

出國報告（出國類別：國際會議）

參加2024年美國化學學會(ACS)全國 博覽會國際會議報告

服務機關：國家環境研究院

姓名職稱：張晉璋副研究員

派赴國家：美國

出國期間：113年8月17日至113年8月24日

報告日期：113年11月22日

摘要

本次出國目的為了解不同國家研究學者對全氟與多氟烷基物質（Per-and polyfluoroalkyl substances, PFAS）的研究方向及處理方法外，另以蒐集最新資訊，除了自我成長外，可將研究趨勢與成果作為研究人員執行研究時的參考依據。由本院派員參加之 2024 年美國丹佛市舉辦的 ACS 國際會議(秋季全國博覽會)，透過此國際會議可以吸收各國家之研究學者的相關知識外，並提升本院對 PFAS 污染物處理方法的研究知識。參加本次國際會議的心得與建議主要分為四項，如加強短鏈和超短鏈 PFAS 的水處理技術、改質天然廢棄物製備的吸附劑並應用於 PFAS 去除、研究金屬有機骨架(MOFs)材料在 PFAS 吸附中的應用、改質水熱鹼處理技術來去除 PFAS 等。

目次

壹、目的	-----1
貳、過程	-----3
參、心得	-----25
肆、建議	-----27
伍、參考文獻	-----28
附件	-----29

壹、目的

全氟與多氟烷基物質(Per- and Polyfluoroalkyl Substances, PFAS)因其優異的耐熱、耐化學性和疏水疏油性，被廣泛應用於各類工業製程及消費產品中。然而，這些特性也使得 PFAS 成為一類極難分解的持久性有機污染物，已被證實在環境中長期存在並累積，對生態系統和人類健康構成嚴重威脅。PFAS 污染涉及土壤、地下水、地表水及生物體內的廣泛存在，其污染範圍跨越國界，成為全球環境治理的重要課題。斯德哥爾摩公約自 2001 年通過以來，持續關注並擴展對持久性有機污染物(POPs)的管控範圍，尤其在近年來已將多種 PFAS 類物質納入管制清單，強化了國際間對這些物質的監控與治理方式。隨著國際間對 PFAS 的研究和技術應用的不斷深入，各國在檢測技術、污染處理和替代品開發等方面取得了顯著進展，這為全球解決 PFAS 污染問題帶來了新的方向。

國家環境研究院自成立以來，積極推動國內對 POPs 的檢測技術發展，並持續關注國際間的技術演進和研究趨勢。隨著 PFAS 問題的重要性日益增加，本院已經建立了一系列針對 POPs 的檢測和分析技術，包括高解析氣相層析質譜儀(GC/HRMS)和液相層析串聯式質譜儀(LC-MS/MS)等設備。本次參加 2024 年美國化學學會(ACS)全國博覽會的主要目的是深入了解國際學術界在 PFAS 研究領域的最新進展，特別是關於高效益處理技術、先進檢測方法及替代品開發等方面的最新研究成果。透過與國際頂尖學者的交流互動，希望能夠收集到最前端的技術資訊，進一步強化本院在 PFAS 污染物處理上的研究能力，並將這些新知識應用

於我國的環境保護工作中。此外，參與此次國際會議還有助於本院了解國際間的進展狀況，並促進與其他國家和研究機構的合作與交流的機會，期盼共同推動全球 PFAS 污染治理的進展。

貳、過程

2024 年美國化學學會(ACS)全國博覽會(ACS Fall 2024 National Meeting & Exposition)於 113 年 8 月 18 至 22 日於美國科羅拉多州丹佛市，會議地點為科羅拉多會議中心（Colorado Convention Center），如圖 1 所示。

2024 年 ACS 活動網址為 <https://www.acs.org/meetings/acs-meetings/fall.html>，在 2024 年美國化學學會(ACS)秋季全國博覽會中，超過 85 個國家的參與者齊聚科羅拉多州丹佛市，參加這次大規模的學術盛會。本屆會議大約有 10,000 篇論文發表，涵蓋化學領域的最新研究成果。這些論文包括口頭報告和海報展示，涉及健康、食品、可持續性等多個主題，展示了全球學術界在化學領域的最新進展。



圖 1 大會會場位於美國丹佛科羅拉多會議中心

根據 2024 年美國化學學會(ACS)秋季全國博覽會的行程，這次的研討會論文發表分為兩種形式，口頭報告和海報展示。而口頭報告在多個場地空間同時進行，

每個場地每天大約有 15 篇論文發表，每位報告者有 20 分鐘的時間，其中包含 15 分鐘的簡報介紹和 5 分鐘的問答時間，讓與會者可以進一步討論研究內容。

海報展示則安排在特定的時段進行，與儀器展示區域相鄰，這樣方便參觀者在參加口頭報告的同時，可以隨時移動到海報展示區去看其他研究成果。海報展示則持續多天，參展者可以在指定的時間內親自在現場回答問題和進行討論，這樣的規劃不僅可以有效利用會場資源，還能讓參與者充分利用時間，參加各種形式的學術活動，並且促進跨領域的交流與合作。

此次研討會在科羅拉多會議中心(Colorado Convention Center)舉行，如圖 2-圖 5 所示，會場分為多個區域，方便參與者進行不同形式的學術交流，而第一天至第五天的演講題目「PFAS 現況與展望」各會議室與時間表詳如圖 6-圖 10 所示，參加者可以找到自己感興趣的題目與會議室。根據場地配置圖，會議共分為數個主要場地，包括口頭報告廳、海報展示區以及儀器展示場。口頭報告廳位於會議中心的三樓（Meeting Room Street Level 3 ），報告者在這裡進行簡報，每個會議室均配有先進的演講設備，為報告者提供良好的簡報環境。海報展示區設在二樓（Exhibit Level 2 ），與儀器展示場相鄰，這樣的配置方便參與者在參觀儀器展覽的同時，也能快速進入海報展示區進行交流。儀器展場展出最新的化學分析儀器和設備，參與者可以在此與儀器供應商直接互動與溝通，了解最新技術的應用。各個場地之間的距離設計較為適當，方便參與者在不同場次之間快速移動。此外，

