

海洋放流對漁業影響調查研究 — 海域水質研究

摘 要

本調查研究係由行政院農業委員會委託，高雄市政府環境保護局負責執行，取樣時間為七十六年八月、十月、十二月，七十七年二月、四月、六月。地點於大林蒲、中洲後勁溪三個海域各十三個測站，採取表層水，分析其水質化學濃度諸因子，以探討海洋放流對海域之影響。茲將各項調查分析結果，綜合簡述如下：

一、大林蒲海域：位於小港區大林蒲之高雄臨海、林園、大發工業區聯合污水處理廠外海。

各因子平均值為：水溫 27.58 °C；PH值 8.33；溶氧 7.06 mg/l；五天生化需氧量 2.39 mg/l；酚類 38.57 μg/l；硝酸鹽一氮 116.44 μg/l；磷酸鹽一磷 42.60 μg/l；銅 15.86 μg/l；六價鉻 8.14 μg/l；鎘 1.68 μg/l；鎳 4.84 μg/l；鉛 11.04 μg/l；鋅 38.95 μg/l；汞 1.43 μg/l。

二、中洲海域：位於旗津區中洲污水處理廠外海

各因子平均值為：水溫 27.54 °C；PH值 8.36；溶氧 6.97 mg/l；五天生化需氧量 1.14 mg/l；酚類 42.08 μg/l；硝酸鹽一氮 121.67 μg/l；磷酸鹽一氮 40.1 μg/l；銅 11.82 μg/l；六價鉻 8.22 μg/l；鎘 1.18 μg/l；鎳 7.32 μg/l；鉛 10.37 μg/l；鋅 43.64 μg/l；汞 1.06 μg/l。

三、後勁溪海域：位於楠梓區後勁溪出海口外海

各因子平均值為：水溫 27.51 °C；PH值 8.30；溶氧 7.23 mg/l；五天生化需氧量 1.46 mg/l；酚類 35.42 μg/l；硝酸鹽

一氮 $127.93 \mu\text{g}/\text{l}$; 磷酸塩一磷 $24.7 \mu\text{g}/\text{l}$; 銅 $10.43 \mu\text{g}/\text{l}$;
六價鉻 $8.63 \mu\text{g}/\text{l}$; 鎳 $1.21 \mu\text{g}/\text{l}$; 鎳 $6.71 \mu\text{g}/\text{l}$; 鉛 $7.91 \mu\text{g}/\text{l}$;
鋅 $28.46 \mu\text{g}/\text{l}$; 汞 $0.87 \mu\text{g}/\text{l}$ 。

由以上之分析結果顯示，三個海域之各項因子濃度並無甚大差異；因三海域距離不遠關係，在潮流來往衝激下，各污染因子傳送混合在一起。水溫及 PH 值呈正常分佈，有機物質有輕微之污染，酚類物質含量仍偏高，但已有明顯下降，重金屬含量仍以鋅值較高，銅含量有污染之虞，而鉛則有下降趨勢，唯對水中生物尚不構成威脅。

前 言

海洋放流係用管線把經初級或二級處理之廢污水送到離海岸相當距離之處，藉廢水與海水之比重與速度差異，產生初步之混合作用，再加上海流、潮流或風力之作用，使海水與廢水之混合物逐漸擴散於海水中，而達到稀釋與自淨作用，台灣為一海島，台灣海峽又有南北向之黑潮暖流通過，極適合以海洋放流來處理家庭廢水或工業廢水。然而，若海洋放流設計不當，將造成嚴重之海域環境衝擊，影響海洋生態，降低漁業之經濟價值，不可不慎。行政院衛生署於七十六年五月五日發布之「事業廢水管理辦法」及七十六年七月二十二日公告之「事業廢水以管線排放海洋放流標準」，其主要目標是為防治海洋污染。

依「台灣地區沿海水區範圍、水體分類及水質標準」，高雄西南沿海為乙類海域，其海洋放流處有三：(一)後勁溪海洋放流海域（後勁溪整治計畫）。(二)中洲海洋放流海域（中洲污水處理廠）。(三)大林蒲海洋放流海域（經濟部工業局高雄臨海、林園、大發工業區聯合污水處理廠）（圖一～四）。其中聯合污水廠海洋放流系統早已開始操作，唯效果不甚良好，經濟部工業局已委託中興顧問工程公司規劃，於臨海、林園、大發三工業區增設二級處理設施，中洲污水處理廠亦已於七十六年初開

始運轉，後勁溪海洋放流管亦於七十八年二月正式試俾中，鑑於防止海洋放流對海域生態環境之影響，行政院農業委員會特委託本局進行此項調查，便於有關單位以管線海洋放流方式處理工業及都市廢污水，對海域生態環境及漁業資源等影響時，作為評估之參考。

基本結論

一、海洋處分

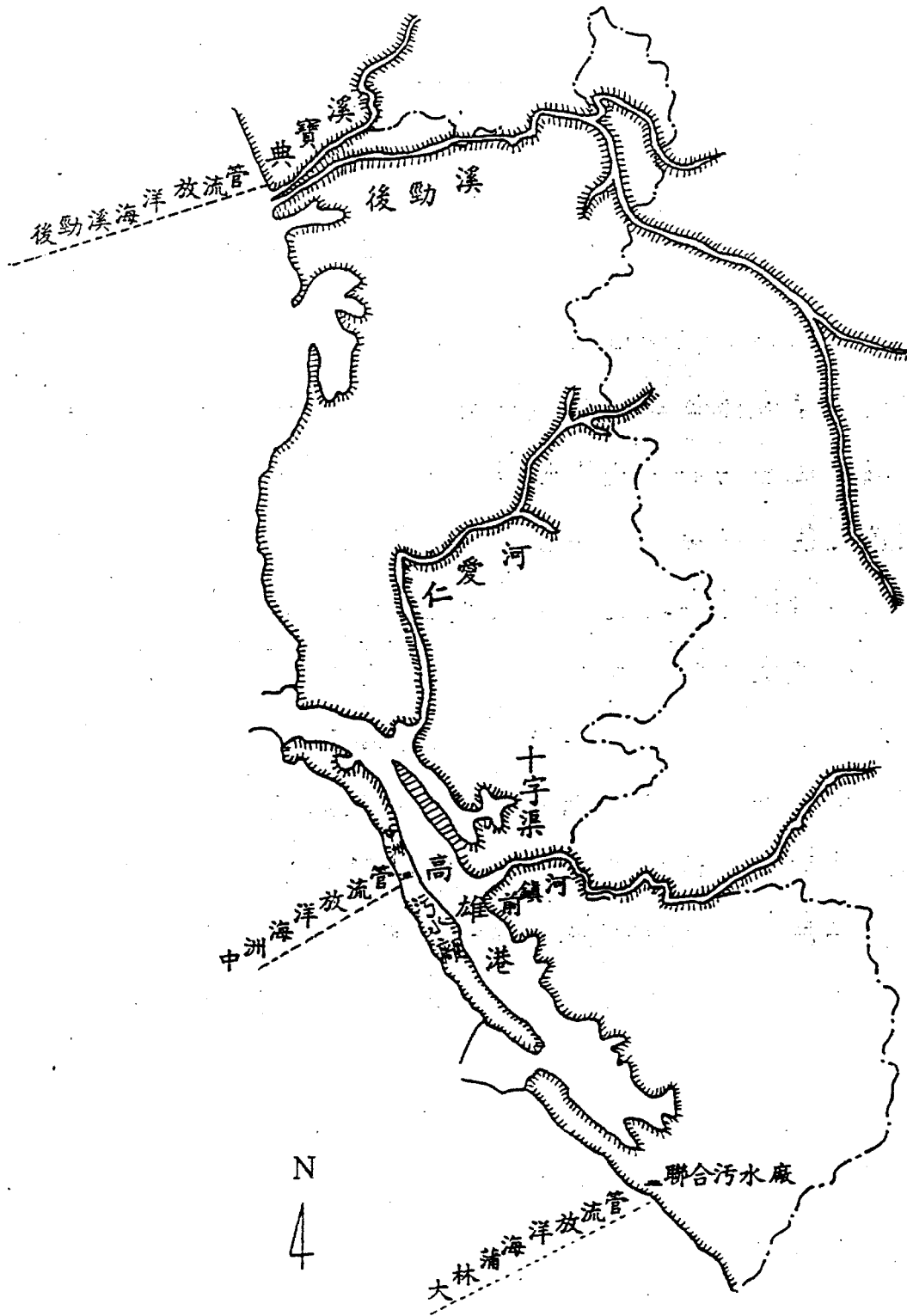
污水最原始的處理方法可說是海洋處分，時至今日仍有其可行性，因廢水經適當處理後，基於海水具有很大的稀釋及擴散作用，特不致造成污染問題，台灣四周環海，都市污水或工業廢水若能先經適當處理後再行海洋放流，不失為解決目前水污染防治中經濟可行之方式。

