[PG9410-1701] 94農科-8.1.3-漁-F1(2) (12.P)

行政院農委會漁業署九十四年度試驗研究計畫研究報告

計畫名稱：魚貝類總汞濃度分析與風險監測管理

Risk monitoring and management for total mercury in seafood

計畫編號：94 農科-8.1.3-漁-F1(2)

全程執行期間：94 年 1 月 1 日至 94 年 12 月 31 日

計畫主持人：韓柏樫

執行機關：台北醫學大學公共衛生學系

中文摘要

2004 年美國食品暨藥物管理局（U.S.FDA）及美國環境保護署（U.S.EPA）針對即將懷孕的婦女、懷孕婦女、正在哺乳的婦女及幼兒提出呼籲，避免食用馬頭魚、鯖魚、旗魚及鯊魚等四種含汞量超過 1 μg/g 的魚類。在台灣，因攝取魚類而造成汞金屬暴露亦爲人體受到汞污染的重要途徑之一，且水產食品當中的汞污染及可能造成的毒性暴露已成爲全球性問題。但我國對於魚類總汞濃度及人類魚攝取量等相關資訊、研究報告明顯不足，故本研究主要針對台灣沿海地區所販售之魚貝類進行總汞含量監測，並估算都會區孕婦以及漁村居民其總汞暴露程度及每日可接受安全攝取量。

研究結果得知：1.魚類平均總汞濃度爲 0.15±0.27 μg/g（0.0011~3.8714 μg/g）（濕重），。2.「懷孕期間應注意魚類攝取」的相關資訊並未有效的傳遞給孕婦，從問卷可看出多數孕婦仍會因魚類的營養價值而在懷孕期間增加魚類的攝取。3.都會區孕婦平均汞危害指標爲 0.59±0.59，漁村居民平均汞危害指標爲 0.39±0.18；多數民眾汞危害指標皆於安全標準值之內。

綜觀而言，若食用的魚類總汞濃度範圍≧0.1 μg/g，則建議一般體重爲 60 公斤之成年人每日最多可攝取 20 公克的魚肉。且應該透過媒體讓民眾知道，絕大部分的魚類含汞量是偏低的，無須恐慌，少數魚種汞濃度雖高，但適量食用仍是安全的。

關鍵字：水產食品、每日安全攝取量、危害指標、汞

Abstract

The Food and Drug Administration (FDA) and the Environmental Protection Agency (EPA) are advising women who may become pregnant, pregnant women, nursing mothers, and young children to avoid Shark, Swordfish, King Mackerel, or Tilefish that contain high level of mercury. Consumption of contaminated seafood has been reported as an important route of human exposure to metals in Taiwan. Some seafood contains high level of mercury and the potential for mercury toxic exposure is a worldwide problem. In Taiwan, little information is available on the association between consumption of seafood and total mercury levels in seafood. The objective of the present study was to determine current mercury concentration in seafood and try to estimate the acceptable daily intakes according to the ingesting amounts (from the inquiring form) and total mercury levels (from the data we analyzed).

We found that (1) the average levels of total mercury in fish is 0.15±0.27 μg/g (0.0011~3.8714 μg/g) (wet weight). (2) According to the questionnair and hazard index (Exposure Dose/Reference Dose) , the message of "To be careful to the fish consumption during pregnancy" is not efficiently delivered to the pregnant women. The pregnant women still increase the consumption of fish due to the nutrients needs.(3) The hazard index (HI) at pregnancy and resident in fishing village are 0.59±0.59 and 0.39±0.18,respectively.

We suggest that: when the fish mercury concentration $\geqq 0.1\mu g/g$, the men whos' weight is 60kg, their daily intake of fish is 20g.

Keywords:Aquatic products,Acceptable daily intake,Hazard index(HI),Mercury

第一章　前言

第一節　研究背景及緣起

吃魚是人類暴露到甲機汞的主要方式(WHO,1990; Clarkson et al., 1997；Dorea,2004)。甲基汞會在食物鏈中被累積，所以海洋中大型掠食性魚類及海洋哺乳動物會累積較高的濃度，人類也會因食用海鮮導致暴露。汞由自然或人爲來源進入水體，經過細菌有機化之後形成有機汞進入魚體，累積在魚體內，並由大魚吃小魚的途徑，增加掠食性魚類魚體內的汞濃度；人類在經由吃魚的過程在人體內累積更大量的汞【圖 1】。

台灣是個四面環海的島嶼，因此魚貝類是民眾攝取蛋白質的重要來源。魚類除了含豐富的蛋白質、多元不飽和脂肪酸、礦物質及維生素等營養外，也因環境上的污染而累積許多毒性化學物質，例如：DDT、dieldrin、heptachlor、PCBs、dioxin、methyl mercury 等等（Kirpal,2003），因此讓民眾產生何者該吃、何者不該吃的疑慮。

2004 年 U.S.FDA 及 U.S.EPA 針對即將懷孕的婦女、懷孕婦女、正在授乳的婦女及幼兒提出飲食上的警告，避免食用馬頭魚(Tilefish)、鯖魚(King Mackerel)、劍旗魚(Swordfish)及鯊魚(Shark)，這四種魚類因含汞量超過 1 μg/g，可能對民眾健康產生不良影響（U.S.FDA,2004）。2005 年台灣國家衛生研究院電子報也呼籲準媽媽、新媽媽別吃高含汞魚類，但爲了保持營養，建議婦女和小孩每週可以食用十二盎司含汞量低的魚類，希望能藉此降低由飲食而暴露到的汞危害（國家衛生研究院電子報，2005）。

汞暴露對胎兒影響的案例在日本水俣病災害中處處可見；有許多研究指出，有汞暴露的胎兒亦可能對神經智能發展產生影響。胎兒在子宮內發育的這段期間，被認爲是人一生當中對汞的感受性最強的時期（Harada et al.,1968），因此孕婦懷孕期間汞的暴露，可能會導致胎兒神經、腎、腦部傷害，也會造成胎兒神經發育遲緩（WHO,2002）。

美國學者曾研究在 U.S.FDA 公佈某些魚種含汞量過高的前後，對懷孕婦女魚貝類消費的影響；結果發現公佈前孕婦食用水產品頻率約爲 7.7 餐/月，但在公佈之後則降爲 6.4 餐/月，且每月攝取水產品三餐以上的人數也從 15%下降至 11%（Oken et al.,2003）。我國成年民眾平均水產品食用量男性每日約攝取 97 公克，女性每日約攝取 74 公克，佔每天食物總攝取量的 5.3%；且每週吃魚頻率約爲 3 次以上，且隨著年齡的增加而有增加的趨勢，13~18 歲年齡層的男女性每週約攝取 2.5 次的水產類，而 65 歲以上的民眾每週水產品攝取頻率則增加爲 4.2 次；若比較不同地區的民眾水產品攝取頻率的話，可發現澎湖民眾每週攝取頻率約爲 10 次，遠高於台灣本島居民（行政院衛生署,1999）。而國外類似的研究指出，水產品的高消費族群其食用頻率約爲每週 3~4 餐，即使是高消費群中的高消費者(15%)，其消費頻率約爲每週 6~8 餐（林澤聖等,2001）。由以上數據可知，台灣民眾實屬水產品的高消費族群。

第二節　研究動機

吃魚是人類暴露到甲機汞的主要方式。甲基汞會在食物鏈中被累積，所以海洋中大型掠食性魚類及海洋哺乳動物會累積較高的濃度，人類也會因食用海鮮導致暴露。台灣是一個魚類食用量相當高的國家，因此本研究特別選出風險較高的族群爲研究對象，來評估台灣都會區孕婦以及漁村居民汞危害是否需要嚴密監測。

因此本計畫除了進行水產品的汞濃度做測量之外，也針對兩種高風險族群：都會區孕婦及漁村居民，來評估其藉由「吃魚」所暴露到的汞危害，並提出風險監測管理方案供政府相關單位在魚類含汞的議題上作爲參考。

第三節　研究目的

在世界各國都積極監測水產品所帶來的風險之際，台灣地區對此相關資訊的傳播及研究確屬不足，台灣都會區孕婦及漁村居民是否會因飲食習慣的不同，而有不同的風險？

本年度目標爲了解不同族群常吃的水產品中汞濃度並對食用各種種類水產品攝取率及攝取量進行調查，由此建立水產品內汞的健康風險評估，讓民眾在食用海產方面能有所依據，譬如吃多少量或是吃何種魚類比較安全，並釐清何種水產品其含汞量超過規範，以提出哪些水產品必須減少食用量，以免影響民眾健康。

有鑑於此，本研究將所要探討的目的設定爲：

1. 測量台灣各地所購得的水產品總汞濃度。
2. 對於何種魚類可多食用、何種魚類該限制食用量做出呼籲。
3. 評估都會區孕婦藉由吃魚暴露到汞的風險。
4. 評估台灣各地漁村居民（新竹香山、台中台中港、嘉義布袋、台南鹿耳門、屏東東港及宜蘭南方澳）藉由吃魚暴露到汞的風險。
5. 爲都會區孕婦及漁村居民評估適合的水產品食用量。
6. 提出風險監測管理方案供政府相關單位作爲參考。

