manual> 處取得)，量測樹冠狀態、林木毀損情形、臭氧損傷程度、地衣多樣性程度、植被多樣性程度、土壤化學和侵蝕情形、粗大林木碎削堆積狀況和林木承載程度等等因子。FHM 和 FIA 為美國的蒙特婁協議報告中之主要資料來源，並用於其國內的環境報告，以維護其森林之永續利用為目的。

森林健康保護計劃亦包括如何處理其森林的病蟲害、復原損壞的森林生態系以及分析計劃執行的經濟效益。病蟲害主要是依靠森林健康監測計劃來發現，並利用風險地圖來評估以及利用化學藥品去除病蟲害來控制，且利用跨機構和國際合作來共同降低病蟲害的傳播。

自然資源資訊系統為對美國林業資料庫資訊管理的重整，施行全國性的標準化準則，並以統一的方法來儲存和取用資料。此一系統是為野外工作人員所設計的，由一系列的資料庫和電腦應用程式所組成，將原先數以百計的資料庫縮為植被、工具、人文、動物、空氣、水文和地理地形七個模組，如此野外工作人員及管理人員可以更有效地去進行野外工作和決定。

## 伍、心得與建議

心得：

### (一) 生物資源資訊系統部分

#### 1. 資源資訊的定位問題

此次參訪由美國西岸至東岸，共十六個單位，其中有關生物資源資訊系統部份，大致可分為三大類：

##### (1) 經營管理資料庫：

主要為經營管理單位，為其經營管理需要而發展的資料庫，此類資料庫有 FIA、FHM、Plot、BioBot 等資料庫。

##### (2) 整合資料的資訊系統：

此類資訊系統主要用於整合不同標準或分類體系的資料，讓資料的基本記錄得以標準化或有共同參考，避免對相同事物有不同之解釋，此類系統有 ITIS、ISMS。

### (3) 整合資料庫的資訊系統：

此類系統係基於整合異質性資料庫為出發點，透過此類的系統，使用者可藉由單一介面，快速地在不同的資料庫間進行查詢，如此不但可以提昇使用者的使用效率，更可透過跨單位的合作，建構出趨於一致的標準介面更有助於資料整合理想的實現，此類系統有 NBII 及 NRIS 等系統。

經過上述的功能性分類，可以讓我們清楚地瞭解到資訊系統的發展與應用系統的定位非常有關係。若系統定位於實際的經營管理為主，則應著重於資料表單內容是否切合實務所需？再輔以良好的使用介面，方能落實資訊系統的功能。若是資訊系統定位於資料的整合時，則系統應著重於標準規格的建立及完整且詳實的參考文獻庫，讓資料的查證得以完整。若資訊系統定位於整合不同性質的資料庫時，則資料庫的詮釋資料 (Metadata) 十分重要，同時也要對不同資料庫的資料項目加以整合，方能讓使用者輕易的透過網路介面查到他們所要的資料。

## 2. 網際網路 (Internet) 的大量應用

各個不同的資訊系統均大量地應用網際網路的技術，透過網際網站 (WWW Site) 的架設，讓資訊系統得以脫離單機使用的限制，深入到各個野外實驗站或民眾家裡。如此促使使用者大量的應用或查詢資訊系統內的資料，不但讓資料庫有錯誤的地方一一被指正出來，更讓資料庫的功能透過使用者的使用情形更彰顯出其重要性，也讓政府部門感受到民眾對此類資訊系統的強烈需求。如此一來，對於發展此類資訊系統的預算爭取非常有幫助。如同在 USGS-BRD 的參訪中，BRD 主任所言的，因他們的資訊系統有數以百萬計的使用者，讓他們備受肯定，因此他們只有盡可能提出更好的計畫擴充功能，提昇服務品質。因單位經費之增加與否，取決於所提出的計畫之好壞，所以他們只需致力於技術的提昇，滿足使用者的使用需求，經費自會源源不絕的進來，所以他們較少受到經費不足之困擾。

