

103-54-7758
MOTC-IOT-102-H2DA001d

102 年港域近岸底床輸沙之 現場觀測研究(1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 103 年 4 月

103-54-7758
MOTC-IOT-102-H2DA001d

102 年港域近岸底床輸沙之 現場觀測研究(1/4)

著 者：林柏青、衛紀淮、何良勝

交通部運輸研究所

中華民國 103 年 4 月

103

102
年港域近岸底床輸沙之現場觀測研究
(1/4)

交通部運輸研究所

GPN : 1010300587

定價 150 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

102 年港域近岸底床輸沙之現場觀測研究.(1/4) /
林柏青, 衛紀淮, 何良勝著. -- 初版. -- 臺北市 : 交
通部運研所, 民 103.04
面 ; 公分
ISBN 978-986-04-1000-6(平裝)

1.海洋動力學 2.河口

351.982

103006865

102 年港域近岸底床輸沙之現場觀測研究(1/4)

著 者：林柏青、衛紀淮、何良勝
出版機關：交通部運輸研究所
地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號
網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)
電 話：(04) 26587190
出版年月：中華民國 103 年 4 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 75 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站
定 價：150 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010300587

ISBN：978-986-04-1000-6 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：102 年港域近岸底床輸沙之現場觀測研究(1/4)			
國際標準書號 ISBN978-986-04-1000-6 (平裝)	政府出版品統一編號 1010300587	運輸研究所出版品編號 103-54-7758	計畫編號 102-H2DA001d
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 總計畫主持人：何良勝 計畫主持人：林柏青 研究人員：衛紀淮、江玟德、陳志弘、林受勳、蔡瑞成 聯絡電話：(04)26587121 傳真號碼：(04)26560661			研究期間 自 102 年 01 月 至 102 年 12 月
關鍵詞：現場調查、河口、漂沙			
摘要： 控制淡水河河口輸沙的主要因素為潮汐、波浪、河川流量、河口地形及懸浮質及底床質特性等。挖子尾沙嘴灘線逐年變動並有持續溯河延伸及外擴的趨勢，砂嘴內凹的淺灘潟湖則趨於淺。臺北港靠近北防坡堤處之淺水區逐年向岸侵蝕，灘線則向海淤積。淡水河靠河口處之粒徑則以中砂為主，河口內左側顆粒較細，右側顆粒較粗，反映主深槽凹岸顆粒較凸岸粒徑為粗。淡水河沙丘存在於底床為中砂粒徑範圍，水流速度則介於 0.5-1.0 m/s，而淡水河口屬低水流流況。臺北港北防波堤北側與淡水河河口南岸延伸沙洲間之淺水袋狀區內會在退潮時於袋狀區內產生逆時針方向渦流，沿著北防波堤將碎波捲起之懸浮沙帶往外海，漲潮則會形成順時針渦流，將漂沙帶往河口，並隨著漲潮流將河口沙源往上游方向推送。淡水挖子尾沙嘴地形演變及河口之河槽斷面有逐漸淤積的演變趨勢，應持續進行定期水深量測及地形監測，並須考慮在兼顧生態及環境保育的條件下，評估進行人工疏濬作業的可行性。 本計畫完成臺北港附近海域的海氣象觀測與漂沙特性分析，可作為決定碎波帶漂沙輸沙量估算之參數依據，已獲得良好之結果。應用上可提供各港務局或學術研究單位於探討近岸輸沙量推算與海岸漂沙數值模擬之參考。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
103 年 4 月	208	150	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: 2013 Field investigation of sediment transport in the shore vicinity of harbors (1/4)			
ISBN 978-986-04-1000-6 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010300587	IOT SERIAL NUMBER 103-54-7758	PROJECT NUMBER 102-H2DA001d
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Yung-fang Chiu PROJECT ADVISOR: Liang-Sheng Ho PRINCIPAL INVESTIGATOR: Po-Ching Lin PROJECT STAFF: Chi-Huai Wei, Wen-Der Jiang, Chih-Hung Chen, Shou-Shiun Lin, Juei-Cheng Tsai PHONE: 04-26587121 FAX: 04-26560661			PROJECT PERIOD FROM January 2013 TO December 2013
KEY WORDS: Field investigation, Estuary, Sediment transport			
ABSTRACT: The sand spit at the Danshui river mouth continuously moves and expands inland, while the enclosed lagoon is toward aggradation. The shallow water near north breakers of Taipei Harbor moves inland while the beach expands seaward. The particle sizes of the subaqueous sand dunes are in the range of medium sand with the current velocity of 0.5 -1.0 m/s. An anticlockwise vortex appears between north breakers and the sand spit during the ebb tide and reverses into clockwise at the flood tide, thus transport suspended sediment seaward or upriver. Since both the sand spit and the river cross-section at the river mouth are on the trend of accretion. Continuous monitoring and surveying of the surrounding bathymetric and coastal morphological evolution should be carried on. Moreover the dredging and training work should be scheduled and performed by meeting the requirement of both environmental and ecological concerns. The current, wave and information of sediment transport near Taipei Harbor were observed and well analyzed. Good consequences have been achieved and results are accessible for any reserch on Taipei Harbor sediment transport simulations.			
DATE OF PUBLICATION April 2014	NUMBER OF PAGES 208	PRICE 150	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目 錄.....	III
表目錄.....	V
圖目錄.....	VI
第一章 緒論.....	1
1.1 計畫緣起與目的.....	1
1.2 計畫重要性.....	3
1.3 研究內容及方法.....	5
第二章 淡水河流域水理資料分析.....	7
2.1 淡水河口地形變遷演變.....	7
2.2 水理資料.....	9
2.2.1 淡水河河川及流量資料.....	9
2.2.2 歷史疏浚記錄.....	16
2.2.3 全潮流量觀測.....	19
2.2.4 颱洪期間水理資料.....	20
2.2.5 輸砂量推估.....	36
2.3 地文資料.....	50
2.3.1 淡水河流域地形概論.....	50
2.3.2 臺灣北部海岸沉積物與粒度分布.....	53
2.3.3 臺灣北部海岸礦物組成與源區.....	54
2.4 海象資料.....	56

2.4.1	潮汐資料.....	56
2.4.2	河口潮流水理特性.....	56
2.4	淡水河口之人文變遷及對河口型態之影響	57
第三章	淡水河口底床質現場調查及分析.....	61
3.1	底質採樣位置.....	61
3.2	底質採樣分析結果.....	65
3.3	河口區底床質之縱向分佈.....	82
3.4	淡水河懸浮質觀測與分析.....	87
第四章	淡水河河口流場斷面觀測分析.....	111
4.1	觀測設備說明.....	112
4.2	流場斷面觀測結果.....	115
第五章	淡水河口波浪及流況調查.....	123
5.1	北堤測站觀測結果與資料分析.....	125
5.2	河口測站觀測結果與資料分析.....	136
第六章	結論與建議.....	154
6.1	結論.....	154
6.2	成果效益及後續應用情形.....	156
參考文獻		157
附錄一	期末報告審查意見處理情形表.....	163
附錄二	期末報告簡報資料.....	165

表目錄

表 1.1	臺灣北部 15 個河口主要營力類型比較.....	3
表 2.1	淡水河歷年工程重要記事.....	11
表 2.2	淡水河流域各控制站各頻率年洪峰流量表.....	13
表 2.3	大漢溪流域各控制站各頻率年洪峰流量表.....	14
表 2.4	基隆河流域各控制站各頻率年洪峰流量表.....	14
表 2.5	新店溪流域各控制站各頻率年洪峰流量表.....	15
表 2.6	淡水河及其支流疏浚歷史.....	17
表 2.7	2000 ~ 2005 年間關渡測站颱風期水理資料	21
表 2.8	不同流況下河口重力循環範圍及 ETM 位置	37
表 2.9	淡水河系測站 2005 年度輸砂資料表.....	39
表 2.10	淡水河流域輸砂量推估(王，2004).....	50
表 2.11	臺北盆地周緣地文因子(林，1989).....	51
表 2.12	淡水河流域及其河口沿岸沉積物所含重礦物百分比 ..	55
表 2.13	颱風期間暴潮偏差分析模式比較表().....	57
表 3.1	2013/04 淡水河底質取樣座標.....	64
表 3.2	2008 淡水河口段採樣點坐標轉換表.....	65
表 4.1	淡水河河口觀測斷面流量.....	122

