

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：開會)

出席臺韓土壤及地下水環境保護
合作備忘錄第 9 次指導委員會議

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：陳峻明副執行秘書

陳以新組長

張良麗副組長

洪豪駿高級環境技術師

出國地點：韓國

出國期間：107 年 10 月 29 日至 107 年 11 月 2 日

報告日期：107 年 2 月 1 日

摘要

我國環保署與南韓環境部自民國 101 年 8 月簽訂「臺韓土壤及地下水環境保護領域合作備忘錄」(Memorandum of Understanding, MOU) 後，定期推派產官學代表互訪並召開指導委員會議，進行土壤及地下水保護工作之交流。102 年第 1 次指導委員會議開啟技術交流計畫，並互邀參與雙方研討會；同年第 2 次指導委員會議雙邊互邀發表國際期刊、共同合作土水整治研究計畫、並合作研擬拓展市場策略；103 年第 3 次指導委員會議雙方各出資 9 萬美元做為研究基金以利執行交流研究，並協議雙方共享產出的新技術與專利；同年第 4 次指導委員會議雙邊翻譯各自法規、交流討論、並參訪雙邊污染場址；104 年第 5 次指導委員會議討論隔屆 MOU 會議合作議題、參訪場址、並由雙方提供對方所需資訊以建置交流網站；同年第 6 次指導委員會議報告合作成果及交流情形、雙方同意 MOU 續約、並各出資 9 萬美元執行研究交流計畫；105 年第 7 次指導委員會議再度簽訂為期 4 年 MOU、交流計畫成果報告、並確認隔屆會議主題；106 年第 8 次指導委員會議交流計畫成果報告、並確認隔期雙方資訊書面交換內容。

本次(第 9 次)臺韓 MOU 指導委員會議(10 月 30 日上午)為四年期(2016-2020 年)合作備忘錄的第二次指導委員會議。會中針對 2018 年官方政策與技術交換資訊內容以及雙方產業合作研究計畫之規劃進行深入討論，並針對 2019 年雙方交流主題進行研商，完成 2018 年與 2019 年臺韓交流工作重點之確認。

本次臺韓 MOU 指導委員會議決議，2019 年雙方產業學術界合作研究計畫為「地下水資源及地下水質智慧管理策略」以及「污染土地開發政策比較與研析」等 2 計畫。

10 月 30 日下午舉行之臺韓土壤及地下水國際研討會議(The 9th Korea-Taiwan International Conference on Soil and Groundwater)，除雙方代表團成員出席外，韓國土壤及地下水專家共約 50 人與會。本次研討會分為二大主題，一為 2018 年合作研究計畫之初步成果報告，一為有關雙方優異與新興技術之介紹。在合作研究計畫之初步成果報告部分，臺、韓研究團隊分別就「汞與砷污染土壤與地下水的處理技術」以及「油品污染之現地整治技術發展與應用」二大主題說明規劃大綱，透過討論，使得雙方對於 2018 年合作研究課題有更清晰之執行方向以及一致性。在優異與新興技術介紹部分，則由臺、韓雙方顧問公司發表相關之技術應用與案例，韓方兩項報告為「污染

底泥熱處理與再利用」以及「重金屬污染土壤安定化」，我方則為「地下水砷污染之處理與管理」以及「地下儲槽污染預防管理工具」。其中韓方有關污染底泥之處理，對於我國底泥管理進程，具有參考價值。反之針對地下儲槽議題部分，我國對於全國污染狀況掌握度高以及近年發展完備之管理工具，其技術能力與管理經驗也獲得韓方肯定。

本次參訪行程除國際研討會議外，亦實地參訪數處地點，包括：首爾市郊原美軍供油中心土壤與地下水污染場址（Camp Giant）、韓國國家環境研究院（National Institute of Environmental Research, NIER）以及環境產業研究園區（Environmental Industry Research Complex 或 TechHive）。美軍供油中心污染場址是駐韓美軍移防後，發現地下環境受到污染，而由韓國政府進行整治工作。污染物主要是柴油，與我國供油中心常見之污染狀況類似。目前韓國多採用土壤離地處理與地下水抽出處理之方式進行，本場址也不例外。由於韓國採用離場/離地整治工法非常普遍，但也體認到對於環境永續產生較大衝擊，因此對於我國在現地整治技術之發展與應用，有高度學習興趣。因此透過雙邊交流，在油品污染整治技術上，我方可進一步了解韓方離場處理與再利用之生命週期管理經驗，另可提供韓方我國近年在現地整治技術之應用與經驗，相信可創造雙贏契機。

韓國國家環境研究院（NIER）以及環境產業研究園區（TechHive）均為政府設置之環境保護相關研究單位，然各有其定位。NIER 負責執行多元環境課題研究，涵蓋空氣、水、廢棄物、化學物質等環境保護研究領域，同時設有依任務需求所建立之國家溼地中心、四大河研究中心、污染傳輸研究中心、環境衛星中心等。本代表團參訪其中較受矚目環境衛星中心，係該院為預計於 2019 年發射環境監測人造衛星所設立，目前尚在建置階段，預期運作後將可為南韓建立空氣品質監測與沙塵暴影響等預警提供更即時之資訊。另外也參訪隸屬環境基礎研究部門之土壤與地下水保護研究辦公室與實驗室，該單位近年專注於土壤污染整治、地下水污染特性調查、地下水污染物傳輸及土壤與地下水資訊系統建構等工作，與我國土壤與地下水污染管理之初期重點相當類似，惟因南韓地質環境生成年代較久遠，故該單位將放射性物質氡氣列為調查重點。NIER 人員表示全面性污染狀況調查與掌握具實務難度（受限於經費與人力），因此在發展進程上，相對比較緩慢。此外，該中心亦為「零碳建築物」（Zero Carbon Building），該棟建築物主要是以降低能源利用之淨碳足跡為主要設計標的，採用地

熱、太陽能、節電設施（如自然光採集系統、區間及熱感照明、空調設備），配合一般供電系統，達成零碳足跡之成果，有助於示範與宣示政府對環境永續與節能減碳之努力。

TechHive 是類似於環境技術創新育成中心之機構，由政府投資建立，提供新創環保技術公司一個具備孵化器功能之特區。該園區除了提供新創公司初期營運所需之服務（如辦公室或實驗室之租賃優惠、政府部門駐點辦公室、創投或金融機構之媒合等），並作為連結技術與實務以及提升韓國環境保護產業之網絡中心。園區內設有模場試驗空間，可供進駐公司進行從實驗室規模到現場應用規模之技術開發與研究，值得我國參考。

