

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：研習及考察)

出席「美國東南部河川復育研討會」  
及考察出國報告書

服務機關：經濟部水利署

出國人員：張家榮副工程司

出國地點：美 國

出國期間：97年11月1日至11月8日

報告日期：98年元月14日

# 出席「美國東南部河川復育研討會」及考察出國報告

## 目 錄

	頁次
摘要.....	2
壹、 目的.....	3
貳、 行程與議程.....	4
參、 參訪紀要.....	8
肆、 心得與建議.....	12

## 摘要

早年因著重於經濟發展，對於河川環境保育的觀念卻相當薄弱，因此造成河川區內大量垃圾與廢棄物傾倒、家庭與工業污水排入等，嚴重影響河川水質及破壞河川環境。由於一切以「人」為中心之思維，對河川之防洪整治工程僅考量其安全性，卻忽略其對生態及景觀之破壞，因此造成原有河川區內水、陸生動植物面臨生存危機，且三面光之堤防亦嚴重破壞景觀，造成景觀上不協調性。

有鑒於近年來國民生活品質逐漸提升，民眾對優質河川環境之要求與日劇增。爰此，經濟部水利署近年來執行「重要河川環境營造計畫」時，為了能營造優質河川環境及復育河川生態棲地，爰乃針對河川環境改善工作項目中之河川環境復育工作，採以生態工程進行之，成果相當豐碩，且成功復育出完善生態棲地。惟生態工法因地制宜，其技術之交流及提升實屬重要，爰乃藉由參加美國東南部河川復育研習會（Stream Restoration in the Southeast Conference）及現地參訪（fieldtrip），瞭解及學習美國東南部（北卡羅來納州）對河川復育工程之規劃、設計、建造及監測成果。相信對我國河川復育之技術提升，必有助益。

## 壹、目的

經濟部水利署近年來執行「重要河川環境營造計畫」時，為了能營造優質河川環境及復育河川生態棲地，爰乃針對該計畫之河川環境改善工作項目中河川環境復育工作，採生態工程進行之，業經各河川局同仁戮力辛勤付出，已成功於所轄中央管河川之局部河段復育完善生態棲地，且成果豐碩。

由於河川復育工作採用之生態工法，因地制宜，為能達成河川復育技術之交流及提升，經濟部水利署遂於本（97）年度水資源作業基金派員出國計畫核定「河川及海岸復育」一項，案經評選及審議後，核派由經濟部水利署（河川海岸組）張副工程司家榮 1 人參加「河川及海岸復育」出國計畫。

為能達成學術交流及實質技術提升等目標，爰乃擇定於本（97）年 11 月 1 日起至 8 日，前往美國東南部之北卡羅來納州（North Carolina）艾西維爾市（Asheville），參加美國東南部河川復育研習會（Stream Restoration in the Southeast Conference）及現地參訪（fieldtrip）。希冀透過研習會之意見交流與現地參訪之工法學習，俾利提升我國河川復育工程之規劃、設計、建造及監測等技術。