圖目錄

圖 1.1	淡水河口衛星影像及鄰近區域位置.....	4
圖 2.1	淡水河河床剖面圖.....	15
圖 2.2	淡水河口至關渡附近歷年河道形態.....	16
圖 2.3	關渡橋全潮流量觀測記錄(92/04/17).....	19
圖 2.4	關渡橋全潮流量觀測記錄(94/06/22).....	19
圖 2.5	颱風路徑分類圖.....	23
圖 2.6	91 年 7 月關渡站底床附近懸浮載濃度變化圖	24
圖 2.7(a)	93 年 6 月關渡站底床附近懸浮載濃度變化圖	24
圖 2.7(b)	93 年 7 月關渡站底床附近懸浮載濃度變化圖	25
圖 2.7(c)	93 年 12 月關渡站底床附近懸浮載濃度變化圖	25
圖 2.8	91 年 7 月關渡站水位變化圖.....	26
圖 2.9(a)	93 年 6 月關渡站水位變化圖	27
圖 2.9(b)	93 年 7 月關渡站水位變化圖	27
圖 2.9(c)	93 年 12 月關渡站水位變化圖	28
圖 2.10	土地公鼻水位站潮位變化圖(象神、納莉期間).....	29
圖 2.11	91 年 7 月關渡站流速變化圖.....	30
圖 2.12(a)	93 年 6 月關渡站流速變化圖	30
圖 2.12(b)	93 年 7 月關渡站流速變化圖	31
圖 2.12(c)	93 年 12 月關渡站流速變化圖	31
圖 2.13(a)	97 年 7 月卡玫基颱風前後關渡站流速與水位變化圖	32
圖 2.13(b)	97 年 7 月鳳凰颱風前後關渡站流速與水位變化圖.	33

圖 2.13(c) 97 年 9 月辛樂克颱風前後關渡站流速與水位變化圖	33
圖 2.13(d) 97 年 9 月薔蜜颱風前後關渡站流速與水位變化圖	33
圖 2.14(a) 97 年 7 月卡玫基颱風前後關渡站水位與懸浮濃度變化圖	34
圖 2.14(b) 97 年 7 月鳳凰颱風前後關渡站水位與懸浮濃度變化圖	34
圖 2.14(c) 97 年 9 月辛樂克颱風前後關渡站水位與懸浮濃度變化圖	34
圖 2.14(d) 97 年 9 月薔蜜颱風前後關渡站水位與懸浮濃度變化圖	35
圖 2.15(a) 97 年 7 月卡玫基颱風前後關渡站流速與懸浮濃度變化圖	35
圖 2.15(b) 97 年 7 月鳳凰颱風前後關渡站流速與懸浮濃度變化圖	35
圖 2.15(c) 97 年 9 月辛樂克颱風前後關渡站流速與懸浮濃度變化圖	36
圖 2.15(d) 97 年 9 月薔蜜颱風前後關渡站水位與懸浮濃度變化圖	36
圖 2.16 淡水河流量-懸浮載分析測站位置圖	40
圖 2.17 各站流量超越機率曲線分布圖	41
圖 2.18(a) 三峽站(三峽河)流量-懸浮載濃度關係圖	41
圖 2.18(b) 橫溪站(三峽河)流量-懸浮載濃度關係圖	42
圖 2.18(c) 五堵站(基隆河)流量-懸浮載濃度關係圖	42
圖 2.18(d) 秀朗站(新店溪)流量-懸浮載濃度關係圖	43

圖 2.18(e) 三鶯橋(大漢溪)站流量-懸浮載濃度關係圖	43
圖 2.18(f) 屈尺站(新店溪)流量-懸浮載濃度關係圖.....	44
圖 2.18(g) 寶橋站(景美溪)流量-懸浮載濃度關係圖	44
圖 2.18(h) 上龜山橋(南勢溪)流量-懸浮載濃度關係圖	45
圖 2.19 颱風事件移動路徑與流量-懸浮載濃度關係圖	45
圖 2.20 關渡站流速-水位關係圖	47
圖 2.21 關渡站流速-懸浮載濃度關係圖(非汛期).....	47
圖 2.22 關渡站流速-懸浮載濃度關係圖(颱風期).....	48
圖 2.23 關渡站漲潮流速-懸浮載濃度關係圖(非汛期)	48
圖 2.24 關渡站漲潮流速-懸浮載濃度關係圖(颱風期)	49
圖 2.25 淡水河流域及其河口沿岸沉積物所含重礦物百分比 ..	55
圖 2.26 中華水下考古學會 2009 年現勘淡水河口可能沉船位置之 底床沙丘型態	59
圖 3.1 2013 年度淡水河下游底質採樣點衛星航照圖	62
圖 3.2 2008 年度淡水河本流與基隆河下游底質採樣點衛星航照	62
圖 3.3 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T6x vs. KD-09)....	66
圖 3.4 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T5x vs. KD-10)....	67
圖 3.5 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T3x vs. KD-10)....	67
圖 3.6 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T2x vs. KD-11)....	68
圖 3.7 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T1x vs. KD-11)....	68
圖 3.8 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T0x vs. KD-12)....	69
圖 3.9 2005-2007 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-02)	71
圖 3.10 2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-03)	71
圖 3.11 2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-05)	72

圖 3.12	2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-06)	72
圖 3.13	2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-07)	73
圖 3.14	2005-2007 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-08)	73
圖 3.15	2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-09)	74
圖 3.16	2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-10)	74
圖 3.17	2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-11)	75
圖 3.18	2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-12)	75
圖 3.19	2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-13)	76
圖 3.20	淡水河各年度底床質之 D_{50}	76
圖 3.21	淡水河口沉積區沉積物粒徑分析.....	77
圖 3.22	淡水河口沉積區及河道內沉積物粒徑套疊.....	78
圖 3.23	淡水河床於不同時期沉積物粒徑之比較.....	78
圖 3.24	2013/04 淡水河口底床沉積物粒徑分布	79
圖 3.25	2013/04 淡水河下游河床砂粒之粒徑分布($d>0.145\text{ mm}$)	80
圖 3.26	2013/09 淡水河下游底質採樣點.....	80
圖 3.27	2013/09 淡水河口底床沉積物粒徑分布	81
圖 3.28	2013/09 淡水河下游河床砂粒之粒徑分布($d>0.145\text{ mm}$)	82
圖 3.29	底質採樣分析測點位置示意圖.....	84
圖 3.30	各測點底質採樣粒徑分析結果.....	84
圖 3.31	測點 1 至測點 9 底質採樣之粒徑分佈.....	85
圖 3.32	測點 10 至測點 16 底質採樣之粒徑分佈	86
圖 3.33	懸浮質觀測站測點位置.....	88
圖 3.34(a)	測站 A 水深 1m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	89

圖 3.34(b)	測站 A 水深 2m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	90
圖 3.34(c)	測站 A 水深 3m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	91
圖 3.34(d)	測站 A 水深 4m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	92
圖 3.34(e)	測站 A 水深 5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	93
圖 3.34(f)	測站 A 水深 6m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	94
圖 3.34(g)	測站 A 水深 7m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	95
圖 3.34(h)	測站 A 水深 8m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	96
圖 3.34(i)	測站 A 水深 8.5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	97
圖 3.35(a)	測站 B 水深 1m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	98
圖 3.35(b)	測站 B 水深 2.5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈 ...	99
圖 3.35(c)	測站 B 水深 5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	100
圖 3.35(d)	測站 B 水深 5.5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈 ...	101
圖 3.36(a)	測站 C 水深 1m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	102
圖 3.36(b)	測站 C 水深 2m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	103
圖 3.36(c)	測站 C 水深 3m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	104
圖 3.36(d)	測站 C 水深 4m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	105
圖 3.36(e)	測站 C 水深 5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	106
圖 3.36(f)	測站 C 水深 6m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈	107
圖 3.36(g)	測站 C 水深 6.5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈 ...	108
圖 3.37	各測站之 D_{50} 水深變化.....	109
圖 3.38	各測站之 D_{max} 水深變化.....	109
圖 3.39	各測站之 SS 水深變化	110
圖 4.1	淡水河河口附近流場觀測斷面位置.....	111
圖 4.2	RiverRay ADCP 在淡水河口量測現況.....	112

