

## 第三章、水質改善試驗計畫

### 章節摘要

本市大安濱海樂園於 95 年因水質問題關閉，直至 102 年 8 月重啟大安海水浴場的活動，惟僅可於限制之開放活動時間與區域內，從事沙灘戲水、衝浪及風箏衝浪等活動，推測未全面解除禁限的原因，乃是大安海水浴場大腸桿菌近年來仍偶有超標問題。而主要影響的陸源水體也就是北汕溪，位於海淡水交替使得水質變異性大，另外因為洋流跟潮汐變化的因素也會影響大腸桿菌消長情形，故本計畫利用搭載超微細制菌氣泡之移動式水質改善措施於北汕溪上游由南北八路橋、中游大安港一號橋至出海口沿岸，進行水質改善試驗計畫。

北汕溪水質改善設施因設置點位橫跨多處權責單位，本計畫於設置前與相關單位共辦理 5 次現場會勘作業及 1 場次北汕溪水質改善試驗計畫協調會議，於歷次會勘針對水質改善設施預計施作位置的確認、施工方式、相關用水、用電、用地等協調事項，取得相關單位同意後並於 6 月開始施作設置，完工後並運作至 12 月，共計維運 6 個月，維運頻率為每月一次，共累計完成 6 次。

南北八路橋與大安港一號橋係採用超微細臭氧氣泡制菌消毒單元模組，超微細氣泡模式採在槽式佈設，將臭氧搭載超微細氣泡輸出融合下，針對北汕溪退潮期間進入淡水為主之水體，藉由水流順勢提高超微細氣泡利用率，並搭配各點位受漲退潮影響，設定制菌消毒機組啟動條件；出海口則採加氯單元模組，透過在槽式雙重把關布設方式，來抑制水體中大腸桿菌，並降低消毒副產物生成，透過運轉期間每月採樣追蹤改善試驗計畫執行成效。超微細臭氧氣泡單元於系統端經單元處理後之北汕溪水體中大腸桿菌群之殘餘量可低於 10 CFU/100mL，南北八路橋平均去除率約 74.6%，大安港一號橋平均去除率能達 96.2%；因設備處理量體約為河川水量 1.2%~1.6%，故於承受水體端大腸桿菌去除效益最佳最高可達 68.7%，南北八路橋平均去除率約 41.5%，大安港一號橋平均去除率約 13.5%；加氯消毒單元之制菌成效平均約 63.4%，最佳可達 99.9% 以上。

針對北汕溪水質改善試驗計畫推動時所需之整體費用估算，如興建成本與操作維運成本初步進行評估，興建成本主要包含土木部分、機械設備、管線、儀電設備、施工費、

其它等，以 15 年攤提估算，平均為 0.38 元/噸；操作維運成本包含操作費用及設備維護等，若以配合潮汐全年啟動，平均操作維運成本為 8.11 元/噸，若係配合沙灘戲水區開放月份啟動，平均操作維運成本為 5.29 元/噸。若以配合潮汐全年啟動建置及操作維運成本約 8.49 元/噸，若係配合沙灘戲水區開放月份啟動建置及操作維運成本約 5.67 元/噸。

然而，現階段系統規格的可處理水體量能，相較於北汕溪之量體，仍有很大的努力空間外，目前觀測到在超微細臭氧氣泡單元中，因所抽取北汕溪水體已有大腸桿菌群，故進入單元後會將臭氧消耗殆盡，在產水端的大腸桿菌雖已大幅削減，但同時所攜帶之臭氧微細氣泡濃度亦相對地減少許多，此時對於北汕溪的在槽式削減效能亦因而受限。後續針對模組優化，可建議於既有處理設施前加設一套前處理設備，將其北汕溪先透過第一道臭氧程序使其河水變成未含大腸桿菌群的水源，再進入既有的超微細臭氧氣泡單元間，使其河水夾帶高濃度超微細臭氧氣泡後再排回河川，使北汕溪中大腸桿菌的處理量能更為提升。