臺韓雙方對於近期交流與合作研究計畫均相當肯定其成果，並樂觀看待後續交流工作之預期產出，持續投入資源維繫雙方關係有助於我國推動環保外交願景之實現。因此建議可進一步探討如何提升臺韓於土壤與地下水相關交流合作工作之緊密度，例如定期進行討論與資訊交換、國際研討會資訊交換等。另外，本次指導委員會議及國際研討會，已達成每年度持續進行政策資訊交流及兩國關切技術議題研討等之成果，建議未來可加入學術領域交流及人才交換培訓，深化及擴增兩國政府、學術界及產業界多重合作，提升土壤與地下水技術及跨國合作成果。

目 次

壹、目的	5
貳、行程	5
參、團員名單	6
肆、各項交流會議	7
一、「臺韓土壤及地下水環境保護領域合作備忘錄第 9 次指導委員會議」	7
二、「第 9 屆臺韓土壤與地下水國際研討會」	10
三、污染場址與研究機構參訪	18
1. 參訪首爾市近郊原美軍供油中心土壤與地下水污染場址	18
2. 拜會韓國國家環境研究院	23
3. 拜會環境產業研究園區	26
伍、心得與建議	29
一、行程成果	29
二、心得與建議	31

壹、目的

我國環保署與南韓環境部自民國 101 年 8 月簽訂「臺韓土壤及地下水環境保護領域合作備忘錄」(Memorandum of Understanding, MOU) 後，定期推派產官學代表互訪並召開指導委員會會議，進行土壤及地下水保護工作之交流。本次(第 9 次)臺韓 MOU 指導委員會會議為四年期(2016-2020 年)合作備忘錄的第二次指導委員會會議。會中針對 2018 年官方政策與技術交換資訊內容以及雙方產業

合作研究計畫之規劃進行深入討論，並針對 2019 年雙方交流主題進行研商，完成 2018 年與 2019 年臺韓交流工作重點之確認。

本次行程亦包含出席「第 9 屆臺韓土壤與地下水國際研討會」，由我方及韓方各發表 4 篇土壤及地下水技術發展論文。另外，在韓方安排下，我方參訪首爾市附近原美軍供油中心土壤與地下水污染場址(Camp Giant)，並赴首爾市拜會韓國國家環境研究院(National Institute of Environmental Research)以及環境產業研究園區(Environmental Industry Research Complex)。

貳、行程

日期	地點	參訪行程
10/29 (一)	臺北→韓國	啟程，出發至韓國，準備會議資料。
10/30 (二)	韓國	上午 出席「臺韓土壤及地下水環境保護領域合作備忘錄第 9 次指導委員會會議」，共同報告去年執行成果，並由雙方團長簽署會議紀錄，確認 2019 年合作項目。
		下午 出席「第 9 屆臺韓土壤與地下水國際研討會」由我方及韓方各發表 4 篇土壤及地下水技術發展論文。
10/31 (三)	韓國	上午參訪首爾市附近原美軍供油中心土壤與地下水污染場址(Camp Giant)，下午赴首爾市拜會韓國國家環境研究院(National Institute of Environmental Research)以及環境產業研究園區(Environmental Industry Research Complex)。
11/1 (四)	韓國	配合韓國環境產業技術院(Korea Environmental Industry & Technology Institute, KEITI)研商後續工作暨參訪文化景點。
11/2 (五)	韓國→臺北	返程，返回臺北。

參、團員名單

編號	團員	職稱	單位	備註
1.	陳峻明	副執行秘書	環保署土污基管會	團長
2.	陳以新	組長	環保署土污基管會	指導委員
3.	洪豪駿	高級環境 技術師	環保署土污基管會	
4.	張良麗	副組長	環保署土污基管會	
5.	陳尊賢	教授	臺灣土壤及地下水環境保護協會	指導委員
6.	盧至人	教授	臺灣土壤及地下水環境保護協會	指導委員
7.	陳士賢	教授	臺灣土壤及地下水環境保護協會	
8.	張明琴	教授	弘光科技大學	指導委員
9.	王炳南	經理	業興環境科技股份有限公司	
10.	賴宣婷	協理	美商傑明工程顧問股份有限公司	
11.	林威州	經理	環興科技股份有限公司	
12.	黃智	總經理	創聚環境管理顧問(股)公司	指導委員

肆、各項交流會議

一、「臺韓土壤及地下水環境保護領域合作備忘錄第 9 次指導委員會會議」

我國環保署與南韓環境部自民國 101 年 8 月簽訂「臺韓土壤及地下水環境保護領域合作備忘錄」(Memorandum of Understanding, MOU) 後，定期推派產官學代表互訪並召開指導委員會會議，進行土壤及地下水保護工作之交流。本次(第 9 次)臺韓 MOU 指導委員會會議為四年期(2016-2020 年)合作備忘錄的第二次指導委員會會議。會中針對 2018 年官方政策與技術交換資訊內容以及雙方合作研究計畫之規劃進行深入討論，並針對 2019 年雙方交流主題進行研商，完成 2018 年與 2019 年臺韓交流工作重點之確認。

首先，本次會議先針對 2017 年雙邊產學合作成果與 2018 年雙邊產學合作計畫進行報告，2016 至 2017 年產學合作計畫的兩個主題分別為「土壤離場管理」以及「地下水品質監測管理」，2018 年雙邊產學合作計畫的兩個主題分別為「土壤及地下水汞和砷污染整治」以及「油品污染現地與離地整治技術」，韓國方面分別由 JIU Corporation Co. Ltd.及 Enviro Partners Co. Ltd 進行報告，我國方面則是由創聚公司(iFEM)及臺灣土壤及地下水環境保護協會(TASGEP)的代表進行 2017 年的成果與 2018 年的研究範疇進行說明。

針對 2019 年兩國產學合作事宜，我方對於合作的方式及議題的規劃，由土水協會(TASGEP)的代表陳尊賢理事進行說明，本次臺韓 MOU 指導委員會會議決議，2019 年雙方產業學術界合作研究計畫為「地下水資源及地下水質智慧管理策略」以及「污染土地開發政策比較與研析(包含土地再活化機制與以風險為基礎的污染土地管理)」等 2 計畫。

另外，本次會議決議我方應依韓方要求，提供下列資料：

- (一) 與污染防治或擴散防護有關的法律、系統、法規和技術
- (二) 農地污染狀況和管理解決方案(標準和監測與整治方法)
- (三) 硝態氮減量技術與非點源污染水源品質管理政策
- (四) 地下水作為飲用水的實例和政策，水質管制標準及地下水利用技術現況

