



理事長的話

王凱中

本協會自成立以來歷任蔣士宜榮譽理事長、張祖恩榮譽理事長、戴華山榮譽理事長及金崇仁榮譽理事長，在歷任理事長之推動與貢獻下，為本會奠定穩固之平台與基礎，特此表達敬意。

承蒙各界疼愛，接續第十二屆理事長由本人接任，期能承先啟後，不負諸位先進之提攜。

本協會跨足環境、安全與衛生三大領域，會員成員涵蓋產、官、學三大族群，本協會未來發展將持續扮演前述三大領域與三大族群之互動平台，藉由舉辦各項研討會、論壇、專題演講、出版會刊及企業參訪等活動，就這三大領域及三大

族群共同來發現問題、討論問題、並解決問題。

未來本協會另一發展重點將繼續推動資深會員之聯繫並廣招新會員入會，期能薪火相傳，不負所望。

本期會刊特別收錄醫療保健、食安問題、土壤污染整治及河川水質探討等議題，以供各位先進參考。本會未來將持續關注各項環安衛議題，繼續為大家提供大眾關切議題的報導，並繼續為大家扮演溝通、交流與議題推動的角色。

最後祝福所有會員及家人身體健康、本會會務興隆，並請各位先進不吝賜教。



Contents

目錄

01 理事長的話

02 專題報導

- 淺談逆流性食道炎 3
- 淺談食安 _ 食物中農藥殘 11
- 塑膠食品包材 _ 環保與食安..... 21
- 以生物強化法降解土壤中機油污染物之研究 .. 31
- 都會型河川水質與藻類變化分析..... 41

03 會務動態

- 中華環安衛科技協會
第十二屆第一次理監事聯席會 會議紀錄..... 56

淺談逆流性食道炎

文 / 郭昭宏 醫師 / 高雄醫學大學 胃腸內科 教授
/ 高雄醫學大學 醫學研究所 博士

李先生是一位身材微胖的業務人員，因業務需求常會早出晚歸，菸酒不忌，且喜好油炸類之速食食品，近來他經常感到心口灼熱且伴有胸痛之情形且這些症狀在飯後及夜晚睡時特別明顯，為此他多次求診，在醫師排除了心臟疾病後，在醫師建議下他接受了胃鏡檢查，並診斷出其患有逆流性食道炎，所以他接受了持續地藥物治療，並改善其生活習慣，之後其症狀獲得明顯之改善。

依據蒙特婁定義 (Montreal definition)，逆流性食道炎 (GastroEsophageal Reflux Disease, GERD) 是指胃內容物的逆流而導致的食道黏膜傷害或是產生相關症狀及併發症，GERD 又可分為食道症候群 (esophageal syndromes) 和食道外症候群 (extraesophageal syndromes)。

也有學者將 GERD 分成三大領域：食道黏膜組織因逆流發炎而形成的糜爛性食道炎 (Erosive Esophagitis, EE)、有逆流症狀但胃鏡下無黏膜發炎破損的情況，則可稱為非糜爛性逆流症 (

Non-Erosive Reflux Disease, NERD)、及食道鱗狀上皮被柱狀上皮所取代稱為巴瑞特氏食道 (Barrett's esophagus)。

★ 臨床症狀 ★

常見的典型症狀為：胃酸逆流 (acid regurgitation)、心口灼熱 (heartburn)。其他非典型症狀包括非心臟疾病引起的胸口悶痛。咽喉炎、喉嚨有異物感、吞嚥困難、疼痛、不明原因長期慢性咳嗽、牙齦受到侵蝕、慢性聲音沙啞和中耳炎等症狀，警訊症候 (alarm symptoms) 包括體重減輕、吞嚥困難，甚至上消化道出血等。胃食道逆流在老年人所表現的症狀會有所不同，老年人胸口灼熱的症狀會減少，但糜爛性食道炎發炎的程度卻會加重，另外老年人發生厭食、體重減輕、貧血和嘔吐症狀的情形也會比較高。胃食道逆流症狀的鑑別診斷包括心血管疾病、膽囊疾病、胃或食道的惡性腫瘤、消化性潰瘍和其他可能的食道炎 (嗜伊紅性、感染性、腐蝕性)。



非糜爛性逆流症

(Non-Erosive Reflux Disease, NERD):

非糜爛性逆流症也就是具有典型的逆流症候而內視鏡並沒有任何明顯的食道炎病灶。在現行健保規範上不能直接以質子幫浦抑制劑 (proton pump inhibitors, PPI) 處方藥物治療，只能要求病患作 24 小時食道 pH 值監測確定異常後，方可使用質子幫浦抑制劑治療。我們建議此類非糜爛型逆流症患者，優先自行試用質子幫浦抑制劑連續 1~2 週後觀察治療反應情形，來確立胃食道逆流疾病的診斷 (PPI test)。如果是 PPI test 試用反應良好的病患，為改善惱人逆流症狀及生活品質，就應該自行以質子幫浦抑制劑作治療。但對於確實具有逆流症候而高劑量質子幫浦抑制劑測試反應不佳的病患，可能就屬於功能性火燒心 (functional heartburn)。可能是由臟器過度敏感 (visceral hypersensitivity) 所引起。治療上較為棘手，有些案例對各種抑酸藥物的反應都不是很好。

糜爛性食道炎

(Erosive Esophagitis, EE):

糜爛性食道炎病患在目前所有的治療建議上，都是以質子幫浦抑制劑作首選。

巴瑞特氏食道

(Barrett's esophagus):

食道鱗狀上皮被柱狀上皮所取代稱為巴瑞特氏食道 (Barrett's esophagus)。巴瑞特氏食道在臺灣比較少見 (<2%)，目前的建議除內視鏡外，需要病理組織來確認診斷。新蒙特婁定義 (Montreal definition) 中，將內視鏡發現似乎是巴瑞特氏食道，但尚未經由病理組織取樣診斷的病灶，稱為 endoscopically suspected esophageal metaplasia (ESEM)。對巴瑞特氏食道治療，主要還是以質子幫浦抑制劑來抑酸治療。以目前國際間巴瑞特氏食道的文獻為參考，質子幫浦抑制劑並無法逆轉病理上的變化。但是如果不用抑酸藥物治療，產生巴瑞特氏食道病變的食道細胞可能會進一步癌化。至於定期篩檢，目前國際間也尚無定論。可能要考慮危險因子來施行，目前已知的危險因子包括白種人、男性、老年人、食道正常鱗狀上皮被柱狀上皮取代 (BE longsegment)、長期有逆流症候等等。基於對癌症預防的效果以及經濟上的考量，多半建議 2~3 年進行 1 次。預期國內這類巴瑞特氏食道病患在 10 年後的世代可能會增加。

★ 致病機轉 ★

一般認為會造成 GERD 的原因有遲滯性的胃排空、下食道括約肌的壓力減低、陣發性下食道括約肌鬆弛增加、食道排酸的能力減低、胃和食道間壓力差增加以及食道黏膜防禦機能受損。在台灣的研究顯示男性、橫膈膜疝氣、抽煙、身體質量指數 (body mass index, BMI) $>27\text{kg}/\text{m}^2$ 、慢性阻塞性肺病為 GERD 的危險因子，而代謝症候群也是危險因子。研究發現有嚴重逆流的病人不一定有明顯逆流的症狀，但逆流不嚴重的病人 (NERD) 卻有明顯的不舒服症狀。所以也有研究指出症狀的產生可能是受到多重因素的影響，包含逆流的成分 (胃酸、膽汁、胃蛋白酶、液體和氣體)、近端食道的擴張、食道週邊接受器對刺激的敏感性 (esophageal hypersensitivity) 和中樞神經系統的調控。有些基因多型性也跟 GERD 的形成有關係，例如 IL-1B、IL-1RN 和 IL-10 的某些基因變異可以減少 GERD 的發生，而 GSTP1b、CCND1、GNB3 和 hMLH1 的基因變異則會造成 GERD 的增加。

★ 診斷 ★

常使用於檢查是否有 GERD 的方式有下列數種：

1. 胃鏡檢查：依據洛杉磯的分級 (LA grade) 來判斷胃食道逆流的嚴重程度，分為 A, B, C, D 四級。其中 A, B 屬於輕度；C, D 屬於重度。近年來也推廣使用布拉格分類法 (Prague C&M classification) 來評估巴瑞特氏食道之嚴重度。另外也有根據 Hill's 分類法，來判定病人預防逆流結構 (gastroesophageal flap valve, GEFV) 之強度。
2. 二十四小時食道酸鹼值測定 (24-hour ambulatory esophageal pH monitoring)。
3. 結合酸度測試和多管腔食道內抗阻及胃腸道壓力設備 (combined 24-h multichannel intraluminal impedance-pH monitoring) 可進行酸和非酸 (non-acid) 逆流的監測，提供逆流與症狀之間相關性的佐證。
4. 下食道括約肌壓力的檢測，測定下食道括約肌壓力之變化。
5. X 光鋇劑攝影。
6. 病人也可使用自評問卷 (Chinese GERDQ) (表一) 來簡單評估是否有 GERD，問卷分數超過 12 分表示有很高的機會有 GERD。
7. 質子幫浦抑制劑 (proton pump inhibitor, PPI) 的試驗治療 (PPI test)：對於有典型症狀的病人可以



建議先使用 PPI 治療兩週，觀察其症狀改善程度，若獲得明顯改善則可推論其患有 GERD。並不是每個有胸口灼熱症狀的病人都一定需要接受內視鏡的檢查，但下列症狀出現時，內視鏡檢查則是優先之考慮：

1. 懷疑逆流症狀是由其它疾患如消化潰瘍、藥物型食道炎等所引起時。
2. 病患具有警訊症候（體重減輕、吞困難、上腹腫塊、胃腸道出血、貧血）的時候。
3. 對生活型態調整及成藥治療沒有適當反應的病患，也有必要以內視鏡作進一步的檢查。

★ 治療 ★

一、生活型態的調整：

生活型態的調整是治療胃食道逆流症的重要步驟：（一）飲食習慣：避免食用下列食品：1. 柳橙汁、葡萄柚汁和蕃茄汁。2. 油炸或高脂肪食品。3. 辛辣食物。4. 酒、菸及咖啡。5. 過甜之食品如巧克力。6. 薄荷。（二）生活型態：1. 減輕體重：肥胖是胃食道逆流症很重要的危險因子，就算是體重在正常範圍的人發生的機會也會隨著 BMI 上升而增加，此外 BMI 的上升也會加重胃食道逆流的症狀。2. 平時勿著緊身衣物，尤其像是腰帶繫得過緊，多半會使胃酸逆流現象增加。3. 餐後一至二小時內忌平躺，因此

時食物上停留於胃裡面，平躺會增加胃酸逆流食道的機會。同樣的，晚上入睡前也忌進食以減少胃酸逆流的發生。4. 躺臥時，頭部宜墊高十五至二十公分左右。根據研究，最重要改善胃食道逆流症狀的方式是減輕體重以及平躺時將頭提高。

二、藥物治療：

處理胃食道逆流症主要的治療方向在於 1. 抑制胃酸分泌。2. 促進胃液從食道排空和。3. 加強下食道括約肌的張力。一般治療的目標在控制胃酸使食道中酸鹼值高於 4 ($\text{pH} > 4$)。治療藥物主要為：質子幫浦抑制劑 (PPI)、 H_2 受體拮抗劑 (histamine 2-receptor antagonists)、調節胃腸蠕動藥物 (prokinetic agent)、制酸劑 (antacids)、海藻酸鹽 (alginate) 和疼痛的調節劑 (pain modulator)。

（一）質子幫浦抑制劑 (PPI)：

PPI 抑制胃酸分泌的效果最好，可以有效改善症狀和促進食道炎傷口的癒合，根據文獻報告有 80% 左右之療效。所以是目前用於治療胃食道逆流症最首選之藥物。一般而言，服藥後 3~5 天就會出現效果，到 4~8 週後應該再度評估。對於控制良好的病患，可以逐步減少質子

幫浦抑制劑劑量 (step down)，有些病患甚至可以停藥。而對於不能停藥的病患，也可以採用間斷治療 (intermittent therapy)，或是採需要時治療 (on demand therapy, ODT)，也就是當日有症狀時才服藥。如果症狀有再明顯復發的現象，就按照本流程再度開始治療。對質子幫浦抑制劑治療反應不佳的病患，一般建議增加劑量至 1 日 2 次，或是嘗試換其它質子幫浦抑制劑。也有嘗試質子幫浦抑制劑外，於晚間加上乙型組織胺受體拮抗劑 (H₂-receptor antagonist, H₂RA)。

而 PPI 治療胃食道逆流症失敗的病患建議需再度確認病患的逆流症候是否由其它原因，諸如功能性火燒心所引起。治療胃食道逆流症失敗主要因為藥物順從性不佳、胃排空 (gastric emptying) 較慢和食道過度敏感 (visceral hypersensitivity)、夜間酸突破現象 (nocturnal acid breakthrough)、個人體質差異如：CYP2C19 基因多型性 (造成代謝過快)、IL-1b 基因多型性 (造成胃酸過高) 和 MDR1 基因多型性 (造成抗藥性) 也可能是造成治療失敗的原因。關於傳統 PPI 治療失敗的問題，一些新的長效型 PPI 將來可能可以成為新的治療方式。

(二) H₂ 受體拮抗劑：

可以暫時緩解胃酸逆流症狀，對於治療夜間睡眠中的胃部不適感也有額外的幫助，但 H₂ 受體拮抗劑只能治療輕度到中度的逆流性食道炎，且 H₂ 受體拮抗劑的長期使用可能會產生身體耐受性，對於治療胃食道逆流的整體效果也不如 PPI。

(三) 制酸劑和海藻酸鹽：

制酸劑可用於緩解 PPI 治療過程中的陣發性胃部不適感，但除了減少疼痛以外，由於作用時間短，制酸劑並不能促進逆流性食道炎傷口的癒合。而海藻酸鹽的複合物主要也是用於症狀治療，可用於改善病人飯後和夜間睡眠中胸口灼熱的不適感。

(四) 調節腸胃蠕動藥物：

大多為增加食道及胃的蠕動以加速胃之排空，藉由減少酸對食道的刺激來減緩症狀；但一些嚴重的副作用 (心率不整、震顫、遲發性運動不能) 也大大地限制這類藥物的使用。由於這類藥物發揮作用的時間較慢並且效果短暫，所以促胃腸蠕動藥物一般做為輔助性治療。

另外，因為胃食道逆流和下食道括約肌不自主放鬆 (transient lower esophageal sphincter



relaxation, TLESR) 有關，可以使用 baclofen 來減少 TLESR；但此藥物在老年人及慢性腎病患者會造成無力嗜睡，須謹慎使用。

(五) 疼痛的調節劑：

如果症狀是因為食道過度敏感 (esophageal hypersensitivity) 所引起的不舒服，往往對一般抑制逆流和抑制胃酸分泌藥物的反應不好，也常常是治療失敗的原因，針對這些病人，可能就需要使用某些疼痛調節劑 (tricyclic antidepressants、trazodone、selective serotonin reuptake inhibitors) 做為疼痛控制的輔助治療。

三、需要注意其他藥物的作用：

下列藥物有可能會造成胃食道逆流症狀，若有胃食道逆流症狀，可先告知醫師：1. 減少下食道括約肌收縮力的藥物：鈣離子阻斷劑、乙型受體協同劑、抗膽鹼製劑 2. 直接影響食道黏膜的藥物：Alendronate, Tetracycline, doxycycline Quinidine, KCl, NSAID

