

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫一：河川及湖泊二氧化碳及甲烷通量測定及底泥有機 態碳及無機態碳含量之關係(I)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2621-Z-002-029-

執行期間：92 年 08 月 01 日至 93 年 07 月 31 日

執行單位：國立臺灣大學生化科技學系

計畫主持人：楊盛行

共同主持人：鍾竺均，丁一倪

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 4 日

東南亞河川流域及海洋之碳循環-子計畫一：
河川及湖泊二氧化碳及甲烷通量測定及底泥有機態
碳及無機態碳含量之關係(I)

計畫類別：☐ 個別型計畫 ☒ 整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2621-Z-002-029-

執行期間： 92 年 08 月 01 日至 93 年 07 月 31 日

計畫主持人：楊盛行 教授

共同主持人：鍾竺均 副教授

計畫參與人員：李松林 陳顥竹 張政雄 鄭有村 Sunnil S. Adav

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：☐ 精簡報告 ☒ 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

☐ 赴國外出差或研習心得報告一份

☒ 赴大陸地區出差或研習心得報告一份

☐ 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

☐ 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

☐ 涉及專利或其他智慧財產權，☐ 一年 ☐ 二年後可公開查詢

執行單位：台灣大學生化科技學系、中華技術學院工業工程學系

中 華 民 國 93 年 10 月 20 日

東南亞河川流域及海洋之碳循環-子計畫一：

河川及湖泊二氧化碳及甲烷通量測定及底泥有機態碳及無機態碳 含量之關係(I)

中文摘要

本年度已完成淡水河流域與高屏溪流域六次及澄清湖四次現場研析工作，在水質評估方面，利用河川污染指數進行分類，發現淡水河流域上游水質較佳，中游最差，高屏溪流域以上游水質較佳，中下游較差。在氣體濃度測定方面，利用上部空間法(棕色瓶)所得之 CO_2 平均濃度，在淡水河流域上、中及下游依序為 3,365、3,766 和 1,905 ppm，在高屏溪流域上、中及下游依序為 5,526、6,779 和 3,167 ppm，而在 CH_4 平均濃度方面，在淡水河流域上、中及下游依序為 1,315、3,546 和 571 ppm，在高屏溪流域上、中及下游則依序為 5,220、5,361 和 2,649 ppm。在氣體通量測定方面，淡水河流域 CO_2 通量介於 $-87.52 \sim 104.24 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ， CH_4 通量則介於 $0.02 \sim 245.18 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ，至於高屏溪流域 CO_2 通量介於 $-51.3 \sim 134.64 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ，甲烷通量則介於 $0.05 \sim 33.16 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 。水質特性與 CO_2 及 CH_4 通量關聯性方面，篩選七項可能影響水體產生 CO_2 及 CH_4 之因子進行分析，包括：氧化還原電位、化學需氧量、生化需氧量、懸浮有機物含量、硝酸鹽、氨氮及生菌數，其他項目(六項)做為現象解釋之輔助工具。除部份採樣時間為正午，受水生植物光合作用影響， CO_2 通量為負值外，其餘通量皆為正值，可提供進行統計分析研究。結果顯示，淡水河流域水質之氧化還原電位及硝酸鹽與 CO_2 通量成不顯著負相關，其餘參數則與 CO_2 通量成正相關，其中以 BOD 與 CO_2 通量之關聯性較佳($R^2=0.7028$)，生菌數與 CO_2 通量之關聯性最佳($R^2=0.9001$)，主要水質與 CH_4 通量之關聯性方面，氧化還原電位與 CH_4 通量呈負相關趨勢($R^2=0.5012$)，ORP 需降至 159 mV 以下，有較大量 CH_4 釋出，其中以氨氮含量之相關性較高(可能做為微生物氮源)，硝酸鹽次之(可能做為厭氣菌之電子接受者)。淡水河流域底泥特性與 CO_2 及 CH_4 通量之關聯性方面，篩選四項可能經由底泥固相轉移至水相，進而影響水體產生 CO_2 及 CH_4 之因子進行分析，包括：總有機碳、總氮、硝酸鹽及氨氮，結果顯示，底泥之硝酸鹽與 CO_2 通量成不顯著之負相關，總有機碳及氨氮與 CO_2 通量無關聯性，僅總氮與 CO_2 通量成正相關，在底泥特性與 CH_4 通量關聯性方面，硝酸鹽、氨氮與 CH_4 通量無關聯性，總有機碳及總氮與 CH_4 通量有正相關性，由於 CH_4 之生成應在水體深層，因此底泥中 T-N 與 TOC 之影響似乎比水質成分更重要。在高屏溪流域方面，其水質之化學需氧量、生化需氧量、氧化還原電位、生

菌數與 CO₂ 通量成正相關，其中以生菌數與 CO₂ 通量之關聯性最佳($R^2=0.9186$)，水質中之懸浮有機物含量、硝酸鹽、氮氮則與 CH₄ 通量呈現正相關性，其中以氮氮之相關性最高($R^2=0.614$)，在底泥特性與 CO₂ 通量之關聯性方面，兩者無顯著相關性，總有機碳、總氮與 CH₄ 通量則有正相關性。假如不考慮各地環境之差異性，將各研究因子與氣體之通量進行迴歸分析，僅水體中生化需氧量及生菌數與 CO₂ 通量關聯性最高，而水體中 ORP 則與 CH₄ 通量有較高度關聯性，底泥特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性方面，總有機碳及總氮含量與 CH₄ 通量成正相關，無任何底泥特性與 CO₂ 通量有高度關聯性($R^2>0.2$)。將所有因子與氣體通量同時進行複迴歸關聯性分析，發現水質中僅 COD 及微生物顯著水準(P 值)小於 α (0.05)，顯示 CO₂ 通量僅與 BOD 及微生物(生菌數)有顯著的關聯性，將無關聯性參數剔除後，最後迴歸方程式為 $y=0.00032x_1+3.18089x_2+25.37304$ ，水質中僅 ORP 與 CH₄ 具顯著水準，其迴歸方程式為 $y=-0.825216x_1+169.02257$ 。底泥與氣體通量複迴歸關聯性方面，所有底泥特性(TOC、NO₃⁻、T-N、NH₄⁺)皆與 CO₂ 通量無明顯的關係，底泥中之 TOC 與 T-N 兩變數之顯著水準(P 值)小於 α ，顯示 CH₄ 通量與這些變數間具顯著直線關係，其相關迴歸方程式為 $y=5.073962x_1+2.871245x_2-12.3262$ 。淡水河中游 24 小時監測方面，生菌數與二氧化碳有強烈之關聯性($R^2=0.8767$)，其他參數可能因短時間監測下水質穩定，無法研判其與二氧化碳或甲烷之關聯性。大陸現地研究方面，本次採樣共採集注入南海地區之河川水體共三十六處，其中廣西省五處，廣東省二十八處及福建省三處。這三十六處採樣點中大氣中二氧化碳濃度最低出現於廣西省合浦縣廉江(295.75 ± 8.14 ppm)，濃度最高出現於廣東省新豐縣新豐江水庫(473.22 ± 0.57 ppm)，大氣中二氧化碳平均濃度為 386.85 ± 37.13 ppm，較目前大氣中二氧化碳平均濃度 350 ppm 稍高。至於甲烷氣，在三十六處採樣點中大氣中甲烷濃度最低出現於廣西省永安縣西江(1.28 ± 0.02 ppm)，濃度最高則出現於廣東省寶安縣珠江(2.04 ± 0.11 ppm)，大氣中甲烷平均濃度為 1.6 ± 0.18 ppm。限於大陸地區實際採樣時，氣體通量不易採集之限制，為尋求其水體表面氣體通量，利用上部空間法(Headspace method)來推測氣體通量。首先將本島所採集之數據，建立氣體通量與上部空間法之關聯性，在二氧化碳方面，利用逐次迴歸之方式探求兩者之最佳關聯度，結果顯示，當 ORP 小於 200 mV 時，可獲得良好關聯性($R^2=0.9598$)， $y=114.94x+1262.8$ 之關係式。甲烷方面，將所有氣體通量與上部空間法進行迴歸分析，發現兩者間具有顯著關聯性($R^2=0.8484$)， $y=12.231x+55.397$ 之關係式。在匯入南海碳通量評估方面，若以雙園大橋附近之年平均流量 106 CMS 與水中之有機物總碳量(懸浮有機物 28.5 mg l^{-1} 與化學需氧量 62 mg l^{-1})推估，目前每年流入南海流域之總碳量約為 3×10^5 公噸。

關鍵詞：二氧化碳、甲烷、氣體通量、溫室氣體、碳通量、碳循環

英文摘要

Over the past year, the research has accomplished six times field investigations along the Tan-Shei and Kao-Ping River and four times in Chen-chin lake area. In the water polluted aspect, the river quality is commonly impacted by the introduction of organic matter to streams and categorized by the river pollution index in this research. Overall, the principal findings in the upper stream of Tan-shei River have well-sustained water quality. The lower flows, however, show a certain water quality violation. Water quality in Kao-Ping creek area was relatively unaffected by man's activities. But significant water quality challenge exist in lower and lowest flows. Monitoring sites were set up along the Tan-shei River and the Kao-Ping creek. The determination of gas flux was by using the head space method. The CO₂ concentration showed on upper, lower, and lowest Tan-shei river area was 3365, 3766 and 1905 ppm respectively, and 5526, 6779 and 3167 ppm in Kao-ping creek. In the CH₄ aspect, the sampler indicated an average concentration of 1315, 3546 and 571 ppm on upper, lower, and lowest Tan-shei River respectively, and 5220, 5361 and 2649 ppm in Kao-ping creek. The sampler of gas emission being released or discharged into the Tan-shei River from natural or man-made sources indicated the CO₂ was averagely in -87.52~104.24 mg m⁻² h⁻¹ and 0.02~245.18 mg m⁻² h⁻¹ for CH₄. In Kao-ping creek area, the emission rate is approximately -51.3~134.64 mg m⁻² h⁻¹.and 0.05~33.16 mg m⁻² h⁻¹ for methane emission. To find connection between water characteristic and CO₂ and CH₄ emission, this research selected seven possible parameters which may affect the production of CO₂ and CH₄. Parameters monitored were ORP, COD, BOD, SS, Nitrate, Ammonia, and Hygiene amount. The sampling time was designed to avoid the influence of photosynthesis to water born plants in the mid-day so that samples of the actual CO₂ emission concentrations are collected accurately and consistently. The presence of the ORP and nitrate in the in Tan-shei River show no decreasing relation with CO₂ emission. However, the rest parameters indicated significant relationship with CO₂ emission; the BOD has close relation with CO₂.emission ($R^2=0.7028$); the Hygiene keep the most direct relation with CO₂ emission ($R^2=0.9001$). In the principle of water quality measuring, the ORP and CH₄ presented a decreasing relationship ($R^2=0.5012$) with ORP decreased below 159 mV. Besides, CH₄ emission was positive relationship with ammonia concentration. The phenomenon can be explained by the great amount of ammonia as a nitrogen source for microbe or nitrate as an electronic acceptor for anaerobic microbe. In addition, this research selected four possible parameters to clarify the connection between river basin sediment and CO₂ and CH₄ emission. Parameters included TOC, total nitrogen, nitrate, and ammonia. The finding indicated the nitrate and CO₂ emission has no direct relationship; TOC and ammonia presented no relation; total nitrogen and CO₂ emission showed increasing relation. In the study of CH₄ emission aspect, nitrate and ammonia show

no relation with CH₄ emission; an increasing relation existed between TOC and total nitrogen and CH₄ emission. As the production of CH₄ occurred often in the deep water body, the total nitrogen and TOC in the basin mud possessed more significant role than water quality. In Kao-ping creek area, the COD, BOD, ORP, microbe in the water body presented an increasing relation with CO₂ emission. The hygiene presented a significant relation with CO₂ emission ($R^2=0.9186$). The suspended organic matter, nitrate, and ammonia nitrogen demonstrated an increasing relation with CH₄ emission. Among them, the ammonia nitrogen showed a significant relation ($R^2=0.614$). In the research of the connection between basin mud and CO₂ emission, no apparent relation existed, but TOC and total nitrogen indicated an increasing relation with CH₄ emission. Without considering the difference of sampling surrounding environment, the research applied regression techniques to analyze the relation between parameters collected and gas emission. The result showed that the BOD and hygiene in the water body exists a strong relation with CO₂ emission. The ORP in the water body had a high connection to the CH₄ emission. In the characteristic of river basin mud with CO₂ and CH₄ emission, the concentration of TOC and total nitrogen indicated a high relation with CH₄ emission, and seldom evident had direct relation with CO₂ emission ($R^2>0.2$). In applying multiple-regression techniques on all parameter and gas emission, the research uncovered that the COD and microbe with CO₂ flux shows high relationship ($P < \alpha$), which means the CO₂ emission can only connect to the change of BOD and microbe concentration. Taken off the unrelated parameter, the final regression formula is $y = 0.00032x_1 + 3.18089x_2 + 25.37304$. The ORP in the water body presented the unique role in react with CH₄ emission. The regression formula is $y = -0.825216x_1 + 169.02257$. In multiple-regression analysis of river basin mud with gas emission, the characteristic of river basin mud, TOC, NO₃⁻、T-N、NH₄⁺, had no parent relation with CO₂ emission, but two variant, TOC and T-N, in the mud presented an apparent P value less than α , which showed a linear relation was existed between CH₄ emission and the variant. The final regression formula is $y = 5.073962x_1 + 2.871245x_2 - 12.3262$. Conducting 24 hrs monitoring in the midstream of Tan-shei River, the finding showed only the strong relation between hygiene and CO₂ emission ($R^2=0.8767$). Constrained by the limited sampling time, the research has little evident to clarify the relation between the CH₄ and CO₂ emission. The research conducted in China has totally sampled 36 locations in which the river in South Sea infilling. In total, five sampling point located in Kung-His Province, 28 point in Kung-Dong Province, and 3 points in Fu-Chien Province. The lowest concentration of CO₂ in the atmosphere was showed at Lian-chung city, Ho-Pu county, Kung-tung Province (295.75 ± 8.14), and the highest concentration of CO₂ was showed at New Fun-chung Dam, Hsin-Fun county, Kung-tung Province (473.22 ± 0.57 ppm). The average concentration of CO₂ in the atmosphere, 386.85 ± 37.13 ppm, was higher than the current concentration of 350 ppm. For

methane gas, the lowest concentration in 36 sampling points was showed at His-chung city, Yun-an county, Kung-His Province (1.28 ± 0.02 ppm), and the highest concentration was occurred at Chu-chung city, Po-an county, Kung-His Province (2.04 ± 0.11 ppm). The average concentration of methane in the atmosphere is 1.6 ± 0.18 ppm. Constrained by geographic difficulty, the research adopted headspace method to obtain the data of gas emission. The data collected from the Taiwan was first used in establishing the connection between gas emission and headspace. Following the procedure, the regression method was utilized to search the proper relation. The finding showed that the CO_2 existed a proper relation with ORP under the concentration less than 200 mV ($R^2=0.9598$), and the final formula is $y = 114.94x + 1262.8$. In methane aspect, regression method was used on all gas emission and headspace, and the result showed that an apparent relation existed between them ($R^2=0.8484$). The final formula is $y = 12.231x + 55.397$. In the assessment of carbon emission to the South Sea, the annual flow amount of 106 CMS and carbon concentration (28.5 mg l^{-1} suspended organic and 62 mg l^{-1} COD) in the water body were used to estimate the total carbon. The result showed a 3×10^5 ton in total.

Keywords: Carbon dioxide; Methane; Gas flux; Greenhouse gas; Cabon flux; Cabon cycle

前 言

為了解全球變遷的現況及其影響，目前先進國家都非常重視相關研究，例如有關酸性物質沉澱之問題，美國在過去十年就花了將近六億元的經費進行國家酸性沉降評估計畫。而 1991 年度美國針對地球變遷研究的經費就高達十億美金，其他如歐洲、日本、加拿大等國也投注了大量的經費和人力積極進行相關之地球環境變遷研究。聯合國氣候變化綱要公約(FCCC)第三次締約國大會於 1997 年 12 月簽下「京都議定書」，針對 38 個國家或地區，訂出明確二氧化碳減量標準，以降低人類活動所排放之溫室氣體，我國雖非締約國，但對於攸關地球永續發展之問題自然無法置身於世外。

碳循環與全球溫室效應及聖嬰現象息息相關，過去世界先進國家大都致力於溫室氣體之人為排放源產量調查與減量研究，近幾年才將焦點轉移至溫室氣體天然排放源產量之調查與研究。有關水域溫室氣體通量之調查與其碳循環之關聯性，是目前國際間大型計畫著力之重點。本子計畫擬因應 IGBD II 之科學研究重點及整合型計畫主持人陳鎮東教授之號召下，進行「台灣」水域及與「南海」水域相關之東南亞河川與湖泊碳循環之先導研究，並規劃具代表性之河川與湖泊水庫，包括：國內之主要河川如：淡水河水系及高屏溪水系與重要之水庫如：鳳山水庫、翡翠水庫、澄清湖水庫與日月潭水庫、大陸之韓江、珠江、紅河和湄公河上游及東南亞之中南半島、菲律賓與婆羅洲等為研究重點，

評估各水系二氧化碳及甲烷之釋放量，及其沉澱物或底泥中所儲藏之有機及無機碳量，與估計輸送入海之溶解性及粒狀有機碳之通量，並將台灣河川與湖泊所排放之溫室氣體資料建檔，以供國家報告所需之資料，並做為政府進行水域溫室氣體減量政策研擬及與外國經貿和環保團體接觸交涉之參考資料。

大氣中二氧化碳主要分佈在全球四個分室，包括大氣、海洋、陸域生物量及土壤與礦物燃料等。工業革命前，碳在陸域、海洋以及大氣(固、液及氣三相)之間互動循環，其主要透過陸域及海洋之吸收與排放相互間的恆定作用而保持穩定狀態，然而近 100 年來，全球因工業革命的影響、都市化發展，及都市與工業化向外擴張而破壞自然環境與生態，導致地球因二氧化碳吸附量降低，使碳循環失衡，而造成現今大氣中二氧化碳濃度近 30% 之增加，促使全球暖化情形日益嚴重。根據溫室氣體排放以排放之性質區分，可包括天然來源及人為來源，在詳細區分則包括下列五種來源：(1)能源使用；(2)工業製程排放；(3)農業活動；(4)廢棄物堆置及(5)天然水體及土地利用所排放(IPCC, 1966)。由以上可知除了目前較受重視之工業源外，天然排放源因排放面積大，又屬逸散源，更需投注更多之關注。二氧化碳與甲烷之天然來源包括：森林、沼澤、水稻田、苔原、沖積層、河川、湖泊與水庫。過去這些天然逸散源已有許多學者進行普查，唯讀對於河川與湖泊，特別是一些流域面積大之區域，並未詳加調查，為達到資料之完整性及區域資料之特性，國內與鄰近地區河川與湖泊所釋放之通量應有量測與估算之必要。特別是溫室效應將促使全球氣候產生巨變，連帶造成不僅單一層面的問題，而是整個生態環節均會受到衝擊，特別是二氧化碳的影響時間將不會因人類停止製造而消失，這也是國際間近幾年意識到二氧化碳負面效應而極力推動二氧化碳減量的主因，因此溫室效應氣體之調查與減量對象，不應侷限於人為來源，對於面積廣大之天然排放源及其在碳循環所扮演之角色，亦需投入更多之專注。

人類活動所排放之二氧化碳、甲烷、氧化亞氮等溫室氣體已使地球溫度不斷上升，造成全球之溫室效應。台灣地區學術界在過去十年來已陸續對水田、旱田、養殖場、溼地、牧場、垃圾場、森林及部分港灣進行實地評估，並以 IPCC 方法估算出總排放量(楊秋忠，1998；李宏明，2001；楊盛行，2002)，惟獨對於天然水體河川與湖泊，特別是一些流域面積大之區域，並未詳加調查。另外，值得我們特別注意，那就是「二氧化碳排放權之交易」措施，所以，若是二氧化碳排放權實行後，二氧化碳將會變成國際通行的「氣體黃金」，台灣在聯合國要求抵減二氧化碳排放的壓力下，若是能將二氧化碳的產生量降低，則可將這個「氣體資源」與其他國家進行交易。換句話說，對於本國來自人為及天然排放源之二氧化碳產量及相關溫室氣體，做一完整之調查與推估，更進一步提出可行之減量方案，將有助於我國經濟之發展。

研究目的

近幾年由於人類經濟活動及都市文明不斷發展，導致全球性的環境開始產生巨大變化，其中全球大氣環境的變遷影響層面最為深遠，主要原因來自於大氣中的溫室氣體，如二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化物、全氟碳化物及六氟化硫等氣體濃度持續增加，促使地球溫室效應逐年增強，並造成全球暖化、海平面上升、生態系統失衡、生物多樣性驟減等環境失衡現象，進而對全球生物的生存產生巨大威脅。台灣地區學術界在過去十年來已陸續對水田、旱田、養殖場、溼地、牧場、垃圾場、森林及部分港灣進行實地評估，並以 IPCC 方法估算出總排放量，而根據行政院環境保護署之資料，已推估出台灣地區二氧化碳與甲烷之排放量，然而此數據獨缺天然水體之貢獻量，因此，執行台灣河川與湖泊二氧化碳通量之調查，將可推估出台灣地區自然水域二氧化碳與甲烷之通量。同時藉由本計畫之執行，尚能了解有機污染物在海中可能之宿命，以測定二氧化碳或甲烷氣體之通量為主，以水質或沉積物之成分測定為輔，以了解整個水域碳循環情形，並可將所調查之河川與湖泊排放之溫室氣體資料建檔，做為將來政府進行水域溫室氣體減量政策研擬及與外國經貿和環保團體接觸交涉時之參考資料。此外，本計劃之結果亦可與其他子計劃結果結合與驗證，已窺得整個南海海盆之水域碳循環、碳通量在海域水體之宿命、碳通量對漁業之影響及聖嬰現象與溫室氣體通量之關聯性。

研究方法

一、採樣之地點

選擇淡水河及高屏溪上、中、下游具代表性之採樣點，每年至少四次。測定澄清湖採樣點，進行定期監測。每次採樣前利用 GPS 進行定位，確認採樣場址，利用雷射測遠儀量測河寬，流量計進行流速測定，以評估流量。

二、研究方法

1. 環境因子之測定

每次採樣時，紀錄天候與時間，同時測定氣溫、罩溫、光照強度及風速等，詳細項目如下—

- (1)溫度測定：利用風速計上之溫度測定設備直接讀取數值。
- (2)採樣罩內氣溫測定：直接讀取採樣罩上溫度計之數值。
- (3)光照強度測定：以照度計直接測定採樣時之光照強度。
- (4)氣象監測：指北針定北方後，以風向風速計測定。

2. 溫室氣體之採樣裝置與方式

自製體積 18 公升之圓桶採樣罩 (上方直徑 25 cm，下方直徑 28.5 cm，高 32 cm)，罩頂配有電動風扇馬達、溫度計及氣體取樣口，罩底則加裝浮力裝置，利用此氣體收集箱覆蓋於待測之水體，隔絕內外空氣之對流，分別於第 0 及第 30 分鐘時以 50 毫升可拋棄式塑膠針筒，抽取罩內氣體樣品 50 毫升，注入已事先封口，體積為 13 毫升之玻璃血清瓶內，在氣體樣品注入(取代)的同時，於瓶口的血清塞上插入一支小針頭，以便排出瓶內原有氣體，剩餘 10 毫升氣體樣品尚未注入前，先將排氣用的小針頭拔離血清塞，再將剩餘之樣品氣體完全注入樣品瓶中，使樣品瓶內之壓力呈略大於 1 大氣壓狀態，完成採樣。攜回實驗室再儘速以氣相色層分析儀分析其二氧化碳或甲烷含量，測定在單位時間及單位面積上所增加之二氧化碳或甲烷通量，每次試驗進行三重複。

3. 二氧化碳與甲烷之分析方法

將採回之樣品，以氣相層析儀分析二氧化碳與甲烷之濃度，進而據以估算二氧化碳與甲烷之釋放速率(產量)。

(1). 二氧化碳分析條件

使用氣相層析儀 Shimadzu 14A，分析時使用內徑 2.6 mm、總長 2 m、填充 Porapak Q (80/100 mesh) 之玻璃管柱、爐溫為 100 °C、以 TCD 為偵測器、注射溫度及偵測溫度皆為 120°C、電流強度 90 mV、攜帶氣體為氮氣、流速 60 ml min⁻¹，此時二氧化碳的滯留時間約為 1.9 min。

(2). 甲烷分析條件

使用氣相層析儀 Shimadzu 14A，分析時使用內徑 2.6 mm、總長 2 m、填充 Porapak Q (80/100 mesh) 之玻璃管柱、爐溫 100 °C、注射及偵測溫度皆為 130 °C、以 FID 為偵測器、攜帶氣體為氮氣、流速 20 ml min⁻¹，此時甲烷的滯留時間約為 1.6 min。

(3). 二氧化碳及甲烷釋放速率的估算

利用 $F_a = (V/A)(\Delta C/\Delta T)$ 公式計算溫室氣體排放量(Yang & Chang, 1997)

其中 F_a = 釋放通量 (mg m⁻² h⁻¹)

V = 採樣罩之體積 (m³)

A = 採樣罩之截面積 (m²)

ΔC = 0 時與 t 時間之溫室氣體濃度差 (mg m⁻³)

ΔT = 二次採樣之時間差異(h)。

4. 水質項目之檢測

(1).導電度之測定：以導電度計測定。

(2).葉綠素 a 含量之測定：取 1mL 水庫水樣於微量離心管中離心(約 12,000×g)3~5 分鐘，取出 960μL 上清液後再加入 960μL 絕對酒精，使最後酒精含量為 96%，然後置於暗處直至葉綠素完全溶出，最後將混合液以 12,000×g 離心五分鐘，取上層液測 649 nm 及 665 nm 的吸光值。葉綠素 a 含量依下列公式計算：

$$\text{葉綠素 a}(\mu\text{g/mL})=13.7A(665)-5.76A(649)$$

(3).懸浮顆粒中有機物與無機物含量之測定：水樣通過過濾器(孔徑 0.7 μm，直徑 25 mm 之 Whatman GF/F 玻璃纖維濾紙)，抽氣過濾收集懸浮顆粒，此濾紙以 60℃ 烘乾，稱重後扣除濾紙原重，可得懸浮顆粒重量，再以 450℃，進行 3 小時烘燒，以去除有機質，稱重後扣除濾紙原重，即為總無機質量，懸浮顆粒重量扣去總無機質量，即為有機質總量(TOM)。

(4). pH 測定：利用酸鹼度計(pH meter)經校正平衡後讀取數值。

(5).水體 NH₃、NO₃⁻、COD 之測定：將水樣保存於棕色玻璃瓶中，利用水質檢測器及其附屬之套件(Kits)，選定特定波長，檢測這些項目。

(6).無機碳之測定：取水樣或懸浮固體物以元素分析儀測量其總碳量，將此量扣除(5)之總有機碳量，即為無機碳量(PIC 或 DIC)。

(7).總鹼度之測定：取適量之水樣以 0.1N 之 HCl 滴定，直至甲基橙指示劑變色為止。

(8).水溫測定：利用酸鹼度計上之溫度測定設備直接讀取數值。

(9).濁度之測定：以濁度計進行測定。

(10).氧化還原電位之測定：利用氧化還原測定器經校正後，經 10 分鐘平衡時間後讀取數值。

(11).溶氧之測定：以溶氧測定儀測定

(12).BOD 測定：以環檢所公告標準方法測定 BOD₅。

(13).生菌數測定：盡可能無菌下以 Millipore Kit 進行測定。

5. 底泥特性分析

(1).酸鹼度(pH 值)：取 10 g 風乾底泥加 10 mL 蒸餾水，攪拌製成 1：1 之水土比，混合均勻，靜置一小時後，以 pH 電極測定之。

(2).底泥之前處理：取部分新鮮底泥，通過 2 mm 篩網後備用。

(3).總有機碳量(TOC)測定：稱取適量底泥，以總有機碳分析儀及以非分散式紅外線分析儀為偵測器，測量其總有機碳量。

- (4).無機態氮(NH_4^+ , NO_3^-)含量分析：稱取 5g 新鮮底泥，經底泥前處理步驟後，加入 50 mL 2M KCl 溶液萃取(土/水=1/10)，振盪一小時後，以 Whatman 42 號濾紙過濾，收集濾液。以水質檢測器及其附屬之套件(Kits)，選定特定波長，分析樣品液中 NH_4^+ 及 NO_3^- 之含量。
- (5).導電度測定：底泥經前處理步驟並風乾後，取 50g 放入燒杯，加入蒸餾水並攪拌至土面有反光現象，且無多餘水淹蓋土面，此時土壤中全部孔隙充滿水分，即成為水飽和土糊。靜置 10~15 分鐘，將土糊倒入布氏漏斗中，抽氣收集濾液，以導電計測其導電度，再減去蒸餾水之導電度，即為飽和抽出液之導電度。
- (6).陽離子交換能力測定：底泥經前處理步驟並風乾後，取適量放入燒杯，加入蒸餾水，以 Kit 檢測交換後 Na 含量，換算為 CEC。

6. 統計分析

以 SAS 統計軟體簡單分析各種環境因子、水質特性及底泥成分與二氧化碳與甲烷氣通量之關聯性，並進一步以迴歸分析方式找出推估水域溫室氣體通量之預估方程式，並尋求水域溫室氣體減量之可行措施。

結果與討論

一、目前環境基本之資料分析結果

1. 淡水河水域

目前所選擇之淡水河水域採樣點，根據其流向共分為上、中及下游三個採樣點，分別為柑園大橋、大漢橋及關渡大橋，這三個採樣點亦分別代表三種不同水質特性之水體。為求採樣數據之精確性，每次採樣點盡可能相同，以便了解各採樣點各空氣、水質及底泥特性長期之變化，因此，採樣點之定址以 GPS 進行定位，以方便研究。採樣之時間除特殊情況大都以白天進行，在三十六次之調查中，除八次天氣為陰天其餘調查天氣皆為晴天。以風速而言，淡水河水域之風速在 $1.02\sim 8.45\text{ m s}^{-1}$ ，而高屏溪水域則在 $0.25\sim 6.27\text{ m s}^{-1}$ ，並無顯著強風影響氣體濃度之監測。在溫度方面，淡水河水域之氣溫在 $13.8\sim 44.2^\circ\text{C}$ ，而高屏溪水域在 $23.5\sim 39.0^\circ\text{C}$ ，其變化範圍相對淡水河水域氣溫較小，因此，溫度對溫室效應氣體通量之影響，需進一步評估。在流量方面，由於近五年各採樣點之流量數據相當缺乏，因此自行以流速計及雷射測遠儀進行評估，淡水河水域之流量在 $0.16\sim 82.6\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ (以上游流量最小)，而高屏溪水域則在 $0.08\sim 36.3\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ (以下游流量最大，上游最小)，其中第五次與第六次流量測值，分別在 2004/06 及 2004/07 測定，受颱

風之影響，流量相對前面四次豐沛。照度方面，則變化相當大，由 2 至 125,000 Lux 皆有，因此，照度對水體生物二氧化碳及甲烷之影響還有待評估。有關氣壓之測定，乃新增之項目，主要是欲進一步考量其對溫室氣體逸散之影響，目前僅測定兩次，變化在 742.6~778.8mm-Hg。

表一、目前淡水河水域環境基本參數

次 數	第一次			第二次		
地 點	柑園大橋 (上游)	大漢橋 (中游)	關渡大橋 (下游)	柑園大橋 (上游)	大漢橋 (中游)	關渡大橋 (下游)
GPS 衛星定位	N 25° 07' 32.0"	N 24° 57' 58.4"	N 25° 02' 14.8"	N 25° 07' 32.0"	N 24° 57' 58.4"	N 25° 02' 14.8"
	E 121° 27' 15.3"	E 121° 23' 37.7"	E 121° 27' 40.0"	E 121° 27' 15.3"	E 121° 23' 37.7"	E 121° 27' 40.0"
採樣時間	2003/10/25	2003/10/29	2003/10/29	2003/11/13	2003/11/13	2003/11/13
天候狀況	晚上	晴	晴	晴	陰	晴
風速(m/s)	1.86±0.34	8.45±0.96	4.03±1.54	6.77±0.41	6.53±0.99	3.91±0.88
氣溫 (°C)	23.3	26.2	28.7	22.7	23.9	29.0
平均水溫(°C)	21.3	23.6	25.6	22	20.5	24.2
流量(m ³ /s)	2.43±0.62	15.7±2.36	4.7±0.93	2.61±0.52	13.6±2.43	4.9±1.64
照度(lux)	3	4,500	55,800	79,600	6,350	46,800

表一、目前淡水河水域環境基本參數(續)

次 數	第三次			第四次		
地 點	柑園大橋 (上游)	大漢橋 (中游)	關渡大橋 (下游)	柑園大橋 (上游)	大漢橋 (中游)	關渡大橋 (下游)
GPS 衛星定位	N 25° 07' 32.0"	N 24° 57' 58.4"	N 25° 02' 14.8"	N 25° 07' 32.0"	N 24° 57' 58.4"	N 25° 02' 14.8"
	E 121° 27' 15.3"	E 121° 23' 37.7"	E 121° 27' 40.0"	E 121° 27' 15.3"	E 121° 23' 37.7"	E 121° 27' 40.0"
採樣時間	2004/01/13	2004/01/13	2004/01/13	2004/05/01	2004/05/01	2004/05/01
天候狀況	陰	陰	陰	晴	晴	晴
風速(m/s)	4.90±1.08	4.89±0.58	5.36±1.05	1.86±0.16	2.63±0.03	1.02±0.05
氣溫 (°C)	13.8	14.1	14.5	34.1	31.1	31.6
平均水溫(°C)	15.2	15.1	15.3	29.0	26.2	26.5
流量(m ³ /s)	0.16±0.02	35.2±6.61	54.7±3.16	2.75±0.83	16.8±5.43	25.5±7.25
照度(lux)	4,500	5,200	3,800	79,900	76,600	62,900

表一、目前淡水河水域環境基本參數(續)

