

# 太魯閣國家公園重要水域生態系有機毒 物生物放大作用評估

受委託者：中華民國國家公園學會

研究主持人：柯風溪

太魯閣國家公園管理處委託計畫

中華民國 99 年 12 月

## 目次

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 目次                        | I   |
| 表次                        | III |
| 圖次                        | V   |
| 摘要                        | IX  |
| 第一章 緒論                    | 1   |
| 第一節 研究緣起與背景               | 1   |
| 第二節 研究目的                  | 2   |
| 第二章 文獻回顧                  | 3   |
| 第一節 高山環境中持久性有機污染物現況介紹     | 3   |
| 第二節 多環芳香烴                 | 4   |
| 第三節 有機氯農藥                 | 5   |
| 第三章 材料與方法                 | 7   |
| 第一節 採樣時間地點與樣品種類           | 7   |
| 第二節 研究方法                  | 10  |
| 第四章 結果與討論                 | 19  |
| 第一節 持久性有機污染物 (POPs) 之含量分析 | 19  |
| 第二節 多環芳香烴之組成與含量分析         | 21  |
| 第三節 有機氯農藥之組成與含量分析         | 57  |
| 第五章 結論與建議                 | 91  |

|        |     |
|--------|-----|
| 第一節 結論 | 91  |
| 第二節 建議 | 91  |
| 參考書目   | 95  |
| 附錄     | 101 |

## 表次

|       |                            |    |
|-------|----------------------------|----|
| 表 3-1 | 採樣時間與樣品種類 . . . . .        | 8  |
| 表 3-2 | 多環芳香烴之擬似標準品在不同樣品之回收率 .     | 14 |
| 表 3-3 | 多環芳香烴之偵測極限值 . . . . .      | 14 |
| 表 3-4 | 有機氯農藥之偵測極限值 . . . . .      | 15 |
| 表 3-5 | 多環芳香烴之標準回收率 . . . . .      | 16 |
| 表 3-6 | 有機氯農藥之標準回收率 . . . . .      | 17 |
| 表 4-1 | 各國河川湖泊之水與沈積物中多環芳香烴濃度 .     | 31 |
| 表 4-2 | 各樣區環境介質之總多環芳香烴含量分佈 . . . . | 89 |
| 表 4-3 | 各樣區環境介質之總有機氯農藥含量分佈 . . . . | 89 |



## 圖次

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| 圖 3-1 採樣地點 . . . . .                             | 7  |
| 圖 4-1 各月份、地點水中總多環芳香烴濃度比較 . . . .                 | 22 |
| 圖 4-2 水中多環芳香烴組成份分析 . . . . .                     | 23 |
| 圖 4-3 各月份、地點，沈積物總多環芳香烴濃度比較 . .                   | 26 |
| 圖 4-4 各月份、地點，沈積物中有機碳含量百分比 . . .                  | 27 |
| 圖 4-5 沈積物多環芳香烴之主成份分析 . . . . .                   | 28 |
| 圖 4-6 河流沈積物中多環芳香烴組成份分析 . . . . .                 | 29 |
| 圖 4-7 湖泊沈積物中多環芳香烴組成份分析 . . . . .                 | 30 |
| 圖 4-8 各月份、地點，浮游生物總多環芳香烴濃度比較 .                    | 33 |
| 圖 4-9 浮游生物中多環芳香烴組成份分析 . . . . .                  | 34 |
| 圖 4-10 各月份、地點，浮游生物總多環芳香烴濃度比較 .                   | 36 |
| 圖 4-11 藻類中多環芳香烴組成份分析 . . . . .                   | 37 |
| 圖 4-12 各月份、地點，水生昆蟲總多環芳香烴濃度比 . .                  | 39 |
| 圖 4-13 6 及 8 月份，不同種類水生昆蟲總多環芳香烴濃度<br>比較 . . . . . | 40 |
| 圖 4-14 水生昆蟲中多環芳香烴組成份分析 . . . . .                 | 41 |
| 圖 4-15 砂卡礫甲殼類總多環芳香烴濃度比較 . . . . .                | 43 |
| 圖 4-16 砂卡礫蝦在不同部位總多環芳香烴濃度比較 . . .                 | 43 |

|        |                       |    |
|--------|-----------------------|----|
| 圖 4-17 | 甲殼類中多環芳香烴組成份分析        | 44 |
| 圖 4-18 | 蝦體內不同部位多環芳香烴組成份分析     | 45 |
| 圖 4-19 | 盤古蟾蜍中總多環芳香烴濃度比較       | 47 |
| 圖 4-20 | 盤古蟾蜍蝌蚪中總多環芳香烴濃度比較     | 47 |
| 圖 4-21 | 盤古蟾蜍體型大小與多環芳香烴總濃度關係   | 48 |
| 圖 4-22 | 盤古蟾蜍不同部位多環芳香烴總濃度關係    | 48 |
| 圖 4-23 | 盤古蟾蜍多環芳香烴組成份分析        | 49 |
| 圖 4-24 | 盤古蟾蜍成蛙與蝌蚪多環芳香烴組成份分析   | 50 |
| 圖 4-25 | 盤古蟾蜍不同部位多環芳香烴組成份分析    | 51 |
| 圖 4-26 | 魚體中總多環芳香烴濃度比較         | 54 |
| 圖 4-27 | 不同魚種中其部位總多環芳香烴濃度比較    | 54 |
| 圖 4-28 | 魚體中多環芳香烴之主成份分析        | 55 |
| 圖 4-29 | 魚體多環芳香烴組成份分析          | 56 |
| 圖 4-30 | 各月份、地點，水中總有機氯農藥濃度比較   | 58 |
| 圖 4-31 | 水中有機氯農藥組成份分析          | 59 |
| 圖 4-32 | 各月份、地點，沈積物總有機氯農藥濃度比較  | 61 |
| 圖 4-33 | 河流沈積物中有機氯農藥組成份分       | 62 |
| 圖 4-34 | 湖泊沈積物中有機氯農藥組成份分析      | 63 |
| 圖 4-35 | 各月份、地點，浮游生物總有機氯農藥濃度比較 | 65 |

|        |                                        |    |
|--------|----------------------------------------|----|
| 圖 4-36 | 水生昆蟲中有機氯農藥組成份分析 . . . . .              | 66 |
| 圖 4-37 | 各月份、地點，藻類總有機氯農藥濃度比較 . .                | 68 |
| 圖 4-38 | 藻類中有機氯農藥組成份分析 . . . . .                | 69 |
| 圖 4-39 | 各月份、地點，水生昆蟲總有機氯農藥濃度比較                  | 71 |
| 圖 4-40 | 6及8月份，不同種類水生昆蟲總有機氯農藥濃度<br>比較 . . . . . | 72 |
| 圖 4-41 | 水生昆蟲中有機氯農藥組成份分析 . . . . .              | 73 |
| 圖 4-42 | 砂卡礑甲殼類總有機氯農藥濃度比較 . . . . .             | 75 |
| 圖 4-43 | 砂卡礑蝦在不同部位總有機氯農藥濃度比較 . .                | 75 |
| 圖 4-44 | 甲殼類中有機氯農藥組成份分析 . . . . .               | 76 |
| 圖 4-45 | 蝦體內不同部位有機氯農藥組成份分析 . . . . .            | 77 |
| 圖 4-46 | 盤古蟾蜍中總有機氯農藥濃度比較 . . . . .              | 79 |
| 圖 4-47 | 盤古蟾蜍蝌蚪中總有機氯農藥濃度比較 . . . . .            | 79 |
| 圖 4-48 | 盤古蟾蜍不同部位有機氯農藥總濃度關係 . . .               | 80 |
| 圖 4-49 | 盤古蟾蜍有機氯農藥組成份分析 . . . . .               | 81 |
| 圖 4-50 | 盤古蟾蜍成蛙與蝌蚪有機氯農藥組成份分析 . .                | 82 |
| 圖 4-51 | 盤古蟾蜍不同部位有機氯農藥組成份分析 . . .               | 83 |
| 圖 4-52 | 魚體中總有機氯農藥濃度比較 . . . . .                | 86 |
| 圖 4-53 | 不同魚種中其部位總有機氯農藥濃度比較 . . .               | 86 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 圖 4-54 魚體有機氯農藥組成份分析 | 87 |
|---------------------|----|

|                    |    |
|--------------------|----|
| 圖 5-1 多環芳香烴的生物累積情形 | 92 |
|--------------------|----|

|                    |    |
|--------------------|----|
| 圖 5-2 有機氯農藥的生物累積情形 | 93 |
|--------------------|----|

## 摘要

關鍵詞：持久性有機污染物、多環芳香烴、有機氯農藥、生物累積作用

### 一、研究緣起

持久性有機污染物 (Persistent Organic Pollutants; POPs) 因其不易被分解之持久性，隨氣流或水流長距離傳播，為全球性分佈污染物，更因其親脂性強，具生物累積性，當物質於生物體內之攝取儲存速度高於其代謝分解或排泄速度時，即造成生物累積，此類有機污染物更經由食物鏈累積於生物體內，經由不同吸收途徑，而可能形成生物放大 (Biomagnifications)。本計畫即針對此類持久性有機毒物，在太魯閣國家公園生態棲息地及生物的分佈與含量進行調查研究，並探討其可能對生態系之危害評估。

### 二、研究方法及過程

本計畫針對砂卡礑、蓮花池和西喀拉罕溪共計 3 個測站進行採樣，分別收集水、沈積物與生物樣品進行有機污染物含量分析比較。水體樣品以連續式採水儀搭配玻璃纖維濾紙與吸附劑 (XAD) 收集；沈積物取自此 3 個測站岸邊表層 5 公分底泥以及奇萊山區的水域底泥，以玻璃樣品瓶帶回；生物樣品則以活體或冷凍方式帶回實驗室。所有樣品皆以索氏或 ASE 萃取、淨化和濃縮後，以 GC/MS 分析多環芳香烴及有機氯農藥。

### 三、重要發現

本計畫以多環芳香烴 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs) 與有機氯農藥 (Organochlorine Pesticides, OCPs) 為主要代表性有機毒物，對湖泊及溪流兩種水域棲息地介質及水生生物進行調查。整體而言，在太魯閣地區各水生環境介質之 16 種 PAHs 總濃度範圍：水為 0.35~9.84 ng/L、岸邊表層沈積物為 1.38~

76.15 ng/g dw、浮游生物為 2.53~16.81 ng/g dw、藻類為 6.94~96.4 ng/g dw、水生昆蟲為 2.77~45.63 ng/g dw、螃蟹為 1.22~7.25 ng/g ww、蝦為 0.88~5.78 ng/g ww、魚類為 0.77~7.97 ng/g ww、兩棲類成蛙為 1.06~33.65 ng/g ww 及兩棲類蝌蚪為 5.97~18.83 ng/g ww。其中以湖泊型(蓮花池)環境棲息地及生物體內所測得 PAHs 總濃度高於溪流型環境(砂卡礑及西喀拉罕溪)。在太魯閣地區，各水域環境介質之 16 種有機氯農藥(OCPs)總濃度範圍：水為 0.05~2.23 ng/L、岸邊表層沈積物為 0.28~16.87 ng/g dw、浮游生物為 0.83~7.55 ng/g dw、藻類為 3.97~11.81 ng/g dw、水生昆蟲為 0.63~34.37 ng/g dw、螃蟹為 0.54~0.89 ng/g ww、蝦為 1.79~2.23 ng/g ww、魚類為 0.63~4.28 ng/g ww、兩棲類成蛙為 0.25~3.51 ng/g ww 及兩棲類蝌蚪為 0.86~8.96 ng/g ww。OCPs 總濃度亦以蓮花池較溪流為高。依生物乾重為基準，統一濃度單位為 ng/g dw，比較 PAHs 及 OCPs 在各種生物樣品中之濃度，發現兩棲類體內的累積濃度最高，而在蝌蚪體內的累積濃度明顯高於成蛙之累積，可能與變態代謝或成長稀釋有關，值得進一步以兩棲類為指標物種做更深入研究調查。環境樣品中持久性有機污染物組成份顯示其主要污染源與可能的污染途徑。水和河流的沈積物主要為 3 環和 4 環 PAHs 為主，而在湖泊的沈積物以 3~6 環為主；生物樣品中，浮游生物所累積的 PAHs 較廣(包括 4~6 環)，其餘生物皆以 3~5 環 PAHs 為主。在 OCPs 組成方面，環境棲息介質(水、沈積物)和生物樣品皆以 HCH、Hept 和 DDT 系列為主要成份，與台灣過去使用 OCPs 情形相吻合，顯示有機氯農藥污染受實地使用情形影響極大。

#### 四、建議事項

##### 立即可行建議

不論湖泊或溪流水域，兩棲類體內之有機毒物累積，均遠高於其他種類水生生物，又以蝌蚪體內之 PAHs 及 OCPs 含量大於成蛙，其成長稀釋現象(Growth dilution)更明顯外，更有可能由於蝌蚪生活於水中環境，推測其另有生物濃縮

(Bioconcentration) 作用，由水中直接吸附累積有機毒物，建議以兩棲類為指標性物種，分析比較 PAHs 及 OCPs 在太魯閣各環境敏感區，兩棲生物體內之組成與含量，以進一步探討人為活動所產生之有機毒物在太魯閣國家公園分佈、傳遞及造成之生態衝擊。

### 中長期建議

人為活動造成有機毒物累積於太魯閣水域生物，雖然未見明顯生物放大作用有增加趨勢，但是由於採樣不易又具極大變異性，建議管理處可以規劃長期監測計畫，配合進行之其他研究計畫，協助提供環境棲息地及生物樣品進行分析，有效運用所採得之樣品，以期收集掌握更齊全完整之生物與化學資料，來分析有機毒物在太魯閣各環境敏感區之分佈與傳遞情況。



## ABSTRACT

Keywords: POPs, PAHs, OCPs, bioaccumulation

Due to their low solubility in water, resistance to degradation, long distance mobility, high lipophilicity, and bioaccumulation, persistent organic pollutants (POPs) are able to accumulate in organisms at different rates. Different organisms have different internal degradation/excretion rates and thus causes POPs to move up the food chain, resulting in biomagnification. In this study, POPs present at Taoroko National Park, specifically, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Organochlorine Pesticides (OCPs), will be quantified and analyzed. The water samples will be taken from two sources, lakes and rivers. Different aquatic organisms will also be sampled. Overall, the POP concentration of 16 PAHs tested at Taoroko National Park were as follows: 0.35~9.84 ng/L for water, 1.38~76.15 ng/g dw for surface sediments, 2.53~16.81 ng/g dw for plankton, 6.94~96.4 ng/g dw for algae, 2.77~45.63 ng/g dw for aquatic insects, 1.22~7.25 ng/g ww for crabs, 0.88~5.78 ng/g ww for shrimps, 0.77~7.97 ng/g ww for fishes, 1.06~33.65 ng/g ww for frogs, 5.97~18.83 ng/g ww for tadpoles. The results show that lake (Lake Lotus) PAH concentrations are higher than rivers (Sa-Ka-Dan and Xi Ke La Han River). The OCP concentrations are as follows: 0.05~2.23 ng/L for water, 0.28~16.87 ng/g dw for surface sediments, 0.83~7.55 ng/g dw for plankton, 3.97~11.81 ng/g dw for algae, 0.63~34.37 ng/g dw for aquatic insects, 0.54~0.89 ng/g ww for crabs, 1.79~2.23 ng/g ww for shrimps, 0.63~4.28 ng/g ww for fishes, 0.25~3.51 ng/g ww for frogs, 0.86~8.96 ng/g ww for tadpoles. The results show that OCP concentrations are high in both Lake Lotus and the rivers. In the organisms, comparing the concentration of PAHs and OCPs, amphibians have a significantly higher concentration of both POPs with tadpoles having significantly higher concentrations than adult frogs. Possible reasons for this could be metamorphic metabolism and/or growth dilution, but further research data could greatly help support this hypothesis. It has been determined that the PAHs found in the rivers are mainly 3 and 4 ringed PAHs while the ones found in lakes are 3 to 6 ringed PAHs. In plankton, the PAHs vary greatly (including 4 to 6 ringed PAHs). The remaining organisms mainly contain 3 to 5 ringed PAHs. OCPs found in this study mainly consist of HCH, Hept, and DDT. The OCP concentration results show that the historically accumulated levels of OCP still affect the ecosystem greatly.



## 第一章 緒論

### 第一節 研究緣起與背景

當生物體經攝取而儲存的速度高於代謝（分解）或排泄速度時，即產生累積現象，由吸收途徑的不同，生物累積可分為生物濃縮（Bioconcentration）及生物放大（Biomagnification）兩個部分。生物濃縮，為一種生物累積之特殊過程，一般是指水域中的化學物質藉由擴散作用，此過程為生物體吸收及排除化學物質兩種能力競爭的結果，常指水生動物，例如魚類經由皮膚或鰓接觸化學物質而產生生物濃縮之生物累積過程。生物放大，是指食物鏈中高食階的生物攝食較低食階生物，進而產生化學物質傳輸及累積現象，導致其體內含量大於攝取食物內之含量，原因是化學物質在食物鏈中經多次的濃縮，進到高食階消費者時，其濃度大幅提升，稱之。

生物累積放大作用，是指環境中的毒性物質藉生物系統中食物鏈的循環，使其在生物體內之濃度隨食階往上形成累積，典型之食物鏈：水藻→水蚤→魚類→高級消費者(大型動物或人類)。尤其是具半揮發性、親脂性、易於吸附顆粒和具生物累積性的有機污染化學物質，常藉由直接或間接的不同來源進入水中。這些化學污染物對於生物的影響可分成三類：1.當化學污染物在水體中或底泥的濃度超過生物的耐受度時，會對該區生物造成急性或慢性毒害。2.使得敏感性生物的生長和生殖產生微量變化，而導致半致死效應。3.持久性化學物在最高食階生物體中的累積與擴大，最終會反應到人體中。化學污染物在水中濃度對重要物種及生態系造成危害，或在食用生物體內過量累積，生物累積放大作用更成為值得重視的環境管理政策。

人造有機化學物質藉由製造、運輸、使用或滲漏等過程進入環境中並散佈，許多研究報告指出野生動物或人類長期暴露在這類有機污染物，會造成生理機能病變，包含甲狀腺機能異常、生殖系統畸形、生殖能力降低、後代個體生存率降低或畸形、致癌率增高等現象(Colborn et al., 1994; Moran et al., 2007)。這類有機污染物質之共同特性為持久性，在環境中不易被分解，故通稱為持久性有機污染物（Persistent Organic Pollutions, POPs）。

太魯閣國家公園位於台灣東部，東臨太平洋，西接中央山脈的主陵。境內自接近海平面立霧溪口至最高的南湖大山，海拔落差約為 3742 公尺，轄內合歡群峰為台灣許多重要河川的發源地，包含立霧溪、大甲溪、大肚溪和濁水溪。因地勢之故，隨著海拔高度增高，呈現不同的氣候型態，也因此園區內同時具有亞寒帶至亞熱帶多樣豐富的生態系統。1960 年中橫公路的開通後，為太魯閣國家公園帶來絡繹不絕的人車潮，此外過去園區曾有農業與礦產活動，隨著人為活動所帶來的現代文明污染物可能威脅其生態環境與野生生物的多樣性與生存。目前有關環境有機化學污染物在園區內的相關背景資料十分缺乏，在國家公園致力於生態環境的保育政策下，對於因人為活動所帶來的環境有機污染物，在生態棲息地與生物的分佈與含量調查，及其可能對生態系之危害評估，更需儘早有效建立，以達兼顧生態保育與觀光旅遊之規劃管理。

## 第二節 研究目的

本計畫以多環芳香烴（Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs）與有機氯農藥（Organochlorine Pesticides, OCPs）為主要調查對象，以期瞭解這類有機毒物在太魯閣國家公園重要水域生態環境的分佈與傳遞情形，及其在生物體之累積情形，進一步探討其可能來源與評估其生物放大作用。本計畫的研究目的為：

1. 調查太魯閣國家公園重要水域生態系棲息地之環境有機污染物之分佈與變化。
2. 環境有機污染物在重要水域生態系之生物累積情形。
3. 建構環境有機污染物可能來源。
4. 重要持久性有機環境污染物生物放大作用風險評估。

## 第二章 文獻回顧

### 第一節 高山環境中持久性有機污染物現況介紹

持久性有機污染物 (Persistent Organic Pollutions, POPs) 具半揮發性、親脂性、持久性、生物毒性與生物累積性；進入環境後，傾向與顆粒物質結合，藉由空氣、水和生物之間的交互作用傳播到世界各地，為全球分佈性的污染物(Dachs et al., 2002; Klasmeier et al., 2006; Bartrons et al., 2007; Van den Steen et al., 2007)。因不易分解與生物累積性，POPs 進入食物鏈中會由低階食層生物往高階食層生物傳遞、累積進而放大，最後威脅整個生態系和人類的健康與生存問題(Barron, 1990; Muñoz et al., 1996; Kelly and Gobas, 2001; Blais et al., 2003; Fernandez et al., 2004)。POPs 被排出至環境中，隨著大氣氣流傳送往低揮發區（高緯度區、極地區或高山區）沉降，在極地的研究報告指出，POPs 在極地區的環境樣品和食物鏈生物中被發現，甚至其含量近於在都會區與工業區所測得的量(Luckas et al., 1990; Inomata et al., 1996; Aono et al., 1997; Norstrom et al., 1998; Kuhnlein and Chan, 2000; Chiuchiolo et al., 2004)。目前相關研究顯示極地區已累積相當量之此類有機化學污染物，致使其成為一有潛力之“儲存槽”，而嚴重地威脅極地生態系統(Wania, 2003; Wania and Dugani, 2003; Breivik et al., 2006)。

有機氯農藥會藉由氣流由鄰近人為活動陸地傳播至高山區，進入高山區環境和生態系累積。近年許多研究報告指出有機氯農藥，在高山湖泊、底泥及水中生物體內皆有相當高之濃度(Fernández et al., 1999; Barra et al., 2006a; Barra et al., 2006b; Meire et al., 2008)。Fernández (1999) 等人研究全歐洲山區湖泊底泥中 PAHs 分佈與含量，發現開發中的東歐山區湖泊底泥中 PAHs 之含量與美國工業區湖泊（五大湖區）底泥含量相當，而位於已開發區的中西歐部分山區湖泊底泥中，PAHs 之含量亦與工業與都會區之河流或港口底泥之含量相近(Fernández et al., 1999)。在高山湖泊魚類與兩棲類體內有機氯農藥含量隨著海拔的增加而增長，其原因可能與高山區溫度梯度變化有關(Donald et al., 1998; Grimalt et al., 2001; Blais et al., 2003)。顯示 POPs 已入侵到高山區各環境介質中，且威脅其生態環境與生物的健康與生存。

## 第二節 多環芳香烴 (Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)

PAHs 為環境中普遍存在的有機污染物，為二個或二個以上的苯環結合而成的碳氫化合物，依據美國環保署報告指出環境中 PAHs 種類高達 2000 多種，而其中有 16 種化合物已被國際各國列為優先處理的污染物(WHO, 1983)。PAHs 依其苯環數的不同，對環境生物的危害性亦有些差距，研究顯示 4~6 環的 PAHs 具高突變性與致癌性；2~3 環的 PAHs 具較低的突變性但有較高的毒性(Fernandes et al., 1997)。環境中 PAHs 的來源可分為天然來源，如森林大火和火山爆發；人為來源，如石化污染、碳氫化合物的熱裂解或不完全燃燒、汽機車排放(Page et al., 1999; Yunker et al., 2002)。然今日環境中所存在的 PAHs 大多為人類活動所造成，因人為活動的密集度與距離遠近，對環境不同區域的影響程度亦有所差異，就目前相關研究可將 PAHs 的來源初步歸類如下(Douben, 2003)：

### 一. 燃燒來源：

主要是指碳氫化合物在短時間且高溫狀況下，不完全燃燒所產生的 PAHs(Neff, 1979)。主要產物為 4 環以上高分子量的 PAHs，其來源包含因森林火災和火山爆發等自然燃燒所產生，以及人為工業活動燃燒排放、汽機車排放、火力發電或垃圾焚化爐排放等人類活動所致(Fernandes et al., 1997)。

### 二. 石油來源：

這類 PAHs 的產生原因主要是生物體在高壓高溫 (~150°C) 下的環境中分解形成石油或煤炭過程所生成的，其化合物特性為 2~3 環或具烷基的 PAHs 為主。其來源包含石化工業製成過程或運輸過程溢油等過程的排放(Boehm et al., 2001)。

### 三. 生物來源：

自然環境植物本身就會合成一些 PAHs，如樹油脂類中的萜烯類化合物 (terpenes) 會經成岩作用 (diagenesis) 轉化成 retene 或衍生物 phernanthrene 或 chrysene(Douben, 2003)。Perylene 是常見的生物性 PAHs，其生成原因尚不清楚，

但厭氧環境是其生成的必備條件(Venkatesn, 1988)。

藉由分析環境中 PAHs 的含量與組成特徵，可進一步釐清及辨別可能之污染來源，故 PAHs 可做為人類活動範圍的指標。

### 第三節 有機氯農藥 (Organochlorine pesticides, OCPs)

OCPs 在二次世界大戰時開始大量使用在瘧疾防治，由於殺蟲效果佳、時效性長且成本低，隨後更是廣泛使用在農業、家庭及工業上。直至 1962 年「寂靜的春天」出版，書中指出 DDT 的濫用，已經對環境生態及野生動物帶來嚴重的浩劫，甚至是族群的滅絕(Carson, 1962)。進而引起國際各國開始重視評估 OCPs 對於環境生態的影響，隨之在 1970~1980 年國際間開始禁用這些 OCPs。在 2001 年聯合國環境部所公告的 12 種 POPs 中，OCPs 種類高達 9 種，包含阿特靈 (Aldrin)、可氯丹 (Chlordane)、滴滴涕 (DDT)、地特靈 (Dieldrin)、安特靈 (Endrin)、飛佈達 (Heptachlor)、六氯丹 (Hexachlorobenzene)、滅蟻樂 (Mirex)、毒殺芬 (Toxaphene)，其於 3 種主要為有機氯工業商品及其副產品，包含戴奧辛 (Dioxin)、呋喃 (Furans) 及多氯聯苯 (PCBs) (USEPA, 2003)。如同其他種 POPs，OCPs 親脂、不易被分解，會在環境生態中蓄積，經食物鏈放大，具有毒害性、致癌性、突變性、部分更具有使生物雌性化的毒性 (Welsch-Pausch et al., 1995; Blomqvist et al., 2006; Carriger and Rand, 2008)。

台灣曾因農業與衛生防治需要，引進使用多種 OCPs 包含滴滴涕 (DDT)、蟲必死 (HCH)、靈丹 (Lidane)、阿特靈 (Aldrin)、地特靈 (Dieldrin)、飛佈達 (Heptachlor)、安沙番 (endosulfan) 等。根據台灣農藥工業同業公會統計蟲必死與滴滴涕的使用量最大，雖七十年代後台灣陸續禁用 OCPs，但由於 OCPs 低揮發性、不易分解、疏水性且高生物累積性，目前仍殘留在環境中，根據研究報告指出，雖然 OCPs 在台灣已禁用長達 30 年以上，但在許多河川、底泥、水生生物與陸生生物組織尚有 ppb 等級的 OCPs 殘留 (Wang and Liu, 2000)。由於 OCPs 為歷史性指標污染物，因此可藉由觀察環境中此類有機毒物含量與組成份，分析出其在生物體內之累積與降解情形。



### 第三章 材料與方法

#### 第一節 採樣時間地點與樣品種類

本研究採樣時間為 2010 年 1/12~1/17、3/2~3/6、6/16~6/20、7/22~7/24 及 8/10~8/14 針對水生棲息地樣品（水和沈積物）與生物樣品進行採樣，所有採樣時間、地點、樣品種類與個數如表一所示。採樣地點（圖3-1）分為湖泊型(蓮花池)及溪河型(砂卡礑及西喀拉罕溪)，並於奇萊山區採得高海拔區之土壤。

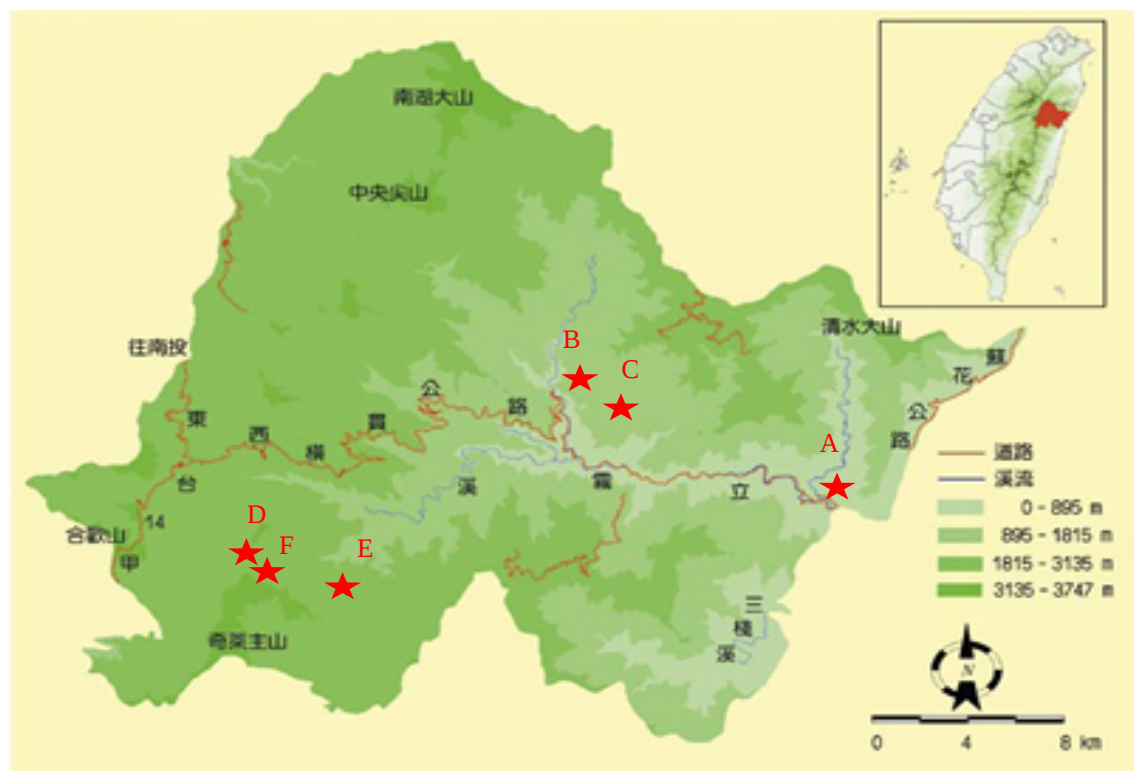


圖3-1 採樣地點（經緯度）。

- A. 砂卡礑 (E 121°36'23.9" ; N 24°10'14.3") , B. 蓮花池 (E 121°29'41.06" ; N 24°12'58.54") , C. 西喀拉罕溪 (E 121°30'5.42" ; N 24°12'54.13") , D. 黑水塘 (E 121°18'45" ; N 24°07'14") , E. 盤石山驚嘆池 (E 121°22'24.80" ; N 24°06'15.81") , F. 奇萊北峰月形池 (E 121°20'05.82" ; N 24°07'32") 。

表3-1 採樣時間與樣品種類

| 時間<br>(月/日) | 地點    | 樣品種類                                                                                                                                                              |
|-------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01/14~17    | 砂卡礑   | 1.水樣:130 L (以 XAD 管柱收集溶解態有機化學物)<br>2.沈積物:1 瓶 (480 ml)<br>3.浮游生物、藻類<br>4.水生昆蟲數隻<br>5.水蚤 5 隻<br>6.螃蟹 8 隻<br>7.魚:石魚賓 7 隻<br>8.盤古蟾蜍 1 隻, 盤古蟾蜍蝌蚪數隻                     |
|             | 蓮花池   | 1.水樣: 20 L (以 XAD 管柱收集溶解態有機化學物)<br>2.沈積物: 1 瓶 (480 ml)<br>3.水蚤 13 隻<br>4.魚:鯉魚 2 隻<br>5.盤古蟾蜍 1 隻, 盤古蟾蜍蝌蚪數隻                                                         |
|             | 西喀拉罕溪 | 1.水樣: 468 L (以 XAD 管柱收集溶解態有機化學物)<br>2.沈積物: 1 瓶 (480 ml)<br>3.浮游生物<br>4.水生昆蟲數隻<br>5.螃蟹 1 隻<br>6.魚:石魚賓 7 隻<br>7.盤古蟾蜍蝌蚪數隻, 褐樹蛙蝌蚪數隻                                   |
| 03/03~05    | 砂卡礑   | 1.水樣: 63.89 L (以 XAD 管柱收集溶解態有機化學物)<br>2.沈積物: 1 瓶 (480 ml)<br>3.藻類、浮游生物<br>4.水生昆蟲數隻,<br>5.水蚤 5 隻<br>6.魚:石魚賓 2 隻、石魚賓魚苗 29 隻<br>7.盤古蟾蜍 2 隻, 褐樹蛙蝌蚪數隻                  |
|             | 蓮花池   | 1.水樣: 14.36 L (以 XAD 管柱收集溶解態有機化學物)<br>2.沈積物: 1 瓶 (480 ml)<br>3.魚:鯉魚 3 隻 (1 隻有卵)<br>4.盤古蟾蜍 2 隻, 盤古蟾蜍蝌蚪數隻                                                           |
|             | 西喀拉罕溪 | 1.水樣: 65.85 L (以 XAD 管柱收集溶解態有機化學物)<br>2.沈積物: 1 瓶 (480 ml)<br>3.浮游生物<br>4.魚:石魚賓 27 隻<br>5.盤古蟾蜍的卵串, 盤古蟾蜍蝌蚪數隻, 褐樹蛙蝌蚪數隻, 未知青蛙蝌蚪數隻<br>6.斯文豪氏赤蛙 2 隻, 盤古蟾蜍 2 隻, 日本樹蛙 2 隻 |

續表3-1

| 時間<br>(月/日) | 地點    | 樣品種類                                                                                                                                                         |
|-------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 06/16~20    | 砂卡礑   | 1.水樣:110.8 L (以 XAD 管柱收集溶解態有機化學物)<br>2.沈積物:1 瓶 (480 ml)<br>3.浮游生物、藻類<br>4.水生昆蟲數隻<br>5.螃蟹 5 隻、蝦 4 隻<br>6.盤古蟾蜍 1 隻                                             |
|             | 蓮花池   | 1.水樣: 12.73 L (以 XAD 管柱收集溶解態有機化學物)<br>2.沈積物: 1 瓶 (480 ml)<br>3.藻類<br>4.水生昆蟲數隻<br>5.魚:鱔魚 3 隻<br>6.盤古蟾蜍 2 隻 (1 隻有卵)                                            |
|             | 西喀拉罕溪 | 1.沈積物: 1 瓶 (480 ml)<br>2.浮游生物、藻類<br>3.水生昆蟲數隻<br>4.螃蟹 1 隻<br>5.魚:石魚賓魚苗數隻<br>6.盤古蟾蜍 7 隻, 蝌蚪數隻                                                                  |
| 07/22~24    | 奇萊山區  | 黑水塘、磐石山區驚嘆池和奇萊北峰月形池沈積物各1份                                                                                                                                    |
| 08/10~14    | 砂卡礑   | 1.水樣: 123.14 L (以 XAD 管柱收集溶解態有機化學物)<br>2.沈積物: 1 瓶 (480 ml)<br>3.藻類、浮游生物<br>4.水生昆蟲數隻<br>5.螃蟹 4 隻、蝦 5 隻<br>6.魚:石魚賓 1 隻 (有卵)、石魚賓魚苗數隻<br>7.盤古蟾蜍 1 隻 (有卵)、蝌蚪 31 隻 |
|             | 蓮花池   | 1.水樣: 3.75 L (以 XAD 管柱收集溶解態有機化學物)<br>2.沈積物: 1 瓶 (480 ml)<br>3.藻類<br>4.水生昆蟲數隻<br>5.魚:鯉魚 6 隻<br>6.盤古蟾蜍 5 隻                                                     |
|             | 西喀拉罕溪 | 1.沈積物: 1 瓶 (480 ml)<br>2.浮游生物、藻類<br>3.水生昆蟲數隻<br>4.魚:石魚賓 6 隻、石魚賓魚苗 31 隻<br>5.盤古蟾蜍 7 隻、蝌蚪 39 隻                                                                 |

## 第二節 研究方法

### 壹、採樣與樣品前處理

#### 一、水體樣品

水體樣品使用連續式水樣採集儀收集進行 POPs 分析，水體先通過 1  $\mu\text{m}$  玻璃纖維濾紙收集水中懸浮顆粒（測量 POPs 附著在懸浮顆粒部分），過濾後的水體則以 XAD-2 吸附（測量水溶性 POPs）；另外以塑膠瓶收集水體，取 1 L 水體以 0.45  $\mu\text{m}$  濾紙過濾進行總懸浮顆粒濃度（Total Suspended Particle, TSP）測量，過濾後水體以總有機碳分析儀分析水溶性有機碳含量（Dissolved Organic Carbon, DOC）。另取 0.5 L 水體以 1  $\mu\text{m}$  玻璃纖維濾紙過濾後，濾紙部分以元素分析儀分析懸浮顆粒中有機碳含量。

#### 二、固體樣品

沈積物樣品以鏟子收集岸邊表層（約 5 cm）沈積土，裝入玻璃樣品瓶，放置攜帶式的冷藏箱，帶回實驗室後以  $-20^{\circ}\text{C}$  冷凍櫃保存。分析前先將樣品取出解凍後，攪拌均勻後，取適量進行冷凍乾燥去除水分後，進行有機化學物萃取分析。取 30~50 mg 乾燥樣品，研磨成粉，以元素分析儀分析有機碳含量。

生物樣品以含餌料之蝦籠放置隔夜或網具撈取，取得活體樣品帶回實驗室照相後，裝入玻璃樣品瓶以  $-20^{\circ}\text{C}$  保存。分析前進行冷凍乾燥去除水分，再加入無水硫酸鈉研磨成粉。生物樣品乾重範圍分別為兩棲類：0.03~20 g，魚類：0.4~6 g，水生昆蟲：0.02~0.7 g，藻：約 1.0 g，蟹：1~2 g，蝦：0.5~2 g。

## 貳、多環芳香烴分析

### 一、索氏萃取

水體樣品（濾紙與 XAD 樣品）移至索氏管，加入擬似標準品（PAHs 之擬似標準品：Naphthalene-d8、Fluorene-d10、Fluoranthene-d10、Perylene-d12；OCPs 之擬似標準品：PCB65、PCB166）。以丙酮及正己烷混合液（體積比為1:1），索氏萃取 24 小時。隨之以去離子水進行液-液萃取法淨化。萃取液以真空減壓濃縮機濃縮至 5 ml，再吹氮至 1 ml，加入 PAH 內標品後以 GC/MS 分析 PAHs。

將乾燥底泥樣品（秤量 40~60 g）和粉狀生物樣品分別移至玻璃纖維套桶，開口塞上玻璃纖維棉，加入擬似標準品。以丙酮及正己烷混合液（體積比為1:1），索氏萃取 24 小時。萃取液以真空減壓濃縮機濃縮至 5ml 後用氧化鋁淨化。

### 二、加速溶劑萃取法（Accelerated solvent extraction，ASE）

以研磨鉢將冷凍乾燥後樣品與無水硫酸鈉混合研磨。萃取管底部填入玻璃纖維濾紙，接著將研磨鉢內混合後之樣本置於萃取管中，添加 250  $\mu$ l 多環芳香烴與 10  $\mu$ l 多氯聯苯，並以二氯甲烷溶劑（DCM）進行加速溶劑萃取法（ASE）萃取。將收集萃取液濃縮定量至約 50~80 ml，之後每個樣品各取出 20 ml 作兩重覆放到秤重鋁盤中以測脂肪含量，剩下的萃取液繼續減壓濃縮至 5 ml 以氧化鋁淨化接著利用 HPLC/GPC 去除脂肪。

### 三、脂肪含量

將鋁盤以高溫烘箱 80°C 烘烤 24 小時，之後放入乾燥器冷卻，再以微量電動天平測量其乾重，重複測量步驟直到誤差小於 0.001 mg。之後將每個樣品各取出 20 ml，每個鋁盤各放置 10 ml 樣品以做兩重複。將樣品放置抽風櫥中 24 小時等待有機溶劑揮發後，取出並以高溫烘箱 85°C 烘烤 10 分鐘，之後放入乾燥箱冷卻，再以微量電動天平測量其重量，重複測量直到誤差小於 0.001 mg，並記錄乾重與濕重兩者之間的差異。

## 二、淨化

底泥與生物樣品萃取後需淨化，去除可干擾之雜質。淨化管柱依序填入無水硫酸鈉，4 g 去活化氧化鋁（含6%水），無水硫酸鈉。先以正己烷淋洗管柱，注入樣品，再以正己烷沖提，收集液隨之進行真空減壓濃縮、吹氮，加入內標品後以 GC/MS 分析 PAHs。

## 參、有機氯農藥分析

將分析完 PAHs 樣品，加入 OCPs 內標品後以 GC/MS 分析 OCPs。

## 肆、定性及定量分析

本研究使用內標準品法定量多環芳香烴、多氯聯苯與有機氯農藥，即於儀器分析前，添加內標準品（Internal Standard）於所有的樣品中。待測物中目標化合物的儀器訊號與內標準品之儀器訊號做比對，標準品中目標化合物的尖峰面積與內標準品的尖峰面積相對，各代表其含量的比值作對照，該比值即稱為相對感應因子（Relative Response Factor, RRF），並利用樣品和內標準品的積分面積及相對反應因子來求得樣品的濃度，計算方式如下：

$$RRF = \frac{A_s/M_s}{A_{is}/M_{is}}$$

其中

$A_s$  = 待測物之離子訊號面積

$A_{is}$  = 內標準品（Internal Standard）之離子訊號面積

$M_s$  = 待測物的含量

$M_{is}$  = 內標準品（Internal Standard）的含量

計算出相對感應因子 RRF，即可依下列計算式計算出樣品含量

$$M_s = \frac{A_s/M_{is}}{RRF/A_{is}}$$

$M_s$  = 真實樣品中分析物的含量

## 伍、品保及品管 (QA/QC)

### 一、方法回收率

在實驗分析流程中加入已知濃度的擬似標準品 (Surrogate Standards)，以測定分析流程中樣品的回收率，PAHs (Surrogate Recoveries) 如表3-2所示。

### 二、實驗空白分析

每批樣品萃取過程須搭配一次空白分析，以做為分析過程中之背景值。以乾淨濾紙和乾淨 XAD 做為水體樣品空白，固體樣品則以乾淨玻璃纖維套桶和玻璃棉代替，與樣品一同進行各項實驗流程。空白分析平均值加其三倍標準差為偵測極限值 (Method Detection Limit, MDL)。多環芳香烴與有機氯農藥之偵測極限值如表3-3、表3-4所示。

### 三、標準查核樣品分析 (Spike Recoveries)

每批樣品萃取過程另準備與空白分析相同樣品，加入所有待測已知濃度 PAHs 與 OCPs 擬似標準品，與樣品一同萃取，做為測量各待測物之回收率用。如表3-5與表3-6所示。

表 3-2 多環芳香烴之擬似標準品在不同樣品之回收率 (%)

|                  | 水           | 沈積物          | 生物      |
|------------------|-------------|--------------|---------|
| Napthalene-d8    | 76.73±7.47  | 65.57±9.27   | 42±13.6 |
| Fluorene-d10     | 70.76±6.85  | 78.87±12.44  | 74±15.5 |
| Fluoranthene-d10 | 79.92±12.56 | 100.88±22.51 | 87±18.5 |
| Perylene-d12     | 68.85±27.16 | 101.24±47.82 | 76±22.2 |

表 3-3 多環芳香烴之偵測極限值 (平均空白值+3 倍標準差, ng)

| 多環芳香烴    | 水    | 沈積物  | 生物   |
|----------|------|------|------|
| Acy      | 1.15 | 0.09 | 0.11 |
| Ace      | 0.30 | 0.16 | 0.05 |
| Flu      | 0.68 | 0.31 | 0.54 |
| Phe      | 2.01 | 7.02 | 1.66 |
| Ant      | 0.37 | 0.86 | 0.24 |
| Fla      | 0.59 | 2.74 | 0.65 |
| Pyr      | 0.41 | 0.59 | 0.49 |
| BaA      | 0.16 | 0.17 | 0.03 |
| Chr+Trip | 0.27 | 0.84 | 0.13 |
| BbF      | 0.60 | 0.93 | 0.26 |
| BkF      | 0.12 | 0.84 | 0.13 |
| BaP      | 1.83 | 0.31 | 0.08 |
| Per      | 0.29 | 0.94 | 0.15 |
| IP       | 0.87 | 1.19 | 0.08 |
| DA       | 0.15 | 1.32 | 0.29 |
| BP       | 0.49 | 0.17 | 0.20 |

表 3-4 有機氯農藥之偵測極限值（平均空白值+3 倍標準差，ng）

| 有機氯農藥          | 水    | 沈積物  | 生物   |
|----------------|------|------|------|
| Tecnacene      | 0.75 | 4.26 | 0.39 |
| $\alpha$ -HCH  | 0.76 | 2.72 | 0.54 |
| HCB            | 1.19 | 0.68 | 0.07 |
| $\beta$ -HCH   | 1.30 | 1.16 | 1.98 |
| $\gamma$ -HCH  | 0.34 | 1.00 | 0.33 |
| $\delta$ -HCH  | 1.62 | 1.79 | 1.37 |
| Hept           | 0.24 | 0.60 | 0.54 |
| Aldrin         | 0.91 | 0.84 | 0.20 |
| cis-Hept Oxid  | .40  | 0.25 | 0.09 |
| tran-Hept Oxid | 0.57 | 1.72 | 0.70 |
| o,p'-DDE       | 1.23 | 0.13 | 0.05 |
| p,p'-DDE       | 0.41 | 0.08 | 0.07 |
| o,p'-DDD       | 0.91 | 0.28 | 0.02 |
| p,p'-DDD       | 0.56 | 0.25 | 0.07 |
| o,p'-DDT       | 1.05 | 0.48 | 0.08 |
| p,p'-DDT       | 0.12 | 0.32 | 0.01 |

表 3-5 多環芳香烴之標準回收率 (%)

| 多環芳香烴    | 水           | 沈積物           | 生物        |
|----------|-------------|---------------|-----------|
| Acy      | 69.26±3.49  | 78.70±12.85   | 74±3.79   |
| Ace      | 74.31±11.70 | 72.86±23.11   | 73±3.14   |
| Flu      | 71.21±12.12 | 76.68±13.65   | 83±6.85   |
| Phe      | 77.26±7.35  | 83.34± 4.13   | 96±8.07   |
| Ant      | 70.80±0.14  | 83.30± 8.67   | 90±3.52   |
| Fla      | 81.27±1.36  | 93.11± 6.64   | 97±4.74   |
| Pyr      | 79.38±0.44  | 77.70± 27.87  | 96±2.56   |
| BaA      | 77.19±3.50  | 80.10± 9.96   | 76±2.49   |
| Chr+Trip | 75.63±1.74  | 93.55± 16.25  | 104±1.92  |
| BbF      | 83.79±1.24  | 103.64± 45.70 | 108±33.95 |
| BkF      | 86.25±0.54  | 136.47±56.77  | 120±25.47 |
| BaP      | 75.16±5.09  | 128.40±40.91  | 89±14.10  |
| Per      | 73.65±1.68  | 96.54±15.6    | 104±8.45  |
| IP       | 78.69±3.92  | 69.93±18.17   | 98±6.36   |
| DA       | 61.34±11.98 | 46.71±35.88   | 57±15.55  |
| BP       | 80.31±1.64  | 81.92±1.51    | 124±4.36  |

表 3-6 有機氯農藥之標準回收率 (%)

| 有機氯農藥          | 水           | 沈積物       | 生物          |
|----------------|-------------|-----------|-------------|
| Tecnacene      | 56.70±2.8   | 56.24±9.5 | 73.77±14.66 |
| $\alpha$ -HCH  | 96.73±37.3  | 77.3±29.2 | 80.18±13.30 |
| HCB            | 63.37±2.28  | 68.9±11.7 | 77.33±11.23 |
| $\beta$ -HCH   | 88.57±6.29  | 79.4±17.0 | 88.33±13.27 |
| $\gamma$ -HCH  | 80.46±10.0  | 61.7±1.1  | 79.93±16.12 |
| $\delta$ -HCH  | 29.09±46.7  | 34.2±14.9 | 43.39±30.09 |
| Hept           | 86.65±8.8   | 73.6±14.0 | 86.61±12.67 |
| Aldrin         | 78.27±7.2   | 73.6±9.7  | 82.18±11.38 |
| cis-Hept Oxid  | 85.97±1.8   | 77.2±15.1 | 84.41±10.94 |
| tran-Hept Oxid | 90.80±6.5   | 73.3±15.4 | 80.12±12.88 |
| o,p'-DDE       | 88.23±2.2   | 79.4±12.1 | 86.88±12.04 |
| p,p'-DDE       | 24.47±40.1  | 47.4±66   | 2.06±2.83   |
| o,p'-DDD       | 91.48±2.5   | 76.8±16   | 86.67±12.47 |
| p,p'-DDD       | 92.08±2.9   | 86.4±39.7 | 86.80±21.40 |
| o,p'-DDT       | 152.44±54.5 | 60.5±37.7 | 83.35±19.65 |
| p,p'-DDT       | 152.89±53.8 | 53.1±48.7 | 94.61±16.46 |



## 第四章 結果與討論

### 第一節 持久性有機污染物 (POPs) 之含量分析

本計畫針對太魯閣國家公園重要水域之水生生態棲息地與生物的持久性有機污染物 (包括 PAHs 與 OCPs) 含量調查分析, 研究著重是在各測站間各環境介質及各種水生生物體內的濃度與其他地區濃度比較, 以期建立目前太魯閣國家公園水生生態棲息地與生物的持久性有機污染物濃度分佈及傳遞資料, 更進一步探討評估其生物累積與生物放大作用。本計畫主要分析比較湖泊區 (蓮花池) 及河流區 (溪喀拉罕溪及砂卡礑) 的水域生態棲息地與水生生物樣品。持久性有機污染物含量隨地區及季節性有所差異。整體而言, 太魯閣地區 16 種 PAHs 含量 (表 4-2), 在各水生環境介質之總濃度範圍: 水為 0.35~9.84 ng/L、岸邊表層沈積物為 1.38~76.15 ng/g dw、浮游生物為 2.53~16.81 ng/g dw、藻類為 6.94~96.4 ng/g dw、水生昆蟲為 2.77~45.63 ng/g dw、螃蟹為 1.22~7.25 ng/g ww、蝦為 0.88~5.78 ng/g ww、魚類為 0.77~7.97 ng/g ww、兩棲類成蛙為 1.06~33.65 ng/g ww 及兩棲類蝌蚪為 5.97~18.83 ng/g ww。水中 PAHs 總濃度以蓮花池為最高, 沈積物中 PAHs 總濃度在湖泊區含量比河流區高約 10~100 倍, 生物方面, 藻類的 PAHs 濃度最高。根據所分析之 16 種 OCPs 分析結果 (表 4-3), OCPs 總濃度範圍: 水為 0.05~2.23 ng/L、岸邊表層沈積物為 0.28~16.87 ng/g dw、浮游生物為 0.83~7.55 ng/g dw、藻類為 3.97~11.81 ng/g dw、水生昆蟲為 0.63~34.37 ng/g dw、螃蟹為 0.54~0.89 ng/g ww、蝦為 1.79~2.23 ng/g ww、魚類為 0.63~4.28 ng/g ww、兩棲類成蛙為 0.25~3.51 ng/g ww 及兩棲類蝌蚪為 0.86~8.96 ng/g ww。OCPs 濃度亦以蓮花池為最高, 沈積物中 OCPs 濃度與 PAHs 的趨勢相同皆以湖泊區高於河流區。依生物乾重為基準, 統一濃度單位為 ng/gdw, 比較 PAHs 及 OCPs 在各種生物樣品中之濃度, 發現兩棲類體內的累積濃度最高, 而在蝌蚪體內的濃度明顯高於成蛙之累積, 可能與變態代謝或成長稀釋有關, 值得進一步當成指標物種做更深入的研究調查。

環境樣品中持久性有機污染物組成份顯示其主要污染源與可能的污染途徑。將 16 種 PAHs 分為 3 環 (Acy、Ace、Flu、Phe、Ant)、4 環 (Fla、Pyr、BaA、Chr)、5 環 (BbF、BkF、BaP、Per) 及 6 環 (IP、DA、BP); 水和河流的沈

積物主要為3環和4環PAHs為主，而在湖泊的沈積物以3~6環為主；生物樣品除浮游生物為4~6環外，其餘皆以3~5環 PAHs 為主，藻類的組成與水和沈積物相似以3環和4環PAHs為主。在 OCPs 組成方面，環境棲息地和生物樣品皆以 HCH、Hept 和 DDT 系列為主要成份，台灣早期有機氯農藥累計用量以蟲必死（HCH，商品內含 55~85%  $\alpha$ -HCH、5~14%  $\beta$ -HCH 及 8~15%  $\gamma$ -HCH）和 DDT 最大，其次為 Aldrin 和 Heptachlor，使用年限以靈丹（Lindane, 99%的  $\gamma$ -HCH）最長（34年）而 Heptachlor 最短（11年）。此分析結果顯示，OCPs含量及組成現象似乎受台灣過去 OCPs 的使用情形相影響極大 (Wang and Liu, 2000)。

## 第二節 多環芳香烴之組成與含量分析

### 壹、水

太魯閣測站水中溶解態 PAHs 濃度範圍為 0.35~9.84 ng/L，三個研究測站中，以蓮花池之 PAHs 濃度為最高，而西喀拉罕溪及砂卡礑之總PAHs濃度較低。尤其是西喀拉罕溪水中屬於較無污染的區域，在1月及3月於水中所測得的濃度極低（0.81~0.87 ng/L）且無明顯差異，加上高山上採集大量溪水困難，所以於6月及8月無採集水樣品。本研究測站分為兩種型態水域，砂卡礑及西喀拉罕溪為河流（流動溪河式水域），而蓮花池為湖泊（靜止湖泊式水域）；不同月份砂卡礑及西喀拉罕溪水中總 PAHs 濃度變化不大，如圖4-1所示，PAHs輸入量與來源可能達穩定，無明顯的季節性變化。

在蓮花池1月份在水中所測得的 PAHs 濃度為 9.84 ng/L 遠高於其他三個月份所測得的濃度，可能由於1月份蓮花池的採樣中，蓮花池附近正有建築物整修，過多人為活動造成靜止水域的湖泊中偵測到的濃度偏高。三個測站皆以3環的 PAHs 為主要組成成份（圖4-2），其中 Fluorene 和 Phenanthrene 在總成份中佔優勢，而其主要來源為燃燒來源 (Douben, 2003)。

整體而言，太魯閣各測站水中各 PAH 濃度皆低於現行飲用水標準（0.1~0.5 ng/L），並且低於國內外其他地區河流中 PAH 濃度，根據 TEQ<sub>Bap</sub> 毒性當量換算，進行風險評估，顯示目前太魯閣國家公園湖泊及河流水中 PAHs 對生物無立即危害之威脅。

