

出國報告（出國類別：研習）

執行臺美環保技術合作協定參加環境執法教官培訓-執行臺美環保技術合作協定參加環境執法教官培訓-空氣污染、水污染及環境執法

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：蕭一川科員、李明昌技士、施育英技士、蘇鈺珊技士

派赴國家/地區：美國

出國期間：108年6月10日至6月22日

報告日期：108年8月

摘要

本次赴美行程主要議題包含空氣污染執法、水污染執法及環境影響評估監督，主要拜會美國環保署總部、美國環保署第一區、麻州環境保護局及環境法律協會等單位交流雙方執法實務經驗，並參訪鹿島污水處理廠(Deer Island Treatment Plant)、哥倫比亞特區供水與污水處理局(District of Columbia Water and Sewer Authority, DC Water)之污水處理廠及威廉王子國家森林公園(Prince William Forest Park)，成果豐碩，茲將本次成果與心得彙整如下：

- 一、 **參訪固定污染源連續自動監測設施(CEMS)列管電廠**：臺灣固定污染源連續自動監測設施(CEMS)法規及管理制度係參考美國法規及管理模式而建立，臺灣經過多年的執行，已經有完整的體系，與美國固定污染源連續自動監測設施管理發展已經有所不同，本次參訪鹿島污水處理廠(Deer Island Treatment Plant)之沼氣發電廠的固定污染源連續自動監測設施，了解列管電廠營運、維護、保養、操作及申報等方式及作業程序，並了解美國政府在固定污染源連續自動監測設施管理與執法方式，及如何針對固定污染源連續自動監測設施進行查核。
- 二、 **空氣污染執法之揮發性有機物氣體(VOC)洩漏偵測交流**：石化廠區周界不論乾季或濕季，揮發性有機污染物(volatile organic compounds, VOCs)主要受製程管道排放及逸散性污染源之影響，製程中揮發性有機空氣污染物主要來源包含固定管道、貯槽與設備元件，從排放總量削減的角度觀之，應加強洩漏檢測與改善設備元件洩漏情形開始著手。本參訪團期透過與美方進行VOCs 氣體洩漏偵測專題報告並交換心得，對臺美合作之未來方向及重點助益良多。美方現場簡報 VOC 氣體洩漏偵測情形，係應用紅外線氣體檢漏儀(Gas-Find IR)等儀器大範圍進行廠區內之輸送管線、管線閥件、設備元件及儲槽、裝卸作業、廢水處理設施、廢氣處理設施等設施之測定，檢測可能發生洩漏來源，以二度空間之篩檢方式，可即時顯示洩漏位置，有助於洩漏之發現，再輔以攜帶式火焰離子偵測器(FID) 測定其洩漏濃

度，以確定是否超過洩漏管制標準。

- 三、 **實地參訪污水處理廠**：藉由參訪麻薩諸塞州水資源管理局 (Massachusetts Water Resources Authority, MWRA) 的鹿島污水處理廠 (Deer Island Treatment Plant) 與哥倫比亞特區供水與污水處理局 (District of Columbia Water and Sewer Authority, DC Water) 的藍色平原先進污水處理廠 (Blue Plains Advanced Wastewater Treatment Plant) 之運作情形以了解當局如何保護當地水生生態環境免受生活廢污水的污染、水質監控方式及如何利用處理系統消化過程中產生的生質瓦斯發電自給污水處理廠所需部分電力，以達到環境保護與永續經營的雙重效益，其處理模式及技術可供我國參考。
- 四、 **環境影響評估監督交流**：拜會美國環保署第一區及麻薩諸塞州環境保護部門，與內政部海洋能源管理局、美國能源部風能技術辦公室等單位會談，並實地參觀 Deer Island 污水處理廠、DC Water 污水處理設施等，在雙邊進行簡報及討論中，彼此交流環評相關做法及經驗，作為後續環評監督之參考。
- 五、 **參訪北維吉尼亞州「威廉王子國家森林公園 (Prince William Forest Park)」**：威廉王子國家森林公園 (Prince William Forest Park) 位於維吉尼亞州北部，距華盛頓特區約 40 分鐘的路程，威廉王子國家森林公園的成立可追溯至美國經濟大蕭條時期，在 1930 年代羅斯福總統 (Franklin Delano Roosevelt)，採取「還地於林」的政策，將原有零星的農地整理，廣植樹木，成為現在的威廉王子國家森林公園。威廉王子國家森林公園佔地約 1 萬 5 千英畝，園區中以十多條健行步道著稱，外園區內也設立有露營地，悠遊在綠色隧道中，能盡情享受芬多精，還有瀑布、小溪，以及園區內豐富的動、植物生態。

關鍵字：美國環保署、水污染、空氣污染、CEMS、環評監督、環境執法

目 錄

壹、 研習目的.....	1
貳、 研習行程.....	2
參、 研習及拜會行程	4
一、 參訪固定污染源連續自動監測設施(CEMS)列管電廠.....	5
二、 空氣污染執法交流.....	8
三、 實地參訪污水處理廠	11
四、 環境影響評估監督交流	23
五、 參訪北維吉尼亞州「威廉王子國家森林公園(Prince William Forest Park)」	23
肆、 心得與建議.....	33
參考資料.....	35

附錄一：公務出國期間國外人士個人資料彙整表

附錄二：美國環評制度簡報

附錄三：美國空污執法簡報

附錄四：美國海洋能源局離岸風力發電簡報

圖目錄

圖 1	美國環保署分區.....	4
圖 2	於鹿島污水處理廠沼氣發電廠控制室合照.....	5
圖 3	鹿島污水處理廠沼氣發電廠控制室.....	6
圖 4	稽查人員座談.....	7
圖 5	於波士頓美國環保署第一區會議室使用紅外線氣體檢漏儀.....	8
圖 6	於波士頓美國環保署第一區會議室使用紅外線氣體檢漏儀.....	9
圖 7	於波士頓美國環保署第一區會議室討論照片.....	10
圖 8	鹿島污水處理廠運作情形.....	12
圖 9	排放渠道(Outfall)和排放管道(Diffusers)側面示意圖.....	13
圖 10	蛋形厭氧消化槽(Egg-shaped anaerobic digesters)示意圖.....	14
圖 11	污水排放位置改變前後的波士頓灣和麻薩諸塞州灣平均銨鹽濃度.....	15
圖 12	鹿島污水處理廠參訪照片.....	16
圖 13	藍色平原先進污水處理廠服務區域.....	17
圖 14	藍色平原先進污水處理廠污水處理程序.....	19
圖 15	藍色平原先進污水處理廠參訪照片.....	20
圖 16	水博物館展覽情形.....	22
圖 17	於華府美國環保署總部會議室討論照片.....	23
圖 18	於華府美國環保署總部會議室討論照片.....	25
圖 19	於華府美國環保署總部合照.....	27
圖 20	威廉王子國家森林公園管理中心照片.....	28
圖 21	威廉王子國家森林公園內道路照片.....	29
圖 22	威廉王子國家森林公園管理中心展覽館照片.....	30
圖 23	威廉王子國家森林公園管理中心展覽館照片.....	31
圖 24	威廉王子國家森林公園管理中心展覽館照片.....	32

壹、研習目的

為了促進臺灣與美國雙方環境稽查經驗交流，並且深入了解美國環保署空氣污染與水污染之防治及稽查經驗，並且針對環境影響評估執法方式進行深度交流，故本次赴美主要拜會美國環保署總部、美國環保署第一區、麻州環境保護局及環境法律協會等單位交流雙方執法實務經驗，並參訪鹿島污水處理廠(Deer Island Treatment Plant)、哥倫比亞特區供水與污水處理局(District of Columbia Water and Sewer Authority, DC Water)之污水處理廠及威廉王子國家森林公園(Prince William Forest Park)，透過拜會不同單位人員及參訪不同設施，學習美國目前稽查技術與經驗及環境保護措施，並與美國環保署人員交流討論環保稽查經驗，並深化雙方合作。

貳、研習行程

研習時間：108 年 6 月 10 日至 6 月 22 日。

研習地點：美國華府（環保署總部）及波士頓（環保署第一區）

日期	工作內容概要
6 月 10 日 (臺灣時間)	搭機前往美國紐約
6 月 11 日 (美國時間)	簡報資料整理
6 月 12 日 (美國時間)	前往波士頓及整理拜會美方資料
6 月 13 日 (美國時間)	1. 參訪鹿島污水處理廠 (Deer Island Treatment Plant) 2. 參訪水工博物館 3. 拜會駐波士頓台北經濟文化辦事處
6 月 14 日 (美國時間)	1. 拜會美國環保署第一區並研討空氣污染執法議題 2. 拜會麻州環保局研討離岸風力發電議題
6 月 15 日至 6 月 16 日 (美國時間)	1. 文件及簡報資料整理 2. 前往華府
6 月 17 日 (美國時間)	1. 拜會美國環保署總部及 2. 與美國環保署環評遵法部門、美國內政部海洋能源管理局及美國能源部研討離岸風力發電議題
6 月 18 日 (美國時間)	1. 參訪哥倫比亞特區供水與污水處理局 (District of Columbia Water and Sewer Authority, DC Water)