次 數	第五次			第六次		
地 點	柑園大橋 (上游)	大漢橋 (中游)	關渡大橋 (下游)	柑園大橋 (上游)	大漢橋 (中游)	關渡大橋 (下游)
GPS 衛星定位	N 25° 07' 32.0"	N 24° 57' 58.4"	N 25° 02' 14.8"	N 25° 07' 32.0"	N 24° 57' 58.4"	N 25° 02' 14.8"
	E 121° 27' 15.3"	E 121° 23' 37.7"	E 121° 27' 40.0"	E 121° 27' 15.3"	E 121° 23' 37.7"	E 121° 27' 40.0"
採樣時間	2004/07/14	2004/06/30	2004/06/30	2004/07/31	2004/07/31	2004/07/31
天候狀況	晴	晴	晴	晴	晴	晴
氣壓(mmHg)	—	—	—	742.6	751.8	750.7
風速(m/s)	4.20±0.47	7.78±0.62	3.78±0.49	1.87±0.17	1.90±0.04	1.70±0.21
氣溫 (°C)	39.6	37.8	39.8	35.2	40.5	44.2
平均水溫(°C)	33.8	28.1	32.3	32.7	30.1	31.2
流量(m ³ /s)	1.32±0.05	43.5±7.01	81.5±5.23	2.19±0.75	44.7±5.32	82.6±6.51
照度(lux)	125,000	79,500	114,100	92,200	106,750	92,350

2.高屏溪水域

表二、目前高屏溪水域環境基本參數

次 數	第一次			第二次		
地 點	三地門大橋 (上游)	高屏大橋 (中游)	雙園大橋 (下游)	三地門大橋 (上游)	高屏大橋 (中游)	雙園大橋 (下游)
GPS 衛星定位	N 22° 42' 45.1"	N 22° 37' 58.3"	N 22° 29' 50.8"	N 22° 42' 45.1"	N 22° 37' 58.3"	N 22° 29' 50.8"
	E 120° 38' 46.3"	E 120° 26' 22.1"	E 120° 25' 31.5"	E 120° 38' 46.3"	E 120° 26' 22.1"	E 120° 25' 31.5"
採樣時間	2003/10/25	2003/10/25	2003/10/24	2003/11/15	2003/11/14	2003/11/14
天候狀況	晴	晴	晴	晴	晚上	陰
風速(m/s)	2.64±0.64	6.27±1.36	3.83±1.72	1.19±0.39	0.25±0.16	1.41±0.20
氣溫 (°C)	24.6	25.8	27.9	25.1	25.2	29.6
平均水溫(°C)	22.3	27.4	27.4	19.1	24.8	26.8
流量(m ³ /s)	0.91±0.82	1.3±3.61	3.56±0.83	0.71±0.08	1.5±0.26	3.75±0.45
照度(lux)	34,200	41,500	37,400	40,050	2	22,800

表二、目前高屏溪水域環境基本參數(續)

次 數	第三次			第四次		
地 點	三地門大橋 (上游)	高屏大橋 (中游)	雙園大橋 (下游)	三地門大橋 (上游)	高屏大橋 (中游)	雙園大橋 (下游)
GPS 衛星定位	N 22° 42' 45.1"	N 22° 37' 58.3"	N 22° 29' 50.8"	N 22° 42' 45.1"	N 22° 37' 58.3"	N 22° 29' 50.8"
	E 120° 38' 46.3"	E 120° 26' 22.1"	E 120° 25' 31.5"	E 120° 38' 46.3"	E 120° 26' 22.1"	E 120° 25' 31.5"
採樣時間	2004/01/15	2004/01/14	2004/01/14	2004/04/30	2004/04/30	2004/04/30
天候狀況	晴	晴	晴	晴	晴	陰
風速(m/s)	1.57±0.12	1.34±0.30	4.11±0.09	2.11±0.06	2.47±0.38	2.08±0.14
氣溫 (°C)	23.5	24.1	25.2	28.2	35.6	33.1
平均水溫(°C)	19.5	22.4	24.8	24.5	31.7	32.2
流量(m ³ /s)	0.13±0.02	3.12±0.81	13.6±2.41	0.08±0.001	4.91±1.32	36±6.21
照度(lux)	32,600	40,800	47,100	48,200	68,200	20,300

表二、目前高屏溪水域環境基本參數(續)

次 數	第五次			第六次		
地 點	三地門大橋 (上游)	高屏大橋 (中游)	雙園大橋 (下游)	三地門大橋 (上游)	高屏大橋 (中游)	雙園大橋 (下游)
GPS 衛星定位	N 22° 42' 45.1"	N 22° 37' 58.3"	N 22° 29' 50.8"	N 22° 42' 45.1"	N 22° 37' 58.3"	N 22° 29' 50.8"
	E 120° 38' 46.3"	E 120° 26' 22.1"	E 120° 25' 31.5"	E 120° 38' 46.3"	E 120° 26' 22.1"	E 120° 25' 31.5"
採樣時間	2004/06/29	2004/06/29	2004/06/29	2004/07/30	2004/07/30	2004/07/30
天候狀況	晴	晴	晴	晴	晴	晴
氣壓(mmHg)	—	—	—	778.8	765.3	762.0
風速(m/s)	1.93±0.06	1.60±0.23	1.60±0.27	0.97±0.22	3.97±0.29	2.41±0.11
氣溫 (°C)	33.2	37.3	39.0	26.7	36.6	32.6
平均水溫(°C)	26.8	32.5	33.5	25.0	29.8	31.8
流量(m ³ /s)	4.80±1.35	6.12±2.04	33.42±3.8 1	14.8±3.12	36.3±5.21	33.2±4.19
照度(lux)	52,400	64,600	92,200	59,600	77,600	115,600

3.澄清湖

澄清湖目前採樣共計四次，共分佈三個季節，採樣點皆在相同位置，其中一次於夜間進行，以評估澄清湖是否有顯著優養化現象發生。以風速而言，澄清湖之風速在 $0.13 \sim 1.95 \text{ m s}^{-1}$ ，相較淡水河及高屏溪之風速低，無顯著強風影響氣體濃度之監測。在溫度方面，澄清湖之氣溫在 $18.7 \sim 38.6^{\circ}\text{C}$ ，其氣溫變化範圍相對高屏溪水域大，因此，溫度對溫室效應氣體通量之影響，需進一步評估。在蓄水量方面，第三次與第四次正逢颱風過後，水量相當豐沛，較前兩次測定約高 3 倍。照度方面，則變化相當大，由 0 至 49,600

Lux 皆有，因此，照度對水體生物二氧化碳及甲烷之影響尚有待評估。

表三、目前澄清湖之環境基本參數

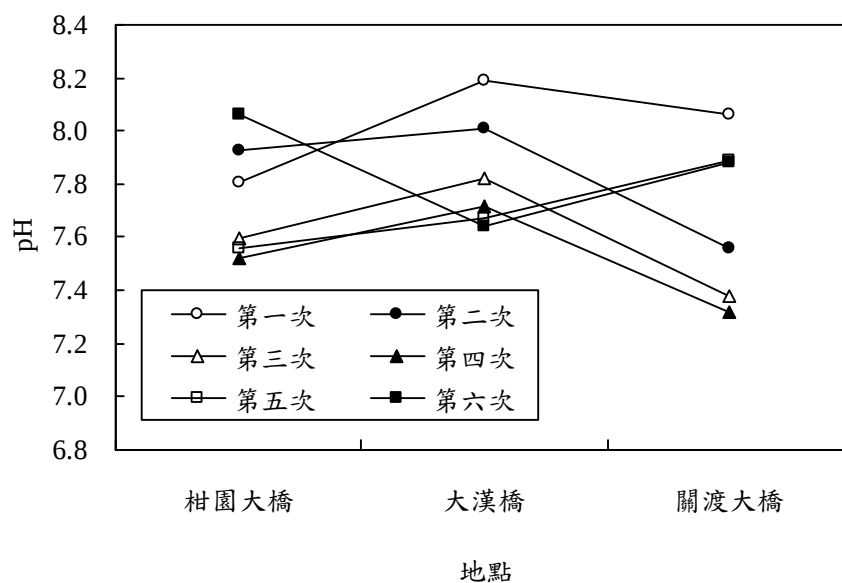
次 數	第一次	第二次	第三次	第四次
GPS 衛星定位	N 22° 39' 45.8" E 120° 21' 23.8"	N 22° 39' 45.8" E 120° 21' 23.8"	N 22° 39' 45.8" E 120° 21' 23.8"	N 22° 39' 45.8" E 120° 21' 23.8"
採樣時間	2004/01/14	2004/04/30	2004/06/29	2004/07/30
天候狀況	晚上	晴	晴	晴
氣壓(mmHg)	—	—	—	759.74817
風速(m/s)	0.13±0.05	2.16±0.04	1.72±0.30	1.95±0.84
氣溫 (°C)	18.7	35.1	38.6	33.5
水量(m ³)	133×10 ⁴	118×10 ⁴	343×10 ⁴	351×10 ⁴
照度(lux)	0	49,600	27,400	27,900

二、各流域之水質變化

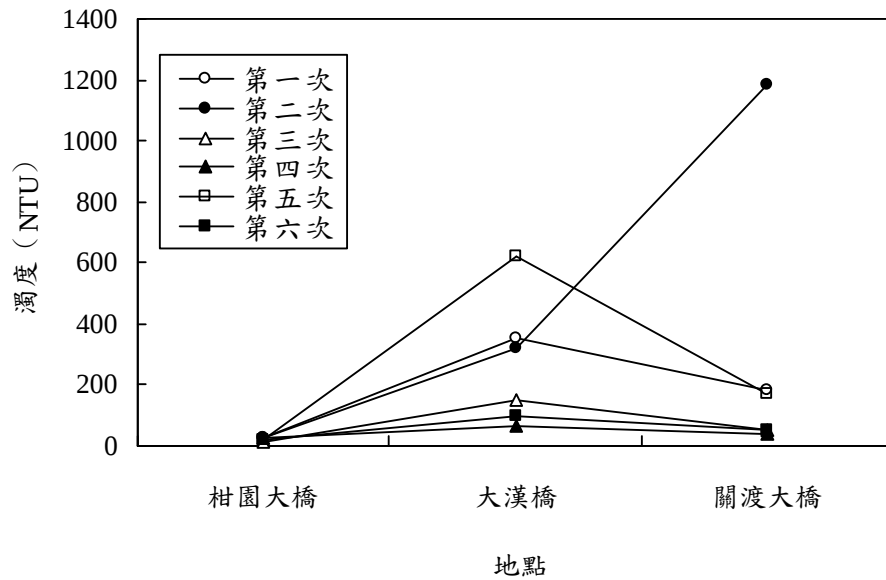
1.淡水河流域各水質變化情形

(1). pH 與濁度

圖一及圖二為淡水河流域上、中及下游水質之 pH 變化與濁度變化，結果顯示 pH 之變化在 7.32~8.19 間，六次測定以下游出海口附近之關渡大橋採樣點之 pH 變化較大。而濁度以上游採樣點柑園大橋最佳，平均為 23.1±0.51 NTU，以中游採樣點大漢橋較差，平均為 268.8±90.34 NTU，而第二次採樣時下游關渡大橋採樣點之濁度高達 1,185 NTU，乃因測定時正逢退潮，河水夾帶大量土壤所致。



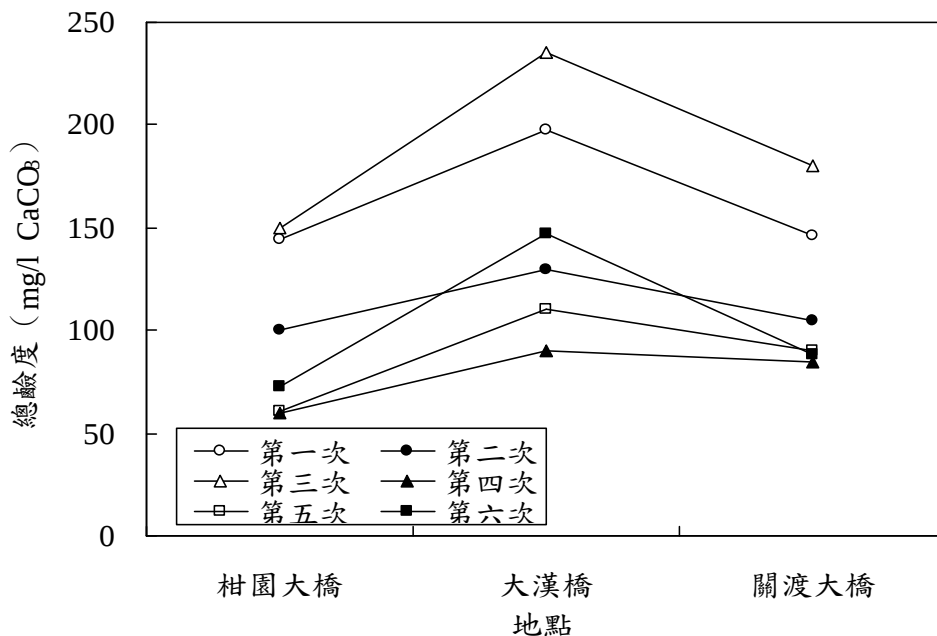
圖一、淡水河流域各採樣點之 pH 變化



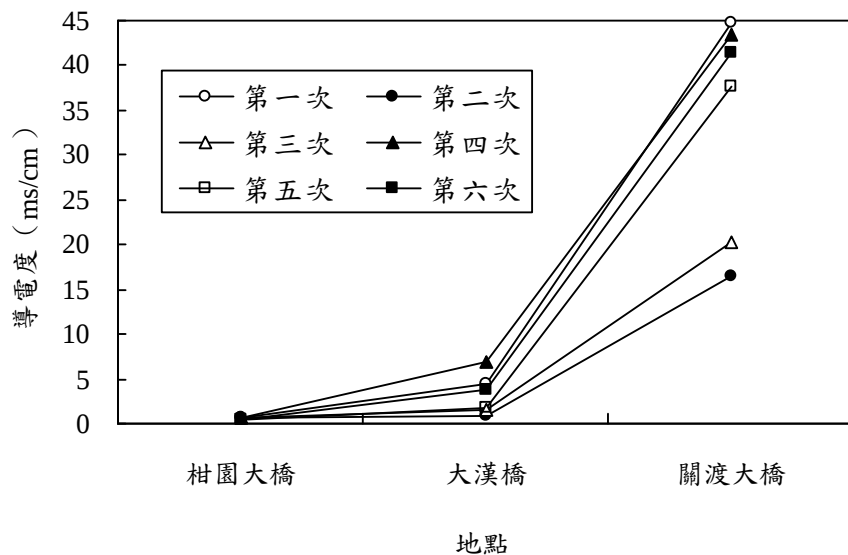
圖二、淡水河流域各採樣點之濁度變化

(2). 鹼度與導電度

圖三及圖四為淡水河流域上、中及下游水質之鹼度變化與導電度變化，結果顯示第三次測定時各採樣點之總鹼度最高，第四次測定時各採樣點之總鹼度最低，其中以中游採樣點大漢橋之總鹼度最高，而前四次測定時鹼度之變化與水質 pH 趨勢(圖一)相似，顯然水中存在較高之鹼度將提高 pH，第五次及第六次測定在颱風過後，水質成分相當複雜，鹼度與 pH 之變化並非一致。至於導電度之變化，則呈現越往下游，導電度愈高之趨勢，其中下游接近出海口之採樣點關渡大橋導電度竟高達 45 ms cm^{-1} ，下游與上游之導電度相差達 75 倍。



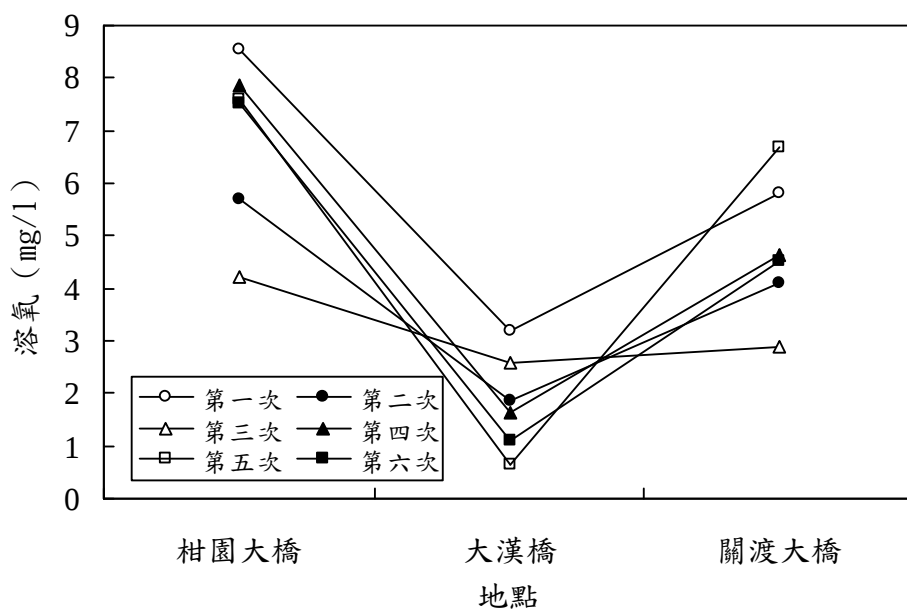
圖三、淡水河流域各採樣點之總鹼度變化



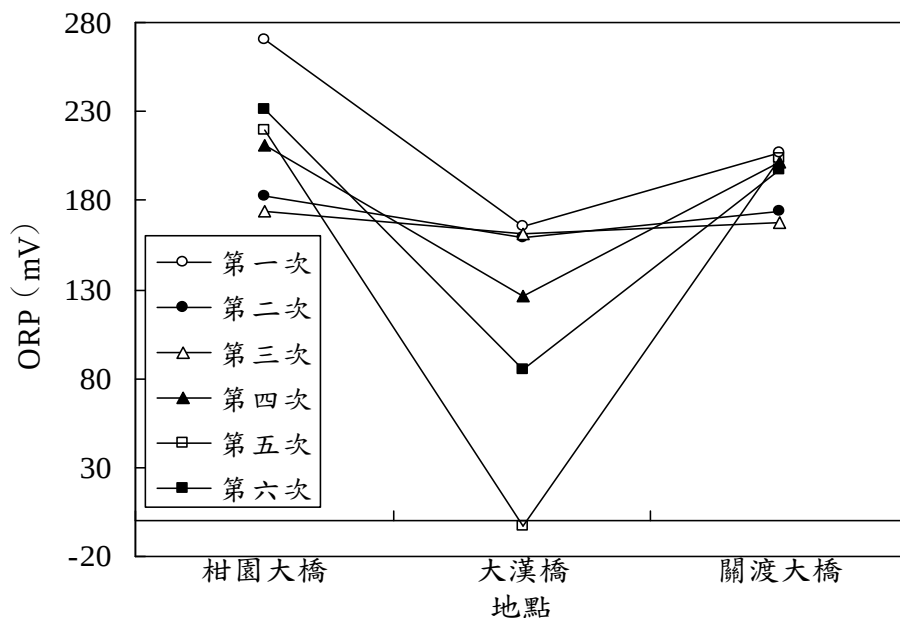
圖四、淡水河流域各採樣點之導電度變化

(3). 溶氧與氧化還原電位

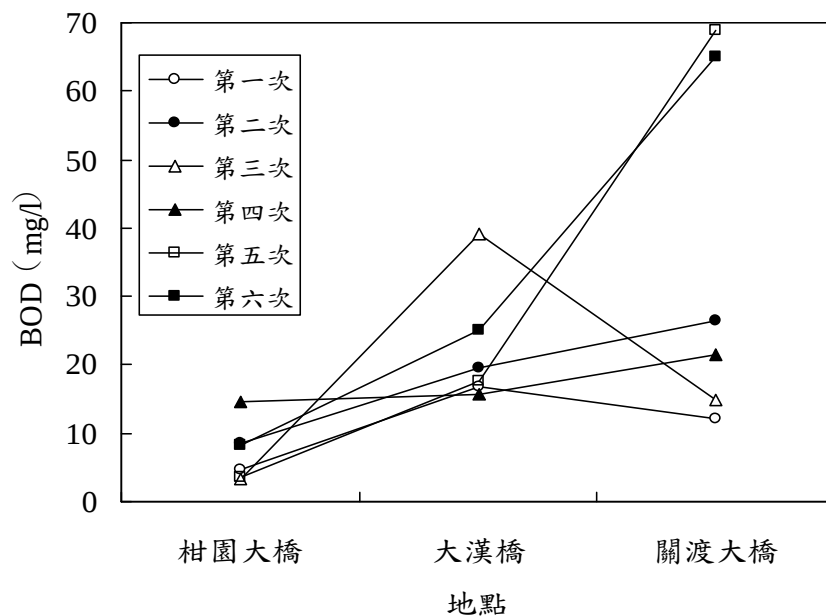
圖五及圖六為淡水河流域上、中及下游水質之溶氧與氧化還原電位(ORP)之變化，結果顯示淡水河流域不同地點之溶氧變化相當劇烈，即使相同地點，不同季節溶氧之變化亦可相差 4 mg l^{-1} ，其中以上游採樣點柑園大橋較佳，中游採樣點大漢橋明顯較差，溶氧甚至降低至 0.66 mg l^{-1} ，因此各河段之污染源及污染情形有必要繼續追蹤與深入探討。至於氧化還原電位(ORP)之變化趨勢與圖六之溶氧變化相似，其中僅第五次監測之 ORP 降至負值(-3 mV)，因此，可推測河川表層之甲烷產量應非相當顯著。



圖五、淡水河流域各採樣點之溶氧變化



圖六、淡水河流域各採樣點之 ORP 變化

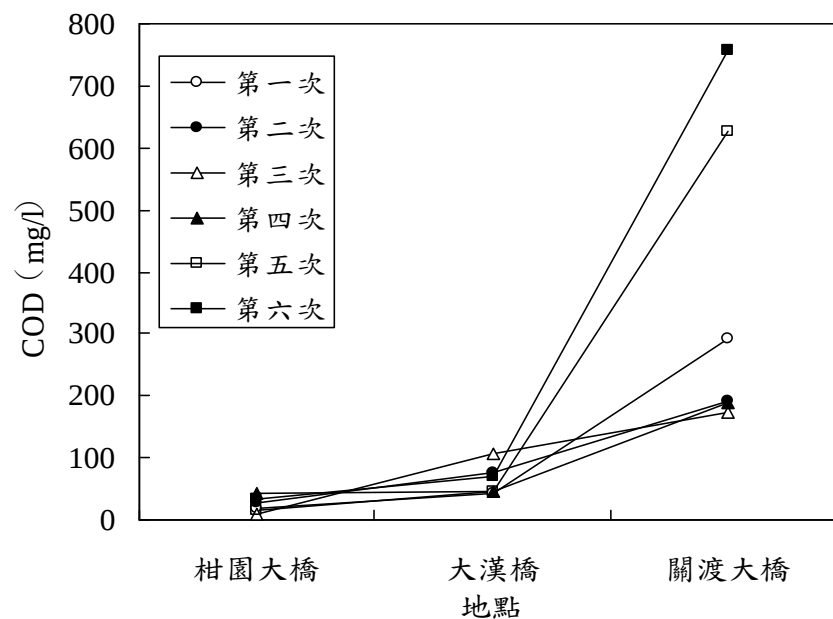


圖七、淡水河流域各採樣點之 BOD 變化

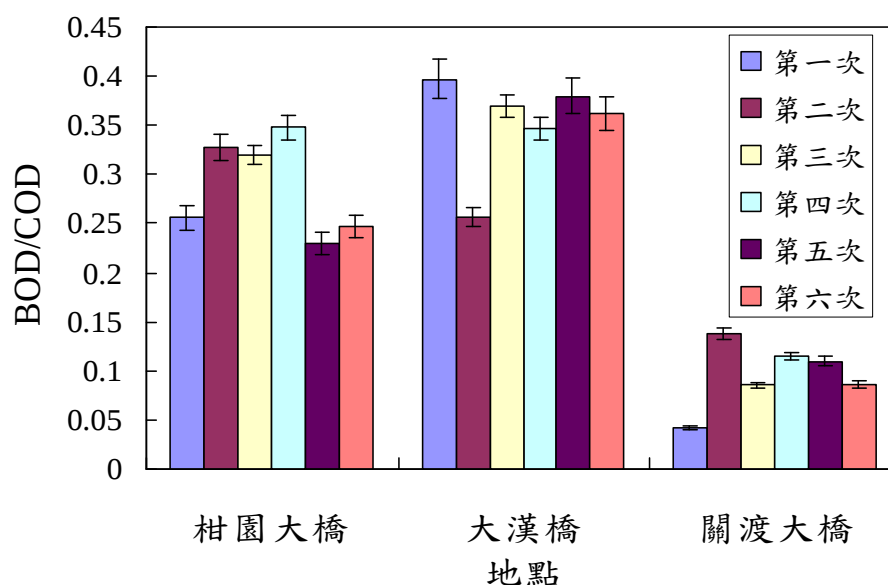
(4). 生化需氧量與化學需氧量

圖七及圖八為淡水河流域上、中及下游水質之生化需氧量(BOD)與化學需氧量(COD)之變化，結果顯示 BOD 以中、下游污染較嚴重，而上游採樣點柑園大橋之污染最輕微，COD 則是以下游採樣點關渡大橋污染最嚴重，其中第五次測定與第六次測定在颱風過後，因此，夾帶大量有機物質，無論 COD 與 BOD 皆異常增高。由於柑園大橋屬大漢溪上游，污染以零星之生活污水(如：洗衣廢水)為主，中游採樣點大漢橋為大漢溪下游、淡水河流域中游，污染以畜牧廢水為主，下游採樣點關渡大橋，則同時匯集了工業廢水

與家庭廢水，污染量最大。若進一步分析其 BOD 與 COD 之比值(圖九)，以了解其排入有機物之生物分解性，發現上游之比值 0.23~0.34，中游之比值 0.26~0.40，下游之比值 0.04~0.14 與污染源注入之結果與推測相符。



圖八、淡水河流域各採樣點之 COD 變化

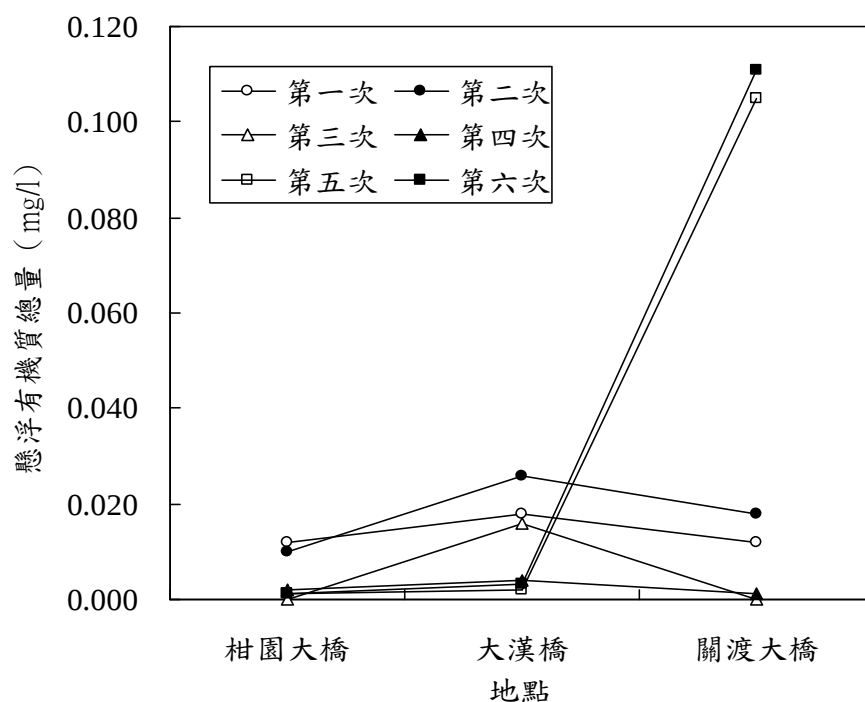


圖九、淡水河流域各採樣點之 BOD/COD

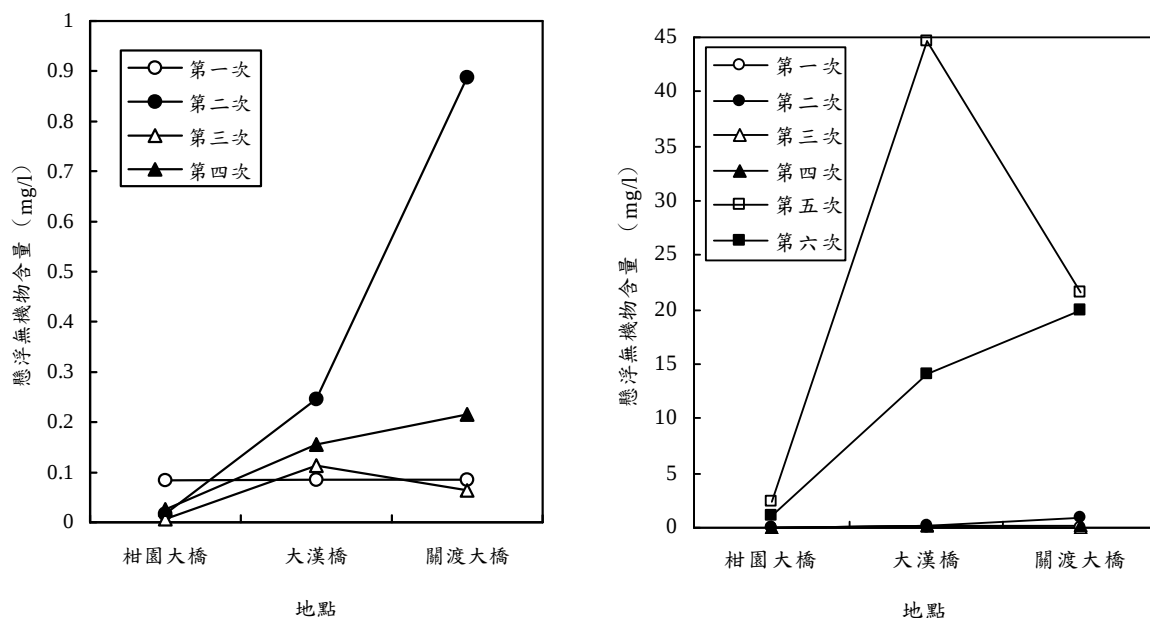
(5). 懸浮有機物與懸浮無機物

圖十及圖十一為淡水河流域上、中及下游水質之懸浮有機物含量與懸浮無機物含量之變化，結果顯示懸浮有機物之含量相當有限約為 $0.001\sim0.026\text{ mg l}^{-1}$ (前四次)，遠比水中之 BOD 或 COD 濃度低，因此可推論河面所逸散之 CO_2 或 CH_4 ，應與水中有機物成分(BOD 或 COD)之關聯性較高，最後兩次測定，在下游因夾帶大量颱風過後之懸浮物

質，因此懸浮有機物含量達 0.1 mg l^{-1} 。而有關懸浮無機物含量之變化，在第二次採樣時，關渡大橋採樣點正逢大退潮，因此夾帶大量之泥沙，導致懸浮無機物含量異常升高，第五次及第六次採樣，則正逢颱風過後，水中懸浮無機物含量遠較平日高出甚多倍，其餘採樣時間則無顯著差異，而此變化亦造成濁度同步遽升現象(圖二)。



圖十、淡水河流域各採樣點之懸浮有機物含量變化

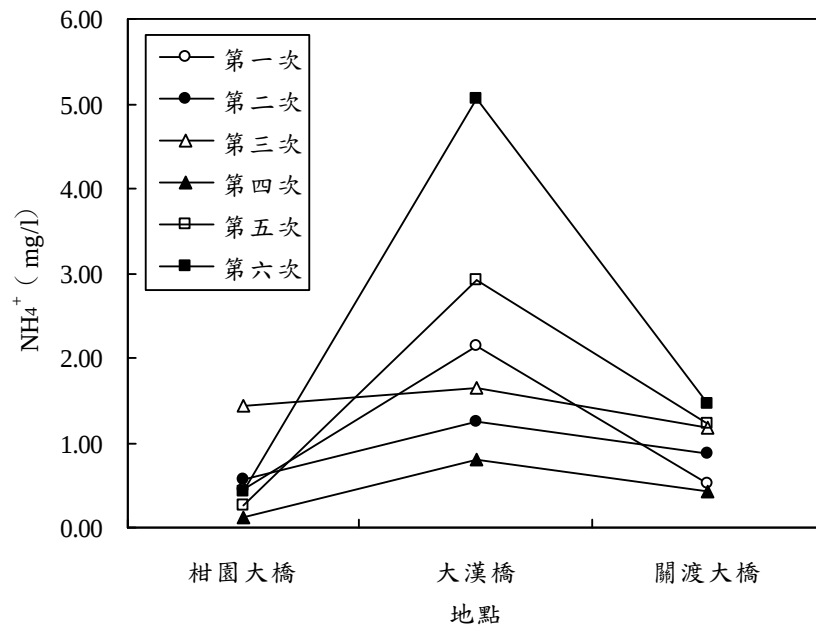


圖十一、淡水河流域各採樣點之懸浮無機物含量變化

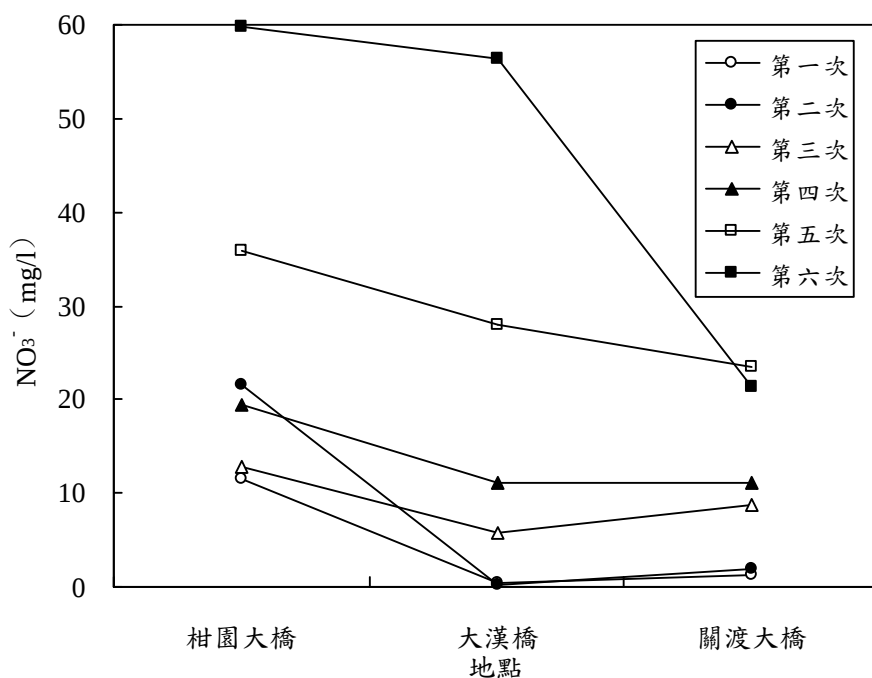
(6). 氮與硝酸鹽

圖十二及圖十三為淡水河流域上、中及下游水質之氮(NH_4^+)濃度與硝酸鹽濃度(NO_3^-)

