

國內外環境毒物研究成果新知

林浩潭

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

一、前言

二十世紀以來，因化學工業之逐漸發達，許多物質被提煉或合成作為特殊用途，以改善人類生活；但因早期欠缺生態環境安全影響評估與管理之考量，以致某些化合物雖達成其特殊功效，但也對生態環境造成重大影響，其引起之弊害往往為吾人所無法想像。如早期使用而現已被禁用之有機氯殺蟲劑 DDT、BHC、阿特靈與地特靈等，被用於增進農業生產及環境病媒-跳蚤、瘧蚊等之防治，功效卓著；但後來被發現其在環境中不易分解，具生物累積性，甚至部份藥劑具致癌性，會經由食物鏈的生物濃縮而累積於生物體內，干擾內分泌，降低繁殖能力或引起病害，間接引起某些物種之滅絕。此一衝擊喚起了人類之省思，開始檢視毒性物質使用對生態環境之影響並進行安全性評估，進而採取管制或禁用措施，降低其對生態環境之衝擊。本文中報導環境荷爾蒙與持久性有機污染物、戴奧辛與多環芳香烴化合物等毒性物質及基因轉殖生物對環境生態之影響，期能引起重視，維護人體健康並防範其對環境之污染，以保生態環境之永續。

二、環境荷爾蒙與持久性有機物污染物

(一) 環境荷爾蒙

環境荷爾蒙或內分泌干擾物(endocrine disrupting chemicals)系指環境中一些類似生物體內雌激素(estrogenic)或抗雄激素(antiandrogenic)作用的化學物質，此類物質因類似生物體內賀爾蒙的功能，能抑制荷爾蒙的功能及正常作用，改變生物體內免疫、神經和內分泌系統的正常運作，影響生物之生殖與生長。其對人類之影響包括乳癌及子宮內膜異位、男性攝護腺癌及睪丸癌、不正常之性器官發育、生殖力下降、腦下垂體及甲狀腺功能改變、免疫力抑

制及行為異常等。環境荷爾蒙除了影響人體健康外，亦對其它生物產生不良影響，如：影響魚類和鳥類的甲狀腺功能及發育異常、降低生物之生殖能力、降低卵生動物卵之孵化率、造成魚、鳥、爬蟲類及哺乳類之去雄性化(demasculinization)和雌性化(ferminization)，腹足動物、魚類和鳥類去雌性化(defeminization)和雄性化(masculinization)、降低後代存活率、改變鳥類及哺乳類之免疫力及行為等(陳健民及劉銘龍，2000)。目前已被列入環境荷爾蒙化學物質，美國環保署有 60 種，疾病管制暨預防中心有 48 種，世界野生動物基金會有 68 種，日本環境廳則有 70 種(見表 1)(凌永健，2000)。

國際化學會(International Union of Pure and Applied Chemistry)於 1998 年出版之報告中，收集、整理各領域專家學者有關環境荷爾蒙的研究，認為環境荷爾蒙是否會影響精蟲數量，目前尚缺確實答案，且與乳癌之關聯性仍缺乏証實，但仍提出以下三點結論：1. 環境荷爾蒙可能是侵害人體健康、降低生殖能力之主要因素。2. 內分泌失調與化學物質之關聯性假設，需要更精密的檢驗。3. 發展新方法以確認內分泌失調的現象及檢測干擾內分泌的物質。日本環境廳針對環境荷爾蒙提出具體對應方針：1. 推動環境荷爾蒙污染現況及其對野生動物影響之調查，進行環境荷爾蒙之研究及技術開發。2. 加強環境荷爾蒙之風險評估、管理及資訊供給。3. 強化國際資訊交流。(鄭顯榮等，2000)。

表 1 日本環境廳公佈之環境荷爾蒙

編號	化學名稱	中文名稱	用途
1	Dioxins and furans	戴奧辛及呔喃	
2	Polychlorinated biphenyl (PCBs)	多氯聯苯	熱媒、變壓器
3	Polybromobiphenyl (PBB)	多溴聯苯	防火材料
4	Hexachlorobenzene	六氯苯	殺菌劑、化學合成原料
5	Pentachlorophenol (PCP)	五氯酚	殺菌劑、殺草劑

表 1 日本環境廳公佈之環境荷爾蒙(續)

