[PG9306-6525] 93農科-8.2.3-漁-F1(2) (44P)

■ 公　開
□ 不公開

行政院農業委員會漁業署九十三年度試驗研究計畫研究報告

計畫名稱：水產食品重金屬之安全衛生監測與分析-汞
Monitoring of aquatic products safety and hygiene- Mercury

計畫編號：93 農科-8.2.3-漁-F1（2）

全程執行期間：　93 年　1　月 1 日至 93　年 12　月 31　日

計畫主持人：韓柏樫

計畫研究人員：陳俊榮

執行機關：台北醫學大學公共衛生學系所

中文摘要

2004 年美國食品暨藥物管理局（USFDA）及美國環境保護署（USEPA）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為人體受到汞污染的重要途徑之一，且水產食品的汞污染及可能造成的毒性暴露已成為全球性問題。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，並估算其總汞暴露程度及每日可接受安全攝取量。

研究結果得知，魚貝類及魚類罐頭製品的總汞濃度分別為 0.30±0.46 μg/g （ND~4.69 μg/g）、0.32±0.57 μg/g（ND~1.74 μg/g）（濕重）。經由測得的魚體總汞濃度（取中位數進行運算）、受試者平均體重、平均每日魚類攝取量等資料估算出的危害指標，都會區民眾大多於安全標準值之內，但沿海地區民眾則高於安全標準值。綜觀而言，若食用的魚類總汞濃度低於 0.5 μg/g 之時，則建議男性及女性的每日可接受安全量分別為 46.7 及 40.8 g/day。

關鍵字：汞、魚類攝取量、每日可接受安全量

英文摘要

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).

The average levels of total mercury in fish, shellfish, and canned fish are 0.30±0.46 μg/g (ND~4.69 μg/g), 0.32±0.57 μg/g (ND~1.74 μg/g (wet weight), respectively. The average Hazard Index (HI) of total mercury levels in the city population is below the baseline, which is safe. However, the average HI of the coast area population is above the safety baseline. We suggest the daily intake of fish for men and women are 46.7 and 40.8 g/day while the total mercury levels of fish are below 0.5 μg/g.

Keywords: Mercury, Fish consumption, Acceptable daily intakes

前言

台灣四面環海，魚貝類為台灣民眾攝取蛋白質的一個重要來源，不但低膽固醇，且含有豐富的ω-3 脂肪酸、維生素 E 及硒等（Steffens, 1997），亦可降低死於心臟病、中風的風險（Albert et al., 1998; Iso et al., 2001）；雖然攝食魚貝類擁有上述種種好處，但如果吃到受污染的魚貝類，則可能就必須審慎考慮其安全性問題。

近年來，金屬污染問題日漸嚴重，世界各地的學者亦紛紛展開一系列的監測與研究。動物試驗結果發現，其 LD_{50} 為 12.10g/kg，屬第四型微毒性，即使是低劑量組的實驗老鼠仍然出現厭食、體重減輕、自發性運動受抑制、行動不穩、反應遲鈍、運動失調、心搏減緩、眼瞼閉合等現象（Curtis et al., 1996），根據毒性研究指出，魚的肌肉若含有 5～15mg/g（wet weight），則魚體本身會有消瘦、移動力降低、食慾降低，甚至死亡的現象產生（Wiener and Spry, 1996）。另外，有些攝食魚的哺乳動物，體內總汞濃度在 1.1mg/g 時亦呈現危害性影響（Wiener and Spry, 1996）。汞會對腎、腦、肝等器官造成慢性傷害（Hussain et al., 1999），且不孕、心肌梗塞與小孩發育遲緩的發生都可能跟汞有關（Choy et al., 2002; Yoshizawa et al., 2002; Davidson et al., 1998; Myers et al., 2003），若母體在懷孕時暴露有機汞，後代則會有生長遲滯、畸胎，甚至死胎的現象（Curtis et al., 1996）。

在 1991 年針對吃魚對體內總汞分佈的研究報告中指出，比利時、德國及荷蘭民眾體內的總汞量，約有 20%是藉由吃魚的途徑而來，英國及法國民眾約為 35%，美國及芬蘭民眾則約為 85%

（Galal-Gorchev, 1991），由此得知魚類攝取習慣不同確實會影響體內總汞的含量。根據我國行政院衛生署國民營養現況報告指出，台灣地區成人攝取魚及水產品方面，男性每日約攝取 97g，女性每日約攝取 74g，約占每天食物總攝取量 5.3%，而且可以發現民眾平均每週吃魚的頻率約為 3 次以上，而且隨著年齡層的增加其魚類攝取頻率也隨之增加，若比較不同地區的民眾每週魚類攝取頻率的話，可發現居住於澎湖的民眾每週魚貝類攝取頻率約為其他地區的兩倍以上（衛生署, 1999），由此可見，台灣地區民眾攝食水產品的頻率相當頻繁，故應多注意民眾攝取的水產品所含重金屬濃度是否會對健康產生影響。

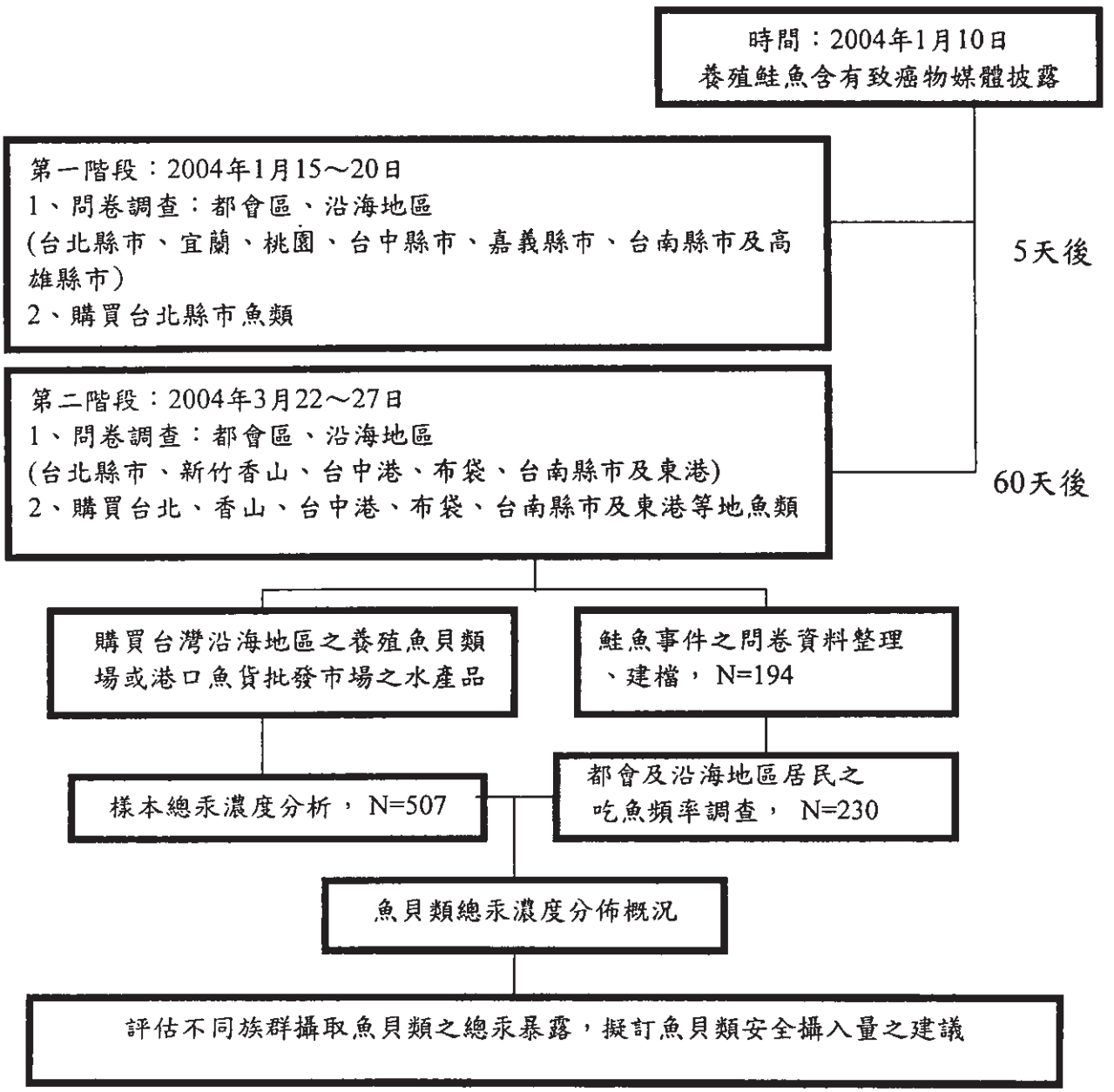
美國食品暨藥物管理局（USFDA）於 1995 年針對 Savannah River 進行研究，結果建議孕婦一餐若攝取 6oz（170g）的魚，則需相隔九天再攝取；若一餐攝取 10oz（284g）則相隔 15.1 天（Burger et al., 2001）。另外，亦以 70kg 的成人為例，若魚中汞濃度高於 1 μ g/g，則建議每週攝食量不得超 200g （USFDA, 1995）。並於 2001 年針對民眾常食用的水產品進行汞含量分析，公布於網路及新聞上讓民眾在選購水產品時有所參考（USEPA, 2001）。近來，美國食品暨藥物管理局（USFDA）及美國環境保護署（USEPA）又針對即將懷孕的婦女、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 μ g/g 的魚類 (USFDA, 2004; USEPA, 2004)。

