

出國報告（出國類別：研討會）

參加 2019 美國化學學會 環境化學
第 258 屆國際研討會及展覽

服務機關：台灣中油公司煉製研究所

姓名職稱：張士元/化學工程師

派赴國家：美國

出國期間：108 年 8 月 25 日至 8 月 30 日

報告日期：108 年 9 月 30 日

目 錄

	頁
摘要	1
壹、前言	2
貳、行程	2
參、研討會紀要	3
肆、具體成果	8
伍、心得與建議	24
陸、附件	26
附件一 2019 美國化學會第 258 屆國際研討會環境工程方面之議題	
附件二 2019 美國化學會第 258 屆國際研討會相關照片	

摘 要

2019 美國化學學會環境化學第 258 屆國際研討會及展覽(American Chemical Society Division of Environmental Chemistry 258th National Meeting & Exposition)，於 2019 年 8 月 25-29 日在美國加州聖地牙哥的會議中心(San Diego Convention Center)舉行。

美國化學學會 (American Chemical Society) 簡稱 ACS，成立於 1876 年，全球擁有大約 15 萬的會員，是世界上最大的科學學會之一，其出版了 60 種學術期刊，包括享有盛譽的“美國化學學會期刊”，以及每週貿易雜誌“化學與工程新聞”。ACS 每年舉行兩次大型國際性研討會，討論層面較廣的化學相關領域，同時也舉行一些小規模的會議，討論特定的化學領域問題。其底下部門有生物化學、醫藥化學、環境工程、能源與燃料、化工、高分子化學、農業科學、食品科學、化學教育與化學歷史..等，其威權性和影響力受到全球化學界人士認可和推崇。

這次在聖地牙哥舉行的會議是屬於大型的會議，研討會內容相當豐富，包括論文發表、演講、海報及展覽。環工方面的議題也不少，如附件一。研討會相關照片如附件二。因時間有限，故僅著重參加與本公司廢水處理相關的三個議題，與論文發表者深入討論。其他的發表論文，因篇幅所限，就不在此另加敘述。

三個相關的議題為:(1)廢水高級氧化處理技術(2)廢水回收薄膜阻塞減緩技術(3)PVA 膠凝擔體用於廢水生物處理。本報告除介紹議題內容外，亦對未來計畫將要進行的實驗，及目前已在實驗室進行，進行研擬、比較及討論，期能更精進本公司廢水處理/回用技術，進一步改善環境污染的問題。

壹、前言

2019 美國化學學會 環境化學第 258 屆國際研討會及展覽(American Chemical Society Division of Environmental Chemistry 258th National Meeting & Exposition)，於 2019 年 8 月 25-29 日在美國加州聖地牙哥的會議中心(San Diego Convention Center)舉行。

美國化學學會 (American Chemical Society) 簡稱 ACS，成立於 1876 年，全球擁有大約 15 萬的會員，是世界上最大的科學學會之一。ACS 的出版了 60 種學術期刊，包括享有盛譽的“美國化學學會期刊”，以及每週貿易雜誌“化學與工程新聞”。ACS 每年舉行兩次國際性會議，討論層面較廣的化學相關領域，同時也舉行一些小規模的會議，討論特定的化學領域問題。其底下部門有生物化學、醫藥化學、環境工程、能源與燃料、化工、高分子化學、農業科學、食品科學、化學教育與化學歷史..等，其威權性和影響力受到全球化學界人士認可和推崇。

這次在聖地牙哥舉行的會議是屬於大型的會議，研討會內容相當豐富，同時亦有海報。然而因時間關係，本人著重於(1)廢水高級處理技術(2)薄膜阻塞減緩(3)PVA 膠凝擔體用於生物廢水處理..等三個範圍。期能對本公司廢水處理/回用技術有所精進，進一步改善環境汙染問題。

貳、行程

<u>起迄日期</u>	天數	到達地點	詳細工作內容
108.08.25	1	桃園-美國 聖地牙哥	啟程前往美國加州
108.08.26	1	聖地牙哥	參加研討會
108.08.27	1	聖地牙哥	參加研討會
108.08.28	1	聖地牙哥	參加研討會
108.08.29	1	聖地牙哥	參加研討會
108.08.30-31	2	聖地牙哥 -桃園	返程抵台灣

叁、研討會紀要

一.廢水高級處理技術

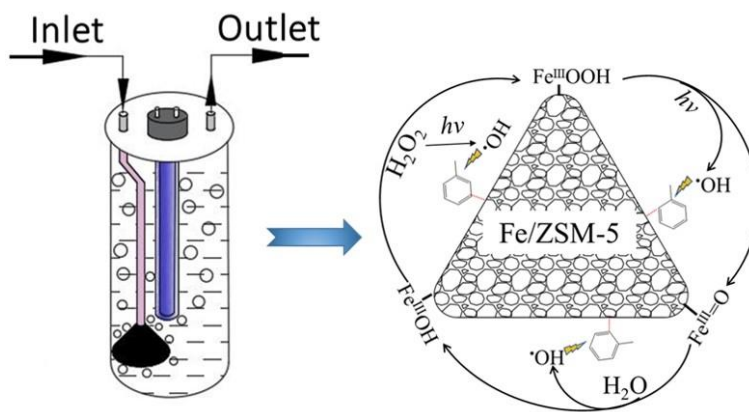
Heterogeneous UV/Fenton for efficient VOCs oxidation over Fe/ZSM-5 catalyst in wet scrubber process(結合濕式淋洗、異相 UV/Fenton 技術及 Fe/ZSM-5 觸媒，進行 VOC 氧化的研究)

作者

Mr. Yuan GaoRuijie Xie, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, China

內容摘要:

本研究中，作者使用濕式淋洗結合異相 UV/Fenton 技術，來探討減少 VOC 處理過程減二次空氣污染的可行性，以改善傳統揮發性有機物(VOC)處理常會產生二次空氣污染的問題。在實驗室自行製備經氧化鐵處理的 Fe/ZSM-5 多功能觸媒，來活化 H_2O_2 ，產生氫氧自由基，並促進氣-液間的質傳。以甲苯(Toluene)來進行實驗的結果顯示，在 120 分鐘內，可達到 85% 的去除率。以 GC-MS 分析尾氣及水相溶液，並無 Toluene 氧化的中間產物產生。因此推論濕式淋洗結合異相 UV/Fenton 技術，可以有效被使用來處理 VOC，降低二次空氣污染。Toluene 被氧化去除的可能機制包括 Fe/ZSM-5 觸媒的吸附及氫氧自由基的氧化作用。這項研究為氣體揮發性揮發性有機化合物的去除提供了一個環境友好和高效的化學洗滌過程。圖一是實驗設置及原理。



圖一 實驗設置及原理

2. Coupling of UV/H₂O₂ and biological treatment for the removal of the pharmaceuticals metoprolol and metoprolol acid from hospital wastewater(結合 UV/H₂O₂ 和生物處理，從醫院廢水中去除藥物美托洛爾和美托洛爾酸)

作者:

Adrian Jaen-Gil¹, Gianluigi Buttiglieri¹, Aleix Benito², Josep Anton Mir-Tutusa³, Rafael Gonzalez-Olmos², Gloria Caminal³, Montserrat Sarra³, Sara Rodriguez-Mozaz¹, Damia Barcelo⁴

1. Catalan Institute for Water Research (ICRA), Girona, Spain

2. School of Engineering, IQS Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spain

3. Autonomous University of Barcelona (UAB), Barcelona, Spain

4. Inst Chem Environ Rsrch Csic, Barcelona, Spain

內容摘要:

高級氧化技術 (AOPs) 具有強氧化能力，可以去除傳統廢水處理廠 (WWTPs) 中無法去除的化合物。然而 AOPs 與其它處理單元(特別是生物單元)的組合-作為廢水前處理或是後處理，可能因處理對象的不同，而須做不同的調整。某些報導指出，在不同組合過程中，生成的轉換產品，可能產生比初始反應物更具毒性或持久性。因此，監測這些具毒性物質在處理過程中的存在與否是必要的。作者進行 β -阻滯劑組藥品廢水處理研究，在廢水中檢測到了 160-2000 納克/升的美托洛爾。美托洛爾(metoprolol)，是一種用於治療高血壓、心絞痛還、心搏過速..等症狀的藥劑。它的主要代謝產物美托洛爾酸(metoprolol acid)，是一種生物較難處理的物質，在廢水中被發現有更高的濃度。在這項研究中，作者使用真菌 (FG) 和活性污泥 (CAS) 二種生物處理方式，串聯 UV/H₂O₂ 技術，比較 UV/H₂O₂ 作為這種醫院廢水的預處理和後處理的效果。使用高解析度質譜儀 (LC-LTQ-Orbitrap-MS/MS) 耦合的液相色譜系統，探討美托洛爾與其代謝產物美托洛爾酸轉化的程度。雖然不同的組合實現了目標污染物的高去除率，但與 AOP+CAS 相比較，對 CAS+AOP、FG+AOP 和 AOP+FG 等這些實驗組合產生了較多的中間產物。研究結果顯示，在使用高級氧化技術處理複雜廢水時，似乎高級氧化作為前處理比做為後處理，更可以解決具毒性的中間產物造成的困擾。

3. Chloramines in UV/advanced oxidation processes: Impacts and insights into water reuse 紫外線/高級氧化過程中的氯胺：對水再利用的影響)

作者

Samuel Douglas Patton¹, Kiranmayi Mangalgi²,

1. Environmental Toxicology, University of California, Riverside, Moreno Valley, California, United States

2. Chemical and Environmental Engineering, University of California, Riverside, Riverside, California, United States

內容摘要:

作者採用紫外光和過氧化氫的高級氧化技術（UV/H₂O₂ AOPs），和採用膜的過濾技術(如 MF、UF)，探討進一步淨化飲用水的效果。這種先進的水處理技術，可去除水庫水或再生水中具有潛在危險的微量有機污染物，從而產生高品質的飲用水。在上述水質加氯消毒處理過程中，常會因水中含有氨，而使得水中產生氯胺。氯胺有防止膜生物污染的效果，然而，這些氯胺會對 UV/H₂O₂ AOP 高級氧化程序產生負面的影響。在使用 UV/H₂O₂ 高級氧化技術，對含有 1,4-戴奧辛（1,4-dioxane），及常見的微量有機污染物的水質進行降解研究過程中，發現一氯胺(NH₂Cl)及二氯胺(NHCl₂)會對結果產生負面影響。推測原因是其破壞了氫氧自由基(HO[•])及氯自由基(Cl[•])，因此減弱了它降解 1,4-戴奧辛（1,4-dioxane），及常見的微量有機污染物的效果。在加州橘縣模廠試驗中也顯示了類似的結果。這項研究結果表明，在 UV/H₂O₂ AOP 過程中，氯胺的存在是影響 UV/H₂O₂ AOP 性能的重要考慮因素。