編號	化學名稱	中文名稱	用途
6	2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid(2,4,5-T)		殺草劑
7	2,4-Dichlorophenoxyacetic acid(2,4-d*)	2,4-地	殺草劑
8	Amitrole		殺草劑、樹脂硬化劑
9	Atrazine	草脫淨	殺草劑
10	Alachlor	拉草	殺草劑
11	Simazine (CAT)	草滅淨	殺草劑
12	Hexachlorocyclohexane	蟲必死	殺蟲劑
13	Carbaryl	加保利	殺蟲劑
14	Chlordane	可氯丹	殺蟲劑
15	Oxychlordane	可氯丹代謝物	
16	Trans-Nonachlor		殺蟲劑
17	1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	二溴氯丙烷	殺蟲劑
18	DDT	滴滴涕	殺蟲劑
19	DDD and DDE	滴滴涕代謝物	殺蟲劑
20	Dicofol	大克	殺蟲劑
21	Aldrin	阿特靈	殺蟲劑
22	Endrin	安特靈	殺蟲劑
23	Dieldrin	地特靈	殺蟲劑
24	Endosulfan	安殺番	殺蟲劑
25	Heptachlor	飛佈達	殺蟲劑
26	Heptachlor epoxide	飛佈達代謝物	殺蟲劑
27	Malathion	馬拉松	殺蟲劑
28	Methomyl	納乃得	殺蟲劑
29	Methoxychlor		殺蟲劑
30	Mirex	滅蟻樂	殺蟲劑
31	Nitrofen	護谷	殺草劑
32	Toxaphene	毒殺芬	殺蟲劑

表 1 日本環境廳公佈之環境荷爾蒙(續)

編號	化學名稱	中文名稱	用途
33	Tributyltin	三丁基錫	船底防污油漆、魚網防腐劑
34	Triphenyltin	三苯基錫	船底防污油漆、魚網防腐劑
35	Trifluralin	三福林	殺草劑
36	Alkyl phenol (from C5 to C9)-Nonylphenol, Octyl phenol	烷基酚-對壬基苯酚	界面活性劑原料
37	Bisphenol A	雙酚 A	樹脂原料
38	Di-(2-ethylhexyl)phthalate	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	塑膠之塑化劑
39	Butyl benzyl phthalate	鄰苯二甲酸丁酯苯甲酯	塑膠之塑化劑
40	Di-n-butyl phthalate	苯二甲酸二丁酯	塑膠之塑化劑
41	Dicyclohexyl phthalate	苯二甲酸二環己酯	塑膠之塑化劑
42	Diethyl phthalate	苯二甲酸二乙酯	塑膠之塑化劑
43	Benzo(a)pyrene	苯芯	
44	Dichlorophenol	二氯酚	染料之中間產物
45	Diethylhexyl adipate	己二酸二(2-乙基己基)酯	塑膠之塑化劑
46	Benzophenone	二苯甲酮	製藥及化妝品原料
47	4-Nitrotoluene	4-硝基苯	化學合成原料
48	Octachlorostyrene		有機氯化物副產品
49	Aldicarb	得滅克	殺蟲劑
50	Benomyl	免賴得	殺菌劑
51	Kepone (Chlordecone)	十氯丹	殺蟲劑
52	Mancozeb	鋅錳乃浦	殺菌劑
53	Manzeb	錳乃浦	殺菌劑

表 1 日本環境廳公佈之環境荷爾蒙(續)

編號	化學名稱	中文名稱	用途
54	Metiram	免得爛	殺菌劑
55	Metribuzin	滅必淨	殺草劑
56	Cypermethrin	賽滅寧	殺蟲劑
57	Esfenvalerate	益化利	殺蟲劑
58	Fenvalerate	芬化利	殺蟲劑
59	Permethrin	百滅寧	殺蟲劑
60	Vincozolin	免克寧	殺菌劑
61	Zineb	鋅乃浦	殺菌劑
62	Ziram	益穗	殺菌劑
63	Dipentyl phthalate	鄰苯二甲酸 二苯酯	塑膠之塑化劑
64	Dihexyl phthalate	鄰苯二甲酸 二己酯	塑膠之塑化劑
65	Dipropyl phthalate	鄰苯二甲酸 二丙酯	塑膠之塑化劑
66	Styrenes	苯乙烯	塑膠合成
67	n-Butylbenzene	n-丁基苯	液晶工業用
68	Cadmium	鎘	電鍍、電池、塑膠 安定劑
69	Lead	鉛	電池、塑膠安定劑、 冶金
70	Mercury	汞	電池、化工、殺菌劑

(二) 持久性有機污染物

持久性有機污染物(Persistent Organic Pollutants, POPs)，依據美國環保署之定義，為在環境中不易分解，具生物累積性，對人類及動物造成毒害之有機污染物，聯合國環境計畫(United Nation Environment Programe, UNEP)中，定議出十二種持久性有機污染物，分別為：安特靈(Endrin)、滴滴涕(DDT)、飛佈達(Heptachlor)、阿特靈(Aldrin)、地特靈(Dieldrin)、毒殺芬(Toxaphene)、氯丹