第二章　材料與方法

第一節　研究架構及收樣流程

研究架構圖：

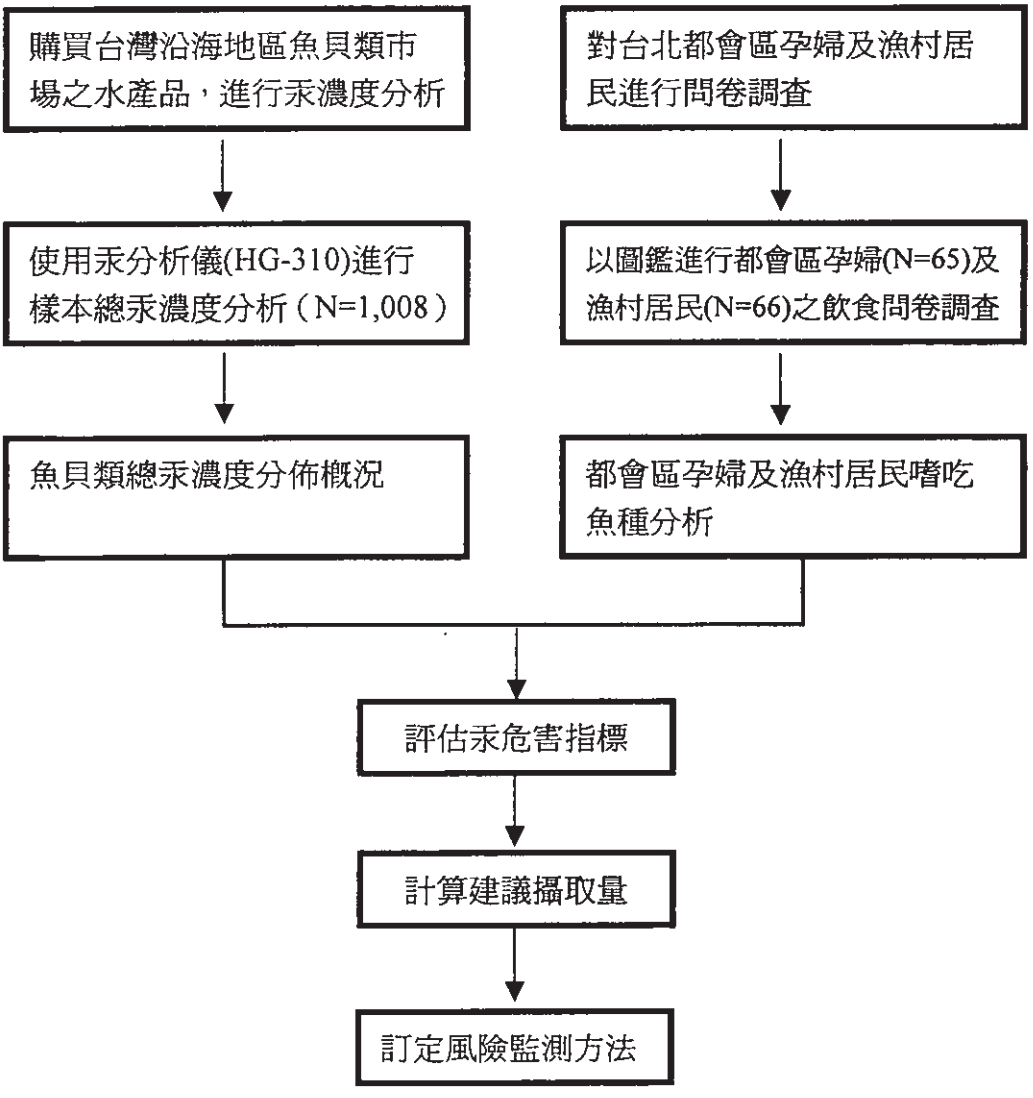

圖 2　研究架構圖

收樣流程圖

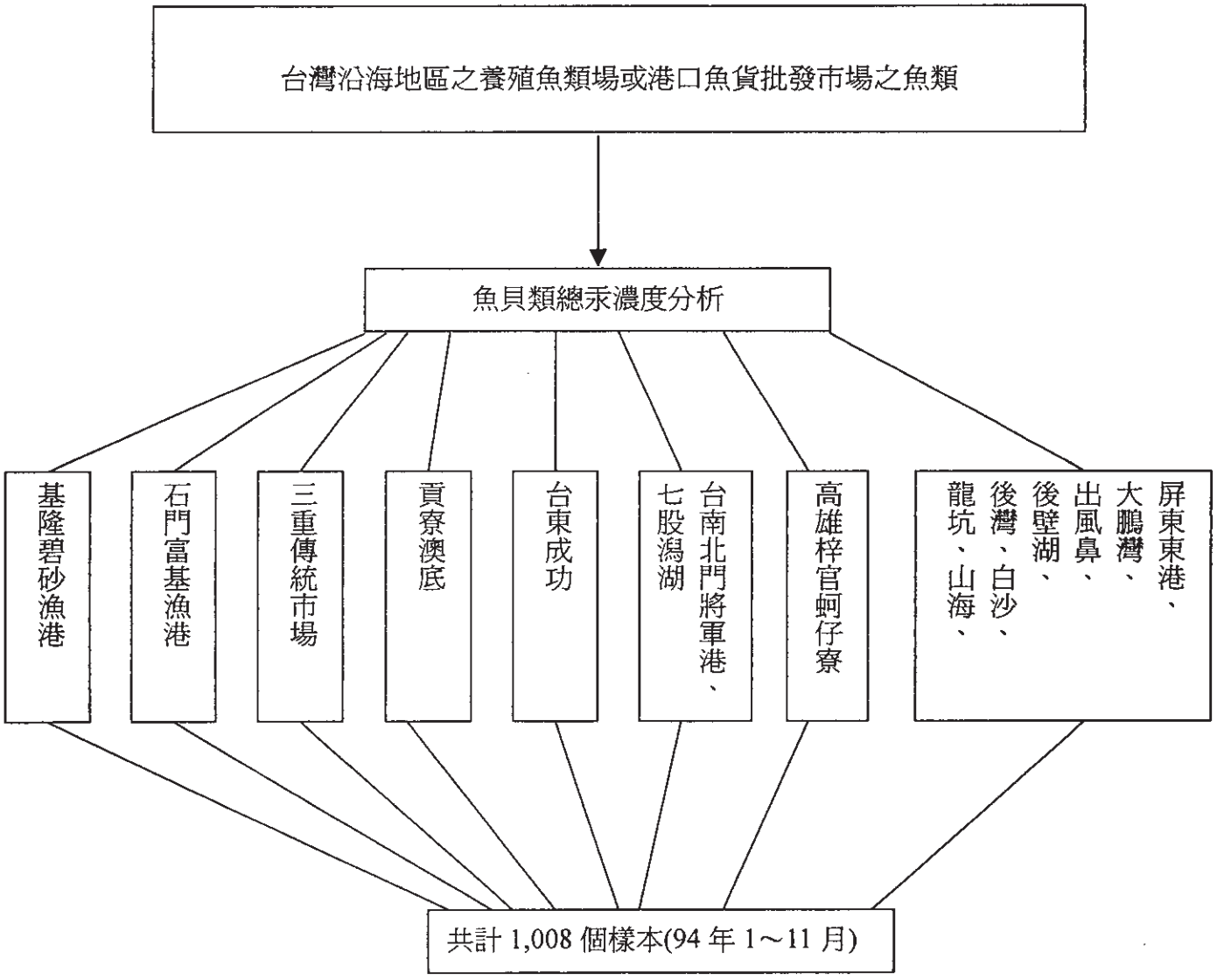

圖 3　收樣流程圖

第二節　研究方法與步驟

（一） 問卷設計

本問卷內容主要分爲基本資料及飲食習慣兩大項。

基本資料包含：年齡、體重（孕婦分爲懷孕前、產前最後一次產檢）等。

飲食習慣包含：攝取水產品種類、攝取頻率以及攝取量等。

（二） 樣本總汞濃度檢測

水產品樣本前處理及分析：

採集至十一月止，水產品樣本共計 1,008 個，採集後先以-20℃冰箱加以保存，前處理時將樣本先解凍，然後以數位相機拍照存檔，拍照完畢後分別記錄下樣本之身長、重量，然後將水產品樣本分裝至塑膠袋中，以供前處理時方便取用。水產品樣本是以低溫濕式消化法做前處理，首先以天平秤取樣本並記錄樣本之重量，然後加入 5ml 硝酸混合均勻後，放入水浴機中進行消化，水浴的溫度控制在 60℃，加熱時間約 10 小時，消化完畢後將消化完成的液體裝於塑膠瓶中，儘速以汞分析儀加以分析樣本中總汞濃度（Boischio and Henshel, 2000）。

（三） 試劑、設備及品質控制、保證

1. 試劑設備

(1) 試劑：

去離子水：電阻係數大於或等於 18MΩ 之純水

濃硝酸：分析試藥級，65%（Riedel-de Haen）

濃硫酸：分析試藥級，95%（Merck），汞分析專用

氯化亞錫：分析試藥級，汞分析專用（Merck）

單一金屬標準液（汞）：分析級標準品，1000ppm（Merck）

(2) 設備：

分析天秤：可精秤至 0.0001g(METTLER，AT-261)

汞分析儀：Hiranuma 公司出產，型號爲 HG-310

定量瓶：10ml（Fortuna）

(3) 標準溶液配置：

由 1000 μg/g 之標準溶液稀釋至所需之濃度。稀釋水爲每一升超純水中含有 1.5 ml 的純硝酸

(4) 汞濃度測定：

以汞分析儀測量樣本總汞濃度，本研究使用氯化亞錫及濃硫酸當作還原劑。

2. 品質控制、品質保證

(1) 檢量線：

爲確保檢量線之可靠性，每次分析均重新配製檢量線，檢量線之相關係數需大於 0.995。

(2) 空白分析：

每一批樣品進行前處理時，需同時置備空白樣品，以檢測分析時樣品是否遭受污染。

(3) 標準品檢核：

以 NRCC（National Research Conuncil Canada）之標準參考品（Certified Refereence Material；CRM；DORM-2）進行標準品測試，以確保其回收率及準確性。本研究使用兩種標準品來確保分析數值的正確性；DORM-2(Dogfish)之準確度及回收率分別爲 102%及 102%，SRM(oyster)之準確度及回收率分別爲 105%及 97%，皆符合標準【表 1】。