各國早已對魚貝類內汞濃度訂立建議值（表1），及對民眾常食用的魚種進行總汞濃度分析，並提出其安全建議量以供民眾參考。反觀於我國，相關資訊、研究報告明顯不足，民眾不容易瞭解哪種

魚在食用上安全無虞，安全攝取量又為何？故實有必要針對民眾魚類攝取量及魚中總汞濃度進行研究調查及分析。本年度目標為瞭解不同族群食用各種水產品之攝取量，及常食用的水產品含汞情形，由此建立水產品內汞的健康風險評估及每日可接受安全量，以供民眾參考，進而提升國人健康狀況。

實施方法

研究架構：


時間：2004年1月10日
養殖鮭魚含有致癌物媒體披露
第一階段：2004年1月15～20日
1、問卷調查：都會區、沿海地區
(台北縣市、宜蘭、桃園、台中縣市、嘉義縣市、台南縣市及高雄縣市)
2、購買台北縣市魚類
5天後
第二階段：2004年3月22～27日
1、問卷調查：都會區、沿海地區
(台北縣市、新竹香山、台中港、布袋、台南縣市及東港)
2、購買台北、香山、台中港、布袋、台南縣市及東港等地魚類
60天後
購買台灣沿海地區之養殖魚貝類場或港口魚貨批發市場之水產品
鮭魚事件之問卷資料整理、建檔，N=194
樣本總汞濃度分析，N=507
都會及沿海地區居民之吃魚頻率調查，N=230
魚貝類總汞濃度分佈概況
評估不同族群攝取魚貝類之總汞暴露，擬訂魚貝類安全攝入量之建議

一、 鮭魚事件之問卷調查

（一）、於 2004 年 1 月 10 日媒體披露養殖鮭魚含有致癌物五天後，針對沿海地區及都會地區（台北縣市、宜蘭、桃園、台中縣市、嘉義縣市、台南縣市及高雄縣市）展開第一階段問卷調查。

（二）、六十天後，針對沿海地區及都會地區（台北縣市、新竹香山、台中港、布袋、台南縣市及東港）展開第二階段問卷調查。

二、 都會及沿海地區居民之吃魚頻率調查

於 2004 年 1 月至 10 間，針對都會地區及沿海地區民眾以問卷訪視方式進行吃魚頻率等調查，有效問卷共計 230 份。

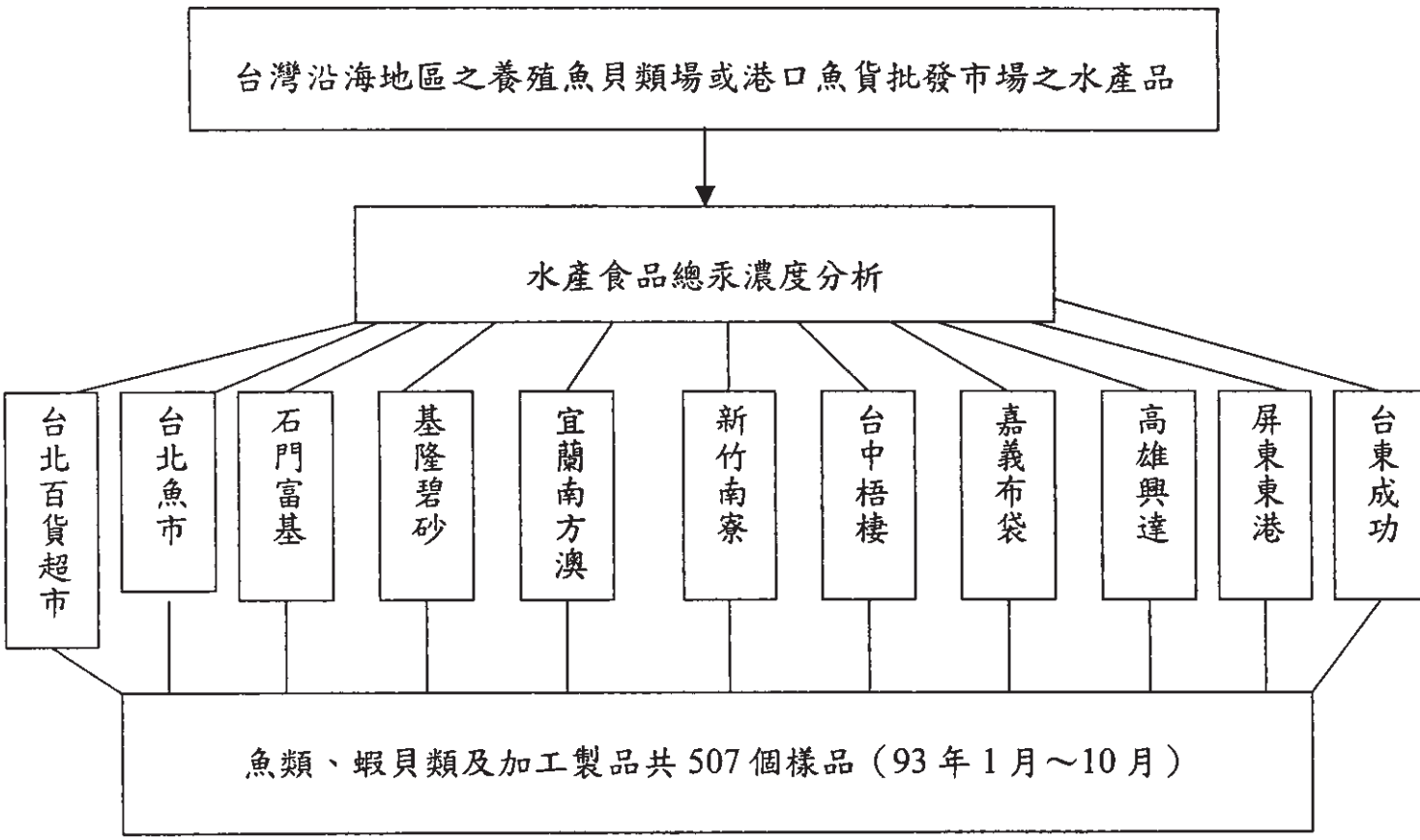
（一）、問卷內容：基本人口學資料，風險認知，魚貝類消費習慣，是否抽煙、喝酒，服用中藥、使用化妝品的情形，補牙數目，職業。

（二）、以圖片方式協助受訪者選出常吃的魚種。

三、 實驗部分

（一）、樣品採集地：

包括台灣沿海地區之養殖魚貝類場或港口魚貨批發市場，如台北傳統市場及華江橋、濱江街魚市、各大百貨公司超市、宜蘭南方澳、基隆碧砂、石門富基、新竹南寮、台中梧棲、嘉義布袋、高雄興達、屏東東港及台東成功等地，監測其販售之水產品所含總汞濃度情形。



（二）、分析各地區水產品之總汞濃度：

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)

微波消化器：CEM 公司出產，型號為 MDS-2000

汞分析儀：Hiranuma 公司出產，型號為 HG-200

定量瓶：50ml（Pyrex）

3、魚貝類樣本前處理及分析：

購買回來的魚貝類先以-20℃冰箱加以保存，前處理時將魚貝類先解凍，然後以數位相機將魚貝類一一拍照存檔，拍照完畢後的魚貝類分別記錄下魚貝類身長、重量，然後將魚貝類樣本分裝至塑膠袋中，以供前處理時方便取用。魚貝類樣本是以低溫濕式消化法做前處理，首先以天平秤取魚貝類樣本並記錄魚貝類樣本之重量，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，儘速以冷蒸氣汞分析儀加以分析樣本中總汞濃度（Boischio and Henshel, 2000）。