由於網際網路的普及，讓此種使用者至上，服務到府的觀念，

得以充分發揮，不但拉近系統供給者（設計者）與使用者間的距離，更讓系統的好壞直接面對使用者的批評。如此不但讓所發展的資訊系統擺脫濃濃的衙門味，更提昇系統的可讀性，當然，相對地也讓系統的功用受到肯定。如此良性的互動，造成資訊系統的快速發展，實有賴於網際網路的聯繫（圖 14），方能成功。

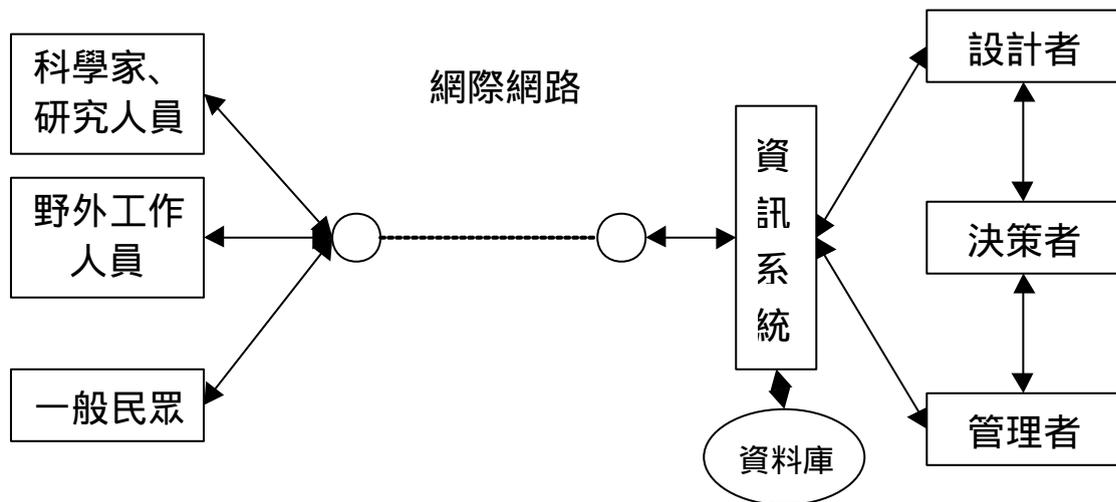


圖 14 網際網路聯繫圖

### 3. 資料整合之趨勢

隨著網路技術的進步，不但促進使用者與設計者、管理者間的互動，更讓資料庫彼此間的不相容性凸顯出來。因此如何有效地將資料庫內的資料一致化，或資料庫間相容化，均是目前生物資源資訊系統所亟需解決的問題。過去幾年來，美國在資料整合方面投入相當多的人力與物力，嘗試將各種資料加以整合。但在此過程中，資訊系統的定位十分重要，也就是系統發展的目的要十分明確，否則將讓資料整合，毫無方向可資依循。