目前所採用之序列式消毒制菌程序對於其他污染物質之去除效益之成效仍為有限，因臭氧在水中半衰期相當快，不適用直接與污染物直接反應。根據其他研究指出，另外添加溴離子、過氧化氫或是觸媒增加氧化污染物之效果，然而，水文水理動態更迭的天然水域環境，如何在既有模組的優化，包括系統升級、效力擴及範圍，亦或此創新序列式消毒制菌程序是否能擴充應用在其他具污染源潛勢的河域，皆為未來值得研擬探究之階段性任務。

### 3.1、大安濱海樂園與北汕溪水質背景關聯性解析

#### 一、大安濱海樂園水質分析

本市大安濱海樂園於 95 年因水質問題關閉，直至 102 年 8 月重啟大安海水浴場的活動，惟僅可於限制之開放活動時間與區域內，從事沙灘戲水、衝浪及風箏衝浪等活動，相關水域遊憩活動範圍彙整如圖 3.1-1。推測未全面解除禁限的原因，乃是大安海水浴場大腸桿菌群超標問題終究未獲改善，主要水質組成亦牽制於鄰近北汕溪包含畜牧業、生活污水等關鍵污染源。另依海域地面水體分類標準得知（表 3.1-1），欲作為親水用途之水質應符合甲級標準，彙整大安濱海樂園 109 年至 111 年 1-8 月水質檢測結果如表 3.1-2，由表可知，其 pH、溶氧、BOD 與大腸桿菌群多有超過甲類水體分類標準，其中以 pH 與大腸桿菌群超標次數為最。針對戲水區與衝浪區之大腸桿菌群歷年變化趨勢繪製如圖 3.1-2，由圖可知衝浪區近三年內共 3 次大腸桿菌群超標，分別於 109 年 11 月、110 年 6 月及 111 年 7 月，戲水區近三年內共 5 次大腸桿菌群超標，分別於 110 年 2 月、6 月、111 年 5 月、6 月、7 月，其超標次數較多集中於夏季。



圖 3.1-1、大安海水浴場位置

表 3.1-1、海域地面水體分類標準

分級	基準值				適用性質
	pH	溶氧 (mg/L)	BOD (mg/L)	大腸桿菌群 (CFU/100 mL)	
甲	7.5 ~ 8.5	5 以上	2 以下	1,000 以下	一級水產用水、二級水產用水、工業用水、游泳及環境保育
乙	7.5 ~ 8.5	5 以上	3 以下	---	二級水產用水、二級工業用水及環境保育
丙	7.0 ~ 8.5	2 以上	6 以下	---	環境保育