(Chlordane)、滅蟻樂(Mirex)、六氯苯(Hexachlorobenzene)、多氯聯苯(PCBs)、戴奧辛(Dioxins)及呋喃(Furans)等。12 種污染物中戴奧辛及 喃為非工業產品，多氯聯苯作為工業用途，其餘 9 種皆為農藥或環境衛生用藥。表 2 為部分持久性有機物污染物在田間環境中之半衰期，其半衰期一般大於半年；此類污染物由於在環境中不易分解，可經由空氣、水及土壤等途徑再經由食物鏈而進入人類或動物體中，又由於其脂溶性高，人體或動物攝入後，極易累積於脂肪中而不易排出體外，累積至一定量後則引起中毒症狀。持久性有機污染物之急毒性及致癌性如表 3 所示，急毒性為高劑量短時間所引起之毒害，滴滴涕、氯丹及飛佈達之急毒性較高而六氯苯之急毒性較低。慢性毒為長時間低劑量所引起之毒害，12 種污染物中戴奧辛已被確認對人類有致癌性，多氯聯苯很可能對人類有致癌性，安特靈、地特靈及阿特靈對人類無致癌性，其餘七種污染物則可能對人類有致癌性。

安特靈、滴滴涕、飛佈達、阿特靈、地特靈、毒殺芬、氯丹、滅蟻樂及六氯苯等殺蟲劑早在 1974 年以前即在臺灣地區被禁用，林浩潭等(1994)採取本省 204 個不同地區農田土壤樣品，分析包括安特靈、滴滴涕、飛佈達、阿特靈、地特靈等殺蟲劑及二種代謝物含量，結果如表 4，檢測不到有機氯化烴殺蟲劑之樣品數為 58，佔總樣品數之 28.4%。檢測對象在土壤樣品中出現百分率最高者為滴滴依(滴滴涕代謝物)，佔 59%；其次依序為：靈丹(21%)，地特靈(19%)，阿特靈(14%)，飛佈達(4%)，環氧飛佈達(飛佈達代謝物)(3%)及滴滴涕(1%)。表土(0-15 公分深)中未檢測出滴滴涕。就平均含量言，除 DDE 於表土為 $5.82 \mu\text{g}/\text{kg}$ ，裏土為 $3.54 \mu\text{g}/\text{kg}$ 外，其餘 6 種藥劑於土壤中之含量皆低於 $2 \mu\text{g}/\text{kg}$ 。依據土壤中殺蟲劑之最高含量及作物對土壤中殺蟲劑之吸收係數，推算出土壤中殺蟲劑可轉移至作物體中之最高殘留量，與作物中殺蟲劑之殘留限量比較，結果顯示目前土壤中之殘留量不可能經由食物鏈而危害人體健康。

表 2 部分持久性有機物污染物在田間環境中之半衰期

有機物名稱	半衰期(年)	有機物名稱	半衰期(年)
阿特靈	1.0	飛佈達	0.7
氯丹	1.0	六氯苯	2.7
滴滴涕	5.5	滅蟻樂	8.2
地特靈	2.7	毒殺芬	>0.5
安特靈	11		

摘自：Augustijn-Beckers et al., 1994; Wauchope, et al., 1992;
Haque and Freed, 1975.

表 3 持久性有機物污染物之毒性及致癌性

有機物名稱	LD50(毫克/每公斤體重, 大鼠) ^a	國際癌症研究組織致癌性分級
阿特靈	38-67	3 ^b
氯丹	367-515	2B ^c
滴滴涕	113	2B
地特靈	37-87	3
戴奧辛	--	1 ^d
安特靈	7-15	3
呋喃	--	2B
飛佈達	147-220	2B
六氯苯	4,000	2B
滅蟻樂	306	2B
多氯聯苯	1,295 (Aroclor1254)	2A ^e
毒殺芬	69	2B

^a資料摘自：Farm Chemicals Handbook, 1997.

^b對人類無致癌性

^c可能對人類有致癌性

^d對人類有致癌性

^e很可能對人類有致癌性，

表4 臺灣地區農田土壤中有機氯化烴殺蟲劑殘留量^a

殺蟲劑	表土 (0-15 公分深)			裏土(15-30公分深)		
	檢出樣品 百分比	平均 ($\mu\text{g/kg}$)	範圍 ($\mu\text{g/kg}$)	檢出樣品 百分比	平均 ($\mu\text{g/kg}$)	範圍 ($\mu\text{g/kg}$)
阿特靈	13	1.88	ND ^b -49.5	14	0.80	ND-19.1
地特靈	18	0.30	ND-3.64	19	0.33	ND-5.47
滴滴依	60	5.82	ND-149	58	3.54	ND-32.6
滴滴涕	0	ND	ND	2	0.06	ND-3.51
安特靈	8	0.12	ND-3.14	2	0.02	ND-1.89
飛佈達	3	0.10	ND-4.23	4	0.17	ND-7.87
環氧飛 佈達	5	0.12	ND-4.14	1	0.01	ND-1.41
靈丹	24	1.10	ND-24.9	17	0.43	ND-12.3

