

出國報告（出國類別：開會）

德州農工大學獸醫與生物醫學學院
年度管理科學研討會

服務機關：行政院環境保護署毒物及化學物質局

姓名職稱：金承漢科長

謝泊諺技正

劉華林技士

崔君至特約高級環境技術師

派赴國家：美國

出國期間：111年8月18日至30日

報告日期：111年11月30日

摘要

受嚴重特殊傳染性肺炎疫情影響，原定於 109 年即派人參與之德州農工大學 (Texas A&M University) 獸醫與生物醫學學院 (School of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences) 年度管理科學研討會，於 111 年 8 月疫情漸歇時順利派員赴美與會。此次出國計畫係以上述研討會為核心，至美國德州農工大學瞭解毒理學近期熱門議題之最新發展及各界觀點。除研討會外，另配合研討會主辦單位，即該校超級基金研究中心 (Superfund Research Center)，安排相關研究室參訪行程，並拜訪德州環境品質委員會 (Texas Commission on Environmental Quality, TCEQ) 及該中心合作夥伴，以借鏡美國德州最新化學物質評估分析方法及管理現況。

配合德州農工大學日程，此次行程規劃 2.5 日參訪超級基金研究中心相關研究室並與研究人員交流、0.5 日參與研討會、1 日拜訪該中心於休士頓社區及業界之合作夥伴、1 日拜訪德州環境品質委員會。出國期間拜會超級基金研究中心主任、德州環境品質委員會執行長、德州化學家辦公室 (Office of the Texas State Chemist, OTSC) 營運經理、環保團體德州環境正義倡議服務 (Texas Environmental Justice Advocacy Services, T.E.J.A.S) 創辦人暨執行長及德州石油化學產業代表等產、官、學各界人士。

借鏡美國德州最新化學物質研究分析技術及管理現況，此次出國計畫之心得及建議重點如下：

- 一、毒物及化學物質管理基金成立時可借鏡美國國家環境健康科學研究所之超級基金研究計畫制度，明確設定補助目標及策略，並培育大量專業領域人才。
- 二、積極推動我國替代測試發展，加速替代方法落地應用。
- 三、持續關注快速風險評估等相關先進工具及方法，如環境事故後之污染物監測及新興化學物質管理之發展應用，以減輕因災害造成之暴露對健康影響。
- 四、逐步建立化學物質風險評估相關原則、指引或作業手冊等支援工具，提供業者依循，亦可成為與利害關係人溝通之基礎。
- 五、與德州相關單位持續交流並維持良好聯繫，並規劃後續長期合作交流。

目次

壹、目的.....	1
一、參與德州農工大學獸醫與生物醫學學院年度管理科學研討會.....	1
二、參訪德州農工大學超級基金研究中心.....	2
三、拜訪德州環境品質委員會.....	2
貳、過程.....	3
一、德州農工大學超級基金研究中心相關研究室交流第 1 日(111.08.22).....	6
(一)拜會德州農工大學超級基金研究中心.....	6
(二)研究室交流 I：公共衛生學院.....	10
(三)研究室交流 II：景觀建築與城市規劃學系.....	13
二、參訪德州環境品質委員會(111.08.23).....	14
三、德州農工大學超級基金研究中心相關研究室交流第 2 日(111.08.24).....	17
(一)研究室交流 III：獸醫與生物醫學學院.....	17
(二)研究室交流 IV：獸醫與生物醫學學院.....	19
四、參訪德州化學家辦公室(111.08.24).....	20
五、德州農工大學超級基金研究中心相關研究室交流第 3 日(111.08.25).....	21
(一)研究室交流 V：電機及計算機工程學系.....	21
(二)研究室交流 VI：能源研究所.....	21
六、參加德州農工大學獸醫與生物醫學學院年度管理科學研討會(111.08.25).....	22
(一)年度管理科學研討會.....	22
(二)校外實習學生返校報告及在校生研究海報展.....	23
七、拜訪德州農工大學超級基金研究中心合作夥伴(111.08.26).....	24
(一)德州環境正義倡議服務.....	24
(二)美國德州石油化學產業代表.....	26
參、心得及建議.....	28
一、借鏡超級基金制度.....	28
二、積極推動我國替代測試發展.....	28
三、持續關注快速風險評估等相關先進工具及方法.....	28
四、逐步建立化學物質風險評估相關依循規定.....	28
五、與德州相關單位持續交流.....	29

圖目錄

圖 1 全體團員於美國德州休士頓雪佛龍公司前合照.....	6
圖 2 德州農工大學超級基金研究中心主任簡介學校及中心現況.....	7
圖 3 參與德州農工大學超級基金研究中心每月定期會議.....	10
圖 4 於德州農工大學公共衛生學院交流情形.....	11
圖 5 移動式空氣監測與採樣裝置 mRAPiD.....	12
圖 6 體外氣液介面之呼吸道模型.....	12
圖 7 於德州農工大學景觀建築與城市規劃學系交流情形.....	14
圖 8 德州環境品質委員會執行長歡迎本局參訪.....	15
圖 9 於德州環境品質委員會參訪情形.....	15
圖 10 本局及國立成功大學代表於德州環境品質委員會簡報.....	16
圖 11 參訪 Weihsueh Chiu 博士研究室	18
圖 12 參訪 Ivan Rusyn 博士研究室	19
圖 13 德州化學家辦公室參訪情形.....	20
圖 14 參訪 Arum Han 博士研究室.....	21
圖 15 於德州農工大學能源研究所交流情形.....	22
圖 16 西元 2022 年度管理科學研討會.....	23
圖 17 研討會後在校生研究成果海報展.....	24
圖 18 拜訪德州環境正義倡議服務及社區導覽.....	25
圖 19 與美國德州石油化學產業代表會談.....	27

表目錄

表 1 出國計畫行程表.....	3
表 2 同行團員名單.....	5

附錄

附錄 1 德州農工大學獸醫與生物醫學學院年度管理科學 2022 研討會海報.....	30
--	----

壹、目的

本局前於 108 年辦理「美國環保署化學物質優先化篩選與風險評估制度考察」出國計畫，分 2 階段派員前往美國。其第 1 階段於華盛頓特區拜會美國環境保護署(United States Environmental Protection Agency, USEPA)化學安全及污染預防辦公室(Office of Chemical Safety and Pollution Prevention, OCSPP)及美國化學工業協會(American Chemistry Council, ACC)，另於德州農工大學(Texas A&M University)拜訪該校超級基金研究中心(Superfund Research Center)及工程服務延伸中心緊急應變訓練所(Texas Engineering Extension Service, TEEX)。後因於德州農工大學拜訪期間，初步認識該校超級基金研究中心相關研究領域及分析技術，並考察前述訓練所之設施及訓練制度，衍生本局當年第 2 階段再次派員至美國深入瞭解該校超級基金研究中心化學物質風險評估方法及實作技術。