會場內有明確的指示牌和工作人員的引導，使得整個會議流程順暢，參與者可以輕鬆找到各自的會議室和展示區。

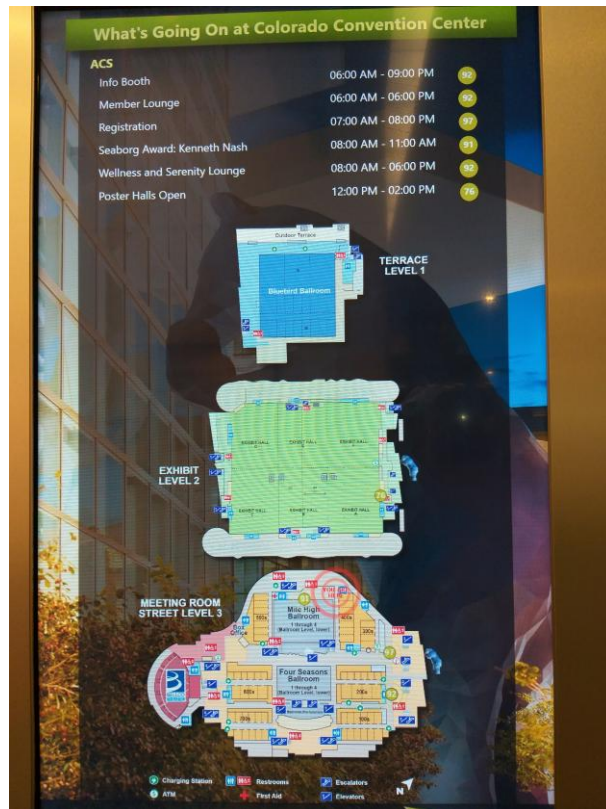


圖 2 國際會議配置圖

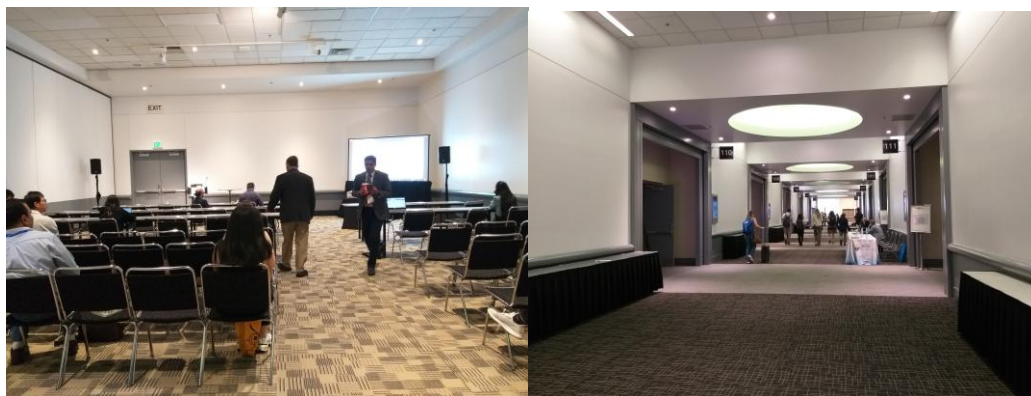


圖 3 小型會議空間與多會議室



圖 4 會議空間外電子立牌



圖 5 儀器商展示

ACS Fall 2024

Sunday, August 18, 2024 - Thursday, August 22, 2024

Sunday, August 18, 2024		
02:00PM - 06:00PM	- Advances in PFAS Research & Outlook: Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Nancy Kelley-Loughnane Manoj Kolel-Veetil Mallikarjuna Nadagouda Manoj Shukla
02:00PM - 05:55PM	- Purifying Our Future: Embracing the Minus Approach for Purifying Drinking Water & Wastewater & Recovering Valuable Resources from Wastewater Streams: Room: Room 108 Facility: Colorado Convention Center	Hongbin Cao Yongsheng Chen Hualin Wang Paul Westerhoff Regent Professor
02:30PM - 02:55PM	4113652 - Poly- and perfluoroalkyl substances in drinking water: Overlooked challenges Room: Room 108 Facility: Colorado Convention Center	Christopher Higgins
02:40PM - 02:55PM	4072833 - Pore size matters in the PFAS sorption by carbon adsorbents Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Pan Ni Calvin Fales Feng Xiao Baolin Deng
03:50PM - 04:05PM	4077093 - Electrocatalytic reduction of PFOA on palladium nanoparticles Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Sarah Glass Pedro Alvarez Bezawit Getachew
04:05PM - 04:20PM	4103135 - Semi-automated method for per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) analysis in soil using modified EPA Method 1633 Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Gopal Bera German Gomez-Rios Staff Scientist Rahmat Ullah Dr. Yan Liu
04:20PM - 04:35PM	4110703 - Anion sequestration platforms: Empowering C-H bonds Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Lul Sharif Ogunola Orege Raul Hernandez Sanchez

圖 6 第一天參與 PFAS 現況與展望演講題目

Monday, August 19, 2024		
08:10AM - 08:25AM	4097473 - Pilot-scale PFAS separations and transformations: State of the science and lessons learned Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Chris Griggs
08:25AM - 08:40AM	4109823 - Biochar-based removal of per- and polyfluoroalkyl substances from recycled water Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Pia Ramos Michael Schmidt Daniel Ashworth
08:35AM - 08:50AM	4083166 - Release of PFAS from paper-based food packaging and municipal solid waste (MSW) to gas and leachate under simulated landfill conditions Room: Room 104 Facility: Colorado Convention Center	Dr. Yuemei Ye Postdoctoral Scholarship
08:55AM - 09:10AM	4105590 - Competing reaction energetics in the oxidative degradation of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Jacob States Shubham Vyas
09:10AM - 09:25AM	4093029 - Impact of pore composition upon absorption of PFAS in covalent organic frames of varying pore composition: Molecular dynamics study Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Timothy Ricard Timothy Schutt Dr. Caitlin G. Bresnahan Research Chemist Manoj Shukla
09:25AM - 09:40AM	4087751 - Environmental life cycle assessment of electrochemical oxidation technology treating PFAS concentrated wastes from regeneration of spent ion exchange resin Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Gengyang Li
09:50AM - 10:05AM	4104920 - Understanding the physiochemical behavior of perfluorocarboxylic acids at aqueous interfaces Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Jenee Cyran
10:20AM - 10:35AM	4105366 - Application of hydrothermal alkaline treatment (HALT) in a continuous-flow configuration for prediction of upscaled treatment system performance Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Anderson Ellis Ori Soker Aron Griffin Timothy Strathmann