四、手術治療

(antireflux surgery)：

如果病人在使用強效制酸藥

物 (PPI) 後仍反覆出現逆流相關的症狀，或者是本身存在著不可逆的結構異常 (如橫膈膜疝氣)，對於這些病人可能就需要手術治療。手術治療分為腹腔鏡胃底折疊術 (laparoscopic fundoplication) 和內視鏡胃底折疊術 (endoscopic fundoplication) 治療，而以腹腔鏡胃底折疊術為標準治療。

五、內視鏡治療

(Endoscopic therapy for GERD)：

有別於藥物及外科手術，目前更發展出經由內視鏡的輔助，對病人施以抗胃食道逆流術之治療，可說是內科對於胃食道逆流性疾病治療之一大改革。早在幾年前，內視鏡之抗胃食道逆流術即已通過美國食品及藥物管理局之核准，且經過臨床人體試驗證實對胃食道逆流性疾病能有效的控制症狀，且大幅改善病人的生活品質及減少或完全停止藥物之使用。

胃食道逆流疾病和幽門螺旋桿菌：

就流行病學而言，Koike 等人發現有 GERD 的病人，33.7% 有幽門螺旋桿菌之感染，而控制組則高達 72% 有感染。Grebeuev 等人更指出：就食道炎的嚴重度而言，有幽門螺旋桿菌感染者其程度較輕，而未感染者較嚴重，似乎更加強此

菌逆流疾病有保護作用之說法。但 D' Connor 等學者則認為：不論是盛行率或逆流性食道炎的嚴重度而言，兩組並無顯著之差異。而 2012 Maastricht IV 共識及 2015 年台灣共識均認為 GERD 與幽門螺旋桿菌無明顯相關。

★ 結論 ★

胃食道逆流疾病的發生率不斷在增加，臨床上對於逆流所造成相關症狀也更加重視，認知胃食道逆流疾病與呼吸系統疾病、心血管疾病以及耳鼻喉科疾病之間的相互關係。除了藥物治療（以質子幫浦抑制劑為主）外，生活型態調整也很重要（尤其是減輕體重）。另外，巴瑞特氏食道也是臨床上另一個重要的課題，臨床醫師亦應注意其後續之追蹤與處理。手術治療在某些病人（藥物治療後仍一再復發、橫膈膜疝氣）可能也是需要考慮的處理方式。總之在治療逆流性食道炎時，藥物固然有其不可或缺之功用，但是病人本身之努力改善生活型態與耐心的接受治療，可以有效的改善症狀、降低復發率，更重要的是可以降低未來發生嚴重併發症之風險。

參考文獻

1. Goh KL. Gastroesophageal reflux disease in Asia: A historical perspective and present challenges. *J Gastroenterol Hepatol* 2011; 26 Suppl 1: 2-10.
2. Ho KY, Chan YH, Kang JY. Increasing trend of reflux esophagitis and decreasing trend of *Helicobacter pylori* infection in patients from a multiethnic Asian country. *Am J Gastroenterol* 2005; 100: 1923-1928.
3. Lien HC, Chang CS, Yeh HZ et al. Increasing prevalence of erosive esophagitis among Taiwanese aged 40 years and above: a comparison between two time periods. *J Clin Gastroenterol* 2009; 43: 926-932.
4. Hung LJ, Hsu PI, Yang CY et al. Prevalence of gastroesophageal reflux disease in a general population in Taiwan. *J*



Gastroenterol Hepatol 2011; 26: 1164-1168. institution experience. Dis Esophagus 2010; 23: 201-207.

5. Chen MJ, Lee YC, Chiu HM et al. Time trends of endoscopic and pathological diagnoses related to gastroesophageal reflux disease in a Chinese population: eight years single
6. Chang CY, Cook MB, Lee YC et al. Current status of Barrett's esophagus research in Asia. J Gastroenterol Hepatol 2011; 26: 240-246.

表一 胃食道逆流疾病評量問卷 (Chinese GERDQ)

	心口灼熱感	胃部酸液感	胃酸逆流感	使用制酸劑
1. 嚴重程度				
從來沒有	1	1	1	1
症狀輕微	2	2	2	2
症狀明顯但可忍受	3	3	3	3
症狀嚴重	4	4	4	4
症狀非常嚴重	5	5	5	5
2. 發生頻率				
過去一年沒有發生	1	1	1	1
每月少於一次	2	2	2	2
每月大於一次	3	3	3	3
每星期一次以上	4	4	4	4
每日一次以上	5	5	5	5

淺談食安 _ 食物中農藥殘

文 / 劉伯康 / 中臺科技大學食品科技系 助理教授

陳信榕 / 中臺科技大學食品科技系 兼任講師

/ 國立中興大學食品暨應用生物科技系 博士生

農藥在臺灣常是慣行農業非用不可的農業生產藥劑，它是用來防除農產植物病害，農藥（Pesticides）是指對有害生物具有殺滅、抑制和驅除作用的人工合成或天然的物質，農藥分為殺昆蟲劑（Insecticides）、殺菌劑（Fungicides）、除草劑（Herbicides）、殺劑（Acaricides）殺螺劑（Molluscicides）和滅鼠劑（Rodenticides）。當農藥過量施用，超過最大殘留限量（MRL）時，將對人畜產生不良影響或透過食物鏈對生態系統中的生物造成毒害。由於這類物質具有較高的脂溶性和穩定性，在自然界中較難降解，很容易經食物鏈進行生物累積，隨著營養級提高，農藥的濃度也逐級提高，導致受體生物的急性、慢性和神經中毒。進入人體的農藥對人體產生急性毒性和慢性毒性，包括致突變性、致癌性、和對生殖以及下一代的影響。

我國是世界上農藥生產和消費

較高的國家，因大量使用的農藥，我國農藥中毒人數越來越多，1994年起我國農藥中毒人數已超過10萬人，大部分是食物農藥殘留而引起，目前農藥殘留是主要的世界公害之一。其中殺蟲劑在現代社會角色為引起爭論的問題。食物中的農藥殘留也成為目前世界重要的食物安全性問題。殘留於農作物可分三類，農藥一般以三種殘留方式存在於植物體：

1. 第一種為形成乾膜附著於植物體表面。
2. 第二種為滲透進入植物體表面蠟質部分而累積於作物表層。
3. 第三種則是經由根部、葉部組織之吸收而散布於植物體各部分。

目前使用之合法農藥，大部分可在三天內經體內酵素分解成毒性低的代謝物，而由尿及糞便中排出。至今禁用三十多種農藥，禁用原因是經實驗證實會有可能污染環境、致畸胎性、具生育毒性、致癌性、致腫瘤性或屬於及極毒性



農藥。每天如能多吃蔬果，可以降低致癌率，而蔬菜水果富含的維他命、礦物質及其他植物性學成分，將更具有熱量低、可能加抵抗力、免疫力等諸多好處。最常見的禁用農藥：

1. 有機磷殺蟲劑：

有機磷殺蟲劑

(organophosphorus insecticides) 為磷酸和硫磷酸的酯化物，如大氯松 (dichlorvos) 中之巴拉松 (parathion)。此類殺蟲劑的作用機制為抑制乙醯膽鹼酯酶 (AChE) 的活性，乙醯膽鹼 (acetylcholine; Ach) 導致的堆積，使神經傳導受到阻礙，引起許多症狀，其嚴重程度可由測定血液中膽鹼酯的活性強度來判定。此類的殺蟲劑，尚有甲基巴拉松 (methyl-Parathion)、大力松 (diazinon)、大滅松 (dimethoate)、馬拉松 (malathion)、美文松 (mevinphos)。

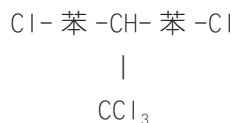
2. 有機氯殺蟲劑：

有機氯殺蟲劑

(organochlorine insecticides) 包括氯化乙烷 (chlorinated ethane) 的衍生物、cyclodienes 和六氯環己烷

(hexachlorocyclohexanes; HCH) 三大類，此類殺蟲劑如 DDT，DDT 和甲氧氯 (methoxychlor) 是屬於氯化乙烷的衍生物，甲氧氯具有較 DDT 低的毒性和持久性。在 cyclodienes 類的殺蟲劑中，安特靈 (endrin) 的毒性極強，阿特靈 (aldrin) 和地特靈 (dieldrin) 次之，而可氯丹 (chlordane)、飛佈達 (heptachlor) 和滅蟻樂 (mirex) 最弱。靈丹 (lindane) 是六氯環己烷的 *r*-異構物，其毒性很強，但卻不易累積，因此靈丹在使用上較六氯環己烷來得廣泛。禁用的有機氯劑農藥例：

(1) DDT (二-p-氯苯基-三氯乙烷)：



其脂溶性強具揮發性，殘留時隨食品在消化道吸收外，也可隨呼吸和皮膚接觸而吸收，吸收後在氧化酶作用下，在肝臟中轉化為較弱的 DDA 但有較強的蓄積性，進入富含脂肪的淋巴組織和神經組織中成為主要蓄積形成慢性中毒。DDT 對生殖系統、免疫及內分泌系統、白血病、子代死亡及發育不良；但 FDA 對其致癌性尚未作出最終結論。

(2) 艾氏劑 (Aldrin；即安特靈) 與狄氏劑 (Dieldrin；即地特靈)：

均屬氯化環戊烯類殺蟲劑根據 Diels-Alder 反應原理合成故而得名，具很強的急性毒性，FDA/WHO 將此類列為一級致癌物 Ia 類極度危害性農藥、重要的檢控農藥並禁用，可產生嚴重的神經中毒、痙攣、肝實質性壞死，生殖毒性和致癌性。但其作用機制不甚清楚。

(3) 氯丹 (Chlordane)：同屬 Diels-Alder 反應原理合成，含八個氯原子，具強生殖毒性和致癌性。

這些農藥的毒性可分為對哺乳動物急性、慢性與生態環境影響之毒性（包括水生物、鳥類、蜜蜂、蚯蚓等非目標之有益生物），其中最常用來評估農藥毒性大小的是哺乳動物（大鼠）經口服與皮膚的半數致死劑量：LD₅₀，數值越小，表示毒性越高。查出 LD₅₀ 數值後，再輔以參照農藥標示管理辦法的農藥毒性分類表（如附表），才能判斷出某個農藥的毒性級別。農藥罐上會以紅色、黃色、藍色、綠色的背景色帶，來代表劇毒、中毒、輕毒、低毒的農藥，讓農友選購及使用時方便辨識。以下說明農藥毒性分類：

急性毒性分類	口服 LD ₅₀ (mg/Kg body weight)	皮膚 LD ₅₀ (mg/Kg body weight)
極劇毒	≤ 5	≤ 50
劇毒	>5~ ≤ 50	>50~ ≤ 200
中等毒	>50~ ≤ 2,000	>200~ ≤ 2,000
輕毒	>2,000 ≤ 5,000	>2,000 ≤ 5,000
低毒	>5,000	>5,000

惟目前卻缺乏讓消費者透明、易懂的整合資訊系統，到底某項農藥的毒性高低、用量用法為何、各類作物的殘留容許量又是多少？就毒性、容許量標準、資訊平台整合等目前是如何管理農藥，以減少民眾恐慌？目前國內登記農藥有 536 種（含混合劑）。

一、農藥資訊分散各處，不利搜尋與溝通

1. 目前較完整的農藥資料系統為農委會農業藥物毒物試驗所所建立的「農藥資訊整合檢索平台」。在此輸入農藥的普通名稱（例如：益達胺），可以查到此農藥的植物保護



資訊、農藥廠商、許可證、藥害發生地點等等。

2. 但若想要更詳細了解農藥的使用範圍，必須上農委會防檢局的「農藥資訊服務網」。在「登記管理」條目下「登記農藥查詢」，輸入農藥名稱後，可以查到核准使用此藥的作物種類、使用時機、用量與稀釋倍數，和注意事項等，也可看出個別項目是否為延伸使用。有關農藥毒性與安全資訊，連結同一個網站的「毒理資料庫」條目，連到”「農藥安全資訊資料庫平台」”，輸入農藥名稱後，可以看到此藥的毒性資料與毒理數據，選擇「匯出農藥安全資訊」。或是選擇「GHS化學品全球調和制度」條目，選擇農藥 MSDS 範例，下載某項農藥的安全資料表。

3. 食藥署資訊卻沒同步，查到的未必是正確資訊，因為一支農藥經農委會核准使用後，殘留量的衛生標準卻是由衛福部制定，也就是判斷農藥是否「超標」的依據。這部分必須上食藥署「農藥殘留容許量標準」網頁查詢，鍵入農藥名稱，可查詢此藥在不同作物上的殘留容許量值。但食藥署這個查詢系統並未即時更新，以引發爭議的農藥氟

派瑞為例，只查到 14 項作物的殘留容許量，但實際上已公告 30 種作物的容許量，因為資訊並未更新，因此如要獲得最新完整的殘留容許量列表，需選擇第七條之後的附表：農藥殘留容許量標準附表。或者上行政院公報資訊網，打「農藥殘留容許量標準」才能查到最新的版本。

以上農藥資訊分散在藥毒所、防檢局、食藥署各個單位，不僅查詢不便、缺乏連結，也不易與民眾溝通。除了相關專業人士或較有概念的農民、農藥商懂得使用以外，一般民眾根本難以利用，就算連上去也是霧裡看花。

二、資訊平台整合：提昇農藥透明度，方能增進產消雙方彼此理解

1. 某支農藥有制定殘留容許量的作物有數十種，並不代表國內的這些作物都可以使用這支農藥。實際可以使用的作物，只有「農藥使用範圍」內列出的項目。至於不在使用範圍、卻有制定容許量的，是進口農產品另外申請的，國內作物仍不得使用。反過來看，國內核可使用某農藥在某項作物上，也不一定都有對應的殘留容許量標準。

2. 大多數項目都可找到相對的容許量，不過：(1)LD50 大於 10,000 的低毒性農藥，得以免訂容許量。(2) 還有些早期的農藥，使用上比較不會殘留的，可能會沒訂，未來還會逐漸補上。(3) 還有一種情形是農藥核准到制定容許量中間的時間差。

3. 即使是負責建立檢驗方法的食藥署，也面臨新藥核准、卻來不及納入現行 374 項農藥多重殘留分析方法的項目中的窘況。

4. 新藥審查要公開到什麼程度需要跟業界討論達成共識，因為有些資訊會涉及業者的營業秘密，如果政府將之提早揭露，業者可能根本就不來臺灣申請登記了，故仍必須謹慎思考溝通。中央主管機關農委會已承諾，未來農藥從案件受理到審查，都會朝向資訊透明、廣納意見方向邁進，考慮建立既有農藥的資訊整合平台，並提昇易讀性與應用性。

另舉芬普尼事件為例，為何雞蛋中會被檢驗出芬普尼？2017 年芬普尼雞蛋污染事件是來自歐洲的事件，涉及殺蟲劑污染到雞蛋和蛋製品而蔓延。歐盟委員會確認遭殺蟲劑芬普尼污染的雞蛋已經擴散至