原定於 109 年持續與德州農工大學超級基金研究中心之技術交流活動，受嚴重特殊傳染性肺炎疫情影響，延宕近 3 年無法成行，111 年於疫情漸歇且國際交流往來日漸恢復之際，於 8 月順利派員赴德州農工大學延續 3 年前之交流計畫。此次計畫係以該中心主辦之年度管理科學研討會(Annual Regulatory Science Symposium)為核心，搭配中心相關之研究室參訪行程，規劃化學物質評估、管理及分析方法之交流考察活動，藉以瞭解該中心執行美國超級基金計畫之研究及相關技術。另於行程最後於該中心之安排下，拜訪該中心於休士頓市區之合作夥伴，包括德州環境正義倡議服務(Texas Environmental Justice Advocacy Services, T.E.J.A.S)及雪佛龍(Chevron)、埃克森美孚(Exxon Mobil)等美國石油化學產業代表。除德州農工大學超級基金研究中心協助參訪之行程外，亦安排至奧斯丁拜會德州環境品質委員會(Texas Commission on Environmental Quality, TCEQ)，瞭解德州州政府層級以風險評估為基礎之相關環境保護政策。

如以參訪內容分類，本次出國計畫可分為參與研討會、參訪超級基金研究中心及拜訪當地環境保護主管機關等 3 大部分，其目的各說明如下：

一、參與德州農工大學獸醫與生物醫學學院年度管理科學研討會

德州農工大學獸醫與生物醫學學院(School of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences)每年舉辦之年度管理科學研討會，係於當年度就熱門議題

擇定主題，探討化學物質風險評估於實務管理層面之各界觀點，邀集產、官、學界代表就自身角度以科學論述闡明對探討議題之看法。研討會除專題演講外，另由該校環境健康與毒理管理科學(Regulatory Science in Environmental Health and Toxicology)學程當年度校外實習學生返校報告實習狀況及心得，其後由該學程在校生以張貼海報形式發表最新研究成果。藉由參與本項研討會，可瞭解國際關注議題之最新發展及產、官、學界不同看法；另就該學程在校生發表之金其研究成果，瞭解最新研究發展趨勢。

二、參訪德州農工大學超級基金研究中心

德州農工大學超級基金研究中心係以評估有害物質對人體健康影響為核心，展開相關之研究合作及技術發展，除傳統毒理學及化學物質風險評估外，亦與公共衛生、電機、數據科學及城市規劃等領域之學者合作，共同探討環境議題。透過該中心安排參訪計畫相關學者之研究室，瞭解該校於超級基金支援下不同領域之研究技術，另造訪該中心合作之休士頓當地環境保護團體，由其人員導覽考察該中心與社區間之合作方式，探訪休士頓之熱門環境問題及其處理現況。

三、拜訪德州環境品質委員會

借鏡德州環境品質委員會之管理政策，瞭解美國州政府層級之環境保護主管機關權責，並窺探其以風險評估為基礎之環境保護政策實踐方式，另藉此次拜訪維繫雙邊交流及聯絡管道。

貳、過程

本次出國主行程為德州農工大學獸醫與生物醫學學院年度管理科學研討會，其主辦單位為該院所轄超級基金研究中心，故除原定研討會外，另規劃該中心相關研究室研究技術參訪，並由該中心主任(Director) Ivan Rusyn 博士協助安排。行程規劃 2.5 日參訪該中心相關研究室並與研究人員交流、0.5 日參與研討會、1 日拜訪該中心於休士頓社區及業界之合作夥伴、1 日赴奧斯丁拜訪德州環境品質委員會。詳細計畫行程表如表 1 所示。

表 1 出國計畫行程表

日期	行程	重點摘要
111.08.18(四)	中華民國臺灣臺北 →美國德州休士頓	去程航班抵達休士頓。
111.08.19(五)	美國德州休士頓 →美國德州大學城	自休士頓驅車轉往大學城德州農工大學。
111.08.20(六)	美國德州大學城	調整時差並整理資料。
111.08.21(日)	美國德州大學城	調整時差並整理資料。
111.08.22(一)	美國德州大學城	※德州農工大學超級基金研究中心相關研究室交流 第 1 日 一、交流活動簡介 二、研究室交流 I：公共衛生學院教授 Thomas McDonald 博士、副教授 Natalie Johnson 博士研究室 三、研究室交流 II：景觀建築與城市規劃學系教授 Galen Newman 博士、助理教授 Dongying Li 博士研究室
111.08.23(二)	美國德州大學城→ 美國德州奧斯丁→ 美國德州大學城	※參訪德州環境品質委員會交流化學物質管理業務
111.08.24(三)	美國德州大學城	※德州農工大學超級基金研究中心相關研究室交流 第 2 日 一、研究室交流 III：獸醫與生物醫學學院教授

日期	行程	重點摘要
		<p>Weihseh Chiu 博士研究室</p> <p>二、研究室交流 IV：獸醫與生物醫學學院教授 Ivan Rusyn 博士研究室</p> <p>※參訪德州化學家辦公室</p>
111.08.25(四)	美國德州大學城	<p>※德州農工大學超級基金研究中心相關研究室交流</p> <p>第 3 日</p> <p>一、研究室交流 V：電機及計算機工程學系教授 Arum Han 博士研究室</p> <p>二、研究室交流 VI：能源研究所</p> <p>※參與德州農工大學獸醫與生物醫學學院年度管理科學研討會</p>
111.08.26(五)	美國德州大學城 →美國德州休士頓	<p>拜訪德州農工大學超級基金研究中心合作夥伴</p> <p>一、德州環境正義倡議服務</p> <p>二、與雪佛龍、埃克森美孚等美國石油化學產業代表會談</p>
111.08.27(六)	美國德州休士頓	資料及行李整理。
111.08.28(日)	美國德州休士頓	資料及行李整理。
111.08.29(一)	美國德州休士頓→	自美國德州休士頓搭機返抵國門。
111.08.30(二)	中華民國臺灣臺北	

本次出國計畫以學術研討會為主行程，安排之參訪對象多為學術研究團隊，為擴大交流層面並促進我國與美國間之學術合作，除本局人員外，亦邀請長期投入我國化學物質管理之相關學界研究人員及本局相關計畫人員共同參與，盼藉此拓展我國產、官、學各界與美國德州相關單位之跨國合作經驗。本次出國計畫同行團員名單如表 2，全體團員合照如圖 1。

表 2 同行團員名單

姓名	職稱	服務單位
金承漢	科長	行政院環境保護署毒物及化學物質局
謝泊諺	技正	
劉華林	技士	
崔君至	特約高級環境技術師	
李俊璋	特聘教授兼副校長	國立成功大學工業衛生學科暨環境醫學研究所
陳秀玲	教授	國立成功大學食品安全衛生暨風險管理研究所
張偉翔	助理教授	
王琬茹	博士生	
羅宇軒	助理教授	國立臺灣大學食品安全與健康研究所
黃怡鳳	協理	環資國際有限公司（本局委辦計畫執行單位）
盧則豫	副理	



圖 1 全體團員於美國德州休士頓雪佛龍公司前合照

一、德州農工大學超級基金研究中心相關研究室交流第 1 日(111.08.22)

出國計畫主行程為德州農工大學獸醫與生物醫學學院年度管理科學研討會，其主辦單位為該院所轄超級基金研究中心，並以該院環境健康與毒理管理科學學程之師生為主要參與人員。故除原定研討會外，另規劃該中心相關研究室研究技術參訪，並由該中心主任 Ivan Rusyn 博士協助安排。