(五) 土壤和地下水中含氯有機化合物的管理政策（官方標準），及其
整治技術和案例

本次會議亦決議韓方應依我方要求，提供下列資料：

(一) 污染責任的認定、追訴與求償機制以及環境責任保險的推動規劃
或現況；

(二) 污染場址結合土地再開發之機制或管理法規與制度；

(三) 土壤與地下水調查與整治相關之市場規模分析以及產業或工程公
司品質之管理機制（包括資格限制）；

(四) 對於長期無法解決或無主場址的管理或污染改善之規定與機制；

雙方同意於 2019 年 10 月於臺灣召開第 10 次指導委員會會議。



圖 1. 臺韓土壤及地下水環境保護領域合作備忘錄第 9 次指導委員會會議剪影



圖 2. 臺韓土壤及地下水環境保護領域合作備忘錄第 9 次指導委員會會議出席者合影



圖 3. 臺韓雙方團長交換指導委員會會議紀錄

二、「第 9 屆臺韓土壤與地下水國際研討會」

10 月 30 日下午舉行之臺韓土壤及地下水國際研討會議（The 9th Korea-Taiwan International Conference on Soil and Groundwater），除雙方代表團成員出席外，韓國土壤及地下水專家共約 50 人與會。本次研討會分為二大主題，一為 2018 年合作研究計畫之初步成果報告，一為有關雙方優異與新興技術之介紹。在合作研究計畫之初步成果報告部分，臺、韓研究團隊分別就「汞與砷污染土壤與地下水的處理技術」以及「油品污染之現地整治技術發展與應用」二大主題說明規劃大綱，透過討論，使得雙方對於 2018 年合作研究課題有更清晰之執行方向以及一致性。在優異與新興技術介紹部分，則由臺、韓雙方顧問公司發表相關之技術應用與案例，韓方兩項報告為「污染底泥熱處理與再利用」以及「重金屬污染土壤安定化」，我方則為「地下水砷污染之處理與管理」以及「地下儲槽污染預防管理工具」。其中韓方有關污染底泥之處理，對於我國底泥管理進程，具有參考價值。反之，我方有關地下儲槽部分，由於全國污染狀況掌握度高以及近年發展完備之管理工具，其技術能力與管理經驗獲得韓方肯定。以下針對各議程主題進行簡述：

表 1 「臺韓土壤及地下水國際研討會議」議程表

主題	講者	所屬單位
A Study on the Improvement of Mercury and Arsenic Pollution Treatment Technologies of Soil and Groundwater in Korea and Taiwan	Jae-Won Lee	Jiu Corporation Co., Ltd
Current Status, Challenges, and Case Study for Mercury and Arsenic Contamination in Taiwan	Chih Huang	iFEM
Contaminated Site Management in Republic of Korea -Soil Remediation at Hydrocarbon Contaminated Sites	Wan-Ho Joo	Enviro Partners Co., Ltd
Environmental Investigation, Remediation, and Management of Gas Stations and Underground Storage Tanks in Taiwan	Colin S. Chen	TASGEP
Sustainable Technology for Contaminated Sediment Remediation and Reuse	Hee-Hun Chae	Hyundai Engineering & Construction Co., Ltd
Groundwater Arsenic-Related Contamination Management in Taiwan	Bing-Nan Wang	Sinotech Environmental Technology Ltd
Soil Stabilization System of Arsenic & Heavy Metal Contaminated Site	Hyun-Jin In	Sanha E&C Co., Ltd
Management Tools for Underground Storage Tanks in Taiwan	Shawntine Lai	Stantec Consulting Services Inc.

Session 1 : Joint-Research Projects

1. A Study on the Improvement of Mercury and Arsenic Pollution Treatment Technologies of Soil and Groundwater in Korea and Taiwan

本講題內容分為三大部分，分別為韓國土壤及地下水法令架構、其環境中汞及砷之污染情形、以及韓國針對此兩類污染物之整治技術分享。首先講者說明韓國對於環境保護之主要法令規範分為「土壤環境保護法（Soil Environment Conservation Act, SECA）」以及「地下水保護法（Groundwater Act）」，並針對全

國土壤及地下水資訊建置一整合平臺-SGIS (Soil Groundwater Information System)，此系統除可即時查詢韓國全國土壤及地下水污染分布情形外，亦可針對韓國環境中汞及砷污染流布進行即時監測。

第二部分為韓國環境中汞及砷之污染情形。根據 2016 年土壤監測網資料指出，韓國全國平均土壤中砷濃度為 5.88 mg/kg，汞濃度則為 0.03 mg/kg，均遠遠低於韓國土壤砷污染管制標準濃度 (25 mg/kg) 及汞污染管制標準濃度 (4 mg/kg)。對於環境砷與汞中之污染，韓國政府採取空氣-土壤-水三種環境受體聯合管理及監測，並針對特定污染場址進行案例研析，輔以結合整治技術篩選，綜整建立環境中砷與汞之先端管理系統。

最後講者則針對砷與汞之污染整治技術分別進行說明，其中環境中汞污染以碳吸附法沉澱固定，砷污染則分別以化學方式 (土壤清洗與氧化還原法) 及電動力法進行去除。

2. Current Status, Challenges, and Case Study for Mercury and Arsenic Contamination in Taiwan

本講題由創聚公司之黃智博士進行臺灣汞及砷污染之現況說明、未來面臨挑戰及案例研析分享。首先臺灣整體地下水中，以西南部嘉南平原沿海地帶為高污染潛勢地區，土壤之砷污染濃度則與地下水濃度分布具有高度相關。環境中汞之污染可能來源主要來自工廠相關製程排放，例如鹼氯工廠之電解製程。

此外關於砷與汞污染之整治技術，地下水中砷污染之整治技術可分為抽出處理法 (Pump-and-Treat)、現地生物整治法 (In-Situ Bioremediation)、電動力法 (Electrokinetics)、現地空氣注入法 (In-Situ Air Sparging)、混凝法 (Coagulation) 以及沉澱/過濾法 (Precipitation/Filtration) 等眾多方法；土壤中汞污染則依據不同情境，分為現場熱處理、離場熱處理、離場固化/安定化及現場土壤清洗等四種對應整治技術。

最後講者則針對我國一處汞污染場址進行整治技術案例分析及成果說明。針對該場址受汞污染之不同受體，土壤部分以熱脫附法進行處理，地下水部分則以抽出處理法進行整治。結果顯示共有 770 kg、平均純度為 89.5% 之汞由熱脫附系統中被分離，該場址並於 2016 年 7 月解除列管。

3. Contaminated Site Management in Republic of Korea -Soil Remediation at Hydrocarbon Contaminated Sites

本講題之講者則針對韓國之污染場址管理（Contaminated Site Management, CSM）之政策、整治技術及案例分析進行一綜整性之說明。在韓國 CSM 土壤分級制度中，主要依人體暴露風險分為三種不同區域規範。第一類區域（Zone 1）包含農田、稻田、住宅區域、辦公區域及學校區域等，此類區域針對土壤中各項污染物訂定了最為嚴格的關注標準（Concern Level）及應變標準（Countermeasure Level）；第二類區域（Zone 2）包含了森林、河流、倉庫、戶外賣場等區域，其土壤污染物關注標準及應變標準介於第一類區域及第三類區域之間；第三類區域（Zone 3）包含了工業區、停車場、加油加氣站及鐵路等，其土壤污染物關注標準及應變標準最為寬鬆。