表 1　分析方法偵測值與標準參考樣品（SRM）之分析結果

	汞			
	標準品確認值（μg/g）	偵測值（μg/g）	準確度(%)	回收率（%）
SRM（DORM-2）	4.64±0.26	4.725	102	102
SRM（Oyster）	0.0371±0.0013	0.039	105	97

(4) 偵測極限：

以二次去離子水連續偵測六次，依所得值求其標準差後，取三倍即爲該機器之偵測極限。

第三章　結果與討論

第一節　魚貝類總汞濃度分析

由圖 4 得知本研究魚類樣本之總汞濃度分佈狀況，絕大多數都不超過 1 μg/g。在表 3 中可看到，魚類平均總汞濃度爲 0.147±0.27 (mean±SD) μg/g，範圍爲 0.001～3.871 μg/g。魚類樣本中總汞濃度較高的魚類多爲遠洋魚類，極少種類是由近海捕得。

若以美國環保署對於魚類總汞濃度（0.3 μg/g）（U.S EPA, 2001）的規範來看本研究中的魚類，則有 9.95%的魚類樣本超過此規定；若以我國的法規規定（0.5 μg/g），則有 4.07%的魚類樣本超過此標準，但是我國法令對於迴游性魚類的標準是放寬到 2.0 μg/g（衛生署, 1992），所以只有 0.9%的魚類樣本超過此標準；若以美國食品暨藥物管理局對於魚類的規定是 1 μg/g（FDA, 1987），本研究中則有 1.81%的樣本超過此標準【表 4、圖 4】。

本研究總汞濃度超過 0.2 μg/g 之魚類樣本中其背部及腹部肌肉可食部位之比較，背部平均總汞濃度爲 0.262±0.151 (mean±SD) μg/g，範圍爲 0.093～0.323 μg/g；腹部平均總汞濃度爲 0.307±0.044 (mean±SD) μg/g，範圍爲 0.089～0.403 μg/g；含較少脂肪之背部及含較多脂肪之腹部魚肉經由比較之下，可發現含脂肪較多之腹部其總汞濃度相對的較高，無論在正鰹、赤點石斑魚、黃鰭鮪或玳瑁石斑魚中皆可看出此現象【圖 5】。

將本研究之蝦、蟹、貝及軟足類樣本的總汞濃度分佈狀況作圖【圖 6】，發現蝦、蟹、貝及軟足類樣本的總汞濃度皆小於 2 ng/g，與魚類之總汞濃度相較之下，可以說是極小的含汞量。蝦、蟹、貝及軟足類平均總汞濃度爲 0.29±0.11 (mean±SD) ng/g，範圍爲 0.02～2.47 ng/g【表 5】，蝦、蟹、貝及軟足類中總汞濃度最高的是花紋石蟹，平均總汞濃度爲 1.41±1.06 (mean±SD) ng/g。

第二節　問卷調查結果

台灣四面環海，魚類攝取是民眾攝取蛋白質的重要來源之一，而且魚類含有豐富的多元不飽和脂肪酸、維生素 E 和硒（Steffens et al.,1997），因此自古以來，魚類一直被營養學家視爲營養價值極高的食物，並且建議多多食用。但是由於生物鏈的累積作用，使得水體中許多有害物質進一步的累積在魚類體內，近幾年來 U.S.FDA 與 U.S.EPA 呼籲孕婦少吃魚之後，更突顯出經由「吃魚」這個管道所暴露到汞的重要性。

本研究中僅有 4.6%的受訪者懷孕前不吃魚，懷孕期間則降爲 1.5%的人不吃魚；而在吃魚的頻率方面，可以發現每週吃 3 次以上的人數有明顯增加的趨勢。在吃魚餐數方面，受訪者在懷孕前平均每月吃 8 餐的魚類，而在懷孕期間則增加爲每月吃 11 餐的魚類，可見「吃魚」在台灣現代社會中，仍然普遍的被認爲是懷孕時期補充營養的好途徑。

圖 7 爲受訪者自己認爲是否因爲懷孕而改變魚類的攝取頻率或攝取量。從圖中可看出，有 48%的受訪者認爲自己在懷孕期間增加了魚類的攝取，49%的受訪者認爲並無特意改變攝取頻率，僅有 3%的受訪者回答在懷孕期間減少魚類的攝取。進一步詢問爲何會在懷孕期間改變魚類攝取頻率後得知，「懷孕期間增加魚類攝取」的原因 100%都是因爲魚類有豐富的營養價值，而「懷孕期間減少魚類攝取」的原因則是懷孕後口味變了及進行生機飲食，訪談對話中得知 65 位受訪者當中，並沒有人留意到「魚類可能含有汞污染」的相關資訊。

本研究中懷孕婦女(n=65)之平均年齡爲 30.3±4.7(16-42)歲，懷孕前平均體重 52.3±7.7(38-84)公斤、懷孕期間平均體重 66.8±9.0(53~106)公斤，攝取頻率平均爲每月 11 次，懷孕前水產品攝取量爲每次 123.6±60.0(0~376)公克、懷孕期間水產品攝取量爲每次 141.6±64.9(0~376)公克。漁村居民(n=66)之平均年齡爲 41.1±13.0(9-67)歲，平均體重 58.2±11.8(43-100)公斤，水產品攝取頻率平均爲每月 20 次，水產品平均攝取量爲每次 153.8±44.1(20.5~143.6)公克【表 6】。

孕婦懷孕期間所食用的魚種如圖 8 所示：分別有鱈魚、鮭魚、鯧魚、吻仔魚、吳郭魚、白帶魚、鯛魚等，也特別將高汞魚類(鯊魚、旗魚、鮪魚、油魚)另外歸類；發現孕婦族群以鱈魚(14%)、鮭魚(12%)及鯧魚(11%)爲大宗。

在漁村居民所食用魚類方面，如圖 9 所示：分別有吳郭魚、虱目魚、白帶魚、鮪魚、鯧魚、肉魚、旗魚、鱈魚、鮭魚、土魠等等；發現漁村居民以吳郭魚(17%)、虱目魚(16%)、白帶魚(9%)及鮪魚(9%)爲多數。

由以上常吃的水產品種類，可發現都會區孕婦及漁村居民嗜吃魚類的不同；都會區孕婦嗜吃高經濟價值之大型魚類，而漁村居民則以較平價之吳郭魚、虱目魚爲主。

第三節　魚類總汞之健康風險評估

（一）危害指標之估算：

本研究爲了評估每位受訪者因食用水產品所導致的汞危害，乃採用危害指標公式評估水產品攝取與健康風險之關係（Burger et al.,2001），若計算所得危害指標 Hazard Index(HI)大於 1，即表示經由攝取水產品而暴露到的汞，超過每天可容忍的攝入量，公式如下：

$$HI = \frac{TMC \times CR}{BW \times RfD}$$

HI（Hazard Index）：表示危害指標

TMC（Total Mercury Concentration）：表示魚類中的總汞濃度(μg/g)

CR（Consumption Rate）：一天平均攝取水產品量(g/day)

BW（Body Weight）：體重(kg)

R_fD(Reference Dose)：容忍攝入量，

一般民眾 ADI=0.4 μg/kg/day（U.S.FDA,1995）

特殊族群 ADI=0.1 μg/kg/day（U.S.FDA,2004）

神經系統在子宮內發展的時期是對甲基汞感受性最強的時候，通常若在此時暴露過量的甲基汞，其危害將延續到出生後的新生兒。在胎兒體內，汞會干擾神經和器官的正常發育過程（Choi et al.,1978）。因此在許多國家的公共衛生政策上，認爲幼童比成年人有更高的風險（Goldman et al., 2000）。因此，本研究將「特殊族群」訂定爲「孕婦、即將懷孕的婦女、授乳婦女及幼兒」；並以 U.S.FDA 之一般民眾之每天建議參考量 0.4 μg/kg/day 以及特定族群之每天建議參考量 0.1 μg/kg/day 來評估受訪者日常所吃的魚種類及食用量是否安全，並教導民眾如何才能吃的安心。

本研究問卷採用詢問受訪者一次約吃幾個手掌大的魚肉，來評估受訪者每次魚類攝取量，都會區孕婦普遍常吃的三種魚分別爲鱈魚(14%)、鮭魚(13%)、鯧魚(13%)；漁村居民普遍常吃的三種魚分別爲吳郭魚(17%)、虱目魚(16%)、以及鮪魚(9%)，括號中百分比爲佔其食用魚種類之百分比；一般民眾常吃的三種魚類則以 93 年台灣漁業生產量作爲推估，前三者分別爲鰹魚、鮪魚以及吳郭魚。

將這些魚評估份量及稱重後，本研究將「一個手掌大」的魚肉量化爲 188 公克。因此估算孕婦懷孕期間每次約食用 141.59 公克的魚肉，漁村居民每次約食用 153.82 公克的魚肉。

以計畫所測得魚類總汞濃度來計算魚肉平均總汞濃度，得到都會區孕婦最常吃的三種魚類平均總汞濃度爲 0.069 μg/g，漁村居民最常食用的三種魚類平均總汞濃度爲 0.087 μg/g，而一般民眾最常吃的三種魚類平均總汞濃度爲 0.188 μg/g。在食用頻率方面，懷孕婦女平均每月食用 11 餐魚類，漁村居民平均每月食用 44 餐魚類；經過換算後，得知都會區孕婦每天平均食用 54.5 公克魚肉，漁村居民平均每天食用 102.4 公克魚肉，一般民眾食用量則根據衛生署 1999 年之國民營養現況調查結果得知男性每天食用 97 公克，女性每天食用 74 公克水產品。