之變化，結果顯示 NH_4^+ 濃度變化在 0.11 至 5.07 mg l^{-1} 間，相對目前之飲用水水源水質標準 17 mg l^{-1} ，污染情形並不嚴重。 NO_3^- 之濃度變化在前四次測定中，約在 0.26 至 21.62 mg l^{-1} 間，第五次及第六次採樣，則正逢颱風過後， NO_3^- 之濃度高達 59.8 mg l^{-1} 。上游採樣點柑園大橋附近，主要受生活污水污染，因此 NO_3^- 之濃度較高，但仍低於目前放流水標準 50 mg l^{-1} ，中游採樣點大漢橋附近，主要受畜牧廢水污染，因此 NH_4^+ 濃度相對較高，若觀察圖六之溶氧變化，亦可發現中游大漢橋採樣點溶氧最低，因此其 NH_4^+ 濃度最高， NO_3^- 之濃度較低。



圖十二、淡水河流域各採樣點之氨(NH_4^+)濃度變化

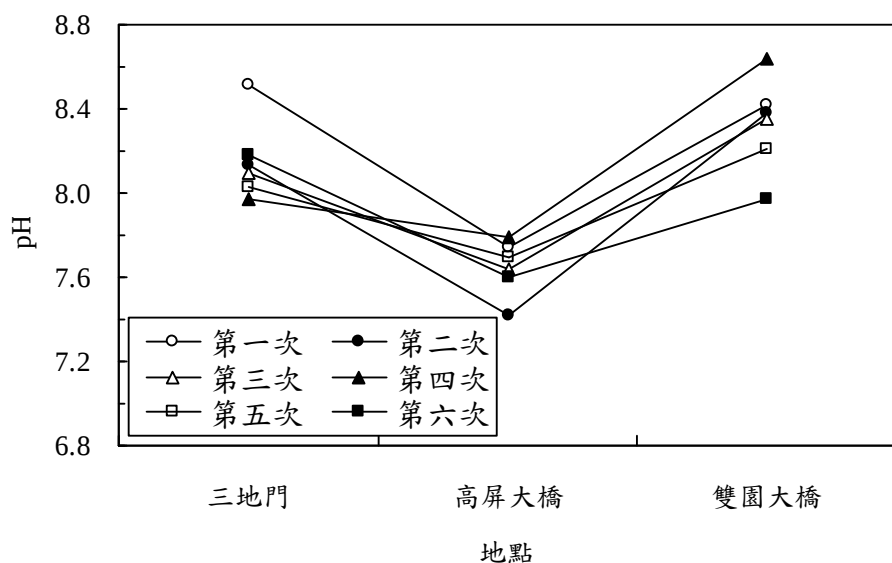


圖十三、淡水河流域各採樣點之硝酸鹽濃度(NO_3^-)變化

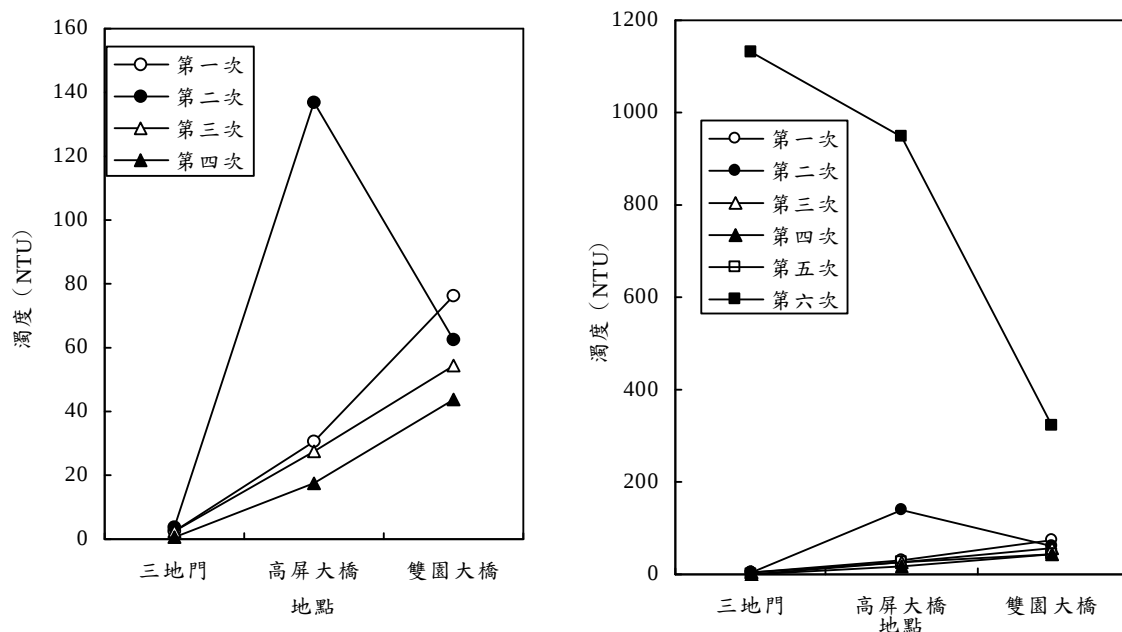
2. 高屏溪流域各水質變化情形

(1). pH 與濁度

圖十四及圖十五為高屏溪流域上、中及下游水質之 pH 變化與濁度變化，結果顯示 pH 之變化在 7.42~8.64 間，但出海口雙園大橋之 pH 變化並未如淡水河流域之關渡大橋有顯著之差異，換句話說，出海口潮汐之變化將影響水質。而前五次採樣濁度之變化在 0.6 至 137 NTU 間，普遍比淡水河流域水質佳，其中以上游採樣點三地門橋最佳，平均為 2.26 ± 1.15 NTU，而在第六次採樣，正逢颱風過後，三地門流域進行施工，因此濁度激增為 1130 NTU，為較特殊情形。除第二次中游採樣點高屏大橋濁度稍高外，濁度之最高處幾乎是位於下游之出海口採樣點。



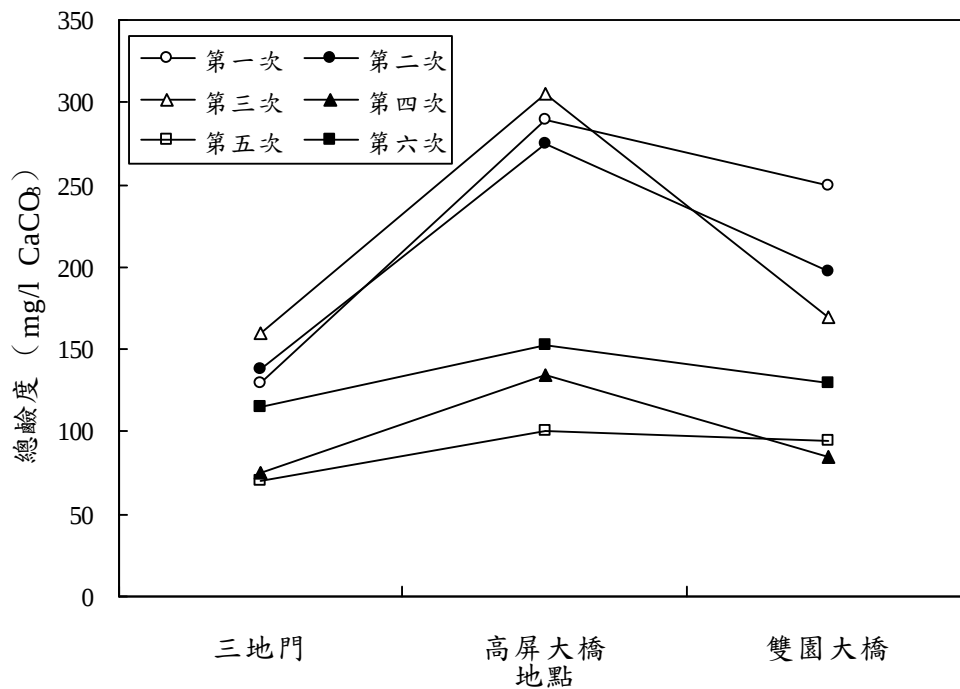
圖十四、高屏溪流域各採樣點之 pH 變化



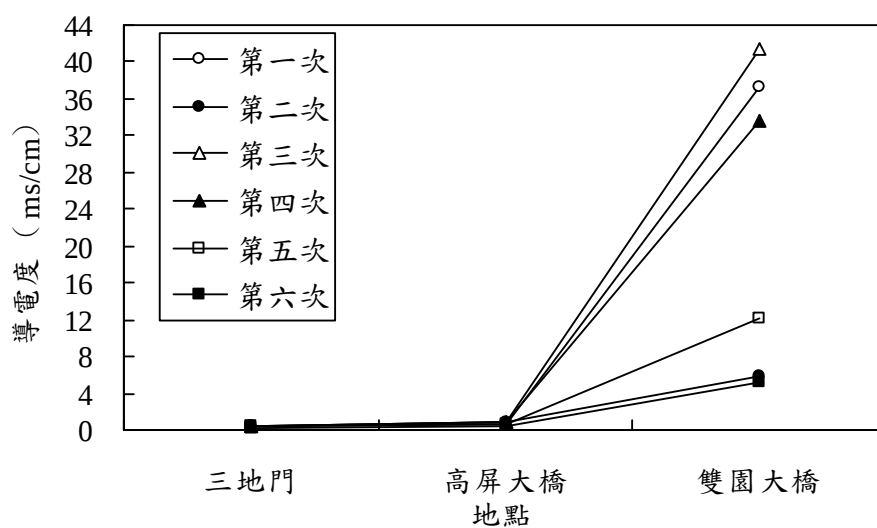
圖十五、高屏溪流域各採樣點之濁度變化

(2). 鹼度與導電度

圖十六及圖十七為高屏溪流域上、中及下游水質之鹼度變化與導電度變化，結果顯示高屏溪流域各採樣點之鹼度皆比淡水河流域高(圖三)，而總鹼度最高值亦皆出現於中游之採樣點，然而在高屏大橋所測之 pH 變化似乎與總鹼度變化趨勢不一致，顯然此處水中含有許多 $\text{pH} > 4.5$ 之污染物質，使得其總鹼度提高但 pH 未顯著增加。而導電度之變化，則與淡水河流域導電度變化之情形相似(圖四)，其中下游接近出海口之採樣點雙園大橋導電度最高。



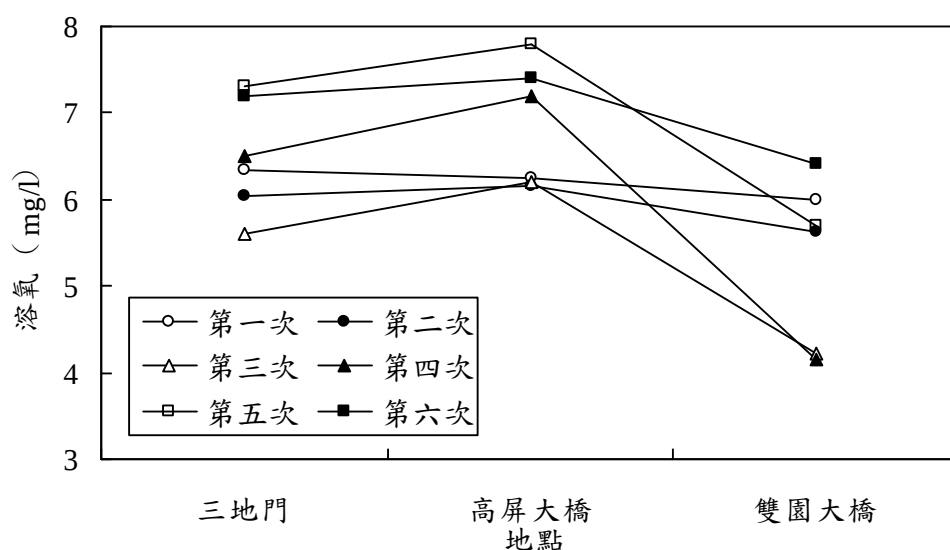
圖十六、高屏溪流域各採樣點之總鹼度變化



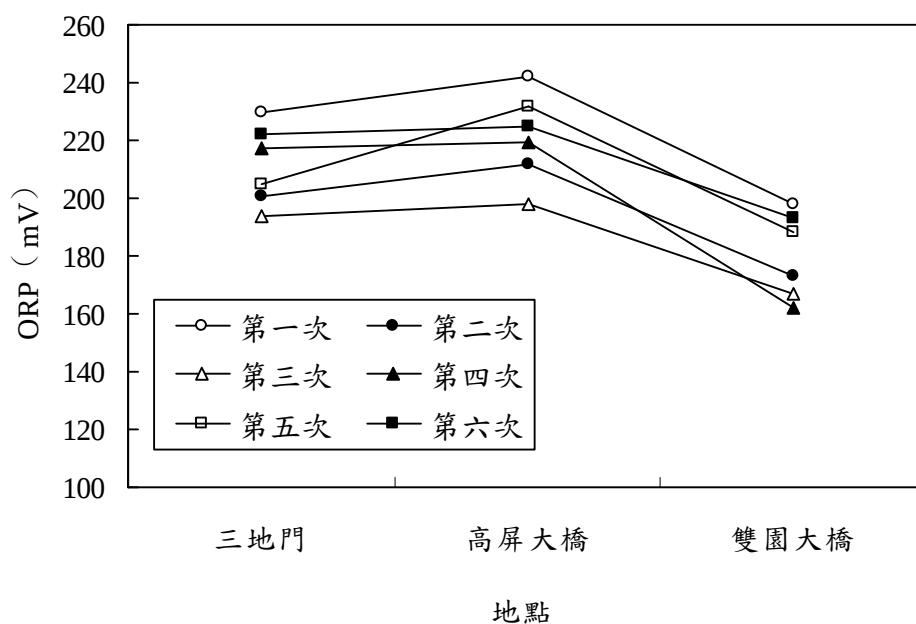
圖十七、高屏溪流域各採樣點之導電度變化

(3). 溶氧與氧化還原電位

圖十八及圖十九為高屏溪流域上、中及下游水質之溶氧與氧化還原電位(ORP)之變化，結果顯示高屏溪流域不同地點之溶氧變化較淡水河流域小($4.15\sim 7.8\text{ mg l}^{-1}$)。而氧化還原電位(ORP)之變化雖然尚受水質 pH 之影響，不過趨勢與圖二十之溶氧變化相似。



圖十八、高屏溪流域各採樣點之溶氧變化

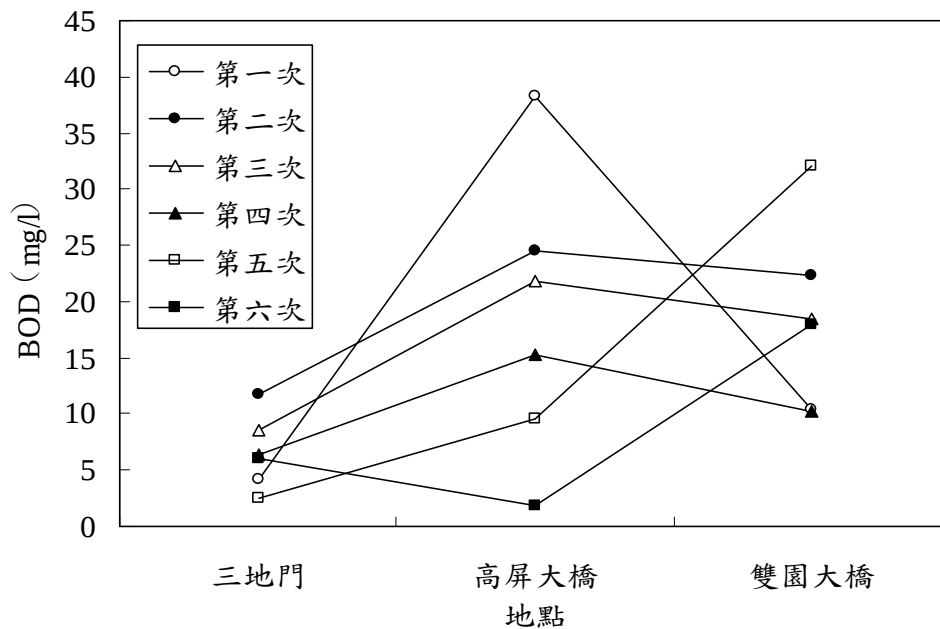


圖十九、高屏溪流域各採樣點之 ORP 變化

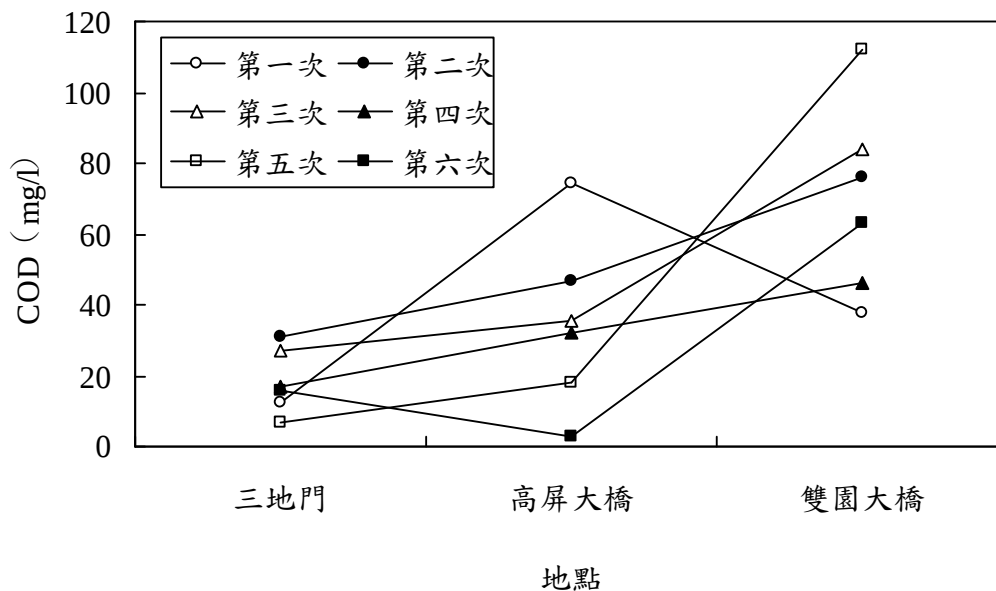
(4). 生化需氧量與化學需氧量

圖二十及圖二十一為高屏溪流域上、中及下游水質之生化需氧量(BOD)與化學需氧量(COD)之變化，結果顯示，正常天候下，BOD 以中游採樣點高屏大橋之污染最嚴重，COD 則以下游污染較嚴重。由於高屏大橋屬高屏溪中游，污染以家庭污水為主，因此

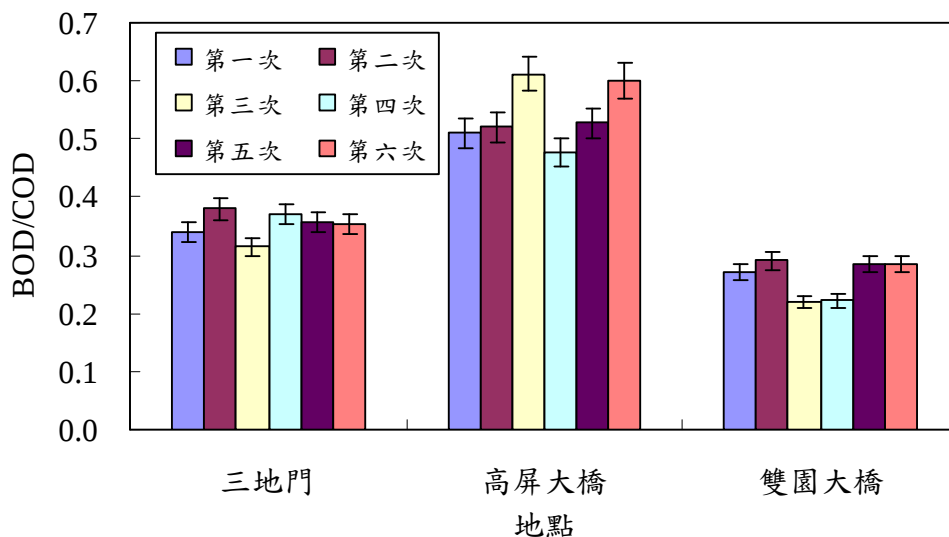
其 BOD 值較高，採樣點雙園大橋為高屏溪下游，污染以工業廢水為主，因此 COD 比 BOD 濃度顯著為多，其中第五次與第六次測定，為颱風過後數日測定，水量極為充沛，水體由上游夾帶大量有機物流向海口，因此 BOD 與 COD 濃度異常增高。若進一步分析其 BOD 與 COD 之比值(圖二十二)，以了解其排入有機物之生物分解性，發現上游之比值 0.32~0.38，中游之比值 0.48~0.61，下游之比值 0.22~0.30 與污染源注入之結果與推測相符。



圖二十、高屏溪流域各採樣點之 BOD 變化



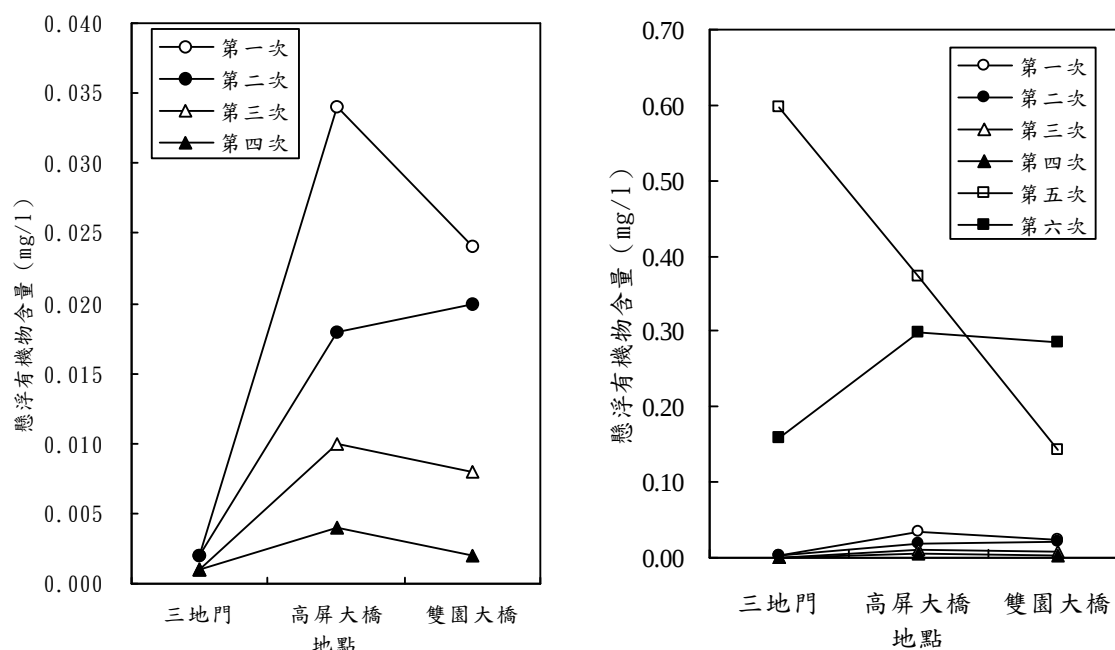
圖二十一、高屏溪流域各採樣點之 COD 變化



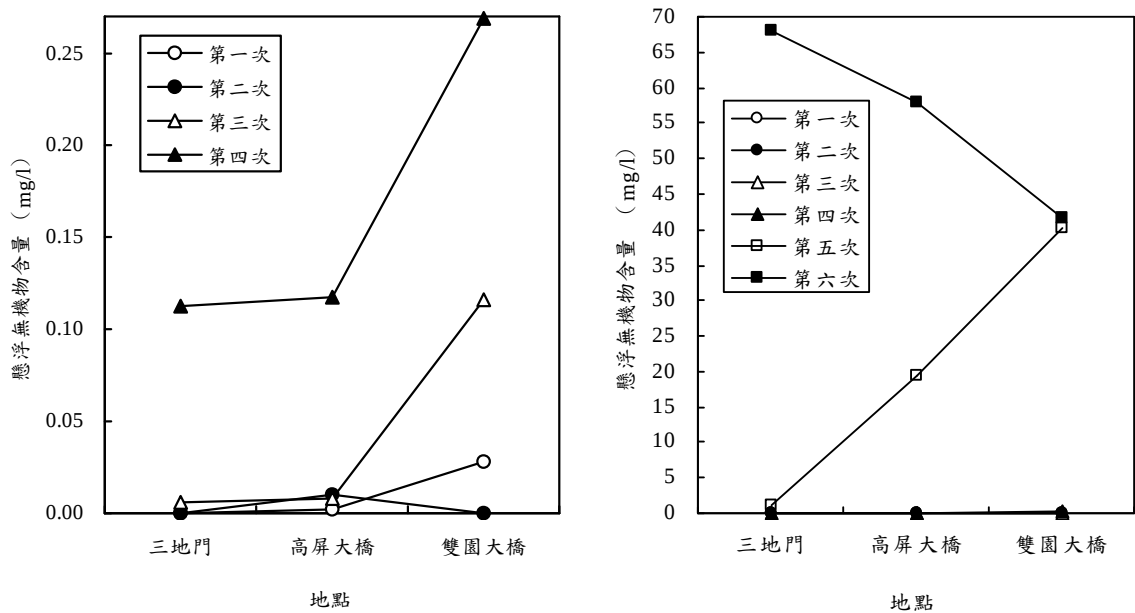
圖二十二、高屏流域各採樣點之 BOD/COD

(5). 懸浮有機物與懸浮無機物

圖二十三及圖二十四為高屏流域上、中及下游水質懸浮有機物含量與懸浮無機物含量變化，結果顯示前四次採樣，水樣中懸浮有機物含量相當有限約為 $0.001 \sim 0.034 \text{ mg l}^{-1}$ ，而以中游高屏大橋採樣點濃度較高，但遠比其水中之 BOD 或 COD 濃度低，此結果與淡水河流域之調查相似。但後兩次採樣，因經歷豪雨及颱風過後，懸浮有機物濃度遽增至 $0.159 \sim 0.598 \text{ mg l}^{-1}$ 。而有關懸浮無機物含量之變化，前四次採樣，水樣中懸浮無機物濃度小於 0.269 mg l^{-1} ，以下游雙園大橋採樣點之濃度較高，而後兩次採樣，因經歷豪雨及颱風過後，懸浮無機物濃度最高達 67.9 mg l^{-1} ，此變化與濁度變化相似。



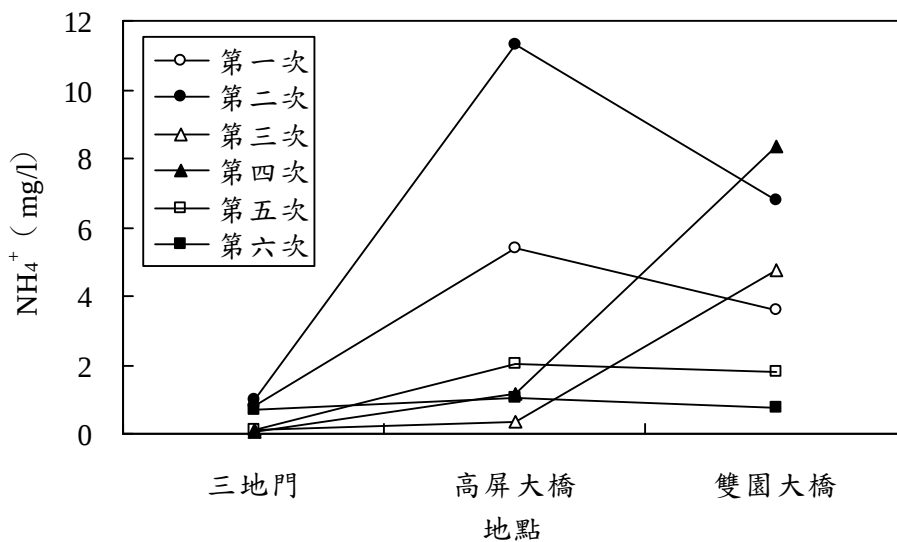
圖二十三、高屏流域各採樣點之懸浮有機物含量變化



圖二十四、高屏流域各採樣點之懸浮無機物含量變化

(6). 氮與硝酸鹽

圖二十五及圖二十六為高屏流域上、中及下游水質之氨(NH_4^+)濃度與硝酸鹽濃度(NO_3^-)之變化，結果顯示 NH_4^+ 濃度變化在 0.08 至 11.3 mg l^{-1} 間，除上游三地門地區濃度較低外，其餘地區污染濃度皆較淡水河流域嚴重 2~9 倍，在中下游 NH_4^+ 污染程度則與 NO_3^- 污染之情形相反，當 NH_4^+ 濃度高時， NO_3^- 之污染則較輕微。至於 NO_3^- 之污染則以下游污染較嚴重，其中第六次採樣，水中 NO_3^- 濃度高達 72 mg l^{-1} 。

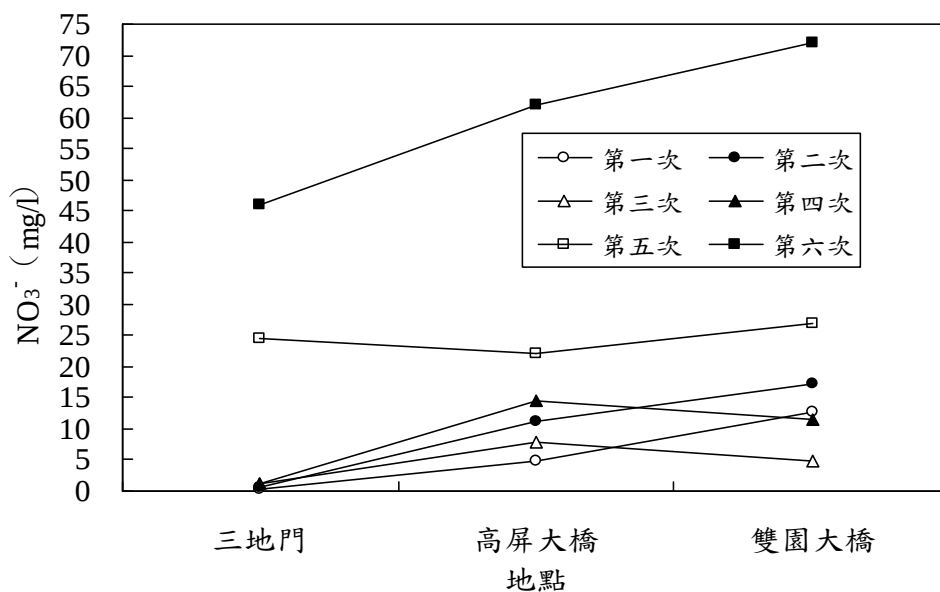


圖二十五、高屏流域各採樣點之氨(NH_4^+)濃度變化

3. 澄清湖水質變化情形

已完成澄清湖四次水體水質之監測，第一次於傍晚，第二次於正午，第三次與第

四次於下午，然而 pH 變化並不顯著，因此，目前澄清湖水體並未發生如過去之嚴重優養化現象。水中導電度不高，與淡水河及高屏溪上游之水質相近，濁度則僅遜於三地門採樣點之水質，溶氧及 ORP 除第一次監測外，差異不大，或許與測量時間有關，需持續追蹤。水中溶解性有機物(BOD 與 COD)與懸浮性有機物含量皆不高，但第三及第四次採樣之懸浮性無機物濃度激增為平日之 10 倍，應與颱風過境有關。前兩次測定之總鹼度值與高屏溪中下游測值相當，但高於淡水河流域之水質，後兩次採樣其濃度則減為原先之 1/2~1/3，應與颱風所帶來之豐沛雨量有關(表四)。水中氮鹽以硝酸鹽為主，但四次測值差異甚大，仍需持續追蹤。此外，由於澄清湖經過整治，已無底泥累積，故水質較過去情況為佳。



圖二十六、高屏溪流域各採樣點之硝酸鹽濃度(NO₃⁻)變化

三、各流域之底泥特性

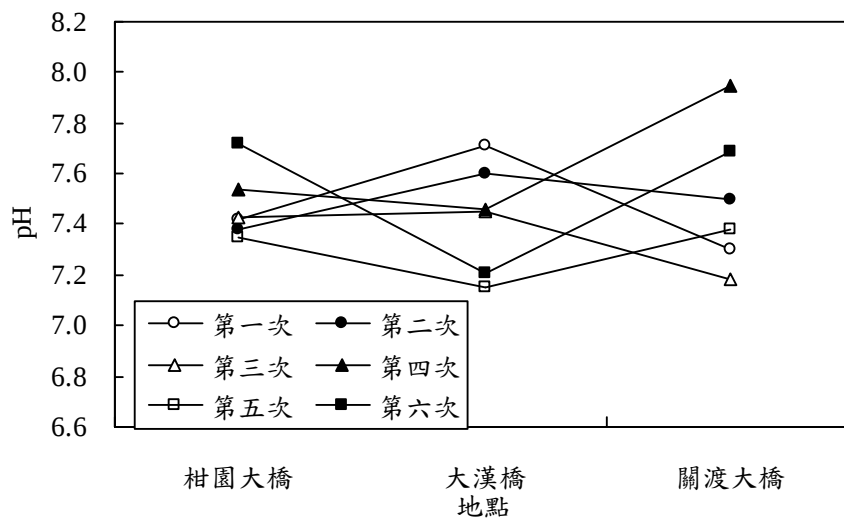
1. 淡水河流域之底泥特性變化情形

(1). pH 與導電度

圖二十七及圖二十八分別顯示淡水河流域上、中及下游底泥之 pH 與導電度變化，結果顯示底泥之 pH 變化並不顯著，平均約在 7.47±0.21 左右，其中以中游採樣點大漢橋稍高，淡水河流域底泥 pH 變化與其水質 pH 變化趨勢相似，同時水中之 pH 值略高於底泥中 pH 值，顯示兩者具有關聯性。在導電度方面，底泥中之導電度和水質導電度變化相似，以出海口關渡大橋處最高，顯見出海水質及底泥之特性深受海水之影響。