圖 7 第二天參與 PFAS 現況與展望演講題目

Tuesday, August 20, 2024		
06:55AM - 07:05AM	4110615 - Highly efficient GenX Removal by polystyrene-based ionic fluoropolymer at environmentally relevant concentrations Room: Virtual Session Facility: Zoom	Sushant Sahu Yu Wang
08:40AM - 08:55AM	4088442 - Hydrothermal treatment of PFAS with cosolvent: A proof-of-concept study Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Shilai Hao Ori Soker Sean Brooks Christopher Higgins Timothy Strathmann
08:55AM - 09:10AM	4095968 - Influence of solution pH and dissolved organic matter on PFAS uptake by ion-exchange membrane-based passive samplers Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Margaret Therese Siao Donya Hamidi Ke He Lee Blaney
09:50AM - 10:05AM	4099116 - Thermal treatment of per-and polyfluoroalkyl substances loaded granular activated carbon: Performance and impacts Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Zunhui Lin Pierre Herckes Kyle Doudrick Trevor Boyer Paul Westerhoff Regent Professor
10:15AM - 10:35AM	4106873 - Oxidation of per- and polyfluoroalkyl ether acids by sulfate and hydroxyl radicals Room: Room 112 Facility: Colorado Convention Center	Detlef Knappe Professor Chuhui Zhang Tiffany Tang Sarah Teagle
10:50AM - 11:05AM	4101103 - Ab-initio Investigation of Per- and Poly-fluoroalkyl substances (PFAS) Adsorption on Zero-Valent Iron (Fe0) Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Mohamed Mohamed Brian P Chaplin Associate Professor Ahmed Abokifa
02:55PM - 03:10PM	4103908 - Total PFAS removal from wastewater through adsorbent polishing of nanofiltration permeate Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Aron Griffin Christopher Bellona Timothy Strathmann
03:05PM - 03:25PM	4097778 - Machine learning for monitoring per- and polyfluoroalkyl substance (PFAS) in California's wastewater treatment plants: An assessment of occurrence and fate Room: Room 106 Facility: Colorado Convention Center	Jialin Dong Christopher Olivares Seungjun Kim Sean Young
03:50PM - 04:05PM	4102477 - Removal of ultra-short and short chain PFAS utilizing modified anion exchange resins Room: Room 102 Facility: Colorado Convention Center	Anne Lobitz Brianna Harris Shang Jia Lei Guo

圖 8 第三天參與 PFAS 現況與展望演講題目

Wednesday, August 21, 2024		
12:00PM - 02:00PM	4093052 - Adsorption of PFAS contaminants on wet and dry clay surfaces: Periodic DFT study Poster Board #594 Room: Hall A-C Facility: Colorado Convention Center	Timothy Ricard Dr Glen R Jenness Research Chemist Manoj Shukla
12:00PM - 02:00PM	4108831 - Identification of surfactants in the per- and polyfluoroalkyl substances free aqueous film-forming foam using Nontarget analysis approach Poster Board #595 Room: Hall A-C Facility: Colorado Convention Center	Youn Jeong Choi Dr Linda S Lee Professor
12:00PM - 02:00PM	4108203 - Investigation of porosity for more complete mineralization of PFCAs in heterogeneous photocatalysts Poster Board #643 Room: Hall A-C Facility: Colorado Convention Center	Scott Massimi , Graduate Student Brian Trewyn
12:00PM - 02:00PM	4104216 - Measurement of total organic fluorine in environmental matrices using hydrothermal alkaline treatment coupled with fluoride ion selective electrode analysis Poster Board #816 Room: Hall A-C Facility: Colorado Convention Center	Logan Bocovich Shilai Hao Christopher Higgins Timothy Strathmann
12:00PM - 02:00PM	4098404 - Challenges and considerations when developing a non-targeted analysis workflow for per- and polyfluoroalkyl substances in environmental samples Poster Board #450 Room: Hall A-C Facility: Colorado Convention Center	Juliane Brown James Gray
12:00PM - 02:00PM	4099825 - Target, suspect and non-target screening of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in wastewater treatment plants effluents using ion mobility spectrometry–mass spectrometry (IMS-MS) Poster Board #451 Room: Hall A-C Facility: Colorado Convention Center	Hye-Jin Yun Jeong-Hoon Park Kyung-Duk Zoh
12:00PM - 02:00PM	4102743 - Quantifying per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) precursor transformation in pulp and paper (P&P) wastewater systems Poster Board #453 Room: Hall A-C Facility: Colorado Convention Center	Manyiel Mel Boris Lau William Hockaday
12:00PM - 02:00PM	4102813 - Determination of environmentally relevant PFAS pKa via ¹⁹ F NMR Poster Board #454 Room: Hall A-C	Esteban Hernandez Patrick Reardon Jennifer Field

圖 9 第四天參與 PFAS 現況與展望演講題目

Thursday, August 22, 2024

08:10AM - 08:25AM	4109482 - Mechanistic insights into incineration of perfluorocarboxylic and perfluorosulfonic acid mixtures from detailed kinetic modeling Room: Room 106 Facility: Colorado Convention Center	Phillip Westmoreland C. Murphy Hrishikesh Ram Tim Mallo Jonathan Krug Nathan Weber William Linak
08:55AM - 09:10AM	4105540 - Different photolysis pathways for perfluoroalkyl carboxylate and sulfonate compounds degradation using Vacuum UV irradiation Room: Room 106 Facility: Colorado Convention Center	Yi Zhang Arjun Venkatesan Qingzhi Zhu
09:05AM - 09:25AM	4107000 - Enhanced removal of different legacy and emerging PFAS compounds using photocatalytic rGO-TiO2 nano hybrid Room: Room 110 Facility: Colorado Convention Center	Md. Arafat Ali John Aguilar Diana Aga Nirupam Aich
09:10AM - 09:25AM	4107260 - Application of metal-organic frameworks for treatment of PFAS-contaminated water Room: Room 106 Facility: Colorado Convention Center	Quinn Birch Mallikarjuna Nadagouda Tae Lee Soryong Chae
09:25AM - 09:40AM	4113230 - PFAS degradation through oxidative and reductive means Room: Room 106 Facility: Colorado Convention Center	Shubham Vyas
09:50AM - 10:05AM	4108491 - Bacterial degradation of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS): Detection of by-products by target and non-target analysis Room: Room 106 Facility: Colorado Convention Center	Mindula Wijayahena Irina Moreira Paula Castro Diana Aga
10:05AM - 10:20AM	4109371 - Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in municipal solid waste incineration (MSWI) Ash: Distribution between bottom ash and fly ash, national estimates of PFAS from incineration residues, and implications on ash management Room: Room 106 Facility: Colorado Convention Center	Yalan Liu