其次在不同整治技術面向上，CSM 訂定了三大類污染整治方式。第一類為生物整治方式，其整治工法包含有生物降解法、耕犁法、生物堆法等；第二類為物理/化學整治方式，其整治工法包含有土壤氣體抽除法、土壤清洗法、化學氧化/還原法以及電動力法等；第三類為熱整治方式，其整治工法包含有熱脫附法、焚化法及玻璃化法等。

最後講者則針對韓國境內四處受總石油碳氫化合物污染場址進行整治情況說明，這四處場址主要使用整治工法為現地土壤清洗法、現地耕犁法以及熱脫附法，並均取得非常良好之整治成效。

4. Environmental Investigation, Remediation, and Management of Gas Stations and Underground Storage Tanks in Taiwan

本講題由臺灣土壤及地下水環境保護協會之陳士賢教授進行分享，主題針對臺灣加油站及地下儲槽系統可能產生之環境污染，其污染調查、整治及管理經驗研析。根據統計，整體加油站之 99.76% 已完成調查，其中有 210 家加油站被檢測出有污染之情事發生，而其中已有 85 家加油站完成整治作業，故尚餘 125 家加油站仍為列管中污染場址。

在臺灣現行之加油站/地下儲槽系統檢測作業程序中，一共分為三大階段：第一為確認污染防制設施及監測設備之完好度，並針對設置於油槽及管線附近之測漏管進行土壤氣體檢測；若測漏管之土壤氣體檢測出高濃度之烷烴類成

分，則進行步驟二-土壤及地下水（簡易井）採樣檢測分析；倘若經過檢測後其土壤/地下水總石油碳氫化合物濃度超過污染管制標準，則須依循步驟三程序進行地下水標準監測井設置，確認污染物濃度以進行污染場址公告及長期地下水質監測。

Session 2 : Introduction of Outstanding & New Technology

1. Sustainable Technology for Contaminated Sediment Remediation and Reuse

本講題由韓國 Hyundai E&C 公司進行「污染底泥處理再利用設備」發展經驗研析。鑒於污染底泥處置場址有限、且油輪及海上鑽油平臺造成之海洋底泥污染持續發生，是故建立一套污染底泥處理相關設備為一刻不容緩之課題。有鑑於此，Hyundai E&C 公司於 2013 年 12 月開始投入此項技術之研究，並於 2016 年 1 月完成先導設備試運轉，更已於 2018 年 3 月完成商業化之量產。該項設備每小時可以處理 300~500 公斤之污染底泥，其體積長約為 34 公尺、寬約為 19 公尺，處理原理為土壤清洗法（重金屬污染）及熱脫附法（油品類污染）。

於土壤清洗法中，處理設備首先將底泥中大顆粒碎屑及磁性成份篩選分離，並利用化學液體進行重金屬萃取。完成清洗後之底泥因呈酸性，是故於加入中和劑後，完成處理之底泥即可重新進行再利用。熱脫附法中，處理設備首先升溫至攝氏 300~400 度，藉以使底泥中揮發性有機化合物揮發分離，揮發之有機化合物則由後端之處理系統進行收集及再處理。由相關處理成效來看，平均而言底泥中銅去除率約為 77~97%，鋅之去除率為 83~97%、砷之去除率為 57~95%，總石油碳氫化合物之去除率則可達 90~98%，整體而言針對不同類型之污染物均擁有極佳之去除效果。

2. Groundwater Arsenic-Related Contamination Management in Taiwan

本講題由我國業興環境科技股份有限公司之王炳南經理進行分享，主題為臺灣地下水中砷污染之管理。在臺灣，受砷污染之地下水區域主要為蘭陽平原、濁水溪沖積扇、嘉南平原及屏東平原等，地下水砷濃度主要介於 0.01~0.5 mg/L。由於臺灣西南部平原提供了超過 50% 以上之稻米供應量、且當地約有 30% 左右之灌溉水源來自於地下水，是故受砷污染之地下水調查及研究為一重大之環境課題。

根據我國環保署過去長期的調查成果顯示，土壤中砷濃度超過 60 mg/kg 之稻田面積約為 93 公頃，而經過計算若使用土壤開挖及排客土法完成這 93 公頃之土壤整治，其整治經費預計將會超過 1 千 2 百萬美元，爰此勢必須找尋成本較為低廉、且污染整治效果又可相對穩定之土壤整治技術。講者於進行鐵氧化法、混凝法、吸附法之各面向比較後，提出鐵氧化法具有處理效果佳（地下水中砷 75% 以上去除率）、經費低、操作便利、需求空間小等諸多優點。

3. Soil Stabilization System of Arsenic & Heavy Metal Contaminated Site

本講題針對韓國砷及重金屬污染場址之土壤安定化技術綜整研析。講者首先提出即使目前韓國針對土壤砷及重金屬污染具有眾多可行整治技術，如生物處理法、物理/化學處理法、固化/安定化處理法等，然若整治區域為礦區中之農田，於考量整治後仍須維持土壤中有機質濃度、保持土地生產力情況下，土壤安定化整治處理法為一較佳之選擇。

講者於進行了安定化效率分析、環境友善度分析、經濟分析及農地作物分析後，使用了鍛燒後之牡蠣殼（Calcined Oyster Shell, COS）、煤礦淘選殘餘污泥（Coal Mine Drainage Sludge, CMDS）、爐渣（Steel Making Slag, SMS）及廢棄牛骨（Waste Cow Bone, WCB）等四種物質做為土壤安定劑（Soil Stabilizer）。整治成果顯示，同時含有砷及重金屬污染之土壤，可同時使用 CMDS、SMS、WCB 及 COS 等四種土壤安定物質，然若僅有重金屬污染，則單獨使用 WCB 效果較佳，若土壤僅有砷污染則建議混合使用 CMDS 及 SMS，便可取得較高之整治成效。

4. Management Tools for Underground Storage Tanks in Taiwan

最後一個講題由美商傑明工程顧問股份有限公司之賴宣婷協理進行演說，針對臺灣目前地下儲槽系統之管理工具進行實施經驗分享。截至 2018 年 4 月，臺灣共有 2,678 個地下儲槽系統，針對如此龐大的數量，講者分享了三大管理精神，分別為效率（Efficiency）、自主管理（Self-Management）以及監督（Supervision）。

以監督面來說，講者提出四項攜帶式檢測儀器，其可作為地下儲槽系統污染潛勢快速篩試工具，四項儀器分別為 FROG 4000、MiTAP UTLD、傅立葉轉換紅外線光譜儀（Fourier-Transform Infrared Spectroscopy, FTIR）以及攜帶式飛

