

# 整合計畫名稱

台灣主要河川流量及水體品質的改變對近海基礎生產力  
與台灣民眾健康之潛在性風險影響評估研究  
— 以淡水河為起始研究案例

Assessment of potential impacts of changing river flows and water quality on coastal zone primary productivity and human health in Taiwan: the Tanshui River Estuary

## 總計畫書

全程計畫執行期限：九十四年八月至九十八年七月

總計畫主持人：龔國慶 國立台灣海洋大學 海洋環境化學與生態研究所 教授

共同主持人：洪慶章 國立台灣海洋大學 海洋環境化學與生態研究所 副教授

子計畫主持人及共同主持人：

夏復國 國立台灣海洋大學 海洋環境化學與生態研究所 教授  
中央研究院 環境變遷研究所 研究員  
蔣國平 國立台灣海洋大學 海洋環境化學與生態研究所 教授  
國立台灣海洋大學 海洋生物研究所 教授  
胡清華 國立台灣海洋大學 生物科技研究所 教授  
詹 森 國立中央大學 水文科學研究所 副教授  
吳銘圳 私立蘭陽技術學院 環境工程系 助理教授

## 一、研究背景

全球有近百分之九十以上的漁業資源來自於近岸海洋<sup>(1)</sup>，尤其是在河口海域，主要原因是在此海域由於由來自於上游具有較高營養鹽及有機物質的河川水的供應，致使水體中的基礎生產力（也就是水中浮游植物行光合作用的速率）提升，透過生態系食物鏈的運轉，而形成豐富的漁業資源。在此海域範圍內基礎生產力的變動，主要隨著當地的水文環流狀態以及河川流量與水質特性的季節性差異，產生季節性的自然變動；但除此之外，更會因為河川上游的工事（如水壩的建築）或是生活以及工廠污水不當排放等人為作用的影響，遂而發生激烈的變化。前者之證據，諸如已興建中的大陸長江三峽世紀大壩，在 2004 年 6 月中旬完成第一階段蓄水後短短兩個月的時間內，經過國科會東海研究團隊持續性的調查與研究，已赫然發現原來在長江河口外圍海域具有東海最高基礎生產力的區域<sup>(2)</sup>，已明顯地降低了 76% 之多（圖 1）<sup>(3)</sup>，經轉換計算後<sup>(4)</sup>，相當於每年可能會減少最多 100 萬噸的漁獲量。後者之證據，諸如 2004 年 7 月台北淡水河獅子頭跳機事件，造成每日近百萬噸的生活污水未進入八里污水處理場而直接排入淡水河，在短短一週之內的時間隨即造成下游及河口海域發生了浮游植物生物量以及基礎生產力突然增高的藻華現象（圖 2）。

