

# 「戴奧辛」的神祕面紗

◆行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所 李素珍

## 一、前言

自 1920 年代國際間就有檢測戴奧辛的記錄，因工業化結果其產量上升，後因瞭解其毒性，開始注重防止環境污染，於 1970 年代開始下降。國外曾多次發生戴奧辛或多氯聯苯重大污染事例，1979 年於台灣中部地區也發生多氯聯苯污染米糠油食物中毒事件。而 1999 年 5 月間，比利時發生戴奧辛污染農畜用飼料事件，引發國際間對畜產品及乳製品中戴奧辛含量問題的重視及討論。

2004 年 5 月 17 日與 18 日國內報載衛生署調查 2003 年食品中戴奧辛含量，其中乳品有 1 件超過歐盟最大值，2 件超過歐盟行動值，5 月 25 日各報競相報導，造成更大風波，牛乳開始滯銷，乳廠與酪農均損失不貲。很不幸於 2005 年 6 月彰化縣又爆發含戴奧辛鴨蛋事件，雖然發生的確切原因尚未明瞭，也再次喚起大家對環境污染問題的檢視及省思。本文簡單介紹戴奧辛的來源、特性、生物毒性及環境背景負荷量等，期於日常生活中減少戴奧辛產生及攝取的觀念與方法。

## 二、何謂戴奧辛（dioxin）？

戴奧辛是兩個氧原子聯結一對苯環類化合物之統稱。戴奧辛為約 210 種不同的化合物之總稱，包括 75 種多氯二聯苯戴奧辛（polychlorinated dibenzo-p-dioxins, 簡稱 PCDDs）及 135 種多氯二聯苯呋喃（polychlorinated dibenzofurans, 簡稱 PCDFs）。

## 三、戴奧辛產生的來源

大致可分為以下幾類來源：

### （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 10~12ppt 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爲

例如金屬冶煉、以廢棄物爲燃料之水泥窯、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) 其他人爲的燃燒行爲

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，也被認爲是戴奧辛存在環境中的可能來源。聚氯乙烯（PVC）製品包含汽車椅座、雨衣、雨鞋、軟袋、醫療（插管用品、輸血軟袋）、收縮膜、保鮮膜等，PVC 焚燒時會產生戴奧辛。

## 四、戴奧辛的毒性計量

戴奧辛的計量單位，通常以介質中（包括空氣、水或土壤）含多少毒性當量來表示，主要有下列幾種表示方式：

### (一) 當量表示方法

1. 空氣中戴奧辛濃度的表示法，可以 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup> 表示。
2. 土壤中戴奧辛濃度的表示法，可以 pg-TEQ/g 表示。
  - ng：奈克，相當於 10<sup>-9</sup> 公克。
  - pg：皮克（又稱：微微克），相當於 10<sup>-12</sup> 公克（兆分之一公克）。
  - Nm<sup>3</sup>：凱氏溫度 273 度（273 K）及一大氣壓下每立方公尺體積。
  - TEQ (Toxicity Equivalency Quantity of 2,3,7,8-tetrachlorinated dibenzo-p-dioxin)：毒性當量（爲相對於 2,3,7,8-TCDD 毒性之當量），國際上以 I-TEQ（International Toxic Equivalents）表示。
  - I-TEF（International Toxicity Equivalency Factor）：國際毒性當量因子，即計算戴奧辛濃度的毒性權重。

### (二) 重量表示方法

- pg/g：指每克環境介質中含多少皮克戴奧辛的量。
- ppt（part per trillion）：指兆分之一的戴奧辛含量。
- ppb（part per billion）：指十億分之一的戴奧辛含量。
- pg/kg-bw：指成人每公斤體重含多少皮克戴奧辛的量。

## 五、戴奧辛的共同特性

在已知的 210 種戴奧辛類物質中，其共同特性爲：

### (一) 化學性質：

強安定性、結構穩定、不具活性，很難發生化學反應。很難溶於水，但是卻很容易附著於土壤。欲使土壤中的戴奧辛濃度減至原來一半所需的時間，在土壤部分表層 0.1 公分約需 9 年至 15 年，而在下方的土壤中則需長達 25 年至 100 年。由此顯示，一旦發生污染，就會長期存在。

### (二) 安定性強：

戴奧辛在平常狀態下是非常穩定的。在熱、酸、鹼中也是非常穩定的。很難溶於水、揮發性非常低。暴露在異辛烷及紫外光時才會改變其化學性質。

### (三) 物理性質：

不易熱解（需大於 700°C，才會被熱解）、不易光解。

### (四) 生物性質：

不易被微生物分解、不易被代謝、半衰期長、具生物累積與放大性質。生物濃縮性高，很容易透過食物鏈轉移到人體。

## 六、如何破解戴奧辛

以熱處理為最可行的方法，處理溫度至少需達到 850°C 以上，濃度高的需達 1,000°C 以上，才能將戴奧辛破壞。依據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，破壞去除效率可達 99.999 % 以上。

## 七、戴奧辛在環境中的流向

戴奧辛於環境中的流向十分複雜，有多種途徑的來源、流動、貯留及沉積現象。可經由空氣媒介傳送戴奧辛蒸氣或含戴奧辛的懸浮微粒，經由水體傳送受戴奧辛污染的水中懸浮物，在土壤中經由風力及水的侵蝕而移動，經由生物營養交換或由其他商業污染行為傳遞。戴奧辛暫時貯留的地點，有土壤、底泥及含戴奧辛的物質，隨後進入環境中循環或沉積在未被翻攪過的土壤及底泥。