圖 10 第五天參與 PFAS 現況與展望演講題目

在參與美國化學學會(ACS)全國博覽會的展場內中，舉辦一場專題演講活動，名稱為 EXPO THEATER，主要是一個專門為展示和討論最新研究成果與技術創新設置的會場，提供與會者深入了解前瞻科學的機會。在圖 11 中，可以看到講者正在進行一場關於「RMC-6291 口服生物利用」的簡報。這類型的研究通常涉及化合物的吸收程度和在體內的利用效率，是藥物開發中一個關鍵的環節，講者在台上展出一個分子結構圖，並詳細解釋該化合物的特性和其在體內的化學反應

方式，而觀眾席上，與會者專注聆聽，有些人甚至可能正在寫筆記，而現場還提供了輕食和飲料，使參與者能夠在輕鬆的環境中吸收知識，這樣的會場設計和活動安排，不僅提高了學術討論的效率，也促進了與會者之間的互動，提升了整體的參會體驗。



圖 11 展場專題演講(EXPO THEATER)



而參加 2024 年美國化學學會(ACS)全國博覽會期間，本人皆住在丹佛市中心的 Hampton Inn and Suites by Hilton 飯店，這家飯店距離科羅拉多會議中心非常近，步行即可到達，交通非常便利，相比於其他稍微偏遠的住宿，住在這裡能夠節省大量通勤時間，更專注於會議活動。在 2024 年美國化學學會(ACS)秋季全國博覽會上，議程涵蓋了多個重要的研究領域，這些主題較能對應當前科學領域對於環境污染問題的廣泛關注，其中，全氟和多氟烷基物質(PFAS)仍成為討論的焦點之一，這不僅是因為 PFAS 污染在全球範圍內仍持續擴散，也因其對環境和人




體健康的潛在危害，隨著 PFAS 研究的深入，我們發現這類化合物不僅存在於飲用水中，還廣泛分佈於食物、化妝品以及其他日常消費品中，此次會議特別強調了 PFAS 的暴露與影響，討論了多種分析技術的進展，以應對監測與研究需求的增長。PFAS 作為一類含有全氟亞甲基或全氟甲基基團的化合物，其特性使其在多個應用領域中表現突出，但同時也帶來了環境持久性、生物累積性和毒性等問題，會議議程涵蓋了從 PFAS 的暴露與毒性研究，到針對這些污染物的先進的處理技術，為參與者提供了全面的研究方向。此次會議中，除了 PFAS 的討論外，其他與環境污染相關的議題也較熱門，例如 POPs 的處理技術、塑膠微粒對環境的影響、人類暴露評估等，這些議題的探討有助於推動環境保護與污染治理的進一步發展，並為研究人員提供了豐富的學術資源和合作機會。

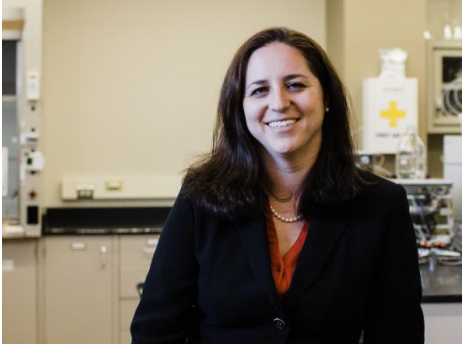

於 2024 年美國化學學會(ACS)秋季全國博覽會的期間，如表 1 所示，我有幸結識了來自世界各地的專家和學者，並進行了初步的交流，這次會議不僅提供了分享最新研究成果的平台，也提供了寶貴的機會，能夠直接與領域內的頂尖專家面對面討論研究問題。除了與永續材料、綠色化學領域等學者進行交流外，其中本人與工研院綠能所的技術總監劉沛宏博士與許心蘭博士共同參與此次 ACS 會議，另外我特別與來自美國環境保護署(EPA)的 Phillip Potter 博士和 Souhail R. Al-Abed 博士初步交流了 PFAS 在土壤和塑膠微粒的處理技術，Potter 博士分享他們目前以高溫暴露方法來去除土壤中的 PFAS，這種方法對減少環境污染具有顯著的效率，而 Al-Abed 博士則深入探討塑膠微粒及其釋放持久性自由基等問題，

這些問題在 3D 列印機的作業過程中較為明顯。此外，我還有機會與 Timothy C. Schutt 博士討論使用非 PFAS 表面活性劑的消防泡沫進行研究，他們的研究使用了分子動力學來探討這些替代物的界面機制和設計原則，這些研究不僅對環境友好，還能有效保持滅火性能。此次會議的交流讓我對 PFAS 的研究有了更深的理解，也啟發了我在未來研究中的新思路，期待能夠將這些寶貴的經驗和知識應用到後續的研究中。

表 1 專家學者交流

NO.	Connection		
	Picture	Identity	Recent Research
1.		<p>Phillip Potter Research Chemist Office of R&D US EPA potter.phillip@epa.gov</p>	<p>PFAS removal from soil using high temperature exposure</p>
2.		<p>Timothy C. Schutt, PhD Post Doc in Engineer Research & Development Center Division of Computational Chemistry Team Environmental Chemistry Branch Timothy.c.schutt@erdc.dren.mil Tel: 601-634-3591(office) 970-402-8893 (cell)</p>	<p>Molecular Dynamic for PFAS and developing new non-PFAS anti fire foaming using surfactant glucopon & siloxane method used solvent system dynamic and nanostructure feature</p>

3.		<p>Souhail R. Al-Abed, PhD Research Chemist Office of R&D US EPA al-abad.souhail@epa.gov Tel: +1(531)569-7849</p>	<p>Plastic material including microplastic and persistent free radicals (EPFRs) emissions of 3D printing process.</p>
4.		<p>Lindsey A. Welch, Ph.D. Associate professor Dept. of Chemical and Physical Science Cedar Crest College lawelch@cedarcrest.edu</p> <p>Note: member of American Chemical Society (Divisions of Environmental Chemistry and Catalysis Science & Technology)</p>	<p>Green Chemistry</p>
5.		<p>Pey-Horng Liu, Ph.D. Environmental business director General Director Office Green Energy & Environmental Research Laboratories liupeyhorng@itri.org.tw</p>	<p>PFAS studies in industry</p>