二.薄膜阻塞緩解技術探討

Impact of physical and chemical pretreatment to RO fouling during the water reuse(廢水回收程序中適當的物理及化學前處理對 RO 阻塞的影響)

作者

Hyojeon Kim¹, Daeseon Park¹, Am Jang², Seoktae Kang¹

1. Civil and Environmental Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Deajeon, Korea (the Republic of)

2. Sungkyunkwan University, Suwon, Korea (the Republic of)

內容摘要:

廢水處理後殘留於水中的有機質，是廢水回收再利用中，造成薄膜阻塞的重要因素。本研究藉由物理處理方式(吸附)及化學方式(臭氧氧化)，來控制有機物阻塞，同時由殘餘有機物的種類分析來探討阻塞發生的傾向。多層奈米碳管(MWNTs, multi-walled carbon nanotubes)對較大分子量物質(>15kDa)，如芳香蛋白質(AP, Aromatic Protein)群物質，及溶解性生物附屬產物(SMPs, Soluble Microbial by-Products)有較佳吸附效果，但是顆粒狀活性炭(Granular activated carbon, GAC)則對於有機物質的吸附沒有選擇性。然而臭氧可以有效地打斷大分子量的化合物，使變成較小分子物質，但是螢光激發/發散陣列(FEEM)分析下其組成並沒有很明顯的變化。在 RO 阻塞實驗中，經由多層奈米碳管吸附處理，已去除 AP 及 SMP 的廢水，顯示比經顆粒狀活性碳吸附及臭氧處理的廢水，能維持高的產水通量。

本研究顯示生物高分子，如芳香蛋白質(AP, Aromatic Protein)群物質，及溶解性生物附屬產物(SMPs, Soluble Microbial by-Products)，在 RO 膜阻塞上，扮有重要角色，因此 RO 單元的前處理必須著重減少殘留 AP 及 SMP，以期減緩薄膜的阻塞。

三.PVA 膠凝擔體用於生物廢水處理

Simultaneous adsorption and biodegradation of soil washing solution containing PAHs with high concentrations by degrading bacteria immobilized in PVA-SA hydrogel beads(使用植入分解菌的聚乙烯醇－海藻酸鈉 polyvinyl alcohol-sodium alginate (PVA-SA)擔體珠，分解含有高濃度的 PAHs 廢水)

作者:

Weixiao Chen¹², Xilong Wang¹

1. Peking University, New York, New York, United States

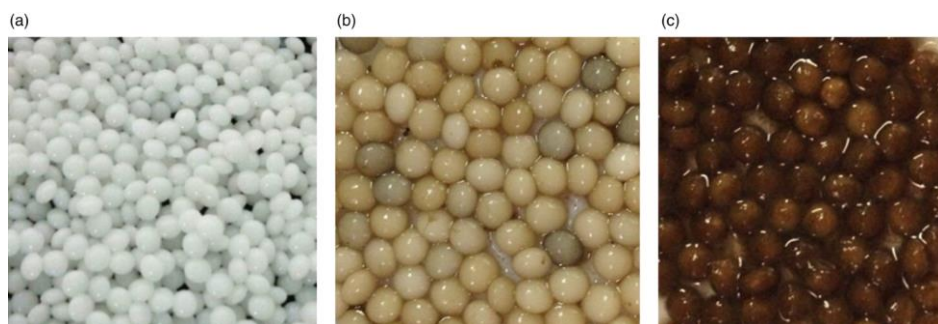
2. Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, New York, New York, United States

內容摘要:

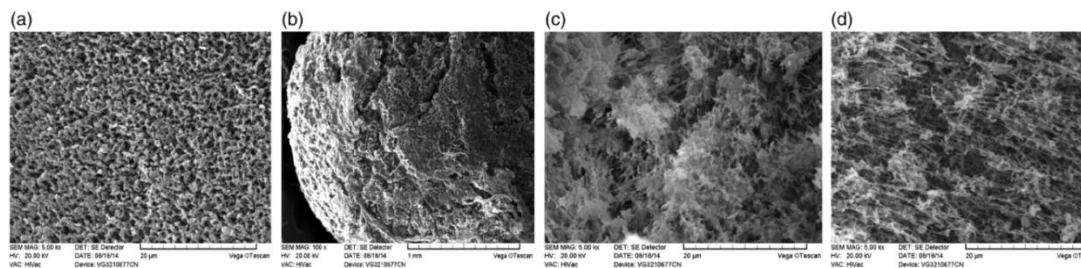
用介面活性劑進行土壤洗滌(Soil Washing)，已是被認可，能去除土壤中具有毒性的多環芳香烴(PAHs)，且具有價格競爭性的技術。然而本技術會使用萃取溶劑，及產生大量含有 PAHs 的廢水，這些廢水必須進一步處理至合乎排放或回收標準，否則將衍生另一環境的問題。本文章報導使用一種聚乙烯醇－海藻酸鈉 polyvinyl

alcohol-sodium alginate (PVA-SA)當作擔體珠，將 pyrene 分解菌(*Mycobacterium strain*)固定於其內，同時進行 PAHs 的吸附及生物分解作用，以達到良好的 PAHs 去除效果。實驗的廢水取自於北京某煉焦工廠受污染的土壤，經由 Triton X-100 非離子介面活性劑(4g/L)洗滌產生的廢水。實驗包括(1) 空白未植入 pyrene 分解菌的 PVA-SA 擔體珠 (2) 低濃度廢水 (3) 中濃度廢水 (4) 高濃度廢水 (5) 植入 pyrene 分解菌的 PVA-SA 擔體珠。實驗的三種廢水為(a) phenanthrene (PHE) (b) phenanthrene 溶解於 4 g/L TX100 (PTX) 及(c)上述的煉焦工廠污染土壤洗滌廢水。實驗結果顯示，植入分解菌的 PVA-SA 擔體，在分別於 24 及 72 小時後，可以幾乎 100%去除(a)(b)中的 phenanthrene; 也可以在 96 小時後去除 75%的 PAHs。使用過的 PVA-SA 擔體珠經過濾後，再重新用於處理上述三種廢水，分解 PAHs 的時間較第一次使用縮短，顯示擔體上有附著(固定)微生物，且微生物已逐漸適應該種廢水。本研究顯示植入 PAHs 分解菌的 PVA-SA 擔體珠，透過吸附及生物分解作用，比未使用 PVA-SA 擔體珠，及未植入 PAHs 分解菌的 PVA-SA 擔體珠，更能有效、快速且持續地分解含具有生物毒性(抑制性)的介面活性劑及 PAHs 的廢水。

PVA 聚乙稀醇膠凝擔體(直徑約 4mm)隨著時間拉長，聚乙稀醇膠凝擔體顏色變深，代表微生物附著在擔體孔隙及表面的數量越來越多。(照片一、二、三)

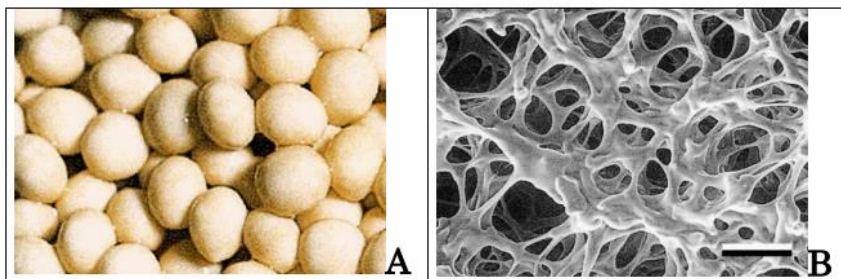


(照片一)PVA 聚乙稀醇膠凝擔體 (a) 第一天 (b) 30 天後 (c) 85 天後 的外觀



(照片二)電子顯微鏡觀察 PVA 聚乙稀醇膠凝擔體: (a) 使用前的 PVA 擔體表面 (5,000 倍)，有很多的孔洞 (b) 127 天後 (100 倍)，PVA 擔體表面已附著一層生物膜(c)

127 天後微生物在 PVA 擔體表面生長情形(5,000 倍), and (d) 127 天後微生物在 PVA 擔體內部生長情形(5,000 倍), 微生物附著的量可高達 0.41 g VSS/g PVA 膠凝擔體。



(照片三) (A) Polyvinyl alcohol PVA 聚乙炔醇膠凝擔體外觀(每個直徑約 4mm) (B) 電子顯微鏡下的 PVA 聚乙炔醇膠凝擔體內的孔隙(黑線長度約 10 μm)

肆、具體成果

一.廢水高級氧化技術(AOPs)

(一) 探討高級氧化技術的原因

鑒於本公司煉油廠及石化廠,在工場大修期間常會排出大量特殊的廢液,如胺液、sulfolane、DMF、廢鹼液、酸水..等具有生物毒性(生物難分解)的物質,這些物質常因無法及時有效處理,而使得廢水生物處理系統受到極大的衝擊,影響後果為微生物大量死亡,排放水不合格,這往往需要至少二周以上時間方可慢慢恢復正常。因此如何研發或引進相關技術,快速有效的處理這些生物難分解的物質,為本公司廢水處理重要的課題。

廢水經物理方法處理(如油水分離、沉澱..)後,如仍面對一些生物難以分解的物質,化學氧化處理是最快速的處理方法。常見的化學氧化法有使用空氣、臭氧、藥劑(如過氧化氫、高錳酸鉀、氯化合物)及高級氧化技術(AOPs)等。以下介紹常用的高級氧化技術,及在本所(煉研所)實驗室使用的經驗。

(二)技術分析

高級氧化技術則是指能產生具有強氧化能力的羥基自由基($\cdot\text{OH}$ ，氧化還原電位 2.8V)，來達到使大分子或生物難降解有機物，被破壞或氧化成低毒或無毒的生物可分解物質的技術。氫氧自由基的氧化能力比臭氧(氧化還原電位 2.1V)、過氧化氫(氧化還原電位 1.8V)及高錳酸根(氧化還原電位 1.7V)等物質都高。根據產生自由基的方式和反應條件的不同，可將其分為光化學氧化、催化濕式氧化、聲化學氧化、臭氧氧化、電化學氧化、Fenton 氧化等。分別敘述如下：