^a 樣品數為204件

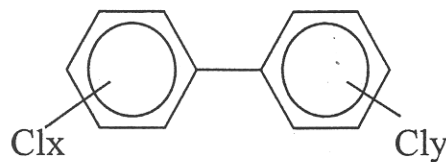
^b ND = 檢測不到

我國與持久性有機物污染物相關之法規有：毒性化學物質管理法、毒性化學物質運送管理法、毒性化學物質管制方案、農藥管理法、環境衛生用藥管理辦法、廢棄物清理法、勞工安全衛生法等(詹長權與賴彥伶，2000)。12種持久性有機物污染物中已有10種在臺灣地區被禁用，雖不致對本地生態環境造成影響，但其它地區尚有生產及使用，可能因走私進口、隨氣流之飄散及進口受污染之農漁產品或食物而影響生態環境與人體健康，因此，環境、食品與人體中持久性有機物之監測工作須持續進行。其餘之二種污染物-戴奧辛與 喃為非人為刻意生產，而是在自然環境下所產生，值得吾人重視，於下節中討論之。

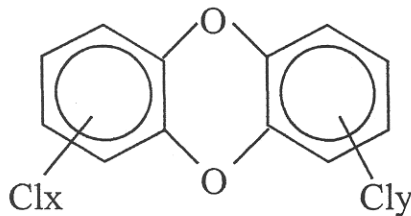
(二) 戴奧辛與 喃

戴奧辛是二個氧原子聯結一對苯環類化合物之統稱，二個苯環上之八個氫位置可被 1-8 個氯原子所取代，理論上可生成 75 個同類物，此類化合物之性質與多氯聯苯相似，化學性質安定及在環境

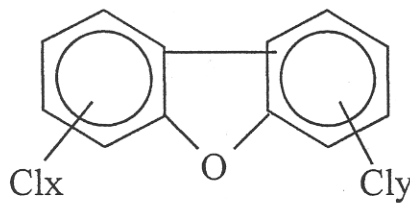
中不易分解，化學結構亦類似多氯聯苯，故常被稱為氧化之多氯聯苯，化學名稱為多氯二聯苯戴奧辛 (Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins)，簡稱 PCDDs；氧化之多氯聯苯另有以單氧聯結的結構稱為多氯二聯苯呋喃 (Polychlorinated dibenzofurans)，簡稱 PCDFs，其在二個苯環上之八個氫位置亦可被 1-8 個氯原子所取代，理論上可生成 135 個同類物。一般將此 210 種化合物稱總為戴奧辛 (多氯聯苯、戴奧辛及多氯二聯苯呋喃之化學結構示之於圖 1)，其中 2,3,7,8-TCDD 毒性最大，以天竺鼠口服試驗所得之 LD50 為 0.0006 毫克/每公斤體重 (王一雄，1997)。



多氯聯苯



戴奧辛



多氯二聯苯呋喃

圖 1 多氯聯苯、戴奧辛及多氯二聯苯呋喃之化學結構

戴奧辛產生的來源有：(一)自然生成：燃燒未經污染的木材也可能產生微量的戴奧辛 (包括 2,3,7,8-TCDD)，其濃度約在 ppt (10^{-12}) 的範圍內。另外森林失火也被認為可能是多氯二聯苯戴奧辛 (PCDDs) 的自然來源之一。(二)工業原料製程的副產物：如用於木材防腐劑

的五氯酚(Pentachlorophenol, PCP)和作為除草劑的 2,4,5-三氯酚(2,4,5-Trichlorophenol, 2,4,5-TCP)等氯酚類化合物，於產製過程中，亦含微量的戴奧辛副產物。(三)特定工業製程的燃燒行為：例如金屬冶鍊、以廢棄物為燃料之水泥窯、紙漿廠紙漿加氯漂白過程、燃煤或燃油火力發電廠...等的高溫製程，亦可能產生。(四)廢棄物焚化爐：一般廢棄物、事業廢棄物焚化爐於燃燒過程中，若操作條件控制不當，也會產生戴奧辛。(五)其他人為的燃燒行為：香煙的煙霧、汽、柴油機動車和飛機的廢氣，以及燃燒含氯有機物污染的東西，如露天燃燒垃圾、廢電纜、廢五金等，也被認為是戴奧辛存在環境中的可能來源(行政院環境保護署，2000a)。美國環保署 1994 年出版的報告指出，環境中發現的戴奧辛約有 95%來自垃圾焚化，主要來源為都市與醫療設施之焚化爐。

戴奧辛在熱、酸及鹼中相當穩定，熱處理法為破解戴奧辛之最可行方法，但溫度須達 850°C 以上，如戴奧辛之含量高，則須 1000 °C 以上高溫，方可將其破解。依據環保署有害事業廢棄物處理規定，焚化處理設施，燃燒室出口中心溫度應保持 1,000°C 以上，燃燒氣體滯留時間在 2 秒以上；破壞去除效率達 99.999%以上(行政院環境保護署，2000a)。