6.		<p>Jillian Goldfarb Associate Professor Robert Frederick Smith School of Chemical and Biomolecular Engineering Cornell Engineering University jlg459@cornell.edu</p> <p>Note: Fall National Meeting Program Chair of the Division of Environmental Chemistry (ENVR) of the American Chemical Society (ACS)</p>	<p>Integrated biorefinery, novel carbon-based electrodes and sustainable materials for water treatment applications</p>
7.		<p>Sarah Mariska, Ms.C (Ph.D. Candidate from Chung Yuan Christian University) Research & Development member from FLXR Engineering sarahmariska@flxr.engineering https://www.flxr.engineering/</p>	<p>Adsorption technology using Amidoxime PIM-1 grafted Friedel salt and developing Non –PFAS for laboratory labware using PEN 3D printing filament</p>

在研究論文相關的部份，由於本人目前研究題目為全氟與多氟烷基物質去除技術領域，所以本次大會亦是以此相關主題為主要參與重點。而目前 PFAS 在命名、應用、定量、替代品、民眾認知及降解過程皆有不同的困難點，亦因其穩定性和持久性，已成為環境中的難降解污染物，現在主要先了解目前研究和處理 PFAS 的核心問題，再透過會議了解報告內容並介紹各種研究方法，如熱分解、氧化還原反應等技術，以此作為主題分為以下幾篇進行報告：

第 1 篇是消防泡沫中無氟替代物的分子動力學研究（Fluorine-free alternatives to PFAS in firefighting formulation），這篇研究探討了無氟消防泡沫的替代方法，並使用分子動力學分析這些替代物在界面上的機制和設計，研究成果具有新型界面活性劑的生物可降解性和較低毒性，以及它們在滅火效果上的應用潛力。

第 2 篇是孔徑大小對碳材料吸附劑的 PFAS 吸附效果影響(Pore size matters in the PFAS sorption by carbon adsorbents)，研究探討了顆粒活性碳(GAC)在水中去除 PFAS 的吸附效果，特別是短鏈 PFAS，而研究發現，活性碳的孔徑對 PFAS 的吸附能力具有顯著影響，較小的孔徑更有利於提高吸附效果，特別是在有天然有機物存在的情況下。

第 3 篇是同時破壞 PFAS 並生產燃料和肥料的污水殘渣處理技術 (Simultaneous destruction of PFAS and production of fuels and fertilizer from residual wastewater solids)，此研究主要利用水熱鹼處理(Hydrothermal Alkaline Treatment，

HALT)技術同時破壞污水中的 PFAS 並生產燃料和肥料，研究重點著重在於如何優化反應條件，以有效去除 PFAS 並同時進行資源回收。

第 4 篇為使用鈀奈米顆粒電催化還原 PFOA (Electrocatalytic reduction of PFOA on palladium nanoparticles)，此研究探討了使用鈀奈米顆粒進行 PFOA 的電催化還原，這是一種不需要添加化學品的方法，可在結果中實現 PFAS 的完全礦化和毒性消除。

第 5 篇為使用改良 EPA 1633 方法對土壤中 PFAS 進行半自動化分析 (Semi-automated method for per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) analysis in soil using modified EPA Method 1633)，研究介紹一種半自動化方式，主要用於依據 EPA 1633 方法對於土壤中 PFAS 進行分析，該方法能顯著減少樣品處理時間並提高回收率。

第 6 篇為使用快速小規模管柱進行測試(RSSCTs)評估 GAC 對 PFAS 的吸附效果及其通過水熱鹼處理(HALT)進行再生的效果(Rapid small-scale column tests (RSSCTs) of PFAS adsorption to granular activated carbon (GAC): Effect of adsorbent regeneration by hydrothermal alkaline treatment (HALT)，此研究探討透過快速小規模管柱測試(RSSCTs)評估 GAC 對 PFAS 的吸附量，並研究水熱鹼處理(HALT)對 GAC 再生的效果。

第 7 篇為使用高解析質譜儀的數據評估與追蹤 PFAS 的來源(Tracking PFAS sources using machine learning to mine information from high-resolution mass

spectrometry fingerprint data) , 此研究主要使用機器學習方式來分析高解析質譜儀的數據，以追蹤和評估不同來源的 PFAS 污染物。

第 8 篇為直接觀察 PFAS 的特性，泡泡形成、結構、機制及其環境影響(Direct observing spontaneous self-assembly of per- and polyfluoroalkyl substances: vesicle formation, structure, mechanism, and environmental implications) , 此研究主要使用現代的材料鑑定技術直接觀察 PFAS 的特性，以研究其對環境的影響。

第 9 篇為 PFAS 的健康與環境風險(Health and environmental concerns of per- and polyfluoro alkylated substances) , 此研究主要了解 PFAS 對健康和環境的影響，包括對肝臟、腎臟、生殖器官、癌症、免疫和甲狀腺疾病的影響，並討論 PFAS 暴露的限制和目前的研究創新。

在 2024 年美國化學學會(ACS)秋季全國博覽會展場中，現場展示了許多新穎的化學技術與儀器，會場設置為開放式空間，方便參與者隨時參觀展台，展場中有多個展示區域，供參加者與供應商交流，瞭解最新的化學分析儀器、技術及應用，展台分布合理，參觀者可以輕鬆走動與看看不同的展位並參與現場的互動活動。