行時間質譜儀（Time of Flight MS, TOF-MS），在經過 25 個地下水樣本之檢測比對下，攜帶式檢測儀器與精確度較高之氣相層析質譜儀檢測結果具有相當良好之相關性。此外講者亦介紹臺灣現行相關管理工具，例如加油站保險制度、加油站土地履歷建置、以及加油站整合地理資訊系統（GIS）等。最後講者提到惟有地下儲槽系統業者良好的自主管理，輔以政府主管機關完善的監督查核，方能創造雙贏之局面。



圖 4. 臺韓土壤與地下水國際研討會剪影



圖 5. 臺韓土壤與地下水國際研討會出席者合影

三、污染場址與研究機構參訪

本次行程實地參訪地點包括：首爾市郊原美軍供油中心土壤與地下水污染場址（Camp Giant）、韓國國家環境研究院（National Institute of Environmental Research, NIER）以及環境產業研究園區（Environmental Industry Research Complex 或 TechHive）。美軍供油中心污染場址是駐韓美軍移防後，發現地下環境受到污染，而由韓國政府進行整治工作。

1. 參訪首爾市近郊原美軍供油中心土壤與地下水污染場址

在韓戰結束後，美國駐韓部隊（USFK, U.S. Forces Korea）駐紮於南韓已超過 50 年。經過長達十年的協商下，兩國同意了將南韓境內部分的美軍整合到一個新的集中地點，以符合重新制定的戰略部署目標，並可歸還搬遷後原美軍基地土地。在 2007 年，美國政府於 66 處基地中，將其中的 31 處基地整併遷移至兩國協商指定之地點。然而於一份南韓環境部（Ministry of Environment）所發布的調查報告指稱，在美國歸還南韓之 31 處美軍基地區域中，經調查後有 23 處基地其區域內土壤和地下水被發現受到各項污染物污染，包含多種高危害污染物，如苯、砷、三氯乙烯（TCE）、四氯乙烯（PCE），及各項重金屬，如鉛、鋅、鎳、銅和鎘等。

針對此 23 處美軍基地所受土壤及地下水污染、及其衍生之各項清理整治費用，美國政府依據兩國於 1966 年簽屬之「部隊處置協定」（SOFA, Status of Forces Agreement）及其相關補充條款拒絕負擔基地污染物清理與賠償責任。最初於 1966 年簽署之條款中，並未包含任何關於環境保護之規定內容，而 SOFA 於 2001 年之修正案中，則是建立了一份「環境保護特別共識（Special Understandings on Environmental Protection）備忘錄」，備忘錄中美國針對「已知急迫且重大之危害（KISE, Known Imminent and Substantial Endangerment）」敘明了定義及應對之政策聲明。

面對南韓方面所提出之環境污染清理及賠償責任，美國政府發布聲明指出，因美軍基地之環境污染並未符合 KISE 之定義，是故並無任何的官方協議可要求美國方面負擔相關之法律義務。在整個談判過程中，

美韓兩國均無法縮小雙邊對於環境污染責任歸屬之理解差距，南韓環境部主張應藉由南韓訂定之環境法規及污染物濃度標準界定污染責任歸屬，然而美國方面則拒絕在沒有明確協議的情況下負擔污染清理及賠償責任。最終，南韓政府擔心若繁瑣的環境責任談判過程拖延了搬遷程序，將可能傷害兩國建立之友好關係，故在美國拒絕清理污染物的情況下被迫同意接受這些美軍基地的歸還。

美國政府利用其政治優勢，迫使南韓政府在雙邊僵持的關係下放棄對於環境法令規定的詮釋權，激起了南韓環保團體與反對黨強烈的不滿與批評，並促使了南韓國民議會（Korean National Assembly）於 2007 年夏天就此協議舉行聽證會。於完成文件調查及訊問相關政府官員後，國民議會裁定美國政府迫使南韓政府單方面接受協議內容並不符合程序，並指示南韓政府應與美國政府重新積極展開協商。2009 年 3 月，兩國政府就美軍基地污染清除責任歸屬達成新協議-聯合環境評估程序（JEAP, Joint Environmental Assessment Procedure）。JEAP 將污染場址的調查處置分為四大階段：階段一-啟動與通知（Phase I, Initiation and Notification）、階段二-場址調查和數據收集（Phase II, Field Survey and Data Collection）、階段三-評估和諮詢（Phase III, Evaluation and Consultation）、階段四-實施程序（Phase IV, Implementation Process）。根據 JEAP 協議，美國方面須提供污染場址基本環境資訊（BEI, Basic Environmental Information），並由兩國共同組成之環境聯合工作小組（EJWG, Environmental Joint Working Group）實施場址聯合實地調查及污染風險評估報告，並依場址風險程度提出後續行動必要性與實施方案。若 EJWG 判定場址需進行後續實施行動，相關負擔費用則依照 SOFA 和其相關協議內容辦理。

縱使相較於 SOFA 中 KISE 之定義，JEAP 協議針對污染物標準及場址風險提出了較為科學性的評估程序，有助於後續之各項行動措施推展，然後續所衍生之場址清理費用仍須依循 SOFA 之相關規定，是故韓國法律學者 Young Geun Chae 在 2010 年出刊之國際期刊(Environmental Law Reporter)中提出，美韓雙方應儘速研議修訂現行之 SOFA 條款。由

於 SOFA 簽署於韓戰甫結束不久之期間，是故其援引之許多條款均為第二次世界大戰期間所創建，這些條款大多傾向確保外國駐紮部隊的有利地位。在戰爭期間，外國駐紮部隊可能被允許容忍不遵守當地法律，然而在和平時期，若外國駐紮部隊對於當地法律規範的默契豁免仍持續存在，當地人民將會對外國駐紮部隊產生不滿及怨恨。是故南韓政府應更加強硬督促 USFK 遵守韓國環境法律法規，同時美韓雙邊政府亦應該撤銷緘默條款，允許公眾了解軍事場所運作時任何與環境有關的信息。

本次參訪之軍事場址為柴油土壤污染場址，本場址之污染整治工作由韓國國防部委託 KECO 執行，整治完成後由 NIER 進行驗證，土壤 TPH 污染整治目標為 500 mg/kg，整治期程為 2016 年 12 月 29 日至 2019 年 12 月 31 日，共計 36 個月，整治經費預估為 96.9 億韓元。

本場址於 1968 年開始興建輸油管及相關儲油設施，共計有 6 座地上與地下油槽，1972 年開始運用本場址進行儲油作業，於 2004 年停止運作。

美國於 2009 年將本場址歸還予韓國並進行初步調查工作，2010 年 KECO 開始進行詳細調查，共於 266 處點位採集 1,372 組土壤樣品，TPH 平均濃度為 1,460 mg/kg，並於 10 處地下水監測井採集 10 組地下水樣品，TPH 最高濃度為 472 mg/L，韓方於 2016 年完成調查工作，污染面積達 36,816 平方公尺，受 TPH 污染之土壤體積為 71,800 立方公尺。