4、標準溶液配置：

由 1000 μg/g 之標準溶液稀釋至所需之濃度。稀釋水為每一公升超純水中含有 1.5ml 的純硝酸。

5、金屬測定：

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。

（三）、測量分析之品質管制：

1、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。

2、重複分析

每一批樣品至少做一個樣品三重複，以便檢視其信度，亦即變異係數。Relatier Standard deviation（RSD）需小於 15%。

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。（表 2）

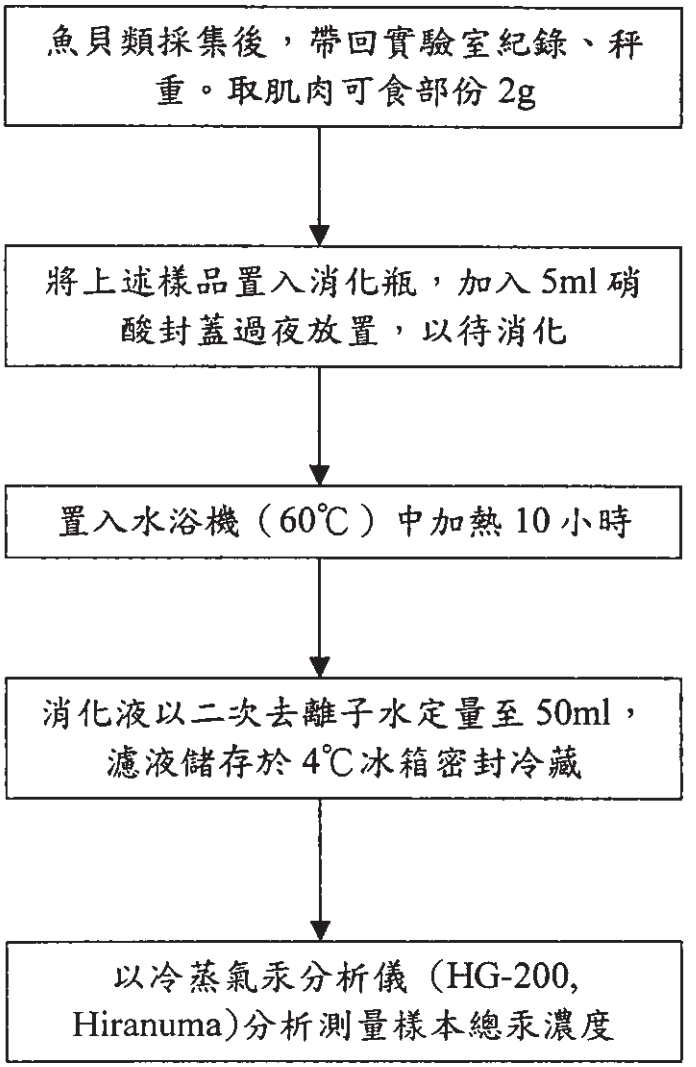
4、 偵測極限

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

5、檢量線備製

為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。

（四）、實驗流程：


魚貝類採集後，帶回實驗室紀錄、秤重。取肌肉可食部份 2g
將上述樣品置入消化瓶，加入 5ml 硝酸封蓋過夜放置，以待消化
置入水浴機（60℃）中加熱 10 小時
消化液以二次去離子水定量至 50ml，濾液儲存於 4℃冰箱密封冷藏
以冷蒸氣汞分析儀（HG-200, Hiranuma)分析測量樣本總汞濃度

四、 危害風險

本研究為了評估每位民眾的健康風險，乃採用了危害指標公式去探討魚貝類攝取量與健康風險之關係（Burger et al., 2001），若計算出來的數值大於 1，即表示經由攝取魚貝類而暴露到的汞，超過每天可容忍攝入量，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）：一天平均攝取海鮮量（g/day）

BW：體重（公斤）

RfD：每日可容忍攝入量， ADI＝0.4μg/kg/day（US FDA, 1995）

ADI= 0.72μg/kg/week（WHO, 1990）

評估危害指標時，乃採用 3 種模式去評估民眾的危害指標：

第一是假設民眾每次吃魚的份量都是固定的，即男性每次吃魚 97 公克，女性每次吃魚 74 公克（衛生署, 1999）。

第二是假設民眾每次吃魚的份量都是固定的，即一般民眾每天約吃 37 公克魚肉，海鮮嗜吃者每天約吃 90 公克的魚肉，漁民每天約吃 461 公克的魚肉。

第三是以問卷方式詢問民眾一次約吃多少量的魚肉，因此估算每次約吃 322±32.9 公克的魚肉。

結果與討論

一、 民眾對於鮭魚事件認知與食用頻率之改變

2004 年 1 月 10 日媒體大幅報導養殖鮭魚含有致癌物的消息（以下用鮭魚事件簡稱），故本研究乃比較此消息公布 5 天後及 60 天後對民眾風險認知及吃魚頻率的影響。收樣時間分別為 2004 年 1 月 15 日至 20 日（事件發生後 5 天）及 2004 年 3 月 22 日至 27 日（事件發生後 60 天）兩個時期，收樣區域可區分成都會區（台北縣市）及沿海地區（新竹香山、宜蘭縣市、台中縣市、嘉義縣市、台南縣市及屏東東港）兩個區域，本研究在鮭魚事件 5 天後及 60 天後共收集 194 份問卷。

（一）、人口狀況

受訪者基本資料如表 3 所示。此次鮭魚事件 5 天後及 60 天後受訪民眾平均年齡為 37.21±12.87 及 36.93±16.48 歲；教育程度以大學畢、肄業及高中（職）畢、肄業居多，研究所以上最少；在職業方面，以其他及專業人員居多，最少是技術員及助理專業人員；籍貫則以閩南居多 ，外省次之，最少是原住民；居住地方面，以台北縣市居多，新竹香山次之，最少是宜蘭縣。

（二）、風險認知

在風險認知部份一共有 7 題風險認知題目，作為評估民眾對於風險認知的看法（表 4）。

1、編碼及給分標準

首先將第 1 至第 7 題的風險認知，分別給予分數，以下敘述如何給予分數（表 4）：第 1 題風險認知乃將填知道的人給予 1 分，填不知道或不清楚者給予 2 分；第 2 題填電視者給予 1 分，填其他溝通路徑者給予 2 分；第 3 題將填影響非常大及稍微影響者給予 1 分，填影響不大及完全沒影響者給予 2 分，填普通者，因難以歸類，故不給分；第 4 題將填非常不安全及不安全者給予 1 分，填安全及非常安全給予 2 分，填不在乎者，因難以歸類，故不給分；第 5 題將填非常應該及應該者給予 1 分，填不應該及非常不應該者給予 2 分，填無所謂者，因難以歸類，故不給分；第 6 題將填影響非常大及稍微影響者給予 1 分，填影響不大及完全沒影響者給予 2 分，填普通者，因難以歸類，故不給分；第 7 題將填影響非常大及稍微影響者給予 1 分，填影響不大及完全沒影響者給予 2 分，填普通者，因難以歸類，故不給分。

2、比較都會及沿海地區民眾對於鮭魚事件 5 天後即 60 天後之風險認知（表 5）

本研究將第 1 題設計為〝您知道養殖鮭魚含有致癌物嗎？〞，此題設計的目的，為明瞭民眾是否聽過鮭魚事件。由表 5 發現鮭魚事件 5 天後分別有 7 成以上的民眾聽過這個消息，在鮭魚事件後 60 天都會地區及沿海地區民眾也有 71.4%及 58.3%的民眾聽過此消息，顯示大多數的民眾都聽過鮭魚事件。

第 2 題設計為〝您是藉由電視知道這個消息的嗎〞，此題設計的目的，是為瞭解民眾多由何種管道知道鮭魚事件，由表 5 可發現有 5 成以上的民眾是藉由電視知道鮭魚事件，且與居住地區跟鮭魚

事件間隔天數無關，故建議將來在進行風險溝通及風險管理時，可藉由電視這個媒體管道，傳播風險的觀念給與民眾知道。

為了解民眾在知曉鮭魚事件後，是否會對於鮭魚的食用量及次數產生影響，故第 3 題設計為〝當聽到此消息後會影響您對於鮭魚的食用次數或食用量的差異〞，首先依影響程度區分成兩類，第一類是將影響非常大及稍微影響合併成〝有影響〞這類，第二類則是將影響不大及完全沒影響合併為〝沒影響〞這類。比較民眾在鮭魚事件後，是否會影響民眾對於鮭魚消費量的改變，在鮭魚事件 5 天後，不論是都會地區或是沿海地區都有 7 成以上的民眾在此消息後，改變了鮭魚的消費量，在鮭魚事件後 60 天也有 5 成以上的民眾受到影響。由此顯示當民眾知道鮭魚含有致癌物時，會對民眾的消費量產生影響。