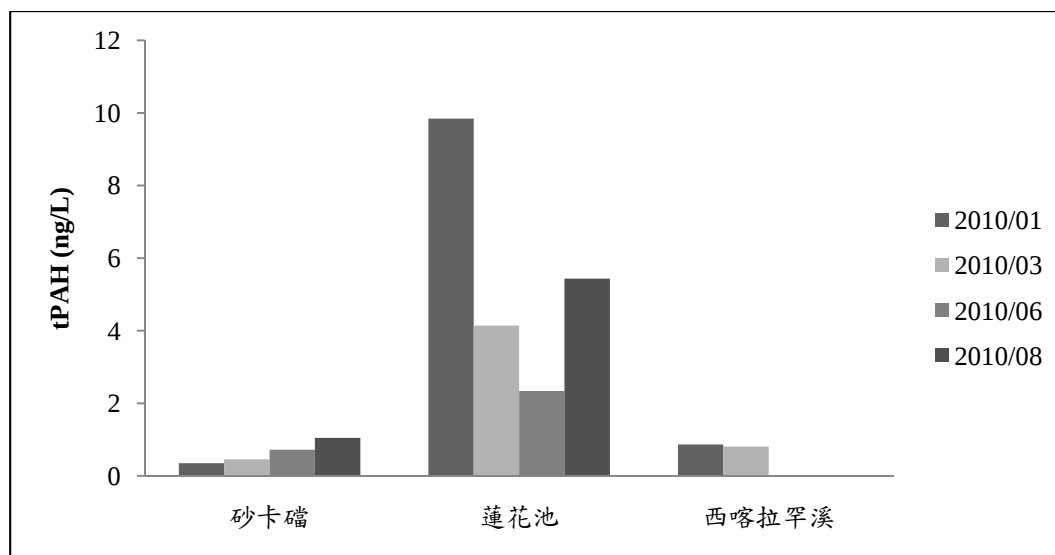


圖4-1 各月份、地點水中總多環芳香烴濃度比較

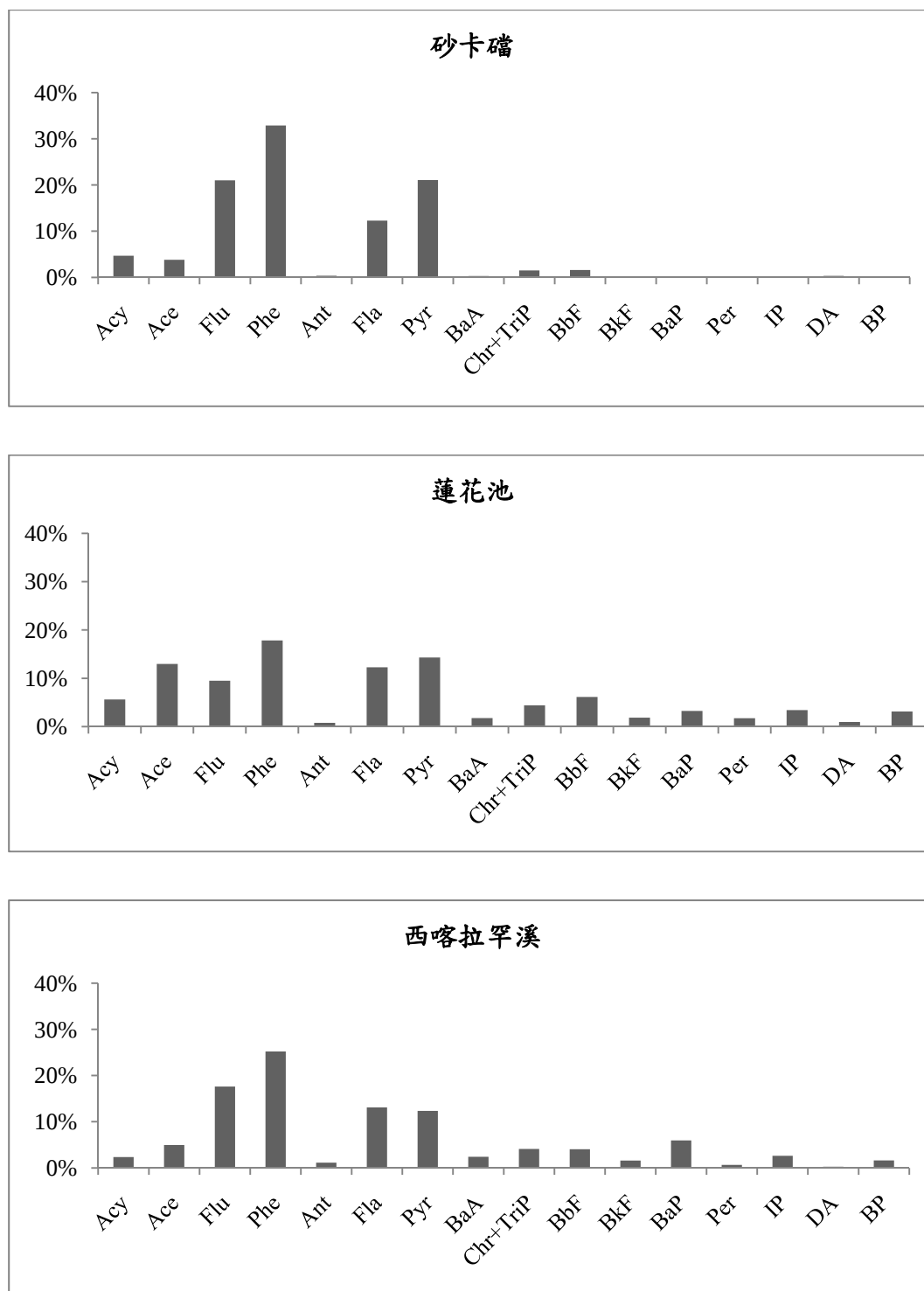


圖 4-2 水中多環芳香烴組成份分析

## 貳、沈積物

本研究顯示湖泊（包含蓮花池、奇萊山區）中沈積物之總 PAHs 濃度比在河流（包含砂卡礑及西喀拉罕溪）中濃度高 10~100 倍（圖4-3）。與其他國家河川湖泊沈積物 PAHs 濃度相比較（表4-1），太魯閣河流區域的沈積物 PAHs 濃度（0.35~1.05 ng/g dw）遠低於其他國家及台灣高屏溪河川中沈積物 PAHs 濃度，但湖泊區域的沈積物 PAHs 含量（1.38~641 ng/g dw），其中以奇萊山區湖泊所測得的濃度（41.83~641 ng/g dw）高於美國偏遠湖泊（Larto 湖沈積物 PAHs 含量為 100 ng/g dw）和中西歐高山湖泊（Cimera和La Caldera 湖沈積物 PAHs 含量為 190和150 ng/g dw）PAHs 含量（Fernández et al., 1999）。造成河川與湖泊沈積物 PAHs 濃度差異，推測可能原因有二：（1）台灣河流水文特性有關，台灣河流具有長度短、流域面積小、坡落差大、水流急、豐枯水量差異大，降雨量大時會即時反應到河川流量（林孟龍和王鑫，2002），因此表層沈積物停留時間較短。而湖泊區域為水源蓄集區，因此沈積物在湖泊蓄積的時間較久。（2）沈積物土壤特性差異，河流的沈積物以砂質或小碎石為主，而湖泊的沈積物為含高有機物的泥質土壤為主，總有機碳分析結果顯示河流測站沈積物中總有機碳含量為  $1.25 \pm 1.53\%$ ，湖泊測站沈積物中總有機碳含量為  $9.37 \pm 5.98\%$ （圖4-4），依據 Wang 等研究顯示，沈積物中顆粒大小和總有機碳含量與 PAHs 濃度的相關性極高（Wang et al., 2001），而本計畫中湖泊測站中總有機碳含量比河流測站高約 10 倍，PAHs 濃度高約 10~100 倍，顯示相似結果。

將各個測站所採集到的沈積物所分析的 16 種 PAHs，進行主成份分析（Principal Component Analysis, PCA），用 16 種 PAH 之組成來分析判別各測站之 PAH 可能來源，得到影響組成變異的三個主要成份，其中第一主成份（PC 1）可以解釋 49.0% 的總變異數，第二（PC 2）與第三（PC 3）主成份可解釋的總變異數分別為 14.7% 和 11.2%。圖 4-5 為 PC 1 和 PC 2 所繪之分數圖，顯示不同採樣次與測站可區分成二群即湖泊與河流的沈積物 PAHs 組成份明顯不同，湖泊沈積物為 group I，含較多高環數（4~6 環）之 PAHs，高環數之 PAHs 屬於燃燒性來源（Fernandes et al., 1997），包括蓮花池及奇萊山區三個湖泊的所採集到的沈積物（圖 4-7）；而 group II 則以低環數（3 環）之 PAHs 為主，而低

環數 PAHs 屬於較不具揮發性之 PAHs(Boehm et al., 2001), 包括砂卡礑及西喀拉罕溪所帶回的沈積物(圖 4-6)。而在蓮花池沈積物中的 PAHs 變異性大, 其日後採樣的解決辦法為, 增加蓮花池周遭的採樣點或各點樣品均勻混合後分析, 減少分析樣品時所造成的差異, 使其更具代表性。PAHs 風險評估方面, 各測站沈積物 PAHs 含量皆低於美國 NOAA(National oceanic and atmospheric administration) 所制訂的 PAHs 在底泥對敏感物種生物的最低影響濃度 (Effect Range Low; ERL4000  $\text{ng g}^{-1}$ ; Long et al., 1995)。

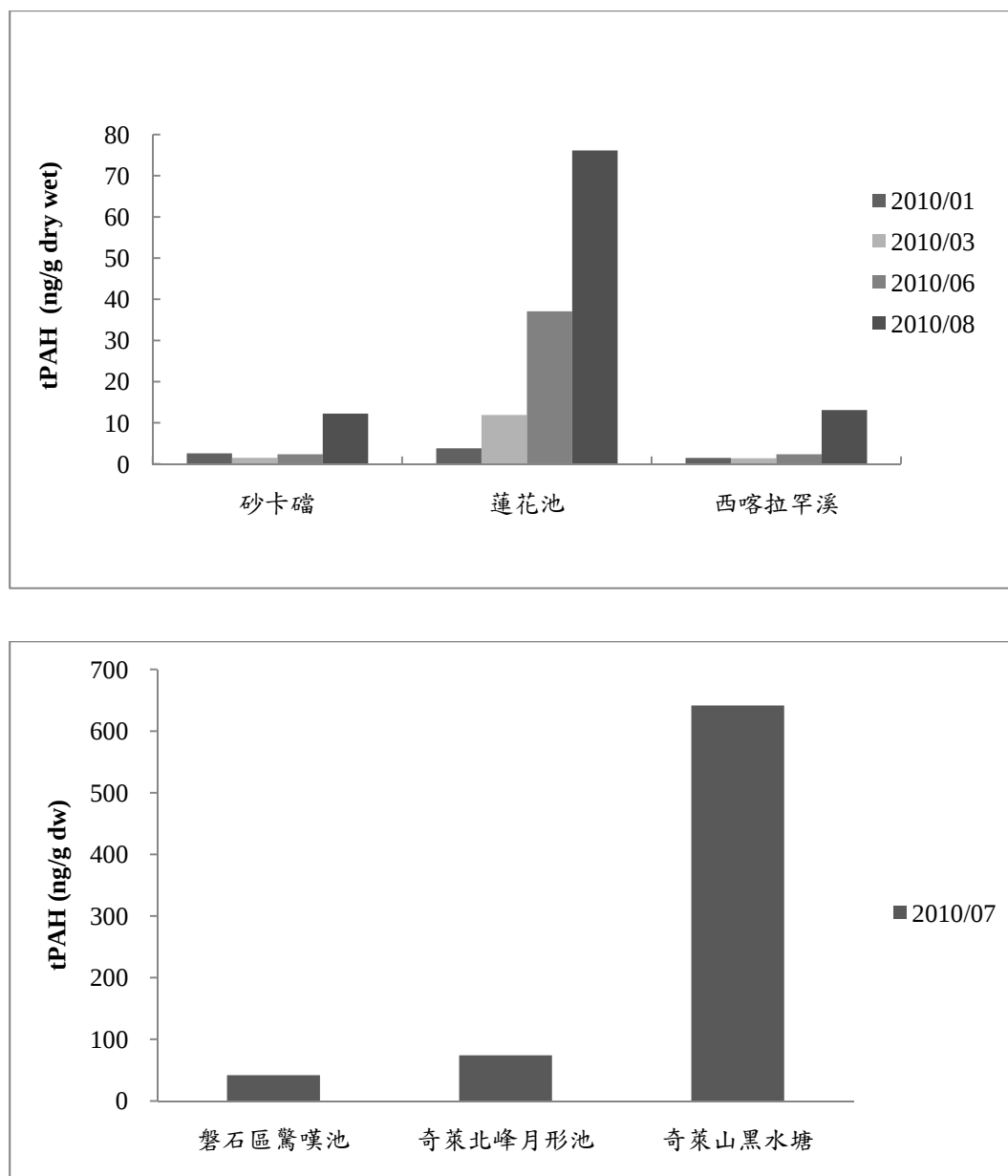


圖4-3 各月份、地點，沈積物總多環芳香烴濃度比較

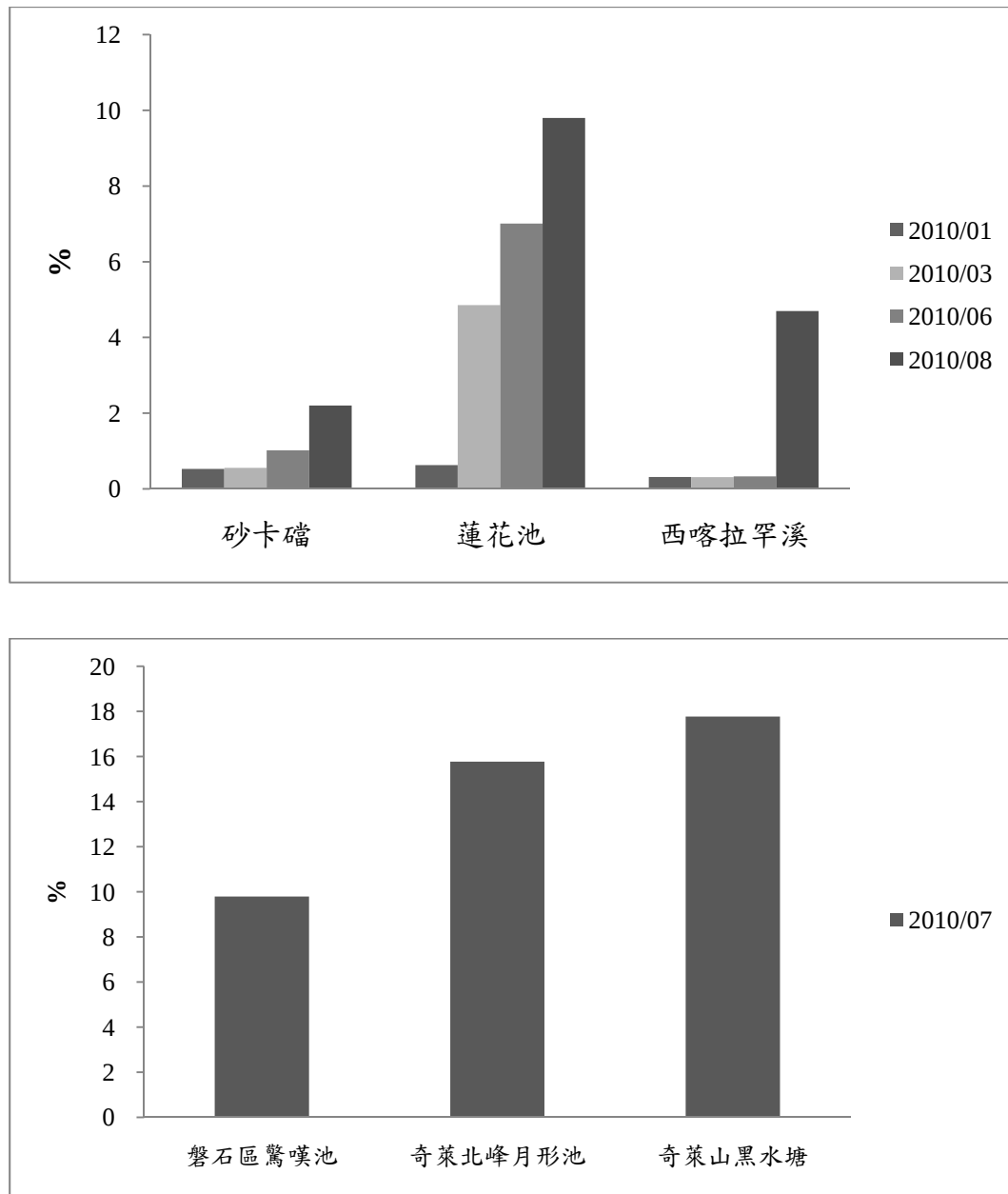


圖4-4 各月份、地點，沈積物中有機碳含量百分比

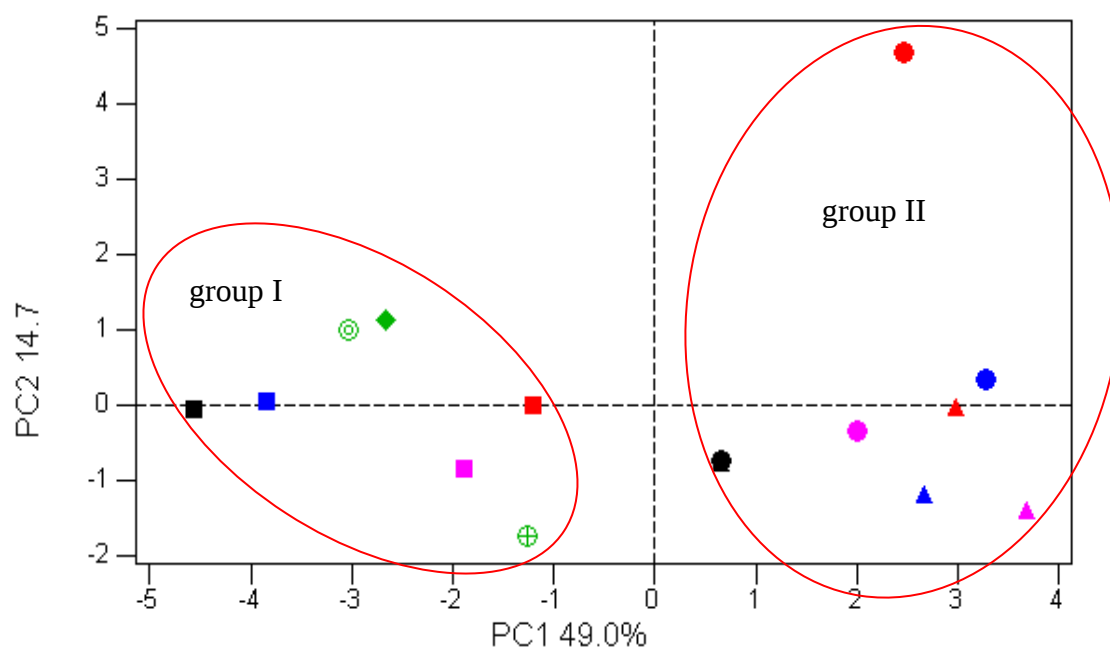


圖 4-5 沈積物多環芳香烴之主成份分析

▲：砂卡礑，■：蓮花池，●：西喀拉罕溪，◆：磐石區驚嘆池，◎：奇萊北峰月形池，⊕：奇萊山黑水塘。

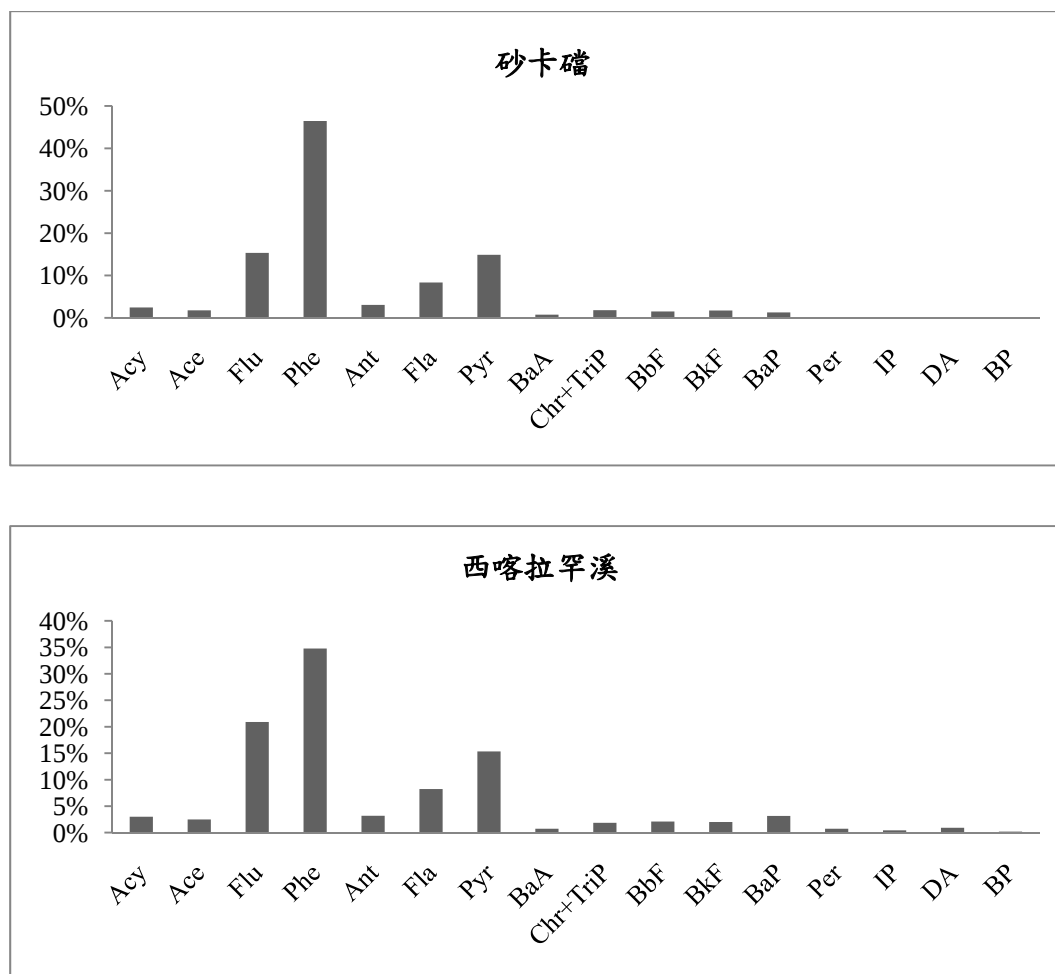


圖 4-6 河流沈積物中多環芳香烴組成份分析

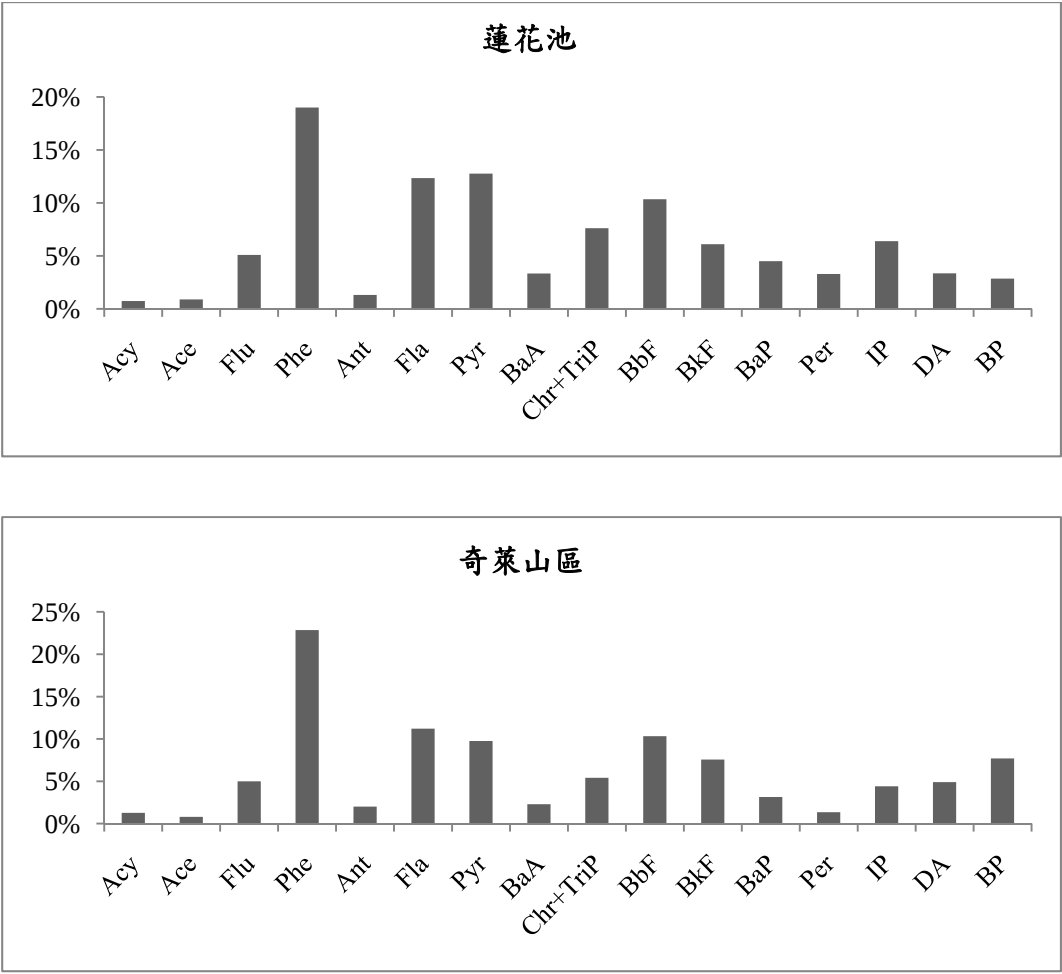


圖 4-7 湖泊沈積物中多環芳香烴組成份分析

表 4-1 各國河川與湖泊之水與沈積物中 PHAs 濃度

| 樣品  | 地點                  | PAHs 濃度<br>(ng/L, ng/g dw) <sup>a</sup> | 文獻                      |
|-----|---------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| 水   | 砂卡礑                 | 0.35~1.05                               | 本研究                     |
|     | 西喀拉罕溪               | 0.81~0.87                               | 本研究                     |
|     | 蓮花池                 | 2.34~9.84                               | 本研究                     |
|     | 高屏溪                 | 10~9400                                 | Doong and Li(2004)      |
|     | 東港溪                 | 423.4~1571.4                            | 洪甄嬪 (2005)              |
|     | 大遼河, 中國             | 946.1~13448.5                           | Guo et al.(2007)        |
|     | Seine River, 法國     | 4~36                                    | Ferinades et al.(1997)  |
|     | York River, 美國      | 2~123                                   | Countway et al.(2003)   |
|     | River Nile, 埃及      | 1112.7~4351.2                           | Badawy et al.(2009)     |
| 沈積物 | 砂卡礑                 | 1.50~12.23                              | 本研究                     |
|     | 西喀拉罕溪               | 1.38~13.08                              | 本研究                     |
|     | 蓮花池                 | 3.81~76.15                              | 本研究                     |
|     | 奇萊山區湖泊 <sup>b</sup> | 41.83~641                               | 本研究                     |
|     | 高屏溪                 | 8~356                                   | Doong and Li (2004)     |
|     | 大遼河, 中國             | 61.9~840.5                              | Guo et al. (2007)       |
|     | 馬來西亞河流與河口           | 4~924                                   | Zakaria et al.(2002)    |
|     | 中西歐高海拔湖泊            | 180~1100                                | Fernández et al. (1999) |
|     | 東歐高海拔湖泊             | 13000~18000                             | Fernández et al. (1999) |
|     | 美國偏遠湖泊              | 100~1100                                | Fernández et al. (1999) |

<sup>a</sup> ng/L 為水體濃度, ng/g dw 為沈積物濃度<sup>b</sup> 包含黑水塘、驚嘆池和月形池

## 參、生物

生物樣品總 PAHs 的濃度表示分為乾重(dw)與溼重(ww)兩種，以乾重表示的為浮游生物、藻類及水生昆蟲，其中太魯閣三個測站中以藻類總 PAHs 含量為最高 (6.94~96.4 ng/g dw)，其次為水生昆蟲 (2.77~45.63 ng/g dw)，以浮游動物的含量為最低 (2.53~16.81 ng/g dw)；而在溼重部分為甲殼類、兩棲類及魚類，在三測站中以兩棲類成蛙體內總 OCPs 含量為最高 (1.06~33.65 ng/g ww)，次之為兩棲類的蝌蚪 (5.97~18.83 ng/g ww)，魚類 (0.77~7.97 ng/g ww)，螃蟹為 (1.22~7.25 ng/g ww)，而以蝦的含量為最低 (0.88~5.78 ng/g ww)，如表六所示。

以下分為五個部份浮游生物、藻類、水生昆蟲、甲殼類、兩棲類及魚類，分別討論總多環芳香烴在不同生物體內的分佈及含量。

### 一、浮游生物

本研究之浮游生物採集方式，是在溪中架設固定式之浮游生物網，利用流動河水來收集；而蓮花池屬於靜止水域，無法以此方法收集樣品。浮游生物有砂卡礑及西喀拉罕溪兩個測站的樣品，PAHs 濃度範圍為 2.53~16.81 ng/g dw，以砂卡礑濃度較高，而西喀拉罕溪較低。在不同月份所採集的樣品並無明顯的季節性差異，如圖 4-8 所示。而在兩測站中浮游生物多環芳香烴組成份相似，以 4~6 環燃燒性來源的多環芳香烴為主 (圖 4-9)。

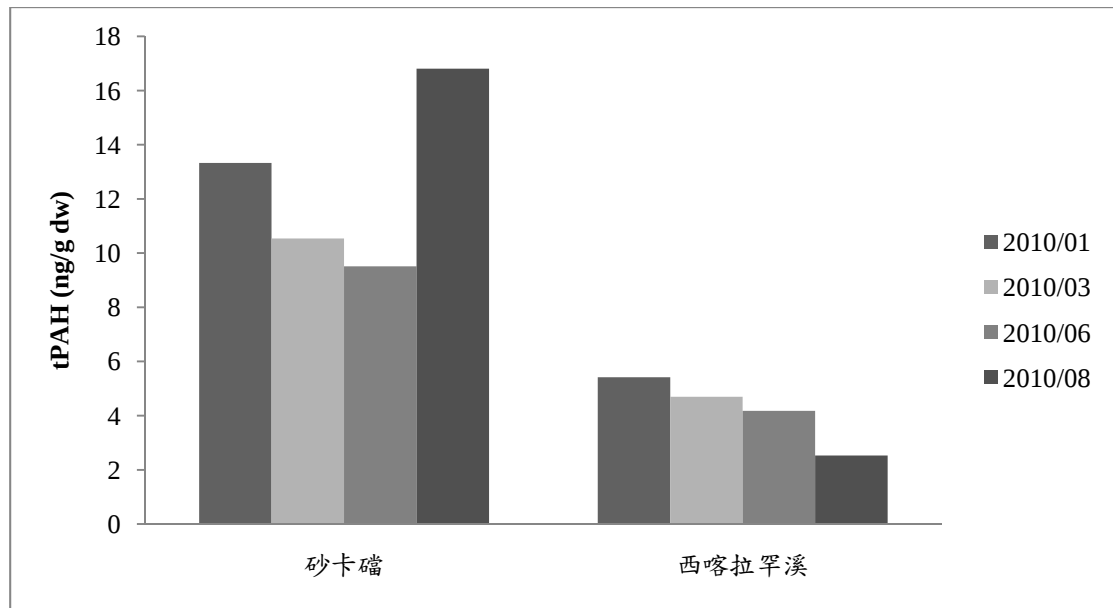


圖4-8 各月份、地點，浮游生物總多環芳香烴濃度比較

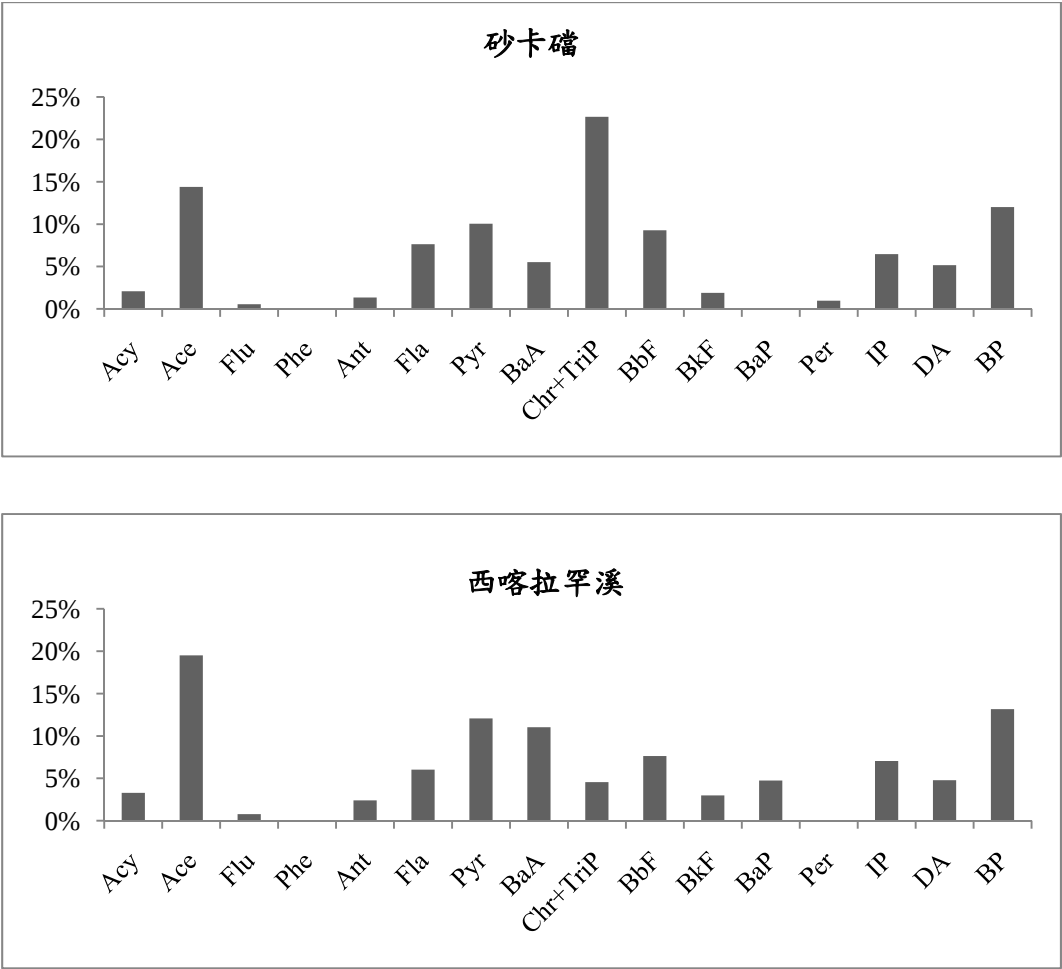


圖 4-9 浮游生物中多環芳香烴組成份分析

## 二、藻類

在三個測站中之藻類樣品，在砂卡礑及西喀拉罕溪採集到藻類為絲藻，而在蓮花池所採集到的為溼地環境中常見的浮游藻與附著藻。在藻類中所測得 PAHs 濃度範圍為 6.94~96.4 ng/g dw，其中以蓮花池之藻類樣品所測得的濃度（55.94~96.4 ng/g dw）高於其他兩測站（圖 4-10），在藻類 PAHs 組成份中，西喀拉罕溪主要以 3 環 PAHs 為主與其環境界值（水與沈積物中）組成相似，而在蓮花池主要以 3~5 環 PAHs 為主，其組成份也與蓮花池之沈積物的 PAHs 組成相似（圖 4-7、圖 4-11）。

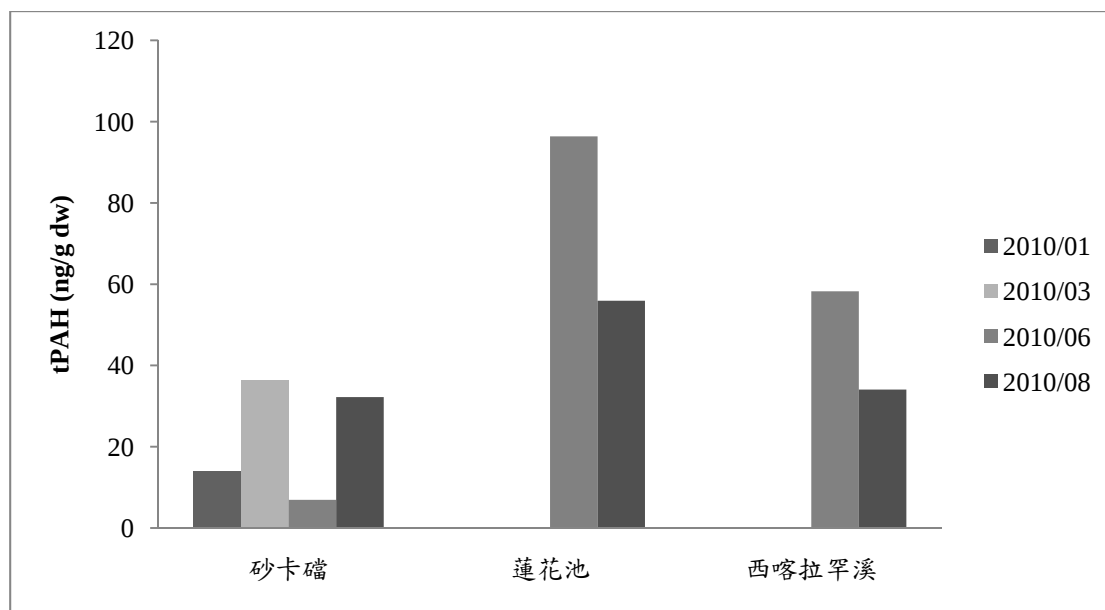


圖4-10 各月份、地點，浮游生物總多環芳香烴濃度比較

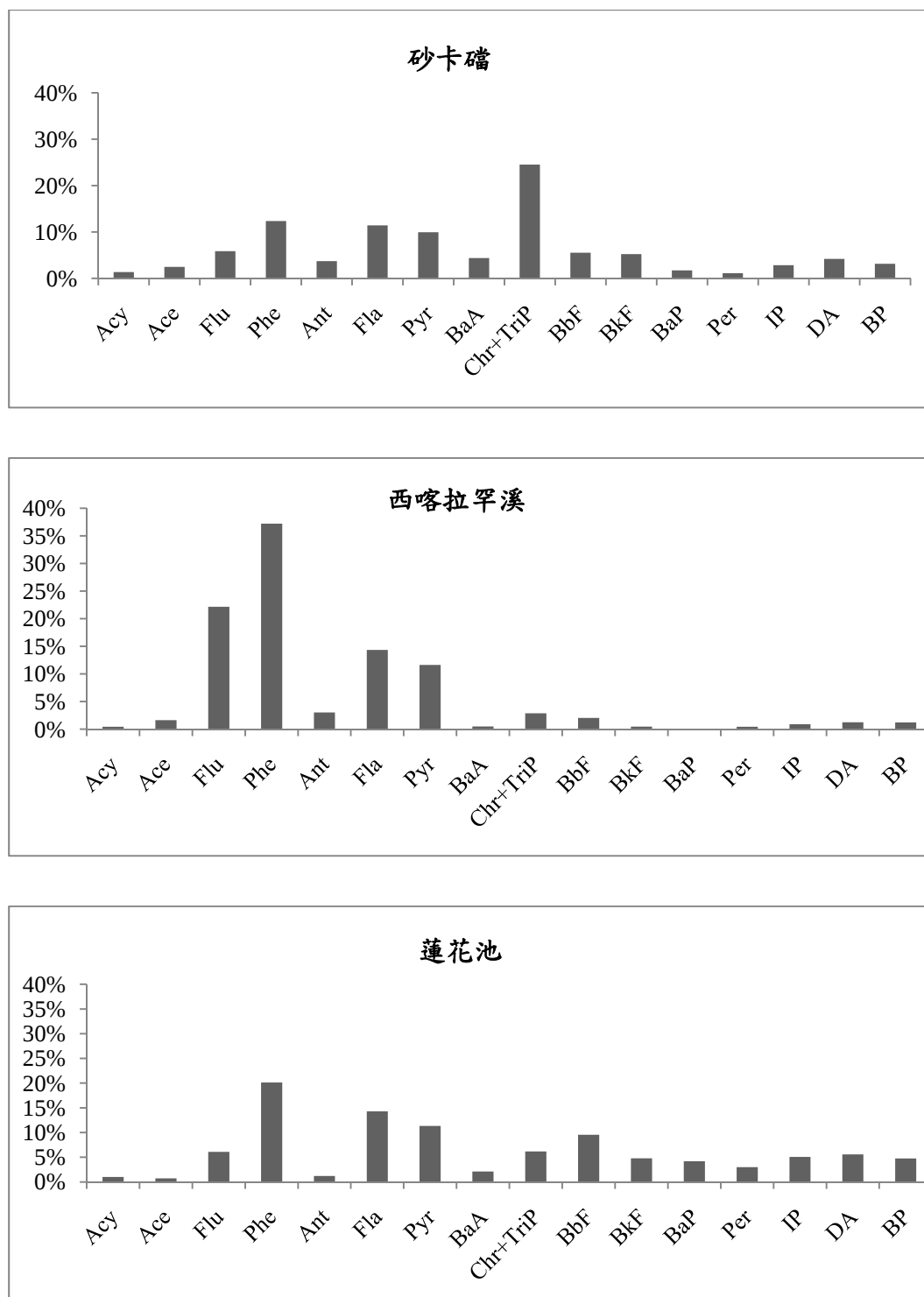


圖 4-11 藻類中多環芳香烴組成份分析

### 三、水生昆蟲

於不同測站所採集到的水生昆蟲種類及數量上都不同，在砂卡礑及西喀拉罕溪為流動水域，所以在底棲性水生昆蟲採集方式，主要以踢擊法來進行採樣，而附著於河床上的水生昆蟲則是逐一以翻動石頭來採集，於水面上活動的水生昆蟲（例如半翅目）則是以手抄網進行採集；而蓮花池的環境因素屬於靜止水域，樣品的採集方式主要是以翻動湖邊石頭為主。

三個不同測站中所測得的 PAHs 濃度範圍為 2.77~45.63 ng/g dw，以蓮花池所測得的 PAHs 濃度較高（圖 4-12）；圖 4-13 在不同種類的水生昆蟲中，以毛翅目與半翅目所含 PAHs 較高。因六月分析的樣品中鞘翅目、蜉蝣目及蜻蛉目因分析樣品的數量不夠，且測得的 PAHs 含量差異不大，所以在八月的樣品中將四種水生昆蟲鞘翅目、蜉蝣目、蜻蛉目及襀翅目混合分析。組成份分析中大多以 3~4 環的 PAHs 為主，三測站中並無明顯差異（圖 4-14）。

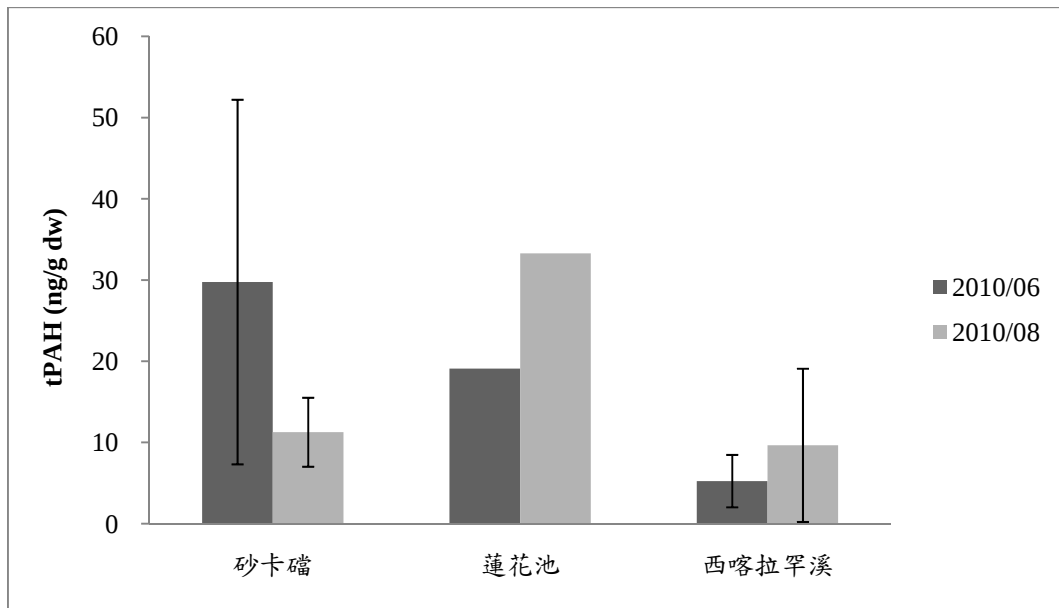


圖4-12 各月份、地點，水生昆蟲總多環芳香烴濃度比較

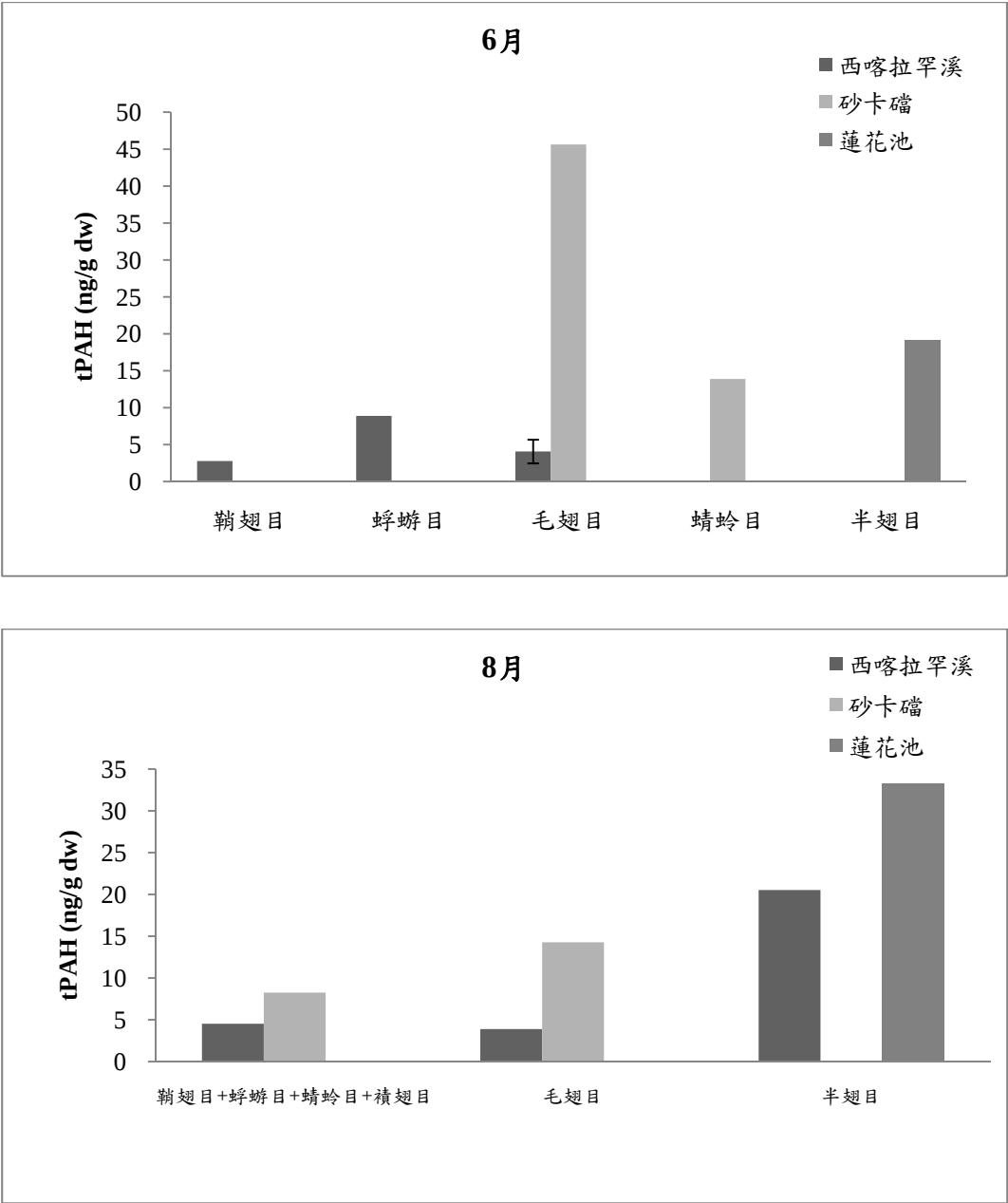


圖 4-13 6 及 8 月份，不同種類水生昆蟲總多環芳香烴濃度比較

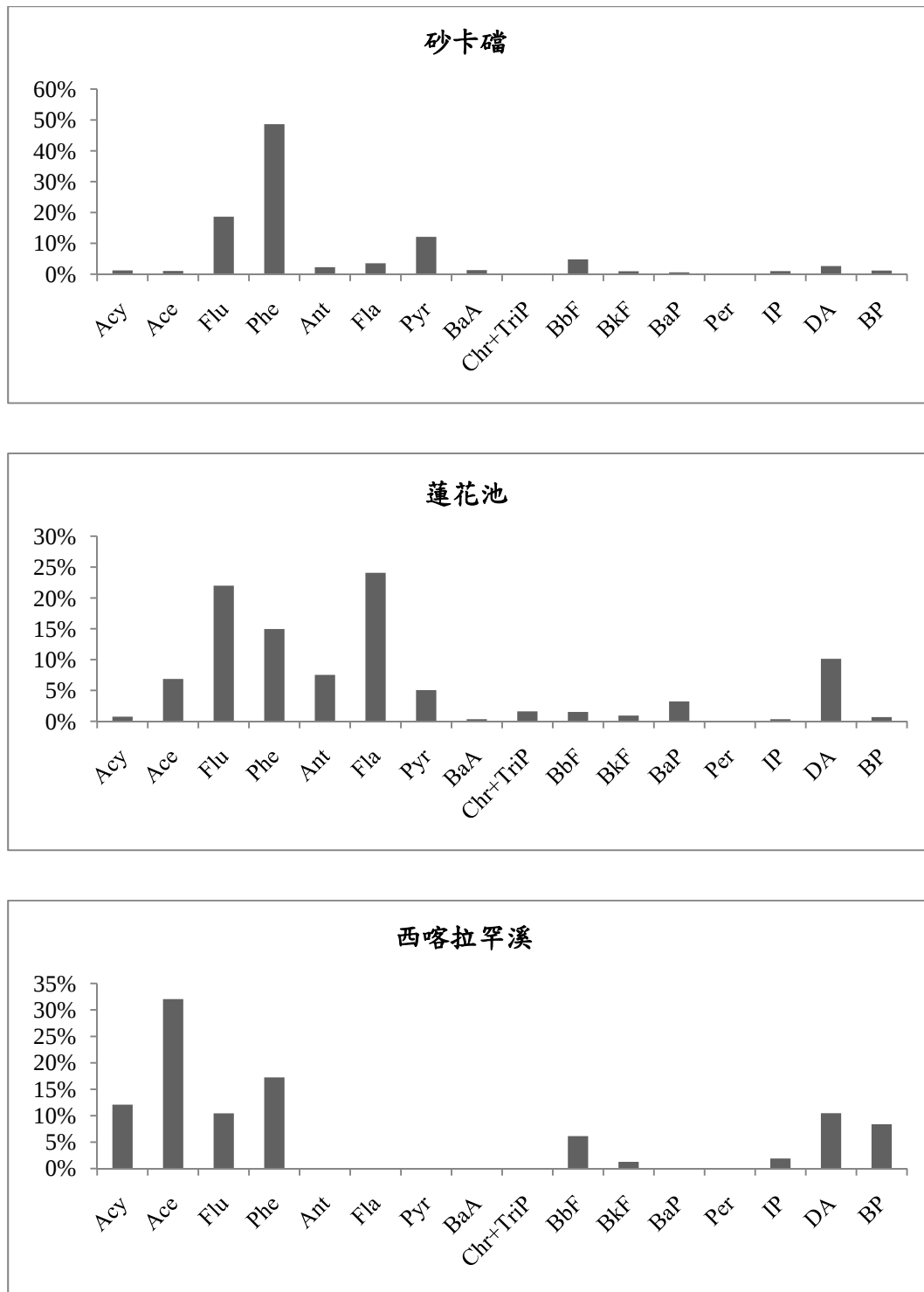


圖 4-14 水生昆蟲中多環芳香烴組成份分析

#### 四、 甲殼類

螃蟹及蝦的採集方式以定點放置蝦籠，隔夜再收回，以及徒手抓取兩種方式，在三測站中，只有在砂卡礑有採集到樣品。螃蟹體內 PAHs 含量範圍為 1.27~7.25 ng/g ww，而蝦體內的 PAHs 含量範圍為 0.88~5.78 ng/g ww(圖 4-15)。6 月份的在螃蟹樣品中，差異大的原因是其中一母螃蟹個體，剛好有孵出的小螃蟹約 76 隻而其頭胸甲寬約 0.4 cm，小螃蟹所測得的 PAHs 濃度為 7.25 ng/g ww，在 16 個 PAHs 中以 Benzo〔a〕pyrene 所占含量為最高為 6.38 ng /g ww，原因尚不清楚。而在蝦濃度差異則是來自於肌肉與卵，卵的平均濃度為 4.96 ng /g ww 遠高於肌肉部分(圖 4-16)，因為 PAHs 為親脂性化合物，當脂肪含量越高則容易累積較多的 PAHs，在蝦卵中平均脂肪含量為 5.6%，而在肌肉中為 1.6%。