圖 4.3	ADCP 量測粒子速度示意圖	113
圖 4.4	2013/9/25 量測時淡水河潮位站之潮位	116
圖 4.5	2013/9/26 量測時淡水河潮位站之潮位	116
圖 4.6	斷面 KD-8A 之退潮流場特性.....	117
圖 4.7	斷面 KD-10 之退潮流場特性.....	118
圖 4.8	斷面 KD-11 之退潮流場特性.....	118
圖 4.9	斷面 KD-12 之退潮流場特性.....	119
圖 4.10	斷面 KD-13 之退潮流場特性.....	119
圖 4.11	斷面 KD-8A 之漲潮流場特性.....	120
圖 4.12	斷面 KD-11 之漲潮流場特性.....	120
圖 4.13	斷面 KD-12 之漲潮流場特性.....	121
圖 5.1	淡水河河口及臺北港北堤觀測站位置.....	123
圖 5.2	淡水河河口觀測站水面燈標.....	124
圖 5.3	臺北港北堤近岸觀測站.....	124
圖 5.4	臺北港北堤袋狀區內波濤洶湧.....	126
圖 5.5	北堤袋形淤沙區等高線圖.....	127
圖 5.6	北堤袋形淤沙區立體示意圖.....	127
圖 5.7	北堤測站施工作業情形.....	128
圖 5.8	北堤測站儀器配置圖	128
圖 5.9	102 年 9 月臺北港外海觀測樁之風速資料.....	129
圖 5.10	102 年 9 月臺北港外海觀測樁之風向資料.....	129
圖 5.11	102 年 9 月臺北港外海觀測樁之風向分佈圖	130
圖 5.12	102 年 9 月臺北港外海觀測樁之波高資料.....	130
圖 5.13	102 年 9 月臺北港外海觀測樁之波浪週期資料	131

圖 5.14	102 年 9 月臺北港外海觀測樁之波向資料.....	131
圖 5.15	102 年 9 月臺北港外海觀測樁之波向分佈圖	132
圖 5.16	9 月觀測期間北堤測站之水位變化.....	132
圖 5.17	9 月觀測期間外海入射波高.....	133
圖 5.18	9 月觀測期間北堤測站之波高.....	133
圖 5.19	9 月 18 ~ 22 日北堤測站之波向與潮位變化	134
圖 5.20	北堤測站離底 1 米處之流速變化.....	135
圖 5.21	北堤測站離底 1 米處之流向變化.....	135
圖 5.22	北堤測站潮位變化、流向與流速之關係.....	136
圖 5.23	河口測站觀測用儀器	139
圖 5.24	102 年 10 月臺北港外海觀測樁之風速資料	139
圖 5.25	102 年 10 月臺北港外海觀測樁之風向資料	140
圖 5.26	102 年 10 月臺北港外海觀測樁之風向分佈圖	140
圖 5.27	102 年 10 月臺北港外海觀測樁之波高資料	141
圖 5.28	102 年 10 月臺北港外海觀測樁之波浪週期	141
圖 5.29	102 年 10 月臺北港外海觀測樁之波向變化	142
圖 5.30	102 年 10 月臺北港外海觀測樁之波向分佈	142
圖 5.31	102 年 10 月 2~10 日之外海波高資料	143
圖 5.32	102 年 10 月 2~10 日河口之波高資料	143
圖 5.33	102 年 10 月 2~10 日河口之波浪週期	144
圖 5.34	102 年 10 月 2~10 日河口之波向變化	144
圖 5.35	102 年 10 月 4~6 日河口之潮位與波向關係	145
圖 5.36	102 年 10 月 2~8 日河口之潮位變化	146
圖 5.37	河口剖面流(a)、不同流層之流速(b)與對應潮位(c).....	147

圖 5.38	河口剖面流(a)、不同流層之流向(b)與對應潮位(c).....	148
圖 5.39	中度颱風菲特由臺灣北部海面掠過.....	149
圖 5.40	河口測站對應潮位、剖面流與不同流層之流速變化 ..	150
圖 5.41	河口測站對應潮位、剖面流與不同流層之流向變化 ..	151
圖 5.42	淡水河河口平日流況示意圖.....	152
圖 5.43	淡水河河口洪流時流況示意圖.....	153

第一章 緒論

主導海岸變化的沿岸及向-離岸輸沙其基礎理論尚未完全清楚，主要是因為我們對於沙粒傳輸機制並非完全瞭解，就算是簡單的單向流情況，儘管百年來有許多學者不斷投入研究，並提出河川輸沙量的推算公式，但其結果仍有相當大的差異。有些機制可能會影響河川輸沙量，Lane, Carlson, and Manson (1949)指出當水溫下降 10°F 時河川懸浮載增加約 33%，由於缺乏更多的數據驗證，縱然水溫在一年內可能變化很大，仍未能將溫度列入一般輸沙機制的考量內。影響海岸輸沙的機制則更為複雜，包括波浪、近岸流、風、碎波效應、碎波帶紊流、底床、地形與顆粒特性等等。

1.1 計畫緣起與目的

臺灣西部海岸在地殼運動上是屬於上升海岸，於十七世紀初葉，臺南、崗山一帶曾有優良港灣，可泊大型帆船，近海貿易興盛。後來因河川輸沙量豐富，沿岸漂沙淤積，產生許多沙洲，沙洲群不斷成長逐漸與岸連接形成感潮湖，經移民開墾後變成海埔新生地。至二十世紀，因工商業發展及人口成長，河川上游興建水庫或攔沙壩，大量減少由河口出海之沙源，加上沿岸諸多工商、漁港，大型突堤完全阻斷沿岸漂沙的平衡傳遞，造成海岸侵蝕或淤積現象。

臺北港位於淡水河口南岸，其北防波堤向外海延伸約千餘公尺，已產生明顯突堤效應阻擋沿岸輸砂，使防波堤北側呈現淤積現象，而防波堤南側近岸地區則呈侵蝕現象。臺北港建設工程仍持續進行中，為瞭解並掌握臺北港工程對近岸海域流場、波浪及地形變遷的影響，有必要對淡水河口及臺北港附近海域進行長期監測，建立該區海域的流況、波浪、漂砂以及地形變遷相關資料，以提供建港單位即時性評估及政府相關防治對策研擬的參考。

河口是河川與海洋交匯之處，河口之流場主要受河川逕流、波浪、潮流、河口地形及鹽度等物理參數所控制。河流之輸砂常在河口處形成三角洲、沙洲、潮汐灘地等堆積形態。當河川輸砂淤積河口，便成為潮流，或沿岸流之搬運作用而形成沿岸漂砂。如河川供砂量豐富，遠大於波浪之輸砂能力則形成河岸三角洲或於沿岸流較緩處形成堆積海岸，反之則成侵蝕海岸。

淡水河是北部第一大河，在石門水庫興建前，從民國十六年至民國三十七年間，淡水河口及八里地區的海岸線呈現向外擴張的現象。故當時的淡水河系提供充分的沈積物來源，使河口地區偏向於淤積作用，致使海岸線向外擴張，自淡水河口至八里段海岸以往有飛砂形成高約 18 公尺，長為 3 公里平行海岸之沙丘(許，2001)。民國五十三年，石門水庫完工後，攔阻大量河源泥沙，使河口地區沈積物的供需失去平衡，致使海岸線開始向內陸退縮。從民國三十七年的航空照片及民國六十七年的像片基本圖比較得知，30 年間八里地區的海岸線普遍退縮達 180 公尺，河口的挖子尾附近最大退縮量則達 320 公尺。民國七十五年，翡翠水庫完工後，攔阻上游更多泥沙，使河口沖淤平衡更加失調。比較民國六十七年的像片基本圖及民國八十一年航空照片發現，八里污水處理廠附近海岸退縮達 150 公尺；挖子尾附近海岸也退縮達 200 公尺。惟八里附近及其西側海岸因有臺北港北防波堤的興建，故海岸線並無退縮現象(洪，2000)。

