

從毒魚及毒牡蠣事件 談食物鏈

去年12月底及今年元月中，國內學者先後發表兩篇研究報告，分別指出魚體及牡蠣檢測出含有相當濃度的「有機氯」殺蟲劑，可能影響人體健康，提醒消費者注意。姑不論其採樣的地點是否合宜，魚體及牡蠣檢測出有機氯殺蟲劑則為不爭之事實。民眾一定感到很困惑，何以噴灑在田裡、蔬菜果園裡的農藥，會跑到生活在溪流、海洋裡的魚貝類？實在匪夷所思。

台灣地處亞熱地帶，氣候高溫多濕，最適害蟲繁殖為患。為了防治農業及衛生害蟲，台灣地區自1950年至1974年間，有機氯殺蟲劑曾廣泛且大量的施用於農田及環境中。其後因噴灑的有機氯殺蟲劑不易分解，造成環境殘留污染及毒性，自1971年開始，安特靈(endrin)、滴滴涕(DDT)、蟲必死(BHC)、飛布達(heptachlor)、阿特靈(aldrin)、地特靈(dieldrin)、可氯丹

(chlordane)、安殺番(endosulfan)等相繼被公告禁用(表一)。

有機氯不溶於水， 只存於脂肪

有機氯殺蟲劑由於揮發性低、疏水性、不易溶於水及半衰期長，甚且在環境中再轉化成更穩定的代謝產物及衍生物，台灣雖已禁用20餘年，環境中迄今仍可檢出其微跡殘留。早年噴灑在農田、蔬菜、果園裡的有機氯殺蟲劑，或滲入土壤及地下水中，或經雨水沖刷，最後都彙集到河川、海洋，而形成環境蓄積(environmental accumulation)。

由於有機氯殺蟲劑不易溶於水，一旦進入水體即吸附於懸浮水中之顆粒，或沉積於底泥。當懸浮水中之有機氯殺蟲劑濃度降低時，底泥之有機氯殺蟲劑亦可再沖刷而進入水中，進而被棲息於水中及底泥之浮游生物所攫取。生活於水底之貝類或小蝦類以浮游生物為食，而小魚吃小蝦，大魚又吃小

表一、有機氯殺蟲劑之理化性質及我國禁用情形

Pesticide (commandname)	中文名 (普通名)	分子量	溶解度 (mg/L)	禁用日期	原因
α-BHC	蟲必死	290.83		64年1月1日	長效性環境污染
β-BHC	蟲必死	290.83		64年1月1日	長效性環境污染
γ-BHC	靈丹	290.83		74年2月1日	致腫瘤性
δ-BHC	蟲必死	290.83	7.000	64年1月1日	長效性環境污染
Heptachlor	飛佈達	373.32	0.180	64年1月1日	長效性環境污染
Aldrin	阿特靈	364.91	0.027	64年1月1日	長效性環境污染
Heptachlor epoxide	環氧飛佈達	389.32		64年1月1日	長效性環境污染
α-Endosulfan	安殺番	406.93	0.320	78年1月15日	
pp'-DDE		318.03	0.065	62年7月1日	長效性環境污染
Dieldrin	地特靈	380.91	0.250	64年1月1日	長效性環境污染
β-Endosulfan	安殺靈	406.93	0.320	78年1月15日	
Endrin	安特靈	380.91	0.250	60年1月1日	長效性環境污染
pp'-DDD		320.05	0.050	62年7月1日	長效性環境污染
pp'-DDT	滴滴涕	354.49	0.008	62年7月1日	長效性環境污染
Chlordane	可氯丹	409.78	0.100	77年7月1日	長效性環境污染

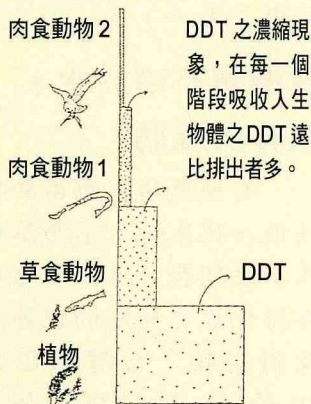
魚，鳥類或人類又獵食魚蝦，因而構成一連串的食物鏈（food chain）。

又由於有機氯殺蟲劑為脂溶性，不易溶於水，因此進入生物體之有機氯殺蟲劑，多累積於脂肪組織內不排泄，而形成生物累積（bioaccumulation）。這些累積在浮游生物等初級生物之有機