1.光化學氧化法

由於反應條件溫和、氧化能力強光化學氧化法近年來迅速發展，但由於反應條件的限制，光化學法處理有機物時會產生多種芳香族有機中間體，致使有機物降解不夠徹底，這成為了光化學氧化需要克服的問題。光化學氧化法包括光激發氧化法(如 O_3/UV)和光催化氧化法(如 TiO_2/UV)。光激發氧化法主要以 O_3 、 H_2O_2 、 O_2 和空氣作為氧化劑，在光輻射作用下產生 $\cdot\text{OH}$ ；光催化氧化法則是在反應溶液中加入一定量的半導體催化劑，使其在紫外光的照射下產生 $\cdot\text{OH}$ ，兩者都是通過 $\cdot\text{OH}$ 的強氧化作用對有機污染物進行處理。

2.催化濕式氧化法

催化濕式氧化法(CWAO)是指在高溫($123^\circ\text{C}\sim 320^\circ\text{C}$)、高壓(0.5~10MPa)和催化劑(氧化物、貴金屬等)存在的條件下，將污水中的有機污染物和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 氧化分解成 CO_2 、 N_2 和 H_2O 等無害物質的方法。

3.聲化學氧化

聲化學氧化中主要是超音波的利用。超音波法用於垃圾滲濾液的處理主要有兩個方面：一是利用頻率在 15kHz~1MHz 的聲波，在微小的區域內瞬間高溫高壓下產生的氧化劑(如 $\cdot\text{OH}$)去除難降解有機物。另外一種是超音波吹脫，主要用於廢水中高濃度的難降解有機物的處理。

4.臭氧氧化法

臭氧氧化法主要通過直接反應和間接反應兩種途徑得以實現。其中直接反應是指臭氧與有機物直接發生反應，這種方式具有較強的選擇性，一般是進攻具有雙鍵的有機物，通常對不飽和脂肪烴和芳香烴類化合物較有效；間接反應是指臭氧分解產生 $\cdot\text{OH}$ ，通過 $\cdot\text{OH}$ 與有機物進行氧化反應，這種方式不具有選擇性。

臭氧氧化法雖然具有較強的脫色和去除有機污染物的能力，但該方法的運行費用較高，對有機物的氧化具有選擇性，在低劑量和短時間內不能完全礦化污染物，且分解生成的中間產物會阻止臭氧的氧化進程。可見臭氧氧化法用於垃圾滲濾液的處理仍存在很大的局限性。

5.電化學氧化法

電化學氧化法是指通過電極反應氧化去除污水中污染物的過程，該法也可分為直接氧化和間接氧化。直接氧化主要依靠水分子在陽極表面上放電產生的 $\cdot\text{OH}$ 的氧化作用， $\cdot\text{OH}$ 親電進攻吸附在陽極上的有機物而發生氧化反應去除污染物；間接氧化是指通過溶液中 C12/C10 的氧化作用去除污染物。電化學氧化對垃圾滲濾液中的 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 都有很好的去除效果，缺點是能耗較大。

6.Fenton 氧化法

Fenton 法是一種深度氧化技術，即利用 Fe 和 H_2O_2 之間的鏈反應催化生成 $\cdot\text{OH}$ 自由基，而 $\cdot\text{OH}$ 自由基具有強氧化性，能氧化各種有毒和難降解的有機化合物，以達到去除污染物的目的。特別適用於生物難降解或一般化學氧化難以奏效的有機廢水如垃圾滲濾液的氧化處理。Fenton 法處理垃圾滲濾液的影響因素主要為 pH、 H_2O_2 的投加量和鐵鹽的投加量。

7.類 Fenton 法

類 Fenton 法就是利用 Fenton 法的基本原理，將 UV、 O_3 和光電效應等引入反應體系，因此，從廣義上講，可以把除 Fenton 法外，通過 H_2O_2 產生羥基自由基處理有機物的其他所有技術都稱為類 Fenton 法。作為對 Fenton 氧化法的改進，類 Fenton 法的發展潛力更大。

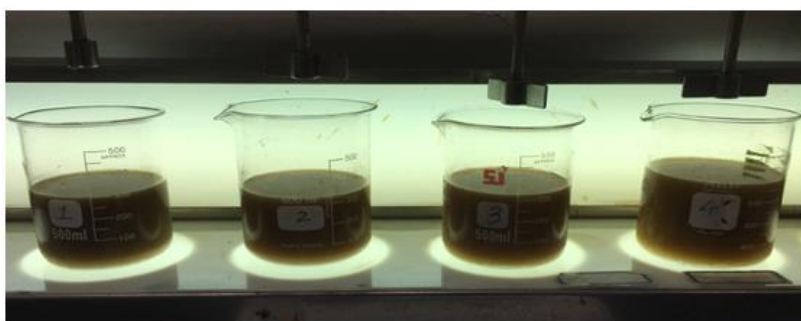
8.過硫酸鹽氧化法

過硫酸鹽($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$)氧化還原電位 2.1V，比過氧化氫穩定，在過渡金屬(如 Fe^{2+})、升高的溫度、光或堿的催化條件下，過硫酸鹽能催化產生具有強氧化性的硫酸根自由基($\text{SO}_4^{\cdot-}$)，其氧化還原電位 2.6V，氧化反應加速，因此能降解大多數持久性有機污染物。過硫酸鹽可以通過加熱、螯合或非螯合的過渡金屬、雙氧水及堿進行活化。經過活化的過硫酸鹽氧化性與 Fenton 試劑接近，能夠有效氧化各種有機污染物。

(三)沙崙 S605 槽特殊廢液 AOP 處理

沙崙 S605 廢液來源複雜，COD 高達 10 萬 mg/L，pH 值約，4.7。生物處理過程中原來透明澄清的排放水質，因加入此股廢液，使得微生物死亡，水質惡化，變得相當混濁，證實無法正常以微生物處理(如照片四)。經分析內容物有二丙二醇(金屬洗滌劑、脫漆劑、脫潤滑油劑、汽車引擎洗滌劑、乾洗溶劑、環氧樹脂溶劑、藥物萃取劑)、三縮四乙二醇(新型芳烴抽提溶劑、化妝品溶劑、飛機發動機的潤滑油、剎車油摻合劑)、二環己胺(殺蟲劑、酸性氣體吸收劑、鋼鐵防銹劑)…等多種生物難分解物質(圖二)。為了去除這些生物難分解物質，分別進行以下實驗:

1. 過氧化氫作氧化處理:直接取 300ml S605 原廢液，分別添加不同量之 50% H₂O₂ 進行氧化。實驗結果顯示反應後的 COD 反而增加。判斷是因為可能是(1)過氧化氫不足以將 S605 廢液內的物質氧化成最終產物 CO₂ 及 H₂O，同時(2) 反應後殘留的過氧化氫消耗 COD 分析藥劑中的重鉻酸鉀，造成反應後的 COD 不降反升。(照片五 a,b，表一)
2. 先將 S605 廢液以自來水稀釋 1 倍，先以不同劑量的 PAC 及陰離子高分子進行化學混凝，去除 SS，再添加 10ml 的 50% H₂O₂ 進行氧化。試驗顯示(1) S605 廢液稀釋 1 倍後化學混凝可去除 COD 約 11%，接著上澄液再以 H₂O₂ 氧化，可以再去除 COD 約 2.2%，總共去除約 13%。(2)此次試驗加 H₂O₂ 反應時間只有 30 分鐘，若再延長反應時間，COD 去除率可望再增加。(照片六 a, b，表二)
3. 進行 Fenton 實驗。先將廢液以純水稀釋 5 倍，再取 400ml 稀釋廢水添加不同劑量之 H₂O₂ 及亞鐵離子，並控制 pH 值 3，反應時間 30 分鐘，在調回中性，pH=7。實驗結果顯示:廢水外觀澄清，COD 去除率可達 64%，但都產生大量的氫氧化鐵汙泥。(照片七，表三)
4. 過硫酸鈉(APS)氧化法試驗。與前述之 Fenton 實驗比較，H₂O₂ 用量降低為 1/3，亞鐵減量 60 倍，COD 去除率達 70%，反應後加鹼無明顯汙泥沉澱。(照片八，表四)



0 ml 20ml 40ml 80ml

照片五 b 加 H₂O₂(50%)後 S605 原液外觀(顏色沒有改變)

表一 沙崙 S605 廢液加 H₂O₂ 處理試驗

編號	1	2	3	4
S605(原液), ml	300	300	300	300
H ₂ O ₂ (50%), ml	0	20	40	80
COD, mg/L	105,630	121,744	137,088	165,186
pH	4.78	4.71	4.64	4.52
NH ₃ -N, mg/L	-	-	-	-
Cond., uS/cm	13,030	12,470	11,730	10,740



照片六 a 沙崙 S605 廢液化學混凝串聯加 H₂O₂ 試驗 -
S605 原液稀釋 1 倍自來水外觀(化學混凝前)

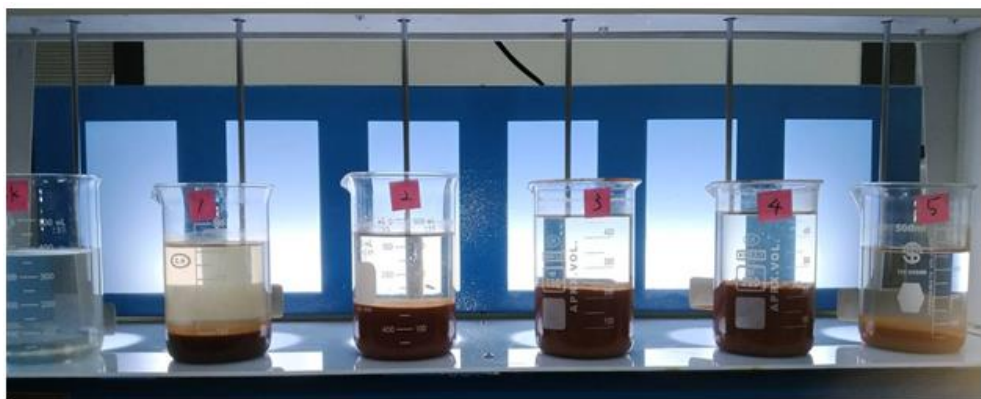


PAC 0ml 2ml 5ml 10ml
Polymer 0ml 2ml 5ml 10ml

照片六 b 沙崙 S605 廢液化學混凝後串聯 H₂O₂ 試驗

表二 沙崙 S605 廢液化學混凝串聯加 H₂O₂ 試驗

編號	1	2	3	4
S605(原液), ml	250	250	250	250
自來水, ml	250	250	250	250
PAC (10%), ml	0	2	5	10
Polymer (0.1%), ml	0	2	5	10
pH	4.8	4.6→7.1 (加 NaOH調整pH)	4.7→7.0 (加 NaOH調整pH)	4.6→7.0 (加 NaOH調整pH)
COD, mg/L (直接分析)	-	49,140	48,405	46,935
COD, mg/L	105,630	98,280(換算)	96,810(換算)	93,870(換算)
H ₂ O ₂ (50%), ml	0	10	10	10
COD, mg/L	105,630	93,900(換算)	95,000(換算)	91,800(換算)