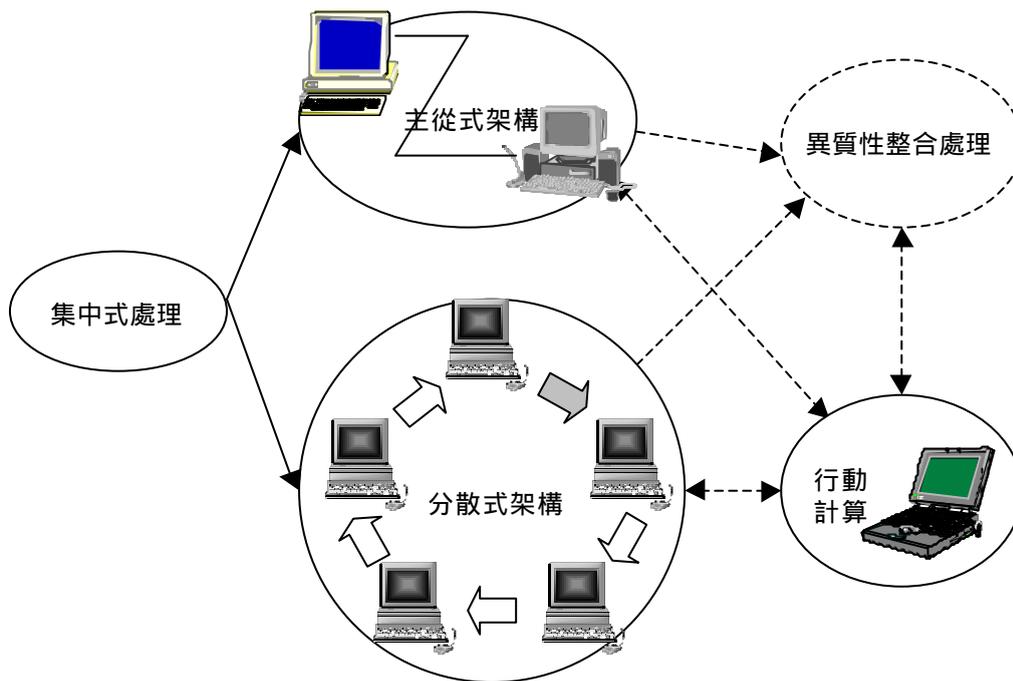


圖 15 資料庫系統處理架構的演進

#### 4. 異質性分散式資料庫系統 ( Heterogeneous Distributed Database Systems , HDDS ) 之興起 :

從資料庫系統處理架構的發展歷程，可分成以下幾個演進階段來說明 ( 圖 15 ) :

##### 第一階段：集中式處理架構 ( Centralized Processing )

由大型主機處理運作，使用者透過終端機僅能接收並顯示出資料，無法處理主機的資料。優點為主機擁有完全控制權，僅需管理主機運作，沒有資料保護的問題。缺點是當資料量及使用者增加時，主機可能負擔過大。

##### 第二階段：主從式架構 ( Client-Server Architecture )

隨著個人電腦與網路的普及，使用者能分擔主機的處理工作，而產生了此種架構。個人電腦能顯示資料外，還可排序或過濾訊息。目前用多部較便宜的工作站分散處理工作，取代大型主機的趨勢。傳送方法多為 Client 透過標準的應用程式界面 ( Application Program Interface , API ) ，或利用遠端程序呼叫 ( Remote Procedure Call , RPC ) 來與 Server

做聯繫。此架構下 Client 也可是工作站，Server 也可以是使用多工多使用者作業系統（Multi-User, Multi-Tasking Operating System）的個人電腦。

#### 第三階段：三層式應用系統發展架構( Three-Tier Architecture )

此架構分為客戶端( Client )、網站伺服器( Web Server )與資料庫伺服器( Database Server )三層。其中資料庫伺服器仍然負責儲存應用程式所需的資料，Web 伺服器則是負責 Web Server 與「首頁」(Homepage)的建立，而客戶端便是利用瀏覽器與伺服器連接，透過「首頁」的呈現方式讓使用者與 Web 伺服器與資料庫做雙向溝通，在客戶端可以執行 Java 或者是各式各樣的 Script 語言，如：JavaScript 或 VBScript 等。

#### 第四階段：同質性分散式處理( Homogeneous Distributed Processing )

一個組織資料庫在網路上分散成多個站( site )。各站仍以整體組織運作為原則，其組成架構同質性極高，稱為「分散式資料庫系統」( Distributed Database Systems )。此處理架構具有有效性( availability )、彈性( flexibility )，資料庫系統更加穩定可靠，各站也能具有更多自主性。但成本較高，且易增加網路負擔。為了讓使用者覺得是面對一個集中式的資料庫，此系統必須做到資料查詢、更新連鎖、系統目錄、並行處理、回復處理等管理。

