

產環保專業證照系列(二)

環境檢驗、採樣技術員專業證照

壹、前言

環保署為落實環境基本法，建立環境保護專業人員資格制度，並提升各項環境保護及污染防治工作品質，已辦理空氣污染防治、廢水處理、廢棄物清除處理及毒性化學物質管理等 13 類環保專責（技術）人員專業證照訓練，不僅提供事業單位充足之環保從業人力，推動環保專責制度，並透過取得專業污染防治證照之專責（技術）人員協助，使事業污染防治工作更為完善。

現行各類受過環保專業訓練之環保專責（技術）人員，依各該環保法規規定，設置擔任事業第一線執行污染防治、設施操作維護及相關環保管理工作，然實務上在面對相關環保機關執行空氣污染物排放及放流水等污染稽查時，常發生環保機關稽查檢驗之結果與事業單位自行檢測或另行送檢之結果不同，造成被處分之事業場所與環保機關就採樣程序、代表性及檢驗結果之正確性與是否違反相關環保標準之爭議不斷；此外刑事訴訟法新制實施後，受處分人針對各級環保機關所為處分，均透過各項行政救濟及訴訟程序予以抗辯及反駁，特別是有關處分所涉及證據取得之公信與效力，包括執法之專業能力、污染稽查程序、污染物之採樣、保存及檢驗分析數據與報告之正確性等屢屢成為挑戰公權力之爭議點，因此為行政救濟或訴訟當事人對公權力稽查採樣及檢驗結果，存有程序及實質專業瑕疵之疑義，並有效解決雙方數據差異之爭議及減少相關刑事訴訟之爭點並維護公權力之執行，除規範採樣、檢驗方法之程序正義不能忽視外，對影響檢測數據正確性之檢測人員專業能力之實質正義，更不能偏廢，檢驗及採樣人員專業證照制度，亟待建立。

貳、現況

因環境檢驗、採樣涉及環境科學、化學、化工、物理、生物、毒理學等多項專業領域，惟現行環境檢驗測定機構之檢驗室主管及品保品管人員，僅需具備化學或環境相關科系專科以上畢業並具一定年限之檢測經驗者擔任，而從事檢測專業之人員僅需專科理工農醫科系畢業或高中(職)畢業具三年以上檢測經驗者，並無要求需經相關專業訓練即可擔任檢測工作，雖檢測機構經本署透過專業評鑑認證方式，就各檢驗機構所能檢測項目核發許可證方式予以維持環境檢驗之品質，但相關之評鑑卻非普遍性對該機構所有檢測人員予以評量，因此就非化學或環境相關專科科系畢業者，可能從未接觸過檢驗分析及採樣教育或訓練，其專業能力之認定似乎存在盲點？而其所為之檢驗分析數據正確及樣品之公信力與執行公權力間之爭議，時有所聞。因此如何就隨機採樣之物證建立具有證據力之要件，除檢測時應參考國際標準之採樣程序及檢驗方法，以建置稽查、採樣及檢測之標準作業程序外，更應控制樣品品管之連續性、妥當性及不同環節處理人員（稽查、採樣、檢驗）人員專業責任制度，以提升檢驗、採樣人員專業能力實有其必要性，

確保檢測數據之程序及實質正義，化解不同檢測結果之爭端。

參、現行環境檢驗、採樣人員制度之問題

一、建立檢測報告簽署人制度：

現行環境檢驗測定機構管理辦法規定檢測機構出具檢測報告應經其檢驗室主管簽署，雖實驗室主管及檢測報告簽署人均無需證照或相關之訓練，但本署檢驗所為確保檢測報告公信力，已與環訓所共同規劃辦理有機檢測、無機檢測及空氣採樣三種報告簽署人之訓練課程，對第一線採樣、檢驗分析人員之訓練仍無明確要求，試想報告簽署人或主管於簽署報告時該如何認定數據之正確性？環訓所已於 92 年辦理完成三班期該類報告簽署人訓練，從參訓學員建議需再增加有關檢驗技術能力課程觀之，簽署人為檢驗機構中高階主管，其對檢測專業訓練已有如此需求，更凸顯未受專業訓練之檢測員其接受專業訓練之重要；此外依 90 年及 91 年本署委託調查淡水河系河川水質、環境水質北中南區採樣及環境水體整體調查等監測計畫，相關品保查核、期中期末報告審查及品質研析會議等委員對採樣程序、檢測數據、品保品管、檢測人員流動性高及異常數據詳多所著墨。這在在顯示檢測機構之檢驗、採樣人員訓練，有待加強，而證照正是落實訓練之誘因。

二、落實環境採樣員專業訓練：

環境檢驗測定機構管理辦法，針對不明事業棄物及事業廢棄物採樣項目，要求其現場品保品管負責人、採樣員及安全衛生負責人，應分別接受四十或十六小時以上安全與應變知能訓練及三日或八小時以上採樣實務訓練，惟明顯著重於安全與應變知能訓練，而環保之採樣實務訓練僅規劃一半之時數，如參照美國聯邦職業安全衛生署（OSHA）就有害廢棄物操作及緊急應變人員長達一週之安全衛生應變課程，強調其所執掌職安之應變訓練，相對而言國內檢測機構上述現場採樣員實務訓練之比例在採樣、檢驗員尚無證照情況，其實務訓練顯不足。此外空氣污染物、毒性化學物質、廢（污）水、土壤污染等之採樣人員訓練應更加落實或其證照亦有待逐步建立。