資料來源：地面水體分類及水質標準，行政院環境保護署。

表 3.1-2、大安濱海樂園水質監測結果

採樣日期	採樣點	pH	溶氧值 (mg/L)	大腸桿菌群 (CFU/100 mL)	BOD (mg/L)	鹽度(%)
109/01/13	戲水區	7.78	7.70	950	0.5	--
	衝浪區	7.78	7.70	850	0.5	--
109/02/13	戲水區	<b>6.46</b>	6.50	10	0.5	--
	衝浪區	<b>6.42</b>	6.60	5	<b>2.3</b>	--
109/03/09	戲水區	8.04	7.90	950	0.5	--
	衝浪區	7.94	7.80	850	1.1	--
109/04/09	戲水區	7.94	7.70	750	0.5	--
	衝浪區	7.95	7.70	650	0.5	--
109/05/06	戲水區	8.04	6.30	60	1.9	--
	衝浪區	8.19	6.50	55	1.8	--
109/06/08	戲水區	7.78	6.00	500	0.5	--
	衝浪區	7.82	6.00	600	0.5	--
109/07/24	戲水區	7.82	6.80	190	<b>3.6</b>	--
	衝浪區	<b>7.39</b>	6.80	520	<b>3.6</b>	--
109/08/25	戲水區	<b>7.46</b>	6.80	180	<b>3</b>	--
	衝浪區	<b>7.46</b>	6.80	200	<b>2.9</b>	--
109/09/21	戲水區	<b>7.46</b>	7.30	300	0.5	--
	衝浪區	<b>7.46</b>	7.30	600	0.5	--
109/10/21	戲水區	<b>7.02</b>	8.00	400	0.5	--
	衝浪區	7.66	8.00	400	0.5	--
109/11/18	戲水區	7.66	8.40	100	1.2	--
	衝浪區	7.59	8.20	<b>46,000</b>	1.1	--
109/12/14	戲水區	7.86	6.90	450	0.5	--
	衝浪區	7.84	6.90	205	0.5	--
110/01/13	戲水區	8.17	5.90	400	0.5	--
	衝浪區	8.15	6.20	360	0.5	--
110/02/22	戲水區	<b>7.28</b>	7.80	<b>11,000</b>	0.5	--
	衝浪區	<b>7.08</b>	8.00	20	2.0	--
110/03/18	戲水區	8.50	6.00	5	--	3.03
	衝浪區	8.20	<b>4.20</b>	13	--	2.97
110/04/15	戲水區	7.96	5.41	10	--	3.30
	衝浪區	8.13	5.55	5	--	3.20
110/05/14	戲水區	8.23	5.64	5	--	2.90
	衝浪區	8.01	5.36	5	--	3.00
110/06/10	戲水區	8.33	5.44	250	--	2.70
	衝浪區	8.22	5.21	190	--	2.70
110/06/28	戲水區	7.82	5.33	<b>290,000</b>	--	0.50
	衝浪區	7.95	5.35	<b>170,000</b>	--	1.00
110/07/12	戲水區	8.24	5.91	73	--	2.70

表 3.1-2、大安濱海樂園水質監測結果

採樣日期	採樣點	pH	溶氧值 (mg/L)	大腸桿菌群 (CFU/100 mL)	BOD (mg/L)	鹽度(%)
110/07/27	衝浪區	8.33	5.68	53	--	3.10
	戲水區	8.08	6.76	200	--	3.00
110/08/12	衝浪區	8.12	6.25	280	--	3.00
	戲水區	8.10	6.30	870	--	2.30
110/08/24	衝浪區	8.10	5.90	190	--	2.60
	戲水區	8.18	6.11	120	--	2.90
110/09/07	衝浪區	8.26	5.95	63	--	2.60
	戲水區	8.20	5.88	150	--	3.00
110/10/20	衝浪區	8.40	5.65	160	--	3.00
	戲水區	8.00	6.07	210	--	3.20
110/11/09	衝浪區	8.10	6.02	400	--	3.20
	戲水區	8.00	6.03	390	--	3.10
111/01/17	衝浪區	8.00	6.12	340	--	3.30
	戲水區	8.13	7.5	350	1.3	--
111/02/17	衝浪區	8.13	7.5	250	1.4	--
	戲水區	<b>7.47</b>	8.8	850	<1.0	--
111/03/09	衝浪區	<b>7.44</b>	8.5	400	<1.0	--
	戲水區	8.21	6.0	150	1.7	--
111/04/18	衝浪區	8.25	6.0	65	1.6	--
	戲水區	<b>6.92</b>	8.5	350	<1.0	--
111/05/19	衝浪區	<b>7.09</b>	8.6	100	1.3	--
	戲水區	7.99	6.6	<b>1,200</b>	<1.0	--
111/06/16	衝浪區	7.90	6.4	450	<1.0	--
	戲水區	8.15	6.1	<b>4,200</b>	<1.0	--
111/07/14	衝浪區	8.21	5.7	50	<1.0	--
	戲水區	<b>5.49</b>	6.2	<b>1500</b>	1.7	--
111/08/16	衝浪區	<b>5.44</b>	6.0	<b>2200</b>	<b>3.2</b>	--
	戲水區	8.29	5.4	<10	<b>2.3</b>	--
111/08/16	衝浪區	8.24	5.4	100	<b>2.3</b>	--