## 貳、行程與議程

### 一、行程概要

日期	地點	時間	行程
11/01 (六)	台北→洛杉磯 →亞特蘭大	11/01 23:25 桃園機場第 2 航廈 11/01 19:50 抵達洛杉磯機場，並於 23:15 於洛杉磯機場轉機前往亞特蘭大	◎ 啟程 (台北→洛杉磯→亞特蘭大)
11/02 (日)	亞特蘭大→艾西維爾	11/02 05:23 抵達亞特蘭大機場，並於 09:35 於亞特蘭大機場轉機前往北卡羅來納州艾西維爾市地區機場 10:39 抵達艾西維爾市地區機場 11:00-12:00 搭車由地區機場前往艾西維爾市區 14:00 前往研習會舉辦場地 (Renaissance Hotel) 報到	◎ 移動 (亞特蘭大→艾西維爾)  ◎ 報到 (宿艾西維爾市)
11/03 (一)	艾西維爾	08:-17:00 參加研習會議	◎ 研習 (宿艾西維爾市)
11/04 (二)	艾西維爾	08:-17:00 參加研習會議	◎ 研習 (宿艾西維爾市)
11/05 (三)	艾西維爾	08:-17:00 參加研習會議	◎ 研習 (宿艾西維爾市)
11/06 (四)	艾西維爾	08:-15:00 河川復育現地參訪 1. Morgan Creek, Haywood County 2. Richland Creek, Waynesville 3. Swannanoa River, Asheville	◎ 參訪 (宿艾西維爾市)
11/07 (五)	艾西維爾→亞特蘭大→日本	◎搭機返台； 07:10 由北卡羅來納州艾西維爾市地區機場前往亞特蘭大機場 08:14 抵達亞特蘭大機場，並於 09:50 於亞特蘭大機場轉機前往日本成田機場	◎ 搭機返台 (艾西維爾→日本)
11/08 (六)	日本 ↓ 台北	14:25 抵達日本成田機場，並於 16:30 於成田機場轉機返回台北 19:30 抵達桃園機場	◎ 搭機返台 (日本→台北)

## 二、議程

<b>Day 1: Monday, november 3</b>	
8:30 am - 11:30 am	<p>Applying Watershed Assessment of River Stability and Sediment Supply (WARSSS) to Restoration Design Instructor: Dave Rosgen, Wildland Hydrology</p>
1:00 pm - 5:00 pm	<p>General Session: Advancing the Science and Practice of Stream Restoration Moderator: Barbara Doll, NC State University</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Greg Jennings, NC State University - Conference Overview</li> <li>• Dave Penrose, NC State University - Ecological Stream Restoration: Field of Dreams or Mitigation Myth?</li> <li>• Jerry Miller, Western Carolina University - Assessment of Channel Dynamics and Its Implications to Effective Channel Design</li> <li>• Art Parola, University of Louisville - Design Considerations for Streams in Post-Settlement Alluvium</li> <li>• Martin Doyle, UNC-Chapel Hill - Five Aspects of Stream Restoration that Need to be Advanced</li> <li>• Dave Rosgen, Wildland Hydrology - The Essential Eight Phases of Natural Channel Design for River Restoration</li> </ul>
<b>Day 2: Tuesday, november 4</b>	
8:00 am - 11:30 am	<p>General Session: Lessons Learned and Future Directions Moderator: Karen Hall, NC State University</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kevin Moorhead, UNC-Asheville - Connecting Stream Restoration to Floodplain Hydrology</li> <li>• George Athanasakes, Stantec Consulting - Future Directions for Stream Restoration - Learning from the Past and Preserving the Future</li> <li>• Desiree Tullos, Oregon State University - Dam Removal Monitoring Study Designs</li> <li>• Angela Greene, USDA-NRCS - Lessons Learned the Hard Way in Stream Design and Construction</li> <li>• Vince Sortman, Biohabitats - Regenerative Stream Restoration and Legacy Sediments</li> <li>• Will Harman, Baker Engineering - Applying the Science of Stream Restoration: A Practitioner's Perspective</li> </ul>
1:00 pm - 2:30 pm	<p>Ecological Considerations for Stream Restoration Moderator: Karen Hall, NC State University</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Andrew Dolloff, Virginia Tech - Ecological Context for Stream Restoration</li> <li>• Todd Petty, West Virginia University - Setting Ecological Objectives to Maximize Watershed Scale Benefits of</li> </ul>