人類受戴奧辛暴露的機會，可來自一般環境、意外的暴露及特定工業上的暴露；環境暴露部分，超過 90%以上的來源，係經由日常飲食中的食物攝取而來。主要的暴露途徑，包含以下幾點：1.經由呼吸進入：燃燒行為、焚化爐氣體排放及機動車輛排煙。2.經由食物進入：(1)含戴奧辛的殺蟲劑、除草劑經由農作物吸收，再食入人體。(2)食物污染：由空氣傳輸到蔬菜、穀物、牧草，再經由食物鏈傳到人體。(3)水產品：水中戴奧辛經由生物濃縮，再經由食物鏈進入人體。3.水源：因戴奧辛於水中的溶解性極低，故大部分均由水中底泥吸附，水中含量極為微量，不致造成水源污染。

聯合國世界衛生組織建議每人每日戴奧辛容許攝取量為 1~ 4 微微克(10^{-12} 公克)/每公斤體重，若以體重 60 公斤成年人來說，每

天最高的容許攝取量為 240 微微克。國際癌症研究中心於 1997 年已將 2,3,7,8-TCDD 歸類為人類確定致癌物，至於其他類戴奧辛，尚無法歸類為致癌物。美國環保署將戴奧辛歸類為可能人類致癌物。聯合國世界衛生組織將戴奧辛歸類為可能使人類致癌物。人類戴奧辛中毒最常見症狀為氯痤瘡，損害肝臟與免疫系統、影響酵素的運作功能、消化不良及肌肉、關節疼痛、孕婦易致流產與產下畸型兒、男性荷爾蒙減少現象、色素沈著、多毛症、增加皮膚脆弱性、出疹、出水泡、視力受損及膽硬脂血症。

戴奧辛或多氯聯苯重大污染事例有：(一)越戰期間，美國空軍於湄公河三角洲附近噴灑大量除草劑-橘劑(Agent Orange,係 2,4,5-三氯酚與 2,4-二氯苯氧基乙酸(2,4-Dichlorophen-oxyacetic acid(2,4-D)的混合物)展開滅林行動，除造成環境污染外，將近有六十萬居民因暴露其中而染上重病，如經常性流產、生產缺陷等疾病。(二)1976 年義大利 Seveso 地區某農藥工廠事故，因以 1,2,4,5-四氯苯(TCB)為原料，製造 2,4,5-三氯酚的反應槽爆炸，造成 15 平方公里及約 37,000 人的污染及影響，受污染民眾的血清中 2,3,7,8-TCDD 平均達 126pg/g 至 450pg/g(以脂肪計)，最高濃度曾測得 56,000pg/g(以脂肪計)。(三)1970 年代美國愛河事件(Love canal)在紐約州尼加拉瀑布區的一處廢棄化學品傾置場所發現廢棄的橘劑內含有戴奧辛物質，造成當地居民流產及產生畸型案例逐漸增加。(四)1999 年 5 月間比利時家禽、家畜及蛋類等乳製食品，因飼料受戴奧辛污染，造成相關畜產品的污染及全球的注目。(五)1968 年日本 Yusho 地區食用油(Kanemi rice oil)受污染，造成民眾誤食事件。(六)民國六十八年(1979 年)於台灣中部地區也曾發生多氯聯苯污染米糠油食物中毒事件。

目前行政院環保署採取的管制措施，有下列幾項：(一)對含戴奧辛之工業原料，如：五氯酚、2,4,5-三氯酚...等，已公告禁止製造、輸入、販賣及使用；對於含多氯聯苯的物品，如電容器、變壓器，將於民國九十年起全面禁止使用，以達成源頭管理的目的。(二)公告「廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準」，對於新設的焚化廠，

將以全世界最嚴格排放標準(0.1 ng-TEQ/Nm³)來規範；對於既設焚化爐，也規定於民國九十年八月八日前改善完成，以減少對環境的負荷。(三)我國大型垃圾焚化廠採用最佳控制技術(Best Available Control Technology, BACT)，並裝置連續自動監控設施，以降低戴奧辛的排放量。(四)環保署自民國八十四年起陸續設立三座超微量分析實驗室，進行國內廢氣煙道、各種環境介質中及人體血液中的戴奧辛研究及調查，以掌握戴奧辛的流布並採取適當的管制措施。(五)環保署於八十九年度已經辦理下列計畫，進行環境背景調查工作，以便了解並建立環境背景中之戴奧辛負荷值：1.焚化爐設置地區(木柵、新店、桃南)環境周界空氣及植物戴奧辛含量檢測以及附近居民血液生化檢驗。2.持續進行台灣地區土壤、河川底泥、魚體等環境背景調查及焚化爐排放飛灰、底灰等戴奧辛含量調查。環保署將持續進行各項環境介質戴奧辛環境背景調查及各種環境污染的管制，以減少戴奧辛的產生。