韓國於 2016 年 12 月 29 日開始利用土耕工法，由地下水上游至下游進行土壤整治工作，本場址於未受污染區域設置共計 6 處土耕區域，分別為 65 公尺長、15 公尺寬 2 處，75 公尺長、15 公尺寬 2 處，85 公尺長、15 公尺寬 2 處，利用 7 次至 8 次土耕作業，並添加 H₂O₂ 將 TPH 降解，約 23 天可將 TPH 濃度從 1,000 mg/kg 降解至 500 mg/kg，再將達到整治目標之土壤回填，截至本次參訪為止，本場址已經完成 49,867 立方公尺之污染土壤開挖作業。

本場址地下水為由北向南流，韓方於地下水污染周界設置鋼板樁阻隔，受到污染之地下水，其處理方式為抽出後，於場址南側之小型污水處理廠進行處理，每日處理量為 15 ton/hr，每日運作 8 小時，每 2 周監

測 1 次，監測項目為 TPH、SS、COD、pH 及 n-hexane，處理程序包含沉砂池、油水分離槽、污水進入流量調整池後進行加藥浮除，經過過濾程序，並利用活性炭進行吸附，地下水達到地下水整治目標 1.5 mg/L 後，可進行再利用或排放，地下水完成整治後，將會每 6 個月監測 1 次，持續 2 年。

由於場址周圍多為住宅區，因此，韓方亦於本場址周遭 6 處區域進行每週環境監測，監測項目包含臭味、噪音、空氣中懸浮微粒等，韓方每季亦會與當地居民選出之監督代表開會溝通，並進行現場訪視，以達到即時反映問題的目的。



圖 6.我國代表團參訪原美軍供油中心土壤污染處理設施



圖 7.我國代表團參訪原美軍供油中心地下水污染處理設施

2. 拜會韓國國家環境研究院

韓國國家環境研究院（NIER）為政府設置之環境保護相關研究單位，NIER 負責執行多元環境課題研究，涵蓋空氣、水、廢棄物、化學物質等環境保護研究領域，同時設有依任務需求所建立之國家溼地中心、四大河研究中心、污染傳輸研究中心、環境衛星中心等。本代表團參訪其中較受矚目環境衛星中心，係該院為預計於 2019 年發射環境監測人造衛星所設立，目前尚在建置階段，預期運作後將可為南韓建立空氣品質監測與沙塵暴影響等預警提供更即時之資訊。

另外，本代表團也參訪隸屬環境基礎研究部門之土壤與地下水保護研究辦公室與實驗室，該單位近年專注於土壤污染整治、地下水污染特性調查、地下水污染物傳輸及土壤與地下水資訊系統建構等工作，與我國土壤與地下水污染管理之初期重點相當類似，韓國目前土壤監測項目計有 21 項，地下水監測項目計有 19 項，若超過監測標準，即必須進行整治工作，韓國未來將增加土壤監測項目至 24 項，地下水監測項目則將增加至 33 項。韓國已針對國有及公有土地、鐵路、公路、廢礦區、已歸還之美軍基地、高爾夫球場（農藥）、口蹄疫屍體掩埋區等區域進行調查工作，並積極研發氨氮與硝酸鹽氮之線上檢測能力，以提升污染源判斷能力。韓國亦著手建立 8 大資料系統，包括土壤及地下水監測網、高爾夫球場監測系統及口蹄疫屍體掩埋區監測系統等。若發現污染，將進行危害評估，再依據評估結果判斷是否需要進行整治工作。另外，因南韓地質環境生成年代較久遠，故該單位將放射性物質氡氣列為調查重點，曾利用網格法規劃每 5 公里 x 5 公里採集 1 組土壤樣品，共計採集 5,000 組土壤樣品進行分析，約有 10% 的樣品超過美國氡氣標準。

NIER 人員表示全面性污染狀況調查與掌握具實務難度（受限於經費與人力），因此在發展進程上，相對比較緩慢。也因鑒於污染狀況掌握與調查工作的執行受限於經費有實務上之難度，因此對我國土污基金徵收機制與執行經驗有高度的興趣。此外，該中心亦為「零碳建築物」（Zero Carbon Building），該棟建築物主要是以降低能源利用之淨碳足跡為主要設計標的，採用地熱、太陽能、節電設施（如自然光採集系統、

區間及熱感照明、空調設備)，配合一般供電系統，達成零碳足跡之成果，有助於示範與宣示政府對環境永續與節能減碳之努力。

(1) 成立緣起：

由於 20 世紀 70 年代的快速工業化和城市化，環境污染成為韓國嚴重的社會問題。為了應對當時的各種環境挑戰，韓國政府於 1978 年 7 月成立了國家環境保護研究所 (NEPI)。2005 年，NEPI 擴大並更名為國家環境研究所 (NIER)，擁有更多的研究人員，研究基礎設施和設備。NIER 通過精簡組織和加強研究能力，鞏固了其作為政府主導的環境研究所地位。NIER 始終致力於更好地履行其作為政府運營的環境研究機構的作用，該機構的工作對韓國環境政策和污染預防計畫的制定和實施至關重要。

(2) 願景：

- 植基於科學技術的環境政策領導者，並於 10 年內躋身於全球最佳環境研究機構之列。

(3) 任務：

- 為人民創造健康安全的環境
- 支持環境保護的先進環境政策
- 實現世界領先的可持續未來

(4) 優先目標：

- 解決緊急環境問題並促進環境政策的實施

(5) 環境研究項目：

- 適應氣候變化，建設低碳社會
- 促進基於風險的環境管理
- 創造一個可以有效回收資源的可持續社會
- 制定恢復和保護生態系統的方法
- 提高空氣，水和土壤的質量

(6) 人力資源：

2000 年員工人數約為 250 人，截至 2018 年 6 月共有 888 位人員，包含 268 位常規研究人員、545 位非常規研究人員、及 75 位技術/行政人員。