	Restoration
3:00pm - 5:00 pm	<p>Habitat Considerations in Ecosystem Restoration Moderator: Karen Hall, NC State University</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daniel Ingram, WK Dickson - Floogie Stream and Wetland Restoration Site Aquatic Habitat Assessment and Restoration: A Case Study</li> <li>• Elizabeth Sudduth, Duke University - Restoring Ecosystem Functions to Restore Water Quality</li> <li>• Jeffrey Muehlbauer, UNC-Chapel Hill - Knickpoint Effects on Habitat and the Invertebrate Community</li> <li>• Ryan McManamay, Virginia Tech - The Effect of Gravel Addition on Flow Restoration on the Fish Assemblage in the Cheoah River, NC</li> <li>• Rita Mroczek, NC Ecosystem Enhancement Program - Beavers, Stream and Water Quality</li> <li>• Cody Fleece, Stantec Consulting - Examination of Large Woody Debris Loading, Riparian Forest Structure and Hydraulic Geometry Relationships to Guide Restoration Efforts in Mixed Urban</li> </ul>
<b>Day 3: Wednesday, november 5</b>	
8:00 am- 10:00 am	<p>Watershed Planning to Optimize Restoration Moderator: Jim Borawa, NC Wildlife Resources Commission</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Michael Herrmann, NC Ecosystem Enhancement Program - Prioritizing River Basin Restoration - The Ecosystem Enhancement Program Approach</li> <li>• Michele Drostin, NC Ecosystem Enhancement Program - The NC EEP's Watershed Planning Process: Addressing Local Watershed Needs While Identifying Priority Restoration Opportunities</li> <li>• Anita Goetz, US Fish &amp; Wildlife Service - How the Potential for Cultural Resources at a Site Can Affect Stream Restoration Design and Implementation: The Coweeta Creek Lesson</li> <li>• Timothy Ormond, Altamont Environmental - From Mountains to Piedmont: A Watershed Approach for Restoring a Third Order Stream in Rural Western North Carolina</li> <li>• Greg Melia, NC Ecosystem Enhancement Program - Essential Components of Restoration Plans for Effective Justification and Validation of Stream Restoration Projects</li> <li>• Todd St. John, Kimley-Horn and Associates, Inc. - There are Many Lessons to be Learned From the Complicated World of Urban Stream Rehabilitation</li> </ul>
10:20am - 12:00 pm	<p>Ecological Assessment: Optimizing Habitat Moderator: Andrea Leslie, NC Ecosystem Enhancement Program</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scott Lowe, McCormick Taylor - Incorporating Large Woody Debris into Urban Stream Restoration: A Case Study of the Design of the Northwest Branch of the Anacostia River</li> <li>• Robert Emanuel, Oregon State University - Climate Change &amp; Stream Restoration: Lessons Learned in Oregon Watersheds</li> <li>• Kevin Hining, NC Wildlife Resources Commission - Monitoring the Effects of Stream Restoration Activities on Trout in Two Western North Carolina Streams</li> <li>• Andrea Lesle, NC Ecosystem Enhancement Program - Barriers to Aquatic Organism Passage in the Upper Little Tennessee River Basin</li> <li>• Jessica Roberts, NC State University - Field Assessment of Culvert Impacts on Stream Channel Morphology</li> </ul>
1:00 pm- 3:00 pm	<p>Coastal Ecosystem Restoration Moderator: Kris Bass, NCSU Water Quality Group</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kevin Tweedy, Michael Baker Engineering - Channel or No Channel? A Design Methodology for Coastal Plain Riparian Headwater Systems</li> <li>• Jim Halley, EcoEngineering - A Headwater Wetland Restoration Design Methodology: A Case Study in Coastal Mitigation</li> <li>• Tracy Morris, NC Ecosystem Enhancement Program - Coastal Plain Headwater Stream Restoration: A Case Study</li> <li>• Evan Corbin, NC State University - Water Quality Analysis of a Restored Tidal Stream in Eastern North Carolina</li> <li>• Elizabeth Haley, College of Charleston - Challenges in Characterizing a Natural Forest Stream, its Tributaries, and Cross Drainage Structures on the Turkey Creek Watershed in Coastal South Carolina</li> <li>• Joshua White, Baker Engineering - A Look at Restoration Approaches and Lessons Learned: The Crowns West Case Study</li> </ul>
3:20pm - 5:00 pm	<p>Case Studies: Lessons Learned Moderator: Jeff Jurek, NC Ecosystem Enhancement Program</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Andrew Bick, Confluence Engineering - Restoration of the Flat Fork Valley</li> <li>• Roger Rhodes, Spartanburg Water Systems - Surviving the Deluge: What Happens When a 500-year Storm Hits Your Stream Restoration Project?</li> <li>• Shawn Wilkerson, Wildlands Engineering, Inc. - West Fork Linville River Restoration: High-gradient Mountain Stream Restoration</li> <li>• Miles Hebert, EMH&amp;T - Ecosystem Restoration in a Lacustrine Environment</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>Patricia D'Arconte, Town of Chapel Hill - A Case Study in Urban Stream Restoration: 5 Years Later</li> </ul>
<b>Day 4: thursday, november 6</b>	
8:00 am - 3:00 pm	Stream Restoration Project Visits <ul style="list-style-type: none"> <li>Swannanoa River, Asheville</li> <li>Morgan Creek, Haywood County</li> <li>Richland Creek, Waynesville</li> </ul>
3:00 pm	ADJOURN