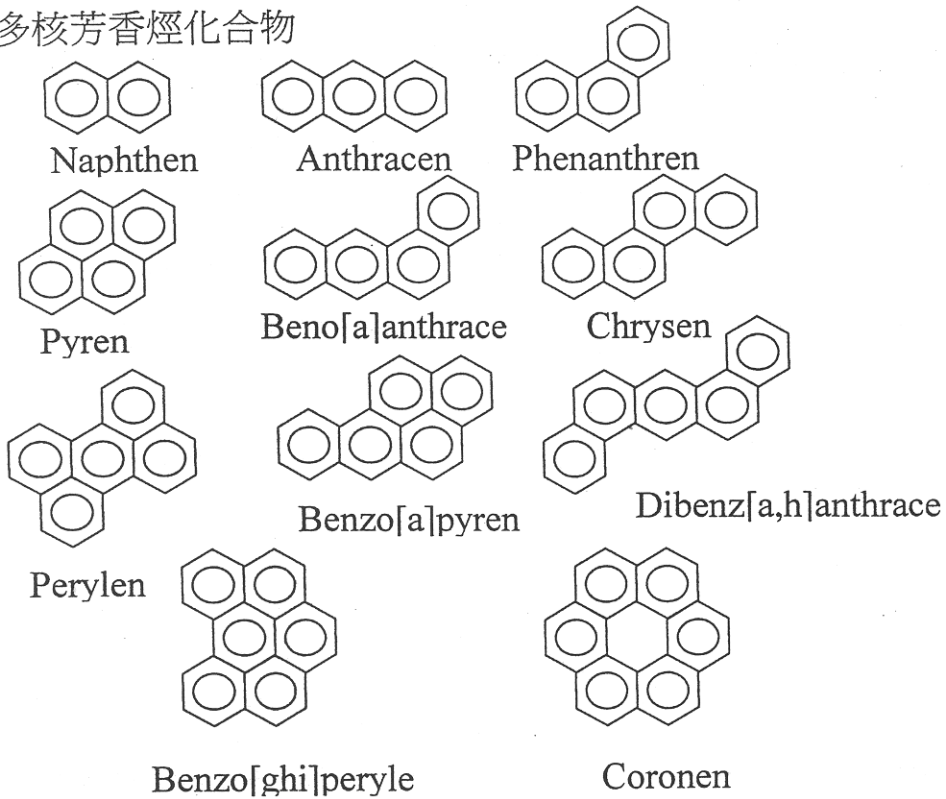
世界衛生組織建議，減少肉類脂肪的攝取，食用低脂肪類的食物以及較簡單的烹調方式，有助於體內戴奧辛負荷量的降低。適量的水果、蔬菜及穀類食物等均衡的飲食，可減少單一食物戴奧辛的攝取量。再者，日常生活中注意含戴奧辛物品的使用及處理，有助於減少戴奧辛之攝取。如：1.儘量使用省資源、低污染及可回收再利用材質的物品。2.減少含氯物品的使用，如：PVC 塑膠袋、塑膠製品、含氯漂白劑、含有機氯的農藥、有機氯防腐劑及殺蟲劑等。3.做好垃圾資源回收分類，將廢塑膠容器回收利用或交給回收商回收。4.不要露天燃燒垃圾、廢五金、廢電纜、廢家具…等。5.儘量利用大眾運輸工具，減少機動車輛的使用，可降低戴奧辛的產生(行政院環境保護署，2000a)。

三、多環芳香烴化合物

多環芳香烴化合物 (Polycyclic aromatic hydrocarbons 或 Polynuclear aromatic hydrocarbons)，簡稱 PAHs；其組成結構若均由

苯環所構成，稱為多核芳香烴化合物 (Polynuclear aromatic hydrocarbons)，結構若有非苯環之單位，如五碳環或含氮雜環，則稱為多環芳香烴化合物。常見 PAHs 化合物的苯環數由 2-6 環不等。其結構如圖 2 所示。

