

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

污染物於多介質與風險評估整合模式

Combined Model for Pollutant Transport in Multimedia and Risk Assessment

計畫編號：NSC 88-2211-E-032-008

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：陳俊成 淡江大學水資源及環境工程研究所

一、中文摘要

本研究的目的是建立一個污染物宿命模擬與風險評估的整合系統。其中污染物宿命模擬使用 Fugacity 模式，而風險評估系統則使用 MMTD 模式，並將兩模式加以修改與整合，使能模擬都會區 Dioxin 及 Furans 排放所產生之風險。本整合系統的輸入參數（地域性的環境資料、污染物物化性質與風險資料）均以資料庫儲存，便於快速的推估欲模擬之污染物在模擬區的排放量及風險分析。

本研究中以大台北地區的 Dioxin-like 污染物在環境中的宿命作案例研究，結果顯示污染物大部分累積在土壤介質中（97%）。並且由於其在環境中的半生期相當長。因此，須模擬很長的時間方能達到穩定狀態。本研究與其他研究者所模擬或檢測戴奧辛在各環境介質中的濃度顯示，其數值皆在數量級之間。證實本研究模擬戴奧辛在環境中的宿命，應與真實的情況相差不遠。

本案例研究人體暴露與致癌風險部分的模擬結果如下：

1. 在吸入、攝入與皮膚吸收三大暴露途徑中，以攝入劑量為主要暴露來源（94%），其次為吸入途徑（6%），而皮膚吸收只佔非常小的部分（0.3%）。
2. 而在攝入途徑中，以肉類（24%）、魚類食物（22%）、貝類（20%）與畜

牧類（19%）等食物為主要來源。

3. 得出各暴露途徑的每日攝取劑量。
4. 男性的暴露量最高為 $15.3 \text{ pg TEQ day}^{-1}$ ，發生在 25~29 歲之間；女性的暴露量最高為 $11.7 \text{ pg TEQ day}^{-1}$ ，發生在 30~60 歲之間。
5. 考慮了食物來源比例與食物的吸收比例，其模擬出的終身致癌風險男性為 8.35×10^{-6} ；女性為 7.67×10^{-6} 。
6. 模擬在 90 年 6 月北投、八里、基隆市等三座焚化廠相繼完工後，預估所排放的 Dioxin 及 Furans 對人體的影響。結果終身致癌風險男性增為 1.6×10^{-5} ；女性增為 1.44×10^{-5} 。換言之，每百萬人中的致癌人數男性增加 8 人；女性則增加了 6 人。

本案例模擬地區（台北地區）人體的暴露速率與其他地區做比較，發現皆較其他地區為低。原因為其他地區的研究皆是以儀器偵測極限的一半作為環境背景值。其有可能高估了環境介質中極微量的 Dioxin。終身平均暴露速率與其他研究的比較，本案例研究的結果與康城公司所作的研究結果較接近，此因兩者模擬的基準點較為接近的緣故。

1. 分佈濃度大小次序均為：魚體 > 沈澱物 > 懸浮固體 > 土壤 > 水體 > 空氣。
2. 污染物於多介質之累積量大小為：空氣

＞土壤＞水體＞沈澱物＞懸浮固體＞魚體，與上述所求介質中累積之濃度大致相反。

3. 下雨與不下雨的模擬結果差異不大，下雨的情形只有對土壤的濃度有較大的提昇作用。
 4. 下較大的雨時只對土壤介質的濃度有提昇的作用，其他介質並不明顯。
 5. 污染物於各種介質中之分佈濃度大小次序除了乙苯於水體濃度＞土壤濃度，苯於懸浮固體濃度＞魚體濃度外，其他污染物於介質中之分佈濃度大小次序均為：魚體＞沈澱物＞懸浮固體＞土壤＞水體＞空氣。
 6. 污染物於多介質之累積量大小為：空氣＞土壤＞水體＞沈澱物＞懸浮固體＞魚體，與上述所求介質中累積之濃度大致相反。
 7. 下雨與不下雨的模擬結果差異不大，下雨的情形只有對土壤的濃度有較大的提昇作用。
 8. 下較大的雨時只對土壤介質的濃度有提昇的作用，其他介質並不明顯。
- 污染物停止排放後，各介質的濃度皆明顯下降，其中以空氣最顯著，水體及土壤次之。