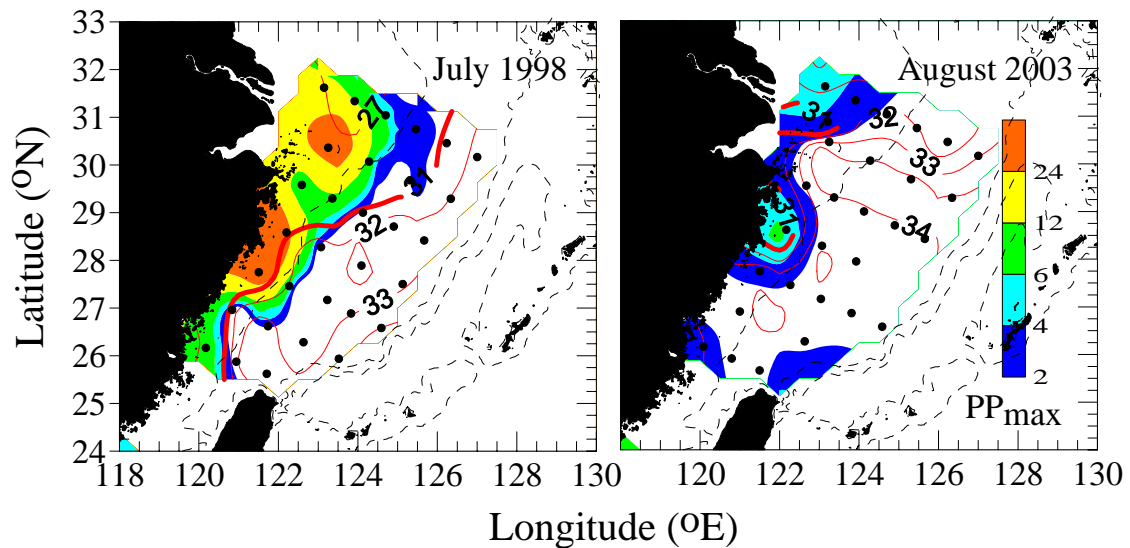


圖 1、東海陸棚表面海水光飽和基礎生產力 ( $PP_{max}$ ,  $mgC\ m^{-3}\ hr^{-1}$ ) 空間分布。左圖是於 1998 年 7 月長江三峽大壩未蓄水前觀測到的結果；右圖是 2003 年 8 月長江三峽大壩實施第一階段蓄水兩個月後觀測到的結果。圖中紅色線及數字代表等鹽度線的分布及數值。(Gong et al., 2006)。

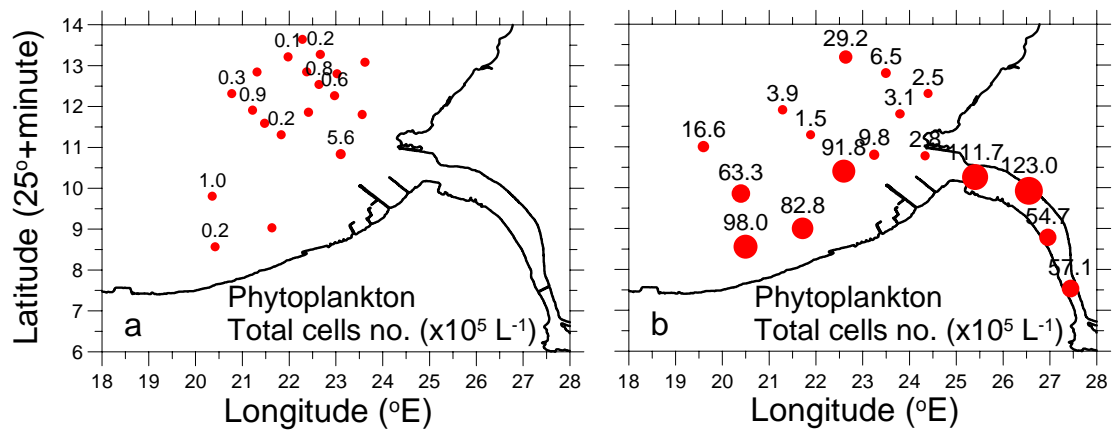


圖 2、淡水河口近海浮游植物細胞數量空間分布。(a)2003 年夏天時觀測到的結果；(b)2004 年 7 月獅子頭事件發生後第七天觀測到的結果。(蔣國平，未發表數據)。

另一方面，由於溫室效應所造成的全球氣候環境變遷，根據政府間氣候變遷專題小組（IPCC）的研究結論，如果未能有效遏止溫室效應的擴大，在北半球中高緯度區域除了海平面將持續上升之外，也可能導致降雨量的增加或是發生暴雨甚至於超大豪雨的頻度增高<sup>(5)</sup>，好比2004年12月初的冬颶或許也是全球氣候變遷所導致。海平面的上升將會導致原來外海貧瘠營養鹽的海水往近岸入侵，而降雨量的增加則會導致河川流量的增加，前者之結果可能會造成近海的生產力降低，後者之結果則有可能提升近海的生產力。但是後者卻有可能因為河川水體品質的惡劣或是含有致癌性的物質（如多氯聯苯或是其它環境賀爾蒙等），使得河口近海海域的水質受到污染，即使提升了基礎生產力，但這些致癌物質極有可能也同時被固定於基礎生產者（浮游植物）細胞內，再透過食物鏈的傳遞與層層的生物蓄積與濃縮效應，最終極有可能危害到民眾的身體健康。誠如今年初美國科學雜誌報導近海養殖鮭魚含有高量戴奧辛的事件<sup>(6)</sup>，就是一件因近海海水水質受到人為污染，再透過食物鏈的傳遞，最終可能危及到人體健康的鮮明例子。