肆、建立環境檢驗、採樣專業人員證照制度，落實環境基本法專業人員資格制度

為確保樣品於最初採樣、保存及檢驗分析過程，係由專業人員所為，環訓所續於本年四月再完成環境檢驗報告簽署人訓練，以配合環檢所對檢測機構檢測報告簽署情形，加以評鑑，期能就此建立採樣人員專業訓練課程及證照制度，使各項污染採樣程序具有專業及公信力，未來更將朝建立全面之環境保護及檢驗分析等專業證照制度努力。（研設組）

「連鎖速食店業」93年1月1日起強制執行設置資源回收設施

自去年(九十二)七月一日起，全國六百家速食店的一般垃圾桶旁都將增設資源回收設施，請民眾於店內用餐後，協助將垃圾分類，使資源性垃圾可以回收再利用。

連鎖速食店業每年約有四億人次的來客數，主要消費群為年輕學子或家庭親子共同前往消費，於店內設置資源回收設施，除了可以讓民眾在消費時將垃圾分類真正落實到生活習慣中，無形中也達到環保教育的效果。同時連鎖速食店業六百家分店每年約回收三千噸的廢紙餐具及二千噸廚餘，對垃圾減量亦可望有具體效益。

為使政策順利上路，環保署特別鎖定國內規模較大且願積極配合環保的麥當勞、肯德基、摩斯漢堡、漢堡王、二十一世紀、頂呱呱、儂特利等七家業者，率先在店內設置資源回收設施。自七月一日起，上述七家連鎖速食店的全國分店，均會在一般垃圾筒旁設置資源回收筒，民眾至店內用完餐，要將食物殘渣等廚餘垃圾投入「廚餘回收筒」，再將可回收的資源(如紙杯、紙碗、紙盤、紙盒、紙桶、購物用紙袋等)投入「資源回收筒」，最後將吸管、杯蓋、紙巾、餐盤襯紙、產品包裝紙、醬包、湯匙、攪拌棒、刀叉等一般垃圾投入「一般垃圾筒」。環保署提醒民眾，由於各店家的分類與回收方式因空間配置不同，資源回收設施略有差異，如有百分之八十二的分店將未喝完飲料、冰塊再增設「廢水桶」，請民眾依各店家實際設置方式分類、回收。

環保署指出，業者回收後的紙餐具目前可由約三十家的回收商分別送至三家紙廠再生；廚餘部分則依全省各分店的縣市分布情形，進入各附近縣市堆肥廠或以養豬方式處理，其他一般垃圾，則由業者依原來方式清除處理。

環保署表示，要求連鎖速食店業應將「一般垃圾」與「資源垃圾」妥善分類、貯存、回收清除，並標示回收點標誌，除鼓勵民眾在消費時不知不覺的做好垃圾分類、資源回收，讓環保觀念，真正落實到生活習慣中，無形中達到環保教育的效果，並可進一步建立政府、企業、民眾三者合作的模式。推動「連鎖速食店業設置資源回收設施」政策自去年七月一日起迄今已經試辦了半年，自九十三年一月一日起強制執行，未配合辦理之業者，環保單位將依據廢棄物清理法處以新台幣六萬至三十萬之罰款。(柳明宗 整理)

污染場址整治新思維

依「土壤及地下水污染整治法」之規定，將污染場址分為污染控制場址(指造成土壤污染或地下水污染來源明確之場址，其土壤或地下水污染物達土壤或地下水污染管制標準者)及污染整治場址(指污染控制場址經初步評估，有嚴重危害國民健康及生活環境之虞，而經中央主管機關審核公告者)二類，並依污染控制場址或污染整治場址之土壤、地下水污染受影響範圍大小劃定所謂污染管制區域。其中，經公告為污染控制場址時，污染行為人需提出相關整治計畫，並報經主管機關核備後實施，需將污染物降低至管制標準以下，始經公告解除列管。至於污染整治場址之整治過程則更繁複。

當場址被公告為污染場址後，場址所有人及相關關係人不但要停止相關的使用作為與活動、限制移轉、並需負污染整治之責，這些種種的規定目的在使不論場址的所有人或使用人應善盡污染防治之責，而非僅為賺錢，不顧國民共有資源-整體環境-之維護。有助提醒並警示場址相關人等善盡環境保護之責。

然當場址被公告為污染場址後，不但所有人或使用人或相關關係人需自負場址污染整治費用，其場址之使用與處分受到限制、禁止，已難再從金融市場中貸獲相關資金；再者從歷來中外污染場址之整治案例中可發現，場址之整治不論所需時間長與費用亦相當龐大，往往在整治期間，場址所有人或相關關係人不是因整治費用破產，就是撒手不管逃之夭夭。雖然，依法該項整治費用可向污染土地之關係人繫訟求償，並由司法途徑處以徒刑，最終整治之責還是落到政府，不論是以收費之基金或編列預算之方式，亦即全民需共同來分擔。