關鍵詞：揮發性有機物、多介質、污染傳輸模式

Abstract

This research tries to develop an integrated system for the assessment of the fate of air pollutants and their risk assessment. The system is based on a modified version of the Fugacity and MMTD models. Environmental variables used in this system include the area, pollutant attributes,

and risk analysis data. These variables are stored in a database to facilitate retrieval and update. This database is also integrated with Taiwan's pollutant source database and the United States EPA's pollutant release variable database. Though this integration modeling system, researchers can timely projects the pollutant's release level and the human risk. The effect of Dioxins/Furans on the Taipei area is used as a case study to test this integrated modeling system. The case study projects the increase cancer cases due to the increase in the release level of the Dioxins/Furans. The simulation projects the following result:

1. The half-life of Dioxins/Furans in the environment is very long. It requires approximate 100 years to reach steady state. In the end most of the Dioxins/Furans (97%) will reside in the soil.
2. The food chain is the main human intake pathway for Dioxins/Furans (94%). Around 6% from inhalation of contaminated air.
3. Meat and Fish are the primary route of the Dioxins/Furans for the ingestion pathways.
4. Currently, at the life time human intake level of 0.05 pg/kg/day, Dioxins/Furans causes cancer at the rate of six per million.
5. At the year 2001, with the addition of three municipal waste incinerator, Dioxins/Furans is projected to causes cancer at the rate of seven per million for male and the rate of six per million for female.

Keywords: Dioxins, Fate, Multimedia

Transport.

二、緣由與目的

過去已有許多研究者建立污染物在多介質傳輸的模型，以了解污染物的宿命。如果要研究污染物對人體的致癌風險，一般而言，可利用污染物的傳輸模式，模擬出污染物在幾個主要介質（空氣、水、土壤及沈澱物）的分布情形，再利用人體多介質暴露模型，模擬出污染物在人體的累積劑量，最後再由污染物的風險資料，計算出污染物對人體的致癌風險。由於模擬步驟煩瑣，並且模式所需的參數甚多，往往造成研究人員的不便。因此，本研究建立一個污染物宿命與風險評估的整合系統，以方便進行污染物的風險評估。本文將以所發展的整合模式，示範評估台北地區所排放的 Dioxin 與 Furans 對人體所造成的風險。

2. 研究方法

2.1. Dioxin/Furans 異構物的風險評估

本研究的風險評估整合系統之評估步驟如下：

1. 以排放係數推估法，推估模擬區 Dioxin/Furans 的排放量。
2. 將所 Dioxin/Furans 異構物的排放量，以 TEFs (Toxicity Equivalency Factor) 轉換成 TEQs (Toxic Equivalents)，並予以加總。
3. 將步驟 2 的污染源排放量，以多介質傳輸模式 (Fugacity) 模擬在空氣、水體、土壤與水中底泥的濃度。
4. 將多介質傳輸模擬結果結合人體暴露模式 (MMTD)，模擬人體暴露量。
5. 將步驟 4 結合 2,3,7,8 TCDD (2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin) 的風險資料，進行風險評估。

2.2. 多介質傳輸 Fugacity 模式

逸壓模式是 1991 年由加拿大多倫多大學化工系 Mackay 教授依 f (逸壓) 之觀念發展出來的多介質模式 [6]，逸壓模式架構見圖 1，含空氣、水體、土壤及沈澱物等共四個介質，利用逸壓 (f) 結合傳輸係數 (D)，推導出污染物在各介質之質量守恆方程式，藉由此系統方程式求解污染物於上述四個介質中的濃度分佈如圖-1 所示。

逸壓模式基本的觀念為，將濃度以逸壓及介質之逸壓容量表示：

$$C = f Z \dots\dots(1)$$

式中

f - 逸壓 (Fugacity)，單位為 Pa，指污染物由一介質逃逸至另一介質的傾向。

Z - 逸壓容量 (Fugacity Capacity)，單位為 $\text{mole/m}^3\text{-Pa}$ ，指介質對污染物的容納力。

Fugacity 模式的理論是以逸壓 (Fugacity) 來做質量守恆。

$$V_i Z_i \frac{df_i}{dt} = E_i + \sum (D_{ji} f_j) - D_{Ti} f_i \dots(2)$$

式中

E_i - 污染物排放量 (mol/hr)