反觀台灣，過去數十年來由於經濟的發展忽略了環境保護的重要，幾乎全台的河川下游水質都遭受到嚴重的污染，河口海域魚群集體暴斃、或是牡蠣受重金屬污染等事件時有所聞，根據環保署近年來對全台十條主要河川有關於環境賀爾蒙物質的調查，更進一步指出台灣地

區的河川污染已經進入令人心驚的黑暗期，這些環境賀爾蒙等的毒性物質一旦進入食物鏈，極可能改變生物體的基因，危害到原來系統下的生物多樣性，最終更可能直接危害到人體的健康。另一方面，根據聯合國糧農組織（FAO）的調查，未來全球市場對於水產品的需求將與日俱增，台灣素有水產養殖王國之稱，近年來漁政單位為了避免陸上養殖所造成的嚴重地層下陷後果，已持續地推廣養殖業者從事近海箱網養殖，經由該方式生產出之水產品其品質則仰賴近海海水的水質。也因此對於河川水體中所含毒性污染物質進入近海的行為、在生態系食物鏈的流傳與宿命、對食物鏈多樣性生物體基因的改變、以及最終對民眾食用健康的風險，若未能有具體的研究與評估，其後果是相當令人憂心的。

有關於近海及河川交互作用相關性議題的研究，近幾年來在國際上一些有關於全球變遷的研究已日益受到重視，如 IGBP、GCP、ESSP、GLOBEC、SOLAS、IMBER 等計畫；在國科會永續會裡亦曾有執行多年南部海域的 LOICZ 整合計畫，以及近幾年來的台灣與鄰近水域碳循環的整合性計畫，這些整合計畫主要是以碳循環為研究目標，在探討台灣河川流量與輸送物質的量或是品質的改變對於近海基礎生產力的影響方面則少有著墨。國科會海洋學門雖有探討這方面的整合計畫在進行（如東海長期觀測與研究），但其研究場址則是離岸較遠的東海陸

棚。再者，對於可能伴隨著河水流入近海的毒性污染物其在近海生態系食物鏈的傳遞過程與生物蓄積情形、生物基因的轉變對於生物多樣性的衝擊，以及其最終可能對民眾食用健康的風險等關聯性且迫切性的議題，亦均未有過整體性的研究。

有鑑於此，並基於永續海島台灣的發展是全民之責亦是相關研究學者們責無旁貸之責任，本計畫將首度結合不同領域與學門的績優研究人力，承取前述整合性研究計畫所累積之豐碩成果與經驗，企圖以四年的時間進行長期且有系統性的調查，以台灣北部最主要的河川—淡水河為本計畫的研究場址，量化並瞭解河川流量與水體品質的改變對河口近海基礎生產力的影響及其最終對民眾食用健康的風險評估。希望能逐一完成本整合計畫所設定之各項研究目的，最終的研究成果將可提供做為台灣在海洋永續的發展上，對於制定河川污染防治以及海洋環境保護與管理政策之依據。

本計畫選擇以淡水河口近海海域為研究場址的原因，(1) 淡水河是台灣北部最大的河川，長度 159 公里，流域面積 2726 平方公里，全省第二大河川，年平均流量與輸砂量分別為  $6.6 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ y}^{-1}$ 、 $4 \times 10^6 \text{ tons y}^{-1}$ ，近海海域更是本省北部魚苗漁業的重鎮；(2) 政府過去至今針對淡水河系的污染整治計畫已投入相當多的軟硬體資源（如八里污水處理

廠)，河口上游可參考之背景資料充足；(3) 國科會海洋科學研究中心亦於過去三年間（2001-2003）執行過淡水河及河口近岸區域的研究計畫（簡稱 COWA），目前已獲得相當多的具體研究成果正逐一發表中，該計畫研究重點主要是著重在地球化學方面的研究，與本整合計畫以生態的研究目標有相輔相成的效果，因此經由 COWA 累積之成果將可做為本計畫研究的基石。在相關之研究方面，國科會海洋學門有一進行之以台灣南部高屏河為研究場址的河海輸運系統中物質之形成、傳輸、變化和沉積的整合研究計畫（簡稱 FATES），該計畫的研究重點在於以探討河川風化物質的形成及其在近海的傳輸、變化和沉積，偏重於沉積動力學的研究，不過其中亦有涵蓋與污染物質的傳輸行為與宿命的研究子題，本計畫在探討河川污染物質最終可能對民眾食用健康的風險影響評估上，亦需要瞭解污染物質在近海的傳輸行為與宿命，正可與 FATES 計畫的研究同仁進行經驗的交流與合作。