第 4 題為評估當民眾知道鮭魚事件後，是否會對日常生活所吃的魚貝類產生影響，並引起對日常所吃魚貝類的注意，故第 4 題設計為〝您認為平常所吃的魚貝類不安全衛生嗎〞，然後依影響程度區分成安全及不安全兩類，分類的標準是將非常不安全及不安全歸於〝不安全〞這類，而將安全及非常安全歸於〝安全〞。若跟沿海與都會地區民眾比較可發現較多的都會地區民眾覺得日常所吃的魚貝類不安全的趨勢。

第 5 題為評估當民眾對於日常所吃的魚貝類產生注意時，是否會希望政府能夠針對魚貝類污染物定期提供監測報告，故第 5 題設計為〝您覺得政府單位應該定期對魚貝類進行報告，讓民眾在選購魚貝類上有所依據〞，在分類方面，是將非常應該及應該歸於〝應

該〞，而將不應該及非常不應該歸於〝不應該〞。結果發現無論都會或沿海區域，更或者是鮭魚事件過後 5 天或 60 天後，都可發現將近 100%的民眾希望政府能夠提供魚貝類監測報告給與民眾。

第 6 題為評估當政府定期公佈魚貝類監測報告時，對於民眾選購魚貝類的影響，故第 6 題設計為〝您覺得政府定期公布魚貝類監測報告，會影響您在選購魚貝類的決定嗎〞，首先依影響程度分成〝有影響〞及〝沒影響〞兩類，分類的方式是將影響非常大及稍微影響歸為〝有影響〞，將影響不大及完全沒影響歸為〝沒影響〞。可發現 9 成以上的民眾會因為政府公佈魚貝類監測報告，而改變魚貝類的選購。

第 7 題為評估當監測報告公布，民眾得知平常所吃的魚貝類有受到污染，對於民眾魚貝類消費量的改變，故將題目設計為〝當知道自己所吃的魚貝類受到污染，會改變您的魚貝類食用次數或食用量嗎〞，首先依影響程度分成〝有影響〞及〝沒影響〞兩類，分類的方式是將影響非常大及稍微影響歸為〝有影響〞，將影響不大及完全沒影響歸為〝沒影響〞。結果可發現有超過 9 成的民眾，當知道所吃的魚貝類受到污染，會改變民眾魚貝類的消費量。

由以上結果，得知大多數的民眾知曉此鮭魚事件，而且多是經由電視知道鮭魚事件，當民眾知道鮭魚事件後，會對民眾鮭魚食用量產生影響，而且大多數民眾希望政府能夠定期提出魚貝類污染數據報告，讓民眾知道何種魚貝類較安全、哪些魚貝類不安全，而且當政府提出監測報告，絕大多數的民眾會因此改變他們的魚貝類消費習慣。故瞭解到民眾對於魚貝類污染物的監測報告非常需要，因此乃針對魚貝類中的總汞提出報告，讓民眾知道哪些魚貝類總汞濃

度相對為高，應減少食用量；哪些魚貝類總汞濃度相對為低，可安心無虞地食用。而且進行風險溝通時，應利用電視這個媒體教導民眾，而民眾在風險溝通後，會因此改變魚貝類消費習慣，而降低民眾經由魚貝類暴露總汞的健康風險。

3、都會地區民眾對於風險認知的差異（表 6）

在性別方面，發現鮭魚事件 5 天後，女性藉由電視知道鮭魚事件的人數較男性來的多，在其他方面並未發現性別與其他 6 題有任何差異。

在教育程度方面，發現鮭魚事件 5 天後，大學以下學歷的民眾主要是藉由電視得知鮭魚事件，此外，可發現大學程度以上的民眾如果得知自己所吃的魚貝類受到污染，其受影響程度較大學程度以下民眾來的高，這可能跟學歷越高的人越會因為污染物而改變魚貝類的消費習慣。

在吃魚頻率方面，每週吃魚 2 次以下的民眾對於每週吃魚 3 次以上的民眾認為平常所吃的魚貝類有受到污染的比例較高，而且每週吃魚 2 次以下的民眾若知道自己所吃的魚貝類受到污染，會改變魚貝類攝取習慣的程度也較每週吃魚 3 次以上的民眾來的明顯，這之間的差異，可能是每週吃魚 2 次以下民眾吃魚頻率低，所以更謹慎注意平常所吃的魚。

在年齡方面，如表 6 所示，30 歲以上的民眾經由電視知道鮭魚事件的比例較 30 歲以下民眾來的高，這可能是 30 歲以下的民眾獲得資訊的管道較多的緣故（如網路）。

4、沿海地區民眾對於風險認知的差異（表 7）

在性別方面，如表 7 所示，在鮭魚事件 60 天後，女性較男性知道鮭魚事件的比例來的高，而女性多是經由電視知道鮭魚事件；在鮭魚事件後，影響男性對於鮭魚食用量的程度較女性來的高。

在鮭魚事件 60 天後，大學以下學歷的民眾認為平常所吃的魚貝類不安全的比例較大學以下學歷的民眾來的高。在吃魚頻率方面，並未發現有所不同，這可能是因為沿海地區民眾吃魚頻率幾乎都是每週吃魚 3 次以上，導致每週吃魚 2 次的人數相當的少，故看不出有跟都會區民眾有同樣的現象。

在鮭魚事件 60 天後，年齡在 30 歲以上的民眾，認為鮭魚事件後，的確改變他們對於鮭魚的消費量，且 30 歲以上的民眾會因政府公佈的魚貝類監測報告而改變他們的魚貝類的食用量的程度也較 30 歲以下的民眾來的高。

二、 魚貝類總汞濃度分析

本研究檢測 507 個魚貝類樣本，總汞濃度分佈狀況呈現於圖 1 及 2（圖 1 及 2），魚貝類中平均總汞濃度為 0.30 μg/g，濃度範圍為 N.D～4.69 μg/g，魚中總汞濃度最高的是鯊魚類跟旗魚類，平均總汞濃度分別為 0.62 μg/g 及 0.47 μg/g（表 8）。 另外，亦檢測了 25 個魚類加工製品（表 9 及圖 3），其中市售狗母魚鬆之總汞濃度最高，平均濃度為 1.74 μg/g，其次為鮪魚魚鬆，濃度為 1.05 μg/g，至於食用魚肉部分及內臟之比較，以鯊魚為例，濃度由高至低依序為肝＞脾＞肉＞腸＞胃＞鰓；而馬頭魚則是肝＞肉＞鰓（圖 4）

三、民眾魚貝類攝取狀況

由本研究可知都會地區男性吃魚頻率是每天 182.5 公克，女性為每天 75.8 公克，平均每天攝食 152.9 公克，中位數為 125.3 公克；沿海地區男性吃魚頻率是每天 324.9 公克，女性為每天 247.2 公克，平均每天攝食 266.1 公克，中位數為 240.3 公克（表 10）。

四、估算危害指標

若以第一個模式估算都會地區民眾危害指標，其平均值為 1.30±0.32，沿海地區民眾危害指標平均值為 1.06±0.17（表 10）。如表 11 所示，發現第一個模式看都會地區及沿海地區民眾的危害指標（中位數），不論男性或女性皆無人超過危害指標 1；若以模式 3 來看都會地區男性則有 4.6%超過危害指標 1，女性則無人超過危害指標 1；沿海地區男性則有 92%超過危害指標 1，女性則有 81%超過危害指標 1（表 11 及圖 5）。

五、危害指標與魚類攝取量之關係

為教導民眾如何安心吃魚並降低經由魚類暴露總汞的健康風險，特以表 12 說明，若成年男性每天都吃總汞濃度 0.2 μg/g 的魚，則每天可以吃 116.8 公克，相對的，當每天都吃總汞濃度為 1 μg/g 的魚，那每天則只可攝取 23 公克左右的魚肉，若吃超過此量的魚肉，則會對健康產生影響。若成年女性每天都吃總汞濃度 0.2 μg/g 的魚，則每天可以吃 101.9 公克，相對的，當每天都吃總汞濃度為 1 μg/g 的魚，那每天則只可攝取 20 公克左右的魚肉，若吃超過此量的魚肉，則會對健康產生影響（圖 6、7）。

簡言之，若食用的魚類總汞濃度低於 0.5 μg/g 之時，則建議男性及女性的每日可接受安全量分別為 46.7 及 40.8 g/day（表 12）。

結論

一、鮭魚事件問卷調查部份

在鮭魚事件 5 天後，有 7 成民眾因知曉鮭魚事件後，而對民眾鮭魚食用量產生影響。接近 100%民眾希望政府能夠定期提出魚貝類污染數據報告，讓民眾知道何種魚貝類較安全、哪些魚貝類不安全。當政府提出魚貝類監測報告，超過 9 成的民眾會因此改變他們的魚貝類消費習慣。

二、魚貝類總汞濃度分析

本研究中魚貝類絕大部分都合於我國法令規定，但是有少部份的鯊魚、旗魚超過法令規範，故應避免食用鯊魚跟旗魚；而其他的魚貝類及加工魚製品總汞含量都相當低，民眾則可放心攝取。

三、健康風險評估

整體而言，大部分的民眾風險指標皆落於可允許的範圍。

四、每日安全建議量

在魚體總汞濃度 5 μg/g 的情況下，男性每天可攝取 46.7g；女性每天可攝取 46.7g。

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.

