

出國報告（出國類別：考察）

美國陸軍工程兵團技術交流參訪
-密西西比河委員會

服務機關：經濟部水利署南區水資源局、經濟部水利署

姓名職稱：蘇副局長柄源、賴助理工程司政佑

派赴國家：美國

出國期間：中華民國 108 年 08 月 17 日至 08 月 26 日

報告日期：中華民國 108 年 10 月

謝誌

本次能有機會與美國陸軍工程兵團技術交流，參訪密西西比河委員會，感謝經濟部水利署 108 年度水資源作業基金出國計畫經費支助與推薦。特別感謝美國陸軍工程兵團(US Army Corps of Engineers, USACE)太平洋分部(Pacific Ocean Division , POD) Damon P. Lilly 先生的安排，以及 Evan Ting 先生、Adriel C. Lam 先生與 IWR 張文輝博士在生活及行程的協助，讓我們在本次參訪行程能夠順利進行。在紐奧良的整體防洪系統參訪，感謝 New Orleans District 指揮官 Col. Stephen Murphy 上校的協助，讓我們了解紐奧良整體防洪系統，並參訪系統中許多個重要的設施。在 Vicksburg 工程研究發展中心 (Engineer Research and Development Center, ERDC)的參訪，感謝 ERDC 所長 David W. Pittman 博士及 Coastal and Hydraulics Laboratory 主任 Ty V. Wamsley 博士的安排，提供我們目前 ERDC 的研究方向及重要成果。在密西西比河委員會(Mississippi River Commission, MRC)的參訪，感謝 MRC 主席 R. Mark Toy 少將的安排，在 Motor Vessel MISSISSIPPI 拖船上觀摩當地公民參與公聽會，並與 MRC 委員進行意見交流。在哥倫比亞河 Bonneville 大壩的參訪，感謝哥倫比亞流域水管理處處長 Steve B. Barton 先生的安排，讓我們了解大壩各種設施的功能。

目錄

摘要.....	摘-1
壹、 目的.....	1-1
貳、 過程.....	2-1
一、 行程.....	2-1
二、 美國陸軍工程兵團.....	2-3
(一) USACE 簡介	2-3
(二) 108 年 8 月 19 日紐奧良市防洪系統設施參訪	2-5
(三) 108 年 8 月 20 日工程研究發展中心參訪	2-18
(四) 108 年 8 月 23 日波特蘭 Bonneville 大壩參訪.....	2-24
三、 密西西比河委員會公民會議.....	2-31
(一) MRC 簡介.....	2-31
(二) 108 年 8 月 21 日 MRC 公民會議	2-32
參、 心得與建議.....	3-1
一、 心得.....	3-1
二、 建議.....	3-3
肆、 參考文獻.....	4-1

表目錄

表 2-1 本次參訪行程表	2-1
表 2-2 紐奧良市主要 3 座閘門抽水站規模	2-13

圖目錄

圖 1-1 時任 MRC 主席 Richard G. Kaiser 將軍邀請函	1-2
圖 2-1 本次參訪細部行程	2-2
圖 2-2 USACE 組織分布圖	2-4
圖 2-3 USACE 組織架構圖	2-5
圖 2-4 紐奧良市整體防災系統	2-6
圖 2-5 內港航運運河閘門位置圖	2-7
圖 2-6 防潮閘門位置圖	2-10
圖 2-7 紐奧良市主要 3 座閘門抽水站	2-14
圖 2-8 邦卡萊溢洪道位置圖	2-17
圖 2-9 Bonneville 大壩平面位置圖	2-26
圖 2-10 哥倫比亞蛇河系統圖	2-26

照片目錄

照片 2-1 內港航運運河閘門	2-7
照片 2-2 控制閘門起閉的設備	2-8
照片 2-3 橋梁升起讓駁船通過	2-8
照片 2-4 扇形閘門外觀	2-10
照片 2-5 扇形閘門內部	2-11
照片 2-6 防潮閘門下游(博格納湖)面.....	2-11
照片 2-7 防潮閘門上游(IHNC)面.....	2-12
照片 2-8 第 17 街運河抽水站	2-15
照片 2-9 第 17 街運河抽水站閘門.....	2-15
照片 2-10 第 17 街運河抽水站發電機組	2-16
照片 2-11 邦卡萊溢洪道頂面.....	2-17
照片 2-12 邦卡萊溢洪道側面	2-18
照片 2-13 所長 David W. Pittman 博士介紹 ERDC 概況	2-20
照片 2-14 主任 Ty V. Wamsley 博士說明海洋及水利實驗室概況	2-20
照片 2-15 數值模式介紹	2-21
照片 2-16 渦輪模型試驗情形	2-21
照片 2-17 John Day 水壩模型試驗情形.....	2-22
照片 2-18 泥砂沉積試驗說明	2-22

照片 2-19 Lock and Dam 22 魚道研究說明.....	2-23
照片 2-20 蓮河電子屏障研究說明	2-23
照片 2-21 Bonneville 大壩整體說明.....	2-27
照片 2-22 Bonneville 大壩階梯式魚道.....	2-27
照片 2-23 Bonneville 大壩階梯式魚道下方觀賞區.....	2-28
照片 2-24 Bonneville 大壩第 1 發電廠說明.....	2-28
照片 2-25 Bonneville 大壩溢洪道說明.....	2-29
照片 2-26 Bonneville 大壩航運閘道.....	2-29
照片 2-27 蘇副局長簡報分享臺灣面對極端降雨的防洪策略	2-30
照片 2-28 賴政佑簡報分享臺灣面對極端降雨的防洪策略	2-30
照片 2-29 公民會議場所-拖船 MISSISSIPPI.....	2-34
照片 2-30 MRC 主席(R. Mark Toy 少將)報告	2-35
照片 2-31 分區指揮官(Col. Robert A. Hilliard 上校)報告.....	2-35
照片 2-32 公民陳述意見	2-36
照片 2-33 與 MRC 主席 R. Mark Toy 少將於公聽會後交流.....	2-36
照片 2-34 與 MRC 委員 Sam E. Angel 先生於公聽會後交流	2-37
照片 2-35 與 MRC 及本次參訪各國代表交流	2-37
照片 2-36 與 MRC 主席 R. Mark Toy 少將交換紀念品.....	2-38

摘要

經濟部水利署(以下簡稱本署)與美國陸軍工程兵團 (US Army Corps of Engineers, USACE)自 98 年起即開始接觸並推動雙方合作，其後於 105 年交流活動獲得 3 項共識，其中之一即為邀請本署加入密西西比河委員會(Mississippi River Commission, MRC)公民會議(Public meeting)考察團。

美國陸軍工程兵團(USACE)隸屬於美國國防部，目前約有 34,750 人左右，包含 34,000 位文職人員和 750 位軍人，掌握約 484 億美元之預算，是世界最大的公共工程單位，以環境永續為指導原則。主要任務包含水閘、水壩、洪災風險管理、養灘、航道疏濬、休閒、生態復育等。USACE 轄下共有 9 個主要分部，並再細分為 43 個分區。

本次參訪涉及密西西比河谷分部(Mississippi Valley Division, MVD)、西北分部(Northwestern Division, NWD)、太平洋分部(Pacific Ocean Division, POD)等 3 個分部。主要參訪紐奧良的整體防洪系統、工程研究發展中心(ERDC)的實驗室、密西西比河委員會(MRC)辦理之公聽會，以及波特蘭的哥倫比亞河 Bonneville 大壩。

MRC 是根據 1879 年 6 月 28 日的一項國會法案建立的。國會賦予 MRC 的任務是訂定計畫，以改善密西西比河的狀況、促進航行、促進商業發展及防止破壞性洪水。MRC 認知密西西比河自然資源對於國家的重要性，且持續關注於傾聽、檢視、合作夥伴及工程，有助於在面對流域水資源挑戰時找到解決方式。

MRC 於 1879 年成立至今，已有 140 年的歷史，委員會由 7 位不同領域的專家及軍官所組成，定期、開放且持續的提供民眾、組織及機關表達意見的機會，會議在拖船 Motor Vessel MISSISSIPPI 上舉行，已成為傳統，開場依序由 MRC 主席報告、分區指揮官報告及公民陳述意見，委員再依其意見提出問題及回應，整個過程皆有錄影並做成

