



行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告  
 台灣地區居民由攝食魚類所累積的多氯聯苯曝露量分析  
 Exposure of Taiwan Residents to Polychlorinated Biphenyl  
 Congeners from Fish Consumption

計畫編號：NSC 87-2314-B-040-023

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

主持人：龍世俊 中山醫學院 公共衛生系

### 一、中文摘要

本研究的目的是探討台灣居民由攝食魚肉而累積多氯聯苯 (polychlorinated biphenyls, PCBs) 個別異構物的曝露量 (exposure) 及毒性當量 (toxic equivalent quantity)。過去研究顯示，多氯聯苯普遍存於台灣環境，包括空氣、水、土壤、底泥、及食物等介質中。而攝食魚類是一般民眾最主要的多氯聯苯曝露來源。

多氯聯苯各“個別異構物”(congener) 對人體有不同程度的毒性。故本研究欲由曝露量的最主要來源：魚類著手，分析其中可食用部分的多氯聯苯個別異構物，並以此濃度推估台灣居民由此途徑累積而來之曝露量及毒性當量。

本研究的目標魚種為：吳郭魚、虱目魚、白鯧、白帶及鱈魚。並於台中市的魚市場購買樣本。且以 GC-ECD (Gas Chromatograph - Electron Capture Detector) 分析 18 種選定的多氯聯苯個別異構物。

結果顯示，鱈魚中含最多種多氯聯苯個別異構物，且其含量為最高(3.17 ~ 24.77ppb)，而白鯧、白帶僅含少數且少量之多氯聯苯異構物，吳郭魚與虱目魚的樣本間的變異數較大，有些樣本無任何多氯聯苯，有些含有數種相當濃度之異構物。

攝食鱈魚會累積最多之多氯聯苯，平均而言，每人每年所攝食之 PCBs 曝露量估計可能約為 9.23ug。且會造成最高之毒性當量，平均約為  $5.99 \times 10^{-4}$  ng/g TEQ。

關鍵詞：多氯聯苯，水產污染，曝露量評估

### Abstract

The objective of this research was to assess the exposure of Taiwan residents to polychlorinated biphenyl congeners (PCBs) from fish consumption. Previous studies indicated that PCBs exist in Taiwan's environment including air, water, soil, sediment, and food. And fish consumption is the major source of general public intake of PCBs.

The toxicity of PCBs is strongly related to their structures, different congener has different toxicity to human. This project tried to estimate the potential toxic effects of PCBs in congener-specific basis by assessing the major PCB exposure route to general public: fish consumption.

Five fish species were studied, including tilapia, milkfish, hairtail, white pomfret, and cod. Fishes were bought at local markets of Taichung city. Only the edible parts of fishes were analyzed. Analysis was conducted by GC-ECD (Gas Chromatograph - Electron Capture Detector). Totally, 18 congeners have been analyzed and quantified.

Results showed that cod samples had the highest PCB concentrations among them (3.17 ~ 24.77ppb), they also had more kinds of congeners than any other fishes. Hairtail and white pomfret samples had the lowest concentrations and the least numbers of congeners. There were higher variation among those tilapia and milkfish samples; some of them had no PCB contamination, while others had few.

Cod consumption would result in highest exposure and TEQ among those five species. On average, Taiwan residents' would obtain about 9.23ug PCBs from cod consumption every year. And the mean TEQ from cod samples was  $5.99 \times 10^{-4}$  ng/g TEQ.

**Keywords :** polychlorinated biphenyls, seafood contamination, exposure assessment

## 二、計畫緣起及目的

本研究的目的是探討台灣居民由攝食魚肉而累積多氯聯苯 (polychlorinated biphenyls, PCBs) 個別異構物的曝露量 (exposure) 及毒性當量 (toxic equivalent quantity)。本研究針對台灣居民日常消費較多的五種魚類可食用的部位加以分析其中多氯聯苯個別異構物 (congener) 的濃度。並以此濃度推估台灣居民由此途徑累積而來之多氯聯苯個別異構物的曝露量及毒性當量。