在甲殼類體內以 3 環 PAHs 為主要組成成份(圖 4-17)，而在蝦不同部位也是以 3 環 PAHs 為主要組成成份(圖 4-18)。

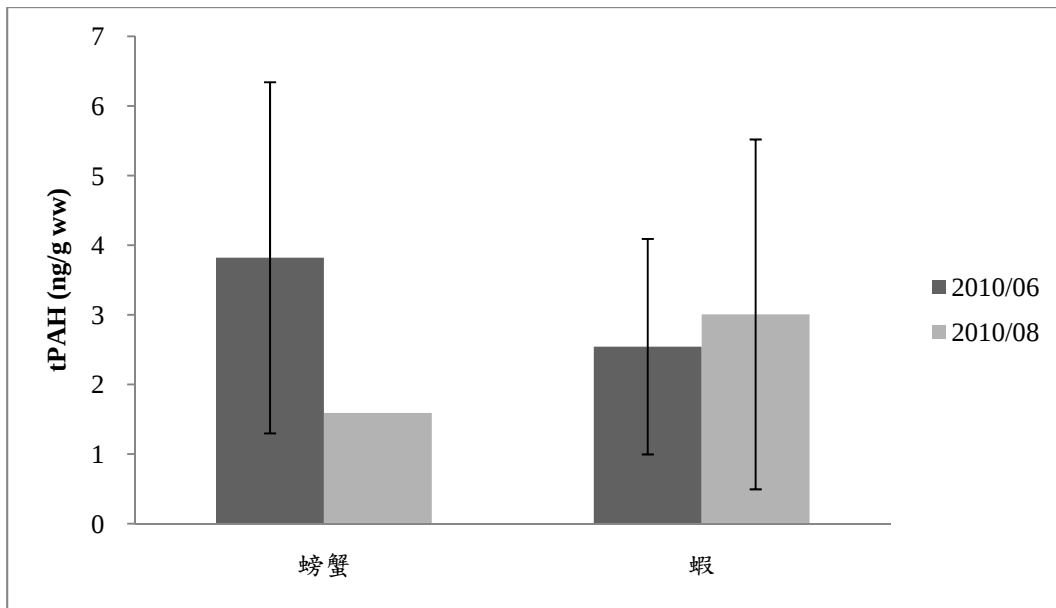


圖4-15 砂卡礑甲殼類總多環芳香烴濃度比較

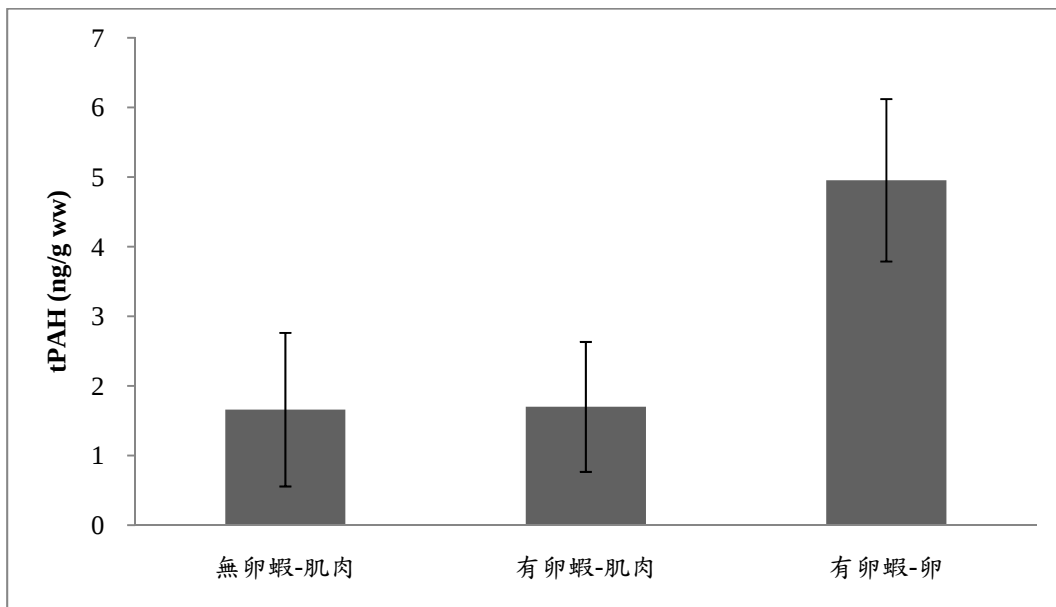


圖4-16 砂卡礑蝦在不同部位總多環芳香烴濃度比較

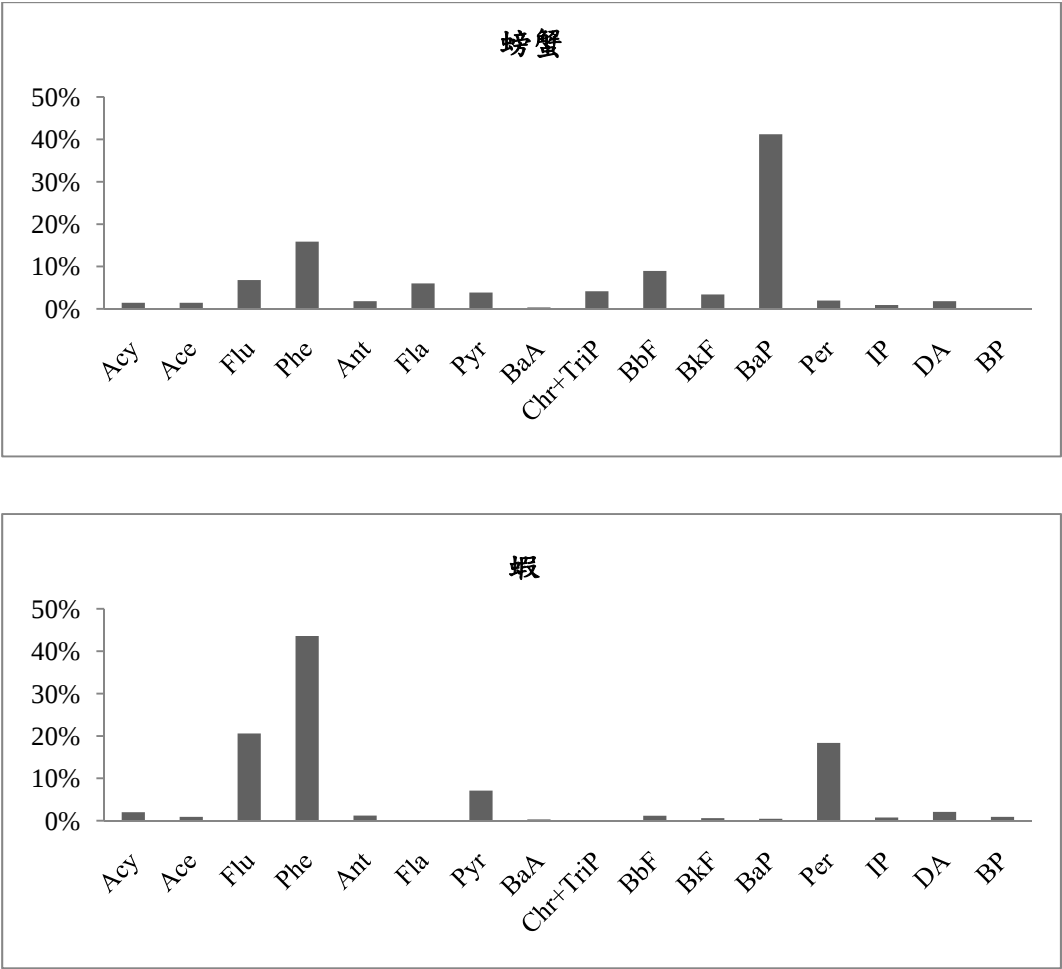


圖 4-17 甲殼類中多環芳香烴組成份分析

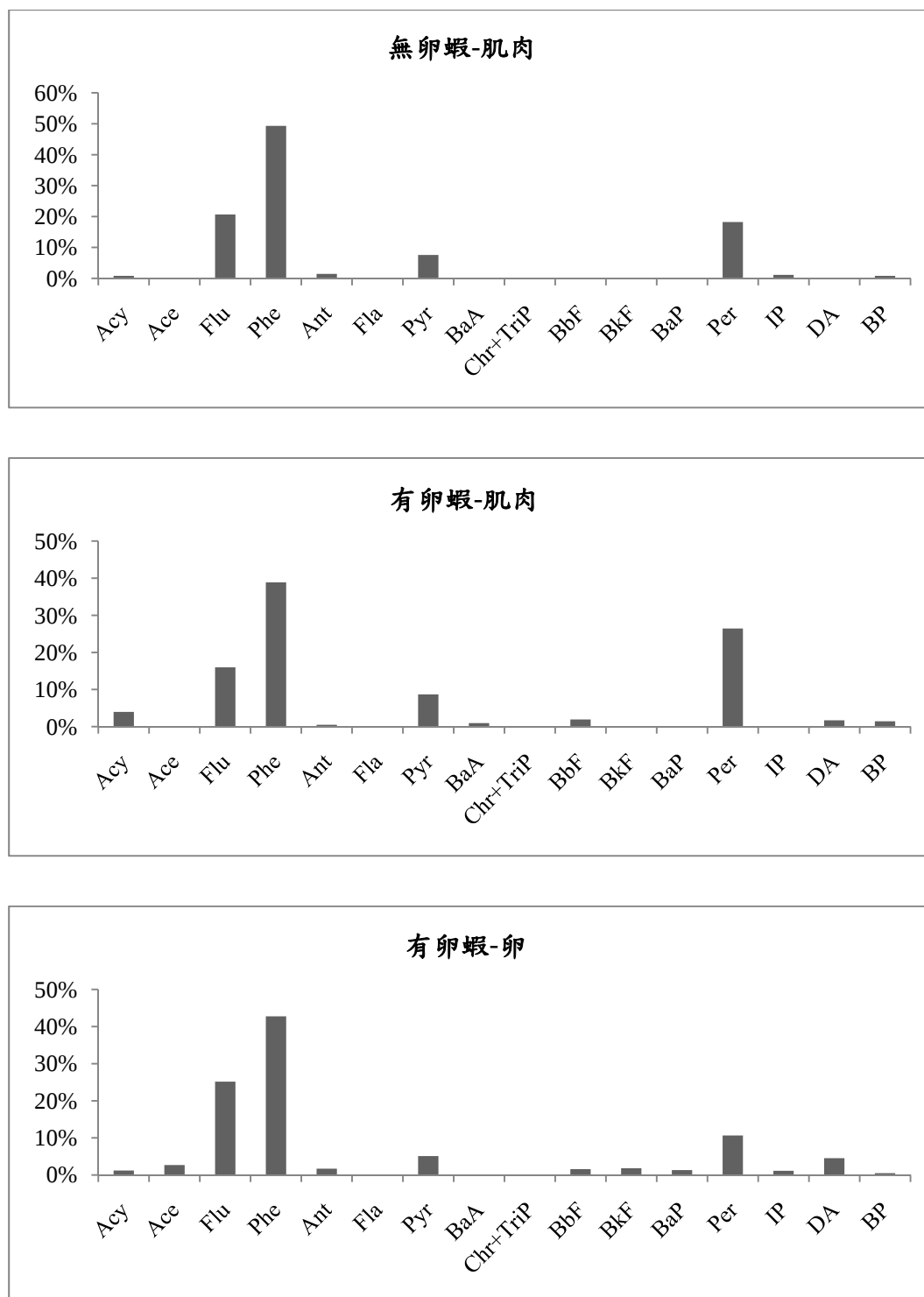


圖 4-18 蝦體內不同部位多環芳香烴組成份分析

## 五、兩棲類

三個測站中，兩棲類的樣品以盤古蟾蜍為主，本研究對已變態的成蛙與未變態的蝌蚪分別進行分析比較，在成蛙體內所測得的 PAHs 濃度範圍為 1.06~33.65 ng/g ww(圖 4-19)，而蝌蚪體內所測得的 PAHs 濃度範圍 5.97~18.83 ng/g ww(圖 4-20)，在不同測站間的 PAHs 濃度並無明顯差異，但生物體型大小卻影響著 PAHs 累積的濃度，體型大小與 PAHs 濃度呈現負相關(圖 4-21)，當體型越大體內所含 PAHs 濃度較低，反之，體型越小者則體內所含 PAHs 濃度較高；推測因盤古蟾蜍在成長過程中因生長速度快而使得體重快速增加，以蓮花池盤古蟾蜍為例，體型較小的溼重 4.10 g 其體內所含 PAHs 濃度為 33.65 ng/g ww，而體型較大的溼重 96.18 g 其體內所含 PAHs 濃度為 1.06 ng/g ww；由於盤古蟾蜍成長速度較快，使體內的 PAHs 含量隨之下降；在其他的生物樣品也有同樣現象產生，推測生物體內 PAHs 的累積會隨著成長而產生生長稀釋(growth dilution)的現象。

不同部位肌肉(骨骼)、內臟、肝臟及卵之 PAHs 含量之比較，以盤古蟾蜍成蛙為例在盤古蟾蜍的肝、內臟及肌肉骨骼與卵方面，比較傾向於肝的 PAHs 含量最高，內臟次之，肌肉(骨骼)最少，魚體方面也有此現象，因為 PAHs 為親脂性化合物會累積在含脂量較多的部位如內臟(圖 4-22)。

組成分分析在三個測站所測得的皆以 3~4 環 PAHs 為主(圖 4-23)，與環境介值(水與沈積物)組成相似，比較成蛙與蝌蚪或比較不同部位的 PAHs 組成沒有明顯的不同(圖 4-24、圖 4-25)。

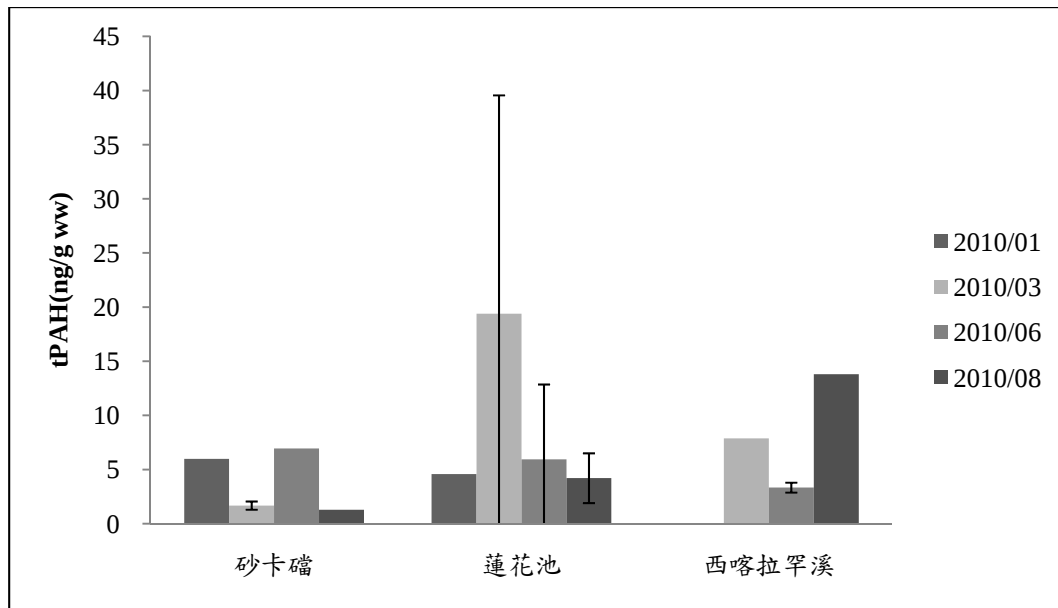


圖4-19 盤古蟾蜍中總多環芳香烴濃度比較

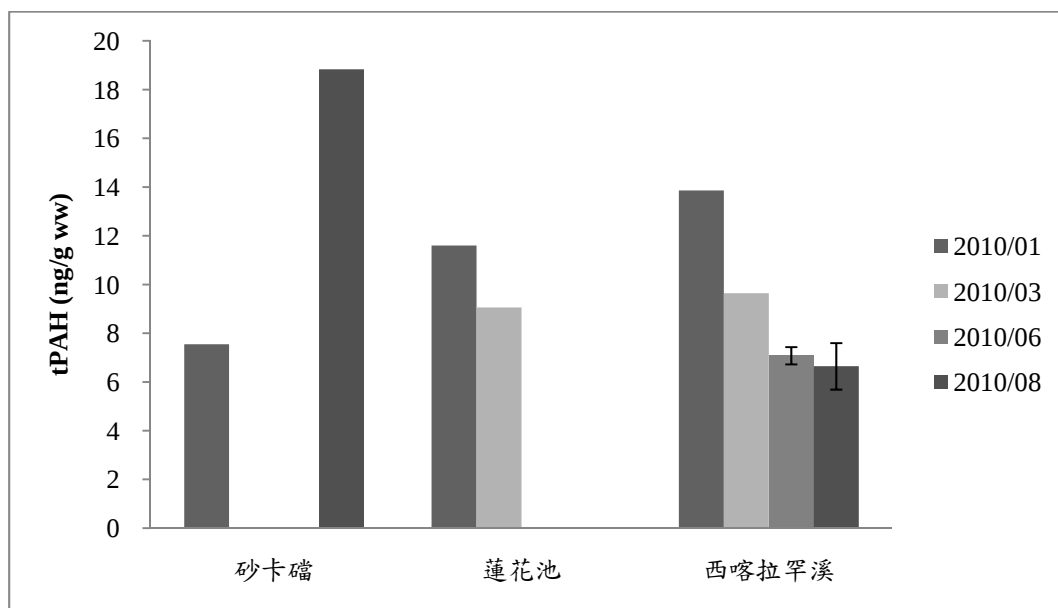


圖 4-20 盤古蟾蜍蝌蚪中總多環芳香烴濃度比較

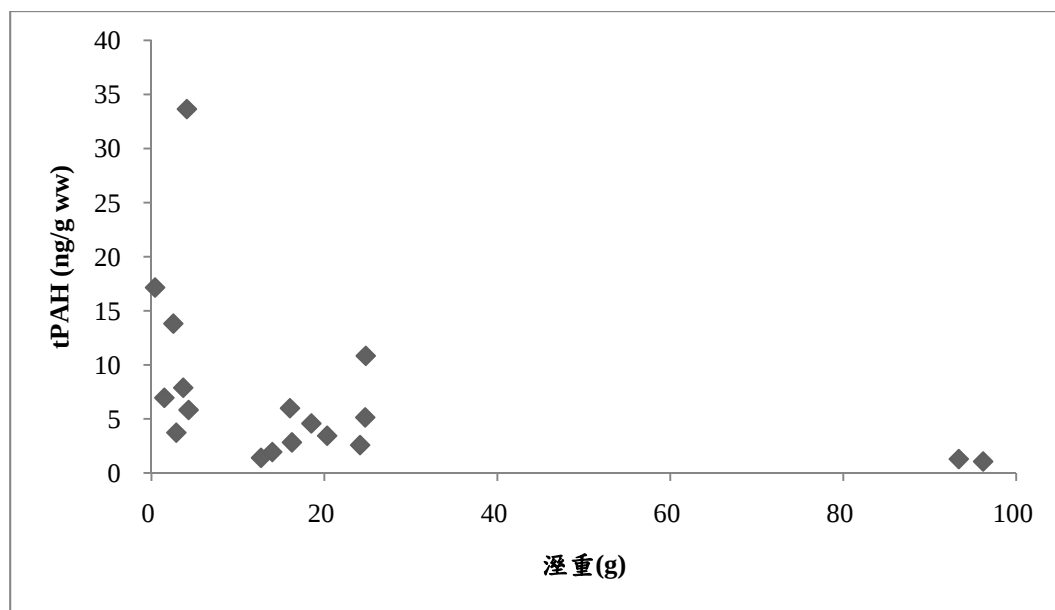


圖 4-21 盤古蟾蜍體型大小與多環芳香烴總濃度關係

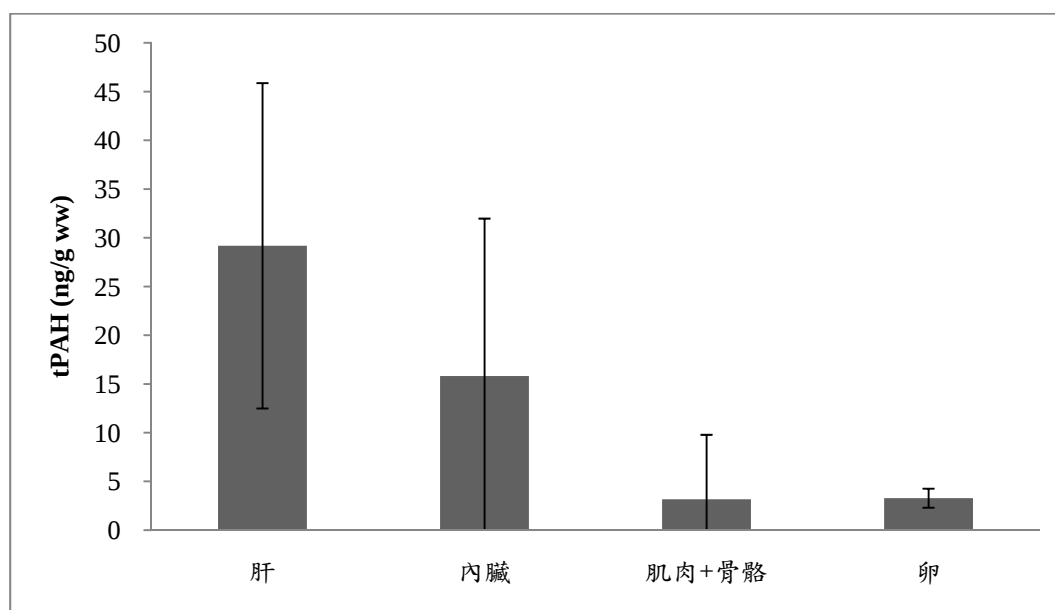


圖 4-22 盤古蟾蜍不同部位多環芳香烴總濃度關係

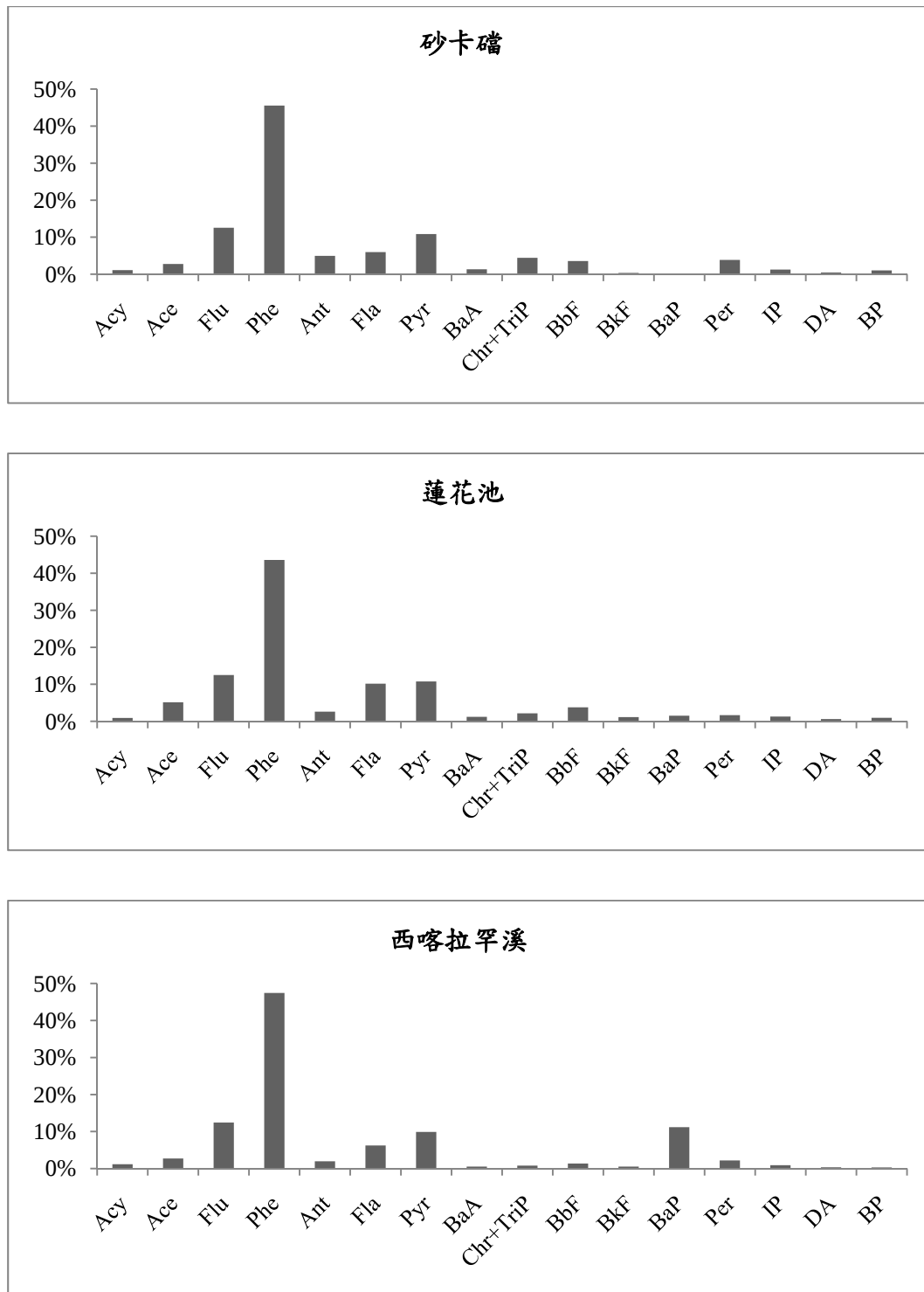


圖 4-23 盤古蟾蜍多環芳香烴組成份分析

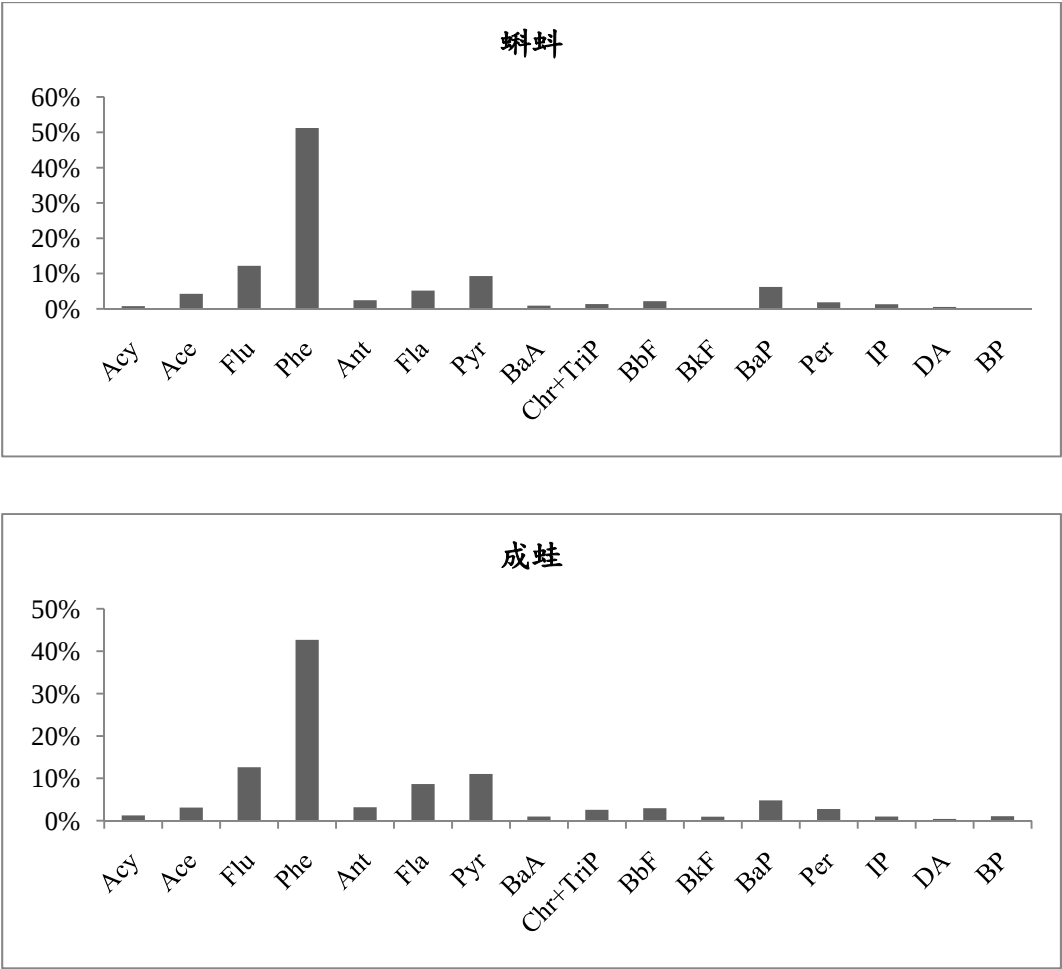


圖 4-24 盤古蟾蜍成蛙與蝌蚪多環芳香烴組成份分析

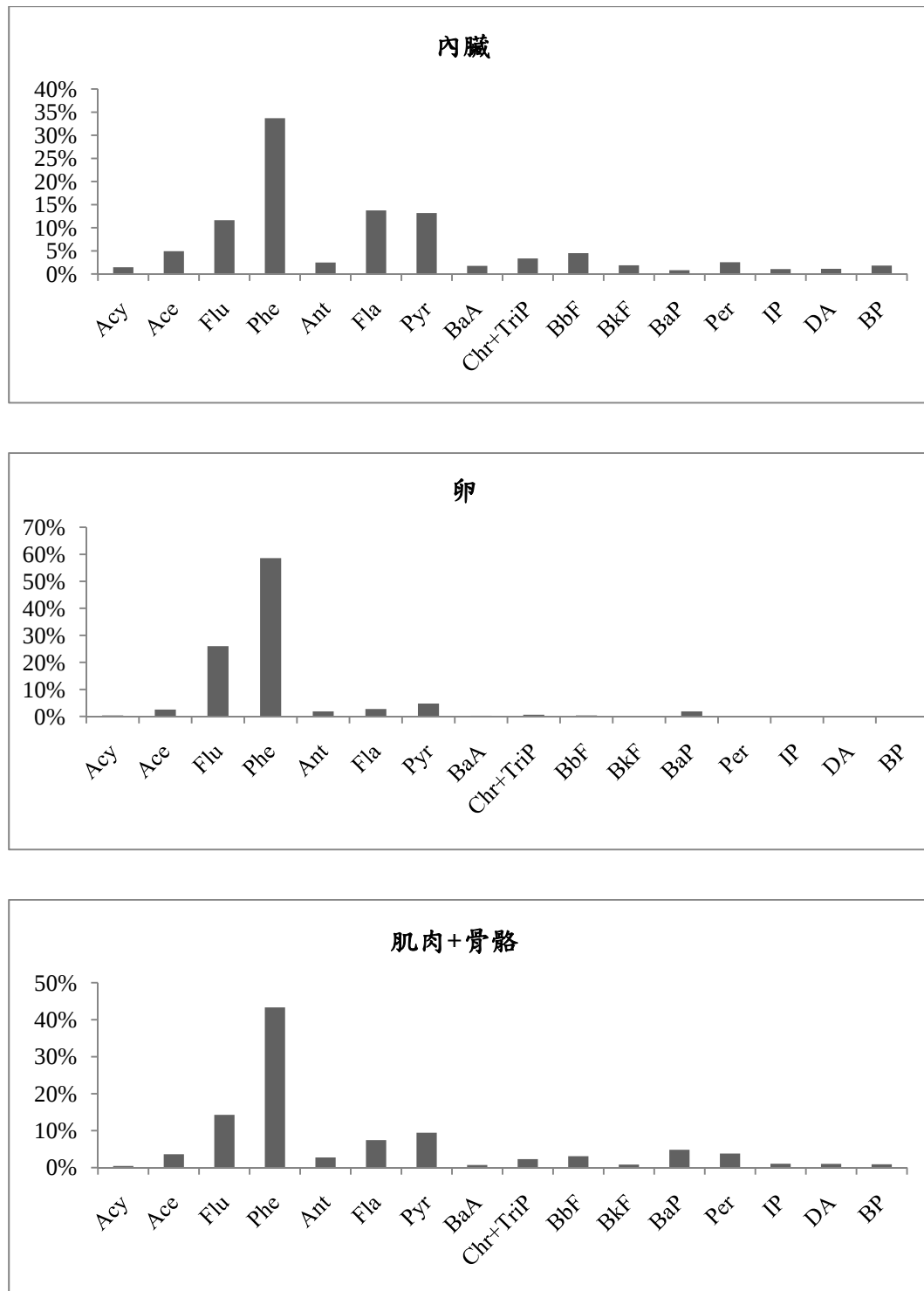
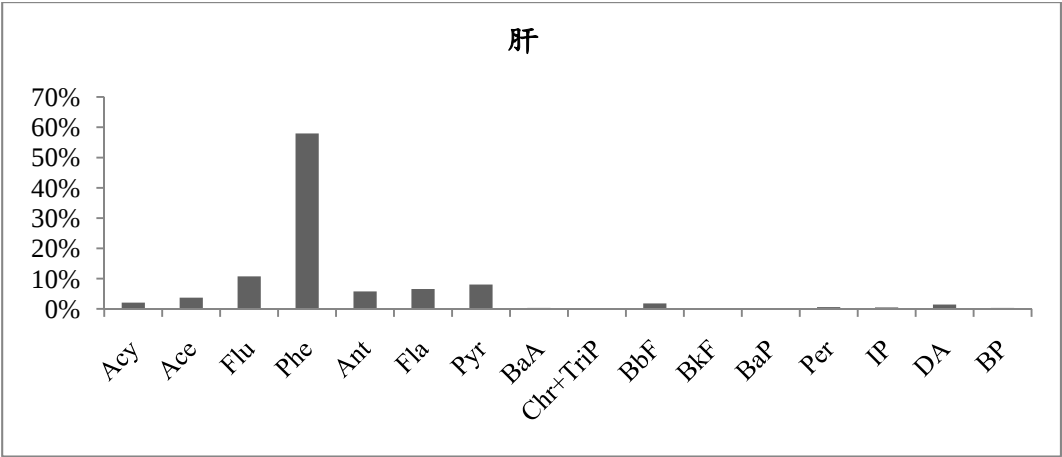


圖 4-25 盤古蟾蜍不同部位多環芳香烴組成份分析



續圖 4-25

## 六、 魚類

在魚類的樣品中，砂卡礑與西喀拉罕溪所採集到的樣品為石魚賓；蓮花池所採集到的樣品為鯉魚及 6 月份所採集到的鱔魚。在魚體內所測到的 PAHs 濃度為 0.77~7.97 ng/g ww (圖 4-26)，而在不同測站中所測得的 PAHs 濃度差異不大；圖 4-27 為比較不同魚種體內不同部位之 PAHs 含量的差異，顯示 PAHs 大多累積在含脂肪較多的內臟部位，而在生物體中母體可能會藉由生殖將持久性有機污染物排出體外，以蓮花池的鯉魚為例含有卵的個體，其體內 PAHs 之濃度在肌肉中為 0.65 ng/g ww，內臟中為 3.03 ng/g ww，卵中為 2.35 ng/g ww；而體內不含卵的個體其體內 PAHs 之濃度在肌肉中為 1.79 ng/g ww，內臟中為 5.26 ng/g ww，顯示含有卵的雌性個體可能會藉由生殖將體內的持久性有機污染物排出體外。

不同地點生物體內 PAHs 組成大多以 3~4 環 PAHs 為主；在種間比較方面，以 PCA 進行主成份分析 (圖 4-28)，發現鱔魚與其他兩種魚石魚賓及鯉魚的組成成份不同，第一群 (group I) 為石魚賓及鯉魚，主要成份以 3 環的 PAHs 為主，第二群 (group II) 主要成份為 5 環的 Benzo [a] pyrene 佔 75%，在同一地點不同種類的生物，其體內累積的持久性有機污染物含量及種類有所不同，以蓮花池的鯉魚及鱔魚為例，推測多環芳香烴總濃度與組成差異，可能受生物體食性階層不同、年齡與脂肪含量及組成不同所影響。

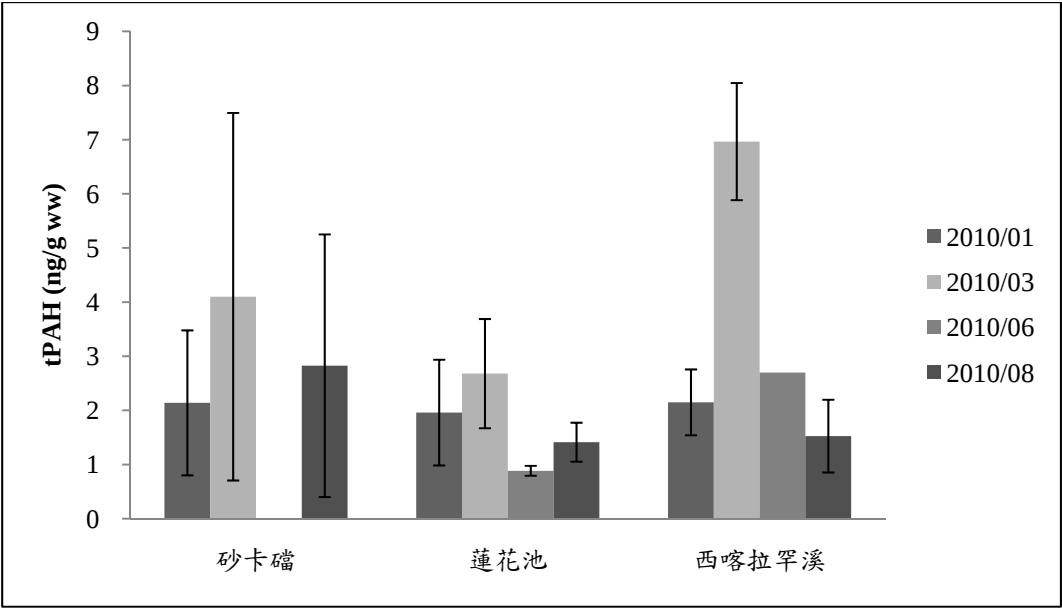


圖4-26 魚體中總多環芳香烴濃度比較

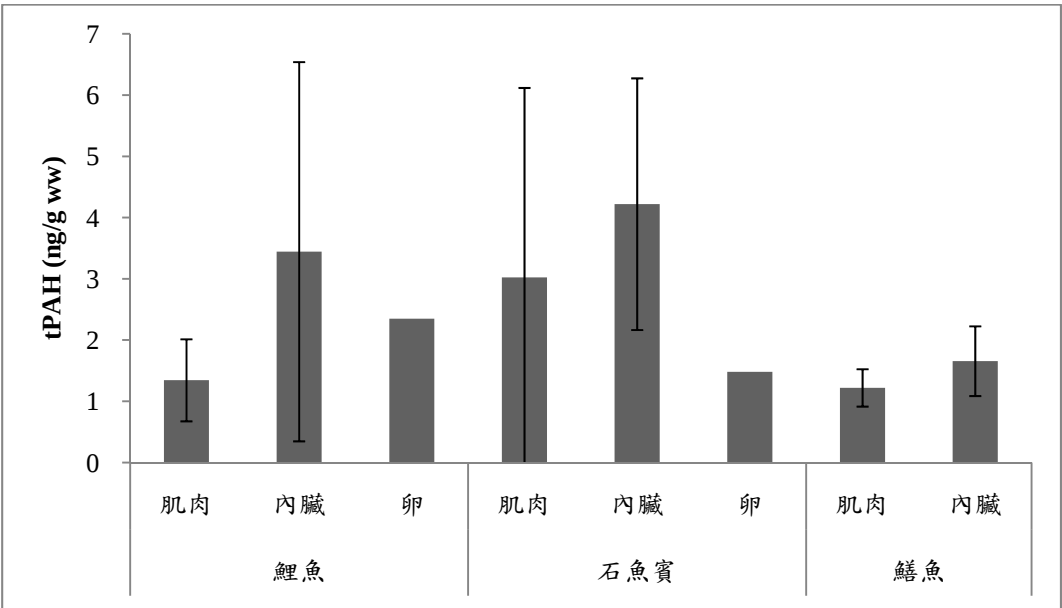


圖4-27 不同魚種中其部位總多環芳香烴濃度比較

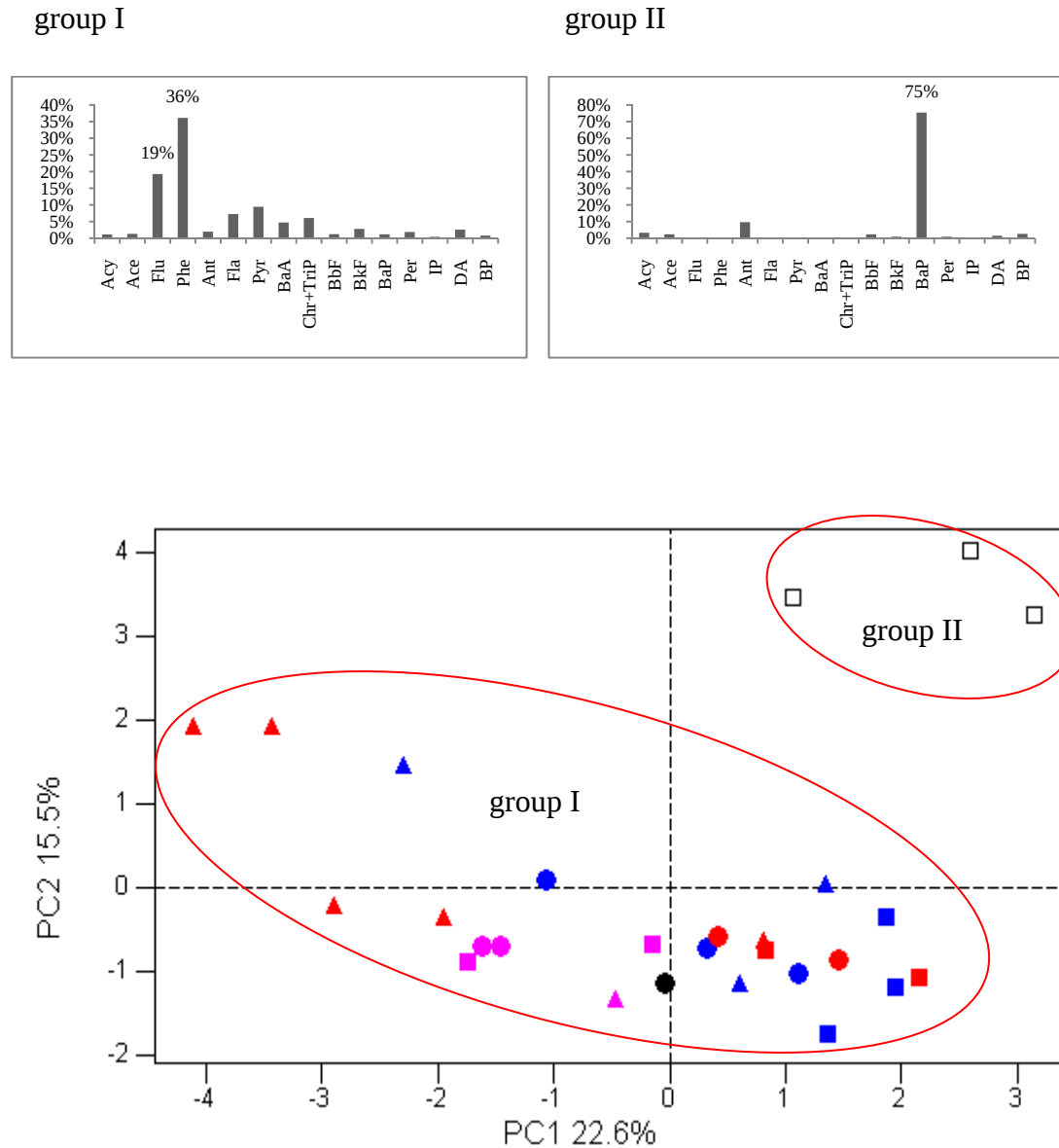


圖 4-28 魚體中多環芳香烴之主成份分析（縮圖為多環芳香烴組成分圖）

▲：砂卡礑，●：西喀拉罕溪，■：蓮花池（鯉魚），□：蓮花池（鱔魚）。

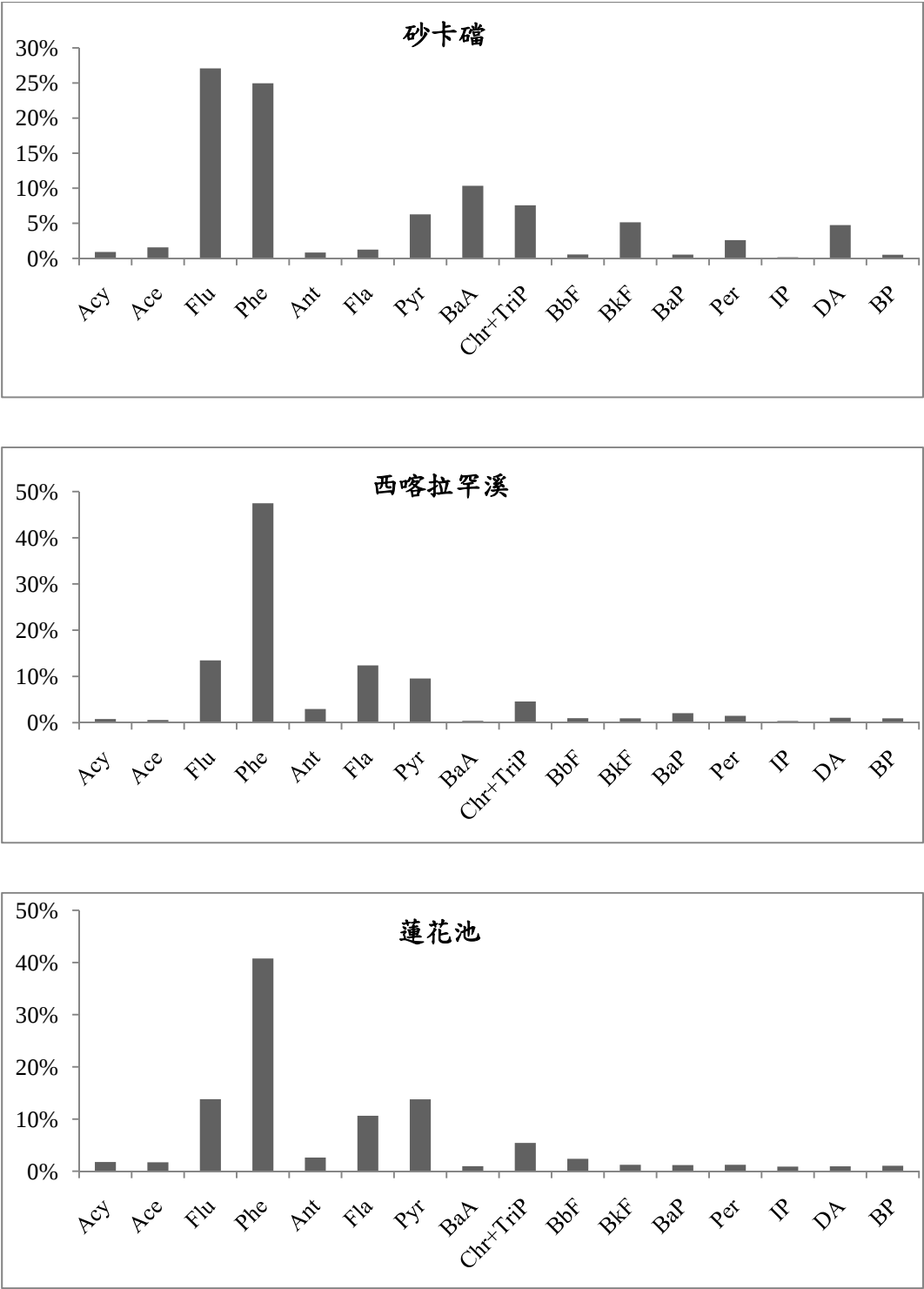


圖 4-29 魚體多環芳香烴組成份分析

### 第三節 有機氯農藥之組成與含量分析

#### 壹、水

本研究共分析 16 種 OCPs (Aldrin、o.p'-DDD、p.p'-DDD、o.p'-DDE、p.p'-DDE、o.p'-DDT、p.p'-DDT、 $\alpha$ -HCH、 $\beta$ -HCH、 $\gamma$ -HCH、 $\delta$ -HCH、heptachlor、cis-heptachlorepoxyde、trans-heptachlorepoxyde、HCB、tecnacene)。在各測站水體樣品 OCPs 濃度範圍為 0.40~2.23 ng/L，其中以蓮花池 OCPs 濃度較其他測站高，如圖 4-30 所示。砂卡礑與西喀拉罕溪二個測站水中 OCPs 組成皆以 HCH 系列的農藥為主（圖 4-31），與台灣早期農藥使用的種類相似。而在蓮花池測站水中 OCPs 的組成為 HCH、Hept 及 DDT 系列為主，進一步分析發現無論是 HCH、Hept 或 DDT 系列農藥，在樣品中大多以其降解產物方式存在，顯示該地區 OCPs 為過去歷史殘留。

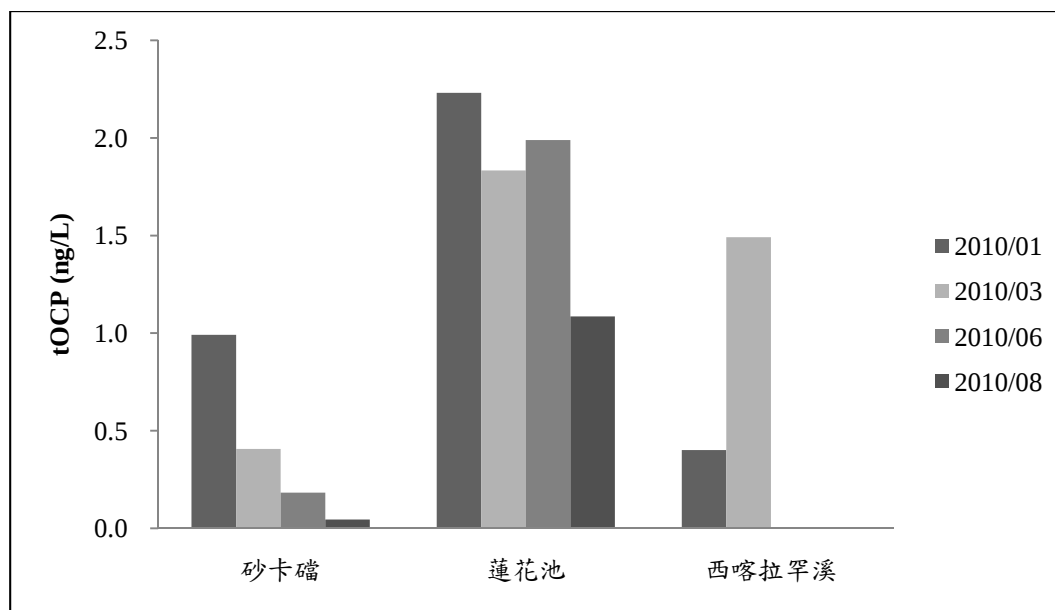


圖 4-30 各月份、地點，水中總有機氯農藥濃度比較

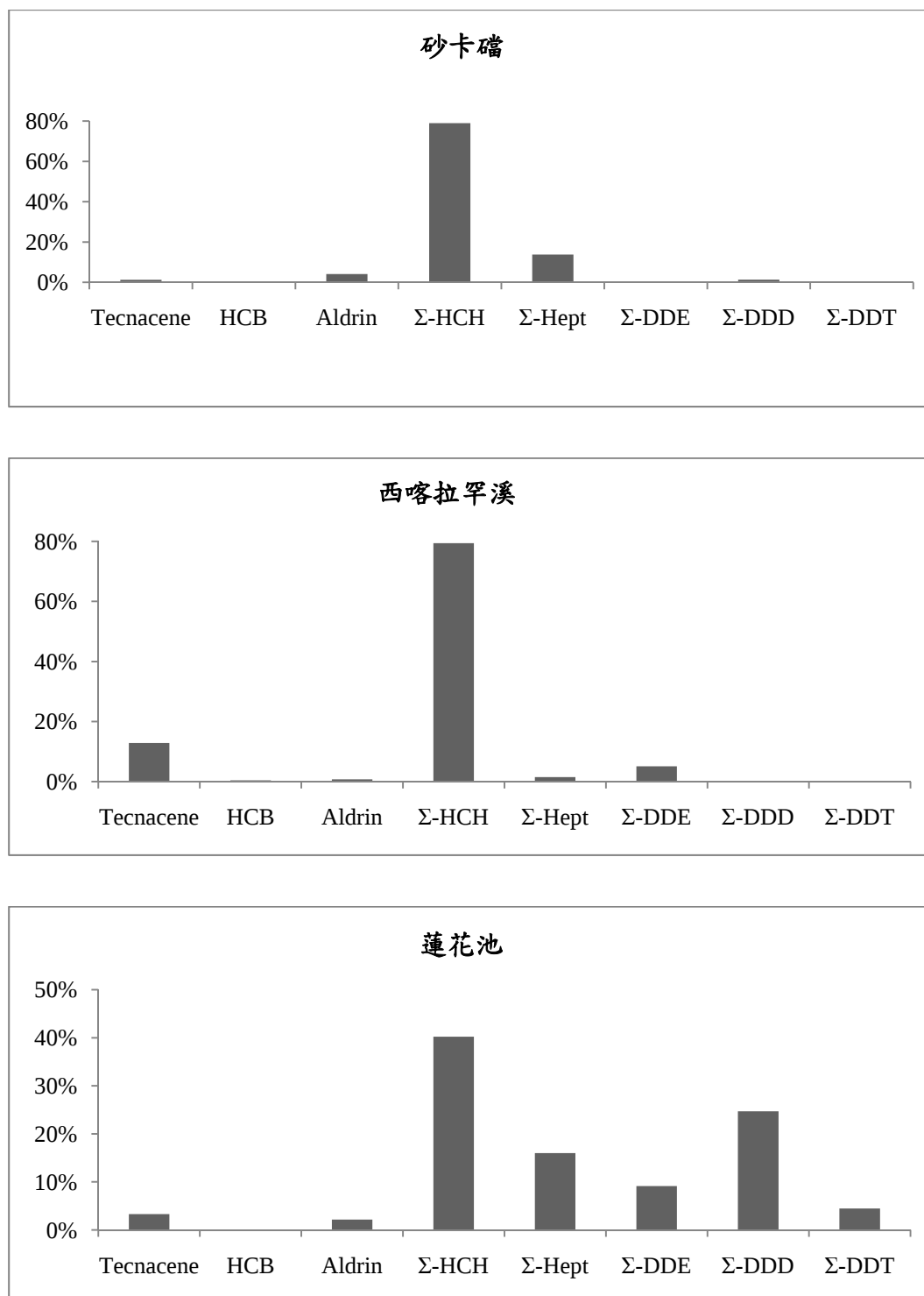


圖 4-31 水中有機氯農藥組成份分析

## 貳、沈積物

沈積物中河流測站之總 OCPs 濃度範圍為 0.28~12.24 ng/g dw，以西喀拉罕溪所測得的 OCPs 濃度為最低，而在砂卡礑不同月份比較中以 8 月份樣品所測得的 OCPs 濃度最高；湖泊測站 OCPs 濃度範圍為 1.17~119.69 ng/g dw，其中蓮花池的 OCPs 濃度最低，以奇萊北峰月形池的 OCPs 濃度為最高。湖泊測站的 OCPs 總濃度略高於河流測站，但差異不大，如圖 4-32 所示。沈積物中 OCPs 組成與水中 OCPs 組成相似，且河流與湖泊測站皆 HCH 系列的農藥為主（圖 4-33、圖 4-34），與台灣早期農藥使用量相似。且沈積物樣品中 HCH、Hept 或 DDT 系列農藥也大多以其降解產物方式存在，在各地區的底泥所含 DDT 系列呈現微量，大部分的 DDT 已經降解，更印證該地區 OCPs 為過去歷史殘留。

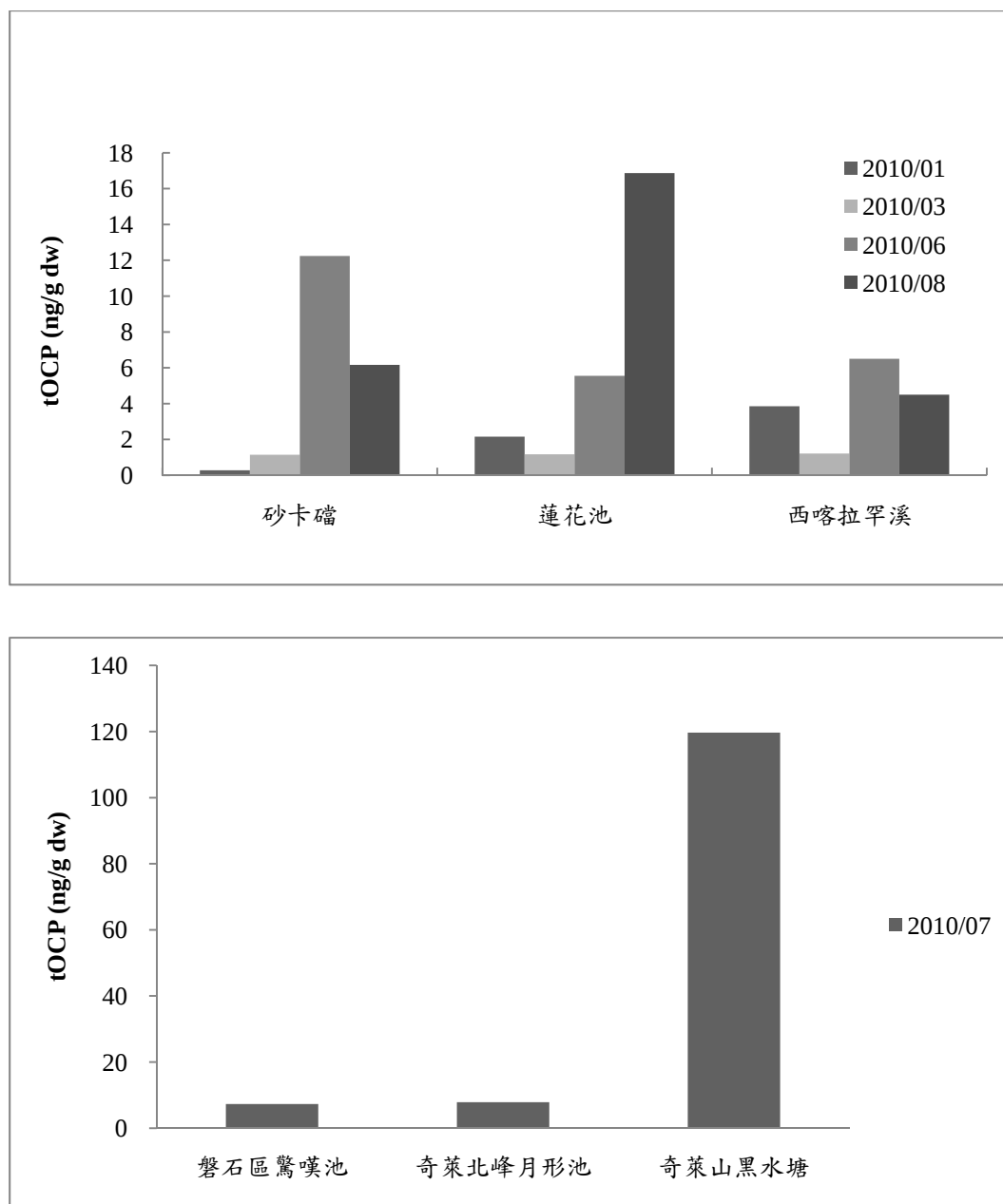


圖 4-32 各月份、地點，沈積物總有機氯農藥濃度比較

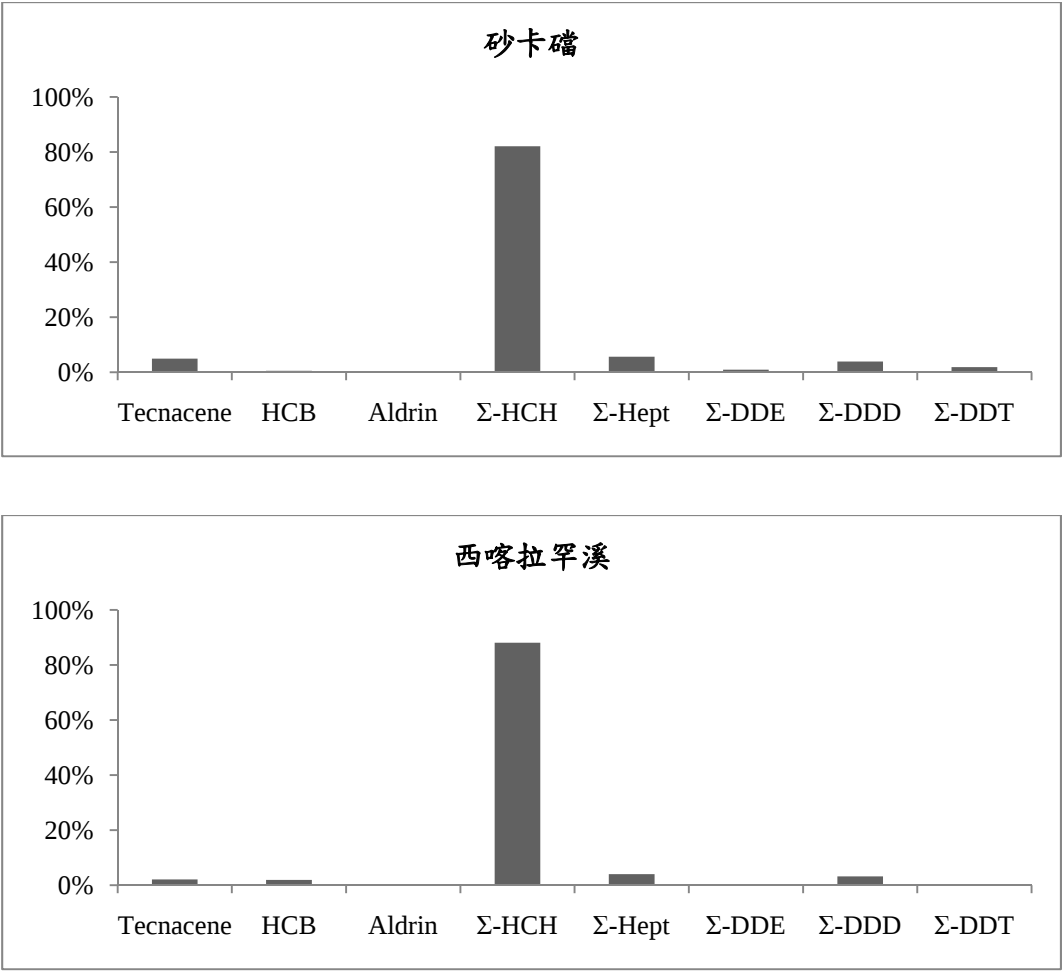


圖 4-33 河流沈積物中有機氯農藥組成份分析

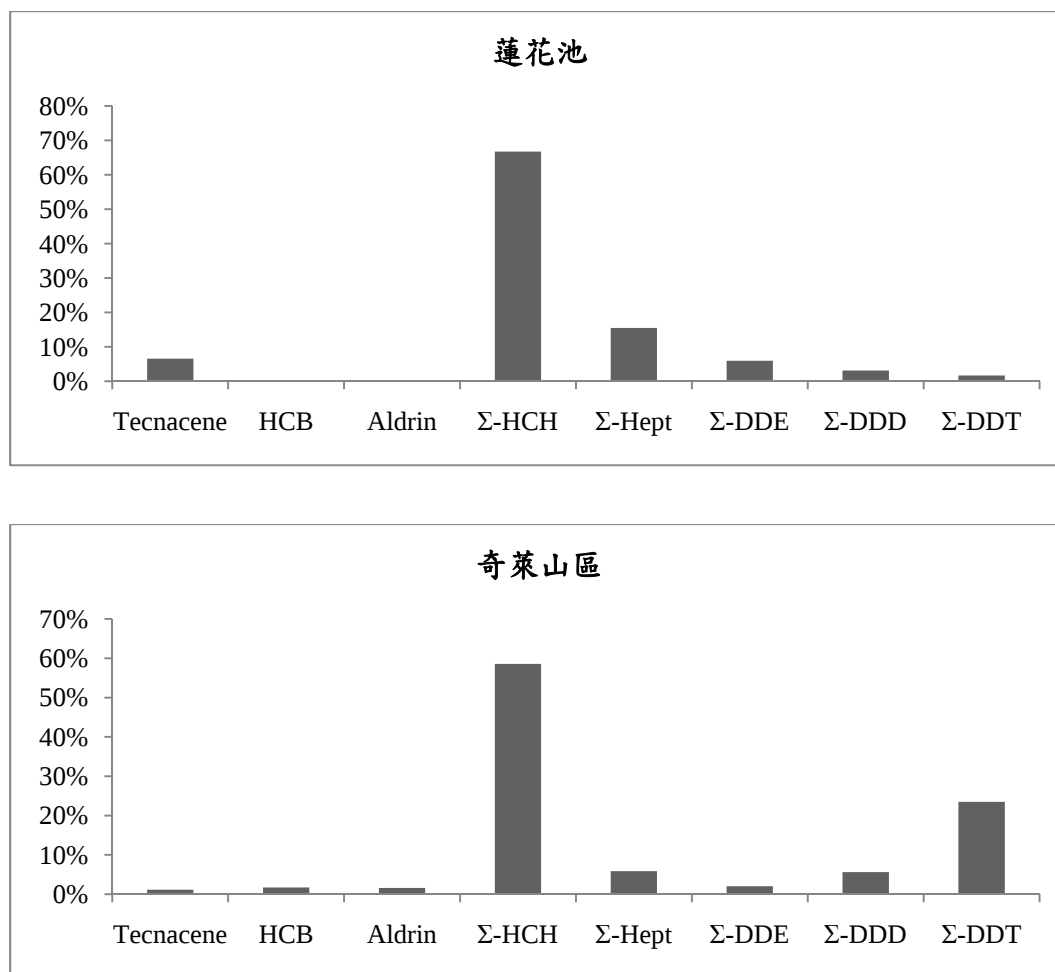


圖 4-34 湖泊沈積物中有機氯農藥組成份分析

## 參、生物

生物樣品總 OCPs 的濃度表示分為乾重與溼重兩種，以乾重表示的為浮游生物、藻類及水生昆蟲，其中太魯閣三個測站中以水生昆蟲總 OCPs 含量為最高 (0.63~34.37 ng/g dw)，其次為藻類 (3.97~11.81 ng/g dw)，以浮游動物的含量為最低 (0.83~7.55 ng/g dw)；而在溼重部分為甲殼類、兩棲類及魚類，在三測站中以兩棲類蝌蚪體內總 OCPs 含量為最高 (0.86~8.96 ng/g ww)，次之為魚類 (0.63~4.28 ng/g ww)，兩棲類的成蛙 (0.25~3.51 ng/g ww)，蝦為 (1.79~2.23 ng/g ww)，而以螃蟹的含量為最低 (0.54~0.89 ng/g ww) (表七)。