表四、目前澄清湖水域水質參數

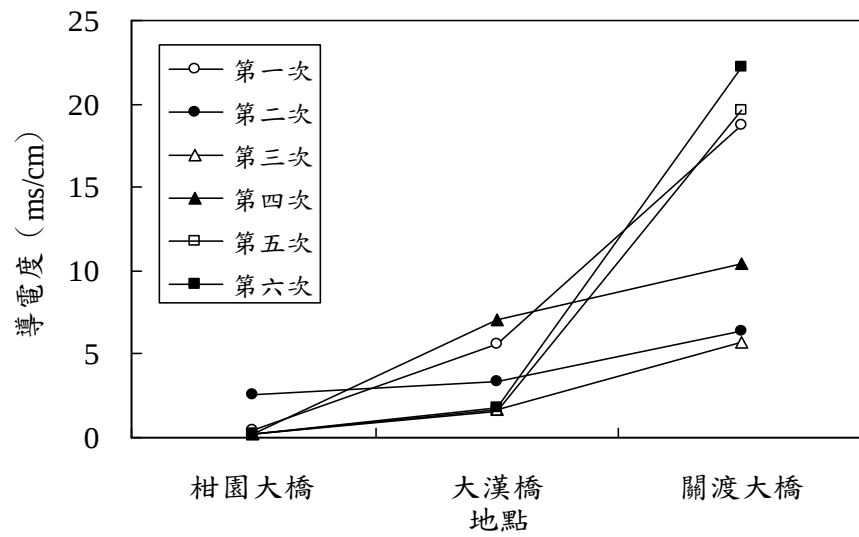
	第一次採樣	第二次採樣	第三次採樣	第四次採樣
導電度($\mu\text{S}/\text{cm}$)	595	566	462	409
濁度 (NTU)	35.1	28.6	17.2	25.2
pH	8.16	8.11	8.36	8.25
DO (mg/l)	1.96	6.6	6.4	6.9
ORP (mV)	131	209	205	210
COD (mg/l)	46	28	21	18
BOD (mg/l)	11.5	8.4	8.2	4.8
BOD/COD	0.25	0.30	0.39	0.27
懸浮無機質總量(mg/l)	0.008	1.174	17.71	18.15
懸浮有機質總量(mg/l)	0.012	0.021	0.059	0.103
總鹼度(as CaCO_3 mg/l)	230	205	80	97
水體 NO_3^- (mg/l)	2.657	15.06	26.8	53.6
水體 NH_4^+ (mg/l)	1.39	0.102	0.20	0.087
生菌數(cfu/ml)	5.4×10^4	5.8×10^3	8.1×10^3	1.1×10^4
葉綠素 a($\mu\text{g}/\text{l}$)	59.24	44.43	64.89	61.69



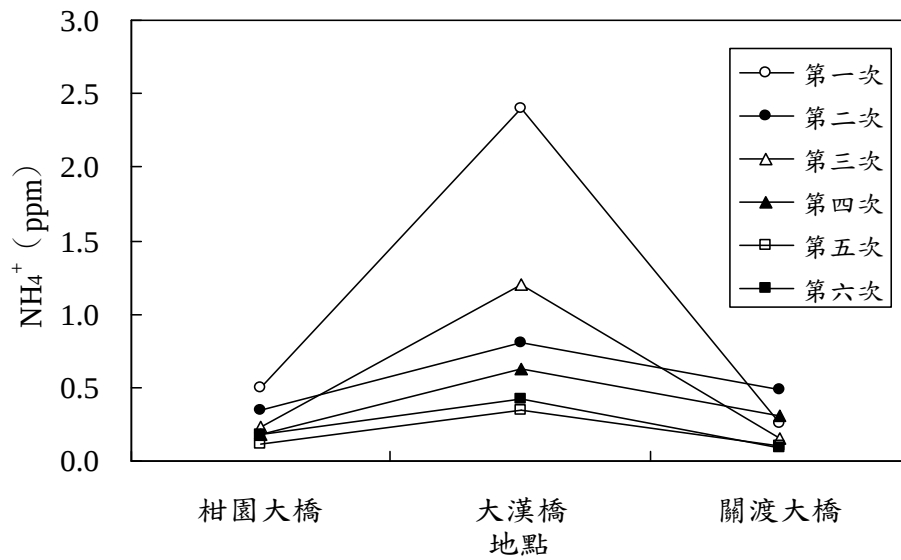
圖二十七、淡水河流域各採樣點底泥之 pH 變化

(2). 氨、硝酸鹽及總氮

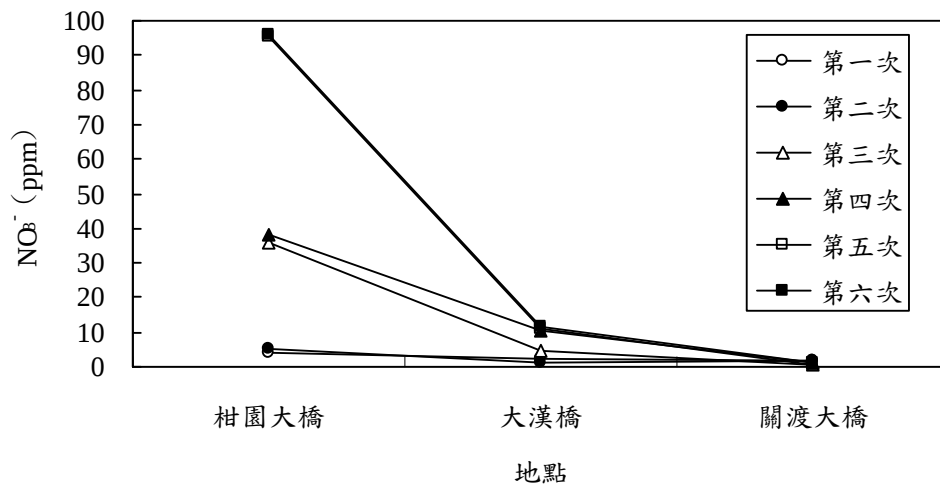
圖二十九、圖三十與圖三十一分別顯示淡水河流域上、中及下游底泥之氨、硝酸鹽及總氮之濃度變化，結果顯示無論是底泥中之氨或硝酸鹽，其濃度變化皆與其上方之水質成分變化相似(圖十二及十三)，而底泥中硝酸鹽甚至有濃縮之效應，而底泥中之總氮量(T-N)以中游採樣點大漢橋最高，這可能與排入該地區之畜牧廢水中含較大之沉積物累積於底泥所致。



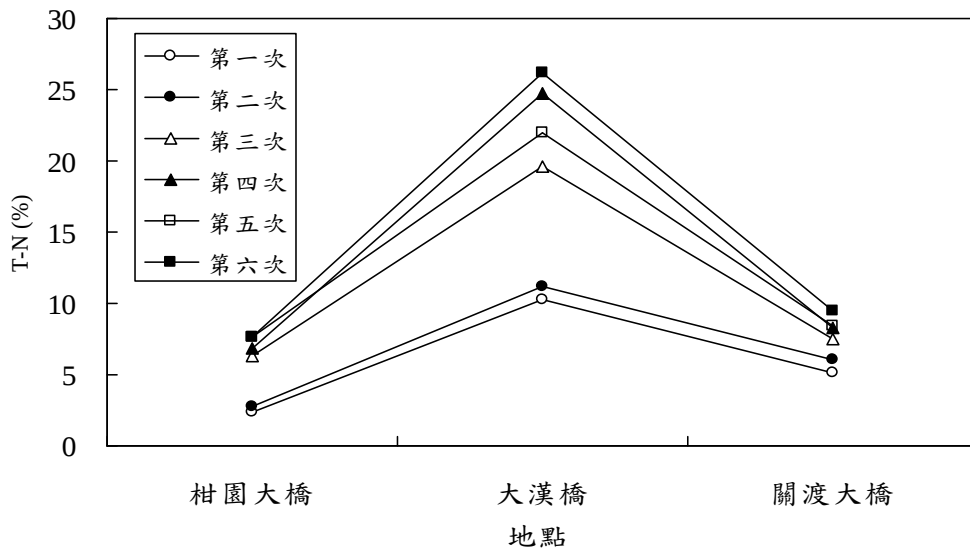
圖二十八、淡水河流域各採樣點底泥之導電度變化



圖二十九、淡水河流域各採樣點底泥之氨濃度變化



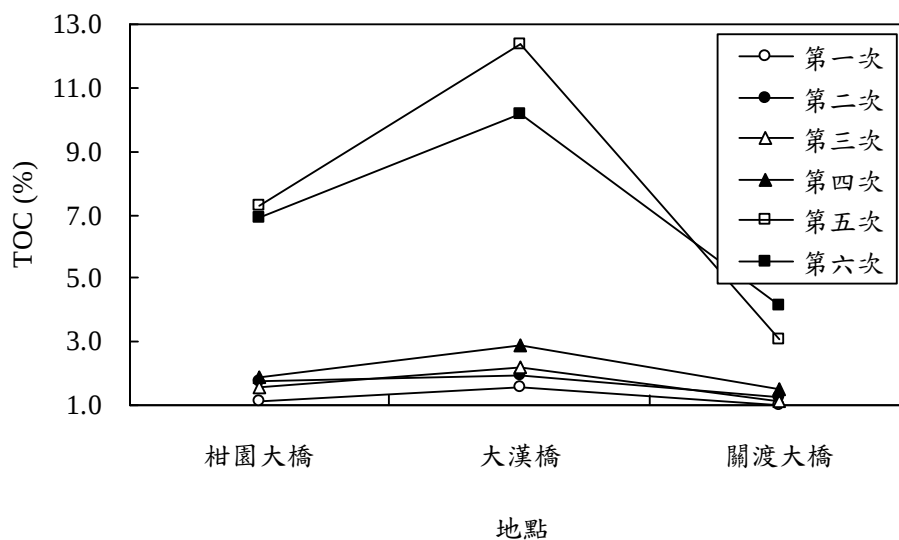
圖三十、淡水河流域各採樣點底泥之硝酸鹽濃度變化



圖三十一、淡水河流域各採樣點底泥之總氮濃度變化

(3). 總有機碳

圖三十二顯示淡水河流域上、中及下游底泥之總有機碳(TOC)之濃度變化，結果顯示前四次採樣上、中及下游底泥中之 TOC 含量在 1.00%至 2.89%間，後兩次採樣因受颱風過境影響，底泥中累積相對高量之有機物，其中大漢橋附近之底泥含較多之 TOC，但並未充分反應至水質之 COD 或 BOD 濃度中(圖七與圖八)，因此目前可推斷底泥中小於 12%之 TOC 應不會造成水中有機物濃度之遽升。



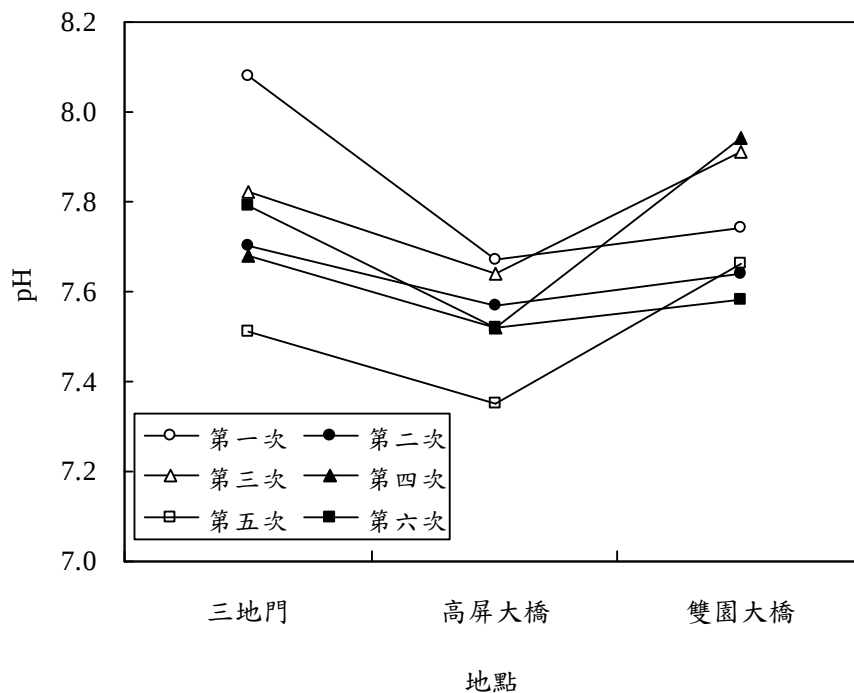
圖三十二、淡水河流域各採樣點底泥之 TOC 濃度變化

2.高屏溪流域之底泥特性變化情形

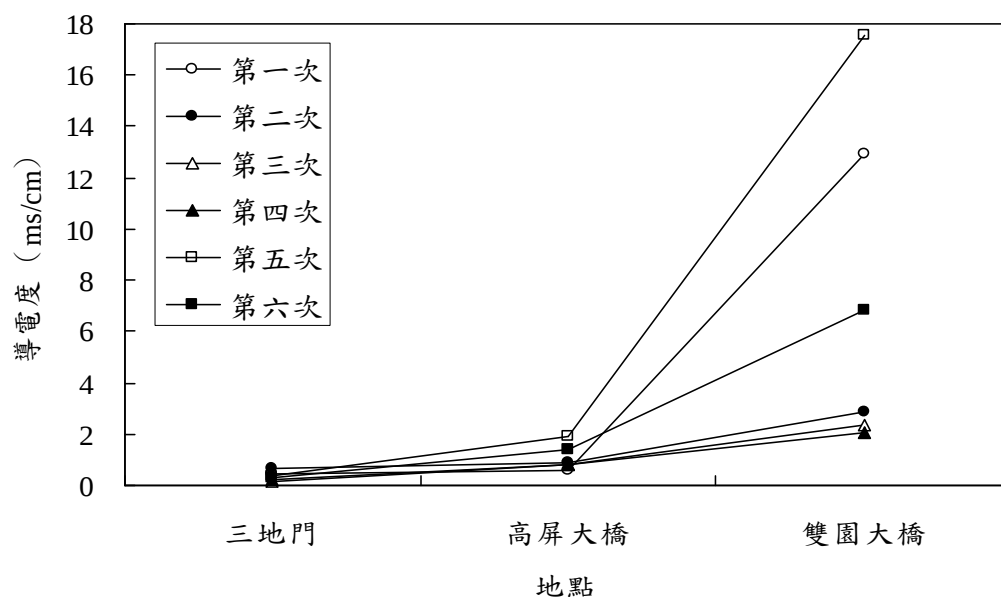
(1). pH 與導電度

圖三十三及圖三十四分別顯示高屏溪流域上、中及下游底泥之 pH 與導電度變化，

結果顯示底泥之 pH 變化並不顯著(未受颱風之影響)，平均約在 7.68 ± 0.17 左右，其底泥 pH 變化與其水質 pH 變化趨勢相似。在導電度方面，底泥中之導電度和水質導電度變化趨勢相同，以出海口雙園大橋處最高，顯見出海水質及底泥之特性深受海水之影響。



圖三十三、高屏溪流域各採樣點底泥之 pH 變化

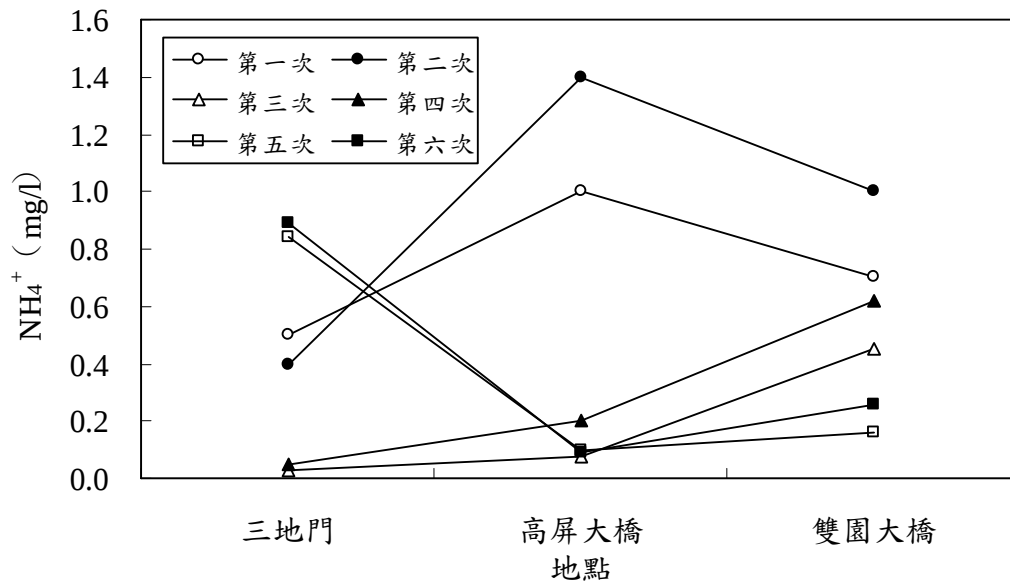


圖三十四、高屏溪流域各採樣點底泥之導電度變化

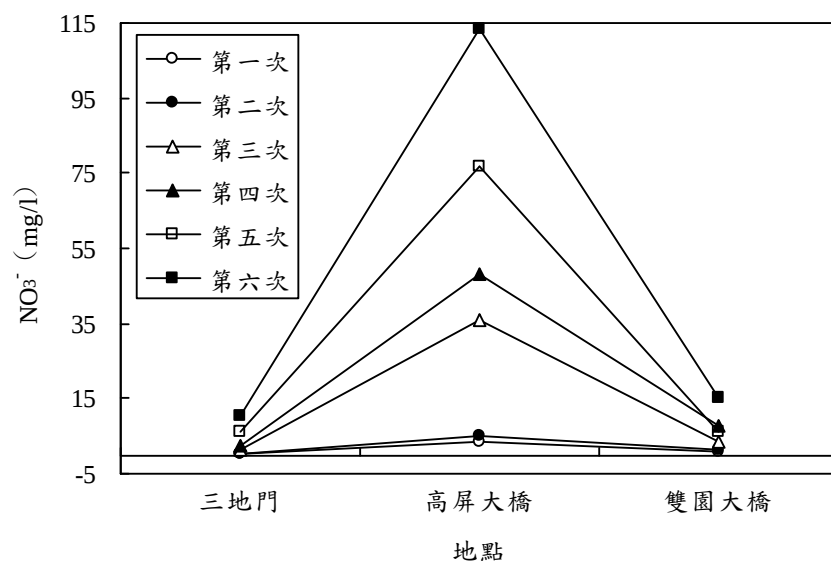
(2). 氮、硝酸鹽及總氮

圖三十五、圖三十六及圖三十七分別顯示高屏溪流域上、中及下游底泥之氮、硝酸鹽及總氮之濃度變化，前四次監測結果顯示底泥中氮之濃度變化與其上方之水質成分變化相似(圖二十五)，但最後兩次因受暴雨影響，上游底泥中氮濃度激增。硝酸鹽則以中

游高屏大橋附近較高，第六次監測甚至高達 113.4 mg l^{-1} ，總氮量(T-N)則以下游採樣點雙園大橋最高，同時似乎有逐次累積趨勢，可能缺氧下氮化物之分解速率相當緩慢所致。



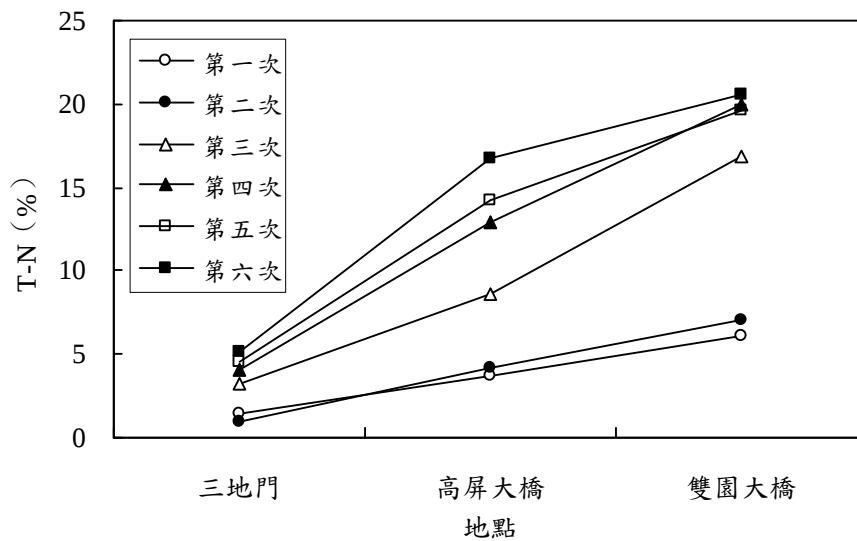
圖三十五、高屏河流域各採樣點底泥之氨濃度變化



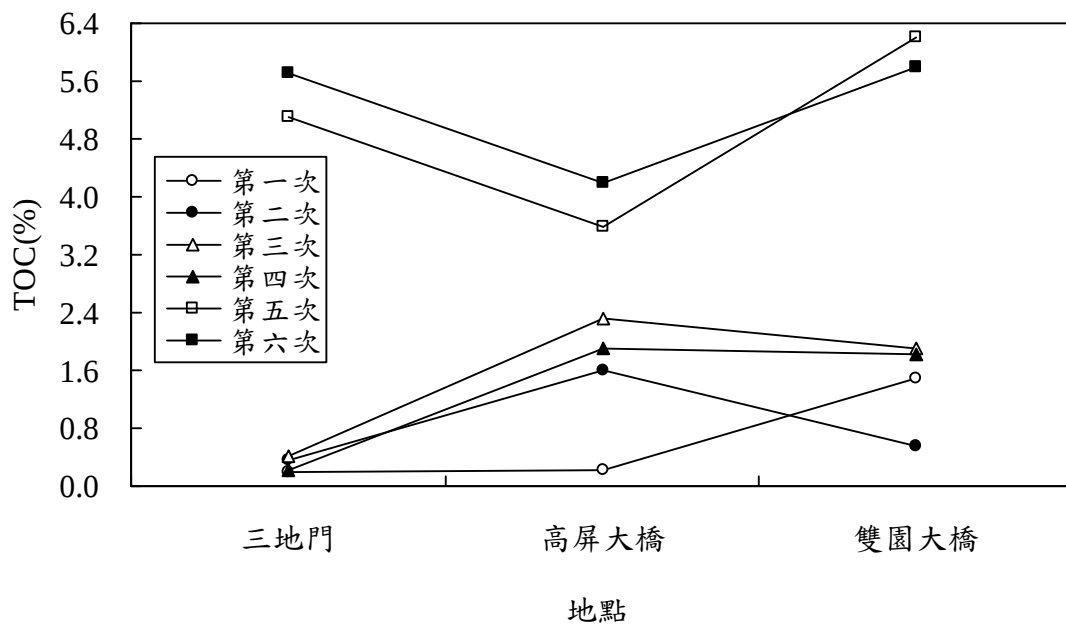
圖三十六、高屏河流域各採樣點底泥之硝酸鹽濃度變化

(3). 總有機碳

圖三十八顯示高屏河流域上、中及下游底泥之總有機碳(TOC)之濃度變化，前四次測定結果顯示，上、中及下游底泥中 TOC 含量在 0.186 至 2.31% 間，其中三地門附近底泥 TOC 含量最少，再加上其水質之 COD 與 BOD 濃度皆較低(圖二十與圖二十一)，可知該地區之有機物污染情況相當輕微。然而在第五及第六次測定中無論上中下游 TOC 含量皆遠較前四次高(3.6~6.2%)，顯然颱風過境對水體底泥總有機碳含量之影響甚鉅。



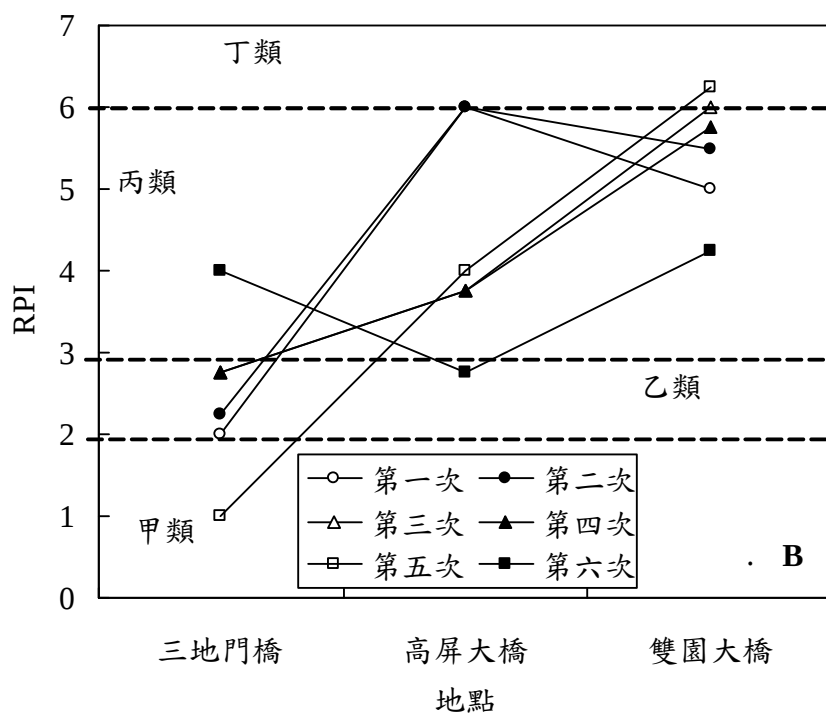
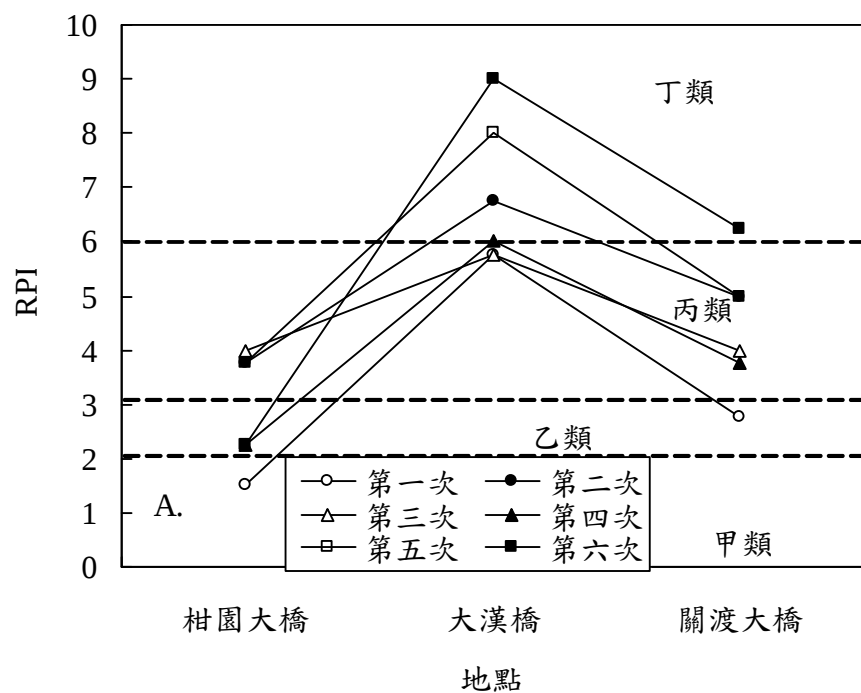
圖三十七、高屏溪流域各採樣點底泥之總氮濃度變化



圖三十八、高屏溪流域各採樣點底泥之 TOC 濃度變化

四、淡水河水域與高屏溪水域水體分類之變化

為了解目前兩流域短時間水體水質之變化，以提供相關主管進行水體分類及水域管制之參考，根據現行水體分類之原則，以河川污染指數(RPI)將水體進行分類，河川污染指數所考量之水質參數包括：溶氧、生化需氧量、懸浮性固體物及氨氮四種，有關其水質變化情形，請見後續之水質變化圖表之說明，目前僅以 RPI 指標高低及水體之分類變化進行研析，由圖三十九(A)可知淡水河水域之各河段，以上游水質較佳，中游最差，下游則以丙類水體為主，由圖三十九(B)可知高屏溪水域之各河段，以上游水質較佳，中游與下游長期屬丙類水體。



圖三十九、河川污染指數之變化(A)淡水河流域；(B)高屏河流域

五、主要採樣流域溫室氣體大氣濃度

1. 淡水河上、中及下游溫室氣體濃度

淡水河上游棕色瓶水體六次上層空間二氧化碳濃度分別為 3601.86 ± 1384.88 、 3376.27 ± 205.18 、 2848.99 ± 43.27 、 6739.92 ± 141.73 、 35.24 ± 4.49 、 3592.40 ± 212.38 ppm(表五)。中游棕色瓶水體六次上層空間二氧化碳濃度分別為 3421.44 ± 853.43 、

3867.54±501.91、3520.06±90.21、6158.99±23.52、1684.26±168.72、3947.39±350.87 ppm。下游棕色瓶水體上層空間二氧化碳濃度分別為 4966.86±662.38、1212.99±211.07、2642.65±19.53、1723.89±37.71、51.05±3.06、834.33±45.34 ppm。

淡水河上游透明瓶水體六次上層空間二氧化碳濃度分別為 3661.79±384.6、2635.25±441.09、1783.67±285.81、6487.66±136.65、34.31±3.92、1445.47±150.58 ppm(表六)。中游透明瓶水體上層空間二氧化碳濃度分別為 2256.37±332.00、3715.57±369.30、3218.97±297.00、5809.73±263.65、1631.96±162.95、3094.45±368.31 ppm。下游透明瓶水體六次上層空間二氧化碳濃度分別為 549.26±47.38、779.72±147.42、2107.18±37.37、1682.38±69.31、49.02±4.10、901.49±33.54 ppm，六次平均後以中游為最高，上游次之而下游最低。

淡水河上游棕色瓶水體六次上層空間甲烷濃度分別為 39.04±4.41、31.64±4.14、41.28±1.07、134.11±7.00、7602.60±287.20、46.34±1.79 ppm(表七)。中游棕色瓶水體六次上層空間甲烷濃度分別為 361.48±12.48、403.75±64.71、2466.67±122.79、5087.36±87.97、10721.54±825.30、2237±154.45 ppm。下游棕色瓶水體六次上層空間甲烷濃度分別為 15.60±1.24、65.90±22.46、2040.56±14.60、59.60±4.56、1229.27±61.33、20.25±0.14 ppm，六次平均以中游為最高，上游次之而下游最低。

淡水河上游透明瓶水體六次上層空間甲烷濃度分別 33.06±5.24、32.45±3.66、38.60±0.67、118.09±14.55、6589.95±229.82、42.23±5.13 ppm(表八)。中游透明瓶水體六次上層空間甲烷濃度分別為 436.78±133.61、396.19±62.81、2716.99±31.07、4978.07±268.12、9367.61±629.24、2700±16.98 ppm。下游透明瓶水體六次上層空間甲烷濃度分別為 16.80±2.88、70.58±19.65、2109.61±44.53、58.49±0.87、808.77±52.36、17.68±0.32 ppm，平均以中游為最高，上游次之而下游最低。

2. 高屏溪上、中及下游溫室氣體濃度

高屏溪上游棕色瓶水體六次上層空間二氧化碳濃度分別為 2167.78±143.07、6261.07±952.89、4391.00±345.84、9861.16±422.11、6690.04±375.49、3790.09±230.25 ppm(表九)。中游棕色瓶水體六次上層空間二氧化碳濃度分別為 3976.97±177.36、7975.66±1179.58、4419.83±596.95、7259.06±29.02、6054.82±337.31、10992.16±763.50 ppm。下游棕色瓶水體六次上層空間二氧化碳濃度分別為 1082.53±78.80、1142.12±412.29、338.89±14.41、12025.44±847.34、1716.36±109.76、2697.67±113.74 ppm。

表五、淡水河流域棕色瓶上部空間 CO₂ 濃度(ppm)

次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
柑園大橋	3601.86±1384.88	3376.27±205.18	2848.99±43.27	6739.92±141.73	35.24±4.49	3592.40±212.38
大漢橋	3421.44±853.43	3867.54±501.91	3520.06±90.21	6158.99±23.52	1684.26±168.72	3947.39±350.87
關渡大橋	4966.86±662.38	1212.99±211.07	2642.65±19.53	1723.89±37.71	51.05±3.06	834.33±45.34

表六、淡水河流域透明瓶上部空間 CO₂ 濃度(ppm)

次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
柑園大橋	3661.79±384.65	2635.25±441.09	1783.67±285.81	6487.66±136.65	34.31±3.92	1445.47±150.58
大漢橋	2256.37±332.00	3715.57±369.30	3218.97±297.00	5809.73±263.65	1631.96±162.95	3094.45±368.31
關渡大橋	549.26±47.38	779.72±147.42	2107.18±37.37	1682.38±69.31	49.02±4.10	901.49±33.54

表七、淡水河流域棕色瓶上部空間 CH₄ 濃度(ppm)

次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
柑園大橋	39.04±4.41	31.64±4.14	41.28±1.07	134.11±7.00	7602.60±287.20	46.34±1.79
大漢橋	361.48±12.48	403.75±64.71	2466.67±122.79	5087.36±87.97	10721.54±825.30	2237±154.45
關渡大橋	15.60±1.24	65.90±22.46	2040.56±14.60	59.60±4.56	1229.27±61.33	20.25±0.14

表八、淡水河流域透明瓶上部空間 CH₄ 濃度(ppm)

次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
柑園大橋	33.06±5.24	32.45±3.66	38.60±0.67	118.09±14.55	6589.95±229.82	42.23±5.13
大漢橋	436.78±133.61	396.19±62.81	2716.99±31.07	4978.07±268.12	9367.61±629.24	2700±16.98
關渡大橋	16.80±2.88	70.58±19.65	2109.61±44.53	58.49±0.87	808.77±52.36	17.68±0.32

高屏溪上游透明瓶水體六次上層空間二氧化碳濃度分別為 1726.86 ± 445.92 、 6140.71 ± 811.35 、 3673.03 ± 319.74 、 9804.48 ± 506.99 、 6538.55 ± 412.77 、 3440.15 ± 82.55 ppm(表十)。中游透明瓶水體六次上層空間二氧化碳濃度分別為 3465.51 ± 280.06 、 7013.36 ± 182.33 、 4091.91 ± 773.64 、 5834.35 ± 31.87 、 5205.17 ± 128.48 、 6561.26 ± 348.19 ppm。下游透明瓶水體六次上層空間二氧化碳濃度分別為 1074.43 ± 209.09 、 575.59 ± 88.29 、 294.07 ± 24.48 、 11442.05 ± 1421.61 、 996.52 ± 7.25 、 1513.34 ± 164.26 ppm，平均以中游為最高，上游次之而下游最低。