之污水處理廠

2. 拜會環境法律協會 (Environmental Law Institute)
-

- | | |
|-----------------|----------------------------|
| 6月19日
(美國時間) | 1. 參訪威廉王子國家森林公園
2. 返回紐約 |
|-----------------|----------------------------|
-

6月20日 (美國時間)	文件整理
-----------------	------

6月21日 (美國時間)	搭機回臺灣
-----------------	-------

6月22日 (臺灣時間)	抵達臺灣
-----------------	------

參、研習及拜會行程

本次赴美行程主要議題包含空氣污染執法、水污染執法及環境影響評估監督，主要拜會位於華府的美國環保署總部（圖 1）、位於波士頓的美國環保署第一區（圖 1）、麻州環境保護局及位於華府之環境法律協會等單位交流雙方執法實務經驗，並參訪波士頓鹿島污水處理廠(Deer Island Treatment Plant)、華府哥倫比亞特區供水與污水處理局(District of Columbia Water and Sewer Authority, DC Water)之污水處理廠及維吉尼亞州威廉王子國家森林公園(Prince William Forest Park)。

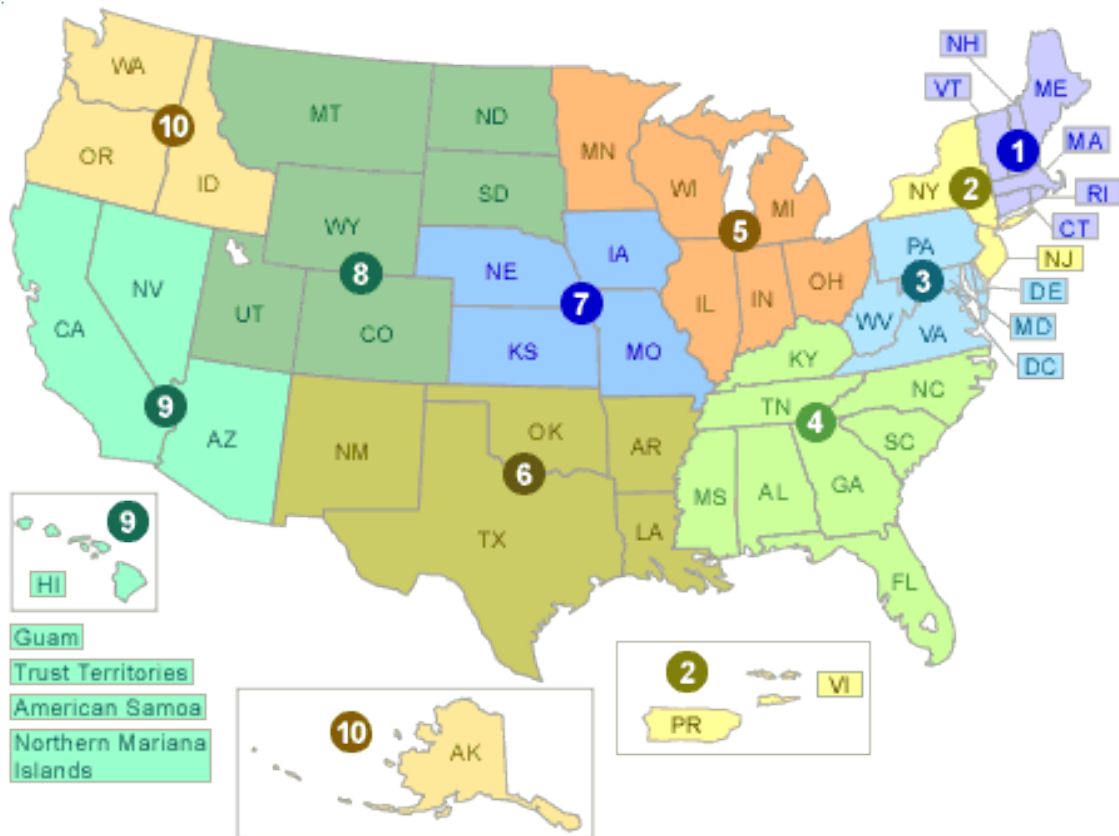


圖 1 美國環保署分區

一、 參訪固定污染源連續自動監測設施(CEMS)列管電廠

美國自 1975 年起開始應用固定污染源連續自動監測設施(CEMS)於大型固定污染源，針對空氣污染源之空氣污染物排放監測及管制，為使環保主觀機關能即時瞭解固定污染源之排放情形，並用來計算排放量及空氣污染防制費用。1900 年起美國開始實施酸雨計畫，運用 CEMS 來協助計算二氧化硫，以達成排放簡量之目標，並透過市場交易機制及分配給各污染源年度排放量等之經濟誘因，使相關電廠開始安裝污染防制設備。我國自 1993 年起實施固定污染源空氣污染物連續自動監測設施之管制作業，主要參考美國的 CEMS 法規相關規定制定「固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理要點」及其相關作業規範。

臺灣固定污染源連續自動監測設施(CEMS)法規及管理制度係參考美國法規及管理模式而建立，臺灣經過多年的執行，已經有完整的體系，與美國固定污染源連續自動監測設施管理發展已經有所不同，本次參訪鹿島污水處理廠(Deer Island Treatment Plant)之沼氣發電廠的固定污染源連續自動監測設施，了解列管電廠營運、維護、保養、操作及申報等方式及作業程序，並了解美國政府在固定污染源連續自動監測設施管理與執法方式，及如何針對固定污染源連續自動監測設施進行查核。

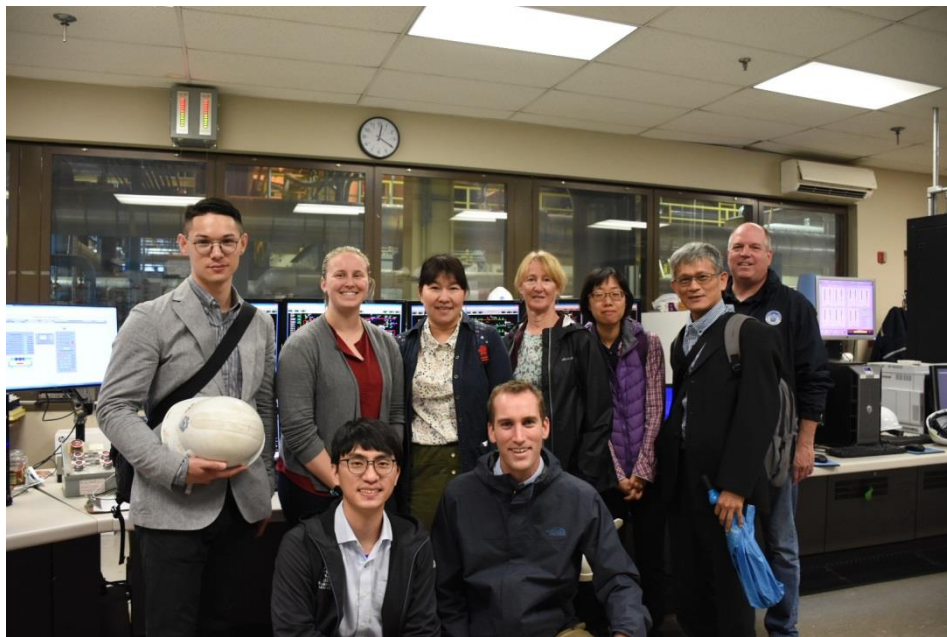


圖 2 於鹿島污水處理廠沼氣發電廠控制室合照

鹿島污水處理廠每天平均處理來自波士頓 43 個社區的 3.65 億加侖廢水，是美國東北地區最大的電力用戶之一。鹿島目前自產生 26% 的電力需求，島上一半以上的能源需求由現場可再生能源發電提供。鹿島污水處理廠擁有一系列正在進行的能源效率和可再生能源計劃，污泥消化過程產生的甲烷（消化氣體）被收集並用於鹿島的現場發電廠，以產生為設施提供熱水和熱量的蒸汽。蒸汽也通過蒸汽渦輪發電機運行，產生電力。該熱電聯產設施每年為鹿島污水處理廠節省約 1500 萬美元的燃油成本及節省 280 萬美元的電力。自 2002 年以來，處理後的廢水通過兩台 1 兆瓦的水力發電機從工廠流入排污隧道豎井，通過產生超過 600 萬千瓦時的電力，每年節省超過 600,000 美元的電費，從而回收能源。鹿島污水處理廠之沼氣發電廠的固定污染源連續自動監測設施。鹿島可以通過運行自己的兩台 26 兆瓦燃氣輪機發電機來自行發電，以減少或消除從區域電網購買的電力。