紀錄置於 USACE 密西西比河谷分部網站上。

我國與美國在面對防洪及水資源議題上，除我國較難發展航運外，其餘大致相似。在防洪方面，美國針對要保護的地區採系統性的措施，與我國採綜合治水方式的理念一致。在水資源利用方面，雙方皆重視永續經營，包括發電、遊憩、生態，目前本署正推動微型小水力發電，以推動臺灣非核、低碳家園、再生能源發展及培育小型水力發電產業人才。在生態方面，雙方皆對於水利設施可能影響環境生態的部分進行研究及因應，我國並已採取生態檢核及環境影響評估機制，以降低工程對生態環境之影響。在民眾參與方面，美國成立委員會進行溝通，更重視聆聽民眾的聲音，建立傳統，值得我國參考學習。

壹、目的

經濟部水利署(以下簡稱本署)與美國陸軍工程兵團 (US Army Corps of Engineers, USACE)自 98 年起即開始接觸並推動雙方合作，其後本署自 100年起每年皆指派署內人員至 USACE 轄下水文工程中心(Hydrologic Engineering Center, HEC)受訓。至 104 年 8 月時，USACE 太平洋分部(Pacific Ocean Division , POD) James K. Ligh 組長及水資源研究所(Institute of Water Resources, IWR)張文輝博士在美國在台協會(AIT)之陪同下來臺與本署合作協議內容進行討論，並促成下一(105)年交流活動，其交流後之共識說明如下：(1)就協議草案達成共識，後續將依條約締結法辦理簽約；(2)明年度可來臺就單一特定主題深度交流；(3)邀請本署加入密西西比河委員會(Mississippi River Commission, MRC)公民會議(Public meeting)考察團。

爰此，108 年 6 月 25 日時任 MRC 主席 Richard G. Kaiser 將軍發函(如圖 1-1)邀請本署參加 MRC 公民會議，並參訪紐奧良市(New Orleans)用於降低龍捲風及暴風雨災害風險的防洪系統(Hurricane and Storm Damage Risk Reduction System, HSDRRS)、位於維克斯堡市(Vicksburg)的工程研究發展中心及位於波特蘭市(Portland)的 Bonneville 大壩，期望彼此能分享經驗，建立技術夥伴關係。



DEPARTMENT OF THE ARMY
MISSISSIPPI RIVER COMMISSION, CORPS OF ENGINEERS
VICKSBURG, MISSISSIPPI 39180

Executive Office

Chien-Hsin Lai
Director-General
Taiwan Water Resources Agency
Ministry of Economic Affairs, Taiwan
No. 41-3, Section 3, Xinyi Road
Taipei, Taiwan

25 JUN 2019

Dear Director General Chien-Hsin Lai,

On behalf of the Mississippi River Commission, I would like to invite you to participate in our 2019 Low-Water Inspection the week of August 18, 2019.

The Mississippi River Commission's annual Low-Water Inspection includes public meetings aboard the "Motor Vessel Mississippi", where commission members have the opportunity to meet with local partners, stakeholders and residents to hear their concerns, ideas and issues. The public meetings will include a summary report by the President of the Mississippi River Commission on national and regional issues affecting U.S. Army Corps of Engineers and Commission programs and projects on the Mississippi River and its tributaries.

As part of a "Sister River Partnership", the Mississippi River Commission has also invited the Mekong River Commission to attend the Low-Water Inspection. These exchanges support the U.S. Department of State Lower Mekong Initiative Program, which is intended to foster the sharing of best practices and lessons learned.

The week will also include visits to the Hurricane and Storm Damage Risk Reduction System located in New Orleans, Louisiana, the Engineer Research Development Center in Vicksburg, Mississippi, and to the Bonneville Dam in Portland, Oregon. We look forward to fostering a relationship with your agency, being able to share experiences, and build a technical partnership which can apply to our respective regions and basins.

Sincerely,

Richard G. Kaiser
Major General, U.S. Army
President, Mississippi River
Commission

圖 1-1 時任 MRC 主席 Richard G. Kaiser 將軍邀請函

貳、過程

一、行程

赴美國路易斯安娜州的紐奧良市，參訪 2005 年卡崔娜颶風 (Hurricane Katrina) 災後當地的防災系統設施。赴密西西比州的維克斯堡市參訪美國陸軍工程兵團工程研究發展中心(ERDC)，及參加密西西比委員會公民會議。再赴奧勒岡州的波特蘭市參訪 Bonneville 大壩。本次參訪行程表如表 2-1 及圖 2-1 所示。

表 2-1 本次參訪行程表

日期	地點	機構	參訪活動
8/17	桃園→舊金山(轉機)→紐奧良		
8/18	紐奧良		
8/19	紐奧良	USACE 紐奧良分區	參訪紐奧良整體防洪系統
8/20	紐奧良→維克斯堡	ERDC	參訪 ERDC 實驗室
8/21	維克斯堡→弗洛伍德	MRC	參訪公聽會
8/22	弗洛伍德→傑克遜→休士頓(轉機)→波特蘭		
8/23	波特蘭	USACE 波特蘭分區	參訪 Bonneville 大壩
8/24~ 8/26	波特蘭→洛杉磯(轉機)→桃園		



**US Army Corps
of Engineers®**
BUILDING STRONG.

17 Aug	Arrival
18 Aug	<u>New Orleans Cultural Day – Dress: Casual</u> Half-Day Culture Tour Executive Time
19 Aug	<u>New Orleans District Site Visits – Dress: Business Casual</u> <ul style="list-style-type: none">• South East Louisiana Florida Avenue• Inland Harbor Navigation Canal Lock• Inland Harbor Navigation Canal Surge Barrier• Permanent Canal Closures and Pumps• Bonnet Carre' Spillway
20 Aug	<u>Engineer Research & Development Center (ERDC) – Dress: Business Casual</u> <ul style="list-style-type: none">• Flood Plain River Modeling• Turbine Power and Turbine Laboratory Tour• John Day Model• Sediment Laboratory• Fish Passage• Large River Fish
21 Aug	<u>Mississippi River Commission (MRC) – Dress: Business Suit</u> <ul style="list-style-type: none">• MRC Public Meeting• Discussions aboard MV Mississippi
22 Aug	<u>Travel to Portland – Dress: Travel/Casual</u> Executive Time
23 Aug	<u>Bonneville Hydropower Dam – Dress: Business Casual</u> Bradford Island Visitor Center <ul style="list-style-type: none">• Powerhouse I viewing gallery• Fish viewing room• Spillway or spillway and turbine overlook• Navigation Lock II Presentations <ul style="list-style-type: none">• Mekong/Columbia Basin compare/contrast• System Operation/Transboundary treaty with Canada• Fish Passage on the Columbia• Mekong River Commission Technical Exchange presentation
24 Aug	Departure

圖 2-1 本次參訪細部行程

二、 美國陸軍工程兵團

(一)USACE 簡介

美國陸軍工程兵團(USACE)隸屬於美國國防部，目前約有 34,750 人左右，包含 34,000 位文職人員和 750 位軍人，掌握約 484 億美元之預算，是世界最大的公共工程單位，以環境永續為指導原則。USACE 除了在美國是辦理與防洪、水壩、運河等有關工作，提供大眾可以在戶外娛樂的機會，也提供了全美國約 24%的水力發電量，約占總電能 3%，使得 USACE 成為美國第五大電力供應商，另在全世界也涉及各種公共工程。

USACE 的歷史起源於 1775 年，當時前美國總統喬治華盛頓在美國獨立戰爭期間任命了陸軍的第一位工程官，帶領工程師們在隨後的美國戰爭中為戰鬥服務。於 1802 年陸軍成立了工程兵團作為一個獨立的永久分支。此後 USACE 響應了不斷變化的國防要求，並於國家的發展中發揮不可或缺的作用。於 19 世紀時，USACE 建造了沿海防禦工事，勘測道路和運河，消除了航行危險，探索和繪製了西部邊境，並在國家首都建造了建築物 and 紀念碑。於 20 世紀時，USACE 成為聯邦防洪機構的主要成員，並擴展其土木工程活動，成為水力發電能源的主要提供者之一，並在因應自然災害方面的作用也急劇增加。

2018 年 USACE 轄下共有 9 個主要分部，並再細分為 43 個分區，各分部管轄範圍如圖 2-2，其組織架構如圖 2-3。9 個分部分別為大湖與俄亥俄河分部(Great Lakes and Ohio River Division, LRD)、密西西比河谷分部(Mississippi Valley Division, MVD)、北大西洋分部(North Atlantic Division, NAD)、西北分部(Northwestern Division, NWD)、太平洋分部(Pacific Ocean Division, POD)、南大西洋分部(South Atlantic Division, SAD)、南太平洋分部(South Pacific Division, SPD)、西南分部