都市污水、發電廠排水、海洋放流後，放流地點附近之海水水質，將會有溫度及濁度之物理變化；水溫的變化主要是放流之污水量遠少於混合之海水量關係，雖有改變近岸生物相之虞，但不致發生問題。而濁度之影響不僅是污水中之懸浮物，污水中之有機物亦助長微生物之繁殖，致海水中光的傳遞因而減少，而減低光合作用。

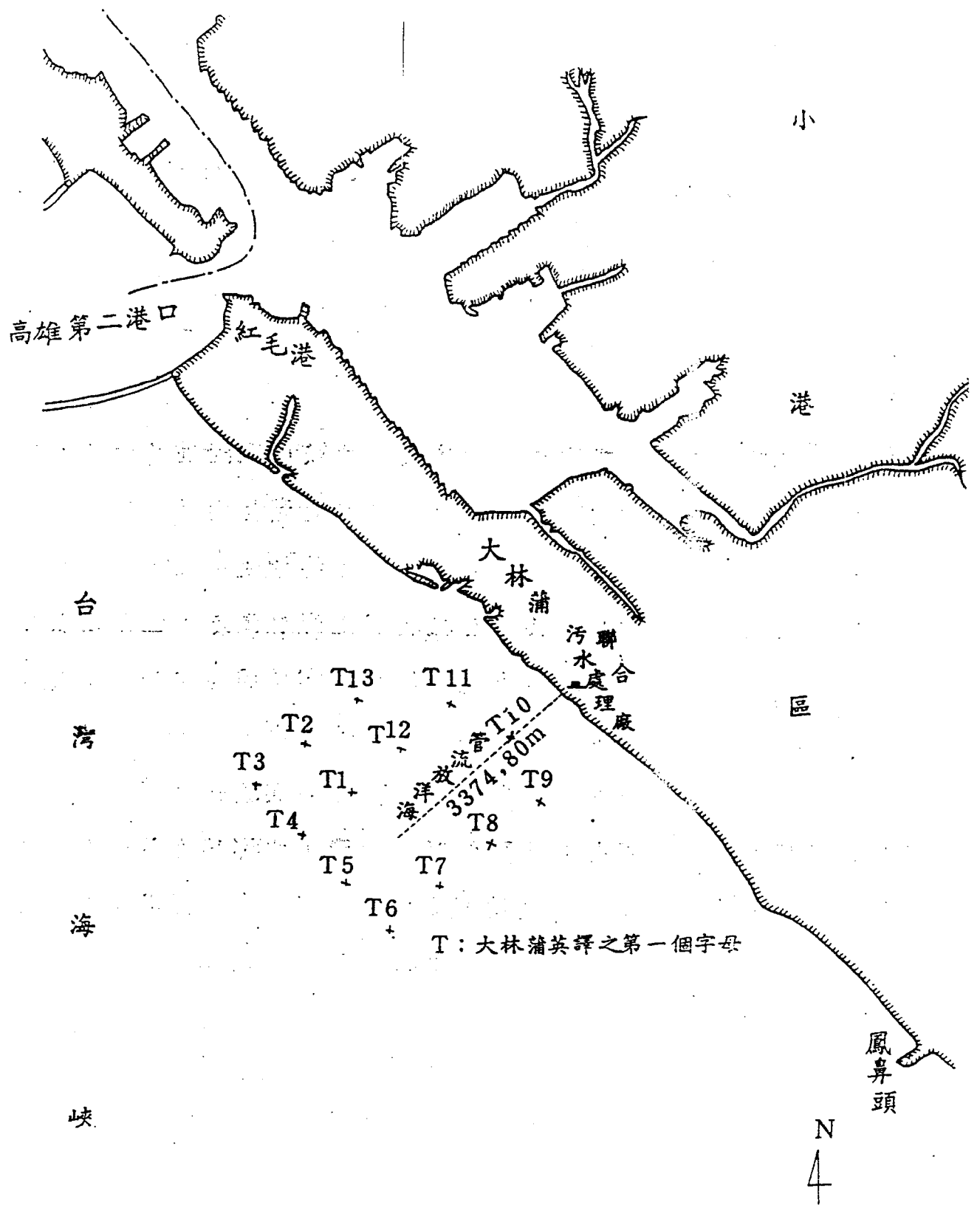
化學方面為鹽分濃度之減少，雖對某些生物可能有影響，但並不太大，PH 值之變化亦不大。若稀釋率大，則缺氧問題亦不嚴重。然污水中若含有工廠廢水之 Cr, Ni, Cu, Zn, Pb 等重金屬及氰化物等之有毒物存在時，會導致魚類及其他生物之死亡，其他如污水中含有合成清潔劑之影響亦不容忽視，尤其石油化學工業之廢液對生物之生存即使未達影響程度，亦會影響魚、貝類之美味，降低其市場價值。

細菌學方面，通常細菌指標為大腸菌 (E. Coli)，細菌於海中放流後，慢慢地死滅，其個數與時間成等比級數減少，值得注意的是病原菌若侵入魚貝類體內，嗜好生食地區更應重視。