(一)拜會德州農工大學超級基金研究中心

行程一開始即拜會該中心主任 Ivan Rusyn 博士，並由其簡介德州農工大學、該校獸醫與生物醫學學院現況，詳細說明其主持之超級基金研究中心近年研究重點（如圖 2）。



圖 2 德州農工大學超級基金研究中心主任簡介學校及中心現況

該校超級基金研究中心係以環境健康與毒理管理科學學程之師生為核心，與校內、外相關研究團隊合作，研究檢測評估有害物質對人體健康影響之先進技術、有害物質對人體健康風險方法、有害物質之環境檢測方法及技術、減少環境有害物質之方法，同時培育專業領域人才，以改善公眾健康為目標。該中心係由美國國家環境健康科學研究所(National Institute of Environmental Health Sciences, NIEHS)超級基金研究計畫(Superfund Research Program, SRP)資助。

透過一系列結合跨領域及多種專業項目，以體外試驗(*In Vitro*)、電腦模擬(*In Silico*)和數據探勘(Data Mining)等方式，該中心藉以綜合評估因天災或人為緊急狀況導致之災難性化學污染事件環境風險。其研究團隊致力於檢測休士頓加爾維斯頓灣沉積物中已知或未知污染物，建立相關資料並打破過去一次僅能測試單種化學物質之限制，用以快速評估已知或未知污染物之風險。其團隊著重於整體混合物的分析與評估方法，並開發一套全面性工具，可用於城市、郡、州、聯邦政府等層級及其他應對災害之模型，進而減輕因災害造成之暴露對健康之影響。

該中心目前執行之 5 年期（西元 2017 年至 2022 年）超級基金研究計畫為「環境事故期間混合污染物之暴露評估綜合工具及模組」(Comprehensive Tools and Models for Addressing Exposure to Mixtures during Environmental Emergency-Related Contamination Events)，因休士頓鄰接之加爾維斯敦灣(Galveston Bay)偶有颶風造成城區環境事故，有害物質亦隨事故發生而於環境介質間移動，以此議題為核心發展各項子計畫，包括：

1. 突發環境事故下之動態暴露途徑(Dynamic Exposure Pathways under

the Conditions of Environmental Emergencies)

2. 降低污染物生物可利用性之新興廣效吸附材料(Novel Broad-Acting Sorption Materials for Reducing Bioavailability of Contaminants)
3. 混合物之體內及體外試驗反應變異性研究(*In Vitro* and *In Vivo* Studies of Hazard, Kinetics and Inter-Individual Variability of Responses to Mixtures)
4. 偵測混合物內分泌干擾潛勢之單一細胞複合性體外試驗(*In Vitro* Multiplex Single-Cell Assays to Detect Endocrine Disruption Potential of Mixtures)

該中心現著手規劃後續之新 5 年期計畫（西元 2022 年至 2027 年）為「環境事故後暴露途徑特徵描述之災害應變研究」(Disaster Research Response for Characterization Exposure Pathways after Environmental Emergencies)，包括：

1. 複雜混合物暴露評估之新型分析及電腦模擬策略(Novel Analytical And Computational Strategies for Exposure Assessment of Complex Mixtures)
2. 移動式應變環境事故造成之空氣污染(mRAPiD: Mobile Responding to Air Pollution in Disasters)
3. 利用胎兒母體界面組織晶片模型快速評估有害物質造成之早產風險 (Maternal Interface Tissue Chip Models for Rapid Assessment of Preterm Birth Risks of Hazardous Substances)
4. 組織間及個體間對混合物反應之變異性(Inter-Tissue and -Individual Variability in Responses to Mixtures)
5. 以實驗及計算工程開發有毒物質之新型多組成吸附材料 (Experimental and Computational Engineering of Novel, Optimized Multicomponent Sorbents for Toxic Mixtures)

該中心目前持續精進動物測試替代技術發展，例如：加強由體外試驗至體內試驗之轉譯策略，以更準確評估在暴露於複雜環境下，組織間及個體間反應之變異性；並開發及利用更高通量之組織晶片(Tissue Chip)模型，用於

快速評估有害物質造成之懷孕早產風險。另因兒童吸入揮發性有機物 (Volatile Organic Compounds, VOCs) 之風險高，亦將開發體外兒科呼吸氣道模型，以快速描述有害揮發性有機物、混合物之吸入風險特徵，並使用具超靈敏微量氣體分析儀之 mRAPiD (Mobile Responding to Air Pollution in Disasters，災害空氣污染物之移動反應裝置) 採樣車進行移動空氣採樣，以真實環境數據結合實驗室體外試驗提供建模資訊。

該中心亦加強快速風險評估工具於管理決策之應用，例如：發展新穎分析及計算方法，用於偵測及評估環境事故發生前、發生期間及發生後之有害物質及其轉化產物，尤其是結合離子移動率光譜儀 (Ion Mobility Spectrometer, IMS) 之結構評估、質譜儀 (Mass Spectrometry, MS) 之非標的性分析 (Non-Targeted Analysis) 及計算能力；又如風險及地理空間資訊科學核心以地理視覺化評估，描述人類健康風險和災害期間環境混合物之地域分布，供環境決策參考。擴大跨域整合，於結合生物醫學、地球科學、城市規劃、數據科學及工程學等跨學科團隊共同合作之下，針對具複雜挑戰之環境事故，規劃綜合性之解決方案。

於該中心主任簡介後，正式展開本局與該中心之交流活動。該中心邀請同行團員參與其每月定期會議，除藉此認識中心各研究團隊成員外，同時安排團員簡介本局相關業務及我國化學物質登錄制度，並由同行國立臺灣大學、國立成功大學研究人員介紹其研究領域（如圖 3），讓該中心相關研究人員及師生認識本次參訪行程出訪人員之工作內容及研究領域，為後續各研究室參訪行程打下良好的交流基礎。



圖 3 參與德州農工大學超級基金研究中心每月定期會議

(二)研究室交流 I：公共衛生學院

第 1 個研究室參訪行程為該校公共衛生學院(School of Public Health)教授 Thomas McDonald 博士及副教授 Natalie Johnson 博士之研究室，由兩位博士簡介其研究領域，瞭解其於該中心之空氣及土壤採樣技術與分析工作。研究室人員除導覽其基礎儀器之檢測量能外（如圖 4），亦展示所屬空氣污染檢測車，同時解說檢測採樣及分析流程，演示後背式空氣檢測儀器於目標社區內機動檢測有害空氣污染物之情況，其亦有土壤採樣之手持遠紅外線偵測設備。



圖 4 於德州農工大學公共衛生學院交流情形

德州農工大學超級基金研究中心之新 5 年期計畫中，「移動式應變環境事故造成之空氣污染」計畫主要由 Natalie Johnson 博士之研究團隊負責。在環境事故發生後，逸散至空氣中之揮發性有機物被認為與兒童呼吸功能障礙或哮喘有關，然而對揮發性有機物於相關疾病之作用機制瞭解甚少。Natalie Johnson 博士研究團隊介紹其致力開發新的研究平台及工具，使用具超靈敏微量氣體分析儀之 mRAPiD（如圖 5）巡迴檢測社區空氣中揮發性有機物並採樣，透過研究團隊開發之體外兒科呼吸道模型，其為氣液介面系統（如圖 6），可測試標準人類支氣管上皮細胞株(16HBE)及兒童肺臟初代上皮細胞對揮發性有機物或混合物暴露後反應之差異，其差異包括來自上皮細胞之胞外囊泡(Extracellular Vesicles, EVs)蛋白質體學變化，並快速進行呼吸道危害風險特徵描述。透過先進的移動式空氣測量並記錄區域之揮發性有機物測值，自真實環境獲取之數據可為體外測試結果提供有利證據，以利快速進行危害辨識。