多氯聯苯在工業上曾被大量製造使用，作為絕緣體及塑化劑 (OECD, 1973)。由於被懷疑在極低濃度即對人體有危害性 (McFarland, 1989)，因此於 1970 年代被歐美國家禁止製造使用 (Waid, 1984)，我國行政院環境保護署亦於民國七十七年六月起宣告全面禁用 (環境保護署，民國八十五年)。然而，由於其性質十分穩定、不易分解，多氯聯苯仍普遍存在於全球環境中 (Swackhamer, 1988; Hargrave, 1988; Nakano, 1990; Iwata, 1993; Hornbuckle, 1993; Bergen, 1993; Cullen, 1996)。其生物累積特性使其可經由食物鏈而積蓄於人體，在國外，包括海鮮類、肉類、乳品類甚至蔬果類等都被發現有多氯聯苯的蹤跡 (Hong, 1992; Kannan, 1992; Elskus, 1994; Winters 1994; Cullen, 1996)。

在台灣，民國六十八年發生在台灣中、彰化地區的米糠油中毒事件，即為

食用了受多氯聯苯污染的米糠油煮食的食物而中毒，受害者達二千多人，大部份有皮膚、肝臟以及神經、免疫系統等方面的病變 (Hsu, 1994)。本省衛生處於 1979 至 1983 年間，測量受害者其血中多氯聯苯濃度，發現大致範圍為 38-99 ppb (Hsu, 1994)。陳永成、郭育良等人追蹤女性受害者所生的小孩 (由胎盤輸送而造成多氯聯苯曝露)，發現他們有智商稍低、生長遲緩等現象 (Chen, 1992; Guo, 1994A, 1994B, 1995A, 1995B)。而 Fein and Jacobson 等人指出多氯聯苯曝露量較高的婦女所生的小孩，有體重稍輕、頭圍較小、以及 Visual Recognition Memory 較差等生理影響。這些婦女的曝露來源，為食用了多氯聯苯污染的湖中魚類，其血中多氯聯苯含量在  $5.5 \pm 3.7$  ng/ml (ppb) 左右，曝露組定義為血中多氯聯苯含量大於 3ng/ml (ppb) (Fein, 1984; Jacobson, 1985; Jacobson, 1990)。這些報告顯示，多氯聯苯在低曝露量時 (一般民眾的環境曝露)，亦會禍及第二代，對人體有潛在的慢性毒害性。

多氯聯苯的毒性與其結構有關，故各“個別異構物”(congener)，有不同程度的毒性。在所有個別異構物中，被認為毒性最強的，是結構近於 2,3,7,8-tetrachlorinated dibenzo-p-dioxin (2,3,7,8-TCDD, 被認為毒性最強的一種戴奧辛) 的個別異構物 (如 PCB77, 126, 169 等) (Safe, 1985; Safe 1987)。戴奧辛類化合物的致癌性及致畸胎性，已顯示在動物實驗上 (Murray, 1979; NCI, 1980; Weber, 1985)。且戴奧辛類化合物對實驗動物的致癌毒性為至今所作過化學物質中最強者 (Gold, 1984; Gold, 1987)。此外，近年來，戴奧辛類化合物又被認為其屬於類女性賀爾蒙，會干擾內分泌系統 (endocrine-disrupting chemicals)，造成對男性生殖系統有不良影響 (Colborn, 1993)。毒性當量因子 (Toxic Equivalent Factor, TEF, TEF 是根據世界衛生組織的資料 (Ahlborg, 1994)) 即是以每個多氯聯苯個別異構物

的毒性與 2,3,7,8-TCDD 相比，得到的比值。以某介質中的多氯聯苯個別異構物的濃度與其 TEF 相乘，即可得其毒性當量 (Toxic Equivalent Quantity, TEQ)。將所得的多氯聯苯個別異構物濃度與其毒性當量因子 (Toxic Equivalent Factor, TEF) 相乘，即可得各個別異構物的毒性當量 (Toxic Equivalent Quantity, TEQ)。研究這些類似戴奧辛類的化合物對人體的曝露量，有助於將來更進一步了解這些毒性物質對人體的危害嚴重性。