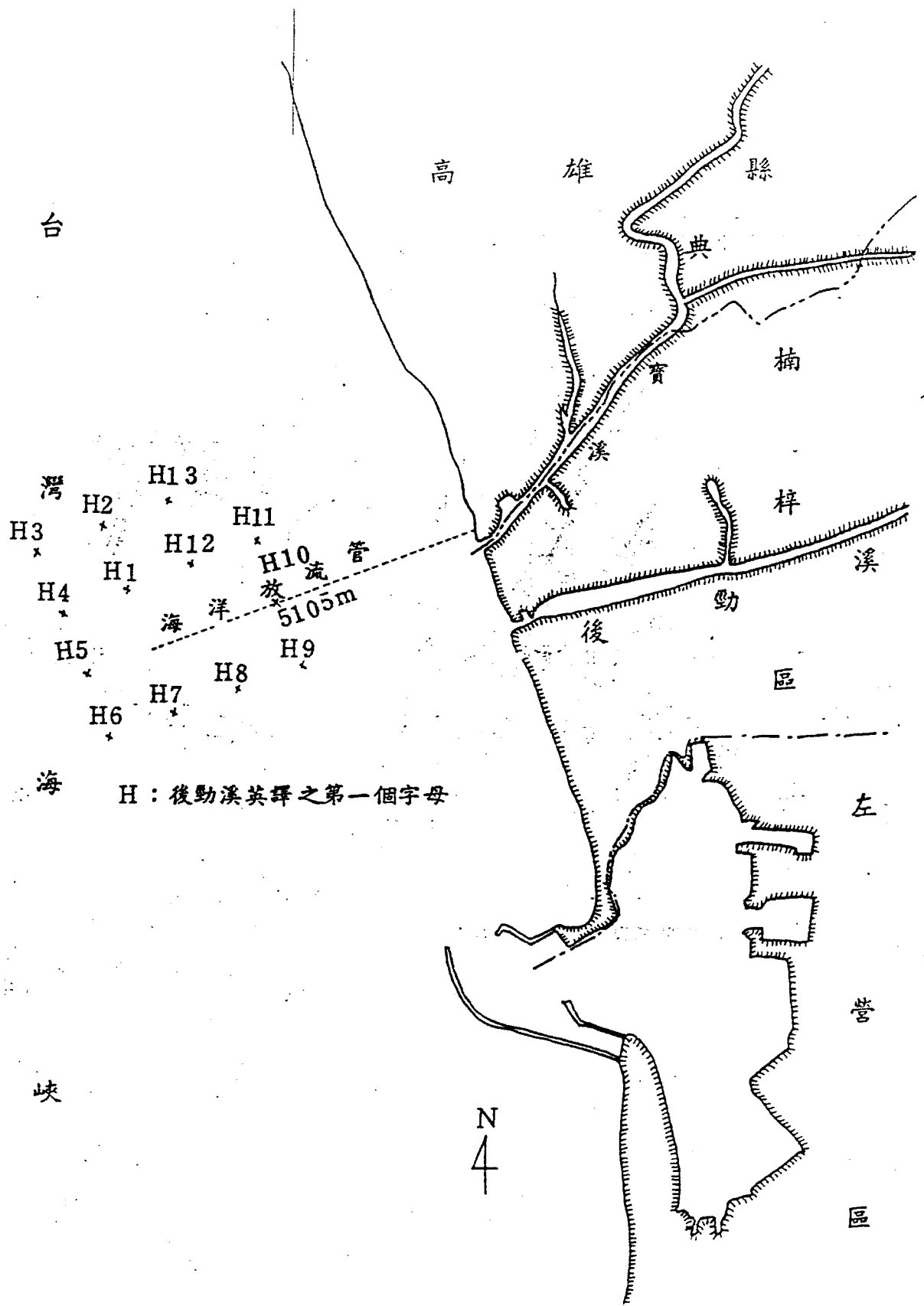
台
灣
海
峽



圖一 高雄西南沿海海洋放流管分佈圖



圖二 大林蒲海洋放流海域測站分佈圖



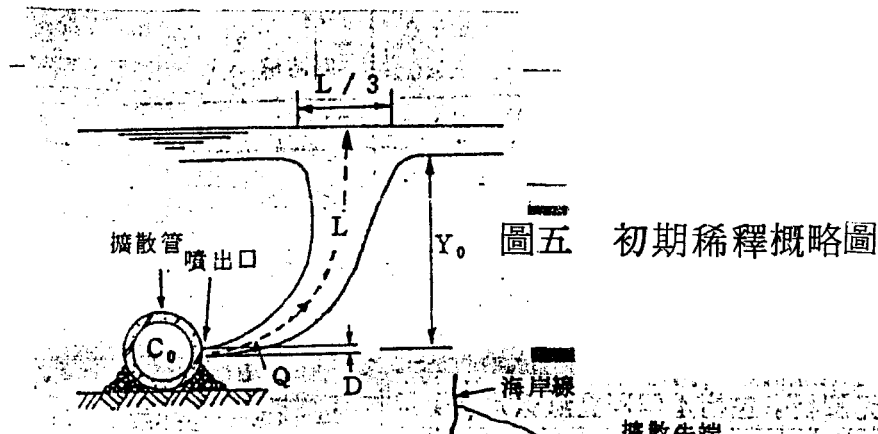
圖四 後勁溪海洋放流海域測站分佈圖

理想的海洋放流，是藉海水的擴散作用，將污水均勻分散在各層海水中，然後順著海流而稀釋甚至消失，一方面可避免污染物漂向岸邊污染海岸，另一方面也應注意海中資源的影響。

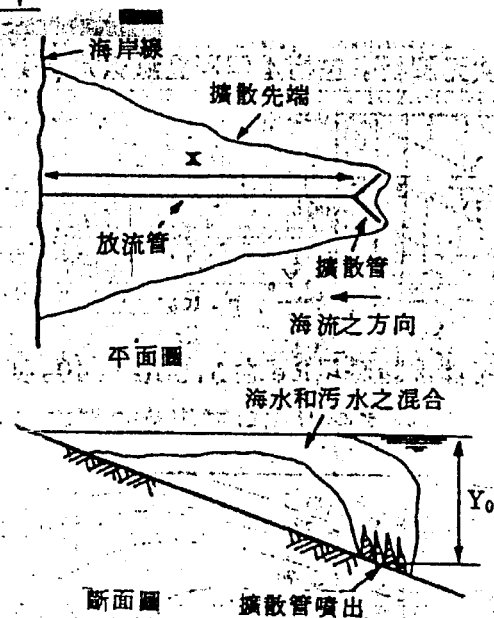
二、海洋之稀釋擴散

污水海洋放流之目的係藉海洋龐大之容量將放流之污水擴散稀釋。通常污水在海洋中之稀釋有下列三種過程：

1. 初稀釋率：當污水自擴散孔進入海洋中，因噴流速度及浮力（由密度差產生）之作用，使污水柱逐漸擴大並上升，當上升至某一高度即達到平衡狀況不再上升，此階段中放流污水柱與附近海水間之混合及攪動而達到之稀釋倍數稱之，其主要係決定於放流水深、擴散管負荷及海流流速等因素。如圖五