D_{ji} - 污染物由 j 介質傳輸到 i 介質的傳輸係數 (mole/hr-Pa)

D_{Ti} - 在 i 介質中污染物的總消滅係數 (mole/hr-Pa)

傳輸係數 D 可分為以下三類：

質傳： $D_{ij} = UA_i Z_i$

反應： $D_{Ri} = k_{Ri} V_i Z_i$

對流： $D_{Ai} = Q_i Z_i$

U 為質傳速度； A 為相鄰兩介質之接觸面積； k_{Ri} 為一階反應速率常數； V 為介質的體積； Z 為介質之逸壓容量； Q 為體積流率。

污染物在各介質逸壓 f 變化量為：

$$\frac{df_i}{dt} = \frac{E_i + \sum(D_{ji}f_j) - D_{T_i}f_i}{V_i Z_i} \quad \text{---(3)}$$

表 1 各介質之 Fugacity 質量守恆方程式

介質	質量守恆方程式
空氣	$\frac{df_1}{dt} = \frac{E_1 + f_2 D_{21} + f_3 D_{31} - f_1 D_{T1}}{V_1 Z_1}$
水體	$\frac{df_2}{dt} = \frac{E_2 + f_1 D_{12} + f_3 D_{32} + f_4 D_{42} - f_2 D_{T2}}{V_2 Z_2}$
土壤	$\frac{df_3}{dt} = \frac{E_3 + f_1 D_{13} - f_3 D_{T3}}{V_3 Z_3}$
沈澱物	$\frac{df_4}{dt} = \frac{E_4 + f_2 D_{24} - f_4 D_{T4}}{V_4 Z_4}$

式中

$$D_{T1} = D_{12} + D_{13} + D_{R1} + D_{A1}$$

$$D_{T2} = D_{21} + D_{24} + D_{R2} + D_{A2}$$

$$D_{T3} = D_{31} + D_{32} + D_{R3} + D_{A3}$$

$$D_{T4} = D_{42} + D_{R4} + D_{A4}$$

註：1. 下標 1=air; 2=water; 3=soil; 4=sediment

2.2. 人體暴露 MMTD 模式

本研究將多介質傳輸模擬所得之各介質濃度（空氣、水、土壤、底泥），接續以 Multimedia Total Dose Analysis(MMTD)[2] 模式理論為基礎，做人體之多種途徑暴露模擬與風險評估。其考慮的暴露途徑有吸入、攝入、皮膚吸收，而在攝入部分又細分為葉狀蔬菜與水果、根莖類蔬菜、穀類與麵食、魚類、貝類、肉類、奶類與土壤攝入。另外，也考慮到污染物在人體內的代謝/分解與人體的排泄量。MMTD 模式的特色有：

1. 動態模擬暴露劑量。
2. 人體的構造、生理參數為時間或年齡、性別的函數。
3. 細分皮膚暴露模式。
4. 污染物在食物鏈的累積模式。
5. 考慮污染物在人體內的分解、代謝與排泄。其架構如圖 2 所示：