然畢竟某些場址在整治完成後，仍具相當之商業經濟利益之潛力，在可整治而因整治費用(財務)問題，拖長整治期間或留置不去整治，對整體土地資源之地盡其利原則實有不足，亦對國家之經濟發展造成影響，故污染場址之再開發利用不論是環保或目的事業主管機關應加以重視之處。關於污染場址再開發應可參考美國已有之方式，在美國目前約有 450000 處所謂限制使用場址(**brownfield sites**)，亦即該場址在未達到污染管制標準以下時，限制或禁止該場址進行相關作為。然而，有些場址的位置於再開發是具有相當之商業利益存在，惟不論再開發者、政府或金融機構受限於整治費用及時間，大都不願自己承擔風險提出再開發之整治計畫。近年來，因應市場需求而有所謂保證矯正計畫(**Guaranteed Remediation Program, GRiP**)，亦即由再開發機構尋找具有污染整治技術與能力之機構，由污染整治機構提出並保證固定之整治費用及相關之整治流程後一定可達到管制標準以下之計畫，再開發機構根據整治機構之計畫提出完整之開發計畫與財務規劃予政府與金融機構，由於所提出之計畫中有關污染整治部分之經費固定與進行整治技術之可行性高，大大降低金融機構之授信風險，因此，金融機構願

核貸資金予再開發機構。再者，由於係業者自行籌措相關整治與開發經費，亦大幅降低政府部門污染整治預算，使預算之編列較充裕並用於其他污染防治上。另外，對污染整治機構而言，為了能在污染整治市場的大餅分配中占一席之地，必須積極且不斷地開發新的污染整治技術以因應市場需求，可大幅提升國內污染整治技術。同時，對開發機構而言，因其相關之開發計畫經費獲得金融市場的貸款，使業者將較有意願進行更多污染場址之再開發利用。對全民而言，可享受再開發後經濟發展之結果。可謂任何一方皆贏。自 1998 年起迄今，全美目前有數十個 GriP 正進行中，其中較著名的是華盛頓廣場購物中心(Washington Square Mall)之再開發計畫，原來是一處受污染而土地使用受限之場址，經再開發後現用為商業使用。

去年，「不動產證券化條例」已公布實施，開發機構可針對特定標的規劃開發/投資計畫，以發行信託憑證方式從資本市場中募集相關之開發/投資資金。針對受污染場址之整治與再開發，主管機關亦應思量目前課予污染關係人負整治全責方式之可行性高低，當然，污染者必須負責(費)，但應可用新思維的方式，考量市場需求與運作的情況下，賦予新的污染場址整治方式，以提高場址整治的速度與有效性，美國之 GriP 應值得參考。當然，如採行此方式首先要做的是必需將污染場址加以分類與分級，並定出相關的作業流程以供業者研提再開發計畫及財務規劃之參考，而污染整治技術業者亦可提出保證可行之整治技術與保證費用之執行計畫。依資本主義市場經濟之運作，某些場址之再開發利用價值是偏低的，這些場址屆時將乏人問津，此時，政府即可將本來原需用在已經再開發機構所開發之場址的經費，移作並充實這些開發價值偏低之場址的整治，如此，透過政府與民間資金相互互補、各取所需之方式，除可使污染場之整治獲致大幅進展，同時對國內污染防(整)治技術與經濟發展將助益頗多，競爭力亦可相對提升。

(李金靖)

戴奧辛排放控制技術之活性碳吸附法探討

焚化系統中戴奧辛排放控制技術主要採用噴入活性碳吸附及觸媒破壞兩種類型，兩者都能有效去除煙道排氣中之戴奧辛，而活性碳吸附技術是目前使用最普遍的技術，其大致可分為噴入活性碳 (carbon injection)、流動床式 (moving-bed) 與固定床式 (fixed-bed)。表 1 為結合洗滌塔、袋濾式集塵器及活性碳吸附劑對煙道氣中 PCDD/Fs 去除效率。從表中可知噴入活性碳與流動床式對戴奧辛的去除率可達 95% 以上，而固定床式則只有 80% 左右，使用活性碳吸附可使戴奧辛的排放濃度降至低於 0.1ng-TEQ/Nm³ 法規標準，且裝置成本低，因此一般焚化爐較多採用活性碳噴入-半乾式洗滌塔注入吸附劑，後接袋式集塵器的系統 (spray dryer-absorber/fabric filter; SDA/FF)，在低溫下操作 (160°C~200°C) 對於戴奧辛的去除率可達 95% 以上，如圖 1 所示[1]。另外活性碳不僅能吸附戴奧辛，同時也能去除燃燒過程中所產生的揮發性有機污染物 (volatile organic compounds, VOCs)、PAHs、PCBs 及重金屬等污染物，根據研究指出在半乾式重金屬控制技術中，添加氫氧化鈣有助於重金屬去除效率的提昇，尤其對提昇鎘 (Cd)、鉻 (Cr) 去除率更為明顯，活性碳之添加有助於重金屬汞 (Hg) 的去除，去除率可達 90%。[2]

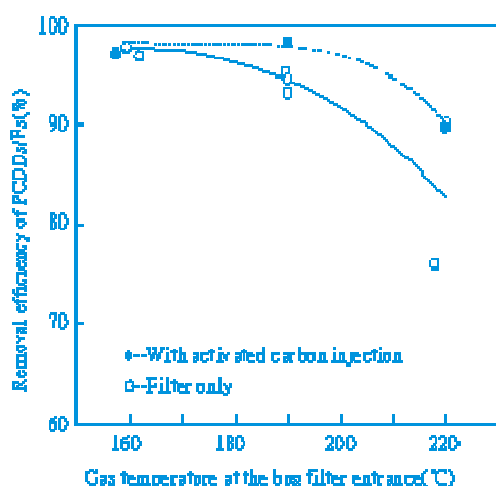


圖1 溫度對袋濾式集塵器與噴入活性碳對去除戴奧辛之效率^[1]