2. 擴散稀釋率：在污水經過初稀釋過程污水柱在某一高度形成污水域後，藉海流之亂流擴散、潮汐及風浪之作用（通常以水平擴散為主），將污水域携離原處，此階段之稀釋倍數稱之。其主要係決定於海流流速，擴散長度及擴散距離如圖六表示：



圖六 自海中放流管之放流（向海岸之方向）

3.細菌消逝之稀釋作用：細菌在海水中衰減之速率遠較淡水為大，大約為7～8倍，細菌在海水中急遽減少之原因，除了因細菌本身的死亡外，生物吞食及細菌與懸浮物質因為膠凝而沈澱都是重要原因，其主要係決定於海流流速、流動距離及細菌消逝率而定。

總稀釋率為以上三種稀釋率之乘積。

三、放流管設計

海水之稀釋能力係決定放流條件最重要因素，一般放流海水之稀釋倍數都須要在100倍以上。而海面上任倒一點之擴散情形均不一樣，在選擇放流口時必須先就地點、氣象、經濟利用及水質調查結果，選擇一擴散良好地點，就放流口深度、型式，該地點海水水層濃度分佈做詳細之研究，並研究放流後可能造成之任何影響做充分之分析，始決定放流條件。

1.位置及方向

擴散管之配置處與主要海流方向，成垂直為最佳而管線本身即應採用使擴散管至岸邊為最短之路線。

2.放流深度及管長

依據擴散管設置水深、海水與污水之密度差、溫度差及污水水柱上升高度之關係，一般為使污水水柱潛沒於水中而不浮現於水面，且達到100倍以上之初稀釋倍數。

3.管徑

放流管之管徑應在初期尖峰流量下能維持0.6 M / S以上之流速，而在最終尖峰流量時維持其流速在3.0 M / S以下。

4.擴散管

適當的擴散孔設計可使污水有良好之擴散效果，其設計必須把握下列原則：

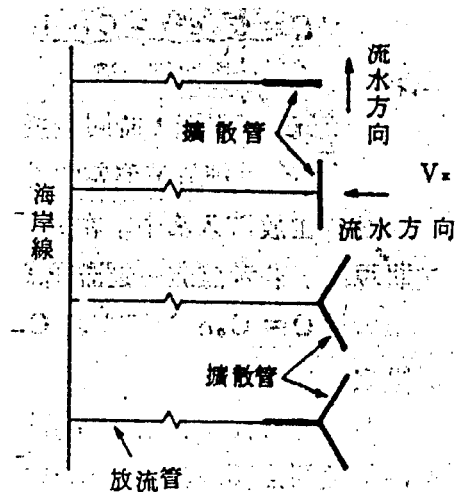
(1)流量應平均分佈于各擴散孔。

- (2)各擴散孔有足夠之流速以防擴散孔邊緣淤積。
- (3)擴散孔應保持滿流以防止承受水體流入管內。
- (4)總損失水頭應小於可利用水頭。

5.稀釋度

海洋放流管線之排放深度及距離，除按污水水柱潛沒水中之需要而設計外，更應檢討其稀釋能力，是否達到承受水體之水質標準。

各種擴散管之噴出口配置圖如圖七：



圖七 各種噴出口之配置

調查研究方法

一、調查目標：

(一)全程計畫目標：

- 1.評估後續海洋放流管設立參考。
- 2.了解海洋放流對漁業資源之可能影響程度。
- 3.做為將來海洋放流水質標準及法規修定之參考。
- 4.將來建立監視系統作為放流後之污染追蹤與評估依據。

(二)解決問題之建議：

- 1.了解海洋放流擴散範圍之水質變化情形，供養殖業做為發展養殖

事業之參考，以減輕漁業損失。

2. 由海域之水質變化作為三個海洋放流系統排放作業之參考改進依據，以避免污染由內陸移轉至海洋。
3. 做為「廢水以管線排放於海洋管理辦法」修訂及爾後環保單位據以執行所需參考資料。