#### 第五階段：異質性分散式處理架構( Heterogeneous Distributed Processing )

各個不同性質的組織，為整合彼此的資料，產生了「異質性分散式資料庫系統」( Heterogeneous Distributed Database Systems , HDDS )。在現有的電腦網路上將有關的獨立資料庫做一番整合，使得使用者可以透過整合後的介，查詢到他所要的資訊。注意：使用者並不需要知道他所需要的資料是由那一個資料庫所提供的，所以對於使用者來說，網路就是一個龐大的資料庫，這就是 network as a global

database 的概念。要將各個獨立資料庫整合成為一個整體資料庫，並不是一件容易的事。因為所有的獨立系統，從基層到上層都可能具有不同程度的異質性(heterogeneity)，因此我們也稱此類整體資料庫系統為異質性分散式資料庫系統。整合後的異質性資料庫系統，將來還可以透過網路與地理資訊系統 ( Geographical Information Systems, GIS )、決策支援系統 ( Decision Support Systems, DSS )、專家系統 ( Expert Systems, ES )、及多媒體( Multimedia Information Systems ) 等系統做彼此間的交互運作，以形成更完整的資訊系統。

同質性分散式資料庫系統與異質性分散式資料庫系統最大的不同點在於：前者是以整體組織為考量，建立若干個性質類似的資料庫，以達到分工合作的目的；而後者則是跨越組織，整合已經存在、而且結構可能不同的資料庫，以達成資訊共享的目標。隨著整合性趨勢所產生的異質性資料庫管理系統，網路的通訊協定及資料庫的資料存取協定也更被重視。而產收生了結合兩者的中介軟體 ( middleware )，可用以解決系統差異。

#### 第六階段：行動計算處理 ( Mobile Computing )

係透過攜帶型電腦，此次參訪令人印象最深刻的是資料庫系統處理架構，已明顯地走向異質性分散式處理架構 ( Heterogeneous Distributed Processing )，例如 NBII、NRIS 等整合性的資訊系統，希望透過網路來達到資料庫整合之目的。因此，我們未來應多多注意美國在異質性分散式資料庫系統發的經驗，作為我們未來發展資料庫之參考。

#### 5. 跨機構的合作

在 NBII 的宣傳文件上，開宗明義地指出 “ Building Knowledge Through Partnerships ” 經由合作、建構知識。眾所皆知，21 世紀是知識經濟的時代，然而知識的成長需不斷地學習、討論方能累積知識。生物資源方面，於分工愈趨精細的今天，單單某單一

機關的努力，實無法涵蓋生物資源的全貌。因此，若欲在生物資源的經營管理有所進步，實有賴於相關的各單位通力合作，方能將知識加以累積。關於此點，此次參訪所到各機關均一致強調跨機關的合作是十分重要的事，例如在 Portland，美國林務屬西北試驗站主任所提及，西北計畫（Northwest Plan）的形成過程中，經由總統的要求，促使不同機關不得不面對面的溝通協調，方能有所定案。此一過程讓相關單位都能體會跨機關的合作是多麼的重要與有效率，所以，若想真正有所突破，則需要各有關單位打破本位主義真誠合作，否則難矣。

## 6. 國家標準之建立

資料之整合基礎在於標準之建立，因此在過去幾年，為求資料之整合與流通，標準格式之建立頗受重視，在 FDGC 之下，針對各式的資訊資料訂定了許多的標準，也確定落實於實際計畫的執行方面，

例如在內政部國家公園署所執行的植被圖繪製計畫，其結果即為符合國家製圖標準，另在植群分類方面，FGDC 亦發展出植群分群的國家標準，藉此統一全國的植群分類標準。這些都是為求資料能夠整合所做的努力。不但如此，某些系統（例如 ITIS）雖知目前分類系統整合十分困難，但以明列各式命名的方式，來達到資料互通的可能，此一方式不失為另類標準的建立。總合而論，資料的整合需架構在一致的標準上，因此，國家標準的建立，確有其迫切性，在此次參訪過程中，我們也清楚看到當標準建立後，很多問題自然得以解決，同時也能帶動資訊系統應用的擴大。

## （二）生態系經營部分

### 1. 生態地理學的應用

對於基本環境特性的掌握是生態系經營十分重要的一部份，尤其在經營規劃階段更形重要。目前國內國有林經營，雖有林地分級、分區經營的實施，但林地分級終究僅考慮部分林地生產力因子，至於分區規劃更是無堅實的生態學理以為依據。此次參訪由生態地理學大師 Bailey 博士，深入淺出地說明生態地理學之應用，讓我們感