### 參、參訪紀要

<b><u>11月3日(一)至11月5日(三)</u></b>
<b>全日：於艾西維爾市區之Renaissance Hotel參加河川復育研習會</b>

經 11 月 2 日下午前往研習會舉辦地點 Renaissance Hotel 報到後，正式研習會議於 11 月 3 日至 11 月 5 日在該飯店（照片 1 及照片 2）一連舉辦三日。會議包括一般共同會議（General Session:）與同時進行會議（concurrent session；共分 A、B 及 C 三廳針對不同議題同時舉辦）。參加之研習課程如上項議程所示：共同會議部份，議題包括河川復育的先進科學與實行（Advancing the Science and Practice of Stream Restoration）及課程學習及未來方向（Lessons Learned and Future Directions）等兩部份。

同時進行會議部份，議題包括河川復育的生態考慮（Ecological Considerations for Stream Restoration）、棲地考慮於生態系復育

(Habitat Considerations in Ecosystem Restoration)、集水區計畫對復育最佳化 (Watershed Planning to Optimize Restoration)、生態評估-最佳棲地 (Ecological Assessment: Optimizing Habitat)、海岸生態系復育 (Coastal Ecosystem Restoration) 及案例學習 (Case Studies) 等六部份。

經由上述研習課程過後，可藉以學習美國北卡羅來納州政府及州立大學對於溪流、河川及海岸，其生態系之復育考量因子、運用之科學技術及成果。



照片 01 研習會舉辦地點 Renaissance Hotel 外圍景觀



照片 02 研習會舉辦地點 Renaissance Hotel

11月6日(四)

全日：河川復育現地參訪

本次河川復育現地參訪共參觀包括 1.Morgan Creek, Haywood County、2.Richland Creek, Waynesville 及 3.Swannanoa River, Asheville，依序說明其河川復育之成果。

Morgan Creek 係位於艾西維爾市西方之 Haywood County，該條小溪歷年曾因颶風侵襲，由於河道通水斷面不足（照片 3）等緣故，導致洪水氾濫成災。因此，州政府乃結合州立大學與相關河川復育機

構，積極從事河道整治工作，包括河寬加大，藉以增加通水斷面，同時亦將河道整理出主深槽與洪水平原之複式斷面（照片 4），以使超出主深槽容量外之洪水能漫溢至較大容洪空間之洪水平原內。另為復育該溪之生態，於河道整治時，乃重新調整適當河床坡降（緩坡），使其流速適合當地魚類等物種回游。

為了營造溪流之急流淺瀨（Riffle），州政府則採用當地附近之大型石塊，於該溪之河床上以朝上游排列拋物線型方式佈置生態工程，大型石塊之下游面則挖掘一深槽（消減高流速水流能量），藉以營造水流流速緩急之效果（照片 5 及 6）。另為營造跌水效果，大型樹幹則橫跨佈設於溪床上（照片 7），藉以達到小型跌水增加曝氣之功效。