註：「--」未採樣分析、「**灰底+粗體底線**」表示超過甲類水體分類標準

資料來源：1.110/03~110/11 取自臺中市政府環境保護局監測結果

2.1109/01~110/02、111/01~111/08 取自臺中市風景區管理所監測結果

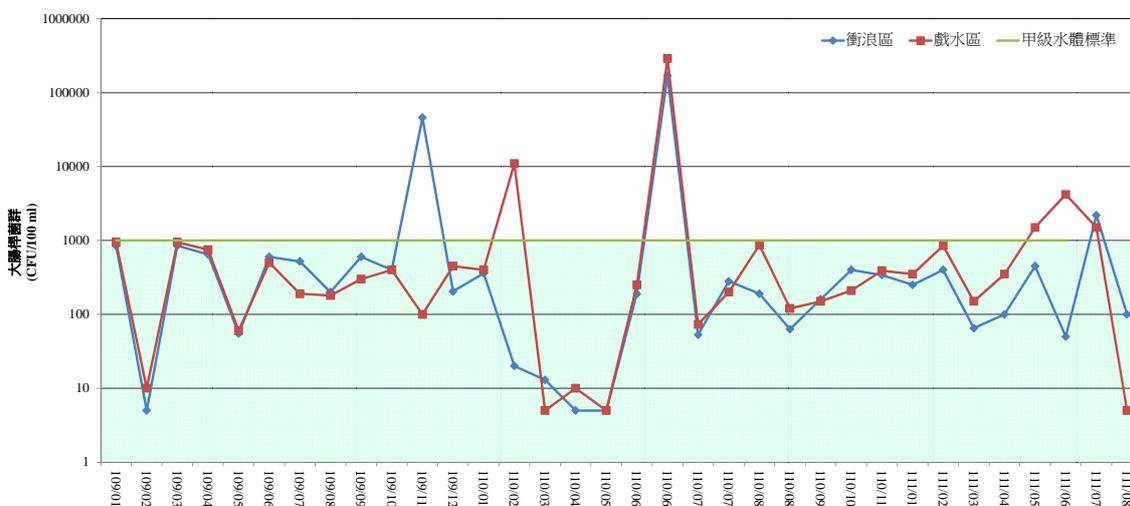


圖 3.1-2、大安濱海樂園大腸桿菌群水質監測結果

## 二、大安濱海樂園鄰近洋流分析

環保署曾於 94~97 年間，針對全台十處海灘包括福隆、新金山、崎頂、通宵、大安、馬沙溝、西子灣、旗津、杉原及墾丁跳石之鄰近海域進行水質變異調查探討(牟等,2009)，當時大安海水浴場之水體品質已為十處海灘中較差者(不符合甲類水體比率達 67.6%)，尤其於退潮時段更為明顯，且該文獻進一步指出大安海水浴場水質於降雨過後為最差之情形。大安海水浴場南方臨近海域有頂店第二大排-北汕溪、溫寮溪匯入，北方臨近海域則有五甲漁港南側河域、大安溪匯入；夏季盛行海流為北北東-南南東流向(圖 3.1-3)，以致南方鄰近海域污染團順勢帶入大安海水浴場，係為造成不符合甲類比率偏高之主要因素。