照片七 傳統 Fenton 法試驗 - COD 降解可達 60%，但產生大量汙泥。

表三 傳統 Fenton 法試驗

	B	C	D	E	F	G	H
2	收樣日期：108.03.21		測試日期：108.03.21				
3	Item	Result	1	2	3	4	5
4	原廢水COD(mg/L)		6000	6000	6000	6000	200
5	2-4原廢水稀釋5倍 COD(mg/L)		1200	1200	1200	1200	200
6	pHi		4.76	4.76	4.76	4.76	7.8
7	廢水體積(ml)		400	400	400	400	400
8	H2O2/COD(w/w)		1	2	3	4	2
9	H2O2濃度(mg/L)		1200	2400	3600	4800	400
10	50%H2O2(比重1.12)量(ml) dil 10X		8.57	17.14	25.71	34.29	2.86
11	Fe2+/H2O2(w/w)		2	2	2	2	2
12	Fe2+濃度(mg/L)		2400	4800	7200	9600	800
13	配置50ml 5%Fe2+需FeSO4.7H2O量(g)		12.445	12.445	12.445	12.445	12.445
14	Fe2+(=50000mg/L)量(ml)		19.2	38.4	57.6	76.8	6.4
15	Fenton反應pH值		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
16	反應時間(min)		30	30	30	30	30
17	調整pH至7並攪拌，時間(min)		5	5	5	5	5
18	過濾液之COD(mg/L)		729	563	440	392	126
19	COD去除率(%)		34	49	60	64	30
20		Blank：	1097		mg/L		
21	PS:1g COD需 2.2g H2O2才能完全氧化						



照片八 S605 廢液 處理方法得到結果之比較，最右為 SPS AOP 試驗結果

表四 S605 廢液 處理方法得到結果之比較，最右為 SPS AOP 試驗結果

	Bionet	Fenton		SPS
COD [ppm]	100,000	1,200	100,000	100,000
稀釋/混凝	無/無	83.3倍/無	無/無	無/無
H ₂ O ₂ [ppm]	---	3,600	300,000	110,000
Fe ²⁺ [ppm]	---	7,200	600,000	10,000
SPS [ppm]	---	---	---	60,000 ~ 100,000
CODr [%]	微生物死亡	60% (1200降到440 ppm)		70.4% (10萬降到2.96萬ppm)
H ₂ O ₂ /COD	---	3	---	1.1
Fe ²⁺ /H ₂ O ₂	---	2	---	0.09
SPS/COD	---	---	---	0.6 ~ 1

二.薄膜阻塞減緩技術探討

薄膜處理程序如 MF(微過濾)、UF(超過濾)、MBR(薄膜生物處理)、NF(奈過濾)、EDR(倒極式電透析)、RO(逆滲透)..等，經過這 20-30 年快速地發展，其價格、效率及處理成本較以前有大幅的降低，已成為水處理及廢水處理回收的主流技術。相較傳統的水/廢水處理技術，薄膜處理程序更具有節省空間、減少化學藥劑與污泥產生量、操作便利、裝設簡單、易於擴建..等諸多優點。然而薄膜處理程序也有一些缺點，其主要的缺點是薄膜阻塞。從一開始操作，便開始發生阻塞現象，因此操作的過程就需要進行線上物理、化學的維護清洗工作，或是在操作比較常的一段時間後進行較徹底的離線清洗，以排除阻塞，盡量維持正常的產水。

一般而言，薄膜阻塞大致分成有機物阻塞、無機物阻塞與生物阻塞三種。有機物阻塞是有機物累積與吸附在薄膜表面上所致，無機物阻塞則是由薄膜孔隙表面上的無

機膠體粒子與結晶物所構成，生物阻塞屬有機積垢的一種，但是特別強調其阻塞物來自微生物。目前生物阻塞物已確認是微生物分泌或細胞裂解產生的胞外聚合物(Extracellular Polymeric Substance, EPS)，與溶解性微生物產物(Soluble Microbial Product, SMP)，這些物質可泛稱為生物高分子(Biopolymer)。

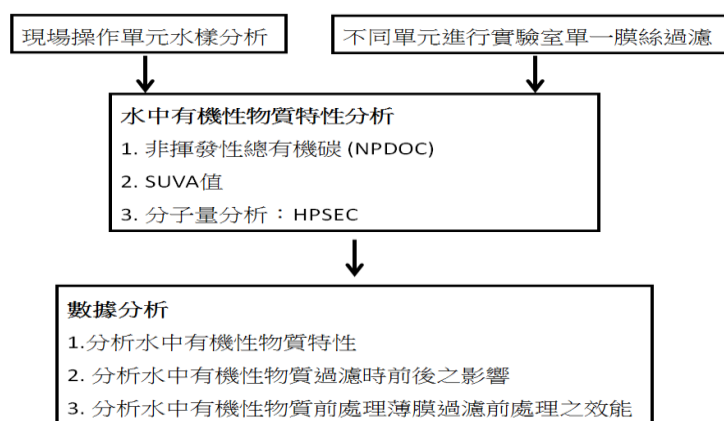
從眾多的文獻上了解，Biopolymer 主要是多醣體及蛋白質，它雖是微生物的自然產物，但也是造成薄膜不可逆阻塞的主要原因(Kimura et al., 2004; Huang et al., 2007; Miao et al., 2014; Zheng et al., 2014; Quang et al., 2016)。因此，除了上述的薄膜清洗機制外，如何在應用膜薄處理技術前，就去除這些生物高分子，或將其有效控制，對減緩薄膜阻塞，維持整個薄膜系統正常操作相當的重要。

工研院報導其發展的 BioNET 技術，可有效降的廢水中的 Biopolymer;市面上近來有廠商使用 PVA 凝膠擔體進行廢水處理，稱可以改善出水水質;同時亦有報導指出使用 PACl 去除 Biopolymer 的案例。因此，未來將進行(1) BioNET 技術(2) PVA 凝膠擔體及(3) PACl 等這三種處理程序，去除水中 Biopolymer 效果的研究，作為本公司廢水處理回收改善的參考。

本研究將與成功大學合作，已委託研究方式進行。以下資料與成功大學環境工程研究所討論擬定。研究流程如圖三，本研究流程分二部分:(1)實廠操作單元及實驗室水質有機物特性分析，以及(2)實驗室薄膜過濾試驗。前者是取實廠場各單元(如 CPI、DAF、生物處理..等)出水，及實驗室經過 BioNET 生物處理後之出水，分析有機物特性變化情形;後者取實廠生物處理單元，及實驗室經過 BioNET 生物處理後之出水，在實驗室以 UF 膜進行過濾試驗，比較其有機物特性對通量之影響，並分析阻薄膜塞物及濾液(Permeate)中有機物特性，掌握有機物與膜間之關聯性。

實驗室薄膜過濾測試，係採定壓下操作，分別將不同之前處理單元出水，以單一膜絲模組(分別林園及大林廠使用之 MBR 膜絲)過濾測試，並藉由電子天秤及電腦記錄濾液之重量累積變化。結束時，將濾液收集至棕色瓶於 4 °C 保存。全部過濾實驗完成後，將所有濾液做水質分析，以探討過濾前後水質之差異與通量變化之關係。

水中有機物之參數及分析方法，先使用高效能粒徑排除層析儀(High Performance Size Exclusion Chromatography, HPSEC)，將不同大小之有機物分子分離收集，再串聯包含 UV/Vis、螢光偵測儀(Fluorescence Detector, FLD)、有機碳分析儀(Organic Carbon Detector, OCD)等儀器進行分析，瞭解各分子量有機物的特性。

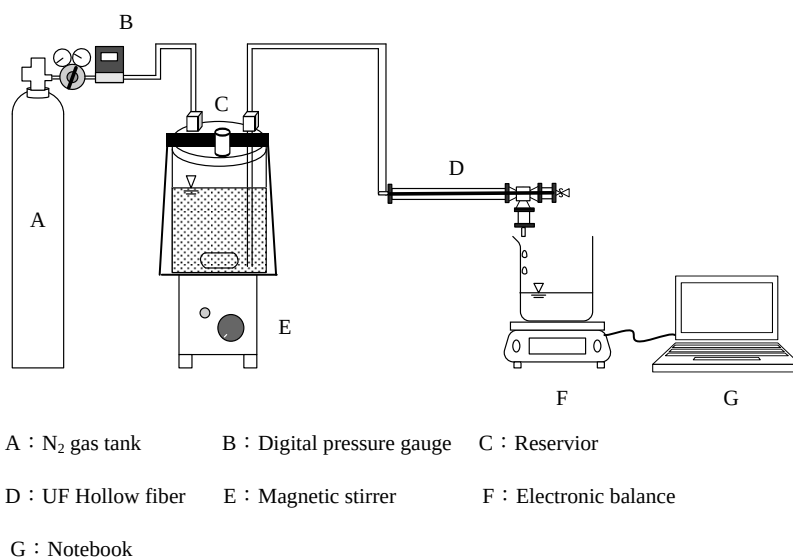


圖三 研究流程

實驗室薄膜過濾試驗

實驗室中空纖維式 UF 薄膜過濾試驗，如圖四所示，實驗模組外殼是以 PP 材質之 T 型管及 Teflon 材質之套管所組成。實驗時，將單一膜絲置入其中，並用環氧樹脂將兩端開口封住固定，即完成單元組裝。

組裝完之模組再與過濾系統進行線路連接，利用高純度氮氣通入耐壓貯水筒 (RC-800 mini-reservoir, Amicon, U.S.A.)，提供穩定之壓力，推動筒內水樣進行過濾。系統之壓力由貯水筒前之壓力計 (Model P-100PSIG-D, Alicat Scientific, U.S.A.)，進行紀錄施加之壓力；而過濾之濾液會滴入燒杯中，由電子天平 (Model CP4202S, Sartorius, Germany) 連結電腦記錄每分鐘的重量變化。過濾進行期間在旁邊擺一瓶水，用溫度計測量當下的水溫，以用來做通量的校正。