鹿島污水處的沼氣發電廠所安裝之固定污染源連續自動監測設施 (CEMS)，針對其排放之廢氣中的一氧化碳(CO)、氮氧化物(NOx)、二氧化硫(SOx)及不透光率(OP)進行監測，其 CEMS 儀器均依法規規定之期限、頻率進行空氣污染物排放之定期檢測，並依規定以網路傳輸方法完成排放量申報。

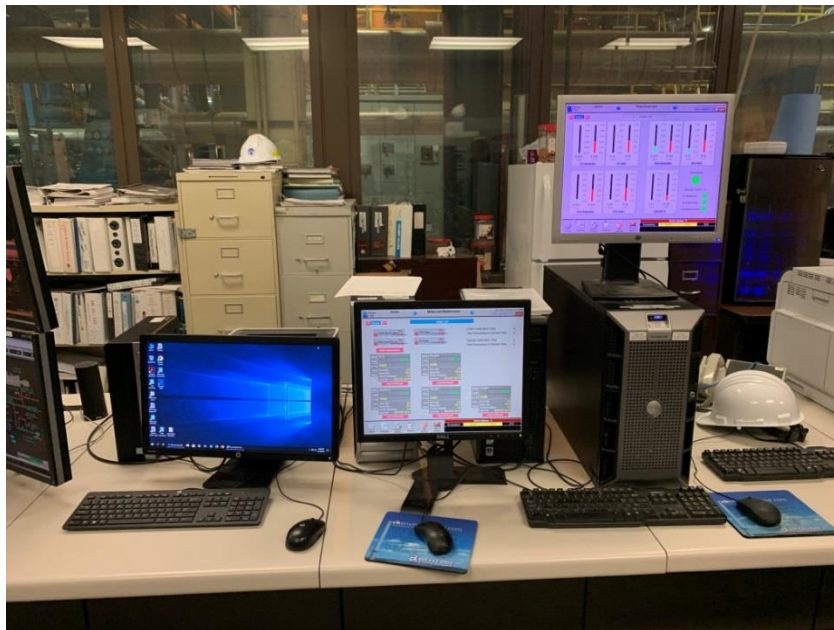


圖 3 鹿島污水處理廠沼氣發電廠控制室

而麻州環保局亦會針對連續監測數據進行現場查核，如連續自動監測數據品質確認等。並且針對系統及功能查核(含 CGA 氣體查核、RATA 檢測及訊號比對查核)，檢查鑑定空氣污染物連續自動監測設施設置及操作狀況，是否依照核可文件進行設置、連線、操作維護、連線傳輸其監測數據，及是否依規定紀錄例行校正、查核及保養等。

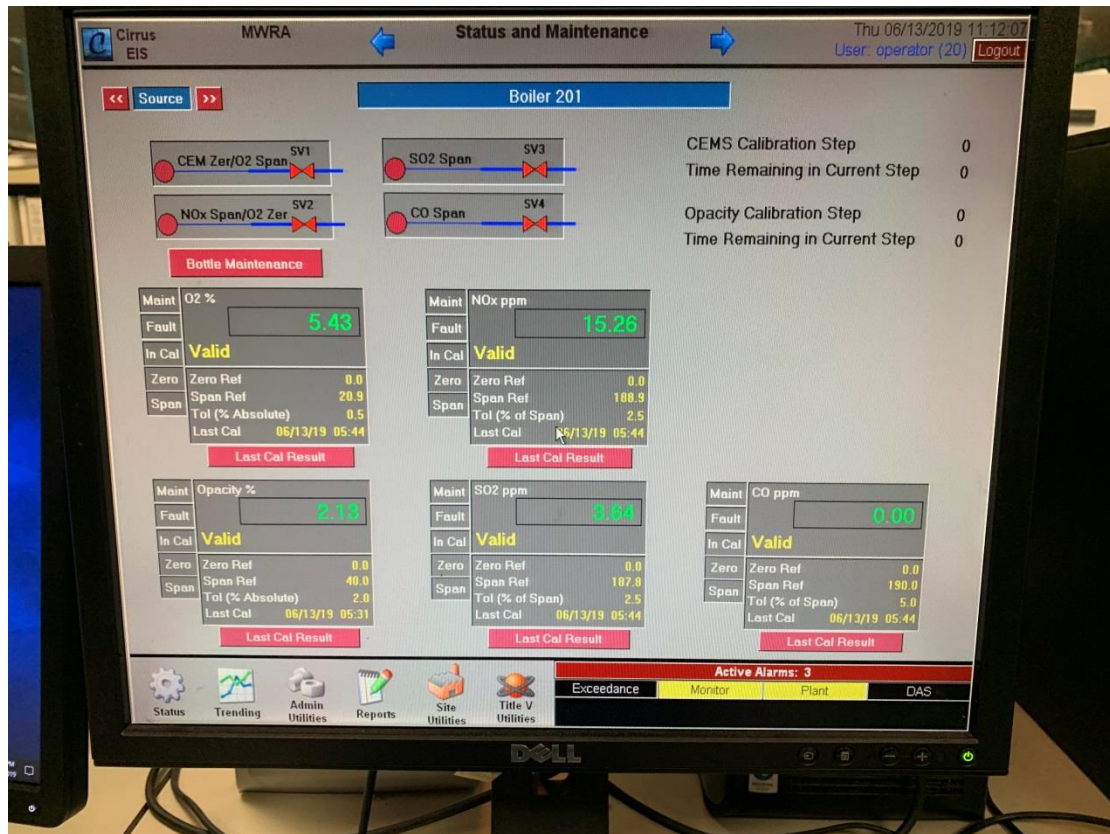


圖 4 鹿島污水處理廠沼氣發電廠控制室監控螢幕

二、 空氣污染執法交流

石化廠區周界不論乾季或濕季，揮發性有機污染物(volatile organic compounds, VOCs)主要受製程管道排放及逸散性污染源之影響，製程中揮發性有機空氣污染物主要來源包含固定管道、貯槽與設備元件，從排放總量削減的角度觀之，應加強洩漏檢測與改善設備元件洩漏情形開始著手。本參訪團期透過與美方進行 VOCs 氣體洩漏偵測專題報告並交換心得，對台美合作之未來方向及重點助益良多。

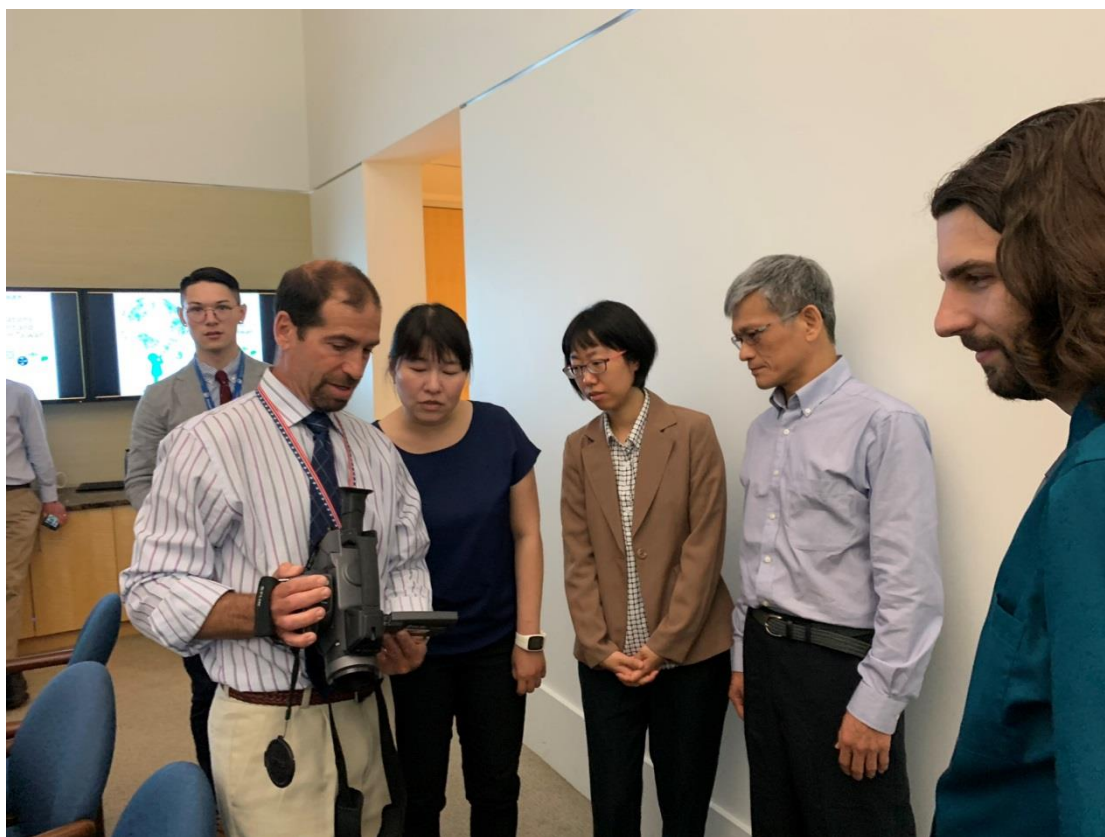


圖 5 於波士頓美國環保署第一區會議室使用紅外線氣體檢漏儀

美方現場簡報 VOC 氣體洩漏偵測情形，係應用紅外線氣體檢漏儀 (Gas-Find IR) 等儀器大範圍進行廠區內之輸送管線、管線閥件、設備元件及儲槽、裝卸作業、廢水處理設施、廢氣處理設施等設施之測定，檢測可能發生洩漏來源，以二度空間之篩檢方式，可即時顯示洩漏位置，有助於洩漏之發現，再輔以攜帶式火焰離子偵測器(FID) 測定其洩漏濃度，以確定是否超過洩漏管制標準。