氯殺蟲劑濃度可能很低，但經由食物鏈多層之生物轉移（biotransformation），到大魚蝦等高級生物，其濃度即大為提增；有機氯殺蟲劑之濃度因此被放大，稱為生物濃縮（bioconcentration），其濃縮之倍數稱生物濃縮係數（bioconcentration factor, BCF）。

類體內之DDT，隨即溶入脂肪組織內囤積貯藏起來而不排泄出去。如此越累積越多，致銀魚體內 DDT 之濃度提昇至 0.23 ppm，較之浮游生物濃縮了 5.75 倍；而 billfish 又以銀魚為食物，其體內 DDT 的濃度高達 2.07 ppm，比浮游生物濃縮了 52 倍。文蛤 DDT 之濃度則增加到 0.42 ppm，濃縮了 10.5 倍。另以魚類為食之鳥類（例如鸕鷀 cormorant），其體內 DDT 的濃度可以達到 26.4 ppm，為浮游生物的 660 倍。此種環境污染物經由食物鏈多層次之生物轉移，所形成之生物濃縮現象，可再以圖二 DDT 之圖示，更清楚的說明生物濃縮原理。

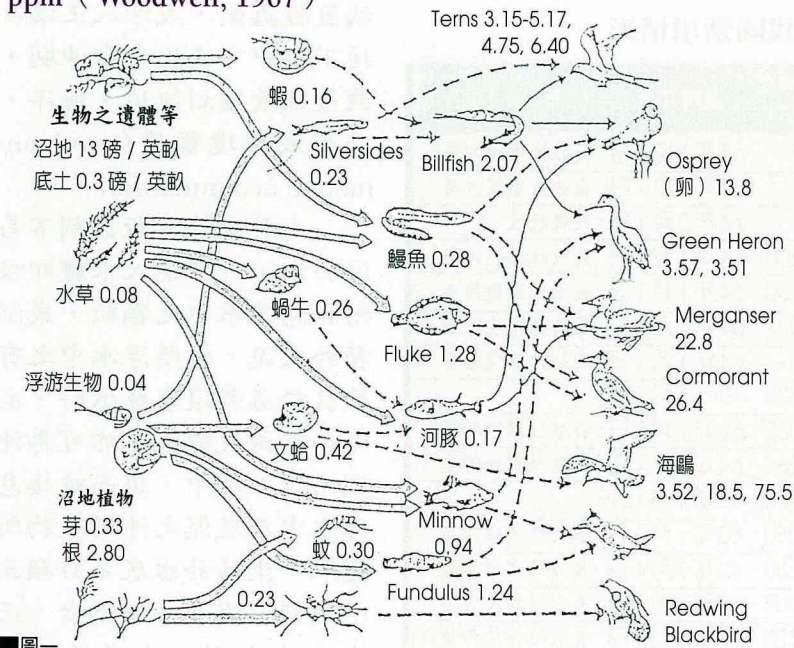
圖二 DDT 之濃縮



生物轉移層次越多，
生物濃縮現象越嚴重

例如在美國長島沿岸水域，浮游生物檢測出 DDT 之濃度為 0.04 ppm (圖一)；而以浮游生物為食之銀魚 (silversides) 和文蛤，因取食了許多含有 DDT 之浮游生物，自浮游生物食物鏈中得到了 DDT。這些進入魚貝

美國長島沿岸水域之食物鏈及其體內 DDT 濕物中之 ppm (Woodwell, 1967)



有機氯殺蟲劑噴灑到田間，本不該污染到河川裡的魚貝類；但經由環境蓄積、食物鏈生物轉移、生物累積濃縮而跑到魚體、牡蠣貝類；越是多層次生物轉移，生物濃縮現象越嚴重。因此，檢測魚貝類有機氯殺蟲劑之含量，可以作為有機氯殺蟲劑環境污染之指標。

根據調查結果，台灣地區早年使用之有機氯殺蟲劑，在環境中已逐年衰減，所剩之污染極其輕微，河川底泥及魚體除少數樣品外，有機氯殺蟲劑之殘留濃度，多在 1-10 ppb 之間，較諸美國大湖區 (1990) 5-977 ppb、加州 (1995) 3-15 ppb 為低。