根據林(1996)對臺灣北部 15 個河口河海主要營力類型比較，可知淡水河屬風浪營力型或風浪、逕流及潮汐三個營力之中混合型。故在河口地形及輸砂機制之分析應考慮風浪、逕流及潮汐之影響。

表 1.1 臺灣北部 15 個河口主要營力類型比較

(林雪美，1996)

主要營力		依平均河海能量分類	依最大河海能量分類
風浪營力型		-	南澳溪、新城溪、蘭陽溪、得子口溪、雙溪、淡水河、南崁溪、老街溪
逕流營力型		新城溪、蘭陽溪、得子口溪、雙溪	-
潮汐營力型		鳳山溪、頭前溪、中港溪、後龍溪、西湖溪	社子溪、鳳山溪、頭前溪、中港溪、後龍溪、大安溪
混合營力型	中混合型	淡水河	-
	低混合型	南澳溪	-
	風浪＋逕流	南崁溪、老街溪	-
	風浪＋潮汐	社子溪、大安溪	-
	逕流＋潮汐	-	西湖溪

為提供淡水河河口波浪、流況、輸沙及臺北港漂沙之防治對策，本研究將在淡水河口及臺北港附近海域持續進行流場、波浪與漂沙觀測並根據既有淡水河河口輸沙資料，即淡水河下游不同時期之輸砂、流量、潮流等資料分析淡水河口及臺北港北堤之河床質特性及地形變化，並探討臺北港興建對淡水河輸砂及排洪之影響。

1.2 計畫重要性

淡水河口在 1960 前為淤積形態；1960 之後在上游築壩阻沙及海岸築堤建港之影響下，河川及海岸之輸沙平衡受人為抽砂干擾而失衡，呈現海岸侵蝕後退之現象。由 2000/9/23 之 SPOT 衛星影像(圖 1.1)可知，近年來在淡水河口南岸興建臺北港北防波堤，因其突出海岸達 1.6 km，幾乎與河口北側之突岬齊平，而造成突堤效應，阻斷沿岸沙源之向南運移，造成臺北港南側防波堤海岸之侵蝕；並使河源輸沙及沿岸

沙源在河口與北防波堤間沉積。在突堤效應及沿岸沙源之持續運移下，淡水河口通水斷面將趨於淺化。如遇颱風及暴潮的情況，可能導致洪水宣洩困難，造成淡水河沿岸及大臺北地區之水患。另一方面，河口淤砂對於臺北港航道之疏浚及鄰近海岸之長期穩定產生影響，故對淡水河口之輸砂及河口地形之演變應深入分析，持續觀測以尋求解決之對策，防範未然。



圖 1.1 淡水河口衛星影像及鄰近區域位置

(Google 2013 影像)

1.3 研究內容及方法

本研究之研究範圍為淡水河河口及臺北港近岸海域，探討淡水河河口之波浪特性及河口與臺北港北堤間之流場，同時探討河口海岸漂沙與河口地形之演變關係，另外對於淡水河之輸沙來源一併進行現場觀測與分析，而河川水理特性則包含河川流量與輸沙量對底床型態及沙嘴之影響，並考慮洪水及潮流的效應。本計畫進行之步驟包含：(一)現場資料收集：(1)現場觀測並收集不同季節或颱風期間河口與臺北港附近海域之波浪、流場與漂沙資料，(2)收集颱風期間及淡水河長期之流量、輸砂量資料、粒徑、河道淤積情形，(3)於不同季節進行底床質與懸浮質採樣分析以及河床高程與河床型態資料，(4)於不同季節進行海氣象或河川資料的收集與相關性作探討。(二)資料分析與探討：(1)進行淡水河下游水理資料之季節相關性探討，(2)依河口與臺北港附近海域現場收集之波浪、流場與漂沙資料探討河口海域之波浪、流場與漂沙特性，(3)分析河道移動特性及顆粒礦物分析以判定臺北港北堤之淤沙的主要來源。(三)趨勢分析與方案探討：探討颱風期之輸砂量及漂砂對河口地形及淡水河河床型態之影響，及探討臺北港興建對淡水河輸砂及排洪能力之影響。研究成果將有助於瞭解臺北港興建對淡水河輸砂及排洪之影響。

第二章 淡水河流域水理資料分析

2.1 淡水河口地形變遷演變

淡水地區在漢族移民墾拓前，原為原住民凱達格蘭族居住地。1628 年（明崇禎元年）後西班牙人及荷蘭人接續佔領淡水，進行煤與硫磺之貿易。1644（明崇禎 17）年以後，漢人取得荷蘭人之准許，亦開始從事淡水地區的開墾。裨海記遊描述 1697（清康熙 36）年 4 月，郁永河經八里後僱用「艍舦」（小舟）過臺北湖前往北投採硫，形容(康熙臺北湖)的景色為：「由淡水港入，前望兩山夾門（今關渡），水道甚隘，入門，水忽廣，漶為大湖，渺無涯矣」。

因淡水河口位處北臺灣對外一重要據點，清廷領臺後即由安平水師派軍駐於淡水河口的南岸八里坌。1711（清康熙 50）年派駐千總駐紮於八里坌，下設大甲等七塘，1718（清康熙 57）年增設淡水營於淡水河口北岸（即滬尾），南岸八里坌則由千總駐防。清嘉慶年間(1796 後)，八里坌碼頭因為水深變淺，船隻不易停靠，港務遂轉移到對岸滬尾。1808（清嘉慶 13）年興化協左營守備由八里坌移駐滬尾，此時外人視淡水港為全臺最重要的港口。

在 1884 年中法戰爭前夕，臺灣巡撫劉銘傳命人測量淡水河河口水深為滿潮 3 丈 4 尺（7.5 公尺），於是購入商船(戎克船 Junk boat)四艘，舊炮船六艘，載石九千擔（540 噸），橫列河口，破船底沉於河床，以防法船入侵淡水河口。沉船後河道仍深，又購大商船十艘，再沉於河口，將淡水港口封閉，確定『敵船斷難入港』。河中阻絕線由沉船、石塊等構成，水深不及二公尺(Dodd,1888)。此舉使淡水河口加速淤淺，河中並出現大沙洲。1885 年 7 月 18 日因洪水暴漲，水位漫過河堤約 3 公尺，艍舦平原淹水深度達 7 公尺(Dodd,1888；陳，2007)，此一災情慘重可能與淡水河口被堵塞造成回水溢淹有關。日治時代，淡水港因河道泥沙淤積及與基隆港互為消長，航運榮景不再。淡水河河口右岸為淡水第一漁港(滬尾漁港)，因淤塞荒廢，於 1981 年選定淡水河口北

岸之沙崙里石滬角，建築淡水第二漁港，又稱之淡水漁人碼頭，為一多功能遊憩漁港。

臺北國際商港位於淡水河河口南岸，港區用地全以填海造地方式，於 1993 年動工，1998 年完成第一期進度，主要設施為沙石碼頭兩座、工作船渠、防波堤、連外道路與填築新生地 84 公頃等；第二期計畫為三個五年計畫分期施作 (1997-2011 年)，至 2004 年北外堤長 4459 公尺，2005 年底完工後北堤長再延伸 1287 公尺。(臺北港務局，2006)

臺北港建港後近十年來，淡水河口北側海岸變化甚微；而挖子尾延伸至河口南側海岸則變動劇烈，主要因為河源泥砂短少及臺北港北堤所致。林(1989)以 HEC-6 一維模式計算淡水河口斷面之輸砂量，若海相條件不變，則河流輸砂僅影響河口以南海岸之變化。許等(1993)使用人工岬灣理論推估河口及八里海岸之變化，認為淡水第二漁港(漁人碼頭)之興建使河口以南七公里內之海岸嚴重退縮，退縮程度並隨河源泥砂之供應有所增減。羅(1995)以單線模式模擬河口附近海岸線之變化，結果顯示河口以北海岸呈現沖淤動態平衡；河口以南海岸則具後退之趨勢。上述研究係根據臺北港建港前之海岸地形變遷分析，即忽略臺北港之影響。臺北港建港後，北防波堤以北之淡水河口南側已由侵蝕轉為淤積。黃(2006)蒐集並彙整十河局提供之淡水河口南北岸近海底床地形資料(民國 75 年至 94 年)，以及淡水河系歷年河道斷面地形資料(民國 58 年至 94 年)，初步分析河口地形之變動及沿岸侵淤趨勢，結果顯示淡水河口在臺北港未興建前已有淤積產生。由此推測水庫興建後某時間點河流輸砂量曾經增加。