一般民眾的多氯聯苯曝露量，最主要的來源為飲食 (USEPA, 1994)，包括魚貝類、肉類、乳製品等 (Maack, 1988; Hong, 1992; Kannan, 1992; Asplund, 1994; Elskus, 1994; Winters, 1994; Stow, 1995)，其中魚貝類為大宗。人體所累積的多氯聯苯亦因其易存於脂肪組織中且不易排除，因此對人體有潛在的長期毒害性。

在台灣，湯淑英、董大成曾調查環境中的多氯聯苯，證實其的確存於沉積土 (52 samples, 0-658 ppb)、水體 (56 samples, 0-1 ppb)、水產 (133 samples, 0-248 ppb) 及乳製品中 (56 samples, 1.8-395 ppb, fat basis) (湯淑英、董大成, 1980)，而以烏魚子的濃度最高 (2177.80 ppb)。另外，周薰修、潘志寬等人曾針對台灣地區食品做過一連串調查 (周薰修, 1983, 1984, 1986, 1987; 潘志寬, 1991)，顯示魚 (0.6-687 ppb)、肉 (0.7-133.5 ppb)、蛋 (0.1-66.6 ppb)、乳 (0-395.9 ppb) 類食品中均含有多氯聯苯，其中，鱈魚與烏魚子的濃度最高 (419 ppb & 687 ppb)；而貝類普遍比魚類濃度低。饒連財分析台北、新竹、中部 (台中、彰化)、高雄地區常人血中多氯聯苯之含量，除了中部地區可能因曾發生米糠油中毒，而有稍高的濃度外 (up to 105 ppb)，其他地區民眾多在 1-5ppb 之間 (饒連財, 1983A, 1983B, 1985A, 1985B)。此濃度比美國密西根婦女稍低 ( $5.5 \pm 3.7$  ppb)，但仍在

可能有健康影響的範圍內 (>3 ppb)，(尤其對下一代)。

綜上所述，台灣環境中普遍存有多氯聯苯，一般民眾體內也多含有多氯聯苯，且其濃度在可能有健康影響的範圍內。其曝露量的主要來源，據吳先琪等人由各曝露途徑的曝露量估算，應為飲食，而魚類為最主要來源 (吳先琪, 1990)。因此，本研究由研究曝露量的最主要來源：魚類著手，分析其中可食用部分的多氯聯苯個別異構物，以為進一步研究的基礎。本研究的結果將可配合油症的研究，了解油症兒及其對照組由攝食魚類而累積的多氯聯苯曝露量。並可據此了解在大部份的焚化爐尚未開始運轉前，魚體中多氯聯苯的背景值。

根據國人的魚產消費資料 (漁業年報, 民國八十四年)，選定了以下數種魚類：吳郭魚、虱目魚、白鯧、白帶及鱈魚，作為本研究的目標魚種。吳郭魚為全省北、中、南三區消費最高的魚種，屬於內陸養殖。虱目魚為全省北、中、南三區消費次高的魚種 (高雄除外)，屬內陸養殖，而南部 (高雄、台南) 為主要供應區。白鯧為北部地區消費第三位，來源依次為近海、沿岸及遠洋捕獲，而以北縣、新竹為最大。白帶魚亦為消費大宗，以南部的消費較多，來源依次為遠洋、近海及沿岸捕獲，以高雄縣市為最大，基隆次之。鱈魚則為進口大宗，亦為國人嗜食的魚種之一，且由以往相關研究，得知其 total PCBs 的含量為所有魚類之冠 (周薰修, 1983)，因此本研究亦希望探討鱈魚中的多氯聯苯個別異構物濃度，以了解國人由攝食鱈魚而來的多氯聯苯個別異構物曝露量。

本研究中所選定研究的多氯聯苯個別異構物為：PCB 28, 31, 52, 66, 77, 105, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 157, 167, 169, 170, 180, 189 共 18 種。選擇的考量包括：(1) 對人體潛在毒害性大的個別異構物 (McFarland, 1989; Ahlborg, 1994)；(2) 在原先製造的混合物中，佔

有較高比重，因此易在自然界中存在的個別異構物 (Hutzinger, 1974)，這是為了希望將來我們的資料能與其他文獻比對，探討可能的污染來源；(3) 常被發現在魚體樣本中的個別異構物 (Pruell, 1988; Bergen, 1993)；(4) 為了配合油症兒的研究，這裏選擇了他們在血液中所測量到的個別異構物。