Long & Yang (2001) 發現奈米碳管較活性碳能吸附更多的戴奧辛[4]。因為由石墨層捲成的奈米碳管是中空的，氣體能穿過並滯留於碳原子層間，可能由於戴奧辛分子與奈米碳管內層表面的交互影響力，較平面式的石墨層狀物更為強烈，所以奈米碳管會較活性碳可吸附更多的戴奧辛。

活性碳吸附法對戴奧辛之去除效果好，但活性碳吸附只是相的轉換，氣相吸附在固相中，戴奧辛只是由氣狀污染物轉移至固相中，其本質還是不變，因此戴奧辛的問題還是沒有解決。依照傳統的掩埋方式處理使用過後的活性碳，還有可能造成土壤及地下水體的污染，且大量使用活性碳也會造成成本的增加。

(中央大學環境工程研究所 鄭鈞強)

參考文獻

1. Takeuchi, M., 「Reduction and Destruction Technologies of Combustion Derived Dioxins」, 戴奧辛生成抑制與破壞去除控制技術研討會, 台北, (2002)
2. 陳明輝、黃志峰, 「中小型焚化爐廢氣重金屬半乾式處理技術介紹」, 經濟部工業局工安環保報導, 第四期, (2001)
3. Buckens, A. and Huang, H., Comparative Evaluation of Techniques for Controlling the Formation and Emission of Chlorinated Dioxins/furans in Municipal Waste Incineration, Journal of Hazardous Materials, Vol.62, pp.1- 33 (1998)
4. [Http://www.sciscape.org/news_detail.php?news_id=437](http://www.sciscape.org/news_detail.php?news_id=437)

戴奧辛排放控制技術之活性炭吸附法探討

結合洗滌塔、袋濾式集塵器及活性炭吸附劑對煙道氣中 PCDD/Fs 去除效率

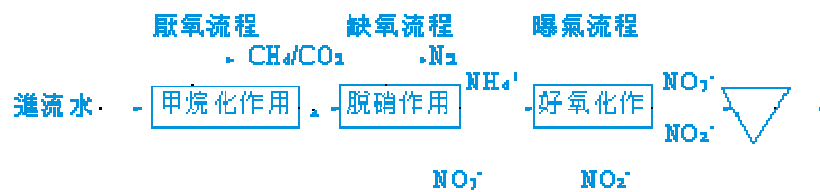
程序 (processes)	設備 (equipment)	相關資料 (performance data)
進流噴入式 (entrained-flow)	溼式洗滌塔, 袋濾式集塵器 + 活性炭注入法袋濾式集塵器 操作溫度為 120°C 注入之 活性炭 90% 由濾袋收集	PCDD/F 進流濃度 : 2.17ng-TE/Nm ³ PCDD/F 出流濃度 : 0.069ng-TE/Nm ³ PCDD/F 去除率 : 96.8% 活性炭使用量 : 50 mg/Nm ³ 。 袋濾式集塵器前濃度 : 0.24ng-TE/Nm ³ 袋濾式集塵器後濃度 : 0.01 ng-TE/Nm ³ PCDD/F 去除率 : 95.8%
流動床式 (moving-bed)	WKV/Integral 逆流式活性炭處理程序(進 流煙道氣溫度 : 120-165°C)移動式吸附床 煙道氣進流溫度 : 150°C、空間流速 : 1000/h)	活性炭使用量 : 500 t/yr/plant (總氣體流量 : 464000 Nm ³ /h) 煙囪排放濃度 : 0.015 ng-TE/Nm ³ 活性炭使用量 : 5 mm of bed height/day PCDD/F 進流濃度 : 100 ng/Nm ³

		PCDD/F 出流濃度：1.2 ng/Nm ³ PCDD/F 去除率：98.8%
固定床式 (fixed-bed)	MEDISORBON/KOMBISORBB 吸附劑(沸石、活性碳及其他物質的混合物)操作溫度： 40-100°C	活性碳使用量：視活性 碳固定床體積而定 PCDD/F 進流濃度：0.3 ng-TE/Nm ³ PCDD/F 出流濃度： 0.05ng-TE/Nm ³ PCDD/F 去除率：83% (經過 23100 小時的時 間測試)

應用整合性的生物處理系統處理高濃度有機廢水

化工產業、石化產業、造紙業及食品業因原料與製程的關係，所產生之廢水具有高濃度之 COD 和有機氮，有時甚至高達數千甚而上萬 ppm 之 COD。而這些廢水如果直接以傳統生物處理方式處理，不但效果有限甚至整個系統因超過負荷，致系統運作失靈，產生具污染的廢水排放水體中，致造成環境受到污染。再者，這些產業的廢水中亦含有高濃度的有機氮，以傳統生物處理方法處理後有機氮將轉化(硝化作用)成硝酸氮基，倘未再經三級處理的脫硝(氮)作用，直接將該廢水排放，將造成水體優養化的的現象。然而，工廠本身從廢水處理之初級到二級處理所投入的設備(空間與硬體..等設施)與操作成本就已花費相當多，如再擴充到三級處理，不但要考量到經費，甚至整體廠房的配置與土地的開發利用將受到限制，因此，如能發展出一套於二級處理階段即能同時進行脫硝處理的技術系統，不但在設備與操作費用均能更經濟有效，那廠方不論在更新污染防治設施或新設廠選用污染處理技術時，將可做處理技術選用的優先考量。不但對廠方有利，對整體環境污染防治亦有利。