(Southwestern Division, SWD)、海外分部(Transatlantic Division, TAD)。

此外，USACE 亦設有金融中心 (USACE Finance Center,UFC)、水資源研究所(Institute for Water Resources,IWR)、後勤局(USACE Logistics Agency,ULA)、海洋設計中心(Marine Design Center,MDC)、工程支援中心(Engineering and Support Center,HNC)、工程研究發展中心(Engineer Research and Development Center,ERDC)、陸軍地理空間中心 (Army Geospatial Center,AGC)等單位。

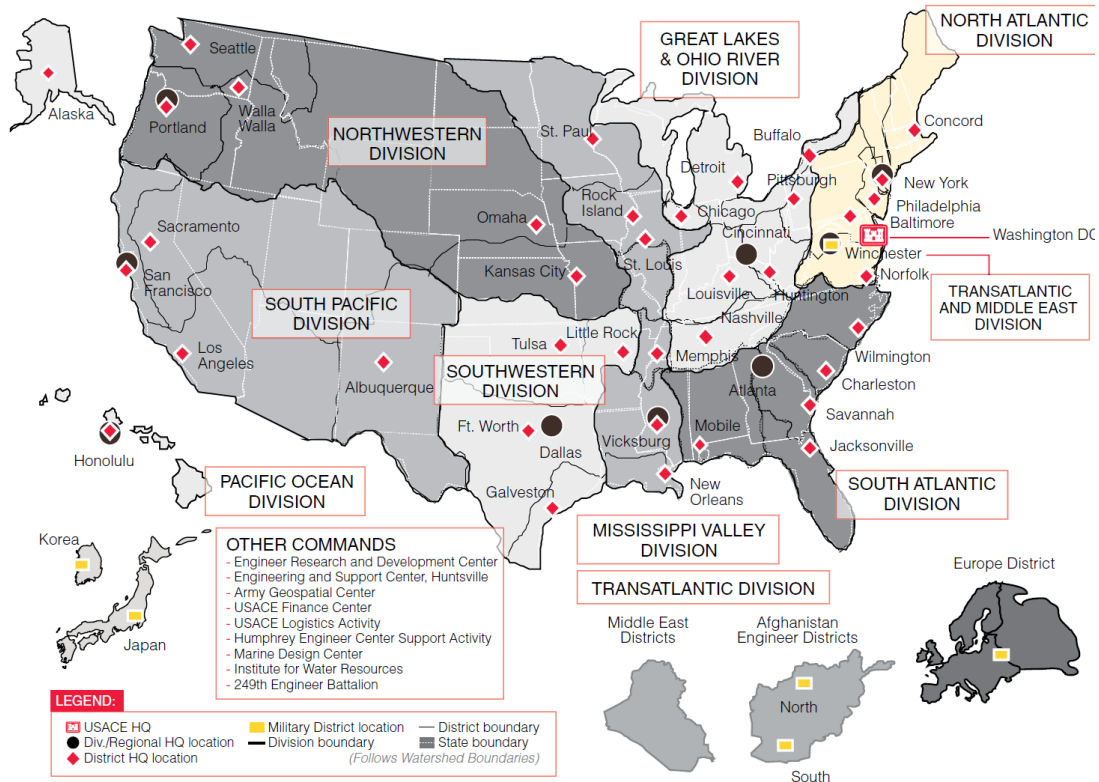


圖 2-2 USACE 組織分布圖

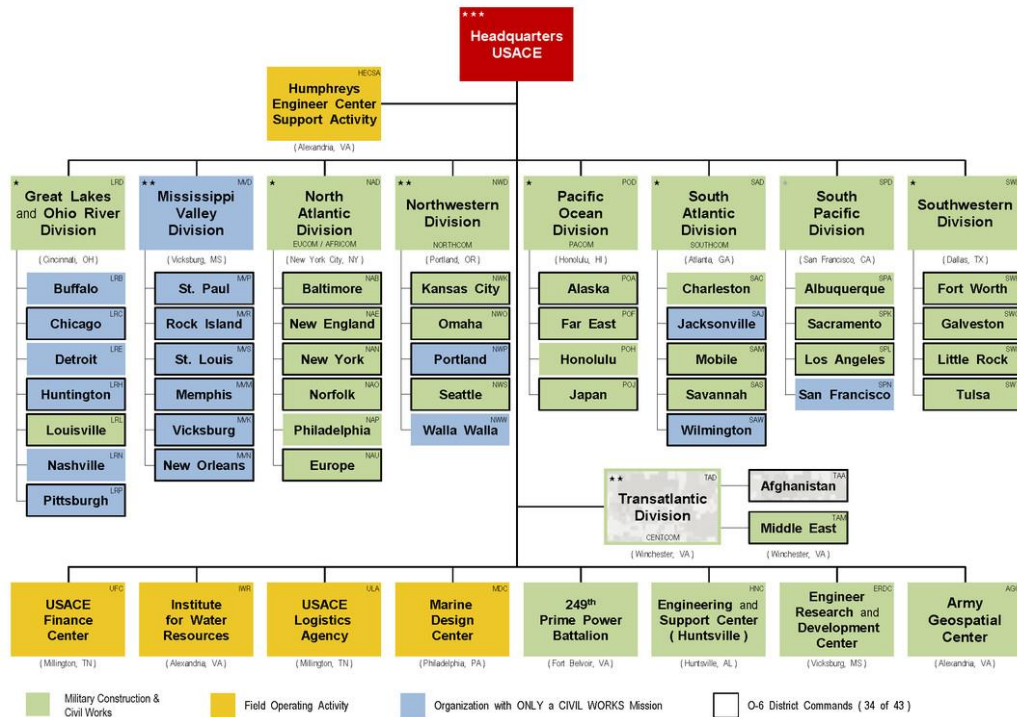
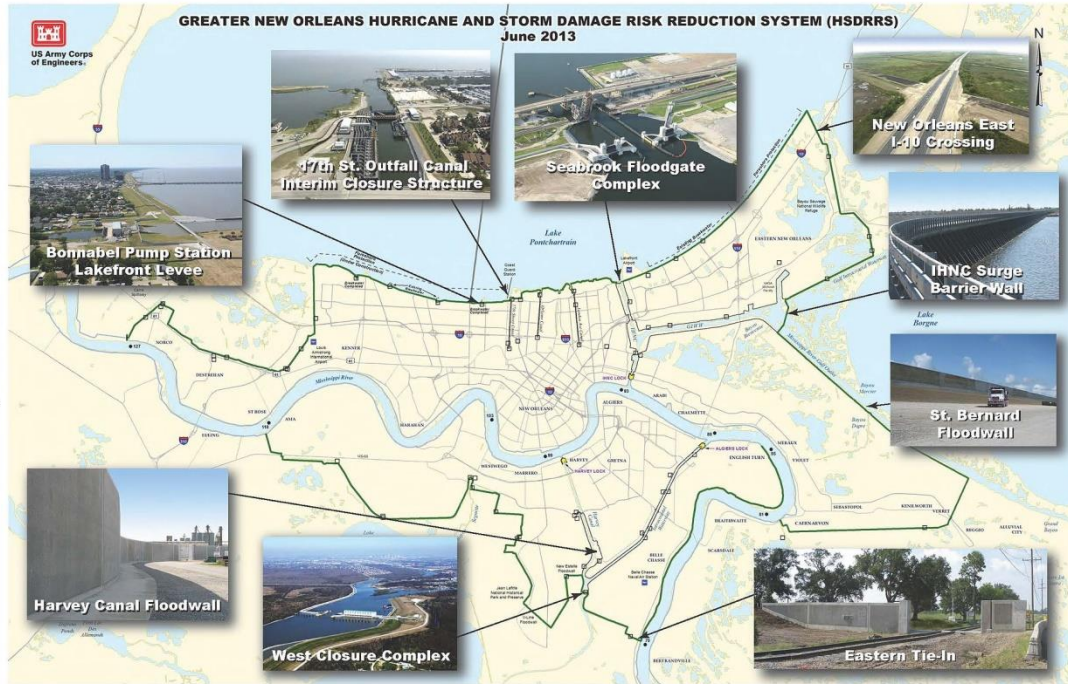


圖 2-3 USACE 組織架構圖

(二)108 年 8 月 19 日紐奧良市防洪系統設施參訪

卡崔娜颶風災後，紐奧良市整體防災系統如圖 2-4 所示，本次參訪內港航運運河閘門 (Inner Harbor Navigation Canal Lock)、內港航運運河與博格納湖間之防潮閘門 (INHC Lake Borgne Surge Barrier)、第 17 街運河抽水站 (Permanent Canal Closures and Pumps (PCCP), 17th Street) 及邦卡萊溢洪道 (Bonnet Carré Spillway) 等 4 處，分別說明如下：



資料來源：USACE New Orleans District

圖 2-4 紐奧良市整體防災系統

1、內港航運運河閘門(IHNC Lock, IHNC Lock)