以下分為五個部份浮游生物、藻類、水生昆蟲、甲殼類、兩棲類及魚類，分別討論總 OCPs 在不同生物體內的分佈及含量。

### 一、浮游生物

浮游生物有砂卡礑及西喀拉罕溪兩個測站的樣品，OCPs 濃度範圍為 0.83~7.55 ng/g dw。在不同月份所採集的樣品並無明顯的季節性差異，如圖 4-35 所示。在兩測站中浮游生物之 OCPs 組成成份相似，皆以 HCH 系列為主要成份，次要成份為 Hept 系列 (圖 4-36)，而 DDT 系列在兩測站為含量很低或低於偵測極限。

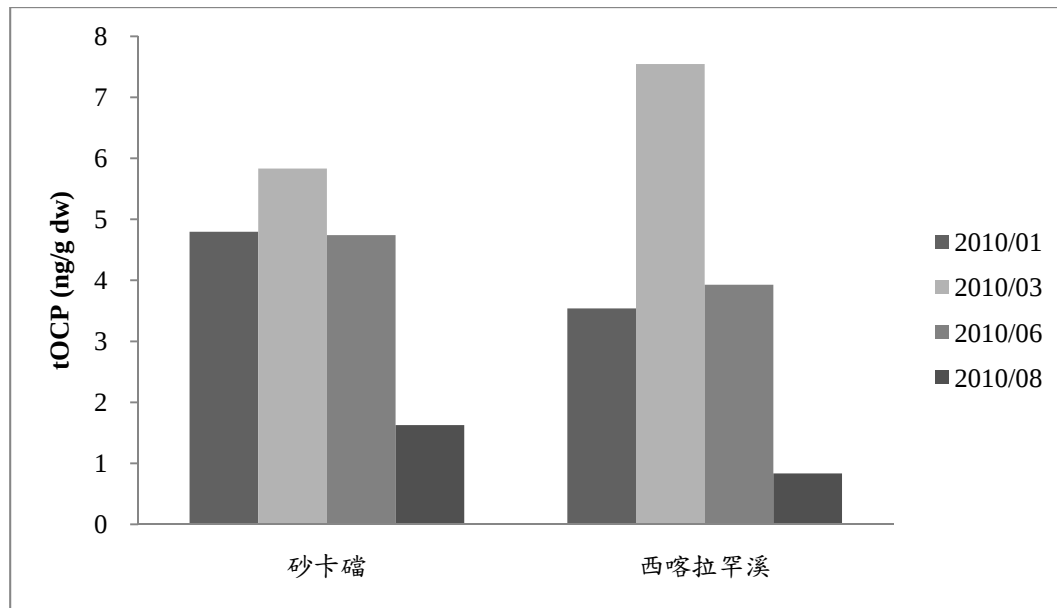


圖 4-35 各月份、地點，浮游生物總有機氯農藥濃度比較

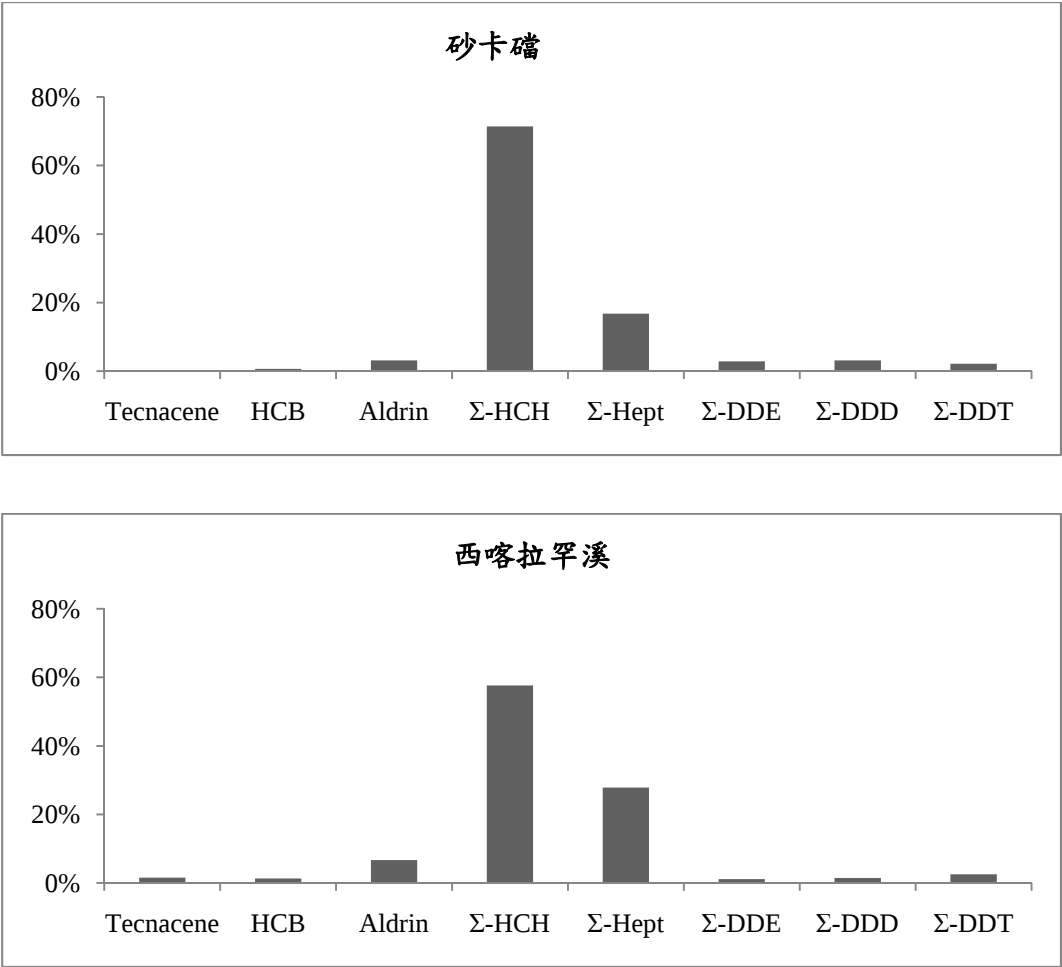


圖 4-36 水生昆蟲中有機氯農藥組成份分析

## 二、藻類

在三個測站中，所採集到藻類分別為絲藻（砂卡礑及西喀拉罕溪）及溼地環境中常見的浮游藻與附著藻（蓮花池），在藻類中所測得 OCPs 濃度範圍為 3.97 ~11.81 ng/g dw（圖 4-37）。在藻類 OCPs 組成份分析中（圖 4-38），砂卡礑與西喀拉罕溪 OCPs 以 HCH 系列為主，其次為 DDT 系列，但在 DDT 系列中以非降解產物所占比例較高，原因不明；在蓮花池 OCPs 主要也是以 HCH 系列為主，次之為 Hept，在 DDT 系列中大多以降解產物方式存在，大部分的 DDT 已經降解，更印證該地區 OCPs 為過去歷史殘留。

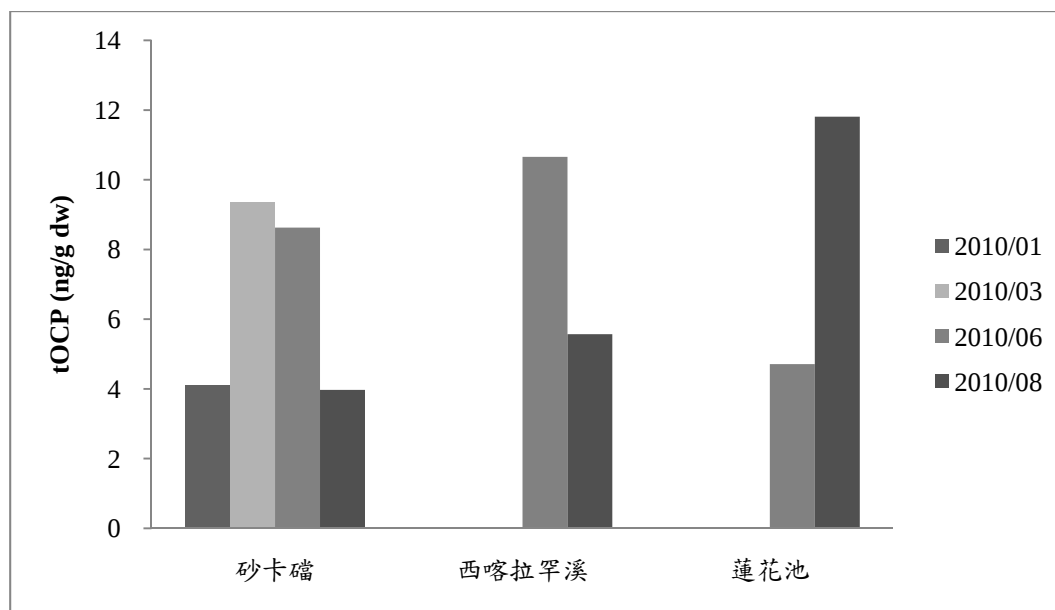


圖 4-37 各月份、地點，藻類總有機氯農藥濃度比較

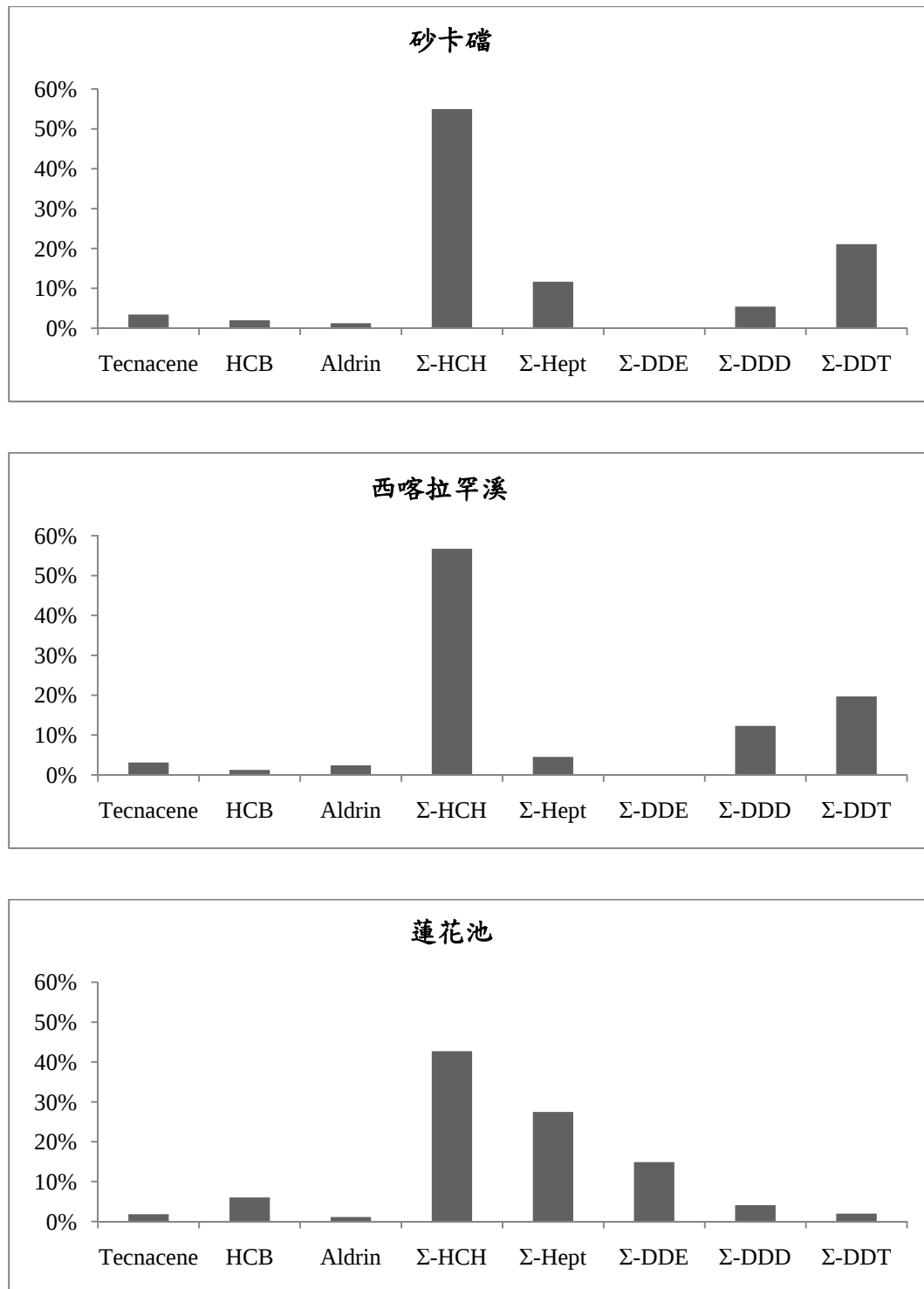


圖 4-38 藻類中有機氯農藥組成份分析

### 三、水生昆蟲

水生昆蟲因不同測站所採集到的種類及數量上都有所不同，在砂卡礑及西喀拉罕溪為流動水域，所以在底棲性水生昆蟲採集方式，主要以踢擊法來進行採樣，而附著於河床上的水生昆蟲則是逐一以翻動石頭來採集，另外於水面上活動的水生昆蟲，例如半翅目則是以手抄網進行採集；而蓮花池的環境因素屬於靜止水域，樣品的採集方式主要是以翻動湖邊石頭為主。

三個不同測站中所測得的 OCPs 濃度範圍為 0.63~34.47 ng/g dw，其中以砂卡礑所測得的濃度較其他兩測站高（圖 4-39），而三測站在不同月份的 OCPs 比較皆以 6 月份高於 8 月份；圖 4-40 在不同種類的水生昆蟲中，以毛翅目與半翅目所含 OCPs 較高，次之為蜉蝣目。六月份分析的樣品中鞘翅目、蜉蝣目及蜻蛉目因分析樣品的數量不夠，所以在 8 月的樣品中將四種水生昆蟲鞘翅目、蜉蝣目、蜻蛉目及襀翅目混合分析。OCPs 組成份分析中，砂卡礑與西喀拉罕溪主要以 HCH 系列為主，其次為 Hept 系列；而在蓮花池之 OCPs 組成份分析以 DDT 系列為主（圖 4-41），且 DDT 系列中大多以降解產物方式存在，與環境中 OCPs 背景值（水與沈積物）相似。

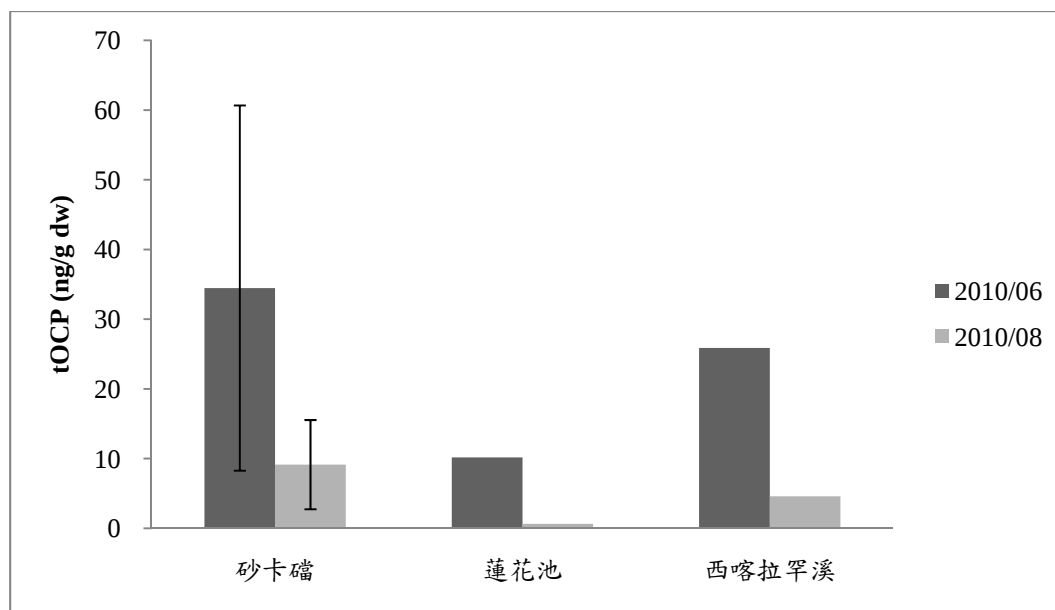


圖 4-39 各月份、地點，水生昆蟲總有機氯農藥濃度比較

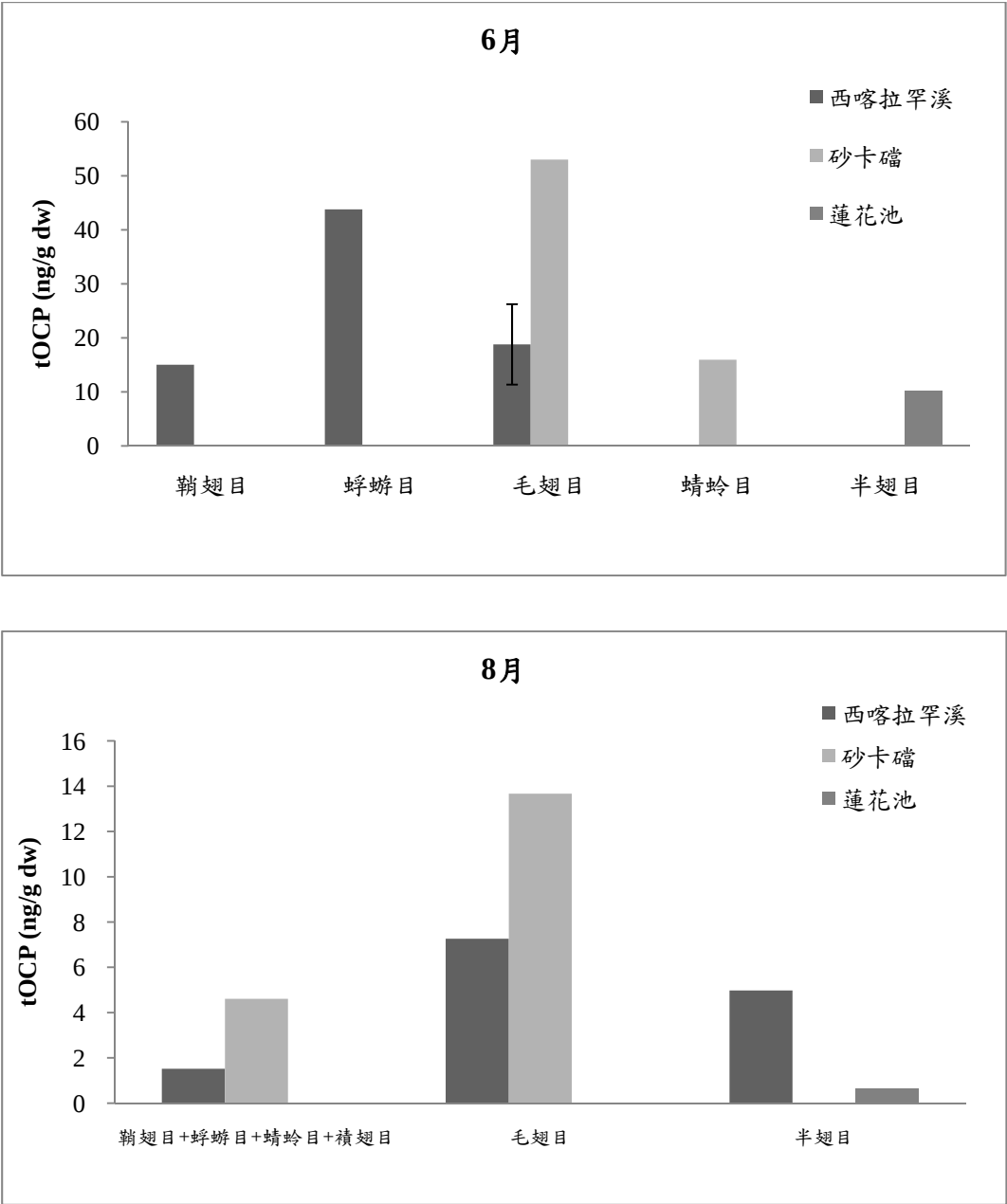


圖 4-40 6 及 8 月份，不同種類水生昆蟲總有機氯農藥濃度比較

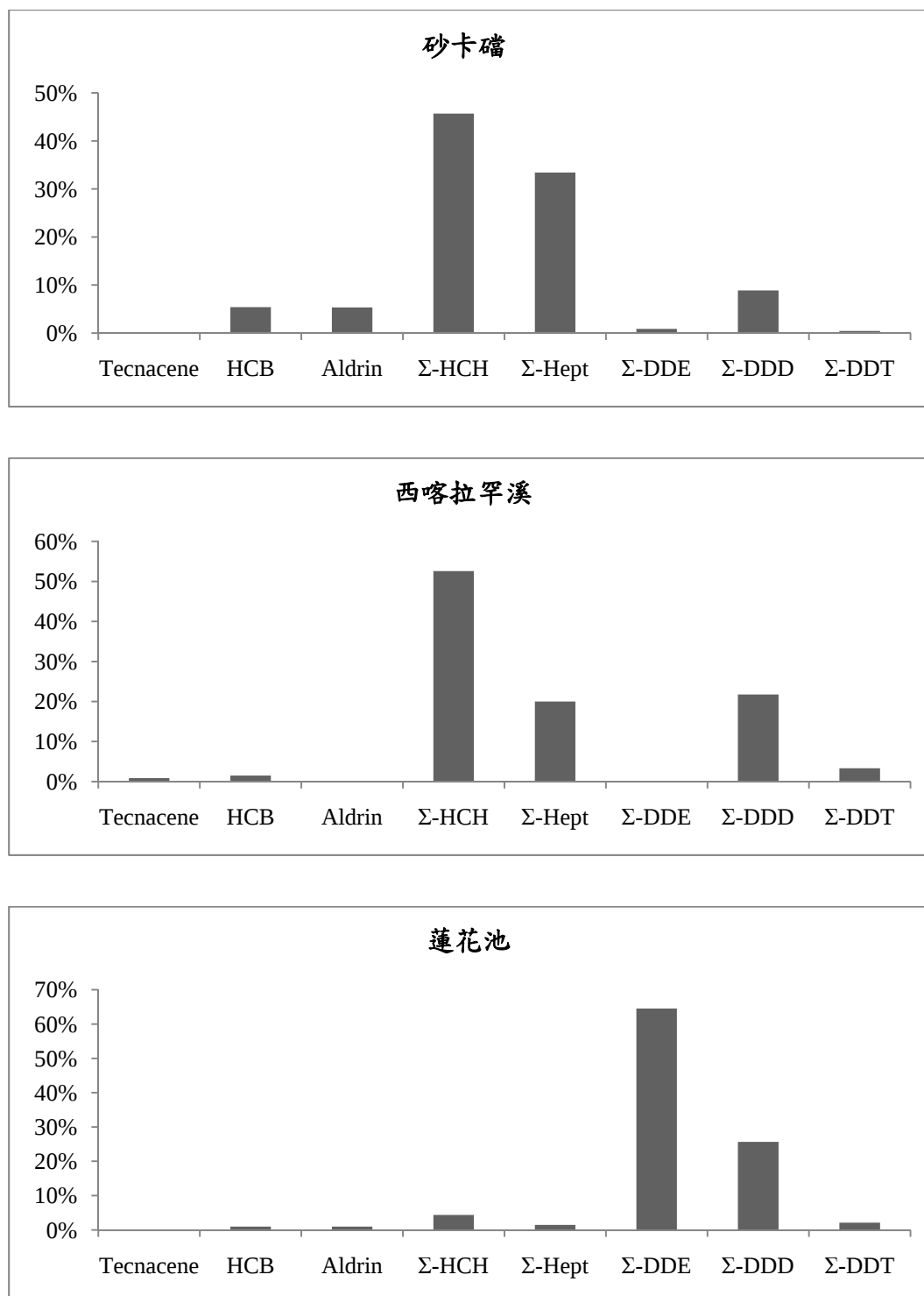


圖 4-41 水生昆蟲中有機氯農藥組成份分析

#### 四、 甲殼類

螃蟹及蝦的採集方式以定點放置蝦籠，隔夜再收回，以及徒手抓取兩種方式，而在三測站中，只有在砂卡礑有採集到樣品。螃蟹體內總 OCPs 含量範圍為 0.54~0.89 ng/g ww，而蝦體內的總 OCPs 含量範圍為 1.79~2.23 ng/g ww(圖 4-42)。在蝦體內 OCPs 濃度差異則是來自於肌肉與卵，卵的平均濃度為 3.20 ng/g ww，有卵蝦的肌肉部分 OCPs 濃度為 1.17 ng/g ww，無卵蝦的肌肉部分 OCPs 濃度為 1.30 ng/g ww(圖 4-43)，因為 OCPs 為親脂性化合物，當脂肪含量越高則容易累積較多的 OCPs，在蝦卵中平均脂肪含量為 5.6%，而在肌肉中為 1.6%，所以在不同部位中以蝦卵的 OCPs 含量為最高。

在甲殼類體內 OCPs 組成以 HCH 及 Hept 系列為主(圖 4-44)，比較蝦體內不同部位 OCPs 的組成成份主要也是以 HCH 及 Hept 系列為主(圖 4-45)，DDT 系列中大多以降解產物方式存在。

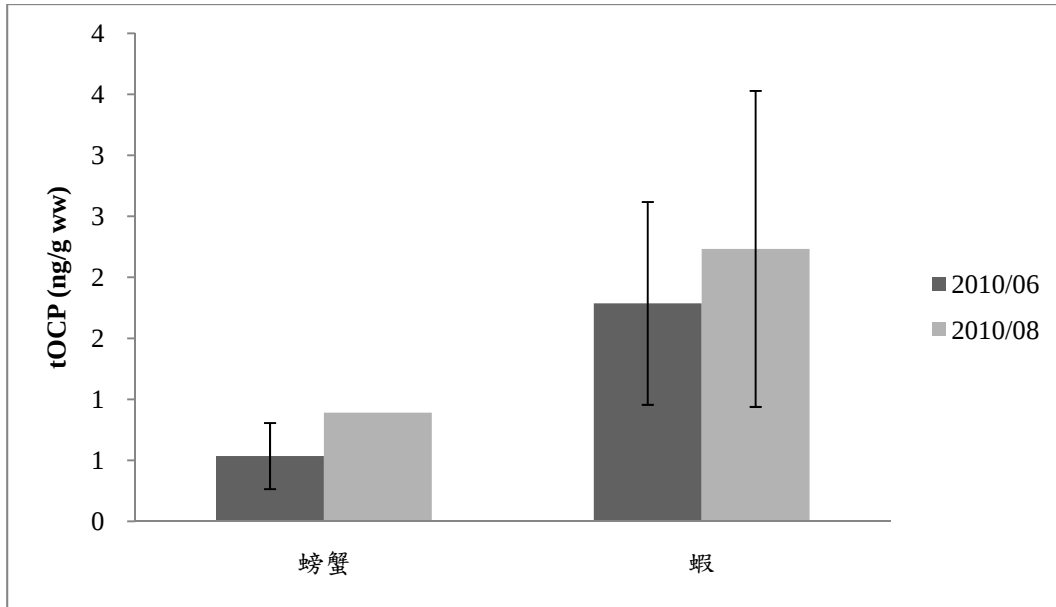


圖4-42 砂卡礑甲殼類總有機氯農藥濃度比較

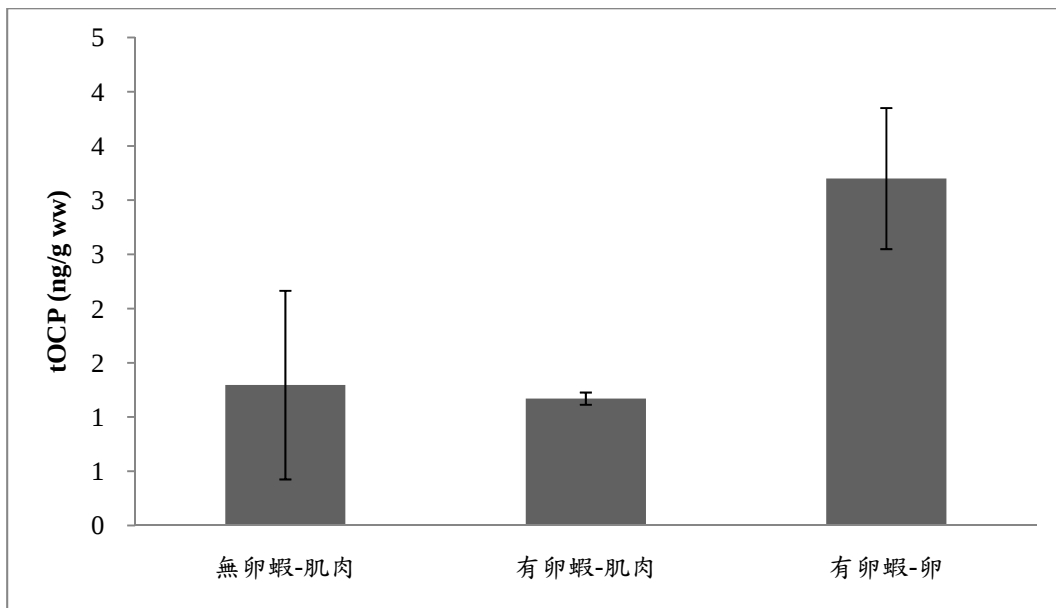


圖4-43 砂卡礑蝦在不同部位總有機氯農藥濃度比較

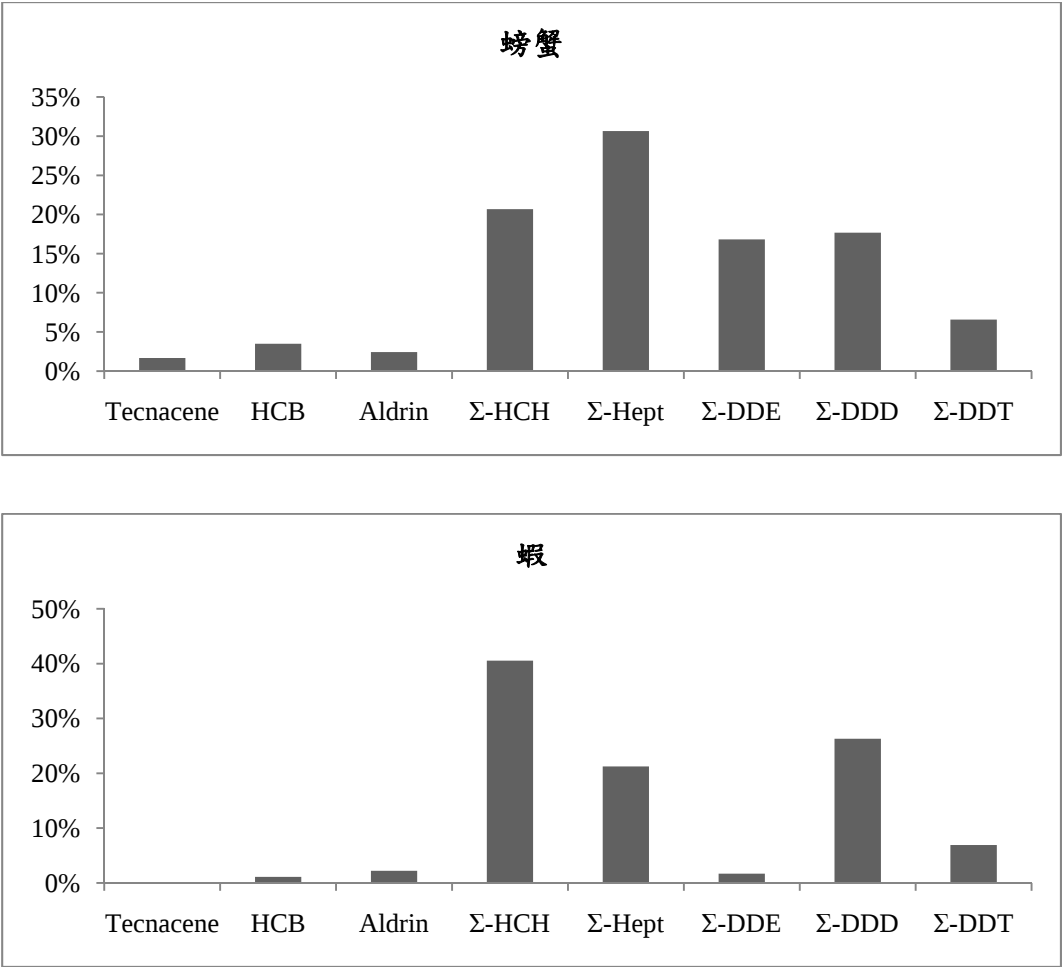


圖 4-44 甲殼類中有機氯農藥組成份分析

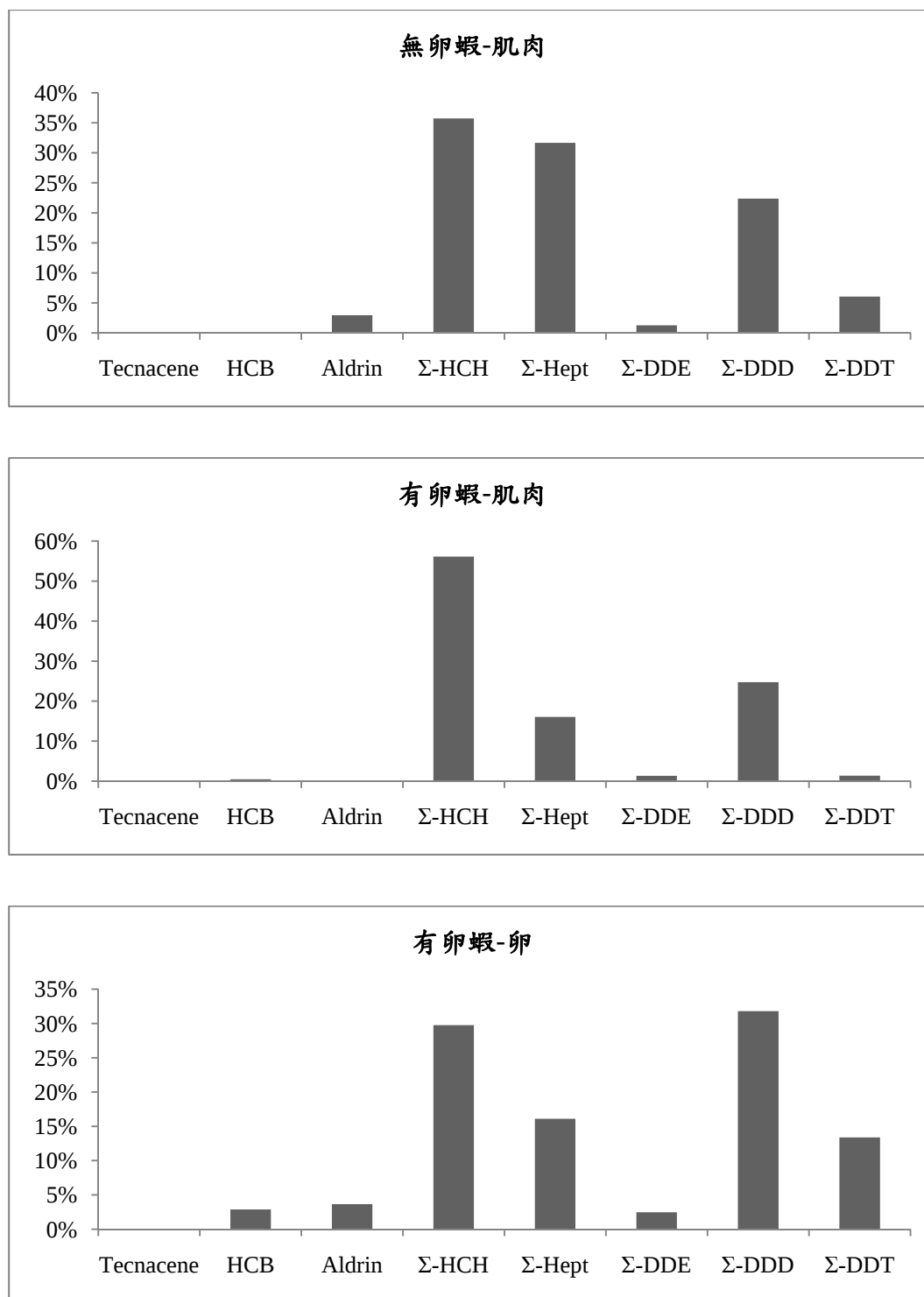


圖 4-45 蝦體內不同部位有機氯農藥組成份分析

## 五、兩棲類

三個測站中，兩棲類的樣品以盤古蟾蜍為主，本研究對已變態的成蛙與未變態的蝌蚪分別進行分析比較，在成蛙體內所測得的總 OCPs 濃度範圍為 0.25~3.51 ng/g ww(圖 4-46)，而蝌蚪體內所測得的總 OCPs 濃度範圍 0.86~8.96 ng/g ww(圖 4-47)，但在砂卡礑與蓮花池的 1 月份所測得的濃度皆大於其他三個月份，原因不明。不同部位肌肉（含骨骼）、內臟、肝臟及卵之 OCPs 含量比較，以盤古蟾蜍成蛙為例在盤古蟾蜍的肝、內臟及肌肉骨骼與卵方面，比較傾向於肝的 OCPs 含量最高，內臟次之，肌肉骨骼最少，因為 OCPs 為親脂性化合物會累積在含脂量較多的部位如肝臟（圖 4-48）。

OCPs 組成成份分析在三個測站所測得的皆以 HCH 與 Hept 系列為主（圖 4-49），與環境介值（水與沈積物）組成相似；比較成蛙與蝌蚪或比較不同部位的 OCPs 組成都無明顯不同（圖 4-50、圖 4-51），而在 DDT 系列中大都以降解產物方式存在。

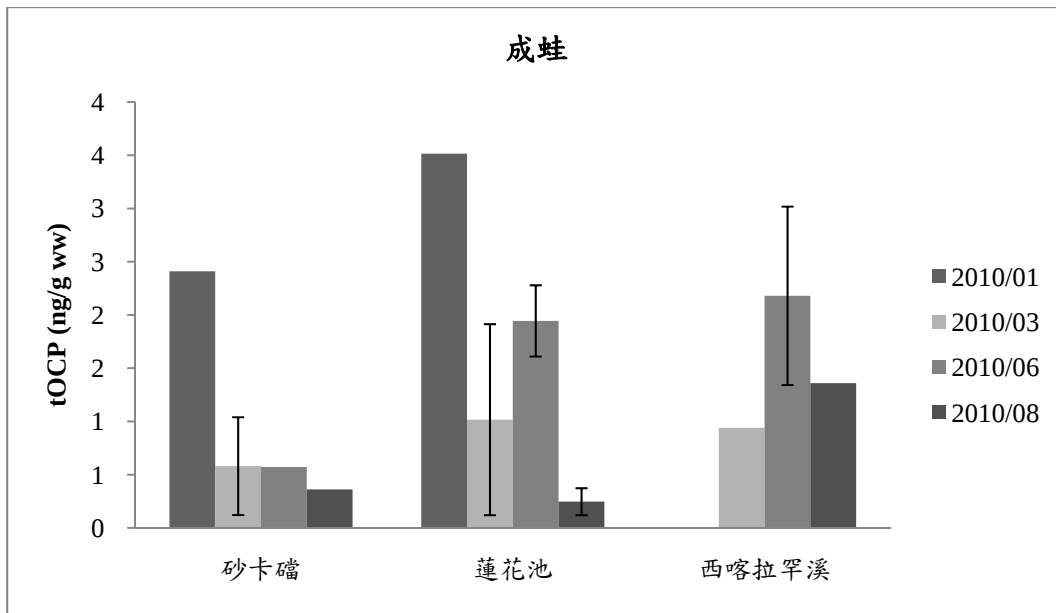


圖4-46 盤古蟾蜍中總有機氯農藥濃度比較

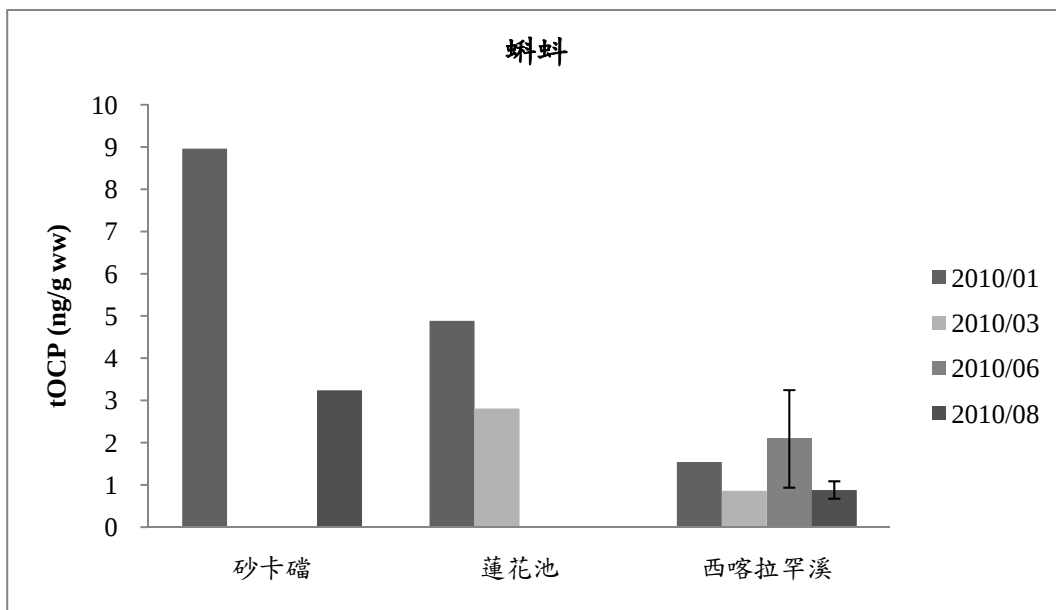


圖 4-47 盤古蟾蜍蝌蚪中總有機氯農藥濃度比較

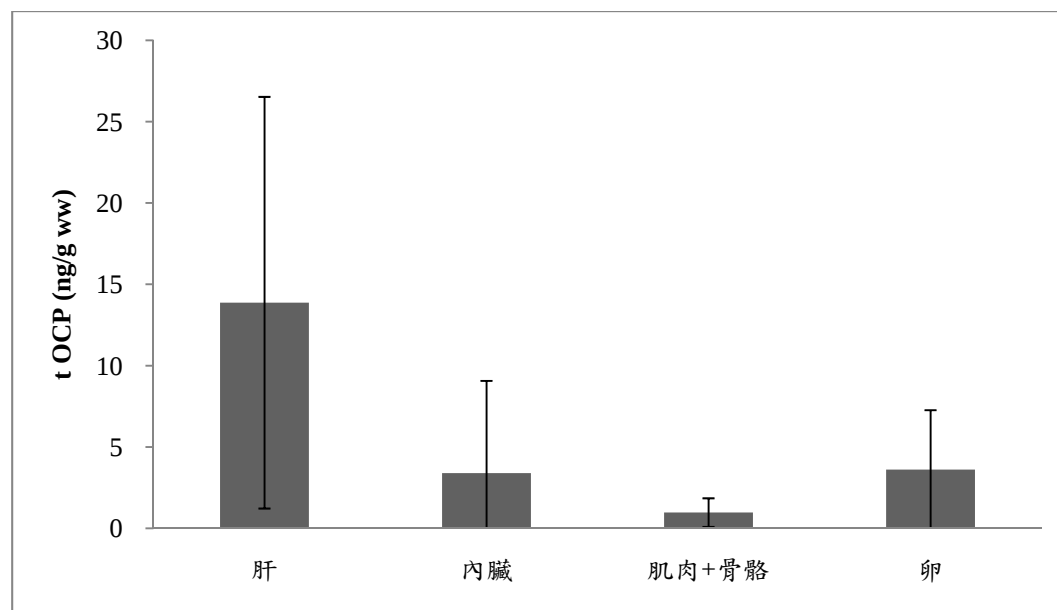


圖 4-48 盤古蟾蜍不同部位有機氯農藥總濃度關係

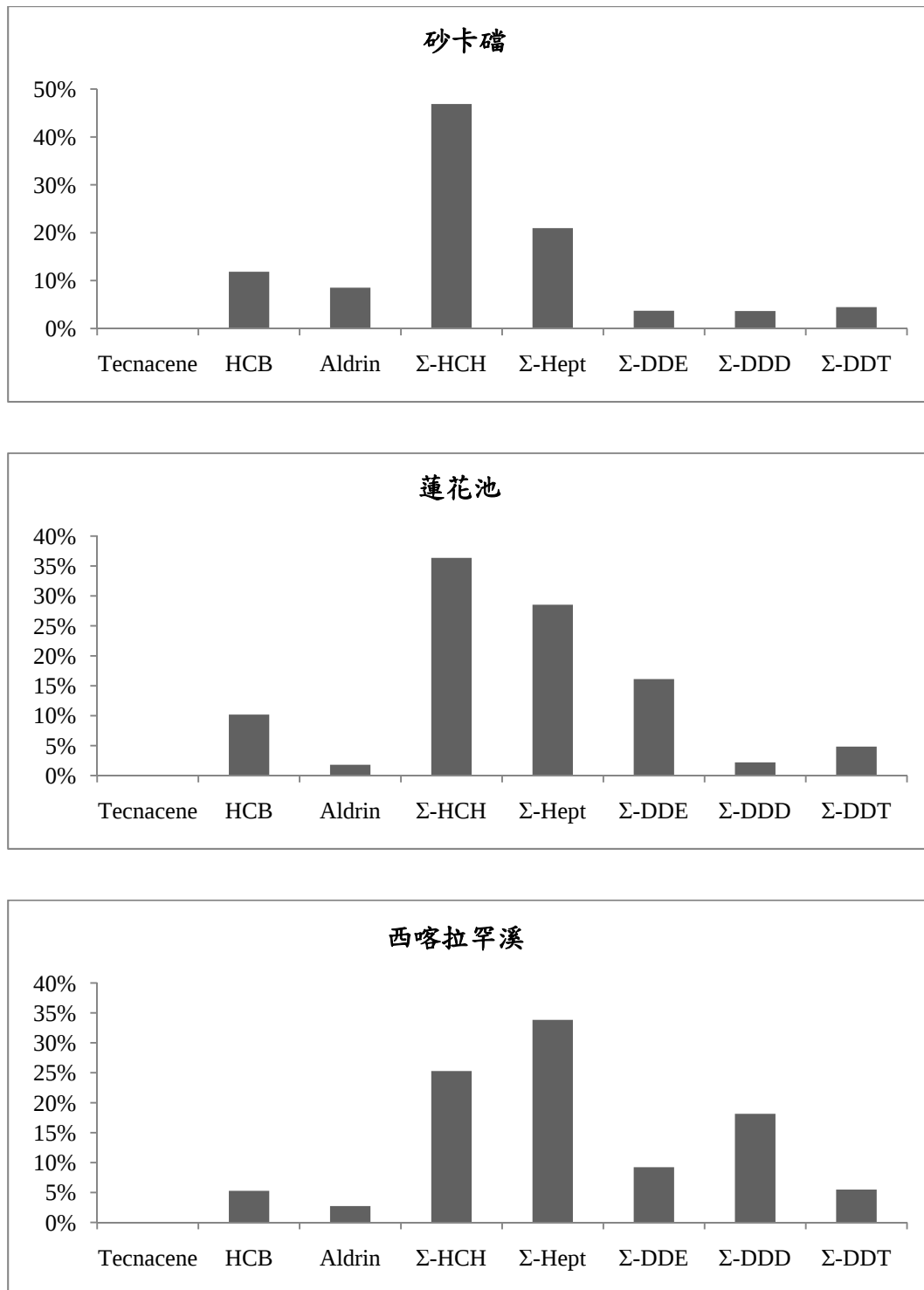


圖 4-49 盤古蟾蜍有機氯農藥組成份分析

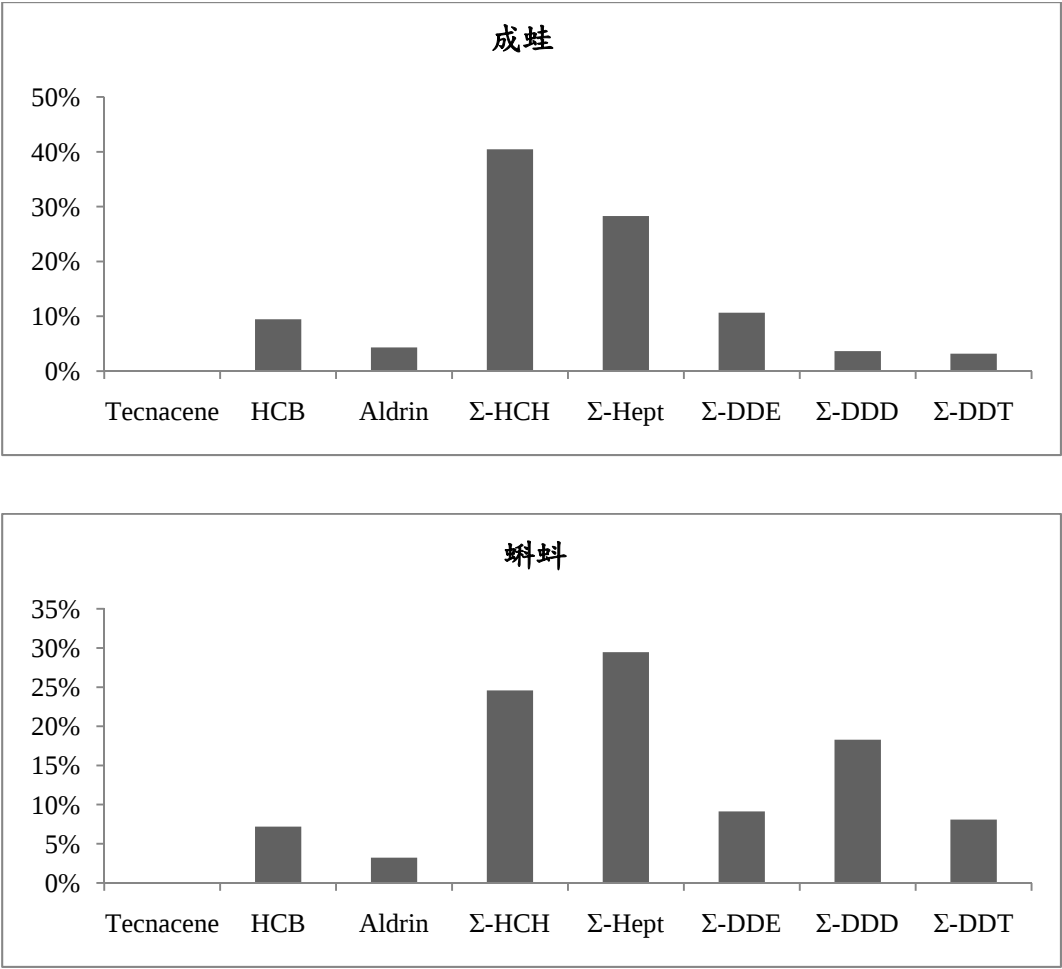


圖 4-50 盤古蟾蜍成蛙與蝌蚪有機氯農藥組成份分析

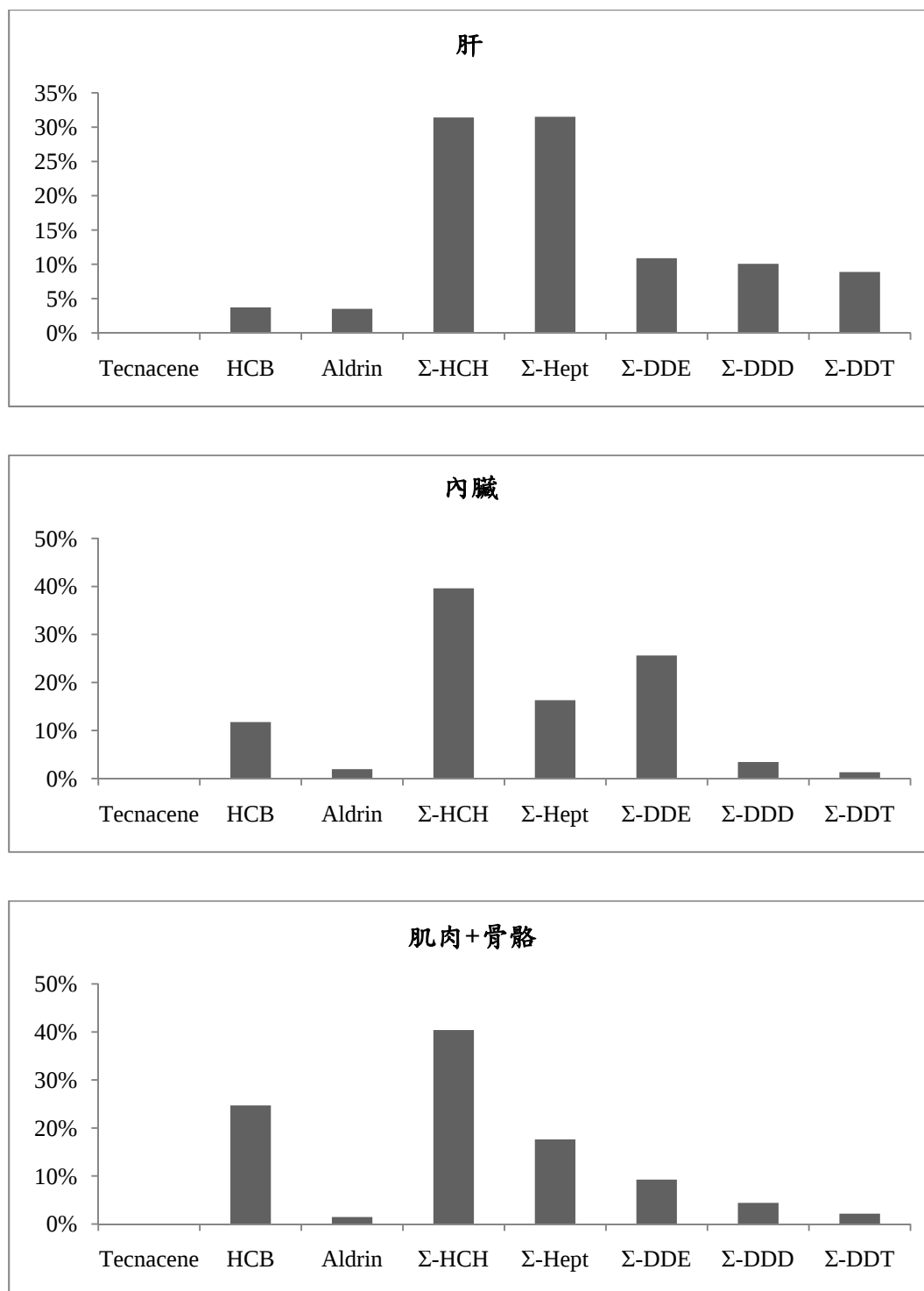
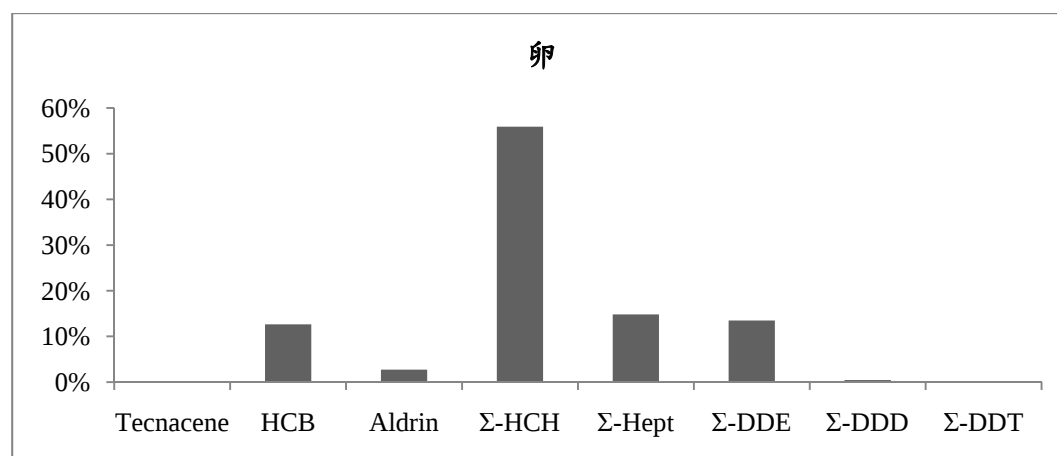