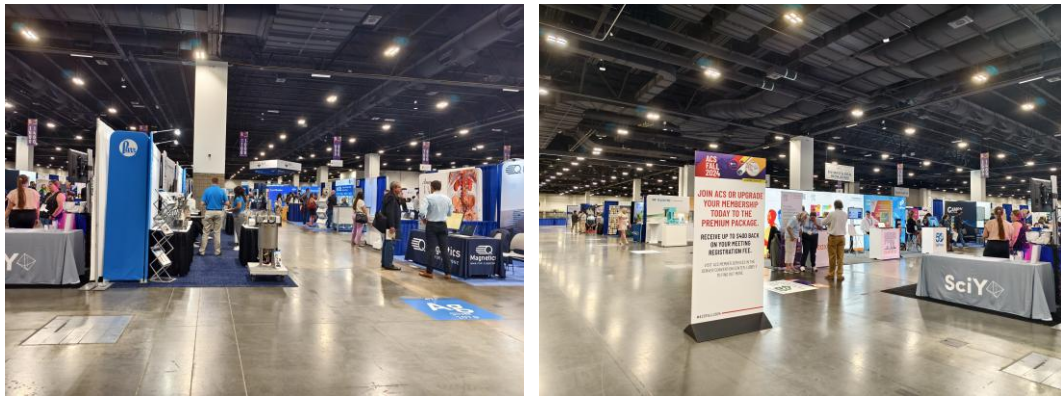


圖 12 美國化學學會(ACS)秋季全國博覽會展場

海報部分，Pyrethroid Insecticides Removal via Activated Carbon Adsorption(探討如何利用活性碳吸附來去除農業排水中的除蟲菊酯類殺蟲劑)，此海報由內華達大學的研究團隊刊出，主要探討如何使用顆粒活性碳(GAC)來去除農業排水中的除蟲菊酯類殺蟲劑(如丙炔氯菊酯和雙硝氯菊酯)。除蟲菊酯是一種常見的合成殺蟲劑，由於其難以在環境中降解且具有持久性，對水體和生態系統構成潛在威脅，研究的目的是透過吸附技術來降低這些農藥在農業排水中的濃度，並分析活性碳孔徑、表面積和溫度等變數對吸附效率的影響。實驗中，研究學者使用不同規格的 GAC 對含有丙炔氯菊酯和雙硝氯菊酯的排水模擬進行處理實驗，並定期取樣分析其吸附效果，研究結果顯示，活性碳的孔徑和表面積對於殺蟲劑的去除有顯著影響，特別是較小孔徑的活性碳對除蟲菊酯的吸附效果最佳，去除率達到 80% 以上，研究還發現，水中的天然有機物會干擾吸附過程，但經過調整的活性碳在多種環境條件下依然能保持穩定的吸附效果。而該研究得出結論，活性碳吸附技

術是一種有效去除農業排水中除蟲菊酯的方法，未來可以透過進一步提升孔徑結構的數量或大小，以完善其對各種 POPs 的吸附能力。

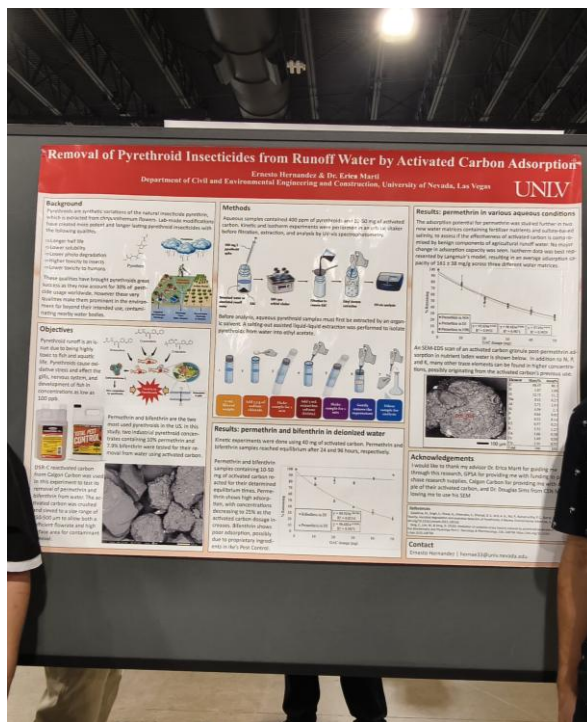


圖 13 探討如何利用活性碳吸附去除農業排水中的除蟲菊酯類殺蟲劑

另一篇為 One Fully Fluorinated Carbon: PFAS in Pesticides and Regulation in Minnesota(明尼蘇達州農藥中的 PFAS 及其監控管理)，這篇海報由明尼蘇達州農業部主導，重點講解 PFAS 在農藥中的應用，以及該州對這類 POPs 的法規管理，為應對這一問題，明尼蘇達州自 2025 年起將實施一系列的新法規，禁止含有 PFAS 的農藥產品銷售，並要求產品登記時明確標註其是否含有 PFAS 成分。該研究透過分析多種農藥的成分，發現部分產品中 PFAS 濃度較高，且這些化合物會滲透至土壤和地下水中，對環境造成潛在污染，而法規將在 2026 年起要求完全禁止使用含有 PFAS 的農藥，並推廣無 PFAS 的替代品，以減少環境污染的風險，該研

究強調，隨著法律的逐步推行，明尼蘇達州將成為全球推動農藥中去除 PFAS 的先例，未來也需要開發更多環保型替代品來應對這一挑戰，該法規的訂定可提供其他州及國家有價值的參考範例，並有助於降低全球 PFAS 污染濃度。

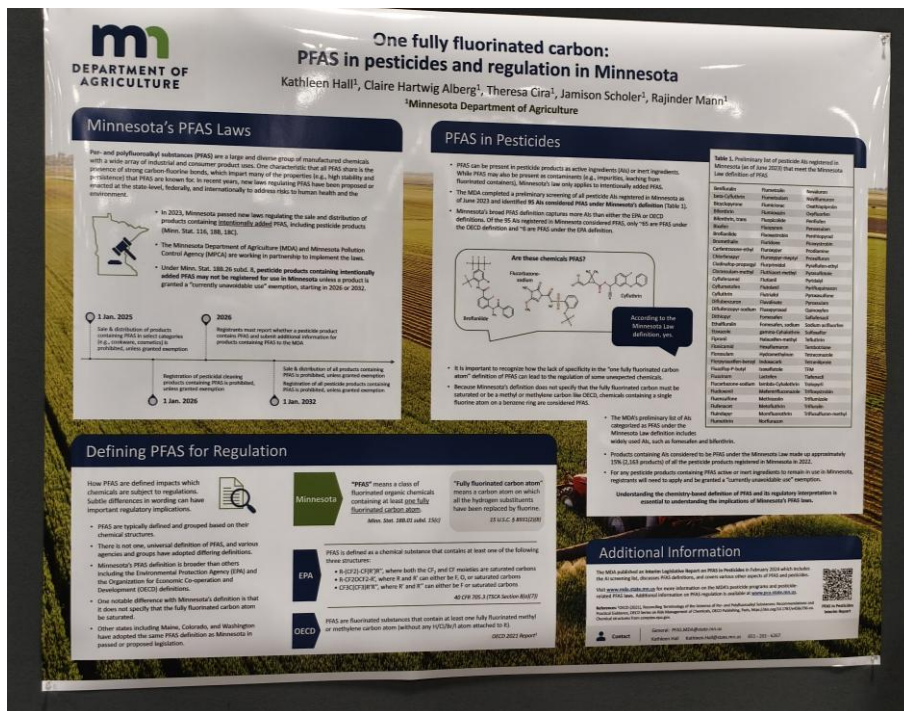


圖 14 明尼蘇達州農藥中的 PFAS 及其監控管理

在儀器設備部分，展場的儀器設備在環境監測和分析領域中具有重要應用價值，涵蓋了從核磁共振分析、精密泵系統到元素分析和質譜分析等多方面的技術。其中 Nanalysis Benchtop NMR 60 MHz 和 100 MHz 攜帶式核磁共振儀器為快速、高效益的核磁共振分析功能，特別適用於小型實驗室環境，這款設備具有便捷性、高解析度和高靈敏度優點，並且操作簡單，能夠有效滿足研究人員對於化學樣品的分析需求。接著為 HNP Mikrosysteme LiquiDOS 泵系統，這款精密泵系