李(1998)認為自 1994 年後，臺北港各期工程之動作及北防波堤的興建可阻擋沿岸漂砂及淡水河之輸砂，繼而評估建港後海岸將由原來之侵蝕型轉為淤積型態，並使河口內側淺灘擴大，河道增長窄縮，河口範圍逐漸外移。邱等(2000)認為臺北港建後在淡水河口內側左岸將因淤積形成沙洲，低潮時可露出水面，且該區域之河床具季節性變化；另外在河口西南之林口發電廠前方海域亦有沙洲形成，顯示有離岸漂砂活動，同樣具季節侵淤變化。魏(2001)根據 Savage 公式及改良之

Bijker 公式計算得到：臺北港建後，全年波浪可推動 164 萬立方公尺之漂砂量，少於淡水河系年平均輸砂量 185 萬立方公尺，故海岸應逐漸淤積。黃(2006)使用動床條件輔以擬三維河口水動力計算模式評估河口輸砂情況，同樣得到河口段淤積之推論。即建港後將使河口以南海岸及其內側左岸呈現淤積趨勢，理由應為波浪營力之削弱，另可由觀測影像判讀得到驗證。

2.2 水理資料

2.2.1 淡水河河川及流量資料

淡水河為臺灣北部最大之河口系統，其河源泥砂更為北部與西部沿岸沉積物主要來源之一，河口段具感潮特性，典型半日潮(一日二次滿潮)使該段水位隨外海潮位變動，水流方向亦隨潮水往復運動並對河口輸砂產生影響。另外為了解人為因素與淡水河床演變之關聯，本計畫整理近五十年來淡水河系之重要工程紀錄如表 2.1 所示。全河系早期輸砂量依北區水資源局估算為每年 963 萬立方公尺，在石門(1964)及翡翠水庫(1987)建後則驟降至每年 185 萬立方公尺(基隆港務局，1997)。

全河系乾季平均日流量為 400 ~ 500 cms，雨季為 800 cms，颱風期間可達 2000 cms 以上，1998 年 10 月 16 日瑞伯颱風來襲之平均日流量更高達 6281 cms。河道各段控制點於不同頻率年之洪峰流量整理如表 2.2 至 2.5。其中，流域整體部份取自民國五十四年「淡水河防洪治本計畫修訂方案」；大漢溪部分取自民國七十五年「大漢溪治理規劃報告」；基隆河部份取自民國九十七年「基隆河整體治理計畫」，但員山仔分洪完工營運後之狀況尚無參考資料；新店溪部份取自民國八十五年「新店溪中上游治理基本計畫」。

早期淡水河在關渡至臺北橋間淤積甚為嚴重，暴雨颱風時期容易抬升洪水位造成沿岸低窪地區之水患。河道淤淺亦使河海水重力循環受到干擾，導致污染物加速沉澱不易被水流攜出加重水質惡化(范，

1996)。近四十年來，淡水河床縱剖面之變化如圖 2.1 所示。1964 至 1981 年間關渡橋上游河段為沖刷狀態，原因為上游築壩阻砂及人為抽砂等(許，2005)影響。河口段中沙洲(淡水居民稱為「浮線」)亦因處於沖刷狀態，遂逐漸朝下游移動縮小並消失，如圖 2.2 所示。1989 年後，河道因全面禁採砂石始由沖刷轉為淤積形態，其中又以 1995 至 1996 年間變化最大，應為賀伯颱風時上洪水將上游集水區大量崩塌泥砂帶至下游所致。

表 2.1 淡水河歷年工程重要記事

年份(民國)	記事
1964(53)	石門水庫啟用營運
1980(69)	淡水第二漁港防波堤興建完成
1987(76)	翡翠水庫啟用營運
1989(78)	淡水河全面禁採砂石
1993(82)	臺北港開工
1994(83)	臺北港突堤興建
1998(87)	臺北港完工
2004(92)	淡水漁人碼頭、淡水客船碼頭及八里客船碼頭啟用(臺北縣府)；大佳、大稻埕、關渡舊碼頭、關渡新建棧橋碼頭及圓山碼頭啟用(臺北市府)
2004(93.06)	基隆河疏浚(南湖大橋-大直橋)
2004(93.09)	大坑溪疏浚(四分溪-內溝溪)
2005(94.05)	基隆河員山瓶頸斷改善工程(大佳段河道疏浚)
2005(94.05-06)	基隆河疏浚及河岸修築工程(大坑溪匯流口至北安抽水站，兒童育樂中心水管橋至淡水河匯流口河道疏浚)
2005(94.11)	內溝溪下游段河道疏浚工
2005(94.12-95.02)	基隆河疏浚及河岸修築工程(雙溪河口疏浚及防潮堤保護，關渡河口及大坑溪下游河道段疏浚)
2006(95.05-08)	基隆河東、西區河川設施預約維護搶修工程
2006(95.11)	內溝溪、四分溪及大坑溪河道整理工程
2007(96.02)	基隆河疏浚工程(關渡匯流口段至大坑溪匯流口段)
2007(96.03-05)	北區水利建造物預約維護檢修工程

2007(96.03)	八里-淡水之間航道疏浚
2007(96.05)	景美溪河道清疏工程(一壽橋至萬壽橋)

表 2.2 淡水河流域各控制站各頻率年洪峰流量表

(摘自民國五十四年「淡水河防洪治本計畫修訂方案」)

方法 \ 頻率(年) 控制站		50	100	200	500	備註
周文德氏法	大嵙崁溪石門	8000	9100	10300	12000	流入量
	大嵙崁溪江子翠	9000	10100	11100	12700	
	新店溪屈尺	6800	7800	8400	9500	
	新店溪景美下	9200	10100	11000	12400	
	淡水河臺北橋	18000	20500	23200	26900	
	基隆河五堵	2100	2400	2600	3000	
	基隆河溪洲底	2000	2250	2500	2900	
	淡水河關渡下	19400	22500	24800	28900	
Beard氏法	大嵙崁溪石門	8500	9800	11000	1300	流入量
	新店溪屈尺	6900	7700	8600	9700	
	淡水河臺北橋	20000	25000	29000	35000	
	基隆河五堵	2200	2550	2900	3400	
平均值	大嵙崁溪石門	8250	9450	10650	12500	流入量
	新店溪屈尺	6850	7750	8500	9600	
	淡水河臺北橋	19000	22750	26100	30950	
	基隆河五堵	2150	2450	2750	3200	
採用數	大嵙崁溪江子翠	10000	11000	13200	14800	石門水庫完工後之流出量
	新店溪萬華上	9000	9800	10300	11600	
	淡水河臺北橋	19000	20800	23500	26000	
	基隆河溪洲底	2000	2300	2600	3000	
	淡水河關渡下	20000	23000	25000	28000	

表 2.3 大漢溪流域各控制站各頻率年洪峰流量表

(摘自民國七十五年「大漢溪治理規劃報告」)

控制站	洪 峰 流 量 (cms)						
	2 年	5 年	10 年	20 年	50 年	100 年	200 年
大漢溪出口	2300	4600	6500	8100	10400	11500	13800
三峽河匯流點	1900	3800	5400	6800	8700	9600	11500
永福溪匯流點	1700	3500	4900	6100	8700	3500	10400

表 2.4 基隆河流域各控制站各頻率年洪峰流量表

(摘自民國九十七年「基隆河整體治理計畫」)

控制站	洪 峰 流 量 (cms)						
	2 年	5 年	10 年	20 年	50 年	100 年	200 年
關渡	1560	2310	2770	3180	3600	3910	4180
中山橋	1210	1780	2120	2400	2760	3000	3200
社後	1040	1580	1910	2180	2520	2750	2940
過港	960	1480	1810	2080	2400	2640	2820
保長坑溪合流前	906	1420	1740	2010	2330	2560	2740
五堵	830	1330	1650	1910	2220	2450	2630
暖暖	614	976	1200	1390	1620	1780	1920
深澳	448	705	862	992	1160	1260	1380
員山子	360	560	680	780	910	990	1090