#### 參考文獻

1. Pernetta, J. C. and J. D. Milliman (1995) Land-Ocean interaction in the coastal zone implementation plan, IGBP Report No. 33, Stockholm, 215p.
2. Gong, G.-C., Y.-H. Wen, B.-W. Wang and G.-J. Liu (2003) Seasonal variation of chlorophyll *a* concentration, primary production and environmental conditions in the subtropical East China Sea. *Deep-Sea Research Part II*, 50, 1219-1236.
3. Gong, G.-C., J. Chang, K.-P. Chiang, T.-M. Hsiung, C.-C. Hung, S.-W. Duang, L. Codispodi (2006) Reduction of primary production and changing of nutrient ratio in the East China Sea: Effect of the Three Gorges Dam? *Geophysical Research Letters*, 33, L07610, doi:10.1029/2006GL025800. ([SCI](#))
4. Pauly, D. and V. Christensen (1995) Primary production required to sustain global fisheries, *Nature*, 374, 255-258.

5. Albritton, D. L. et al. (2001) Summary for policymakers, A report of working group I of the IPCC, 20pp.
6. Hites, R. A., J. A. Foran, D. O. Carpenter, M. C. Hamilton (2004) Global assessment of organic contaminants in farmed Salmon, Science, 303, 226.



## 二、研究總目標

綜合以上之背景說明，本整合性研究計畫將擬達成的計畫目標綜合如下：

1. 瞭解及量化淡水河口近海海域基礎生產力之時空變化。
2. 瞭解控制淡水河口近海海域基礎生產力的變化機制。
3. 瞭解及量化淡水河口近海生態系食物鏈各食階生物量之時空變化。
4. 瞭解控制淡水河口近海生態系食物鏈各食階生物量的變化機制。
5. 瞭解淡水河輸出之有毒污染有機物質在近海海域的傳播行為與宿命，以及對魚類生物基因的干擾。
6. 預測及模式化淡水河輸出通量的改變對指標元素在近海海域的傳播行為。

### 三、整合之必要性及整體分工架構

為達成本計畫擬定之研究總目標，需針對下列各主要工作項目有具體的調查與研究方足以進行：

- (1) 河川的流量。
- (2) 河口及近海海域的水文與水質環境。
- (3) 基礎生產力。
- (4) 生態系食物鏈各食階的現存量（包括傳統食物鏈循環圈與微生物循環圈）與流傳結構。
- (5) 影響基礎生產力的各項物理及生物地球化學因子。
- (6) 河川可能輸出之毒性污染無物質（重金屬及環境賀爾蒙）在近海水體及顆粒上的傳輸以及其在食物鏈各食階的傳遞行為、蓄積情形、與經濟性食用魚類基因的轉變。
- (7) 模式的模擬及預報。

以上這些工作項目是一跨領域的研究工作，非單一研究室可獨立完成，因此在本計畫中除總計畫主持人外，進一步邀集了 7 位在各領域之優秀研究同仁共組成 8 個研究計畫合力來完成（表 1）。唯在 95 年度僅獲永續會核准了總計畫及 4 個子計畫（表 2）。今年度申請之整合計畫總計畫及各子計畫名稱調整如表 3 所示。

表 1、94 年度整合計畫總計畫及各子計畫名稱

計畫項目	主持人 共同主持人	計畫名稱
總計畫	龔國慶	台灣主要河川流量及水體品質的改變對近海基礎生產力與台灣民眾健康之潛在性風險影響評估研究 —以淡水河為起始研究案例
子計畫一	張正	浮游植物對營養鹽濃度變化的反應與超微浮游植物生物量
子計畫二	夏復國	細菌、微型浮游動物與群聚呼吸率的現存量與生長率及其對水體品質變化的反應
子計畫三	蔣國平	少毛類纖毛虫與浮游植物生物量時空分布之研究
子計畫四	熊同銘 簡國童	毒性污染物質(重金屬)的現存量與傳輸行為及其在近海的傳輸行為與在生態系食物鏈的流傳
子計畫六	胡清華	毒性污染物質對水產生物基因的影響
子計畫七	詹森	以動力環流水質數值模式模擬並預測水文水質及毒性污染物質在水體與顆粒體的傳輸行為

