

# 淡水河紅樹林濕地及高美濕地重金屬及甲基汞調查

徐美榕、李如訓、黃豐文、蔡坤龍、郭季華、葉玉珍、陳明妮、高月裡、曹明浙、許志福、張雪妮、鄭先佑、蔡志賢、顏榮華、莊士群、潘復華

## 摘要

本研究針對台灣西部沿岸濕地(包括台北淡水河紅樹林濕地,關渡濕地,挖仔尾濕地,台中高美濕地等濕地)為調查地區,調查項目包括水質重金屬(鉻、鋇、錳、鐵、鋅、鎳、銅、鉛、砷、銀、鎘、鎘、銻、銻、銻、銻、銻、銻)及甲基汞,底泥重金屬(砷、鉛、鉻、鎘、銅、鋅、鎳、汞)及甲基汞、魚貝類重金屬(砷、鉛、鉻、鎘、銅、鋅、鎳、汞)及甲基汞。

由檢測樣品共 93 件、水質調查結果:總汞濃度 1.80 ~ 186 ng/L, 甲基汞濃度 0.02 ~ 0.92 ng/L, 金屬元素濃度除錳 (54.2 ~ 1190  $\mu\text{g/L}$ ) 與銅 (1.3 ~ 80.6  $\mu\text{g/L}$ ) 較高外,其餘各元素測值遠低於「地面水體水質標準」。底泥調查結果:總汞濃度 26 ~ 360  $\mu\text{g/kg}$ , 甲基汞濃度 0.08 ~ 0.409  $\mu\text{g/kg}$ 。金屬元素濃度除鉻(16.3 ~ 298 mg/kg)、銅(9.12 ~ 302 mg/kg)、鋅(48.0 ~ 501 mg/kg)、鎳(14.7 ~ 85.8 mg/kg)之濃度較高外,其餘各元素測值皆小於美國 1997 底泥污染評估所採用之可能危害值(Probable effects levels, PEL)。魚貝類調查結果:總汞濃度 5.00 ~ 58.0 mg/kg, 甲基汞濃度 1.05 ~ 40.9  $\mu\text{g/kg}$ , 遠低於我國水產動物類衛生標準 500  $\mu\text{g/kg}$ , 金屬元素測值皆遠低於水產動物類衛生標準。

關鍵詞:濕地、汞、甲基汞、冷蒸氣原子螢光法 (CVAFS)、重金屬。

## 一、前言

濕地主要由水、濕潤的土壤以及水生植物所組成。水域與陸域之間的交會地帶,經常或間歇地被潮汐、洪水淹沒的土地,涵括了我們所熟知的鹽水及淡水沼澤、草澤、林澤、河口、水塘、低窪積水區和潮汐灘地等。雖然近年來環保意識抬頭,但多數民眾都仍未體認到濕地的可貴,而未了解濕地對海岸保護、防洪及水資源保護的重要性。大量濕地被破壞後,產生包括水患、地層下陷、地下水鹽化、魚產減少、海岸線退縮、地下水被污染等問題。污染物此逐漸滲入河床及地下水中,經由魚類、農產品、飲水過程,再回到人體之中,危害我們及後代子孫健康。<sup>1</sup>

淡水紅樹林,是世界分佈最廣的水筆仔純林,本區由水筆仔、彈塗魚、招潮蟹、水鳥等構成了典型的河口生態系。植物資源方面,以水筆仔為主要樹種。無脊椎動物種類較少,但數量卻非常可觀,退潮時於泥灘地可見許多招潮蟹和彈塗魚在此活動。關渡自然保留區為感潮的河口濕地,常見的有水筆仔紅樹林、蘆葦、茫茫鹹草、彈塗魚、招潮蟹、魚類與泥地裡的底棲無脊椎動物,提供水鳥良好的棲息環境與豐富的食物來源,成為良好的候鳥棲息場所,夏季有鷺科及秧雞科鳥類繁殖;水磨坑溪則為人工濕地。<sup>2</sup>

高美濕地擁有雲林莞草、大安水蓼衣兩種稀有植物,雲林莞草生長在高美濕地面積有 5 公頃,根據牛罵頭文化協進會的長期觀察與東海大學生物系的高美濕地生物資源調查顯示,該區鳥類共計 34 科 131 種(全台鳥類紀錄約 500 多種),常見的鷓鴣科、鶺鴒科、鷓鴣科、燕鴨科等候鳥,以及黑面琵鷺是屬瀕危鳥種<sup>4</sup>。由於雲林莞草在潮汐注入之處與接近海堤的泥灘地大量繁殖生長,吸收了來自周遭排水溝挾帶營養鹽的污水,不僅淨化水質,提供底棲

生物所需的有機物質，如：活躍於有淡水注入泥灘地的彈塗魚，以及大量和尚蟹在深具鹽份的潮間帶上行軍，也吸引魚群前來，造就冬候鳥與夏候鳥的棲息環境，但也是當地漁民倚重的生計，因此保護區的管制僅開放漁民進出<sup>2</sup>。

在眾多污染物質中，微量金屬元素及其化學物種是值得探討的課題。研究微量金屬可以了解其在環境中生物地化的循環及意義<sup>3</sup>。水體中微量元素與生物之交互作用包括：生物累積(bioaccumulation)、生物可利用性(bioavailability)和毒性(toxicity)。而微量金屬元素在水體中的生物地化循環則包括生物作用(bioaction)、傳輸作用(transport)、吸附作用(adsorption)和沉降作用(precipitation)。微量金屬元素若超過一定濃度會對生物體有害，壘積在生物體中不易分解，在生物體中造成毒性，當壘積濃度超過生物體所能忍受時，便會影響生物生長，發生病變而導致死亡<sup>4-8</sup>。

自然環境中，汞物種的型態有：金屬汞( $Hg^0$ )、二價的無機汞鹽類、短鍵的烷基汞化物、芳香基(aryl)汞化物、烷基汞化物和其他類有機汞化物<sup>9</sup>。一般排放至環境中的元素汞或無機汞並不容易累積至生物體內，主要是藉由微生物作用，利用環境中的有機碳將無機汞甲基化，轉變成甲基汞；而甲基汞可以溶於脂質當中，易為生物體所吸收，且可經由食物鏈導致生物濃縮現象而有生物放大效應，因此在魚體內所累積的甲基汞濃度較其生存的水體高上百萬倍，尤其在大型魚類特別高。即使總汞與甲基汞濃度很低的水體，最後在魚體中累積之係數也會超過 10,000<sup>10</sup>。Frech<sup>11</sup> 等人的研究證明，即使是極低濃度的汞也能夠被累積於生物體中甚至超過食物之閾值。在自然水體中，地面水的總汞濃度約在 0.16~15 ng/L，甲基汞的濃度約在 0.04~0.73 ng/L；地下水和飲用水的總汞濃度約在 0.3~25 ng/L；而海水的總汞濃度約在 0.5~15 ng/L<sup>12</sup>；依 Boszke 的研究指出，在自然界無污染的水體中，海水中甲基汞的含量約為總汞濃度的 3~6%，淡水中甲基汞的濃度約為總汞濃度的 26~53%<sup>13</sup>。在大部分水與底泥中甲基汞的含量約為總汞濃度的 0.1~5%<sup>14-15</sup>，在食用性的魚肉中汞濃度大多為 ppm (mg/Kg) 等級，依 Brumbaugh 的研究指出，在消費性的魚肉中大部分甲基汞的含量約為總汞濃度的 95%以上<sup>15-16</sup>，在底泥中甲基汞濃度(乾基)範圍約為 0.1~10 ng/g<sup>14,17</sup>，在有些工業污染地區底泥中甲基汞濃度(乾基)甚至可達 100 ng/g<sup>18</sup>。所以檢測水中、生物與土壤樣品中甲基汞，以 ppt 濃度範圍超微量汞(甲基汞)之偵測，未來於實驗室中將會成為例行性分析。