A. 多核芳香烴化合物



B. 多環芳香烴化合物

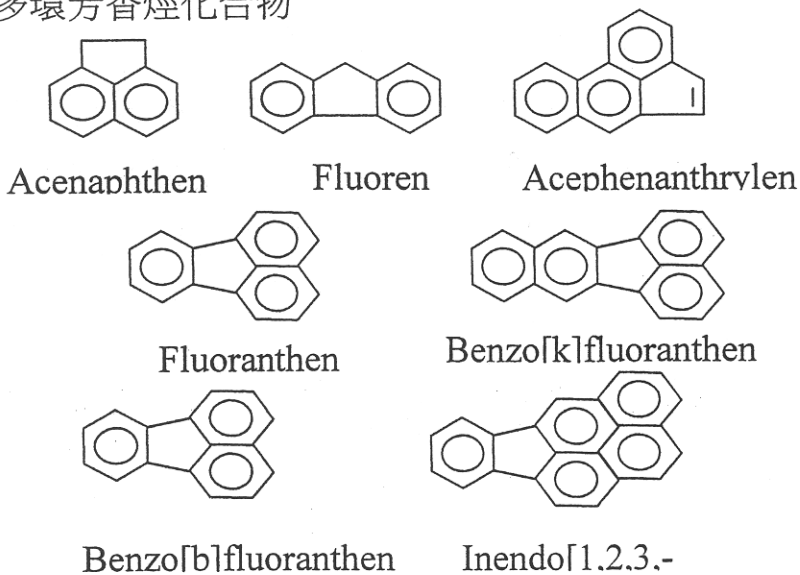


圖 2 幾種常見 PAHs 之化學結構

在自然環境中本來即存有 PAHs 化合物，某些為植物所合成。在森林火災、火山爆發之灰燼或石油、煤中皆存有 PAHs 化合物或其前驅物，經光、熱及其它環境因素作用後即產生 PAHs。但由此途徑所產生之 PAHs 極少。大部份 PAHs 來自人類活動，如：如汽、機車中汽油燃燒不完全會生成一碳或二碳等小分子或自由基，再聚合成 PAHs。因此車輛廢氣排放、工廠黑煙、焚化爐灰燼及火力發電廠飛灰等都是環境中 PAHs 之主要來源。空氣中 PAHs 會吸附在懸浮固體微粒上，散佈於空氣中，最後因沉降作用而存於土壤、水體及底泥中。PAHs 之化學性穩定，不易分解，因此具累積性，易對生態環境造成污染。

PAHs 化合物中 Benzo(a)pyrene，Benzofluoranthene 及 Dibenzoanthracene 已被認定為胃癌及肺癌之激發物質，其中以 Benzo(a)pyrene 之致癌性最強，常作為 PAHs 的污染指標，其它之 Chrysene、Pyrene 及 Fluoranthene 等亦具潛在致癌性。而一些本身較不具致癌性的 PAHs 化合物亦可能與空氣中之污染物質如臭氧、氮氧化物等作用而生成具有強烈致癌性的氮氧硫衍生物。

以含 PAHs 之污泥混入土壤中栽培胡蘿蔔，結果發現葉部中 PAHs 濃度與土壤中 PAHs 無顯著相關，可能受到空氣中 PAHs 之影響，胡蘿蔔皮中 PAHs 濃度因土壤中 PAHs 濃度增加而增加，低分子量 PAHs 在胡蘿蔔皮中相對含量較高，可能其水溶解度較大，生物有效性較高。PAHs 由胡蘿蔔皮部移動至心部之量很低。國內調查報告顯示高速公路沿線土壤中之 PAHs 含量較收費站附近土壤為低，而二仁溪流域附近由於廢五金燃燒，土壤中 PAHs 含量明顯偏高(王一雄，1997)。

四、基因轉殖生物

基因轉殖生物(Genetically Modified Organism)，簡稱 GMO，指利用"以基因改造技術改良之動物、植物及微生物"。而基因改造技術係使用基因工程或分子生物技術將遺傳物質轉移或轉殖入活細胞

或生物體內，產生基因改造現象之相關技術。主要目的在增加生物之某些特性、生長速度與產量、增強抗病性、改變營養成份、增強對環境之抗性、提高食品之附加價值等(廖啟成，2000)。

1998年，最主要之4種基因轉殖作物依次排名仍為大豆、玉米、棉花和油菜籽，所佔比例分別為52%，30%，9%及9%。在作物性狀方面，具有耐除草劑之轉殖作物仍居第1，佔71%，具抗蟲性之基因轉殖作物佔28%，具雙重性(同時具耐除草劑及抗蟲性)之基因轉殖作物佔3%，而具品質性狀改良之作物僅佔1%。全球基因轉殖作物之栽種面積在1996年至1998年間急遽增加15倍，基因轉殖作物具有易於管理、單位面積產量高與減少農藥使用量等優點，統計資料顯示使用抗蟲害基因轉殖作物可提高產量5至10%，並可減少30億美元之殺蟲劑費用，此外，抗殺草劑基因轉殖作物之種植亦可降低殺草劑之使用量，1997年抗殺草劑大豆就減少了33%殺草劑使用量，對生態環境及永續發展有極大助益(蘇遠志，2000)。

基因轉殖生物(GMO)雖有增加生物之某些特性、生長速度與產量、增強抗病性、改變營養成份、增強對環境之抗性、提高食品之附加價值等諸多優點；但由基因改造之原理觀之，作物以基因重組技術育種與傳統交配育種一個很大之差異在於傳統交配育種之基因來源只限於同一物種間，但是利用基因重組技術導入作物之基因則無物種界限，可以是微生物、植物或動物來源之基因，此為造成大眾對基因轉殖作物之安全性多所疑慮之一個重要因素(蘇遠志，2000)。有人懷疑取食基因轉殖作物來源之食品，可能降低人體之免疫力，基因改造食物可能令食物產生新的人體過敏原及毒素，並可能製造超級病毒，傳播對抗生素具抗藥性之基因，造成其它細菌及病毒能抵抗抗生素，使殺草劑增加三倍以上用量，並使人類、動物及植物基因混亂，若干科學家甚至提出研究報告指出GMO技術可能引發物種滅絕之危機。