香港、瑞士及 15 個成員國。芬普尼（拉丁語：fipronil），分子式為 $C_{12}H_{4}Cl_2F_6N_4O_8S$ ，為農藥的一種，在中國大陸其農藥名稱稱為「氟蟲腓」，而使用在犬貓的產品名稱稱為「蚤不到」（Frontline）。對於甲殼類動物、螞蟻、白蟻、甲蟲、蟑螂、扁蟲、浮游動物和蜜蜂等昆蟲有效，為常見殺蟲劑或是寵物的跳蚤產品使用。殺蟲劑產品形式多為顆粒、凝膠餌或液狀（懸劑）產品。研究證實芬普尼會危害動物和生態環境，同時它是一種致癌物質，影響昆蟲中樞神經系統的運作而中毒。2017 年 11 月 27 日衛福部食藥署與農委會會議決議雞蛋芬普尼殘留標準從目前 5ppb 放寬至 10ppb。臺灣也在 106 年 8 月 22 日由農委會公布彰化地區有三個養雞場的芬普尼含量超標。其來源及風險：

1. 來源：(1) 在牛吃的青草飼料有農藥的殘留。牛吃下的農藥會累積在牠們的脂肪和牛乳當中，間接影響食物鏈。對於魚類、水生無脊椎動物、蜜蜂和某些鳥類來說是劇毒。因芬普尼一旦污染至土壤或水中後降解速度緩慢，這些動物在這樣環境下造成危害的風險。芬普尼在農業和漁業產生環境與生態污染，因此在特定產業上是被禁用



的。(2) 寵物使用含有芬普尼的跳蚤產品時，芬普尼在牠們身上殘留約至少 56 天，同時人類也可能接觸寵物時而受影響。寵物接觸芬普尼會產生以下中毒症狀：包括刺痛，嗜睡，動作不協調，抽搐等。(3) 故雞蛋中會被檢驗出芬普尼來自環境殺蟲劑、可能來自污染飼料、病媒引入…等。

2. 風險：(1) 美國環境保護署已將芬普尼列為致癌物質，動物實驗中證明長期暴露於芬普尼會起甲狀腺良性和惡性的腫瘤產生。同時也指出癲癇發作和死亡也與芬普尼有關。懷孕期接觸芬普尼時，生出來的胎兒比沒有接觸芬普尼的胎兒細小，因此胎兒需要花更長的時間使他們能完全的成熟，即造成發展延緩的問題長，可能存在減少交配、生育能力下降、子數減少和降低受孕機會的風險。(2) 暴露於芬普尼會產生以下症狀：頭痛、噁心、頭、乏力及眼睛的刺激和傷害。(3) 芬普尼殺蟲劑也因為連鎖殺蟲的原理造成蟑螂死於家中孳生塵蟎與黴菌，影響居家環境；殘留在蟑螂身上的芬普尼也會因為蟑螂在家中爬行途中，殘留在家裡的鍋碗條盆、食物和衣物等家具上，形成看不見

的毒性物質而造成人類或寵物間接觸毒素。那目前衛生、環保、農業機關如何管理的呢？

1. 衛生機關：

依食安法第十五條第 1 項第 5 款食品或食品添加物有下列情形之一者，得製造、加工、調配、包裝、運送、貯存、販賣、輸入、輸出、作為贈品或公開陳列：五、殘留農藥或動物用藥含量超過安全容許量。依稽查結果，得裁罰 6 萬至 2 億元。

2. 環保機關：

環保署毒物及化學物質局（危害控制組）依「環境用藥管理法」規定，環境用藥分成 3 種類含：環境衛生用藥、污染防治用藥及環境用藥微生物製劑。又依其使用濃度及使用方式之不同，在管理上分為一般環境用藥、特殊環境用藥及環境用藥原體。環境用藥管理包括登記許可制度、運作管理制度及查核抽驗制度，相關法規均已建制完全，以作為執法依據。推動環境用藥管理資訊透明化、網路查詢便捷化，已建置「環境用藥許可證照查詢系統」置，提供業者、政府機關及民眾查詢合法登記的環境用藥及

病媒防治業、環境用藥販賣業等資訊；並建置「環境用藥安全使用網站」，提供民眾認識常見居家環境衛生害蟲、安全使用環境衛生用藥，甚至環境用藥選購原則，都可隨時上網站查詢，加強教育宣導，提高安全用藥認知以提昇管理效能。

3. 農業機關：

(1) 農藥管理法：全國性農藥管理政策、方案與計畫之策劃、訂定及督導執行、法規之制（訂）修定、研議、釋示及執行、農藥管理用藥之宣導、農藥商來源之管理、人員之訓練及管理、農藥管理業務之督導及查察源頭。

(2) 動物用藥品管理法：主管機關對動物用藥品製造業者、販賣業者、獸醫診療機構或其他使用動物用藥品者，派員赴禽畜場與水產養殖場及飼料製造廠，稽查其有關動物用藥品之使用情形，並得作生體抽樣檢查。經主管機關檢查、檢驗後，發現使用不符合本法規定動物用藥品者，主管機關得命其提供來源之相關資料。

本事件後由農委會修法納入此法主政管理。

(3) 裁罰取締：

- A. 農政及衛生單位加強查緝裁罰取締源頭禁藥農藥商。
- B. 農政及衛生單位加強抽檢產地、傳統市場、賣場通路，並裁罰取締。
- C. 農政系統強力宣導用藥種類、方法、用量濃度限制、採收停藥期等。

消費者對農藥的攝取安全及政府是如何訂定殘留農藥安全容許呢？就農藥之 MRL 及每日最大容許攝取量 ADI 來介紹，採 MRL= 最大殘留限量標準 (Maximum Residue Limits; MRL。單位：mg/kg 或 ppm)。

1. $ADI = NOAEL / (100 \text{ 或其他})$ 。先以該農藥品項以動物實驗結果獲得之無不良反應劑量 (NOAEL) 除以安全係數 (通常為 100)，得出 ADI 值，代表人體對該項物質即使每天攝取也不會造成任何健康影響的劑量。

2. $MRL = 80\% ADI$ 為上限。MRL 計算是先依國人的飲食習慣 (該項產品之消費量)、田間試驗作物各項作物田間試驗之農藥使用後) 的殘留量結果進行攝食風險評估。其中因為 20% 再預留給可能來自環境、飲用水對相同農藥殘留之攝取。



但農藥使用於病蟲害防治是農作物無法避免的，是否有取代農藥的產品可教導農民用藥的安全？舉蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*) 為例，美國藥物食品檢驗局核准「免於食物殘留量試驗」，蘇力菌可以直接用於食用作物。意即蘇力菌對供試動物實質上無毒，直接施用於食用作物，對人體無害。蘇力菌為一胃毒劑，必須讓害蟲取食消化到中毒而死，所有蘇力菌產品之作用原理，均與此類似。

1. 安全性：蘇力菌於1961年美國核准為一般用殺蟲劑 (General use Pesticide, GUP)，其對眼睛皮膚可能有些為刺激作用，故其毒性分類屬第三類一微毒。蘇力菌一般認為對人體無害，技術級之純蘇力菌，對老鼠的口服半數致死量LD50為400mg/kg，但製成劑型則濃度降低則為8, 100mg/kg。通過人體口服毒性試驗。

2. 作用機制：當蘇力菌孢子及其毒蛋白結晶內毒素被標的害蟲取食，進入中腸內成高鹼性，並含許多酵素，以致於毒蛋白結晶溶解，會使中腸細胞麻痺，毒蛋白成分隨即攻擊害蟲腸壁，阻斷酵素系統，干擾

的消化作用，腸壁迅即產生破洞、腸穿孔，而使得腸內的物質進入體腔、血淋巴。此一初步中毒，使得害蟲停止進食，甚至於麻痺，然後細胞孢子經由此腸破洞侵入害蟲體腔即其他組織，在血淋巴內繁殖數小時，引起血淋巴中毒、敗血症，迅速將害蟲殺死或數日後死亡。

最後，然而消費者最關心的是農藥是否能洗得掉？因為每隔一段時間新聞媒體都會批露某農藥超標、驗出禁藥等等，都會使得家庭主婦人心惶惶；仿間也出現不少學者專家教導怎麼清洗蔬果，不過消費者可知道有些「系統性農藥」早被吸收進入植物體，再怎麼清洗都清洗不掉，因為這關乎農藥本身是：

1. 屬於接觸性或是系統性農藥？前者是噴灑於植物表面，可以清洗去除；若是後者，則會進入植物體內移行，只能等它自行消退，無法從外表清除。而這項指標，也無法從目前的農藥查詢系統當中看出。

2. 農藥是脂溶性或水溶性？也是民眾在意的話題，同樣牽涉到能不能用清水洗掉、泡茶會不會溶出，不過同樣也查不到相關資訊。

又目前供應中小學營養午餐之各團膳廠商及截切蔬菜廠商，常用快速檢測，原理是乙醯膽鹼酯酶 (Acetylcholinesterase) 需活性抑制率 (AchE) $\leq 35\%$ ，即判定陰性 (清洗後即可食)； $35 \sim 45\%$ (加強清洗)；若 $\geq 45\%$ 即判定陽性可能超標。因屬即時性之快速檢測，其實驗數據會因有無加溴水將致有機磷殺蟲劑實驗數據落差大。那麼社會大眾在無儀器檢測，該如何避免過多的農藥攝取呢？可從：

1. 選購方面：(1) 多選當季盛產之蔬果。(2) 買菜時常更換攤位、分散購買。(3) 選用有特殊風 (天然抗菌病成分) 對病蟲害較有抵抗力之蔬果。(4) 有蟲眼的蔬果顯示農藥較少、安全性高。(5) 選擇具有良好信譽的商家產品，如 CAS、GAP、有機驗證等標章之農產品。

2. 清洗方面：(1) 在水龍頭下清水清洗。(2) 包葉菜類應將葉片撥下一片片仔細清洗。(3) 蔬菜清洗時，先以水沖洗根部，將根部摘除，再以水浸泡 10-20 分鐘，之後再沖洗 2-3 遍則有助於去除水溶性殘餘農藥。(4) 容器清水加以一小匙食用級小蘇打 (NaHCO_3) 溶解脂溶性農藥後清洗。

關鍵字：

Pesticides ; Food control ; Bacillus thuringiensis ; Maximum Residue Limits; fipronil

參考文獻

1. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局農藥安全資訊資料庫平台 . <http://ghs.baphiq.gov.tw:8080/Chemurgy/enterSearchMaterial.do>

2. 行政院農業委員會藥物毒物試驗所 ” 農業藥物毒物試驗 ” 所建立的「農藥資訊整合檢索平台」. <https://portal.tactri.gov.tw/>

3. 衛福部食藥署「農藥殘留容許量標準」. <https://consumer.fda.gov.tw/Law/PesticideList.aspx?nodeID=520>

4. 上下游 News&Market (2015) :《農藥用水洗的掉?》 <https://www.newsmarket.com.tw/blog/77092/>

5. 上下游 News&Market (2017) :《食藥署今預告廢止氟派瑞在茶類容許值 農委會做六大承諾提高食安風險溝通》 <https://www.newsmarket.com.tw/blog/93479/>



6. Leopoldo Palma, Delia Muñoz, Colin Berry, Jesús Murillo, Primitivo Caballero. *Bacillus thuringiensis* Toxins: An Overview of Their Biocidal Activity. *Toxins* (Basel) 2014 Dec; 6(12): 3296–3325.
7. Mustapha F. A. Jallow, Dawood G. Awadh, Mohammed S. Albaho, Vimala Y. Devi, Nisar Ahmad. Monitoring of Pesticide Residues in Commonly Used Fruits and Vegetables in Kuwait. *Int J Environ Res Public Health*. 2017 Aug; 14(8): 833.
8. Carol J. Burns, Laura J. McIntosh, Pamela J. Mink, Anne M. Jurek, Abby A. Li. Pesticide Exposure and Neurodevelopmental Outcomes: Review of the Epidemiologic and Animal Studies. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2013 Apr; 16(3-4): 127–283.
9. Dianhao Guo, Jiapeng Luo, Yuenan Zhou, Huamei Xiao, Kang He, Chuanlin Yin, Jianhua Xu, Fei Li. ACE: an efficient and sensitive tool to detect insecticide resistance-associated mutations in insect acetylcholinesterase from RNA-Seq data; *BMC Bioinformatics*. 2017; 18: 330.
10. Mohamed E. I. Badawy, Ahmed F. El-Aswad. Bioactive Paper Sensor Based on the Acetylcholinesterase for the Rapid Detection of Organophosphate and Carbamate Pesticides. *Int J Anal Chem*. 2014; 2014: 536823.

塑膠食品包材 _ 環保與食安

文 / 陳信榕 / 國立中興大學食品暨應用生物科技系 博士生
/ 中臺科技大學食品科技系 兼任講師

研究報告顯示塑化劑濃度每增加 1 倍，智商則下降 1。國衛院研究團隊研究報告鎖定二〇〇一年四百卅名孕婦，收集母親的尿液檢體，並每隔三年訪視母親與小孩，分別在小孩二、五、八、十一歲時收集其尿液檢體，經由貝氏、魏氏量表檢測智力發展，其中魏氏量表就是廣為人知的智力測驗，正常人平均得分 100 分，例如臺北市長柯文哲常自稱 IQ157 就是由此測得。研究報告分析兒童尿液中塑化劑「鄰苯二甲酸二酯」(DEHP) 的代謝產物發現，當濃度每增加一倍時，貝氏量表會減少 1.3 分，魏氏量表減少 1.1 分，兒童暴露量最高的前四分之一與最低的四分之一，分數更是相差 4 到 10 分。

食品包裝各類塑膠包材所可能引發的食品衛生安全問題有哪些呢？包裝材料之安全問題主要來自於材料內部之有毒及有害成分對包裝食品的遷移和溶入，包含了有毒金屬元素（如鉛、砷等）、合成樹脂中的有害單體、有毒添加劑及黏

合劑或塗料等。常見的各類塑膠包材之有害成分：

1. 鄰苯二甲酸酯類 (DEHP)

依各種塑膠包材之使用需求，於製程中會添加不同種類與比例的塑化劑及安定劑，而上述兩者已被認定為環境賀爾蒙之重要來源，所添加之塑化劑並非以化學鍵鍵結於聚合體中且加上殘留於原有材料之單體，在食品接觸過程中會隨著時間、溫躡與 pH 值等因素而溶出遷移至食品中會擾亂生物體內的分泌系統。

2. 雙酚 A (Bisphenol A)

使用於聚合碳酸物、環氧樹脂、聚芳酯、酚醛樹脂、不飽和聚酯樹脂、阻燃劑等產品的製造及其他聚合物中，人類可因由食品或飲水容器製品中滲漏出之雙酚 A 遷移到食品或飲水中而經由口攝取進入人體，例如含有環氧樹脂附膜的罐頭食品、聚碳酸酯塑化產品 (polycarbonate ; PC) 的嬰兒奶瓶



與碗筷等。動物實驗證明雙酚 A 具有仿雌激素作用，可造成精子數量減少，影響胎兒、新生兒或幼童的神經和行為發展，使幼體發育遲緩，前列腺重量發生變化和產生乳癌等。

常見之塑膠包裝材料之安全性、種類、轉移模式及目前的管理措施：

1. 依照加熱後可塑性之不同，塑膠可分為熱塑性 (thermoplastic) 和熱固性 (thermosetting)。熱塑性塑膠具有加熱時軟化，冷卻時硬化之特性，因此熱塑性塑膠較不耐熱；熱固性塑膠加熱時高分子鏈間會起聚合反應產生架橋而形成硬的三次元網目結構，加熱塑膠顆粒會產生不可逆轉的化學改變，因此冷卻後可形成永久的形狀，再受熱後形狀也不會改變。塑膠製品中尚含有少量小分子物質，如未反應單體、小分子寡聚體、可塑劑、潤滑劑、抗氧化劑、顏料、熱及光紫外線吸收的安定劑、殘留溶劑及其他化合物，以及加工所造成的分解產物等。這些塑膠材料中的物質於包裝食物及儲存過程中會有轉移至食品之現象，可能造成食品變質、變味而使其不堪食用，尤