表 7 爲採用本研究問卷所得之魚類攝取量，進一步估算都會區孕婦、漁村居民以及一般民眾之平均汞危害指標。在食用量多寡方面，分別是漁村居民＞一般民眾＞都會區孕婦，每日食用量分別爲 102 公克、86 公克及 55 公克。在嗜吃魚種平均汞濃度方面，一般民眾＞漁村居民＞都會區孕婦，嗜吃魚汞濃度分別爲 0.188 μg/g、0.087 μg/g 及 0.069 μg/g。雖然都會區孕婦在食用量及嗜吃魚類汞濃度都是最低的，但因孕婦屬於特殊族群，ADI 爲一般民眾的 1/4，所以風險高於漁村居民。都會區孕婦有 25%危害指標大於 1，危害指標範圍爲 0~2.25，漁村居民危害指標皆小於 1，範圍介於 0.07~0.69。政府相關單位需加強宣導孕婦族群對魚種的選擇性。

（二）危害指標與魚類消費量之關係：

爲教導民眾及孕婦如何安心食用水產品並且降低經由水產品攝取所暴露到汞的健康風險，特以本計畫所得之水產品總汞濃度，將水產品總汞濃度由高到低分爲三個等級【表 8】，來建議孕婦該攝取多少魚類：

（A）水產品汞濃度≧0.1 μg/g，平均汞濃度爲 0.31 μg/g

（B）水產品汞濃度介於 0.05~0.1 μg/g 之間，平均汞濃度爲 0.07 μg/g

（C）水產品汞濃度＜0.05 μg/g，平均汞濃度爲 0.02 μg/g

使用本研究孕婦之平均體重（懷孕前 52.3 公斤，懷孕期間 66.8 公斤）及平均每日水產品攝取量（懷孕前 39 公克，懷孕期間 54 公克），來計算食用不同汞濃度的水產品所帶來的危害指標。倘若孕婦在懷孕前食用的水產品汞濃度爲 A 級，在每日食用 39 公克水產品的情況下，所造成的危害指標爲 2.31，B、C 級在每日食用 39 公克水產品的情況下，所造成的危害指標分別爲 0.52 及 0.15。倘若孕婦在懷孕期間食用的水產品汞濃度爲 A 級，在每日食用 54 公克水產品的情況下，所造成的危害指標爲 2.5，B、C 級在每日食用 54 公克水產品的情況下，所造成的危害指標分別爲 0.57 及 0.16。

但是藉由孕婦懷孕期間的體重及水產品攝取量來評估其危害指標並不合理，因孕婦在懷孕期間會因體重增加而低估其危害，因此本研究特使用孕婦懷孕前之體重(52.3 公斤)及懷孕期間之水產品攝取量(54 公克)來審慎估算都會區孕婦風險，發現若食用的水產品汞濃度爲 A 級，在每日食用 54 公克魚肉的情況下，所造成的危害指標爲 3.2，B、C 級在每日食用 54 公克魚肉的情況下，所造成的危害指標分別爲 0.72 及 0.21。

若將危害指標固定爲 1 時，則孕婦最多每日可食用 A、B 及 C 級水產品的量分別爲 17 公克、75 公克以及 262 公克；當孕婦食用濃度爲 A 級的水產品時每日僅能食用 17 公克，而孕婦之平均每日食用海產量 54 公克，多於每日可食用的 17 公克，政府相關單位需多加注意，並對懷孕族群進行食用水產品宜減量的宣導！其餘 B、C 級所造成的風險尚在可接受的範圍內，只需多加留意，不需刻意禁止。表 9、表 10 可以以一般民眾或懷孕婦女之體重與所食用水產品汞濃度做一配合，查出每天可攝取的水產品量，例如體重爲 60 公斤的一般成年民眾，在食用 A 級水產品的情況下，每日最多可攝取 80 公克的水產品；若爲體重 60 公斤的孕婦族群，在食用 A 級水產品的情況下，每日最多僅可攝取 26 公克的水產品。

雖然在食用高汞濃度水產品方面，可藉由降低食用量來減少風險，但是 2004 年 U.S.EPA 及 U.S.FDA 則呼籲懷孕的婦女、懷孕婦女、正在哺乳的婦女及幼兒「不要食用」馬頭魚、鯖魚、旗魚及鯊魚這四種含汞量高的魚類，也對其他含汞量稍低的水產品提出明確的可食用量。例如若食用白肉鮪魚(white tuna)或是當地湖泊、河流及沿海的魚，則每週食用量不應超過 6 盎司（約 170 公克或每週一餐）；若食用含汞量較低的水產品，例如蝦、罐裝鮪魚、鮭魚、鱈魚及鯰科魚，則每週食用量不應超過 12 盎司（約 340 公克或每週兩餐）【表 11】。

第四節　風險監測管理

往往我們在討論有關水產品的食用時，多關注在營養的層面而忽略其受污染的情形，因此更突顯健康風險評估的重要，首先我們必需了解食用這些受污染的海鮮時可能存在的健康危害，亦即發生健康威脅的機率。健康風險評估的目的便是爲了估計暴露在毒性物質下對健康造成不良影響的機率。

由風險分析圖可知【圖 10】：風險監測管理主要可區分爲風險評估、風險管理以及風險溝通與傳播，本計畫將重點著眼於風險評估及風險管理，還望將來有機會能將風險溝通與傳播作一妥善計畫。

在風險評估方面，應先得知是何種有害物質所造成的風險（毒物鑑別），接著鑑別風險物質的來源（來源鑑別），同時評估民眾暴露量及有害物質的劑量反應關係，再以暴露量及劑量反應來計算風險，此過程稱爲風險評估（Risk assessment）。以本研究爲例，在風險評估時，必先得知其有害物質爲汞，而人體內汞的最大暴露來源即爲水產類的攝取，因此由飲食習慣去評估藉由飲食所攝取到的水產種類及水產量，另一方面由毒物學者評估汞在人體內的計量效應，訂定出人體可接受量，最後算出汞的危害指標。

在風險管理方面，則是藉由風險評估過程所得的風險作一分類，分析風險與利益關係，並設法降低毒性物質所造成的風險，無論風險是否降至可接受的範圍，都需持續作監測，此系列過程稱爲風險管理（Risk management）。以本研究爲例，若所計算到的風險大於可接受的範圍，則需衡量其風險與利益，例如吃魚的「風險」是造成體內汞濃度的上升，吃魚的「利益」是魚類含有豐富的營養價值，因此該如何在風險與利益之間找到最好的平衡點將是值得研究的議題；得知吃魚的風險與利益爲何之

後，再設法降低吃魚的風險，例如以汞濃度較低之魚種取代高汞濃度之魚種，便可降低吃魚的風險。無論風險是否降低至可接受的範圍，政府與民眾都需持續監測與注意，以防止風險再度上升。