圖 4-51 盤古蟾蜍不同部位有機氯農藥組成份分析



續圖 4-51

## 六、 魚類

在魚類的樣品中，砂卡礑與西喀拉罕溪所採集到的樣品為石魚賓；蓮花池所採集到的樣品為鯉魚及 6 月份所採集到的鱖魚。在魚體內所測到的 OCPs 濃度為 0.63~4.28 ng/g ww (圖 4-52)，在不同測站中所測得的濃度差異不大；圖 4-53 為比較不同魚種體內不同部位之 OCPs 含量的差異，顯示 OCPs 大多累積在含脂肪較多的內臟部位。

不同地點生物體內 OCPs 的總成份分析，在喀卡礑及溪喀拉罕溪測站生物體內 OCPs 組成大多以 HCH 及 Hept 系列為主；而在蓮花池的鯉魚及鱖魚體內 OCPs 組成則是以 DDT 系列為主，但是以 DDT 系列代謝產物方式存在(圖 4-54)。

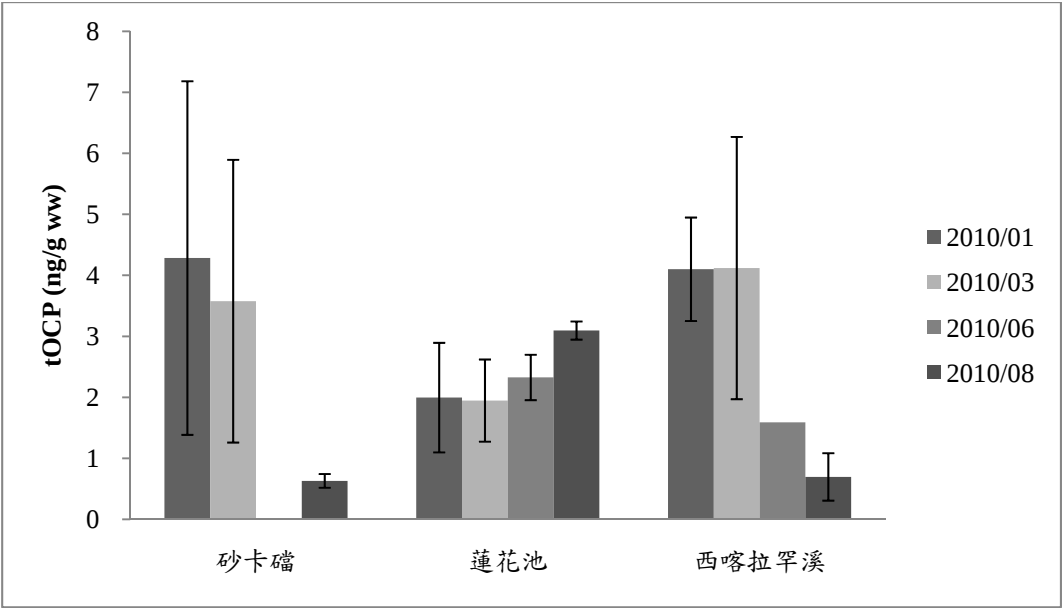


圖4-52 魚體中總有機氯農藥濃度比較

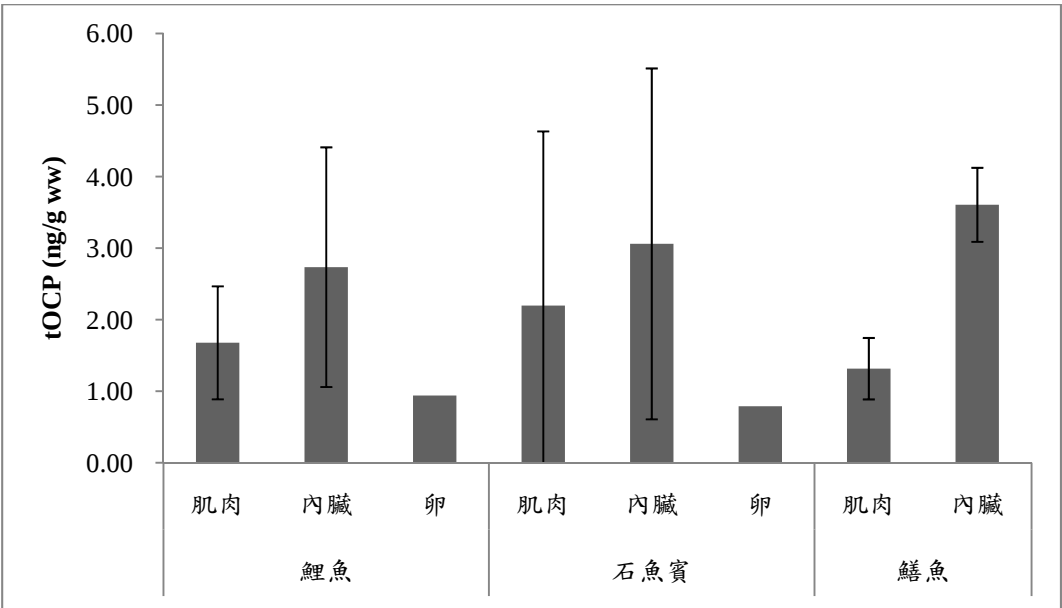


圖4-53 不同魚種中其部位總有機氯農藥濃度比較

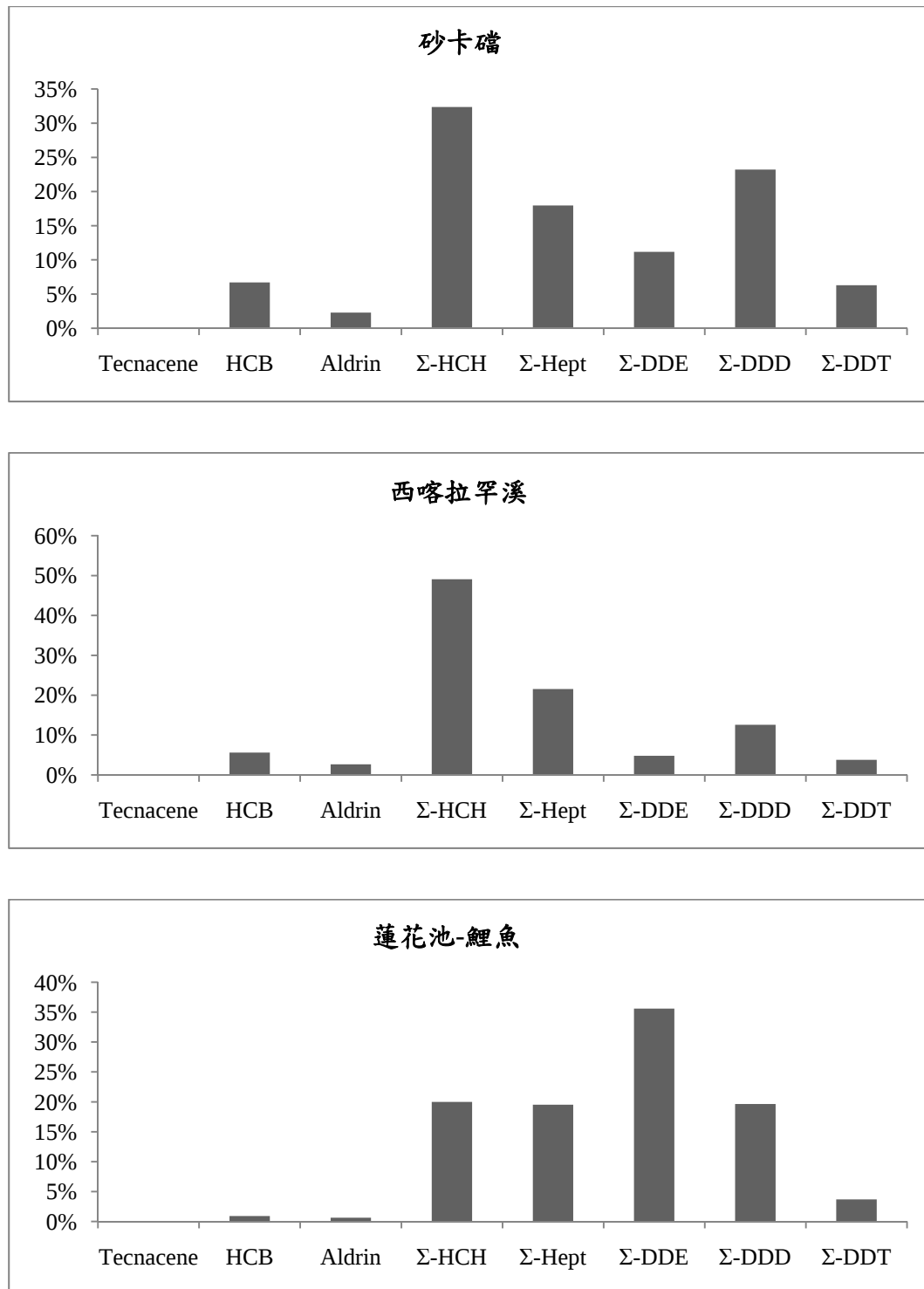
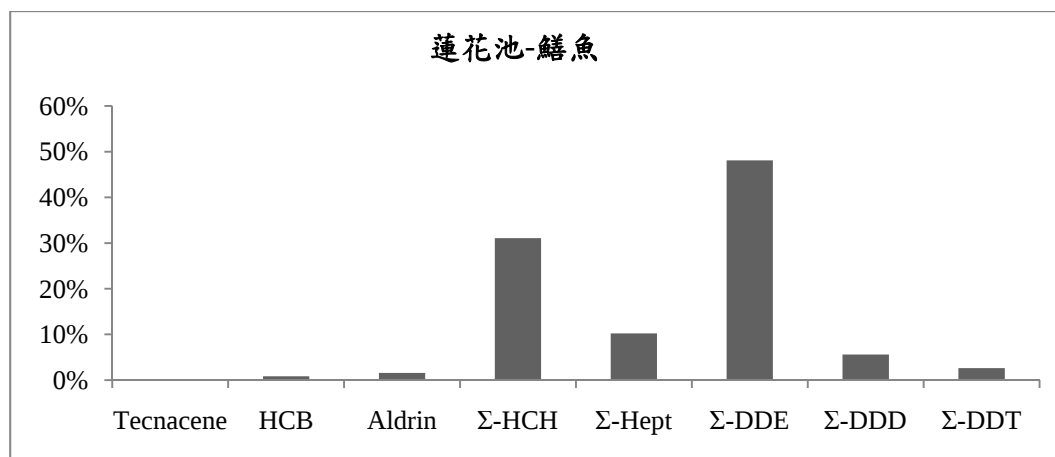


圖 4-54 魚體有機氯農藥組成份分析



續圖 4-54

表 4-2 各樣區環境介質之總多環芳香烴<sup>a</sup>含量分佈

| 樣區    | 水<br>(ng/L) | 沉積物<br>(ng/g dw) <sup>c</sup> | 浮游生物<br>(ng/g dw) | 藻類<br>(ng/g dw) | 水生昆蟲<br>(ng/g dw) | 蟹<br>(ng/g ww) | 蝦<br>(ng/g ww) | 魚<br>(ng/g ww) | 兩棲類成蛙<br>(ng/g ww) | 兩棲類蝌蚪<br>(ng/g ww) |
|-------|-------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| 砂卡礑   | 0.35~1.05   | 1.50~12.23                    | 9.51~16.81        | 6.94~36.41      | 8.26 ~45.63       | 1.22 ~7.25     | 0.88~5.78      | 0.77 ~7.97     | 1.40~6.95          | 7.55~18.83         |
| 蓮花池   | 2.34~9.84   | 3.81~76.15                    | - <sup>b</sup>    | 55.94~96.4      | 19.10 ~33.28      | -              | -              | 0.82~3.78      | 1.06~33.65         | 9.06~11.60         |
| 西喀拉罕溪 | 0.81~0.87   | 1.38~13.08                    | 2.53 ~5.42        | 34.09~58.25     | 2.77 ~20.54       | -              | -              | 1.05~7.73      | 2.83~13.81         | 5.97~13.86         |

<sup>a</sup> acenaphthylene、acenaphthene、fluorene、phenanthrene、anthracene、fluoranthene、pyrene、benz[a]anthracene、chrysene、triphenylene、benzo[b]fluoranthene、benzo[k]fluoranthene、benzo[a]pyrene、perylene、indeno[1,2,3-c,d]pyrene、dibenz[a,h]anthracene、benzo[g,h,i]perylene

<sup>b</sup>“-”:無樣品

<sup>c</sup>ng/g dw:為樣品乾重

<sup>d</sup>ng/g ww:為樣品溼重

表 4-3 各樣區環境介質之總有機氯農藥<sup>a</sup>含量分佈

| 樣區    | 水<br>(ng/L) | 沉積物<br>(ng/g dw) <sup>c</sup> | 浮游生物<br>(ng/g dw) | 藻類<br>(ng/g dw) | 水生昆蟲<br>(ng/g dw) | 蟹<br>(ng/g ww) | 蝦<br>(ng/g ww) | 魚<br>(ng/g ww) | 兩棲類成蛙<br>(ng/g ww) | 兩棲類蝌蚪<br>(ng/g ww) |
|-------|-------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| 砂卡礑   | 0.05~0.99   | 0.28~12.24                    | 1.63~5.83         | 3.97~9.35       | 9.14~34.37        | 0.54 ~0.89     | 1.79~2.23      | 0.63~4.28      | 0.36~2.41          | 3.24~8.96          |
| 蓮花池   | 1.09~2.23   | 1.17~16.87                    | - <sup>b</sup>    | 5.57~10.66      | 0.63 ~10.16       | -              | -              | 1.95~3.10      | 0.25~3.51          | 2.81~4.89          |
| 西喀拉罕溪 | 0.40~1.49   | 1.21~6.50                     | 0.83~7.55         | 4.71~11.81      | 4.59 ~25.87       | -              | -              | 0.70~4.12      | 0.94~2.18          | 0.86~2.09          |

<sup>a</sup>Aldrin、chloridazon、o,p'-DDD、p,p'-DDD、o,p'-DDE、p,p'-DDE、o,p'-DDT、p,p'-DDT、endrin、 $\alpha$ -HCH、 $\beta$ -HCH、 $\gamma$ -HCH、 $\delta$ -HCH、heptachlor、cis-heptachlorepoide、trans-heptachlorepoide、HCB、tetrachlorvinphos

<sup>b</sup>“-”:無樣品

<sup>c</sup>ng/g dw:為樣品乾重

<sup>d</sup>ng/g ww:為樣品溼重



## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

太魯閣國家公園重要水域棲息地及生物體內所累積之持久性有機毒物，隨區域及季節之不同有相當大的差異。整體而言，PAHs 及 OCPs 含量，皆低於對生物生態構成威脅之標準程度，短期內應無危害之虞，然而，生物累積作用明顯，在生物體內之濃度顯著較棲息地高(圖 5-1、圖 5-2)。

目前研究資料顯示太魯閣地區水域生態中，有機毒物生物累積以水生昆蟲及兩棲類(蛙類)最明顯，而生物放大作用現象不甚明顯，但並不意味污染物減少，而是可能由於成長稀釋 (Growth dilution)，即生物個體之體重隨成長增大，而有機毒物累積速度小於成長速度，故污染物之生物放大作用不太明顯。

### 第二節 建議

#### 立即可行建議

不論湖泊或溪流水域，兩棲類體內之有機毒物累積，均遠高於其他種類水生生物，又以蝌蚪體內之 PAHs 及 OCPs 含量大於成蛙，其成長稀釋現象更明顯外，更有可能由於蝌蚪生活於水中環境，推測其另有生物濃縮(Bioconcentration)作用，由水中直接吸附累積有機毒物，建議以兩棲類為指標性物種，分析比較 PAHs 及 OCPs 在太魯閣各環境敏感區，兩棲生物體內之組成與含量，以進一步探討人為活動所產生之有機毒物在太魯閣國家公園分佈、傳遞及造成之生態衝擊。

#### 中長期建議

人為活動造成有機毒物累積於太魯閣國家公園重要水域棲息地及生物體，雖然未見明顯生物放大作用有增加趨勢，但是由於其變異性極大，即區域性，季節性以及生物個體差異需要足夠的樣品資料予以釐定各代表性生物之生命週期調查研究，以釐清生物生長與生物累積之相關性，建議管理處規劃長期監測計畫，配合進行中之研究計畫，提供環境棲息地及生物樣品進行分析，有效運用所採得之樣本分析有機毒物，以期收集更齊全完整之污染資料。

太魯閣國家公園重要水域生態系統有機毒物生物放大作用評估

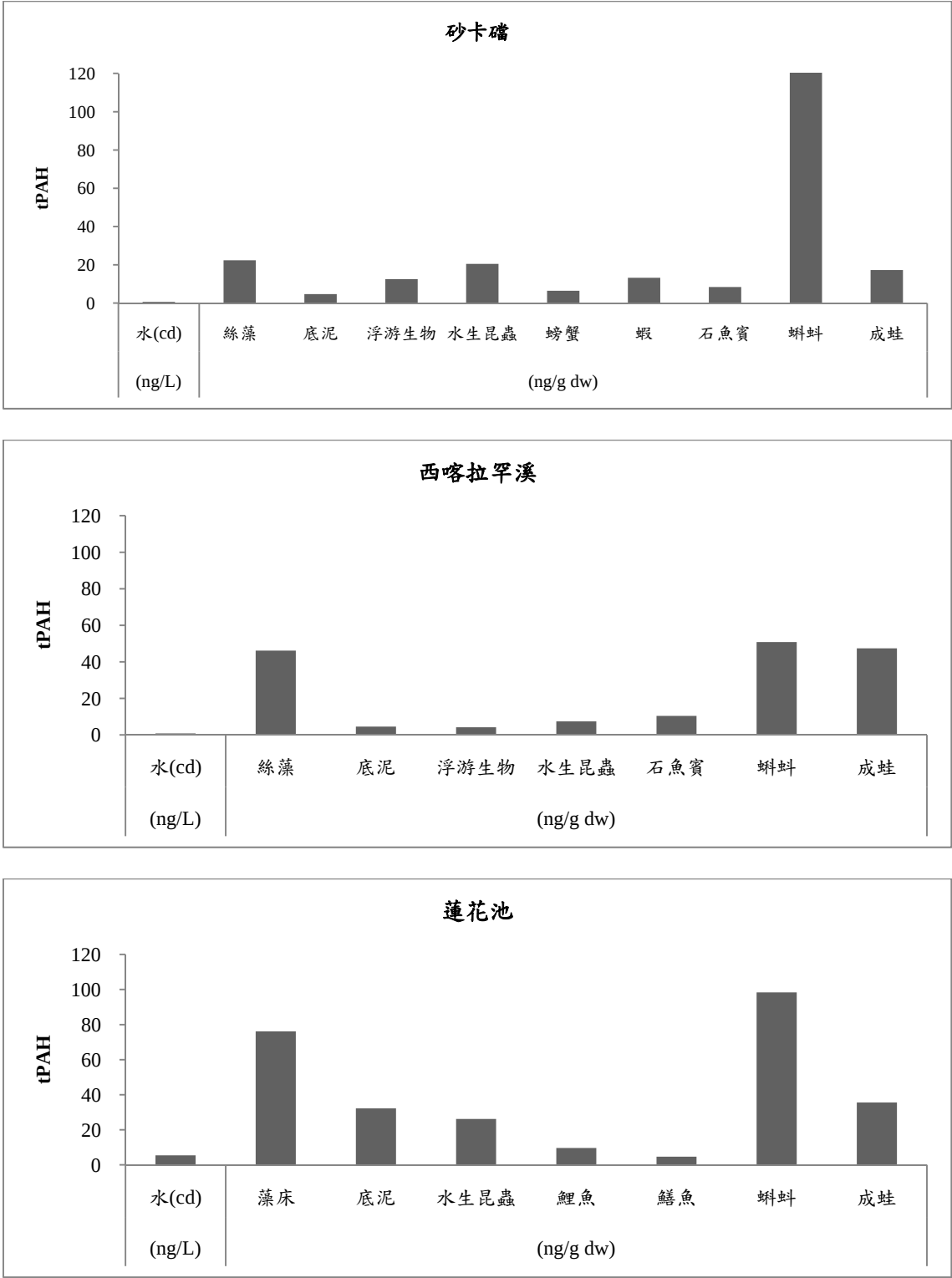


圖 5-1 多環芳香烴的生物累積情形

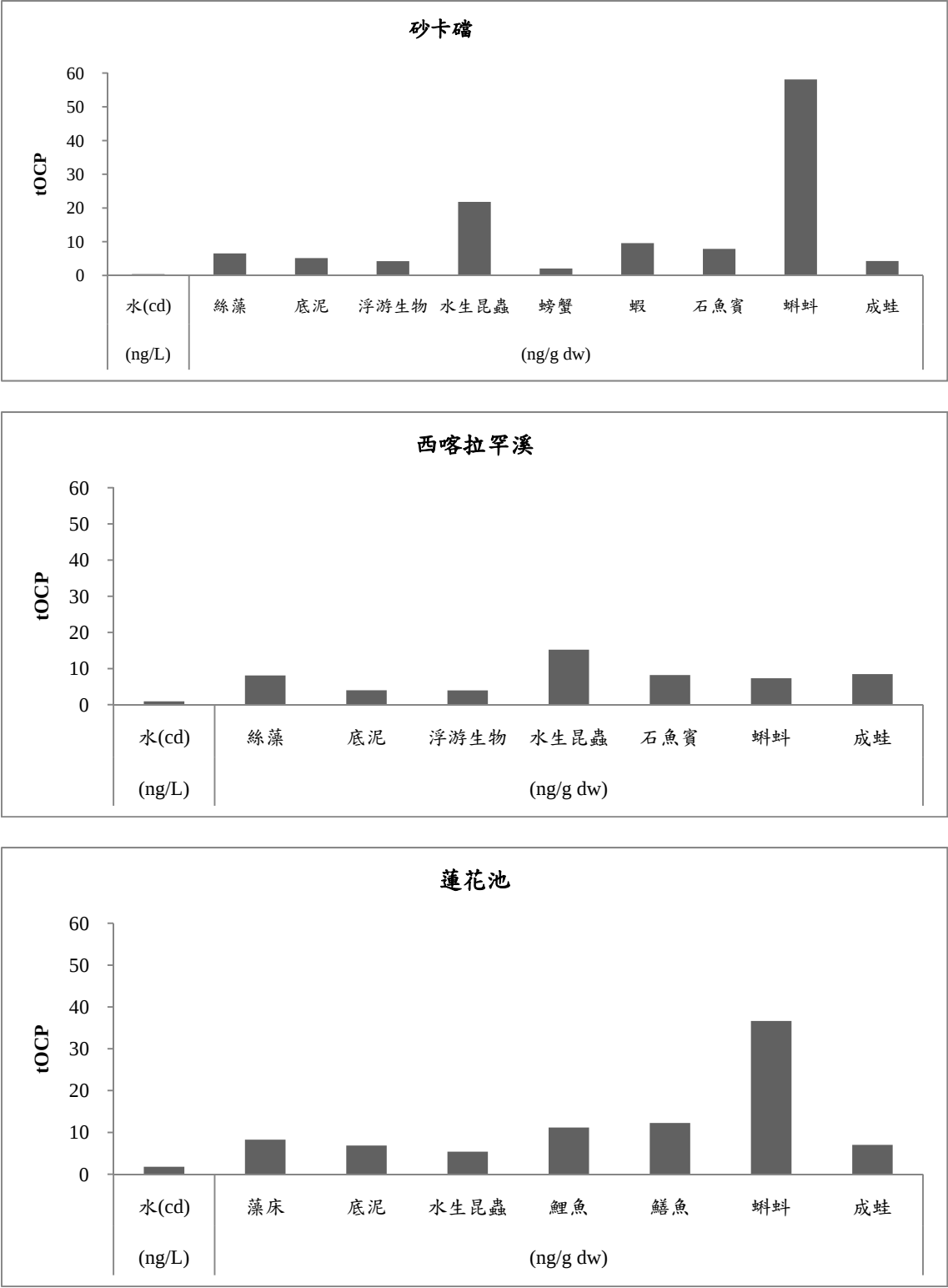


圖 5-2 有機氯農藥的生物累積情形



## 參考書目

林孟龍和王鑫，2002，台灣の河流。

洪甄嬪，2005，高屏溪及東港溪流域水體中 PAHs 濃度分佈之研究，碩士論文，大仁技術學院。

Aono, S., Tanabe, S., Fujise, Y., Kato, H., Tatsukawa, R., 1997. Persistent organochlorines in minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) and their prey species from the Antarctic and the North Pacific. *Environmental Pollution* 98, 81-89.

Badawy, M.I., Emababy, M.A., 2009. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in drinking water in Egypt. *Desalination* 251, 34-40.

Barra, R., Colombo, J.C., Eguren, G., Gamboa, N., Jardim, W.F., Mendoza, G., 2006a. Persistent organic pollutants (POPs) in Eastern and Western South American Countries. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 1-33.

Barra, R., Popp, P., Quiroz, R., Treutler, H.C., Araneda, A., Bauer, C., Urrutia, R., 2006b. Polycyclic aromatic hydrocarbons fluxes during the past 50 years observed in dated sediment cores from Andean mountain lakes in central south Chile. *Ecotoxicology and environmental safety* 63, 52-60.

Barron, M.G., 1990. Bioconcentration. Will water-borne organic chemicals accumulate in aquatic animals? *Environmental science & technology* 24, 1612-1618.

Bartrons, M., Grimalt, J.O., Catalan, J., 2007. Concentration changes of organochlorine compounds and polybromodiphenyl ethers during metamorphosis of aquatic insects. *Environ. Sci. Technol* 41, 6137-6141.

Blais, J.M., Wilhelm, F., Kidd, K.A., Muir, D.C.G., Donald, D.B., Schindler, D.W., 2003. Concentrations of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in amphipods (*Gammarus lacustris*) along an elevation gradient in mountain lakes of western Canada. *Environmental toxicology and chemistry* 22, 2605-2613.

Blomqvist, A., Berg, C., Holm, L., Brandt, I., Ridderstrale, Y., Brunstrom, B., 2006. Defective reproductive organ morphology and function in domestic rooster embryonically exposed to o, p'-DDT or ethynylestradiol. *Biology of reproduction* 74, 481.

Boehm, P.D., Page, D.S., Burns, W.A., Bence, A.E., Mankiewicz, P.J., Brown, J.S.,

2001. Resolving the origin of the petrogenic hydrocarbon background in Prince William Sound, Alaska. *Environ. Sci. Technol* 35, 471-479.
- Breivik, K., Wania, F., Muir, D.C.G., Alaee, M., Backus, S., Pacepavicius, G., 2006. Empirical and modeling evidence of the long-range atmospheric transport of decabromodiphenyl ether. *Environ. Sci. Technol* 40, 4612-4618.
- Carriger, J.F., Rand, G.M., 2008. Aquatic risk assessment of pesticides in surface waters in and adjacent to the Everglades and Biscayne National Parks: I. Hazard assessment and problem formulation. *Ecotoxicology* 17, 660-679.
- Carson, R., 1962. *Silent Spring* Boston. Houghton Mifflin 40, 22-23.
- Chiuchiolo, A.L., Dickhut, R.M., Cochran, M.A., Ducklow, H.W., 2004. Persistent organic pollutants at the base of the Antarctic marine food web. *Environ. Sci. Technol* 38, 3551-3557.
- Colborn, T., vom Saal, F.S., Soto, A.M., 1994. Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Impact Assessment Review* 14, 469-489.
- Countway, R.E., Dickhut, R.M., Canuel, E.A., 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) distributions and associations with organic matter in surface waters of the York River, VA Estuary. *Organic Geochemistry* 34, 209-224.
- Dachs, J., Lohmann, R., Ockenden, W.A., Mejanelle, L., Eisenreich, S.J., Jones, K.C., 2002. Oceanic biogeochemical controls on global dynamics of persistent organic pollutants. *Environ. Sci. Technol* 36, 4229-4237.
- Donald, D.B., Stern, G.A., Muir, D.C.G., Fowler, B.R., Miskimmin, B.M., Bailey, R., 1998. Chlorobornanes in water, sediment, and fish from toxaphene treated and untreated lakes in western Canada. *Environ. Sci. Technol* 32, 1391-1397.
- Doong, R., Lin, Y., 2004. Characterization and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbon contaminations in surface sediment and water from Gao-ping River, Taiwan. *Water research* 38, 1733-1744.
- Douben, P.E.T., 2003. *PAHs: An ecotoxicological perspective*. Wiley, Chichester, UK.
- Fernández, P., Vilanova, R.M., Grimalt, J.O., 1999. Sediment fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons in European high altitude mountain lakes. *Environ. Sci. Technol* 33, 3716-3722.
- Fernandes, M.B., Sicre, M.A., Boireau, A., Tronczynski, J., 1997. Polyaromatic hydrocarbon (PAH) distributions in the Seine River and its estuary. *Marine Pollution Bulletin* 34, 857-867.

- Fernandez, M.P., Ikononou, M.G., Courtenay, S.C., Wirgin, II, 2004. Spatial variation in hepatic levels and patterns of PCBs and PCDD/Fs among young-of-the-year and adult Atlantic tomcod (*Microgadus tomcod*) in the Hudson River estuary. *Environ. Sci. Technol* 38, 976-983.
- Grimalt, J.O., Fernandez, P., Berdie, L., Vilanova, R.M., Catalan, J., Psenner, R., Hofer, R., Appleby, P.G., Rosseland, B.O., Lien, L., 2001. Selective trapping of organochlorine compounds in mountain lakes of temperate areas. *Environ. Sci. Technol* 35, 2690-2697.
- Guo, W., He, M., Yang, Z., Lin, C., Quan, X., Wang, H., 2007. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in water, suspended particulate matter and sediment from Daliao River watershed, China. *Chemosphere* 68, 93-104.
- Inomata, O.N.K., Montone, R.C., Lara, W.H., Weber, R.R., Toledo, H.H.B., 1996. Tissue distribution of organochlorine residues-PCBs and pesticides-in Antarctic penguins. *Antarctic Science* 8, 253-255.
- Kelly, B.C., Gobas, F., 2001. Bioaccumulation of Persistent Organic Pollutants in Lichen- Caribou- Wolf Food Chains of Canada's Central and Western Arctic. *Environ. Sci. Technol* 35, 325-334.
- Klasmeier, J., Matthies, M., Macleod, M., Fenner, K., Scheringer, M., Stroebe, M., Le Gall, A.C., McKone, T., Van De Meent, D., Wania, F., 2006. Application of multimedia models for screening assessment of long-range transport potential and overall persistence. *Environ. Sci. Technol* 40, 53-60.
- Kuhnlein, H.V., Chan, H.M., 2000. Environment and contaminants in traditional food systems of northern indigenous peoples. *Annual Review of Nutrition* 20, 595-626.
- Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L., Calder, F.D., 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management* 19, 81-97.
- Luckas, B., Vetter, W., Fischer, P., Heidemann, G., Plotz, J., 1990. Characteristic chlorinated hydrocarbon patterns in the blubber of seals from different marine regions. *Chemosphere* 21, 13-19.
- Meire, R.O., Azeredo, A., Pereira, M.S., Torres, J.P.M., Malm, O., 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons assessment in sediment of national parks in southeast Brazil. *Chemosphere* 73, S180-S185.
- Moran, P.W., Aluru, N., Black, R.W., Vijayan, M.M., 2007. Tissue contaminants and associated transcriptional response in trout liver from high elevation lakes of

- Washington. Environ. Sci. Technol 41, 6591-6597.
- Muñoz, M.J., Ramos, C., Tarazona, J.V., 1996. Bioaccumulation and toxicity of hexachlorobenzene in *Chlorella vulgaris* and *Daphnia magna*. Aquatic Toxicology 35, 211-220.
- Neff, J.M., 1979. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. Sources, fates and biological effects.
- Norstrom, R.J., Belikov, S.E., Born, E.W., Garner, G.W., Malone, B., Olpinski, S., Ramsay, M.A., Schliebe, S., Stirling, I., Stishov, M.S., 1998. Chlorinated hydrocarbon contaminants in polar bears from eastern Russia, North America, Greenland, and Svalbard: biomonitoring of Arctic pollution. Archives of environmental contamination and toxicology 35, 354-367.
- Page, D.S., Boehm, P.D., Douglas, G.S., Bence, A.E., Burns, W.A., Mankiewicz, P.J., 1999. Pyrogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments record past human activity: a case study in Prince William Sound, Alaska. Marine Pollution Bulletin 38, 247-260.
- USEPA, 2003. Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances. Global Report, UNEP Chemicals. Geneva, Switzerland.
- Van den Steen, E., Covaci, A., Jaspers, V.L.B., Dauwe, T., Voorspoels, S., Eens, M., Pinxten, R., 2007. Accumulation, tissue-specific distribution and debromination of decabromodiphenyl ether (BDE 209) in European starlings (*Sturnus vulgaris*). Environmental Pollution 148, 648-653.
- Venkatesan, M.I., 1988. Occurrence and possible sources of perylene in maine sediment-a review. Marine Chemistry 25, 1-27.
- Wang, C.H., Liu, C., 2000. Dissipation of organochlorine insecticide residues in the environment of Taiwan, 1973-1999. Journal of Food and Drug Analysis 8, 149-157.
- Wang, X.C., Zhang, Y.X., Chen, R.F., 2001. Distribution and partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different size fractions in sediments from Boston Harbor, United States. Marine Pollution Bulletin 42, 1139-1149.
- Wania, F., 2003. Assessing the potential of persistent organic chemicals for long-range transport and accumulation in polar regions. Environ. Sci. Technol 37, 1344-1351.
- Wania, F., Dugani, C.B., 2003. Assessing the long range transport potential of polybrominated diphenyl ethers: A comparison of four multimedia models. Environmental toxicology and chemistry 22, 1252-1261.

- Welsch-Pausch, K., McLachlan, M.S., Umlauf, G., 1995. Determination of the principal pathways of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans to *Lolium multiflorum* (Welsh ray grass). *Environmental science & technology* 29, 1090-1098.
- WHO, 1983. Evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, polynuclear aromatic compounds, part 1, chemical environmental and experimental data, 32. International Agency for Research on Cancer, World Health Organization, 477.
- Yunker, M.B., Macdonald, R.W., Vingarzan, R., Mitchell, R.H., Goyette, D., Sylvestre, S., 2002. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. *Organic Geochemistry* 33, 489-515.
- Zakaria, M.P., Takada, H., Tsutsumi, S., Ohno, K., Yamada, J., Kouno, E., Kumata, H., 2002. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in rivers and estuaries in Malaysia: a widespread input of petrogenic PAHs. *Environ. Sci. Technol* 36, 1907-1918.



附表 1 各多環芳香烴在砂卡礫環境介質之含量

| 環境介質      | 水 cd  |       |       |       | 沈積物   |       |       |       | 浮游生物  |       |       |       | 絲藻    |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 採樣時間(月/日) | 01/17 | 03/03 | 06/17 | 08/11 | 01/17 | 03/03 | 06/17 | 08/11 | 01/17 | 03/03 | 06/17 | 08/11 | 01/17 | 03/03 | 06/17 | 08/11 |
| 樣品編號      | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 化合物       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Acy       | 0.01  | 0.06  | 0.00  | 0.03  | 0.05  | 0.01  | 0.09  | 0.41  | 0.00  | 0.76  | 0.00  | 0.18  | 0.35  | 1.06  | 0.00  | 0.00  |
| Ace       | 0.02  | 0.00  | 0.03  | 0.04  | 0.06  | 0.03  | 0.00  | 0.38  | 0.00  | 3.29  | 2.51  | 0.00  | 0.00  | 3.03  | 0.00  | 0.52  |
| Flu       | 0.07  | 0.16  | 0.11  | 0.17  | 0.43  | 0.19  | 0.32  | 2.28  | 0.29  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.16  | 0.00  | 0.54  | 4.69  |
| Phe       | 0.12  | 0.19  | 0.21  | 0.31  | 1.35  | 0.73  | 0.90  | 5.79  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.33  | 2.18  | 5.53  |
| Ant       | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.07  | 0.05  | 0.08  | 0.38  | 0.00  | 0.57  | 0.00  | 0.00  | 0.88  | 1.63  | 0.17  | 0.53  |
| Fla       | 0.04  | 0.04  | 0.11  | 0.14  | 0.16  | 0.15  | 0.20  | 1.03  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 5.13  | 3.16  | 3.78  | 0.00  | 4.10  |
| Pyr       | 0.06  | 0.00  | 0.24  | 0.35  | 0.34  | 0.32  | 0.25  | 1.83  | 0.81  | 0.00  | 0.00  | 5.74  | 0.90  | 1.26  | 1.26  | 3.78  |
| BaA       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.05  | 0.05  | 0.00  | 0.00  | 1.15  | 1.68  | 0.72  | 1.80  | 0.28  | 1.11  |
| Chr+TriP  | 0.01  | 0.01  | 0.00  | 0.01  | 0.02  | 0.02  | 0.12  | 0.00  | 10.73 | 0.08  | 0.00  | 1.58  | 6.73  | 12.38 | 0.52  | 2.71  |
| BbF       | 0.01  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.04  | 0.00  | 0.10  | 0.05  | 0.52  | 1.44  | 1.86  | 0.00  | 0.32  | 0.61  | 0.51  | 3.49  |
| BkF       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.03  | 0.00  | 0.13  | 0.03  | 0.00  | 0.00  | 0.72  | 0.00  | 0.00  | 3.73  | 0.18  | 2.61  |
| BaP       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.12  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.29  | 0.42  | 0.00  |
| Per       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.41  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.64  | 0.00  | 0.00  |
| IP        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.00  | 1.42  | 0.49  | 1.21  | 0.00  | 1.83  | 0.18  | 1.22  |
| DA        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.98  | 0.00  | 1.26  | 0.00  | 0.53  | 1.80  | 0.47  | 0.42  |
| BP        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 2.57  | 1.52  | 1.29  | 0.20  | 1.24  | 0.21  | 1.51  |
| total     | 0.35  | 0.46  | 0.72  | 1.05  | 2.59  | 1.50  | 2.37  | 12.23 | 13.33 | 10.54 | 9.51  | 16.81 | 13.95 | 36.41 | 6.94  | 32.23 |

<sup>a</sup> ng/L 為水體濃度，ng/g dw 為沈積物、浮游生物與絲藻乾重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品；<sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

續附表 1

| 環境介質      | 水生昆蟲  |       |       |       | 螃蟹    |      |       |      | 蝦     |      |       |      | 蝦     |      |       |      | 石魚賓-肌肉 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|--------|
| 採樣時間（月/日） | 06/17 |       | 08/11 |       | 06/17 |      | 08/11 |      | 06/17 |      | 08/11 |      | 08/11 |      | 03/03 |      |        |
| 樣品編號      | 1     | 2     | 1     | 2     | 1     | 2    | 3     | 4    | -     | 1    | 2     | 3    | 1     | 2    | 3     | 1    |        |
| 化合物       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |        |
| Acy       | 1.44  | 0.24  | 0.00  | 0.00  | 0.05  | 0.18 | 0.02  | 0.00 | 0.00  | 0.04 | 0.03  | 0.10 | 0.00  | 0.12 | 0.00  | 0.05 |        |
| Ace       | 0.00  | 0.59  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.07  | 0.09 | 0.04  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.31  | 0.07 |        |
| Flu       | 5.38  | 1.94  | 1.57  | 4.27  | 0.00  | 0.00 | 0.28  | 0.27 | 0.28  | 0.26 | 0.09  | 0.52 | 0.27  | 0.55 | 2.18  | 0.26 |        |
| Phe       | 18.69 | 6.12  | 3.87  | 8.93  | 0.00  | 0.00 | 0.93  | 0.78 | 0.45  | 0.77 | 0.28  | 1.56 | 0.59  | 1.20 | 2.76  | 0.60 |        |
| Ant       | 2.38  | 0.53  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.15  | 0.04 | 0.05  | 0.07 | 0.01  | 0.14 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.05 |        |
| Fla       | 0.00  | 0.00  | 1.17  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.42  | 0.31 | 0.13  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 |        |
| Pyr       | 6.69  | 2.35  | 1.39  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.32  | 0.00 | 0.14  | 0.37 | 0.00  | 0.42 | 0.00  | 0.41 | 0.00  | 0.00 |        |
| BaA       | 1.06  | 0.41  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.03  | 0.03 | 0.00  | 0.00 | 0.02  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.02 |        |
| Chr+TriP  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.33  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 |        |
| BbF       | 4.38  | 0.29  | 0.00  | 1.07  | 0.32  | 0.26 | 0.46  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.04  | 0.13 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 |        |
| BkF       | 1.19  | 0.18  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.37  | 0.00 | 0.08  | 0.00 | 0.00  | 0.15 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.04 |        |
| BaP       | 1.13  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.73  | 6.38 | 0.00  | 2.17 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.11 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.03 |        |
| Per       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.07  | 0.30 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.89 | 0.55  | 0.88 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 |        |
| IP        | 1.13  | 0.00  | 0.13  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.03  | 0.04 | 0.04  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.02  | 0.00 | 0.13  | 0.00 |        |
| DA        | 1.56  | 0.76  | 0.13  | 0.00  | 0.05  | 0.13 | 0.00  | 0.00 | 0.05  | 0.00 | 0.00  | 0.09 | 0.00  | 0.08 | 0.40  | 0.00 |        |
| BP        | 0.63  | 0.47  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.04 | 0.03  | 0.04 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 |        |
| total     | 45.63 | 13.88 | 8.26  | 14.27 | 1.22  | 7.25 | 3.08  | 3.73 | 1.59  | 2.44 | 1.05  | 4.14 | 0.88  | 2.36 | 5.78  | 1.11 |        |

<sup>a</sup> ng/g dw 為水生昆蟲乾重濃度，ng/g ww 為螃蟹、蝦與石魚賓溼重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup> “-”表示只有一個樣品；<sup>d</sup> “0.00”表示小於偵測極限

續附表 1

| 環境介質          | 石魚賓-肌肉 |       | 石魚賓-內臟 |       | 石魚賓-卵 |       | 盤古蟾蜍-肌肉 |       |       | 盤古蟾蜍-內臟 |       |       | 盤古蟾蜍-卵 | 盤古蟾蜍-肝臟 |       |       |
|---------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|---------|-------|-------|
| 採樣時間<br>(月/日) | 03/03  | 08/11 | 03/03  | 08/11 | 08/11 | 01/17 | 03/03   | 08/11 | 01/17 | 03/03   | 08/11 | 08/11 | 01/17  | 03/03   |       |       |
| 樣品編號          | 2      | -     | 1      | 2     | -     | -     | -       | 1     | 2     | -       | -     | -     | -      | -       | 1     |       |
| 化合物           |        |       |        |       |       |       |         |       |       |         |       |       |        |         |       |       |
| Acy           | 0.06   | 0.00  | 0.21   | 0.06  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.01  | 0.01  | 0.00    | 0.00  | 0.21  | 0.02   | 0.03    | 0.00  | 1.93  |
| Ace           | 0.04   | 0.05  | 0.15   | 0.00  | 0.11  | 0.00  | 0.14    | 0.00  | 0.00  | 0.01    | 2.26  | 0.38  | 0.13   | 0.20    | 4.94  | 0.00  |
| Flu           | 0.31   | 0.18  | 0.72   | 0.27  | 0.34  | 0.33  | 0.23    | 0.00  | 0.00  | 0.05    | 9.05  | 1.80  | 0.57   | 0.89    | 4.86  | 0.00  |
| Phe           | 1.17   | 0.38  | 1.93   | 1.21  | 0.64  | 0.74  | 0.76    | 0.46  | 0.37  | 0.10    | 11.51 | 4.01  | 1.45   | 1.86    | 24.26 | 25.77 |
| Ant           | 0.09   | 0.00  | 0.00   | 0.09  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.06  | 0.04  | 0.01    | 2.13  | 0.49  | 0.11   | 0.15    | 4.39  | 3.22  |
| Fla           | 0.30   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.11  | 0.09  | 0.02    | 4.31  | 0.60  | 0.31   | 0.22    | 0.00  | 3.54  |
| Pyr           | 0.24   | 0.00  | 0.43   | 1.08  | 0.55  | 0.36  | 0.00    | 0.12  | 0.08  | 0.02    | 3.45  | 0.57  | 0.53   | 0.38    | 0.00  | 2.55  |
| BaA           | 0.00   | 0.00  | 0.13   | 0.49  | 0.00  | 0.00  | 0.04    | 0.01  | 0.00  | 0.00    | 0.30  | 0.00  | 0.05   | 0.02    | 0.69  | 0.00  |
| Chr+TriP      | 0.05   | 0.00  | 0.00   | 0.15  | 0.00  | 0.00  | 0.11    | 0.07  | 0.04  | 0.00    | 1.08  | 0.19  | 0.12   | 0.05    | 0.00  | 0.00  |
| BbF           | 0.00   | 0.00  | 0.53   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.09    | 0.04  | 0.05  | 0.00    | 0.00  | 0.12  | 0.02   | 0.03    | 0.00  | 0.00  |
| BkF           | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.06  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.03  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.08   | 0.00    | 0.00  | 0.00  |
| BaP           | 0.02   | 0.00  | 0.28   | 0.07  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.15    | 0.00  | 0.00  |
| Per           | 0.00   | 0.00  | 0.13   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.67    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 2.19  | 0.00  | 0.04   | 0.00    | 0.00  | 0.00  |
| IP            | 0.03   | 0.00  | 0.07   | 0.03  | 0.00  | 0.00  | 0.05    | 0.02  | 0.00  | 0.00    | 0.64  | 0.12  | 0.02   | 0.00    | 0.00  | 0.00  |
| DA            | 0.00   | 0.00  | 0.28   | 0.00  | 0.00  | 0.05  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.03   | 0.00    | 0.00  | 1.72  |
| BP            | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.03  | 0.01  | 0.00    | 1.51  | 0.11  | 0.06   | 0.00    | 0.00  | 0.00  |
| total         | 2.31   | 0.61  | 4.86   | 3.50  | 1.64  | 1.48  | 2.07    | 0.93  | 0.70  | 0.21    | 38.44 | 8.59  | 3.54   | 3.98    | 39.14 | 38.72 |

<sup>a</sup> ng/g ww 為石魚賓與盤古蟾蜍溼重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品；<sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

續附表 1

| 環境介質          | 盤古蟾蜍-肝臟 |       | 盤古蟾蜍-蝌蚪 |       |
|---------------|---------|-------|---------|-------|
| 採樣時間（月/<br>日） | 03/03   | 08/11 | 01/17   | 08/11 |
| 樣品編號<br>化合物   | 2       | -     | -       | -     |
| Acy           | 0.90    | 0.23  | 0.00    | 0.36  |
| Ace           | 0.00    | 0.55  | 0.00    | 1.04  |
| Flu           | 0.00    | 2.55  | 0.83    | 3.31  |
| Phe           | 15.99   | 6.83  | 3.67    | 8.14  |
| Ant           | 2.19    | 0.36  | 0.73    | 0.43  |
| Fla           | 3.04    | 1.04  | 0.00    | 1.59  |
| Pyr           | 1.72    | 1.48  | 0.00    | 2.99  |
| BaA           | 0.00    | 0.00  | 0.15    | 0.20  |
| Chr+TriP      | 0.00    | 0.00  | 0.45    | 0.31  |
| BbF           | 0.00    | 0.03  | 0.52    | 0.17  |
| BkF           | 0.00    | 0.00  | 0.00    | 0.00  |
| BaP           | 0.00    | 0.00  | 0.00    | 0.00  |
| Per           | 0.00    | 0.24  | 0.73    | 0.18  |
| IP            | 0.00    | 0.00  | 0.35    | 0.11  |
| DA            | 0.00    | 0.00  | 0.13    | 0.00  |
| BP            | 0.47    | 0.24  | 0.00    | 0.00  |
| total         | 24.31   | 13.55 | 7.55    | 18.83 |

<sup>a</sup> ng/g ww 為盤古蟾蜍溼重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；

<sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品；<sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

附表 2 各多環芳香烴在西喀拉罕溪環境介質之含量

| 環境介質         | 水 cd  |       | 沈積物   |       |       |       | 浮游生物  |       |       |       | 絲藻    |       | 水生昆蟲  |      |      |      |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 採樣時間 (月 / 日) | 01/15 | 03/04 | 01/15 | 03/04 | 06/19 | 08/13 | 01/15 | 03/04 | 06/19 | 08/13 | 06/19 | 08/13 | 06/19 |      |      |      |
| 樣品編號<br>化合物  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 1     | 2    | 3    | 4    |
| Acy          | 0.04  | 0.00  | 0.07  | 0.02  | 0.09  | 0.33  | 0.00  | 0.47  | 0.00  | 0.08  | 0.51  | 0.00  | 0.00  | 2.37 | 1.53 | 0.00 |
| Ace          | 0.04  | 0.03  | 0.08  | 0.03  | 0.00  | 0.31  | 0.00  | 1.96  | 1.52  | 0.00  | 0.67  | 0.71  | 1.26  | 4.58 | 2.73 | 1.20 |
| Flu          | 0.21  | 0.13  | 0.55  | 0.24  | 0.31  | 2.05  | 0.17  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 15.10 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Phe          | 0.23  | 0.23  | 0.00  | 0.78  | 0.90  | 5.81  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 26.50 | 9.87  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ant          | 0.02  | 0.00  | 0.07  | 0.03  | 0.08  | 0.36  | 0.52  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.64  | 1.10  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Fla          | 0.09  | 0.12  | 0.16  | 0.09  | 0.19  | 0.95  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.61  | 16.71 | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pyr          | 0.10  | 0.11  | 0.40  | 0.19  | 0.24  | 1.37  | 1.01  | 0.00  | 0.00  | 0.75  | 8.99  | 2.66  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| BaA          | 0.02  | 0.01  | 0.01  | 0.00  | 0.05  | 0.06  | 0.61  | 0.61  | 0.50  | 0.20  | 0.20  | 0.21  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Chr+TriP     | 0.02  | 0.04  | 0.01  | 0.00  | 0.12  | 0.18  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.46  | 1.81  | 0.89  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| BbF          | 0.02  | 0.03  | 0.05  | 0.00  | 0.10  | 0.13  | 0.40  | 0.21  | 0.78  | 0.00  | 0.48  | 1.11  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.40 |
| BkF          | 0.01  | 0.01  | 0.03  | 0.00  | 0.13  | 0.04  | 0.00  | 0.56  | 0.00  | 0.00  | 0.22  | 0.18  | 0.00  | 0.79 | 0.00 | 0.00 |
| BaP          | 0.02  | 0.08  | 0.00  | 0.01  | 0.12  | 0.90  | 1.03  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Per          | 0.00  | 0.00  | 0.04  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.30  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| IP           | 0.03  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.01  | 0.08  | 0.77  | 0.34  | 0.00  | 0.17  | 0.10  | 0.54  | 0.18  | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| DA           | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.00  | 0.41  | 0.57  | 0.00  | 0.36  | 0.00  | 0.19  | 0.74  | 1.13  | 0.47 | 0.33 | 0.33 |
| BP           | 0.01  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.10  | 0.34  | 0.55  | 1.02  | 0.26  | 0.24  | 0.69  | 0.21  | 0.68 | 0.60 | 0.80 |
| total        | 0.87  | 0.81  | 1.46  | 1.38  | 2.34  | 13.08 | 5.42  | 4.70  | 4.18  | 2.53  | 58.25 | 34.09 | 2.77  | 8.89 | 5.20 | 2.93 |

<sup>a</sup> ng/L 為水體濃度，ng/g dw 為沈積物、浮游生物、絲藻與水生昆蟲乾重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup>“-”表示只有一個樣品；<sup>d</sup>“0.00”表示小於偵測極限

續附表 2

| 環境介質        | 水生昆蟲  |      |       | 石魚賓-肌肉 |      |       |      | 石魚賓-內臟 |      |       |      | 盤古蟾蜍-肌肉 |       |      | 盤古蟾蜍-內臟 |       |
|-------------|-------|------|-------|--------|------|-------|------|--------|------|-------|------|---------|-------|------|---------|-------|
| 採樣時間(月/日)   | 08/13 |      |       | 03/04  |      | 08/13 |      | 03/04  |      | 08/13 |      | 03/04   | 06/19 |      | 03/04   | 06/19 |
| 樣品編號<br>化合物 | 1     | 2    | 3     | 1      | 2    | 1     | 2    | 1      | 2    | 1     | 2    | -       | 1     | 2    | -       | 1     |
| Acy         | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.13   | 0.17 | 0.00  | 0.00 | 0.11   | 0.07 | 0.00  | 0.00 | 0.12    | 0.00  | 0.00 | 0.50    | 0.05  |
| Ace         | 0.00  | 0.00 | 0.71  | 0.29   | 0.05 | 0.00  | 0.00 | 0.05   | 0.08 | 0.00  | 0.00 | 0.17    | 0.09  | 0.00 | 0.00    | 0.20  |
| Flu         | 1.96  | 1.16 | 3.46  | 0.94   | 1.22 | 0.40  | 0.20 | 0.61   | 0.66 | 1.15  | 0.50 | 0.72    | 0.29  | 0.15 | 0.00    | 0.74  |
| Phe         | 2.28  | 2.74 | 9.34  | 3.04   | 3.99 | 1.01  | 0.50 | 2.28   | 3.01 | 4.21  | 1.29 | 2.00    | 0.56  | 0.33 | 7.89    | 3.14  |
| Ant         | 0.00  | 0.00 | 0.98  | 0.27   | 0.23 | 0.00  | 0.00 | 0.20   | 0.17 | 0.00  | 0.00 | 0.17    | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.14  |
| Fla         | 0.00  | 0.00 | 2.44  | 0.82   | 0.63 | 0.00  | 0.00 | 0.53   | 0.97 | 0.00  | 0.00 | 0.22    | 0.00  | 0.00 | 0.96    | 2.17  |
| Pyr         | 0.00  | 0.00 | 3.61  | 0.88   | 0.64 | 0.00  | 0.00 | 0.33   | 0.67 | 0.00  | 0.00 | 0.23    | 0.13  | 0.11 | 0.82    | 1.78  |
| BaA         | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.05   | 0.07 | 0.00  | 0.00 | 0.10   | 0.10 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.02  | 0.02 | 0.00    | 0.28  |
| Chr+TriP    | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.08   | 0.34 | 0.00  | 0.00 | 0.35   | 0.46 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.78  |
| BbF         | 0.28  | 0.00 | 0.00  | 0.07   | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00   | 0.56 | 0.00  | 0.00 | 0.13    | 0.00  | 0.00 | 1.74    | 0.00  |
| BkF         | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00   | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00   | 0.24 | 0.00  | 0.00 | 0.04    | 0.00  | 0.00 | 0.18    | 0.25  |
| BaP         | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.09   | 0.19 | 0.00  | 0.00 | 0.17   | 0.10 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.00  | 0.89 | 0.00    | 0.00  |
| Per         | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.05   | 0.05 | 0.02  | 0.03 | 0.05   | 0.24 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.02  | 0.12 | 0.00    | 0.00  |
| IP          | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.13   | 0.04 | 0.00  | 0.00 | 0.00   | 0.05 | 0.00  | 0.00 | 0.10    | 0.00  | 0.00 | 0.28    | 0.13  |
| DA          | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.06   | 0.29 | 0.00  | 0.00 | 0.13   | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.41    | 0.00  | 0.04 | 1.17    | 0.00  |
| BP          | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.10   | 0.00 | 0.03  | 0.01 | 0.00   | 0.00 | 0.08  | 0.02 | 0.06    | 0.00  | 0.00 | 0.11    | 0.19  |
| total       | 4.52  | 3.89 | 20.54 | 7.02   | 7.91 | 1.46  | 0.74 | 4.91   | 7.38 | 5.44  | 1.81 | 4.38    | 1.11  | 1.66 | 13.64   | 9.85  |