統專為實驗室的精準液體輸送而設計，能夠在微流控系統中達到高精度的流量控制，其數位化控制界面，能夠顯示實際的操作參數，以化學分析和生物醫學樣品處理發展出方便且可靠的解決方法。另外，LECO 元素分析儀和質譜儀為應用在元素組成和微量成分分析中，特別適用於環境樣品、食品 and 材料等領域，這款設備不僅具備熱分析和質譜分析功能，還能透過移動方式進行現場監測，並提升分析效率。最後，Bruker D6 PHASER X 射線衍射系統是自動化 X 射線衍射儀，能夠對晶體結構、薄膜和奈米材料進行高解析的結晶度與組成分析，該系統操作簡便，廣泛應用於材料科學和化學合成領域。這些儀器證實最新的現代技術進步，為研究人員增加強大的分析技術與工具使用，無論是在環境監測還是材料研究中，這些設備都能夠幫助研究學者取得更加精確且有價值的數據。



圖 15 展場儀器設備

參、心得

此次出國參加 ACS 會議的過程中，可以更具體的了解全球 PFAS 污染問題防治的重要性，並且更清楚知道對於處理領域的技術發展，而會議中來自不同背景的研究學者均分享最新的研究成果和技術創新，讓我充分認識到全球學術界和業界對於 PFAS 不同處理技術抱持著積極的解決心態。例如針對短鏈和超短鏈 PFAS 的去除技術，在眾多的研究成果中，發現使用 MOFs (Metal-Organic Frameworks) 材料作為吸附劑表現出顯著的吸附潛力，而 MOFs 材料的高比表面積和改質能力為短鏈 PFAS 的吸附處理技術產生新的研究方向，這一發現對本人目前的研究方向提供了極大的啟發。此外，在研討會上發表的研究論文均報告了改質的天然生質材料在環保上的應用，例如使用農業和工業廢棄物來製備新型吸附劑不僅符合永續發展理念，也有效的降低材料成本，這在商業應用中具有很高的可行性。在討論中我了解到以不同的改質技術可以顯著增強天然材料的表面接觸位點，進而提高 PFAS 的去除效果，例如水熱處理技術結合鹼性條件可以有效提升材料的吸附效率，這樣的技術方法與我的研究領域及構想較符合，也促使我重新審視現有的實驗設計並尋求進一步改進實驗內容。

而會議中對於 PFAS 去除技術的前景和挑戰也啟發我對該領域應用面的思考，尤其是在政策和環境影響方面，眾多研究學者均報告短鏈 PFAS 的環境風險及其持續性污染的特性，這表示我們不僅需要發展更高效的去除技術，同時也需要擬定政策和相關機構合作，以建立更完善的污染防治措施。在會議中我也觀察

到許多研究學者開始研究 PFAS 再生技術及吸附劑的循環使用，這樣的研究方向將有助於實現更環保的污染治理方式，並降低二次污染的風險，而在會議中的互動與討論可以進一步增加本人的研究思維，與國際相關領域的學者交流讓我深刻體會到跨領域合作的價值，例如材料科學、化學工程與環境管理的合作，有助於成為更有效與快速的解決方式，這樣的合作方式可使我在未來的研究中更重視多種學科領域的視角，並期待與其他領域的專家學者合作，以達成共通的環保目標。

除了此次參加會議不僅讓我對研究增廣見聞，也加深了我對於環境科學的認知，在應對全球環境挑戰的過程中，科學研究的應用性與持續創新都是不可或缺的。

這次經歷促使我反思如何在研究發展的工作中，發揮更大的影響力，並以更具實效的研究成果回饋社會，期盼為 PFAS 污染問題尋找更具突破性的解決方案。

肆、建議

本次出國參訪會議的主題著重於 PFAS 的現況問題以及處理技術面向，並吸取各國研究成果，特別是 PFAS 去除技術及研究方法等，以學習解決目前臺灣 PFAS 污染的問題，其中建議事項如下：

- 一、目前已有多位學者發表以生質材料製備吸附劑在環境治理中的潛力，針對不同環境條件下進行深入的研究，後續可探討這些吸附劑在實際應用中的效果，並開發適合不同環境條件的吸附材料。
- 二、金屬有機骨架（MOFs）具有較多元的有機與無機物組成形式，在此會議中普遍被認為是解決污染環境的潛力材料，對於不同 PFAS 化合物上的吸附，可進行對應的改質或增加官能基團，以提高吸附量並應用於實際的工業污染問題。
- 三、透過結合多元技術並提高處理效率，主要以探討目前可行的 PFAS 處理技術外，結合現有技術並創造多元技術的結合（如吸附與薄膜過濾），可提高對現有 PFAS 污染的去除效率。
- 四、加強國際合作與技術交流，於本次國際會議中，有來自不同國家的研究學者，並分享了各自的技術和經驗，證實國際間的合作頗為重要，與不同國家的研究機構建立起聯繫，並進行合作計畫與研究，可提高我國在污染處理與防治技術上的影響力。