高屏溪上游棕色瓶六次水體上層空間甲烷濃度分別為 2.79 ± 0.41 、 4.24 ± 0.01 、 3.94 ± 0.16 、 14.52 ± 0.48 、 6.54 ± 0.67 、 3790.09 ± 230.25 ppm(表十一)。中游棕色瓶六次水體上層空間甲烷濃度分別為 98.31 ± 5.82 、 120.58 ± 1.07 、 38.89 ± 1.28 、 133.17 ± 4.66 、 428.81 ± 18.56 、 2697.67 ± 113.74 ppm。下游棕色瓶水體六次上層空間甲烷濃度分別為 98.31 ± 5.82 、 120.58 ± 1.07 、 38.89 ± 1.28 、 133.17 ± 4.66 、 428.81 ± 18.56 、 2697.67 ± 113.74 ppm，平均以中游為最高，上游次之而下游最低。

高屏溪上游透明瓶水體六次上層空間甲烷濃度分別 2.16 ± 0.40 、 4.40 ± 0.12 、 3.64 ± 0.58 、 13.78 ± 0.44 、 7.00 ± 0.62 、 3440.15 ± 82.55 ppm(表十二)。中游透明瓶水體六次上層空間甲烷濃度分別為 55.50 ± 14.31 、 73.35 ± 8.23 、 72.01 ± 1.67 、 79.87 ± 1.85 、 604.11 ± 24.66 、 6561.26 ± 348.19 ppm。下游透明瓶水體六次上層空間甲烷濃度分別為 86.77 ± 4.16 、 121.23 ± 7.52 、 40.88 ± 2.18 、 124.26 ± 7.38 、 410.45 ± 13.75 、 1513.34 ± 164.26 ppm，平均以中游為最高，上游次之而下游最低。

3. 澄清湖水庫溫室氣體溫室氣體濃度

棕色瓶水體上層空間二氧化碳濃度分別為 3499.15 ± 920.20 、 8787.84 ± 385.77 、 4984.28 ± 493.78 、 4321.54 ± 176.11 ppm(表十三)。透明瓶水體上層空間二氧化碳濃度分別為 3670.42 ± 430.25 、 8786.40 ± 1568.12 、 6690.04 ± 375.49 、 2732.85 ± 146.84 ppm(表十三)。

棕色瓶水體上層空間甲烷濃度分別為 36.90 ± 3.04 、 172.80 ± 6.11 、 136.99 ± 5.28 、 4321.54 ± 176.11 ppm(表十四)。透明瓶水體上層空間甲烷濃度分別 36.29 ± 2.76 、 157.86 ± 6.37 、 149.37 ± 7.86 、 2732.85 ± 146.84 ppm(表十四)。

表九、高屏溪流域棕色瓶上部空間 CO₂ 濃度(ppm)

次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
新三地門橋	2167.78±143.07	6261.07±952.89	4391.00±345.84	9861.16±422.11	6690.04±375.49	3790.09±230.25
高屏大橋	3976.97±177.36	7975.66±1179.58	4419.83±596.95	7259.06±29.02	6054.82±337.31	10992.16±763.50
雙園大橋	1082.53±78.80	1142.12±412.29	338.89±14.41	12025.44±847.34	1716.36±109.76	2697.67±113.74

表十、高屏溪流域透明瓶上部空間 CO₂ 濃度(ppm)

次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
新三地門橋	1726.86±445.92	6140.71±811.35	3673.03±319.74	9804.48±506.99	6538.55±412.77	3440.15±82.55
高屏大橋	3465.51±280.06	7013.36±182.33	4091.91±773.64	5834.35±31.87	5205.17±128.48	6561.26±348.19
雙園大橋	1074.43±209.09	575.59±88.29	294.07±24.48	11442.05±1421.61	996.52±7.25	1513.34±164.26

表十一、高屏溪流域棕色瓶上部空間 CH₄ 濃度(ppm)

次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
新三地門橋	2.79±0.41	4.24±0.01	3.94±0.16	14.52±0.48	6.54±0.67	3790.09±230.25
高屏大橋	83.82±3.81	78.66±2.74	75.26±4.23	82.85±6.75	666.97±30.35	10992.16±763.50
雙園大橋	98.31±5.82	120.58±1.07	38.89±1.28	133.17±4.66	428.81±18.56	2697.67±113.74

表十二、高屏溪流域透明瓶上部空間 CH₄ 濃度(ppm)

次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
新三地門橋	2.16±0.40	4.40±0.12	3.64±0.58	13.78±0.44	7.00±0.62	3440.15±82.55
高屏大橋	55.50±14.31	73.35±8.23	72.01±1.67	79.87±1.85	604.11±24.66	6561.26±348.19
雙園大橋	86.77±4.16	121.23±7.52	40.88±2.18	124.26±7.38	410.45±13.75	1513.34±164.26

表十三、澄清湖水庫上部空間 CO₂ 濃度

1	2	3	4
(a) 棕色瓶			
3499.15±920.20	8787.84±385.77	4984.28±493.78	4321.54±176.11
(b) 透明瓶			
3670.42±430.25	8786.40±1568.12	6690.04±375.49	2732.85±146.84

表十四、澄清湖水庫上部空間 CH₄ 濃度

1	2	3	4
(a) 棕色瓶			
36.90±3.04	172.80±6.11	136.99±5.28	4321.54±176.11
(b) 透明瓶			
36.29±2.76	157.86±6.37	149.37±7.86	2732.85±146.84

4. 比較棕色水體採樣瓶及透明水體採樣瓶對氣體採樣濃度之影響

表十五分別將淡水河六次採樣數據平均，並比較上、中、下游之濃度差異，結果顯示以棕色採樣瓶所採集之水體二氧化碳濃度，皆比透明瓶所測得之水體二氧化碳高，在上、中及下游處分別較高出約 691.09、478.78、893.79 ppm。

分別將高屏溪六次採樣數據平均，並比較上、中、下游之濃度差異，結果顯示以棕色採樣瓶採集之水體甲烷濃度，分別較透明瓶測得之水體甲烷濃度高 173.44、113.69、58.21 ppm。

表十五、淡水河流域 CO₂ 及 CH₄ 六次採樣濃度平均

	棕色瓶		透明瓶	
	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄
柑園大橋	3365.78	1315.835	2674.692	1142.397
大漢橋	3766.613	3546.3	3287.842	3432.607
關渡大橋	1905.295	571.8633	1011.508	513.655

表十六分別將六次採樣數據求平均值並比較上、中、下游之差異，結果顯示以棕色採樣瓶所採集之水體二氧化碳濃度，皆比透明瓶所測得之濃度高，在上、中及下游處分別高出 306.23、1417.82、517.84 ppm。

分別將六次採樣數據求平均值並比較上、中、下游之差異，結果顯示以棕色採樣瓶所採集之水體甲烷濃度，顯著高於透明瓶所測得之濃度，在上、中及下游分別高出 4642.11、4120.91、2266.52 ppm。

表十六、高屏溪水域六次採樣數據平均

	棕色瓶		透明瓶	
	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄
新三地門橋	5526.857	5220.63	5220.63	578.5217
高屏大橋	6779.75	5361.927	5361.927	1241.017
雙園大橋	3167.168	2649.333	2649.333	382.8217

表十七分別將四次採樣數據求平均值並比較棕色瓶與透明瓶測定之差異，結果顯示，以棕色採樣瓶採集之二氧化碳濃度與透明瓶所測濃度，目前顯示不明顯之差異。

分別將四次採樣數據求平均值並比較棕色瓶與透明瓶測定之差異，結果顯示，以棕色採樣瓶採集之甲烷濃度與透明瓶測得濃度約高 1167.06 ppm。

表十七、澄清湖水庫四次採樣數據平均

	棕色瓶		透明瓶	
氣體總類	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄
濃度	5398.203	1167.058	5469.928	769.0925

六、主要採樣流域溫室氣體釋放量

1. 淡水河上、中及下游溫室氣體釋放量

淡水河上游六次採樣二氧化碳釋放量分別為 117.34±6.28、12.92±5.36、16.84±18.02、104.24±55.21、18.81±18.90、4.68±3.23 mg m⁻² h⁻¹(表十八)。中游二氧化碳釋放量分別為 60.13±15.36、36.43±12.36、-31.70±13.56、79.61±67.75、40.14±38.88、61.36±8.68 mg m⁻² h⁻¹。下游二氧化碳釋放量分別為-25.69±14.23、89.28±25.12、-87.52±22.24、14.83±36.10、40.90±42.67、7.46±3.26 mg m⁻² h⁻¹，平均以中游為最高，下游次之而上游最低。

淡水河上游甲烷釋放量分別為 0.15 ± 0.08 、 0.11 ± 0.04 、 0.55 ± 0.12 、 1.80 ± 0.22 、 0.89 ± 0.43 、 0.11 ± 0.05 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ (表十九)。中游甲烷釋放量分別為 15.92 ± 3.65 、 32.96 ± 5.28 、 7.34 ± 1.30 、 37.55 ± 4.96 、 188.90 ± 220.57 、 245.18 ± 19.19 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ 。下游甲烷釋放量分別為 0.37 ± 0.05 、 0.71 ± 0.07 、 0.69 ± 0.19 、 0.20 ± 0.09 、 0.35 ± 0.06 、 0.02 ± 0.01 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ，平均以中游為最高，上游次之而下游最低。

2. 高屏溪上、中及下游溫室氣體釋放量

高屏溪上游六次採樣二氧化碳濃度釋放量分別為 38.84 ± 15.21 、 17.34 ± 16.52 、 -51.30 ± 16.37 、 134.64 ± 66.61 、 60.76 ± 27.78 、 74.35 ± 14.90 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ (表二十二)。中游二氧化碳釋放量分別為 61.19 ± 45.77 、 60.13 ± 31.60 、 82.24 ± 49.97 、 47.92 ± 18.29 、 64.06 ± 48.76 、 31.61 ± 2.10 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ 。下游二氧化碳釋放量分別為 74.38 ± 23.92 、 -25.69 ± 21.26 、 1.49 ± 24.57 、 37.28 ± 12.54 、 28.54 ± 12.34 、 34.52 ± 13.33 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ，平均以中游為最高，上游次之而下游最低。

高屏溪上游甲烷釋放量分別為 0.05 ± 0.07 、 0.15 ± 0.11 、 0.17 ± 0.01 、 0.19 ± 0.12 、 0.75 ± 0.5 、 0.48 ± 0.18 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ (表二十三)。中游甲烷釋放量分別為 0.50 ± 0.16 、 0.65 ± 0.18 、 0.28 ± 0.08 、 0.26 ± 0.21 、 2.88 ± 1.52 、 1.07 ± 0.42 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ 。下游甲烷釋放量分別為 0.35 ± 0.16 、 0.49 ± 0.19 、 0.92 ± 0.19 、 0.13 ± 0.04 、 33.16 ± 41.53 、 6.12 ± 0.28 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ，平均以下游為最高，中游次之而上游最低。

3. 澄清湖水庫溫室氣體釋放量

澄清湖水庫二氧化碳濃度釋放量分別為 94.71 ± 25.63 、 41.24 ± 9.01 、 30.87 ± 3.00 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ 。澄清湖水庫甲烷釋放量分別為 0.22 ± 0.15 、 16.86 ± 18.20 、 $.18 \pm 0.12$ $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ 。

表十八、淡水河流域上部空間 CO₂ 氣體釋放量(ppm)

次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
柑園大橋	17.34±6.28	12.92±5.36	16.84±18.02	104.24±55.21	18.81±18.90	4.68±3.23
大漢橋	60.13±15.36	36.43±12.36	-31.70±13.56	79.61±67.75	40.14±38.88	61.36±8.68
關渡大橋	-25.69±14.23	89.28±25.12	-87.52±22.24	14.83±36.10	40.90±42.67	7.46±3.26

表十九、淡水河流域上部空間 CH₄ 氣體釋放量(ppm)

次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
柑園大橋	0.15±0.08	0.11±0.04	0.55±0.12	1.80±0.22	0.89±0.43	0.11±0.05
大漢橋	15.92±3.65	32.96±5.28	7.34±1.30	37.55±4.96	188.90±220.57	245.18±19.19
關渡大橋	0.37±0.05	0.71±0.07	0.69±0.19	0.20±0.09	0.35±0.06	0.02±0.01

表二十、高屏溪流域上部空間 CO₂ 氣體釋放量(ppm)

次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
新三地門橋	38.84±15.21	17.34±16.52	-51.30±16.37	134.64±66.61	60.76±27.78	74.35±14.90
高屏大橋	61.19±45.77	60.13±31.60	82.24±49.97	47.92±18.29	64.06±48.76	31.61±2.10
雙園大橋	74.38±23.92	-25.69±21.26	1.49±24.57	37.28±12.54	28.54±12.34	34.52±13.33

表二十一、高屏溪流域上部空間 CH₄ 氣體釋放量(ppm)

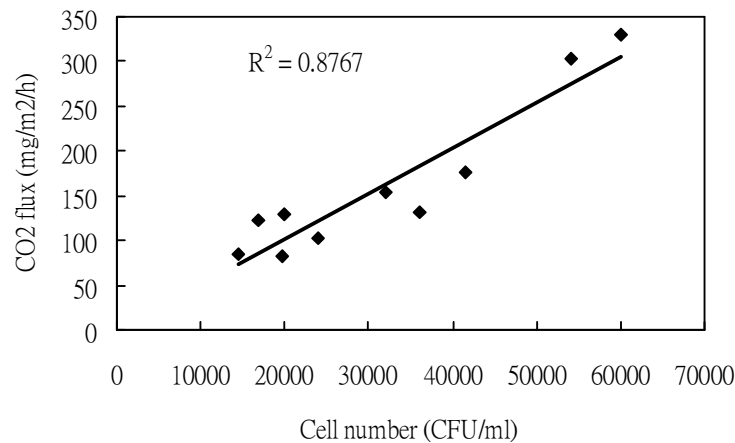
次 數 地 點	1	2	3	4	5	6
新三地門橋	0.05±0.07	0.15±0.11	0.17±0.01	0.19±0.12	0.75±0.5	0.48±0.18
高屏大橋	0.50±0.16	0.65±0.18	0.28±0.08	0.26±0.21	2.88±1.52	1.07±0.42
雙園大橋	0.35±0.16	0.49±0.19	0.92±0.19	0.13±0.04	33.16±41.53	6.12±0.28

七、淡水河中游大漢橋採樣點 24 小時水質變化及與溫室氣體通量之關聯性

本研究地點之 GPS 定位為北緯 25° 02' 11.1"，東經 121° 27' 32.8"，進行時間於 93 年 2 月 16 至 17 日，其中歷經多次漲退潮，每三小時測定水質變化，以作為水面溫室效應氣體逸散量多寡之參考。溫度範圍於 16.3~34.6°C、pH 7.31~9.57、DO 0.41~3.76 mg l⁻¹、生菌數變化 1.5×10⁴~6.0×10⁴ cfu ml⁻¹，水質參數變化劇烈，當與溫室效應氣體逸散量相比對後，發現僅生菌數與二氧化碳逸散量成正相關(R²=0.8767)，其餘水質項目在短時間變動下無法發現其規則性。

表二十二、淡水河中游大漢橋採樣點 24 小時水質變化

編號	時間	天候	空溫℃	水溫℃	導電度(μs/cm)	pH	DO (mg/l)	ORP (mV)	COD (mg/l)	生菌數(cfu/ml)
1	12:00:00 PM	晴	32.3	23.2	1177	7.31	1.42	96	101	1.5×10 ⁴
2	03:00:00 PM	晴	31.9	23.7	919	9.13	3.76	98	10	2.0×10 ⁴
3	06:00:00 PM	黃昏	25.4	20.2	1015	7.88	3.51	120	86	1.7×10 ⁴
4	09:00:00 PM	夜晚	21.5	19.5	1704	8.10	0.45	170	58	3.6×10 ⁴
5	12:00:00 AM	午夜	18.5	19.4	1033	9.37	2.06	119	113	4.2×10 ⁴
6	03:00:00 AM	凌晨	16.3	18.6	1063	9.57	3.13	122	102	5.4×10 ⁴
7	06:00:00 AM	清晨	17.6	18.1	926	8.96	0.93	23	131	6.0×10 ⁴
8	09:00:00 AM	晴	26.3	19.5	5680	7.99	0.44	105	201	3.2×10 ⁴
9	12:00:00 PM	晴	34.6	23.7	5360	8.01	0.54	121	97	2.4×10 ⁴
10	03:00:00 PM	晴	34.4	22.5	3270	8.18	0.41	71	102	1.9×10 ⁴



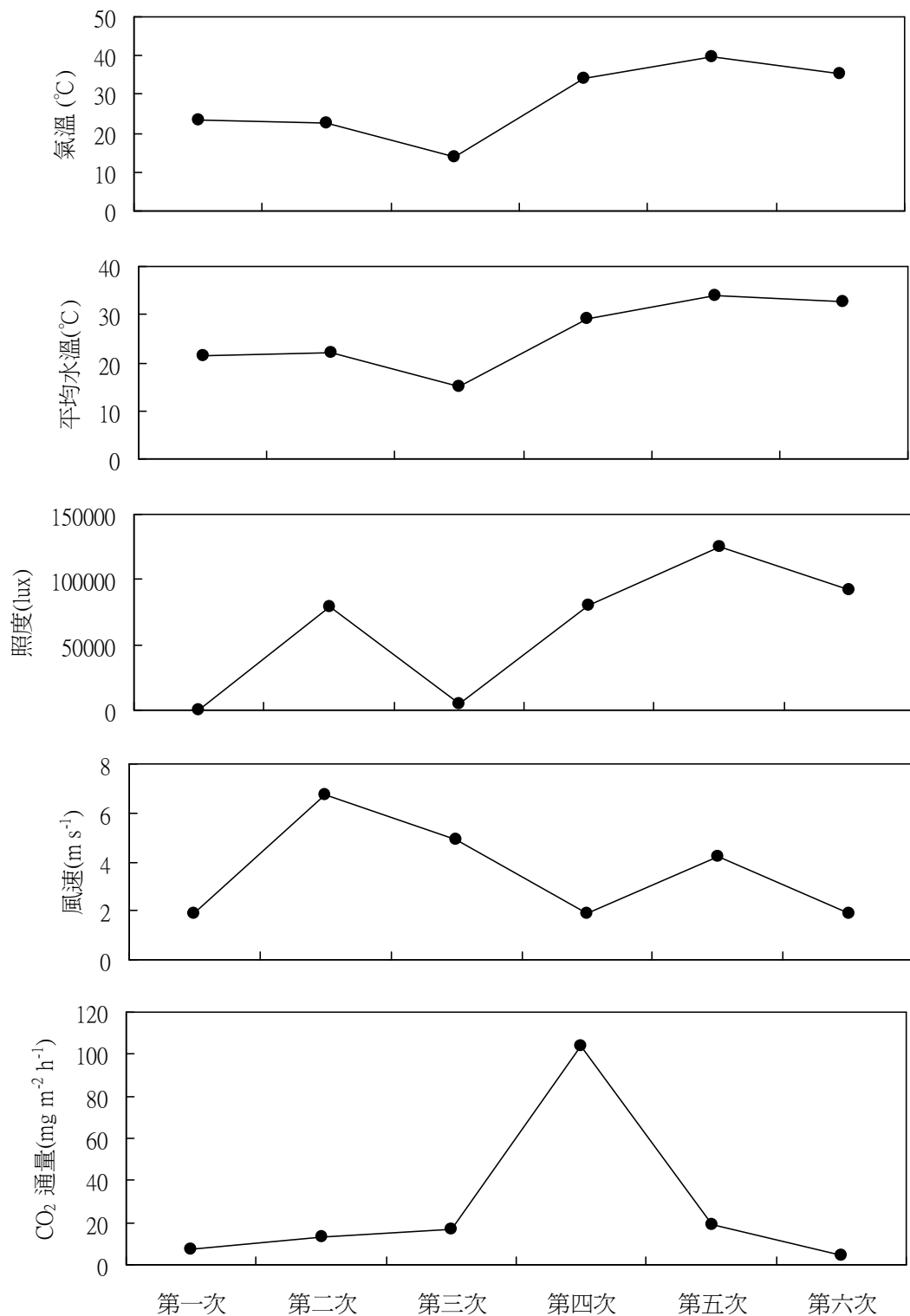
圖四十、大漢橋淡水河流域 24 小時生菌數與 CO₂ 通量之關聯性

八、各流域之環境因子、水質及底泥特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性

1. 環境因子與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性

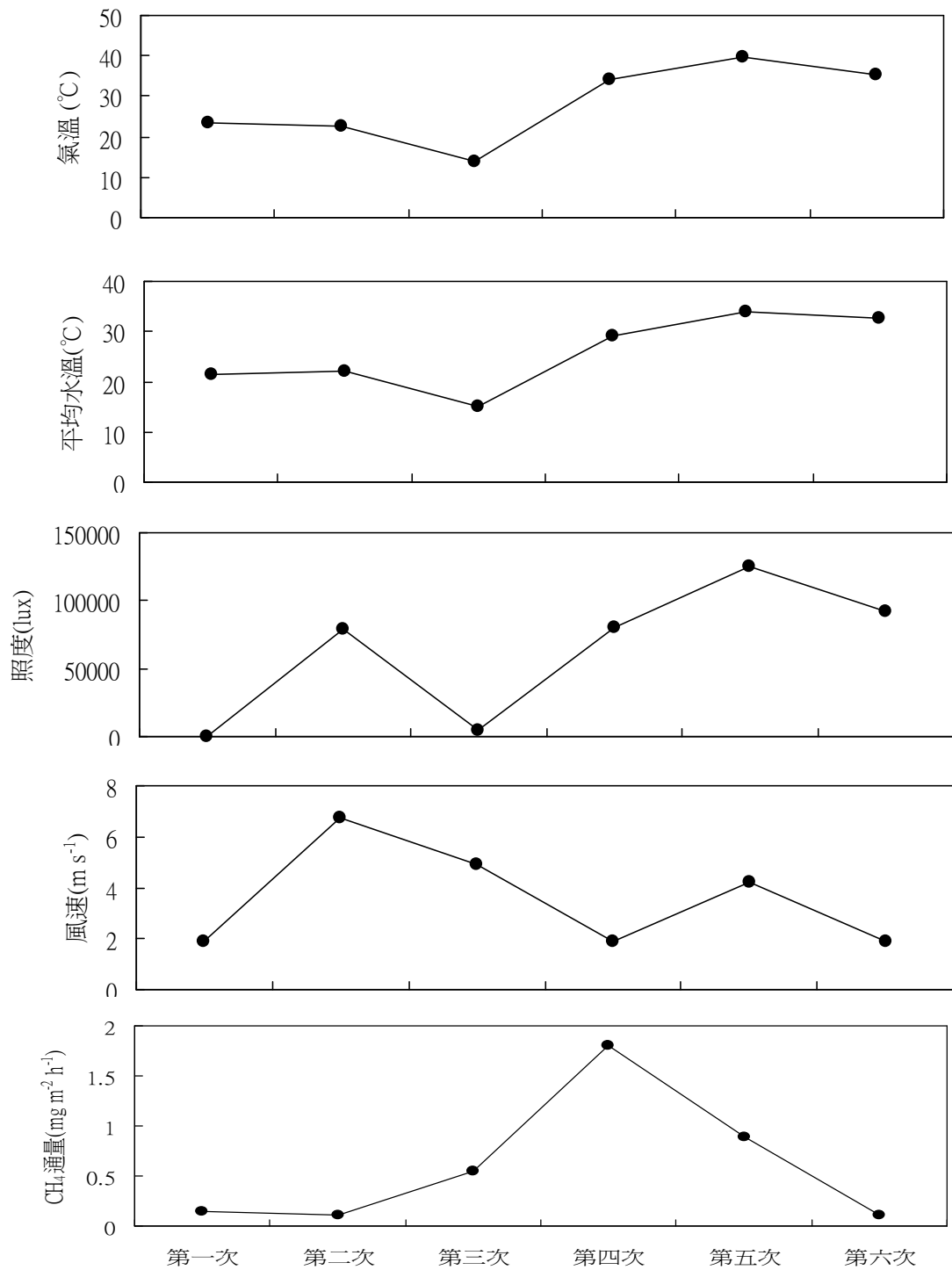
(1).淡水河水域

圖四十一至圖四十六分別為淡水河水域上、中、下游個別氣溫、水溫、照度、風速等環境因子與 CO₂、CH₄ 通量之比較。



圖四十一、淡水河水域上游環境因子與 CO₂ 通量之關聯性

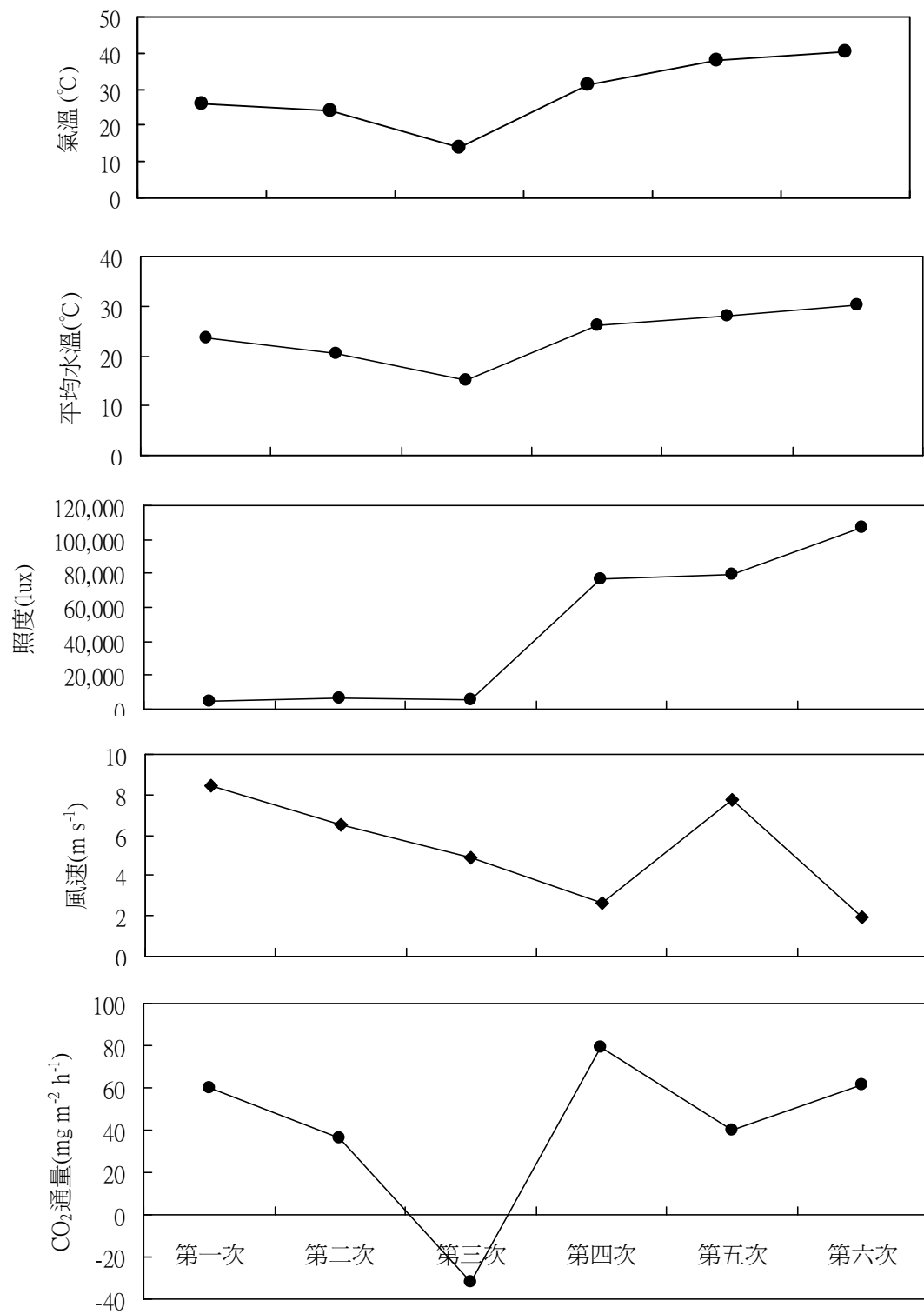
由圖四十一至圖四十六中可以得知，從淡水河水域上、中、下游各次採樣時所測得的氣溫與水溫差異不大。在尋找環境因子與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性方面，本研究篩選四項



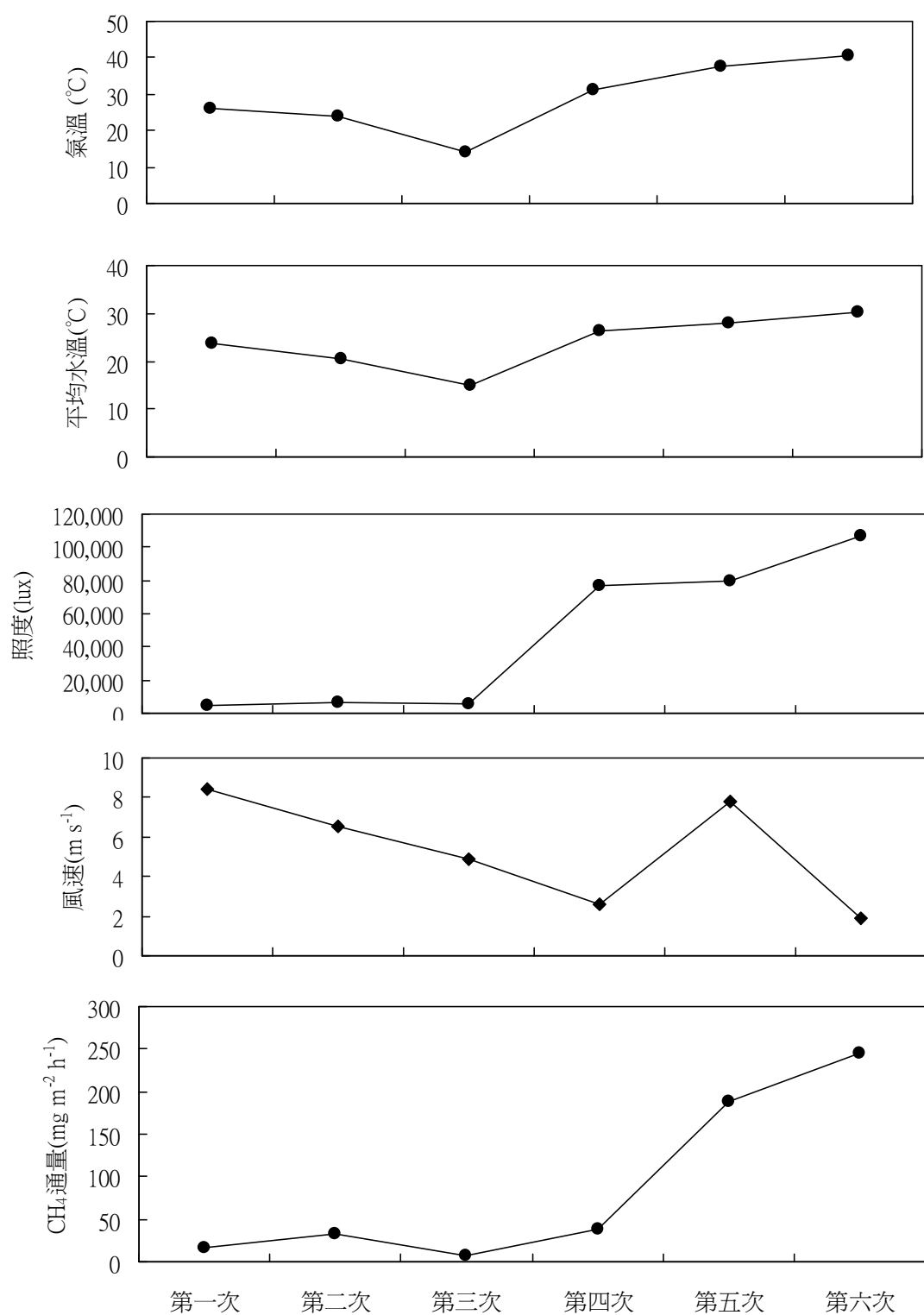
圖四十二、淡水河水域上游環境因子與 CH₄ 通量之關聯性

可能影響水體產生 CO₂ 及 CH₄ 之環境因子進行分析，這四項環境因子包括：氣溫、水溫、照度及風速。其中第一次採樣時關渡大橋採樣點之 CO₂ 通量為負值(-25.69 mg m⁻² h⁻¹)，第三次關渡大橋採樣時 CO₂ 通量亦為負值(-87.25 mg m⁻² h⁻¹)，探究其原因，應為檢測時間為

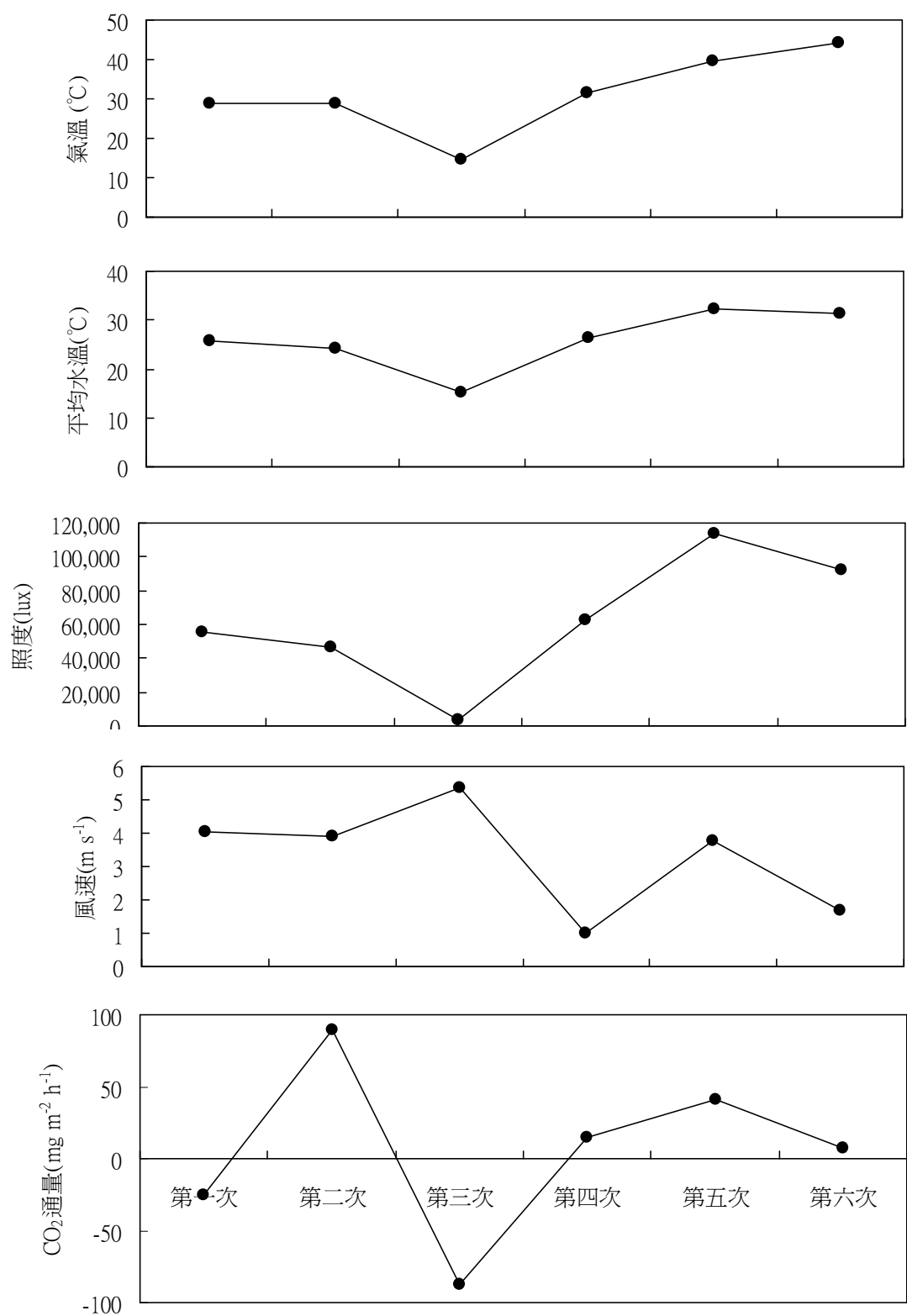
正午，而水面下為樹叢，光合作用旺盛，致使 CO_2 通量不增反減，然而就目前之數據來看，環境因子與淡水河水域溫室氣體釋放量之連動性，並非相當密切。