其是部分單體和添加物具有相當的毒性或致癌性。如氯乙烯單體 (vinylchloride; VCM)，經 Ames 試驗結果顯示具有致突變性，長期暴露另有致肝癌之研究結果，我國法規規定氯乙烯單體限量為 1ppm 以下。

目前評估塑膠包材之衛生安全性，除了個別的毒性以外，考慮轉移及溶出至食品中，英國便採用”毒性比值”的概念，且規定溶出的各種成分 Q 值的合計應為 10 以下：

$$Q = \frac{E}{T}$$

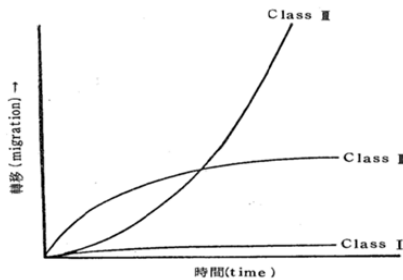
Q: 毒性比值 T: 毒性係數 E: 溶出量。

2. 而這些塑膠材料物質於包裝食物及儲存過程中會有轉移至食品之現象，可分為三組模式：

第 I 型：不發生轉移。例如無化學性的容器裝入乾硬的食品（糖、鹽等），其餘食品在低溫凍結狀態下也接近理想狀態，其擴散係數 (diffusion coefficient) 近於零，此時塑膠中的成分只有內表面單一層部分會被溶解而轉移進入食品。

第II型：獨立轉移，亦即不受食品成分的影響。例如氣體成分的轉移（氯乙烯單體-VCM從塑膠轉移至食品），此時擴散係數為一定值。某些成分會從塑膠轉移至食品，但是相的介面不產生經時性的變化，轉移依斐克定律 (Fick's law of diffusion) 進行，其擴散係數為常數，不受時間以及接觸於塑膠的食品種類的影響。

第III型：轉移受食品成分之影響，例如溶出 (leaching)。這種轉移係食品浸透入塑膠中，改變塑膠之物理結構及食品與塑膠間相介面的狀態，此現象造成塑膠的濕潤 (swelling) 且隨著浸透進行而增加，擴散係數不再保持恆定而隨時間而增大，由於濕潤塑膠的擴散係數 (D swelling plastic) 大於未濕潤塑膠 (D plastic) 的擴散係數，被濕潤層便形成不均勻多相系 (inhomogeneous multi-phase system)，斐克擴散定律便無法應用。如下圖：



不同型態的轉移過程比較圖

我國在塑膠材質常見之包材特性及常見的包裝產品琳瑯滿目，其種類及代號如下：

	聚-烯對苯二甲酸酯 (Polyethylene Terephthalate, PET) · 俗稱「寶特瓶」。
	高密度聚-烯 (High Density Polyethylene, HDPE)
	聚-氯之烯 (Polyvinyl chloride, PVC)
	低密度聚-烯 (Low Density Polyethylene, LDPE)
	聚丙-烯 (Polypropylene, PP)
	聚-苯之烯 (Polystyrene, PS) · 若是發泡聚-苯之烯即為俗稱之「保麗龍」。
	其他類：如高耐-熱-性-聚-烯 (ABS-烯)、聚-甲-基-丙-烯-酸-甲-酯 (俗稱-壓-克力、PMMA)、聚-環-氧-烯 (PC)、聚-乳-酸 (PLA)、聚-羧-酸-樹-脂 (PES) 及聚-苯-硫-樹-脂 (Polyphenylene sulfone) 等。

1. 編號 1 號 :PET ; PET (聚-烯對苯二甲酸酯、Polyester) 由-烯對苯二甲酸酯為單體聚合而成，以 PET 為原料作成的容器，就是俗成的「寶特瓶」瓶底下方有一圓點。其具有韌性、透明度佳、質量輕，攜帶方便，生產時能量消耗少，再加上不透氣、不揮發及耐酸鹼的特性，常用於製造一次性拋棄式使用之容器。然而其耐熱性不佳 (約 60~85℃) 使用時應避免盛裝高溫飲品。常見產品：茶、碳酸飲料、飲用水及醬油等包裝容器。

2. 編號 2 號 :HDPE ; HDPE (高密度聚-烯) 由-烯單體聚合而成，為硬質之熱性塑膠，因在低壓下產生，故含有較多長鏈，因此密度較高，大部分為不透明，手感似臘，具有耐酸鹼等特性，其原料製成之塑膠搓揉或摩擦時有沙沙聲。耐熱



溫度約 90-110°C。常見產品：厚塑膠袋、清潔劑瓶及牛奶瓶等。

3. 編號 3 號 :PVC;PVC (聚氯乙稀)，由氯乙烯單體聚合而成，具有可塑性高、透氣性高、熱收縮性高、價廉等特性，耐熱溫度約 60-85°C，然而其結構含氯，且製程中添加可增加其材質柔軟度的塑化劑添加物，造成其對環境的衛生安全上之疑慮。常見產品：早期之保鮮膜、手套、水管、雨衣、建材、塑膠膜及塑膠盒等。

4. 編號 4 號 :LDPE;LDPE (低密度聚乙稀) 由乙稀單體聚合而成，屬於半硬質的熱塑性塑膠，因已高壓法生產，故支鏈較多、強度低，多用來生產薄膜製品，以其為原料製程之塑膠袋較柔軟，揉搓時較不會發出沙沙聲。較不耐高溫，耐熱溫度約 70-90°C。常見產品：塑膠袋及塑膠布等。

5. 編號 5 號 :PP;PP (聚丙稀) 由丙稀單體聚合而成，其熔點高達 167°C、耐熱，且製品可用蒸氣消毒是其特點。此容器屬不透明或半透明容器，具有耐化學物質、耐碰撞、耐酸鹼及耐高溫 (100-140°C) 等優點，是相對穩定之塑膠材質。

常見產品：微波容器、果汁瓶、豆漿瓶及塑膠碗。

6. 編號 6 號 :PS;PS (聚苯乙烯) 之單體為苯乙烯，一般依其是否經過「發泡」製程區分為發泡與未發泡兩類，其中發泡 PS 即為俗稱之「保麗龍」具有極佳之隔熱(冷)效果。PS 材質的吸水性低，耐熱溫度約 70-90°C。曾謠傳魚油很毒會溶解 PS，主要是魚油富含 DHA(22:6)、EPA (20:5) 與 PS 的結構及極性類似，才產生互溶情形。常見產品：養樂多瓶罐、冰淇淋盒等。

7. 編號 7 號：其他類，種類繁多例如：

(1)PC:PC (聚碳酸酯)，由碳酸酯單體聚合而成，雙酚 A (限量 0.6ppm 以下) 為其原料之一 (另一為 Epoxy)，具有質量輕、透明性佳及耐衝擊性等，耐熱溫度約 120~130°C。常見產品：運動水壺、水杯等。

(2) 美耐皿樹脂 (塑膠)：美耐皿樹脂 (Melamine Resin) 是由三聚氰胺 (Melamin) 與甲醛進行縮合反應得到的熱固性樹脂 (塑膠)，又

稱為三聚氰胺樹脂、三聚氰胺甲醛樹脂等，其耐熱溫度可達 130℃。常見產品：碗、盤、碟、筷子及湯匙等餐具。

(3) 聚醚砵樹脂

(PES; Polyethersulfone)：是由二氯二苯砵及雙酚類單體聚合而成，質輕、抗化性佳、耐磨損、價格較高昂，耐熱溫度約 195~215℃。常見產品：醫療器材、奶瓶。

(4) 聚苯砵樹脂

(Polyphenylene sulfone)：是由對二氯苯砵、硫化鈉及過氧乙酸聚合而成，耐熱及耐化學性、耐磨損、價格較高昂，屬高性能工程塑膠，耐熱溫度約 205~220℃。常見產品：醫療器材、奶瓶。

(5) PLA；PLA(聚乳酸)是由植物(玉米、甘藷)萃取出的澱粉，經過發酵、去水及聚合等過程製造而成。具低碳、低耗能的環保優勢，然而其耐熱溫度僅 50℃應避免盛裝熱食。PLA 材質為生質材質，依環保署之規定，生質塑膠材質必須於回收標誌圖樣。常見產品：餐飲店的冷飲杯、冰品杯、沙拉盒等。

衛生機關如何針對食品器具、食品容器或包裝進行衛生安全評估？依據「食品器具容器包裝衛生標準」，所有食品器具、容器或包裝不得有不良變色、異臭、污染、發黴、含有異物或纖維剝落等現象。此外針對食品器具、食品容器或包裝中所含風險物質，亦均以科學方法訂定限量標準，包括「材質試驗」及「溶出試驗」：

1. 材質試驗：係限制容器材質中風險物質含量。(1) 有害性重金屬(鉛、鎘；鋇-PVDC 材質則加驗其安定劑使用之脂肪酸鋇鹽)。(2) 有害性添加物(二丁錫化合物、甲酚磷酸酯)。(3) 塑膠單體(VC-氯乙烯)。(4) 揮發性物質(苯乙烯、甲苯、乙苯、異丙苯及正丙苯)等含量限制。

2. 溶出試驗：則是在特定條件下，利用不同的溶媒模擬盛裝不同性質之食品，模擬消費者實際使用食品容器可能造成的溶出狀況。(1) 「蒸發殘渣」：檢測其溶出液中不溶性無機物固形物含量。(2) 「高錳酸鉀消耗量」：檢測其易氧化之有機物溶出量(原理亦如：飲用水質檢測)。(3) 單體：甲醛、酚…等。(4) 有害性重金屬：均以鉛計算。



重點是塑化劑，檢驗塑膠包材 8 種塑化劑限量 W/W ~ 各類包材之”個別”小於 0.1%；但如 PVC 及其複合包材：”總量”小於 0.1%）。故網路就曾謠傳所有塑膠溶出塑化劑！因塑膠常是複合材質（積層袋），以對食品接觸面及與食品接觸面緊密貼合的材質，均應依材質種類符合對應的衛生標準。另也對塑膠包材色素限制，現行「食品添加物使用範圍及限量暨規格標準」係規範直接添加於食品中之色素種類，並無規範用於食品容器具包裝之用量，但應避免產品於正常使用過程中被大量溶出。

舉近幾年來日常生活中曾經發生之新聞或案例，如 6 號塑膠杯蓋盛裝咖啡會有致癌風險嗎？其衛生標準？目前國際間對於 PS 材質食品器具、食品容器或包裝之規範為何？6 號塑膠杯蓋即聚苯

乙烯 (PS) 無毒，其單體尚未證實具有致癌性。

1. 國際癌症研究署 (IARC) 將苯乙烯 (styrene) 列屬第二級 B 類致癌物，表示其流行病學證據不足，且動物實驗證據有限，為「可能」致癌之因子。

2. 人類若暴露在安全範圍下，苯乙烯可被人體肝臟代謝。PS 在超過 90°C 以上可能釋出苯乙烯單體，而一般咖啡熱飲的操作溫度約為 80-90°C，且成品送到消費者手中溫度亦開始下降，在正常使用下應安全無慮。杯蓋商因應之也逐漸改用 PP 材質，但這 PP 的使用使廠商成本增加及轉嫁，也成了先進國家的極少數使用者。參考一下國際間對於 PS 材質食品器具、食品容器或包裝之規範：

美國	即時食物容器的苯乙烯單體殘餘量不可超過 0.5% (重量百分比，相當於 5,000ppm)
日本	聚苯乙烯塑膠材質之材質試驗中揮發性物質 (苯乙烯、甲苯、乙苯、正丙苯、異丙苯之合計) 5,000ppm 以下。
歐盟	未就苯乙烯單體材質訂有特定遷移限定值 (specific migration limit, SML)，但針對所有可能從食品包裝材料轉移到食品中的物質之總遷移限定值 (overall migration limit, OML) 訂有 60ppm。
中國	食品包裝用聚苯乙烯的樹脂的苯乙烯單體殘餘量不可超過 0.5% (重量百分比，相當於 5,000ppm)

另以國民經濟常在路邊小吃解決餐食所使用的「美耐皿」盤或容器為例，其主要以甲醛-三聚氰胺為合成原料之食品容器，材質名稱標示？耐熱溫度？如何管控？使用時應注意事項？因為「美耐皿」僅為三聚氰胺 (melamine) 之音譯，故不可作為以甲醛-三聚氰胺為合成原料所產製產品之材質名稱，以「三聚氰胺-甲醛樹脂」、「三聚氰胺樹脂」、「美耐皿樹脂」等標示之；另如非以三聚氰胺為合成原料所產製的產品例如「尿素-甲醛樹脂」期材質名稱不得以「美耐皿」相關字詞標示之。

1. 耐熱溫度：110-130℃。視產品特性而定。

2. 使用注意事項：

(1) 不宜以微波加熱、電鍋蒸煮或烘烤等方式加熱。

(2) 若有刮傷或是磨損，應立即更換。

(3) 清洗時以中性洗潔劑，避免酸性或鹼性洗潔劑侵蝕塑膠，消毒殺菌時應避免使用紫外線殺菌，一旦發現顏色異常或龜裂應避免使用。

所以，消費者在選購食品類塑膠包材時，在標示應注意：(1) 品

名。(2) 材質名稱及耐熱溫度。二種以上材質組成者，應分別標明。

(3) 淨重、容量或數量。(4) 國內負責廠商之名稱、電話號碼及地址。(5) 原產地(國)。(6) 製造日期。有時效性者，應加註有效日期或期間。(7) 使用注意事項或微波等警語。且塑膠三角形回收標章中之代號大小與產品之耐熱程度無關。產品如為二種以上材質組成者，應分別標示材質名稱及耐熱溫度，例如保鮮盒上蓋材質為PE、耐熱溫度為90℃，盒身材質為PP、耐熱溫度為140℃，則須分別標示之。至於耐冷溫度非目前法規強制標示之項目。應標示製造日期，但有時效性者，則應同時加標有效期限或期間。

除了上述，消費者在選購塑膠食品容器時可掌握4項要點，以安全使用塑膠食品包裝與容器：

1. 各編號數字塑膠的耐熱溫度範圍：每種塑膠材質耐熱範圍是不同的，因為不適當的溫度可能會造成塑膠變形或是釋放有毒物質，所以要留意各種塑膠材質可容許使用的溫度範圍，熱飲溫度通常在60℃以上，若是含油脂等滾燙食物，其溫度範圍可能超過100℃以上，因

此承裝的塑膠材質包裝就要慎選。而第 7 類其它塑膠並不是所有材質都有標上縮寫名稱，如果真的不確定是哪一種，使用時候還是要多留意，且其中的美耐皿與 PC 雖然耐熱溫躡高，但因為有容出三聚氰胺與雙酚 A 的疑慮，因此通常不建議裝盛熱食。以食力 foodNEXT 之下圖提供消費者在使用塑膠材質包裝食品時的參考：