所謂整合性生物處理系統係廢水透過厭氧(Anaerobic process)→缺氧(Anoxic process)→好氧(曝氣)(Aerobic process)等連續處理流程，再將部分放流水回流到缺氧流程中，如此反覆連續處理，其流程如如所示。



整合性系統主要是由三個連續反應槽所組成，包含厭氧、缺氧、好氧三部分。整個反應先進行厭氧作用，以有機物 COD 為基質，有機氮為電子接受者進行還原反應成銨離子，接著在缺氧流程進行脫硝作用銨離子生成氣態氮，此二流程先將廢水中的有機氮先做處理，避免後續的好氧作用生成大量的硝酸鹽。如此可在第三流程中以好氧作用大量及加速處理廢水中的有機物。此整合系統的操作設定有下列幾個要素：首先，厭氧反應槽水中顯示的 COD 濃度為高濃度揮發性脂肪酸(VFAs)的流出物，使蛋白質水解釋放出銨。在脫氮作用之前以厭氧反應槽流出物裡的揮發性脂肪酸為碳源，不須增添額外的碳源，除了當 COD/N 比例高於 4(g/g)時，就足以讓脫氮作用完成。

厭氧的過程在上流式厭氧污泥反應槽中分為兩個階段：第一階段將不同進流水的有機負荷率控制在 4g COD/(L·d)。第二階段當進流水 COD 濃度維持在 6g COD/L 時，水力停留時間控制在 0.5~0.8 天。有機負荷率提昇至 15g COD/(L·d)。當水

力停留時間超過 0.8 天，COD 去除效率達到 60%；而當水力停留時間為 0.5 天時，去除效率降為 40%。碳源的供應明顯影響脫氮過程，當有足夠的碳源完成脫氮過程時，其 COD/N 值約為 4，脫氮效率達 80%。在整個硝化過程中，有機碳的含量多寡則幾乎不影響硝化作用的完成，而氨氮去除率達 100%。三個反應槽的回收率(R/F)分別為 1、2、2.5。由處理結果得知，當回收率(R/F)維持在 2~2.5 之間，COD 去除效率達 90%，脫氮效率則提昇到 60%。

此整合系統的運作可觀察到水力停留時間及 COD 濃度會影響到對 COD 去除率和氮去除效果，操作時應注下列幾項因子：

1. 在第一階段中，當存在於 UASB 反應槽的自由氨中提供甲應用整合性的生物處理系統來處理高濃度有機廢水(methanogenesis)13 克 COD/L，隨著 VFA/TA 值的漸增，高濃度的 VFA 在槽中累積。當固定 6 克 COD/L 的濃度及水力停留時間降至 0.8 至 0.63 天，可處理大量的 COD，與得到適當 4(g/g) COD/N 值。在此條件下操作厭氧反應可得適量流出物的組成，當 COD 去除率達 40% 時，此流出物將可供下個階段脫氮使用。因此可以合理的推斷：增加流入物的比例與保持 COD 濃度的可促使較佳品質的流出物產生以供脫氮作用進行。
2. 由於厭氧機制產生的流出物中含低 COD 濃度，因此在第一階段，UAF 中的脫氮效率可被忽略。反之，在第二階段，由於有可供使用的高濃度 COD [COD/N=4(g)]及回收率從 1 增至 2.5，因此氮的去除率可高達 90%的比例。COD/N 流入脫氮反應槽中的值被證明是個增進脫氮效率有用的參數。高於 4 的比率容許移除大於 90%的硝酸鹽以供給反應槽。
3. 在幾乎完全反應時，硝化作用機制可達 97%的最大效率。水力停留時間與 COD 濃度的值應用在厭氧機制，而在硝化作用時則完全不具任何作用，pH 值的變化也會影響硝化作用。此外，碳的供應必須儘可能維持低濃度以提高硝化作用的效果，避免異營生物和硝化劑消耗氧氣。
4. 當厭氧反應槽的水力停留時間在 0.8 ~0.63 的操作天數下，整個系統 COD 與氮的最大去除效率分別為 60%和 100%。

由於食品工廠低污染性廢水處理大多採用好氧性生物法，有機污染濃度較高之工廠，則先採行厭氧性處理，後段再設置好氧性處理單元。故一般來說，好氧性處理是廢水生物處理的關鍵。在放流水標準中，大部分的工業廢水必須符合 COD < 100mg/L 的要求。從廢水特性和技術觀點，除非另加物理吸附(如：活性炭等)系統才有可能達到，但物理吸附設備成本高，對於低利潤的工業根本無法負擔，因此若能利用整合性生物處理技術提昇其效能，將有助於台灣工業的生存。(廖呈祥)

摘譯自 Journal of Environmental Engineering September 2003, 「Combined system for biological removal of Nitrogen and Carbon from a fish cannery wastewater」

作者 A Mosquare-Corral; J. L. Campos; M. Sanchez; R. Mendez; and J. M. Lema

農地重金屬汙染整治工作之安衛問題

重金屬汙染物主要藉由工業廢水、廢棄物、空氣中的落塵及農業生產資材等進入土壤中，而造成土壤汙染。土壤受重金屬汙染之程度及認定可由兩方面來看：(1) 當重金屬在土壤中含量過高時，會抑制土壤中動植物及微生物之生長，導致作物受毒害而產量減少或死亡；(2) 當重金屬在土壤中含量過高時，植物仍可生長吸收重金屬進入體內，此時植物若由人畜食用後引起中毒及產生各種病變。因此，受重金屬汙染之土壤需進行整治及復育工作。