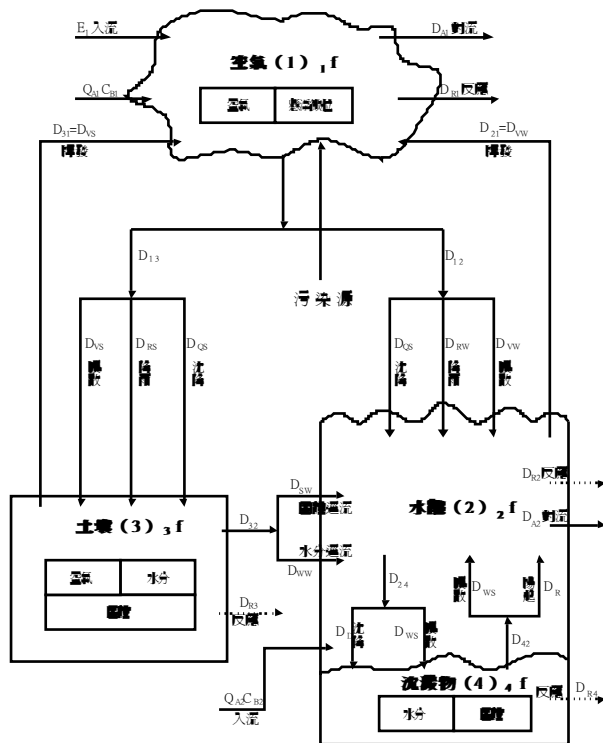


圖 1. 多介質污染傳輸模式示意圖

在風險評估中，需要了解污染物傳輸至人體的劑量速率。一般推估劑量速率的方

程式如下：

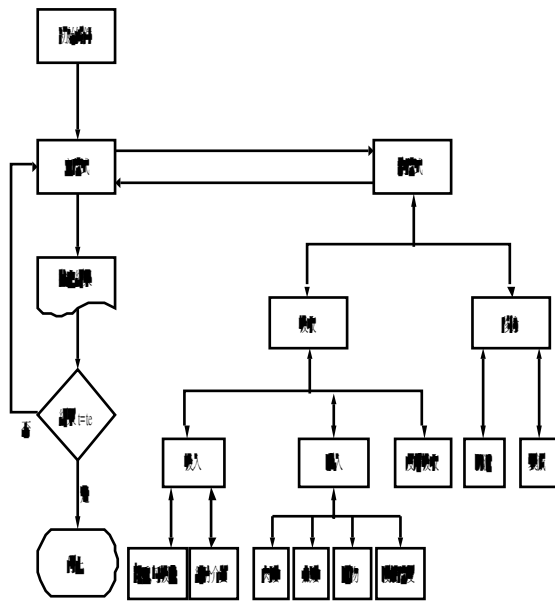


圖 2. MMTD 模式流程圖

$$\frac{dD}{dt} = \sum_{i=1}^{N_p} I_i(t) f_i W_i \text{-----(4)}$$

其中 D ：吸收污染物的劑量 (μg)。
 i ：暴露途徑 (吸入、攝入、皮膚吸收...)。
 N_p ：暴露途徑總數。
 $I_i(t)$ ：在暴露途徑 i ，暴露至人體的強度 ($\mu\text{g}/\text{day}$)。
 f_i ：在暴露途徑 i ，暴露發生的時間分率。
 W_i ：在暴露途徑 i ，人體的吸收因子。

其中的暴露強度 $I_i(t)$ ，與細分環境的濃度有關，表示如下式：

$$I_i(t) = \sum_{z=1}^X L_{iz}(t) C_{iz} \text{-----(5)}$$

其中 z ：細分環境 (室內、室外、交通工具...)。
 X ：細分環境總數。

L_{iz} ：人體的暴露程度，例如呼吸速率、食物攝取量... (m^3/day 或 g/day)。

C_{iz} ：各暴露介質的濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 $\mu\text{g}/\text{g}$)。

將方程式(4)和(5)合併得到下式：

$$\frac{dD}{dt} = \sum_{i=1}^{N_p} \sum_{z=1}^X L_{iz}(t) C_{iz} f_i W_i \text{-----(6)}$$

若考慮到污染物與人體表面 (皮膚) 的質傳，則上式應修改為：

$$\frac{dD}{dt} = \sum_{i=1}^{N_p} \sum_{z=1}^X L_{iz}(t) C_{iz} f_{iz} W_{iz} + \sum_{l=1}^{N_v} \sum_{z=1}^X N_{lz} A_{lz} f_{lz} - (7)$$

其中 l ：污染物與皮膚產生質傳的途徑 (水、土壤接觸...)。

N_v ：污染物與皮膚產生質傳途徑的總數。

N_{lz} ：污染物通過交換邊界 (皮膚) 的流量 ($\mu\text{g}/(\text{m}^2)(\text{day})$)。

A_{lz} ：交換邊界 (皮膚) 的面積 (m^2)。

考慮污染物在人體內的出流量 (排泄) 和污染物可能在人體內的代謝與分解，

$$\frac{dD}{dt} = \sum_{i=1}^{N_p} \sum_{z=1}^X L_{iz}(t) C_{iz} f_{iz} W_{iz} + \sum_{l=1}^{N_v} \sum_{z=1}^X N_{lz} A_{lz} f_{lz} - \sum_{j=1}^{N_q} \sum_{z=1}^X Q_{jz}(t) C_{jz} - k_b(t) C_{body}(t) M_m(t) \xi_b \text{-----(8)}$$