雖然迄今並無直接證據顯示GMO產品會對人類及環境有害，尚須在科學方面作更確實之驗證；但為防患未然，許多國家紛紛採

取下列措施：1. 對 GMO 產品進行管理與標示，並盡告知義務，2. 對 GMO 產品進行安全性評估 3. 進行其對生態安全及生物多樣性之風險評估。

五、結語

臺灣地區平均每 12 分 15 秒鐘即有 1 人罹患癌症，10 年來癌症高居 10 大死因之榜首。瑞典一項疾病研究報告指出，居住環境為人類致癌主因，其影響遠高於遺傳因子因素。該報告依據 4.5 萬對丹麥、挪威、瑞典的雙胞胎進行調查，指除了在攝護腺癌、乳癌與結腸癌遺傳因子佔有重要角色外，其他的癌症中，環境因子的影響比遺傳因子高出一倍。環境因子包括煙、酒、輻射、污染、職場的毒物質暴露、飲食與毒品等(行政院環境保護署，2000b)。煙、酒、輻射、職場的毒物質暴露、飲食與毒品等主要靠個人之小心防範，即可降低風險；但污染之防範非個人所可掌控，且污染一旦發生，其影響層面往往是極長時間(可能持續影響幾個世代)與極大空間(影響整個生態環境)，是超乎吾人所想像。

許多當初為了改善人類生活的物質與科技被引入環境後，竟成為污染來源，再加上人類之疏忽，弊多於利，禍害生態環境引發物種之滅絕。為維護生態環境之永續，對於知識之使用與科學之運用必須持審慎之態度，對於已知污染物必須確實監控與整治；與環境有關之物質與科技被引入環境前，應有詳實且公正、公開之風險評估，政府應善盡「告知」之義務及預設污染防範措施，最重要的是『環保人人有責』。

五、參考文獻

王一雄。1997。土壤環境污染與農業。文海環境科學叢書 03。國立編譯館主編。明文書局印行。

行政院環境保護署。2000a。戴奧辛環境毒理簡介。

<http://www.epa.gov.tw/j/dioxin/index.htm>

行政院環境保護署。2000b。國際環保新聞週報。ENDS Daily
2000/7/14 附件七。http://www.epa.gov.tw/news/news00073.htm

林浩潭、翁愷慎、李國欽。1997。有機氯化烴殺虫劑在臺灣地區
農田土壤中之殘留量。植保會刊。39:173-180。

陳健民、劉銘龍。2000。邁入 21 世紀人類新環境危機-環境荷爾蒙。
第一屆環境荷爾蒙與持久性有機物污染物研討會。環境品質文
教基金會、嘉南藥理學院環境工程衛生系。p. I-V。

詹長權、賴彥伶。2000。臺灣地區環境荷爾蒙與持久性有機物污染
物之研究需求。第一屆環境荷爾蒙與持久性有機物污染物研討
會。環境品質文教基金會、嘉南藥理學院環境工程衛生系。p.
36-44。

廖啟成。2000。基因改良食品之安全性評估方法。基因轉殖生物相
關議題研討會論文集。國科會生命科學研究推動中心、中國農
業化學會、國立臺灣大學農業化學系、行政院農業委員會、行
政院衛生署。p.114-144。

鄭顯榮、陳志銘、黃明輝。2000。內分泌干擾物(環境荷爾蒙)及持久
性有機物之環保管制情形。第一屆環境荷爾蒙與持久性
有機物污染物研討會。環境品質文教基金會、嘉南藥理學院環
境工程衛生系。p. 12-29。

蘇遠志。2000。國際基因轉殖產品相關法規之發展趨勢。基因轉殖
生物相關議題研討會論文集。國科會生命科學研究推動中心、
中國農業化學會、國立臺灣大學農業化學系、行政院農業委員
會、行政院衛生署。p.1-38。

Augustijn-Beckers, P.W.M., A.G. Hornsby, and R.D. Wauchope. 1994.
The SCS/ARS/CES Pesticide Properties Database for Environmental
Decision-Making. II. Additional Compounds. Reviews of
Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 123.137:1-82.

Farm Chemicals Handbook. 1997. Meister Publishing Company.
Willoughby, OH, USA.

Haque, R., V.H. Freed. 1975. Environmental Dynamics of Pesticides.
Plenum Press, New York and London. 387 pp.

Wauchope, R.D., T.M. Buttler, A.G. Hornsby, P.W.M. Augustijn-Beckers,
and J.P. Burt. 1992. The SCS/ARS/CES Pesticide Properties
Database for Environmental Decision-Making. Reviews of
Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 123.