受到生態地理分區的概念確有其獨到之處。雖然生態地理分區的實施有其實務上的困難，但其終究較符合生態系經營原則，所以如何在台灣試行生態地理理論，或許是值得試的。

## 2. 監測與調查技術

### (1) 森林調查與分析 (Forest Inventory and Analysis, FIA)

系統在美國林務署已有悠久的調查歷史，也有非常龐大的資料庫。森林健康監測 (Forest Health Monitoring, FHM) 計畫，則是在 1990 時代所推行的監測計劃。初期兩系統有所區隔，但隨著調查工作的擴大，目前此兩系統已有合流的趨勢，並已發展出互補的整合架構。

### (2) 棲地模式

在森林與動物的關係上，棲地的提供是森林生態系的一個重要角色，因此，若能透過適當的棲地管理工作，將有助於 EM 之達成。在美國已廣泛使用的 HSI 模式，確能提供棲地評估的基礎資料，所以此種棲地模式的建立是十分重要的，值得我們參考應用。

### (3) 空中描繪製圖 (Aerial Sketch mapping)

對於大面積的土地利用監測，例如違規使用、病蟲害等，在實務上很難完全掌握，部分地區雖可應用衛星影像，然而有些監測項目過於細小，衛星影像無法辨識應用，或者因天候影響無法即時獲得影像，均造成大面積監測工作很難進行。美國林務署已發展出一套整合飛行 GIS、GPS 的數位式空中繪圖技術，此一技術可以讓調查人員直接在空中飛行過程中對於特殊林分(例如：病蟲害、濫墾地等)，直接在電腦螢幕上，將其邊界描繪出來。如此不但可以快速更新 GIS 資料庫，更可能將飛機飛航路線完全紀錄下來。以台灣目前對土地利用監測技術的殷切需要，雖有水保局利用 SPOT 衛星影像尋找出土地利用變遷之處，但其功效仍受限於 SPOT 衛星影像本身之限制。而且以台灣的地形特性，恐仍須借重輕航機、直昇機，方能在最短的時間內，提供最即時的資訊。因此，此一技術應有引進的台灣的必要。

## 3. 生態系經營評估準則與指標- LUCID (Local Unit Criteria and

## Indicators Development Project )

生態系經營的成效評估是評量經營成果的重要過程，然而這些評量成效的準則與指標的選擇，是決定監測工作進行的最基本要求。雖然蒙特婁協議中，已訂有許多評估的準則與指標。然而，這許多的準則與指標是否能照單全收？或需做某種程度的調整？都需要經實地的測試。有鑑於此，美國林務署為探討這些準則與指標是否能落實於其例行的調查工作上，選定特定地區進行測試，並進一步根據這些測試成果進行 LUCID 計畫。此種本土化的測試過程一直是國內所缺乏的。因為國外所發展的準則與指標是否能在本土實施？一直是眾說紛紜無法獲得確切的知識。然而唯有透過實際的檢驗方能瞭解這些準則與指標是否能適用於台灣，所以美國都需要花費如此長的時間即投入人力、物力進行準則與指標實施的測試，以台灣的條件，豈不更應進行引進的測試，所以未來對求引進新的準則與指標標準，均應進行本土化的測試，以便進行必要的修正，方能落實監測工作。

### (三) 自然保育部分

此次赴美研習，亦利用假日參訪國家公園等之自然保育工作，研習內容已如上述。茲提供以下建議供國內參考：

#### 1. 溪流資源保育

國內之森林溪流保育工作，經驗較為不足。近年較受注目的是七家灣溪的櫻花鉤吻鮭保育工作以及卡社溪野放鮭魚之可行性等問題。在這一方面，Oregon 州鮭魚河保護區 (Salmon River Riparian Reserve) 之管理經營模式值得國內參考。另國內之魚梯設計與建造，值得選派相關人員前往學習 Oregon 州 Columbia 河之魚梯實務經驗。