本研究選定淡水河紅樹林濕地八里側及淡水側、高美濕地等作為調查對象，因其等均屬於國內重要保護區，且重金屬污染可能較嚴重的地區，汞，甲基汞等污染物之調查有其重要性。由於位於河川下游的河口地區，承納了上游無數的泥沙和有機營養物沉積，加上位於河川出海口，在海水與河水匯合下，土壤鹽分濃度幅寬較大，因而區域內常伴隨著紅樹林及草澤等濕地生態，形成一個高生產力的地區，創造了豐富的自然資源。但多年來未經廢水處理之工業廢水、生活廢水及畜牧廢水等之大量排放造成污染。環顧國內尚缺環境基質如生物體及底泥等有機汞之檢測資料。本研究延續去年之研究成果，繼續以 USEPA Method 1630「甲基汞蒸餾裂解—CVAFS 檢測技術」<sup>19</sup> 進行水中甲基汞之研究，另參考 Brooks Rand Labs 之「各基質中甲基汞 CVAFS 檢測技術」標準作業程序<sup>20</sup> 及 USGS Techniques and Methods 5A-7「土壤及懸浮固體中甲基汞之前處理及分析」<sup>21</sup> 分析生物樣品及底泥。本研究計畫污染物調查項目除針對總汞( $Hg$ )及甲基汞( $CH_3Hg^+$ )外，尚包括砷(As)、鎘(Cd)、鉻(Cr)、銅(Cu)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、鎳(Ni)、鐵(Fe)、錳(Mn)、鈷(Co)及鋇(Ba)、銀(Ag)、鎳(Ga)、銦(In)、鉬(Mo)、銻(Sb)、硒(Se)、鉍(Tl)、等作一調查研究，以期完整了解河口濕地之重金屬流布狀況。

## 二、材料與方法

### (一) 採樣與樣品保存

## 1. 採樣

淡水河濕地八里側、淡水河濕地淡水側、高美濕地<sup>3</sup>，各 6 個採樣點，共 18 個採樣點。採樣分乾季（5 月）及雨季（9 月）兩季，每季魚體樣品 11 件、底泥 18 件、水樣 18 件。

水樣採集選定退潮時段進行，以採樣器採集水面下 2 公尺深度水樣，上、中游採樣點可涉溪之採樣點以涉溪方式至河中採樣一半深度水樣，如無法涉溪之採樣點則在橋上以採樣器採集水面下 2 公尺深度水樣。河口底泥採樣以 Birge-Ekman grab sampler 由船上以繩索垂下取樣。上、中游採樣點如可涉溪則以涉溪方式至河中採樣，如無法涉溪則在橋上以 Birge-Ekman grab sampler 採樣。每一採樣點採樣至少三個底泥樣品，當場於表面鍍有鐵氟龍之不鏽鋼盤混合均勻後，以德國 WTW pH320 接 Mettler P14805-50-P-PA-K/120 型白金電極的氧化還原電位計測定濕底泥的氧化還原電位至，測值需為代表舊泥之負值。

## 2. 樣品保存

採樣後水樣儲存於 FLPE 材質之採樣瓶加酸冷藏，24 小時內冷藏寄回實驗室；濕底泥則以 500 mL 廣口耐鐵氟龍襯層瓶蓋之 Quopak®玻璃瓶盛裝，以塞滿碎冰之冰桶攜行，並儘速帶回實驗室在攝氏 4°C 冰櫃加以冷藏；魚體樣品以採樣袋儲存，樣品運抵實驗室後魚體冷凍保存。底泥及生物體等待進行冷凍乾燥前處理工作。

## （二）儀器材料

1. 水質樣品之砷、鎘、鉻、銅、鎳、鉛、鋅、鐵、錳、鋇、鉬、鎘、錒、及鉍之檢測，以感應耦合電漿質譜儀（ICP-MS）分析，所使用儀器為 Agilent 7500ce，採 Micro mist 霧化器，白金材質焰炬內管為抗氫氟酸型式。本儀器設置於 Class 1000 等級之無塵室中。

2. 水質樣品之總汞之檢測，以汞原子螢光分析，所使用之儀器為 Tekran Series 2600 (Tekran Instruments Corporation, USA) 之超微量汞分析儀，本儀器包含 Model 2600 之兩階段金汞齊前濃縮系統及原子螢光光譜儀，Model 2610 之蠕動泵浦，及 Model 2620 之自動進樣系統。本儀器亦設置於 Class 1000 等級之無塵室中。

3. 水質樣品、底泥樣品及魚貝類之甲基汞之檢測，以甲基汞原子螢光分析，使用之儀器為 Brooks Rand Model III (Brooks Rand Labs, USA) 之超微量甲基汞分析儀，本儀器包含 Brooks Rand LLC DI-01 之甲基汞樣品自動蒸餾系統、具 Tenaxtrap 之甲基汞吹氣/捕集系統、具 Pre-GC column OV-3 之層析分離器、甲基汞裂解設備、甲基汞自動熱脫附裝置與 BRL Model III CVAFS 之冷蒸氣原子螢光光譜儀。本儀器亦設置於 Class 1000 等級之無塵室中。

4. 底泥樣品之銅、鎘、鋅、鉛、鎳、鉻及銀以感應耦合電漿原子發射光譜儀（ICP-AES）上機檢測，使用儀器為 Varian 700 ES Series ICP-OES。

5. 底泥中砷以氫化式原子吸收光譜儀（HGAA）上機檢測，使用儀器為 Perkin-Elmer AA 800。

6. 魚貝類樣品之砷、銅、鎘、鉛、鎳、鉻及銀以感應耦合電漿質譜儀（ICP-MS）上機檢測，使用儀器為 Agilent 7500ce，採 Micro mist 霧化器，白金材質焰炬內管為抗氫氟酸型式。

7. 魚貝類樣品之鋅以感應耦合電漿原子發射光譜儀（ICP-AES）上機檢測，使用儀器為 Varian 700 ES Series ICP-OES。

8. 底泥及魚貝類中汞以冷蒸氣原子吸收光譜儀（CVAA）上機檢測，使用儀器為 Perkin-Elmer AA 100。

### (三) 方法

#### 1. 水質樣品中甲基汞 (NIEA W540.50B)<sup>22</sup>

利用本所 96 年度所建立之水體中甲基汞檢測技術，蒸餾/液相乙基化/吹氣捕捉/冷蒸氣原子螢光光譜法，水樣中甲基汞經蒸餾，調整 pH 值後，置於密閉的反應瓶中，與液態之四乙基硼化鈉 (NaBEt<sub>4</sub>) 進行乙基化反應，產生氣體經由惰性氣體將此氣體載送至 Tenax 或 Carbotrap 吸收管柱捕捉。再熱脫附至等溫氣相分析儀，經物種分離，熱裂解成 (Hg<sup>0</sup>) 蒸氣，由冷蒸氣原子螢光光譜儀進行定量分析。

#### 2. 水質樣品中總汞 (NIEA W331.50B)<sup>23</sup>

利用本所 95 年度所建立之水中超微量汞檢測技術，氧化/吹氣捕捉/冷蒸氣原子螢光光譜法，水樣中總汞經氯化溴 (BrCl) 溶液氧化成兩價汞離子 (Hg<sup>2+</sup>) 後，接著加入鹽酸羥胺 (NH<sub>2</sub>OH·HCl) 還原溶液，破壞殘餘之鹵素，最後以氯化亞錫溶液將兩價汞離子還原成零價汞 (Hg<sup>0</sup>) 蒸氣。經由惰性氣體將汞蒸氣載送至金汞齊捕捉管 (Gold-coated sand traps) 濃縮，再熱脫附至冷蒸氣原子螢光光譜儀進行分析定量。

#### 3. 水質樣品中重金屬 (參考環境調查研究年報第 15 期)<sup>24</sup>

利用直接稀釋海水樣品後，直接測定稀釋後海水樣品中重金屬。所檢測之重金屬包含鉻、鋇、錳、鐵、鋅、鎳、銅、鉛、砷、銀、鎘、鎘、鎳、鈾、鈾、錒、錒、及鈾使用具碰撞反應室 ICP-MS 快速直測海水樣中微量重金屬。