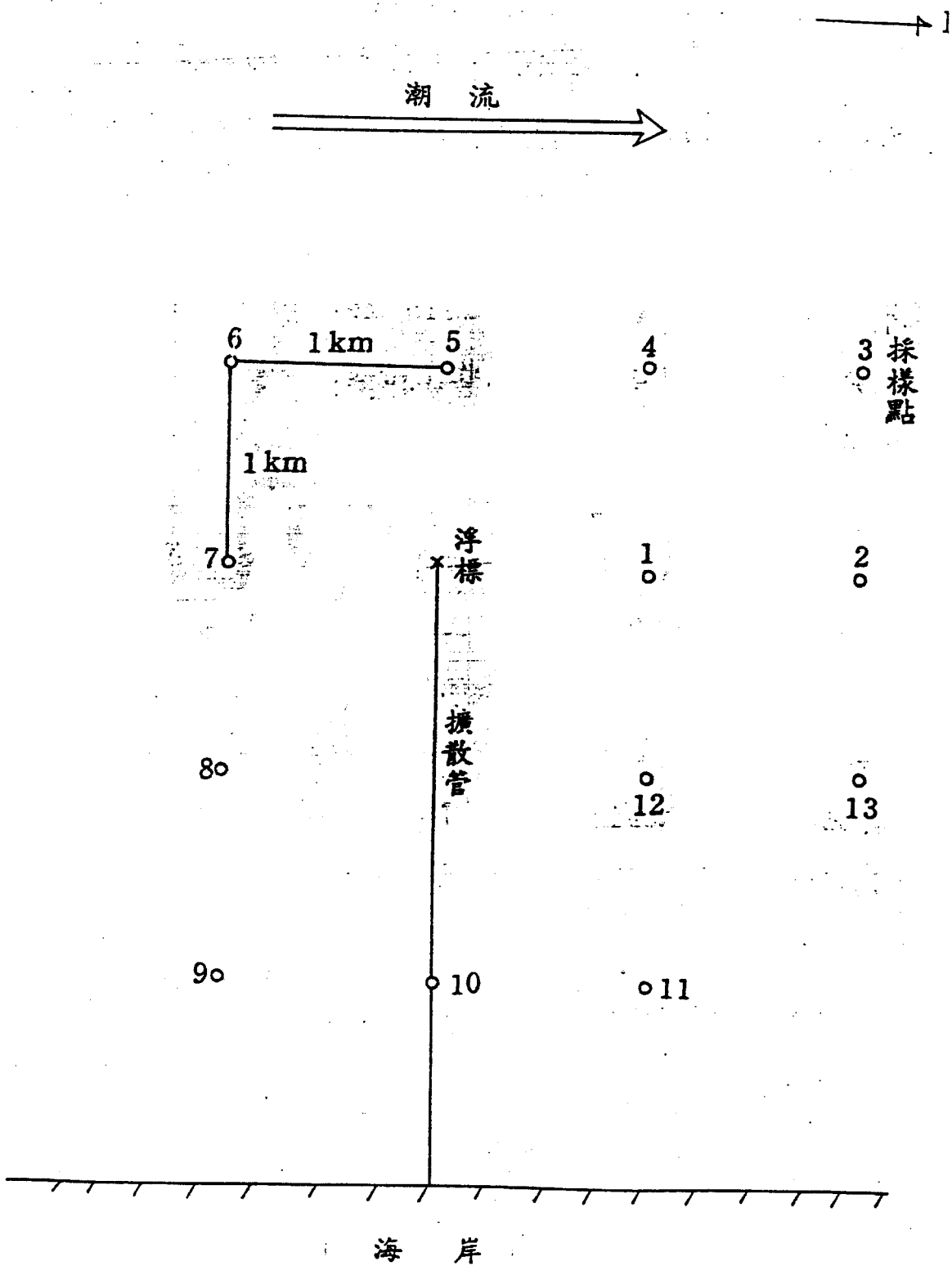
二、調查方法：

(一)於三個海洋放流海域，以海洋放流擴散管末端之浮標為中心，依潮流方向，各選擇十三個測站（圖八），大林蒲海域為 $T_1 \sim T_{13}$ ，中洲海域為 $C_1 \sim C_{13}$ ，後勁溪海域為 $H_1 \sim H_{13}$ 。於七十六年八月二十六至二十八日、十月二十一日、二十二日、二十九日、十二月九日至十一日，七十八年二月二十四日至二十六日、四月二十七日至二十九日、六月二十日至二十二日，租用交通船以塑膠桶採集表面水進行分析。

(二)分析項目：水溫、pH 值、溶氧、五天生化需氧量、酚類、硝酸鹽一氮、磷酸鹽一磷及銅、六價鉻一鎘、鎳、鋅、鉛、汞等七項重金屬。

(三)分析方法：

1. 水溫：現場以溫度計測定。
2. pH 值：玻璃電極法。
3. 溶氧：現場加 $MnSO_4 \cdot NaOH + NaI + NaN_3$ 溶液固定，於實驗室以碘定量之疊氮化鈉修正法測定。
4. 五天生化需氧量：以 BOD 瓶裝水樣，置於 20 °C 恒溫培養皿中五天後，測其消耗之溶氧量。
5. 酚類：以不透光玻璃瓶加硫酸銅保存水樣，蒸餾後以比色法測定。
6. 硝酸鹽一氮：Cadmium Reduction method。



圖八 海洋放流擴散管海域採樣點圖示

7. 磷酸鹽—磷：Ascorbic acid method。

8. 汞：冷蒸氣無焰式原子吸收光譜法。

9. 重金屬（銅、六價鉻、鎘、鎳、鋅、鉛）：APDC 螯合 MIBK 萃取原子吸收光譜法。

除硝酸鹽—氮與磷酸鹽—磷之測定依“STANDARD METHOD”外，其餘項目皆依行政院衛生署前環境保護局七十四年六月公佈之水質檢驗法測定。

三、執行期間：

自民國七十六年七月至七十八年六月止。

現況分析

各海域水質監測結果如表一及表二所示，茲分述如后：

一、水溫

水溫是支配海洋動植物生態及生理條件之重要因素，在水層越深處，其受陽光照射影響小，故水溫較低，而海中生物乃依環境適溫區域而移動，所以在適溫區域之海域是棲息魚貝類最多的地方。

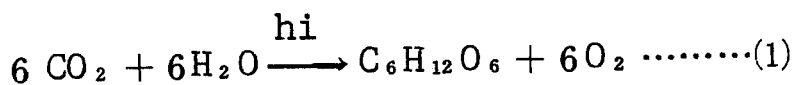
本次調查顯示，水溫呈正常之季節性變化，冬季之水溫較低，夏季水溫較高，最低溫出現在二月份，最高溫出現在八月份。大林蒲海域之水溫介於 24.9 ~ 30.2 °C；中洲海域介於 24.0 ~ 32 °C，後勁溪海域介於 20.6 ~ 32 °C，與去年比較水溫略有上升。

二、pH 值

海水之 pH 比較安定，因為海水鹼度大，所以 pH 之緩衝能力大，如果海水之 pH 變化大的話，一定是有許多量之酸或鹼等外來物質之影響所致，另海中生物之異化作用及植物同化作用，亦是影響海水 pH 值之因素，而海水 pH 值亦與海岸之遠近有關係，一般外洋深海區之水域，pH 值變化少，而淺海近灘、狹灣之水域，其 pH 值變化

較大。

一般海水 pH 值在 7.8 ~ 8.5 之間〔 10 〕，魚類適宜 6.5 ~ 9.0 之水質〔 13 〕，而台灣地區乙類海域水質標準為 7.5 ~ 8.5。大林蒲海域之 pH 值介於 8.0 ~ 9.16，中洲海域介於 7.89 ~ 9.25，後勁溪海域介於 7.92 ~ 8.77，季節性變化明顯，以六月份較高，相信是光合作用所引起的，因進行光合作用會使 pH 升高，原因是 CO₂ 消耗掉了，反應式如下：



三、溶氧 (DO)

空氣中之氧溶解在水中生物呼吸所需，另外水中植物性浮游生物也因光合作用產生氧，光合作用之大小依光能而異，溶氧量在水中垂直分布也依光合成之能量而異，即有光之衰減有關〔 4 〕。如上之反應式(1)，一般而言，海水生化需氧量越小，水中含氧量越高時，表示水質良好，相反地，生化需氧量越高含氧量越少，表示呈現污染現象，所以 DO 值可作為判定水生物生存可能性及水質自淨能力之依據。

溶氧量以冬季水溫低時較高，夏季水溫較高時則溶氧量降低，應呈季節性變化。大林蒲海域之溶氧值介於 5.97 ~ 11.70；中洲海域介於 6.05 ~ 9.59；後勁溪海域介於 5.95 ~ 12.02，六月份之值甚高，平均為 9.28，有些甚而逾飽和，可能是由於植物性浮游生物生長與其光合作用所引起，各測站之水質均超逾魚類適宜之水質〔 13 〕，亦即台灣地區乙類海域水質標準為 5.0 mg/l，為維持水中有機物不致腐敗，水體不致變黑發臭或使魚類能夠生存，溶氧量最少須維持 2 mg/l 以上，水生生物之生長環境溶氧量不得少於 5 mg/l，但若水中含有毒性，即使溶氧超過 5 mg/l，水生生物亦會死亡。

四、五天生化需氧量 (BOD₅)