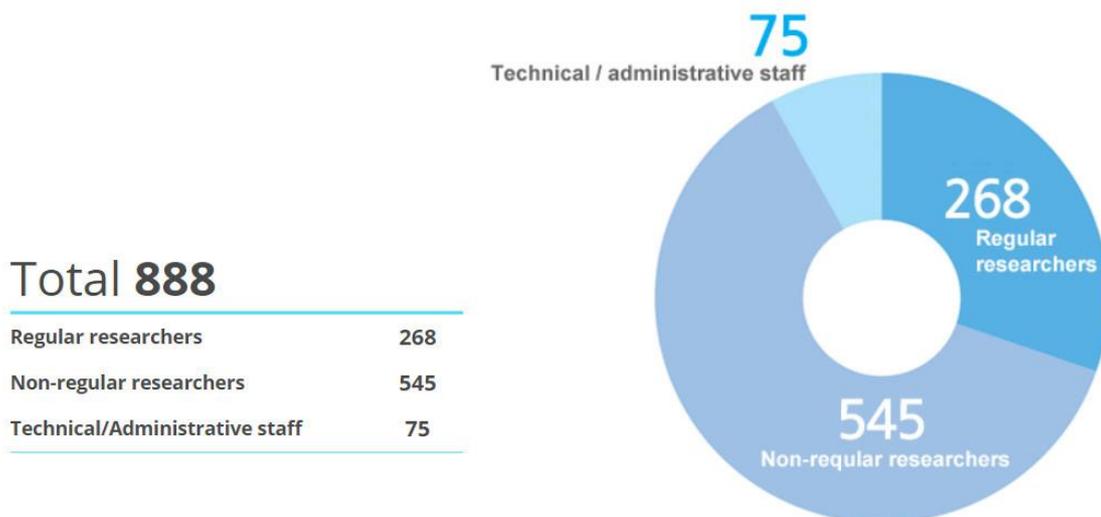


圖 8. 韓國國家環境研究所（NIER）人力配置圖

(7) 年度預算及計畫經費：

NIER 於 2016 年之年度預算約為 911 億韓元，2017 年約為 1,037 億韓元，2018 年則為 1,039 億韓元，計畫經費部分，2016 年所有計畫支出費用約為 682 億韓元，2017 年約為 812 億韓元，2018 年則為 797 億韓元，近期預算約為 2000 年預算的 50 倍。

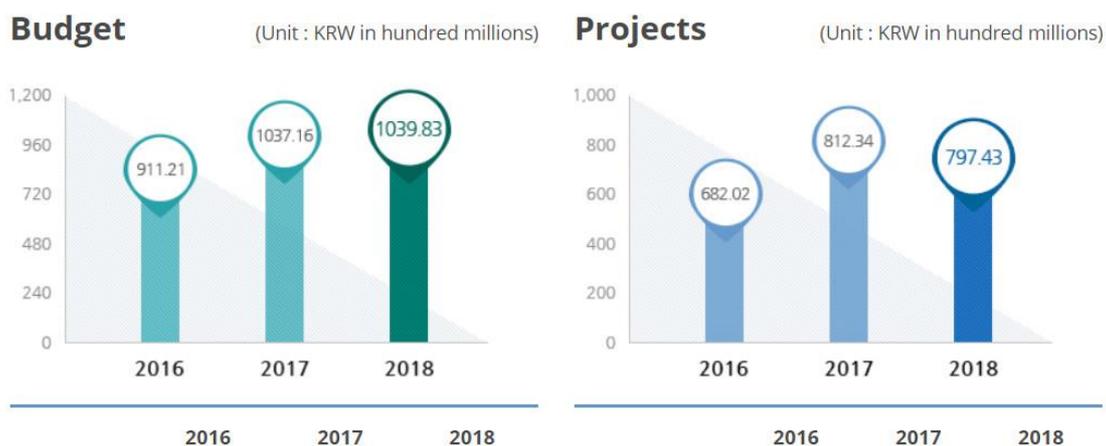


圖 9. 韓國國家環境研究所（NIER）年度預算及計畫經費

3. 拜會環境產業研究園區

TechHive 亦為政府設置之環境保護相關研究單位，相當於我國環境技術創新育成中心之機構，由政府投資建立，提供新創環保技術公司一個具備孵化器功能之特區，其入駐條件包含：

- 屬於環境相關企業
- 已有研發計畫
- 公司發展以技術開發為主
- 須提供公司相關財務證明

該園區除了提供新創公司或中小企業初期營運所需之服務（如辦公室或實驗室之租賃優惠、政府部門駐點辦公室、創投或金融機構之媒合等），並作為連結技術與實務以及提升韓國環境保護產業之網絡中心。園區內設有模場試驗空間，可供進駐公司進行從實驗室規模到現場應用規模之技術開發與研究，值得我國參考。以下為 TechHive 之基本資料：

- 地點：仁川市西區京城洞綜合環境研究所
- 樓層：地下一層、地上四層
- 面積：場地 180,000 m²，建築面積 43,458 m²
- 建築成本：1,460 億韓元（國家支出 100 % 建築經費）
- 興建時間：5 年（2013.4 ~2017.5）
- 主要設施：研究中心，試驗中心，試驗臺，原型生產中心等。

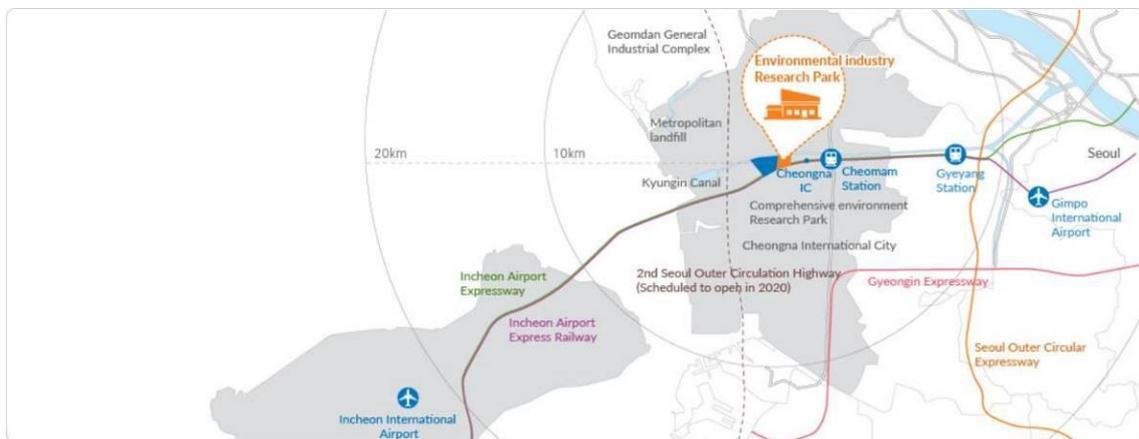


圖 10.TechHive 地理位置



圖 11. TechHive 建築平面圖

建築共分為下列 5 大區域：

- 研究支援設施 - Research Support Facilities (32,184 m²)：包含同步口譯室 (4 間)，研討會會議室 (20 間)，研究設施 (80 間)，實驗室 (57 間)，專題討論會議室 (2 間)，自助餐廳 (202 個座位)，展覽和公共關係室 (737 m²)，來賓旅館 (4 樓，單人房，雙人房和套房) 和多功能體育館。
- 實驗展示設施 - Demonstration Experiment Facility (36,202 m²)：包含試驗設備和試驗臺，可以在水和大氣等所有環境領域進行自由形式的實證研究。
- 原型生產支持設施及發電場 - Prototype Production Support Facility and Power Plant (原型生產支持設施-1,061 m²；發電廠-2,014 m²)：提供空間和設備生產可能商業化的產品或設備之原型，安裝有廢水處理設施 (處理量：200 m³/天)、污水儲存槽 (1,000 m³)、廢棄物儲存槽 (500 m³)。
- 先導試驗區 - Pilot Test (6,652 m²)：包含 8 種實驗條件區域：自來水、污水、廢水、大氣、水再利用、廢棄物、生活環境、非點源污染