圖四 中空纖維 UF 測試模組示意圖

分析方法

非揮發溶解性有機物分析

本研究參照環檢所 NIEA W530.51C 之方法-燃燒/紅外線測定法，測定水中分揮發溶解性有機物(Non-Purgable Dissolved Organic Carbon, NPDOC)總量。分析所使用之儀器為總有機碳偵測儀 (Total Organic Carbon Analyzer, TOC-5000, Shimadzu, Japan)。開機後等待 40-50 分鐘，使儀器有足夠之暖機時間。穩定時則調整基線使其歸零，並以純水做測試，確保儀器內無殘留有機物，之後方可進行偵測。水樣分析前須先配製一系列適當標準品濃度作為率定儀器用。標準品之配製是以 2.125 g 之無水鄰苯二甲酸氫鉀 (Anhydrous potassium biphthalate or KHP, $C_8H_5KO_4$, Merck, Germany)溶於一公升之純水，成為 1,000 mg/L 之 TOC 溶液，再依此對半稀釋成不同濃度，並據以製作檢量線。

進行樣品分析時，先取適量之水樣，經 0.45 μm 之醋酸纖維濾紙(Cellulose acetate membrane filter, Advantec, Japan)過濾去除顆粒性物質，再取其中約 40 mL 之濾液置於經過酸洗、無有機物殘留之棕色瓶內，以 6 N HCl (Merk, Germany)酸化至 $pH \leq 2$ ，再以高純度氮氣曝氣約 5-10 分鐘，隨後使儀器依設定濃度範圍抽取適量水樣，注入填裝有高感度 TC 觸媒(High sensitivity TC catalyst)之高溫爐內，在 680 $^{\circ}C$ 下與氧氣反應生成 CO_2 ，再由載流氣體(Carrier gas, 高純度零級空氣)攜帶 CO_2 流經 IC 反應器及除濕器，使之降溫與乾燥，最後以非分散性紅外線氣體分析儀(Non-Dispersive Infrared gas analyzer, NDIR)偵測。由於水樣在分析前，利用酸化和氣提方式先去除無機碳，揮發性有機物也因此隨之被去除，故分析所得之有機碳即稱為非揮發溶解性有機碳，簡稱 NPDOC。

UV₂₅₄ 吸光值

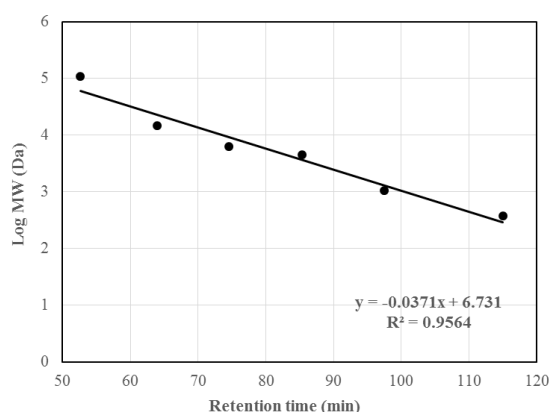
UV₂₅₄ 之吸光值係以分光光度計(UV/Vis Spectrophotometer, Model U-2001, Hitachi, Japan)進行測量，於測定前先暖機 20 分鐘，之後將偵測波長設定在 254 nm，並以純水歸零校正。取適量之水樣以 0.45 μm 濾紙過濾，隨後倒入光徑為 1 cm 石英比色管，並置於分析載台內讀取其吸光值。

高效能粒徑排除層析儀

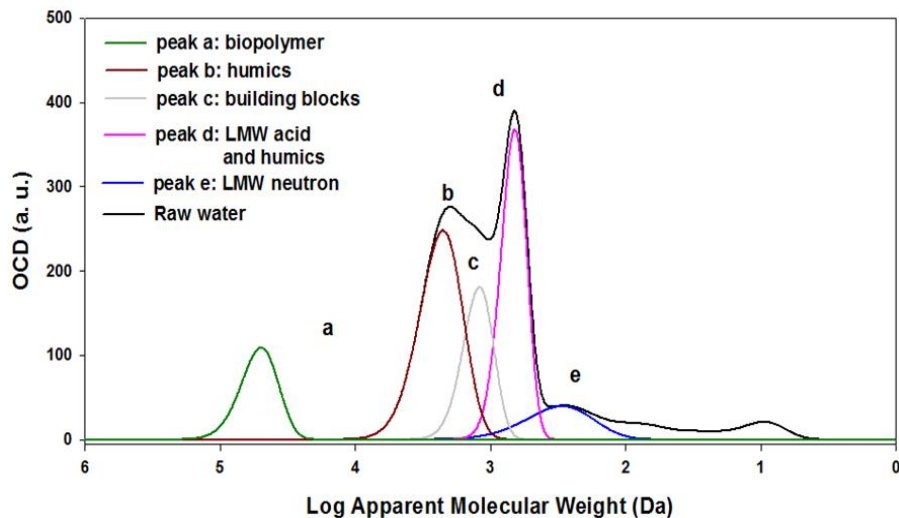
為瞭解水中有機物的分子量分布情形與其特性，以及過膜前後之變化，本研究擬利用高效能粒徑排除層析儀(HPSEC, LC-20 AVT, Shimadzu, Japan)裝載分析級管柱

(TKS HW-50S, Toyopearl, Japan)並配合 UV-VIS 偵測器(SPD-20A, Shimadzu, Japan)、螢光激發/發散光譜儀，及線上型總有機碳分析儀(Sievers 900 Portable TOC Analyzer, USA)進行解析，控制系統為 Shimadzu 公司出產之 CBM-20A 型，介面軟體 Class-VP。分析管柱安裝在恆溫箱(Superco-150, Enshine, Taiwan)內，溫度設定為 30°C，以確保過程中的溫度保持穩定，避免流動相因溫差所產生的氣泡干擾。UV-VIS 的偵測波長設定在 254 nm，HPSEC 之移動相(Mobile phase)為 2.4 mM NaHPO₄(Merck, Germany)、1.6 mM NaHPO₄(Merck, Germany)，以及 25 mM Na₂SO₄(Merck, Germany)混合，形成 pH 6.8、離子強度 100 mM 之磷酸緩衝液，流速設定在 0.5 mL/min。分析管柱 TSK HW-50S 之內徑、長度、平均粒徑及孔洞大小分別為 20 mm、200 mm、35 μm 與 125 Å，其內部填充物為經基化之甲基丙烯酸聚合物(hydroxylated methacrylic polymer)，注射體積為 2 mL。總有機碳分析儀在 Turbo Mode 操作條件下，可每 4 秒自動偵測一次，故接於 HPSEC 管柱之後可得到平滑之圖譜。本儀器利用兩套專利薄膜導電度作為偵測器，不受水樣中含 R-Cl、R-N、R-S、R-P 等氧化後產生的離子干擾。並設有 IC Remover 減少 TOC/IC 之比值。

水樣採集後先過 0.45 μm 之濾紙，以過濾大部分顆粒性物質，隨即上機操作。本實驗採用 Merck 出產經 American Polymer Standards 認證過之 polyethylene glycol (PEG) 作為標準品來製作檢量線。分子量分別選用 108,000、14,600、6,250、2,560、1,065、380 Da 等六種，並將標準品以流動相稀釋成適當濃度後，以平頭針(Hamilton)抽取並注射樣品，由各標準品之 SEC 圖譜可得分子量與停留時間之線性關係式，如圖五所示，不同有機物在 HPSEC 出現的相對位置如圖六所示。



圖五有機物分子量與停留時間關係圖



圖六 HPSEC 之 peak-fit 模擬示意圖

預期本研究之成果

- (1)藉由各操作單元出水有機物特性分析，了解各單元之有機物特性變化。
- (2)經由薄膜過濾前後之有機物特性變化分析，及薄膜之阻塞情形，推論有有機物特性對薄膜阻塞之影響。
- (3)經由分析薄膜阻塞物成分，確定薄膜阻塞因素。
- (4)探討不同生物處理技術，如 BioNET 及 PVA 凝膠擔體，之處理效果，其出水之有機物特性差異，找出可以降低水中生物高分子，減緩薄膜阻塞之技術。

三.PVA 膠凝擔體及 BioNET 擔體用於廢水生物處理

PVA 膠凝擔體及 BioNET 擔體是這 10 年來才慢慢被商業化的廢水生物處理技術。前者直徑約 4mm，比重約 1.02，孔隙直徑約 20um。其主要訴求的優勢為:細菌可生長在這些孔隙中，可以得到很好的保護，因此較不怕水質突然變化，有機負荷可達 25Kg BOD/m³ g.PVA 凝膠擔體.d。因為分解廢水中有機物的細菌大都生(附著)存在孔隙中，不需要靠其他的微生物(如維持廢水生態平衡的原生動物)，因此整個系統的產生污泥極少，可以節省污泥的處理費用。因 PVA 膠凝擔體含水率高，及有很多的孔隙，空氣及營養源可容易的滲入擔體內提供微生物所需。PVA 不容於水亦不會被微生物分解。

從 107 年 12 月至 108 年 9 月，在實驗室進行林園及桃廠沙崙的廢水生物處理試驗，比較 PVA、BioNET 及傳統活性污泥生物試驗效率，(照片九-十一、圖七)其結果如下：

(一)林園廠廢水實驗

1. 實驗室生物處理試驗已進行 6 個月。
2. 林園廠廢水如果經過良好的 DAF 處理 COD 可以降至 200mg/L 以下。
3. 在 HRT=24Hrs 下，PVA 及 Bionet 擔體都可以使出流水 COD 小於 50mg/L、氨氮小於 2.5mg/L。
4. Bionet 擔體實驗結果優於 PVA 水質外觀也較清澈。
5. 實驗刻意將導電度從 5,000uS/cm 提高到 15,000、甚至 20,000uS/cm 時 COD 氨氮去除效果也不受影響，證實未來再經分流處理之可行性。