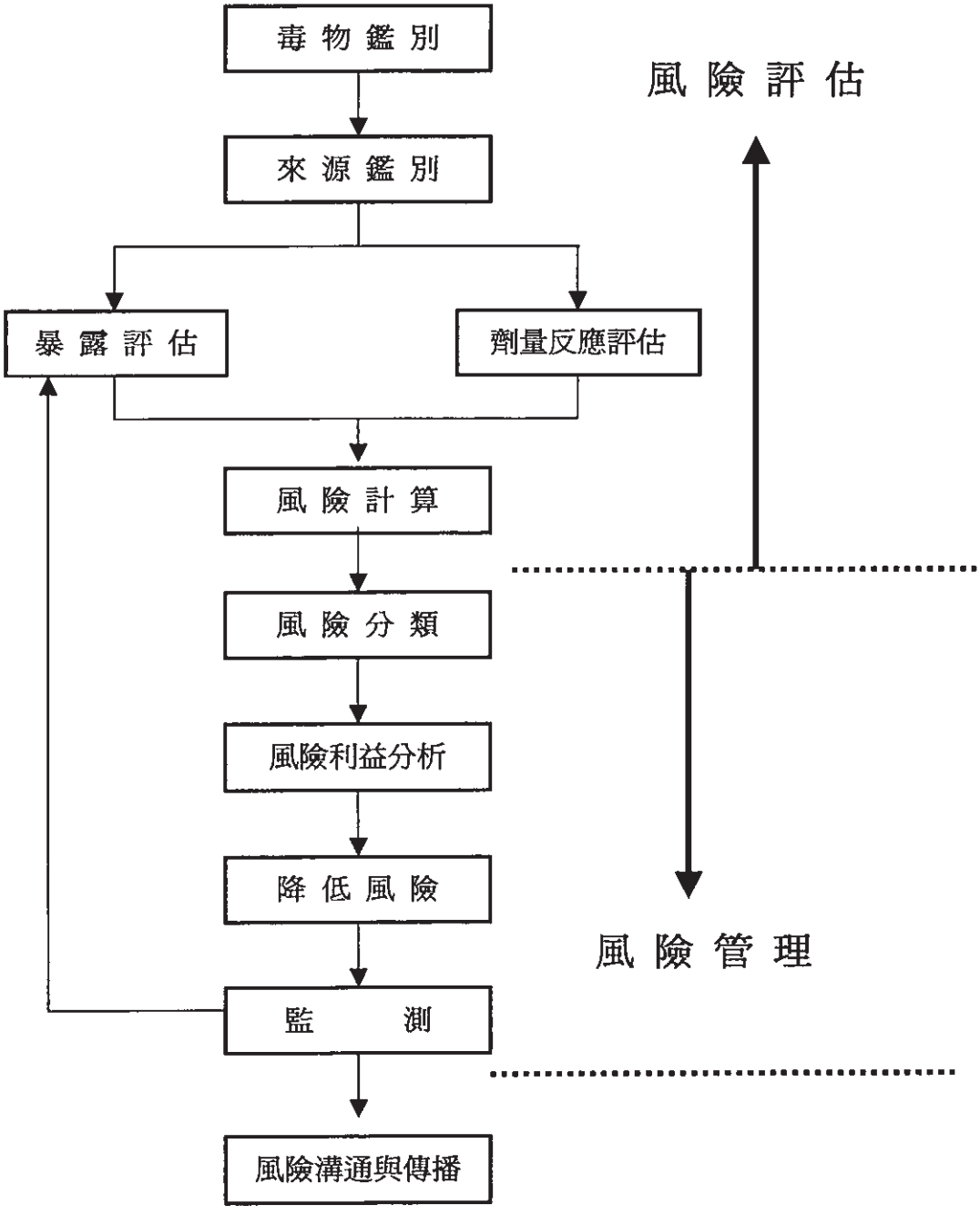

圖 10　風險分析圖

此外，我們也建議應該限制攝食生長在受污染水中的海產，因爲目前大部分的健康風險都與海產有關，而且海產的安全性源自於環境，所以我們應控制水源環境的水質惡化，或是控制海產魚獲地之環境衛生。因此特參考國外文獻，提出水產品監測計畫流程圖【圖 11】，以供各相關單位參考。

當水產品尚在養殖場未收獲時，若發現其毒性小於法規規定，則可安心開放貨源；若其毒性接近或大於法規規定，則必須關閉貨源，且使用新聞媒體將消息傳遞給民眾，也必須以電話或傳真將此消息告知政府相關單位及毒物管制中心進行控制，當進行監控後發現已可控制在連續兩週使其毒性小於法規規定，且沒有產生多餘毒害時，則可重新開放貨源。若水產品收獲後才進行有毒物質危害分析，發現其毒性小於法規規定，則不需採取禁止行爲；但若發現其毒性大於法規規定，則必須禁止買賣並銷毀漁獲；倘若此時水產品已流入市場，則除了告知藥物食品管制局與當地政府機關之外，也該盡可能的禁止買賣並銷毀漁獲。

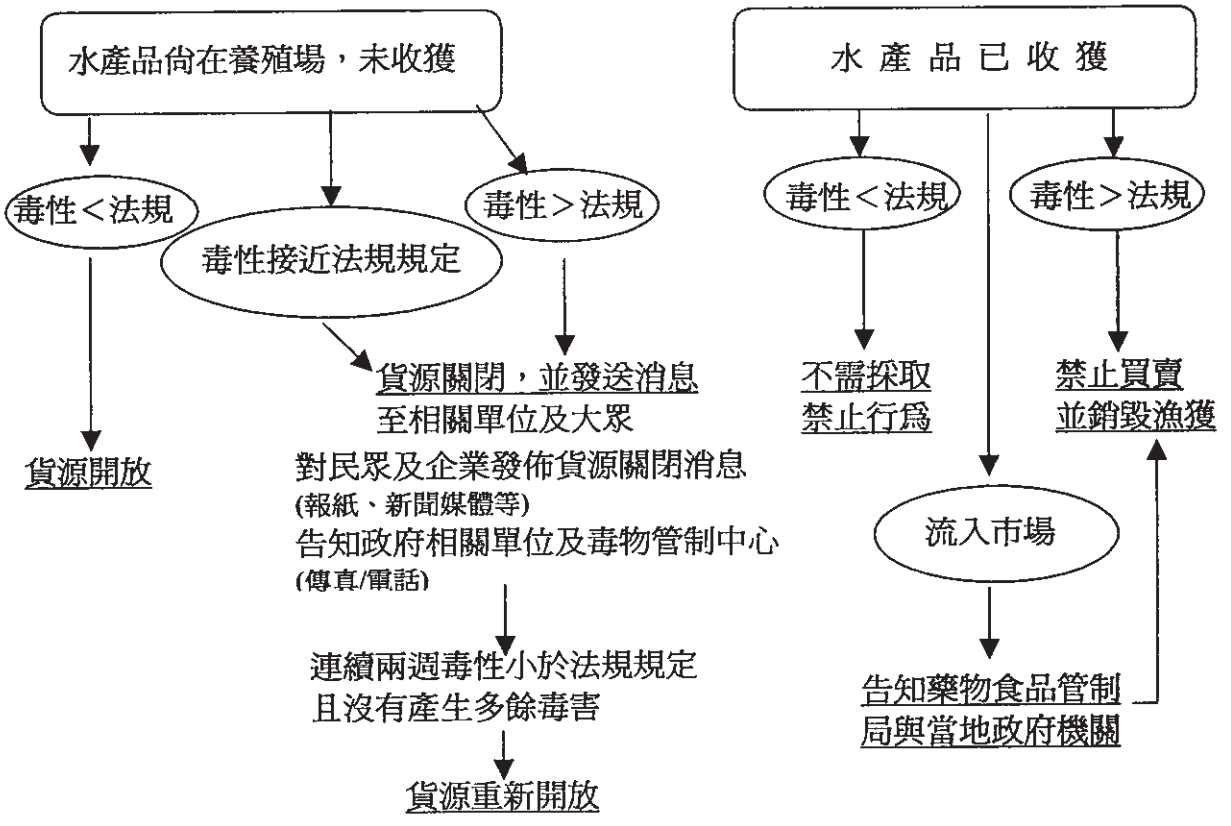

圖 11　水產品監測管理方案流程圖

另外，在海產類風險監測管理方面，有以下幾點提供政府及相關單位作爲海產監測管理之方案：

1.任何一種海產中皆含有來自天然或人爲的少量有機及無機物質污染的潛在危機。幾個可能造成明顯風險的例子，包括 PCBs、甲基汞對生物的影響，及 PCB、戴奧辛、含氯的碳氫化合物製成的殺蟲劑等之致癌性。

2.食用些許污染的海鮮足以引起健康的風險，因此應該加強影響的評估、教育和風險的控制。

3.現行政府採用之定量風險評估之方法流程應該及早確立，並加強非致癌性物質的影響評估。

4.基於污染在種類及地理的不平均分配，有可能侷限了主要目標的控制和減少有意義的暴露之達成。

5.減少水中化學及生物之污染物質的管制應加強且強制執行。

6.現行的政府法令應加強且強制減少人類消費高污染的海鮮。

7.政府應主動支持評估消費污染海鮮的風險研究，以助於發展減少風險的特殊方法。

8.初期應從地方單位來增加環境監測，進而推廣到全國的暴露管理系統。

9.政府組織和衛生學者應推展對特殊化學污染物質的大眾教育。

10.來自含特殊高風險污染物的養殖品與國外進口地區的特別物種，政府應考慮強制貼上標記。

養殖和進口海鮮之潛在化學物質污染的風險需要更多的研究。因爲不同的國家會有不同的藥物或化學物質使用標準及水質標準，因此對輸入的海鮮應確實的檢驗以符合本國的標準。只要政府相關單位確實進行水產類污染物質監測，並將訊息正確的傳遞給民眾，一定可以減少民眾對「該不該吃魚、能吃多少量」所產生的疑慮。

第四章　結 論

一、魚貝類總汞濃度分析

本研究中魚貝類絕大部分都符合我國法令規定，只有少部分的魚類超過法令迴游魚類所規定的 2.0 μg/g，需多加注意食用量；而其他的魚貝類含汞量都相當低，民眾則可放心食用。

二、問卷調查部份

雖然國內報章雜誌已陸陸續續刊登「懷孕期間魚類攝取會帶來汞危害」的相關資訊，但顯然並未有效的將此消息傳達給孕婦。從問卷分析及危害指標的計算上皆可看出多數孕婦(48%)仍會因魚類的營養價值而在懷孕期間增加魚類的攝取，僅有 3%的孕婦減少攝取；在此呼籲台灣地區婦女在懷孕期間應慎選所攝取魚的種類，避免食用含汞量高的掠食性魚類(例如：旗魚、鯊魚)，應可減少魚汞對胎兒造成的危害。

三、健康風險評估

雖然都會區孕婦在食用量及嗜吃魚類汞濃度都是最低的，但因孕婦屬於特殊族群，ADI 爲一般民眾的 1/4，所以風險高於漁村居民。都會區孕婦有 25%危害指標大於 1，政府相關單位需多加注意及宣導。

四、每日安全建議量

在魚體總汞濃度大於 0.1 μg/g 的情況下，若是體重爲 60 公斤的一般成年民眾，每日最多可攝取 80 公克的水產品；若爲體重 60 公斤的孕婦族群，則每日最多僅可攝取 26 公克的水產品。應該透過媒體讓民眾知道，絕大部分的魚類含汞量是偏低的，無須恐慌，少數魚種汞濃度雖高，但適量食用仍是安全的。

五、參考文獻

- ✓ Albert C.M., Hennekens C.H., O'Donnell C.J., Ajani U.A., Carey V.J., Willit W.C., Ruskin J.N., and Manson J.E. (1998) Fish consumption and risk of sudden health death. Comment in:JAMA. 279（1）:p65-66.

- ✓ Burger J., Gaines K.F., and Gochfeld M. (2001) Ethnic differences in risk from mercury among Savannah River fishermen: Risk Anal. 21: p533-544.

- ✓ Choi BH, Lapham LW.(1978) Radial glia in the human fetal cerebrum: A combined Golgi, electron microscopic and immunofluorescent study. Brain Res. 148:295-311.