土壤重金屬汙染復育工程因場址、汙染物特性及土壤種類不同而採用不同之復育技術，復育目標多為抑制汙染物的移動、縮小汙染範圍而回收可利用重金屬等，因此許多處理技術也蘊育而生，如土壤淋洗、電動法復育技術及植物復育技術等。

國內近年土壤重金屬汙染整治及復育工程處理多為客土/排土、翻轉稀釋/深耕、置換固化及酸淋洗等物化處理，而現場工作人員之安衛問題少被探討，為保障現場工作人員之安全，需訂定安全衛生管理及安全應變計畫措施，落實執行，並視現場狀況與資源配合情形予以調整。

附件說明四種國內常用復育技術（一般工程、翻轉稀釋法、置換固化法/客排土法及酸淋洗法）之安衛問題及其防治方法如：

總結

美國在進行不明危害或高汙染土壤整治工作時人員的保護視同於運作危害化學物（Hazardous Material），並訂定妥善的訓練及資格要求，以保障工作人員之健康及減少危害風險。而我國在土壤及地下水整治法施行細則中也規範在制定「汙染控制計畫」或「汙染整治計畫」時需包括「工地安全衛生管理」或「場址安全衛生計畫」，本文針對台灣地區近年常用之農田重金屬汙染整治方法中土壤翻轉/客土排土/酸淋洗等，提出需注意之安全衛生問題及防治措施，希冀可供進行現場工程及驗證計畫之工作人員參考及應用。唯我國土壤及地下水汙染整治法在查證及調查評估時並未明確要求需注意及人員之安全衛生問題，應迅速訂定相關法規，有待妥善規範是類人員之資格或訓練要求，以保障工作人員及減少不必要之危害風險。（國立雲林科技大學 環境與安全衛生工程研究所 洪肇嘉、蔡正國、張家豪）

參考文獻

1. 賴俊成，2002，混合酸淋洗處理重金屬汙染土壤之研究，國立雲林科技大學環安所，碩士論文。

2. 陳慎德等人，2003，新竹市農地重金屬屋控制場址改善計畫，新竹市環保局委託計畫，瑞昶科技公司。

3. 黃裕銘等人，2004，台中縣農地土壤重金屬汙染控制場址汙染改善計畫工作監督與驗證計畫，台中縣環保局委託計畫，國立中興大學。

農地重金屬汙染整治工作之安衛問題

土壤復育工程常見安衛問題及防治措施

項別	現場工作安衛問題	處理防治方法
1.一般工程	工地機具開挖深度高，可能造成人員不慎墜落之危害。	設置圍籬、警戒線、劃定隔離區避免閒雜人員進入及汙染物向外擴散。
	施工時機具設備不正當使用漏電、短路所產生之危害。	機具使用前應進行教育訓練，每日工作前安全檢查，並依機具特性定期保養。
	汙染物改善工程作業區之現場工作人員身體吸附汙染物或汙染造成二次汙染之危害。	施工區需設置除汙區，出入作業區之人員應除汙以避免二次汙染。
2.翻轉稀釋 / 客土排土	汙染物汙染或直接接觸之危害。	穿著安全帽、護目鏡、工作服、手套及工作鞋
	食入汙染物之危害。	施工作業區禁止攜帶食物及食用
	土壤翻轉作業造成塵土飛揚，空氣中懸浮微粒含量過高，導致汙染物汙染及直接吸入之危害。	施工區設置灑水設施，並定期灑水以降低空氣中懸浮微粒，且作業人員應配戴能阻隔粉塵微粒之口罩，以防止身體與汙染物直接接觸以及吸入所可能產生之危害。
3.酸洗法	酸液或汙染物汙染或直接接觸之危害。	穿著安全帽、護目鏡、工作服、手套及工作鞋。
	待處理土壤堆置區作業可能因塵土飛揚造成空氣中懸浮微粒含量過，導致汙染物汙染或直接吸入之危害。	施工區設置灑水，定期灑水或覆蓋帆布降低空氣中懸浮微粒，人員應配戴能阻隔粉塵微粒之口罩，防止身體與汙染物直接接觸及減少吸入所可能產生之危害。

	酸洗設施區之混合攪拌槽機械運轉時，可能因轉動齒輪或皮帶鬆動，造成人員捲入之危害。	混合攪拌槽應設置護網隔離，機具設備定期維修保養。
	酸液儲存槽或酸洗槽洩漏造成人員濺傷之危害。	應備有止漏設備、簡易淋洗設施，且於酸洗區之作業員應穿戴適當防護衣。
	風乾之酸洗土壤可能因酸液溢流，造成傷害。	酸洗後之土壤風乾床設置排水系統，集中儲存酸液並明顯標示警戒區。
	酸洗作業區中待處理土壤堆置區與酸洗設施區間，可能因機具與人員作業空間配置不當，存在潛在危安問題。	應指派專人檢視作業環境是否存在潛在危安問題？機具與人員之作業空間配置是否適當？如有類似情況應即刻改善。
4.置換固化法	吊掛之物品（承裝土壤之太空包）掉落造成人員之危害。	吊掛之重量不得超過該設備所能承受之最高負荷，且應加以標示。
	置換固化分區開挖作業，部分區域土壤裸露可能因塵土飛揚造成污染物直接吸入可能產生之危害。	施工區設置灑水設施定期灑水及防水布覆蓋暫時儲存開挖之土壤，以降低空氣中懸浮微粒，且作業人員應配戴能阻隔粉塵微粒之口罩，以防止身體與污染物直接接觸以及吸入所可能產生之危害。