<sup>a</sup> ng/g dw 為水生昆蟲乾重濃度，ng/g ww 為石魚賓與盤古蟾蜍溼重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品；<sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

續附表 2

| 環境介質          | 盤古蟾蜍-<br>內臟 |       | 盤古蟾蜍-肝臟 |       |       |      | 盤古蟾蜍-蝌蚪 |      |       |      |
|---------------|-------------|-------|---------|-------|-------|------|---------|------|-------|------|
| 採樣時間(月/<br>日) | 06/19       | 03/04 | 06/19   | 01/15 | 03/04 |      | 06/19   |      | 08/13 |      |
| 樣品編號<br>化合物   | 2           | -     | 1       | 2     | -     | -    | 1       | 2    | 1     | 2    |
| Acy           | 0.07        | 3.18  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.19 | 0.00    | 0.00 | 0.02  | 0.09 |
| Ace           | 0.00        | 0.00  | 1.06    | 0.00  | 0.72  | 0.47 | 0.00    | 0.00 | 0.24  | 0.49 |
| Flu           | 0.97        | 0.00  | 4.53    | 3.39  | 1.34  | 0.00 | 1.03    | 0.92 | 1.15  | 1.72 |
| Phe           | 1.73        | 37.05 | 11.54   | 12.21 | 5.15  | 5.22 | 2.98    | 3.35 | 3.25  | 3.51 |
| Ant           | 0.00        | 4.38  | 2.03    | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.15  | 0.26 |
| Fla           | 0.51        | 3.79  | 5.49    | 0.00  | 1.95  | 0.53 | 0.00    | 0.00 | 0.41  | 0.55 |
| Pyr           | 0.44        | 3.99  | 4.27    | 6.73  | 1.63  | 0.46 | 1.07    | 0.87 | 0.56  | 0.55 |
| BaA           | 0.00        | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.13  | 0.05 | 0.00    | 0.06 | 0.03  | 0.07 |
| Chr+TriP      | 0.00        | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.62  | 0.11 | 0.00    | 0.00 | 0.00  | 0.00 |
| BbF           | 0.13        | 2.93  | 0.75    | 0.00  | 0.83  | 0.13 | 0.00    | 0.00 | 0.03  | 0.04 |
| BkF           | 0.00        | 0.83  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.04 | 0.00    | 0.00 | 0.06  | 0.00 |
| BaP           | 0.00        | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.26  | 0.14 | 2.03    | 1.86 | 0.00  | 0.00 |
| Per           | 0.23        | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.67  | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.03  | 0.05 |
| IP            | 0.00        | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.43  | 0.03 | 0.00    | 0.00 | 0.04  | 0.00 |
| DA            | 0.00        | 0.00  | 0.59    | 0.61  | 0.13  | 0.08 | 0.00    | 0.00 | 0.00  | 0.00 |
| BP            | 0.00        | 0.42  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.05 | 0.00    | 0.00 | 0.00  | 0.00 |
| total         | 4.08        | 56.58 | 30.26   | 22.94 | 13.86 | 7.50 | 7.10    | 7.06 | 5.97  | 7.32 |

<sup>a</sup> ng/g ww 為盤古蟾蜍溼重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup> “-”表示只有一個樣品；<sup>d</sup> “0.00”表示小於偵測極限

附表 3 各多環芳香烴在蓮花池環境介質之含量

| 環境介質          | 水     |       |       |       | 沈積物   |       |       |       | 藻床    |       | 水生昆蟲  |       | 鯉魚-肌肉 |      |       |      |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| 採樣時間<br>(月/日) | 01/15 | 03/05 | 06/18 | 08/12 | 01/15 | 03/05 | 06/18 | 08/12 | 06/18 | 08/12 | 06/18 | 08/12 | 01/15 |      | 03/05 |      |
| 樣品編號<br>化合物   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 1     | 2    | 1     | 2    |
| Acy           | 0.10  | 1.09  | 0.23  | 0.27  | 0.05  | 0.03  | 0.27  | 0.51  | 0.83  | 0.65  | 0.29  | 0.00  | 0.02  | 0.02 | 0.04  | 0.03 |
| Ace           | 0.07  | 0.16  | 0.11  | 0.41  | 0.04  | 0.06  | 0.11  | 1.29  | 0.24  | 0.68  | 0.19  | 4.24  | 0.03  | 0.04 | 0.08  | 0.03 |
| Flu           | 0.13  | 0.73  | 0.22  | 0.76  | 0.33  | 0.33  | 0.38  | 6.08  | 2.23  | 5.53  | 1.65  | 11.77 | 0.09  | 0.10 | 0.25  | 0.20 |
| Phe           | 0.64  | 0.71  | 0.69  | 1.84  | 1.16  | 1.84  | 2.75  | 17.22 | 17.15 | 12.58 | 5.71  | 0.00  | 0.44  | 0.37 | 0.81  | 0.87 |
| Ant           | 0.08  | 0.21  | 0.00  | 0.00  | 0.05  | 0.08  | 0.34  | 1.78  | 0.70  | 0.96  | 0.35  | 4.40  | 0.05  | 0.04 | 0.07  | 0.07 |
| Fla           | 1.20  | 0.45  | 0.34  | 0.71  | 0.40  | 1.77  | 4.86  | 8.36  | 19.02 | 4.94  | 1.81  | 12.87 | 0.11  | 0.07 | 0.22  | 0.15 |
| Pyr           | 1.06  | 0.50  | 0.35  | 1.17  | 0.55  | 1.46  | 4.57  | 9.10  | 13.62 | 4.79  | 1.94  | 0.00  | 1.16  | 0.28 | 0.23  | 0.24 |
| BaA           | 0.50  | 0.04  | 0.03  | 0.00  | 0.08  | 0.45  | 1.82  | 1.92  | 2.49  | 0.91  | 0.13  | 0.00  | 0.06  | 0.03 | 0.01  | 0.00 |
| Chr+TriP      | 0.70  | 0.12  | 0.11  | 0.00  | 0.21  | 1.17  | 3.27  | 4.87  | 6.77  | 2.97  | 0.61  | 0.00  | 0.26  | 0.27 | 0.02  | 0.00 |
| BbF           | 1.35  | 0.10  | 0.10  | 0.22  | 0.27  | 1.40  | 4.89  | 7.12  | 10.25 | 4.73  | 0.58  | 0.00  | 0.01  | 0.00 | 0.00  | 0.00 |
| BkF           | 0.46  | 0.03  | 0.04  | 0.06  | 0.27  | 1.17  | 1.59  | 2.40  | 3.17  | 3.51  | 0.35  | 0.00  | 0.03  | 0.00 | 0.00  | 0.03 |
| BaP           | 0.81  | 0.00  | 0.12  | 0.00  | 0.07  | 0.45  | 2.76  | 3.89  | 5.69  | 1.38  | 1.23  | 0.00  | 0.03  | 0.01 | 0.02  | 0.10 |
| Per           | 0.29  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.13  | 0.15  | 0.84  | 4.71  | 1.23  | 2.64  | 0.00  | 0.00  | 0.06  | 0.01 | 0.00  | 0.00 |
| IP            | 1.22  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.57  | 7.61  | 0.18  | 6.48  | 1.90  | 0.13  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.04  | 0.00 |
| DA            | 0.28  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.20  | 0.24  | 0.99  | 2.73  | 1.60  | 5.30  | 3.87  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.07 |
| BP            | 0.93  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.74  | 0.00  | 3.99  | 4.88  | 2.47  | 0.26  | 0.00  | 0.02  | 0.00 | 0.00  | 0.00 |
| total         | 9.84  | 4.14  | 2.34  | 5.43  | 3.81  | 11.91 | 37.05 | 76.15 | 96.4  | 55.94 | 19.10 | 33.28 | 2.38  | 1.24 | 1.79  | 1.79 |

<sup>a</sup> ng/L 為水體濃度，ng/g dw 為沈積物、藻床與水生昆蟲乾重濃度，ng/g ww 為鯉魚溼重濃度；

<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup> “-”表示只有一個樣品；<sup>d</sup> “0.00”表示小於偵測極限

續附表 3

| 環境介質          | 鯉魚-肌肉 |      |      |      | 鱈魚-肌肉 |      |      |      | 鯉魚-內臟 |      |      |      | 鱈魚-內臟 |      |      |      | 鯉魚-內臟 |
|---------------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| 採樣時間<br>(月/日) | 03/05 |      |      |      | 06/18 |      |      |      | 08/12 |      |      |      | 01/15 |      |      |      | 03/05 |
| 樣品編號          | 3     | 1    | 2    | 3    | 1     | 2    | 1    | 2    | 1     | 2    | 3    | -    | 1     | 2    | 3    | 1    | 03/05 |
| 化合物           |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |      |       |
| Acy           | 0.01  | 0.07 | 0.03 | 0.02 | 0.00  | 0.00 | 0.06 | 0.04 | 0.33  | 0.03 | 0.07 | 0.08 | 0.01  | 0.12 | 0.01 | 0.04 |       |
| Ace           | 0.01  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.05 | 0.06 | 0.08  | 0.01 | 0.02 | 0.15 | 0.00  | 0.23 | 0.00 | 0.00 |       |
| Flu           | 0.10  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.17  | 0.00 | 0.19 | 0.14 | 1.05  | 0.16 | 0.18 | 0.29 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.21 |       |
| Phe           | 0.32  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.40  | 0.99 | 0.87 | 0.61 | 4.19  | 1.03 | 0.79 | 0.84 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.50 |       |
| Ant           | 0.00  | 0.12 | 0.00 | 0.14 | 0.00  | 0.00 | 0.10 | 0.02 | 0.00  | 0.00 | 0.51 | 0.06 | 0.20  | 0.18 | 0.19 | 0.00 |       |
| Fla           | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.41 | 0.14 | 1.52  | 1.26 | 0.33 | 0.17 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.28 |       |
| Pyr           | 0.09  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.46 | 0.21 | 1.49  | 1.00 | 0.56 | 0.20 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |       |
| BaA           | 0.01  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.04 | 0.01 | 0.06  | 0.09 | 0.04 | 0.03 | 0.00  | 0.00 | 0.04 | 0.00 |       |
| Chr+TriP      | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.16 | 0.06 | 0.22  | 0.56 | 0.19 | 0.11 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |       |
| BbF           | 0.00  | 0.06 | 0.05 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.26 | 0.01 | 0.00  | 0.42 | 0.00 | 0.06 | 0.00  | 0.07 | 0.00 | 0.06 |       |
| BkF           | 0.03  | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.29  | 0.18 | 0.12 | 0.09 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |       |
| BaP           | 0.01  | 0.72 | 0.91 | 1.36 | 0.00  | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.13  | 0.04 | 0.11 | 0.08 | 0.75  | 1.22 | 1.61 | 0.00 |       |
| Per           | 0.00  | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.00  | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.03 | 0.05 | 0.06 |       |
| IP            | 0.02  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.19  | 0.08 | 0.03 | 0.05 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |       |
| DA            | 0.04  | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.00  | 0.05 | 0.08 | 0.10 | 0.05  | 0.04 | 0.03 | 0.00 |       |
| BP            | 0.00  | 0.05 | 0.00 | 0.05 | 0.00  | 0.00 | 0.11 | 0.01 | 0.00  | 0.23 | 0.00 | 0.04 | 0.00  | 0.06 | 0.07 | 0.00 |       |
| total         | 0.65  | 1.08 | 1.01 | 1.57 | 0.57  | 0.99 | 2.91 | 1.33 | 9.56  | 5.26 | 3.03 | 2.35 | 1.00  | 1.97 | 2.00 | 1.15 |       |

<sup>a</sup> ng/g ww 為鯉魚與鱈魚溼重濃度; <sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目; <sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品; <sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

續附表 3

| 環境介質          | 鯉魚-<br>內臟 |       | 盤古蟾蜍-肌肉 |      |       |      | 盤古蟾蜍-內臟 |       |       |       | 盤古蟾<br>蜍-卵 |      | 盤古蟾蜍-肝臟 |       |       |       |
|---------------|-----------|-------|---------|------|-------|------|---------|-------|-------|-------|------------|------|---------|-------|-------|-------|
| 採樣時間<br>(月/日) | 08/12     | 01/15 | 03/05   |      | 06/18 |      | 08/12   | 01/15 | 03/05 |       | 06/18      |      | 08/12   | 06/18 | 01/15 | 03/05 |
| 樣品編號          | 2         | -     | 1       | 2    | 1     | 2    | -       | -     | 1     | 2     | 1          | 2    | -       | -     | -     | 1     |
| 化合物           |           |       |         |      |       |      |         |       |       |       |            |      |         |       |       |       |
| Acy           | 0.00      | 0.00  | 0.14    | 0.01 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.00  | 0.25  | 0.15  | 0.02       | 0.09 | 0.12    | 0.00  | 0.00  | 1.84  |
| Ace           | 0.00      | 0.17  | 0.42    | 0.04 | 0.03  | 0.00 | 0.02    | 1.42  | 0.73  | 0.29  | 0.05       | 0.53 | 0.31    | 0.00  | 7.32  | 0.00  |
| Flu           | 0.87      | 0.32  | 0.93    | 0.00 | 0.13  | 0.26 | 0.14    | 2.87  | 1.80  | 0.68  | 0.14       | 0.17 | 1.22    | 0.77  | 9.71  | 0.00  |
| Phe           | 0.00      | 0.81  | 4.72    | 0.39 | 0.26  | 0.55 | 0.36    | 8.32  | 11.32 | 4.25  | 0.80       | 0.32 | 2.81    | 1.83  | 29.27 | 31.68 |
| Ant           | 0.00      | 0.13  | 0.23    | 0.06 | 0.00  | 0.00 | 0.02    | 1.86  | 0.57  | 0.23  | 0.05       | 0.00 | 0.24    | 0.00  | 0.00  | 3.94  |
| Fla           | 0.00      | 0.00  | 6.34    | 0.33 | 0.00  | 0.00 | 0.07    | 3.48  | 13.97 | 4.17  | 0.79       | 0.00 | 0.83    | 0.00  | 0.00  | 5.46  |
| Pyr           | 0.00      | 0.00  | 4.48    | 0.25 | 0.03  | 0.10 | 0.09    | 2.59  | 9.69  | 3.13  | 0.61       | 0.29 | 1.00    | 0.00  | 0.00  | 2.94  |
| BaA           | 0.00      | 0.02  | 0.18    | 0.01 | 0.00  | 0.01 | 0.00    | 0.28  | 0.35  | 0.11  | 0.09       | 0.18 | 0.08    | 0.00  | 1.10  | 0.00  |
| Chr+TriP      | 0.00      | 0.00  | 1.46    | 0.08 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.00  | 3.24  | 1.05  | 0.27       | 0.00 | 0.29    | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| BbF           | 0.00      | 0.08  | 1.44    | 0.13 | 0.00  | 0.00 | 0.01    | 1.48  | 3.12  | 1.56  | 0.28       | 0.11 | 0.13    | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| BkF           | 0.00      | 0.00  | 1.05    | 0.02 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.00  | 2.14  | 0.58  | 0.06       | 0.11 | 0.11    | 0.00  | 0.00  | 0.43  |
| BaP           | 0.00      | 0.04  | 1.77    | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.00  | 3.22  | 0.71  | 0.00       | 0.00 | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Per           | 0.00      | 0.11  | 0.55    | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 3.94  | 0.78  | 0.28  | 0.02       | 0.00 | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| IP            | 0.00      | 0.05  | 0.76    | 0.01 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.37  | 0.47  | 0.20  | 0.06       | 0.00 | 0.04    | 0.00  | 1.66  | 1.27  |
| DA            | 0.00      | 0.03  | 0.00    | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.68  | 0.24  | 0.22  | 0.00       | 0.00 | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 1.86  |
| BP            | 0.00      | 0.00  | 0.46    | 0.05 | 0.00  | 0.00 | 0.00    | 0.00  | 1.65  | 0.54  | 0.11       | 0.00 | 0.22    | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| total         | 0.87      | 1.75  | 24.91   | 1.39 | 0.45  | 0.92 | 0.71    | 27.29 | 53.56 | 18.17 | 3.35       | 1.80 | 7.40    | 2.60  | 49.06 | 49.43 |

<sup>a</sup> ng/g ww 為鯉魚與盤古蟾蜍溼重濃度; <sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目; <sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品 ; <sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

續附表 3

| 環境介質          | 盤古蟾蜍-肝臟 |       |       | 盤古蟾蜍-蝌蚪 |       |      |
|---------------|---------|-------|-------|---------|-------|------|
| 採樣時間<br>(月/日) | 03/05   | 06/18 | 08/12 | 01/15   | 03/05 |      |
| 樣品編號<br>化合物   | 2       | 1     | 2     | -       | -     | -    |
| Acy           | 0.33    | 0.09  | 0.00  | 0.31    | 0.00  | 0.16 |
| Ace           | 0.00    | 0.20  | 0.00  | 1.51    | 0.77  | 0.76 |
| Flu           | 0.00    | 0.45  | 2.30  | 5.85    | 1.55  | 0.00 |
| Phe           | 8.22    | 1.39  | 7.24  | 13.00   | 5.02  | 7.12 |
| Ant           | 0.94    | 0.27  | 0.00  | 0.92    | 0.73  | 0.00 |
| Fla           | 1.60    | 0.00  | 0.00  | 2.29    | 0.00  | 0.72 |
| Pyr           | 0.96    | 0.00  | 0.00  | 4.61    | 1.75  | 0.00 |
| BaA           | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.22  | 0.03 |
| Chr+TriP      | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00 |
| BbF           | 0.00    | 0.11  | 1.24  | 0.00    | 0.63  | 0.00 |
| BkF           | 0.15    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.02 |
| BaP           | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.36  | 0.05 |
| Per           | 0.76    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.16 |
| IP            | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.45  | 0.00 |
| DA            | 0.29    | 0.00  | 0.39  | 0.00    | 0.12  | 0.06 |
| BP            | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00 |
| total         | 13.23   | 2.51  | 11.17 | 28.49   | 11.60 | 9.06 |

<sup>a</sup> ng/g ww 為盤古蟾蜍溼重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；

<sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品；<sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

附表 4 各多環芳香烴在奇萊山區環境介質之含量

| 環境介質        | 沈積物   |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|
| 採樣時間（月/日）   | 07/22 | 07/23 | 07/24 |
| 樣品編號<br>化合物 | -     | -     | -     |
| Acy         | 0.38  | 0.57  | 14    |
| Ace         | 0.28  | 0.42  | 8     |
| Flu         | 1.92  | 2.75  | 43    |
| Phe         | 10.15 | 15.10 | 153   |
| Ant         | 0.62  | 1.16  | 19    |
| Fla         | 3.77  | 7.19  | 96    |
| Pyr         | 3.65  | 6.44  | 76    |
| BaA         | 0.70  | 1.19  | 23    |
| Chr+TriP    | 2.67  | 5.68  | 14    |
| BbF         | 5.13  | 10.24 | 31    |
| BkF         | 3.76  | 7.43  | 24    |
| BaP         | 1.98  | 2.33  | 10    |
| Per         | 0.32  | 0.81  | 14    |
| IP          | 1.69  | 4.27  | 22    |
| DA          | 2.88  | 3.85  | 17    |
| BP          | 1.94  | 4.52  | 79    |
| total       | 41.83 | 73.95 | 641   |

<sup>a</sup> ng/g dw 為沈積物乾重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；

<sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品；<sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

附表 5 各有機氯農藥在砂卡礫環境介質之含量

| 環境介質           | 水 cd  |       |       |       | 沈積物   |       |       |       | 浮游生物  |       |       |       | 絲藻    |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 採樣時間<br>(月/日)  | 01/17 | 03/03 | 06/17 | 08/11 | 01/17 | 03/03 | 06/17 | 08/11 | 01/17 | 03/03 | 06/17 | 08/11 | 01/17 | 03/03 | 06/17 | 08/11 |
| 樣品編號           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 化合物            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tecnacene      | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.00  | 0.15  | 0.11  | 0.37  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.28  | 0.00  | 0.00  |
| HCB            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.03  | 0.12  | 0.00  | 0.15  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.38  | 0.07  | 0.12  |
| Aldrin         | 0.00  | 0.00  | 0.03  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.42  | 0.22  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.28  | 0.17  | 0.00  |
| $\alpha$ -HCH  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.61  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\beta$ -HCH   | 0.90  | 0.28  | 0.00  | 0.03  | 0.00  | 0.88  | 11.32 | 2.86  | 0.00  | 5.25  | 4.47  | 0.53  | 0.00  | 6.65  | 0.84  | 2.33  |
| $\gamma$ -HCH  | 0.00  | 0.13  | 0.05  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.07  | 0.87  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 2.09  | 0.00  | 0.28  | 0.00  |
| $\delta$ -HCH  | 0.00  | 0.00  | 0.07  | 0.02  | 0.20  | 0.12  | 0.36  | 0.89  | 1.70  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.65  | 0.00  | 0.00  | 0.41  |
| Hept           | 0.05  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.00  | 0.25  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.36  | 0.00  |
| cis-Hept Oxid  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.09  | 0.07  | 0.40  | 0.00  | 0.00  | 0.95  | 0.20  | 0.00  | 0.39  | 0.06  |
| tran-Hept Oxid | 0.01  | 0.00  | 0.03  | 0.02  | 0.02  | 0.00  | 0.19  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.69  | 0.00  | 0.00  | 0.58  |
| o,p'-DDE       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.04  | 0.00  | 0.27  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| p,p'-DDE       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.08  | 0.00  | 0.09  | 0.00  | 0.00  |
| o,p'-DDD       | 0.03  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.01  | 0.70  | 0.00  | 0.03  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.08  | 0.11  | 0.00  |
| p,p'-DDD       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.02  | 0.33  | 0.08  | 0.00  | 0.06  | 0.00  | 0.40  | 1.01  | 0.14  |
| o,p'-DDT       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| p,p'-DDT       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.03  | 0.01  | 0.32  | 0.11  | 0.00  | 0.00  | 0.47  | 0.19  | 5.40  | 0.33  |
| $\Sigma$ -HCH  | 0.95  | 0.41  | 0.12  | 0.04  | 0.20  | 1.00  | 11.75 | 4.62  | 3.30  | 5.25  | 4.47  | 0.53  | 2.74  | 6.65  | 1.12  | 2.74  |
| $\Sigma$ -Hept | 0.00  | 0.00  | 0.05  | 0.00  | 0.04  | 0.00  | 0.28  | 0.32  | 0.40  | 0.00  | 0.00  | 0.95  | 0.89  | 0.00  | 0.75  | 0.64  |
| $\Sigma$ -DDE  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.04  | 0.00  | 0.27  | 0.08  | 0.00  | 0.09  | 0.00  | 0.00  |
| $\Sigma$ -DDD  | 0.03  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.02  | 0.72  | 0.33  | 0.11  | 0.00  | 0.06  | 0.00  | 0.48  | 1.12  | 0.14  |
| $\Sigma$ -DDT  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.03  | 0.01  | 0.32  | 0.11  | 0.00  | 0.00  | 0.47  | 0.19  | 5.40  | 0.33  |
| total          | 0.99  | 0.41  | 0.18  | 0.05  | 0.28  | 1.15  | 12.24 | 6.16  | 4.80  | 5.83  | 4.74  | 1.63  | 4.10  | 9.35  | 8.63  | 3.97  |

<sup>a</sup> ng/L 為水體濃度，ng/g dw 為沈積物、浮游生物與絲藻乾重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup> “-”表示只有一個樣品；<sup>d</sup> “0.00”表示小於偵測極限

續附表 5

| 環境介質           | 水生昆蟲  |       |       |       | 螃蟹    |      |       |      | 蝦     |      |       |      | 石魚賓-肌肉 |      |      |      |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|--------|------|------|------|
| 採樣時間 (月/日)     | 06/17 |       | 08/11 |       | 06/17 |      | 08/11 |      | 06/17 |      | 08/11 |      | 03/03  |      |      |      |
| 樣品編號<br>化合物    | 1     | 2     | 1     | 2     | 1     | 2    | 3     | 4    | -     | 1    | 2     | 3    | 1      | 2    | 3    | 1    |
| Tecnacene      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.03  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| HCB            | 1.50  | 0.41  | 0.70  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.04  | 0.02 | 0.08  | 0.00 | 0.01  | 0.21 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.12 |
| Aldrin         | 3.38  | 1.18  | 0.13  | 0.08  | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.05 | 0.04  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.04   | 0.00 | 0.20 | 0.00 |
| $\alpha$ -HCH  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $\beta$ -HCH   | 0.00  | 0.00  | 3.13  | 1.69  | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.43  | 0.27 | 0.06  | 0.00 | 0.39   | 0.91 | 1.63 | 0.45 |
| $\gamma$ -HCH  | 5.25  | 1.59  | 0.00  | 0.00  | 0.19  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.25  | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 2.65 |
| $\delta$ -HCH  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.05  | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Hept           | 31.50 | 6.18  | 0.26  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.02  | 0.24 | 0.02  | 0.10 | 0.09   | 0.11 | 0.16 | 0.30 |
| cis-Hept Oxid  | 7.00  | 1.06  | 0.09  | 0.07  | 0.00  | 0.00 | 0.35  | 0.28 | 0.01  | 0.00 | 0.00  | 0.09 | 0.07   | 0.05 | 0.58 | 0.04 |
| tran-Hept Oxid | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.24  | 0.16 | 0.08  | 0.52 | 0.18  | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.19 |
| o,p'-DDE       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.02  | 0.08 | 0.01  | 0.01 | 0.01  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.01 |
| p,p'-DDE       | 0.44  | 0.00  | 0.04  | 0.03  | 0.02  | 0.05 | 0.12  | 0.01 | 0.02  | 0.02 | 0.01  | 0.10 | 0.01   | 0.02 | 0.06 | 0.24 |
| o,p'-DDD       | 0.38  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.10  | 0.13 | 0.00  | 0.01 | 0.00  | 0.00 | 0.01  | 0.03 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.08 |
| p,p'-DDD       | 0.00  | 5.53  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.03  | 0.02 | 0.02  | 0.77 | 0.49  | 2.15 | 0.03   | 0.05 | 0.11 | 0.00 |
| o,p'-DDT       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| p,p'-DDT       | 0.88  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.11 | 0.14  | 0.09 | 0.03  | 0.98 | 0.05   | 0.00 | 0.00 | 0.03 |
| $\Sigma$ -HCH  | 5.25  | 1.59  | 3.13  | 11.27 | 0.19  | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.43  | 0.27 | 0.36  | 0.00 | 0.39   | 0.91 | 1.63 | 3.10 |
| $\Sigma$ -Hept | 38.50 | 7.24  | 0.35  | 0.47  | 0.00  | 0.00 | 0.59  | 0.44 | 0.11  | 0.76 | 0.20  | 0.19 | 0.16   | 0.16 | 0.74 | 0.53 |
| $\Sigma$ -DDE  | 0.44  | 0.00  | 0.04  | 0.20  | 0.04  | 0.13 | 0.13  | 0.02 | 0.03  | 0.02 | 0.01  | 0.10 | 0.01   | 0.02 | 0.06 | 0.25 |
| $\Sigma$ -DDD  | 0.38  | 5.53  | 0.00  | 0.00  | 0.10  | 0.13 | 0.03  | 0.03 | 0.02  | 0.77 | 0.50  | 2.18 | 0.03   | 0.05 | 0.11 | 0.08 |
| $\Sigma$ -DDT  | 0.88  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 0.11 | 0.14  | 0.09 | 0.03  | 0.98 | 0.05   | 0.00 | 0.00 | 0.03 |
| total          | 50.31 | 15.94 | 4.35  | 12.47 | 0.36  | 0.26 | 0.79  | 0.67 | 0.85  | 1.91 | 1.11  | 3.66 | 0.68   | 1.14 | 2.74 | 4.11 |

<sup>a</sup> ng/g dw 為水生昆蟲乾重濃度，ng/g ww 為螃蟹、蝦與石魚賓溼重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品；<sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

續附表 5

| 環境介質           | 石魚賓-肌肉 |       | 石魚賓-內臟 |       | 石魚賓-卵 |       | 盤古蟾蜍-肌肉 |       | 盤古蟾蜍-內臟 |       | 盤古蟾蜍-卵 |       | 盤古蟾蜍-肝臟 |       |       |      |
|----------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|--------|-------|---------|-------|-------|------|
| 採樣時間<br>(月/日)  | 03/03  | 08/11 | 03/03  | 08/11 | 08/11 | 01/17 | 03/03   | 08/11 | 01/17   | 03/03 | 08/11  | 08/11 | 01/17   | 03/03 |       |      |
| 樣品編號<br>化合物    | 2      | -     | 1      | 2     | -     | -     | -       | 1     | 2       | -     | -      | -     | -       | -     | 1     |      |
| Tecnacene      | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00  |      |
| HCB            | 0.01   | 0.03  | 0.23   | 0.23  | 0.00  | 0.00  | 0.22    | 0.04  | 0.04    | 0.03  | 1.48   | 0.11  | 0.06    | 0.19  | 0.00  | 0.90 |
| Aldrin         | 0.03   | 0.02  | 0.16   | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.04    | 0.04  | 0.00  | 0.92 |
| α-HCH          | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00 |
| β-HCH          | 0.64   | 0.27  | 1.54   | 0.00  | 0.41  | 0.45  | 0.23    | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 1.58   | 0.00  | 0.53    | 0.29  | 0.00  | 0.00 |
| γ-HCH          | 0.00   | 0.00  | 0.65   | 0.00  | 0.25  | 0.00  | 0.00    | 0.02  | 0.03    | 0.00  | 0.00   | 0.04  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 1.56 |
| δ-HCH          | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.14    | 0.08  | 0.10    | 0.00  | 1.55   | 0.00  | 0.37    | 0.35  | 2.75  | 1.87 |
| Hept           | 0.18   | 0.05  | 0.72   | 0.25  | 0.00  | 0.04  | 0.16    | 0.00  | 0.23    | 0.00  | 0.71   | 0.00  | 0.06    | 0.14  | 0.00  | 0.00 |
| cis-Hept Oxid  | 0.00   | 0.05  | 3.24   | 0.00  | 0.00  | 0.29  | 0.29    | 0.01  | 0.00    | 0.00  | 0.00   | 0.06  | 0.04    | 0.00  | 0.80  | 0.21 |
| tran-Hept Oxid | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.13    | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.60   | 0.00  | 0.11    | 0.00  | 1.90  | 0.00 |
| o,p'-DDE       | 0.02   | 0.00  | 0.00   | 0.03  | 0.11  | 0.00  | 0.03    | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.67   | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.96  | 0.00 |
| p,p'-DDE       | 0.04   | 0.05  | 0.41   | 0.32  | 0.18  | 0.01  | 0.17    | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.50   | 0.00  | 0.01    | 0.02  | 4.10  | 0.00 |
| o,p'-DDD       | 0.00   | 0.00  | 0.11   | 0.03  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.01  | 0.00    | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00 |
| p,p'-DDD       | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.02    | 0.01  | 0.01    | 0.00  | 0.00   | 0.03  | 0.00    | 0.00  | 1.03  | 0.64 |
| o,p'-DDT       | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00 |
| p,p'-DDT       | 0.02   | 0.00  | 0.15   | 0.05  | 0.07  | 0.00  | 0.19    | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.06   | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 4.64  | 0.00 |
| Σ-HCH          | 0.64   | 0.27  | 2.19   | 0.00  | 0.66  | 0.45  | 0.37    | 0.10  | 0.13    | 0.00  | 3.13   | 0.04  | 0.90    | 0.65  | 2.75  | 3.43 |
| Σ-Hept         | 0.18   | 0.10  | 3.96   | 0.25  | 0.00  | 0.33  | 0.58    | 0.01  | 0.23    | 0.00  | 1.30   | 0.06  | 0.21    | 0.14  | 2.70  | 0.21 |
| Σ-DDE          | 0.06   | 0.05  | 0.41   | 0.35  | 0.29  | 0.01  | 0.20    | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 1.18   | 0.00  | 0.01    | 0.02  | 5.06  | 0.00 |
| Σ-DDD          | 0.00   | 0.00  | 0.11   | 0.03  | 0.00  | 0.00  | 0.02    | 0.02  | 0.01    | 0.00  | 0.00   | 0.03  | 0.00    | 0.00  | 1.03  | 0.64 |
| Σ-DDT          | 0.02   | 0.00  | 0.15   | 0.05  | 0.07  | 0.00  | 0.19    | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.06   | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 4.64  | 0.00 |
| total          | 0.94   | 0.47  | 7.21   | 0.91  | 1.04  | 0.79  | 1.58    | 0.16  | 0.40    | 0.03  | 7.15   | 0.24  | 1.21    | 1.02  | 16.18 | 6.10 |

<sup>a</sup> ng/g ww 為石魚賓與盤古蟾蜍溼重濃度; <sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目; <sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品; <sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

續附表 5

| 環境介質           | 盤古蟾蜍-肝臟 |       | 盤古蟾蜍-蝌蚪 |       |
|----------------|---------|-------|---------|-------|
| 採樣時間（月/日）      | 03/03   | 08/11 | 01/17   | 08/11 |
| 樣品編號           | 2       | -     | -       | -     |
| 化合物            |         |       |         |       |
| Tecnacene      | 0.00    | 0.00  | 0.00    | 0.00  |
| HCB            | 0.57    | 0.00  | 2.66    | 0.00  |
| Aldrin         | 0.00    | 0.00  | 0.00    | 0.28  |
| $\alpha$ -HCH  | 0.00    | 0.00  | 0.00    | 0.00  |
| $\beta$ -HCH   | 0.00    | 0.50  | 0.63    | 0.00  |
| $\gamma$ -HCH  | 1.69    | 0.00  | 0.00    | 0.00  |
| $\delta$ -HCH  | 25.05   | 1.39  | 0.36    | 1.70  |
| Hept           | 2.00    | 0.15  | 0.63    | 0.76  |
| cis-Hept Oxid  | 0.00    | 0.18  | 1.67    | 0.46  |
| tran-Hept Oxid | 0.00    | 0.00  | 0.58    | 0.00  |
| o.p'-DDE       | 0.00    | 0.03  | 0.00    | 0.00  |
| p.p'-DDE       | 0.00    | 0.02  | 0.59    | 0.04  |
| o.p'-DDD       | 0.00    | 1.50  | 0.00    | 0.00  |
| p.p'-DDD       | 0.08    | 0.00  | 0.20    | 0.00  |
| o.p'-DDT       | 0.00    | 0.00  | 0.00    | 0.00  |
| p.p'-DDT       | 0.00    | 0.08  | 1.64    | 0.00  |
| $\Sigma$ -HCH  | 26.74   | 1.89  | 0.99    | 1.70  |
| $\Sigma$ -Hept | 2.00    | 0.33  | 2.88    | 1.21  |
| $\Sigma$ -DDE  | 0.00    | 0.05  | 0.59    | 0.04  |
| $\Sigma$ -DDD  | 0.08    | 1.50  | 0.20    | 0.00  |
| $\Sigma$ -DDT  | 0.00    | 0.08  | 1.64    | 0.00  |
| total          | 29.39   | 3.87  | 8.96    | 3.24  |

<sup>a</sup> ng/g ww 為盤古蟾蜍溼重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；

<sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品；<sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

附表 6 各有機氯農藥在西喀拉罕溪環境介質之含量

| 環境介質           | 水 cd  |       | 沈積物   |       |       |       | 浮游生物  |       |       |       | 絲藻    |       | 水生昆蟲  |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 採樣時間<br>(月/日)  | 01/15 | 03/04 | 01/15 | 03/04 | 06/19 | 08/13 | 01/15 | 03/04 | 06/19 | 08/13 | 06/19 | 08/13 | 06/19 |       |       |       |
| 樣品編號           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 1     | 2     | 3     | 4     |
| 化合物            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tecnacene      | 0.10  | 0.00  | 0.01  | 0.10  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.24  | 0.00  | 0.66  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.80  |
| HCB            | 0.21  | 0.00  | 0.02  | 0.04  | 0.06  | 0.14  | 0.11  | 0.15  | 0.00  | 0.00  | 0.27  | 0.00  | 0.28  | 1.21  | 0.53  | 0.47  |
| Aldrin         | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.04  | 0.48  | 0.18  | 0.20  | 0.05  | 0.00  | 0.27  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\alpha$ -HCH  | 0.06  | 0.87  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.28  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\beta$ -HCH   | 0.02  | 0.00  | 3.08  | 0.88  | 5.93  | 2.38  | 0.00  | 4.95  | 3.06  | 0.45  | 2.99  | 3.41  | 3.62  | 16.68 | 9.27  | 3.93  |
| $\gamma$ -HCH  | 0.00  | 0.45  | 0.00  | 0.00  | 0.09  | 0.76  | 0.56  | 0.18  | 0.00  | 0.00  | 1.22  | 0.00  | 1.08  | 5.58  | 0.00  | 0.40  |
| $\delta$ -HCH  | 0.00  | 0.00  | 0.22  | 0.20  | 0.00  | 0.70  | 0.00  | 0.85  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.71  | 0.92  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Hept           | 0.00  | 0.02  | 0.32  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.14  | 0.00  | 0.20  | 0.00  | 3.08  | 11.95 | 5.67  | 3.80  |
| cis-Hept Oxid  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.07  | 0.00  | 1.04  | 0.26  | 0.04  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.15  | 0.00  | 0.47  | 0.00  |
| tran Hept Oxid | 0.01  | 0.00  | 0.04  | 0.00  | 0.21  | 0.12  | 1.08  | 0.34  | 0.00  | 0.32  | 0.76  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| o,p'-DDE       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.03  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| p,p'-DDE       | 0.00  | 0.15  | 0.00  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.14  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| o,p'-DDD       | 0.00  | 0.00  | 0.16  | 0.00  | 0.04  | 0.36  | 0.00  | 0.06  | 0.00  | 0.00  | 0.10  | 0.88  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| p,p'-DDD       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.00  | 0.21  | 0.00  | 0.02  | 0.53  | 0.16  | 2.41  | 7.42  | 7.00  | 4.00  |
| o,p'-DDT       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| p,p'-DDT       | 0.00  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.07  | 0.00  | 0.22  | 0.08  | 0.11  | 0.00  | 3.93  | 0.14  | 3.03  | 0.00  | 0.60  | 0.00  |
| $\Sigma$ -HCH  | 0.10  | 0.00  | 3.30  | 1.08  | 6.02  | 3.84  | 0.56  | 6.27  | 3.06  | 0.45  | 4.21  | 4.12  | 5.62  | 22.26 | 9.27  | 4.33  |
| $\Sigma$ -Hept | 0.21  | 0.00  | 0.35  | 0.00  | 0.28  | 0.12  | 2.13  | 0.60  | 0.18  | 0.32  | 0.96  | 0.00  | 3.23  | 11.95 | 6.13  | 3.80  |
| $\Sigma$ -DDE  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.03  | 0.00  | 0.14  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\Sigma$ -DDD  | 0.07  | 1.32  | 0.16  | 0.00  | 0.05  | 0.36  | 0.00  | 0.27  | 0.00  | 0.02  | 0.63  | 1.04  | 2.41  | 7.42  | 7.00  | 4.00  |
| $\Sigma$ -DDT  | 0.01  | 0.02  | 0.02  | 0.00  | 0.07  | 0.00  | 0.22  | 0.08  | 0.11  | 0.00  | 3.93  | 0.14  | 3.03  | 0.00  | 0.60  | 0.00  |
| total          | 0.00  | 0.15  | 3.86  | 1.21  | 6.50  | 4.50  | 3.54  | 7.55  | 3.93  | 0.83  | 10.66 | 5.57  | 14.56 | 42.84 | 23.53 | 13.40 |

<sup>a</sup> ng/L 為水體濃度，ng/g dw 為沈積物、浮游生物、絲藻與水生昆蟲乾重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup> “-”表示只有一個樣品；<sup>d</sup> “0.00”表示小於偵測極限

續附表 6

| 環境介質           | 水生昆蟲  |      |      | 石魚賓-肌肉 |      |      |      | 石魚賓-內臟 |      |      |      | 盤古蟾蜍-肌肉 |      |      | 盤古蟾蜍-內臟 |      |
|----------------|-------|------|------|--------|------|------|------|--------|------|------|------|---------|------|------|---------|------|
| 採樣時間<br>(月/日)  | 08/13 |      |      | 03/04  |      |      |      | 08/13  |      |      |      | 03/04   |      |      | 06/19   |      |
| 樣品編號<br>化合物    | 1     | 2    | 3    | 1      | 2    | 1    | 2    | 1      | 2    | 1    | 2    | 3       | 1    | 2    | 1       | 2    |
| Tecnacene      | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
| HCB            | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.42   | 0.37 | 0.05 | 0.05 | 0.15   | 0.11 | 0.47 | 0.00 | 0.17    | 0.09 | 0.11 | 0.14    | 0.00 |
| Aldrin         | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.06   | 0.39 | 0.00 | 0.00 | 0.31   | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.05    | 0.01 | 0.03 | 0.00    | 0.00 |
| $\alpha$ -HCH  | 0.28  | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
| $\beta$ -HCH   | 1.24  | 0.00 | 0.00 | 2.63   | 1.32 | 0.11 | 0.00 | 1.17   | 1.07 | 2.58 | 0.00 | 0.00    | 0.52 | 2.68 | 0.00    | 0.00 |
| $\gamma$ -HCH  | 0.00  | 0.42 | 2.59 | 0.00   | 0.00 | 0.06 | 0.07 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.22 | 0.13    | 0.00 | 0.00 | 0.69    | 0.00 |
| $\delta$ -HCH  | 0.00  | 0.00 | 2.39 | 0.40   | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.00   | 0.00 | 0.58 | 0.00 | 0.08    | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
| Hept           | 0.00  | 0.74 | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.09 | 0.01 | 0.00   | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
| cis-Hept Oxid  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 2.33   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.57   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02    | 0.00 | 0.00 | 0.16    | 0.00 |
| tran-Hept Oxid | 0.00  | 1.84 | 0.00 | 0.35   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.89   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10    | 0.00 | 0.15 | 0.00    | 0.00 |
| o,p'-DDE       | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.07   | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.03   | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
| p,p'-DDE       | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.16   | 0.21 | 0.04 | 0.01 | 0.03   | 0.21 | 0.76 | 0.00 | 0.00    | 0.01 | 0.00 | 0.00    | 4.26 |
| o,p'-DDD       | 0.00  | 4.26 | 0.00 | 0.05   | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.71   | 1.14 | 0.00 | 0.39 | 0.00    | 0.27 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
| p,p'-DDD       | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.00   | 0.00 | 0.36 | 0.02 | 0.01    | 0.01 | 0.00 | 0.22    | 0.01 |
| o,p'-DDT       | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
| p,p'-DDT       | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.23   | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.07   | 0.06 | 0.09 | 0.02 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
| $\Sigma$ -HCH  | 1.52  | 0.42 | 4.98 | 3.03   | 1.32 | 0.17 | 0.17 | 1.17   | 1.07 | 3.16 | 0.22 | 0.21    | 0.52 | 2.68 | 0.69    | 0.00 |
| $\Sigma$ -Hept | 0.00  | 2.58 | 0.00 | 2.68   | 0.00 | 0.09 | 0.01 | 1.46   | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.12    | 0.00 | 0.15 | 0.16    | 0.00 |
| $\Sigma$ -DDE  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.23   | 0.33 | 0.04 | 0.01 | 0.06   | 0.28 | 0.76 | 0.00 | 0.00    | 0.01 | 0.00 | 0.00    | 4.26 |
| $\Sigma$ -DDD  | 0.00  | 4.26 | 0.00 | 0.05   | 0.01 | 0.00 | 0.07 | 0.71   | 1.14 | 0.36 | 0.41 | 0.01    | 0.28 | 0.00 | 0.22    | 0.01 |
| $\Sigma$ -DDT  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.23   | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.07   | 0.06 | 0.09 | 0.02 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
| total          | 1.52  | 7.26 | 4.98 | 6.70   | 2.51 | 0.35 | 0.31 | 3.93   | 2.76 | 4.93 | 0.65 | 0.55    | 0.91 | 2.98 | 1.22    | 4.28 |

<sup>a</sup> ng/g dw 為水生昆蟲乾重濃度，ng/g ww 為石魚賓與盤古蟾蜍溼重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品；<sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

續附表 6

| 環境介質           | 盤古蟾蜍-肝臟 |       |       | 盤古蟾蜍-蝌蚪 |       |       |      |      |      |
|----------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|------|------|------|
| 採樣時間<br>(月/日)  | 03/04   | 06/19 | 01/15 | 03/04   | 06/19 | 08/13 |      |      |      |
| 樣品編號           | -       | 1     | 2     |         |       |       |      |      |      |
| 化合物            |         |       |       |         |       |       |      |      |      |
| Tecnacene      | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| HCB            | 0.86    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.14  | 0.08  | 0.08 | 0.00 | 0.00 |
| Aldrin         | 0.00    | 0.29  | 0.73  | 0.00    | 0.05  | 0.11  | 0.18 | 0.00 | 0.00 |
| $\alpha$ -HCH  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $\beta$ -HCH   | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.36    | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.36 | 0.00 |
| $\gamma$ -HCH  | 2.89    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.06  | 0.12  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $\delta$ -HCH  | 1.80    | 1.82  | 3.08  | 0.00    | 0.00  | 0.15  | 0.00 | 0.18 | 0.00 |
| Hept           | 0.00    | 2.25  | 5.37  | 0.16    | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.13 | 0.00 |
| cis-Hept Oxid  | 0.30    | 5.41  | 0.00  | 0.00    | 0.01  | 1.50  | 0.00 | 0.21 | 0.53 |
| tran-Hept Oxid | 3.48    | 2.63  | 4.12  | 0.15    | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| o,p'-DDE       | 0.00    | 0.13  | 0.18  | 0.70    | 0.00  | 0.00  | 0.04 | 0.00 | 0.03 |
| p,p'-DDE       | 0.00    | 0.22  | 0.62  | 0.00    | 0.02  | 0.02  | 0.00 | 0.00 | 0.02 |
| o,p'-DDD       | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.35  | 0.74  | 0.58 | 0.00 | 0.00 |
| p,p'-DDD       | 0.83    | 0.13  | 0.00  | 0.08    | 0.22  | 0.00  | 0.00 | 0.14 | 0.16 |
| o,p'-DDT       | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| p,p'-DDT       | 0.00    | 1.46  | 3.42  | 0.10    | 0.00  | 0.18  | 0.39 | 0.00 | 0.00 |
| $\Sigma$ -HCH  | 4.69    | 1.82  | 3.08  | 0.36    | 0.06  | 0.27  | 0.00 | 0.54 | 0.00 |
| $\Sigma$ -Hept | 3.78    | 10.30 | 9.49  | 0.30    | 0.01  | 1.50  | 0.00 | 0.34 | 0.53 |
| $\Sigma$ -DDE  | 0.00    | 0.35  | 0.80  | 0.70    | 0.02  | 0.02  | 0.04 | 0.00 | 0.04 |
| $\Sigma$ -DDD  | 0.83    | 0.13  | 0.00  | 0.08    | 0.58  | 0.74  | 0.58 | 0.14 | 0.16 |
| $\Sigma$ -DDT  | 0.00    | 1.46  | 3.42  | 0.10    | 0.00  | 0.18  | 0.39 | 0.00 | 0.00 |
| total          | 10.15   | 14.35 | 17.52 | 1.54    | 0.86  | 2.91  | 1.27 | 1.03 | 0.73 |

<sup>a</sup> ng/g ww 為盤古蟾蜍溼重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；<sup>c</sup> “-”表示只有一個樣品；<sup>d</sup> “0.00”表示小於偵測極限

續附表 7

| 環境介質           | 鯉魚-肌肉 |      |      |      | 鱈魚-肌肉 |      |      |      | 鯉魚-內臟 |      |      |      | 鯉魚-卵  |      |      |      | 鱈魚-內臟 |      |      |      | 鯉魚-內臟 |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
|----------------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|--|--|-------|--|
| 採樣時間<br>(月/日)  | 03/05 |      |      |      | 06/18 |      |      |      | 08/12 |      |      |      | 01/15 |      |      |      | 03/05 |      |      |      | 03/05 |      |      |      | 06/18 |      |  |  | 08/12 |  |
| 樣品編號           | 3     | 1    | 2    | 3    | 1     | 2    | 1    | 2    | 3     | 1    | 2    | 3    | 1     | 2    | 1    | 2    | 1     | 2    | 1    | 2    | 1     | 2    | 1    | 2    | 1     | 2    |  |  |       |  |
| 化合物            |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| Tecnacene      | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 |  |  |       |  |
| HCB            | 0.01  | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.00  | 0.00 | 0.02 | 0.06 | 0.00  | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.01  | 0.03 | 0.04 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| Aldrin         | 0.00  | 0.04 | 0.08 | 0.03 | 0.00  | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.01  | 0.02 | 0.03 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| α-HCH          | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| β-HCH          | 0.31  | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.09  | 0.00 | 0.09 | 0.08 | 0.00  | 0.54 | 0.34 | 0.00 | 0.09  | 0.17 | 0.08 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| γ-HCH          | 0.00  | 0.18 | 0.16 | 0.11 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.48 | 0.28 | 0.04  | 0.17 | 0.02 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| δ-HCH          | 0.00  | 0.16 | 0.51 | 0.23 | 0.00  | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.46 | 0.24 | 1.27  | 0.07 | 0.99 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| Hept           | 0.00  | 0.02 | 0.02 | 0.06 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.19 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08  | 0.02 | 0.07 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| cis-Hept Oxid  | 0.02  | 0.06 | 0.12 | 0.06 | 0.00  | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.14  | 0.06 | 0.05 | 0.02 | 0.04  | 0.05 | 0.21 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| tran-Hept Oxid | 0.00  | 0.18 | 0.04 | 0.02 | 0.00  | 0.00 | 1.91 | 0.45 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04  | 0.31 | 0.06 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| o,p'-DDE       | 0.00  | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.03 | 0.01 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| p,p'-DDE       | 0.15  | 0.29 | 0.72 | 0.33 | 1.16  | 0.49 | 0.09 | 0.58 | 1.15  | 0.58 | 0.28 | 0.26 | 1.40  | 2.63 | 2.01 | 3.05 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| o,p'-DDD       | 0.00  | 0.01 | 0.07 | 0.03 | 1.30  | 0.95 | 0.22 | 0.01 | 0.07  | 0.01 | 0.53 | 0.09 | 0.01  | 0.18 | 0.39 | 0.91 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| p,p'-DDD       | 0.00  | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00  | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.15  | 0.03 | 0.00 | 0.03 | 0.03  | 0.06 | 0.05 | 0.08 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| o,p'-DDT       | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| p,p'-DDT       | 0.02  | 0.15 | 0.03 | 0.03 | 0.00  | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.24  | 0.04 | 0.01 | 0.00 | 0.01  | 0.05 | 0.05 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| Σ-HCH          | 0.31  | 0.39 | 0.71 | 0.39 | 0.09  | 0.00 | 0.18 | 0.08 | 0.00  | 0.54 | 1.28 | 0.52 | 1.40  | 0.41 | 1.09 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| Σ-Hept         | 0.02  | 0.26 | 0.18 | 0.14 | 0.00  | 0.00 | 1.93 | 0.65 | 0.14  | 0.06 | 0.05 | 0.02 | 0.16  | 0.38 | 0.34 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| Σ-DDE          | 0.15  | 0.29 | 0.73 | 0.33 | 1.16  | 0.49 | 0.09 | 0.58 | 1.15  | 0.59 | 0.28 | 0.26 | 1.40  | 2.63 | 2.04 | 3.06 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| Σ-DDD          | 0.00  | 0.02 | 0.07 | 0.04 | 1.30  | 0.95 | 0.24 | 0.01 | 0.22  | 0.04 | 0.53 | 0.12 | 0.04  | 0.24 | 0.44 | 0.99 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| Σ-DDT          | 0.02  | 0.15 | 0.03 | 0.03 | 0.00  | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.24  | 0.04 | 0.01 | 0.00 | 0.01  | 0.05 | 0.05 | 0.00 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |
| total          | 0.51  | 1.17 | 1.80 | 0.98 | 2.55  | 1.44 | 2.65 | 1.38 | 1.75  | 1.27 | 2.18 | 0.94 | 3.03  | 3.76 | 4.03 | 4.05 |       |      |      |      |       |      |      |      |       |      |  |  |       |  |

<sup>a</sup> ng/g ww 為鯉魚與鱈魚溼重濃度; <sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目; <sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品 ; <sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

續附表 7

| 環境介質           | 盤古蟾蜍-肝臟 |       |       | 盤古蟾蜍-蝌蚪 |       |      |
|----------------|---------|-------|-------|---------|-------|------|
| 採樣時間 (月/ 日)    | 03/05   | 06/18 | 08/12 | 01/15   | 03/05 |      |
| 樣品編號           | 2       | 1     | 2     | 1       | -     | -    |
| 化合物            |         |       |       |         |       |      |
| Tecnacene      | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00 |
| HCB            | 0.41    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.71  | 0.05 |
| Aldrin         | 0.28    | 0.09  | 0.58  | 0.00    | 0.00  | 0.00 |
| $\alpha$ -HCH  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00 |
| $\beta$ -HCH   | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.81  | 0.00 |
| $\gamma$ -HCH  | 0.48    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 1.93 |
| $\delta$ -HCH  | 0.81    | 0.27  | 4.68  | 0.00    | 0.00  | 0.11 |
| Hept           | 0.00    | 0.41  | 1.59  | 0.00    | 0.72  | 0.00 |
| cis-Hept Oxid  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 1.88    | 0.44  | 0.02 |
| tran-Hept Oxid | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.81  | 0.17 |
| o,p'-DDE       | 0.00    | 0.00  | 0.10  | 0.00    | 0.32  | 0.00 |
| p,p'-DDE       | 0.20    | 2.37  | 0.69  | 0.10    | 0.29  | 0.38 |
| o,p'-DDD       | 0.00    | 0.00  | 4.63  | 0.00    | 0.00  | 0.00 |
| p,p'-DDD       | 0.10    | 0.07  | 0.00  | 0.00    | 0.05  | 0.02 |
| o,p'-DDT       | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00 |
| p,p'-DDT       | 0.43    | 0.53  | 1.18  | 0.00    | 0.74  | 0.11 |
| $\Sigma$ -HCH  | 1.29    | 0.27  | 4.68  | 0.00    | 0.81  | 2.05 |
| $\Sigma$ -Hept | 0.00    | 0.41  | 1.59  | 1.88    | 1.96  | 0.19 |
| $\Sigma$ -DDE  | 0.20    | 2.37  | 0.79  | 0.10    | 0.61  | 0.38 |
| $\Sigma$ -DDD  | 0.10    | 0.07  | 4.63  | 0.00    | 0.05  | 0.02 |
| $\Sigma$ -DDT  | 0.43    | 0.53  | 1.18  | 0.00    | 0.74  | 0.11 |
| total          | 2.71    | 3.73  | 13.44 | 1.98    | 4.89  | 2.81 |

<sup>a</sup> ng/g ww 為盤古蟾蜍溼重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；

<sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品；<sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

附表 8 各有機氯農藥在奇萊山區環境介質之含量

| 環境介質           | 沈積物   |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|
| 採樣時間（月/日）      | 07/22 | 07/23 | 07/24 |
| 樣品編號           | -     | -     | -     |
| 化合物            |       |       |       |
| Tecnacene      | 0.00  | 0.27  | 0.0   |
| HCb            | 0.11  | 0.27  | 0.2   |
| Aldrin         | 0.30  | 0.05  | 0.0   |
| $\alpha$ -HCH  | 0.00  | 0.00  | 0.0   |
| $\beta$ -HCH   | 2.12  | 3.40  | 6.3   |
| $\gamma$ -HCH  | 0.88  | 1.00  | 2.9   |
| $\delta$ -HCH  | 0.33  | 1.57  | 55.6  |
| Hept           | 0.00  | 0.00  | 0.0   |
| cis-Hept Oxid  | 0.02  | 0.03  | 0.0   |
| tran-Hept Oxid | 0.80  | 0.42  | 0.8   |
| o.p'-DDE       | 0.00  | 0.02  | 0.0   |
| p.p'-DDE       | 0.16  | 0.26  | 0.4   |
| o.p'-DDD       | 0.63  | 0.30  | 0.5   |
| p.p'-DDD       | 0.10  | 0.14  | 0.9   |
| o.p'-DDT       | 0.00  | 0.00  | 0.0   |
| p.p'-DDT       | 1.86  | 0.12  | 52.0  |
| $\Sigma$ -HCH  | 3.33  | 5.97  | 64.9  |
| $\Sigma$ -Hept | 0.82  | 0.45  | 0.8   |
| $\Sigma$ -DDE  | 0.16  | 0.28  | 0.4   |
| $\Sigma$ -DDD  | 0.73  | 0.44  | 1.5   |
| $\Sigma$ -DDT  | 1.86  | 0.12  | 52.0  |
| total          | 7.31  | 7.85  | 119.7 |

<sup>a</sup> ng/g dw 為沈積物乾重濃度；<sup>b</sup> 樣品編號為每次採樣的樣品分析數目；

<sup>c</sup> ”-“表示只有一個樣品；<sup>d</sup> ”0.00”表示小於偵測極限

# 太魯閣國家公園管理處 99 年度委託研究計畫

## 「太魯閣國家公園重要水域生態系有機毒物生物放大作用評估」

### 期中簡報會議紀錄

一、時間：99 年 5 月 28 日 上午 9 時 00 分

二、地點：本處會議室

三、主持人：游處長登良

記錄：朱何宗

四、報告人：柯風溪教授

五、出席人員

|        |               |
|--------|---------------|
| 張副處長登文 |               |
| 許祕書英文  | 許英文           |
| 企劃經理課  | 張中江           |
| 解說教育課  | 黃志強           |
| 遊憩服務課  | 林忠彬           |
| 環境維護課  |               |
| 保育研究課  | 陳俊山, 朱何宗, 李佩芳 |
| 綠水管理站  |               |
| 布洛灣管理站 | 邱如仁           |
| 合歡山管理站 |               |
| 蘇花管理站  |               |
|        |               |
|        |               |