表 2、95 年度核准之整合計畫總計畫及各子計畫名稱

計畫項目	主持人 共同主持人	計畫名稱
總計畫	龔國慶	台灣主要河川流量及水體品質的改變對近海基礎生產力與台灣民眾健康之潛在性風險影響評估研究 —以淡水河為起始研究案例(II)
子計畫二	夏復國	細菌、微型浮游動物與群聚呼吸率的現存量與生長率及其對水體品質變化的反應(II)
子計畫四	蔣國平	少毛類纖毛虫與浮游植物生物量時空分布之研究(I)
子計畫六	胡清華	毒性污染物質對水產生物基因的影響(II)
子計畫八	詹森	以動力環流水質數值模式模擬並預測水文水質及毒性污染物質在水體與顆粒體的傳輸行為(II)

表 3、96 年度申請之整合計畫總計畫及各子計畫名稱

計畫項目	主持人 共同主持人	計畫名稱
總計畫	龔國慶 洪慶章	台灣主要河川流量及水體品質的改變對近海基礎生產力與台灣民眾健康之潛在性風險影響評估研究 —以淡水河為起始研究案例(III)
子計畫一	夏復國	細菌與群聚呼吸率的現存量與生產率及其對水體品質變化的反應(III)
子計畫二	蔣國平	少毛類纖毛虫與浮游植物生物量時空分布之研究(II)
子計畫三	胡清華	毒性污染物質對水產生物基因的影響(III)
子計畫四	詹 森 吳銘圳	以動力環流水質數值模式模擬並預測水文水質及毒性污染物質在水體與顆粒體的傳輸行為(III)

總計畫及各子計畫分工架構及彼此關聯性簡要說明如下，

總計畫（龔國慶、洪慶章）：主要工作有四，（一）水文（溫、鹽）、可見光強度、溶氧量、無機營養鹽（氨氮、亞硝酸鹽、硝酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽）、葉綠素、基礎生產力等水文環境與生地化因子的測量；（二）毒性污染物質在近海的現存量、傳播行為與宿命；（三）調查與研究成果是各子計畫研究所需之必要基礎數據；（四）協助研究人力的統一調配、各子計畫間工作與經費預算的協調與分配、資源的共享、資料與研究成果的整合與報告。

子計畫一一二（夏復國、蔣國平）：總分別負責生態系食物鏈循環圈各食階的現存量、環境因子對循環圈的影響以及各食階生物的反應，結果將做為研究基礎生產力的變動與食物鏈流傳結構互動，另外研究成果也將進一步提供給子計畫四建構模式使用。研究影響機制所需之水文及化學環境因子將由總計畫提供。

子計畫三（胡清華）：將負責毒性污染物質對食用經濟性魚類基因可能造成的轉變，做為對民眾食用健康風險影響評估使用。總計畫將提供沉積物、懸浮顆粒及魚類及毒性污染有機物的檢測。

子計畫四（詹森、吳銘圳）：負責以環流數值模式來模擬並預測因河川

流量的改變，懸浮顆粒、水質以及毒性污染物質在近海的傳輸行為與宿命。總計畫及子計畫二將提供模式所需之水文、懸浮顆粒及相關之生態參數資料供模式建構使用。

#### 四、研究方法與步驟

本整合研究計畫的目標擬量化(quantify)、瞭解(understand)、預測(predict)並模式化(model)河川流量與水體品質的變動（包括自然與人為）對近海基礎生產力的改變情形，進一步探討經由河川輸出之對危害人體健康的污染元素在生態系食物鏈循環圈各食階的傳遞、蓄積與基因的改變，以致於對民眾食用健康的風險評估，最終提供一套可操作之系統給政府相關部門進行因應策略與海洋永續管理政策制定的依據。

在研究方法上，我們首將透過現場調查的方式，收集足以涵蓋時空環境變化的各項水文、化學、生態、顆粒及底質等參數的現存量資料，達到量化的研究目標。進而透過持續累積之環境與現存量資料的分析，達到瞭解的研究目標。從瞭解過程中所歸納出之控制機制，將進一步透過培養實驗的模擬來證實。然後將量化與控制機制的瞭解與證實所得之具體結果，透過模式的建構與發展，最終完成一套操作之系統模式。