#### 4. 底泥樣品中甲基汞(參考環境調查研究年報第 16 期)<sup>25</sup>

延續 97 年研究環境基質中底泥甲基汞檢測分析技術，先以溶劑將土壤底泥中之甲基汞萃取後，再以 NIEA W540.50B 方法分析甲基汞。

5.底泥樣品中砷則以 NIEA S310.62C<sup>26</sup> 方法檢測；汞則以 NIEA M317.01C<sup>27</sup> 方法檢測。

6.底泥樣品中銅、鉻、鋅、鉛、鎳、鉻及銀前處理以 NIEA S321.63B<sup>28</sup> 執行。

#### 7.魚貝類樣品中甲基汞 (參考環境調查研究年報第 16 期)<sup>25</sup>

延續 97 年之研究環境基質生物樣品中甲基汞檢測技術，先以鹼性消化法處理生物樣品，再依據 NIEA W540.50B 方法分析甲基汞。

8.魚貝類樣品中汞以 NIEA M317.01C<sup>27</sup> 方法檢測。

9.魚貝類樣品中銅、鎘、鋅、鉛、鎳、鉻、砷及銀前處理以 NIEA C303.01T<sup>29</sup> 執行。

10.本研究各檢測項目的方法偵測極限列於表 1。

## 三、結果與討論

### (一) 品管樣品分析

濕地水樣總汞及甲基汞的檢測，查核樣品回收率範圍 82.4~106.0 (97.1) %，重複分析相對差異百分比範圍 1.06~11.7 (4.7) %，添加回收率範圍 86.4~108 (94.7) %；重金屬檢測，查核樣品回收率範圍 90.6~101 (95.2) %，重複分析相對差異百分比範圍 0.02~12.1 (2.45) %，添加回收率範圍 78.6~106.9 (95.1) %。表 2 為濕地水質樣品品管數據，皆符

合方法管制目標。

濕地底泥總汞、甲基汞檢測，標準參考樣品回收率範圍 76.5 ~ 105.9 (93.8) %，重複分析相對差異百分比範圍 0.00 ~ 18.3 (7.72) %，添加回收率範圍 76.7 ~ 107.0 (94.3) %；重金屬檢測，標準參考樣品回收率範圍 88.2 ~ 109.8 (98.9) %，重複分析相對差異百分比範圍 0.00 ~ 6.60 (2.16) %，添加回收率範圍 86.6 ~ 109 (97.3) %。表 3 為濕地底泥樣品品管數據，皆符合方法管制目標。

濕地魚貝類汞、甲基汞檢測，標準參考樣品回收率範圍 85.8 ~ 109.3 (96.3) %，重複分析相對差異百分比範圍 0.10 ~ 10.9 (4.92) %，添加回收率範圍 83.5 ~ 108.9 (98.4) %；重金屬檢測，標準參考樣品回收率範圍 75.2 ~ 112.6 (94.0) %，重複分析相對差異百分比範圍 0 ~ 9.13 (2.65) %，添加回收率範圍 82.1 ~ 113.7 (98.2) %。表 4 為濕地魚貝類檢測品管數據，亦皆符合方法管制目標。

## (二)真實樣品分析

### 1. 汞及甲基汞

為了解環境中總汞與甲基汞的濃度分布狀況，本研究將水樣 36 件、底泥 36 件、魚貝類 21 件之分析結果進行統計，其總汞與甲基汞的濃度範圍如表 8 所示。依據衛生署公告之水產動物類衛生標準<sup>30</sup>，甲基汞濃度除掠食性魚類為 1000 µg/kg 以上外，其他魚類、貝類、頭足類（去除內臟）、甲殼類，均為 500 µg/kg 以下，故本研究之樣品，均符合管制標準。濕地魚貝類中甲基汞濃度約為總汞濃度的 5.04 ~ 99.6%，平均 39.8% (表 5)；。從本結果之生物樣品中，甲基汞的濃度與總汞的濃度之間比例和 Brumbaugh<sup>16</sup> 的研究比較可發現，其比值似乎較 Brumbaugh<sup>16</sup> 的研究偏低。濕地底泥中甲基汞濃度約為總汞濃度的 0.018 ~ 0.380% 平均 0.116%；此結果的甲基汞濃度與總汞濃度比值亦不和 Brumbaugh<sup>16</sup> 的研究。本研究之水體甲基汞濃度與總汞濃度之間的比例如表 5 所示。濕地水中甲基汞濃度約為總汞濃度的 0.09 ~ 9.17 % 平均 1.37 %。由此結果和 Boszke<sup>13</sup> 的研究比較，甲基汞濃度與總汞濃度比例似乎偏低。

由 Frech<sup>11</sup> 等人的研究發現，即使是極低濃度的汞也能夠被累積於生物體中甚至超過食物之閾值，故對檢測數據加以整理評析，以瞭解其間是否有相關性，將兩次採樣之甲基汞及總汞濃度的平均值，以地區及環境基質分別來探究其關係，其結果如圖 1 至圖 5。

整體而言，各地區總汞之濃度為均為底泥較魚貝類高，而魚貝類較水體高，各地區各環境基質之比值均為魚貝類與水質之總汞比值較其他類別基質之比值為大；各地區甲基汞之濃度為魚貝類較底泥高，而底泥較水體高之比例為 99%，各地區各環境基質比值其中為魚貝類與底泥之比值大於魚貝類與水質之比值，且魚貝類與水質之比值大於水質與底泥之比值的比例約為 63%。

### 2. 水質

本研究計畫採樣監測淡水河濕地八里側、淡水河濕地淡水側、高美濕地，分第一及第二季採樣共 36 件水樣，檢測項目為總汞、甲基汞、砷、鉛、鉻、銅、鋅、鎳、鐵、錳、鎘、鎘、鋇、鈾、鈾、鈾、鈾等金屬元素，檢測結果彙整於表 5-7。各元素測值總汞濃度範圍為 1.80 ~ 186 ng/L，平均值為 38.7 ng/L，甲基汞濃度範圍為 N.D ~ 0.920 ng/L，平均值為 0.192 ng/L，總砷濃度範圍為 2.13 ~ 27.9 µg/L，平均值為 5.74 µg/L，鉛濃度範圍為 0.348 ~ 22.1 µg/L，平均值為 6.48 µg/L，鉻濃度範圍為 0.375 ~ 121 µg/L，平均值為 10.9 µg/L，銅濃度範圍為 1.30 ~ 80.6 µg/L，平均值為 16.7 µg/L，鋅濃度範圍為 3.91 ~ 136 µg/L，平均值為 34.2 µg/L，鎳濃度範圍為 1.12 ~ 48.5 µg/L，平均值為 11.1 µg/L，鐵濃度範圍為 170 ~ 17700 µg/L，平均值為

4903 µg/L，錳濃度範圍為至 54.2~1190 µg/L，平均值為 310 µg/L，鎘濃度範圍為至 0.035~0.280 µg/L，平均值為 0.10 µg/L，鋇濃度範圍為至 8.53~68.4 µg/L，平均值為 33.8 µg/L，鉬濃度範圍為至 0.333~11.4 µg/L，平均值為 3.14 µg/L，銻濃度範圍為至 0.080~1.97 µg/L，平均值為 0.78 µg/L，硒濃度範圍為至 0.100~29.8 µg/L，平均值為 8.15 µg/L。

淡水河口濕地調查之測站包括八里側之觀音坑橋，成蘆橋下，關渡宮對岸，關渡橋下，關渡橋上游一公里，八里左岸渡船頭，及淡水側之挖子尾保護區(1)，挖子尾保護區(2)，關渡宮，關渡碼頭，竹圍碼頭，紅樹林捷運站等 12 站，除了錳測值(108~1190 µg/L)，大於地面水體水質標準 50 µg/L，銅測值第一季之(成蘆橋下=60.2，關渡橋下=80.6，八里左岸渡船頭=31.1，挖子尾保護區(1)(2)之 68,50.4)，大於地面水體水質標準 30 µg/L 外，各元素測值遠低於地面水體水質標準，兩次採樣各元素，以第一季五月較第二季九月測值較高。