係水中之有機物藉好氧菌之助，在某一定時間，溫度下進行，把有機物分解為安定物質，所消耗的氧量。此為水中有機性污染度最重要而最簡單之指標，一般而言，BOD愈高，水中溶氧量將減低，生物的生存將受到威脅，故BOD是很重要的有機物污染指標。通常乾淨之水質五天生化需氧量為1 mg/l，3 mg/l以上之水質已相當污染。大林蒲海域之BOD₅值介於0～6.30 mg/l，其中十二月份之各測站之值均超過台灣乙類海域水質標準3 mg/l，其總平均測值由去年度之1.31 mg/l增至2.39 mg/l，顯示此海域有受有機物污染之虞，值得有關單位重視，二月份的值較低。中洲海域介於0～4.37 mg/l，十二月份mg值較低，一般而言冬季之水質較佳。後勁河流域介於0～5.13 mg/l，夏季多高於冬季，5.13 mg/l、4.04 mg/l之高值皆出現於六月份，其中六個測站之值超逾3 mg/l。總括來說，大部份測站之值皆在台灣地區乙類海域水質標準3 mg/l以下，唯大林蒲海域之十二月份各測站及後勁溪海域之六月份六個測站均超逾3 mg/l，已有有機物偏高現象，值得重視。

五、酚類 (Phenol)

天然水中不含酚，為一有毒性物質，對海洋生物具有毒害作用，含氯之酚化合物，則僅在1 ppb以上，將會使魚發生不愉快的味道〔8〕，而影響漁產之經濟價值，台灣地區乙類海域水質標準為0.01 mg/l，調查顯示三個海域大部分測站皆超過標準。大林蒲海域介於< 2.50～146.30 μg/l，測站總平均值已由76年度之59.87 μg/l降為本年度38.57 μg/l，其中以八月份及四月份之值較高。中洲海域介於< 2.50～121.92 μg/l，測站總平均值由82.68 μg/l降為42.08 μg/l，又以八月份及四月份之值較高。後勁溪海域介於< 2.50～119.23 μg/l，已50.02 μg/l降為35.42 μg/l，仍以八月及四月份之值較高，由資料顯示，其污染濃度已有減輕趨勢。

六、硝酸鹽一氮 (NO₃-N)

硝酸鹽係植物性浮游生物生長必須之化學營養鹽之一，它的含量過多或過少均會影響植物性浮游生物之生長與繁殖，進而影響動物性浮游生物生長，魚貝類等正常之食物鏈與生態平衡。而浮游生物量減少，表示海水受到污染，若提出硝酸鹽量多時，表示海水受到有機污染已久。另死亡之生物體破壞分解後亦會產生硝酸鹽。一般而言，化學營養素有在缺氧水中聚積之傾向，因此在相同之海水中，其化學營養物在缺氧海水中存在的濃度，比存在於表層海水中為高。而在表層海水中，硝酸鹽之季節變異與生物之活度有關，在淺水區域或大陸區之海水中變化較大。在春季期間，浮游性植物都在顯光區中進行光合作用而成長，因此無機氮在顯光區被浮游植物經光合作用利用，致海水中之硝酸鹽量減少。在夏季期間，由於熱能增加，顯光區較春季時為深，因此，上述現象就向下延伸，使無機氮大量被利用，致硝酸鹽含量大減。在秋季期間，將氨氮氧化至亞硝酸鹽，以及將亞硝酸鹽氧化至硝酸鹽等過程，使物質中之自由能隨之降低，致硝酸鹽量逐漸增加，增加之量係與溫度有關，溫度愈低，硝化作用也愈易進行完全〔10〕。

大林浦海域之硝酸鹽一氮含量介於 35.00 ~ 372.40 $\mu\text{g}/\text{l}$ ，其測站總平均值，由去年度之 90.93 增至本年度之 116.44 $\mu\text{g}/\text{l}$ ，平均以十月份最高，二月份最低，中洲海域介於 34.74 ~ 284.10 $\mu\text{g}/\text{l}$ ，其測站總平均值由 95.08 增至 121.67 $\mu\text{g}/\text{l}$ ，平均以十月份最高，二月份最低，後勁溪海域介於 35.90 ~ 493.30 $\mu\text{g}/\text{l}$ ，其測站總平值，由 112.32 增至 127.93 $\mu\text{g}/\text{l}$ ，平均仍以十月份最高，二月份最低，由調查資料中，季節性之變化富規律性，平均最高值均出現在十月份，平均最低值均出現在二月份，其含量平均比去年度增加，值得警覺與重視。

七、磷酸鹽一磷 ($PO_4 - P$)

磷酸鹽亦為植物性浮游生物生長必須之化學營養鹽之一，依化學營養素在生物體中新陳代謝的型態關係，通常可以把它分類為氧化型營養素與預形成營養素兩種，如海水中之總磷酸鹽係由氧化型磷酸鹽與預形成磷酸鹽所組成，海水原始（或海洋生物體）所具有之磷酸鹽稱為預形成磷酸鹽，生物體死亡後，受到氧的破壞分解作用所得到的磷酸鹽，稱為氧化型磷酸鹽，一般無污染之海水中含磷酸鹽約 $0 \sim 3 \mu\text{g/l}$)。

大林蒲海域之磷酸鹽一磷含量介於 $6.50 \sim 301.00 \mu\text{g/l}$ ，其測站總平均值由76年度之 14.5 增至本年度之 $42.60 \mu\text{g/l}$ ，平均以二月份最高，八月份最低，中洲海域介於 $10.00 \sim 310.80$ ，其測站總平均值由 14.9 增至 $40.1 \mu\text{g/l}$ ，平均以二月份最高，十月份最低，後勁溪海域介於 $6.50 \sim 184.00 \mu\text{g/l}$ ，其測站總平均值由 12.1 增至 $24.7 \mu\text{g/l}$ ，平均以二月份最高，十二月份最低。由調查資料顯示，季節性之變化雖無富規律性，但均以二月份之含量最高，其含量平均比去年度增加許多，值得有關單位重視。

八、銅 (Cu)

海水中天然銅含量為 $3 \mu\text{g/l}$ [10]，銅含量大於 1.5mg/l 時會產生味道。銅本身對人體毒性不大，然過量之含量對藻類、海產植物有很大的害處，其含量大於 $20 \mu\text{g/l}$ 以上時，可增加其它金屬之毒害 [8]，而魚類適宜之水質在 $20 \mu\text{g/l}$ 以下，此亦為台灣地區海域之水質標準。大林蒲海域介於 $< 0.23 \sim 172.71 \mu\text{g/l}$ ，其測站總平均值由76年度之 5.74 增至 $15.86 \mu\text{g/l}$ ，四月份及六月份之測站平均值為 $28.84 \mu\text{g/l}$ 、 $138.09 \mu\text{g/l}$ 均超逾乙類海域水質標準 $20 \mu\text{g/l}$ ，中洲海域介於 $0.24 \sim 85.92 \mu\text{g/l}$ ，其測站之總平均值由 5.05 增至 $11.82 \mu\text{g/l}$ ，六月份除一測站外，餘皆超逾乙類海域水

質標準，後勁溪海域介於 $< 0.23 \sim 52.27 \mu\text{g}/1$ ，其測站總平均值由 5.88 增至 $10.43 \mu\text{g}/1$ ，六月份除二測站外，餘皆超越乙類海域水質標準。由資料顯示，銅含量有受污染之趨勢，雖測站總平均值尚符合乙類海域水質標準，六月份之各海域之測站平均值均超過乙類海域水質標準，值得重視與警惕。

九、六價鉻 (Cr^{+6})