本整合計畫是一項跨領域的研究，需從事之研究項目包括基本的物理水文、水文化學、有機化合物及毒性污染物質、生態、底質及生態與數值模式等，此工作絕非單一實驗室或是單一研究人員可以獨立完成，因此於 95 年度時我們共邀集了 8 個子計畫共同參與，但經審查後僅有 4 個子計畫獲得通過，因此我們將邀集了共位研究人員進行專業上的分工，並由總計畫負責各子計畫間的橫向聯繫、研究數據的整合與研究進度的管控與成果展現，另外也同時負責各項行政事務的支援、助理研究人力的統一調配、採樣的規劃與設計、航次安排、各項貴重儀器的操作與維護等事務性的工作。總計畫與各個子計畫需要負責提供的量測參數、現場調查方案及助理研究人力的統合應用方式詳述如后。

#### 4.1 總計畫及各子計畫研究項目分工

總計畫（龔國慶）：水文（溫、鹽）、可見光強度、溶氧量、無機營養鹽（氨氮、亞硝酸鹽、硝酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽）、葉綠素、基礎生產力。

子計畫一（夏復國）：細菌生產力、群聚呼吸率的生物量及生產率。

子計畫二（蔣國平）：浮游植物、纖毛虫鑑種與計數。

子計畫三（胡清華）：水產生物體基因。

子計畫四（詹森、吳銘圳）：河川流量、水質及懸浮物環流數值模式。

## 4.2 現場調查方式

### 4.2.1 研究區域與測站分布

本研究計畫的工作區域擬界定於  $121.30\sim 121.50^{\circ}\text{E}$ ;  $25.10\sim 25.30^{\circ}\text{N}$  等深線 70 公尺以淺的河口近海海域範圍內，河內部份擬由河口往上游方向延伸至關渡橋下（圖 4）。在河口外的海域範圍將設立五條垂直等深線的調查測線，各測線分別於水深 10、30、50、70 公尺處進行不等深度的海水樣本與沉積物樣本的採集，各測站也同時進行浮游生物與仔稚魚的拖網。河口往上游至關渡橋下共設立 4 個現場採樣調查測站，海域測站依當地水深的不同共設立 14 個測站，採樣深度至少涵蓋 3 個不等深度的樣本，河內測站則以取得不同鹽度的表水樣本為原則。