2. 避免裝酸、鹼、酒、油食品：除了溫度會造成塑膠變質或是釋放其他物質之外，酸性食物、鹼性食物、酒精與油脂也可能有類似影響，使用上也要注意選擇適合的塑膠類型，另外提醒若真的要長時間承裝酸、鹼、酒精或油脂食品，建議還是選擇其它非塑膠類食品包裝比較安全。

3. 維持原色不添加最安心：如果塑膠食品包裝或器是五顏六色的，因

為添加的染色劑也屬化學物質，若不當使用於高溫、高酸鹼，或是有刮傷或磨損都較有可能影響食物安全，因此盡量選擇塑膠本身的原色產品較佳，如果真的喜歡彩色豐富圖案外表，最好選擇接觸食物的內部是素色的設計。

4. 避免直接高溫或日曬：選擇適合的使用溫度是為了避免塑膠受到破壞變質，當然塑膠食品包裝或器具也不適合高溫加熱、日照若以紫外線消毒，所有塑膠製品中僅有第 5 類 PP 材質可以用於微波加熱，但也要注意必須是通過檢驗有標註「可微波加熱」的才能使用，而其他塑膠材質則都不建議使用。

另外值得一提的是，「臺灣明年不能用塑膠吸管了嗎」、「要喝珍珠奶茶該怎麼辦」？用湯匙？這樣的政策執行，令不少民眾擔憂以後喝珍珠奶茶時該怎麼辦，其實目前市面上已經有多種材質的環保吸管，包含不鏽鋼、玻璃、竹子、矽膠和紙類等。在英國境內的 1300 家麥當勞，將以紙吸管代替，紐約也有許多大企業，包括上千家分店的飲食集團 BON APPETIT，宣布將逐步淘汰塑膠吸管。為因應環保署日前預告內用禁供一次性塑膠吸管

相關草案，是要禁止 4 大場所包含公部門、公私立學校、百貨公司及購物中心、連鎖速食店等 8 千家業者，提供「內用者」一次性的塑膠吸管。因此，若是在 4 大場所「外帶」飲料、在不屬於 4 大場所的店家或是外帶，都不在這次預告的範圍內。此外，這次草案的限制是指「一次性塑膠吸管」，考量一次性替代性材質有限，因此若是生物可分解塑膠吸管、以紙類、木片或蘆葦等植物纖維為本體且塑膠含量重量低於 10% 的吸管，業者仍可以繼續提供內用者使用。

關鍵字：

plastic ; plasticizer ;
plastic packaging materials ;
TDI ; polylactic acid

參考文獻

1. 台灣環境毒物健康危害之監測、評估及對策研究 (103 年評核報告)
2. 衛福部公布我國 DEHP 等 5 種鄰苯二甲酸酯類塑化劑之每日耐受量 (Tolerable Daily Intake, TDI) 參考值 <https://www.mohw.gov.tw/cp-3160-25242-1.html>
3. 衛福部公告「食品器具容器包裝衛生標準」。<https://consumer.fda.gov.tw/Law/Detail.aspx?nodeID=518&lawid=107>

[fda.gov.tw/Law/Detail.aspx?nodeID=518&lawid=107](https://consumer.fda.gov.tw/Law/Detail.aspx?nodeID=518&lawid=107)

4. 食力 foodNEXT 《塑膠製容器具應標示材質與耐熱溫度》<http://www.foodnext.net/science/packing/paper/3357918391>
<http://www.foodnext.net/science/packing/paper/4111171714>
5. 衛福部食藥署「塑膠類食品器具容器包裝應標示事項」。
(<http://www.fda.gov.tw/>) 首頁 / 業務專區 / 食品 / 餐飲衛生 / 食品容器 (具) 及包裝專區。

6. Ohannes Bott, Angela Störmer, Roland Franz. Migration of nanoparticles from plastic packaging materials containing carbon black into foodstuffs. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. 2014. Oct 3;31 (10) :1769–1782.

7. Richard C. Thompson, Charles J. Moore, Frederick S. vom Saal, Shanna H. Swan. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. Philos Trans R



- Soc Lond B Biol Sci.2009.Jul 27;364(1526):2153-2166.
8. JG Hengstler, H Foth, T Gebel, P-J Kramer, W Lillienblum, H Schweinfurth, W Völkel, K-M Wollin, U Gundert-Remy. Critical evaluation of key evidence on the human health hazards of exposure to bisphenol A. Crit Rev Toxicol. 2011. Apr; 41(4): 263-291.
9. Yoko Kawamura, Yuko Ogawa, Motoh Mutsuga. Migration of nonylphenol and plasticizers from polyvinyl chloride stretch film into food simulants, rapeseed oil, and foods. Food Sci Nutr. 2017 May; 5(3):390-398.
10. Marina Patricia Arrieta, María Dolores Samper, Miguel Aldas, Juan López. On the Use of PLA-PHB Blends for Sustainable Food Packaging Applications. Materials (Basel) 2017 Sep; 10(9): 1008.
11. 科技新報 (2018) 《內用禁塑膠吸管，不禁紙質或木片吸管》<https://technews.tw/2018/06/14/tw-1-time-plastic-straw-policy/>

以生物強化法降解土壤中 機油污染物之試驗

文 / 劉敏信 / 朝陽科技大學 環境工程與管理系 副教授
洪瑞敏 / 捷博科技股份有限公司 環境工程技師
盧至人 / 國立中興大學 環境工程學系 教授

★ 摘要 ★

總石油碳氫化合物污染場址整治的工法操作過程中，能源消耗及二次污染防治是整治過程中的主要關鍵問題，選用生物復育法可以減少環境危害的問題。油品中如柴油、燃料油、機油等物質，密度小於 1g/cm^3 比水輕，屬於輕質非水相液體（LNAPLs），油品若意外洩漏至土壤後，依據污染物特性、土壤質地以及場址狀況等因素，污染物極可能擴散而污染了土壤及地下水，增加整治上的困難。

生物復育法是利用自然微生物降解，具低成本、低二次污染等優點。本研究以機油為試驗對象，試驗過程中添加具機油降解能力之三種微生物及適量營養鹽，試驗組分別添加 *Bacillus cereus*、*Achromobacter xylosoxidans* 與

Pseudomonas putida 三種主要菌株，於 10 週後各組皆呈現明顯的機油（濃度：10,000 mg/kg）降解趨勢，三種單一菌株的機油濃度殘餘率介於 0.2 至 0.6 之間，而其中以 *Pseudomonas putida* 菌組則可達 0.2，相較有最佳的機油降解能力。試驗中同時以氣泡式呼吸儀進行土壤微生物呼吸試驗，將每批次試驗開始 24 小時間攝氧率統計分析，作為判斷微生物活性的指標，呼吸試驗的結果顯示添加微生物菌種約需經 1 週至 3 週的時間以適應污染土壤的環境，而當微生物適應污染土壤的環境條件後，其生物活性及對機油的降解成效皆大幅提升。

關鍵字：生物強化法、機油降解菌、氣泡式呼吸儀



★ 緣由與目的 ★

常見的機油污染物的組成大致上是碳數 25 以上，不溶於水的直鏈或支鏈之烷類，通常以半固態或黏稠液態存在，揮發性極低且幾乎不溶於水。受到機油污染土壤不易察覺，導致後續整治費用高，而生物復育法整治則是相對低廉的整治技術。然而受污染場址進行生物復育法整治，污染場址土壤中原有的微生物是否充足，以及是否有具分解能力的微生物族群，決定了生物復育程序中生物分解的可行性，能有效降解污染物微生物族群的分佈則決定了生物分解的成效與速率，因此也影響生物復育的效益及場址的整治時程。若能透過植入具有降解能力之菌種輔助污染場址中的原生菌，將有助於提高生物復育的可行性。文獻中常見之地 TPH 分解菌種包括有 *Bacillus cereus*、*Achromobacter xylosoxidans* 及 *Pseudomonas putida* 等菌株。

Harisha 等人選擇 *Azotobacter chroococcum* 為主要的人為添加菌株，因具有協助生物降解的能力，除此之外，另外再添加 *Pseudomonas putida* 來研究其個別生物降解作用和共生效應。分別比較個別單一族群及添加二種族

群的 TPH 降解成效，實驗結果結果顯示，如果只添加 *Azotobacter chroococcum* 單一族群，則機油降解率約為 26%，而添加另一單一族群 *Pseudomonas putida* 卻能達 48%，若將兩種菌株混合後再添加，卻可觀察到最大降解率為 74% (Harisha *et al.*, 2016)。本試驗所選用的菌株之一為 *Achromobacter xylosoxidans* 菌株，此菌株容易由石油污染的土壤中分離篩選，因此具有油品污染物的生物復育潛力。油泥生物分解試驗結果顯示，此類菌株可利用油泥作為碳源與生長能源 (Boutheina *et al.*, 2013)。本試驗所選用的另一菌株為 *Bacillus cereus*，此菌株為芽胞桿菌，有研究顯示此菌株在以總石油碳氫化合物中的柴油、原油和機油，進行培養基內培養試驗中，發現 *Bacillus cereus* 菌株在其生長的最佳溫度 37°C 與 pH 7 的培養條件時，對柴油、原油和機油的降解分別為 99%，84% 和 29%，顯示 *Bacillus cereus* 對於機油具有降解效果 (Borah *et al.*, 2014)。

本研究使用生物復育法中的生物強化方式 (Bioaugmentation)，在受到機油污染的土壤中，添加具有降解機油的微生物進行好氧

分解試驗，試驗採用 *Bacillus cereus*、*Achromobacter xylosoxidans* 及 *Pseudomonas putida* 三株純菌株，分別添加於反應槽中進行比較試驗，藉以探討個別微生物對機油降解的成效，同時利用氣泡式呼吸儀以生物泥漿法的操作型態進行批次土壤生物分解試驗，以探討微生物累積攝氧量與速率之變化，再藉由試驗中微生物呼吸反應變化，評估與生物反應槽降解有機污染物中微生物的活性強度。

比例於反應槽土壤中添加菌液進行試驗，而為保持微生物在土壤反應槽中的環境添加入 0.25 g 氯化銨/kg-soils 及 0.2 g 麩胺酸/kg-soils 營養鹽作為碳源及氮源保持微生物的活性。



圖 2-1 植入菌種微生物反應槽

★ 研究方法 ★

2.1 生物反應槽建立

試驗使用 2L (直徑 17 cm、高度 14 cm) 塑膠桶做為污染土壤反應槽如 (圖 2-1) 所示。土壤反應槽中裝填 1 kg 污染土壤，反應槽內機油污染土壤 TPH 濃度約 10,000 mg/kg，再於反應槽內各別添加經馴養後 OD 值 (Optical density) 達 0.6，並以儀器偵測菌液的三磷酸腺苷 (Adenosine Triphosphate, ATP) 相對吸光值 (relative light unit, RLU)，取測值達 1,000,000 pg ATP/mL 的菌液以重量百分比 1% (w/w) 的

2.2 土壤呼吸試驗方法建立

土壤呼吸試驗由氣泡式呼吸儀進行監測，採用恆溫水浴震盪器作為生物泥漿法攪拌基座，使泥漿均勻混合並保持恆溫，以控制呼吸儀的實驗條件，設備圖如圖 2-2 所示。並每週於各模場中取 15 g 機油污染土壤樣本置於 250 mL 呼吸儀反應瓶內，並配置內含 6N 之 KOH 溶液的 CO₂ 吸收管於反應瓶內，最後將附有墊片之瓶蓋蓋上後，固定於水浴槽基座。啟動氣泡式呼吸儀監測軟體及調整氧氣鋼瓶壓力 2.2~2.5 psi，將輸氧管線之針頭以斜針方式插入瓶蓋的墊片進行反應瓶的供

氧，設定往復式震盪恆溫水浴槽的轉速為 100 rpm 及溫度 32°C，進行為期 5 日的批次試驗。



圖 2-2 往復式震盪恆溫水浴槽

2.3 機油濃度分析方法

模場採集之土壤樣品以環檢所公告的超音波萃取法 (NIEA 167.00C) 進行前處理，使用二氯甲烷 / 正己烷 (1 : 1, v/v) 萃取，再由土壤中總石油碳氫化合物檢測方法 (NIEA S706.61B) 以 GC/FID 進行濃度分析，設備如圖 2-3 所示，藉以觀察機油污染物各成分之降解情形。



圖 2-3 實驗室 GC/FID 實景圖

★ 結果與討論 ★

3.1 土壤微生物添加菌種比例

本試驗使用 *Pseudomonas putida* 菌株作為土壤微生物添加菌株比例評估試驗，實驗時分別添加 *Pseudomonas putida* 菌株以重量百分比 0.1%、0.25%、0.5% 及 1% 的比例添加菌液，各組初始機油污染濃度分別為 1,193 mg/kg、902 mg/kg、932 mg/kg、966 mg/kg、1,072 mg/kg，試驗時間為期 4 週。菌株評估試驗機油濃度殘餘率結果如圖 3-1 所示，顯示土壤中機油污染物在添加 0.1% 菌株及添加 0.25% 菌株的降解情況與未添加菌株在第 4 週的降解率都沒有呈現下降的趨勢，而受機油污染土壤添加 0.5% 菌株及 1% 菌株後，在第 4 週的機油濃度殘餘率則分別可達到 0.61 及 0.35 的生物降解效果。

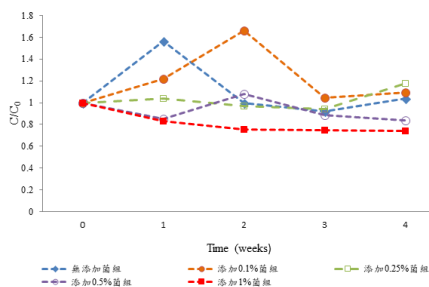


圖 3-1 添加不同植菌比例反應槽之機油濃度殘餘率圖

3.2 土壤微生物降解機油試驗

反應槽試驗組別分為空白 (BK) 組、*Bacillus cereus* (BC) 菌株組、*Achromobacter xylosoxidans* (F3B) 菌株組、*Pseudomonas putida* (PS) 菌株組，經過各組土壤採樣分析結果，各組初始機油污染濃度分別為 9,656 mg/kg、13,180 mg/kg、11,974 mg/kg、12,975 mg/kg，試驗期程共 10 週。除了 BK 組未添加微生物外，其他三組反應槽分別將 3 種個別微生物 *Bacillus cereus* 菌株、*Achromobacter xylosoxidans* 菌株與 *Pseudomonas putida* 菌株加入反應槽內，觀察試驗過程中機油殘餘濃度，其機油相對降解濃度 (C/C_0) 的結果如圖 3-2 所示。