(一) 揮發性有機物(volatile organic compounds, VOCs)

為臭氧前驅污染物，VOCs 的排放因遇光衍生臭氧及細懸浮微粒等二次污染物，造成空氣品質惡化，亦影響人民的健康，為降低 VOCs 在點源管道的排放量，首從加強設備元件洩漏檢測與督促廠方改善洩漏情形著手，為瞭解石化廠區內 VOCs 洩漏情形，本署南區環境督察大隊自 2018 年起成立專案小組，應用紅外線氣體檢漏儀(Gas-Find IR)搭配攜帶式火焰離子偵測器(FID)進行設備元件檢測作業，發展方向與美方一致。

(二) 本署執行情形：

南區環境督察大隊 2018 年至 2019 年將逐一完成轄內 57 廠家石化廠設備元件檢測，並完成檢測不合格事業複查作業，透過計畫性的檢測降低設備元件洩漏及逸散排放，期以提升稽查效能，督促事業做好污染防制工作，希能促使臺灣南部地區空氣品質獲得改善。



圖 6 於波士頓美國環保署第一區會議室使用紅外線氣體檢漏儀

美方現場簡報 VOC 氣體洩漏偵測情形，係應用紅外線氣體檢漏儀 (Gas-Find IR) 等儀器大範圍進行廠區內之輸送管線、管線閥件、設備元件及儲槽、裝卸作業、廢水處理設施、廢氣處理設施等設施之測定，檢測可能發生洩漏來源，以二度空間之篩檢方式，可即時顯示洩漏位置，有助於洩漏之發現，再輔以攜帶式火焰離子偵測器 (FID) 測定其洩漏濃度，以確定是否超過洩漏管制標準。

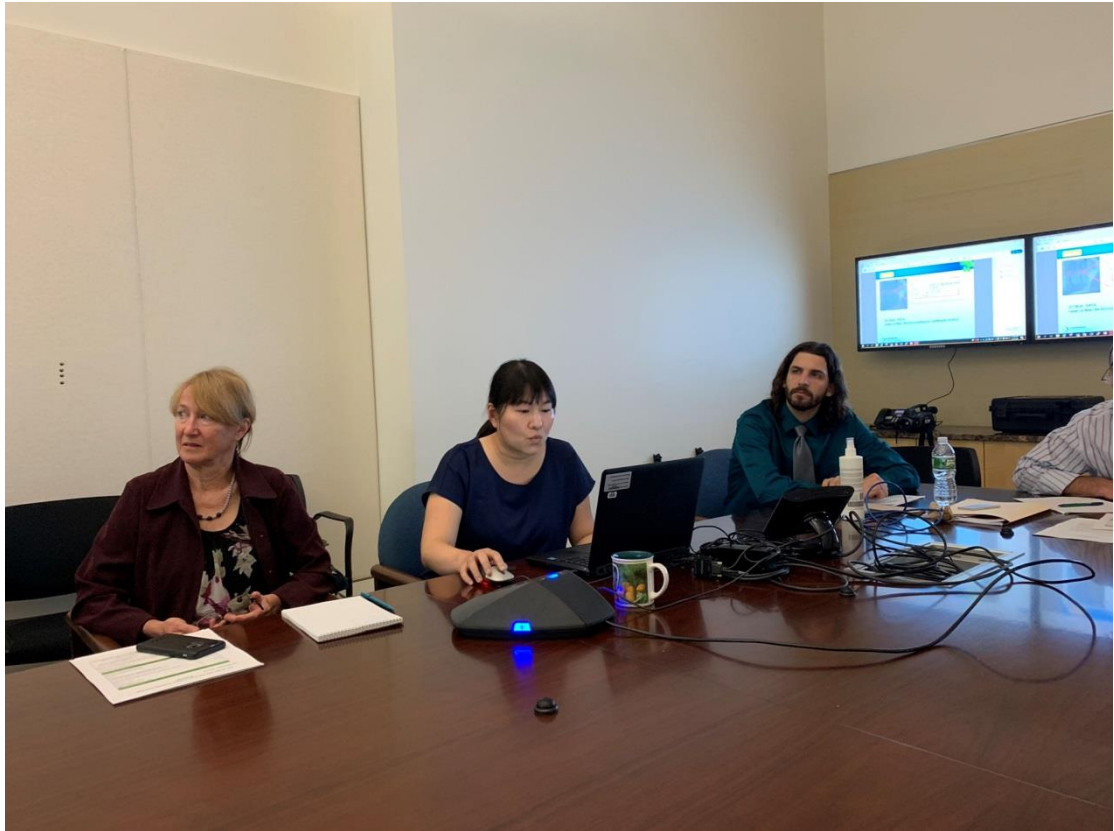


圖 7 於波士頓美國環保署第一區會議室討論照片

三、 實地參訪污水處理廠

本次研習活動特別安排實地參訪美國兩座大型污水處理廠，以了解美國如何致力於水污染防治。另外，亦安排參觀一間位於波士頓的水博物館，以了解波士頓的供水歷史。

(一) 鹿島污水處理廠(Deer Island Treatment Plant, DITP)

麻薩諸塞州水資源管理局(Massachusetts Water Resources Authority, MWRA)於1984年成立，負責波士頓地區的水及下水道相關管理事務，目前該地區共有250萬的人口在61個社區。1991年以前，由於缺乏處理的下水道污水排放導致波士頓灣(Boston Harbor)的水中細菌含量經常超過水質標準，這個水嚴重污染的問題促使麻薩諸塞州水資源管理局及波士頓灣計畫(Boston Harbor Project)的成立。透過20年50億美元的波士頓灣計畫，MWRA的污水處理系統得以精進改善，其中包含重新整建鹿島污水處理廠，建造一條9.5英里的排放渠道將處理過的廢水從波士頓灣排放到麻薩諸塞州灣(Massachusetts Bay)，將污泥轉換成肥料，及管控合流式下水道溢流(Combined sewer overflows)。

鹿島污水處理廠投資了38億美元來達成保護波士頓灣免受波士頓大都會下水道系統污染的目的。鹿島污水處理廠處理來自43個大波士頓社區共230萬人口(約佔麻薩諸塞州34%人口)的生活及事業污水(如圖8)。經處理過的廢水在符合所有聯邦及州政府的環保標準及得到環保署(Environmental Protection Agency, EPA)與州環保部門(Department of Environmental Protection, DEP)的排放許可下，得以排放至麻薩諸塞州灣的深海處。污水處理廠的主要構成要素包含下列6項：

抽水站(Pumping)：廢水從社區經由4條地下管道送到處理廠後，被抽水至渠首工(Headworks)，濾除石塊、木屑及其他大型雜質等。在污水處理廠中有3個主要抽水站，分為北系統(North System)和南系統(South System)，各別可處理每日9億1,000萬加侖及額外每日4億加侖的水量。由於新鹿島污水處理廠大幅提升抽水能力，因此可減少雨季時所導致的污水溢流問題。

一級處理(Primary treatment)：從渠首工初濾過的污水流至渦流式

沉砂池(Vortex grit chambers)移除砂礫，其所生廢砂再送至掩埋場。經沉砂池的污水再流至初級沉澱池(Primary treatment clarifiers)移除一般廢水中多數污染物(50-60% 懸浮固體、50% 致病體及毒性污染物質)。在此步驟中，是利用重力將污泥及浮渣從廢水中分離出來的。