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.

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

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.

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.

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.

U.S Environmental Protection Agency (USEPA) (1995) Oral reference dose for methylmercury.IRIS(Integrated Risk Information Service): http://www.epa.gov/iris/subst/0073.htm (2 June 2004)

WHO Environmental Health Criteria 101 (1990) Methylmercury. World health organization, Geneva.

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.

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.

施伶穎 (2001) 環境污染與健康風險之網路教育－以重金屬與水產食品為例，台北醫學大學公共衛生學研究所碩士論文，第 42-43 頁。

衛生署 (1992) 魚蝦類衛生標準：
http://food.doh.gov.tw/announce/laws/hygiene_standed_1.htm

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，第 89-92 頁。

表 1 、各國對於魚體中總汞（甲基汞）的行動限度（Action levels）、人體最大可允許濃度（Maximum Permitted Limit）及參考劑量（Reference dose）

	Level	Source
Action level		
United states		
FDA	1ppm	US FDA, 1987
EPA	0.3ppm	US EPA, 2001
Florida	0.50ppm	Lange et al., 1994
Maine	0.43ppm	Difranco and Mower, 1994
Minnesota	0.5ppm	Minnesota department of health, 1997
	0.65ppm(for women in childbearing age)	Minnesota department of health, 1997
Wisconsin	0.5ppm	Gerstenberger et al., 1994
Australia	0.5ppm	Denton and Burdon, 1996
Canada	0.5ppm	NRC, 2000
Japan	0.4ppm	Nakagawa et al., 1997
Spain	1.0ppm	Schuhmacher et al., 1994
Sweden	0.5ppm	Hylander et al., 1994
England	0.5ppm	Collings et al., 1996
European	0.5ppm	EEC, 1993
Commission	1ppm(for some fish)	
Hong Kong	0.5ppm	Dickman et al., 1998
Taiwan	0.5ppm	DOH, 1992
	2.0ppm (for predatory fish)	
Reference dose(RfD)		
US EPA RfD	0.1μg/kg/day	US EPA, 1995
WHO	0.72μg/kg/wk	WHO, 1990
Canada	0.2μg/kg/day	Health Canada, 1999
US FDA	0.4μg/kg/day	US FDA, 1995
Minimal risk level	0.3μg/kg/day	ATSDR, 1999
Methylmercury		

表 2、汞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）	本研究偵測值（μg/g）	準確度（%）	回收率（%）
SRM（DORM-2）	4.64±0.26	4.725	102	102

表 3、鮭魚事件 5 天後及 60 天後受訪民眾基本資料

變項	5 天後	60 天後
年齡	37.21±12.87	36.93±16.48
教育程度（n,%）		
小學畢、肄業	6（7.2）	11（9.73）
國中畢、肄業	10（12.05）	5（4.42）
高中（職）畢、肄業	14（16.87）	55（48.67）
大學畢、肄業	48（57.83）	37（32.74）
研究所以上	5（6.02）	5（4.42）
職業（n,%）		
民意代表、行政主管、企業主管及經理人員	0（0）	1（0.9）
專業人員	26（32.91）	14（12.61）
技術員及助理專業人員	0（0）	1（0.9）
事務工作人員	0（0）	20（18.02）
服務工作人員及售貨員	8（10.13）	16（14.41）
農、林、漁、牧工作人員	1（1.27）	26（23.42）
技術工及有關工作人員	0（0）	3（2.70）
其他	44（55.7）	30（27.03）
籍貫（n,%）		
閩南	41（67.21）	124（89.21）
外省	16（26.23）	11（7.91）
客家	4（6.56）	3（2.16）
原住民	0（0）	1（0.72）
居住地（n,%）		
台北縣市	69（84.15）	27（18.37）
新竹香山	0（0）	33（22.45）
宜蘭縣	5（6.10）	0（0）
台中縣市	4（4.88）	11（7.48）
嘉義縣市	4（4.88）	21（14.29）
台南縣市	0（0）	26（17.69）
屏東東港	0（0）	29（19.73）

表 4、問卷變項之定義及測量

因素	變項名稱	變項等級	問卷內容
鮭魚事件對於民眾的認知	鮭魚事件知曉	Nominal	請問您知道前陣子有關於養殖鮭魚含有致癌物的消息嗎？ 1=知道 2=不知道或不清楚
	知曉途徑	Nominal	請問您是藉由何種方式知道這個消息的？ 1=電視 2=報紙、網路、他人告知、電台廣播、其他
	影響程度	Ordinal	您聽到此消息後，會影響您對於鮭魚的食用次數或食用量嗎？ 1=影響非常大或稍微影響 2＝影響不大或完全沒影響 填普通者，不給分
	影響程度	Ordinal	請問您認為您平常所吃的海鮮安全衛生嗎？ 1=非常不安全或不安全 2＝安全或非常安全 填普通者，不給分
	政府的施政	Ordinal	您覺得政府單位應該定期對海鮮進行報告，讓民眾在選購海鮮上有所依據嗎？ 1=非常應該或應該 2＝不應該或非常不應該 填普通者，不給分
	公告後的影響	Ordinal	您覺得政府定期公布海鮮監測報告，會影響您在選購海鮮的決定嗎？ 1＝影響非常大或稍微影響 2＝影響不大或完全沒影響 填普通者，不給分
	公告後的改變	Ordinal	如果知道自己所吃的海鮮受到污染，您會改變您的海鮮食用次數或食用量嗎？ 1＝影響非常大或稍微影響 2＝影響不大或完全沒影響 填普通者，不給分

表 5、比較沿海、都會地區民眾在鮭魚事件 5 天及 60 天後對風險認知之改變

	鮭魚事件	沿海地區(%)	都會地區(%)
Q1	5 天後	71.7	100
	60 天後	58.3	71.64
Q2	5 天後	77.7	50
	60 天後	75	71.5
Q3	5 天後	76.1	73.68
	60 天後	70.8	50
Q4	5 天後	42.6	71.43
	60 天後	48.9	66.67
Q5	5 天後	97.1	100
	60 天後	100	100
Q6	5 天後	91.1	89.06
	60 天後	100	100
Q7	5 天後	93.2	96.43
	60 天後	100	100

Q1、您知道養殖鮭魚含有致癌物嗎？

Q2、您是藉由電視知道這個消息的嗎？

Q3、當聽到此消息後會影響您對於鮭魚的食用次數或食用量的差異？

Q4、您認為平常所吃的魚貝類不安全衛生嗎？

Q5、您覺得政府單位應該定期對魚貝類進行報告，讓民眾在選購魚貝類上有所依據？

Q6、您覺得政府定期公布魚貝類監測報告，會影響您在選購魚貝類的決定嗎？

Q7、當知道自己所吃的魚貝類受到污染，會改變您的魚貝類食用次數或食用量嗎？

表 6、都會地區民眾在鮭魚事件 5 天後即 60 天後對於風險認知之差異性(%)

		Q1		Q2		Q3		Q4	
變項		5 天後	60 天後	5 天後	60 天後	5 天後	60 天後	5 天後	60 天後
性別									
	男	33.3	3.5	41.75	3.5	29.7	1.5	27.7	2.5
	女	35.7	2.16	31.84	2.16	30.1	2.25	31.1	2.5
教育程度									
	大學以下	39.3	0	28.6	2.5	28.7	1.5	32.2	2.5
	大學以上	32.5	2.5	38.6	2.5	30.7	3	28.6	2.5
吃魚頻率									
	每週 2 次以下	34.3	4	35.1	2	29.8	2	27.9	4
	每週 3 次以上	37.8	0	34.3	0	30.8	0	37.4	0
年齡									
	30 歲以下	35.4	4	42.9	2	33.5	2	32.6	4
	30 歲以上	34.7	0	29.5	0	27.7	0	28.2	0

Q1 比較都會地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於知道前陣子有關於養殖鮭魚含有致癌物的消息的差異

Q2 比較都會地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於藉由電視知道這個消息的差異

Q3 比較都會地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於聽到此消息後會影響您對於鮭魚的食用次數或食用量的差異

Q4 比較都會地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於認為您平常所吃的海鮮不安全衛生的差異

表 6、都會地區民眾在鮭魚事件 5 天後及 60 天後對於風險認知之差異（續）(%)