高美濕地調查之測站包括、二號海堤、濱海橋下、風力發電廠風扇附近、番仔寮海堤(1)、番仔寮海堤(2)、大甲溪出海口等 6 站，除了錳測值(54.2~981 µg/L)，大於地面水體水質標準 50 µg/L 外，各元素測值遠低於地面水體水質標準，且兩次採樣各元素差異不大。

金屬元素分類，錳有 36 個測值大於「地面水體水質標準」之限值 50 µg/L；銅有 6 測值大於「地面水體水質標準」30 µg/L，錳偏高大多是地質之影響，銅偏高可能來源是附近之工廠污染排放，其餘各元素測值遠低於地面水體水質標準。且以第一季五月較第二季九月測值較高。銅測較高分布於淡水河濕地兩側之第一季。

### 3. 底泥

底泥(土壤)重金屬第一及第二季採樣共 36 件，檢測項目為總汞、甲基汞、砷、鉛、鉻、鎘、銅、鋅、鎳、等金屬元素，檢測結果彙整於表 5,6,8，以乾機為基礎。各元素測值總汞濃度範圍為 26.0~360 µg/kg，平均值為 142 µg/kg，甲基汞濃度範圍為 N.D~0.409 µg/kg，平均值為 0.104 µg/kg，總砷濃度範圍為 5.86~14.2 mg/kg，平均值為 9.01 mg/kg，鉛濃度範圍為 12.5~49.5 mg/kg，平均值為 27.5 mg/kg，鉻濃度範圍為 16.3~298 mg/kg，平均值為 55.3 mg/kg，鎘濃度範圍為 0.170~0.950 mg/kg，平均值為 0.472 mg/kg，銅濃度範圍為 9.12~322 mg/kg，平均值為 75.4 mg/kg，鋅濃度範圍為 48.0~501 mg/kg，平均值為 163 mg/kg，鎳濃度範圍為 14.7~85.8 mg/kg，平均值為 36.3 mg/kg。

淡水河河口濕地，除銅測值第一季之(關渡橋下=116 mg/kg，挖子尾保護區(2)=213 mg/kg，關渡宮=133 mg/kg，關渡碼頭=302 mg/kg)及第二季之(觀音坑橋=228 mg/kg)，關渡宮=168 mg/kg) 6 個測值大於參考值 108 mg/kg 外，另鋅測值第一季之(關渡碼頭=501 mg/kg，竹圍碼頭=271 mg/kg) 第二季之(觀音坑橋下=476 mg/kg 關渡宮=325 mg/kg) 4 個測值大於參考值 271 mg/kg 外，另鎳測值第一季之(成蘆橋下=59.3 mg/kg，關渡橋下=46.6 mg/kg，挖子尾保護區(2)=50.6 mg/kg，關渡宮=52.2 mg/kg，關渡碼頭=85.8 mg/kg，竹圍碼頭=56.5 mg/kg)，第二季之(觀音坑橋=62.7 mg/kg，成蘆橋下=56.5 mg/kg，關渡橋下=44.3 mg/kg，關渡橋上游一公里=48.8，關渡宮=59.9 mg/kg) 11 個測值大於參考值 42.8 mg/kg 外，其餘數值均小於參考值。銅及鎳都屬電子及電鍍相關產業之排放污染物，鋅則是電池及電鍍相關產業之污染物。

高美濕地，除鉻測值第一季之(大甲溪出海口=298 mg/kg) 大於參考值 160 mg/kg 外，其餘數值均小於參考值。此處因為大甲溪之匯流處可能是因為大甲溪的緣故。

以金屬元素分類，鉻有 1 個底泥樣品測值大於參考值 160 mg/kg、銅有 6 個底泥樣品測值大於參考值 108 mg/kg、鋅有 4 個底泥樣品測值大於參考值 271 mg/kg、鎳有 11 個底泥樣

品測值大於參考值 42.8 mg/kg，超過參考值之比例為 6.7%其他各元素測值均小於參考值。整體而言，五月採樣分析值與九月分析值以五月之數值較高，高美濕地較淡水河河口濕地底泥土壤各金屬元素測值明顯低於參考值。

#### 4. 魚貝類

魚貝重金屬第一及第二季採樣共 21 件，檢測項目為總汞、甲基汞、砷、鉛、鉻、鎘、銅、鋅、鎳等金屬元素，依國人食用習慣與比較金屬蓄積之考量，分別針對生物體肌肉、內臟或全部作為取樣分析之依據。檢測結果彙整於表 5、6、9，以濕機為基礎，並將衛生署公告之水產衛生標準<sup>34</sup>列於表中、表中將大於標準值之測值以粗體顯。各元素測值總汞濃度範圍為 5.00 ~ 58.0 µg/kg，平均值為 22.2µg/kg，甲基汞濃度範圍為 1.05 ~ 40.9 µg/kg，平均值為 8.51 µg/kg，總砷濃度範圍為 1.10 ~ 47.8 mg/kg，平均值為 19.4 mg/kg，鉛濃度範圍為 0.002 ~ 0.867 mg/kg，平均值為 0.081 mg/kg，鉻濃度範圍為 0.001 ~ 4.66 mg/kg，平均值為 0.327 mg/kg，鎘濃度範圍為 0.001 ~ 0.003 mg/kg，平均值為 0.001 mg/kg，銅濃度範圍為 0.204 ~ 20.9 mg/kg，平均值為 1.42 mg/kg，鋅濃度範圍為 2.87 ~ 45.4 mg/kg，平均值為 10.4 mg/kg，鎳濃度範圍為 0.021 ~ 2.41 mg/kg，平均值為 0.179 mg/kg。

淡水河口濕地，除第一季採樣之螃蟹肉(銅=20.9 mg/kg，鋅=45.4 mg/kg) 測值較高，高美濕地第二季採樣之大鱗鰻魚肉(鉛=0.061 mg/kg，鉻=4.66 mg/kg，銅=1.57 mg/kg，鋅=18.7 mg/kg，鎳=2.41 mg/kg 測值較高，其餘金屬均無異常偏高現象。

以金屬元素分類，魚貝類樣品各元素測值遠低於水產衛生標準。

### 四、結論

(一)本研究建立完成土壤底泥及魚貝類中甲基汞之檢測技術。

- 1.除完成土壤底泥甲基汞檢測技術建立之外，並將用以驗證「土壤底泥甲基汞檢測方法—溶劑萃取/液相乙基化/吹氣捕捉/冷蒸氣原子螢光光譜法」，以配合將來公告方法之驗證需求。
- 2.除完成魚貝類甲基汞檢測技術建立之外，並將用以驗證「魚貝類甲基汞檢測方法—鹼性消化/液相乙基化/吹氣捕捉/冷蒸氣原子螢光光譜法」，以配合將來公告方法之驗證需求。

(二)本研究「淡水河紅樹林濕地及高美濕地重金屬及甲基汞調查」共完成水樣 36 件、土壤底泥 36 件及魚貝類 21 件之檢測分析，分析結果如表 5 及表 6 所示。分述如下：

- 1.水質調查結果：總汞濃度 1.80~186 ng/L，甲基汞濃度 0.02~0.92 ng/L，金屬元素濃度除錳 (54.2~1190 µg/L) 與銅 (1.3 ~ 80.6 µg/L) 較高外，其餘各元素測值遠低於「地面水體水質標準」。
- 2.底泥土壤調查結果：總汞濃度 26~360 µg/kg，甲基汞濃度 0.08~0.409 µg/kg。金屬元素濃度除鉻(16.3~298 mg/kg)、銅(9.12~302 mg/kg)、鋅(48.0~501 mg/kg)、鎳(14.7~85.8 mg/kg)之濃度較高外，其餘各元素測值皆小於參考值(美國 1997 底泥污染評估所採用之可能危害值 (Probable effects levels, PEL))。
- 3.魚貝類調查結果：總汞濃度 5.00 ~ 58.0 µg/kg，甲基汞濃度 1.05 ~ 40.9 µg/kg，遠低於我