- ✓ Clarkson TW(1997), The toxicology of mercury.Crit.Rev.Clin.Lab.Sci. 34,369-403.

- ✓ Choy C.M., Lam C.W., Cheung L.T., Briton-Jones C.M., Cheung L.P., and Haines C.J. (2002) infertility, blood mercury concentrations and dietary seafood consumption: a case-control study: BJOG. 109 :p1121-1125.

- ✓ Curtis D.K., Mary O.A., and John D.C., and Doull s. (1996) Toxicology th Basic science of poisons. 5th edition. New York the McGraw-Hill companies Inc. p1463-1471.

- ✓ Davidson G.J., Myers C., Cox C., Axtell C., Shamlaye J., Sloane-Reeves E., Cernichiari L., Needham A., Choi Y., Wang M., and Berlin T.W Clarkson. (1998) Effects of prenatal and postnatal methylmercury exposure from fish consumption on neurodevelopment: outcomes at 66 months of age in the Seychelles Child Development Study: JAMA. 280: p701-707.

- ✓ Dorea JG. (2004) Mercury and lead during breast-feeding. British Journal of Nutrition.92:21-40.

- ✓ Galal-Gorchev H. (1991) Dietary intake of pesticide residues: cadmium, mercury, and lead: Food Addit.Contam. 8 :p793-806.

- ✓ Environmental Protection Agency (EPA),2001,Water quality criterion for the rotection of human health:Methylmercury. Washington,DC

- ✓ Food and Drug Administration(FDA),2004, FDA and EPA Announce the Revised Consumer Advisory on Methylmercury in Fish. http://www.fda.gov/bbs/topics/news/2004/NEW01038.html

- ✓ Food and Drug Administration(FDA), 1995,Mercury in fish: cause for concern http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/mercury.html

- ✓ Goldman LR, Kodura S.(2000) Chemicals in the environment and developmental toxicity to children: a public health and policy perspective. Environ Health Persp.108(suppl 3):443-448.

- ✓ Harada Y.(1968). Congenital (or fetal) Minamata disease.In:Study Group of Minamata Disease eds.Minamata Disease.Japan;Kumamto University.93-118.

- ✓ Hussain S., Atkinson A., Thompson S.J., and Khan A.T. (1999) Accumulation of mercury and its effect on antioxidant enzymes in brain, liver, and kidneys of mice: J.Environ.Sci.Health B . 34: p645-660.

- ✓ Iso H., Rexrode K.M., Stampfer M.J., Manson J.E., Colditz G.A., Speizer F.E.,Hennekens C.H., and Willett W.C. (2001) Intake of fish and omega-3 fatty acids and risk of stroke in women. JAMA. 285(3): p304-312.

- ✓ Kirpal S,Sidhu.(2003).Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil.38:336-344.

- ✓ Kobayashi M., Sasaki S., Hamada G.S. and Tsugane S. (1999) Serum n-3 fatty acids, fish consumption and cancer mortality in sex Japanese population in Japan and Brazil. 90(9):914-921.

- ✓ Myers G.J., Davidson C.Cox., Shamlaye D., Palumbo E., Cernichiari J., Sloane-Reeves G.E., Wilding J.Kost., and Huang L.S., and Clarkson T.W. (2003) Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study: Lancet. 361: p1686-1692.

- ✓ Oken EK, Kleinman P, Berland WE, Simon SR, Rich-Edward JW, Gillman MW. (2003).Decline in fish consumption among pregnant women after a national mercury advisory.Obstet.Gynecol.102:346-351.

- ✓ Steffens W. (1997) Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive Value of freshwater fish for humans.Aquaculture. 151: p97-119.

- ✓ Tchounwou P.B.,Abdelghani A.A., Pramar Y.V., Heyer L.R. and Steward C.M.(1996)Assessment of potential health risks associated with ingesting heavy metals in fish collected from a hazardous-waste contaminated wetland in Lousiana, USA. Reviews on Environmental Health. 11: 191-203.

- ✓ U.S. Food and Drug Administration(FDA),2004,FDA and EPA Announce the Revised Consumer Advisory on Methylmercury in fish. https://www.fda.gov/bbs/topics/news/2004/NEW01038.html

- ✓ Wiener J.G, and Spry D.J. (1996) Toxicological significance of mercury in freshwater fish. In "Environmental Contaminants in Wildlife: Interpreting Tissues Concentrations." (Beyer W.N., Heinz G.H. and Redmom-Norwood A.W.,eds.) p297-339.

- ✓ World Health Organization (WHO),1990. "Environmental Health Criteria for Methylmercury." Geneva, Switzerland. International Programme on Chemical Safety. 101

- ✓ Yoshizawa K., Rimm E.B., Morris J.S., Spate V.L., Hsieh C.C., Spiegelman D., Stampfer M.J., and Willett W.C. (2002) Mercury and the risk of coronary heart disease in men. N, Engl, J, Med. 347: p1755-1760.

- ✓ 謝明哲，保健營養學，台北醫學大學保健營養學系印行，1999 年 3 月出版。

- ✓ 國家衛生研究院電子報,(2005)準媽媽、新媽媽別吃高含汞魚類。第 94 期. http://www.nhri.org.tw/nhri6/enews.php

✓ 衛生署,(1999)國民營養現況,國民營養健康狀況變遷調查 1993-1996 台灣地區居民之飲食特性,89-92.

✓ 林澤聖、宋鴻樟,(2001)毒牡蠣事件評議。台灣公共衛生雜誌.第二十卷,第二期.

表 3　所有魚類樣本(n=663)總汞濃度之分析

平均	濃度 (μg/g)
平均濃度±標準偏差	0.147±0.273
幾何平均	0.062
5th	0.003
95th	0.046
範圍(min～max)	0.005～3.870

表 4　各國對於水產品中汞濃度的規範

國家	內容	最大容許濃度
U.S FDA	魚類甲基汞量	1.0 μg/g
U.S EPA	甲基汞可容許量（魚體）	0.3 μg/g
歐盟	魚體總汞濃度	0.5 μg/g
	某些魚種因生理因素可放寬	1.0 μg/g
台灣	甲基汞（魚蝦類）	0.5 μg/g
	甲基汞（迴游性魚類）	2.0 μg/g

表 5　所有蝦、蟹、貝及軟足類樣本(102)總汞濃度之分析(ng/g)

平均	濃度 (ng/g)
平均濃度±標準偏差	0.29±0.11
幾何平均	0.20
5th	0.03
95th	0.75
範圍(min～max)	0.02～2.47

表 6　漁村居民與都會區孕婦之基本資料及水產品攝取量表

	漁村居民	都會區孕婦	
		懷孕前	懷孕期間
年齡(歲)	41.1±13.0(9-67)	30.3±4.7(16-42)	
體重(公斤)	58.2±11.8(43-100)	52.3±7.7(38-84)	66.8±9.0(53-106)
水產食用頻率(次/月)	20.0±8.8(4-28)	8.1±8.4(0-28)	10.8±9.6(0-28)
水產食用量(公克/次)	153.8±44.1(20.5-143.6)	123.6±60.0(0-376)	141.6±64.9(0-376)

表 7　估算一般民眾及孕婦之汞危害指標

	嗜吃魚種平均汞濃度（μg/g）	體重（kg）	食用量（g/day）	Hazard Index[a]
都會區孕婦	0.069	66.8±1.2	54.5±7.3	0.59±0.59 (0~2.25)
漁村居民	0.087	58.2±11.8	102.4±44.1	0.39±0.18 (0.07~0.69)
一般民眾[b]	0.188	60.0	86	0.67
男	0.188	63.6	97	0.72
女	0.188	56.3	74	0.62

a 一般民眾及漁村居民之 ADI=0.4μg/kg/day（U.S.FDA,1995），
懷孕婦女之 ADI=0.1μg/kg/day(U.S.FDA,2004)

b 由 1999 年衛生署國民營養現況調查得知：一般民眾男性每天吃 97 公克水產品，女性每天吃 74 公克水產品。

表 8　台灣市售魚類總汞濃度分級表

等級	濃度範圍	平均濃度(μg/g)	所含魚類名稱(樣本數)
A	**≧0.1μg/g**	**0.31 ± 0.15**	立翅旗魚(18)、雨傘旗魚(27)、正鰹(20)、玳瑁石斑魚(24)、黃鰭鮪(33)、土魠(6)、側身天竺鯛(6)、白帶魚(6)、赤鯨(42)、鬼頭刀(33)、鱈魚(6)、海鰻(6)、刺鯧(6)、鰊(6)
B	**0.05 ~ 0.1μg/g**	**0.07 ± 0.03**	紅鉗(42)、金線(6)、灰鰭鯛(12)、板鯛(24)、雙帶烏尾冬(48)、銀紋笛鯛(24)、鮭魚(42)、黑鯛(6)、黃魚(6)、黑邊鰏(12)、短吻鰏(6)、紅目大眼鯛(6)、秋刀魚(6)
C	**≦0.05μg/g**	**0.02 ± 0.01**	底金線魚(6)、三線雞魚(54)、短角單棘魨(6)、香魚(6)、短棘鰏(6)、天竺舵魚(30)、吳郭魚(6)、杜氏刺尾鯛(48)、大鱗鮫(6)、藍圓鯵(6)、白鯧(6)、蘭勃舵魚(24)、虱目魚(6)、午仔魚(6)