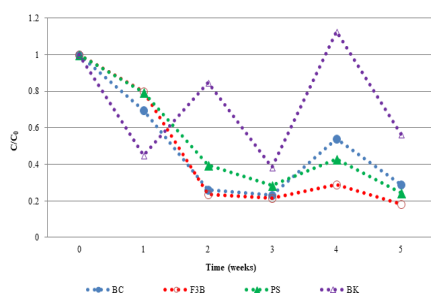


圖 3-2 不同植菌反應槽之機油濃度殘餘率圖

實驗結果顯示 *Bacillus cereus* 菌株植種後第 0 週至第 1 週殘餘濃度達 0.7，而第 2 週至 5 週 C/C_0 值已降低至 0.28，到第 10 週 C/C_0 值則稍微提升至 0.52。*Achromobacter xylosoxidans* 菌株植種後相較其他菌種，殘餘濃度起伏不定，第 1 週至第 2 週 C/C_0 值雖達 0.69，而在第 2 週 C/C_0 值達 0.23，第 5 週 C/C_0 值最低已達 0.18，到 6 週 C/C_0 值則回升至 0.70，到第 10 週 C/C_0 值則再降至 0.48。*Pseudomonas putida* 菌株植種後，第 0 周至第 1 週 C/C_0 值達 0.79，而第 3 週 C/C_0 值達 0.28，第 5 週 C/C_0 值 0.24，到第 10 週的 C/C_0 值則再降至 0.58。Blank 組的 C/C_0 值起伏不定，第 0 週至第 1 週的 C/C_0 值達 0.68，而第 2 週的 C/C_0 值達 0.68，第 4 週的 C/C_0 值增至已達 1.12，到第 9 週 C/C_0 值降至 0.92，第 10 週的 C/C_0 值則再回升至 1.18 殘餘濃度。BK 組為因未添加具有降解有機物質的菌種，由 C/C_0 值降解趨勢圖結果顯示，未添加菌種對於土壤中的機油濃度沒有明顯的降解效果。

而添加具降解有機物質的菌種 *Bacillus cereus* 菌株、*Achromobacter xylosoxidans* 菌



株、*Pseudomonas putida* 菌株，由機油的 C/C_0 值變化可發現添加植菌有利於降解土壤中的機油污染物，尤其以 *Bacillus cereus* 菌株及 *Pseudomonas putida* 菌株具有較佳的降解能力，兩組菌株添加後的機油污染物相對降解濃度 (C/C_0) 皆可達到 0.2 以下。而在第三週起 *Bacillus cereus* 菌株及 *Pseudomonas putida* 菌株均呈現快速降解機油污染物的效果，而添加 *Bacillus cereus* 菌株的試驗組在第 3 週達到最低濃度；而 *Pseudomonas putida* 菌株則在第 5 週達最低濃度。由實驗結果顯示，添加 *Bacillus cereus* 菌株有較快的降解效果，而 *Pseudomonas putida* 菌株雖亦具有降解效果，但須較長的時間分解，才可達到與添加 *Bacillus cereus* 菌株相當的降解成效。

3.3 反應槽內微生物活性試驗

本研究各組別的土壤機油濃度均約 10,000 mg/kg，在植菌投入前（第 0 週）採集土樣，以生物呼吸儀進行五日攝氧量量測試驗，作為生物通氣模場微生物累積攝氧量的初始背景值。並依序進行 10 週次採樣。植菌之土壤模場以菌株名代

稱分為 *Bacillus cereus* 菌株組、*Achromobacter xylosoxidans* 菌株組、*Pseudomonas putida* 菌株組，以及未植菌空白 BK 組。此試驗土壤已經遭受機油污染，生物呼吸儀實驗結果顯示，其 5 日累積攝氧量皆介於 40 mg- O_2 至 50 mg- O_2 之間。圖 3-3 顯示各組添加微生物的樣本在 10 週內的反應槽試驗結果，顯示土壤微生物各週進行呼吸試驗中的總攝氧量結果比較，其中 *Pseudomonas putida* 菌株在各組總攝氧含量測結果中有較佳的攝氧量，而 *Bacillus cereus* 菌株則須在第 5 週後累積攝氧量才逐漸趨緩，主要原因可能是 *Bacillus cereus* 菌株在機油污染土壤中較難以適應環境，導致活性在第 5 週後微生物菌量才穩定並能穩定攝氧，因此攝氧量在第 5 週後呈現逐漸趨緩的情況，為瞭解各組別各週次累積攝氧量曲線進行檢視，概估分析微生物活性情形。

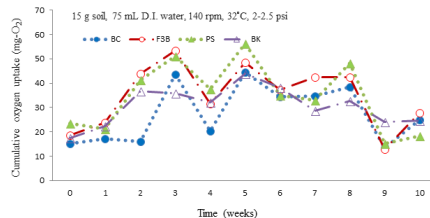


圖 3-3 生物試驗模場不同菌株後每週之五日累積攝氧量變化趨勢

於圖 3-4 為第 0 週未植菌種的累積攝氧量背景值，累積攝氧量約為 15.3~23.5 mgO₂，由此可發現植菌後第 1 週累積攝氧量些微升高；第 2 週發現各組微生物累積攝氧量有逐漸上升趨勢；第 3 週各組保持著穩定活性累積攝氧量有持續上升；第 4 週開始各組累積攝氧量逐漸平穩；而第 8 週至第 10 週各組累積攝氧量皆有下降的趨勢，顯示微生物活性已有下降趨勢。根據植菌前各組累積攝氧曲線上升較緩慢，*Bacillus cereus* 菌株組、*Achromobacter xylosoxidans* 菌株組、*Pseudomonas putida* 菌株組的 24 小時累積攝氧量均為 15.23 mg-O₂ 至 23.58 mg-O₂，顯示在未添加菌株前期攝氧量條件幾乎一樣。而在添加微生物植菌後第 2 週後的結果可發現（圖 3-5），由 BK 組的累積攝氧量差異並不大，但添加植菌組的總攝氧量逐漸上升，顯示當土壤額外加入菌種後，污染土壤中微生物活性會有逐漸增加的趨勢。圖 3-5 結果顯示在植菌後第 2 週可發現，各組在 48 小時開始微生物攝氧量逐漸上升，其中 *Achromobacter xylosoxidans* 菌株及 *Pseudomonas putida* 菌株組維持良好的攝氧

量，*Bacillus cereus* 菌株可能尚未適應土壤環境仍呈現較穩定狀態，其餘組別累積攝氧量皆介於 36.63 mg-O₂ 至 43.83 mg-O₂ 之間。而植菌種後第 4 週結果可發現（圖 3-6），各組在 48 小時開始微生物累積攝氧量提高更為明顯，*Achromobacter xylosoxidans* 菌株組及 *Pseudomonas putida* 菌株組的累積攝氧量皆介於 51.09 mg-O₂ 至 53.49 mg-O₂ 量。植菌種後第 6 週後（圖 3-7）各組別累積攝氧量仍有持續上升的情形，且 *Bacillus cereus* 菌株組也提升至 44.34 mg-O₂，推測各組菌種對於機油污染土壤已可適應，並持續分解的污染物，使得菌種在土壤中的累積攝氧量持續上升情形，累積攝氧量介於 43.82 mg-O₂ 至 56.12 mg-O₂。*Pseudomonas putida* 菌株組具有良好的攝氧活性。

植菌後第 8 週可發現（圖 3-8）各組別累積攝氧量仍屬穩定的情形，且在第 96 小時後各組生物攝氧量仍持續上升的情形，顯示各組菌種對於土壤中有良好的適應環境，使得菌種在土壤中活動力維持之情形。在第 8 週後各組累積攝氧量皆介於 32.8 mg-O₂ 至 48.09 mg-O₂。*Pseudomonas putida* 菌株組保持



著穩定且具有較高的攝氧量活性。

在植菌種後第 10 週發現各組累積攝氧量趨勢皆有下降情形 (圖 3-9)，皆低於第 2 週至第 8 週累積攝氧量，顯示在前 9 週微生物可能已降解大部分有機物質，導致微生物在缺乏有機物質下，生物攝氧量逐漸降低，表示微生物生長也可能開始減緩。但亦有可仍外加植菌無法於機油污染土壤環境中增殖，導致微生物攝氧量降低。

以上 10 週的累積攝氧量試驗結果可以發現，各植菌組的累積攝氧量有所不同，然在植菌後的第 1 週及第 2 週累積攝氧量皆無太大的變化，而植菌後第 3 週各組攝氧量明顯大幅增加，表示微生物在第 2 週至第 3 週後攝氧量增加且呈現穩定生長狀態，微生物開始適應機油土壤環境，有利降解土壤中機油污染物質，而前 5 週的累積攝氧量均呈現穩定且微生物降解仍持續進行，根據上述各組總累積攝氧量的實驗結果顯示，*Achromobacter xylosoxidans* 菌株及 *Pseudomonas putida* 菌株皆具有良好的攝氧量，其中 *Pseudomonas putida* 菌株的攝氧量比 *Achromobacter xylosoxidans* 菌株呈現更為穩定的

狀態，且對應機油殘餘濃度，更證實 *Pseudomonas putida* 菌株組具有良好降解機油土壤的能力。

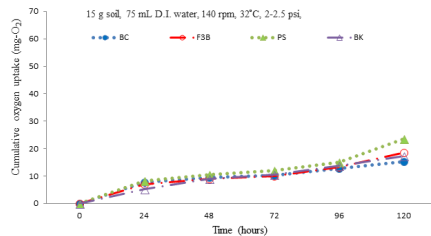


圖 3-4 植菌種前微生物累積攝氧量曲線

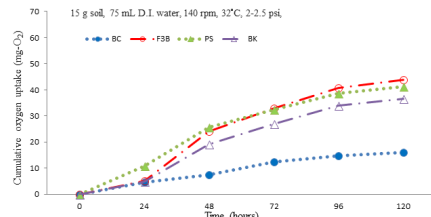


圖 3-5 植菌種後第 2 週微生物累積攝氧量曲線

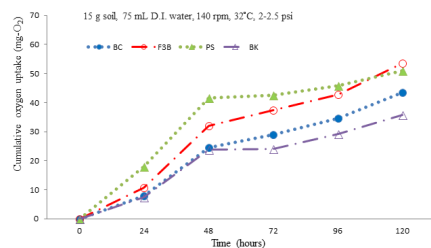


圖 3-6 植菌種後第 4 週微生物累積攝氧量曲線

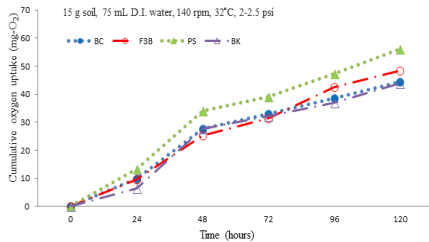


圖 3-7 植菌種後第 6 週微生物累積攝氧量曲線

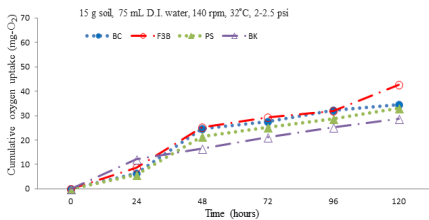


圖 3-8 植菌種後第 8 週微生物累積攝氧量曲線

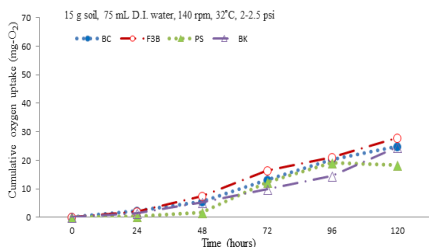


圖 3-9 植菌種後第 10 週微生物累積攝氧量曲線

★ 結論 ★

本研究初期觀察 10 週機油污染土壤的生物降解情形，結果顯示添加微生物各組皆對機油有不等降

解效率，且均有相當穩定的降解成長趨勢，尤其以 *Bacillus cereus* 菌株組及 *Pseudomonas putida* 菌株組具有較佳的降解能力，機油相對濃度 C/C_0 值皆可達到 0.2 以下。而試驗結果亦顯示，當提高添加菌種比例，可提高機油污染土壤的生物復育成效。在呼吸儀攝氧量試驗評估結果亦顯示機油降解率及微生物累積攝氧量成正比，且當微生物攝氧量較高時，機油生物降解率明顯的提高，表示當微生物擁有較高的活性時，確實能有更佳的降解土壤中機油污染物能力。而三組添加的微生物試驗中，則以 *Pseudomonas putida* 菌株的攝氧量相對穩定，且就機油的生物降解率比較結果顯示，添加 1% (W/W) 的 *Pseudomonas putida* 菌株即可有助於降解土壤中機油污染物。

參考文獻

1. Borah, D. and R.N.S. Yadav, "Biodegradation of Petroleum Oil by a Novel *Bacillus cereus*," International Journal of Environmental Research, Vol. 8, No. 4, pp. 1287-1294 (2014).



2. Harisha, G. K., Dr M. V. V. Chandana Lakshmi
“Biodegradation of used engine oil Pseudomonas putida and azotobacter chroococum as biosurfactant,” International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, Vol. 5, No. 10, pp. 245-251 (2016).
3. He, Yong-Ming, Xin-Guo Duan, Yi-Sheng Liu, “Enhanced bioremediation of oily sludge using co-culture of specific bacterial and yeast strains,” Journal of Chemical Technology and Biotechnology, Vol. 89, No. 11, pp. 1785-1792 (2014).
4. 行政院環境保護署，「油品類儲槽系統污染調查及查證參考作業手冊」，中華民國行政院環境保護署環境檢驗所研究報告 (2003)。
5. 行政院環境保護署，「土壤中總石油碳氫化合物檢測方法」，氣相層析儀／火焰離子化偵測器法 (2013)。

都會型河川水質與藻類變化分析

文 / 高志明 / 國立中山大學 環境工程研究所 教授
/ 夏國芳 / 國立中山大學 環境工程研究所 博士生
/ 許藝騰 / 國立中山大學 環境工程研究所 博士後研究員

都會型河川長期受到沿岸事業發展過程之事業廢水與居民生活污水排放之影響外，因感潮河段受到出海口漲退潮及污水的積累與海水 / 淡水鹽度交互影響下，水體中藻類的變化亦可能造成水體迅速惡化或赤潮（或稱紅潮、red tides）等影響。造成赤潮的主角是屬於甲藻門（Pyrrophyta）的藻類，甲藻又稱為渦鞭毛藻 Dinoflagellates (or Dinophyta)，由於它的葉綠體可能來自隱藻類（Cryptomonad）、金藻類（Chrysophyta）或綠藻類（Chlorophyta），故其水華（Water bloom）或藻華（Algal bloom）呈現的顏色十分豐富，紅、橙、黃、綠、藍、棕均有。因此，赤潮不一定是紅色的，但是赤潮通常就是指由渦鞭毛藻所造成的水華。當一個水域中藻類大量增生，到達一種極為顯著的現象，即為水華。例如有機物造成的優養化，常是水庫、池塘、河川流域、甚至海岸邊的水華形成原因。這時由於藻類大量增

生，白天因行光合作用，水體生物尚無大礙，但在晚上因行呼吸作用，造成水中含氧急速下降，水體中的魚貝類因而窒息死亡，然後腐敗的屍體，伴隨死亡的藻類大量浮於水表，本研究針對都會型水體藻類資料庫建置探討季節交替及天氣變化時常發生之水體變色現象，評估其發生可能之藻類變化。

赤潮危害已分佈在世界各地，幾十年以前受赤潮影響的國家很少，直至現在世界各地大多數沿海國家皆受到威脅，近年來的研究指出赤潮影響範圍逐漸擴大且頻率增加 (Luo and Jiao, 2016; Bak, and Yoon, 2016; Zhao and Ghedira, 2014, Hoagland et al., 2014.)，發現的藻毒性多包含一個以上的有害或有毒物質，造成如腹瀉性、神經性及麻痺性等毒性特性。許多國家近年都面臨著藻類釋出有毒及有害物質之影響，對生活安全及環境造成衝擊，在美國的佛羅里達州赤潮現象不只影響