表 2.5 新店河流域各控制站各頻率年洪峰流量表

(摘自民國八十五年「新店溪中上游治理基本計劃」)

控制站	洪 峰 流 量 (cms)						
	2 年	5 年	10 年	20 年	50 年	100 年	200 年
大漢溪 合流前 (萬 華)	2600	4700	6200	7500	9300	10200	10800
屈 尺 (與秀朗橋)	2600	4400	5600	7000	8200	9100	9600
北勢溪 合流前	1600	2700	3400	4300	5000	5600	5900
桶後溪 合流前	1200	2000	2600	3200	3800	4200	4400
支 流 北勢溪	1500	2600	3300	4100	4800	5300	5600

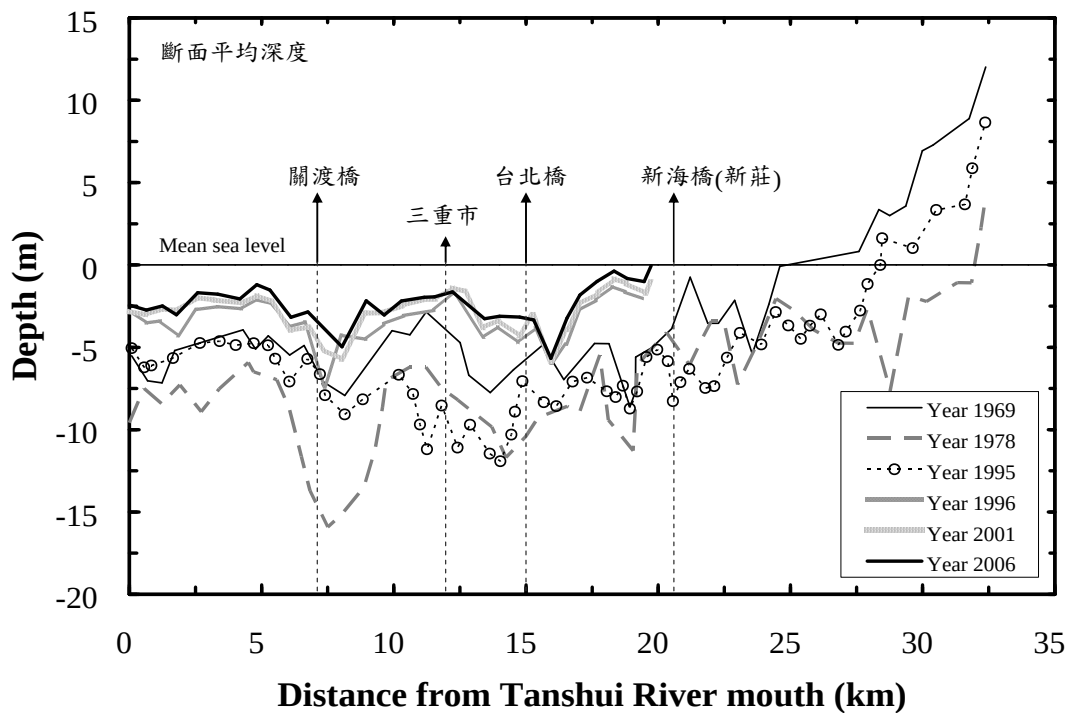


圖 2.1 淡水河河床剖面圖

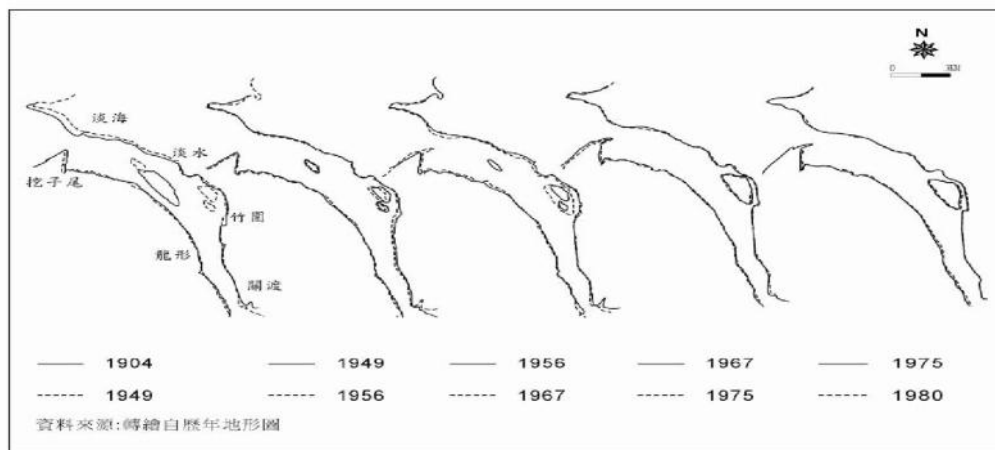


圖 2.2 淡水河口至關渡附近歷年河道形態（張，2002）

2.2.2 歷史疏浚記錄

淡水河自民國七十八年後全面禁止採砂，民國九十二年才因河道淤積開始疏浚，流域本支流疏浚記錄整理如表 2.6。由表可知：歷年疏浚次數以基隆河為最，景美溪、內溝溪等次之，多為配合防洪工程、藍色公路附屬清淤工作及年度河道維護者，疏浚轄區所屬單位多為北市政府。歷年單次最大清淤量為 50 萬立方公尺(南湖大橋至大直橋段)，最低清淤量為 69 立方公尺。淡水河主流部分僅於民國九十三年三月因航運所需實施過一次疏浚(八里部分)。在疏浚總量管制上，水利署亦訂立疏浚規劃量分配管控表，舉民國九十六年為例，淡水河系預估抽砂量為 20.36 萬立方公尺(鬆方)，屬北部四個核定疏浚集水區中最低者(其餘為：蘭陽溪系 230 萬立方公尺；後龍溪系 40 萬立方公尺；石門水庫 50.8 萬立方公尺)。全河系分配抽砂量受上游石門水庫定期抽砂節制，疏浚時段主要以四至十一月之豐水期為主。

表 2.6 淡水河及其支流疏浚歷史

(資料來源：臺北市政府水利處)

日期	工程名稱(疏浚範圍)	河系	疏浚數量 (m ³)	辦理單位
93.06	基隆河疏浚 (南湖大橋-大直橋)	基隆河	500,000	北市府養工處
93.09	大坑溪疏浚 (四分溪-內溝溪)	基隆河	597	北市府養工處
94.05	基隆河員山瓶頸斷改善 工程 (大佳段河道疏浚)	基隆河	114,737	北市府水利處
94.05	基隆河疏浚及河岸修築 工程 (大坑溪匯流口至北安抽水 站)	基隆河	290,000	北市府水利處
94.06	基隆河疏浚及河岸修築 工程 (兒童育樂中心水管橋至 淡水河匯流口河道疏浚)	基隆河	64,380	北市府水利處
94.11	內溝溪下游段河道疏浚 工	內溝溪	18,498	北市府水利處
94.12	基隆河疏浚及河岸修築 工程 (雙溪河口疏浚及防潮提 保護)	雙溪	28,716	北市府水利處
95.02	基隆河疏浚及河岸修築 工程 (關渡河口及大坑溪下游 河道段疏浚)	基隆河	65,447	北市府水利處
95.05	東區河川設施預約維護 搶修工程 (軍人公墓橋至家驊橋)	四分溪	4,120	北市府水利處
95.06	西區河川設施預約維護 搶修工程	磺港溪	227	北市府水利處

日期	工程名稱(疏浚範圍)	河系	疏浚數量 (m ³)	辦理單位
	(三合橋下、延壽橋下大興街口及捷運橋下游50m)			
95.08	西區河川設施預約維護搶修工程	貴子坑溪	390	北市府水利處
95.11	西區河川設施預約維護搶修工程 (石牌橋上下游)	磺溪	4,035	北市府水利處
95.11	內溝溪、四分溪及大坑溪河道整理工程	大坑溪、四分溪及內溝溪	6,788	北市府水利處
96.02	基隆河疏浚工程 (中山橋上游至大坑溪匯流口段)	基隆河	38,216	北市府水利處
96.02	基隆河疏浚工程 (中山橋下游至關渡匯流口段)	基隆河	50,958	北市府水利處
96.03	北區水利建造物預約維護檢修工程 (東華溪至建民橋)	磺溪	200	北市府水利處
96.03	八里-淡水之間航道疏浚	淡水河	-	臺北縣政府
96.04	北區水利建造物預約維護檢修工程 (薇閣國小旁)	磺港溪	150	北市府水利處
96.04	北區水利建造物預約維護檢修工程	水磨坑溪	69	北市府水利處
96.05	北區水利建造物預約維護檢修工程 (華成橋至汐湖橋)	內溝溪	2,871	北市府水利處
96.05	景美溪河道清疏工程 (一壽橋至萬壽橋)	景美溪	11,000	北市府水利處