經參訪 Morgan Creek 之復育成果，雖然參訪期間相關復育之生態工程仍於施作中（從上游往下游施作），惟就已完成施作之上中游河段（照片 8）而言，可初步看到原先通水斷面狹小，水流流速極大之小溪，經由上述相關河道整治及生態工程佈設後，河道之容洪空間增加，流速減緩。然為避免河道僅有單調之流速與水深，影響生態復育之功效，相關淺瀨、深槽及跌水之營造，使水流之流速與水深達到多變特性，以營造較佳生態復育之棲地環境。



照片 03 Morgan Creek 未整治前現況



照片 04 Morgan Creek 通水斷面加大



照片 05 Morgan Creek 採取石塊營造淺瀨



照片 06 Morgan Creek 採取石塊營造淺瀨



照片 07 Morgan Creek 採取橫木營造跌水



照片 08 Morgan Creek 河川復育現況

Richland Creek 係位於艾西維爾市西方之 Waynesville 市，就該條小溪歷年颶風侵襲狀況而言，由於河道通水斷面堪足，尚未有嚴重洪水氾濫情勢，惟因河道右岸屬凹岸緣故，屢遭洪水沖刷，河岸嚴重破壞。州政府為避免該溪河岸沖刷日益嚴重，爰採巨石排列之挑流丁壩工佈設於右岸（佈設方式以丁壩頭朝上游約四十五度為主）（照片 9 及 10）。從照片可看出佈設之丁壩根部已有河砂回淤情形，且經挑流後之流速以較均勻分佈河道，因此河道右岸沖刷情形已日趨減小。惟因工程佈置剛完成不久，右側凹岸淤積尚需假以時日方能達到預期穩定功效。

另就順直河段為能營造溪流之急流淺瀨（Riffle），州政府則採用當地附近之大型石塊，於該溪之河床上以朝上游排列拋物線型方式佈置生態工程（照片 11），以使常流量之水流其流速能有緩急變化之功效，同時亦使水深能有大小變化之效果。

經參訪 Richland Creek 之復育成果，可看出州政府為能達成預定之河川復育功效，首先就河道面臨之河岸沖刷問題，採生態工法先行改善，俟沖刷問題獲得解決後，再進行河川復育之相關工作，以使河川復育成果之效益，不因原先河岸沖刷問題而大打折扣。

另由於 Richland Creek 兩岸皆屬天然大型落葉樹木，如楓樹等，



於參訪期間適逢楓樹落葉期間，因此掉入河內之楓葉，經工程人員轉述是屬較佳之腐質，有利底棲生物維生，配合已完成之相關復育生態工程，更能為 Richland Creek 提供俱佳之生態棲地環境（照片 12）。



照片 09 Richland Creek 採巨石排列之挑流丁壩工



照片 10 Richland Creek 採巨石排列之挑流丁壩工



照片 11 Richland Creek 採取巨石營造淺瀨



照片 12 Richland Creek 河川復育現況

皆下來介紹 Swannanoa River，該河係位於艾西維爾市，屬 French Broad river 之支流（圖 1），就該條河歷年颶風侵襲狀況而言，由於河道通水斷面堪足，鮮少發生嚴重淹水情況，惟仍有凹岸沖刷問題存在。州政府為避免該河之凹岸處河岸沖刷日益嚴重，爰採巨石工保護易沖刷之河岸（照片 13）。經工程人員轉述，佈設後之保護工已發揮預期之保護功效，且現況仍列入監測中。

為營造該河順直河段大水深之急流淺瀨（Riffle），州政府則採用當地附近之大型石塊及巨木，或大石與巨木聯合並用方式，於該河之河床上以朝上游排列拋物線型方式佈置生態工程（照片 14 至照片 16），以使常流量之水流其流速能有緩急變化之功效，同時亦使水深能有大小變化之效果。