海水中天然鉻含量為 $0.05 \mu\text{g}/1$ 〔10〕，通常魚類對鉻化合物之容忍量較低等生物為高，其中以六價鉻之毒性較大，台灣地區之乙類海域水質標準為 $0.05 \text{mg}/1$ ，亦為魚類適宜水質之最高限〔13〕。大林蒲、中洲、後勁溪海域之六價鉻分別介於 $< 7.33 \sim 27.33 \mu\text{g}/1$ ， $< 7.33 \sim 27.33 \mu\text{g}/1$ ， $< 7.33 \sim 39.30 \mu\text{g}/1$ ，大多在儀器限值以下，三個海域十月份之值普遍較高，各測站總平均依序為後勁溪海域($8.63 \mu\text{g}/1$)，中洲海域($8.22 \mu\text{g}/1$)，大林蒲海域($8.14 \mu\text{g}/1$)，由結果顯示，與去年度並無顯著之增減，表示尚未有六價鉻污染之虞。

十、鎘 (Cd)

海水中天然鎘含量為 $0.11 \mu\text{g}/1$ 〔10〕，水中含鎘量若超過 $20 \mu\text{g}/1$ 時，即可能對海洋生物(包括魚類)具有危害作用，魚類適宜水值在 $0.01 \mu\text{g}/1$ 以下〔13〕，此亦為台灣地區乙類海域水質標準。大林蒲、中洲、後勁溪海域之鎘含量分別介於 $< 0.25 \sim 9.87 \mu\text{g}/1$ ， $< 0.25 \sim 6.40 \mu\text{g}/1$ ， $< 0.25 \sim 4.92 \mu\text{g}/1$ ，各測站之鎘含量均低於 $10 \mu\text{g}/1$ ，三個海域水質含鎘量平均以六月份最高，二月份之值大部份在儀器限值以下，總平均以大林蒲海域最高($1.68 \mu\text{g}/1$)，後勁溪海域次之($1.21 \mu\text{g}/1$)，中洲海域最低($1.18 \mu\text{g}/1$)，與去年度比較無顯著增減，仍尚未有鎘污染跡象。

十一、鎳 (Ni)

海水中天然鎳含量為 $2 \mu\text{g}/1$ [10]，為對植物極毒之元素，大林蒲、中洲、後勁溪海域之鎳含量分別介於 $< 0.44 \sim 23.33 \mu\text{g}/1$ ， $< 0.44 \sim 65.64 \mu\text{g}/1$ ， $< 0.44 \sim 52.95 \mu\text{g}/1$ ，總平均以中洲海域最高 ($7.32 \mu\text{g}/1$)，後勁溪次之 ($6.71 \mu\text{g}/1$)，大林蒲最低 ($4.84 \mu\text{g}/1$)。

十二、鉛 (Pb)

天然海水中鉛含量為 $0.03 \mu\text{g}/1$ [10]，水中鉛濃度若超過 $0.1 \text{ mg}/1$ 時，微生物對有機物之分解作用即受抑制。魚類適宜之水質為 $0.1 \text{ mg}/1$ 以下，亦為台灣地區乙類之水質標準。大林蒲、中洲、後勁溪海域之鉛含量介於 $< 0.27 \sim 49.60 \mu\text{g}/1$ ， $< 0.27 \sim 104.73 \mu\text{g}/1$ ， $< 0.27 \sim 32.64 \mu\text{g}/1$ ，測站 C₂ 曾出現 $104.73 \mu\text{g}/1$ 之異常高值，餘均符合台灣地區乙類海域水質標準，三個海域水質含鉛量平均以六月份最高，十月份最低，總平均以大林蒲海域最高，但已由去年度之 15.57 降為 $11.04 \mu\text{g}/1$ ，中洲海域次之，由去年度之 11.79 降為 $10.37 \mu\text{g}/1$ ，後勁溪海域最低，亦由去年度之 15.09 降為 $7.91 \mu\text{g}/1$ ，由結果顯示，三個海域之鉛含量已有降低趨勢。

十三、鋅 (Zn)

天然海水中鋅含量為 $10 \mu\text{g}/1$ [10]，其含量高達 $4 \text{ mg}/1$ 仍然對人體健康不生影響，台灣地區乙類海域水質標準為 $40 \mu\text{g}/1$ 。大林蒲、中洲、後勁溪海域之鋅含量介於 $< 1.00 \sim 206.93 \mu\text{g}/1$ ， $1.52 \sim 236.00 \mu\text{g}/1$ ， $< 1.00 \sim 222.20 \mu\text{g}/1$ ，最高值皆出現於十月份，各測站之六月份平均值皆超逾台灣地區乙類海域水質標準，而十月份之大林蒲、後勁溪海域測站平均值出現 129.85 ， $103.42 \mu\text{g}/1$ 異常之高值，總平均以中洲海域最高 ($43.64 \mu\text{g}/1$)，大林蒲海域次之 ($38.95 \mu\text{g}/1$)，後勁溪海域最低 ($28.46 \mu\text{g}/1$)，由結果顯示各海域均有鋅污染之虞，但鋅含量之增加，並不一定是由

於鋅之直接排放，降為中酸性之增加可能促進建築材料中鋅之腐蝕〔 11 〕。鋅含量三海域比去年度無明顯增減，仍有污染之虞。

十四、汞 (Hg)

天然海水中汞含量為 $0.03 \mu\text{g}/\text{l}$ 〔 10 〕，水域中若汞含量超過 $0.15 \mu\text{g}/\text{l}$ ，表示已遭受污染，台灣地區乙類海域水質標準為 $0.002 \text{mg}/\text{l}$ ，而魚類適宜之水質在 $0.01 \text{mg}/\text{l}$ 以下〔 13 〕，汞之毒性以烷基汞化合物最具危險性，多隨農藥、殺蟲劑、廢水經由農田、溝渠流入海洋，另依 Joensuu (1971) 指出，由於含有汞之岩石之物理、化學、風化作用結果，每年灌注於各海洋之汞量，全世界總計約 230 公噸〔 11 〕。

大林蒲、中洲、後勁溪海域之汞含量分別介於 $< 0.50 \sim 13.95 \mu\text{g}/\text{l}$ ， $< 0.50 \sim 8.99 \mu\text{g}/\text{l}$ ， $< 0.50 \sim 5.90 \mu\text{g}/\text{l}$ ，但大林蒲海域於八月份曾出現 $13.95 \mu\text{g}/\text{l}$ 及 $11.16 \mu\text{g}/\text{l}$ 之高值，總平均以大林蒲海域最高 ($1.43 \mu\text{g}/\text{l}$)，中洲海域次之 ($1.06 \mu\text{g}/\text{l}$)，後勁溪海域最低 ($0.87 \mu\text{g}/\text{l}$)，雖尚符合台灣地區乙類海域水質標準，但比去年度有增加趨勢，值得警惕。