到環境水體問題，就連養殖場也受到遭殃，例如貝類養殖場的關閉、漁業養殖場的魚體大量暴斃死亡。魚體死亡後的屍體受到波浪衝打到岸上，也連帶影響海洋休閒活動 (Berdalet et al., 2016; Davidson et al., 2014)，亦影響更多的漁業資源，造成龐大的經濟損失。目前許多研究仍持續探討赤潮發生頻率與影響範圍擴張背後的原因，發生原因包含：藻種傳播、人類生活污水、污染物及氣候變化等因素，其中人類活動的影響是目前研究的主要課題。赤潮（有害藻類）造成魚類死亡及對人類危害途徑包含：一、大量藻類集聚於魚類的鰓部，使魚類因缺氧而窒息死亡；二、藻類死亡後，藻體在分解過程中大量消耗水中的溶解氧，導致魚類及其他海洋生物因缺氧死亡，使海洋的正常生態系統遭到嚴重的破壞；三、魚類吞食大量有毒藻類，可致魚類死亡；四、有些藻類可分泌毒素，毒素通過食物鏈嚴重威脅消費者的健康和生命安全。

一、有害藻類增生與赤潮的發生

當水體具富營養鹽及水體循環不佳時，就會引發優養化現象，水體既然已經富含營養時，當溫度、

日照、水層穩定與藻類生成孢子等條件都達成時，就會發生赤潮現象 (Poulin et al., 2018; Shikata et al., 2017; McGillicuddy Jr. et al., 2014)。地球上已知現存的藻類種類約在 19,000~25,000 種之間，大部分的藻類均生活在有水的環境中，包括淡水、鹹淡水及海洋等水域。不同的藻類細胞可於寒冰地帶、溫帶、亞熱帶、熱帶等不同的氣候條件下生長，提供了地球上所需的氧氣以及作為食物鏈中的基礎初級生產者。浮游生物藻類會造成水華現象，此往往使得水體中的其他生物死亡，甚至嚴重威脅到人類的健康。有的浮游生物或附著生藻類對生長環境的改變特別敏感，會因環境因子的改變而迅速死亡或能忍受而存活下來，因此可作為生物指標來判定水質的等級。

赤潮的生物類型頗為多樣，環境條件如水溫、鹽度等會決定赤潮的生物類型。引發赤潮的生物類型主要為藻類，海洋中有超過 300 種浮游生物能形成赤潮，有毒的種類大約有 80 多種，且持續發現中，目前發現引發赤潮的矽藻有 24 種、甲藻 32 種、藍藻 3 種、金藻 1 種、隱藻 2 種、原生動物 1 種...等 (Nava et al., 2017; Ou et al., 2017.)。甲藻的種類多、分類廣，

幾乎遍及世界各個海域，但以在熱帶海域的種類為多，其中又以多甲藻屬、角藻屬和膝溝藻屬及夜光藻較為重要。溫度和鹽度是影響甲藻平面分布的主要因素。大多數甲藻產生的赤潮呈褐色或黃色，通常這些海水為黏稠性並具有臭味，一般時候白天藻類行光合作用，水中生物尚無大礙，但是晚上行呼吸作用，造成水中含氧急速下降，造成魚、蝦等生物死亡。當屍體沉積在水體底部時，分解者開始分解有機質，也跟著消耗氧氣，並產生甲烷、硫化氫等臭味，如此一來，當甲烷、硫化氫逐漸取代氧氣時，水體因為生物分解作用，逐漸變成缺氧型水體，而浮游藻類為了生存不斷累積在水體表層行光合作用，導致水體透明度下降 (Glibert, 2017; Nyenje et al., 2010)。赤潮能否形成，取決於三種條件。生物條件，即發生赤潮的水體有能夠形成赤潮營養體細胞或孢囊；化學條件，化學控制因素有營養鹽、微量元素和赤潮生物生長促進存在形式和濃度；物理條件，物理控制因素就是水體垂直混合。影響赤潮發生之因素如下：

(一) 天氣因素

赤潮之發生受天氣因素影響

頗大，此現象多出現於悶熱、風平浪靜的夏季，並多分佈在島嶼沿岸及港灣。例如，在印度沿岸的赤潮常發生於東北與西南季風的熱季的晴天。通常這種赤潮的發生是由於降雨使得海水呈層次狀態 (Ocean stratification)，緊接著在大雨後由河川帶出大量有機物質急速流入河口，使上下水層發生垂直混合而使浮游生物迅速繁殖起來，當水體中營養鹽足夠、日照充足及水流穩定等情況，浮游藻類就會起動增生孢子，準備進入發展或增殖階段。

(二) 化學因素

除了海上的物理因素（溫度）之外，海水的化學因子變化也是赤潮生物大量繁殖的原因之一。例如由於逕流及城市生活污水大量注入海中，營養鹽含量增加，引起矽藻的大量繁殖，提供了夜光藻的豐富餌料，促使後者的急速增加，從而形成了赤潮。另一方面，由於矽藻的大量繁殖，耗盡了海水中的無機營養鹽，而某些甲藻卻仍能在磷、氮等營養鹽貧乏的條件下生長繁殖。另有些有機物質也會促使赤潮生物急遽地增加。

(三) 生態因素

赤潮有其適當的生態要素，如



在適當之水溫、鹽度、pH 值、營養值及光照等因素才會發生。通常赤潮之發生均在降雨後又繼續日照所發生。海水鹽度下降會使浮游生物異常繁殖，此乃由於物理性刺激所起。浮游生物因生存環境 pH 值之不同而有不同之優勢種，通常好高鹽度種類都是喜好低 pH 值，而好低鹽度種類喜好高 pH 值。營養鹽中如硝酸鹽、磷酸鹽等均為植物性浮游生物生長的要素，但其濃度必須要適當才能大量繁殖。當浮游藻類快速生長的時候，藻類開始使用營養鹽並大量增生，此時浮游動物或濾藻性魚類的捕食藻類的壓力低，但是浮游藻類彼此間開始競爭環境空間的生存，當單一優勢藻類出現，水體則開始呈現不同顏色的情況。赤潮現象往往來得突然也消失的快，因此想瞭解它們的發生、發展與消亡過程並非容易的事，至今赤潮發生的機制尚未全部瞭解，其主要原因為現場追蹤困難 (Berdalet et al., 2016; Wells et al., 2015; Davidson et al., 2012)。

二、藻毒危害與衝擊

藻毒來源為水域中部分藻類所生成之代謝物，由於具高度的生物

活性，如神經傳導之刺激與麻痺作用，常使水中其它動物遭受其害，更有藉著食物鏈的傳遞與其生物累積，在不知情之情況下造成較高層次生物（如人類）食用水產品而中毒的現象。絕大多數的藻毒會儲存於藻體內，當藻體細胞老化、死亡或遭逢外力破壞細胞膜時，進而釋出於水中。這些產毒的藻類，絕大多數為海洋性渦鞭毛藻類。在正常的生態環境下，高歧異度與低密度的藻類族群，並不會因毒藻的存在而造成嚴重的問題，反而因為能行光合作用，又佔據著地球表面積 75% 以上的水體，所以能為地球提供絕大多數的基礎生產力。然而過去二十年來，有毒的浮游藻類隨著人類活動力的增加而大量繁殖，其所造成的水華或赤潮的現象，無論在頻繁度、範圍與地理上的分布，均呈現出快速增加的趨勢。

渦鞭毛藻類的毒素中的赤潮毒素 (red tide toxins) 和赤潮的發生有很重要的關係存在。渦鞭毛藻在全球海洋中的分布相當廣，種類亦繁多，它們在基礎生產者的角色中，與矽藻共同擔任著重要的生產者，而全球極大部分的赤潮現象亦因其而起。當赤潮發生時，大量魚類及其他水中生物因而死亡，雖可能由於水中溶氧的降低及

藻體阻塞鰓葉引起之物理性窒息，或是因藻體細胞分解所產生硫化氫及細菌感染而造成死亡，此類稱為赤潮毒素（陳衍昌，赤潮（紅潮）與藻毒），但因死於藻類本身所生成之毒素亦有許多例子，例如南非 Krugersdrift 湖泊，因為水體營養鹽過多，導致單一物種大量增生，進而引發優養化現象，其中所屬的物種為藍綠藻門的微囊

藻 (*Microcystis* sp.) 和魚腥藻 (*Anabaena* sp.) 這兩類。湖中也發現到甲藻物種，它們與藍綠藻皆會引發藻毒，對人體健康造成傷害與影響，表 1 為四種渦鞭毛藻毒分類。不管是藍綠藻或是甲藻，它們皆對人體與生物造成健康上影響、降低活動力，嚴重甚至死亡的可能性發生 (Svir ev et al., 2017; Oberholster et al., 2009)

表 1 渦鞭毛藻毒種類

主要藻屬	主要藻毒	對人類影響
Gambierdiscus sp. 底盤甲藻屬	ciguatoxin and maitotoxin 甲藻毒素	Ciguatera fish poisoning 甲藻魚毒
Alexandrium sp. 原膝溝藻屬	saxitoxin 蛤蚌毒素	Paralytic shellfish poisoning 麻痺性貝毒
Ptychodiscus sp. 梭盤藻屬	brevetoxin 短毒素	Neurotoxic shellfish poisoning 神經性貝毒
Dinophysis sp. 繡藻屬	okadaic acid	Diarrhetic shellfish poisoning 痢疾性貝毒

三、都會型河川藻類採樣及分析

為落實整體水污染事件應變及管理制，於水污染發生或有發生之虞時，得透過各種預防及傳訊工具，將污染災害現場狀況迅速控制，並協調相關機關及污染者，採取緊急應變措施，以減少地面水體

之污染。近年有許多赤潮現象，國際上現稱有害藻華 HABs (Harmful Algal Blooms)，是由於環境變化使某些赤潮生物短時間內大量聚集和暴發性繁殖引起水域變色並對水體生物和環境造成影響的一種生態現象，本研究中評估可能的防治對策，成果可提供都會型河川發生急

性毒性藻華進行緊急應變流程。

本研究中所針對之河川藻類及水質調查佈點共有3處如圖1所示，針對河川發源地、上游及下游做採樣分析，依據過去每年3-6月份，出現多次水體變色情形，推測可能為水中藻類影響導致，因此本研究中將針對水體藻類進行調查並蒐集建立資料庫做為水質異常之評估，並針對各測點進行四季分析，以判斷流域中藻類受不同季節之影響。



圖 1 本研究河川採樣點位圖

四、藻類優勢種群與水色變化

任洪濤與張光勤 (2007) 在養殖業水色與水質相關研究中指出水中藻類優勢種群及其作用是決定水色的主要生物因子。所以就水色而言，藻類生長情形是導致水體呈現

不同色躑的關鍵因素。藻類細胞內含有色素，所以在養殖池中大量增生之後，水體就會呈現出特定顏色，一般而言約在 102,000 cell/L 就會呈現出淡淡的顏色，一般綠藻與藍綠藻呈現的是灰綠色，以矽藻為主是綠黃色，而矽藻是褐色 (邱仕彰, 2007)。

裸藻水華主要由紅裸藻形成水華，通常隱藻和其他鞭毛藻的數量的數量也較多，水色綠中發紅、綠色或紅褐色，水面通常有紅色浮膜。囊裸藻水華通常由棘刺囊裸藻和旋轉囊裸藻等形成水華，水面菸灰或紅褐色。矽藻水華主要由小環藻、針杆藻、舟形藻和菱形藻等形成水華，隱藻和綠球藻通常也有較多的數量，水呈褐色，多在春秋出現。一般而言，金藻、黃藻、矽藻和甲藻的細胞呈褐色或褐綠色，其水華也接近上述顏色；綠藻和裸藻細胞呈綠色，其水華也接近綠色；藍藻細胞呈深綠或深藍色。其水華也接近深綠或藍綠。根據賴雪端 (2007) 指出在台灣淡水河川中，常見之藻類為矽藻及藍綠藻、綠藻及裸藻。趙亞東 (2007) 研究中發現藻類種類會影響水色呈現，如在微藻類、顫藻、囊球藻水色會呈現出混濁的暗灰色，而在藍綠藻種類大量繁殖水色會呈現深綠色，而以矽

藻、綠藻為主、裸藻、衣藻次之水色會呈現草綠或清爽的黃綠色，隱藻、藍綠藻次之水色呈現褐色，草綠色並有紅色浮膜則是以裸藻、綠藻為主。其上述之藻類與水色關係本研究整理如下表 2。

表 2 水色與藻類關係表

水色 藻類	混濁暗灰色	深綠色	草綠至黃綠色	褐色	草綠色並有紅色浮膜
水中藻類	微藻類、顫藻、囊球藻	藍綠藻	矽藻、綠藻為主、裸藻、衣藻次之	隱藻、藍綠藻次之	裸藻、綠藻

資料來源：趙亞東（2007）

然而，實際情況要複雜的多。同一門藻類在色素組成上雖然有其共性，但還有特殊情況，如藍藻門種類一般呈藍綠或灰綠，而有些種類（孟氏顫藻、泥褐席藻等）因含較多的黃褐素（胡蘿蔔素和葉黃素）和紅色色素（藻紅素）而使細胞呈黃褐、紅褐和紫色等顏色；裸藻通常呈綠色，但血紅裸藻和細胞內有大量血紅素而使水呈紅褐色；有些藻類因具囊殼被甲，使水呈殼、甲的顏色。此外，同一種類的色素組成在生活條件變化時也可以改變，特別是藍藻和綠藻，當種群的增長達到指數增長期末時，常因養分（氮、磷、碳或微量元素）不足或其他原因而使細胞出現「老化」現象，這時葉綠素減少而胡蘿蔔素和葉黃素量增多，因而使藻體發黃或呈褐色。各種藻類對光照條件的適應而改變顏色的現象更是廣泛存

在。金藻、矽藻、隱藻和甲藻的水華幾乎都是褐、褐綠或褐青，而藍綠藻和裸藻的水華就不僅僅呈綠和藍綠色，特別是藍綠藻幾乎在各種水色中都可能占有較大的數量。




因此本研究中彙整四季分析資料，推論於測站 A 至測站 B 變色範圍顯示藻類總數分別為 370,920 cell/L 及 661,980 cell/L，藻類數量足夠產生色度變化，金藻（棕鞭藻）於測站 A 測得數量為 34,980 cell/L，其細胞呈褐色或褐綠色。4 月異常通報調查成果，以測站 B 藻類含量較高。測站 B 測站水中藻類共有 4 門 22 種，包含有矽藻門 15 種，測得總數量為 115,500 cell/L，藻類數量足夠改變河川水體顏色（矽藻呈褐色），另一方面，由於逕流及城市生活污水大量注入水體中，營養鹽含量增加，引起矽藻的大量繁殖，提供了赤潮生