其中 j ：污染物出流的途徑 (尿、糞、汗...)。

N_q ：污染物出流途徑的總數。

Q_{jz} ：污染物出流速率 (m^3/day 或 g/day)。

C_{jz} ：出流途徑污染物的濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 $\mu\text{g}/\text{g}$)。

b ：污染物在人體內的變化程序 (分解、代謝...)。

$k_b(t)$ ：污染物在人體內分解/產生/代謝的總速率係數 ($1/\text{day}$)。

$C_{body}(t)$ ：污染物在人體內的濃度 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)。

$M_m(t)$ ：人體的體重 (kg)。 m ：性別。

ξ_b ：污染物對人體的動力參數 ($\xi_b = +1$ 為污染物分解； $\xi_b = -1$ 為污染物生成)。

2.3. 系統整合與資料庫建立

本整合系統使用 Microsoft Visual Basic™ 5.0 開發工具，以 BASIC 語言，將污染傳輸模式與人體暴露模式加以整合。在多介

質傳輸模式使用 Fugacity 模式，其模擬所需相關的地理與污染物特性資料，均以資料庫方式建構於本系統中。另外人體暴露模式則使用 MMTD 模式，其模擬所需的人體體重、呼吸量、食物鏈與風險參數資料，亦已建構在本系統之中。整合模式架構如圖-3 所示，本整合系統的特色有：

1. 動態模擬污染物的傳輸情形與人體致癌風險。
2. 輸入參數以資料庫建立，以利後續研究。

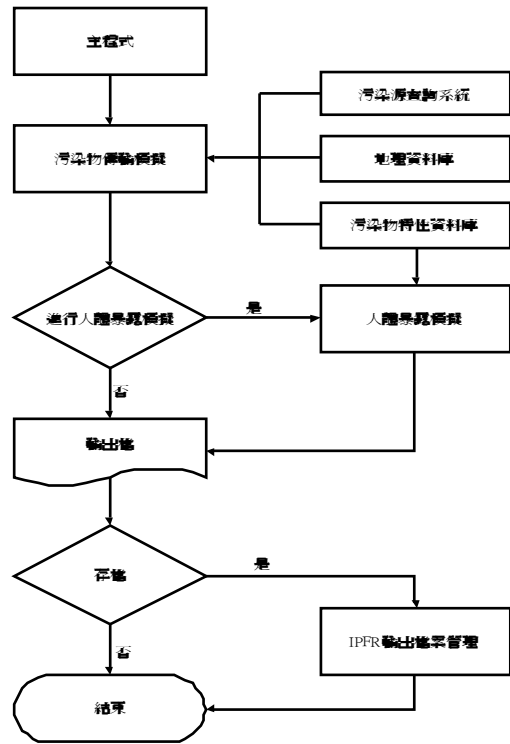
3. 案例研究

已知都市廢棄物焚化爐為產生戴奧辛的主要來源之一。台灣目前運轉的五座大型焚化爐中，有四座位在台北地區（台北市有內湖、木柵焚化廠，在台北縣有新店、樹林焚化廠），另外一座為台中文山焚化廠。在台北地區未來也將陸續完工 3 座焚化廠。因此，本研究選擇台北地區為示範模擬區。以污染物宿命與風險評估整合系統，示範模擬台北地區 Dioxin - Furans 在多介質的傳輸情形，以及人體暴露在各種途徑的暴露量，並進而評估其對人體所造成的致癌風險。

另外並評估未來台北地區，北投、八里與基隆市焚化廠相繼完工運轉後，其排放的 Dioxin 及 Furans 與運轉前的風險比較。

3.1. 污染源調查

在大台北地區 Dioxin 及 Furans 污染物的調查，系利用本研究中的污染源查詢系統，調查出 17 種 Dioxin 及 Furans 異構物的年排放速率，並以毒性等量因子 TEF 將其轉換成 2,3,7,8 TCDD 毒性等量



TEQs。其總 TEQ 為 0.109 kg/year。對於在模擬區即將完工運轉的焚化爐，亦用排放係數推估法預估其年排放速率。

$$TEQ = \sum_{i=0}^X EF_i \times AI \times TEF_i \quad (9)$$

調查結果北投焚化廠預計每年將產生 0.047 kg TEQ Dioxin/yr；八里焚化廠為 0.035 kg TEQ Dioxin/yr；基隆市焚化廠為 0.016 kg TEQ Dioxin/yr。