結論與建議

一、結論：

1. 由水文 (包括 pH、溶氧、生化需氧量) 分析，三個海域中，大林蒲海域有有機物污染之虞而後勁溪海域亦有偏高現象，值得有關單位重視。
2. 由海水化學營養 (包括硝酸鹽氮，磷酸鹽一磷) 分析，三個海域比去年度均有上升趨勢。由污染而含有高濃度營養素時，通常會導致海水具高濃度之浮游植物，且可能對海洋生物之繁殖有害，引起動物病變。

3. 酚類方面，三個海域中雖其總平均值仍超出台灣地區乙類海域水質標準，惟與去年度相較已有明顯降低趨勢。
4. 重金屬（含銅、鉻、鎳、鎳、鉛、鋅、汞）方面，三個海域中銅含量比去年度有明顯增加，已造成污染之威脅，另鋅仍有污染之虞，而鉛已有降低趨勢。
5. 三條海洋放流管相距不遠，更由於黑潮之影響，致其污染物質濃度無明顯差異。

二、建議：

1. 繼續執行海洋環境保護之監測計畫及研究，以追蹤調查，除可作為污水廠作業改進之依據，並可為後續海洋放流管線設立之參考。
2. 嚴格審查後續海洋放流工程計畫，增加廢水處理廠功能，由原設計初級處理提昇為二級處理，以減輕海域污染。
3. 儘速研訂適切之都市下水道系統放流水以管線排放於海洋的標準。
4. 應檢討工業廢水之有毒物質、重金屬之放流限值，以有效管制海洋放流。
5. 建立海洋生物監測系統，大多數污染物質能被海洋生物濃縮，故海洋生物可以用作污染物質空間及時間分布的指示物。

參考文獻

1. “高雄地區大林蒲、左營兩條污水海洋放流管工程簡介”，中華工程公司，六十九年五月。
2. “高雄市都市污水海洋放流處理計畫”，陳森森、陳繼志，中國土木水利工程學會第七屆廢水處理技術研討會論文集，七十一年九月。
3. “台灣環海經濟魚貝類與海洋生態環境之研究”，行政院衛生署環境

保護局。

4. “高雄臨海聯合污水處理廠海洋放流海域之環境調查”，行政院衛生署環境保護局，七十四年三月。
5. “漁業環境保護專集(一)”，行政院農業委員會，七十六年六月。
6. “海洋環境保護政策之研析”，行政院環境保護署，七十七年六月。
7. “台灣西南部海域之海洋放流現場調查與特性分析”，顏沛華、黃正欣、黃煌輝。
8. “高雄港海域水質調查總報告書”，劉惠民，高雄市政府環境保護局，七十六年六月。
9. “高雄臨海工業區海洋放流管線水質與環境調查報告”，洪楚璋等，國立台灣大學海洋研究所，六十八年七月。
10. “海洋化學概論”，黃正德編，大洋出版社，六十八年六月。
11. “土壤化學”，洪崑煌譯，中央圖書出版社，七十年五月。
12. “下水道工程學”，歐陽嶠暉著，長松出版社，七十年十二月。
13. “水污染防治”，高肇藩著，中國土木水利工程學會，七十六年四月。
14. “工業廢水污染的防治”，經濟部工業局，六十六年十一月。
15. “旗津外海海況調查分析研究報告”，國立高雄海事專科學校，七十七年五月。
16. “高雄港海域污染調查之研究”，林存德著，狀元出版社，七十七年六月。
17. “海洋放流海域之水質調查研究”，行政院農業委員會，七十七年四月。
18. “高雄左營地區、大林蒲工業廢水海洋放流海域生態環境調查及監測系統規劃”，國立中山大學海洋科學研究中心，七十七年八月。

表一 各海域之溶氧等項目之濃度範圍

項 目	海 域 名 稱	濃 度 範 圍	測 站 平 均 濃 度 範 圍
溶 氧 (mg/l)	大林蒲海域	5.97 ~ 11.70	6.77 ~ 7.75
	中 洲海域	6.05 ~ 9.59	6.82 ~ 7.29
	後勁溪海域	5.95 ~ 12.02	6.82 ~ 7.70
五 天 生 化 需 氧 量 (mg/l)	大林蒲海域	0 ~ 6.30	1.51 ~ 3.20
	中 洲海域	0 ~ 4.37	0.75 ~ 1.69
	後勁溪海域	0 ~ 5.13	0.98 ~ 1.81
酚 類 (μ g/l)	大林蒲海域	< 2.50 ~ 146.30	28.77 ~ 53.51
	中 洲海域	< 2.50 ~ 121.92	25.32 ~ 67.38
	後勁溪海域	< 2.50 ~ 119.23	26.62 ~ 47.95
硝 酸 鹽 一 氮 (μ g/l)	大林蒲海域	35.00 ~ 372.40	99.63 ~ 126.83
	中 洲海域	34.74 ~ 284.10	88.72 ~ 161.29
	後勁溪海域	35.90 ~ 493.30	96.75 ~ 146.48
磷 酸 鹽 一 氮 (μ g/l)	大林蒲海域	6.50 ~ 301.00	23.00 ~ 71.68
	中 洲海域	10.00 ~ 310.80	22.30 ~ 76.80
	後勁溪海域	6.50 ~ 184.00	14.23 ~ 49.36

表二 各海域之重金屬濃度範圍

重金屬名稱	海域名稱	濃度範圍	測站平均濃度範圍
銅	大林蒲海域	< 0.23 ~ 172.71	5.79 ~ 51.40
	中洲海域	0.24 ~ 85.92	7.26 ~ 24.10
	後勁溪海域	< 0.23 ~ 52.27	6.50 ~ 17.39
六價鉻	大林蒲海域	< 7.33 ~ 27.33	< 7.33 ~ 12.99
	中洲海域	< 7.33 ~ 27.33	< 7.33 ~ 10.66
	後勁溪海域	< 7.33 ~ 39.30	< 7.33 ~ 12.65
鎘	大林蒲海域	< 0.25 ~ 9.87	1.11 ~ 3.36
	中洲海域	< 0.25 ~ 6.46	0.78 ~ 1.63
	後勁溪海域	< 0.25 ~ 4.92	0.72 ~ 1.73
鎳	大林蒲海域	< 0.44 ~ 23.33	3.19 ~ 7.35
	中洲海域	< 0.44 ~ 65.64	2.98 ~ 18.06
	後勁溪海域	< 0.44 ~ 52.95	3.59 ~ 12.89
鋅	大林蒲海域	< 1.00 ~ 206.93	26.31 ~ 60.27
	中洲海域	1.52 ~ 236.00	26.79 ~ 65.35
	後勁溪海域	< 1.00 ~ 222.20	19.79 ~ 57.96
鉛	大林蒲海域	< 0.27 ~ 49.60	6.56 ~ 25.85
	中洲海域	< 0.27 ~ 104.73	6.82 ~ 22.24
	後勁溪海域	< 0.27 ~ 32.64	5.91 ~ 11.27
汞	大林蒲海域	< 0.50 ~ 13.95	0.54 ~ 2.86
	中洲海域	< 0.50 ~ 8.99	0.53 ~ 2.10
	後勁溪海域	< 0.50 ~ 5.90	0.63 ~ 1.53