臭氧對天然有機物的生物分解影響

水源中常含有多種的天然有機物 (Natural Organic Matters, NOMS)，然而這些天然有機物質常帶給淨水廠很大的困擾，再加上近年來工業發展產生的人為污染，也常污染飲用水水源，導致水源除了有 NOMS 外，也有其他的人工有機物，不但增加了淨水處理的加氯量，也使加氯消毒衍生出更多的消毒副產物

(Disinfection By Products, DBPs)，這些 NOMS 及消毒副產物不但引發臭味，且使微生物於配水管中再生長，甚至嚴重影響人體健康，因此臭氧消毒就應運而生。

臭氧為一個強氧化劑，其氧化電位為 2.07 伏特，僅次於氟 (2.87 伏特)，因此對於水中的有機物及無機物皆有很強的氧化分解能力，當臭氧氣泡從水中升起時會將水中的微生物及病毒等附著並予以破碎。由於臭氧也是一不安定的氣體，一大氣壓下，其沸點為攝氏零下 112°C，當濃度過高時會有刺鼻的味道，在空氣中只要含有 0.01 到 0.05 ppm 微量的臭氧即可被人們嗅出。臭氧比氧更易溶於水中，根據 Vensa 等人的研究發現，在 0°C 到 30°C 之間，臭氧對水之溶解度約為氧對水之溶解度的 13 倍，但臭氧並不會完全溶於水，而在溫度越低，pH 值越高時，臭氧越容易溶於水。

傳統的淨水處理流程中對於水中有機污染物的去除效果並不十分顯著，尤其是溶解性的微量有機污染物(Dissolved Organic Carbon, DOC)，Jacangelo 等人指出，因 DOC 之高耗氯量，會產生因加氯消毒所衍生的消毒副產物 (Disinfection By Products, DBPs)，如三鹵甲烷(Trihalomethanes, THMs)、含鹵乙酸(Haloacetic acid, HAAs)及含鹵乙睛(Haloacetonitriles, HANs)等，並且也會引發臭味、色度及生物可分解有機物(Biodegradable Organic Matter, BOM)所導致微生物在配水系統中再生長及後生長等問題，並引起水質惡化、濁度的提高、降低水力負荷、加速腐蝕，並造成消毒持續的困難。

有機化合物受臭氧的氧化會使生成物的極性增加，若臭氧對 humic substances 進行反應，會導致羥基(hydroxyl)、碳醯基(carbonyl)、carboxyl group 的形成，而且會使親水性的物質(hydrophilic group)增加。然而，臭氧的氧化還有一個特性，那就是臭氧會使大分子的物質分解成小分子的物質，因此小分子的物質在水中的比例將大大地增加。如此，將有助於生物的降解作用，因為小分子的化合物容易穿過細胞膜而被傳送至微生物體內，並且易被代謝酵素分解。菌體的吸附狀況，利用曝氣後植入 1 c.c.菌液，並且加入 HgCl₂ 以抑制微生物生長，於震盪培養 24 小時後之結果顯示菌體吸附 PHBA 及 DOC 的量並不明顯，尤其在低濃度時，對於 DOC 的吸附趨近於零。

由於依照推測，微生物會因 PHBA 被臭氧破壞成更小的分子而更利於馴養微生物所利用，可是結果並未如預期的好，反而使馴化菌有更長的遲滯期，經實驗結果顯示需到 24 小時才有降解 PHBA 的能力。推測其原因可能是因 PHBA 在經臭氧氧化破壞後產生的中間物質或副產物對馴化菌而言，因環境的改變或是出現了抑制性的物質，反而需一更長的適應期。

臭氧是一強氧化劑，對於天然的小分子有機物有良好的氧化破壞效果。但是要有效地去除 DOC，依賴臭氧的作用並不經濟，且可能會產生其他消毒副產物，因此欲達到去除 DOC 的目的，則生物處理是一良好的方法。因此，我們可藉由臭氧的預先處理來達成後續生物處理的效果。

臭氧對於水中天然有機物的破壞是相當可見的，且會針對 MW 小於 1K 的分子予以破壞，由於小分子有機物被證實會導致更多的消毒副產物，因此臭氧消毒有其實用性，但對於會影響生物分解效應的 DOC 而言，臭氧僅扮演分子破壞的工具卻無削減的功能，但對單一基質而言，反而導致生物分解效應的降低，但若就天然原水而言，天然有機質為一混合物，臭氧的影響，仍必須更進一步的探討。

以臭氧的處理方式其成本較貴，但為了使水質的品質提高，防止有害的消毒副產物生成，臭氧預處理加慢砂濾系統不失為一可評估淨水方法。然而，這則要視國人所重視的是經濟考量，或是水質安全的要求了。

（弘光科技大學 環境工程系 陳昌佑）

環保訓練 Q & A

一、 人並兼任技術員，申請清除或清理許可證時，因無法成立投保單位單獨為其個人辦理加入勞保，以取得勞保卡及同意查詢勞保資料同意書，應如何辦理？

答：依「公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法」第九條規定，事業申請清除、處理或清理許可證時，應檢附「清除或處理技術員.....勞保卡及同意查詢勞保資料同意書.....」乙項，其本意，係在確認該機構技術員是否專任於該設置場所，除該機構負責人並任技術員外，既需再聘任員工實際從事廢棄物清除業務，故仍請依勞工保險條例第八條第一項第三款「實際從事勞動之雇主」投保要件之規定，於取得勞工保險卡後，再依「公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法」第九條規定辦理。