因此，預估 90 年 6 月後，大台北地區 Dioxin 及 Furans 污染物的總年排放速率為 0.207 kg TEQ Dioxin/yr。

3.2. 結果與討論

戴奧辛在環境中由於其低溶解度、低飽和蒸汽壓與高辛醇-水分配係數 (Kow) 的特性，使其趨向於累積在土壤 (97.3%) 之中，其次為沈澱物 (2.3%)。而戴奧辛在環境中因反應及對流現象所造成的衰減移除，則以土壤 (60%) 與空氣 (35%) 介質佔有較高的比例。其在各介質中的傳輸情形與分配比例如圖 4 所示。

又因戴奧辛在環境中的半生期非常長，需要很長的時間才能達到穩定狀態如

3. 整合系統流程

圖 5 所示。因此，在模擬此類污染物時，選擇穩定狀態模擬，可節省不少模擬所需的時間。

本案例模擬人體暴露在受 Dioxin 及 Furans 污染環境中的結果，與先前的研究有相同的結果—食物鏈（攝入）是攝取的主要途徑（參見圖 6-1 及圖 6-2）。在所有可能的暴露途徑中，攝入部分約佔總暴露量的 94%；吸入量約 6%。而在攝入途徑中，以魚類及肉類食物為主要來源（參見圖 7）。

在分析隨年齡變化的暴露劑量與致癌風險時，發現男性的暴露量最高為 $15.3 \text{ pg TEQ day}^{-1}$ ，發生在 25~29 歲之間；女性的暴露量最高為 $11.7 \text{ pg TEQ day}^{-1}$ ，發生在 30~60 歲之間。

在案例 1 中如圖 8-1 及圖 8-2 所示，模擬出的終身致癌風險為男性為 2.67×10^{-5} ；女性較低為 2.42×10^{-5} ，皆高於美國環保署在 1985 年所定的風險臨界值 1×10^{-6} 。另外發現兒童的風險值較高，系因為兒童的體重較輕，所以儘管其暴露量較成人低，在換算成比暴露速率（ $\text{pg TEQ/kg body weight/day}$ ）後，其風險值反而比成人高。案例 2 中，考慮了食物來源比例與食物的吸收比例，其模擬出的終身致癌風險男性為 8.35×10^{-6} ；女性為 7.67×10^{-6} ，亦略高於風險臨界值。

另外，以案例 2 的模擬方法，模擬在 90 年 6 月北投、八里、基隆市等三座焚化廠相繼完工後，所排放的 Dioxin 及 Furans 對人體的影響。結果終身致癌風險男性為 1.6×10^{-5} ；女性為 1.4×10^{-5} 。換言之，每百萬人中的致癌人數男性增加 7 人；女性則增加了 6 人。其中由於多項參數缺乏本地資料，因此模擬結果僅供參考。

4. 結論

本案例研究發展了污染物在多界介質

中的傳輸及風險評估的整合模式，並示範此系統於台北地區 Dioxin 及 Furans 的風險評估。評估結果為

1. 在吸入、攝入與皮膚吸收三大暴露途徑中，以攝入劑量為主要暴露來源（94%），其次為吸入途徑（6%），而皮膚吸收只佔非常小的部分（0.3%）。
2. 而在攝入途徑中，以肉類（24%）、魚類食物（22%）、貝類（20%）與畜牧類（19%）等食物為主要來源。各暴露途徑的每日攝取劑量（ mg/day ）之列表比較。見表 7
3. 男性的暴露量最高為 $15.3 \text{ pg TEQ day}^{-1}$ ，發生在 25~29 歲之間；女性的暴露量最高為 $11.7 \text{ pg TEQ day}^{-1}$ ，發生在 30~60 歲之間。
4. 考慮了食物來源比例與食物的吸收比例，其模擬出的終身致癌風險男性為 8.35×10^{-6} ；女性為 7.67×10^{-6} 。

在污染物宿命方面，戴奧辛在環境中的衰減，直接影響其在各介質中的分配。因此，需要進一步的研究污染物在各介質可能會造成的衰減作用，例如：光解、水解、生物分解作用..。需要更多的檢測數據，使模式公式化，並驗證模擬結果。例如：空氣、土壤、水體、沈澱物、動物、蔬菜、魚類..。在暴露分析方面，國內的人體計測資料（體重、呼吸量..），目前只有少許勞工體重資料可供參考。未來研究需要這些資料以得到本土的人體活動基本資料。另外人體攝入各種食物的比例，會隨年齡、季節有所變化，國內未來需要這些研究調查數據，來更準確的評估人體的暴露數據。哺乳期的女性，經由奶水傳輸至嬰兒的劑量速率，需要進一步的研究來得到其與人體暴露量間的關係本地資料。