物（例如夜光藻）的豐富餌料，促使後者的急速增加，從而形成了赤潮。本研究中除了彙整上述資料與調查成果外，亦彙整國內外常見之

水體自然變色與遭受污染變色型態與原因，彙整如表 3 與表 4，以比對類似案例之水體異常之評估與參考。

表 3 水體自然變色型態與原因

<p>泡沫 Foam</p> 	<p>泡沫可在水中自然生成。藉由腐爛的植物、葉子和動物（有機物）的作用就像肥皂一樣。有機物使水與空氣混合。這在水迅速移動的區域（例如瀑布下方或海浪拍打在海岸）產生氣泡和泡沫。</p>
<p>橙色或棕色軟泥 Orange or Brown Slime</p> 	<p>橙色 / 棕色軟泥是由無害的細菌引起的，形成粘糊或蓬鬆的沉積物。當鐵（在細菌中）和氧（在空氣中）聚集在一起時，使這些沉積物發生鏽蝕作用。這種軟泥最常見於春季附近，富含鐵的地下水到達地表。而泥濘也可以形成有豐富的腐爛的植物或動物材料。</p>
<p>綠色的水 Green Coloured Water</p> 	<p>池塘和河口經常在夏季變為綠色。是因為非常微小（微觀）的藻類（稱為浮游植物）大量生長（或綻放）的結果。生長通常是因為水中營養變化的結果。非常明亮的綠松石綠色或藍綠色到水可能表示此區富含藍綠藻（藍細菌）生長。其在水體表面上產生顆粒狀浮渣。</p>
<p>綠青苔或雲彩色澤 Green Moss or 'Clouds</p> 	<p>絲狀藻類（可見鍊狀或絲狀的單藻類細胞）可能在淡水池塘的底部形成苔蘚或雲狀。這些藻類團塊通常是黏稠的觸感。</p>

<p>墊（無光澤）綠色浮渣 Mats or green scum</p> 	<p>墊或綠色浮渣通常由水植物或藻類的大量生長 (or bloom) 引起。浮萍和絲狀藻是淡水池中最常見的原因。海萵苣在許多島河口形成墊狀。</p>
<p>紅、棕或茶色的水 Red, Brown or Tea-coloured Water</p> 	<p>紅色、棕色或茶色的水是由於存在有機物質或稱為單寧 (tannin) 的植物色素。單寧是污染水的主要原因，與泥漿水中的淤泥不同，如果水留在玻璃瓶或密閉瓶子中，單寧不會分離出來。</p>
<p>乳白色或多雲綠色的水 Milky White or Cloudy Green Coloured Water</p> 	<p>在出海口（新鮮和鹽水混合的區域）乳白色或多雲綠色的水通常是發生“缺氧事件”的標誌。這些事件發生在大量的藻類或海萵苣分解時。分解植物材料使用水中的所有或大部分的氧。缺氧事件導致水產生白色至灰色或綠色變色以及腐爛的雞蛋或腐爛的蕪菁類氣味。</p>
<p>油性光澤 Oily Sheen</p> 	<p>水的油性“光澤”其常見原因之一是存在無害的鐵或錳的細菌。這些細菌通常在潮濕的土壤中發現。腐爛的植物和動物材料也可以產生油性外觀。然而經由自然原因引起的油性光澤沒有石油氣味。</p>



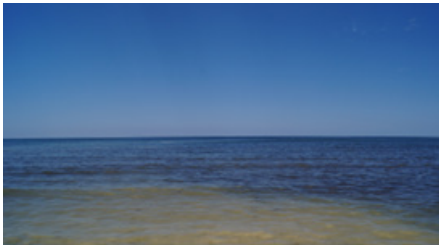


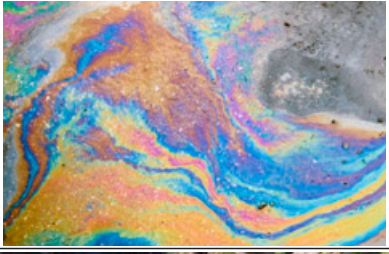


<p>黃色浮渣 / 浮油 Yellow Scum/Slick</p> 	<p>在春天和初夏，有時在島嶼水道（包括海灘）中可見到淡黃色浮渣或浮油，這個浮渣通常是由於大量的樹木花粉 (tree pollen) 進入水體中。花粉愈水而變粘稠，使得它聚集在一起。因為它很輕，所以漂浮在水表上。有時浮渣會覆蓋大面積的水。島民可能注意到他們的汽車和水坑表面也覆蓋著花粉</p>
--	--

表 4 遭受污染變色型態與原因

	<p>結塊在一起的黃色或棕色油脂物質類似油脂，燃料或油。</p>
	<p>深紅色與棕色或黑色條紋有強烈的氣味可能是石油。</p>
	<p>明亮的螢光綠色表示某些公共事業機構用於進行污水系統染色試驗的尿素染料。</p>

	<p>沒有可識別的固體，泡沫或氣味的白色渾濁或乳狀水可能從油漆，水泥材料或洗滌設備中溢出。</p>
	<p>藍色或藍綠色以及強烈的化學或污水氣味和糞便固體可以是便攜式廁所的廢水。</p>
	<p>彩虹光澤可以由鐵氧化細菌或石油產生。為了區分，用棍子刺穿過表層，如果很容易分解，它很可能是細菌造成。如果它漩渦在一起，它很可能是石油。</p>
	<p>具有強烈污水氣味的灰色水表示可能是生活污水溢出。</p>
	<p>白色泡沫水通常與洗車，壓力洗滌或其它洗滌劑排放相關。</p>



參考文獻

1. 任洪濤、張光勤，2007，淺談浮游植物與水質的關係，中國水產，10：73-74。
2. 邱仕彰，2007，養殖池水色成因與水色管理，台肥季刊01期。
3. 趙亞東，2007，如何根據水色正確判斷水質，漁業致富指南第9期，p26
4. 賴雪端，2007，台灣本土性底棲藻類做為河川水質生物指標之研究，中興大學植物學研究所博士論文。
5. Bak, S. H., & Yoon, H. J. (2016). Analysis on optical property in the South Sea of Korea by using Satellite Image: Study of Case on red tide occurrence in August 2013. *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, 11(7), 723-728.
6. Berdalet, E., Fleming, L. E., Gowen, R., Davidson, K., Hess, P., Backer, L. C., ... & Enevoldsen, H. (2016). Marine harmful algal blooms, human health and wellbeing: challenges and opportunities in the 21st century. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96(1), 61-91.
7. Berdalet, E., Fleming, L. E., Gowen, R., Davidson, K., Hess, P., Backer, L. C., ... & Enevoldsen, H. (2016). Marine harmful algal blooms, human health and wellbeing: challenges and opportunities in the 21st century. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96(1), 61-91.
8. Davidson, K., Gowen, R. J., Harrison, P. J., Fleming, L. E., Hoagland, P., & Moschonas, G. (2014). Anthropogenic nutrients and harmful algae in coastal waters. *Journal of environmental management*, 146, 206-216.
9. Glibert, P. M. (2017). Eutrophication, harmful algae and biodiversity—Challenging paradigms in a world of complex nutrient changes. *Marine pollution bulletin*, 124(2), 591-606.

10. Hoagland, P., Jin, D., Beet, A., Kirkpatrick, B., Reich, A., Ullmann, S. & Kirkpatrick, G. (2014). The human health effects of Florida Red Tide (FRT) blooms: an expanded analysis. *Environment international*, 68, 144-153.
11. Luo, X., & Jiao, J. J. (2016). Submarine groundwater discharge and nutrient loadings in Tolo Harbor, Hong Kong using multiple geotracer-based models, and their implications of red tide outbreaks. *Water research*, 102, 11-31.
12. McGillicuddy Jr, D. J., Brosnahan, M. L., Couture, D. A., He, R., Keafer, B. A., Manning, J. P., ... & Anderson, D. M. (2014). A red tide of *Alexandrium fundyense* in the Gulf of Maine. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 103, 174-184.
13. Nava, V., Patelli, M., Soler, V., & Leoni, B. (2017). Interspecific relationship and ecological requirements of two potentially harmful cyanobacteria in a Deep South-Alpine Lake (L. Iseo, I). *Water*, 9(12), 993.
14. Nyenje, P. M., Foppen, J. W., Uhlenbrook, S., Kulabako, R., & Muwanga, A. (2010). Eutrophication and nutrient release in urban areas of sub-Saharan Africa—a review. *Science of the Total Environment*, 408(3), 447-455.
15. Oberholster, P. J., Myburgh, J. G., Govender, D., Bengis, R., & Botha, A. M. (2009). Identification of toxigenic *Microcystis* strains after incidents of wild animal mortalities in the Kruger National Park, South Africa. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(4), 1177-1182.
16. Ou, G., Wang, H., Si, R., & Guan, W. (2017). The dinoflagellate *Akashiwo sanguinea* will benefit from future climate change: The interactive effects of ocean acidification, warming



- and high irradiance on photophysiology and hemolytic activity. *Harmful algae*, 68, 118-127.
17. Poulin, R. X., Poulson-Ellestad, K. L., Roy, J. S., & Kubanek, J. (2018). Variable allelopathy among phytoplankton reflected in red tide metabolome. *Harmful algae*, 71, 50-56.
18. Shikata, T., Onitsuka, G., Abe, K., Kitatsuji, S., Yufu, K., Yoshikawa, Y., ... & Miyamura, K. (2017). Relationships between light environment and subsurface accumulation during the daytime in the red-tide dinoflagellate *Karenia mikimotoi*. *Marine Biology*, 164(1), 18.
19. Svirčev, Z., Drobač, D., Tokodi, N., Mijović, B., Codd, G. A., & Meriluoto, J. (2017). Toxicology of microcystins with reference to cases of human intoxications and epidemiological investigations of exposures to cyanobacteria and cyanotoxins. *Archives of toxicology*, 91(2), 621-650.
20. Wells, M. L., Trainer, V. L., Smayda, T. J., Karlson, B. S., Trick, C. G., Kudela, R. M., ... & Cochlan, W. P. (2015). Harmful algal blooms and climate change: Learning from the past and present to forecast the future. *Harmful algae*, 49, 68-93.
21. Zhao, J., & Ghedira, H. (2014). Monitoring red tide with satellite imagery and numerical models: a case study in the Arabian Gulf. *Marine pollution bulletin*, 79(1-2), 305-313.

提供環境保護及職業安全衛生的技術、資訊與經驗交流，追求永續發展



中華環安衛科技協會 第十二屆第一次理監事聯席會 會議紀錄

- 一、時 間：民國 107 年 3 月 7 日下午六時。
- 二、地 點：君鴻國際酒店皇廷俱樂部皇廷廳(高雄市苓雅區自強三路 1 號 78 樓)。
- 三、出席人員姓名
理事：吳裕文、陳信榮、方明達、張啟達、王凱中、黃建元、王文成、林信一、林健榮、林登峰、孫惠坤、陳俊銘、陳康興
監事：王 珏、王茂松、孫榮宏、康敏捷
候補理事：何宜達、陳漢源、林增誠
候補監事：陳文萱
- 四、請假人員姓名
理事：蔡俊銘、朱信安、林宗曾、陳哲寬、陳文盛、葉雅強、廖俊喆、蔡顯修、薩支高、嚴小梅、劉惠民、王振華
監事：徐漢、王冠懿
- 五、缺席人員姓名：(無)
- 六、列席人員：蔣士宜(名譽理事長)、戴華山(名譽理事長)、金崇仁(名譽理事長)、李勝棠(秘書長)、徐登科(研發長)、張文屏(財務長) 陳雪珍(執行秘書)
- 七、主席：金崇仁理事長 記錄：陳雪珍
- 八、主席致詞：(略)
- 九、報告事項：
會務工作報告：
本會於今(3/7)下午 13:50 假中鋼集團總部大樓召開第十二屆第一次會員大會，並進行理事、監事改選，會議完滿落幕。
- 十、選舉事項：
 - (1) 監票人：李勝棠 發票人：徐登科
唱票人：張文屏 記票人：陳雪珍
 - (2) 常務理事當選人(得票數)
方明達(09 票)、張啟達(10 票)、黃建元(10 票)、王凱中(12 票)、吳裕文(11 票)、蔡俊銘(09 票)、陳信榮(11 票)
 - (3) 常務監事當選人(得票數)
孫榮宏(4 票)

提供環境保護及職業安全衛生的技術、資訊與經驗交流，追求永續發展

(4) 理事長當選人(得票數)
王凱中(12 票)

十一、第十二屆理事長致詞：(略)

十二、討論提案

提案一

案由：聘請金前理事長為本會名譽理事長，提請核議。

說明：金前理事長崇仁擔任本會第十一屆理事長期間，對本會會務發展貢獻卓著，為借重金前理事長之經驗，建議聘請為本會名譽理事長。

決議：照案通過。

提案二

案由：聘任本會第十二屆秘書長及工作人員案，提請核議論。

說明：為利本協會業務之推展，達無縫接軌之目標，擬聘請洪兆宏擔任本協會第十二屆秘書長，擬聘請柯宥彤擔任本協會執行秘書。

決議：照案通過。

提案三

案由：申請加入本會會員之資格審查。

說明：新申請加入本協會個人會員及團體會員資料如下，敬請審查。

個人會員

編號	姓名	現職	推薦會員
P209	上官世和	中國鋼鐵(股)公司環境保護處處長	王凱中、康敏捷
P210	方煥銘	元科科技(股)公司副總經理	王凱中、康敏捷
P211	連興隆	高雄大學土木與環境工程學系 教授兼任行政校長	王凱中、康敏捷
P212	陳俊宇		戴華山、王振華



團體會員

編號	團體名稱	會員代表
B023	隆順綠能科技股份 有限公司	陳俊宇副總經理、陳俊豪技術 總監

決議：照案通過。

提案四

案由：擬敦聘本協會無給職顧問，提請核議論。

說明：擬聘請可寧衛(股)公司陶正倫總經理、中國鋼鐵(股)公司上官世和處長、高雄大學連興隆行政校長、元科科技(股)公司方煥銘副總經理等四位為本會無給職顧問。

決議：照案通過。

十三、臨時動議：(無)

十四、散會：下午九時。

會員資格與權利義務

會員種類	加入資格	權利及義務	入會費 / 常年會費
個人	凡贊同本會宗旨，年滿二十歲者，經會員(會員代表)二人(含)以上推薦填具入會申請書，經理事會通過並繳納入會費後，為個人會員	權利：參加會員大會及各種活動的權利，有發言權、表決權、選舉權、被選舉權與罷免權 義務：繳納會費及遵守本會章程與決議事項	入會費 500元 常年會費 1000元/年
團體-A類	凡公私機構或團體贊同本會宗旨，填具入會申請書，經理事會通過並繳納入會費，為團體會員。	權利：A類會員得推派會員代表3人，B、C類會員得推派代表2人，以行使比照個人會員享有之同等權利 義務：繳納會費及遵守本會章程決議事項	入會費 3000元 常年會費 6000元/年
團體-B類	A類：資本額在六千萬元以上(含)的企業團體 B類：資本額在六千萬元以下的企業團體		入會費 3000元 常年會費 4000元/年
團體-C類	C類：非營利事業之公私機構，社會法人團體等		入會費 2000元 常年會費 4000元/年
贊助	凡贊同本會宗旨，對本會提供人力、物力贊助者，得經理事會通過為贊助會員	可享有參加會員大會及各種活動的權利，有發言權但無表決權、選舉權、被選舉權與罷免權	無

本協會對會員所提供的服務

一、免費贈閱會刊：

會刊每半年發行一期，內容涵蓋科技新知及產業訊息等，會員可藉以提升在環保及工業安全衛生的技術及競爭優勢。

二、免費參加各項活動：

本協會不定期舉辦環安衛相關議題的座談會及研討會，邀請各界專家學者演講及交流；另亦安排觀摩活動，參觀優良產、官、學、研單位，相互吸收經驗。

三、專屬網站：

本協會專屬網站<http://www.cesha.org.tw/>，會員可藉此瀏覽本會最新訊息及相關資訊。

四、入會申請表

團體及個人會員申請表，放置於本協會專屬網站上，加入會員請於本會網站下載。