圖 5 移動式空氣監測與採樣裝置 mRAPiD

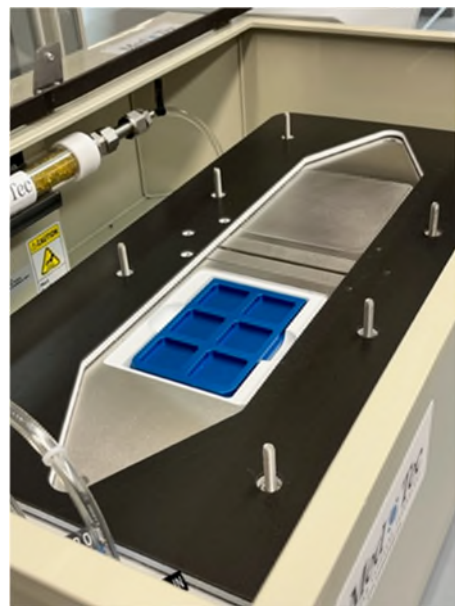
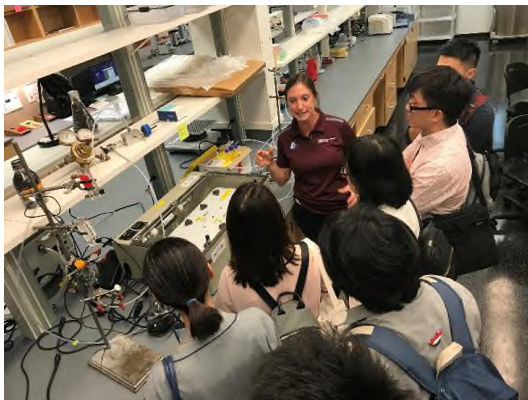


圖 6 體外氣液介面之呼吸道模型

Thomas McDonald 博士於新 5 年期計畫中擔任災害研究應變核心 (Disaster Research Response Core) 之角色，提供 Natalie Johnson 博士等相關研究團隊成員之研究支援，如空氣污染物質採樣檢測。此研究核心為德州農工大學超級基金研究中心之災害應變服務部門，於災害發生前後及發生期間進行環境採樣，而這些災害可能造成具健康危害之物質於環境中重新分布。該中心已參與多項災害研究應變活動，包括西元 2017 年衝擊休士頓市區之哈維颶風(Hurricane Harvey)、西元 2018 年佛羅倫斯颶風(Hurricane Florence)及西元 2019 年休士頓 Intercontinental Terminals Company (ITC)設施之大規模工業火災，均派遣人員至災害現場採集水、沉積物及土壤之樣本，並與社區合作夥伴、非政府組織及德州政府單位密切往來。Thomas McDonald 博士研究室具備大量檢驗設備，包含氣相層析質譜儀(Gas Chromatography - Mass Spectrometry, GC-MS)、高效液相層析儀 (High Performance Liquid Chromatography, HPLC)、手持式傅立葉轉換紅外光光譜(Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FTIR)檢測儀，分析對象包括重金屬、真菌毒素及各種有機污染物等。

(三)研究室交流 II：景觀建築與城市規劃學系

德州農工大學景觀建築與城市規劃學系(Department of Landscape Architecture and Urban Planning)教授 Galen Newman 博士、助理教授 Dongying Li 博士研究室，同屬該校超級基金研究中心新 5 年期計畫之研究成員。本次參訪由兩位博士簡介其於中心負責之風險及地理空間資訊科學核心(Risk and Geospatial Sciences Core)，此研究核心協助以地域分布闡述健康風險評估研究成果，搭建該中心實驗數據與環境決策間之橋梁。兩位博士於參訪行程中，展示其於該中心執行之相關研究內容，係以休士頓市區之社會經濟弱勢社區為研究區，結合環境心理學、空間分析、地理視覺化技術、環境設計及該中心其他研究成果，所完成之跨領域研究（如圖 7）。



圖 7 於德州農工大學景觀建築與城市規劃學系交流情形

該中心風險及地理空間資訊科學核心由獸醫與生物醫學學院教授 Weihseh Chiu 博士擔任主持人，Galen Newman 及 Dongying Li 兩位博士擔任共同主持人。此研究核心主要目標係利用地理空間科學基礎設施、地理編碼數據及相關專業知識，將環境災害風險及脆弱性地理資訊視覺化並進行評估，為該中心提供數據及相關服務，供參與風險管理相關決策之人員使用，同時有助於改善與環境災害相關之規劃、緊急應變及長期復原等工作。

Galen Newman 博士另為該中心之社區營造核心(Community Engagement Core)主持人，此研究核心主要目標為開發、實驗及推動一組由數據驅動之社區營造成果，透過災害研究活動提高當地的復原能力。其工作內容係根據社區需求，並以暴露與相關學科之環境健康研究為基礎，推動社區居民積極參與規劃管理突發污染事件之相關環境風險。

二、參訪德州環境品質委員會(11.08.23)

德州環境品質委員會主掌德州境內環境保護業務，此次造訪係以該機關聘僱之毒理學家為核心，瞭解其於機關內扮演之角色，並以空氣品質管理為例說明。德州環境品質委員會位處德州首府奧斯丁，特於造訪德州農工大學期間規劃 1 日當天來回行程。拜訪行程係由該機關毒理學家 Jong-Song Lee 博士聯繫安排行程，並由同為毒理學家之 Stanley Aniagu 博士協助參訪流程。

拜訪當日由德州環境品質委員會執行長(Executive Director) Toby Baker 開場歡迎團員並簡介近年工作推行狀況（如圖 8），其後由該機關介紹其空氣採樣（點位考量、檢測流程）、風險評估及決策考量等工作內容（如圖 9），藉此瞭解德州州政府以毒理事證及風險評估為基礎之決策體系。此外，本局代表亦