### 三、結果與討論

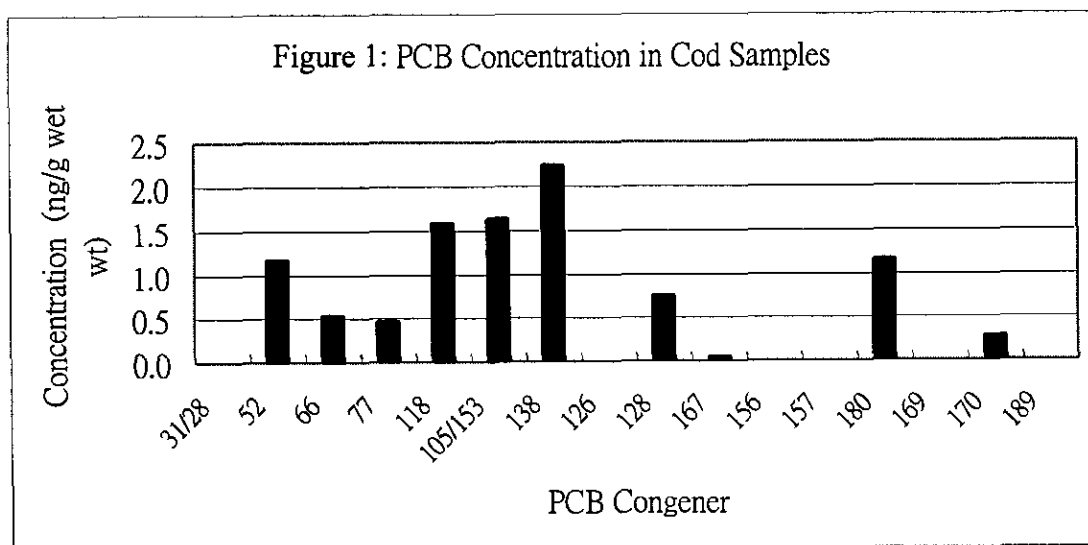
本研究於台中港及台中市批發魚市場小販購買魚品，並獲得產地來源資料。總共購得來自南部養殖的虱目魚 4 條，每條約重 590 克；來自嘉義布袋養殖的吳郭魚 6 條，每條約重 500 克；來自台灣海峽的白鯧 10 條，每條約重 1050 克，來自台灣北部海邊的白帶 10 條；冰島進口的鱈魚片 4 片，每片約重 200 克，以及由紐西蘭進口的鱈魚片 8 片，每片約重 200 克。

樣品取得後，立刻稱重，且去除非食用部份(頭、尾、鰭、骨等)，可食用部份再稱重後，以均質機攪碎，以 80ml 8:2 hexane/acetone 混合液萃取三次，置入 Kuderna-Danish 濃縮裝置 (K-D

concentrator) 濃縮，以 30cm\*1.2 cm I.D. 的玻璃管柱作淨化，以氮氣濃縮裝置濃縮樣品至 1ml 左右，使用 GC-ECD with a 30m\*0.25mm ID\*0.25um HP5 capillary column 分析個別異構物。並以 60ml n-hexane 以類似方式萃取魚肉後，放入 oven 烘乾，得油脂含量。並以類似方式作乾重分析。

實驗室程序空白皆在 1ng 以下，顯示在萃取等前處理過程中未受污染，回收標準品之回收率皆在 71-129% 的範圍中(美國環保署可接受之範圍為 70-130%)，Matrix Spike 之回收率在 69-132%，亦在可接受之範圍內。因 PCB31 與 28 及 PCB105 與 153 無法完全分離，因此將它們併在一起呈現其結果。

分析結果顯示，PCB 31/28、52、66、77、118、105/153 及 138 零星地出現在虱目魚中，白帶魚中僅有 PCB105/153 出現，吳郭魚中則有 PCB105/153、138 及 157，白鯧中僅有 PCB66 存在，而 PCB52、66、77、118、105/153、138、128、167、180 及 170 則出現在所有鱈魚樣本中。鱈魚樣本中各個別異構物之比例，如圖一所示。