國衛生標準 500 µg/kg，金屬元素測值皆遠低於水產衛生標準。

## 五、誌謝

承蒙署土污基管會洪豪駿博士、本所第五組蔡志賢，顏榮華，協助採樣使本計畫得以順利執行，謹此表示謝忱。

## 參考文獻

1. 台灣濕地保護聯盟網站 <http://www.wetland.org.tw>，濕地簡介。
2. 內政部營建署網站/國家重要濕地，  
[http://www.wetland.org.tw/project/wetlands\\_TW/index.php](http://www.wetland.org.tw/project/wetlands_TW/index.php)。
3. Florence, T.M., 1986, Electrochemical approaches to trace element speciation in water, *Analyst*, 111:489-505。
4. Sunda, W. G., and R.R L. Guillaed, 1976, The relationship between cupric activity and the toxicity of copper to phytoplankton, *J.Mar.Res.*, 34 : 511-529.
5. Anderson, D.M., and F.M.M. Morel, 1978. Copper sensitivity of *Gonyaulax tamarensis*, *Limnol.Oceanogr.*, 23 : 283-295.
6. Sunda, W. G., D.W. Engel, and R.M. Thuotte, 1978. Effect of chemical speciation on toxicity of cadmium. To grass shrimp, *Palaemonetes pugio* : importance of free cadmium ion, *Environ.Sci.Tech.*, 12 : 409-413.
7. Andrew, R. W., K. E. Biesinger, and G. E. Glass, 1977. Effects of inorganic complexing on the toxicity of copper to *Daphnia magna*, *Wat. Res.*, 11 : 309-315.
8. Jackson, G. A., and J.J. Morgan, 1978. Trace metal-chelator interactions and phytoplankton growth in seawater media : Theoretical analysis and comparison with reported observations, *LIMNOL.Oceanog.*, 23 : 268-282.
9. Jonnalagadda S.B. and P.V.V. Prasad RAO., 1993. Toxicity bioavailability and metal speciation. *Comp.Biochem.Physiol.* 106C(3) : 585-595.
10. Matsunaga, K., 1975. Concentration of mercury by three species of fish from Japanese rivers. *Nature*, 257, 49-50.
11. Lambertsson, L., Lundberg, E., Nilsson, E., Frech, W., 2001. Applications of enriched stable isotope tracers in combination with isotope dilution GC-ICP-MS to study mercury species transformation in sea sediments during in situ ethylation and determination. *J. Anal. At. Spectrom*, 16, 1296-1301.
12. U.S. EPA. 1997c. United States Environmental Protection Agency. Mercury Study Report to Congress. Vol. III. An Assessment of Exposure to Mercury in the United States. U.S. Environmental Protection Agency. December, 1997.
13. L. Boszke, G. Głosińska, J. Siepak. 2002. Some Aspects of Speciation of Mercury in a Water Environment. *Polish J. of Environ. Studies* Vol. 11, No. 4, 285-298.



14. Krabbenhoft, et.al. 1999, A national pilot study of mercury contamination of aquatic ecosystems along multiple gradients, in Morganwalp, : U.S. Geological Survey water-Resource Investigations Report 99-4018-B, 147-160.
15. Wiener, J.G., et al., 2003. Ecotoxicology of mercury, chapter 16 in Hoffman, D.J., Rattner, B.A., Burton, Jr., G.A., and Cairns ,Jr., J., eds., Handbook of Ecotoxicology, (2d ed): Boca Raton, Fla., CRC Press, 407-461.
16. Brumbaugh, W.G. et.al., 2001. A national pilot study of mercury contamination of aquatic ecosystems along multiple gradients–Bioaccumulation in fish : U.S. Geological Survey Biological Science Report USGS/BRD/BRS-2001-009, 25p.
17. Gilmour, C.C., et al., 1998, Methyl mercury concentrations and production rates across a trophic gradient in the northern everglades : Biogeochemistry, Vol. 40, 327-345
18. Benoit, et al. 2003, Geochemical and biological controls over methyl mercury production and degradation in aquatic ecosystems, in Y., Chai eds., Biogeochemistry of environmentally important trace elements-ACS Symposium Series #835 : Washington , D.C., ACS, 262-297.
19. U.S.EPA, 2001. Method 1630.
20. BRL Procedure for EPA Method 1630, 2005, SOP-BR-0011,.
21. John F. DeWild, Shane D. Olund, Mark L. Olson, and Michael T. Tate, USGS, 2004, Methods for the Preparation and Analysis of Solids and Suspended Solids for Methylmercury, Techniques and Methods 5 A–7.
22. 行政院環保署公告標準檢測方法：NIEA W540.50B
23. 行政院環保署公告標準檢測方法：NIEA W331.50B
24. 郭季華、劉鎮山、陳明泥、翁英明，2008。「使用具碰撞反應室 ICP-MS 快速直測海水中微量重金屬。」環境檢驗所環境調查研究年報 15，P144-159。
25. 行政院環保署環境檢驗所，民國 98 年 12 月。自行研究計畫： 環境基質中甲基汞檢測技術研究。
26. 環保署公告標準檢測方法：NIEA S310.62C。
27. 行政院環保署公告標準檢測方法：NIEA M317.01C。
28. 行政院環保署公告標準檢測方法：NIEA S321.63B。
29. 行政院環保署公告標準檢測方法：NIEA C303.01T。
30. 行政院衛生署網站，<http://dohlaw.doh.gov.tw/Chi/NewsContent.asp?msgid=262>。

表1 本計畫各檢測項目偵測極限

基質/項目	水體( $\mu\text{g/L}$ )	底泥( $\text{mg/Kg}$ )(dry wt.)	魚貝類( $\text{mg/Kg}$ )(wet/wt.)
As	0.013	0.54	0.001
Cd	0.007	0.09	0.003
Cr	0.007	0.45	0.001
Cu	0.016	0.33	0.001
Ni	0.011	1.32	0.001
Pb	0.003	1.09	0.002
Zn	0.020	5.1	0.001
Hg	0.00019	0.022	0.022
MM-Hg	0.00002	0.00002	0.0015
Fe	0.018		
Mn	0.008		
Ba	0.012		
Se	0.02		
Sb	0.004		
Mo	0.033		
Ag	0.021		
Ga	0.011		
Tl	0.009		
In	0.005		

表 2 水質樣品重金屬檢測品保品管數據

分析項目	查核樣品分析 回收率(%)	重複樣品分析 相對差異百分比(%)	添加樣品分析 回收率(%)
Cr	90.9 ~95.3 (93.3)	0.86 ~2.62 (1.94)	92.1 ~105(97.7)
Ba	90.6 ~ 99.7 (95.1)	1.75 ~9.59 (4.05)	86.1 ~107 (97.3)
Mn	91.7 ~98.4 ( 95.0)	1.11 ~ 4.69 (2.31)	78.6 ~102 (92.4)
Fe	92.8 ~95.2 (94.1)	0.21 ~ 7.85 (2.25)	92.8 ~ 95.2 (94.1)
Zn	91.5 ~99.9 (94.0)	0.10 ~ 8.84 (4.46)	79.3 ~ 105(92.8)
Ni	93.6 ~ 96.5 (95.2)	0.55 ~ 2.65 (1.61)	90.0 ~101 (95.0)
Cu	94.8 ~ 96.7 (95.7)	0.02 ~ 2.67(1.33)	88.1~ 103(94.8)
Pb	93.9 ~ 98.1 ( 98.1)	0.19 ~ 1.77 (1.31)	89.0 ~ 101 ( 96.4)
As	94.6 ~ 96.5 ( 95.7)	0.35 ~ 6.35(2.97)	91.9 ~103 (99.4)
Ag	93.6 ~ 97.0 (95.7)	0.33 ~ 12.1 (3.49)	86.9 ~99.3 (91.6)
Cd	92.9 ~96.1 (94.8)	0.30 ~ 2.05 (1.11)	83.4 ~ 99.4(91.8)
Ga	93.1 ~ 97.5 (95.2)	0.14 ~ 3.34 (1.36)	87.5 ~102(94.6)
In	92.9 ~ 95.3 (94.3)	0.08 ~3.59 ( 1.44)	84.0 ~98.5(94.0)
Mo	93.7 ~ 97.3 (95.4)	0.22 ~ 6.87 ( 2.25)	92.8 ~106 (97.7)
Sb	92.3 ~ 95.2 (93.7)	0.77 ~ 2.87 ( 1.82)	94.4 ~101(97.4)
Se	93.3 ~101 (97.2)	0.10 ~ 6.97 ( 2.75)	83.3~96.7 (94.2)
Tl	93.1 ~ 100 (96.4)	0.27~ 6.25 ( 2.15)	88.9~102 (96.3)
MM-Hg	82.4 ~ 101 (94.3)	1.70~ 11.7 ( 6.95)	86.4~107 (94.7)
T-Hg	94.0 ~ 106 (100)	1.06~ 5.40 ( 2.44)	88.5~108 (100)