於現場簡介本局相關業務及我國化學物質登錄制度，並由同行國立成功大學研究人員簡介該校及其研究領域（圖 10）。

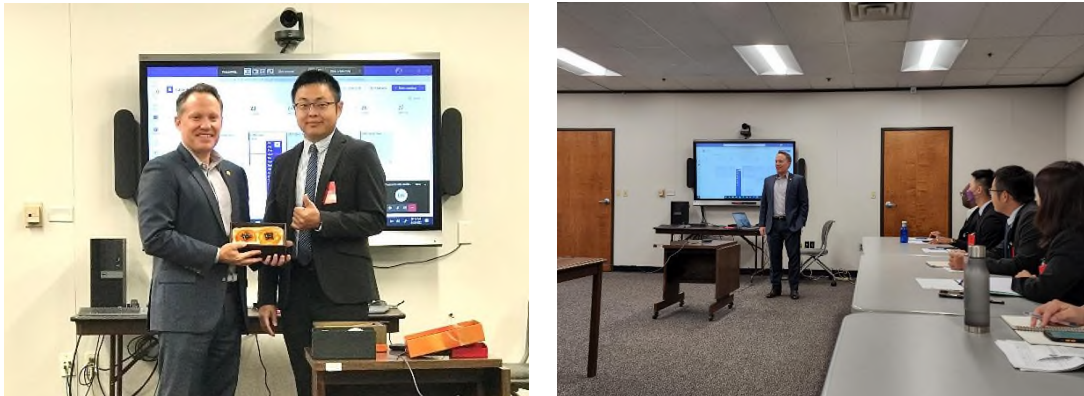


圖 8 德州環境品質委員會執行長歡迎本局參訪



圖 9 於德州環境品質委員會參訪情形

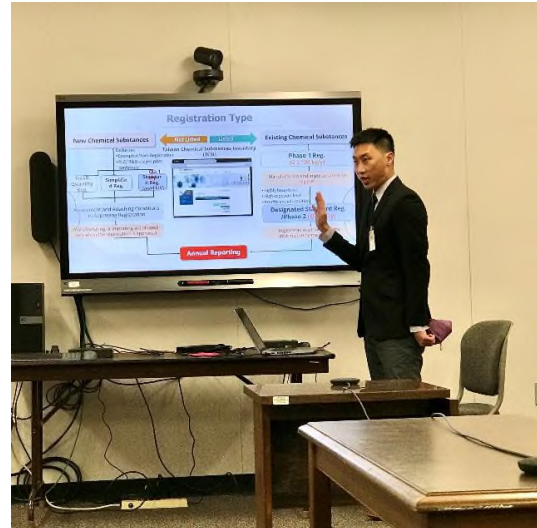


圖 10 本局及國立成功大學代表於德州環境品質委員會簡報

因美國屬聯邦制，各州污染物排放標準為自行訂定，德州州政府常規性進行環境採樣、實驗分析供風險評估所需之科學數據參考，以利訂定污染物排放標準及監控門檻，並成為風險溝通之基礎。

毒理及風險評估研究組(Toxicology, Risk Assessment, and Research Division)於德州環境品質委員會內，協助各業務單位於評估環境資訊或制定法規時應用毒理學原理下科學決策。而其所聘僱毒理學家之任務係確認化學物質危害、鑑定潛在暴露、評估人體健康風險並執行對社會大眾及各利害關係人(Stakeholders)之風險溝通工作，支援決策單位所需之毒理學相關協助。其毒理學家工作內容包括：

- (一) 發展毒性係數(Toxicity Factors)以設定環境介質（空氣、水、廢棄物）中化學物質之安全量(Safe Level)
- (二) 支援德州環境品質委員會相關計畫及各分區辦公室，評估空氣、水、廢棄物中化學物質對人體健康或環境之潛在危害
- (三) 執行空氣污染物排放許可毒理評估工作
- (四) 以毒理評估技術協助環境執法及事故應變作業
- (五) 協調各部門人體健康風險評估作業
- (六) 審查依州政府或聯邦政府超級基金場址之德州風險削減計畫(Texas Risk Reduction Program)及風險削減規則(Risk Reduction Rules)所提出之基線風險評估(Baseline Risk Assessment)或整治相關文件(Remediation-

Related Document)

- (七) 依德州法令通知私人飲用水井所有人可能之地下水污染
- (八) 執行德州環境風險重點科學研究(Scientific Research to Address Questions of Environmental Risk Important to the State of Texas)
- (九) 對公眾、媒體、利害關係人及立法者之風險溝通工作
- (十) 同步關注新興全國性環境健康議題與行動

德州環境品質委員會以空氣污染管制為例，介紹毒理學家於其內部之工作情形。其發展之毒性係數系統，舉「空氣監測比較值(Air Monitoring Comparison Value, AMCV)」及「空氣污染物排放許可效應篩選濃度(Air Permitting Effects Screening Level, ESL)」為例說明。「空氣監測比較值」用以篩選評估特定空氣污染物之監測濃度是否已達對健康有害之程度，且以健康風險為訂定基礎，長期毒性之「空氣監測比較值」接近於美國環境保護署之吸入參考濃度(Inhalation Reference Concentration)。「空氣污染物排放許可效應篩選濃度」用於空氣污染物排放許可核發時，篩選並建立污染源之排放濃度上限及執法標準，亦以健康風險為訂定基礎，其設定於安全量或「空氣監測比較值」之 70% 以下，提供審查端於多重污染源許可核發時，核准不同來源污染物暴露總量之緩衝空間。

德州環境品質委員會於德州各地監測所得數據如顯示特定空氣污染物之濃度超過「空氣監測比較值」一段時間，經毒理學家評估後可列入該區之空氣污染物觀察清單(Air Pollutant Watch List, APWL)。空氣污染物觀察清單用以提醒大眾及相關利害關係人，並研擬行動計畫降低污染物排放量以整治空氣。

三、德州農工大學超級基金研究中心相關研究室交流第 2 日(111.08.24)

(一)研究室交流 III：獸醫與生物醫學學院

德州農工大學獸醫與生物醫學學院教授 Weihsueh Chiu 博士之研究領域包括：以藥物動力學模式(Physiologically-Based Pharmacokinetic Model, PBPK Model)模擬之毒理動力學研究、健康風險評估、計算毒理學(Computational Toxicology)等。Weihsueh Chiu 博士另與該中心之風險及地理空間資訊科學核心合作，以地域分布分析實驗數據。

Weihsueh Chiu 博士之研究團隊於該中心計畫下建置「HGBEnviroScreen

風險評估平台(<https://hgbenviroscreen.org/>)，「HGB」為德州3個城市的縮寫：休士頓(Houston)、加爾維斯敦(Galveston)及布拉佐里亞(Brazoria)，這些區域面臨自然災害及工業活動帶來的諸多環境及公共衛生挑戰，其中又以獲取資訊能力有限之社會經濟弱勢社區挑戰最大。HGBEnviroScreen 風險評估平台可識別及優先考慮較易受影響之區域，幫助社區瞭解風險因素並制定環境正義行動計畫。該平台蒐集之數據領域包括：

1. 社會脆弱性(Social Vulnerability)
2. 健康基線資料(Baseline Health)
3. 環境暴露與風險(Exposures and Risks)
4. 污染源(Pollution Sources)
5. 洪水潛勢(Flooding)

該研究團隊利用 ToxPi 軟體整合並圖像化分析數據，其發現高脆弱度之人口普查區具有多重風險因素，常見之危害風險為洪水、社會脆弱性及鄰近污染源。該平台同時結合地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)，於線上提供地理分布之視覺化展示服務，使用者可同步瞭解風險評估結果呈現之地域差異。

此次參訪由 Weihseh Chiu 博士簡介其近年研究成果，除展示前述 HGBEnviroScreen 風險評估平台，另包括計算毒理學等相關模擬研究，以及與該中心其他研究團隊之合作內容(如圖 11)。該中心新 5 年期計畫中，「組織間及個體間對混合物反應之變異性」計畫即由 Ivan Rusyn 博士擔任主持人，Weihseh Chiu 博士擔任共同主持人。