(二)108 桃廠/沙崙廢水處理改善

1. 沙崙 S605 廢液摻煉全廠廢水比例，從 6 月 21 日之 0.25%，在 8 月 13 日將其提高至 0.5%，進料水 COD 濃度達到 500 至 700ppm，進行 Bionet 及 PVA 擔體生物處理試驗。
2. 提高濃度之後，顯示微生物都可逐漸適應，但是 Bionet 效果較佳，放流 COD 仍皆可合格。然而 PVA 放流水 COD 高於 100ppm。
3. 氨氮處理方面，比例在 0.25%時，七月底處理效果漸佳，八月初各槽出流水濃度皆小於 5ppm。但於 8/13 起因進料廢水氨氮濃度提高達 15 至 20ppm，生物處理後起先放流水大於 10ppm，但於 8/20 開始下降至小於 10ppm。



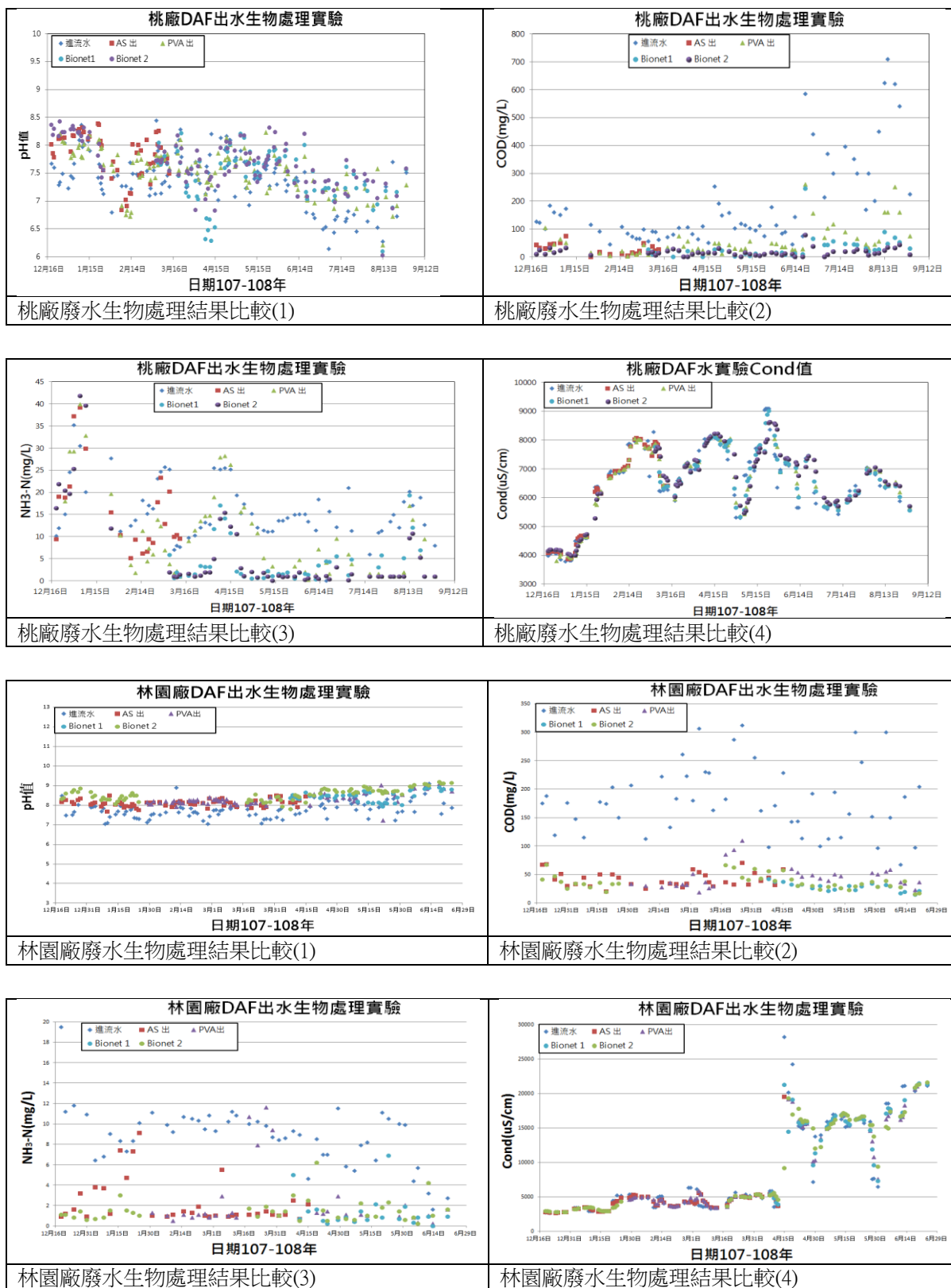
照片九 PVA 擔體 PU 泡棉擔體(BioNET)



照片十 PVA 生物處理 Bionet1 生物處理 Bionet2 生物處理



照片十一 PVA 擔體生物實驗出水，水質仍有 SS 需有終沉池才可放流
Bionet 擔體生物實驗出水，水質乾淨穩定可直接放流



圖七 桃廠與林園廠廢水進行 PVA、BioNET 及傳統活性污泥生物試驗之比較

伍、心得與建議

一、廢水高級氧化處理技術

這 2-3 年來，因民眾對環保的要求越來越高，環保主管機關的查核行動亦越趨頻繁且嚴格，雖本公司各廠處歷年來大力持續都有進行環保改善，但仍有一些不足之處，其中之一即是特殊廢液的處理問題。工場大修或異常產生的特殊廢液，最容易造成廢水排放不合格，遇到這種情況，一般正常的做法是將這些廢液先用槽體收集，再慢慢放入既有處理系統處理。然而有時因情況較急，或是槽體不足，這些特殊廢液就直接排入 CPI 油水分離池，在進入廢水系統，而造成整個處理系統大亂，排放水值超過標準。然而這些特殊廢液因其生物抑制性(或稱生物毒性)，是需要先經適當的前處理，降低其濃度或生物毒性，再接續正常的處理程序，方能夠使排放水合格。廢水高級氧化(AOPs)技術是處理這些特殊廢液的最好方法。Fenton 法經測試可以處理沙崙 S605 槽內的高濃度解具生物毒性的廢液，但是處理過程中產生大量的清氧化鐵汙泥，造成二次汙染;同時氧化反應時要降低 pH 至 3-4;反應後又要將 pH 調回中性，整個過程須耗掉較多的酸及鹼。另一方面，在實驗室測試過硫酸鈉(SPS)高級氧化法，呈現很好的效果，產生的污泥相當少，也可在中性下反應，操作成本亦較低。未來將進行其他特殊廢液的氧化降解效果，並著手進行模廠及實廠規劃，以解決各廠工場大修或異常產生特殊廢液的問題。

二、薄膜阻塞緩解技術探討

生物高分子(Biopolymer)，主要成分是多醣體及蛋白質，已被眾多的文獻報導，是造成薄膜不可逆阻塞的主要原因。因此，如何在應用膜薄處理技術前，就去除這些生物高分子，或將其有效控制，對減緩薄膜阻塞，維持整個廢水回收系統正常操作相當的重要。本研究將與成功大學合作，以委託研究方式進行。取林園、大林廠廢水處理各單元出水，及實驗室 BioNET、PVA 生物處理後的出流水，進行 UF 膜過濾試驗。使用成功大學的設備，如:高效能粒徑排除層析儀(High Performance Size Exclusion Chromatography, HPSEC)、UV/Vis、螢光偵測儀(Fluorescence Detector, FLD)、有機碳分析儀(Organic Carbon Detector, OCD)..等儀器進行分析，瞭解各分子量有機物的特性，以探討最佳去除生物高分子的方法。本研究再配合薄膜清洗技術，預期相當有助於薄膜廢水回收系統效率的提升。

三、PVA 膠凝擔體及 BioNET 擔體用於廢水生物處理

近年來 PVA 膠凝擔體用於處理廢水/特殊廢水的文獻也越來越多，也有日本廠商前來介紹推銷。而 BioNET PU 泡棉擔體則是由工研院材化所研發，在業界及工研院本身也有使用的案例。因為本公司廢水與其他產業並不相同，故取公司三廠的廢水進行 PVA 膠凝擔體及 BioNET 擔體廢水生物處理的比較，做為未來採用的依據之一，此外若未來要採用，也要看該技術之實績。三廠的廢水前後各已進行約 2-4 個月的試驗，初步看來，PVA 及 BioNET 技術在啟動前都需要植入活性污泥，但 PVA 擔體技術需要較長時間才可產生處理效果。對於處理前水質的要求，原則上都須將 SS 及 Oil 限去除乾淨，但 BioNET 比較高，將 SS 去除得越乾淨越好，以免 SS 阻塞 BioNET 或造成處理的負擔。二者的處理效果經一段時間都可使排放水達到標準，但因 BioNET 擔體具有污泥攔截性，其出流水外觀更加清澈。亦即 BioNET 出流水可直接排放，而 PVA 則需要設沉澱池及砂濾，方可使排放水達到標準。若進行工程化，直接將 PVA 擔體丟入曝氣槽體，在槽體出口處設過濾網以攔截 PVA 擔體；但 BioNET 則須修改曝氣槽體，在槽體中設上、鋼網，將 BioNET 固定在其間，此外雖然 BioNET 的污泥量極少，也要考慮使用長久時間(如 2-3 年)後 BioNET 的清洗維護方式，若槽體太大(超過 1000M³)可能不太方便。



American Chemical Society
Division of Environmental Chemistry
Call for Papers
258th National Meeting & Exposition
San Diego, CA – August 25-29, 2019
Abstract Submission Deadline: March 18, 2019

Dear Colleagues,
On behalf of the ACS Division of Environmental Chemistry, it is my pleasure to invite you to share your recent research and results in the Division of Environmental Chemistry of the American Chemical Society at the 258th ACS National Meeting in San Diego, CA August 25-29, 2019.

Abstract Submission Deadline: March 18, 2019. Please submit abstracts to the Division of Environmental Chemistry at <http://MAPS.ACS.org>. Abstracts will be accepted for oral and/or poster presentation in each symposium unless otherwise noted. Symposium details are available on the ENVR website at: www.acsenvr.com.

Sincerely,

Jillian Goldfarb, Ph.D.
ENVR Fall Program Chair
Department of Biological & Environmental Engineering
Cornell University
Email: goldfarb@cornell.edu

ACS National Meeting Thematic Symposia: Chemistry & Water

Artificial Water Channels for Water Purification & Desalination

Organized by: Baoxia Mi (mib@berkeley.edu), Mihail Barboiu (mihail-dumitru.barboiu@umontpellier.fr), Jun Li Hou (houlj@fudan.edu.cn)

Artificial Water Channels technology has been quickly gaining popularity in drinking water purification, water reuse, wastewater reclamation, and desalination. Our symposium will focus on biomimetic systems and novel membrane materials and emerging processes designed to desalinate or remove contaminants from water more effectively, efficiently, and sustainably.