圖一：鱈魚樣本中各多氯聯苯個別異構物之濃度分佈

表一：五種魚中多氯聯苯分析之相關結果

魚種	虱目魚	白帶魚	吳郭魚	白鯧	鱈魚
mean fat content	4.27%	1.28%	0.33%	0.67%	3.72%
range of concentration					
ng/g wet wt	0 (0.23) ~ 1.16	約 0.10	0 (0.1) ~ 0.28	0 (0.19) ~ 0.27	3.17 ~ 24.77
ng/g dry wt	0 (0.90) ~ 4.29	約 0.42	0 (0.6) ~ 1.59	0 (1.04) ~ 1.44	10.82 ~ 137.59
ng/g fat	0 (9.03) ~ 41.1	約 7.61	0 (25.54) ~ 53.69	0 (13.55) ~ 95.78	62.54 ~ 1155.01

P.S. 括弧中為所測得含PCBs之魚的最低測得濃度

range of TEQ (ng/g wet wt)	0				
lower bound	0 (1.71*10 <sup>-6</sup> )	1.01*10 <sup>-5</sup>	0 (1.02*10 <sup>-5</sup> )	0	6.94*10 <sup>-5</sup>
upper bound	3.34*10 <sup>-4</sup>	1.01*10 <sup>-5</sup>	7.32*10 <sup>-5</sup>	0	2.08*10 <sup>-3</sup>

P.S. 括弧中為所測得含最低PCBs濃度之魚的TEQ

表一呈現所分析魚品樣本之平均油脂含量、以濕重、乾重及油脂含量為基準之 total PCBs 濃度以及以濕重濃度乘上 TEF 所得之 TEQ 之量。

由上表可知，鱈魚為五種魚中，含 PCBs 最高的魚種。且鱈魚片中，皆普遍含有頗高濃度之 PCBs。而白鯧樣本中未含 PCBs 之比例為最高，且其僅有一種個別異構物存在。本省養殖之虱目魚及吳郭魚的樣本之變異性頗大，皆有一些樣本並無 PCBs 含量，但其若有 PCBs 存在，其含量多比外海捕獲之白鯧及白帶魚高。

再就其脂肪含量而言，白帶魚之脂肪含量頗高，而其中之 PCBs 含量卻不多。而鱈魚之脂肪含量為次多，而其中卻普遍含有頗高濃度之 PCBs，故魚種之生長環境可能為影響其中 PCBs 含量之最大因素。本次實驗中，購有來自冰島及紐西蘭之鱈魚，以目前有限之樣本看來，由紐西蘭進口之鱈魚含有較高之 PCBs。

本研所得之濃度範圍在 0 至 25ppb 左右，比湯淑英、董大成

(1980)(0-240ppb)、周薰修(1983, 1984, 1986, 1987)及潘志寬(1991)(0.6-687ppb)等人以往所做之調查結果略低。比 Hong(1992)分析美國紐約州鱈魚(1-6ug/g wet wt basis)、Loganathan(1995)分析紐約州鯉魚(2400-5000ng/g wet wt basis)及 Elskus(1994)分析美國羅德島州及麻州比目魚中的多氯聯苯濃度(3.1-500ug/g dry basis)要低。但與 Kannan 在越南所做之魚品分析結果近似(3.1-24ppb)，也與 Johansen(1996)研究挪威螃蟹中的多氯聯苯異構物成份(約在 0-30ng/g fat basis)相近。

再由 TEQ 來看，所有鱈魚片中，都有所測量的 18 種 PCBs 中的 11 種，其中六種皆有對應之 TEF 值，造成其 TEQ 值比其他有 TEQ 之魚高出十至一百倍。而白鯧中雖有些微的 PCBs 含量，但 PCB66 毒性並不強，無 TEF 值，故其 TEQ 為零。因此由攝食鱈魚所累積之 TEQ 最高，而攝食白鯧則不會累積任何之 TEQ。而其他三種魚則介於其間。