照片 13 Swannanoa River 採取巨石工保護河岸



照片 14 Swannanoa River 採取巨石營造淺瀨



照片 15 Swannanoa River 採取大型樹幹營造淺瀨



照片 16 Swannanoa River 採取大型樹幹與巨石營造淺瀨

city maps  
pull-out map

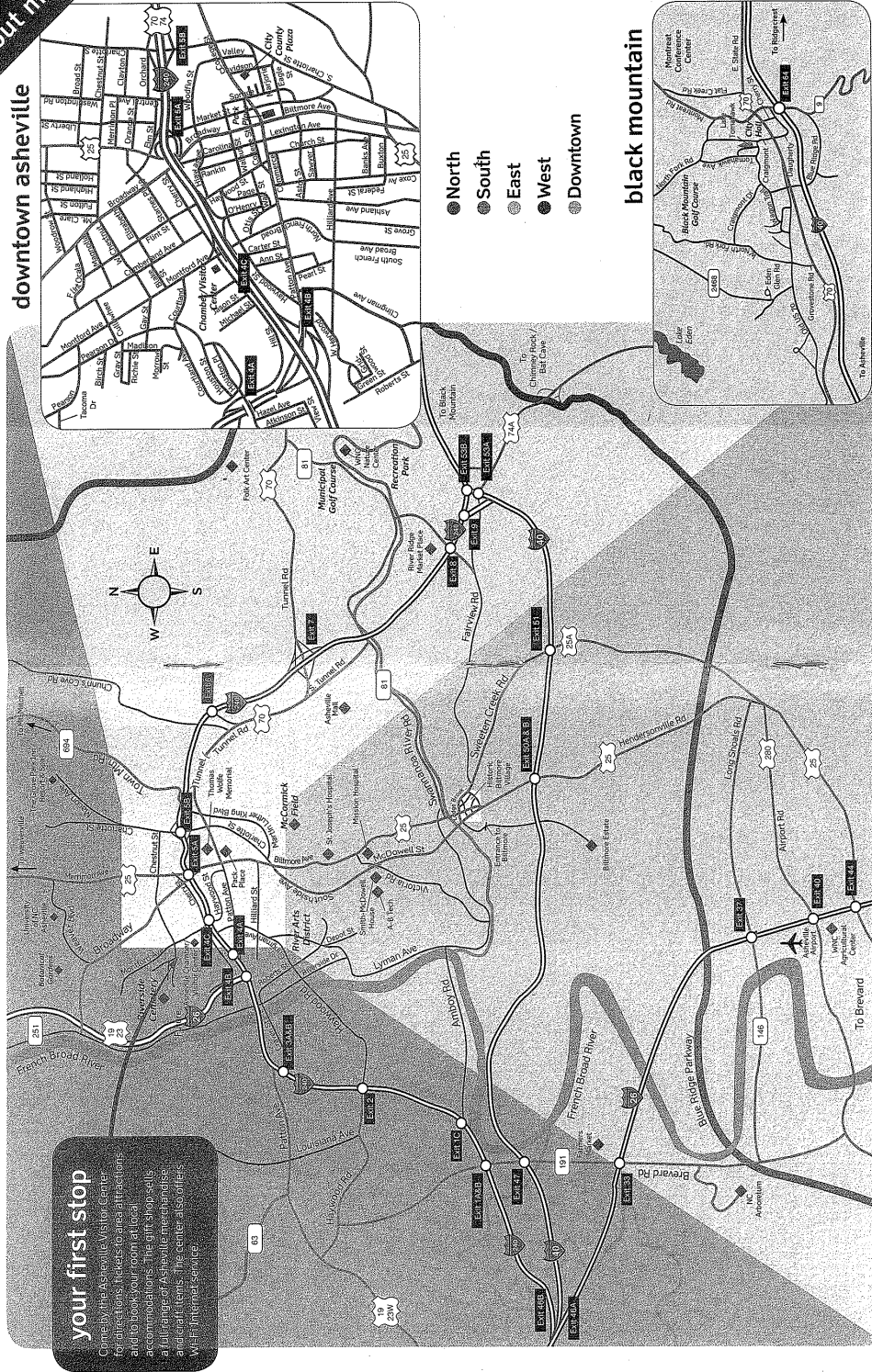


圖 1 Swannanoa River 流域圖

## 肆、心得與建議

一、經由研習課程包括：1.河川復育的生態考慮 (Ecological Considerations for Stream Restoration)、2.棲地考慮於生態系復育 (Habitat Considerations in Ecosystem Restoration)、3.集水區計畫對復育最佳化 (Watershed Planning to Optimize Restoration)、4.生態評估-最佳棲地 (Ecological Assessment: Optimizing Habitat)、5.海岸生態系復育 (Coastal Ecosystem Restoration) 及 6.案例學習 (Case Studies) 等。可學習美國北卡羅來納州政府及州立大學對於溪流、河川及海岸，其生態系之復育考量因子、運用之科學技術及成果；另透過該研習會之意見交流，俾利學習該國 (北卡羅來納州) 河川復育工程之規劃、設計、建造及監測等技術。

二、美國北卡羅來納州政府對溪流、河川及海岸復育工作相當重視。其中就溪流及河川復育而言，乃採河道、洪水平原及沿岸植生作整體規劃為考量。復育工作前需就該溪河本身面臨之問題，例如河床與河岸沖淤及洪水氾濫等，先行找出對策解決問題後，再行河川復育工作，俾利復育之效益。復育工作之執行，爰對該溪河之歷年生態調查結果 (如同本署所辦河川情勢調查)，評估選擇需復育之指標物種，