Chemistry & Applications of Free Radical-based Technologies for Water Treatment & Purification

Organized by: Daisuke Minakata (dminakat@mtu.edu), Emily Asenath-Smith (Emily.asenath-smith@usace.army.mil), Weihua Song (wsong@fudan.edu.cn), Gianluca Li Puma (g.lipuma@lboro.ac.uk), Kevin O'Shea (osheak@fdu.edu), Dionysios (Dion) Dionysiou (dionysios.d.dionysiou@uc.edu)

Water treatment and purification, free radicals, advanced oxidation processes, hydroxyl radicals, chlorine radicals, sulfate radicals, emerging contaminants, water and wastewater treatment and reuse, catalytic chemical oxidation, removal of pathogens and contaminants, nanotechnology-based water and wastewater treatment, reaction mechanisms and kinetics, UV and visible light based technology, electrochemical technology.

Please submit your abstracts using the ACS Meeting Abstracts Programming System (MAPS) at <https://maps.acs.org> by March 18, 2019

Chemistry of Waterless Fracturing Fluids: Improving Produced Water Use, Minimizing the Need for Water Treatment in the Oil & Gas Industry

Organized by: Reza Barati (reza.barati@ku.edu), Sumitra Mukhopadhyay (Sumitra.Mukhopadhyay@superiorenergy.com)

In a water-constrained world, reducing the usage of fresh water for hydraulic fracturing activities is only possible by designing efficient energized fluids and modifying fluid additives to be compatible with produced water containing divalent ions. The focus of this symposium is on the following areas: Fracturing fluid additives for conventional fluids; Viscoelastic surfactants and additives compatible with CO₂, nitrogen, and hydrocarbon gases; Application of nanoparticles in extreme pH environments.

Chemistry of Water Reuse Processes toward Water Sustainability

Organized by: C. P. Huang (huang@udel.edu); Ruey An Doong (radoong@mx.nthu.edu.tw), Wen-Che Hou (whou@mail.ncku.edu.tw), Zhimin Qiang (qiangz@rcees.ac.cn), Virender K. Sharma (vsharma@sph.tamusc.edu)

Water sustainability requires water reclamation for reuse with minimal energy consumption and chemical treatment. This symposium will provide a forum for chemists and engineers to exchange recent advances in the separation of water impurities. Of interest are new discoveries in multiple-function materials and catalysts of unusual surface reactivity and selectivity operable by sustainable energy sources and unconventional high-efficiency water reclamation processes.

Current Advances in Water Analysis: From Citizen Scientists to Laboratory Breakthroughs

Organized by: Steven Lingenfelter (sclingen28@gmail.com), Christopher Steary (Christopher.Steary@ghwater.org), Jessica Vachon (Jessica.Vachon@ghwater.org), Benoy Elias (Benoy.Elias@ghwater.org)

Analysis of water is critical for ensuring human and environmental health. This symposium will focus on novel developments in water quality analysis from using citizens to generate water quality data to novel advances in monitoring of surface and ground water. Submissions are encouraged from scientists and engineers from academia, government and industry.

Emerging Contaminants in Wastewater

Organized by: Adeyemi Adeleye (adeyemi.adeleye@uci.edu), Yuxiong Huang (yhuang@bren.ucsb.edu), Pabel Cervantes Avilés (pcervantes@bren.ucsb.edu)

This symposium will focus on emerging contaminants (ECs) in wastewater, including advances in identification, detection and quantification of ECs in wastewater, influence of environmental chemistry on the fate of ECs, aging and transformation of ECs, ecological effects of ECs and their transformation products, impact of ECs on wastewater treatment, existing and emerging technologies for removing ECs, and life-cycle analysis and cost-benefit analysis of treating ECs.

Plastics in Aquatic Environments, Part II: Transport, Fate & Global Impacts

(Note: Part I: Detection of Plastics in Aquatic Environments, is being run through POLY)

Organized by: John A. Glaser (glaser.john@epa.gov); Keisuke Ikehata (keisuke.ikehata@yahoo.com), Melissa Pasquinelli (melissa_pasquinelli@ncsu.edu), Sara Orski (sara.orski@nist.gov), Robert Mathers (rm11@psu.edu)

A significant challenge in addressing plastic pollution across global water systems is the lack of adequate measurements and models to describe the scope, lifetimes, and impacts of material wastes across multiple ecosystems. A more complete understanding of environmental degradation, degradation products, fate and transport, and toxicity is necessary to determine the long-term impacts of plastics in aquatic environments. In terms of length scales, waste plastics expand multiple orders of magnitude, from nanoparticles and anisotropic particulates, to microplastic fragments, to larger macroscale parts. Comprehensive measurements of recovered plastics therefore require both high-throughput measurements for rapid identification in water samples and in-depth analyses to determine the contributions of relevant

physical and chemical properties on degradation. Models and characterization of environmental transport, fate, and biological effects of these degraded products elucidate the global impact of waste plastic accumulation. This interdisciplinary symposium will engage chemists, polymer scientists, engineers, toxicologists, biologists, ecologists, and marine scientists to understand the scope of the problem and to develop integrative, effective and sustainable strategies that will be critical to address and prevent plastic pollution in the world's aquatic environments. In Part 2 of this symposium, we solicit papers concerning the transport, fate and global impacts concerning plastics in aquatic environments.

Safeguarding Water Quality in a Climate of Change

Organized by: Jessica Moerman (Jessica.Moerman@science.doe.gov), Jennifer Saleem-Arrigo (jsaleem-arrigo@usgcrp.gov)

This session will explore water quality as an issue critical to national, economic, environmental, and public health security. This session will highlight integrative, innovative water research needed to holistically understand emerging local and regional water quality issues in the face of changing climatic, environmental, and human system dynamics. It will feature talks across the spectrum of science, technology, policy, and management in order to understand emerging issues and develop solutions to challenges to safe, secure, and sustainable water quality, now and in the future.

Sensors & Biosensors for Widespread Environmental Monitoring

Organized by: Paul Schorr (schorr@njit.edu), Tao Li (li.tao@usepa.gov), Maria Romero-Gomez (m.romero-gonzalez@qmul.ac.uk), Vishnu Rajasekharan (vrajasek@hach.com), Wen Zhang (wen.zhang@njit.edu)

This symposium focuses on advances in widespread deployable environmental sensors to detect conventional, priority and emerging chemicals and pathogens for specific potable, wastewater, power generation, industrial, pharmaceutical and agricultural uses as well as techniques to visualize environmental (water, soil and air quality) impacts of extreme weather events on ecological and manmade systems.

Sensors for Water Quality Assessment in Resource Limited Environments

Organized by: Eric Brack (eric.m.brack.civ@mail.mil), Michael Wiederoder (Michael.s.wiederoder.ctr@mail.mil), Eric McLamore (emclamor@ufl.edu), Carmen Gomes (carmen@iastate.edu)

The symposium will highlight innovative studies that demonstrate novel methods to improve portable water quality sensors for resource limited environments. Presentations will highlight technologies to improve sensor development for the detection of chemical and biological contaminants in a resource limited environments.

Stormwater Treatment & Green Infrastructure: from Research to Practice

Organized by: Haizhou Liu (haizhou@engr.ucr.edu), Patricia Holden (holden@bren.ucsb.edu), Stanley Grant (stanleyg@vt.edu), Jennie Jay (jennyajay@gmail.com), Lisa Levin (llevin@ucsd.edu), Richard Ambrose (rambrose@ucla.edu)

This symposium will showcase recent advances in stormwater treatment and green infrastructure, with topics including but not limited to: chemistry, microbiology and hydrology that controls contaminant removal (e.g., nutrients, pathogens, inorganic and organic pollutants) in stormwater infrastructure. Understanding the chemistry of green infrastructure is imperative to the control of water quality and the delivery of reliable water supplies. Knowledge acquired from this symposium will help develop effective water management strategies.

Wastewater-Based Epidemiology – Opportunities, Challenges & Applications to Public Health & Safety

Organized by: Bikram Subedi (bsubedi@murraystate.edu), Daniel A. Burgard (dburgard@pugetsound.edu), Mariana Matus (mariana@biobot.io)

Wastewater-based epidemiology (WBE) utilizes analyte concentration, population served by the treatment facility, and inflow to estimate the semi-real-time community use of or exposure to contaminants. Several opportunities and analytical challenges associated with WBE include use and environmental fate of illicit drugs, flame retardants, plasticizers, and their impacts on environmental health.

Water, Health, & Environmental Justice in Marginalized Communities

Organized by: Josh Kearns (jpkearns@ncsu.edu), Francis de los Reyes (fidelosr@ncsu.edu), Angela Harris (aharris5@ncsu.edu)

This symposium will address water and health challenges faced by poor and marginalized people in the US and abroad in the developing world. It will present investigations of the chemical and biological dimensions of water quality and the development of science and engineering approaches to advancing Environmental Justice and protecting public health in low-resource settings.

Water in the Solid State: Reactions & Interactions with Impurities

Organized by: Emily Asenath-Smith (emily.asenath-smith@usace.army.mil), Wonyong Choi (wchoi@postech.edu), Kitae Kim (kikim@kopri.re.kr)

Water plays a powerful role in the reactions and transport of impurities in a range of environments. When exposed to freezing temperatures, impurities and contaminants become trapped, but not static within the rigid ice microstructure. This symposium will cover all aspects of impurities in ice: from molecular compounds to polymeric species and their photo-reactions and effect on material properties of ice.

Chemical, Physical and Biological Processes in the Environment

Fundamental Chemical Processes Common to Dissolved Organic Matter & Atmospheric Organic Aerosols

Organized by: Nadine Borduas-Dedekind (nadine.borduas@urys.ethz.ch), Sergey Nizkorodov (nizkorod@uci.edu)

There are numerous fundamental chemical processes common to dissolved organic matter and atmospheric organic aerosols. Both fields have similar goals of characterizing organic matter whether it be in lakes, rivers and oceans or in the atmosphere but rarely come together to share techniques, sampling protocols and chemical insights. This symposium is bringing together environmental and chemical scientists and engineers.