## 八、戴奧辛對人體健康及生物的影響

### (一) 人體的暴露途徑

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；焚化爐製造出的戴奧辛，將排放到空氣、水、土壤中，並在農產品、肉類、牛乳、雞蛋、海鮮中累積，當人類攝取這些食物的同時，也正在攝取戴奧辛，這是一般人暴露或攝取戴奧辛最重要的途徑，據估計，人類攝取戴奧辛的主要途徑中，約有 97~98% 來自飲食，2~3% 來自呼吸。空氣中的戴奧辛沉降到土壤、水體和植物表面，牛、羊、雞或鴨等吃了附有戴奧辛的植物或飼料，戴奧辛就積存在該動物的脂肪組織內，生活在受戴奧辛污染的水體中的魚也是一樣情形，人吃了魚，戴奧辛就經由食物鏈傳到人體。

主要的暴露途徑，包含以下幾點：

1.經由呼吸進入

燃燒行爲、焚化爐氣體排放及機動車輛排煙等。

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，水中含量極爲微量，不致造成水源污染。

**(二) 一般人體戴奧辛的攝取量及含量**

1.美國環保署（Environmental Protection Agency）2005 年報告，北美洲民眾平均每日戴奧辛的攝取總量爲 119 pg I-TEQ，其中水、土壤、呼吸、蛋、魚肉、豬肉、禽肉、鮮乳、乳製品、牛肉等之含量，分別爲極爲量、0.8、2.2、4.1、7.8、12.2、12.9、17.6、24.1 及 38.0 pg I-TEQ。

2.歐盟國家民眾每日戴奧辛的攝取總量各爲：丹麥 171 pg I-TEQ（1995 年）、芬蘭 95 pg I-TEQ（1991 年）、德國 69.6 pg I-TEQ（1995 年）、荷蘭 65 pg I-TEQ（1991 年）、西班牙 210 pg I-TEQ（1996 年）、瑞典 126.5 pg I-TEQ（1990 年）、英國爲 69 pg I-TEQ（1992 年）。若以體重計算，每公斤體重攝取量各爲：丹麥 2.4 pg I-TEQ、芬蘭 1.4 pg I-TEQ、法國 2.3 pg I-TEQ、德國 1.0 pg I-TEQ、荷蘭 0.9 pg I-TEQ、西班牙 3.2 pg I-TEQ、瑞典 1.8 pg I-TEQ、英國 1.2 pg I-TEQ。依 1997 年丹麥環保局報告，1995 年民眾每日戴奧辛的攝取總量 171 pg I-TEQ 之計算方式爲例，參看下表。

食物種類	平均每日攝食量 (g)	含脂率 (%)	pg I-TEQ/g 脂肪	平均每日攝取戴奧辛量 (pg I-TEQ/g 脂肪)	攝食量 (%)
乳及乳製品	350	3.5	2.6	32	18.7
乾酪及乾酪製品	32	20	2.2	14	8.2
麵包及穀類製品	211	0.5	0.1	10.5	6.1
蔬菜類製品	229	-	0.015	3.4	2.0
果類製品	166	-	0.015	2.5	1.5
肉及肉製品	114	20	2.6	59.0	34.5
禽肉及肉製品	18	15	2.2	5.9	3.5
魚肉及肉製品	24	16	50.0	19.2	11.2
蛋	20	10	1.5	3.0	1.8
脂肪及油品	47	80	0.5	19.0	11.1
糖及甜點	28	-	0.015	0.4	0.2
飲料	2022	-	0.001	2.0	1.2
總計	3261	-	-	170.9	100

- 3.世界衛生組織（WHO）建議，每人每日每公斤體重容許攝取量為 1~4 pg I-TEQ。若以體重 60 公斤成年人來說，每日最高的容許攝取量為 240 pg I-TEQ。
- 4.英國自 1982 年至 1992 年，民眾每日戴奧辛的攝取總量下降 71%，相當於每年降低 12%；德國自 1989 年至 1995 年，民眾每日戴奧辛的攝取總量下降 45%，相當於每年降低 9%。

### (三) 戴奧辛對人體及生物的毒性

#### 1. 致癌性分類

- (1) 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。
- (2) 美國環保署將戴奧辛歸類為可能人類致癌物。
- (3) 世界衛生組織將戴奧辛歸類為可能人類致癌物。

#### 2. 戴奧辛對人類的毒性

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等。

## 九、日常生活中注意有助於減少戴奧辛之產生

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產生。譬如：

- (一) 儘量使用省資源、低污染及可回收再利用材質的物品。
- (二) 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。
- (三) 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。
- (四) 不要露天燃燒垃圾、廢五金、廢電纜、廢家具…等。
- (五) 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。

## 十、結語

戴奧辛毒性高，一旦形成則很難將其去除，且存在人類的生活空間及食物鏈中，故減少其生成量全民有責。世界各國對戴奧辛都有不同的監控方式，國際上每年都舉辦有機物污染的研討會，去年在德國舉行，與戴奧辛有關的報告 660 篇之多，今年 8 月將於加拿大舉行。國內環保署也相當重視，而近年政府也成立計畫委託相關單位檢驗以明瞭畜產品生產過程及產品戴奧辛含量，提供消費者安全無虞的食品。

主要參考文獻：美國環保署、台灣環保署、歐盟網站資料。

本文轉載自 2005 年行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所出刊之「酪農天地雜誌」第 67 期 34-38 頁。