- 試驗臺 - Test Bed (29,550 m²): 包含 6 種實驗條件區域: 自來水、污水、大氣、水再利用、生活環境、非點源污染; 並安裝有水處理管路, 原水儲存池。

TechHive 研究園區在設立之後, 亦訂定成立後的任務、願景、核心價值、三大主要發展方向、以及管理目標:

- 任務: 確保環保產業的國際競爭力
- 願景: 成為創造未來價值的全球環境公司的聖地
- 核心價值: 技術創新、創造價值、服務精神
- 三大主要發展方向: 運營效率、強化企業支持、確保全球競爭力
- 管理目標: 商業化成功率、輸入率、確保全球競爭力

伍、心得與建議

一、行程成果

- (1) 我國環保署與南韓環境部自民國 101 年 8 月簽訂「臺韓土壤及地下水環境保護領域合作備忘錄」(Memorandum of Understanding, MOU)後，定期推派產官學代表互訪並召開指導委員會議，進行土壤及地下水保護工作之交流。本次(第 9 次)臺韓 MOU 指導委員會議為四年期(2016-2020 年)合作備忘錄的第二次指導委員會議。會中針對 2018 年官方政策與技術交換資訊內容以及雙方合作研究計畫之規劃進行深入討論，並針對 2019 年雙方交流主題進行研商，完成 2018 年與 2019 年臺韓交流工作重點之確認。
- (2) 本次臺韓 MOU 指導委員會議決議，2019 年雙方產業學術界合作研究計畫為「地下水資源及地下水質智慧管理策略」以及「污染土地開發政策比較與研析」等 2 計畫。
- (3) 10 月 30 日下午舉行之臺韓土壤及地下水國際研討會議(The 9th Korea-Taiwan International Conference on Soil and Groundwater)，除雙方代表團成員出席外，韓國土壤及地下水專家共約 50 人與會。本次研討會分為二大主題，一為 2018 年合作研究計畫之初步成果報告，一為有關雙方優異與新興技術之介紹。在合作研究計畫之初步成果報告部分，臺、韓研究團隊分別就「汞與砷污染土壤與地下水的處理技術」以及「油品污染之現地整治技術發展與應用」二大主題說明規劃大綱，透過討論，使得雙方對於 2018 年合作研究課題有更清晰之執行方向以及一致性。在優異與新興技術介紹部分，則由臺、韓雙方顧問公司發表相關之技術應用與案例，韓方兩項報告為「污染底泥熱處理與再利用」以及「重金屬污染土壤安定化」，我方則為「地下水砷污染之處理與管理」以及「地下儲槽污染預防管理工具」。其中韓方有關污染底泥之處理，對於我國底泥管理進程，具有參考價值。反之，我方之技術能力與管理經驗也獲得韓方肯定，特別是地下儲槽部分，我國對於全國污染狀況掌握度高以及近年發展完備之管理工具。
- (4) 本次行程實地參訪地點包括：首爾市郊原美軍供油中心土壤與地下水

污染場址 (Camp Giant)、韓國國家環境研究院 (National Institute of Environmental Research, NIER) 以及環境產業研究園區 (Environmental Industry Research Complex 或 TechHive)。美軍供油中心污染場址是駐韓美軍移防後，發現地下環境受到污染，而由韓國政府進行整治工作。污染物主要是柴油，與我國供油中心常見之污染狀況類似。目前韓國多採用土壤離地處理與地下水抽出處理之方式進行，本場址也不例外。由於韓國採用離場/離地整治工法非常普遍，但也體認到對於環境永續產生較大衝擊，因此對於我國在現地整治技術之發展與應用，有高度學習興趣。因此透過雙邊交流，在油品污染整治技術上，我方可進一步了解韓方離場處理與再利用之生命週期管理經驗，另可提供韓方我國近年在現地整治技術之應用與經驗，相信可創造雙贏契機。

- (5) 韓國國家環境研究院 (NIER) 以及環境產業研究園區 (TechHive) 均為政府設置之環境保護相關研究單位，然各有其定位。NIER 負責執行多元環境課題研究，涵蓋空氣、水、廢棄物、化學物質等環境保護研究領域，同時設有依任務需求所建立之國家溼地中心、四大河研究中心、污染傳輸研究中心、環境衛星中心等。本代表團參訪其中較受矚目環境衛星中心，係該院為預計於 2019 年發射環境監測人造衛星所設立，目前尚在建置階段，預期運作後將可為南韓建立空氣品質監測與沙塵暴影響等預警提供更即時之資訊。另外也參訪隸屬環境基礎研究部門之土壤與地下水保護研究辦公室與實驗室，該單位近年專注於土壤污染整治、地下水污染特性調查、地下水污染物傳輸及土壤與地下水資訊系統建構等工作，與我國土壤與地下水污染管理之初期重點相當類似，惟因南韓地質環境生成年代較久遠，故該單位將放射性物質氬氣列為調查重點。NIER 人員表示全面性污染狀況調查與掌握具實務難度（受限於經費與人力），因此在發展進程上，相對比較緩慢。此外，該中心亦為「零碳建築物」(Zero Carbon Building)，該棟建築物主要是以降低能源利用之淨碳足跡為主要設計標的，採用地熱、太陽能、節電設施（如自然光採集系統、區間及熱感照明、空調設備），配合一般供電系統，達成零碳足跡之成果，有助於示範與宣示政府對環境永續與

節能減碳之努力。TechHive 是類似於環境技術創新育成中心之機構，由政府投資建立，提供新創環保技術公司一個具備孵化器功能之特區。該園區除了提供新創公司初期營運所需之服務（如辦公室或實驗室之租賃優惠、政府部門駐點辦公室、創投或金融機構之媒合等），並作為連結技術與實務以及提升韓國環境保護產業之網絡中心。園區內設有模場試驗空間，可供進駐公司進行從實驗室規模到現場應用規模之技術開發與研究，值得我國參考。

二、心得與建議

- (1) 臺韓雙方對於近期交流與合作研究計畫均相當肯定其成果，並樂觀看待後續交流工作之預期產出，持續投入資源維繫雙方關係有助於我國推動環保外交願景之實現。因此建議可進一步探討如何提升臺韓於土壤與地下水相關交流合作工作之緊密度，例如定期進行討論與資訊交換、國際研討會資訊交換等。
- (2) 本次指導委員會議及國際研討會，已達成每年度持續進行之政策資訊意見交流及兩國關切技術議題研討等成果，建議未來可加入學術領域交流及人才交換培訓，深化及擴增兩國政府、學術界及產業界多重合作，提升土壤與地下水技術及跨國合作成果。