註：括號內為平均值

表 3 底泥樣品重金屬檢測品保品管數據

分析項目	標準參考樣品	標準參考樣品分析	重複樣品分析	添加樣品分析
	確認值(mg/kg)	回收率(%)	相對差異百分比(%)	回收率(%)
Cd	35.6	95.5~107(100.1)	0.80~6.60(3.37)	90.6~99.9(95.9)
Cr	30.7	90.6~104(96.0)	0.30~2.60(1.47)	86.6~109(98.8)
Cu	44.2	88.2~104(95.6)	0.70~3.30(2.27)	91.5~ 99.4(95.0)
Ni	28.6	99.7~110(103.0)	1.20~2.30(1.77)	91.6~108(100)
Pb	82.6	96.2~105(101.4)	0.80~3.61(2.15)	93.6~104(98.8)
Zn	89	98.2~109(102.3)	0.80~6.10(2.53)	95.4~102(98.6)
As	13.2	90.2 ~ 97.7(94.2)	0.00~3.00(1.57)	91.1~99.2(94.4)
Hg	1.2	97.5~105(100.6)	0.00~8.90(2.75)	89.6~107(98.1)
MM-Hg	0.075	76.5 ~ 93.5 (86.9)	6.65 ~18.3 (12.6)	76.7 ~ 98.5 (90.5)

註 1 : 標準參考樣品 : As, Hg 為LGC6141 ; MM-Hg 為 ERM-CC580 ; 其餘重金屬 CRM052-050。

註 2 : 括號內為平均值

表 4 魚貝類樣品重金屬檢測品保品管數據

分析項目	標準參考樣品	標準參考樣品分析	重複樣品分析	添加樣品分析
	確認值(mg/kg)	回收率(%)	相對差異百分比(%)	回收率(%)
Cd	20.8	85.1 ~103 (88.4)	0.50 ~ 6.10 (2.09)	86.7 ~110(100.5)
Cr	0.37	89.1 ~112 (99.1)	0.30 ~ 9.10 (3.94)	88.6 ~106 (96.7)
Cu	25.8	83.0 ~99.2 (90.3)	0.30 ~ 6.20 (3.23)	90.1 ~106 (98.1 )
Ni	0.20	93.8 ~ 101 (95.5)	0.80 ~ 6.90 (2.47)	88.6 ~114 (95.0)
Pb	0.22	102 ~ 113 (107 )	0.90 ~5.80 (3.00)	93.8 ~113 (106)
Zn	0.608	86.4~ 98.1 (94.1)	0.40 ~4.20 (1.94)	86.4 ~98.1(94.1)
As	85.8	75.2 ~107 (84.1)	0.00 ~5.90 (1.89)	82.1 ~111 (98.2 )
Hg	16.6	85.8 ~109 (99.3)	0.10 ~9.70 (3.26 )	92.8 ~109 (97.5)
MM-Hg	2.14	92.0 ~94.5 (93.3)	1.60~10.9 (6.48 )	83.5 ~108 (99.3)

註 1 : 標準參考樣品 : MM-Hg為Dogfish muscle-Trace element(NRCDORM-2) ; 其餘重金屬為 Dogfish liver-Trace element(NRCDOLT-2)

註 2 : 括號內為平均值

表 5 2010 年溼地環境中總汞與甲基汞濃度分布狀況

基質	總汞	甲基汞	甲基汞/總汞 (%)	樣品數
水質 (ng/L)	1.80 ~ 186 (38.7)	0.02 ~ 0.92 (0.192)	0.09~9.17 (1.37)	36
土壤底泥 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	26 ~ 360 (142)	0.08 ~ 0.409 (0.104)	0.018~0.308 (0.116)	36
魚貝類 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	5.00 ~ 58.0 (22.2)	1.05 ~ 40.9 (8.51)	5.04~99.6 (39.8)	21

註：括號內為平均值

表 6 2010 年溼地環境中重金屬濃度分布狀況

基質/分析項目	水質 ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	土壤底泥 (mg/kg)	魚貝類 (mg/kg)
As	2.13 ~ 27.9 (5.74)	5.86 ~ 14.2 (9.01)	1.10 ~ 4.78 (1.34)
Pb	0.348 ~ 22.1 (6.48)	12.5 ~ 49.5(27.5)	0.002 ~ 0.214(0.043)
Cr	0.375 ~ 121 (10.9)	16.3 ~ 298 (55.3)	0.001 ~ 4.66 (0.327)
Cd	0.035 ~ 0.180 (0.100)	0.170 ~ 0.950 (0.472)	0.001~ 0.003 (0.001)
Cu	1.30 ~ 80.6 (16.7)	9.12 ~ 302 (75.4)	0.204 ~ 20.9 (1.42)
Zn	3.91 ~ 302 (34.2)	48.0 ~ 501(163)	2.87 ~ 45.4 (10.4)
Ni	1.12 ~48.5 (11.1)	14.7 ~ 85.8 (36.3)	0.021 ~ 2.41 (0.179)
Ba	8.53 ~ 68.4 (33.8)		
Mn	54.2 ~ 1190 (310)		
Fe	170~17700 (4903)		
Ag	0.105~0.480(0.295)		
Sb	0.080~1.97(0.783)		
Se	0.10~29.8(8.15)		
Ga	0.055 ~ 4.99 (1.21)		
In	0.025 ~ 0.200 (0.070)		
Mo	0.330 ~ 11.4 (3.14)		
Tl	0.011 ~ 1.59 (0.181)		