在航運上 USACE 主要責任包括計畫、建造新的航道、閘門、水壩，及國內港灣、內陸水路之疏濬，以維持航運所需之水深。USACE 維運全國 25,000 哩(約 40,233 公里)長之航道及 191 個閘門及水壩，並且替 41 州的港口及水道服務。

IHNC 是連接龐恰特雷恩湖(Lake Pontchartrain)及密西西比河間的一條運河，因龐恰特雷恩湖水位低於密西西比河，中間需設置閘門，閘門全長 640 呎(約 195 公尺)，寬 75 呎(約 23 公尺)，深度 31.5 呎(約 9.6 公尺)，以控制水位方式達到雙向航運功能。運河及閘門亦屬 Gulf Intracoastal Waterway(GIWW)的一部分，如圖 2-5 所示，GIWW 是美國國內第三繁忙的一條內陸水道，沿著德克薩斯州(Texas)海岸、墨西哥灣、弗羅里達州(Florida)海岸，約 1,050 哩(約 1,690

公里)。

當駁船行駛於運河時，除了需控制閘門起閉及水位升降外，航線上的 St. Claude 橋因屬當地較低之便橋，亦需配合升起，讓駁船能順利通過，一般會避開上下班的尖峰時間，以減輕影響陸上交通，但主要交通流量仍於 Claiborne 橋，其運作過程如照片 2-1~2-3 所示。



資料來源：USACE New Orleans District

圖 2-5 內港航運運河閘門位置圖



照片 2-1 內港航運運河閘門



照片 2-2 控制閘門起閉的設備



照片 2-3 橋梁升起讓駁船通過

2、內港航運運河與博格納湖間之防潮閘門(INHC Lake Borgne Surge Barrier)

大眾安全是 USACE 的最高原則，美國國會完全授權及資助用於路易斯安那州(Louisiana)東南方的龍捲風及暴風雨

災害風險減低的防洪系統(HSDRRS)，分為 5 個分區，包括 350 哩(約 563 公里)的堤防及防洪牆、73 座非聯邦政府的抽水站、3 座運河閘門抽水站及 4 座出口閘門。

此座防潮閘門(INHC Lake Borgne Surge Barrier)是 USACE 史上最大的土建計畫所設計興建的構造物，其混凝土防洪牆延伸約 1.8 哩(約 2.9 公里)，橫跨密西西比河海灣出口(MRGO)及金三角沼澤，能夠抵擋 100 年暴潮，位置如圖 2-6 所示。其構造物亦包含在 GIWW 水道上一座讓駁船通過的閘門(寬 150 呎，約 46 公尺)及一座防洪扇形閘門(寬 150 呎，約 46 公尺)，及在 Bayou Bienvenue 的一座垂直閘門(寬 56 呎，約 17 公尺)。防潮閘門的防洪牆連結北面的紐奧良東側降低風險系統及南面的聖伯納德(St. Bernard)降低風險系統。整體構造物高程約於海平面以上約 26 呎(約 8 公尺)。

當扇型閘門作為吃水淺船隻航行之主要通道時，垂直閘門可允許讓遊憩船隻往返博格納湖，近期當扇型閘門維修時，駁船閘門亦可作為吃水淺船隻航行之臨時通道。而閘門採用扇形的設計，如照片 2-4~2-7 所示，具有較強的支撐力，以抵禦外水。



資料來源：USACE New Orleans District

圖 2-6 防潮閘門位置圖



照片 2-4 扇形閘門外觀



照片 2-5 扇形閘門內部



照片 2-6 防潮閘門下游(博格納湖)面



照片 2-7 防潮閘門上游(IHNC)面

3、第 17 街運河抽水站(17th Street Permanent Canal Closure and Pump)

紐奧良市主要有三條運河作為市內大部分地區的排水管道，由南向北排入龐恰特雷恩湖，是防洪系統關鍵元素之一，由西向東依序為 17th Street Canal(長 13,500 呎，約 4,115 公尺)、Orleans Avenue Canal(長 11,000 呎，約 3,353 公尺)及 London Avenue Canal(長 15,000 呎，約 4,572 公尺)。

2013 年 USACE 合計投入約 7 億元美金，於 17th Street、Orleans Avenue 及 London Avenue 等 3 處興建永續運河閘門及抽水站(Permanent Canal Closures and Pumps, PCCP)，如圖 2-7 及照片 2-8~2-10 所示。於 2018 年全數完成後，PCCP 取代了因卡崔娜颶風災後於 2006 年所完成的臨時性閘門結構(Interim Closure Structures, ICS)，作為可永續發展的措施，

降低從運河河口 100 年暴潮水位之風險。

當熱帶暴雨事件導致龐恰特雷恩湖水位上升時，防潮閘門將提早關閉，抽水站即可將運河內的水抽排至龐恰特雷恩湖，並且有獨立的緊急供電系統。3 個抽水站總抽水量合計最高可達 24,300cfs(約 690cms)，各抽水站規模比較如表 2-2。其中，以本次參訪之第 17 街運河抽水站之規模為最大，總抽水量達 12,600cfs(約 360cms)，比另外 2 座抽水站之抽水量合計還大，且發電機組數量較抽水機組多，備援能量足夠，已具有國際間採用營運持續計畫(Business Continuity Plan，BCP)的概念，結合預防和復原控制之措施及程序，將災害和管理缺失造成的營運中斷情形降低到可接受的程度。

表 2-2 紐奧良市主要 3 座閘門抽水站規模

抽水站	17 th Street PCCP	Orleans Avenue PCCP	London Avenue PCCP
總抽水量(cfs)	12,600	9,000	2,700
抽水機組(cfs)	2*900 6*1800	2*900 4*1800	3*900
發電機組(MW)	15*2.6	11*2.6	4*2.6
閘門(座)	11	7	3



17th Street PCCP



Orleans Avenue PCCP



London Avenue PCCP

資料來源：USACE New Orleans District

圖 2-7 紐奧良市主要 3 座閘門抽水站



照片 2-8 第 17 街運河抽水站



照片 2-9 第 17 街運河抽水站閘門



照片 2-10 第 17 街運河抽水站發電機組

4、邦卡萊溢洪道(Bonnet Carré Spillway)

溢洪道於 1931 年完成，平面圖及現況如圖 2-8 及照片 2-11~2-12 所示，至 2019 年本次參訪前，已經合計操作 14 次。洪水期間，邦卡萊溢洪道可將一部分洪水分流到龐恰特雷恩湖，使其繞過紐奧良市，再進入墨西哥灣，降低紐奧良市和其他下游社區的風險。

分洪對於生態也有影響，因密西西比河河水為淡水，龐恰特雷恩湖為半淡鹹水，當洪水分流入湖內時，湖水鹹度快速改變，也會影響湖中生態。但長久來看，洪水所夾帶的養分，也對龐恰特雷恩湖及博格納湖之漁業產量有所幫助。

溢洪道堰口長度 7,000 呎(約 2,134 公尺)，共 350 個開口，設計流量為 250,000cfs(約 7,080cms)，臨河寬度為 7,700 呎(約 2,347 公尺)，臨湖寬度為 12,400 呎(約 3,780 公尺)。



資料來源：USACE New Orleans District

圖 2-8 邦卡萊溢洪道位置圖



照片 2-11 邦卡萊溢洪道頂面



照片 2-12 邦卡萊溢洪道側面

(三)108 年 8 月 20 日工程研究發展中心參訪

USACE 工程研究發展中心 (Engineer Research and Development Center, ERDC)，主要有 5 大研發領域，包括軍事工程、環境品質及設施、土木及水資源、地理空間研究及工程、工程韌性系統，處理土木、軍事工程、地理空間科學、水資源及環境科學等方面的問題。ERDC 共有 7 個實驗室且分布於 4 個州，海岸及水利(CHL)、環境(EL)、大地及結構(GSL)、資訊科技(ITL)等 4 個實驗室位於密西西比州維克斯堡市(Vicksburg)。寒冷地區研究與工程實驗室 (CRREL) 位於新罕布夏州漢諾威市(Hanover)；建築工程研究實驗室 (CERL) 位於伊利諾伊州香檳市(Champaign)；地形工程中心 (TEC) 位於維吉尼亞州亞歷山大市(Alexandria)。