表 9　不同體重之一般民眾食用不同汞濃度水產品之每日建議食用量表

魚體汞濃度 μg / g 民眾體重 (kg)	A、0.31 (≧0.1)	B、0.07 (0.05～0.1)	C、0.02 (≦0.05)
42(40～44)	54g	240g	840g
47(45～49)	61g	269g	940g
52(50～54)	67g	297g	1040g
57(55～59)	74g	326g	1140g
62(60～64)	80g	354g	1240g
67(65～69)	86g	383g	1340g
72(70～74)	93g	411g	1440g
77(75～79)	99g	440g	1540g
82(80～84)	106g	469g	1640g
87(85～89)	112g	497g	1740g
92(90～94)	119g	526g	1840g
97(95～99)	125g	554g	1940g
102(100～104)	132g	583g	2040g

註：一般族群 ADI=0.4 μg/kg/day

表 10　不同體重之懷孕婦女食用不同汞濃度水產品之每日建議食用量表

魚體汞濃度 μg / g 孕婦體重 (kg)	A、0.31 (≧0.1)	B、0.07 (0.05～0.1)	C、0.02 (≦0.05)
42(40～44)	14g	60g	210g
47(45～49)	15g	67g	235g
52(50～54)	17g	74g	260g
57(55～59)	18g	81g	285g
62(60～64)	20g	89g	310g
67(65～69)	22g	96g	335g
72(70～74)	23g	103g	360g
77(75～79)	25g	110g	385g
82(80～84)	26g	117g	410g
87(85～89)	28g	124g	435g
92(90～94)	30g	131g	460g
97(95～99)	31g	139g	485g
102(100～104)	33g	146g	510g

註：孕婦族群 ADI=0.1 μg/kg/day

表 11　2004 年美國 EPA/FDA 對懷孕的婦女、懷孕婦女、正在哺乳婦女及幼兒所提出對於「食用水產品」的呼籲

U.S.EPA/FDA 之建議	水產品種類
不要食用	鯊魚、劍旗魚、鯖魚及馬頭魚
每週最多 6 盎司	白肉鮪魚及在當地湖泊、河流及沿海捕獲的魚
每週最多 12 盎司	含汞量較低的水產品，例如蝦、罐裝小鮪魚、鮭魚、鱈魚及鯰科魚類