二、 廢棄物清除、處理機構設置之清除、處理技術員是否可同時擔任二家以上之公司負責人？

答：清除機構位於甲縣（市），處理機構位於另一乙縣（市），分別為不同之法律權利主體，該二機構固可同由一人為負責人，惟依「公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法」第七條第一項及第二項規定，清除、處理機構應置之清除或處理技術員應為專任，故該清除機構之負責人如已專任清除機構之專業技術人員，即不得同時擔任處理機構之負責人。

三、 負責人並兼任技術員，投保於職業工會，是否符合規定？

答：廢棄物清理法第四十二條授權訂定「公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法」於第九條規定，事業申請清除、處理或清理許可證時，應檢附「清除或處理技術員.....勞保卡及同意查詢勞保資料同意書.....」乙項，其立法之本意，係以聘僱設置之技術員能實際專任於清除、處理或清理機構為條件；惟所述機構負責人並任技術員應屬固定工作，而欲投保於無固定工作之職業工會取代，不符事實之認定。

四、 本人於八十五年領有乙級廢棄物處理技術員合格證書，目前為公所清潔隊隊長，可否於參加甲處訓練及格後，申領甲級廢棄處理技術員合格證書？

答：依據「廢棄物清理專業技術人員管理辦法」第四條第三款「取得乙級專業技術人員合格證書後，並據以從事該項資格業務滿二年並有證明文件，經訓練合格者」之規定，始具申請核發甲級廢棄物專業技術人員資格，台端並未以該乙級專業技術人員合格證書設置為處理廠（場）擔任為處理技術員，故不符上述法令之規定。

五、 同一公司名稱同一負責人，分別於不同縣市申請清除、處理許可證，且以相同技術員設置，是否符合規定？

答：該公司應依「公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法」第十條「公民營廢棄物清除處理機構應依本辦法規定擇一申請一種許可證。」之規定辦理。

六、 本人（高中（職）畢業）依「指定公告應置廢棄物專業技術人員之事業」法令規定，設置為某事業機構為乙級廢棄物處理技術員迄今已逾兩年，請問可否參加甲級廢棄物處理技術員訓練？

答：依「指定公告應置廢棄物專業技術人員之事業」之規定，事業採自行清除或處理有害事業廢棄物者，應設置甲級廢棄物處理技術員，故設置乙級廢棄物處理技術員之事業機構應無處理設施，其廢棄物均委託代處理機構處理，則其兩年之設置為「清除」經驗不得採計為具有廢棄物處理經驗。

七、 報名表為何不能免費提供或掛於貴所網站供下載？

答：本所各項證照訓練之報名表，並未如其他考試收取報名費，僅於民眾索取簡章及報名表時，酌收工本費用，根據統計，以上述之方式，報名後之實際報到率僅五成至六成，明顯偏低，其多數為在學學生或非迫切需要參訓者造成。故如免費提供或可上網下載，又不詳閱參訓簡章之各項規定，將更造成不符資格者或報名而不報到情況更形惡化，並產生訓練之假性需求，浪費本所報名作業處理行政成本及延宕正常開班時間，故本所對於上述問題未克服前，報名表暫不提供下載。

八、 本人高工機械科畢業，就職於某廢水設備供應維修公司屆滿五年且本公司與許多工廠簽有保固維修合約，請問本人是否可以該項工作經驗報名參加乙級廢水處理專責人員訓練？

答：台端公司為廢水處理設備供應及維修商，並非水污染防治法所管制之事業亦無廢水排放許可証，代客維修廢水處理設施經驗，不屬「環境保護專責單位或人員設置管理辦法」所稱之事業廢水處理及操作經驗，故不符合報名參加乙級廢水處理專責人員訓練之資格。

九、 本人現職為公司執行業務之股東，因公務人員公保退休後依規定不能參加勞保，因此無勞保卡，如參加受訓考取證照後，在無勞保卡之情形，可否擔任公司之專責人員。

答：60歲以上者不能參加勞工保險，但重返工作職場擔任應為專任全職之專責人員應可加保職業災害保險，加保後可以職災保險卡，取代規定之勞保卡。

十、 本人已於日前通過甲級廢棄物清除處理技術員考試，並取得該證照，若現在報名甲級空氣污染防治人員訓練是否仍須參加 ISO14000 課程之訓練及考試？

答：如取具甲清合格證書含有 ISO14000/環境管理課程，於參訓甲空專責人員時，

可免修及免試，該課程費用則依時數比例退還。上述規定，在參訓簡章中，均有詳細說明。

十一、 本人高中普通科畢業，任職於某環保顧問公司，本公司與某工業區管理中心簽約負責整個工業區污水廠的營運與操作屆滿三年，請問是否可以以該項工作經歷報名參加乙級廢水處理專責人員訓練？需檢附哪些證明文件？

答：台端公司與工業區管理中心簽約，如確實為整個工業區污水下水道之營運管理，且派駐人員（非僅廢水廠之操作、維護），有從事廢水處理及操作實務經驗，已滿兩年。請取具：

1. 貴公司與工業區管理中心之全廠營運管理合約書（含派駐營運管理全部人員名冊）。
2. 台端勞、健保投保資料。
3. 公司出具工作經驗證明（需由全廠營運合約甲方工業區管理中心用印證明）。
4. 相關學經歷工作經驗。

始符合乙級廢水處理專責人員之訓練資格。