		Q5		Q6		Q7	
變項		5 天後	60 天後	5 天後	60 天後	5 天後	60 天後
性別							
	男	33.5	2	32.2	2	28.5	2.5
	女	33.5	2	32.6	2	29.9	2.5
教育程度							
	大學以下	33.5	2.5	33.5	2	31.7	2.5
	大學以上	33.5	2.5	31.9	2	28.5	2.5
吃魚頻率							
	每週 2 次以下	33.5	0	31.5	3	28.5	4
	每週 3 次以上	33.5	0	37	0	33.7	0
年齡							
	30 歲以下	33.5	0	32.8	3	28.5	4
	30 歲以上	33.5	0	32.2	0	30.0	0

Q5 比較都會地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於政府單位應該定期對海鮮進行報告，讓民眾在選購海鮮上有所依據的差異

Q6 比較都會地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於政府定期公布海鮮監測報告，會影響您在選購海鮮決定的差異

Q7 比較都會地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於知道自己所吃的海鮮受到污染，會改變您的海鮮食用次數或食用量的差異

表 7、 沿海地區民眾在鮭魚事件 5 天後及 60 天後對於風險認知之差異(%)

		Q1		Q2		Q3		Q4	
變項		5 天後	60 天後	5 天後	60 天後	5 天後	60 天後	5 天後	60 天後
性別	男	6.1	70	6.1	65.6	7.9	44.3	5.57	41.9
	女	10.0	39.8	10.0	43.7	4.0	58.7	3.0	35.5
教育程度	大學以下	7.75	38.0	3.5	30	3.5	30	9.5	37.7
	大學以上	6.66	36.6	4.2	37.9	4.2	38.8	5.8	35.9
吃魚頻率	每週 2 次以下	6.5	41.2	4.3	39.2	5.0	41.4	6.0	28.2
	每週 3 次以上	7.5	36.6	3.5	32.2	2.6	32.4	8.1	38.9
年齡	30 歲以下	6.0	38.4	4.3	31.6	4.3	42.2	5.7	39.8
	30 歲以上	7.8	37.2	3.5	34	3.5	31.2	8.0	36.0

Q1 比較沿海地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於知道前陣子有關於養殖鮭魚含有致癌物的消息的差異

Q2 比較沿海地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於藉由電視知道這個消息的差異

Q3 比較沿海地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於聽到此消息後會影響您對於鮭魚的食用次數或食用量的差異

Q4 比較沿海地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於認為您平常所吃的海鮮不安全衛生的差異

表 7、沿海地區民眾在鮭魚事件 5 天後及 60 天後對於風險認知之差異（續）(%)

		Q5		Q6		Q7	
變項		5 天後	60 天後	5 天後	60 天後	5 天後	60 天後
性別	男	5.0	37.8	6.3	39.4	6.1	36.7
	女	5.0	37.4	9.3	36.9	7.5	37.7
教育程度	大學以下	8.7	40.6	8.2	36.0	5.5	36.2
	大學以上	6.2	32.9	6.4	39.6	7.6	39.3
吃魚頻率	每週 2 次以下	5.5	32.5	5.6	39	7.2	42.2
	每週 3 次以上	8.7	38.6	8.6	37.1	6.7	36.3
年齡	30 歲以下	5.4	36.6	6.9	45.9	6.4	42.5
	30 歲以上	8.3	37.7	7.3	34.8	7.5	35.8

Q5 比較沿海地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於政府單位應該定期對海鮮進行報告，讓民眾在選購海鮮上有所依據的差異

Q6 比較沿海地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於政府定期公布海鮮監測報告，會影響您在選購海鮮的決定的差異

Q7 比較沿海地區民眾與性別、教育程度、吃魚頻率、年齡對於知道自己所吃的海鮮受到污染，會改變您的海鮮食用次數或食用量的差異

表 8、前十種含總汞量高之魚類分佈情形

中名	樣本數（n）	總汞濃度 GM (ppm)
鯊魚[a]	41	0.622
旗魚[b]	61	0.470
斑點雞籠鯧	1	0.340
赤點石斑魚	8	0.330
正鰹	20	0.310
日本馬頭魚	47	0.220
眼眶魚	1	0.210
尖棘角魚	1	0.170
鯖魚[c]	57	0.143
白星笛鯛	1	0.140

[a] 鯊魚類包括條紋斑竹鯊、鯨鮫、日本灰鮫、丫髻鮫

[b] 旗魚類包括黑皮旗魚、立翅旗魚、雨傘旗魚、紅肉旗魚

[c] 鯖魚類包括鱗網帶鯖、金帶花鯖、花腹鯖

表 9、魚類加工製品之總汞濃度分佈情形（ppm）

ID	名稱	n	算數平均	幾何平均(GM)	Range(min～max)	5th	95th	中位數
1	狗母魚鬆	3	1.74±0.20	1.74	1.5709～1.9651	1.58	1.94	1.70
2	鮪魚魚鬆	3	1.05±0.07	1.05	0.9768～1.1091	0.99	1.10	1.06
4	旗魚鬆	6	0.28±0.37	0.10	0.021～0.796	0.02	0.77	0.06
3	同榮三明治鮪魚	6	0.47±0.16	0.38	0.5730～0.1640	0.19	0.56	0.45
5	同榮 蕃茄汁虱目魚	1	N.D					
6	同榮 蕃茄汁鯖魚	1	N.D					
7	同榮 豆鼓紅燒鰻	1	N.D					
8	三興 水煮鮪魚	1	N.D					
9	愛之味 鮪魚片	1	N.D					
10	味全 鮪魚	1	N.D					
11	紅鷹 鮪魚醬	1	N.D					

表 10、 估算沿海地區及都會地區民眾危害指標

地區		N	體重(Kg)	食用量(g/day)			Hazard Index*		
都會區				DOH	DOA	This study	DOH	DOA	This study
	男	13	54.9±4.93 (34~72)	97	61.5	182.5	1.39±0.33 (0.98~2.14)	0.88±0.45 (0.39~1.57)	2.74±2.0 (0.99~7.32)
	女	5	52.4±12.07 (47~59)	74	37	75.8	1.07±0.10 (0.94~1.18)	0.54±0.05 (0.47~0.59)	1.09±0.38 (0.63~1.43)
	Mean		54.22±10.48	90.61	54.7	152.9	1.30±0.32 (0.94~2.14)	0.79±0.41 (0.41~1.57)	2.28±1.86 (0.99~7.32)
	GM		53.26	89.97	49.76	125.3	1.27	0.7	1.76
	25^{th}		46.25	79.75	37	95	1.08	0.5	1.17
	50^{th}		55	97	37	95	1.2	0.57	1.36
	95th		72.3	97	90	332	1.76	1.51	5.7
沿海地區	男	20	67.4±13.31 (50~100)	97	198.7	324.9	1.12±0.21 (0.73~1.46)	2.44±2.38 (0.79~6.92)	3.75±0.83 (2.04~4.98)
	女	62	52.8±9.08 (43~85)	74	156.7	247.2	4.07±0.71 (0.67~5.16)	2.18±2.12 (0.46~7.36)	3.44±1.49 (0.68~5.53)
	Mean		57.9±11.49	79.6	166.9	266.1	1.06±0.17 (0.65~1.46)	2.24±2.12 (0.28~7.36)	3.52±1.48 (0.68~5.30)
	GM		56.91	79	119.41	240.3	1.04	1.57	3.17
	25^{th}		50	74	90	190	0.96	1.09	2.64
	50^{th}		54	74	90	332	1.07	1.3	3.72
	95th		81	97	461	332	1.32	6.92	5.29