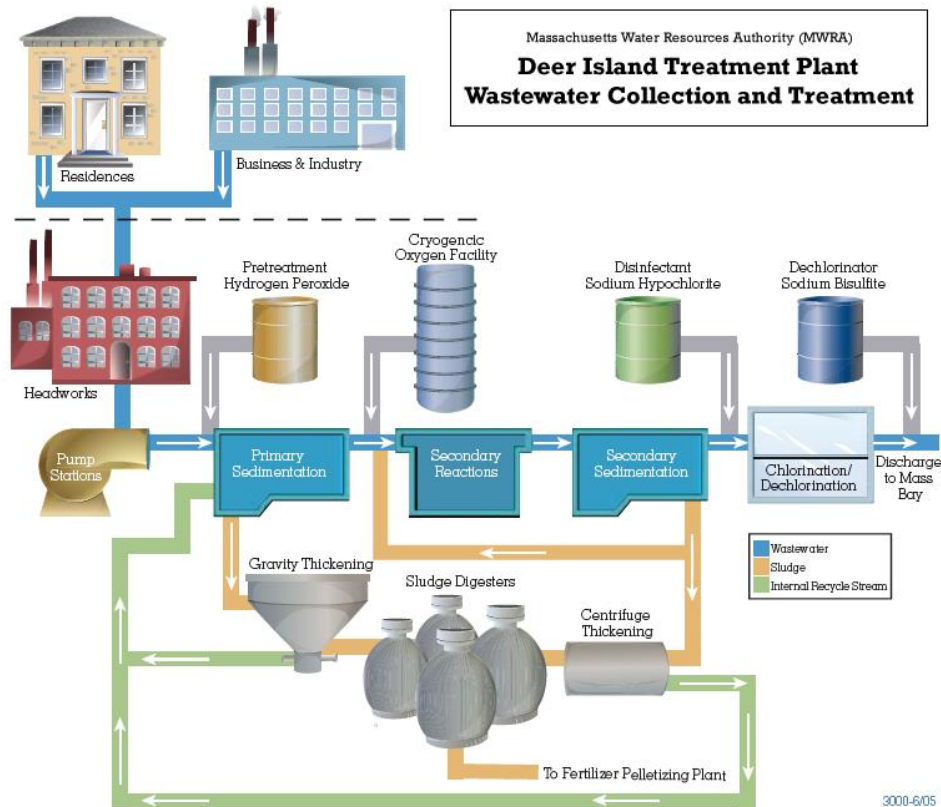


圖 8 鹿島污水處理廠運作情形

二級處理(Secondary treatment)：二級處理的混合池(Mixers)、反應池(Reactors)和沉澱池(Clarifiers)利用生物及重力處理移除無法沉降的固體。生物處理過程需加氧氣加速微生物的生長，這些微生物會消食污水中的溶解性有機物。二級處理可移除污水中超過 85% 的污染物質。

消毒(Disinfection)：經過一級和二級處理的廢水會利用次氯酸鈉(Sodium hypochlorite)殺死任何殘留的致病體。污水處理廠中設置 2 座

消毒槽，每個槽體含容量為 400 萬加崙。最後，利用加入亞硫酸氫鈉 (Sodium bisulfite) 來脫氯，因此在放流水中的氯含量不會對海洋生物造成危害。

放流水排放(Effluent disposal)：放流水是由一條長 9.5 英里、直徑 24.5 英尺的排放渠道(Outfall Tunnel)運送至麻薩諸塞州灣海平面下超過 250 英尺處的岩層，再經由超過 50 根單獨的排放管道(Diffusers)排放，每根排放管道有 8 個小孔，因此可以使放流水迅速和麻薩諸塞州灣的深水混合並獲得有效稀釋以符合水質標準（如圖 9）。廣泛的環境監測可以確保此處環境被妥適的保護。

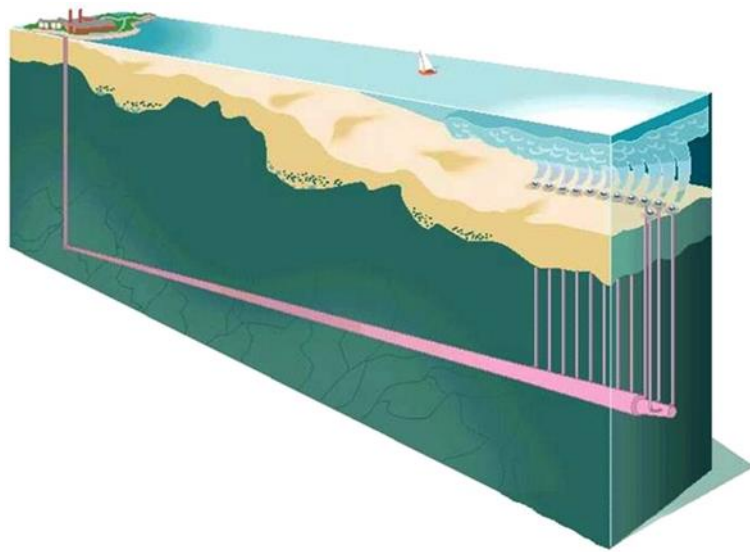


圖 9 排放渠道(Outfall)和排放管道(Diffusers)側面示意圖

污泥消化和殘餘回收(Sludge digestion and residual recycling)：從一級處理來的污泥和浮渣在重力濃縮槽(Gravity thickeners)被濃縮，而從二級處理來的污泥和浮渣則在離心槽(Centrifuges)被濃縮。二次濃

縮時會加入聚合物(Polymer)以提升濃縮效率。濃縮後的污泥會被送至 12 座蛋形厭氧消化槽(Egg-shaped anaerobic digesters)進行消化(如圖 10)。消化槽裡的微生物會將污泥及浮渣分解成甲烷氣體、二氧化碳、固體有機副產物及水。此消化反應可有效將污泥量減少 55%，以減低後續處理的成本。消化過程中產生的甲烷氣體被傳送至燃燒爐(Boilers)提供 95% 以上處理廠所需熱能，燃燒爐產生的蒸汽再被送至汽輪發電機(Steam turbine generator, STG)產生平均約 350 萬瓦特的電力，可提供污水處理廠所需大約 20% 的電力。已消化過的污泥再利用廠內傳輸渠道(Inter-Island Tunnel)送至位於昆西(Quincy)的 MWRA 的肥料工廠(MWRA's pelletizing facility)，肥料廠會再進一步處理這些污泥，使其成為可回收再利用的 A 級肥料產品(Class A fertilizer product)販售。



圖 10 蛋形厭氧消化槽(Egg-shaped anaerobic digesters)示意圖

麻薩諸塞州水資源管理局自從成立以來一直都有在長期監控波士頓灣的環境品質，並有相關的技術研究計畫執行。每年的監測報告書及相

關技術研究報告皆可於網站上下載（網址：<http://www.mwra.state.ma.us/harbor/enquad/trlist.html>）。例如 2017 年的監測報告書(2017 Outfall Monitoring Overview)中指出，麻薩諸塞州灣執行的水層監測(Water-column monitoring)顯示只有在排放渠道口附近偵測到營養銨鹽的平均濃度和西元 2000 年 9 月(污水停止排放於波士頓灣的時間點)前的平均濃度比較有增加，但和 2000 年 9 月前的波士頓灣中的平均濃度比較低很多（如圖 11），另外，亦未於麻薩諸塞州灣排放渠道口發現藻華或含氧量偏低的現象。