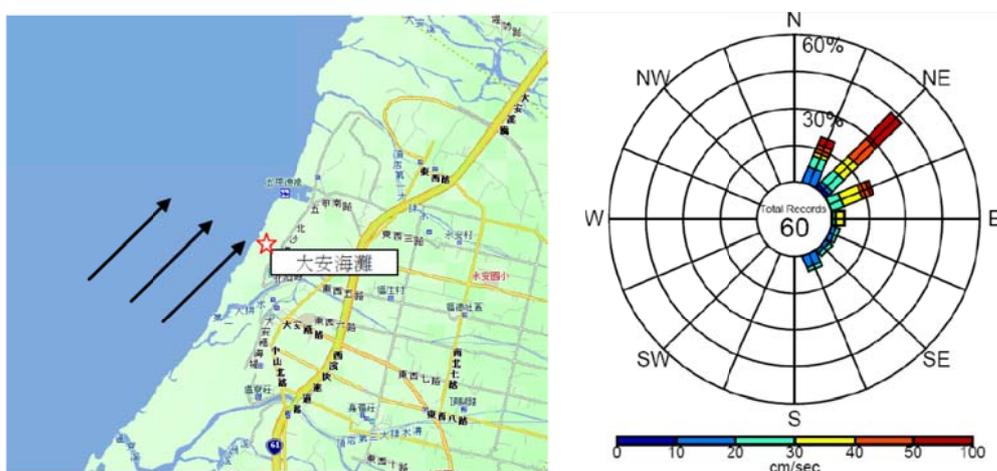


圖 3.1-3、大安海水浴場夏季洋流流向與海況分析

大安海水浴場最鄰近之水域即為北汕溪，其挾帶多個行政區及支流之廢(污)水匯入大安海域。洪氏(2016)曾同步採用 MIKE 21 水動力及風波模式，以及水質生態大腸桿菌模組，探討大安海水浴場附近海域受波浪、潮流、沿岸流及溪流排放，其流場對於水質生態之影響。模擬結果顯示，冬季時洋流係往西南方向流動，而大安海水浴場北側的匯入流域由於護岸堤體之影響，污染團達出海口後多在原處迴流，較不易被往南帶至大安海域(溫等,2015)；反觀夏季季風所引起的東北洋流推送，北汕溪出海口污染團便直接匯入大安海水浴場。透過實際數據模擬，北汕溪出海污染源受海域條件影響，流動至大安海水浴場比例為 15.2%，其結果與海域數值模式推估影響比例為 16.7%相符，說明北汕溪大腸桿菌污染源對於大安海水浴場的直接影響相當明確。

然而，以河道污染物蓄積量而言，在北汕溪更往南側溫寮溪之污染程度雖較高，但

其出海口距離大安海水域場遊憩區塊距離達 2.49 公里，加上海域水量調和以及僅夏季會隨洋流北移之考量下，對於大安海水浴場並非首當其衝。因此，本計畫擬優先針對離大安海水域場衝擊最直接之北汕溪(出海口距大安海水域場約 631 公尺)作為測試河道，進行制菌消毒作業，期於將北汕溪大腸桿菌削減之餘，將其出海口作為大安海水浴場的屏障，以對抗南方河域因夏季洋流北移之污染情事。

### 三、北汕溪水質分析

環保局於北汕溪共設置 3 處監測站，由上游至下游分別為南北八路橋、大安港一號橋、北汕溪出海口，北汕溪出海口於漲潮、退潮時又分別進行水質數據檢驗，彙整 108 年至 111 年 1-5 月水質數據如表 3.1-3，將其導電度與大腸桿菌群分別繪製於圖 3.1-5、圖 3.1-6。由圖 3.1-5 可知，由南北八路橋（上游）至大安港一號橋（下游）時導電度隨之升高，漲潮時因海水倒灌故出海口導電度會上升 2-20 倍左右。由圖 3.1-6 可知，108-110 年間，南北八路橋近三年大腸桿菌群  $P_{50}$  略高於大安港一號橋，至出海口時則又略為上升；以 111 年 1-5 月數據得知，南北八路橋至大安港一號橋為上升趨勢，此河段間主要有 2 家畜牧業排放口位於大安港一號橋旁，至出海口時則又呈下降趨勢。北汕溪出海口逢退潮時因水體污染負荷提高，故大腸桿菌群含量要較漲潮時更為顯著。針對北汕溪大腸桿菌群削減作業時，潮汐的脈動、洋流的遷徙應確實掌握，方能鎖定大腸桿菌群於北汕溪之消長趨勢。