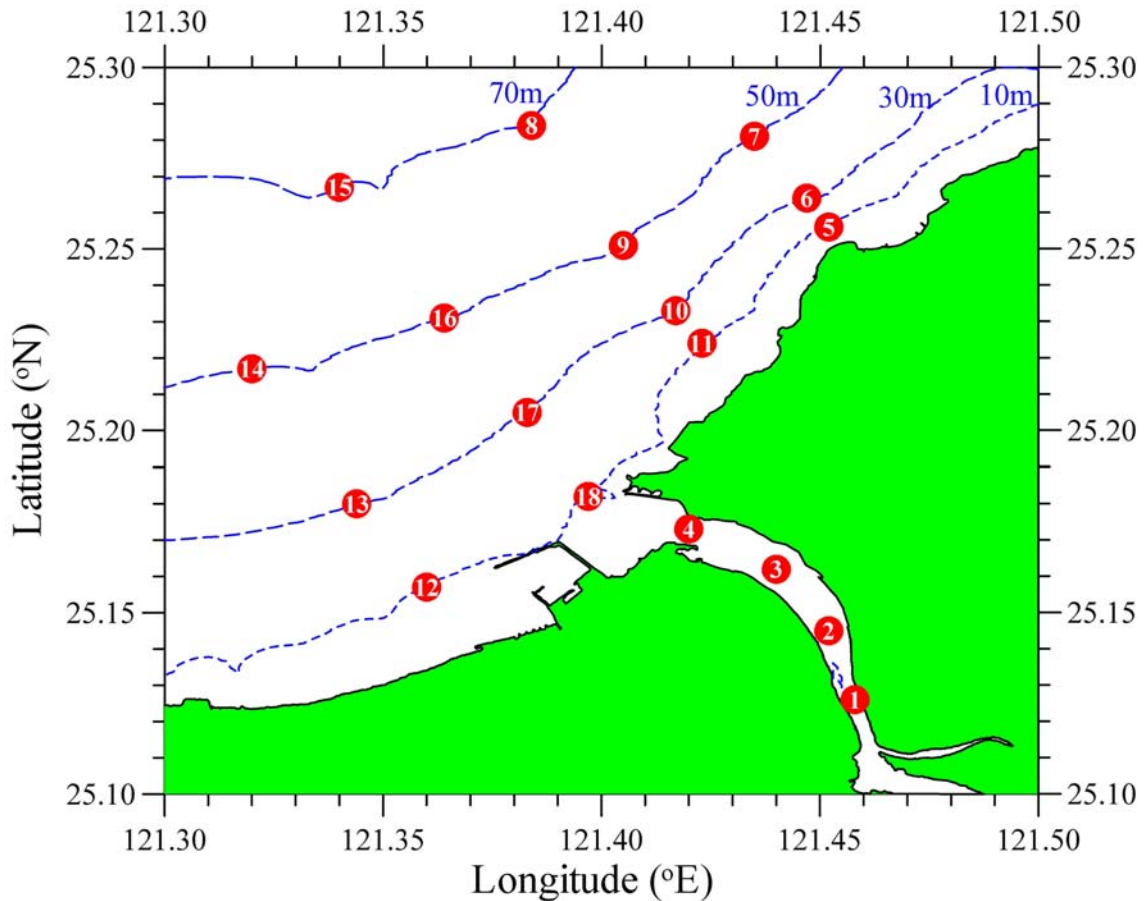


圖 4、本計畫擬定之研究區域與測站分布。藍色虛線是海底的等深線，紅色實心圓為擬定測站位置。

#### 4.2.2 採樣船隻

本研究將使用由國立台灣海洋大學管理之海研二號進行，對於河口內測站則擬施放海研二號上之工作艇進行採樣，海研二號上工作艇對河口內測站的採樣工作過去已有實務經驗（已獲得海洋大學船務中心證實）。

#### 4.2.3 採樣頻率及所需海上作業時間

台灣北部河川流量及海域水團有甚為強烈的季節性變動，本研究將

持續進行為期三年的現場觀測與採樣，取得足夠來量化及機制瞭解的資料，因此擬每年進行 6-10 次的海上作業，約每兩個月一次，每航次所需之海上作業時間估計約三天；除此之外，我們也將保留二個航次進行因豪大雨使河川流量突增情況時的現場觀測，以取得特殊狀況下之研究資料。另外，在計畫執行的第三至第四年間，我們也將逐步統合分析已取得之觀測數據，歸納出影響觀測資料變化的原因，然後以海上現場以及實驗室內的各項模擬實驗來驗證歸納結果的正確性，此時也將安排航次進行，實際需求將視當時的情況再做航次的申請。

#### 4.2.4 現場採樣與觀測儀器

現場各測站的水文及相關生物化學電子資料，將使用研究船上配屬之海鳥牌溫鹽深儀(SBE9/11plus CTD; SBE Inc.)及附屬之可見光(PAR; CTG)、溶氧(SBE43; SBE Inc.)、透光度(Transmissometer; CTG)及螢光探針(Fluorometer; CTG)進行。不等深度的海水樣本則使用研究船上的輪盤採水器(Rosette sampler; GO Inc.)進行，目前海研二號輪盤採水器一次可懸掛 6 支 20 公升的採水瓶(Niskin-X type Teflon coated; GO Inc.)，完全符合本研究的需求。沉積物樣本亦擬使用海研二號貴儀中心之旋轉式採泥器(Shiptex; Wildco Inc.)進行，此採泥器過去在配合海科中心 COWA 計畫的執行已證實可順利採取該海域的底泥沉積物

樣本。浮游生物及仔稚魚樣本則使用太平洋標準浮游生物網(NORPAC Standard Plankton Net; 網口直徑 45 cm, 網長 180 cm, 網目 0.33 mm×0.33 mm) 進行水平拖網, 在船速約一節的速下進行持續 10 分鐘的拖網。

#### 4.3 計畫執行所需各項研究資源的規劃

##### 4.3.1 貴重儀器設備的整合成效

本計畫由於是一項跨領域的整合計畫, 需要進行檢驗分析的項目相當多, 而且大部份的分析項目亦都是目前國際上在類似研究領域裡的高規格分析項目, 因此需要許多昂貴的精密儀器才能配合, 表 1 即詳列了本計畫對各項貴重儀器的需求, 這些儀器均由參與研究團隊提供, 顯示本計畫執行的整合成效。