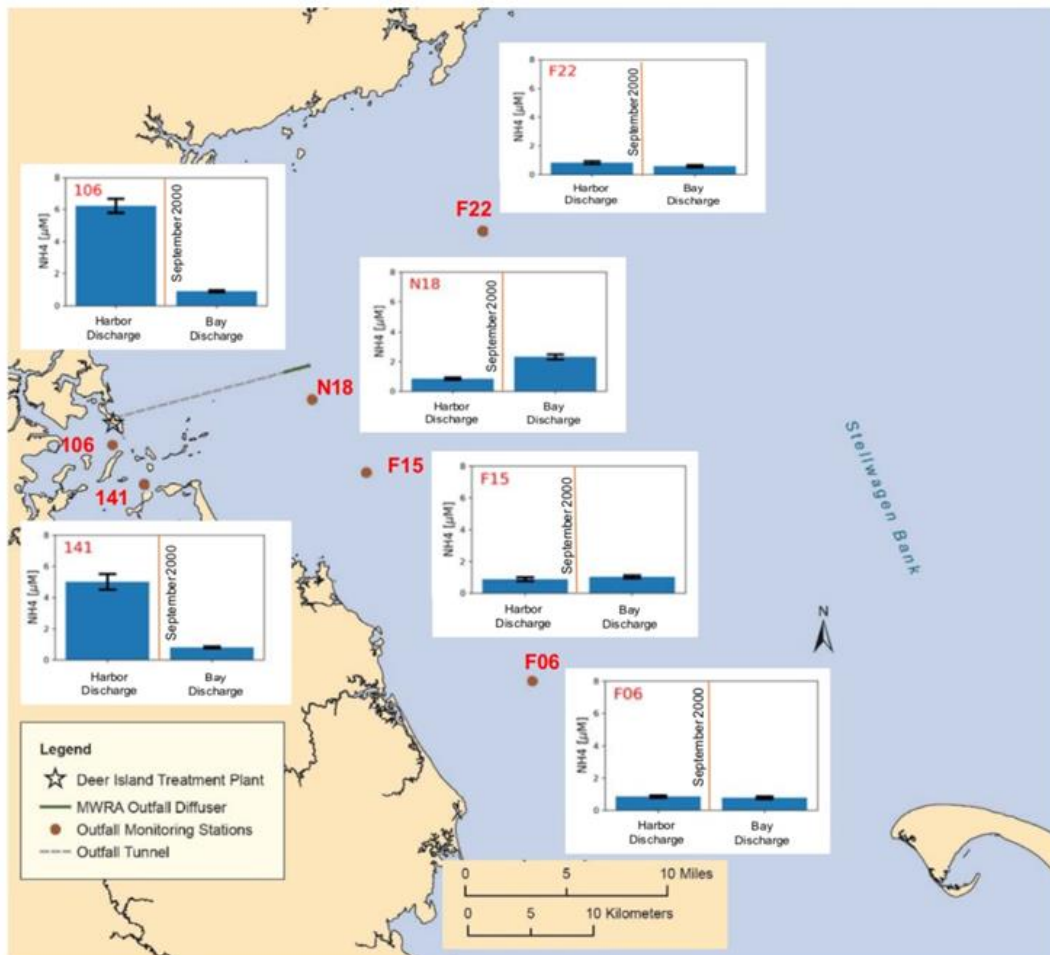


圖 11 污水排放位置改變前後的波士頓灣和麻薩諸塞州灣平均銨鹽濃度

鹿島污水處理廠特點在於該廠處理規模大、利用一條排放渠道將污水排放至較遠的麻薩諸塞州灣中，及進一步利用廢水處理產生的污泥來執行產熱及發電，最後又將殘餘污泥製成肥料販售，整個系統串接起來兼顧了環境保護和資源再利用，永續經營的效益（參訪照片如圖 12 所示）。



(a)鹿島污水處理廠入口處



(b)進入行政辦公區



(c)簡報介紹



(d)蛋形厭氧消化槽

圖 12 鹿島污水處理廠參訪照片

(二) 藍色平原先進污水處理廠(Blue Plains Advanced Wastewater Treatment Plant)

哥倫比亞特區供水與污水處理局(District of Columbia Water and Sewer Authority, DC Water)的藍色平原先進污水處理廠主要負責美國首府特區、馬里蘭州(Maryland)及維吉尼亞州(Virginia)部分鄉鎮區域的污水處理(如圖 13)。藍色平原先進污水處理廠是全世界該類型處理廠中規模最大的,每日平均可以處理 384 萬加侖的廢水,雨季時甚至可達每日超過 10 億加侖的尖峰處理量。DC Water 的簽約和所屬實驗室會分析水樣品質以確保符合聯邦及州政府等的規範,其內部實驗室每年檢測次數超過 10 萬次。該污水處理廠於 1937 年僅以一級污水處理設備營運,後續不斷精進擴充處理程序,至 2015 年時,加入厭氧消化程序,使污水處理過程中產生的有機物質超過半數進一步產生甲烷而可用以發電供應處理廠本身營運所需電力,剩下半數的固體則成為 A 類固態殘渣(Class A biosolids),而這些 A 類固態殘渣又可作為肥料使用。

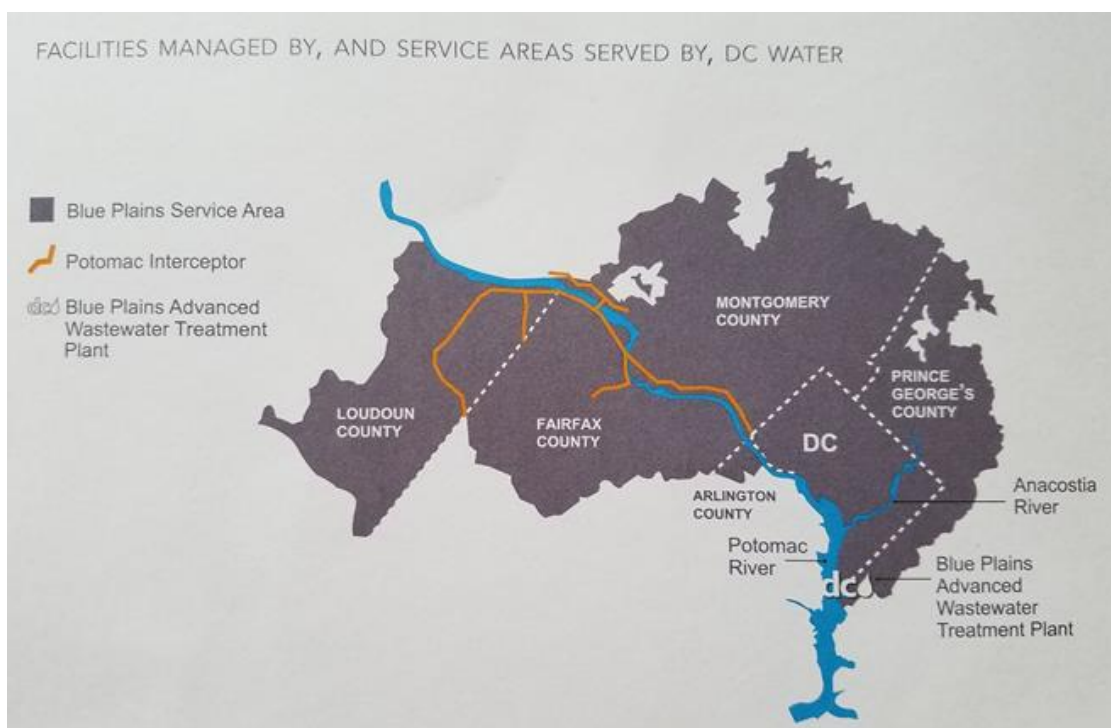


圖 13 藍色平原先進污水處理廠服務區域

藍色平原先進污水處理廠廢水處理程序包含一般污水處理廠所擁有的過篩及砂礫移除(Screening and grit removal)、一級沉澱池(Primary clarifier)與二級反應槽及沉降作用(Secondary reactors and sedimentation)，很多污水處理廠處理程序到這裡就結束了，但是因為藍色平原排放承受水體為波多馬克河(Potomac River)，是乞沙比克灣(Chesapeake Bay)的支流，因此必須移除氮鹽以保護集水區。硝化(Nitrification)、脫硝(Denitrification)、過濾(Filtration)及消毒(Disinfection)程序使藍色平原成為一座高級的污水處理廠。硝化反應是藉由好氧微生物的生物作用將氨氧化成硝酸鹽；脫硝反應則是藉由厭氧微生物將硝酸鹽轉換成氮氣排放至大氣中，如此便可移除污水中的氮成份。由於該厭氧微生物需以碳源做為食物，因此在脫硝過程中會添加甲醇以作為碳源。過濾程序使用砂(Sand)和無煙煤(Anthracite)作為濾材。消毒程序使用次氯酸鈉，放流水排放前則會再使用亞硫酸鈉移除餘氯。污水處理程序中一級沉澱池的固體物會被送至重力濃縮槽濃縮；二級和硝化程序中的固體物則會被送至溶解空氣浮除槽(Dissolved air flotation tank)，該槽會利用過飽和空氣(Supersaturated air)將固體物上浮至表面而達到濃縮效果。這些上浮固體物被刮起，並在混合槽(Blend tank)中和經重力濃縮的固體物混合，混合後的固體物再除水並送至熱解程序(Thermal hydrolysis process)。熱解程序利用高溫高壓移除致病體與準備消化槽中飢餓藻類及細菌的“食物”。消化槽會產生甲烷和A類固態殘渣，其中甲烷可被燃燒提供1,000萬瓦特的電力及蒸汽以加熱程序(污水處理程序可參考圖14)