2.2.3 全潮流量觀測

水利署第十河川局每年於關渡橋進行全潮流量觀測記錄。圖 2.3 為 92 年 4 月 17 日流量觀測記錄(淨入海流量=135.9cms)，潮差 3.11 公尺，斷面最大漲(退)潮流速為每秒 0.72(0.67)公尺，最大漲潮流速略大於最大退潮流速。最大漲(退)潮流量為 2880(2703)cms，最大漲潮流量亦略大於最大退潮流量。

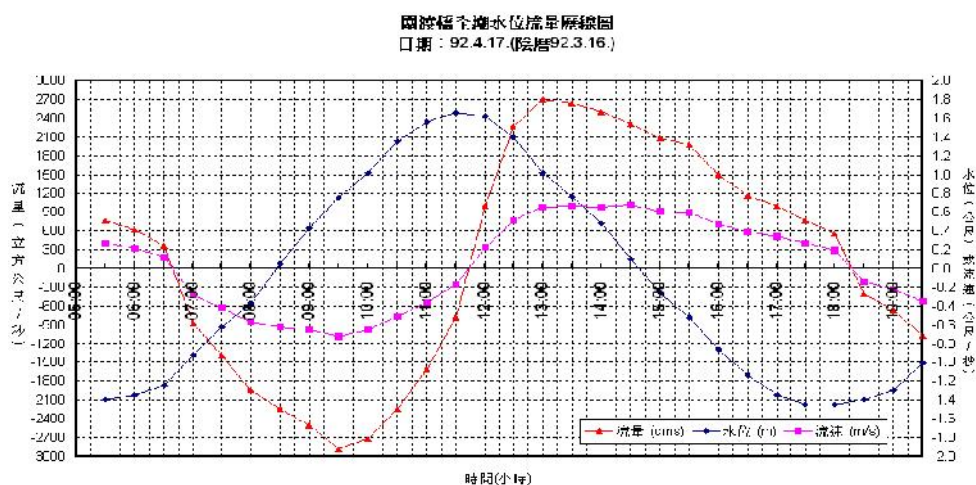


圖 2.3 關渡橋全潮流量觀測記錄(92/04/17)

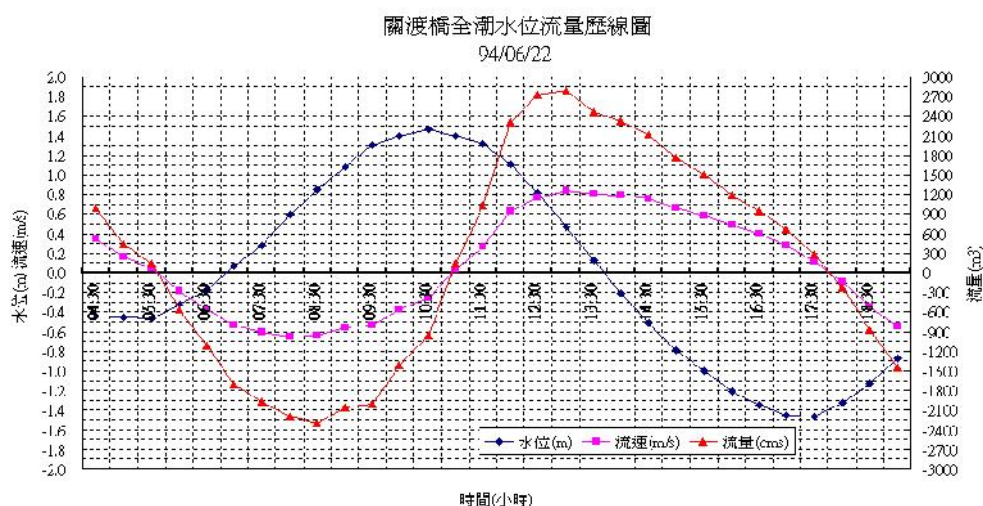


圖 2.4 關渡橋全潮流量觀測記錄(94/06/22)

另一次全潮流量觀測(94/06/22)如圖 2.4。潮差 2.93 公尺，因淨入海流量(286.4cms)較大，故斷面最大漲潮流速每秒 0.65 公尺明顯小於最大退潮流速每秒 0.84 公尺。最大漲(退)潮流量為 2304(2796)cms，得在逕流量增加的情況下，最大漲潮流量小於最大退潮流量。由上圖可知淡水河口之潮汐流量約 2000～3000cms，故當上游流量大於 2000cms時會明顯改變河道內漲退潮位。

2.2.4 颱風期間水理資料

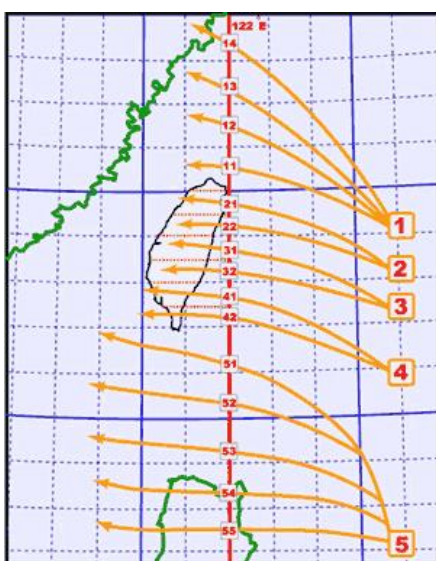
本計畫整理 2000～2005 年間淡水河下游關渡測站於颱風期之水理資料如表 2.7 所示。各颱風詳細侵台路徑如圖 2.5。各項實測數據亦說明如下：

為了解颱風與淡水河水理特性之關聯，本計畫將中央氣象局颱風紀錄表與關渡測站測得之資料進行比對，僅針對颱風期間數據進行分析。圖 2.6 至 2.12 分別說明颱風期間淡水河懸浮載濃度、水位及流速變化。由圖 2.6、2.7 明顯發現每當颱風侵襲後，水體中懸浮載濃度隨即向上攀升，觀測期間甚至高達 14000 ppm；然在一般情況，水中懸浮載濃度大約都在 2000 ppm 以下。造成差異之主要原因為颱風期間強大暴雨及逕流挾帶上游沖刷而下之泥砂引致。

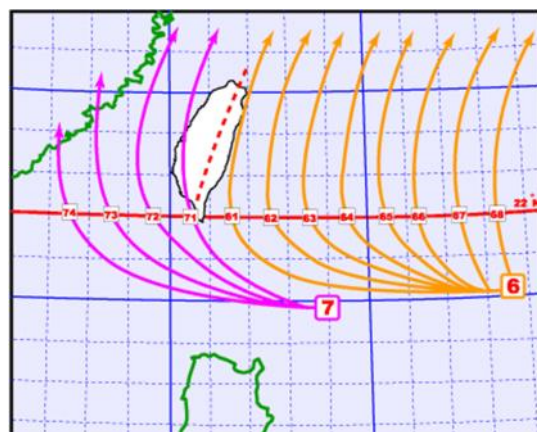
表 2.7 2000 ~ 2005 年間關渡測站颱風期水理資料

年份	名稱	警報期間	最大流速 (cm/s)	最大懸浮 濃度 (ppm)	最高 水位 (m)	侵台路徑分類
2005	海棠 (HAITANG)	07/16~07/20	121.88	N/A	1.19	3(西行，自由過山)
	馬莎 (MATSA)	08/03~08/06	118.75	N/A	1.5	1(西行，北，未過山)
	珊瑚 (SANVU)	08/11~08/13	100	N/A	1.25	-
	泰利 (TALIM)	08/30~09/01	N/A	N/A	N/A	3(西行，分裂過山)
	卡努 (KHANUN)	09/09~09/11	71.88	N/A	1.17	-
	丹瑞 (DAMREY)	09/21~09/23	153.13	5818	1.36	-
	龍王 (LONGWANG)	09/30~10/03	181.25	5182	1.33	3(西行，自由過山)
2004	康森 (CONSON)	06/07~06/09	129.25	1901	1.49	-
	敏督利 (MINDULLE)	06/28~07/03	N/A	2961	1.36	6(北行)
	康柏斯 (KOMPASU)	07/14~07/15	N/A	1679	N/A	-
	蘭寧 (RANANIM)	08/10~08/13	140.30	N/A	1.39	-
	艾利 (AERE)	08/23~08/26	183.31	N/A	1.41	1(西行，北，未過山)
	海馬 (HAIMA)	09/11~09/13	N/A	N/A	N/A	6(北行)
	米雷 (MEARI)	09/26~09/27	N/A	N/A	N/A	-
	納坦 (NOCK-TEN)	10/23~10/26	N/A	N/A	N/A	6(北行)