表 1、執行本計畫所需之各項貴重儀器現況

編號	儀器名稱	可測量參數	儀器歸屬	價格(萬)	已有/申購
1	可見光輻射亮度儀 PAR sensors (1 套)	可見光日照量及各波段 反射亮度	海大	350	已有
2	鹽度儀 Autosal (1 台)	鹽度	海大	75	已有
3	分光光度計 Spectrophotometer (3 台)	溶氧量、營養鹽	海大	200	已有
4	葉綠素螢光儀 Fluorometer (2 台)	葉綠素	海大	120	已有
5	閃爍計數器 Scintillation counter (1 台)	基礎生產力、細菌生產力	海大	180	已有
6	流式細胞儀 Flow cytometer (1 台)	超微型浮游植物、細菌數	海大	400	已有
7	流式細胞攝錄儀 FlowCAM (1 台)	浮游植物細胞數量與種 類組成	海大	250	已有
8	螢光顯微鏡 (2 台)	浮游植物細胞與種類計 數	海大	100	已有
9	高壓液相層析儀 HPLC (1 台)	浮游植物色素種類	海大	250	已有
10	原子吸收光譜儀 (火燄及石墨式) Flame AAS Graphite AAS (各 1 台)	微量重金屬	海大	200	已有
11	砷分析儀 As analyzer (1 套)	砷物種	海大	50	已有
12	汞分析系統 Mercury analyzer (1 套)	汞物種	海科 中心	75	已有
13	無塵室 Class 100 clean room	處理金屬樣本	海科 中心	60	已有
14	氣相層析質譜儀 GC/MS	有機化合物、環境荷爾蒙	海大	280	已有
15	快速自動溶液萃取儀	有機化合物、環境荷爾蒙 等之萃取	海大	175	待購

#### 4.3.2 整合計畫人力需求及規劃

本整合計畫由於需從事相當繁重的海上觀測採樣作業與實驗工作，而且每一項分析工作均具有相當高的專業特質，這方面的工作將由總計畫組成之技術團隊（含本計畫擬聘之專任技術員及其它各子計畫之人力）負責來協助執行。此技術團隊將協助執行海上現場觀測、採樣、前處理、實驗，陸上實驗室的儀器操作、保養、維護與分析的工作以及分析數據的初步整理，技術團隊人員的調配與訓練的事務性工作交由總計畫協調各參與計畫研究人員統一來負責。

## 五、預期完成之工作項目及成果

第一年：

1. 海上觀測與採樣計畫規劃的推演。
2. 技術團隊人員各項專業技術的訓練與養成。
3. 完成貴重儀器的採購：儀器未購置前樣本的檢測將與國外知名實驗室合作進行（詳如購置貴重儀器重點說明）。
4. 一年四季的海上觀測與採樣作業及樣本分析。
5. 模式程式語言的撰寫與驅動模式基礎背景資料的收集及建構。
6. 第一年現場觀測數據的整理與現象分析。
7. 第一年整合計畫成果討論會與具體成果的撰寫與報告。

第二年：

1. 一年四季的海上觀測與採樣作業及樣本分析。
2. 前兩年現場觀測數據的整理與現象分析。
3. 觀測結果變化機制成因的探討。
4. 海上現場及實驗室模擬實驗的規劃。
5. 模式輸出結果與觀測結果的差異性分析。
6. 第二年整合計畫成果討論會與論文研究成果的撰寫、報告與投稿。

第三年：

1. 一年四季的海上觀測與採樣作業及樣本分析。
2. 前三年現場觀測數據的整理與現象分析。
3. 觀測結果變化機制成因的再驗證。
4. 海上現場及實驗室模擬實驗的進行。
5. 模式的調校與所需驅動模式關鍵因子資料庫的建立。
6. 第三年整合計畫成果討論會與論文研究成果的撰寫、報告與投稿。

第四年：

1. 各項研究目標的總結。
2. 可操作模式的建立。
3. 研究總成果的撰寫與報告。
4. 研究成果論文的撰寫與投稿。
5. 研究成果的教育與應用推廣。
6. 計畫成果資料庫的建立。