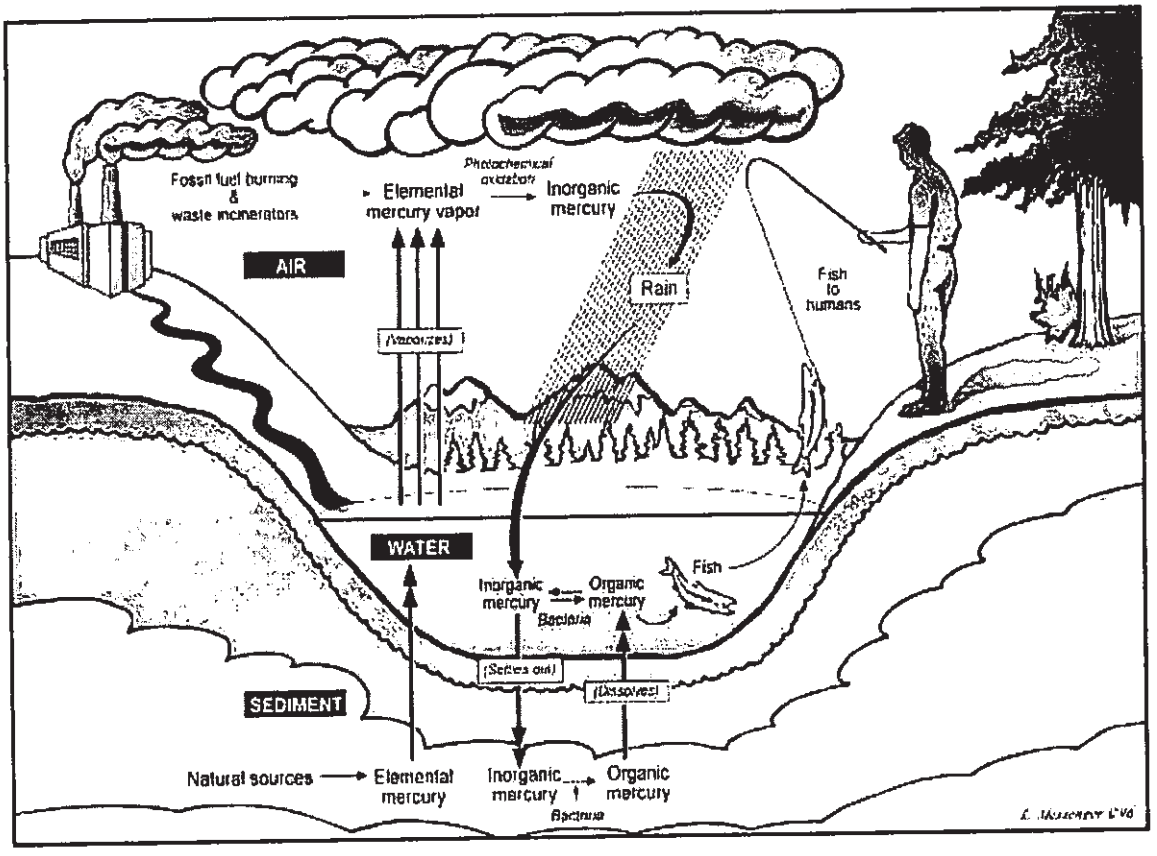

圖 1　人體內累積汞的主要途徑

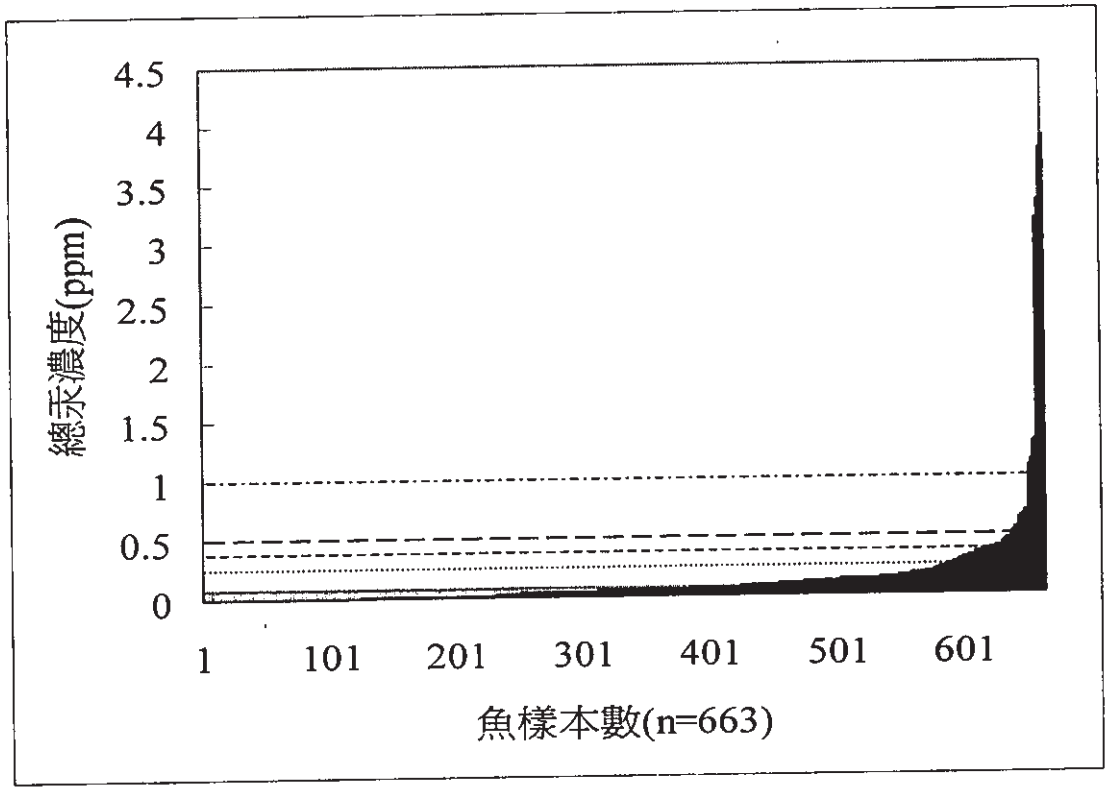

圖 4　不同魚類總汞濃度分佈與各國管制標準值

註：　…… 0.3 μg/g, U.S EPA,2001

------- 0.4 μg/g, Japan ,1997

——— 0.5 μg/g, **Taiwan**, Canada, Sweden, United , Kingdom, European, Hong Kong

-.-.-.- 1μg/g, U.S FDA, Spain; U.S FDA, Spain

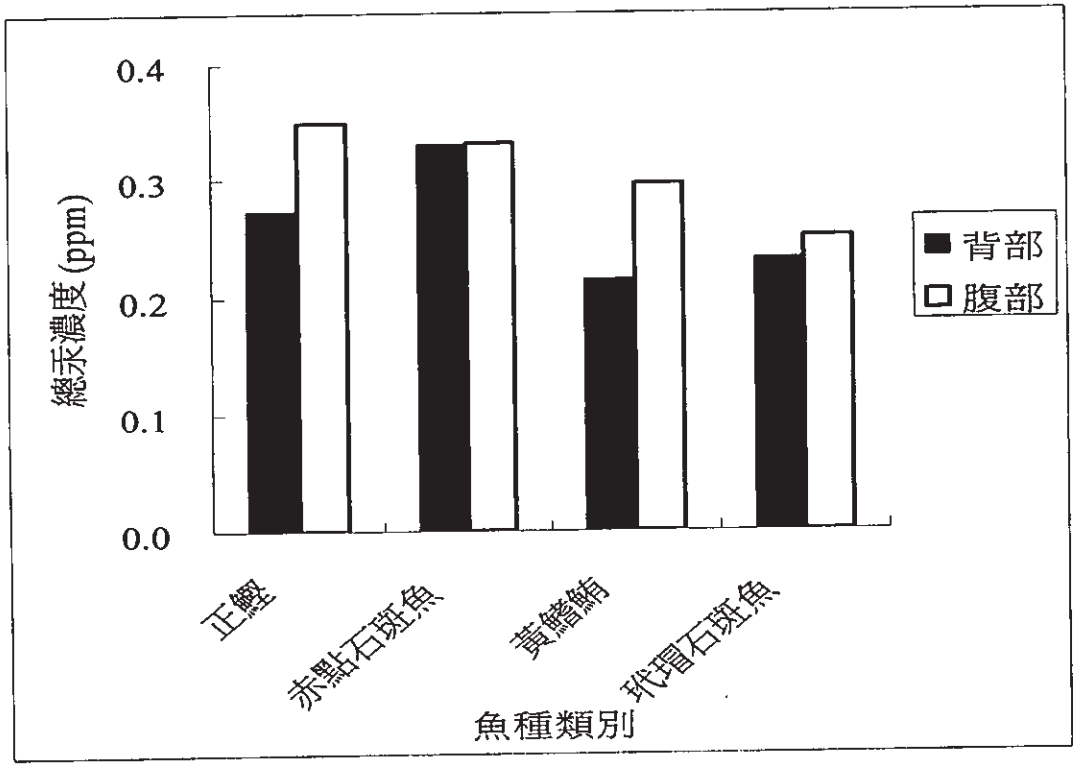

圖 5　大於 0.2ppm 之魚類背部及腹部肌肉可食部位總汞濃度比較

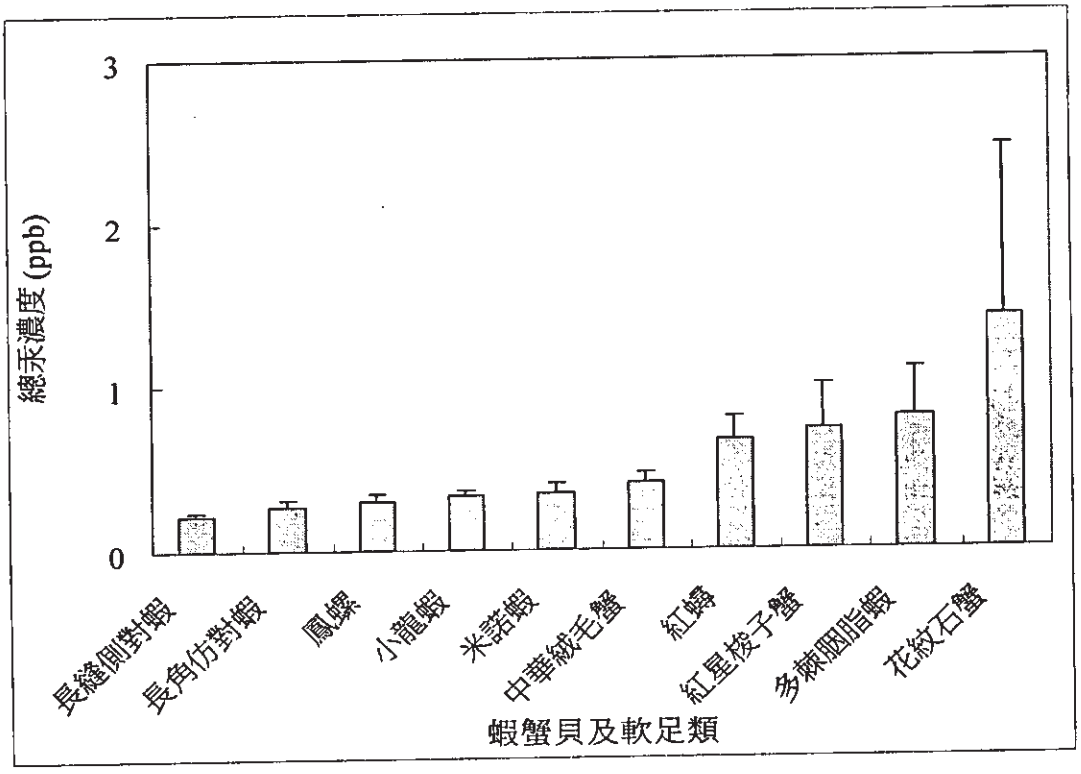

圖 6　蝦、蟹、貝及軟足類總汞濃度比較

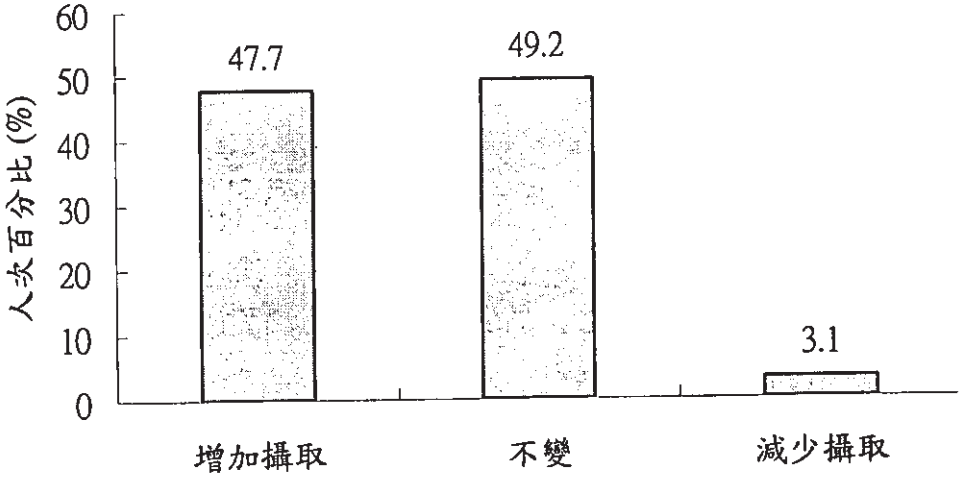

圖 7　都會區孕婦於懷孕期間對水產品攝取之頻率變化圖

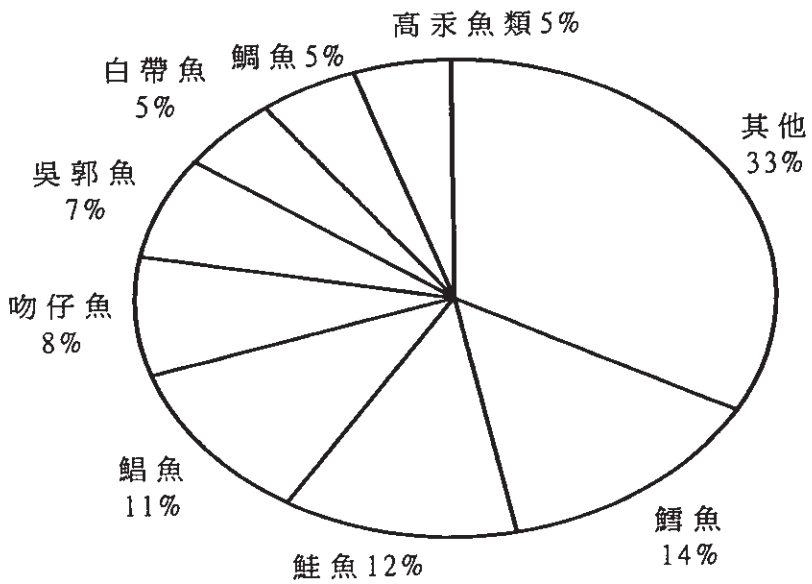

圖 8　都會區孕婦懷孕期間所食用魚種類及其所佔比例

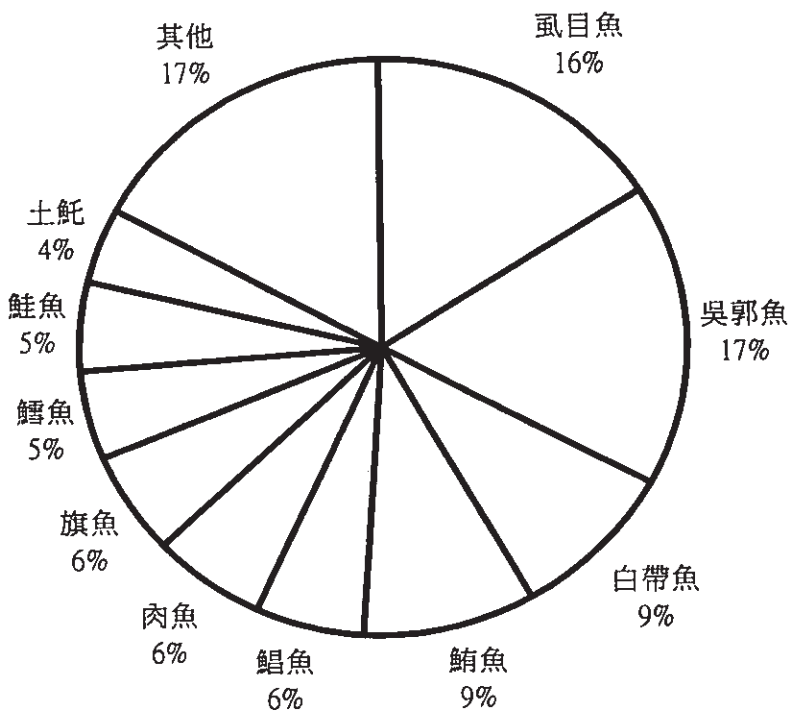

圖 9　漁村居民所食用魚種類及其所佔比例