本次參訪 ERDC 位於維克斯堡市的實驗室，如照片 2-13~2-20 所示，分述如下：

1、海岸及水利實驗室：

- (1) 數值模式 Floodplain River Model：此模式是 ERDC 完成關鍵工作的項目之一，決策者可藉由這個模式提出洪水控制、疏濬、航運、環境復育等需求，說明案例包括模擬海水上升對於 Morganza 分洪道及 MR&T 防洪系統之影響、密西西比河泥砂淤積及疏濬對洪水及三角洲之影響。
- (2) 渦輪模型試驗：採 Dalles Turbine 1/25 模型，分析模擬水流通過渦輪時的水理現象，主要用於改善渦輪以利魚類通行，使魚類通過時能減輕受到渦輪的影響。
- (3) John Day Lock and Dam 模型試驗：採 1/45 模型，模擬位於哥倫比亞河 John Day 閘門水壩包含 3 處魚道之水理情形。
- (4) 密西西比河下游三角洲泥砂沉積研究：利用攝影機拍攝泥砂於水下運移情形，並分析三角洲泥砂的傳輸特性，以利相關計畫執行。

2、環境實驗室

- (1) Lock and Dam 22 之魚道研究：利用具有標記的魚群，當水壩溢洪道閘門全開時，追蹤分析魚群使用階梯式魚道的情形。
- (2) 電子屏障研究：芝加哥衛生及船舶運河(Chicago Sanitary and Ship Canal, CSSC)為五大湖及密西西比河間的連結，其水生有害魚種的轉移為潛在威脅，因此研究利用電子屏障，以電場方式阻止某些特定魚種進入流域內。



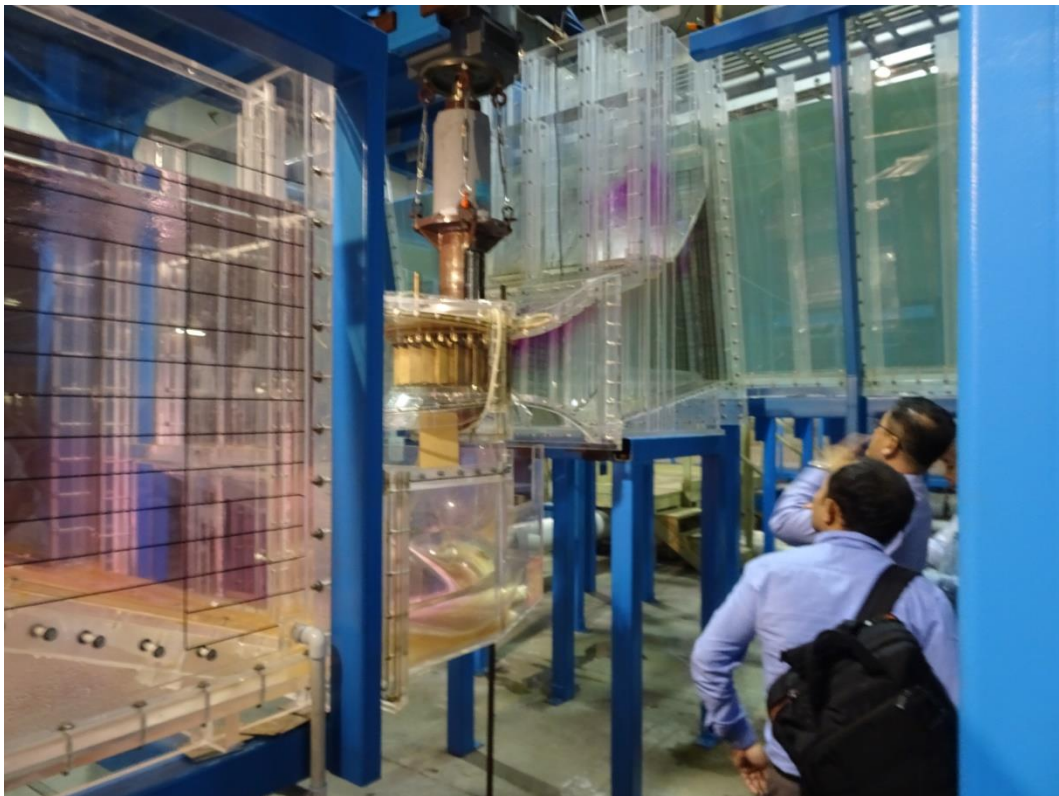
照片 2-13 所長 David W. Pittman 博士介紹 ERDC 概況