5. 參考文獻

1. Cohen, Y. , "Pollutants in a Multimedia Environment," Plenum Press, New York, 1986.
2. Eduljee G. H. and Gair A. J. "Setting Dioxin Emission Limits for MSW Incinerators: A Multimedia Exposure Assessment Framework," Waste Management And Research, Vol. 5, pp. 335-348., 1997.
3. Furst, P., Furst, C. and Groebel, W."Levels of PCDDs and PCDFs in Food Stuffs the Federal Republic of German," Chemosphere, Vol. 20, pp. 787-792., 1990.
4. Furst, P., Furst, L. and Widmers, K., "Body Burden with PCDD and PCDF from Food," Biological Basis for Risk Assessment of Dioxin and Related Compounds. Banbury Report No. 35., Cold Spring Harbor Laboratory Press.
5. Howard, P. H. "Handbook of Environmental Degradation Rates," Lewis Publisher. Inc. 1991.
6. Mackay, D. "Multimedia Environmental Models:The Fugacity Approach,"Lewis Publishers Inc. 1982.
7. Makay, D. "Illustrated Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals," Lewis Publisheers. Inc. 1992
8. Makay, D. "Assessing the Fate of New and Exisisting Chemicals:A Five Stages Process," Environmental Toxiology and Chemistry, Vol. 15, No. 9, pp.1618-1649, 1996.
- Makay, D. and Paterson, S., "An Indexing System for Comparing Toxic Air Pollutants

計劃主持人自我評估表

計劃名稱：污染物於多介質與風險評估整合模式
Combined Model for Pollutant Transport in Multimedia and Risk Assessment

計劃編號：NSC 88-2211-E-032-008

計劃主持人：陳俊成

執行機構：淡江大學水資源及環境工程研究所

完成的成果及創見：

本研究以 Fugacity Model 模擬污染物於各種介質之傳輸及流佈，並藉由 MMTD Model 進行人體暴露風險評估。研究案例為評估台北都會區之戴奧辛排放後於各介質長期平衡的分佈及其風險評估。本研究聯合多介質污染傳輸模式與人體暴露風險模式，進行污染風險為首度嘗試，研究成果可提供各界討論的啟始基礎市數據。

是否有未完成的項目〔說明未完成項〕

是 否

是否具有專利申請之項目〔說明可申請之項目〕

是 尚未成熟 否

是否有創新或改進之技術推介至產業界，並請列出可推介之廠商

可推介〔請說明之〕

尚須繼續研究〔請說明之〕

究

建議兩位您認為合適的評審人（以供參參）

1. 成功大學環工所 張乃斌 教授
2. 台灣大學土木所 郭振泰 教授

計劃主持人自我評估表

計劃名稱： 污染物於多介質傳輸與風險評估整合模式

Combined Model for Pollutant Transport in Multimedia and Risk Assessment

計劃編號：NSC 88-2211-E-032-008

計劃主持人：陳俊成

執行機構：淡江大學水資源及環境工程研究所

完成的成果及創見：

本研究以空間多介質區劃模式 Spatial Multimedia Compartmental Model(SMCM Model) 為藍本，發展污染物於流佈介質傳輸的數學模式作為分析工具。並藉由發展出的多介質傳輸模式，修改其各介質間的污染物傳輸關係函數，評估台北都會區之戴奧辛於多介質中之流佈，模擬台北都會區排放的 BTEX(含點、線源)於空氣、水體、土壤、沈澱物、魚體及懸浮固體等介質在隨機下雨、不下雨情況之濃度分佈情形。

是否有未完成的項目〔說明未完成項〕

是 否

是否具有專利申請之項目〔說明可申請之項目〕

是 尚未成熟 否

是否有創新或改進之技術推介至產業界，並請列出可推介之廠商

可推介〔請說明之〕

尚須繼續研究〔請說明之〕

究

建議兩位您認為合適的評審人(以供參參)

3. 成功大學環工所 張乃斌 教授

4. 台灣大學土木所 郭振泰 教授