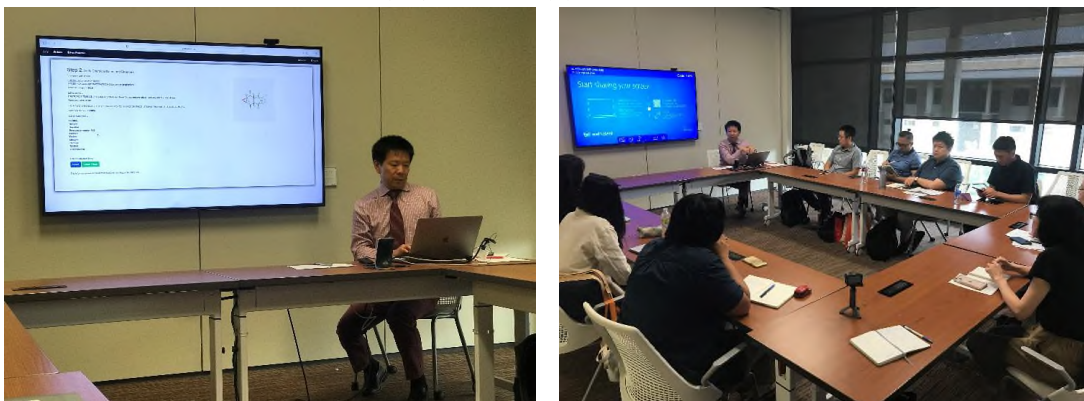


圖 11 參訪 Weihseh Chiu 博士研究室

(二)研究室交流 IV：獸醫與生物醫學學院

與該中心第 4 個交流行程為 Ivan Rusyn 博士之研究室，其研究領域包括組織晶片應用、體外測試及相關試驗分析等。參訪過程由 Ivan Rusyn 博士研究團隊成員導覽研究室所用設備，包括組織晶片、分析設備等使用情形(如圖 12)。



圖 12 參訪 Ivan Rusyn 博士研究室

Ivan Rusyn 博士擔任主持人之「組織間及個體間對混合物反應之變異性」計畫，與共同主持人 Weihseh Chiu 博士合作，分別以高通量體外試驗技術及電腦模擬方法，評估組織間與個體間對於複雜環境暴露之反應差異。其研究團隊利用人類誘導型多能幹細胞分化成心肌與肝臟細胞，用於篩選環境中污染物對於心臟及肝臟損傷之影響，此測試系統可應用於真實事件之風險評估。該團隊持續研究及發展體外至體內之測試系統(*In Vitro to In Vivo*)，預期可利用體外人類類器官培養並結合反向毒物動力學技術，根據風險分層策略進行安全性評估，可精準描述環境事故造成之化學物質暴露對不同族群之風險。

四、參訪德州化學家辦公室(111.08.24)

德州化學家辦公室(Office of the Texas State Chemist, OTSC)為德州州政府設置於德州農工大學校內之實驗室，為結合學術資源之州政府官方單位，其職責為確保飼料及肥料是否符合法律規範之檢查及監管機制，藉此監控可能的對動物、人體健康及環境之災害，進而保護消費者並提升農企業(Agribusiness)之水準。該辦公室之工作亦包括提升工具、標準及執行面之管理科學進以提升食品供應體系之合規程度及確保其安全之能力。

此次參訪主要由該辦公室營運經理(Operations Manager) Yi-Cheng Hsieh 博士安排導覽各實驗室，並簡報說明該辦公室之工作內容（如圖 13）。該辦公室透過定期檢測德州境內飼料及肥料之有害物質含量，並建立標準樣本提供各農企業參考，以維護農業及畜牧業之食品安全。



圖 13 德州化學家辦公室參訪情形

五、德州農工大學超級基金研究中心相關研究室交流第 3 日(111.08.25)

(一)研究室交流 V：電機及計算機工程學系

德州農工大學電機及計算機工程學系(Department of Electrical and Computer Engineering)教授 Arum Han 博士之研究室，現與超級基金研究中心之合作項目為體外測試之組織晶片製作，提供 Ivan Rusyn 博士研究所需之組織晶片客製材料。此次參訪由 Arum Han 博士導覽其主持之組織晶片實驗室，簡介組織晶片之製程及原理（如圖 14）。

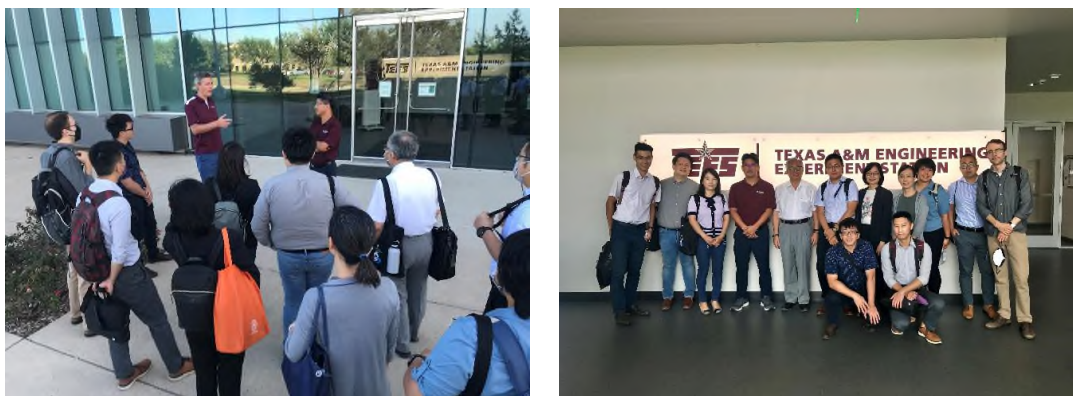


圖 14 參訪 Arum Han 博士研究室

該中心新 5 年期計畫中，「利用胎兒母體界面組織晶片模型快速評估有害物質造成之早產風險」計畫主要由 Arum Han 博士研究團隊負責，Arum Han 博士為生醫工程與生物奈米實驗室主持人，其結合了工程學、物理、化學及生命科學之技術及知識。Arum Han 博士研究團隊開發之組織晶片，可模擬複雜的胎兒與母體間多重細胞且多層次之生物膜，其生物膜為保護障蔽，阻擋有害物質進入胎盤以保護胎兒於母體內正常發育，同時可維持養分通過。利用此組織晶片可進行高通量分析，研究環境有害物質增加早產風險之可能影響機制及途徑。

(二)研究室交流 VI：能源研究所

德州農工大學能源研究所(Energy Institute)與超級基金研究中心之合作項目為巨量數據分析及處理，為該中心之數據管理與分析核心(Data Management and Analysis Core)，協助轉譯產出之各項研究數據。此研究核心支援各研究計畫進行數據維護、共享、整合、闡述、分析及品質控制等作業。透過先進的資訊科學方法，分析該中心各計畫之研究數據，以萃取有用資訊

分享給各研究單位，並激盪出不同角度的統計結果及數據解讀，更可促進跨計畫合作。此次參訪由能源研究所參與該中心研究之團隊成員簡介近期合作成果（如圖 15）。



圖 15 於德州農工大學能源研究所交流情形

六、參加德州農工大學獸醫與生物醫學學院年度管理科學研討會(11.08.25)