#### 2. 干擾地之監測

國內近年之自然大干擾諸如九二一地震、桃芝颱風、中橫林火等，干擾後之規劃、監測、復育等，常有爭議而延誤時機。此次參訪的聖海倫斯火山區、牛頓溪崩塌地等，在事件發生後，決策與規劃較快，該保留的紀念地嚴禁人為干擾，該復育的即速協調相關單

位全力投入，且大力支援相關的監測與研究工作。國內九九峰、九份二山、草嶺崩場地之規劃、監測與研究工作，建議積極加強整合，並與美國之相關個案加強技術與經驗之交流。

### 3. 物種保育

國內已重視特有與稀有物種的研究與保育，農委會之特有生物中心算是專責單位。在密蘇里州 St. Louis 之植物保育中心( Center for Plant Conservation ) 是全美國瀕危植物收集、保存及復育之協調單位，其績效良好。參訪團已為特有生物中心帶回相關的參考資料，並建議兩單位進行保育技術之交流。

### 4. 民間參與保育

國內之國家公園單位已建立義工制度，培訓義工參與解說工作。但在美國 Shenandoah、Rocky Mountain 等國家公園之模式是由民間主動熱心成立國家公園協會，除參與一般的保育與解說活動外，亦出版與販賣書籍、紀念品等，所得經費亦用以支持保育工作。協會的績效良好，建議推廣於國內。

### 5. 長期生態研究之交流

Oregon 州 Andrews 試驗林之長期生態研究 ( LTER ) 工作已進行 20 年，成績卓著，是 LTER 研究之先驅研究站。國內的 LTER 起步較遲，雖已與 Andrews 方面有所交流，但建議兩方持續並擴大彼此間之合作。

## 建議：

### (一) 生物資源資訊系統部分

#### 1. 加強網際網路的應用

網際網路的應用之重要性已是大家所共識的，然而如何透過網路的連接，將生物資源資訊非常方便且舒適地送至各種的使用者面前，應是政府主事者所應念茲在茲的。因為唯有獲得民眾支持、認同，方能讓生物資源的管理獲得更多的支持。

#### 2. 加強異質性資料庫整合技術之發展

以美國經驗來看，由於不同機構發展不同的資料庫，讓異質性資料庫的整合已是必走的道路，台灣的情況亦是十分類似。過去十

年由於各方的需求，各式資料庫如雨後春筍般地發展出來，今日若想要整合這麼多的資料庫難度非常大，因此如何借重美國在此方面的經驗，讓我們可以縮短整合的苦楚。基於此，以下謹建議兩個具體可行之方案以供參考：

#### (1) 選派種子教官赴美研習相關經驗

由與此次時間不足，無法針對主題深入研習，因此建議未來可從相關單位選取外語能力佳的業務承辦人員或主管，作為赴美研習的種子人員。人員約在五人左右，其成員可來自國內不同單位，以便日後回國可跨機構合作。赴美前應先做研習主題的研習，列出研習重點，回國後應舉辦研習成果發表會，如此方能真正落實研習效果，而不致淪為酬庸式的出國研習。短期內此種種子人員若因語言能力不足，亦可考慮由學者專家隨團輔導，以便協助語言溝通，但長期仍應由業務單位人員勝任。

#### (2) 邀請國外人士來台訪問進行經驗交流

若希望能將國外的經驗落實於本土，勢必針對特定主題，邀請適當的有經驗人士來台訪問，必要時可停留較長時間，除舉辦研習班外，亦可讓其參觀台灣，以便瞭解台灣的特色。透過此種交流一方面可學習外國經驗，另一方面也可讓外國人士瞭解台灣的生態特色，讓他們思考如何轉換他們的經驗，以便移轉相關技術能符合本土的需要。

### 3. 國家標準應及早建立

為求資料能夠分享、流通，有必要早日訂定國家的資料交換標準，其相關的分類標準，讓資料得以流通分享，發揮最大的功效。

### 4. 建立跨機構合作機制

不同機構的合作不但能避免重複建置相同的資料，減少浪費，更可提昇資料庫建置的速度。因此如何學習美國經驗，加強不同機關的合作意願，並促使各機關能真誠合作，應是日後資料庫發展的重要一步。