表 3.1-3、北汕溪近 3 年與 111 年 1-9 月大腸桿菌與導電度監測結果

測站名稱	南北八路橋		大安港一號橋		北汕溪出海口（退潮）		北汕溪出海口（漲潮）	
	大腸桿菌群 (CFU/100 mL)	導電度 ( $\mu$ S/cm)						
108-110 年平均	45,251	686	30,896	893	62,027	8,201	22,047	17,466
111 年 1 月	80,000	715	300,000	739	80,000	2,510	2,400	40,700
111 年 2 月	13,000	765	14,000	722	52,000	1,090	7,500	7,940
111 年 3 月	14,000	687	16,000	696	11,000	1,820	8,500	7,760
111 年 4 月	7,500	661	17,000	673	33,000	1,920	30,000	14,300
111 年 5 月	140,000	696	17,000	707	13,000	2,200	13,000	16,000
111 年 6 月	10,000	649	2,400	705	21,000	1,990	2,400	3,000
111 年 7 月	28,000	719	27,000	750	24,000	1,800	1,600	40,600
111 年 8 月	5,900	650	850	647	2,700	1,780	15,000	17,000
111 年 9 月	3,600	630	4,400	642	3,000	1,730	12,000	8,500
111 年 1-9 月平均	33,556	686	44,294	698	26,633	1,871	10,267	17,311