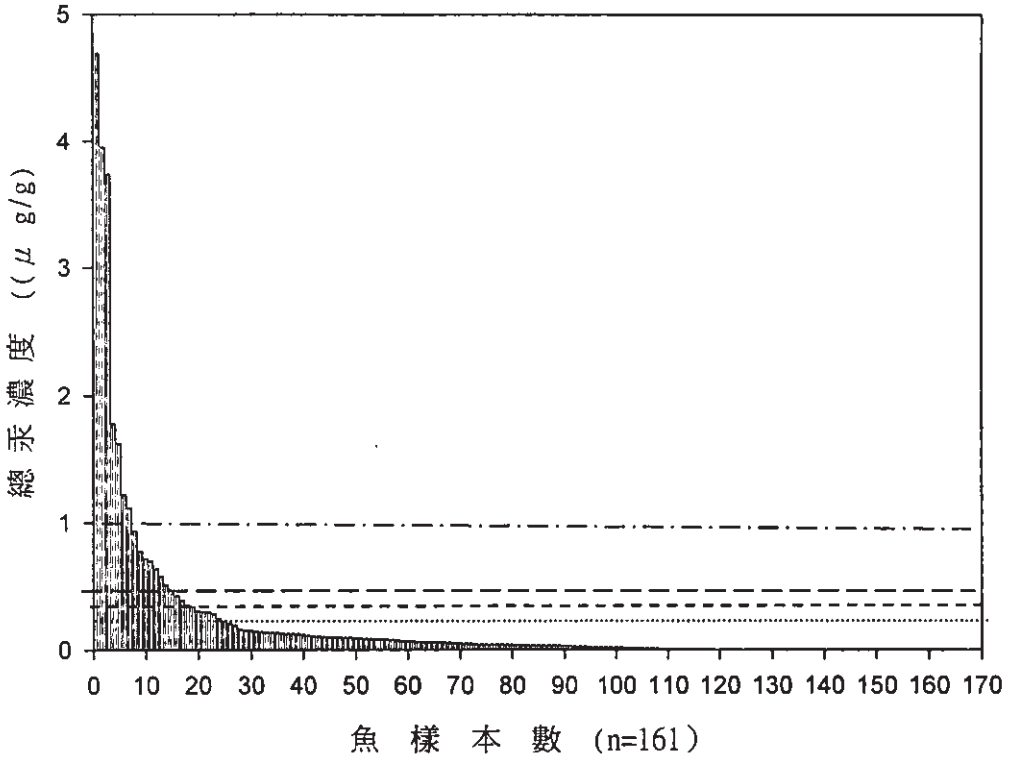
a 男性, 97g/day; 女性, 74g/day (DOH, 1999) b 一般民眾, 37g/day; 嗜吃魚民眾, 90g/day; 漁民, 461g/day (施, 2001)
c 平均一次吃 322±32.9 公克（本研究）* ADI=0.4 μg/kg/day (US FDA, 1995),ADI=0.1μg/kg/day (WHO, 1995)

表 12、以不同魚類總汞濃度估算民眾每日建議攝取魚消費量[#]

魚體總汞濃度（μg/g）	每日可接受量(g/day)			
	男[a]		女[b]	
	FDA[#]	WHO[*]	FDA	WHO
0.1	233.6	58.4	203.8	51.0
0.2	116.8	29.2	101.9	25.5
0.3	77.8	19.5	67.9	17.0
0.4	58.4	14.6	51.0	12.8
0.5	46.7	11.7	40.8	10.2
0.6	38.9	9.7	34.0	8.5
0.7	33.4	8.4	29.1	7.3
0.8	29.2	7.3	25.5	6.4
0.9	25.9	6.5	22.6	5.7
1.0	23.4	5.9	20.4	5.1

a:男性平均體重為 58.39 公斤（本研究）
b:女性平均體重為 50.95 公斤（本研究）
[#]ADI＝0.4 μg/kg/day （FDA, 1995）
[*]ADI＝0.1 μg/kg/day （WHO, 1990）

圖 1、不同魚類總汞濃度分布圖



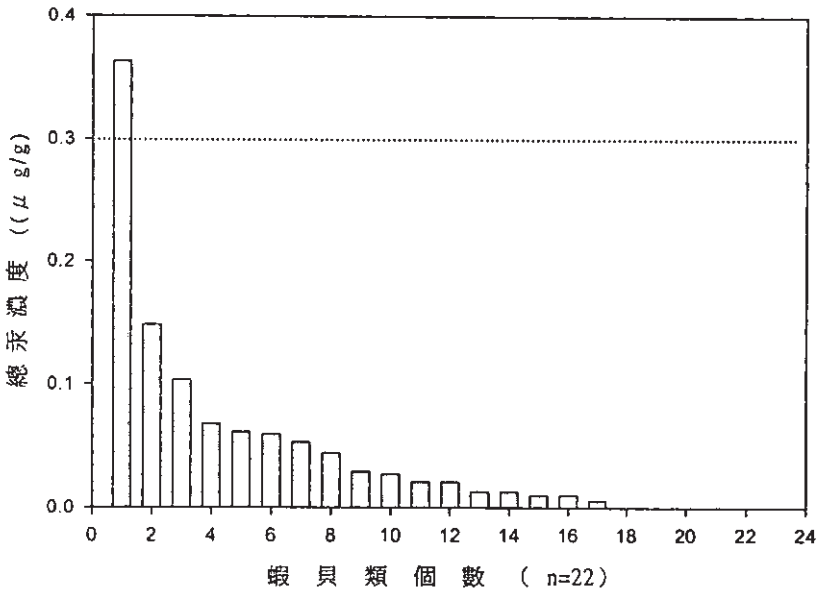
..... = 0.3ppm(US EPA, 2001)

----------= 0.4ppm (Japan, 1997)

_ _ _ _ _ _ _ = 0.5ppm (**Taiwan**, Canada, Sweden, United Kingdom, European, Hong Kong)

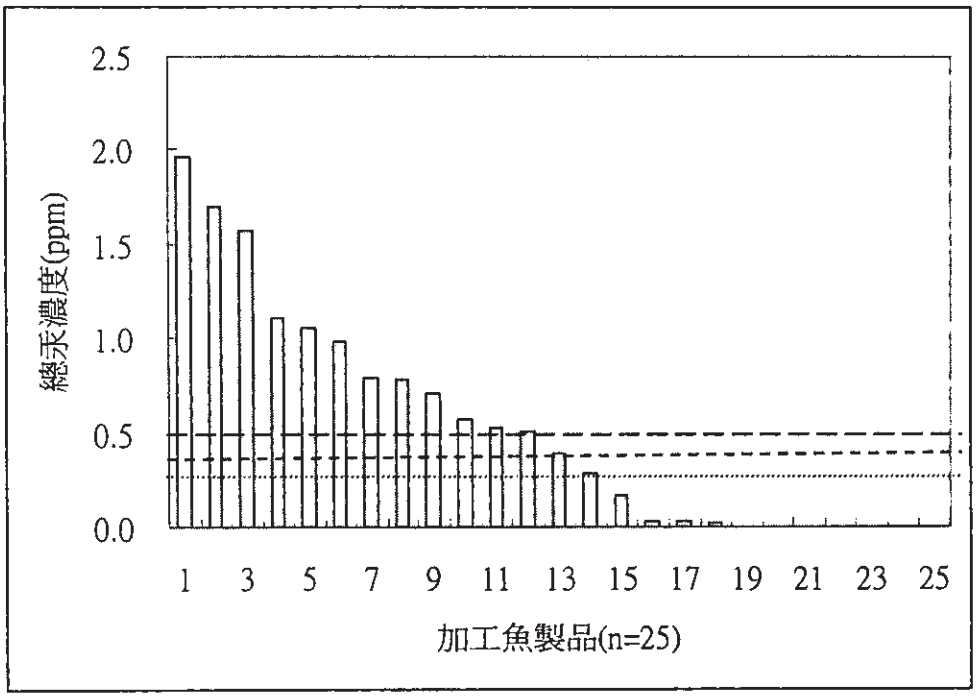
_ . _ . _ . _ = 1ppm (US FDA, Spain)

圖 2、蝦貝類總汞濃度之分佈



..... = 0.3ppm(USEPA, 2001)

圖 3、加工魚製品總汞濃度之分佈



..... = 0.3ppm(US EPA, 2001)

- - - - - - - - - - = 0.4ppm (Japan ,1997)

——————— = 0.5ppm (**Taiwan**, Canada, Sweden, United Kingdom, European, Hong Kong)