## 討論：

- (一) 本調查的樣點集中在砂卡礑溪、蓮花池、西卡拉罕溪分別代表農耕區、廢耕區、原始環境棲地，未來在調查經費許可下，是否考慮增加區外的調查點以供比對。
- (二) 採樣的季節、月份、污染物的半衰期是否會影響資料呈現。
- (三) POPs 種類高達 300 種以上，每種的半衰期不盡相同，但多長達 10 年以上，因此無法一概而論。太魯閣國家公園歷經過往的農耕活動後，於部分地區也檢測出有 POPs 的殘留，雖然檢測結果相對較輕微，但在水生生物體內仍可檢測出較高濃度的汙染，顯見是值得研究生物放大效應的題材。
- (四) 砂卡礑溪農耕活動週期、降雨是否會影響檢測結果。
- (五) 本研究檢測的 17 種 POPs 都是屬於國內禁用多年的農藥，原則上檢測出來的濃度應屬於禁用前使用的殘留。
- (六) 中醫學理上肝屬木、與春相應、主升發，冬則陰盛、萬物閉藏，因此蛙類肝臟檢測是否有季節時令上的差異。
- (七) 本研究生物樣本的數據皆經過體重校正，單位為濃度，未來如樣本數及季節變化等分析，或許可與中醫學理相應證。

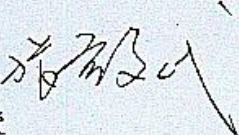
## 六、結論：

- (一) 本調查初步資料呈現樣區水域環境雖有檢測出 POPs 但濃度尚屬輕微，在生物體中的檢測濃度則稍高，顯示本區為研究生物放大作用極佳的區域，未來應增加採樣分析的樣品數量，以排除採樣偏差提供更精確的統計趨勢。
- (二) 請本處保育研究課、巡山員、保育志工於執行巡查勤務時可順便協助珍貴樣本收集，以期讓本調查內容更充實。
- (三) 本期中簡報審查通過，准予備查。請受託單位依合約規定備妥相關資料請領第二期款。

太魯閣國家公園管理處 99 年度委託辦理計畫  
 「太魯閣國家公園重要水域生態系有機毒物生物放大作用  
 評估」期末簡報會議記錄

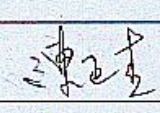
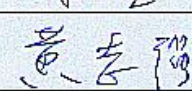
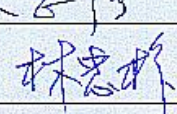
一、時間：99 年 11 月 19 日 下午 14 時 30 分

二、地點：本處會議室

三、主持人：游處長登良  記錄：朱何宗

四、報告人：柯風溪教授

五、出席人員

|        |                                                                                     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 張副處長登文 |                                                                                     |
| 許祕書英文  |                                                                                     |
| 企劃經理課  |   |
| 解說教育課  |   |
| 遊憩服務課  |  |
| 環境維護課  |                                                                                     |
| 保育研究課  | 陳俊山 朱何宗 蔡佩芳                                                                         |
| 天祥管理站  |                                                                                     |
| 布洛灣管理站 |                                                                                     |
| 合歡山管理站 |                                                                                     |
| 蘇花管理站  |                                                                                     |
|        |                                                                                     |
|        | 林展興                                                                                 |

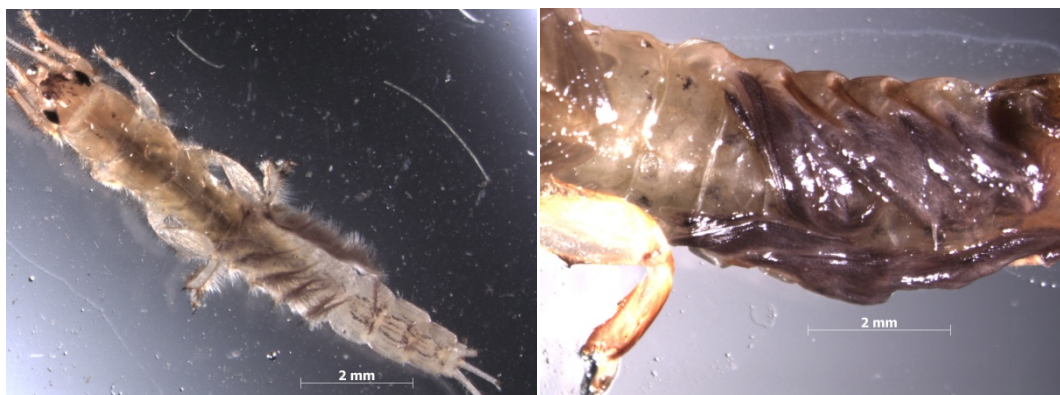
## 六、討論：

- (一) 受託單位已於會議前提送期末報告書面資料 15 份，內容進度符合合約規定。
- (二) 本年度調查結果雖然於各調查樣區水樣及底泥皆可發現少量的持久性有機污染物 (POPs)，但其濃度皆屬於低污染程度，建議受託單位將檢測資料與其他地區做跨域比較，以呈現太魯閣國家公園森林環境之差異。
- (三) 針對部分樣區及生物體樣本有檢出較高 POPs 濃度，請受託單位提出後續監測建議計畫。
- (四) 高海拔池塘底泥反應呈現出較高的 OCPs 濃度，與砂卡礑溪相當，顯示 POPs 長程傳輸的風險值得留意。

## 七、結論：

- (一) 與會人員相關意見，請受託單位納入參考。
- (二) 期末報告撰寫格式請依內政部委託研究作業規定辦理。
- (三) 本期末簡報審查通過，准予備查。請受託單位依會議結論修正書面報告，俟完成驗收後，依合約規定備妥相關資料請領第三期款。

附圖 太魯閣生物樣品照片



水生昆蟲-蜉蝣目



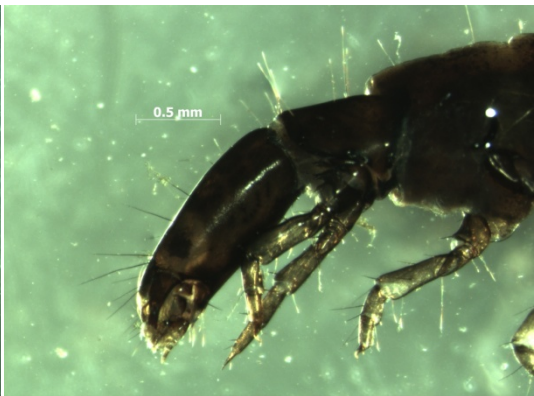
水生昆蟲-蜉蝣目



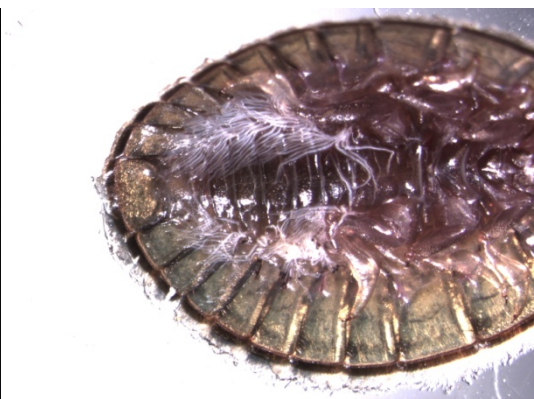
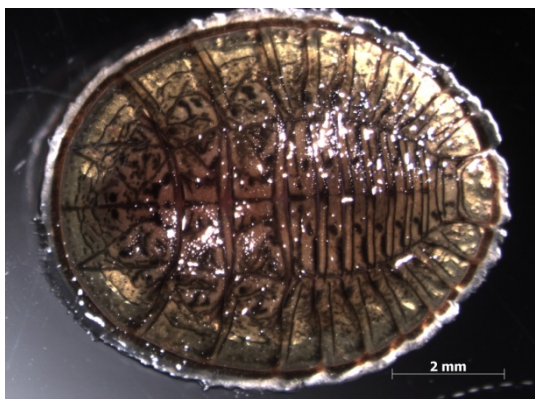
水生昆蟲-蜉蝣目



水生昆蟲-積翅目



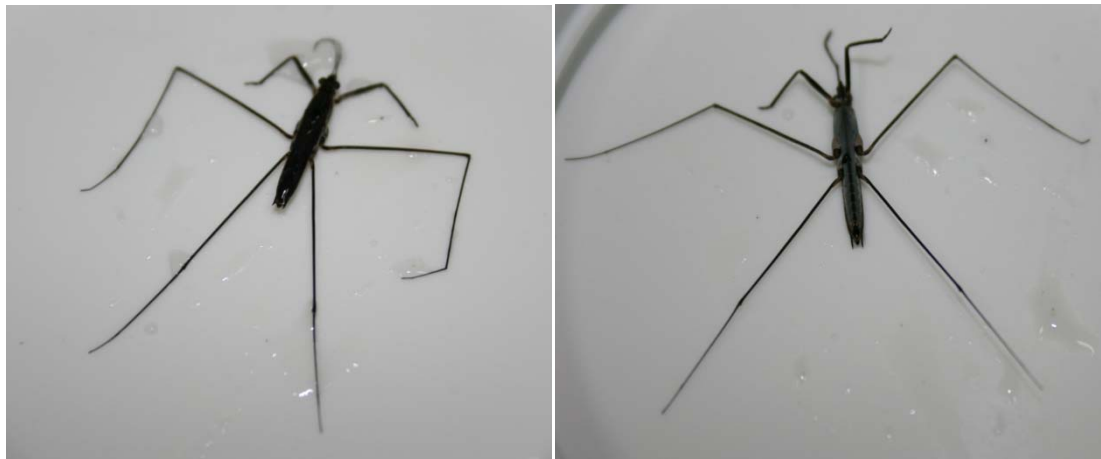
水生昆蟲-毛翅目



水生昆蟲-鞘翅目



水生昆蟲-半翅目



水生昆蟲-半翅目



水生昆蟲-蜻蛉目



蓮花池-鯉魚



砂卡礑-石魚賓



蓮花池-鱖魚



砂卡礑-蝦





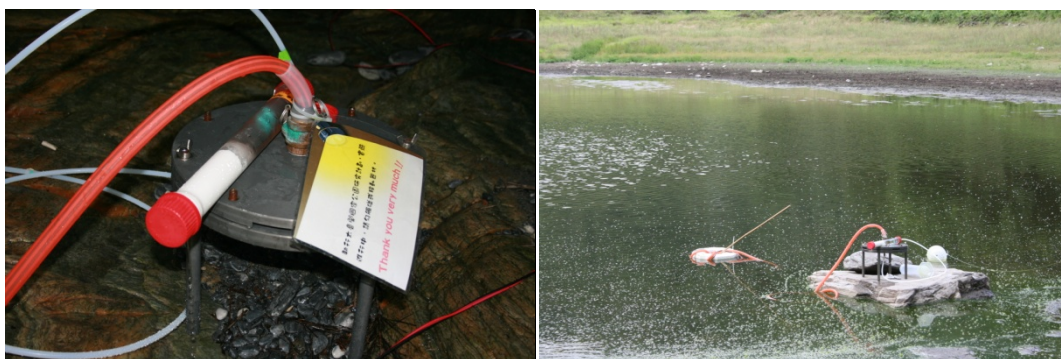
砂卡礑-螃蟹



盤古蟾蜍-成蛙

盤古蟾蜍-蝌蚪

## 附圖 太魯閣採樣地點照片



連續式採水儀



浮游生物網



蝦籠



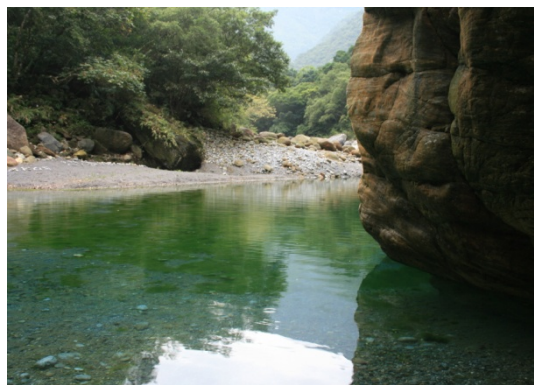
水生昆蟲採樣



蓮花池-藻



8 月份蓮花池(湖水明顯變少)



砂卡礑-藻



1 月份蓮花池周圍施工



1 月份蓮花池

8 月份蓮花池

附圖 太魯閣樣品分析照片



魚及蟾蜍將不同部位分開分析

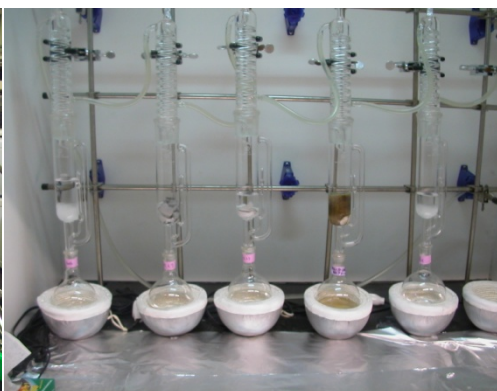


螃蟹整隻分析

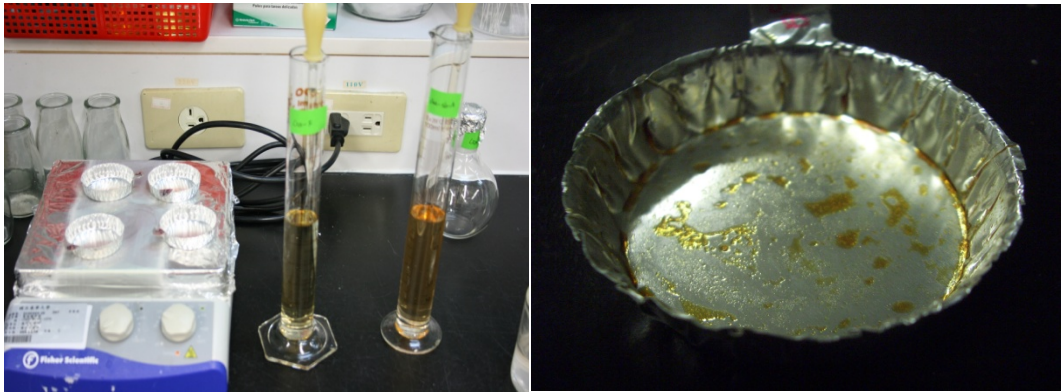
冷凍乾燥後樣品研磨



生物樣品以 ASE 萃取



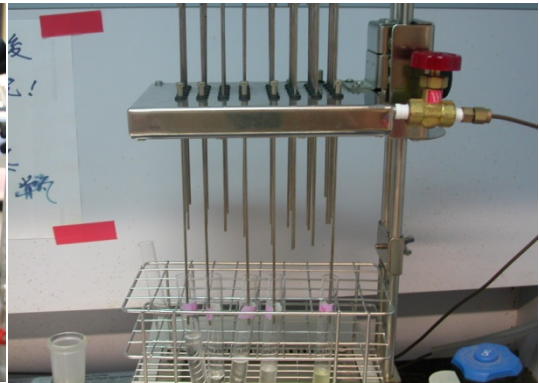
水樣及底泥以索式萃



生物樣品測脂肪含量



減壓濃縮機



乾式加熱吹氮濃縮裝置

# 太魯閣國家公園重要水域生態系 有機毒物生物放大作用評估

## 期末報告

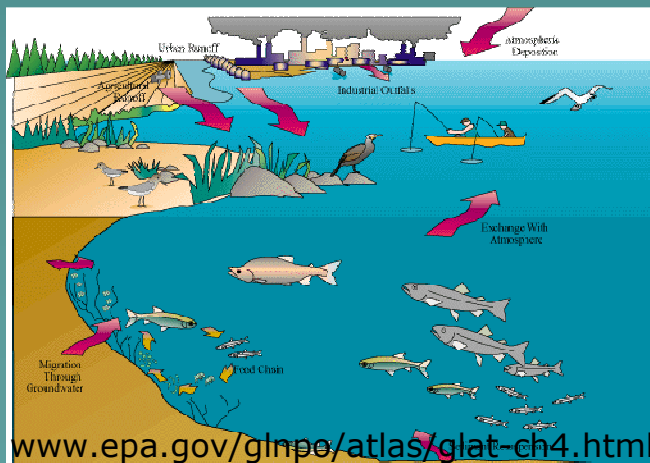
計畫主持人：柯 風 溪

中華民國國家公園學會  
11/19/2010

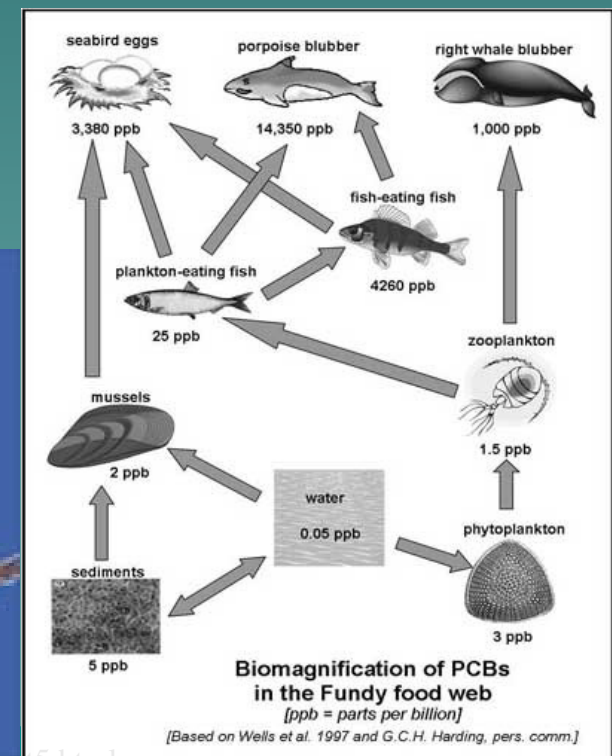


# 持久性有機污染物 (Persistent Organic Pollutants, POPs)

- 持久性及遠距離傳播特性
- 親脂性—生物累積和生物放大效應
- 具毒害性、致癌性、突變性  
威脅環境生態和人類健康

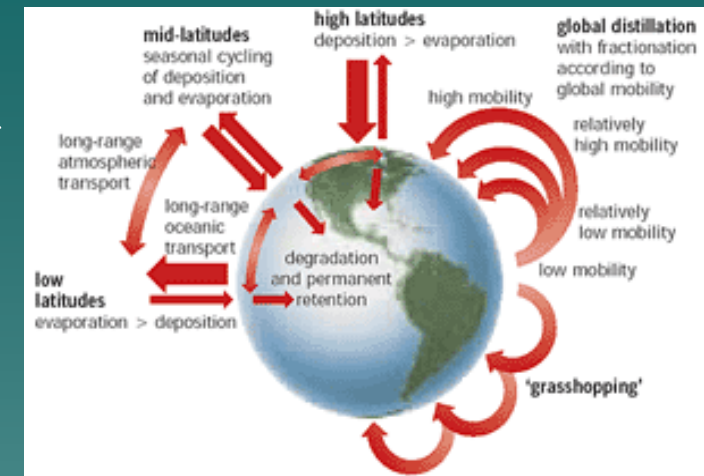
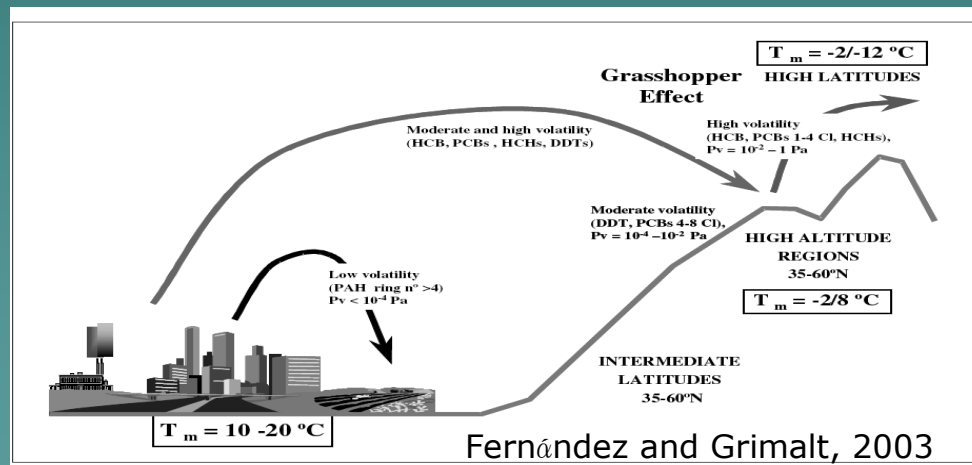


[http://ecohealth101.org/whats\\_left/eat5.html](http://ecohealth101.org/whats_left/eat5.html)



## ◆ 藉由氣流之遠距傳播作用

■ POPs 具半揮發性，由高揮發區（溫度較高區域，如低緯度區）往低揮發區（溫度較低區域，如極地）傳遞

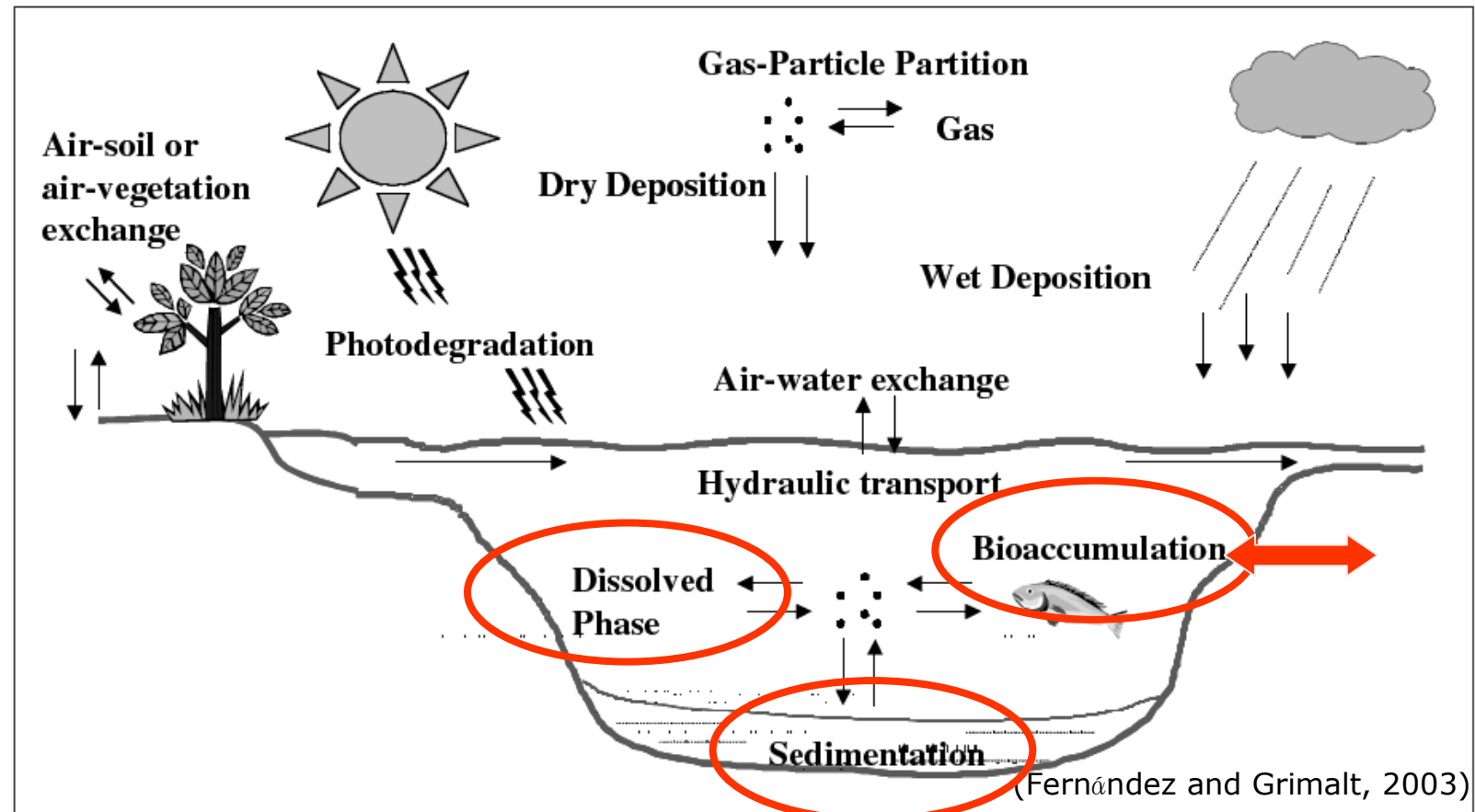


■ 局部區域溫度變化，持久性污染會由平地往山區傳播



高山區與南北極地區成為 POPs 遠距傳播作用之特定指標

- ◆ 因其親脂特性可吸附於顆粒隨水或空氣傳播分佈於環境中或累積於生物體及食物鏈



## 研究方向

- ◆ 調查分析太魯閣國家公園重要水域生態棲息地與生物體內 POPs 之含量與分佈。
- ◆ 調查分析指標性 POPs 及其在太魯閣重要水域生態系食物鏈中生物累積情形與放大作用。
- ◆ POPs 對當地生態環境與生物之風險評估。

# 本研究分析的持久性有機污染物

## ◆ 多環芳香烴 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)

- 二個以上苯環構成的化合物
- 天然來源：森林大火和火山爆發
- 人為來源：碳氫化合物的不完全燃燒 如:汽機車排放、石化污染
- 16 種被國際各國列為優先處理的PAH污染物

## ◆ 有機氯農藥 (Organochlorine pesticides, OCPs)

- 1970年代以前大量被使用在農業與衛生防制
- 具有毒害性、致癌性、突變性、部分更具有使生物雌性化的毒性
- 17 種有機氯農藥

# 研究採樣點

## 採樣時間 (2010)

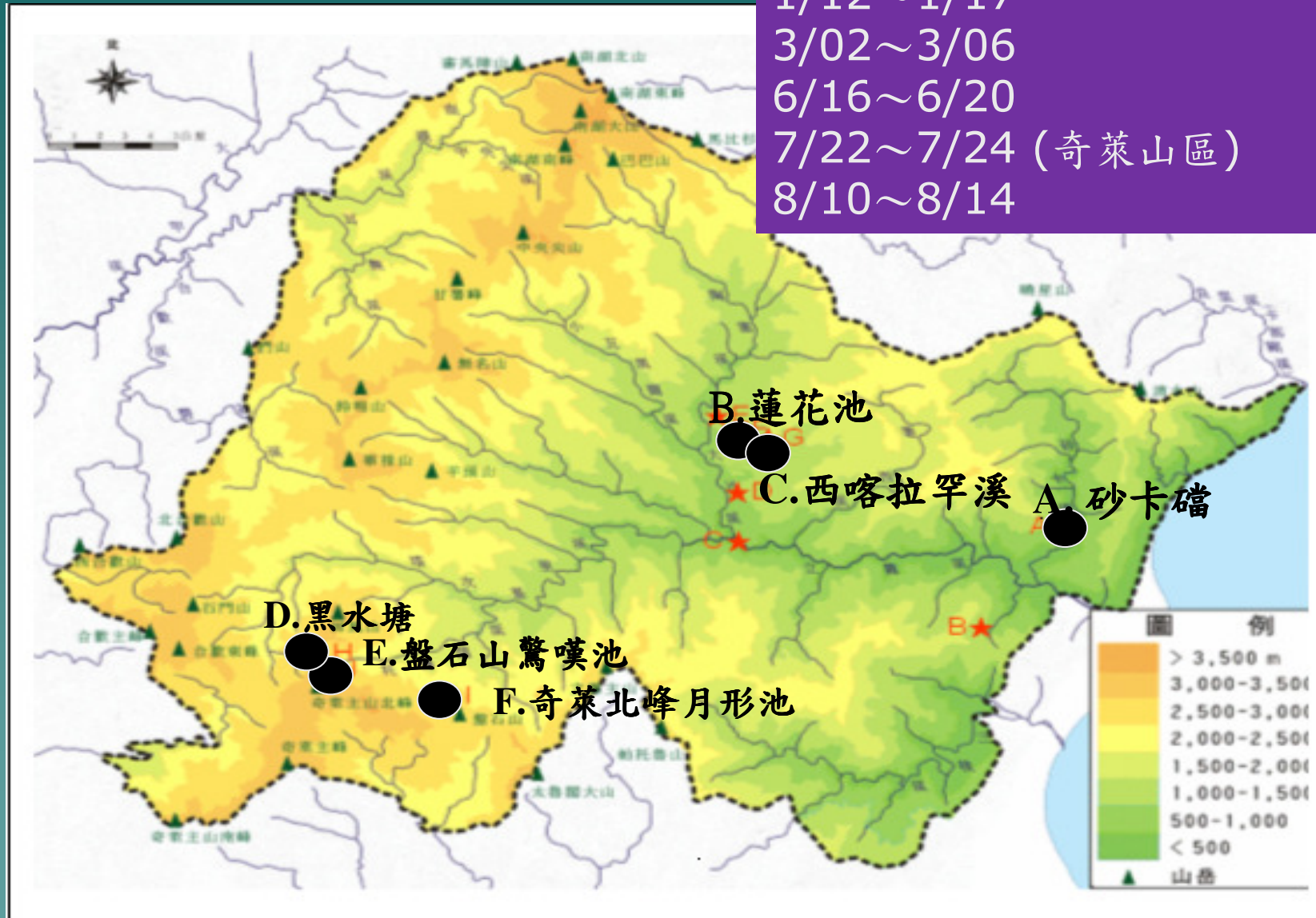
1/12~1/17

3/02~3/06

6/16~6/20

7/22~7/24 (奇萊山區)

8/10~8/14



# 樣品分類

## 棲息地介質 (matrix)

水

沈積物



## 生物體

浮游植物、藻類、蝌蚪、蛙、蝦、蟹、水生昆蟲、魚



# 實驗流程

樣品收集分類、定量



液態樣品

生物或泥土  
等固體樣品

過濾

XAD-2吸附  
(溶解態之POPs)

冷凍乾燥去水，研磨

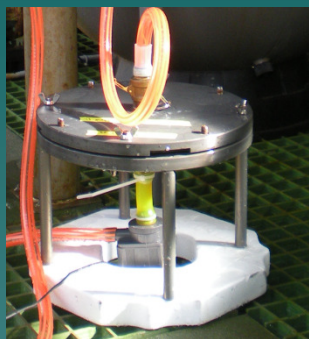
過濾後濾紙  
(水中顆粒態  
之POPs)

萃取加入擬標品作為  
測量樣品回收率用

索氏萃取或ASE萃取

濃縮、淨化

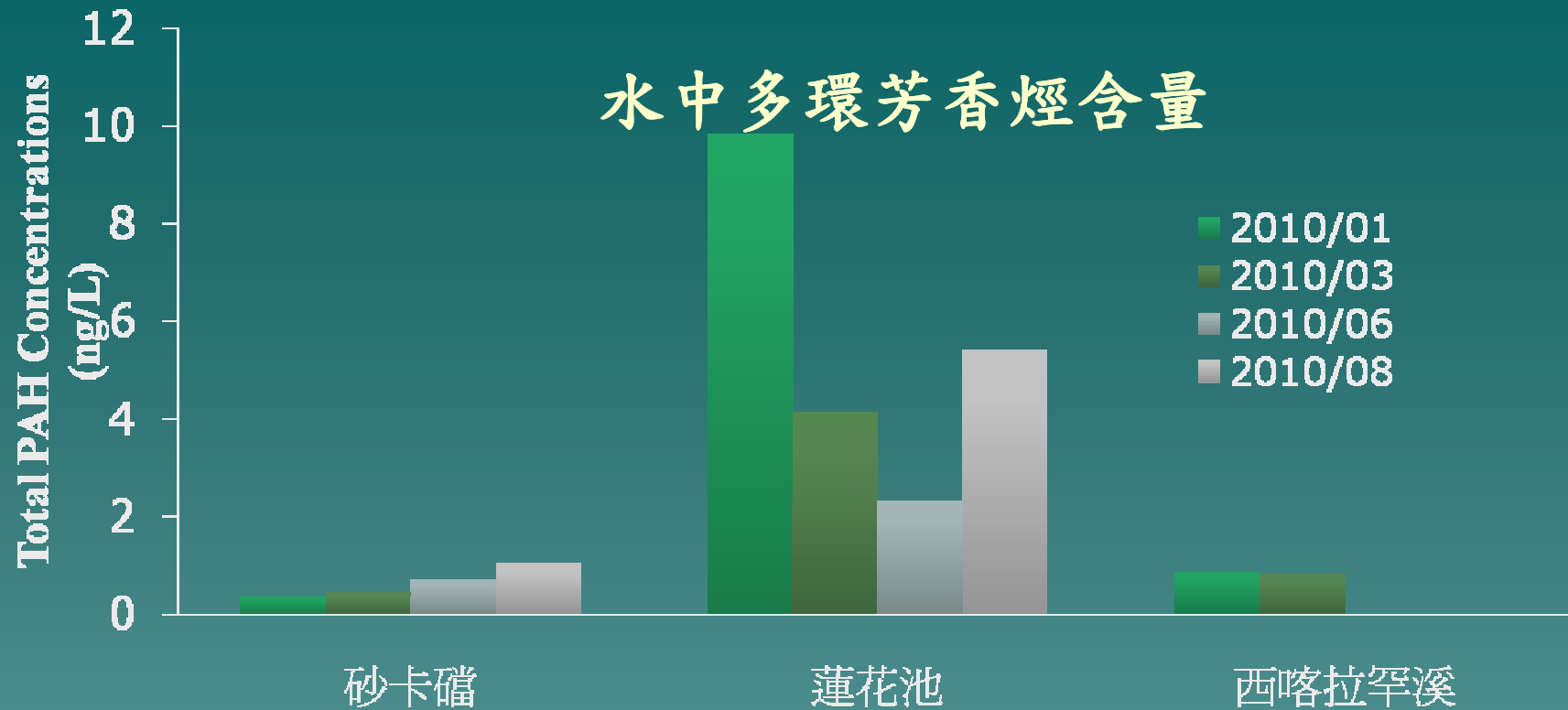
儀器分析



# 結果與討論

多環芳香烴  
(PAHs)

## 水中多環芳香烴含量



— 同測站之不同月份水中總PAHs濃度變化不大

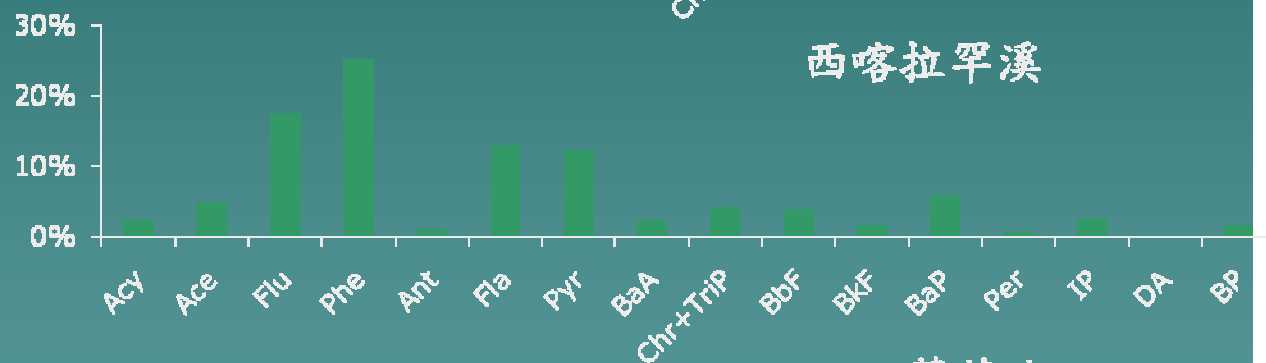
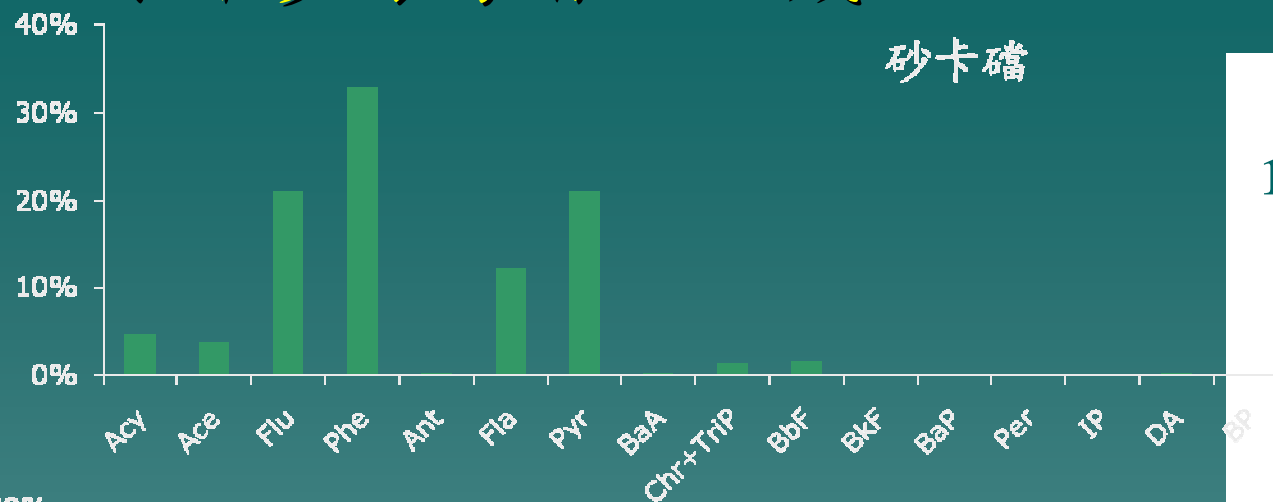


1月份 蓮花池水中PAHs濃度較高，  
--->周圍環境施工 人為活動頻繁。

0.86 ng/L

蓮花池為封閉型湖泊，砂卡礑與西喀拉罕溪為溪流

# 水中多環芳香烴組成



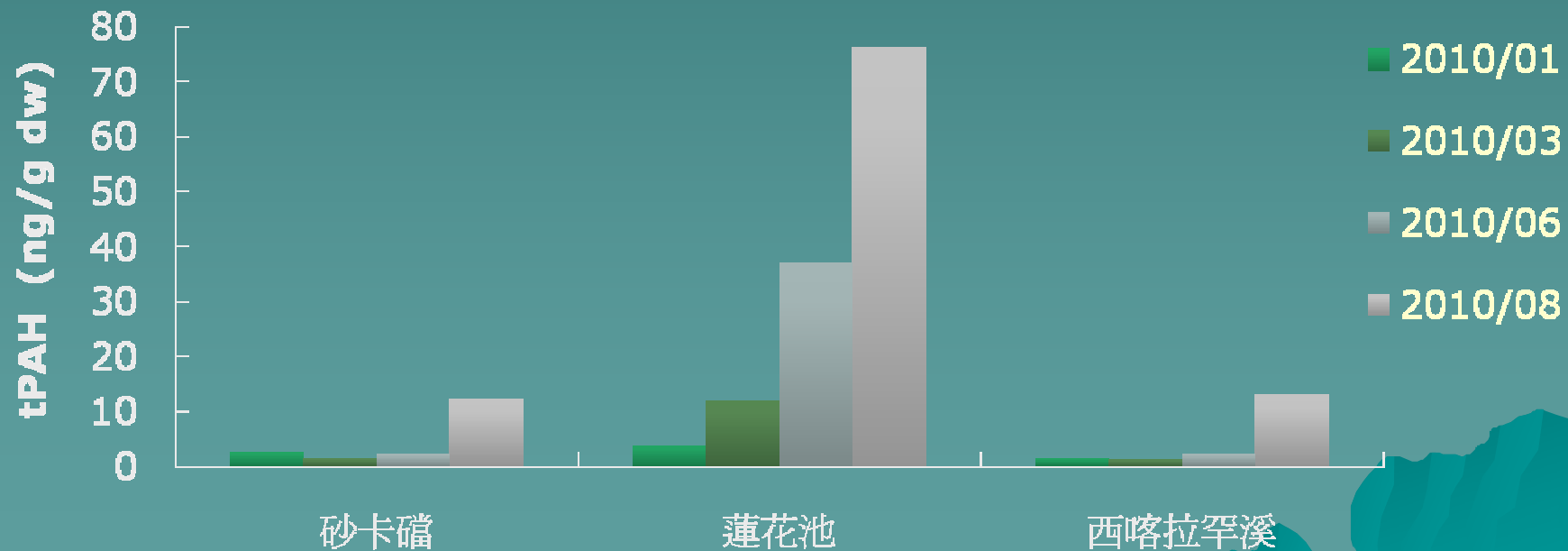
1.同一地區，不同月分之PAHs總濃度與組成變異不大，顯示PAHs輸入量與來源皆達穩定。

2.PAHs組成皆以3環的為主，高環PAHs在砂卡礑較低。

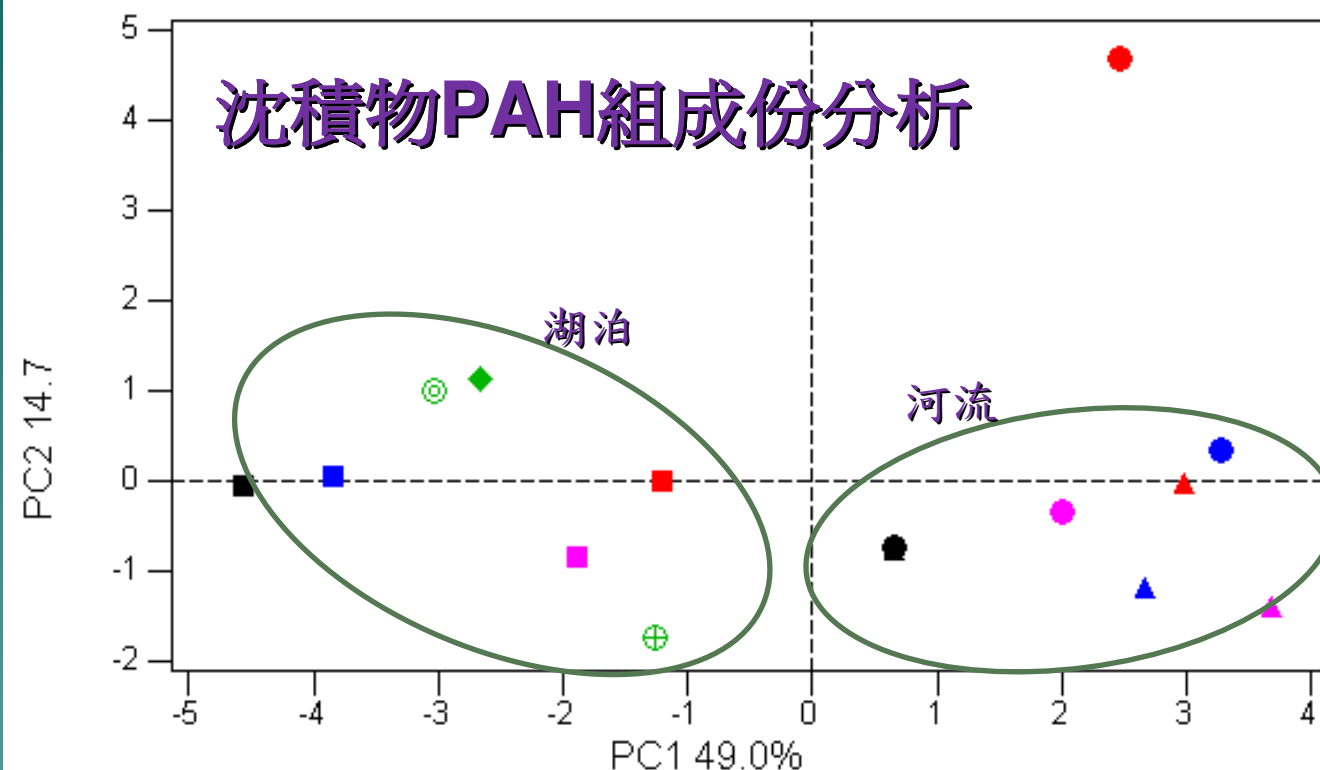
3.蓮花池與西喀拉罕溪相似，顯示其PAHs輸入來源可能相同。

## 底泥中多環芳香烴含量

- 總濃度以蓮花池最高，砂卡礑與西喀拉罕溪樣品濃度相近。
- 其含量與粒徑及有機碳含量相關。
- 其含量皆遠低於美國NOAA所制訂的PAHs在底泥對敏感物種的最低毒性濃度 (ERL；effect range low) (4000ng/g)。



## 湖泊與河流沉積物PAH組成份明顯不同



1. PAHs組成，皆以3、4環為主；蓮花池PAH組成中以5、6環的含量較其他二測站高。

2. 同一地區，不同月分之PAHs組成變異不大，顯示PAHs輸入與累積量相當穩定。

砂卡礑-底泥

蓮花池-底泥

西喀拉罕溪-底泥

一月 紅

三月 藍

六月 黑

磐石區驚嘆池

奇萊北峰月型池

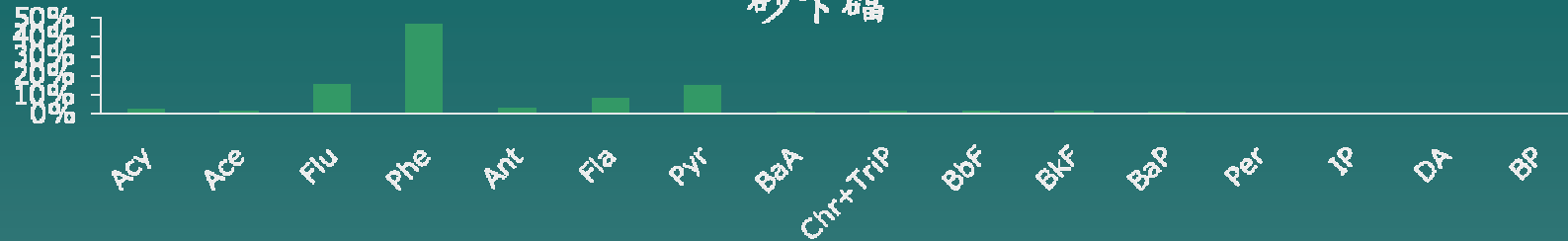
奇萊山黑水塘

七月 綠

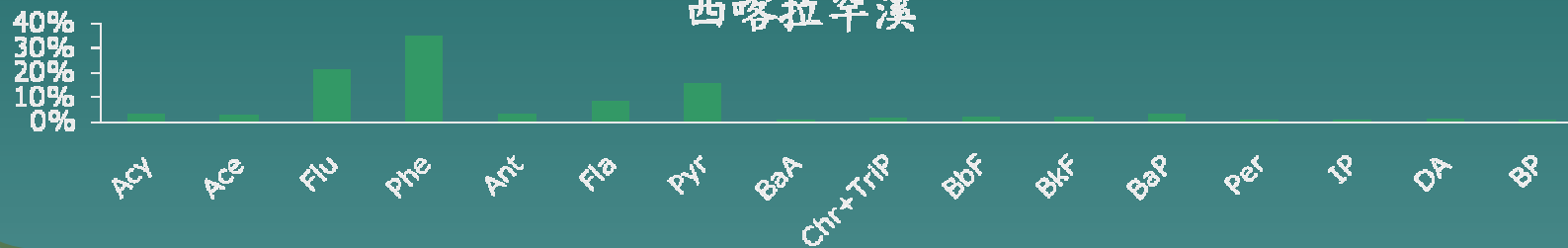
八月 粉紅

# 湖泊與河流沉積物PAH組成份明顯不同

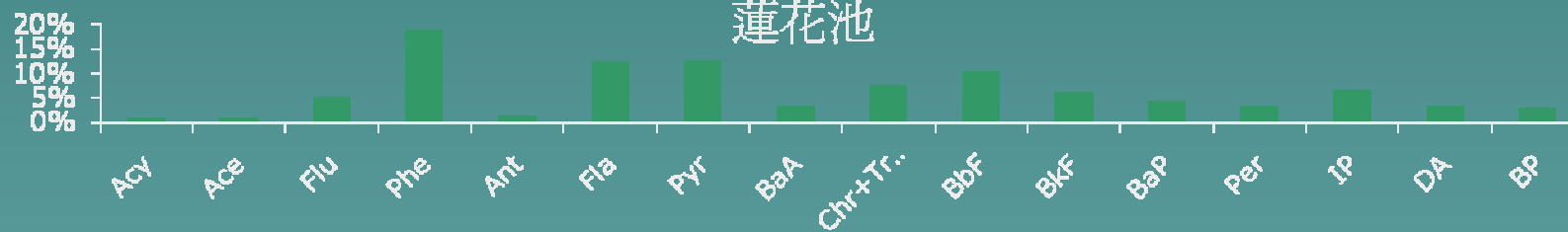
砂卡礑



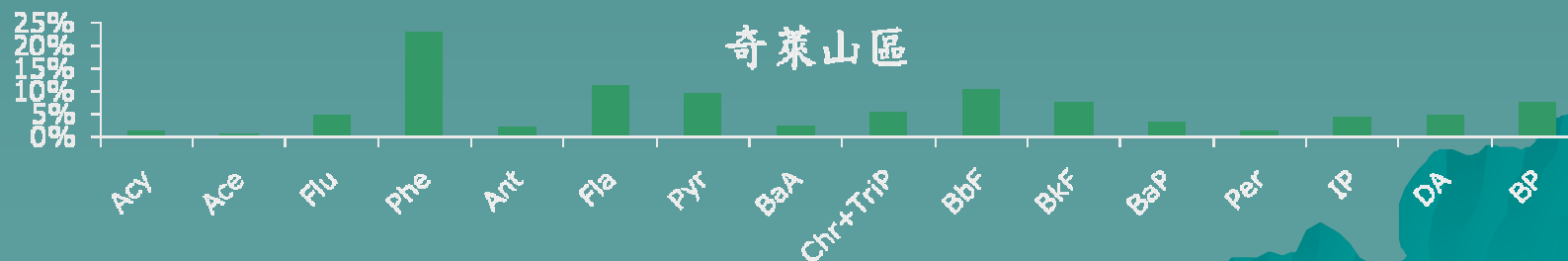
西喀拉罕溪



蓮花池

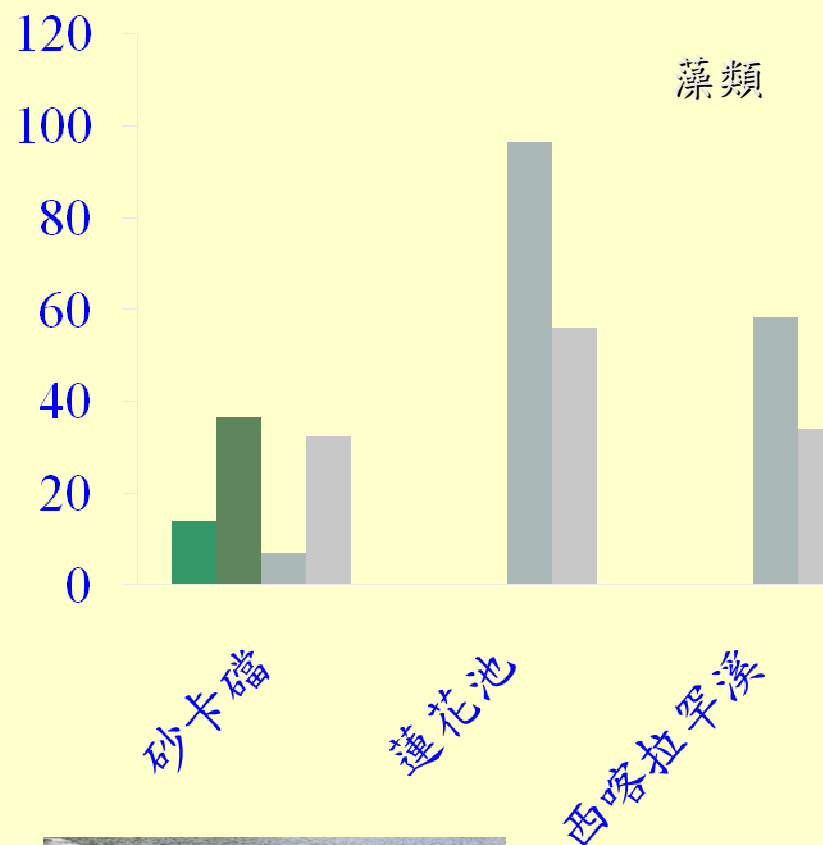
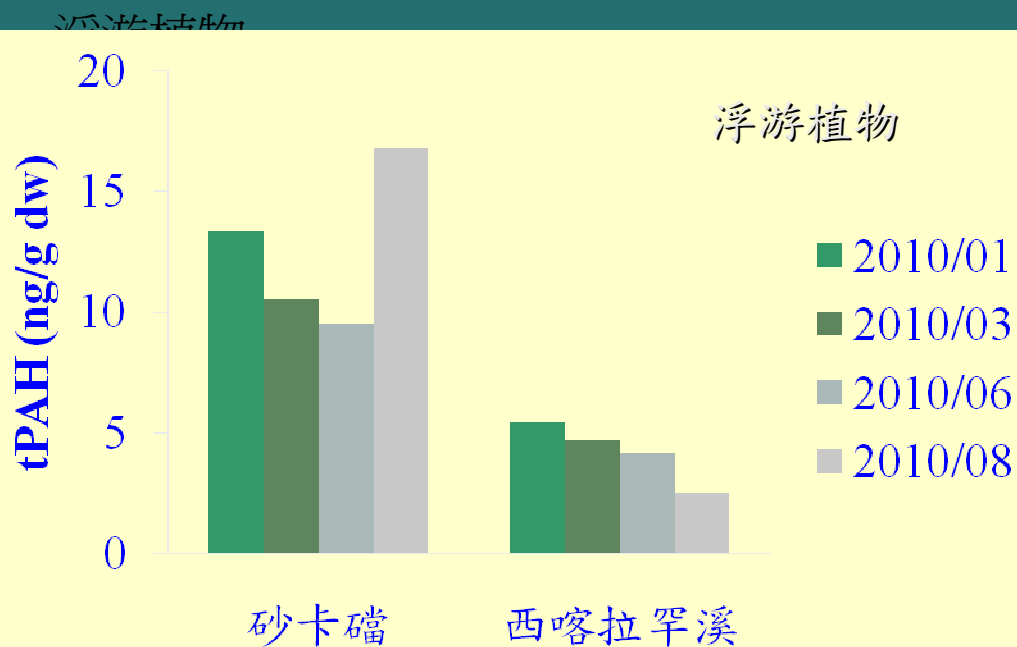


奇萊山區



# ◆ 生物樣品中多環芳香烴含量

## - 浮游植物與藻類

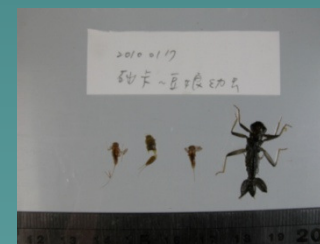
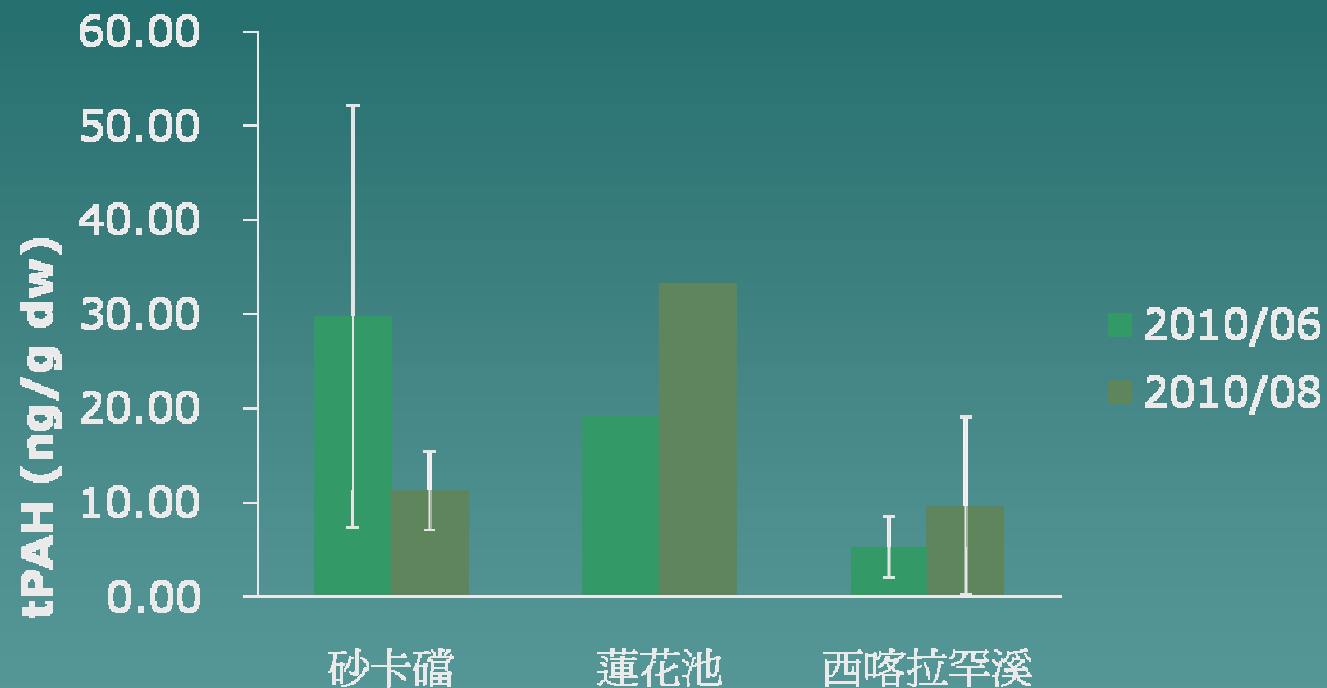