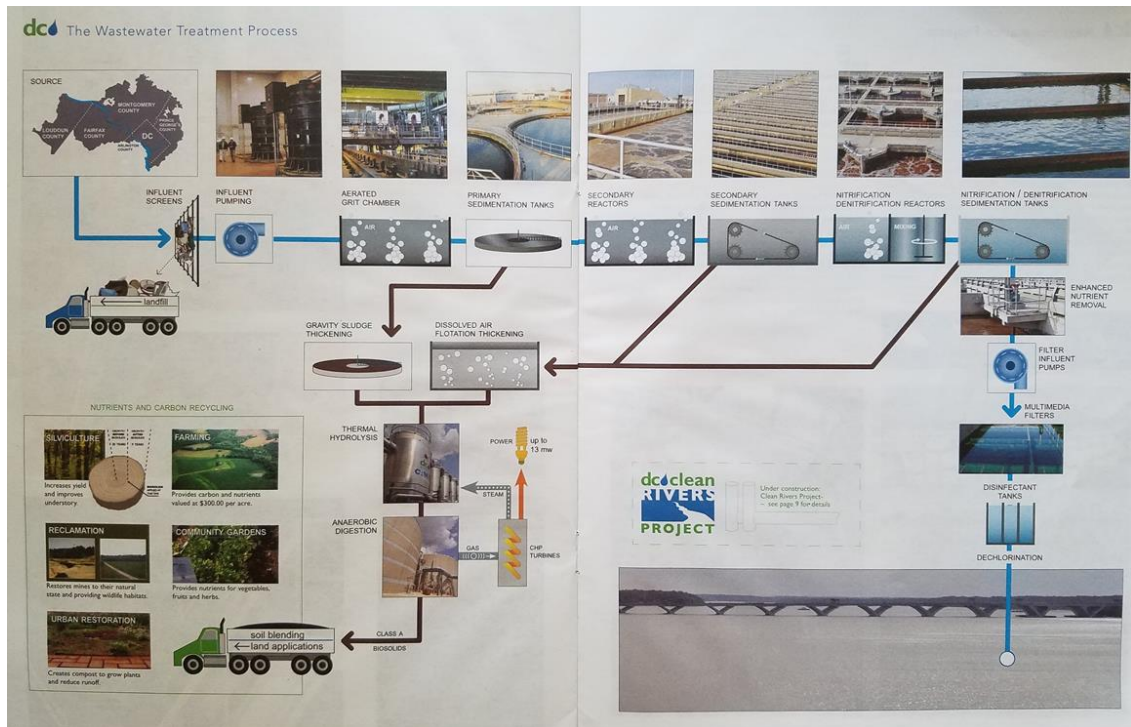


圖 14 藍色平原先進污水處理廠污水處理程序

藍色平原先進污水處理廠特點為該廠擁有除氮的處理程序及為全世界規模最大的採用熱解發電系統的污水處理廠，亦是北美第一座將熱解系統納入污水處理程序的處理廠。藍色平原是特區中的最大用電戶，現在由於熱解發電系統，廠內三分之一的用電量可自給自足，因此除了環境保護外，處理廠對節能減碳亦是貢獻良多（參訪照片如圖 15 所示）。



(a) 廠區入口處及硝化/脫硝反應槽



(b) 熱解程序及消化槽



(c) A 類固態殘渣暫存區及廠區植栽溫室



(d) 參訪合照

圖 15 藍色平原先進污水處理廠參訪照片

(三) 水博物館(Waterworks museum)

此間水博物館座落於波士頓的栗樹山水庫(Chestnut Hill Reservoir)旁,裡面展示著波士頓這個大城市的供水歷史。在1880年代,波士頓原本的供水系統已無法負荷該城市快速發展及用水需求,因此選定於栗樹山區域建造一個新的水庫和抽水站。於1887年完成並開始使用的栗樹山抽水站(Chestnut Hill Pumping Station)搭載了2座Holly-Gaskill抽水機(Pumping engine),每座抽水機流量(Capacity)可達每日800萬加侖。但是到了1890年代,城市用水需求量又超過了抽水站供水能力,因此需設置更多能力更強的抽水機,例如Leavitt抽水機及Allis抽水機,於1922年時,其中一座Holly-Gaskill抽水機被替換成幾乎是其2倍流量的Worthington-Snow抽水機,如此大幅提升抽水站的供水能力。這些抽水機從設置開始即每日運轉,直至1970年代波士頓的水供應轉由闊賓水庫(Quabbin Reservoir)負責,而栗樹山水庫則作為緊急備用水源。另外,在1889年,成立了波士頓第一間負責分析檢測供水的生物情形的實驗室(栗樹山實驗室,Chestnut Hill laboratory),直至1895年,這間實驗室已經執行了超過1萬2,000次的水樣本顯微鏡檢測及超過6,000次的細菌檢測。目前水博物館主要展示3座古老的蒸汽動力(steam-powered)抽水機,包含Leavitt、Worthington和Allis型,及當時實驗室所用工具等,亦有安排導覽解說(如圖16)。在這裡,我們可以了解一個大城市的供水發展歷史及其精美的工藝技術。



(a)水博物館主要展示廳及導覽解說



(b)抽水機



(c)實驗室及其相關實驗器材

圖 16 水博物館展覽情形

四、 環境影響評估監督交流

環境影響評估監督交流：美國自 1969 年制定《國家環境政策法》(National Environmental Policy Act, 簡稱作 NEPA)，建立全球第一個環評制度，至今已將近 50 年，美國聯邦機關歷年來製備評估書件數已經超過上萬件，近幾年則維持通過數百件之環評案件審核，但 NEPA 並不要求後續的追蹤監督制度，從美方人員的簡報說明及相關規範，可知美國環評所注重的是行政監督與民眾參與和司法審查，因為在美國所訂定相關環境法令相當齊全，只要涉及環境層面，大多可以納入管理，以本次交流重點離岸風力發電設施開發為例，在 6 月 13 日拜訪馬薩諸塞州的环境保護機關會面之簡報中，該州依據美國海洋能源管理局(US Bureau of Ocean Energy Management ; BOEM)相關規定所執行近海風電開發之管理措施，就包含對環境友善及經濟發展兼顧的管制，足勘我國對於台灣海峽的離岸風力發電開發管理之借鏡，其部分進行之環境管理措施，在我國的相關環評開發案件之中，亦有類似環評承諾內容，以現階段而言，如能落實開發行為之各項環評承諾內容，亦可同樣達到離岸風機的環境管理目的。



圖 17 於華府美國環保署總部會議室討論照片

實例活動參訪：本次主要參觀麻州 Deer Island 污水處理廠與華盛頓特區 DC Water 污水處理設施，其主要處理對象為民生污水來源，處理設施相較於我國所通過之環評污水處理廠個案，如八里污水處理廠暨海洋放流管等工程環境影響評估報告書、迪化污水處理廠提升二級處理工程、淡水河系污水下水道系統等，屬相同性質之開發行為，也有類似之海洋放流及河川流域排放情形，對於其處理效能與環評所承諾之環境管理措施比較，似無太大之差異性，但本次參觀之個案有更進一步處理為飲用水，或乾燥污泥培養作為農業使用等，屬多效益之用途與利用，而我國環評開發承諾所包含之其他非環保管制項目，如生態保育、環境綠美化、敦親睦鄰措施等，在美國則屬其他相關作為或約定內容，歸類於「企業社會責任」之列，相對而言，以國內環評法有行政約束及罰則之規範，較不易有法律漏洞，或開發單位不履行環境承諾情形。

與美國環保署、州政府環保人員交流互動：為使環評監督同仁研習其他國家環評經驗及污染稽查知能，規劃環評執法課程及執法經驗交流、環評及水污染場址參訪，俾供我國借鏡未來民眾參與環評監督機制之參考，並學習水污染、空氣污染稽查及自動連續監測設施等污染管制應用於環評監督實務工作。本次美方安排研習交流的成員包括美國環保署第一區、各州政府環保單位、海洋能源管理局及能源部風能技術辦公室等單位之環境管理與稽查執法人員，由雙方簡報說明(詳如附錄)與實地勘查的交流，並拜訪部分專業關係人士建立聯繫管道，期藉此建立雙方之稽查交流關係。

(一) 在雙方溝通交流中，美方詢問幾項主要有關環評問題，都屬環評審查內容，例如：

1. 台灣的離岸風電 EIA 有無進入二階案例?
2. 台灣 EIA 審查案件地方中央如何分工?
3. EIA 審查與開發許可的時間大約多長?
4. 離岸風電的類型與台灣四周海岸狀況?
5. 台灣海峽離岸風電開發是否需經國防單位之許可意見?