註：括號內為平均值

表 7 2010年 濕地水質檢測結果

地點 分析項目	淡水河八里側		淡水河淡水側		高美溼地	
	第一季	第二季	第一季	第二季	第一季	第二季
Hg (ng/L)	19.4~154 (61.9)	6.50~90.6 (28.6)	7.8~186 (100)	2.60~88.8 (26.8)	1.68~9.00 (6.62)	1.68~9.0 (3.62)
MM-Hg(ng/L)	0.040~0.635 (0.258)	0.020~0.289 (0.097)	0.090~0.920 (0.467)	0.024~0.231(0.080)	0.066~0.170 (0.124)	0.066~0.124 (0.048)
As ( $\mu$ g/L)	3.95~10.2 (6.05)	3.17~4.37 (3.80)	2.98~13.1 (9.08)	2.88~4.55 (3.49)	2.53~8.56 (5.35)	3.11~16.0 (6.69)
Pb ( $\mu$ g/L)	1.16~22.1 (8.90)	1.61~20.8 (6.29)	2.10~21.8 (9.34)	0.73~17.7 (5.13)	0.348~9.14 (3.80)	1.12~15.9 (5.43)
Cr ( $\mu$ g/L)	3.34~39.5 (17.8)	2.16~10.6 (4.82)	2.99~121 (33.8)	0.894~8.73 (3.44)	0.375~5.36 (2.47)	0.579~8.72 (3.36)
Cu ( $\mu$ g/L)	9.61~80.6 (35.7)	3.42~22.0 (8.54)	8.64~68.6 (39.4)	1.30~17.9 (6.88)	1.87~7.20 (3.98)	1.96~12.7 (5.49)
Zn ( $\mu$ g/L)	21.2~136 (76.5)	8.44~71.7 (24.5)	22.5~109 (56.4)	5.07~58.4 (20.0)	3.91~23.6 (12.5)	4.28~36.4 (15.1)
Ni ( $\mu$ g/L)	13.4~48.5 (25.1)	5.17~15.8 (7.88)	2.44~29.1 (18.3)	5.55~13.5 (7.51)	1.12~6.12 (3.39)	1.43~10.9 (4.42)
Fe ( $\mu$ g/L)	946~17700 (7101)	1180~13300 (4335)	3470~16500 (8157)	444~11300 (3378)	170~6220 (2724)	811~10600 (3725)
Mn ( $\mu$ g/L)	108~367 (221)	216~393 (264)	193~1190 (488)	204~369 (250)	155~503 (274)	54.2~981 (362)
Cd ( $\mu$ g/L)	0.140~0.140 (0.140)	0.070~0.0070 (0.070)	0.140~0.140 (0.140)	0.070~0.125 (0.082)	0.035~0.035 (0.035)	0.035~0.280 (0.134)
Ba ( $\mu$ g/L)	16.4~46.2 (27.3)	43.0~55.9 (49.2)	33.7~68.4 (48.5)	35.4~53.6 (43.5)	8.53~20.2 (16.1)	13.1~26.9 (18.3)
Mo ( $\mu$ g/L)	0.660~5.03 (3.33)	0.330~2.42 (1.12)	0.660~3.93 (2.71)	0.330~2.71 (1.68)	1.11~4.81 (2.78)	1.94~11.4 (7.00)
Sb ( $\mu$ g/L)	0.080~12.0 (2.32)	0.280~0.662 (0.521)	0.080~0.666 (0.196)	0.267~0.612 (0.512)	0.139~1.97 (0.724)	0.178~0.691 (0.422)
Se ( $\mu$ g/L)	2.84~29.8 (18.2)	0.200~0.200 (0.200)	5.43~31.8 (23.6)	0.200~0.200 (0.200)	0.100~8.06 (4.97)	0.348~3.87 (1.72)
Ag ( $\mu$ g/L)	0.420~0.420 (0.420)	0.210~0.210 (0.210)	0.420~0.420 (0.420)	0.210~0.210 (0.210)	0.105~0.105 (0.105)	0.105~0.840 (0.403)
Ga ( $\mu$ g/L)	0.424~4.99 (2.38)	0.218~2.50 (0.921)	0.594~3.83 (2.40)	0.110~1.68 (0.588)	0.128~1.20 (0.550)	0.05~0.648 (0.333)
Tl ( $\mu$ g/L)	0.180~0.180 (0.180)	0.090~0.164 (0.109)	0.180~0.180 (0.180)	0.090~0.170 (0.104)	0.011~0.282 (0.114)	0.045~1.59 (0.399)
In ( $\mu$ g/L)	0.100~0.100 (0.100)	0.050~0.050 (0.050)	0.100~0.100 (0.100)	0.050~0.050 (0.050)	0.025~0.025 (0.025)	0.025~0.200 (0.096)

註1: 第一季5月採樣; 第二季9月採樣

註2: 括號內為平均值

表 8 2010年濕地土壤與底泥檢測結果

地點(dry wt.) 分析項目	淡水河八里側		淡水河淡水側		高美溼地	
	第一季	第二季	第一季	第二季	第一季	第二季
Hg ( $\mu$ g/Kg)	159~307 (233)	77.0~221(170)	125~520(313)	77.0~435(174)	26.0~60.0(46.3)	26.0~93.0(37.2)
MM-Hg( $\mu$ g/Kg)	0.080~0.080 (0.080)	0.080~0.08(0.080)	0.105~0.409(0.221)	0.080~0.080(0.080)	0.080~0.086(0.081)	0.080~0.080(0.080)
As (mg/Kg)	5.86~10.4 (8.87)	7.42~10.7(8.50)	6.7~14.2(10.5)	6.46~13.9(9.43)	6.61~9.40(8.30)	6.46~11.2(8.42)
Pb (mg/Kg)	24.9~35.1 (30.7)	22.9~42.5(31.3)	33.0~48.1(38.4)	19.2~49.5(28.8)	12.5~23.1(17.5)	14.4~25.9(18.3)
Cr (mg/Kg)	43.9~74.4 (58.0)	33.6~82.0(62.9)	44.1~136(84.0)	12.6~18.9(47.4)	13.0~298(64.8)	34.9~78.6(14.9)
Cd (mg/Kg)	0.380~0.860 (0.582)	0.419~0.650(0.533)	0.550~0.940(0.724)	0.320~0.950(0.508)	0.190~0.340(0.270)	0.170~0.370(0.257)
Cu (mg/Kg)	57.7~116 (84.4)	52.3~228(110)	85.4~302(156)	32.9~168(76.0)	6.07~15.6(12.1)	9.60~21.6(14.2)
Zn (mg/Kg)	130~214 (175)	123~476(228)	165~501(266)	101~325(169)	48.0~82.7(67.1)	67.2~112(74.3)
Ni (mg/Kg)	33.7~59.3 (43.1)	32.6~62.7(47.3)	31.0~85.8(52.2)	29.9~60.0(38.7)	14.7~21.7(17.2)	14.7~21.7(17.2)