浮游植物與藻類 總PAH濃度  
無明顯規律性 季節性差異。



# ◆ 生物樣品中多環芳香烴含量

## - 水生昆蟲



不同地區所採集分析的水生昆蟲(例如:豆娘及蜻蜓幼蟲水蠅), PAH 總濃度相近。

# ◆ 生物樣品中多環芳香烴含量

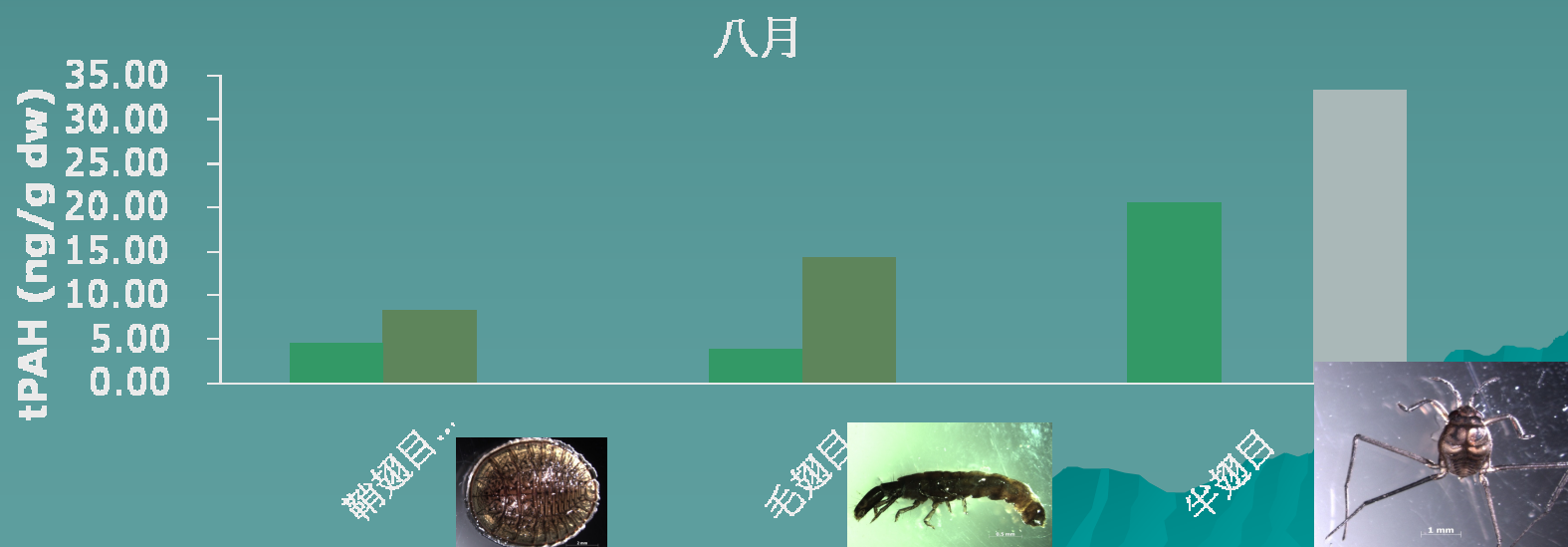
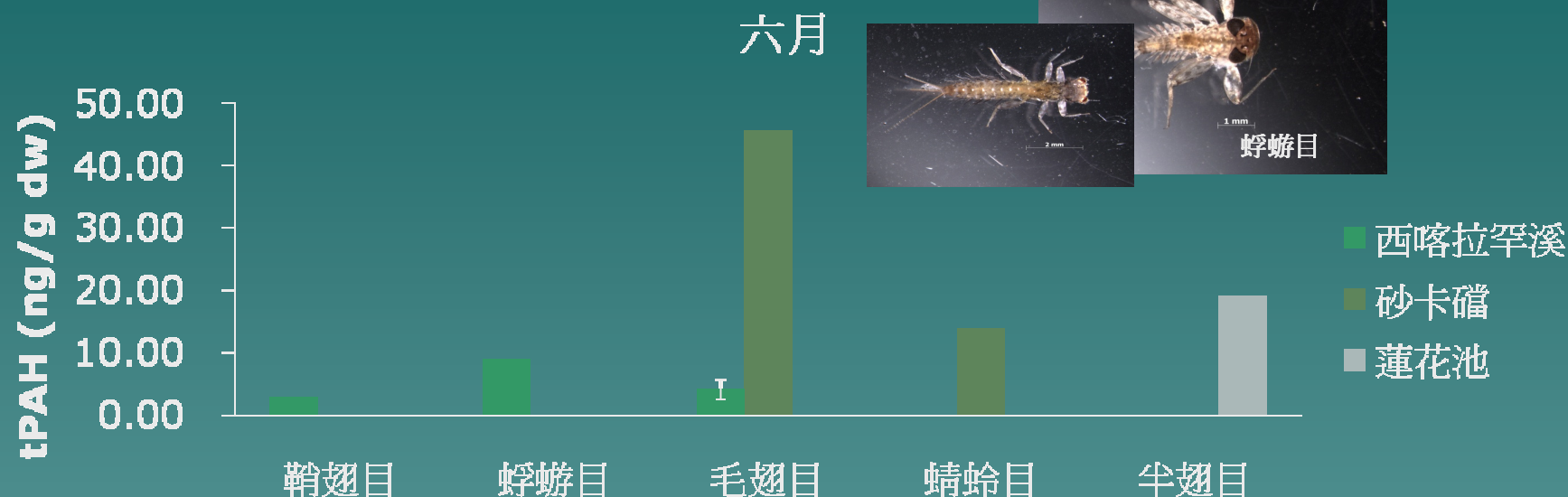
- 水生昆蟲



積翅目

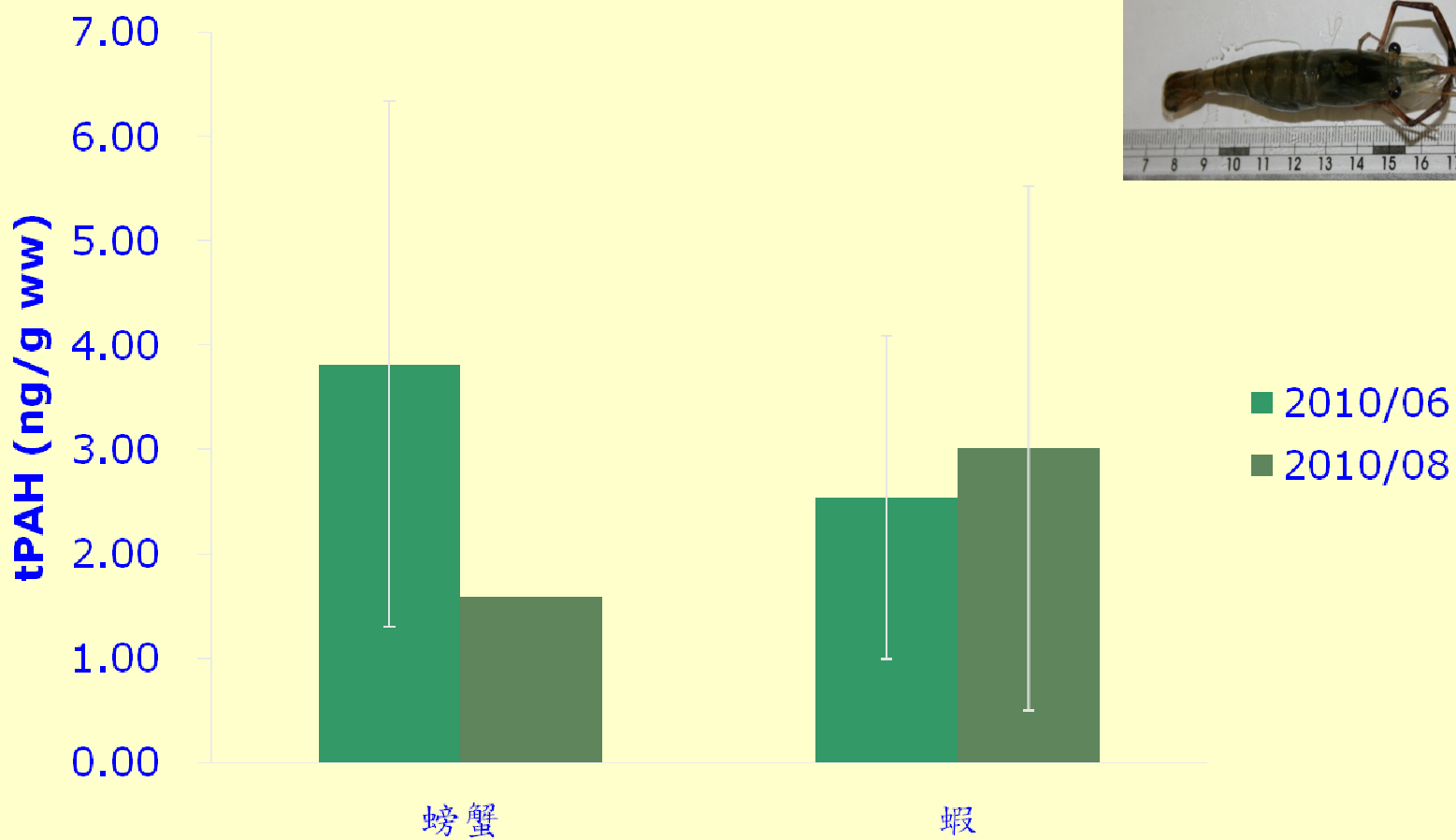


蜉蝣目



# ◆ 生物樣品中多環芳香烴含量

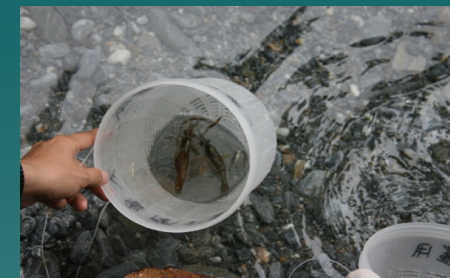
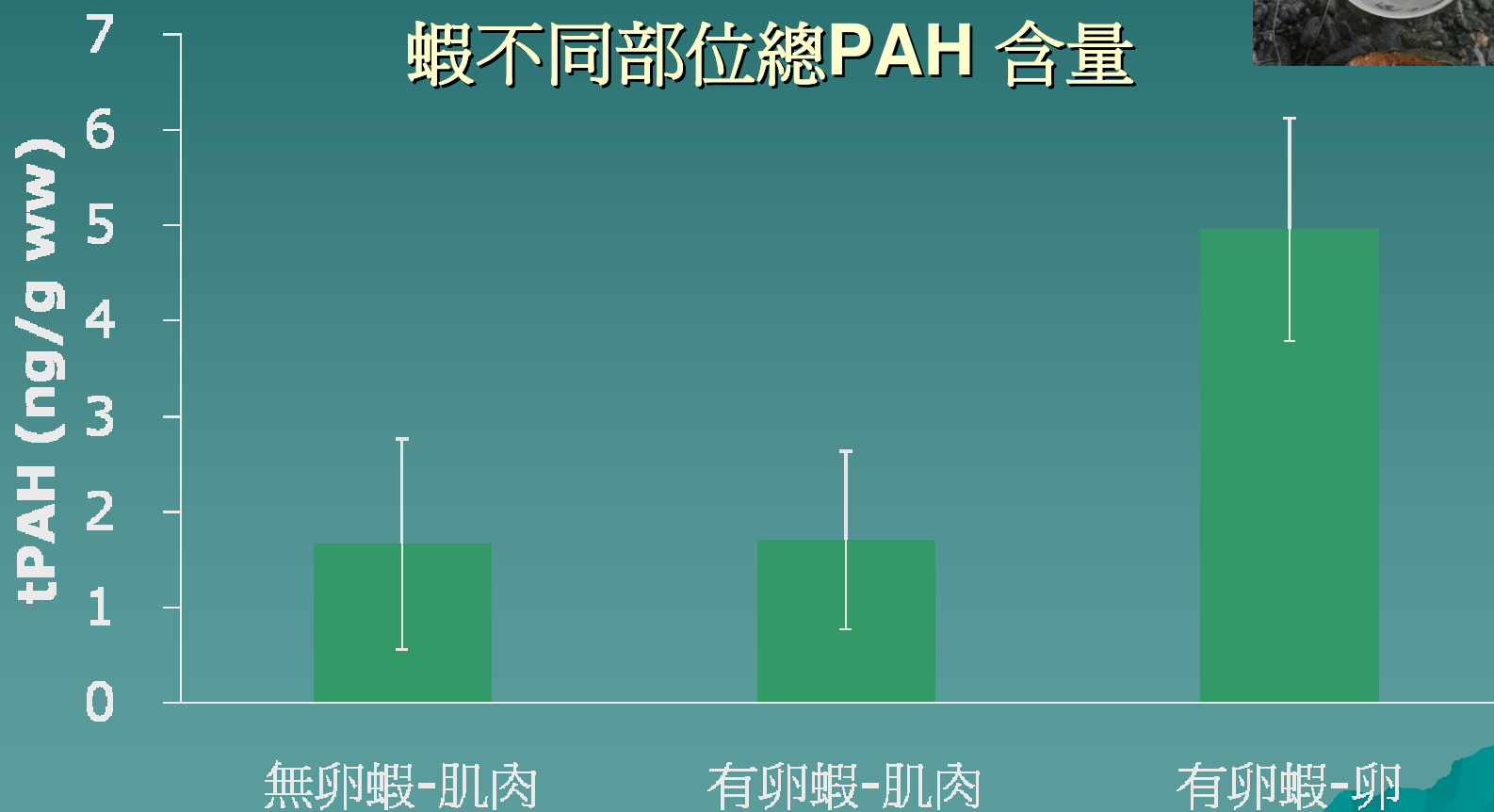
## — 甲殼類



# ◆ 生物樣品中多環芳香烴含量

## — 甲殼類

蝦不同部位總PAH 含量

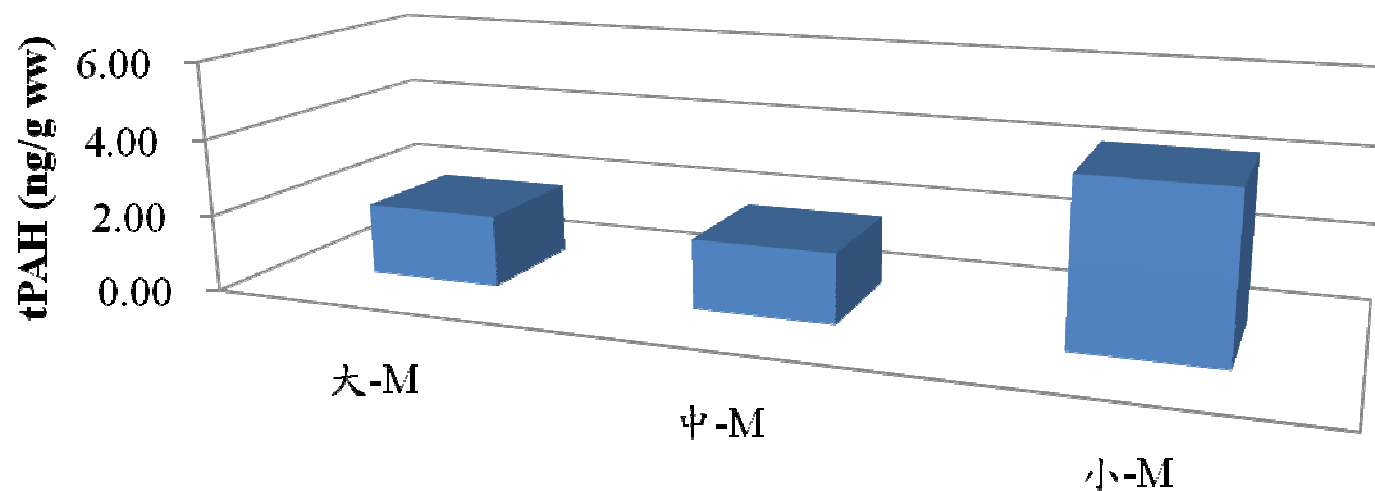


# ◆ 生物樣品中多環芳香烴含量

## — 螃蟹



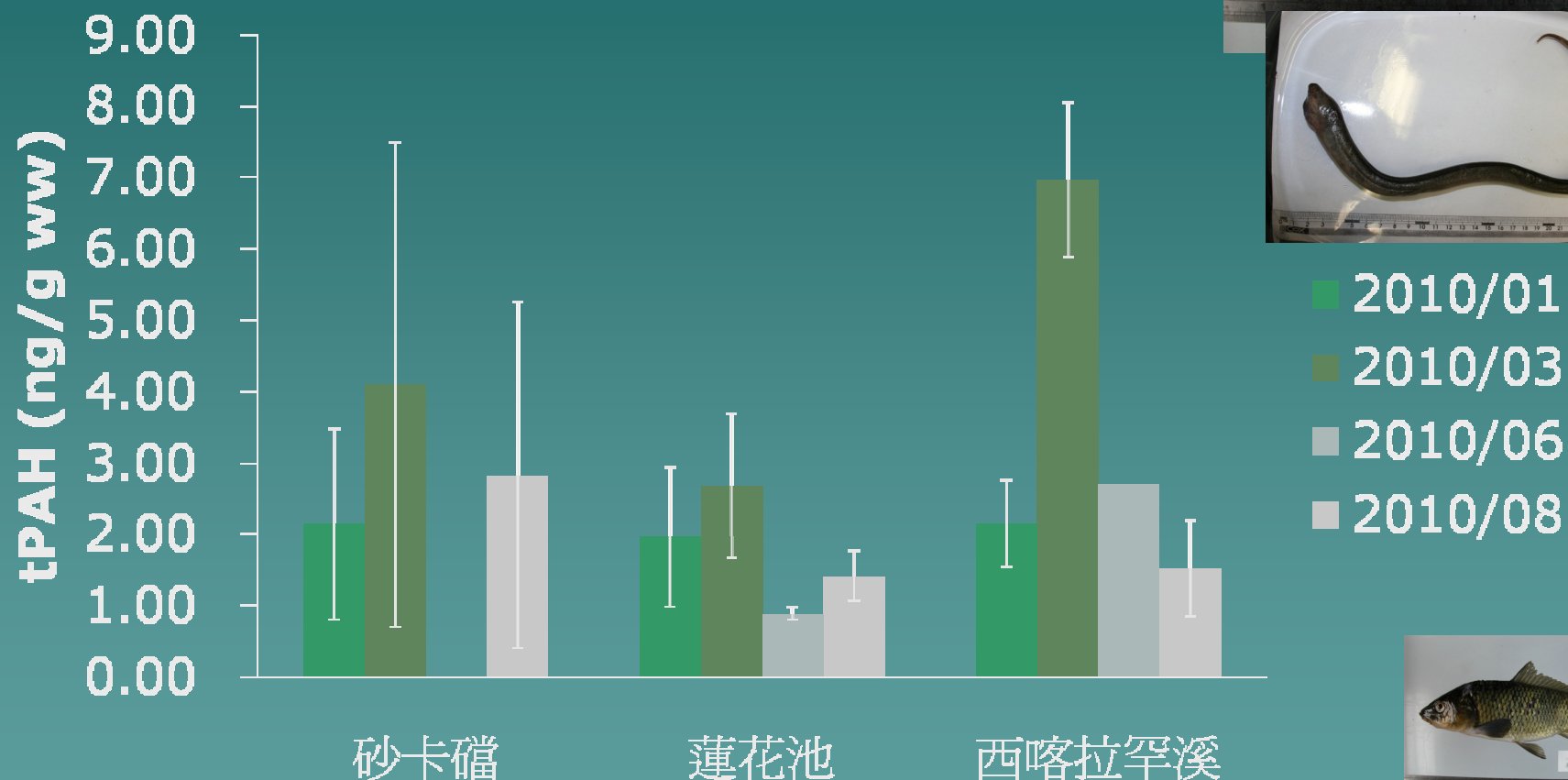
砂卡礑螃蟹



PAHs總濃度在生物體內，隨著成長年齡增加有遞減的趨勢。

# ◆生物樣品中多環芳香烴含量

## - 魚類

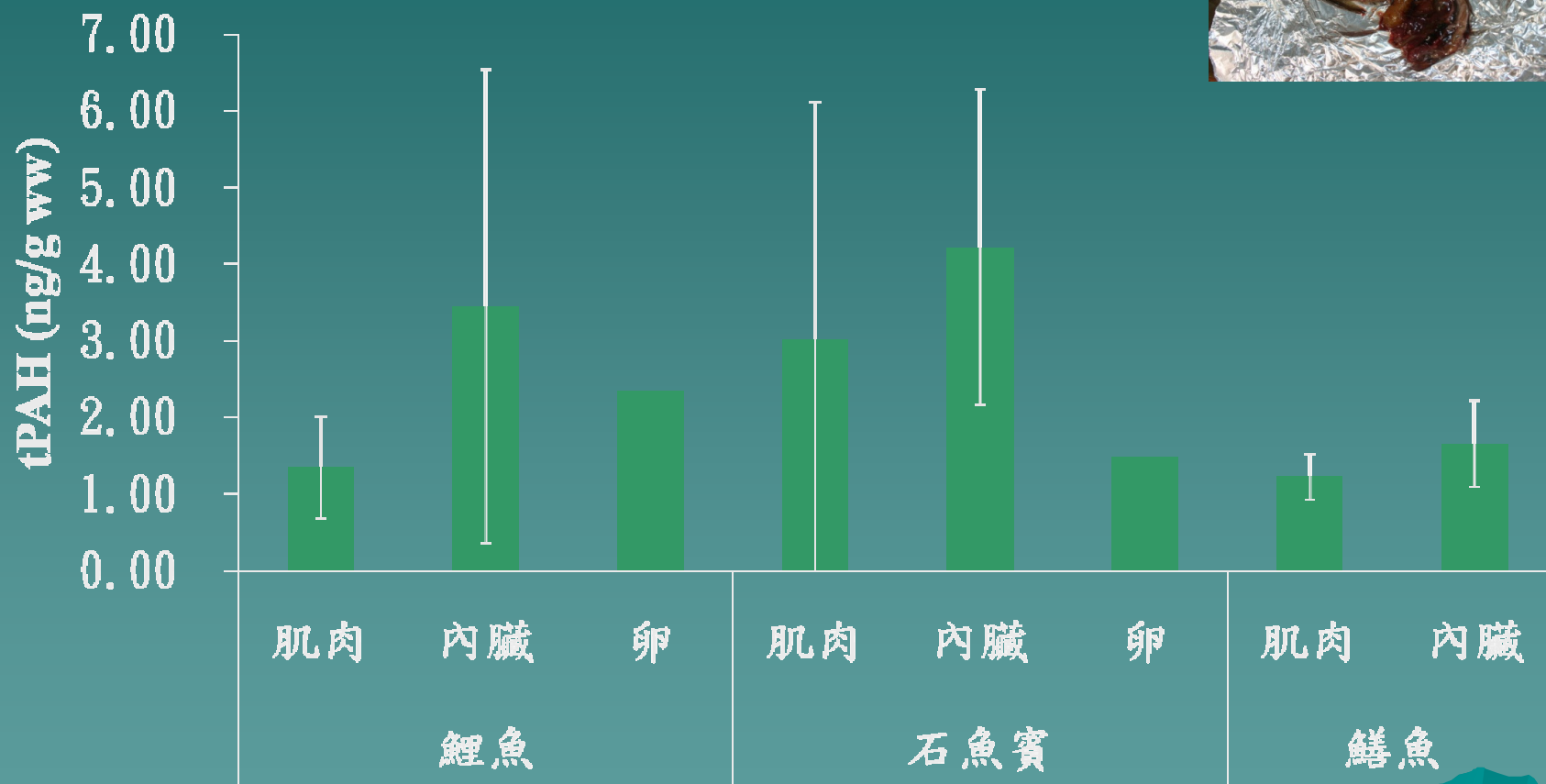


魚體內PAHs總濃度差異不大 (1~3 ng/g ww)。  
唯西喀拉罕溪和砂卡礑魚體內三月份PAHs總濃度較高。

# ◆生物樣品中多環芳香烴含量

－ 魚類

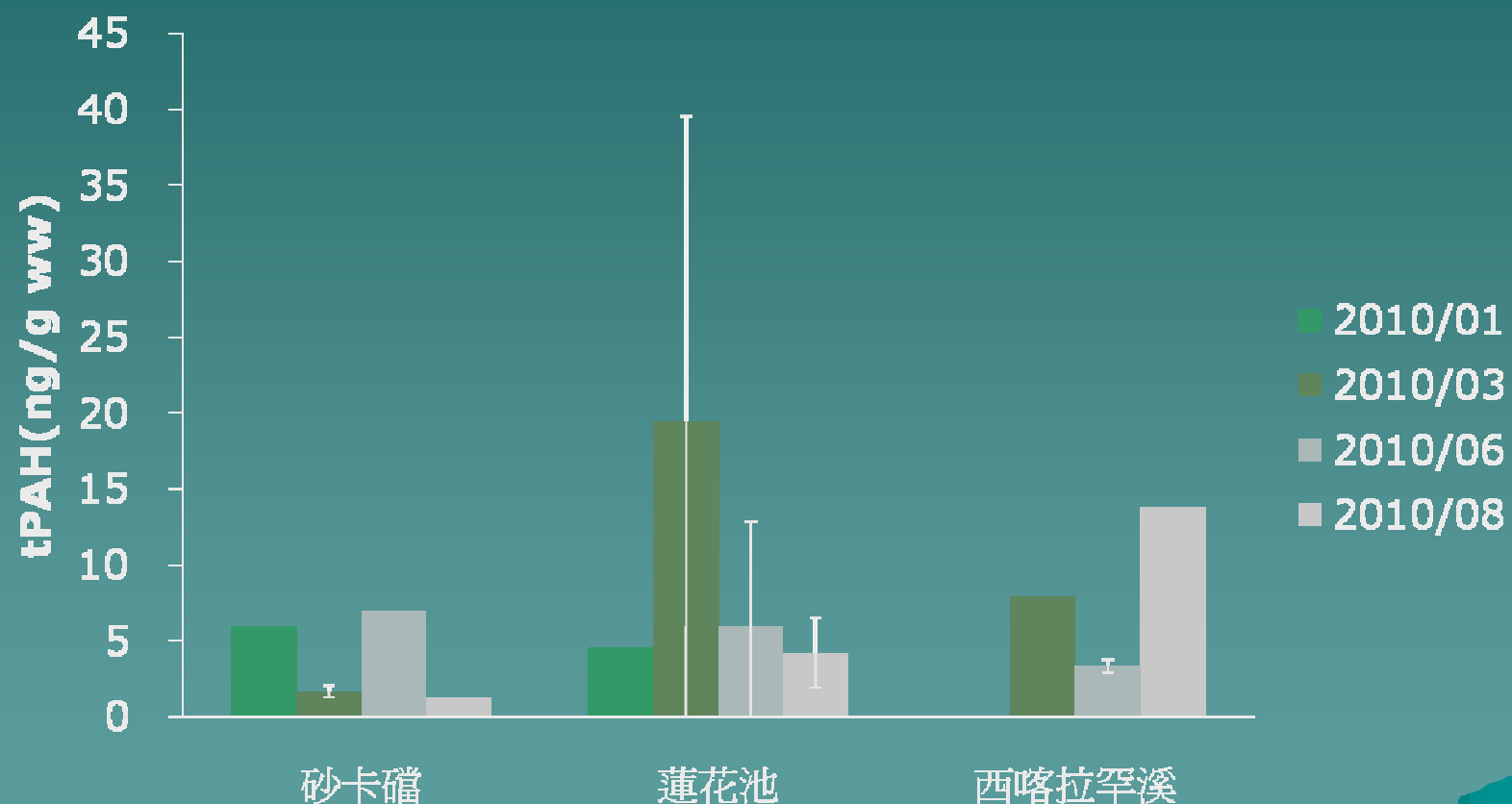
魚體中不同部位總PAHs含量



內臟和卵含脂肪較多，故PAHs總濃度會較高。  
標準差很大由於個體的大小差異。

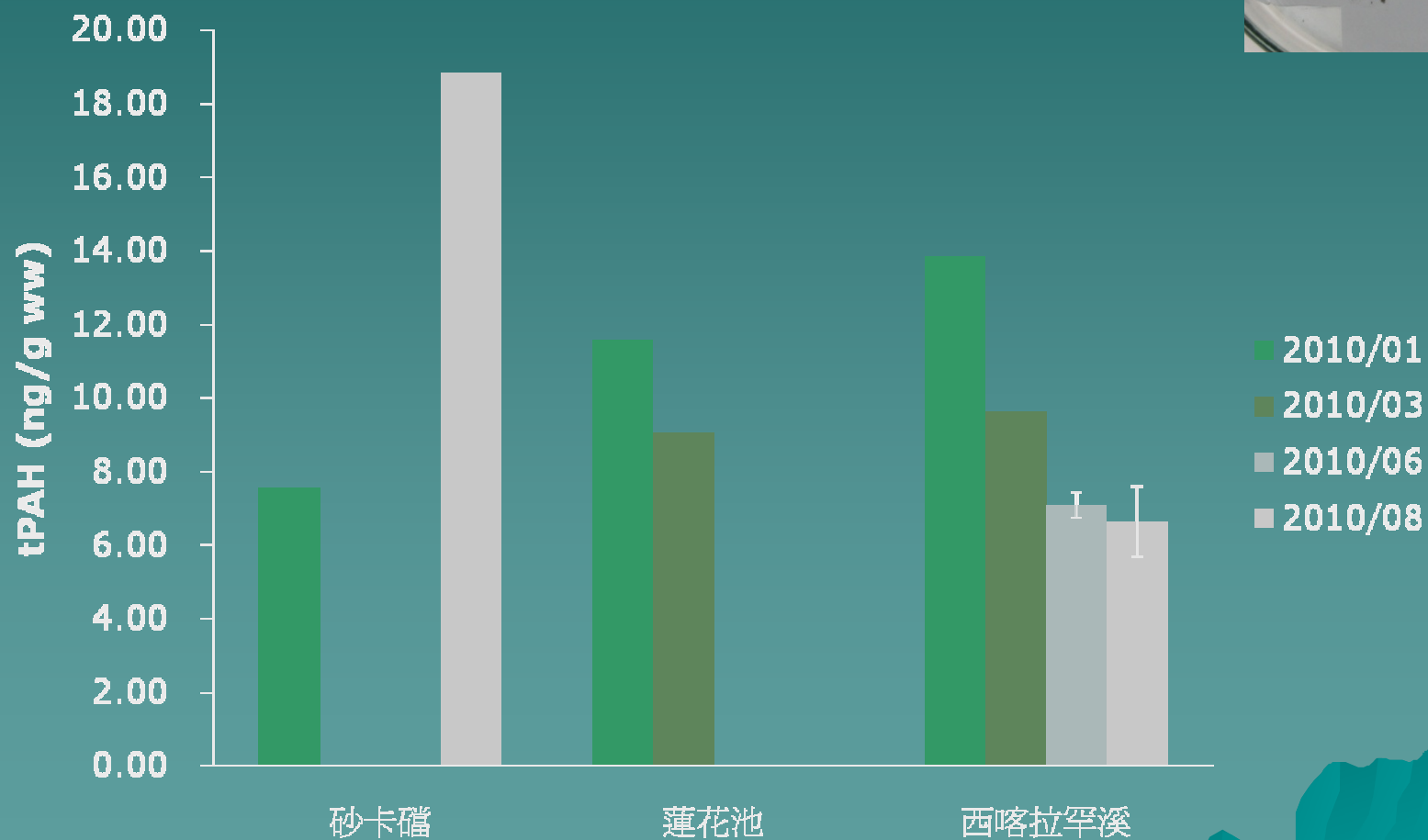
# ◆ 生物樣品中多環芳香烴含量

## - 盤古蟾蜍



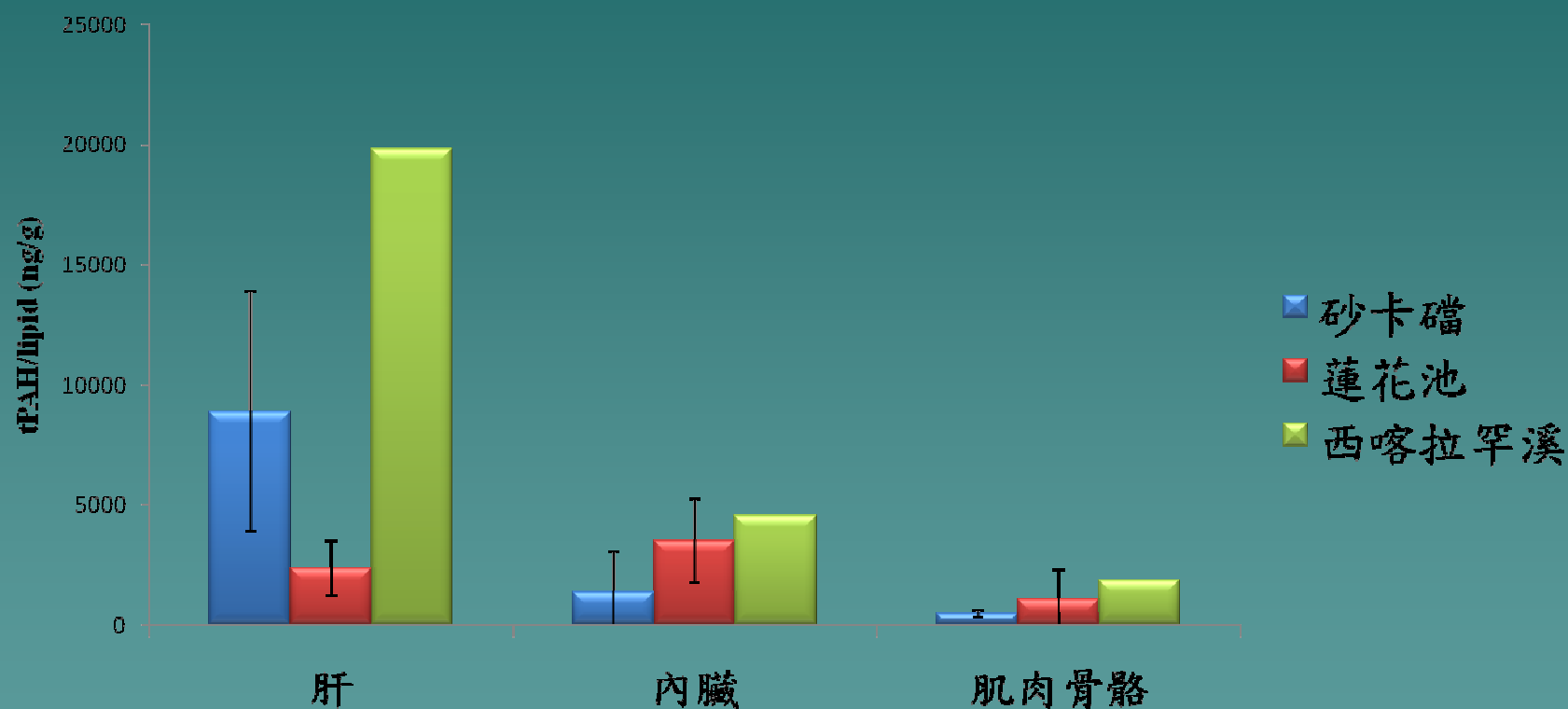
# ◆ 生物樣品中多環芳香烴含量

— 盤古蟾蜍蝌蚪



# PAHs 在體內不同部位之累積

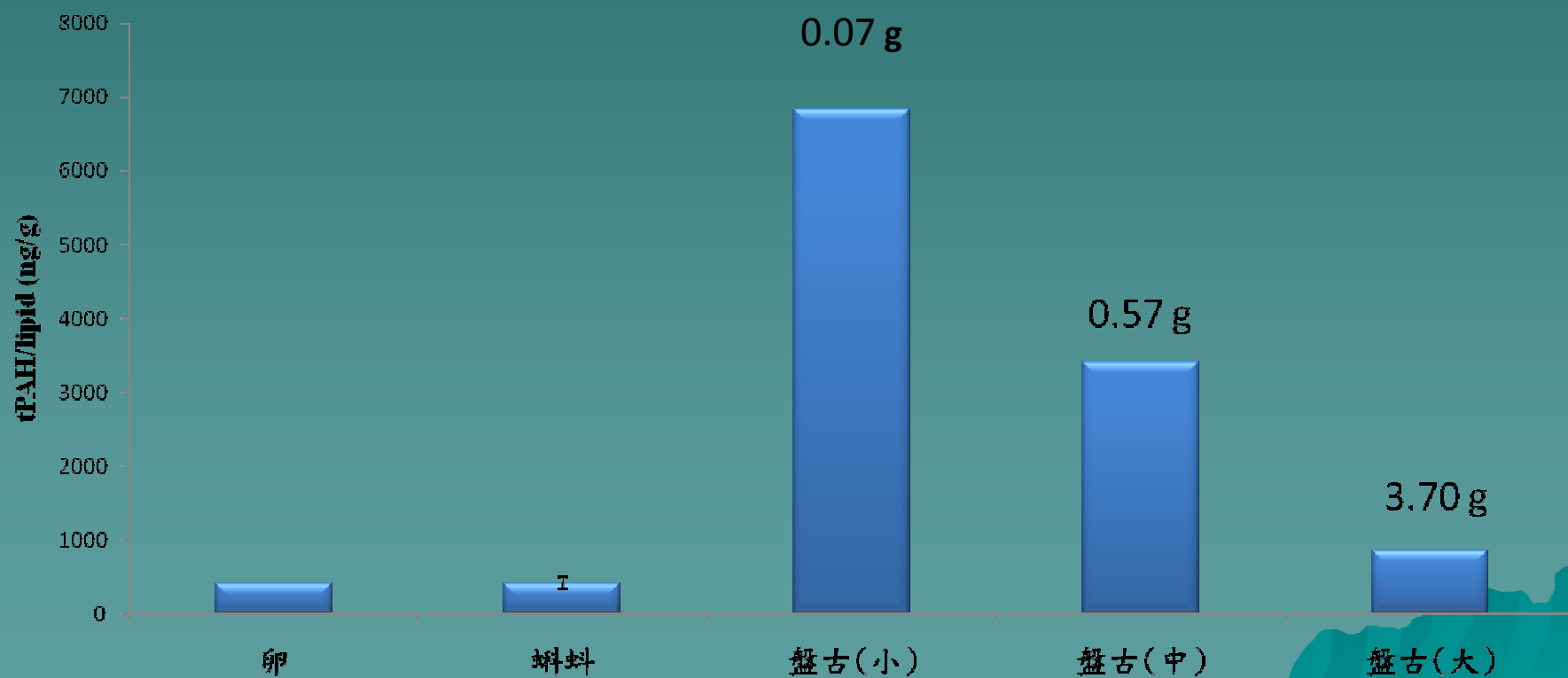
## 盤古蟾蜍



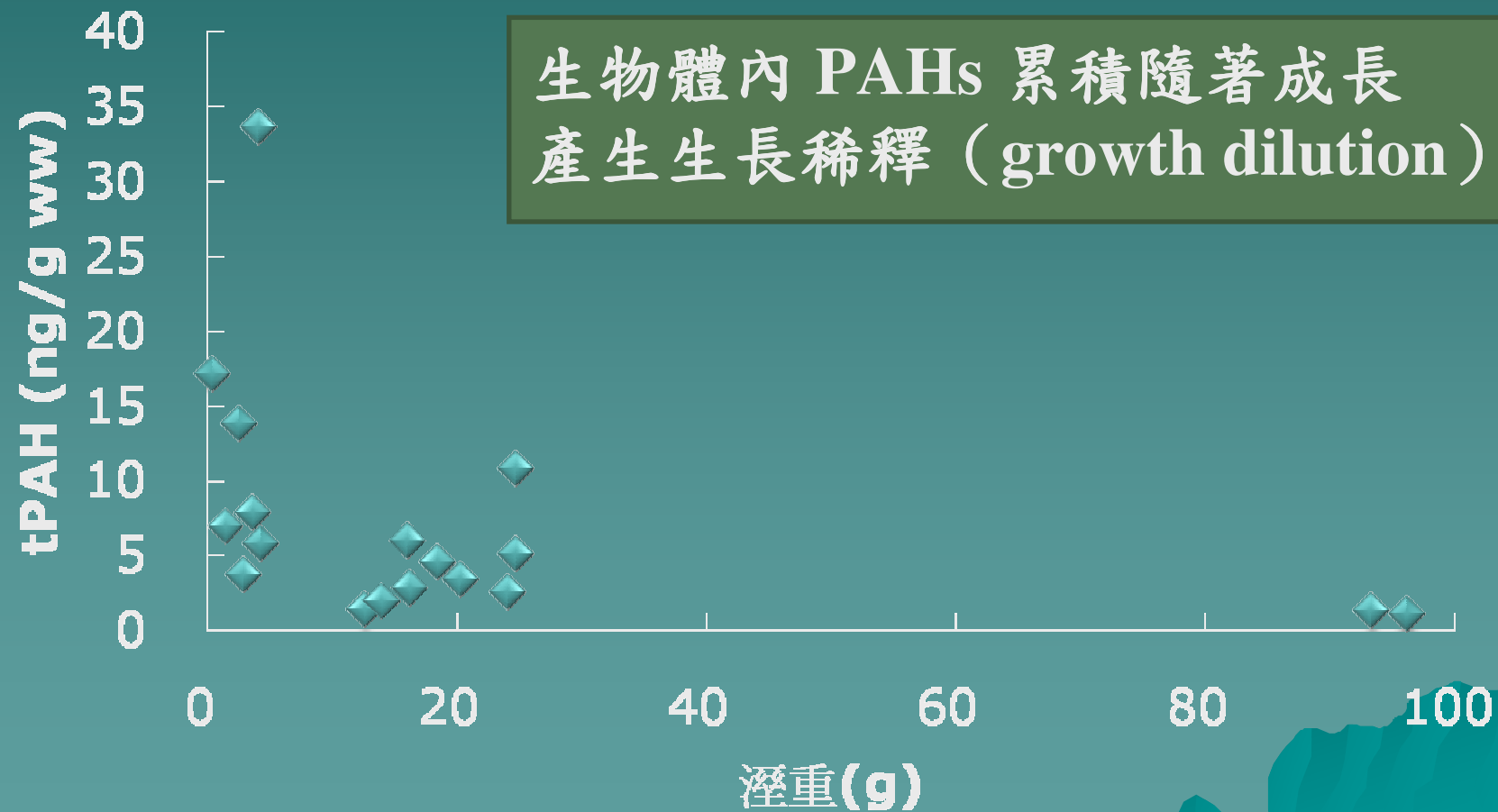
累積於肝的PAHs最高，內臟次之，肌肉骨骼最少。

# 不同成長階段兩棲類體內的PAH含量

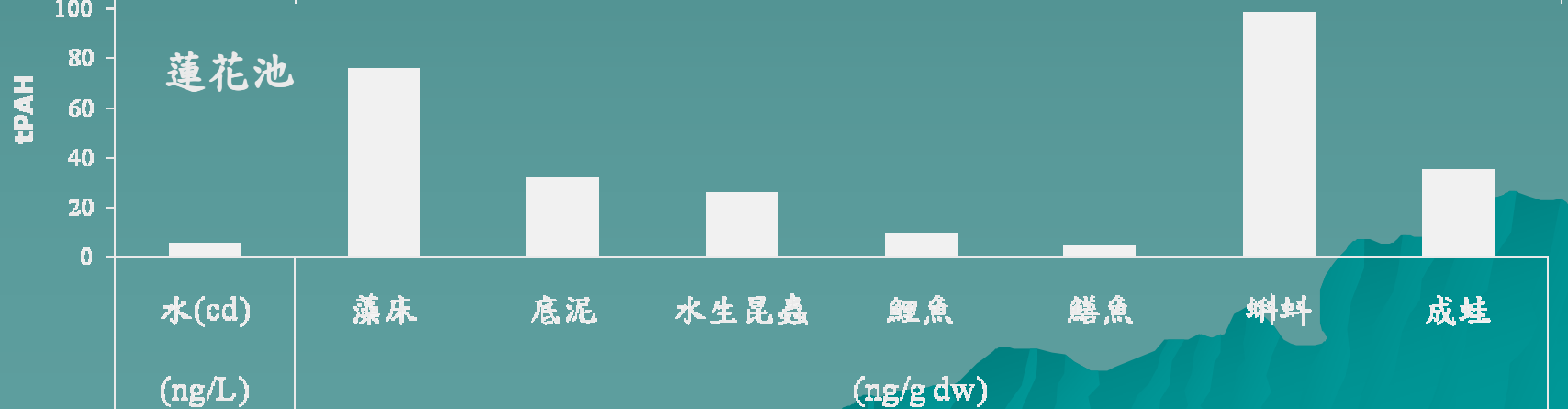
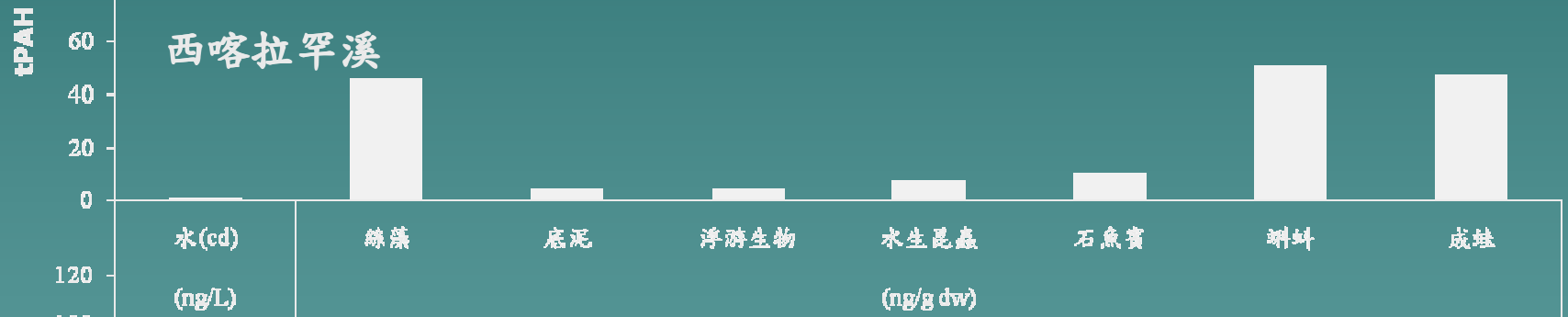
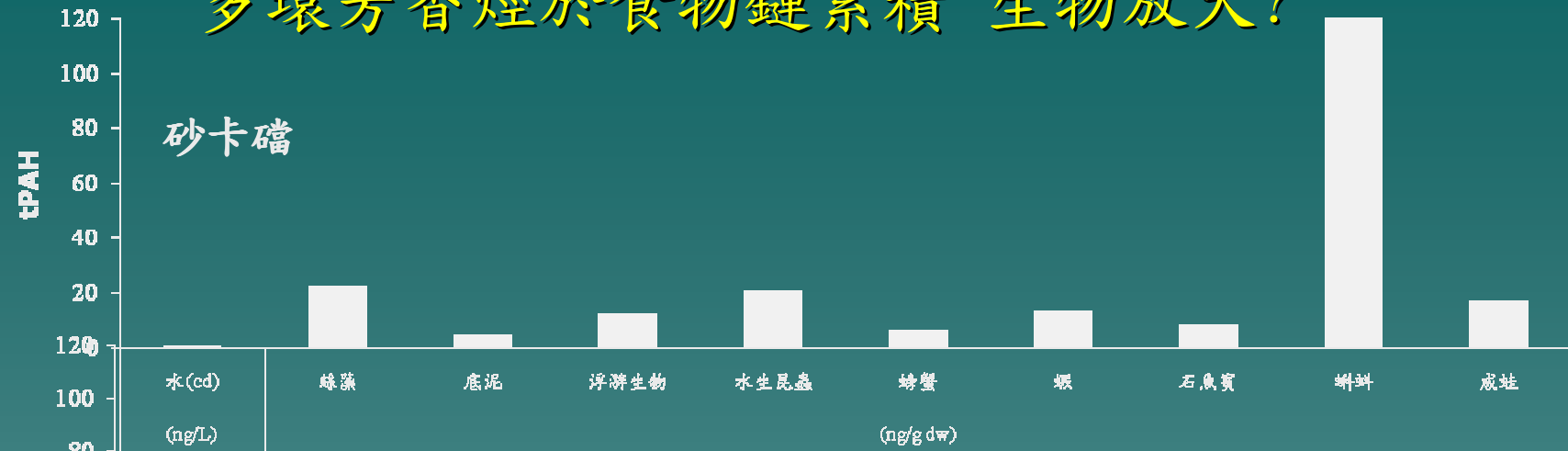
## 盤古蟾蜍



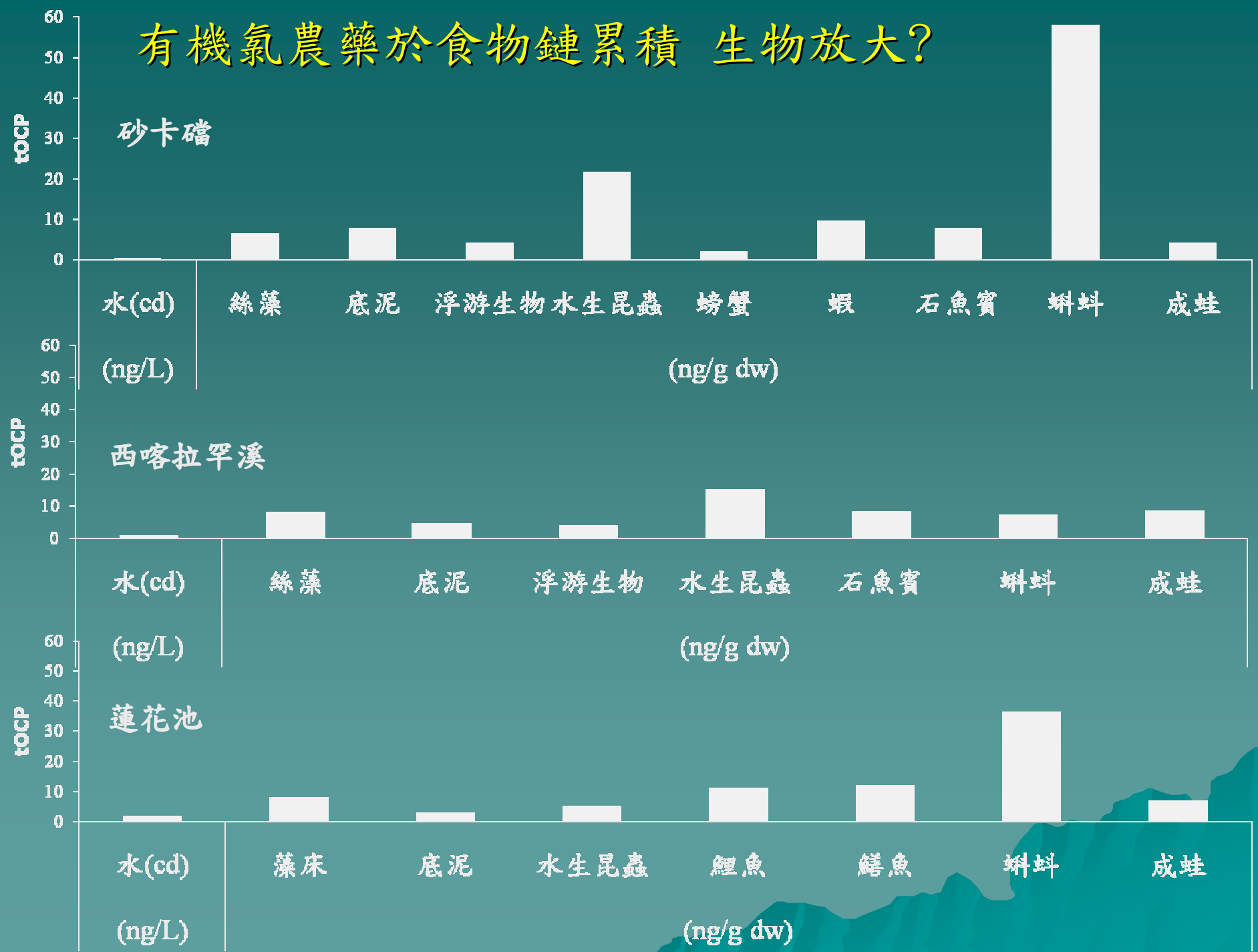
## 體型大小與PAH總濃度關係



# 多環芳香烴於食物鏈累積 生物放大?



# 有機氯農藥於食物鏈累積 生物放大?



# 結論

- ◆ 太魯閣國家公園重要水域棲息地及生物體內所累積之持久性有機毒物，隨區域及季節之不同有相當大的差異。可能受生物體食階、年齡與脂肪含量及組成不同而差異。
- ◆ 含量低於對生物生態構成威脅之標準程度，短期內應無危害之虞。
- ◆ 生物累積作用明顯，在生物體內之濃度顯著較棲息地高。有機毒物生物累積以水生昆蟲及兩棲類（蛙類）最明顯。
- ◆ 可能由於成長稀釋（Growth dilution），有機毒物累積速度小於生物個體之成長速度，故污染物之生物放大作用不明顯。

# 建議

- ◆ 以兩棲類為指標性物種，分析比較PAHs 及 OCPs 在太魯閣各環境敏感區，兩棲生物體內之組成與含量，以進一步探討人為活動所產生之有機毒物在太魯閣國家公園分佈、傳遞及造成之生態衝擊。



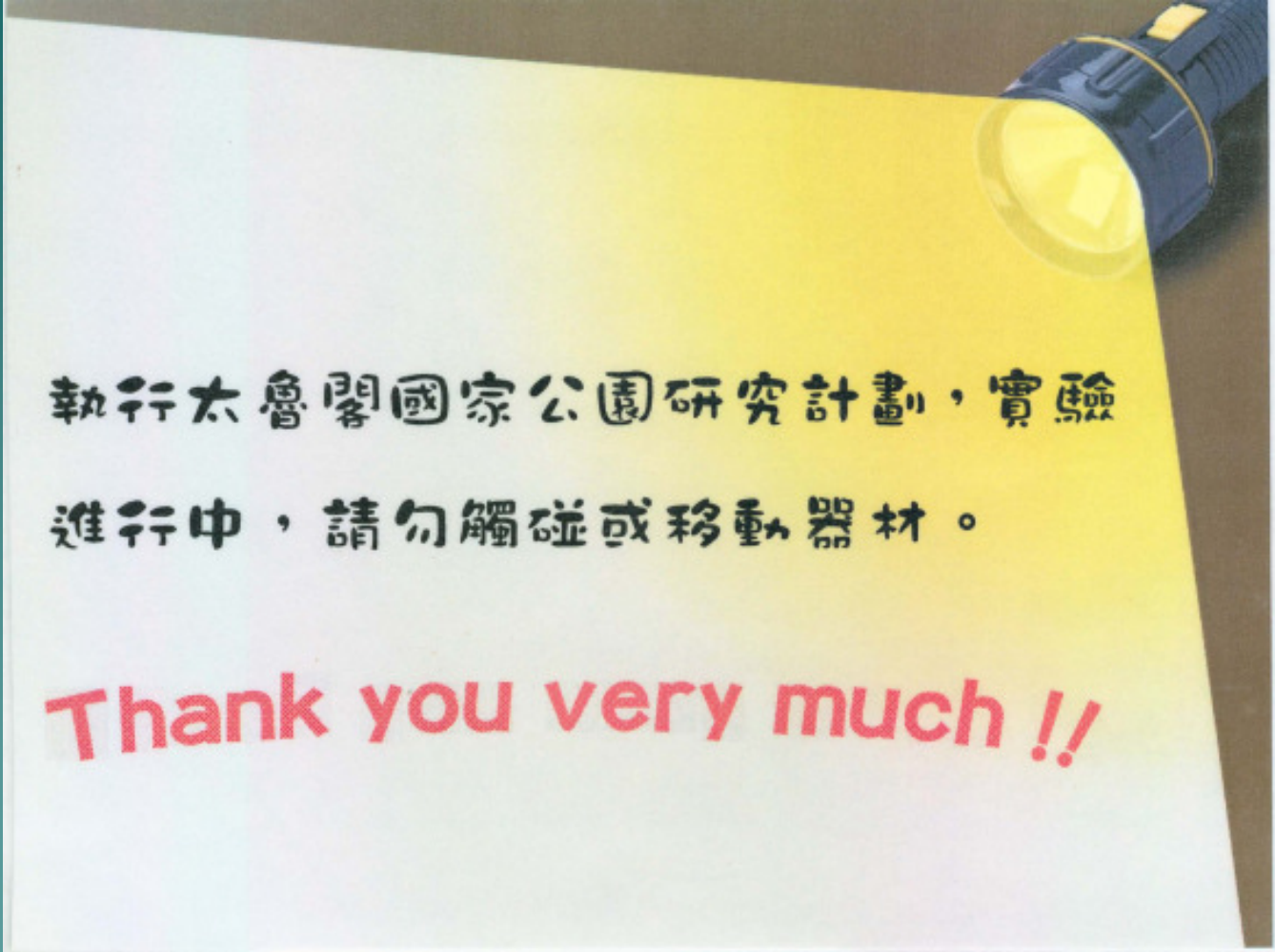
盤古蟾蜍-成蛙



盤古蟾蜍-蝌蚪



# *Thank you!*



執行太魯閣國家公園研究計畫，實驗  
進行中，請勿觸碰或移動器材。

**Thank you very much !!**