以河相學角度、水文調查及水理分析、移除造成溪流不穩定因素（如箱涵、橋墩）及引入洪水平原等概念，重新設計一穩定河道，期使需復育之物種能重回原生態系。爰此，其主要思維即為以自然溪流機制設計之河道，其生態復育改善之效益隨之而生。此概念及復育執行之工作值得我國學習與借鏡。

三、近年來美國北卡羅來納州政府對於造成溪流及河川不穩定因素，如壩、箱涵及橋墩等，均有研擬拆除之計畫。經其研究成果顯示，原先受壩、箱涵及橋墩阻絕或破壞之生態系，經拆除後，生態復育成果顯著且良好。我國目前雖已起步著手研擬拆壩之相關研究，惟對後續拆除與否，因眾多因素考量，執行層面仍屬困難。然就箱涵及橋墩之拆除，屬我國未來可研究及易據以執行之部分，建議應該及時為之。

四、我國目前執行河川復育所為之河川環境改善工程，雖採生態工法為之，且亦有執行河川情勢調查，藉以瞭解該溪流之生態情形。然對指標物種之復育，觀念雖有，但大部分的水利工程師仍無概念如何設計一自然溪流機制設計之穩



定河道，以使需復育之物種重回原生態系。建議日後應當著手此方面之教育工作。

五、經由參訪 Morgan Creek、Richland Creek 及 Swannanoa River

後，可感覺美國北卡羅來納州政府對細小溪流，不因小溪而忽略其復育之重要性。此方面值得我國學習與借鏡。另美國北卡羅來納州政府於執行河川復育工作時，對營造溪流之淺瀨（Riffle）、淺流（Glide）、深潭（pool）、及深流（Run），達到河道水流之流速緩急與水深高低變化，相當重視。此部分值得我國日後進行小規模之溪流復育時，可以學習及效法之處。

六、此次河川復育研習及參訪處係為美國東部北卡羅來納州，該州許多樹林多屬楓樹，參訪時程適逢楓樹轉紅之際（照片 17），風景宜人。且因多屬高山綿延地形，氣候舒適涼爽，頗令人宛處世外桃源。期待下次仍有機會再次造訪此美麗的國度-美國。



照片 17 美麗的楓樹