圖 4、 食用魚肉部分與內臟之比較器官部位

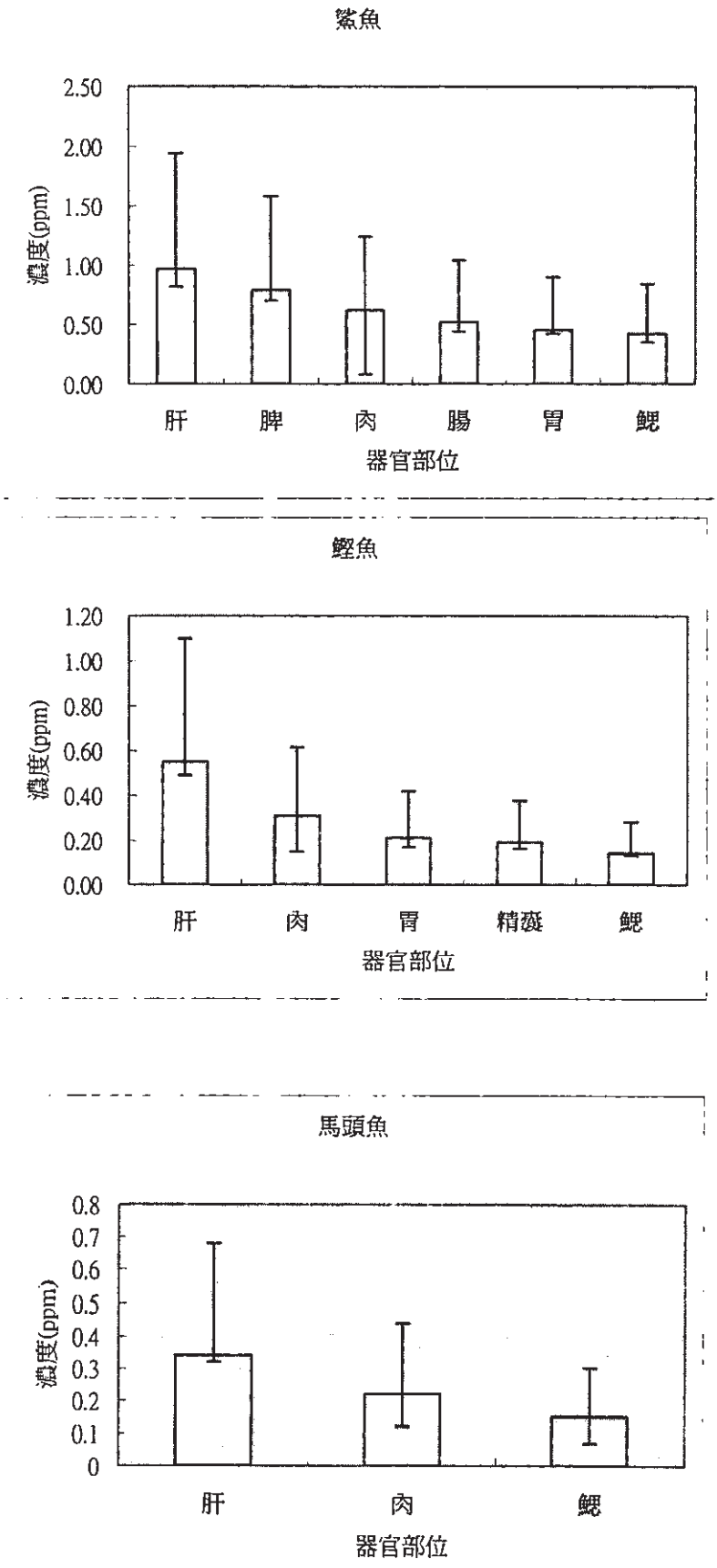
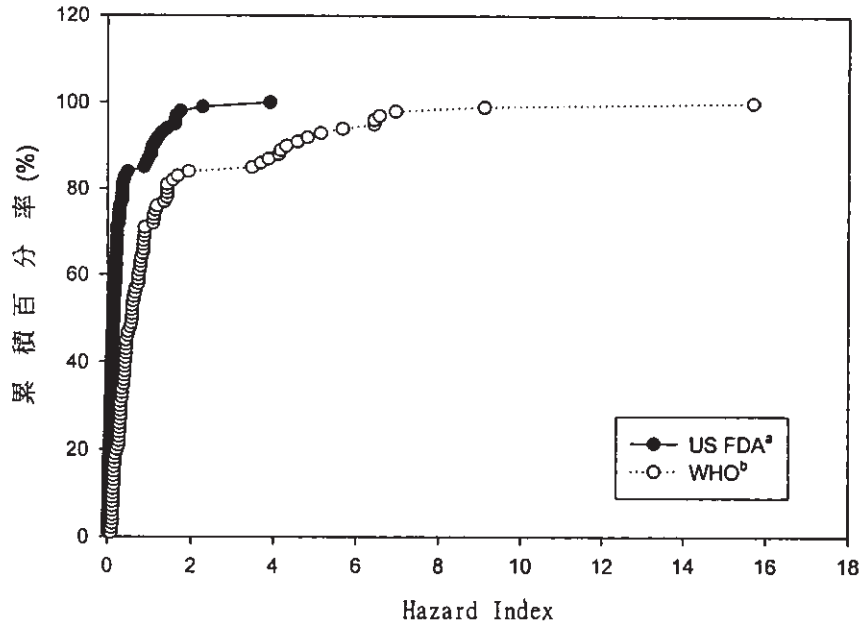


圖 5、危害指標累積分布（男 97g/day; 女 74g/day, DOH, 1999）



a ADI=0.4 μg/kg/day (USFDA, 1995)
b ADI=0.1 μg/kg/day (WHO, 1990)

圖 6、不同魚類總汞濃度下，危害指標（HI）與食用量之關係圖（本研究男性平均體重 58.39 公斤）

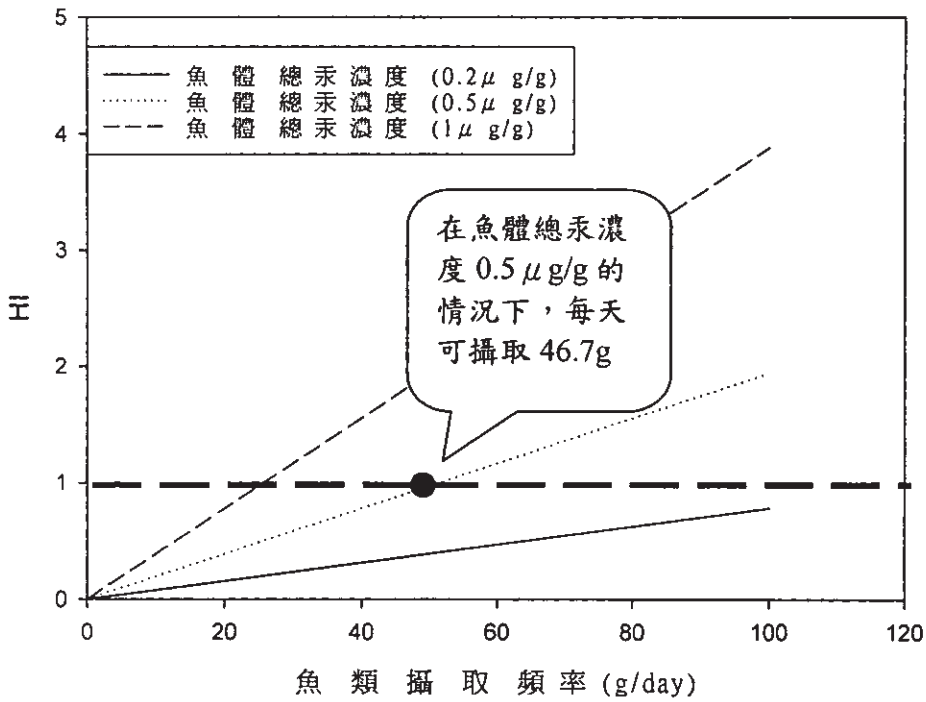
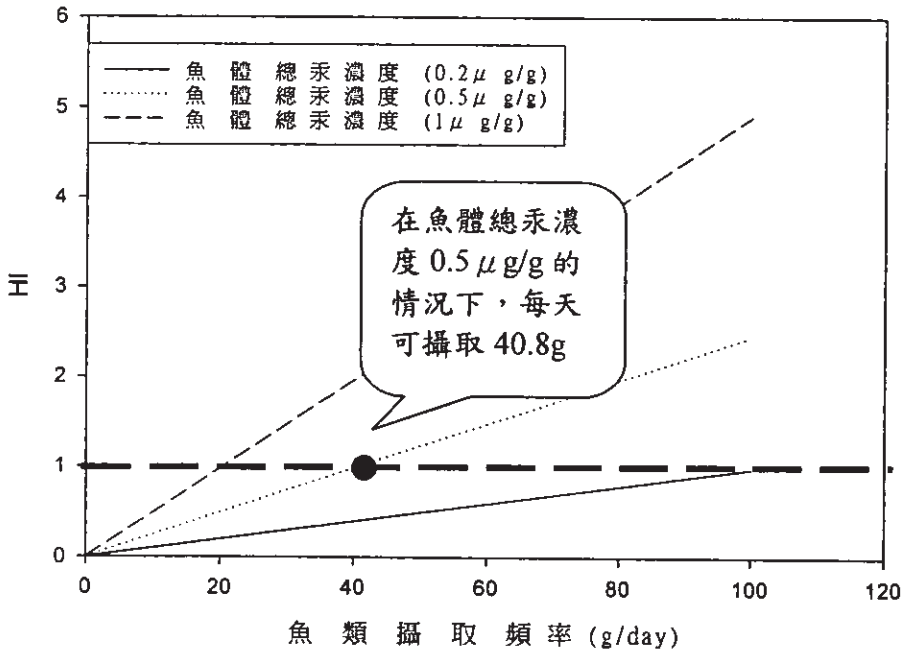



圖 7、不同魚類總汞濃度下，危害指標（HI）與食用量之關係圖
（本研究女性平均體重 50.95 公斤）