照片 2-14 主任 Ty V. Wamsley 博士說明海洋及水利實驗室概況



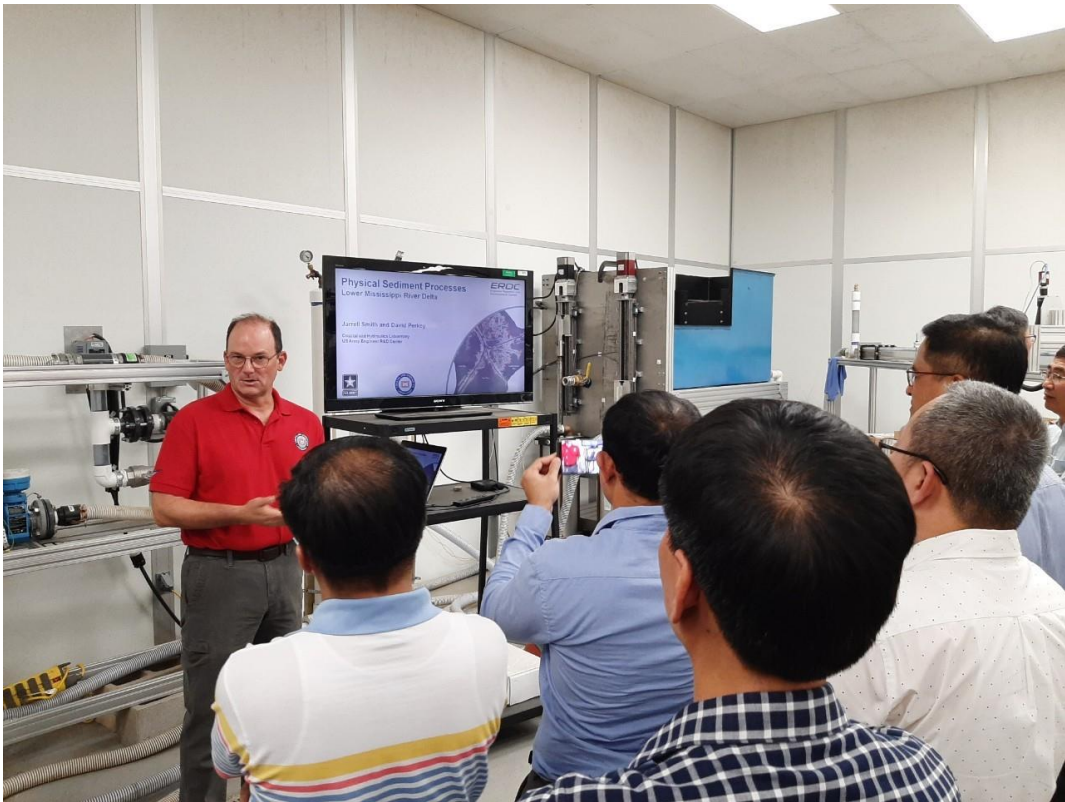
照片 2-15 數值模式介紹



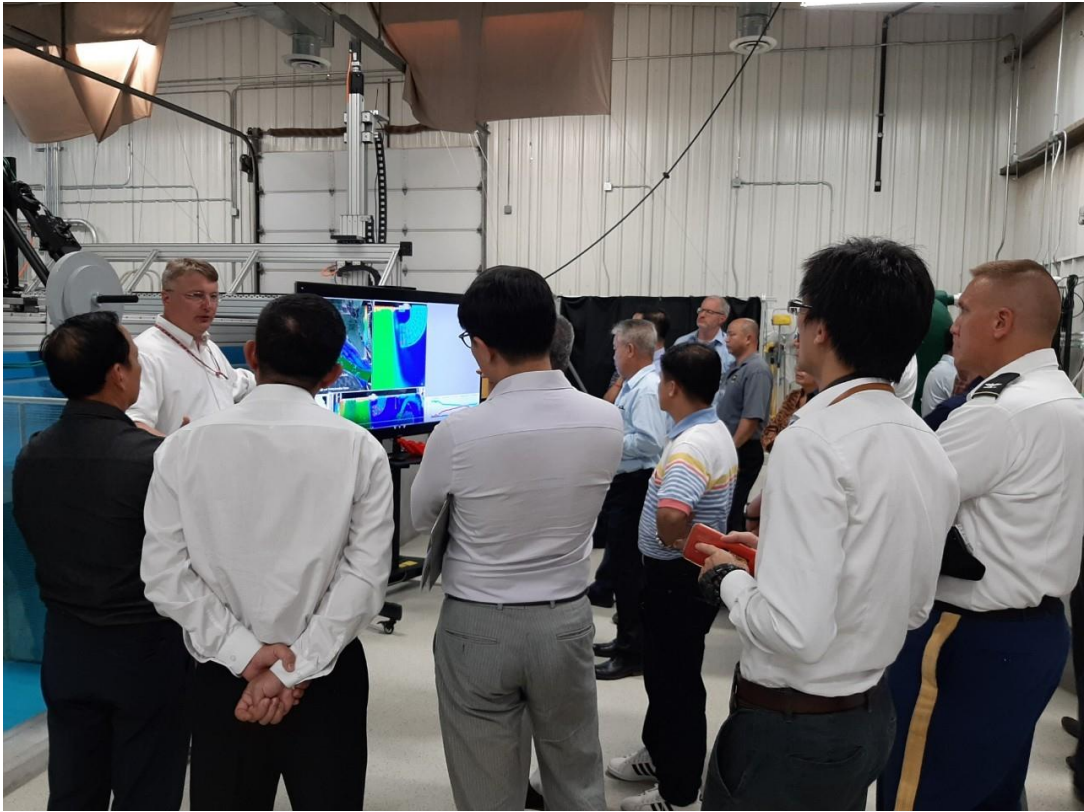
照片 2-16 渦輪模型試驗情形



照片 2-17 John Day 水壩模型試驗情形



照片 2-18 泥砂沉積試驗說明



照片 2-19 Lock and Dam 22 魚道研究說明



照片 2-20 運河電子屏障研究說明

(四)108 年 8 月 23 日波特蘭 Bonneville 大壩參訪

Bonneville 大壩(Bonneville Lock and Dam)位於哥倫比亞河峽谷國家風景區，距離波特蘭東邊約 64 公里，介於華盛頓州及奧勒岡州之間。主要功能兼具發電、航運、遊憩及生態，由 USACE 建造及管理，包括 2 座發電所、溢洪道、航運閘道，平面位置圖及參訪過程如圖 2-9 及照片 2-21~2-28 所示。大壩改善了哥倫比亞河上的航運並為西北太平洋地區提供水力發電，是波特蘭地區沿哥倫比亞河維運的 3 座水力發電廠之一，也是 Columbia-Snake River Inland Waterways 的 8 座大壩之一，如圖 2-10 所示。

1、發電：

第 1 座發電所有 10 部發電機，另有 1 部為早期 1938 年舊發電機，壩長 1,027 呎(約 313 公尺)，總發電量 592 MW(百萬瓦)，但配電箱較為老舊，維修較困難；第 2 座發電所有 8 部發電機，另有 2 部用於將魚群引入魚梯，壩長 986 呎(約 300.5 公尺)，總發電量 635 MW(百萬瓦)。

2、航運：

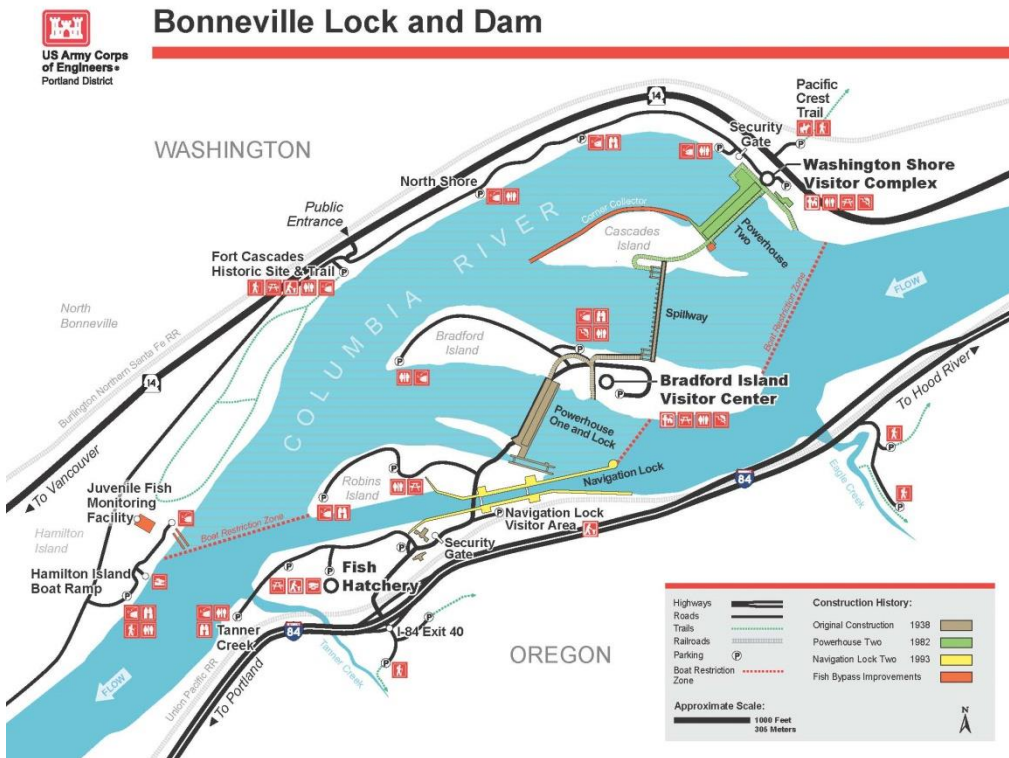
第 1 個航運閘道於 1938 年完成，已淹沒於大壩中，其功能已被 1993 年完成新的航運閘道所取代，新的航運閘道寬 86 呎(約 26 公尺)，長 675 呎(約 206 公尺)，總經費 3.41 億元，過去需花費數小時關閉，現在已不用 30 分鐘即可關閉。位於上游愛達荷州(Idaho)的路易斯頓(Lowiston)，其石化產品、木製品及糧食等貨物，皆通過這個閘道並利用這條水上高速公路往返太平洋。駁船的碳足跡比其他貨運方式要小得多，依據加拿大國家鐵路的一項研究，駁船比火車減少了 33% 的空氣污染，更比卡車減少了 373%。

3、遊憩：

在布拉德福德島遊客中心，遊客可以了解該地區的文化歷史、大壩建設、壯觀的溢洪道景觀，沿哥倫比亞河航行的發展以及鮭魚和七鰓鰻的生命週期。在產卵的季節，大量游向上游的魚吸引許多遊客，遊客可以透過遊客中心的水下玻璃窗近距離看到多種魚類經過階梯式魚道向上游遷徙，讓水壩成為旅遊勝地。

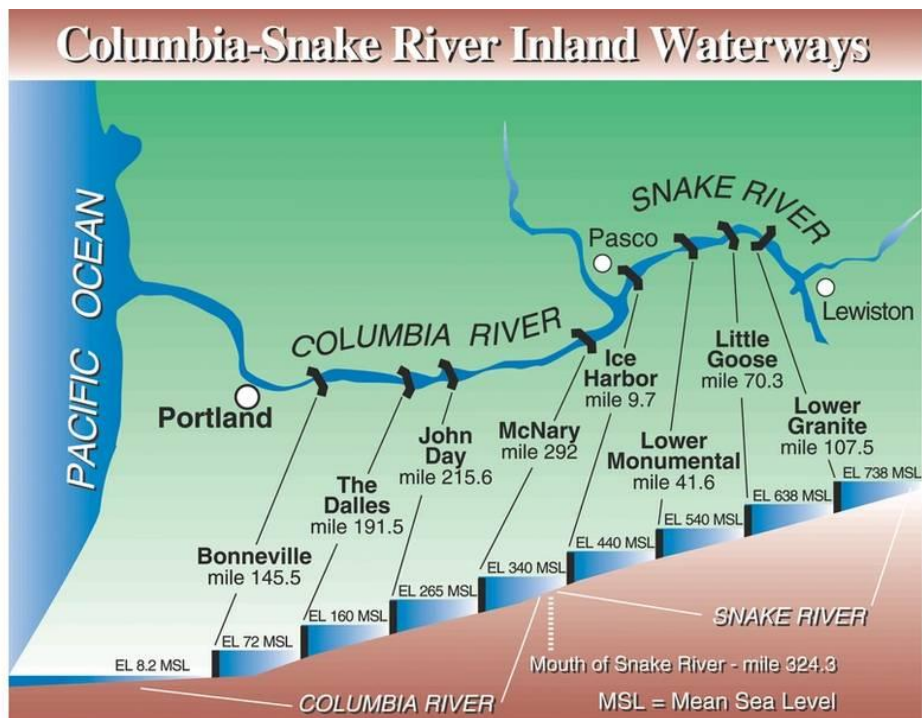
4、生態：

Bonneville 大壩對於生態相當重視，為了因應魚類遷徙的問題，水壩設有魚道，利用一系列堰的方式形成許多個水池，像階梯一樣，堰的底部有開口讓魚能更輕鬆通過，為魚通過或穿過堰提供多種選擇，這些設計可幫助鮭魚、硬頭魚和其他在地之成魚越過大壩，以便向上游產卵繁衍。同時有工作人員計算不同種類之成魚經由魚梯向上游移動之數量，以幫助監測魚群。這些重要的資訊從 1937 年即開始記錄，以幫助生態學家及工程人員追蹤魚量的增減情形。對於向下游遷徙的幼魚，可透過分流、魚篩及改良式渦輪等方式至下游，即使魚群通過發電機渦輪，仍有 85% 可存活，整體來說，魚群通過大壩至哥倫比亞河下游，仍有 96% 之存活率。