以台灣地區每人每年所攝食之魚產

重量為 42.27 公斤(中華民國糧政)，其中魚品之平均廢棄率大約為 44%(台灣常見食品營養圖鑑)來推估，真正可食用之部分大約為 18.6 公斤，既然鱈魚為很受歡迎之魚品，假設其佔攝食魚品之百分之五，約 0.93 公斤。以鱈魚中平均之 PCBs 濃度為 9.93ppb 來估計，平均每人每年可能食入之 PCBs 曝露量為 9.23ug。而攝食鱈魚之平均毒性當量為  $5.99 \times 10^{-4}$  ng/g TEQ。與其他國家相比，並不算高。然而，既然 PCBs 的毒性是多重的，這種程度的曝露量及毒性當量仍不能低估。

#### 四、計畫成果自評

因經費有限，加上分析 PCBs 之過程繁複，因此，所能分析之樣本數極為有限，就目前所得之資料而言，僅初步了解民眾由日常攝食五種魚類所造成之多氯聯苯個別異構物之曝露情形。俟以後所分析之樣本數增加之後，盼能提供更多更好的資訊，對台灣地區居民由攝食 PCBs 而造成之曝露量及累積之毒性當量，作更進一步的推論。

#### 五、參考文獻

- 中華民國行政院農業委員會編印，中華民國糧政，民國八十三年版十一月，行政院農業委員會。
- 中華民國行政院衛生署編印，台灣常見食品營養圖鑑，中華民國八十七年八月，行政院衛生署。
- 中華民國行政院環境保護署，多氯聯苯管理手冊，民國八十五年元月
- 中華民國台灣地區漁業年報(中華民國八十四年)，台灣省農林廳漁業局，民國八十五年六月
- 湯淑英、董大成，“多氯聯苯之環境污染研究”，台灣大學醫學院生化研究所，1980
- 周薰修、潘志寬，“食品及飼料中多氯聯苯含量之調查研究”，行政院衛生署食品衛生處，1983
- 周薰修、潘志寬，“烏魚子多氯聯苯含量調查”，藥物食品檢驗局調查研究年報 5:229-230, 1987
- 周薰修等，“魚貝類中多氯聯苯及多溴聯苯之調查研究”，食品科學，11 卷，3,4 期，218-224, 1984
- 周薰修、賀克勤、陳漢恒，“多氯聯苯在台北縣魚貝類殘留量之分析”，CHEMISTRY, (The Chinese Chem. Soc.), Vol. 44, No. 2, 43-53, June 1986
- 潘志寬、鄭秋貞、周薰修，“七十九年度市售魚類、肉類、乳類、蛋類中多氯聯苯之調查”，藥物食品檢驗局調查研究年報 9:404-406, 1991
- 饒連財，台北地區常人血中多氯聯苯之含量，環境科學，3(2):26-32, 1983A
- 饒連財，中部地區常人血中多氯聯苯之含量，東海學報，24 卷，479-487, 1983B
- 饒連財，新竹地區常人血中多氯聯苯之含量，東海學報，26 卷，733-739, 1985A
- 饒連財，高雄地區常人血中多氯聯苯之含量，環境保護，8 卷，25-30, 1985B
- Ahlborg, U.G. et al., "Toxic Equivalency Factors for Dioxin-like PCBs", Chemosphere, 28 (6):1049-1067, 1994
- Asplund, L. et al., "Polychlorinated Biphenyls, 1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethane (p,p'-DDT) and 1,1-dichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)-ethylene (p,p'-DDE) in Human Plasma Related to Fish Consumption", Archives of Environmental Health, Vol. 49, No. 6, 1994
- Bergen, B.J., Nelson, W.G., and Pruell R.J., "Bioaccumulation of PCB Congeners by Blue Mussels (*Mytilus Edulis*) Deployed in New Bedford Harbor, Massachusetts", Environ. Toxi. & Chem. Vol. 12, 1671-1681, 1993
- Colborn, T., vom Saal, F.S., and Soto, A.M., "Developmental Effects of Endocrine-Disrupting Chemicals in Wildlife and