伍、參考文獻

1. Pore Size Matters in PFAS Sorption by Carbon Adsorbents,
<https://acs.digitellinc.com/p/s/pore-size-matters-in-the-pfas-sorption-by-carbon-adsorbents-601621>
2. Rapid Small-Scale Column Tests (RSSCTs) of PFAS Adsorption to GAC,
<https://acs.digitellinc.com/p/s/rapid-small-scale-column-tests-rsscts-of-pfas-adsorption-to-granular-activated-carbon-gac-effect-of-adsorbent-regeneration-by-hydrothermal-alkaline-treatment-halt-601629>
3. Simultaneous Destruction of PFAS and Production of Fuels and Fertilizer from Residual Wastewater Solids,
<https://acs.digitellinc.com/p/s/simultaneous-destruction-of-pfas-and-production-of-fuels-and-fertilizer-from-residual-wastewater-solids-601623>
4. Semi-Automated Method for PFAS Analysis in Soil Using Modified EPA Method 1633,
<https://acs.digitellinc.com/p/s/semi-automated-method-for-per-and-polyfluoroalkyl-substances-pfas-analysis-in-soil-using-modified-epa-method-1633-601627>
5. Tracking PFAS Sources Using Machine Learning to Mine Information from High-Resolution Mass Spectrometry Fingerprint Data,
<https://acs.digitellinc.com/p/s/tracking-pfas-sources-using-machine-learning-to-mine-information-from-high-resolution-mass-spectrometry-fingerprint-data-601630>
6. Direct Observing Spontaneous Self-Assembly of Per- and Polyfluoroalkyl Substances,
<https://acs.digitellinc.com/p/s/direct-observing-spontaneous-self-assembly-of-per-and-polyfluoroalkyl-substances-vesicle-formation-structure-mechanism-and-environmental-implications-601631>
7. Fluorine-Free Alternatives to PFAS in Firefighting Formulation: Molecular Dynamics Elucidation of Interfacial Mechanisms and Design Principles,
<https://acs.digitellinc.com/p/s/fluorine-free-alternatives-to-pfas-in-firefighting-formulation-molecular-dynamics-elucidation-of-interfacial-mechanisms-and-design-principles-601620>
8. ACS 秋季全國展覽會網站, <https://www.acs.org/meetings/acs-meetings/fall.html>

附件:



圖 16 展場示意圖

ACS FALL 2024

ELEVATING CHEMISTRY

CAREER PATHWAYS WORKSHOPS

COLORADO CONVENTION CENTER

August 18-21
8:00 AM - 5:30 PM
Rooms 301, 302, 303

Sunday, August 18

Time	Course Name / Room #
8:00 AM - 12:00 PM	Entrepreneurship: A Practical Overview for Aspiring Chemical Entrepreneurs, Room 303
8:30 AM - 10:00 AM	Green Cards for Scientific Researchers: How to Win Your EB-1/NIW Case, Room 302
9:00 AM - 10:30 AM	Modern Career Management, Room 301
11:00 AM - 12:30 PM	ChemIDP: Planning for Your Career, Room 301
11:00 AM - 12:30 PM	Writing Excellent Proposal, Room 302
1:00 PM - 3:00 PM	Careers in Industrial Chemistry: Identifying Your Role in the Industrial Value Chain, Room 303
1:00 PM - 3:00 PM	Setting Yourself Up for Success in an Interview, Room 302
1:00 PM - 4:00 PM	Finding Yourself: Identifying a Career that Matches your Strengths and Values, Room 301
3:30 PM - 5:30 PM	Making the Most of Your Interview: Outshine the Competition, Room 302
3:30 PM - 5:30 PM	Résumé Development: Marketing Your Brand for an Industrial Chemistry Position, Room 303
4:30 PM - 5:30 PM	Networking: How to Get Started, Room 301

Monday, August 19

Time	Course Name / Room #
8:00 AM - 10:00 AM	Opportunities for Chemists in the Federal Government, Room 301
8:00 AM - 10:00 AM	Your Idea, Your Business, and Your Marketing Strategy, Room 302
8:00 AM - 12:00 PM	Skydiving into Retirement: Enjoy the Ride and Land Softly, Room 303
10:30 AM - 12:30 PM	How to Find and Apply for a Chemistry Position in the Federal Government, Room 301
10:30 AM - 12:30 PM	Your Sales Marketing and Financing Plan, Room 302
1:00 PM - 3:00 PM	The Higher Ed Landscape, Room 303
1:00 PM - 4:00 PM	Finding Yourself: Identifying a Career that Matches your Strengths and Values, Room 301
1:30 PM - 3:00 PM	Writing Excellent Proposals, Room 302
3:30 PM - 5:00 PM	Green Cards for Scientific Researchers: How to Win Your EB-1/NIW Case, Room 302
3:30 PM - 5:30 PM	Higher Ed-Presenting Yourself, Room 303
4:30 PM - 5:30 PM	Networking: How to Get Started, Room 301

Tuesday, August 20

Time	Course Name / Room #
8:00 AM - 10:00 AM	Careers in Industrial Chemistry: Identifying Your Role in the Industrial Value Chain, Room 303
8:00 AM - 11:00 AM	Finding Yourself: Identifying a Career that Matches your Strengths and Values, Room 301
9:00 AM - 12:00 PM	Practical Green Chemistry Tools and Techniques for Research and Development Scientists, Room 302
10:30 AM - 12:30 PM	Résumé Development: Marketing Your Brand for an Industrial Chemistry Position, Room 303
11:30 AM - 12:30 PM	Networking: How to Get Started, Room 301
1:00 PM - 3:00 PM	Opportunities for Chemists in the Federal Government, Room 301
1:00 PM - 3:00 PM	Setting Yourself Up for Success in an Interview, Room 302
1:00 PM - 4:00 PM	Greening Undergraduate Laboratories: A Step-by-Step Guide to Success, Room 303
3:30 PM - 5:30 PM	How to Find and Apply for a Chemistry Position in the Federal Government, Room 301
3:30 PM - 5:30 PM	Making the Most of Your Interview: Outshine the Competition, Room 302

Wednesday, August 21

Time	Course Name / Room #
8:00 AM - 10:00 AM	Careers in Industrial Chemistry: Identifying Your Role in the Industrial Value Chain, Room 303
8:00 AM - 10:00 AM	Setting Yourself Up for Success in an Interview, Room 302
8:00 AM - 11:00 AM	Finding Yourself: Identifying a Career that Matches your Strengths and Values, Room 301
10:30 AM - 12:30 PM	Making the Most of Your Interview: Outshine the Competition, Room 302
10:30 AM - 12:30 PM	Résumé Development: Marketing Your Brand for an Industrial Chemistry Position, Room 303
11:30 AM - 12:30 PM	Networking: How to Get Started, Room 301

#ACSFALL2024

圖 17 職場道路演講



圖 18 ACS 於丹佛機場設置報到櫃台