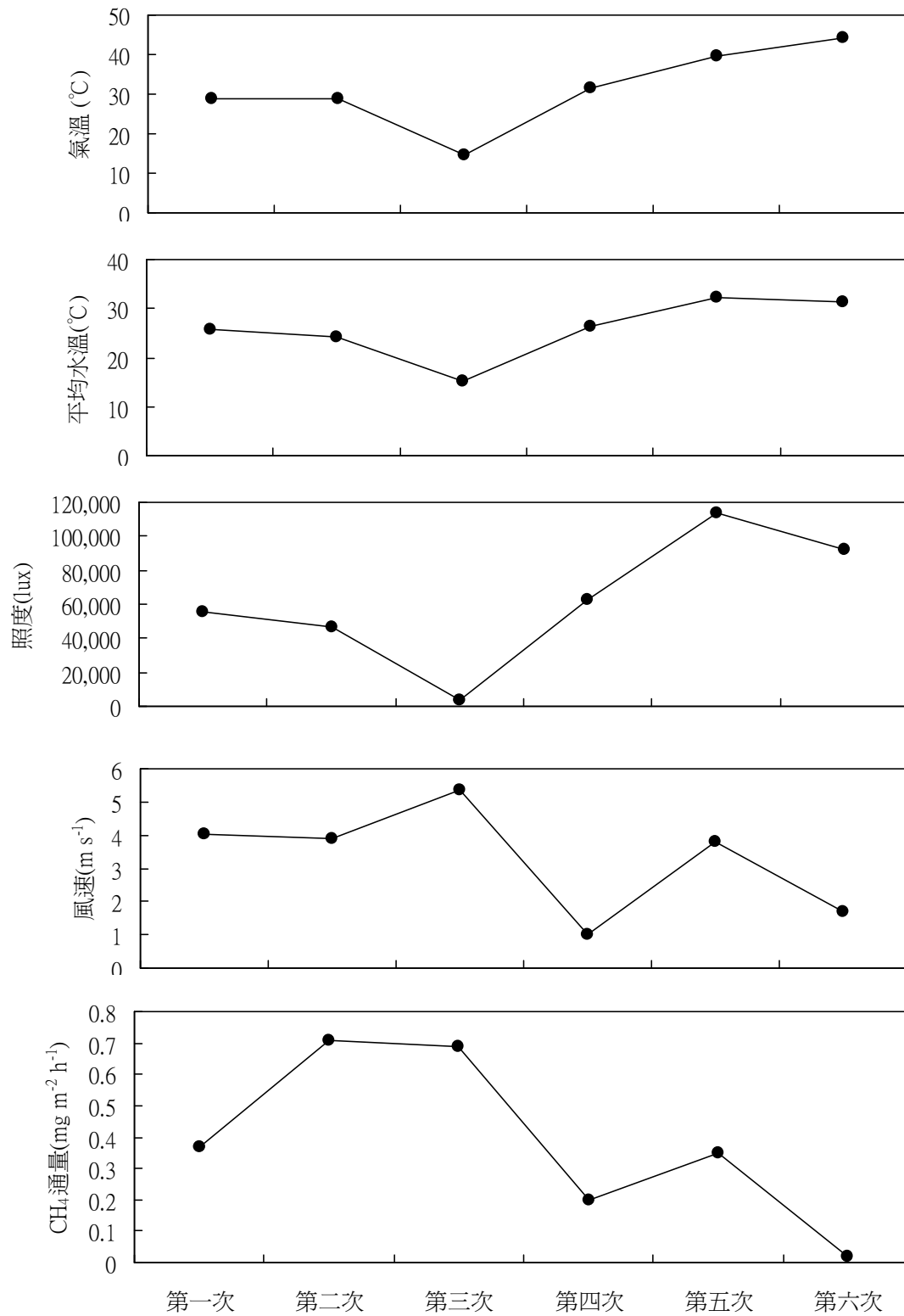
圖四十三、淡水河水域中游環境因子與 CO_2 通量之關聯性



圖四十四、淡水河水域中游環境因子與 CH₄ 通量之關聯性



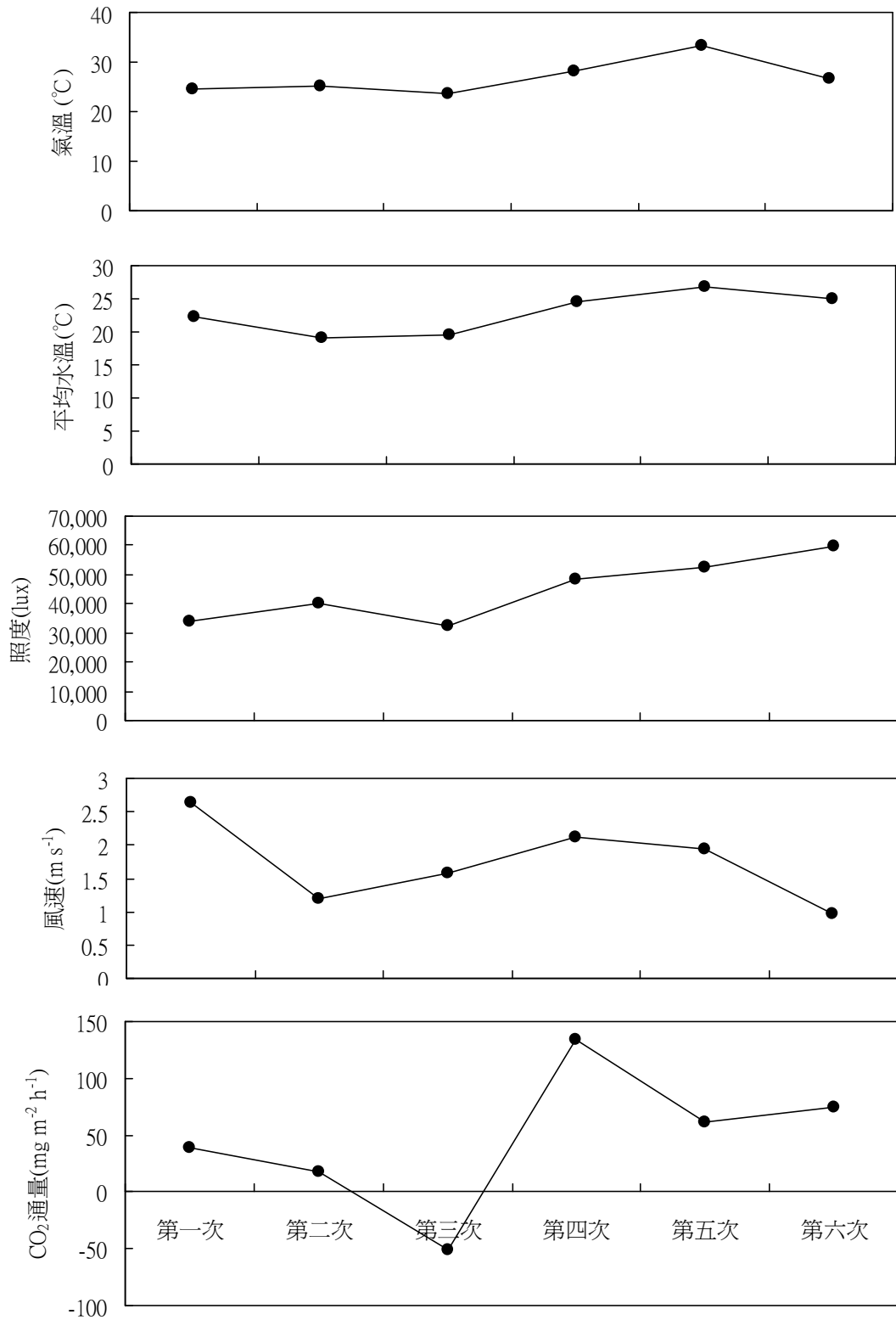
圖四十五、淡水河水域下游環境因子與 CO₂ 通量之關聯性



圖四十六、淡水河水域下游環境因子與 CH₄ 通量之關聯性

(2).高屏溪水域

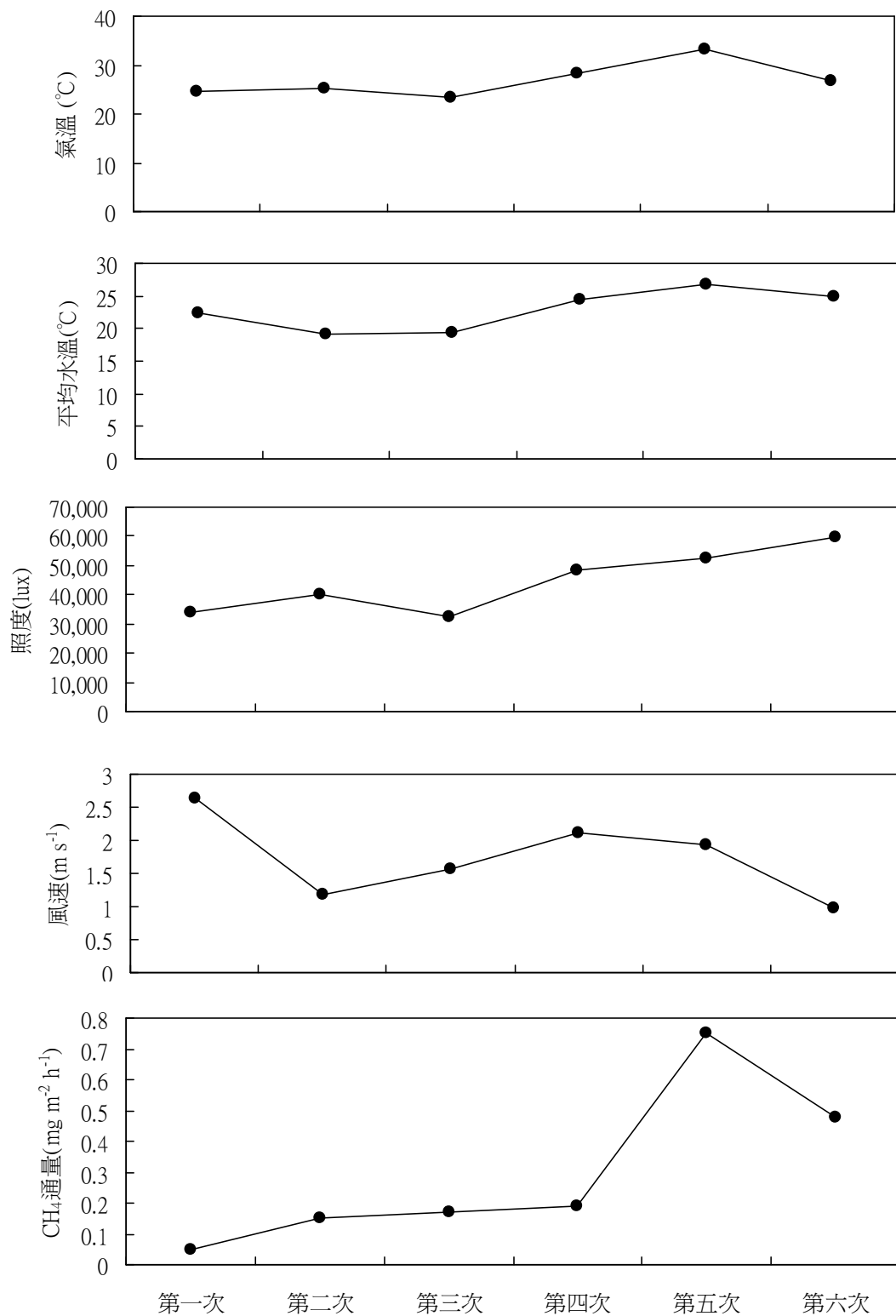
圖四十七至圖五十二分別為高屏溪水域上、中、下游個別氣溫、水溫、照度、風速等



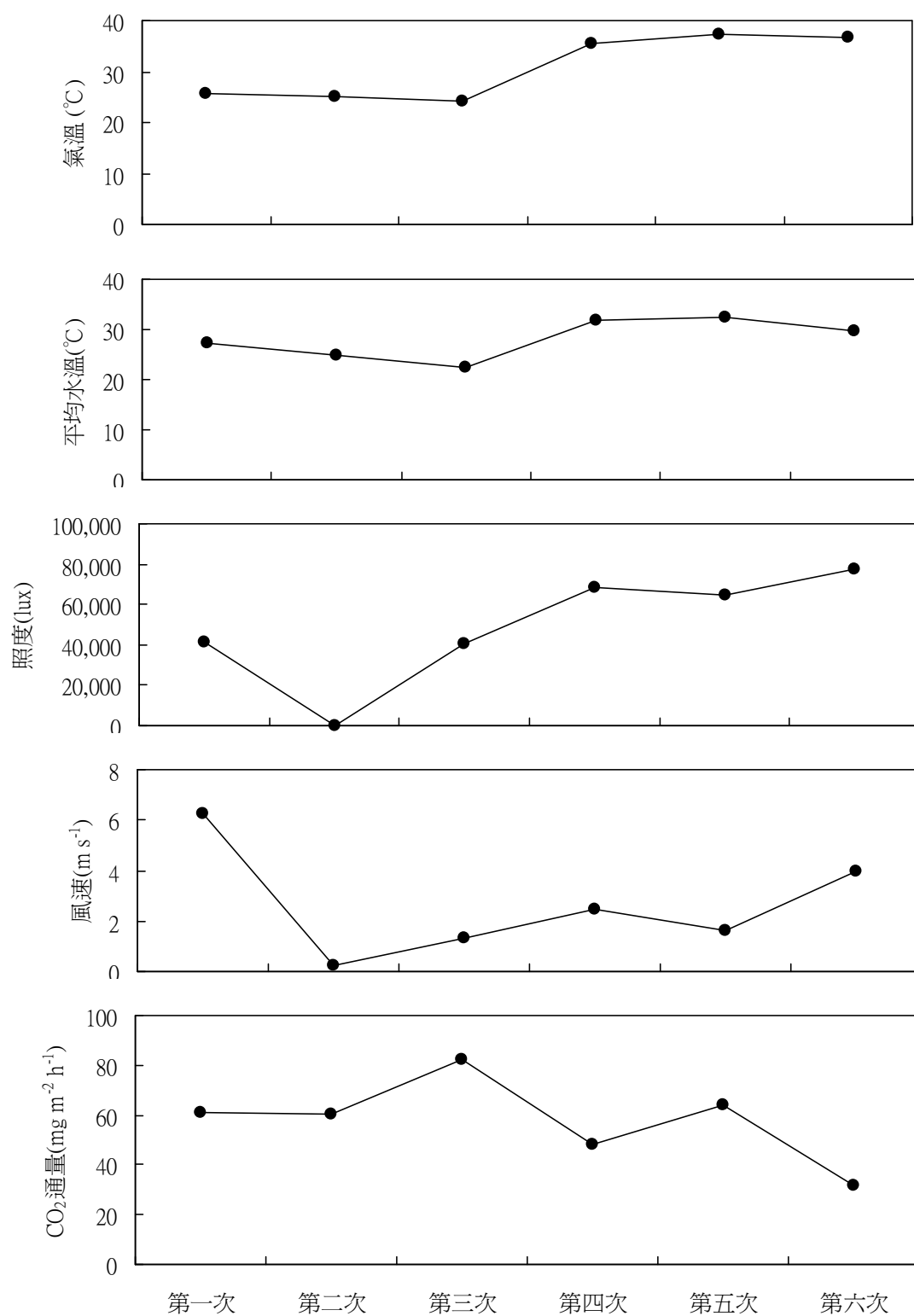
圖四十七、高屏溪水域上游環境因子與 CO₂ 通量之關聯性

環境因子與 CO₂、CH₄ 通量之比較。由圖四十七至圖五十二中可以得知，高屏溪水域上、中、下游各次採樣時當天所測得的氣溫與水溫差異不大，因此無法明顯判定其與溫室氣體

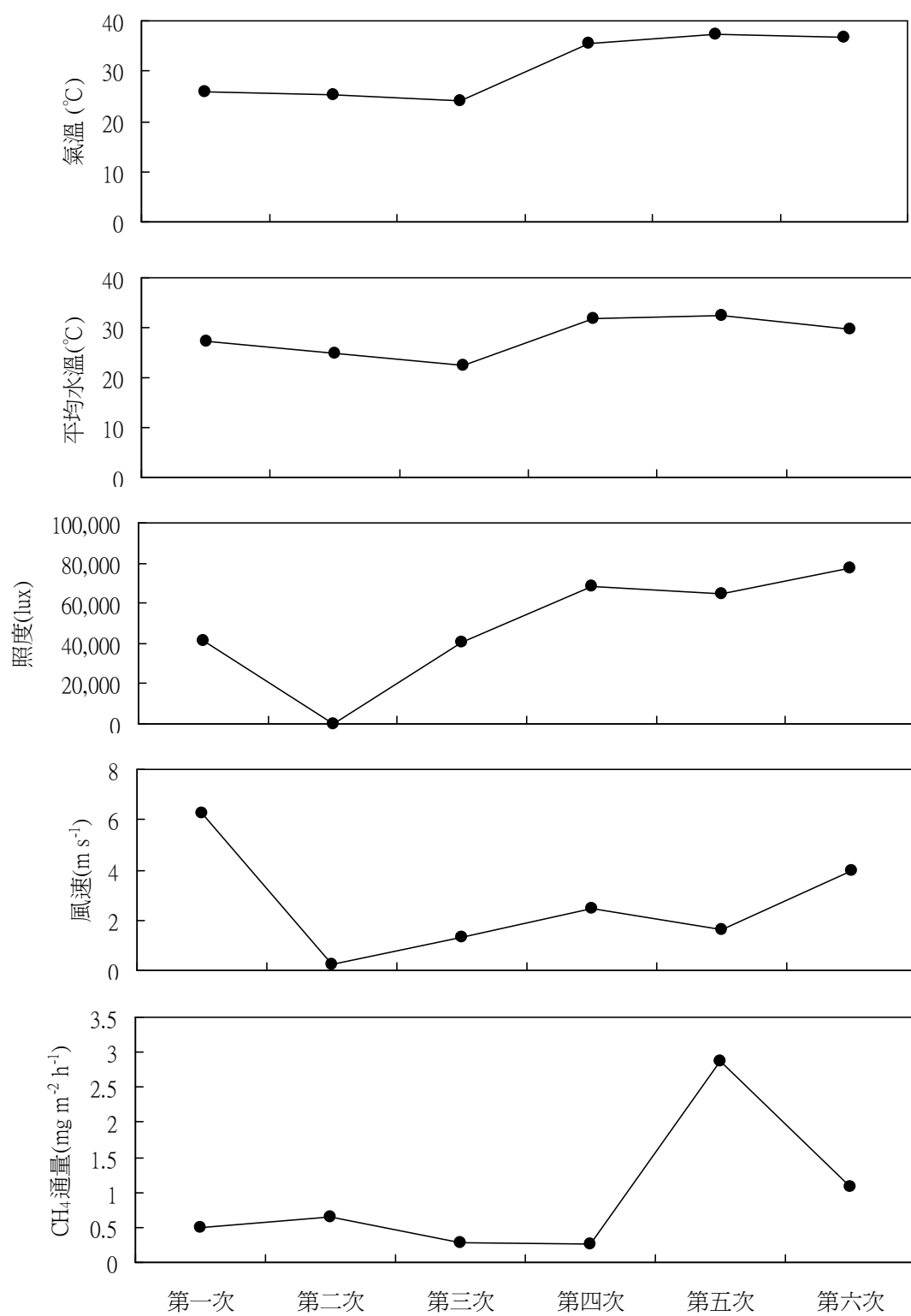
之相關性，其他環境因子與溫室氣體通量之變化趨勢，以目前之趨勢而言亦不明顯，需要進一步進行追蹤。



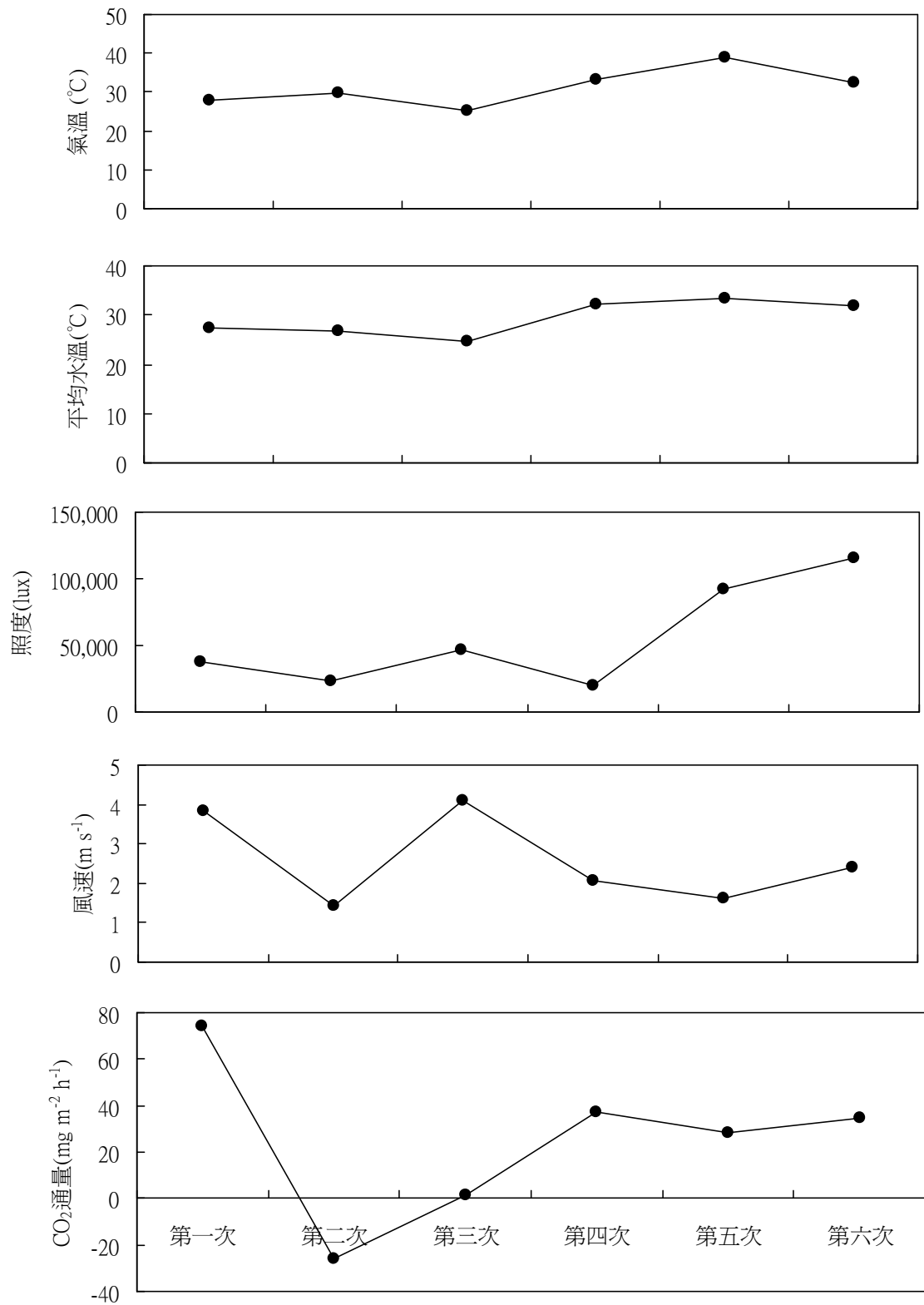
圖四十八、高屏溪水域上游環境因子與 CH₄ 通量之關聯性



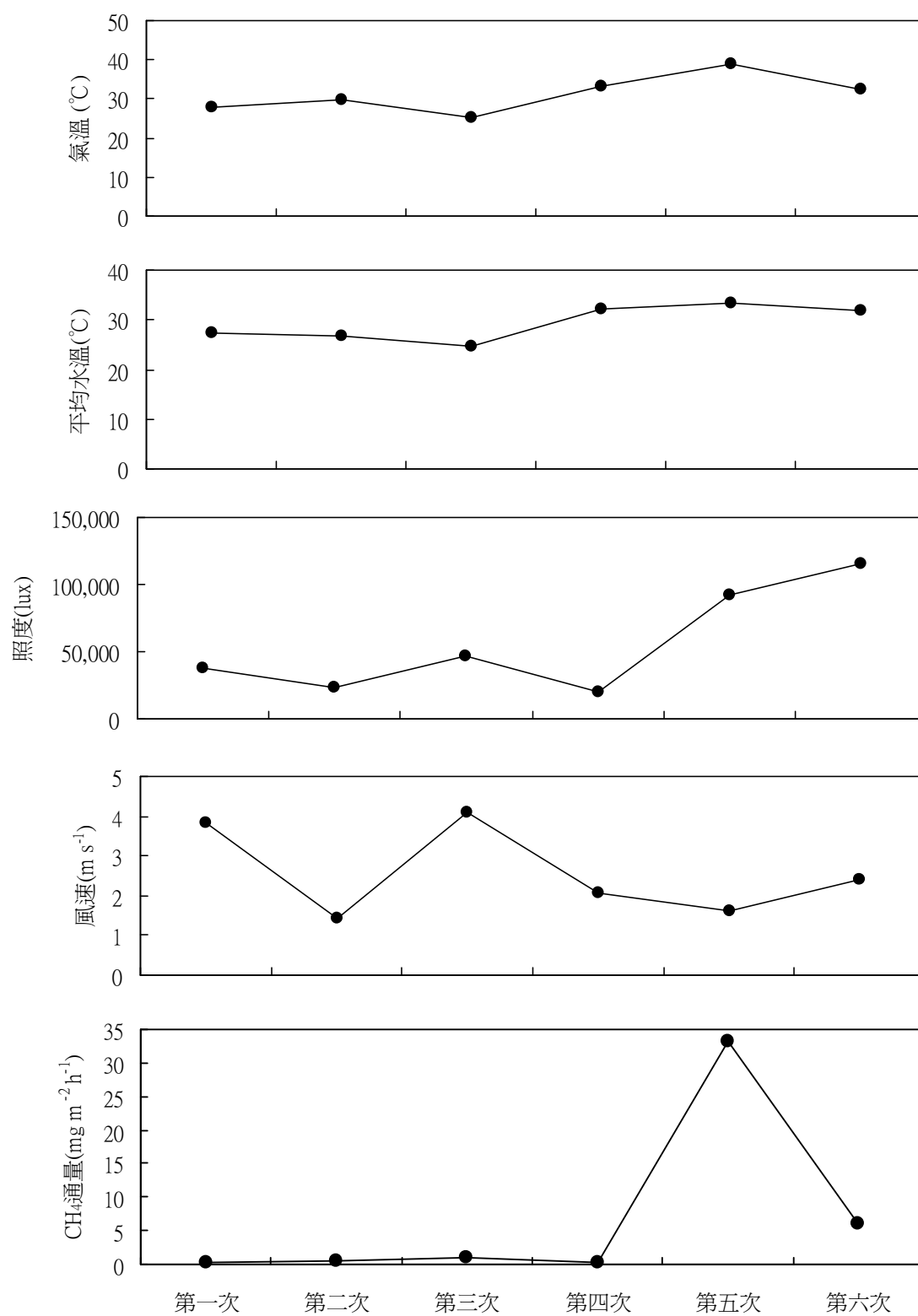
圖四十九、高屏溪水域中游環境因子與 CO₂ 通量之關聯性



圖五十、高屏溪水域中游環境因子與 CH₄ 通量之關聯性



圖五十一、高屏溪水域下游環境因子與 CO₂ 通量之關聯性

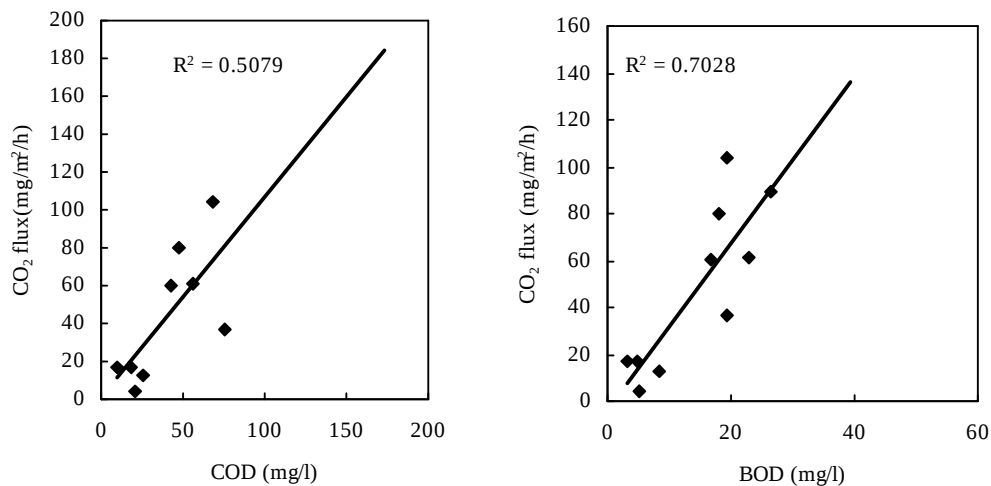


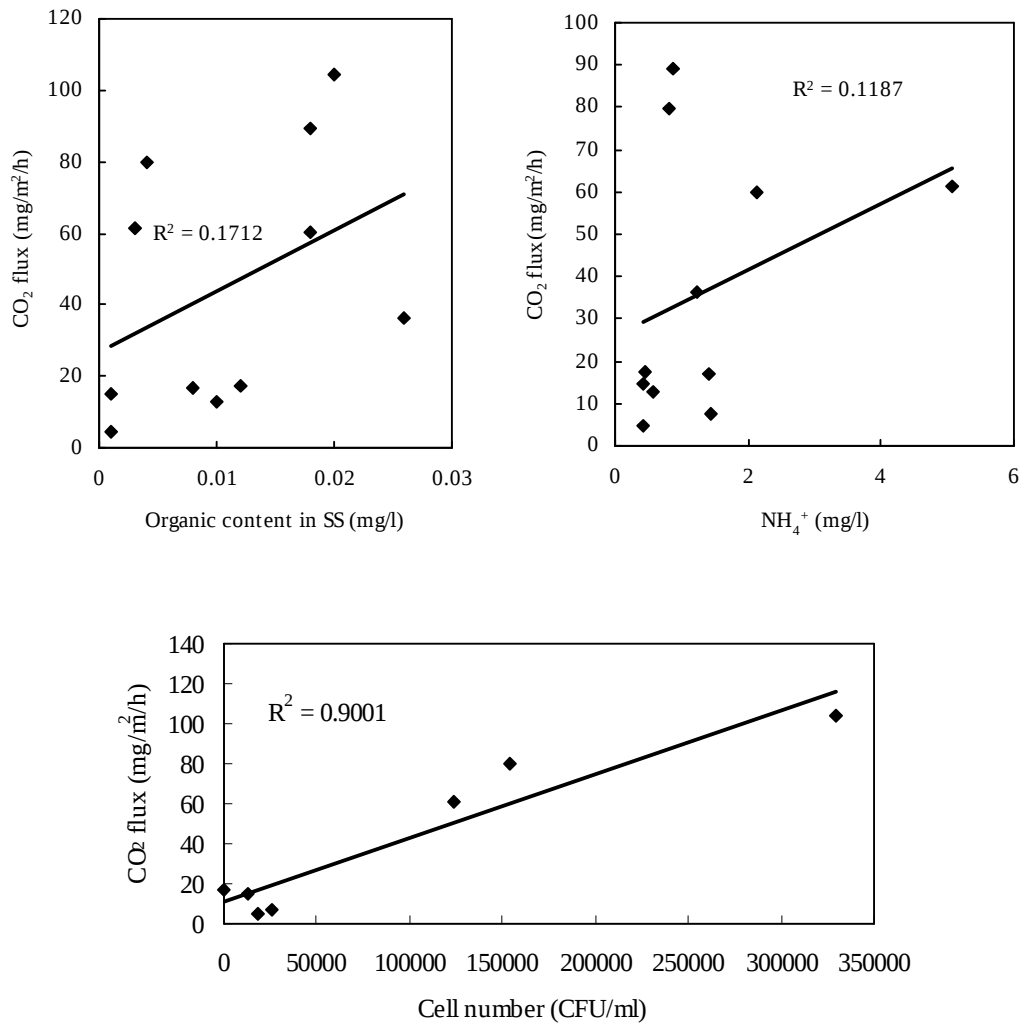
圖五十二、高屏溪水域下游環境因子與 CH₄ 通量之關聯性

2. 水質特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性

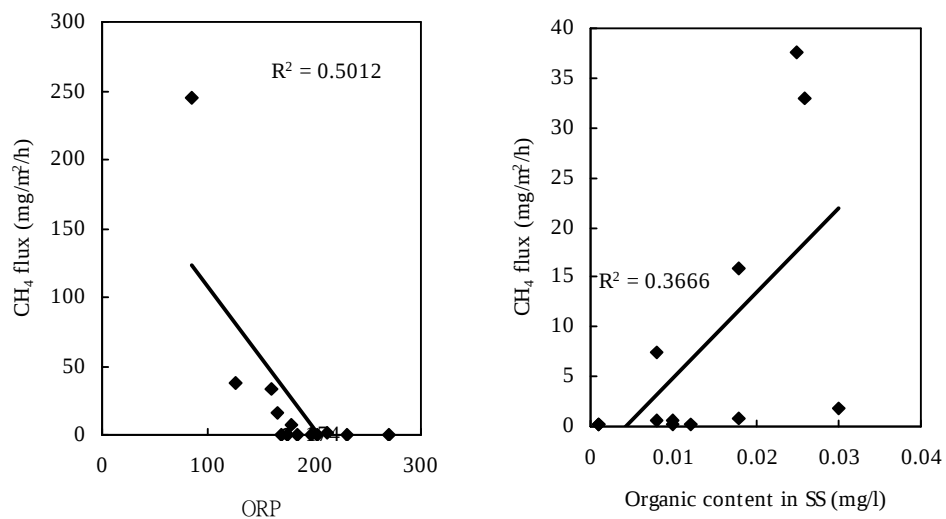
(1).淡水河流域之水質特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性