#### (二) 生態系經營部分

將生態系經營依實施之過程分成規劃、施行與評估等三個階段，

以下謹針對某些特定生態系經營主題，提出未來可著力的方向：

#### 1. 規劃階段

##### (1) 引進生態地理分區技術

Bailey 博士於生態地理方面，不但理論深厚且具有豐厚的實務經驗，若能邀請至國內參觀訪問。相信以 Bailey 博士堅實的生態地理學理論基礎與豐富的實務經驗，必可為國內在此方面提出非常建設性的建議。

##### (2) 地景分析與設計

依生態地理的原則，將大區域範圍做適當的分區之後，於地景尺度上，應再進行必要的地景分析及設計。此種技術目前在台灣尚在起步階段，而美國林務署西北實驗站在此方面有豐富的經驗，可積極接觸加速引進其分析技巧。

##### (3) 規劃軟體之應用

不論是線性規劃或決策支援系統均屬於廣義的規劃軟體，此次參訪所接觸到 EMDS, Spectrum, SNAP, RELM 等軟體均屬於此種軟體。因美國撰寫經營計畫時，要求利用規劃軟體做事先規劃。因此，在資料的收集與整合方面較有系統，間接地提升了不少經營管理的效率。所以，雖然國內現實環境尚無法有效地配合此類規劃軟體進行實質規劃，但值得引進此類規劃軟體，一方面可讓實際負責規劃的人員，知道正常的規劃步驟應如何進行，也可讓資料收集人員知道該如何收集有用的資料。

##### (4) 經營計畫撰寫技巧與規範

目前國內的經營計劃編寫人員，多為臨時性編組為之，而且多許久未接觸經營計劃之撰寫工作，造成倉卒所成的經營計畫，多係拼湊而成，缺乏整體性。美國林務署在經營計畫的撰寫方面有悠久的歷史，且其對撰寫內容的規範亦較完整。雖目前該署對永續經營的經營計畫編寫規範，尚在研擬中，但其豐富的經驗仍值得我們學習。因此有必要邀請相關人員來台，就其對經營計畫內容規範的最新方向予以介紹，並請其同時提供必要的技術轉移，提昇台灣經營計畫的撰寫能力。

## 2. 施行階段

### (1) 林火管理技術

林火管理於台灣日趨重要，從燃料的調查、火災危險度的訂定、救火技術及災後緊急處置技術（BAER）等一系列的林火相關管理工作，均可借重美國在此方面的經驗與技術，相信可有效提昇台灣林火管理水準。

### (2) 河濱帶經營技術

生態系經營中，河濱帶扮演重要的廊道角色，因此必須對河濱帶進行必要的管理措施。台灣在此方面的經營管理技術，雖有起步之跡象，但仍欠缺完整的系統管理經驗與技術。所以可借重美國林務署對河濱帶的經營管理經驗，雙方進行適當的對話，進而引進其經營管理觀念與技術進行測試。

### (3) 棲地模式的建立

從棲地管理的角度出發，棲地模式可結合棲地評估與相關生物與棲地關聯，對於探討野生動物與環境的關係相當重要。因此，可考慮與其在棲地模式建置經驗豐富的機構加強聯繫，引進國內試用。

## 3. 評估階段

### (1) 成本效益分析

生態系經營的成本效益分析可以看出何種方案較佳，然而，成本效益分析如何進行，則是現場人員無法瞭解的！因此有必要再為他們進行職業訓練，以提升評估分析能力。

### (2) 監測技術

目前林務局已設立永久樣區系統，作為監測森林變化的基線資料，惟其監測項目仍屬有限。反觀美國目前不但已整合森林調查與分析及森林健康監測系統，同時對調查、監測體系的調查項目也重新進行整合。此種整合的經驗，可供我們未來在監測調查規劃上的參考。

### (3) 公眾意見調查技術

對於民眾意見的調查，是經營者瞭解民眾需求的重要管道。因

此，如何借重美國在此方面豐富的經驗，讓經營者能掌握民意脈動，做出最適的決策。