- Humans", *Environmental Health Perspectives*, Vol. 101, No. 5, 1993
- Cullen, A.C., Vorhees, D.J., and Altshul, L.M., "Influence of Harbor Contamination on the Level and Composition of Polychlorinated Biphenyls in Produce in Greater New Bedford, Massachusetts", *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 30, 1581-1588, 1996
- Elskus, A. A., Stegeman, J. J., and Gooch, J. W., "Polychlorinated Biphenyl Congener Distributions in Winter Flounder As Related to Gender, Spawning Site, and Congener Metabolism", *Environ. Sci. Technol.* Vol. 28, pp401-407, 1994
- Fein, et al., "Prenatal Exposure to Polychlorinated Biphenyls: Effects on Birth Size and Gestational Age", *The Journal of Pediatrics*, 105:315-320, 1984
- Gold, L.S. et al., "A Carcinogenic Potency Database of the Standardized Results of Animal Bioassays", *Environ. Health Perspect.* 58:9-319, 1984
- Gold, L.S. et al., "Second Chronological Supplement to the Carcinogenic Potency Database: Standardized Results of Animal Bioassays Published Through December 1984 and by the National Toxicology Program Through May 1986" *Environ. Health Perspect.* 74:237-329, 1987
- Guo, Y.L., Chen, Y.C., Yu, M.L., and Hsu, C.C., "Early Development of Yu-Cheng Children Born Seven to Twelve Years after the Taiwan PCB outbreak", *Chemosphere*, Vol. 29, No. 9-11, pp2395-2404, 1994A
- Guo, Y.L., Lin, C.J., Yao, W.J., Ryan, J.J., and Hsu, C.C., "Musculoskeletal Changes in Children Prenatally Exposed to Polychlorinated Biphenyls and Related Compounds (Yu-Cheng Children), *Journal of Toxi. and Environ. Health*, 41:83-93, 1994B
- Guo, Y.L., Lai, T.J., Chen, S.J., and Hsu, C.C., "Gender-Related Decrease in Raven's Progressive Matrices Scores in Children Prenatally Exposed to Polychlorinated Biphenyls and Related Contaminants", *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 55:8-13, 1995A
- Guo, Y.L., Lambert, G.H., and Hsu, C.C., "Growth Abnormalities in the Population Exposed in Utero and Early Postnatally to Polychlorinated Biphenyls and Dibenzofurans", *Environmental Health Perspectives*, 103(Suppl 6): 117-122, 1995B
- Hargrave, B.T., Vass, W.P., Erickson, P.E., and Fowler, B.R., "Atmospheric Transport of Organochlorines to the Arctic Ocean" *Tellus 40B*, pp. 480-493, 1988
- Hong, C., Bush B., and Xiao J. "Coplanar PCBs in Fish and Mussels from Marine and Estuarine Waters of New York State", *Ecotoxicology and Environmental Safety* 23, 118-131, 1992
- Hornbuckle, K.C., Achman, D.R., and Eisenreich, S.J., "Over-Water and Over-Land Polychlorinated Biphenyls in Green Bay, Lake Michigan", *Environ. Sci. Technol.* Vol. 27, No. 1, 87-98, 1993
- Hsu C., Yu M. M., Chen Y. J., Guo Y. L., and Rogan W. J., "The Yu-cheng Rice Oil Poisoning Incident" Chapter 20 in "Dioxins and Health", Arnold Schecter. Plenum Press, New York, 1994
- Hutzinger, O and Safe S, "The Chemistry of PCBs", CRC Press, 1974
- Iwata, H., Tanabe, S., Sakal, N. and Tatsukawa R., "Distribution of Persistent Organochlorines in the Oceanic Air and Surface Seawater and the Role of Ocean on Their Global Transport and Fate", *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 27, No. 6, 1080-1098, 1993
- Jacobson, et al., "The Effect of Intrauterine PCB Exposure on Visual Recognition Memory", *Children Development*, 56, 853-860, 1985
- Jacobson, L.J., Jacobson, S.W., and Humphrey, H.E.B., "Effects of Exposure to PCBs and Related