資料來源：USACE Portland District

圖 2-9 Bonneville 大壩平面位置圖



資料來源：CSR Lock System

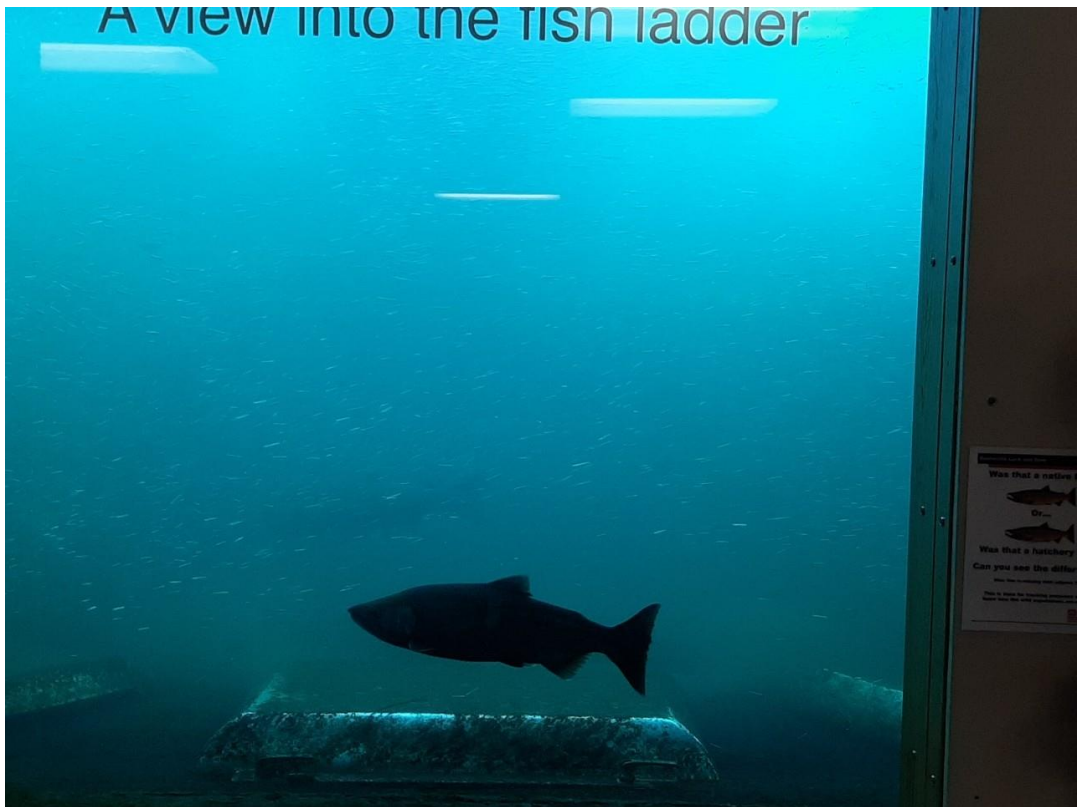
圖 2-10 哥倫比亞蛇河系統圖



照片 2-21 Bonneville 大壩整體說明



照片 2-22 Bonneville 大壩階梯式魚道



照片 2-23 Bonneville 大壩階梯式魚道下方觀賞區



照片 2-24 Bonneville 大壩第 1 發電廠說明



照片 2-25 Bonneville 大壩溢洪道說明



照片 2-26 Bonneville 大壩航運閘道



照片 2-27 蘇副局長簡報分享臺灣面對極端降雨的防洪策略



照片 2-28 賴政佑簡報分享臺灣面對極端降雨的防洪策略

三、 密西西比河委員會公民會議

(一)MRC 簡介

密西西比河委員會(MRC)是根據 1879 年 6 月 28 日的一項國會法案建立的。國會賦予 MRC 的任務是訂定計畫，以改善密西西比河的狀況、促進航行、促進商業發展及防止破壞性洪水，這些工作也許是當時聯邦政府所面臨的最困難，最複雜的工程問題之一。

1、 任務

目前 MRC 總部位於密西西比州的維克斯堡，透過監督密西西比河改善工程的規劃及報告，將水資源工程方向和政策建議提供予施政、國會和陸軍，範圍涵蓋 41%美國及加拿大兩個省的一部分，並進行每半年一次的檢查。至今 MRC 任務的宗旨與委員會成立之初的使命相同，即領導水資源相關之永續管理及開發，以造福於國家及人民的福祉。

2、 組織：

密西西比河委員會的成員包括 3 位 USACE 的軍官、1 位美國國家海洋和大氣管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)代表及 3 位美國公民(其中 2 位必須為土木工程師)。

每位成員皆由美國總統提名及任命，且由參議院審查。成員來自全球最著名和創新工程人才的兩個人才庫的專業知識，即美國聯邦政府及私營部門。

密西西比河委員會主席由密西西比河谷分部(Mississippi Valley Division, MVD)的指揮官擔任，另外 2 位軍官成員通常由 USACE 分部的指揮官擔任，其負責管理關鍵的支流匯入密西西比河，如俄亥俄河(Ohio River)、密蘇里河(Missouri River)、阿肯色河(Arkansas River)、白河(White

River)及紅河(Red River)。

3、持續執行

目前 MRC 負責執行全面的河川管理方案，如密西西比河與支流計畫(Mississippi River & Tributaries, MR&T)。
MR&T 計畫包括各種工程技術，以改善航運、降低洪水災損、提升環境，可以說是曾經執行過最成功的土木工程計畫。

MR&T 計畫自 1928 開始執行以來，美國已投資 159 億美元，至 2018 年 8 月止，已避免了高達 1.27 兆美元的災損，即這個計畫投資已獲得了將近 80 倍的回報。

4、重視

MRC 認知密西西比河自然資源對於國家的重要性，且持續關注於傾聽、檢視、合作夥伴及工程，有助於在面對流域水資源挑戰時找到解決方式。

- (1) 傾聽：採訪談的方式，於一個自由公開的論壇中，提供一個平等的機會給公民分享他們所看見的情形及想法，積極參與聯邦的水資源管理政策。
- (2) 檢視：以專業的精神，設定最高的專業、工藝及工程標準，作為在國內及國際上被模仿的對象，為世界第三大流域提供一個國際的視野。
- (3) 合作夥伴：建立關係，與各有興趣的人、民意代表、州及聯邦政府機關、USACE 培養長期合作的關係，針對流域現況及未來的挑戰，發展永續之解決方式。
- (4) 工程：採取行動，預先以合理的工程措施，保障人民生命財產安全、經濟繁榮及國家自然資源。

(二)108 年 8 月 21 日 MRC 公民會議

1、公民會議：

公民會議分為 High Water Inspection 與 Low Water

Inspection，本次參訪為 Low Water Inspection，如照片 2-29~2-36 所示，目的是在流域利益、民眾及 USACE 之間保持對話。

2、MRC 出席成員

本次公民會議出席的 MRC 成員為 R. Mark Toy 少將 (MRC 主席與 MVD 指揮官)、Sam E. Angel 先生(公民代表、NGO)、Norma Jean Mattei 博士(公民代表、紐奧良大學土木與環境工程系教授)、James A. Reeder 先生(公民代表、土木工程師、NGO)、Shepard Smith 少將(NOAA)、Robert F. Whittle 少將(LRD 指揮官)及 Peter D. Helmlinger 准將(NWD 指揮官)等 7 人。

3、地點：

公民會議舉辦的場所為拖船 Motor Vessel MISSISSIPPI，該拖船隸屬於 MRC，在每年公民會議舉辦期間，作為公民會議的場所，參與的民眾可以進入船上參加公民會議。