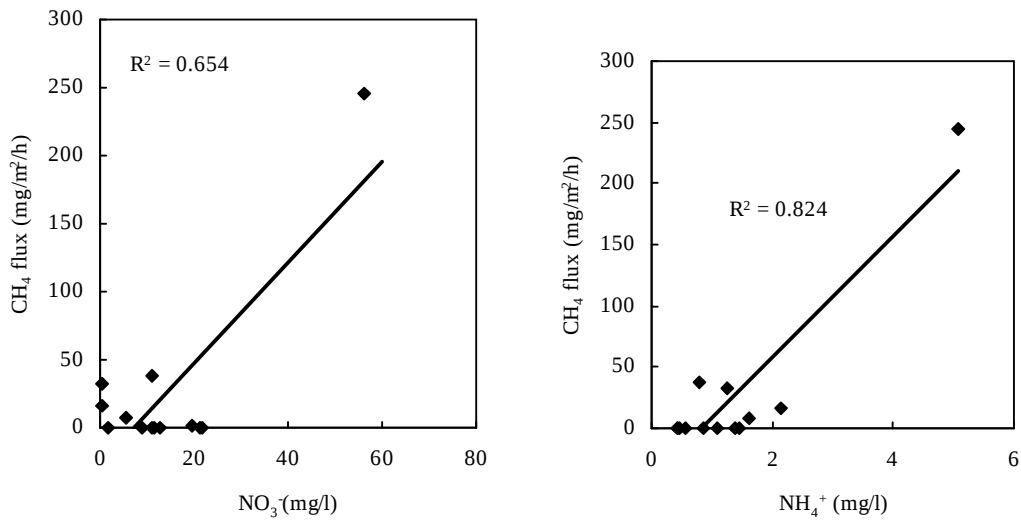
在尋找水質特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性方面，本研究篩選七項可能影響水體產生 CO₂ 及 CH₄ 之因子進行分析，這七項水質特性包括：氧化還原電位、化學需氧量、生化需氧量、懸浮有機物含量、硝酸鹽、氨氮及生菌數，其他項目做為現象解釋之輔助工具。其中第一次採樣時關渡大橋採樣點之 CO₂ 通量為負值(-25.69 mg m⁻² h⁻¹)，探究其原因，應為檢測時間為正午，而水面下為樹叢，光合作用旺盛，致使 CO₂ 通量不曾反減，第三次關渡大橋採樣時 CO₂ 通量亦為負值，因此剔除此統計上之離值，以進行分析研究，分析結果顯示，氧化還原電位及硝酸鹽與 CO₂ 通量成不顯著之負相關，而其餘參數則與 CO₂ 通量成正相關(圖五十三)，其中 BOD 與 CO₂ 通量之關聯性不錯(R²=0.7028)，但以生菌數與 CO₂ 通量之關聯性最佳(R²=0.9001)，然而目前數據仍不夠充分，仍需於各地進行多次採樣分析，並同時考量進行多因子分析，方可下此結論。而在各水質項目與 CH₄ 通量之關聯性研究方面，氧化還原電位與 CH₄ 通量呈負相關趨勢(R²=0.5012)，但 ORP 需降至 159 mV 以下，方有較大量之 CH₄ 釋出(圖五十四)。而目前 COD、BOD 及生菌數與 CH₄ 通量無明顯關聯性，其餘參數則與 CH₄ 通量呈現正相關性(圖五十四)，其中以氨氮含量之相關性較高(可能做為微生物氮源)，硝酸鹽次之(可能做為厭氣菌之電子接受者)，此現象需獲得更多證據，並同時進行多因子分析，方可下此結論。





圖五十三、淡水河流域水質特性與 CO_2 通量之關聯性

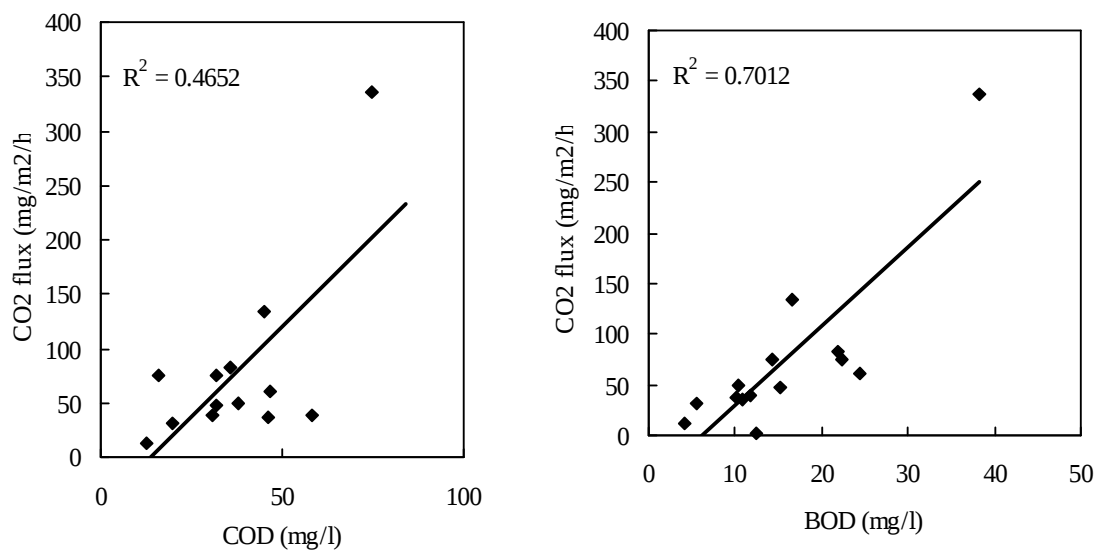


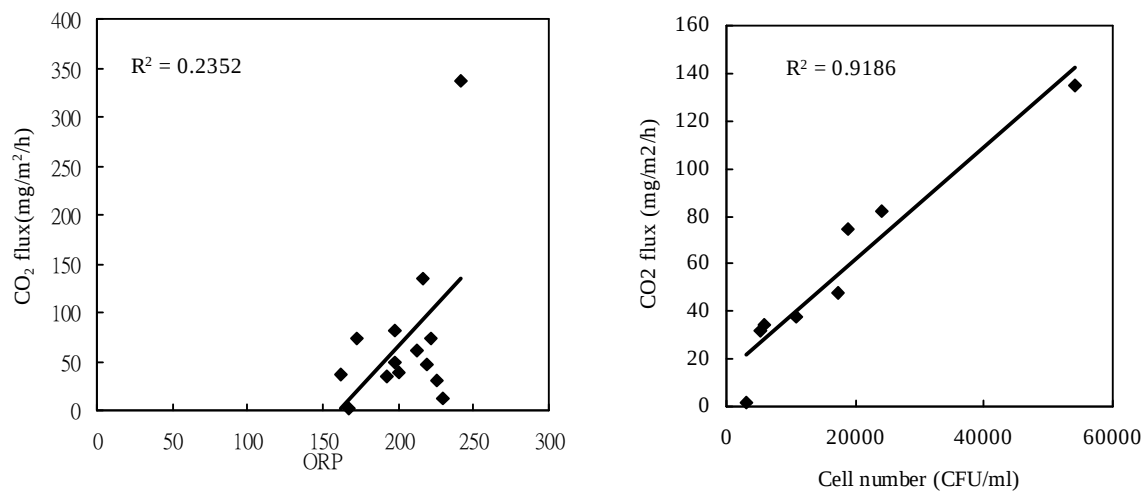


圖五十四、淡水河流域水質特性與 CH_4 通量之關聯性

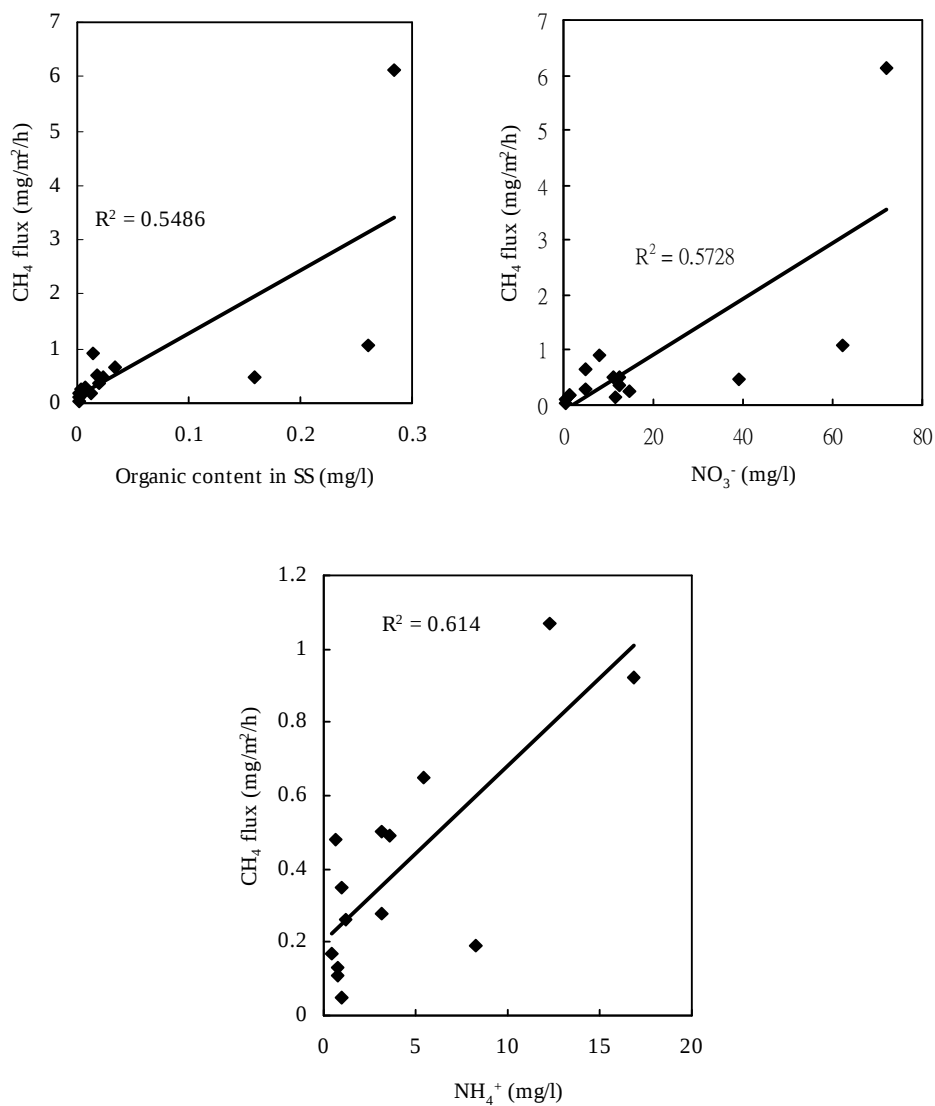
(2). 高屏溪流域之水質特性與 CO_2 及 CH_4 通量之關聯性

在尋找水質特性與 CO_2 及 CH_4 通量之關聯性方面，本研究篩選七項可能影響水體產生 CO_2 及 CH_4 之因子進行分析，這七項水質特性包括：氧化還原電位、化學需氧量、生化需氧量、懸浮有機物含量、硝酸鹽、生菌數及氨氮。分析結果顯示，硝酸鹽、氨氮、及懸浮有機物含量與 CO_2 通量無明顯關聯性，而其餘參數則與 CO_2 通量成正相關(參圖五十五)，其中以生菌數與 CO_2 通量之關聯性最佳($R^2=0.9186$)。而在各水質項目與 CH_4 通量之關聯性研究方面，氧化還原電位(無負值出現)、BOD、COD、生菌數與 CH_4 通量無顯著相關性，其餘參數則與 CH_4 通量呈現正相關性(參圖五十六)，其中以氨氮之相關性最高($R^2=0.614$)，此現象需獲得更多證據，並同時進行多因子分析，方可下此結論。





圖五十五、高屏溪流域水質特性與 CO₂ 通量之關聯性

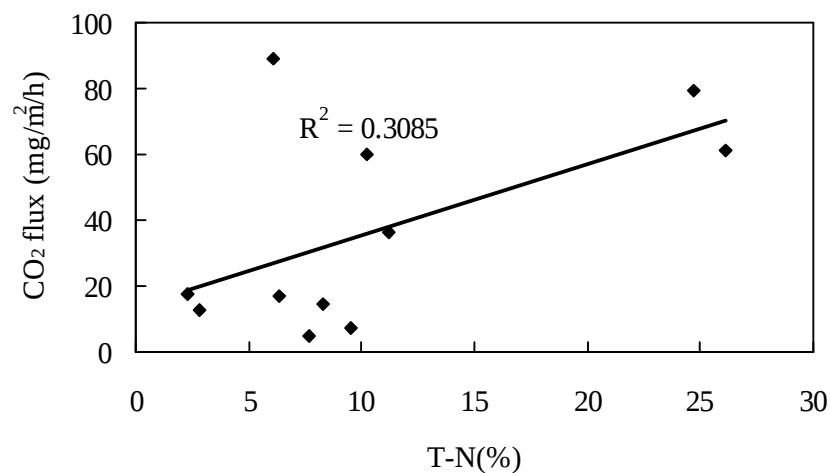


圖五十六、高屏溪流域水質特性與 CH₄ 通量之關聯性

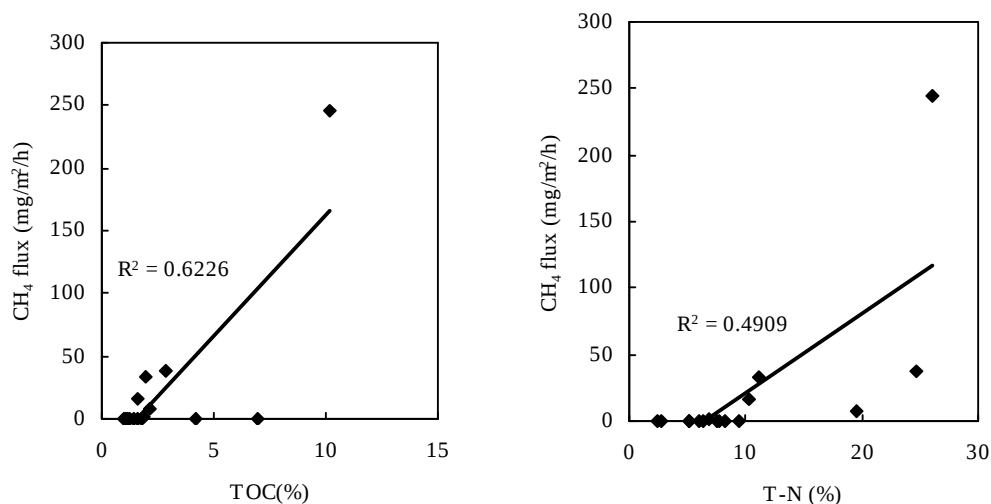
3. 底泥特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性

(1).淡水河流域之底泥特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性

在尋找底泥特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性方面，本研究篩選四項可能經由底泥固相轉移至水相，進而影響水體產生 CO₂ 及 CH₄ 之因子進行分析，這四項底泥特性包括：總有機碳、總氮、硝酸鹽及氨氮。分析結果顯示，硝酸鹽與 CO₂ 通量成不顯著之負相關，總有機碳及氨氮與 CO₂ 通量無關聯性，僅總氮與 CO₂ 通量成正相關(圖五十七)。而在各底泥特性與 CH₄ 通量關聯性之研究方面，硝酸鹽、氨氮與 CH₄ 通量無關聯性，總有機碳及總氮與 CH₄ 通量有正相關性(圖五十八)，由於 CH₄ 之生成應在水體深層，因此底泥中 T-N 與 TOC 之影響似乎比水質成分更重要。



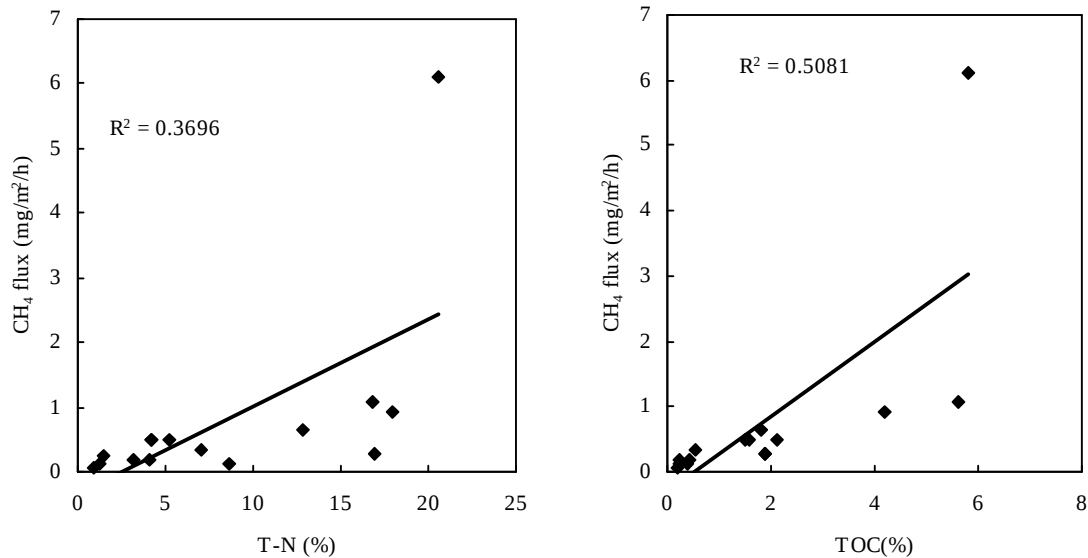
圖五十七、淡水河流域底泥總氮與 CO₂ 通量之關聯性



圖五十八、淡水河流域底泥總有機碳及總氮與 CH₄ 通量之關聯性

(2).高屏溪流域之底泥特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性

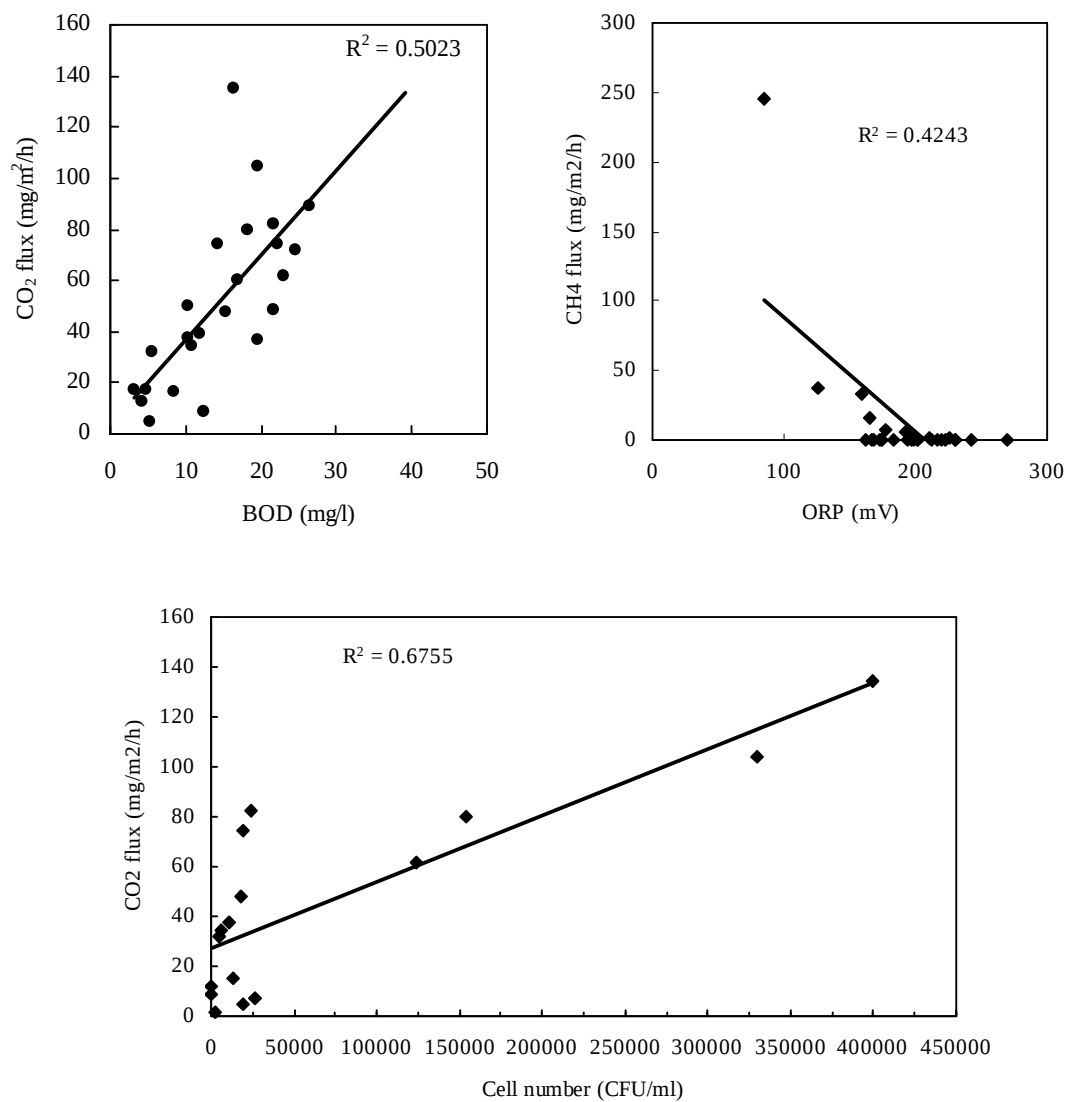
在尋找底泥特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性方面，本研究篩選四項可能經由底泥固相轉移至水相，進而影響水體產生 CO₂ 及 CH₄ 之因子進行分析，這四項底泥特性包括：總有機碳、總氮、硝酸鹽及氨氮。分析結果顯示，四項因子皆與 CO₂ 通量無顯著相關性。而在各底泥特性與 CH₄ 通量關聯性之研究方面，總有機碳、總氮與 CH₄ 通量有正相關性，其餘參數與 CH₄ 通量則無明顯關聯性(圖五十九)。



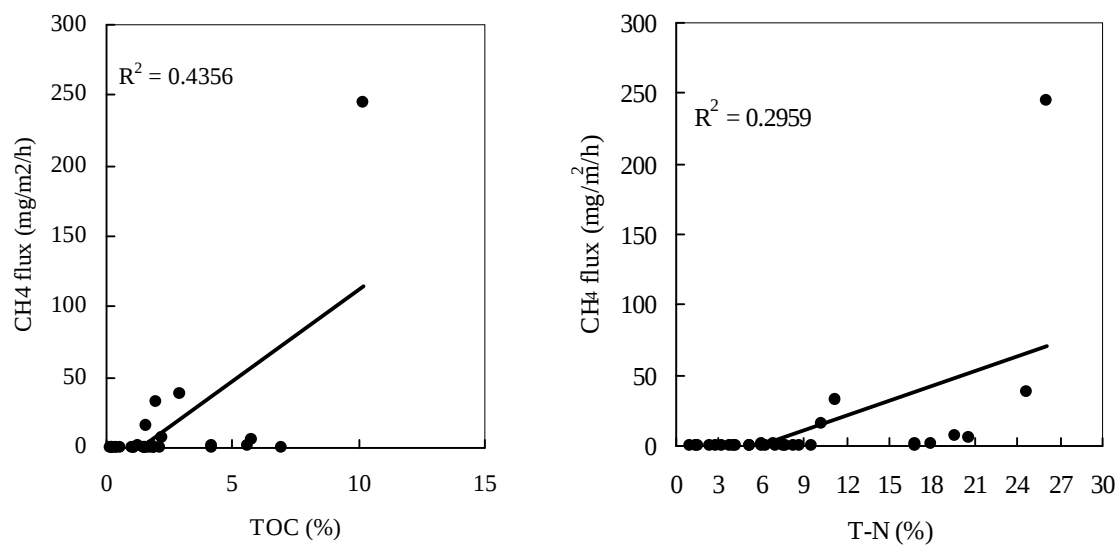
圖五十九、高屏溪流域底泥特性與 CH₄ 通量之關聯性

4.淡水河及高屏溪流域之水質與底泥特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性

假如不考慮各地其他水質或底泥之差異性，將各因子與氣體之通量進行回歸分析，可知僅水體中生化需氧量及生菌數與 CO₂ 通量關聯性最高(圖六十)，而水體中 ORP 則與 CH₄ 通量有較高度關聯性。而在底泥特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之關聯性方面，總有機碳及總氮之含量與 CH₄ 通量成正相關(圖六十一)，但無任何底泥特性與 CO₂ 通量有高度關聯性(R²>0.2)。



圖六十、各流域水質特性與 CO₂/CH₄ 通量之關聯性



圖六十一、各流域底泥特性與 CH₄ 通量之關聯性

5. 各流域之水質及底泥特性與 CO₂ 及 CH₄ 通量之複迴歸關聯性分析

(1).淡水河水域水質項目與 CO₂ 通量

表二十三、淡水河水域水質項目與 CO₂ 通量迴歸分析

迴歸統計	
R 的倍數	0.610133
R 平方	0.372262

ANOVA 分析

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	8	5274.847	659.3559	0.444765	0.036901

	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	58.9149	1.298564	0.021767	-52.0998	169.929589
DO	9.044143	1.013295	0.350024	-12.7957	30.8840288
ORP	-0.31753	-1.09434	0.315781	-1.02752	0.39246039
懸浮有機質總量	3.723	-0.61618	0.040407	-3448.55	2061.10132
COD	0.005795	0.034227	0.973806	-0.40846	0.42005281
NO ₃ ⁻	-0.43052	-0.51556	0.624598	-2.47381	1.61276634
BOD ₅	0.858034	0.614155	0.561662	-2.56054	4.27660936
NH ₄ ⁺	3.51913	0.258959	0.024322	-29.7333	36.7715538
微生物	0.0004	-0.69689	0.031956	-0.00036	0.00020048

此結果之複相關係數為 0.610133，顯示八個主要水質項目與 CO₂ 通量間之差異程度相當高。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 $0.036901 < \alpha = 0.05$ ，故其結果顯示 DO、ORP、懸浮有機質總量、COD、NO₃⁻、BOD₅、NH₄⁺及微生物與 CO₂ 通量整體有明顯的迴歸關係存在。最後 t 檢定結果中，常數項(截距)為 58.9149，其顯著水準(P-值) $0.021767 < \alpha = 0.05$ ，故常數項有其意義，而懸浮有機質總量、NH₄⁺及微生物與 CO₂ 通量整體間亦具明顯的迴歸關係存在。將無關聯性參數剔除後，最後迴歸方程式為 $y = 3.723x_1 + 3.519x_2 + 0.0004x_3 + 58.9149$ 。

(2). 淡水河水域水質項目與 CH₄ 通量

表二十四、淡水河水域水質項目與 CH₄ 通量迴歸分析

迴歸統計					
R 的倍數	0.96824				
R 平方	0.937488				

ANOVA 分析					
	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	8	77601.17	9700.146	16.8715	0.000146

	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	9.791155	0.412835	0.689389	-43.8601	63.442435
DO	10.86768	2.402535	0.039732	0.634982	21.100386
ORP	-0.52488	-3.44547	0.007327	-0.86949	-0.1802629
懸浮有機質總量	71.47	-0.62051	0.025031	-1725.72	982.78017
COD	-0.05607	-0.69304	0.505772	-0.23907	0.1269371
NO ₃ ⁻	0.754102	1.736951	0.116407	-0.22802	1.7362236
BOD ₅	0.504197	0.728051	0.485092	-1.06242	2.0708109
NH ₄ ⁺	43.00716	5.815234	0.000255	26.27713	59.737185
微生物	-6.2E-05	-0.9076	0.387743	-0.00022	9.209E-05

此結果之複相關係數(R)為 0.96824，顯示八個主要水質項目與 CH₄ 通量差異程度相當高。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 $0.000146 < \alpha = 0.05$ ，故其結果顯示 DO、ORP、懸浮有機質總量、COD、NO₃⁻、BOD₅、NH₄⁺及微生物與 CH₄ 通量整體間有明顯的迴歸關係存在。最後 t 檢定結果中，常數項(截距)為 9.791155，其顯著水準(P-值) $0.689389 > \alpha = 0.05$ ，故常數項係數應可省略。所有八個變數中，分別有 DO 之顯著水準(P-值) $0.039732 < \alpha = 0.05$ 、ORP 之顯著水準(P-值) $0.007327 < \alpha = 0.05$ 、NH₄⁺之顯著水準(P-值) $0.000255 < \alpha = 0.05$ 、懸浮有機質總量之顯著水準(P-值) $0.025 < \alpha = 0.05$ ，表示 DO、ORP、NH₄⁺、懸浮有機質總量與 CH₄ 通量存有顯著關聯性，其係數分別為 10.86768、-0.52488、43.00716、71.47，將無關聯性參數剔除後，最後之迴歸方程式為 $y = 10.86768x_1 - 0.52488x_2 + 43.00716x_3$ 。

(3).高屏溪水域水質項目與 CO₂ 通量

表二十五、高屏溪水域水質項目與 CO₂ 通量迴歸分析

迴歸統計					
R 的倍數	0.703774				
R 平方	0.495298				

ANOVA 分析					
	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	8	7618.987	952.3733	0.245342	0.039818

	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	-88.3562	-0.22891	0.840214	-1749.1	1572.388
DO	-4.53535	-0.15761	0.889236	-128.345	119.2738
ORP	0.941819	0.42941	0.709459	-8.49513	10.37877
懸浮有機質總量	-89.0269	-0.70599	0.553353	-631.603	453.549
COD	4.20833	-0.14108	0.020733	-12.8614	12.04475
NO ₃ ⁻	-0.36244	-0.18168	0.87258	-8.946	8.221116
BOD ₅	1.493143	0.118821	0.016276	-52.5753	55.56163
NH ₄ ⁺	-14.7916	-0.15316	0.892332	-430.337	400.7543
微生物	0.0021	-0.05004	0.046361	-0.02596	0.025365

此結果之複相關係數(R)為 0.703774，顯示八個主要水質項目與 CO₂ 通量差異程度相當高。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 0.039818 小於 α ，故其結果顯示 DO、ORP、懸浮有機質總量、COD、NO₃⁻、BOD₅、NH₄⁺及微生物與 CO₂ 通量整體間有明顯的迴歸關係存在。t 檢定結果中，常數項(截距)為-88.3562，其顯著水準(P-值) 0.840214 > α = 0.05，故此參數可忽略。COD、BOD₅ 及微生物等三個變數之顯著水準(P-值)小於 α = 0.05，顯示 CO₂ 通量與這些變數間有關係。無關聯性參數剔除後，最後之迴歸方程式為 $y = 4.20833x_1 + 1.4931x_2 + 0.0021$ 。

(4).高屏溪水域水質項目與 CH₄ 通量

表二十六、高屏溪水域水質項目與 CH₄ 通量迴歸分析

迴歸統計					
R 的倍數	0.990773				
R 平方	0.981631				

ANOVA 分析					
	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	8	78388.32	9798.54	20.0394	0.015805

	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	0.275	-0.85074	0.045425	-552.184	319.2336
DO	-7.92243	-0.7843	0.490091	-40.0691	24.2242
ORP	0.902018	1.161945	0.329299	-1.56852	3.372553
懸浮有機質總量	11.604	-1.25074	0.029694	-194.42	84.7159
COD	1.135283	1.109957	0.347986	-2.11978	4.390345
NO ₃ ⁻	0.0745	-1.37851	0.026856	-3.22423	1.275236
BOD ₅	-8.04455	-1.81084	0.16785	-22.1824	6.093308
NH ₄ ⁺	0.02851	2.143933	0.012401	-35.2199	180.6369
微生物	0.005014	2.41523	0.094572	-0.00159	0.01162

此結果之複相關係數(R)為 0.990773，顯示八個主要水質項目與 CH₄ 通量差異程度相當高。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 $0.015805 < \alpha = 0.05$ ，故其結果顯示 DO、ORP、懸浮有機質總量、COD、NO₃⁻、BOD₅、NH₃⁺及微生物與 CH₄ 通量整體間有明顯的迴歸關係存在。t 檢定結果中，常數項之顯著水準(P-值) $0.045425 < \alpha = 0.05$ ，故此參數具有意義。懸浮有機質總量、NO₃⁻、NH₄⁺等三個變數之顯著水準(P-值)小於 $\alpha = 0.05$ ，顯示 CH₄ 通量與這些變數間有顯著的關係。將無關聯性參數剔除後，最後迴歸方程式為 $y = 11.604x_1 + 0.0745x_2 + 0.02851x_3 + 0.275$ 。

(5).淡水河水域底泥項目與 CO₂ 通量

表二十七、淡水河水域底泥項目與 CO₂ 通量迴歸分析

迴歸統計					
R 的倍數	0.428936				
R 平方	0.183986				

ANOVA 分析					
	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	4	2607.03	651.7574	0.563672	0.024662
殘差	10	11562.7	1156.27		
總和	14	14169.73			

	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	11.05333	0.474579	0.645281	-40.8419	62.94853
TOC	-1.1921	-0.29964	0.770591	-10.0568	7.672574
NO ₃ ⁻	0.149293	0.470111	0.648361	-0.5583	0.856882
T-N	2.232797	1.055147	0.036183	-2.48217	6.947761
NH ₄ ⁺	12.0567	0.810783	0.436361	-21.0767	45.19012