6. 一階環評與二階環評差別在哪裡？



圖 18 於華府美國環保署總部會議室討論照片

(二) 針對美方之簡報資料，我們亦提出相關意見與諮詢，包含：

1. 離岸風電的保育措施及海洋保護對策。
2. 對於履行環評所載內容的監督制度。
3. 海岸管理及開發行為的管制內容。
4. 對於漁業或漁民的相關補助或環境補償措施。
5. 海放管對於海灣地形的環境影響問題。

從美方的簡要回覆說明可以了解，似乎美國對於我國的環評制度並不十分了解，雖然我國的環評制度原係師法美國，但在後續的立法過程幾經更迭，發展為適應國情及環境需求的環境影響評估制度，並將環評後續的監督規定納入法規體系當中，已截然不同於美國的環評制度，成為目前全球獨特的環評監督法源。但因歷經二十餘年之運作，對於日益增加之開發計畫類別及型態，個別開發計畫的環評承諾越加廣泛，所涉及之層面及技術日趨複雜，大異於其他之法令規範。

目前美國的環評制度並未訂定有關後續追蹤監督之規章，亦無專門單位負責執行追蹤監督，而係由相關部門依據各該管法令予以管理，在環評階段僅注重於公眾參與程序的踐行，以及聯邦各機構的行政體系監督，所有通過環評之開發案，均由當時擬議計畫之聯邦機構負責，在我國則是由開發單位所提出環境影響說明書，依據環評承諾內容管理執行，二者所負責單位截然不同，美國聯邦機構可經民意單位及公眾參與監督執行，以我國之環評程序則規定由行政機關監督開發單位履行環評承諾，以環保單位之法定公權力進行監督較為妥適，故在法令制度設計上，已發展成適應不同環評架構之監督體系。

(三) 在交流過程中我們亦向美方提出現階段我國環評監督所面臨的幾項難題與困境，比如：

1. 目前我國法令無退場機制規定，且環評法修法困難，環評列管案件有增無減，工作負荷逐漸加重。
2. 我國環評書件為開發單位所提計畫，依法應切實執行，但所記載內容多屬敘述性文句，不如正式法令文件嚴謹，經常因業者與環保單位認知不同產生爭議。
3. 開發行為種類繁多，涉及專業內容超出環保領域，對執法人員極具挑戰。
4. 新型開發行為有較新環保對策，對執行監督人員有相當大壓力。

5. 環評監督人力普遍不足，大型開發案件難以全面查核，且多數案件在環評審查通過後數年才進行開發，產生時空環境差異所造成不同影響，難以重新評估衝擊程度。

因美國的環評追蹤監督與我國差異性，諸多問題亦難提供我們較佳解決方案，不過美方簡報中有關開發個案及離岸風機、海洋環境保育等環境管理措施，亦有部分可供未來執行環評監督之參考。

至於有關退場機制部分，美國的環評程序係由開發計畫主管機關製作環評書件，經許可後自主列管追蹤監督，故無所謂退場機制，我國目前雖已於今(108)年已開始進行研議，並研商老舊環評案件之監督作法，但在環評法尚未修法前，開發案並無實際退場法源依據，且我國環評監督之範疇相當廣泛，除一般環保法令規範事項外，諸多涉及生態保育、文化史蹟保存、坡地安全、景觀美化及交通維護等，均需相關法令的協助，甚至部分環評承諾無相關法令可予規範，諸如污染總量管制、溫室氣體減量、加嚴管制標準、生態保育措施、睦鄰回饋措施等等，目前唯有環評法具有拘束力，可藉由環評監督促使開發單位履行承諾，未來退場後如無行政公權力接替規劃，將難實現環評法之立法初衷。



圖 19 於華府美國環保署總部合照

五、參訪北維吉尼亞州「威廉王子國家森林公園(Prince William Forest Park)」

威廉王子國家森林公園(Prince William Forest Park)位於維吉尼亞州北部，距華盛頓特區約 40 分鐘的路程，威廉王子國家森林公園的成立可追溯至美國經濟大蕭條時期，在 1930 年代，羅斯福總統(Franklin Delano Roosevelt)，採取「還地於林」的政策，將原有零星的農地整理，廣植樹木，成為現在的威廉王子國家森林公園。



圖 20 威廉王子國家森林公園管理中心照片

威廉王子國家森林公園佔地約 1 萬 5 千英畝，園區中以十多條健行步道著稱，參訪時節正值初夏，陽光從園區內綠樹中灑落，無論是從事健行、騎自行車或是釣魚，另外園區內也設立有露營地，悠遊在綠色隧道中，能盡情享受芬多精，還有瀑布、小溪，以及園區內豐富的動、植物生態，美得令人神往，提供華盛頓特區居民一個遠離塵囂，親近大自然休憩身心的好去處。



圖 21 威廉王子國家森林公園內道路照片



圖 22 威廉王子國家森林公園管理中心展覽館照片

威廉王子國家森林公園入園需要收門票，以人或是以車為單位，汽車則是 15 美元，在一週內能無限次進入園區，首先先到遊客中心參訪及詢問，遊客中心展示許多園區的模型圖、海報照片，以及許多復古的用具，想像回到 1930 年代，當時種樹班工人生活的情形，我們現在能參訪如此綠意的國家公園，真的很幸福。



圖 23 威廉王子國家森林公園管理中心展覽館照片

由於前晚還下過雨，地上還有點潮濕，遊客中心的人員推薦我們探訪 I 步道，先驅車繞園區一周，不用開冷氣，開窗就是最天然的空調，園區中還有速限提醒，避免車速太快撞倒園區內的動物們。

我們走在林蔭綠色步道中，聆聽著蟲鳴鳥叫，眼中景象卻很涼爽宜人，腳邊有許多植物及原生菇類非常特別可愛，參訪當日，現場還有騎腳踏車運動的居民跟我們打招呼，返程時，在遊客中心的涼亭旁，還遇到校外教學的學生們，正在享用著三明治及零食，在如此美麗的國家公園中，在此遊玩的無論是大人小孩，都擁有無窮樂趣。



圖 24 威廉王子國家森林公園管理中心展覽館照片

遊客服務中心展示的內容活動多元，我國國家公園可仿效規劃健行步道、腳踏車道及露營區，融入環保跟景觀概念，將環境教育深耕至大人小孩的心中，也成為與城市和諧共存的天然景點。

肆、心得與建議

- 一、空氣污染執法交流心得：美國固定污染源連續自動監測設施(CEMS)主要係針對管制發電廠氣體排放設置，藉由排放紀錄計算空污費與審視特定期間電廠發電及空氣污染防制設施操作情形，藉由參訪固定污染源連續自動監測設施列管對象，了解美國政府如何管理及查核列管對象，有許多經驗可供我國參考借鏡。另對於揮發性有機物(volatile organic compounds, VOCs)，為臭氧前驅污染物，VOCs 的排放因遇光衍生臭氧及細懸浮微粒等二次污染物，造成空氣品質惡化，亦影響人民的健康，為降低 VOCs 在點源管道的排放量，首從加強設備元件洩漏檢測與督促廠方改善洩漏情形著手，為瞭解石化廠區內 VOCs 洩漏情形，本署南區環境督察大隊自 2018 年起成立專案小組，應用紅外線氣體檢漏儀(Gas-Find IR)搭配攜帶式火焰離子偵測器(FID)進行設備元件檢測作業，發展方向與美方一致。
- 二、實地參訪廠址及污水處理思維：這次研習活動透過實地參訪兩家大型污水處理廠使我們可以更深刻了解美國在防治水污染上是如何執行運作的，並且可以更深刻體會到美國和臺灣在污水處理模式上的異同，因此，實地參訪廠址對學習吸收新知及了解彼此差異是非常有幫助的。另外，經由這次活動發現美國在污水處理單元技術上並非都使用最新技術，有些技術在臺灣的污水處理廠也能看到，但是美國會將永續經營的理念納入，發展出一套最適合當地的污水處理模式。思考如何因地制宜發展一套能兼顧環境保護及永續經營的處理模式是我國未來發展環境保護措施上可以納入的思維。
- 三、提升環評監督技術層面：雖然美國在環評監督部分並未有相關法令規範及參考個案，但他們環境保護執法經驗非常豐富，且相關法令規定十分嚴謹，對於環評開發案的進行，落實於其他法令監督，並強化相關查核與檢測技術，亦能達到環評的預防及減輕功效，與我國環評監督由環保主管機關負責的行政制度，有異曲同工之處，其查核技術的提升，更對我們在執行環評監督業務上有所助益。
- 四、執法人員專業知能及法律素養提升：環評監督執法係以環評書件所載承諾為其要項，對於審查結論及承諾內容之解析，需要有執法經驗及法律素養人員較能勝任，尤其我國各級政府執行環評監督人員普遍缺乏經驗，且人員流動

率高，仍需持續加以培養。另外針對新型態之環評開發類別，更需不同領域之環保知能，譬如近年離岸風機開發案件因政策需要而遽增，其水下噪音及防蝕對策常為民意關切項目，對於海洋生物鯨豚之保育，以及海域生態造成之環境影響，環保單位更無相關之專業經驗，不利於環評之後續追蹤監督。

五、持續深化臺灣與美國環保合作關係：臺灣與美國的環境保護法規有許多相似之處，美國在環境執法的歷程也相當悠久，故有許多環境保護經驗值得我國參考學習之處。透過拜會美國政府環境保護部門及開發單位主管機關，可以學習新知識並反思既有執法工作，並與美國政府有更深入的連結與交流，有助於臺美雙方環保技術合作上的延續，持續深化雙方合作關係。

參考資料

1. 波士頓水博物館(Waterworks museum)官方網站
<https://waterworksmuseum.org/>
2. 鹿島污水處理廠 (The Deer Island Sewage Treatment Plant)官方網頁
<http://www.mwra.state.ma.us/03sewer/html/sewditp.htm>
3. 藍色平原先進污水處理廠(Blue plains advanced wastewater treatment plant)
官方網頁 <https://www.dewater.com/blue-plains>