4、會議流程：

(1) MRC 主席報告：

由 MRC 主席針對影響 USACE 及 MRC 在密西西比河及其支流上的計畫，進行有關國家和地區議題之總結報告說明。

(2) 分區指揮官報告：

由所在地 Vicksburg 分區指揮官說明目前相關計畫執行情形。

(3) 公民陳述意見：

由民眾、組織及機關發表意見，人數不限，每人在講台上以麥克風口頭說明不超過 5 分鐘，可使用簡報但不超過 3 張，避免發表時間過於冗長，並在正式聲明中總結要

點及簽名。MRC 成員會針對意見提出問題或回應，全程皆有錄影，並由專人做成紀錄置於 USACE 密西西比河谷分部之網站。



照片 2-29 公民會議場所-拖船 MISSISSIPPI



照片 2-30 MRC 主席(R. Mark Toy 少將)報告



照片 2-31 分區指揮官(Col. Robert A. Hilliard 上校)報告



照片 2-32 公民陳述意見



照片 2-33 與 MRC 主席 R. Mark Toy 少將於公聽會後交流



照片 2-34 與 MRC 委員 Sam E. Angel 先生於公聽會後交流



照片 2-35 與 MRC 及本次參訪各國代表交流



照片 2-36 與 MRC 主席 R. Mark Toy 少將交換紀念品

參、心得與建議

一、心得

- (一) 在公民參與方面，密西西比河委員會於 1879 年成立至今，已有 140 年的歷史，委員會由 7 位不同領域的專家、NGO 及軍官所組成，定期、開放且持續的提供民眾、組織及機關表達意見的機會，相當重視傾聽民眾的聲音，做法很不容易，且會議在船上舉辦，非常具有特色，久而久之便成了傳統。MRC 及 USACE 認為在公聽會親身聆聽在地意見是無價的，且國會、聯邦、州的利益及地方委員會、NGO 與民眾間的互動，對於國家水資源的決策過程也相當重要。本次參訪公聽會，亦與 MRC 主席 R. Mark Toy 少將分享我國辦理地方說明會的時機分為計畫核定、設計完成及施工前等階段，和美國的公聽會方式在做法上仍有不同之處。我們於規劃階段的地方說明會及設計施工階段的工程說明會，執行單位雖可直接深入計畫影響地區辦理說明，但民眾可能基於本身利益會有情緒上的發言，尚難進行理性對話，美國公聽會的做法值得我們參考學習。
- (二) 在防洪方面，美國針對要保護的地區採取系統性的整治，如本次參訪的紐奧良市，設置包括閘門、溢洪道、抽水站，規模龐大，以因應外水高漲，且發電機組數量較抽水機組多，備援能量足夠，已具有國際間採用營運持續計畫(BCP)的概念，結合預防和復原控制之措施及程序，將災害和管理缺失造成的營運中斷情形降低到可接受的程度。另針對航運設有運河閘道，內水部分則於道路及其周邊利用綠地及土地降挖增加透水面積及蓄水空間，部分建築物採高腳屋形式。美國採用臨時性擋水設施種類包括沙包、防水帆

布搭配支撐架、方籠內襯防水帆布裝填土砂、板條箱裝填土砂等，本署亦推動採用臨時擋水板，皆希望能快速組起第二道防線。而防災應變時，亦設有緊急應變中心，透過監測及智慧型手機傳遞訊息。整體來說，與我國採綜合治水及韌性城市的理念一致，惟臺灣因為地狹人稠，面對超過保護基準之極端降雨事件，以傳統防洪工程手段已不足以因應，若能將降雨逕流妥適分配於水道及土地，將可提升土地耐淹能力，降低僅由水道承納洪水所造成之風險，爰此，本署已提出以土地分擔水道負擔之逕流分擔及出流管制政策，水利法新增「逕流分擔與出流管制」專章奉總統於 107 年 6 月 20 日公布，並自 108 年 2 月 1 日施行。此外，本署亦積極推動在地滯洪，應用鄰近聚落閒置農地分擔颱風期間洪水量，儘量避免村落淹水為目標，目前本署水利規劃試驗所以雲林縣大埤鄉西鎮村為例，經模擬顯示在地滯洪可減輕村落淹水問題，惟後續仍需農業單位協助本署共同建立在地滯洪推動機制。

- (三) 在水資源利用方面，本次參訪波特蘭 **Bonneville** 大壩，主要功能兼具發電、航運、遊憩及生態，改善了哥倫比亞河上的航運，並為西北太平洋地區提供水力發電。臺灣除由水庫進行水力發電外，目前本署亦在推動小水力及微水力發電，並已成立「小水力及再生能源開發策略平台」，以推動臺灣非核、低碳家園、再生能源發展及培育小型水力發電產業人才。微型小水力發電發電量雖不高，但應仍足以供應小型社區或農場使用，且其建置成本亦不高。目前本署亦與台電公司、台水公司、農田水利會及各水庫管理單位合作，期望帶動國內小水力及微水力發電發展。
- (四) 在生態方面，本次參訪波特蘭 **Bonneville** 大壩、ERDC 於

維克斯堡市的實驗室、紐奧良市的邦卡萊溢洪道(Bonnet Carré Spillway)，皆可發現對於生態的關注。Bonneville 大壩考量了魚類的遷徙，除了基本的魚道設計，讓各類魚種能游至上游繁衍，針對上游的幼魚，亦提供分流水路，並透過 ERDC 實驗室研究改良發電機渦輪，提高魚群向下游通過渦輪時的生存率，達到生態保育的目的。另外，即使是作為防洪系統一部分的邦卡萊溢洪道，在面對防洪與生態議題上需如何取捨，亦受民眾議論。對於水利設施可能影響環境生態的部分，我國並已採取生態檢核及環境影響評估機制，以降低工程對生態環境之影響，未來仍需持續推動。有關魚道使用情形，我國目前僅有實驗室試驗，現地成效驗證追蹤機制仍待加強，而美國於魚群遷徙過程中已透過長期觀測及追蹤，予以量化魚群數量，是很直接有力的證據，其做法可作為我國未來推動之參考。

二、建議

- (一) 本次同時受邀參訪的韓國代表為 K-water 副總裁 Jaeyoung Park 博士，K-water 是韓國代表性的公共水管理公司，在水資源管理方面以智慧水管理方式，透過有效率的操作，提供有限的水資源。此外，在防災方面，面對氣候變遷，亦致力於增加抗災韌性，增加應對水災的能力，公司服務方向整合水量、水質、生態及防災，類似我國的台灣自來水公司、水資源局、河川局、污水處理廠的綜合體，初步洽詢該公司可免費提供課程學習，建議本署可派員與 K-water 公司進行交流，相關技術及經驗亦有助於本署推動水利產業南向交流合作。
- (二) USACE ERDC 環境實驗室研究採用電子屏障阻隔特定魚種，可防止強勢魚種入侵，我國也有面對強勢外來魚種的

問題，建議雙方能有更進一步的交流。

- (三) 為了發展觀光，波特蘭 **Bonneville** 大壩所設之階梯式魚道底下與遊客中心建物之間，採用玻璃窗設計，讓遊客可以近距離觀賞魚類遷徙情形，非常吸引遊客目光，且具有教育意義，建議我國在設計魚道時可納入參考。

肆、參考文獻

1. Luis A. Ruiz, 2009, New Orleans Hurricane and Storm Damage Risk Reduction System, Hurricane Protection Office, U.S. Army Corps of Engineers.
2. Bobby Duplantier & Sean Mickal, Inner Harbor Navigation Canal Lock Replacement General Reevaluation Report and Supplemental Environmental Impact Statement, New Orleans District, US Army Corps of Engineers.
3. Colonel Stephen Murphy, 2013, IHNC-Lake Borgne Surge Barrier, New Orleans District, US Army Corps of Engineers.
4. Herbert I. Miller, The Permanent Canal Closures and Pumps (PCCP), New Orleans District, US Army Corps of Engineers.
5. Colonel Stephen Murphy, Bonnet Carre' Spillway Overview, New Orleans District, US Army Corps of Engineers.
6. Gary L. Brown, 2017, Mississippi River Hydrodynamic Study: Analytic Tools, US Army Corps of Engineers.
7. Kevin Crum, New Turbines Improve Fish Passage, WALLA WALLA DISTRICT, US Army Corps of Engineers.
8. David W. Perkey, S. Jarrell Smith, and Thomas Kirklin, 2014, Cohesive Sediment Erosion Field Study : Kalamazoo River, Kalamazoo, Michigan, US Army Engineer Research and Development Center Coastal and Hydraulics Laboratory.
9. 賴建信、楊松岳，2016，赴美國考察密西西比河公民參與並與工程兵團洽談合作，經濟部水利署。
10. 邊孝倫、張有德，2017，赴美國考察海岸演變基礎應用於工程規劃，經濟部水利署水利規劃試驗所、經濟部水利署第一河川局。