此結果之複相關係數(R)為 0.428936，顯示四個底泥項目與 CO₂ 通量具有某程度之差異。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 $0.024662 < \alpha = 0.05$ ，故其結果顯示 TOC、NO₃⁻、T-N、NH₃⁺與 CO₂ 通量整體間具有有意義的迴歸關係存在。最後 t 檢定結果中，常數項(截距)、TOC、NO₃⁻、NH₄⁺之顯著水準(P-值)皆大於 α ，故僅 T-N 與 CO₂ 通量具有有意義的迴歸關係存在。將無關聯性參數剔除後，最後之迴歸方程式為 $y = 2.2328x$ 。

(6). 淡水河水域底泥項目與 CH₄ 通量

表二十八、淡水河水域底泥項目與 CH₄ 通量迴歸分析

迴歸統計	
R 的倍數	0.800223
R 平方	0.640356

ANOVA 分析

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	4	53005.9	13251.48	5.786719	0.006699

	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	-35.6073	-1.22431	0.24256	-98.4385	27.22394
TOC	6.147844	1.236537	0.028134	-4.59313	16.88882
NO ₃ ⁻	-0.36064	-0.84144	0.415311	-1.28658	0.565294
T-N	4.49515	1.634989	0.012602	-1.44445	10.43475
NH ₄ ⁺	3.74626	0.194982	0.848421	-37.7617	45.25419

此結果之複相關係數(R)為 0.800223，顯示整四個底泥項目與 CO₂ 通量具有高程度之差異。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 $0.006699 < \alpha = 0.05$ ，故其結果顯示 TOC、NO₃⁻、T-N、NH₃⁺與 CH₄ 通量整體間有明顯的迴歸關係存在。最後 t 檢定結果中，常數項(截距)為-35.6073，其顯著水準(P-值) $0.24256 > \alpha = 0.05$ ，故不考慮常數項之存在。TOC 與 T-N 兩個變數之顯著水準(P-值)小於 $\alpha = 0.05$ ，顯示 CH₄ 通量與這些變數間具顯著關聯性。將無意義變數排除掉後，所以，最後之迴歸方程式為 $y = 6.147x_1 + 4.495x_2$ 。

(7).高屏溪水域底泥項目與 CO₂ 通量

表二十九、高屏溪水域底泥項目與 CO₂ 通量迴歸分析

迴歸統計					
R 的倍數	0.445194				
R 平方	0.198198				

ANOVA 分析					
	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	4	3481.292	870.323	0.679773	0.620204

	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	21.93636	0.540592	0.599564	-67.3762	111.2489
TOC	-0.08928	-0.17937	0.860906	-1.18476	1.006202
NO ₃ ⁻	0.384414	1.294776	0.221915	-0.26905	1.037878
T-N	-0.47783	-0.25376	0.804365	-4.62237	3.66671
NH ₄ ⁺	41.76868	0.842138	0.417644	-67.3967	150.934

此結果之複相關係數(R)為 0.445194，顯示整組迴歸方程式可解釋底泥成分與 CO₂ 通量差異程度不顯著。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 $0.620204 > \alpha = 0.05$ ，故其結果顯示底泥成分 TOC、NO₃⁻、T-N、NH₄⁺與 CO₂ 通量整體間無明顯的迴歸關係存在。

(8). 高屏溪水域底泥項目與 CH₄ 通量

表三十、高屏溪水域底泥項目與 CH₄ 通量迴歸分析

迴歸統計					
R 的倍數	0.629731				
R 平方	0.396562				

ANOVA 分析					
	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	4	33733.11	8433.277	2.135802	0.013418

	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	-3.8086	-0.20498	0.040759	-159.341	131.7235
TOC	0.488314	0.654305	0.024322	-1.12399	2.100616
NO ₃ ⁻	0.895784	1.788513	0.09701	-0.18624	1.977812
T-N	0.17142	0.363624	0.021984	-5.78823	8.131073
NH ₄ ⁺	-9.22397	-0.12219	0.904619	-172.311	153.863

此結果之複相關係數(R)為 0.629731，顯示四個底泥項目與 CH₄ 通量差異程度相當高。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 $0.013418 < \alpha$ ，故其結果顯示 TOC、NO₃⁻、T-N、NH₄⁺ 與 CH₄ 通量整體間存在迴歸關係。t 檢定結果中，常數項(截距)為 -3.8086，其顯著水準(P-值) $0.040759 < \alpha$ ，故常數項有其意義。TOC、T-N 變數之顯著水準(P-值)小於 α ，顯示 CH₄ 通量與這些變數間有顯著的直線關係將無關聯性參數剔除後，最後之迴歸方程式為 $y = 0.488314x_1 + 0.17142x_2 - 3.8086$ 。

(9).淡水河水域與高屏溪水域水質與 CO₂ 通量綜合評估

表三十一、淡水河水域與高屏溪水域水質與 CO₂ 通量迴歸分析

迴歸統計					
R 的倍數	0.383847				
R 平方	0.147339				

ANOVA 分析					
	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	8	4362.763	545.3454	0.367197	0.023821

	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	25.37304	1.815295	0.028716	-10.6065	141.3525
DO	-0.09695	-0.02007	0.984218	-10.2867	10.09275
ORP	-0.05652	-0.29814	0.769209	-0.45648	0.343445
懸浮有機質總量	-46.6662	-0.72328	0.479344	-182.793	89.46027
COD	-0.06362	-0.66459	0.515227	-0.2656	0.138356
NO ₃ ⁻	-0.0974	-0.22595	0.823933	-1.0069	0.812092
BOD ₅	3.18089	0.359528	0.023627	-1.85185	2.612629
NH ₄ ⁺	-2.96029	-0.29763	0.769594	-23.9452	18.0246
微生物	0.00032	-0.95383	0.033535	-0.00027	0.000102

此結果之複相關係數(R)為 0.383847，顯示淡水河及高屏溪八個主要水質項目與 CO₂ 通量間差異程度不顯著。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 $0.023821 < \alpha$ ，故其結果顯示 DO、ORP、懸浮有機質總量、COD、NO₃⁻、BOD₅、NH₄⁺及微生物與 CO₂ 通量整體間存在迴歸關係。檢定結果中，常數項(截距)為 25.37304，其顯著水準(P-值) $0.028716 < \alpha = 0.05$ ，故常數項有其意義。DO、ORP、懸浮有機質總量、COD、NO₃⁻、BOD₅、NH₄⁺及微生物等八個變數中，僅 COD 及微生物顯著水準(P-值)小於 α ，顯示 CO₂ 通量僅與 BOD 及微生物有顯著的直線關係。將無關聯性參數剔除後，最後迴歸方程式為 $y = 0.00032x_1 + 3.18089x_2 + 25.37304$ 。

(10).淡水河水域與高屏溪水域水質與 CH₄ 通量綜合評估

表三十二、淡水河水域與高屏溪水域水質與 CH₄ 通量迴歸分析

迴歸統計					
R 的倍數	0.883368				
R 平方	0.780339				

ANOVA 分析					
	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	8	123889.5	15486.19	7.548976	0.000252

	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	169.02257	0.921982	0.036943	-50.2748	128.3199
DO	-15.4242	-2.71734	0.064635	-27.4	-3.4484
ORP	-0.825216	0.517123	0.041733	-0.35485	0.585286
懸浮有機質總量	9.306288	0.122726	0.903763	-150.681	169.2933
COD	-0.02367	-0.21039	0.835865	-0.26105	0.21371
NO ₃ ⁻	1.104754	2.180562	0.043556	0.035841	2.173666
BOD ₅	-0.57305	-0.46085	0.65075	-3.19656	2.05046
NH ₄ ⁺	30.31415	2.593234	0.068943	5.650983	54.97732
微生物	-1.1E-05	-0.10695	0.916079	-0.00023	0.000208

此結果之複相關係數(R)為 0.883368，顯示淡水河及高屏溪八個主要水質項目與 CH₄ 通量差異程度相當高。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 $0.000252 < \alpha = 0.05$ ，故其結果顯示 DO、ORP、懸浮有機質總量、COD、NO₃⁻、BOD₅、NH₄⁺ 及微生物與 CH₄ 通量整體間有明顯的迴歸關係存在。t 檢定結果中，常數項(截距)為 169.02257，其顯著水準(P-值) $0.0369438 < \alpha$ ，故常數項有其意義，而 ORP、懸浮有機質總量、COD、BOD₅ 及微生物等八個變數中，僅 ORP 之顯著水準(P-值)均小於 $\alpha = 0.05$ ，將無關聯性參數剔除後，最後之迴歸方程式為 $y = -0.825216x_1 + 169.02257$ 。

(11). 淡水河水域與高屏溪水域底泥與 CO₂ 通量綜合評估

表三十三、淡水河水域與高屏溪水域底泥與 CO₂ 通量迴歸分析

迴歸統計					
R 的倍數	0.298403				
R 平方	0.089044				
ANOVA 分析					
	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	4	2844.548	711.137	0.635363	0.641845
	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	23.17792	1.42336	0.166522	-10.2942	56.65007
TOC	0.317389	0.885726	0.383884	-0.41919	1.053963
NO ₃ ⁻	0.108519	0.685438	0.499134	-0.21691	0.433953
T-N	0.657544	0.732644	0.470329	-1.18728	2.502371
NH ₄ ⁺	14.8602	1.080131	0.290002	-13.4193	43.13975

此結果之複相關係數(R)為 0.298403，顯示高屏溪水域與淡水河水域底泥與 CO₂ 通量差異程度不高。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 $0.641845 > \alpha = 0.05$ ，故其結果顯示 TOC、NO₃⁻、T-N、NH₄⁺與 CO₂ 通量整體間無明顯的迴歸關係存在。

(12). 淡水河水域與高屏溪水域底泥與 CH₄ 通量綜合評估

表三十四、淡水河水域與高屏溪水域底泥與 CH₄ 通量

迴歸統計	
R 的倍數	0.636179
R 平方	0.404724

ANOVA 分析

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	5	66520.17	13304.03	3.399459	0.017662

	係數	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	-12.3262	-1.65518	0.011039	-117.436	12.78324
TOC	5.073962	1.579138	0.012687	-0.32672	2.474641
NO ₃ ⁻	0.251034	0.840395	0.408653	-0.36417	0.866237
T-N	2.871245	3.4629	0.001937	2.37936	9.363129
NH ₄ ⁺	0.876146	0.033318	0.973686	-53.2829	55.03518

此結果之複相關係數(R)為 0.636179，顯示高屏溪水域與淡水河水域底泥成分與 CH₄ 通量有某種程度之差異。ANOVA 表中之 F 檢定的顯著水準 0.017662 < $\alpha=0.05$ ，故其結果顯示 TOC、NO₃⁻、T-N、NH₄⁺與 CH₄ 通量整體間存在迴歸關係。t 檢定結果中，常數項(截距)為-12.3262，其顯著水準(P-值) 0.011039 < α ，故常數項有其意義，TOC 與 T-N 兩個變數之顯著水準(P-值)小於 α ，顯示 CH₄ 通量與這些變數間具顯著的直線關係。將無關聯性參數剔除後，最後之迴歸方程式為 $y=5.073962x_1+2.871245x_2-12.3262$ 。

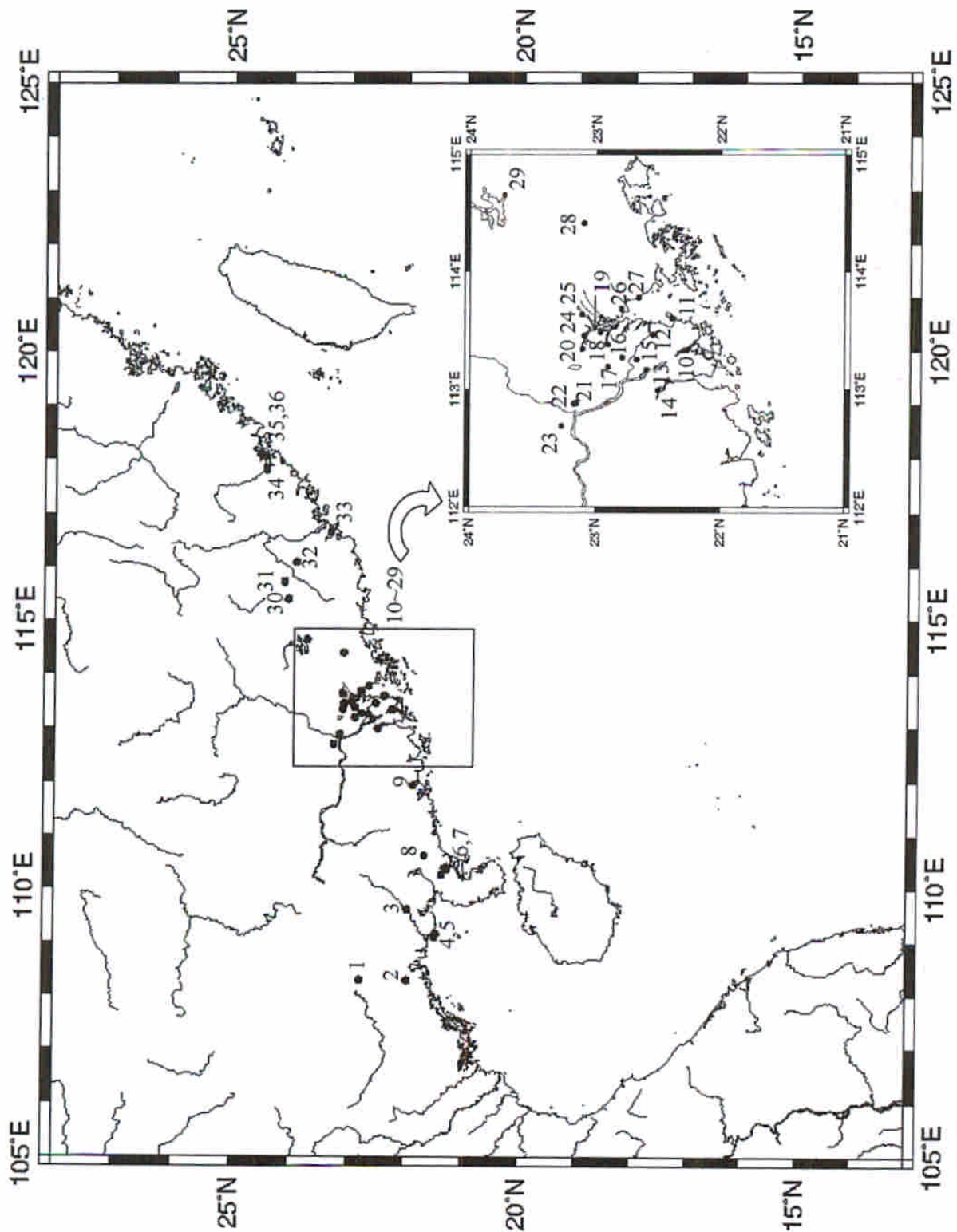
九、大陸地區廣西、廣東及福建各流域水體大氣 CO₂ 及 CH₄ 濃度

1.大陸地區廣西、廣東及福建各流域採樣點

表三十五、大陸各區採樣點及其編號

廣西省		廣東省	
1	南寧市(邕江)	19	石樓蓮花山(珠江)
2	欽州市(欽江)	20	廣州市(流溪河)
3	合浦縣(廉江)	21	三水縣(流溪河)
4	北海市(北部灣)	22	馬房(北江)
5	北海市(鯉魚地水庫)	23	永安(西江)
廣東省		24	文沖(黃埔)(珠江)
6	湛江市(新橋江)	25	東莞市(東江)
7	湛江市(赤坎河)	26	新豐(珠江)
8	化州縣(鑒江)	27	寶安縣(珠江)
9	陽江市(漠陽河)	28	惠州市(東江)
10	珠海市(珠江)(斗門大橋)	29	新豐縣(新豐江水庫)
11	珠海市(珠江)(唐家)	30	龍川縣(東江)
12	中山市(珠江)	31	興寧縣(東江)
13	江門市(珠江)	32	鄭屋(東江)
14	新會縣(潭江)(黃克競大橋)	33	汕頭市(榕江)(礮石大橋)
15	東升小欖(珠江)(日沙大橋)	福建省	
16	容奇(珠江)(容奇大橋)	34	漳州市龍海(九龍江)
17	順德縣北窖(珠江)	35	廈門市(九龍江)(廈門大橋)
18	番禺縣大同(珠江)(沙灣大橋)	36	廈門市(九龍江)(海滄大橋)

2. 大陸地區廣西、廣東及福建各流域採樣位置圖



3. 大陸地區廣西、廣東及福建各流域採樣結果

本次採樣共採集注入南海地區之河川水體共三十六處，其中廣西省五處，廣東省二十八處及福建省三處。這三十六處採樣點中大氣中二氧化碳濃度最低出現於廣西省合浦縣之廉江(採樣點 3)，濃度為 295.75 ± 8.14 ppm，濃度最高出現於廣東省新豐縣之新豐江水庫(採樣點 29)，濃度為 473.22 ± 0.57 ppm，大氣中二氧化碳平均濃度為 386.85 ± 37.13 ppm(表三十

六)，較目前大氣中二氧化碳平均濃度 350 ppm 稍高。至於甲烷氣，在三十六處採樣點中大氣中甲烷濃度最低出現於廣西省永安縣之西江(採樣點 23)，濃度為 1.28 ± 0.02 ppm，濃度最高則出現於廣東省寶安縣之珠江(採樣點 27)，濃度為 2.04 ± 0.11 ppm，大氣中甲烷平均濃度為 1.6 ± 0.18 ppm(表三十七)。

限於大陸地區實際採樣時，氣體通量不易採集之限制，為尋求其水體表面污染物通量，本研究利用上部空間法(Headspace method)來推測氣體通量。首先將本島所採集之數據，建立氣體通量與上部空間法之關聯性，在二氧化碳方面，將所有氣體通量與上部空間法進行回歸分析，發現兩者間並無顯著關聯性($R^2 < 0.2$)，由於二氧化碳之產生，通常與氧氣或氧化還原電位(ORP)有關，因此利用逐次回歸之方式探求兩者之最佳關聯度，分析結果顯示，當 ORP 小於 200 mV 時，可獲得良好之關聯性($R^2 = 0.9598$)(圖六十二)，並得到 $y = 114.94x + 1262.8$ 之關係式。在甲烷方面，將所有氣體通量與上部空間法進行回歸分析，發現兩者間具有顯著之關聯性($R^2 = 0.8484$)，並得到 $y = 12.231x + 55.397$ 之關係式，由於甲烷之產生與氧化還原電位(ORP)非常相關，因此利用逐次回歸之方式探求兩者之最佳關聯度，分析結果顯示，由於 ORP 小於 170 mV 之數據，僅有兩處因此無法建立實際關聯性，若將 ORP 大於 170 mV 之數據進行處理，其關聯度反而降低($R^2 = 0.4304$)(圖六十三)。然而這些方程式之效度仍需進一步蒐集更多之資料以進行佐證，因此，在此暫不評估大陸地區水體表面溫室效應氣體之通量。

表三十六、大陸各流域水體表面 CO₂ 濃度及瓶裝上部空間氣體濃度

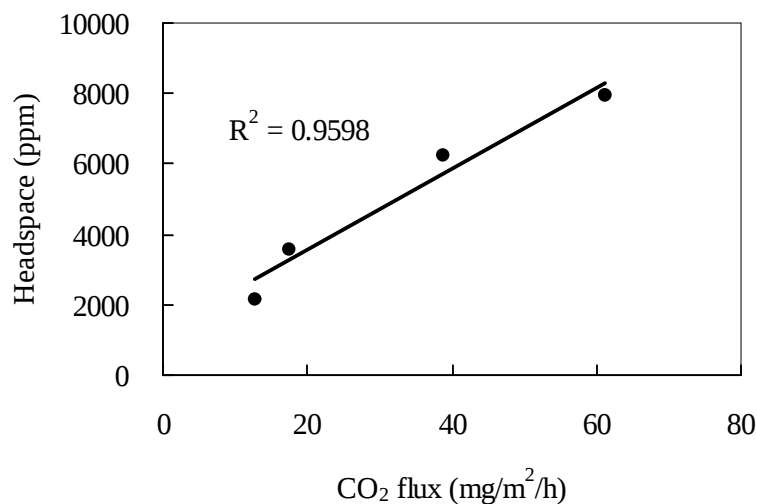
地名	大氣平均濃度	地名	上部空間氣體濃度
合浦縣（廉江）	295.75±8.14	北海市（北部灣）	308.79±1.48
永安(西江)	343.55±1.74	珠海市（珠江） ¹¹	375.42±5.65
鄭屋（東江）	347.80±1.20	惠州市（東江）	509.87±6.35
汕頭市（榕江）	352.56±2.00	廈門市（九龍江） ³⁶	577.33±17.86
江門市（珠江）	360.16±3.00	文沖（黃埔）（珠江）	629.08±31.43
廈門市（九龍江） ³⁶	363.72±3.24	廈門市（九龍江） ³⁵	678.51±15.71
順德縣北窖（珠江）	367.70±1.30	汕頭市（榕江）	823.16±21.28
興寧縣（東江）	367.92±0.56	三水縣（流溪河）	873.85±20.95
湛江市（赤坎河）	369.23±1.18	寶安縣（珠江）	1205.55±24.62
新會縣（潭江）	369.25±7.77	順德縣北窖（珠江）	1573.31±31.68
廣州市（流溪河）	369.46±0.40	欽州市（飲江）	1929.60±43.75
中山市（珠江）	371.60±3.42	合浦縣（廉江）	2039.62±67.88
陽江市（漠陽河）	372.19±3.98	中山市（珠江）	2210.81±3.27
珠海市（珠江） ¹⁰	374.71±4.43	南寧市（邕江）	2313.26±92.00
龍川縣（東江）	374.85±1.33	漳州市（九龍江）	2511.87±31.51
馬房（北江）	376.10±1.50	湛江市（新橋江）	2867.08±34.60
容奇（珠江）	377.59±1.63	化州縣（鑒江）	2876.67±68.24
惠州市（東江）	377.67±1.23	鄭屋（東江）	3105.40±13.75
石樓蓮花山（珠江）	377.81±2.09	興寧縣（東江）	3162.78±34.34
東升小欖（珠江）	378.06±2.84	新會縣（潭江）	3294.82±37.32
番禺縣大同（珠江）	378.32±2.53	北海（鯉魚地水庫）	3298.84±62.34
三水縣（流溪河）	378.92±7.60	東升小欖（珠江）	3379.45±94.27
北海（鯉魚地水庫）	379.04±2.92	珠海市（珠江） ¹⁰	3430.41±42.11
化州縣（鑒江）	380.29±7.41	龍川縣（東江）	3476.12±71.79
南寧市（邕江）	381.86±6.68	石樓蓮花山（珠江）	3568.32±53.25
北海市（北部灣）	389.79±6.21	東莞市（東江）	3673.63±58.31
湛江市（新橋江）	395.86±10.64	湛江市（赤坎河）	3679.39±49.81
珠海市（珠江） ¹¹	401.68±1.82	新豐（新豐江水庫）	3773.61±38.78
欽州市（飲江）	408.91±1.02	陽江市（漠陽河）	3785.03±70.37
廈門市（九龍江） ³⁵	411.39±1.57	江門市（珠江）	4138.81±40.33
漳州市（九龍江）	436.97±8.81	番禺縣大同（珠江）	4271.20±24.22
新灣（珠江）	439.99±1.58	馬房（北江）	4280.91±62.26
東莞市（東江）	456.48±1.23	容奇（珠江）	4281.85±80.70
寶安縣（珠江）	460.90±0.46	永安(西江)	4296.29±36.90
文沖（黃埔）（珠江）	465.25±0.81	廣州市（流溪河）	5027.56±37.37
新豐（新豐江水庫）	473.22±0.57	新灣（珠江）	5263.16±66.80

註：各濃度由小排列至大。上標號為特定採樣點位置。

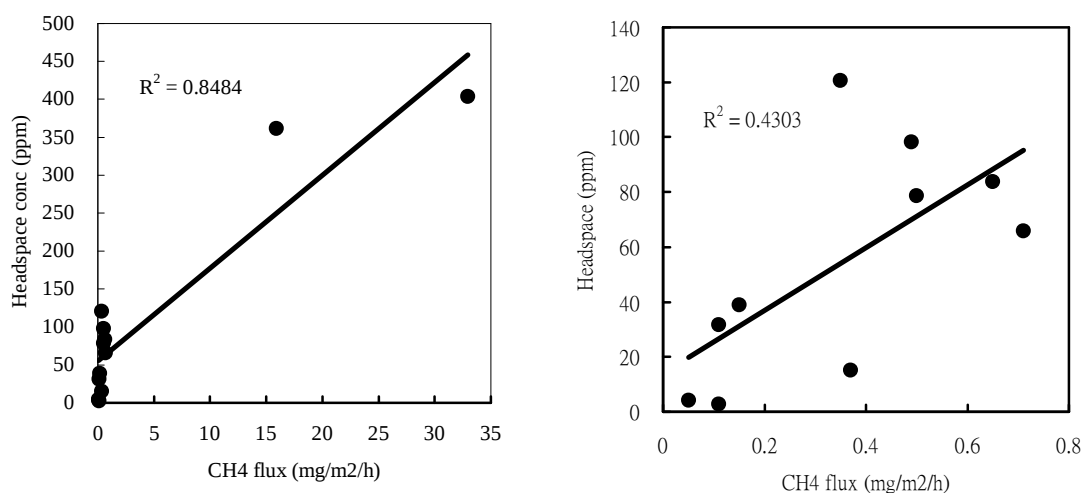
表三十七、大陸各流域水體表面 CH₄ 濃度及瓶裝上部空間氣體濃度

地名	大氣平均濃度	地名	上部空間氣體濃度
永安(西江)	1.28 ±0.02	珠海市(珠江) ¹¹	3.35±0.04
中山市(珠江)	1.29 ±0.13	新豐(新豐江水庫)	8.34±0.03
石樓蓮花山(珠江)	1.33 ±0.03	鄭屋(東江)	10.66±0.08
馬房(北江)	1.33 ±0.03	新灣(珠江)	10.99±0.09
廈門市(九龍江) ³⁶	1.35 ±0.04	三水縣(流溪河)	12.89±0.27
番禺縣大同(珠江)	1.37 ±0.07	永安(西江)	15.94±0.54
鄭屋(東江)	1.43 ±0.08	番禺縣大同(珠江)	16.90±0.40
欽州市(飲江)	1.48 ±0.08	馬房(北江)	17.24±0.19
容奇(珠江)	1.49 ±0.06	惠州市(東江)	17.35±1.45
東升小欖(珠江)	1.50 ±0.05	北海市(北部灣)	19.32±0.34
興寧縣(東江)	1.50 ±0.04	南寧市(邕江)	21.42±1.12
東莞市(東江)	1.51 ±0.05	珠海市(珠江) ¹⁰	21.69±0.22
新豐(新豐江水庫)	1.51 ±0.08	廣州市(流溪河)	25.74±0.38
文沖(黃埔)(珠江)	1.58 ±0.06	東升小欖(珠江)	26.54±1.13
三水縣(流溪河)	1.59 ±0.06	興寧縣(東江)	26.54±0.23
陽江市(漠陽河)	1.63 ±0.02	化州縣(鑒江)	33.29±3.07
龍川縣(東江)	1.63 ±0.03	北海(鯉魚地水庫)	33.40±0.71
漳州市(九龍江)	1.63 ±0.03	合浦縣(廉江)	35.41±0.85
江門市(珠江)	1.64 ±0.02	龍川縣(東江)	37.49±2.35
惠州市(東江)	1.64 ±0.06	江門市(珠江)	40.51±2.09
湛江市(新橋江)	1.65 ±0.03	廈門市(九龍江) ³⁶	45.07±1.80
廣州市(流溪河)	1.67 ±0.06	欽州市(飲江)	60.53±0.99
廈門市(九龍江) ³⁵	1.67 ±0.06	順德縣北窖(珠江)	67.30±1.36
珠海市(珠江) ¹⁰	1.68 ±0.04	湛江市(新橋江)	70.38±0.27
珠海市(珠江) ¹¹	1.68 ±0.05	新會縣(潭江)	71.55±2.75
新會縣(潭江)	1.68 ±0.04	石樓蓮花山(珠江)	77.38±2.52
合浦縣(廉江)	1.69 ±0.10	容奇(珠江)	110.39±4.97
化州縣(鑒江)	1.71 ±0.11	漳州市(九龍江)	144.77±2.20
順德縣北窖(珠江)	1.72 ±0.03	中山市(珠江)	154.72±2.28
南寧市(邕江)	1.75 ±0.04	東莞市(東江)	171.84±1.64
北海市(北部灣)	1.75 ±0.04	廈門市(九龍江) ³⁵	183.69±4.20
汕頭市(榕江)	1.75 ±0.06	陽江市(漠陽河)	223.79±0.48
湛江市(赤坎河)	1.80 ±0.07	文沖(黃埔)(珠江)	281.91±3.00
新灣(珠江)	1.81 ±0.03	汕頭市(榕江)	305.22±2.03
北海(鯉魚地水庫)	1.82 ±0.06	寶安縣(珠江)	358.39±2.53
寶安縣(珠江)	2.04 ±0.11	湛江市(赤坎河)	506.36±3.35

註：各濃度由小排列至大。上標號為特定採樣點位置。



圖六十二、二氧化碳通量與上部空間法之關聯性



圖六十三、甲烷通量與上部空間法之關聯性

十、高屏溪流入南海海域之總碳量推估

以雙園大橋附近之年平均流量 106 CMS 與水中之有機物總碳量(懸浮有機物 28.5 mg l^{-1} 與化學需氧量 62 mg l^{-1})推估，目前每年流入南海流域之總碳量約為 3×10^5 公噸。

計畫成果自評

本計畫感謝國科會本年度經費補助，得以順利完成第一階段之研究。本年度計畫已完成一次大陸沿海地區(廣西、廣東及福建)採樣、六次本島淡水河及高屏溪水域採樣計畫、四次澄清湖採樣計劃與一次淡水河 24 小時之日變化監測，執行結果已遠超出當初所規劃之項次。目前已初步了解溫室效應氣體(CO₂ 與 CH₄)通量與水質及底泥特性之初步關聯性及高屏溪下游流入南海之總碳量推估，但實際之情況及更有效之證據，仍需更多之數據進行探討。以下為目前已完成之工作要項。

- 1.已完成淡水河及高屏溪水域六次大氣濃度、溫室效應氣體通量、水質(十三項)及底泥(六項)之成分研析。
- 2.已完成淡水河中游一次大氣濃度、溫室效應氣體通量與相關水質參數之日變化監測。
- 3.已完成澄清湖四次大氣濃度、溫室效應氣體通量、水質(十四項)及底泥(六項)之成分研析。
- 4.已完成監測水域上部空間(Head space)氣體瓶裝設施與氣體通量之關聯性分析。
- 5.已完成主要水質特性與監測氣體通量之關聯性分析。
- 6.已完成底泥特性與監測氣體通量之關聯性評估。
- 7.已完成淡水河及高屏溪水域六次環境基本之資料分析(八項)。
- 8.已完成大陸 36 處採樣點之主要水質特性、溫室氣體濃度及水域上部空間氣體濃度分析。
- 9.完成各採樣點之地形與地物數位影像檔 262 張(含大陸)。
- 10.完成高屏溪入流南海水中及底泥之總碳量推估。

參考文獻

- 李宏明，2001，台灣森林土壤二氧化碳之釋放通量及其影響因子，國立臺灣大學農業化學研究所碩士論文。
- 楊盛行，1995，氣候變遷與農業生產。楊盛行編。中國農業化學會及行政院農業委員會，pp. 319。
- 楊盛行，1998，溫室氣體與農業生產。畜牧溫室氣體測定講習會論文暨講義集（一）。國立台灣大學全球變遷研究中心 pp78-101。
- 楊盛行，2000，溫室氣體通量測定及減量對策(II)。國立臺灣大學全球變遷研究中心、農業化學系及農業陳列館，台北，pp. 233。
- 楊盛行，2001，溫室氣體通量測定及減量對策(III)。國立臺灣大學全球變遷研究中心、農業化學系及農業陳列館，台北，pp. 239。
- 楊盛行，2002，溫室氣體之量測與減量對策—北部水稻田、旱田、堆肥製作和濕地溫室氣體排放量測及減量對策。
- Aselmann, I., Crutzen, P., 1989. Global distribution of natural freshwater wetlands and rice paddies their net primary productivity, seasonability and possible methane emissions. *Journal of Atmospheric Chemistry* 8, 307 – 358.
- IPCC. 1996. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory. Reference Manual. Vol, 1-3.
- Chang, H. L., Yang, S. S., 1997. Measurement of methane emission from soil. *J. Chin. Agri. Chem. Soc.* 35:475-484.
- Chang, T. C., Yang, S. S., 2003. Methane emission from wetlands in Taiwan. *Atmospheric*

- Environment. 37:4551–4558.
- Clair, T.A., Arp, P., Moore, T.R., Dalva, M., Meng, F.R., 2002. Gaseous carbon dioxide and methane, as well as dissolved organic carbon losses from a small temperature wetland under a changing climate. *Environmental Pollution* 116, S143 – S148.
- Harriss, R.C., Gorham, E., Sebacher, D.J., Bartlett, K.B., Flebbe, R.A., 1985. Methane flux from northern peatlands. *Nature* 315, 652 – 654.
- Hegde, U., Chang, T. C., Yang, S. S. 2003. Methane and carbon dioxide emissions from Shan-Chu-Ku landfill site in northern Taiwan. *Chemosphere* 52:1275–1285.
- Khalil, M.A.K., 1995. Greenhouse gases in the Earth's atmosphere. *Encycl. Environ. Biol.* 2, 251 – 265.
- Jang, H.D., Yang, S.S., 2001. Greenhouse gases production of municipal solid wastes in column bioreactors. *J. Biomass Energy Soc. China* 20, 101–112.
- SAS Institute., 2002. SAS User's Guide Statistics. SAS Institute Inc., Gary, North Carolina.
- Yang, S. S., Chang, H. L., 1998. Effect of environmental conditions on methane production and emission from paddy soil. *Agric. Ecosyst. Environ.* 69, 69-80.
- Yang, S.S., 1998. Methane production in river and lake sediments in Taiwan. *Environ. Geochem. Health* 20, 245 – 249.
- Yang, S. S., Liu, C. M., Lai, C. M., Liu, Y. L., 2003, Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990–2000 in Taiwan. *Chemosphere* 52 :1295–1305.
- Yang, S. S., Liu, C. M., Liu, Y. L., 2003, Estimation of methane and nitrous oxide emission from animal production sector in Taiwan during 1990–2000. *Chemosphere* 52:1381–1388.