資料來源：臺中市政府環境保護局網站—環境水體監測。



圖 3.1-4、大安海水浴場水域遊憩活動範圍及鄰近水域位置

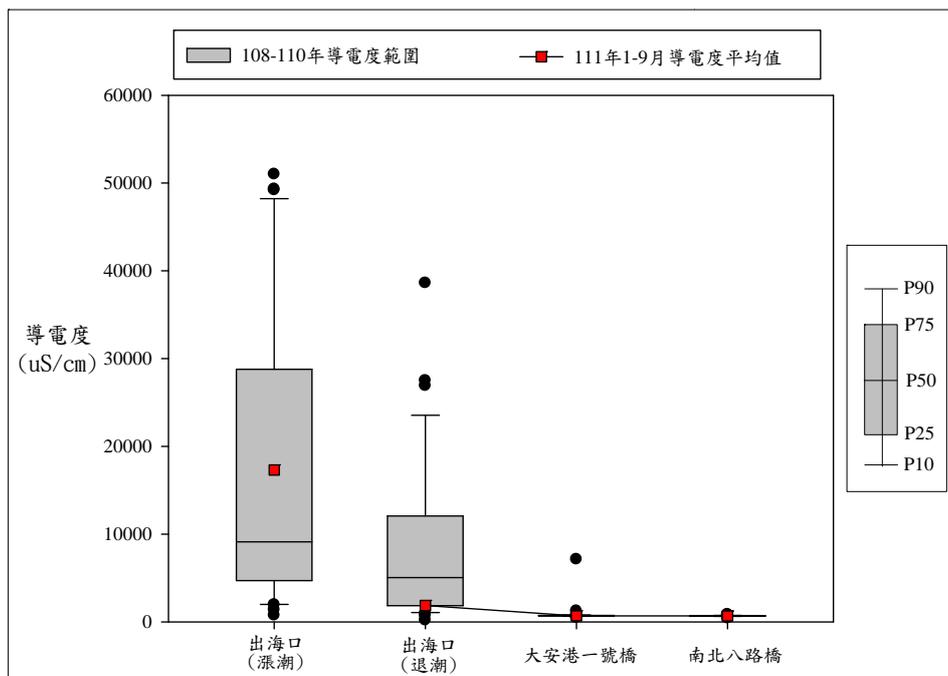


圖 3.1-5、北汕溪近 3 年與 111 年 1-9 月導電度變化趨勢

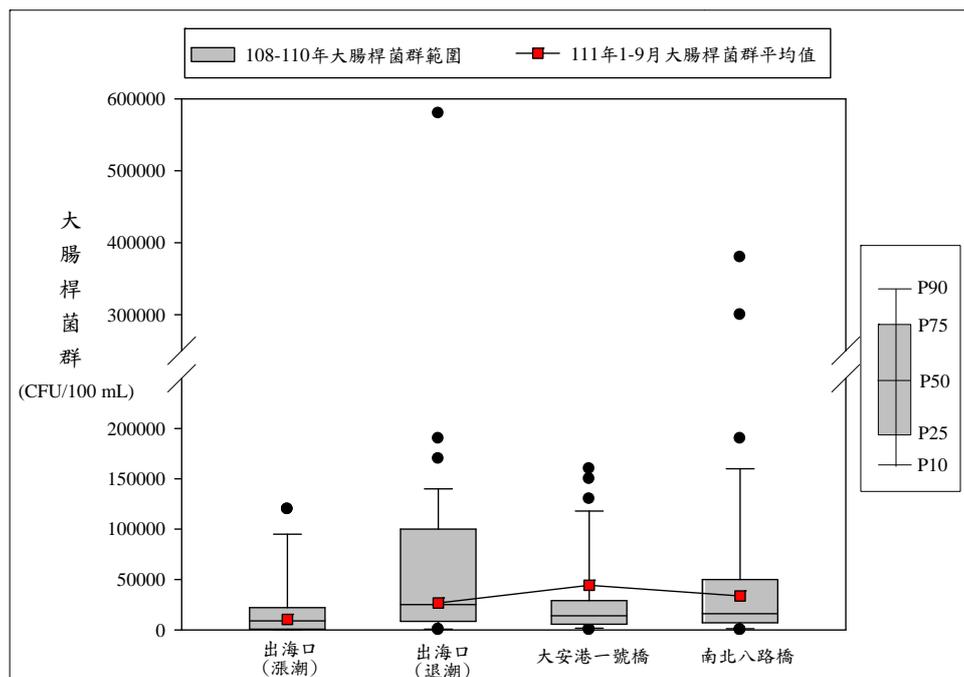


圖 3.1-6、北汕溪近 3 年與 111 年 1-9 月大腸桿菌群變化趨勢

#### 四、小結

經由臺中市風景區管理所監測結果得知，大安濱海樂園歷年以 pH 與大腸桿菌群超標次數較多，其中衝浪區與戲水區近三年超標次數多集中於夏季，依據環保署研究（牟等，2009）指出大安海水浴場水質於降雨過後為最差之情形，配合夏季盛行海流為北北東-南南東流向（圖 3.1-3），以致南方鄰近海域污染團順勢帶入大安海水浴場，係為造成不符合甲類比率偏高之主要因素。而洪氏（2016）曾同步採用 MIKE 21 水動力及風波模式，以及水質生態大腸桿菌模組，探討大安海水浴場附近海域受波浪、潮流、沿岸流及溪流排放，其流場對於水質生態之影響。模擬結果顯示，夏季季風所引起的東北洋流推送，北汕溪出海口污染團便直接匯入大安海水浴場，說明北汕溪大腸桿菌污染源對於大安海水浴場的直接影響相當明確。

透過環保局於北汕溪共設置 3 處監測站之監測結果得知，北汕溪自上游南北八路橋至下游出海口處，其大腸桿菌群多超過甲類水體分類標準，北汕溪退潮時其大腸桿菌群濃度亦高於漲潮時濃度，故將於北汕溪上游至下游 3 處監測站設置序列式水質改善試驗設備，以減少北汕溪流入大安濱海樂園之大腸桿菌群。

章節摘要 .....	1
3.1、大安濱海樂園與北汕溪水質背景關聯性解析 .....	3
圖 3.1-1、大安海水浴場位置 .....	3
表 3.1-1、海域地面水體分類標準 .....	4
表 3.1-2、大安濱海樂園水質監測結果.....	4
圖 3.1-2、大安濱海樂園大腸桿菌群水質監測結果.....	5
圖 3.1-3、大安海水浴場夏季洋流流向與海況分析.....	6
表 3.1-3、北汕溪近 3 年與 111 年 1-9 月大腸桿菌與導電度監測結果.....	7
圖 3.1-4、大安海水浴場水域遊憩活動範圍及鄰近水域位置.....	8
圖 3.1-5、北汕溪近 3 年與 111 年 1-9 月導電度變化趨勢.....	8
圖 3.1-6、北汕溪近 3 年與 111 年 1-9 月大腸桿菌群變化趨勢.....	9