- Compounds on Growth and Activity in Children", *Neurotoxicology and Teratology*, Vol. 12, pp 319-326, 1990
- Johansen, H.K., Alexander, J., Rossland, O. j., Planting, S., Levik, M., Gaarder, P. I., Gdynia, W., Bijerve, K. S. and Becher, G. "PCDDs, PCDFs, and PCBs in Human Blood in Relation to Consumption of Crabs from a Contaminated Fjord Area in Norway" *Environmental Health Perspectives*. Vol.104, Number 7, July 1996.
- Kannan, K., Tanabe, S., Quynh H. T., Hue N. D., and Tatsukawa R., "Residue Pattern and Dietary Intake of Persistent Organochlorine Compounds in Foodstuffs from Vietnam", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* Vol. 22 pp367-374, 1992
- Loganathan, B. G., Kannan, K., Watanabe, I., Kawano, M., Irvine, K., Kumar, S. and Sikka, H. C. "Isomer-Specific Determination and Toxic Evaluation of Polychlorinated Biphenyls, Polychlorinated/Brominated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans, Polybrominated Biphenyl Ethers, and Extractable Organic Halogen in Crap from the Buffalo River, New York" *Environ. Sci. Technol.* 1995, 29, 1832-1838.
- Maack L., and Sonzogni, W. C., "Analysis of Polychlorobiphenyl Congeners in Wisconsin Fish", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 17. 711-719, 1988
- McFarland V. A. and Clarke J. U., "Environmental Occurrence, Abundance, and Potential Toxicity of Polychlorinated Biphenyl Congeners: Considerations for a Congener-Specific Analysis", *Environmental Health Perspectives* Vol 81, pp.225-239, 1989
- Murray, F.J. et al., "Three generation reproduction of rats gives 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) in the diet" *Toxicology and Applied Pharmacology* 50:241-252, 1979
- Nakano, T., Tsuji, M. and Okuno, T., "Distribution of PCDDs and PCBs in the Atmosphere", *Atmospheric Environment* Vol. 24A, No.6, pp. 1361-1368, 1990
- NCI (National Cancer Institute), "Bioassay of a mixture of 1,2,3,6,7,8-hexachlorodibenzo-p-dioxin and 1,2,3,7,8,9-hexachloro-p-dioxin (dermal study) for possible carcinogenesis technical report series 202" NTP 80-13, Washington DC: National Cancer Institute, 1980
- Organization for Economic Co-operation and Development, "Polychlorinated Biphenyls Their Use and Control", Paris 1973
- Pruell, R.J., Bowen, R.D., Fluck, S.J., LiVolsi, J.A., Cobb, D.J., and Lake J.L., "PCB Congeners in American Lobster, *Homarus Americanus*, and Winter Flounder, *Pesudopleuonectes Americanus*, from New Bedford Harbor, Massachusetts" Final Report to USEPA, Exposure Assessment Group, Dec 1988
- Safe, S. et al., "PCBs: Structure-Function Relationships and Mechanism of Action", *Environmental Health Perspectives*, Vol. 60, pp. 47-56, 1985
- Safe, S. "The determination of 2,3,7,8-TCDD Toxic Equivalent Factors (TEFs): Support for the Use of the in Vitro AHH Induction Assay", *Chemosphere*, Vol. 16, No.4, pp791-802, 1987
- Stow, C.A., "Factors Associated with PCB Concentrations in Lake Michigan Salmonids", *Environ. Sci. Technol.* 1995, 29, 522-527
- Swackhamer, D.L., McVeety, B.D., and Hites, R.A., "Deposition and Evaporation of Polychlorobiphenyl Congeners to and from Siskiwit Lake, Esle Royle, Lake Superior", *Environ. Sci. Technol.* Vol. 22, No.6, 664-672, 1988
- United States Environmental Protection Agency "Drinking Water Criteria Document for Polychlorinated Biphenyls (PCBs)", Cincinnati: U.S.EPA, ECAO-CIN-414,1988



United States Environmental Protection Agency "Estimating Exposure to Dioxin-like Compounds", Exposure Assessment Group, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development. EPA/600/688/OO5Ca-c, June, 1994

Winters, D. et al., "A Statistical Survey of Dioxin-like Compounds in the United States Beef Supply", International Symposium on Chlorinated Dioxins, PCBs, and Related Compounds, Vol. 20, 73-77, Kyoto, Japan, 1994

Weber, H., Harris, N.W., Hasaman J.K., Birnbaum L.S., "Teratogenic Potency of TCDD, TCDF and TCDD-TCDF Combination in C57BL/6N Mice" Toxicology Letters 26:159-167, 1985