Non-targeted Analysis to Understand Fate & Effects of Pharmaceuticals & Emerging Contaminants in Agriculture & Natural Environments

Organized by: J. Brett Sallach (brett.sallach@york.ac.uk), Diana Aga (dianaaga@buffalo.edu)

This symposium features research activities that utilize novel non-targeted analysis techniques to provide insights into the fate of pharmaceuticals in the agricultural and natural environments, and to provide a better understanding of the risks posed by emerging contaminants, including pharmaceutical metabolites and degradants.

Legacy & Emerging Per- & Polyfluoroalkyl Substances: Identification, Fate, Transport, Exposure, & Removal

Organized by: Feng (Frank) Xiao (Feng.Xiao@UND.edu), Kung-Hui (Bella) Chu (kchu@civil.tamu.edu), Jinxia Liu (jinxia.liu@mcgill.ca), Mei Sun (msun8@uncc.edu)

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) have become a global concern because of their toxicity and bioaccumulative properties. This symposium invites papers related to the identification, occurrence, fate, transport and remediation of legacy and emerging PFASs in natural and engineered systems. Of particular interest are: 1) occurrence, fate, transport, and removal of emerging PFASs in the water cycle, 2) abiotic and biotic degradation of PFASs, 3) secondary formation of PFOS, PFOA, and other legacy PFASs from precursor compounds, and 4) fate and migration of PFASs in vadose and saturated zones.

Advances in Sustainable Chemistry and Engineering

Biochar & Hydrochar for Energy, Environmental & Agricultural Applications

Organized by: Ajay Shah (Shah.971@osu.edu), Jillian Goldfarb (goldfarb@cornell.edu), Nicole Berge (berge@engr.sc.edu), Roberto Volpe (r.volpe@qmul.ac.uk)

Thermochemical conversions of biomass, including pyrolysis, gasification, hydrothermal carbonization and liquefaction, can produce biochars and hydrochars with a range of compositions, structures and chemical properties. The biomass feedstock and processing conditions dictate the char's properties, which in turn guide potential applications. Biochars are touted as potential replacements to carbon black as electrode materials for energy storage and desalination, as adsorbents for water and flue gas treatment, as vehicles for carbon sequestration, and as soil amendments and slow release fertilizers in a range of agricultural applications. This symposium will examine the processes, products, applications and life cycle behind biomass to biochar conversions.

Catalysis for Environmental & Energy Applications

Organized by: Yin Wang (wang292@uwm.edu), Aditya Savara (savaraa@ornl.gov), Alexandar Orlov (alexander.orlov@stonybrook.edu)

New developments and ongoing research in the creation and investigation of catalysts for environmental applications and also energy applications. Generally, these are geared towards sustainability or towards protecting the environment and human health. This symposium encourages cross-pollination of knowledge, with applications ranging from vehicle emissions to reducing indoor air pollution to mitigating water pollution to CO₂ and biomass conversion.

Green Chemistry and the Environment

Organized by: Sherine Obare (soobare@uncg.edu), Rafael Luque (q62alsor@uco.es)

Chemical processes that utilize 'green' principles are essential toward ensuring a sustainable environment. The field of green chemistry has impacted several areas and has led to advances in chemical design, catalyst fabrication, waste valorization, biomass conversion, homogeneous and heterogeneous catalysis, enzyme-based processes and alternative energy. The symposium will bring together scientists from the academic, industrial and government sectors to discuss emerging green chemical strategies in biotechnology, chemistry, chemical engineering, environmental engineering and toxicology the impact environmental processes. Advances in green chemistry concepts will be enhanced by obtaining a better understanding of the mechanistic pathways involved in various reactions. Thus, the symposium will further focus on theoretical and experimental research by bringing together experts in the field to address the need for best practices for green chemical processes for the environment.

Nanomaterials & Sustainability

Organized by: Satinder (Sat) Ahuja (satahuja@atmc.net)

The symposium focuses on environmental applications and implications of nanomaterials across environmental media. Nanomaterials offer tremendous promise for a variety of environmental applications, from nano-enabled water treatment systems including photocatalytic and advanced oxidation, membranes and prevention of biofouling, to contaminant remediation, destruction of hazardous air pollutants and myriad other applications. On the other hand, as more products containing nanomaterials enter the marketplace, understanding NMs' ability to reach the environment and the chemical changes they undergo is critical to prevent damage to human health and the ecosystem. The symposium will serve as a platform for dissemination and discussion of current advances, challenges, barriers and environmental implications of nano-enabled technologies from environmental applications to unintentional environmental consequences of consumer products.

Special Topic: Data Visualization

Environmental Data Visualization to Enable Effective Communication Across Audiences

Organized by: Martha J.M. Wells (mjmwells@ntech.edu), Tammy H. Boles (tboles@ntech.edu)

Visual representations of environmental data promote improved decision-making and management strategies. Effective images communicate environmental data to professional colleagues and the general public in scientific and non-scientific venues. Share your environmental story, and describe the tools you used to produce and improve visualization of your qualitative and quantitative data via photographs, micrographs, diagrams, charts, statistical graphics, maps, infographic analytics, cartoons, graphical abstracts, and combinations thereof.

ENVR Poster Session

Division of Environmental Chemistry General Poster Session

Organized by: Jillian Goldfarb (goldfarb@cornell.edu)

Abstracts in all areas of Environmental Chemistry and Engineering are welcome in the Division's Poster Session. This is an interactive session design to encourage dialogue among scientists while sharing highlights of new research. Please note: as we cannot guarantee neighboring poster locations, **only one poster per presenter is allowed** in the ENVR Poster Session.

Honorary and Invited Symposia

C. Ellen Gontier Environmental Chemistry Awards

Organized by: Kevin O'Shea (osheak@fiu.edu) and Dion Dionysiou (dionysios.d.dionysiou@uc.edu)

This award is presented to graduate students at U.S. and international universities who submit the highest quality research papers. The format to be followed is that of Environmental Science and Technology, except that the paper should be limited to 15 pages total, including figures and references. Award winners are expected to present their papers at the Fall American Chemical Society Meeting, where they receive a \$1,000 cash award at the Environmental Division Reception. The deadline for submission of a single pdf file via email to osheak@fiu.edu is January 8th. These awards represent the highest honor granted by the Division of Environmental Chemistry for students.

Please note: Presentations by Invitation Only

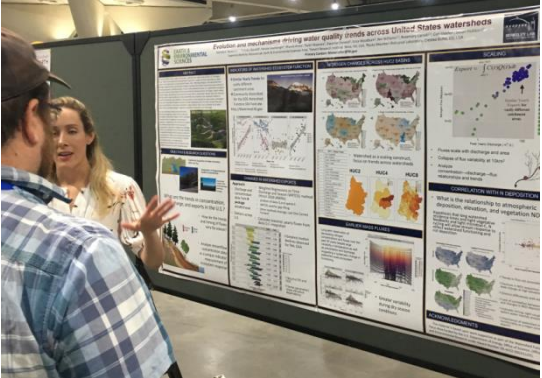
**Showcasing Emerging Investigators & Future Perspectives: A Symposium by the RSC
Environmental Science Journals**

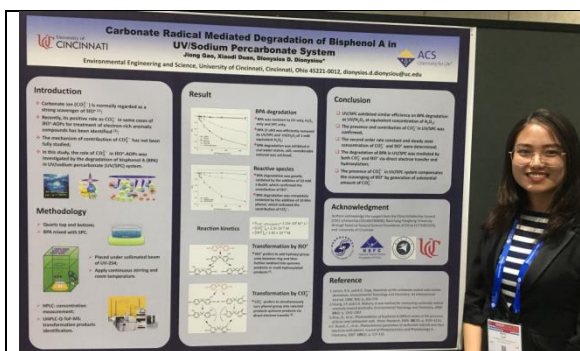
Organized by: Simon Neil (neils@rsc.org), Kristopher McNeill, Paige Novak, Peter Vikesland

This invitation-only symposium will feature emerging investigators selected by the Editors of RSC environmental science journals: Environmental Science; Nano, Environmental Science; Processes & Impacts and Environmental Science; Water Research & Technology. The papers presented highlight some of the high-quality, cutting-edge research being done by up-and-coming scientists in the field recently published in these leading journals. Each Emerging Investigator talk will be paired with complementary presentations given by renowned international researchers.

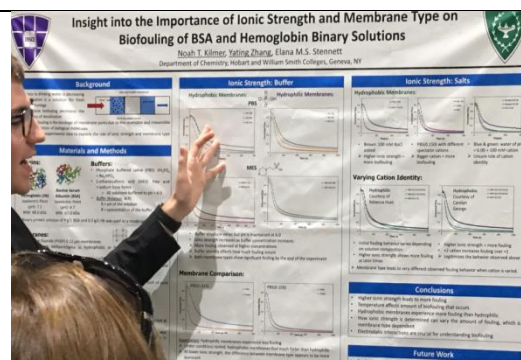
Please note: Presentations by Invitation Only

附件二 研討會相關照片

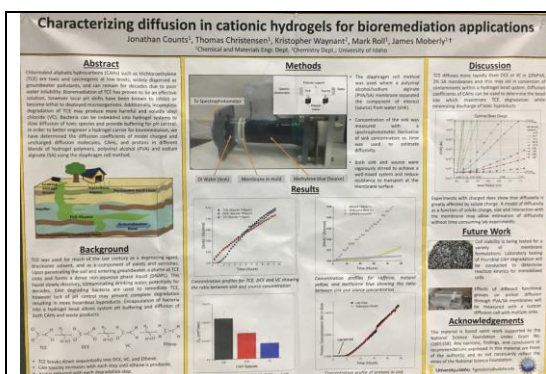
	
研討會地點 - San Diego 會議中心	San Diego 會議中心走廊
	
研討會演講廳之一	與 Univ. of Delaware 黃金寶教授及台灣各大學老師合影
	
海報區(1)	海報區(2)



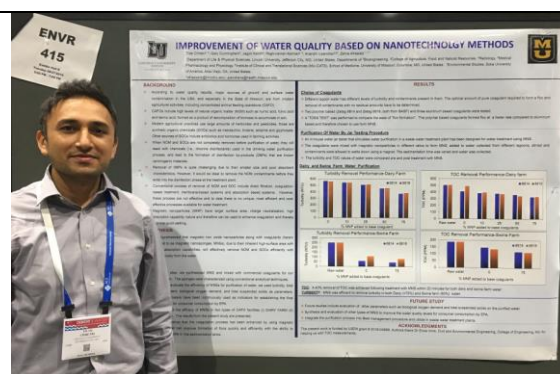
海報區(3)



海報區(4)



海報區(5)



海報區(6)



展覽區(1)



展覽區(2)



展覽區(3)



展覽區(4)