此次出國主行程為參加德州農工大學獸醫與生物醫學學院年度管理科學研討會，該研討會每年均挑選當代熱門議題，邀請產、官、學 3 方代表各自表述立場及支持之科學立論，提供校內、外與會者同一主題不同之多元觀點。

西元 2018 年研討會主題為空氣污染與健康之管理科學現況(Air Pollution and Health: State of the Regulatory Science)，2019 年為全氟與多氟烷基化合物之管理科學挑戰(Regulatory Science Challenges of Per- and Poly-Fluorinated Compounds)，2020 年受嚴重特殊傳染性肺炎疫情影響未舉辦，2021 年為內分泌干擾物與人體健康(Endocrine Disruptors and Human Health)。

(一)年度管理科學研討會

本年度研討會主題為塑膠微粒與管理科學(Too Small to Care? The Regulatory Science and Microplastics)，產、官、學 3 方代表就各自立場闡述塑膠微粒之毒理或生態毒理研究成果及風險評估，並安排各界代表於演講後接受聽眾提問及意見交換（如圖 16）。受邀各界代表簡介及其演講內容重點說明如下：



圖 16 西元 2022 年度管理科學研討會

1. 學界代表為維吉尼亞海洋科學研究所(Virginia Institute of Marine Science)教授 Robert Hale 博士，演講題目為：The What, Where and Who Cares of Microplastics，分享其塑膠微粒對水體生態影響之研究成果。
2. 政府部門代表為加州水資源管理委員會(California State Water Resources Control Board)研究科學家(Research Scientist) Scott Coffin 博士(線上與會)，演講題目為：Science in Action: Assessing and Managing the Risks of Microplastics，其簡介美國加州目前因應塑膠微粒所採取之立法、管理措施及其後續水體塑膠微粒監測現況。
3. 產業界代表為美國化學理事會(American Chemistry Council)資深經理(Senior Director) John Norman 博士，演講題目為：State of the Science: The Challenges of Assessing Microplastics for Health and Environmental Risk，其以文獻回顧方式說明就目前研究所知，塑膠微粒對健康影響之研究雖多，然而尚未有定論。

(二)校外實習學生返校報告及在校生研究海報展

研討會下半段由該校環境健康與毒理管理科學學程本年度校外實習學生返校報告實習狀況及心得，由此瞭解其雖為博士學程，但仍具高度實務性質，校方要求該學程美國國內學生至公私部門實習，讓學生於求學期間提早瞭解實務運作，並拓展未來就業至實際管道。就該校教授說明，其學程畢業生就業管道多元，於美國產、官、學各界均可見到該學程校友任職。

研討會最後由該學程在校生以張貼海報形式發表最新研究成果(如圖 17)，德州化學家辦公室及該校超級基金研究中心相關研究室均有代表參與，

其研究內容包括毒理學、毒物或污染物檢測、風險評估等相關領域，可見該學程以毒理學為核心之管理科學所涉領域之廣闊。



圖 17 研討會後在校生研究成果海報展

七、拜訪德州農工大學超級基金研究中心合作夥伴(111.08.26)

(一)德州環境正義倡議服務

德州農工大學超級基金研究中心於行程中安排團員參訪其於休士頓之研究區，拜會該中心之社區合作夥伴：德州環境正義倡議服務，瞭解休士頓住宅與工廠錯落雜處之環境條件下，社會經濟條件較差的當地市民如何生活