註1: 第一季5月採樣; 第二季9月採樣

註2: 括號內為平均值

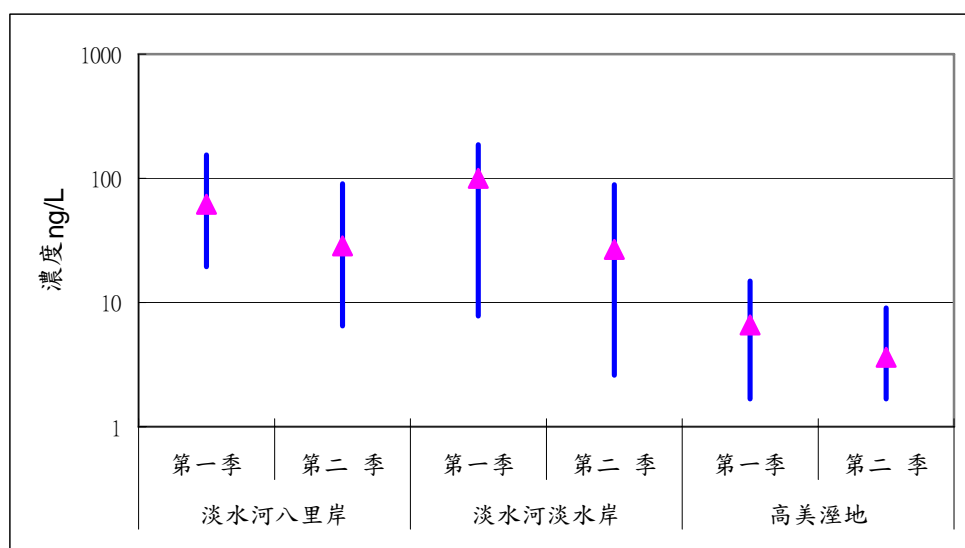


表 9 2010 年溼地魚貝類樣品檢測結果

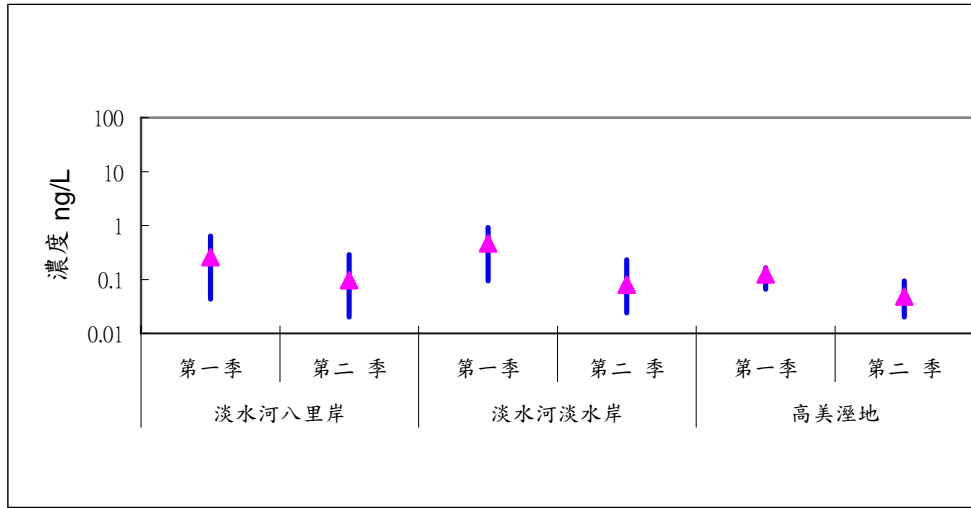
地點(wet wt.) 分析項目	淡水河濕地		高美濕地
	第一季	第二季	第二季
Hg ( $\mu\text{g/Kg}$ )	9.00 ~ 55.0 (25.6)	5.00 ~ 48.0 (17.5)	19.0 ~ 58.0 (29.8)
MM-Hg( $\mu\text{g/Kg}$ )	3.31 ~ 40.9 (16.2)	1.31 ~25.9 (6.03)	1.05 ~ 8.98 (5.81)
As (mg/Kg)	1.10 ~ 4.78 (2.05)	0.28 ~ 3.01(1.25)	0.14 ~ 2.42 (0.831)
Pb (mg/Kg)	0.002 ~ 0.214 (0.064)	0.008 ~ 0.048 (0.018)	0.032 ~ 0.199(0.075)
Cr (mg/Kg)	0.001 ~ 0.108 (0.055)	0.032 ~ 0.100 (0.063)	0.088 ~ 4.66(1.179)
Cd (mg/Kg)	0.003 ~ 0.003 (0.003)	0.001 ~ 0.001 (0.001)	0.001 ~ 0.001(0.001)
Cu (mg/Kg)	0.239 ~ 20.9 (4.50)	0.204 ~ 0.468 (0.314)	0.487 ~ 1.57(0.780)
Zn (mg/Kg)	4.84 ~ 45.4 (15.0)	2.87 ~ 13.5 (6.34)	9.00 ~ 24.0 (14.8)
Ni (mg/Kg)	0.040 ~ 0.132 (0.070)	0.021 ~ 0.099(0.048)	0.047 ~ 2.41 (0.838)

註1: 第一季5月採樣; 第二季9月採樣

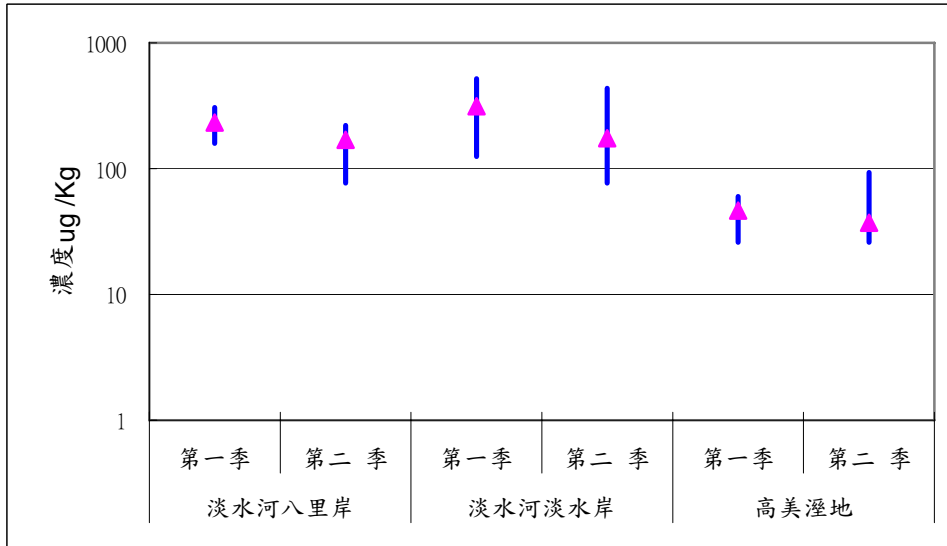
註2: 括號內為平均值



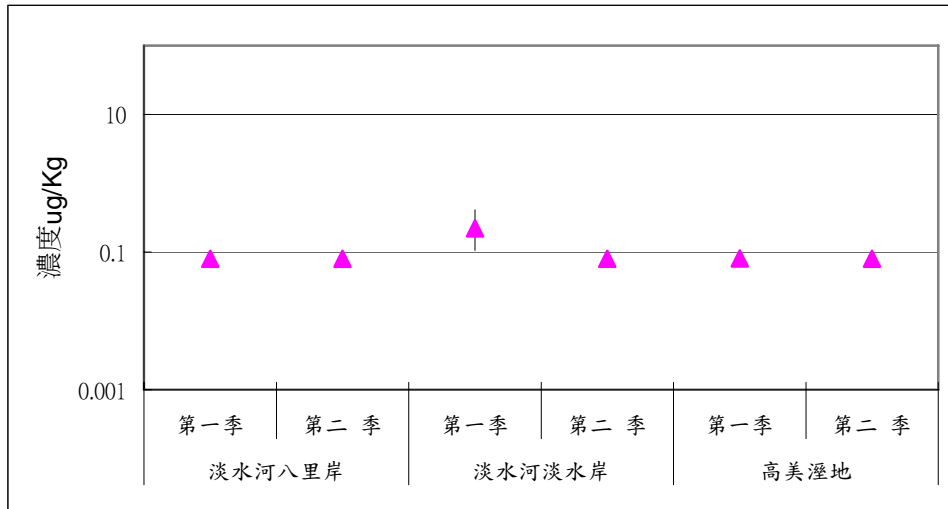
圖一 2010 年 濕地水質總汞濃度分布圖



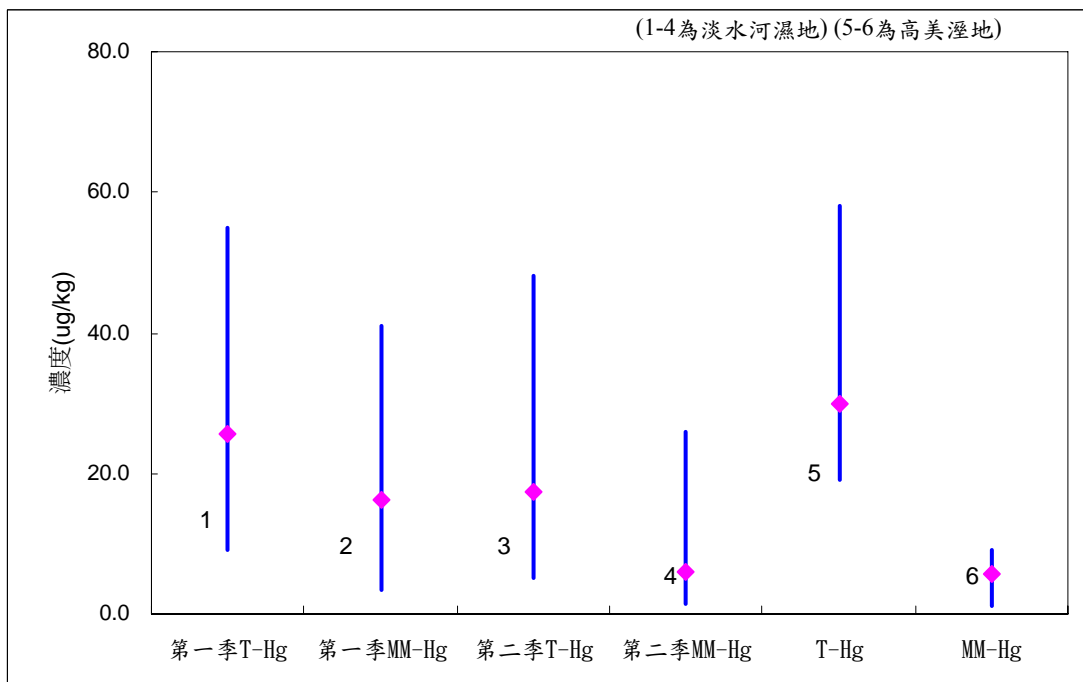
圖二 2010 年 濕地水質甲基汞濃度分布圖



圖三 2010 年 濕地底泥總汞濃度分布圖



圖四 2010 年 濕地底泥甲基汞濃度分布圖



圖五 2010 年 濕地魚貝類總汞及甲基汞濃度分布圖