在緊鄰煉油廠及各式工廠之港區環境，而中心研究團隊如何與社區合作，協助監控社區環境，喚醒居民的環境意識，進而改善居住環境品質。此次參訪情形整理如圖 18。

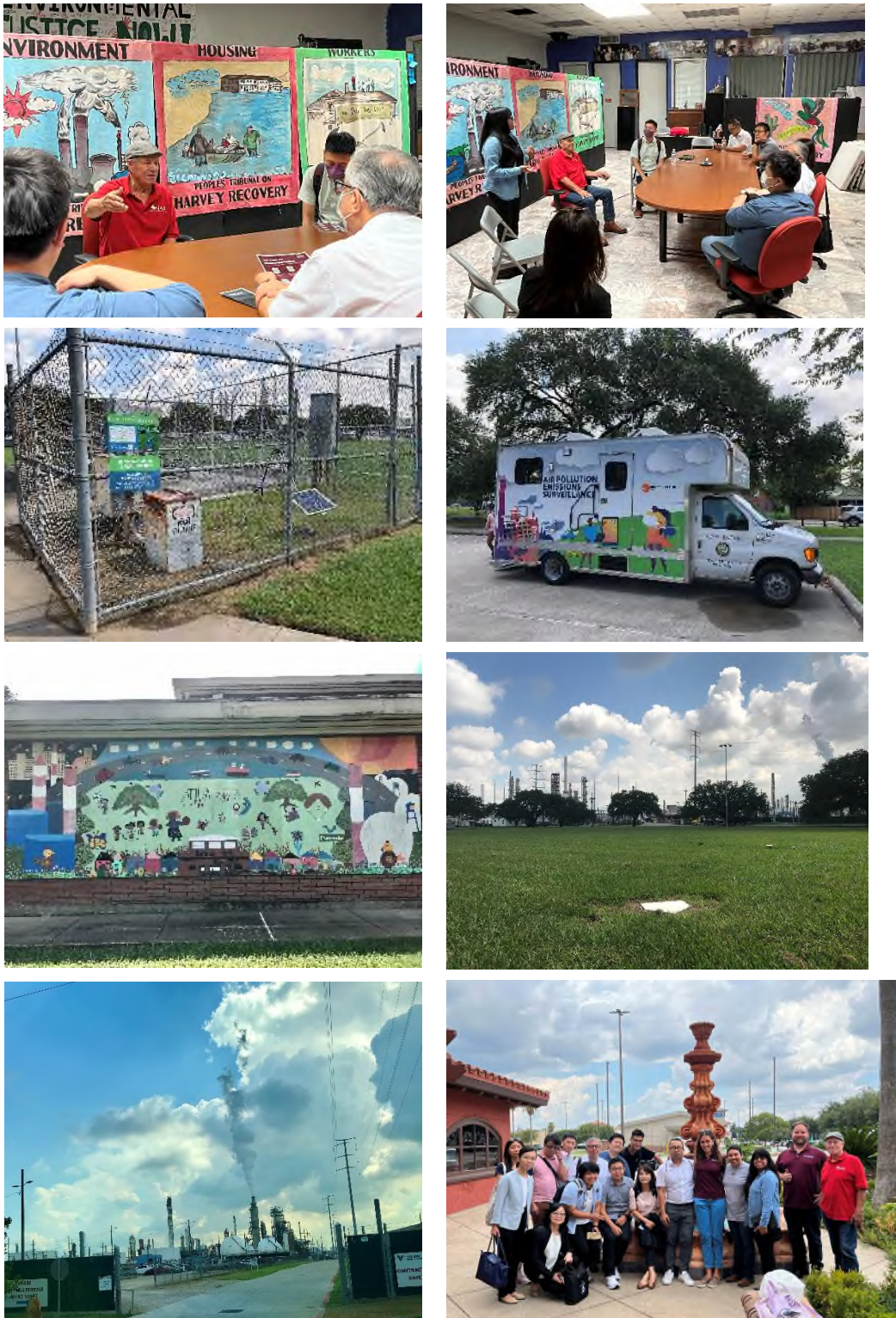


圖 18 拜訪德州環境正義倡議服務及社區導覽

德州環境正義倡議服務創辦人暨執行長(Executive Director) Juan Parra 自西元 1995 年起，投身休士頓社區環境正義工作，倡導社區民眾瞭解周遭環境問題，提升居民環境意識，並與各界斡旋改善社區環境品質。德州陸域及其面向之墨西哥灣盛產石油，休士頓更被譽為世界能源首都(Energy Capital of the World)，各國石油化學工業於休士頓幾乎均設有分支機構，更是世界重要的石化產業轉運港，德州亦積極發展各種能源選項。然因休士頓發展早期未有良善之都市規劃，造成部分社區緊鄰工業區，甚至比鄰石油相關產業聚落，出現工業用地與住宅用地錯落分布之情形。早期都市之歷史發展軌跡，衍生現今休士頓社區之環境問題，弱勢族裔及社會經濟弱勢階層居住社區尤是，更是環境正義議題。

德州環境正義倡議服務長期關注休士頓哈里斯郡(Harris County)曼徹斯特(Manchester)社區之環境正義議題，其住民以西班牙語裔、非裔及社會經濟弱勢為主。因曼徹斯特社區緊鄰煉油廠，居民時常可聞得異味，且各類工廠環繞社區，居住環境品質不佳。德州環境正義倡議服務除督促當地政府環境監測外，也透過學校教育，傳遞環境保護觀念。德州農工大學超級基金研究中心亦與該團體合作，協助監控當地空氣品質，配合社區動員，執行超級基金污染場址之環境整治相關工作。

此次參訪由德州農工大學公共衛生學院研究助理教授(Research Assistant Professor) Garrett Samson 博士與其空氣污染物檢測採樣團隊協助下，請德州環境正義倡議服務創辦人暨執行長 Juan Parras 及其社區外展和教育聯絡官(Community Outreach and Education Liaison) Nalleli Hidalgo 導覽曼徹斯特社區，帶領參訪團員經歷一趟有毒旅遊(Toxic Tours)，包括環繞社區的煉油廠、化工廠及超級基金污染整治場址等，藉以瞭解休士頓環境問題及社區環境正義發展。

(二)美國德州石油化學產業代表

在德州農工大學超級基金研究中心安排之下，於此次參訪行程最後會見雪佛龍及埃克森美孚於德州之產業代表，討論我國登錄制度下外國企業面臨之登錄問題（如圖 19）。雪佛龍及埃克森美孚美國石油業兩大巨擘，其所屬

產業包括石油探勘、天然氣開採、油氣能源買賣及其上下游煉製等。

會談一開始由本局參訪人員分享目前石油化學產業相關的化學物質登錄議題，聚焦於石油類「未知組成或可變更組成的物質、複雜反應的產品或生物物質」(Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials, UVCB)之資料登錄難題，其後以此為基礎交換雙方意見。本局人員亦藉此機會，回答兩大公司代表對我國登錄制度之疑問。該行程為本局與外國石油化學產業龍頭難得之面對面意見交流經驗。



圖 19 與美國德州石油化學產業代表會談

參、心得及建議

本次出國開會行程係以德州農工大學獸醫與生物醫學學院年度管理科學研討會為軸心，配合安排該校超級基金研究中心相關研究團隊及德州相關團體之參訪內容，包括校內與該中心合作之研究室、德州化學家辦公室、德州環境品質委員會及德州環境正義倡議服務等單位，並與多位產業界人士對談，返國後針對本次行程見聞，提出建議如下。

一、借鏡超級基金制度

德州農工大學超級基金研究中心之經費來源，主要來自美國國家環境健康科學研究所之超級基金研究計畫，該計畫以 5 年為 1 個補助區間，且明確設定補助目標及策略，並培育大量專業領域人才，建議未來毒物及化學物質管理基金之成立，可研析參考該制度。

二、積極推動我國替代測試發展

以替代測試方法取代傳統動物試驗，用於化學物質優先化篩選已是國際趨勢，新穎技術發展及高通量分析材料研發亟需跨領域專業合作。建議考量納入國內學界及業界研究量能，並與相關部會持續共同建構推動動物試驗 3R 原則 (Replacement, Reduction, and Refinement) 管理體系，加速替代方法落地應用。

三、持續關注快速風險評估等相關先進工具及方法

我國化學物質管理現藉由登錄制度逐步建立風險評估量能，實務上可能面對複雜環境混合物或新興化學品危害及暴露之管理挑戰，建議應持續瞭解快速風險評估工具方法，及其於環境事故後之污染物監測，與新興化學物質管理之發展及應用，以減輕因災害造成之暴露對健康影響。

四、逐步建立化學物質風險評估相關依循規定

化學物質風險評估涉及高度專業複雜資訊之處理、分析及轉譯，風險評估結果可能牽動業者利害關係或備受社會大眾關切，我國在發展及執行化學物質風險評估作業之過程中，科學證據應公開透明，建議逐步建立相關原則、指引或作業手冊等支援工具，提供業者依循，亦可成為與利害關係人溝通之基礎。

五、與德州相關單位持續交流

全球新冠疫情爆發前，本局與德州農工大學超級基金研究中心即有交流互訪之初步規劃。在後疫情時代，國際逐漸恢復正常往來。此次實地瞭解德州農工大學專家團隊於替代測試技術發展及複雜環境混合物之風險評估實務經驗均大幅提升，值得學習參考。德州化學家辦公室及德州環境品質委員會於我方造訪時，均熱情接待並安排於短時間內簡介業務職掌，對未來雙方合作交流展現高度興趣。建議與參訪對象維持良好聯繫，以利後續之長期合作或交流可能。

Texas A&M University
Interdisciplinary Faculty of Toxicology Training Program
2022 Annual Regulatory Science Symposium

Too Small To Care?
The Regulatory Science and Microplastics



Robert Hale, PhD

Professor

VA Inst. Marine Science

Gloucester Point, VA

Scott Coffin, PhD

Research Scientist

CA Water Res. Control Board

Sacramento, CA

John Norman, PhD

Senior Director

American Chemistry Council

Washington, DC

- 1:00-1:10 **Opening remarks** from the Toxicology Interdisciplinary Faculty
Ivan Rusyn (Texas A&M University)
- 1:10-1:50 **The What, Where and Who Cares of Microplastics**
Robert Hale (Virginia Institute of Marine Science)
- 1:50-2:30 **Science in Action: Assessing and Managing the Risks of Microplastics**
Scott Coffin (California State Water Resources Control Board)
- 2:30-3:10 **State of the Science: The Challenges of Assessing Microplastics for Health and Environmental Risk**
John Norman (American Chemistry Council)
- 3:10-3:45 **Discussion with speakers and participants**
Moderated by Weihsueh Chiu (Texas A&M University)

Thursday, August 25, 2022 ♦ 1:00 - 3:45 PM (US Central Time) ♦ VENI 107A

Register to attend this FREE event online at: <http://tx.ag/microplastics>