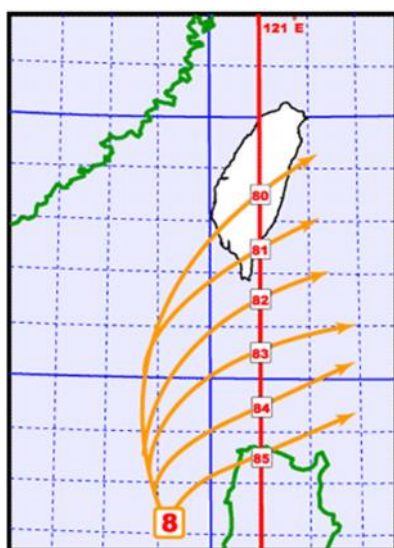
	南瑪都 (NANMADOL)	12/03~12/04	N/A	14252	0.97	9(南海生成)
2003	莫拉克 (MORAKOT)	08/02~08/04	N/A	N/A	1.32	4(西行，自由過山)
	梵高 (VAMCO)	08/19~08/20	N/A	N/A	0.89	1(西行，北，未過山)
	柯羅旺 (KROVANH)	08/22~08/23	101.36	N/A	0.98	5(西行，南，未過山)
	杜鵑 (DUJUAN)	08/31~09/02	138.26	N/A	1.45	5(西行，南，未過山)
	米勒 (MELOR)	11/02~11/03	N/A	N/A	1.21	8(東北轉向)
	雷馬遜 (RAMMASUN)	07/02~07/04	N/A	5301	1.32	6(北行)
2002	娜克莉 (NAKRI)	07/09~07/10	N/A	5296	1.52	9(南海生成)
	辛樂克 (SINLAKU)	09/04~09/08	N/A	N/A	1.88	1(西行，北，未過山)
2001	納莉 (NARI)	09/13~09/19	N/A	N/A	2.28	特殊路徑
2000	象神 (XANGSANE)	10/30~11/01	N/A	N/A	2.03	6(北行)



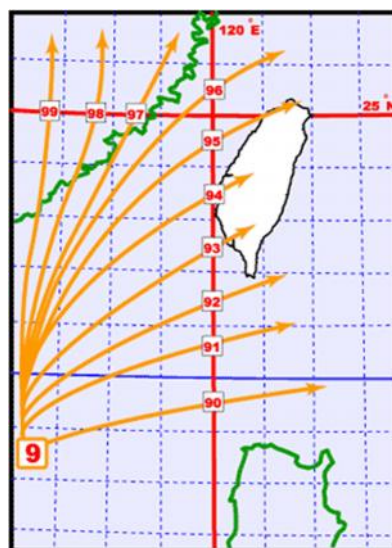
(a).西行類(1-5 類)



(b).北行(6-7 類)



(c).自太平洋西行後東北轉向(8 類)



(d).南海生成移入(9 類)

圖 2.5 颱風路徑分類圖

(摘自中央氣象局全球資訊網)

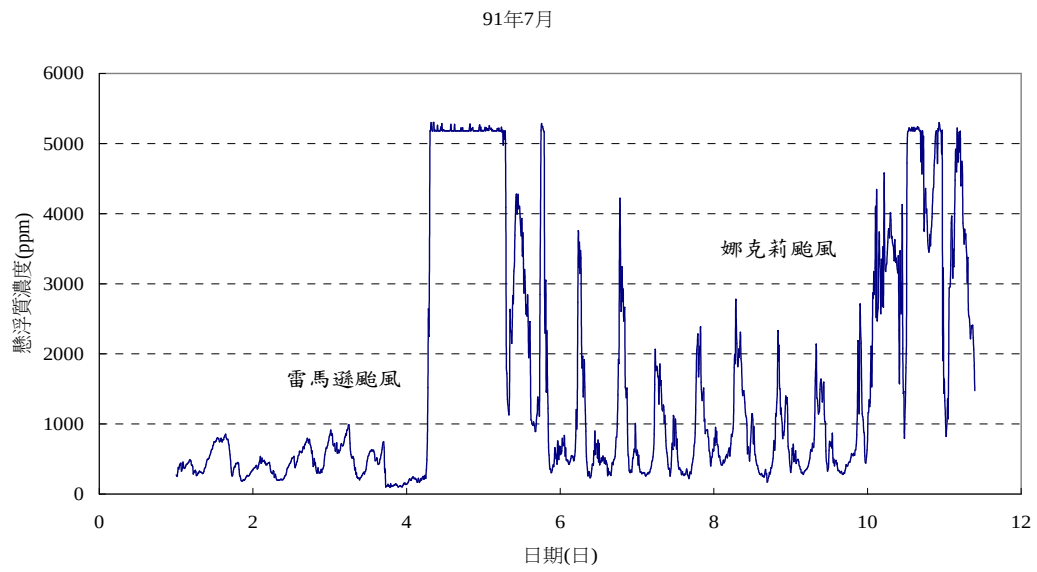


圖 2.6 91 年 7 月關渡站底床附近懸浮載濃度變化圖

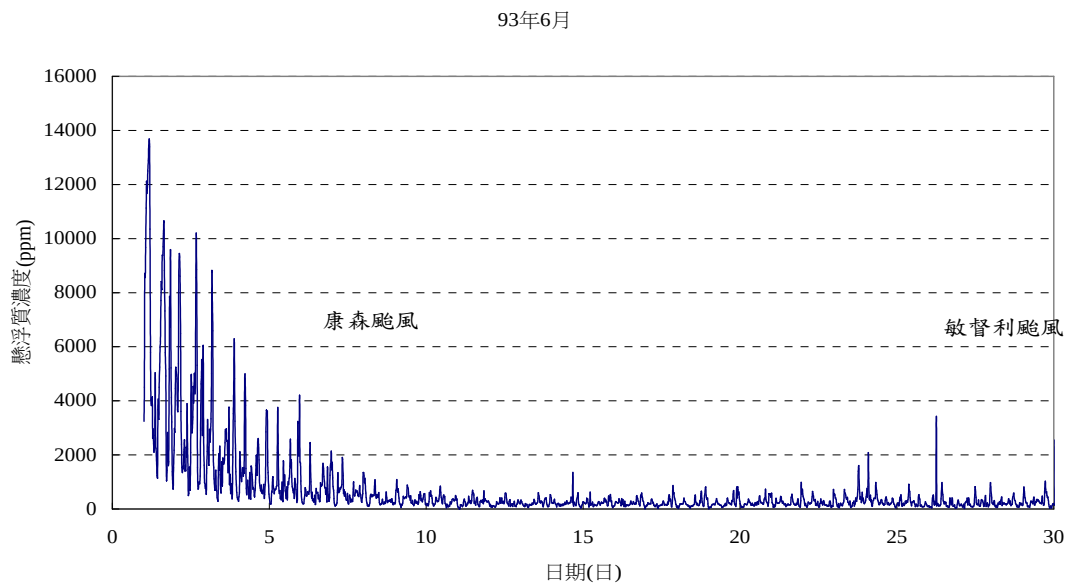


圖 2.7(a) 93 年 6 月關渡站底床附近懸浮載濃度變化圖

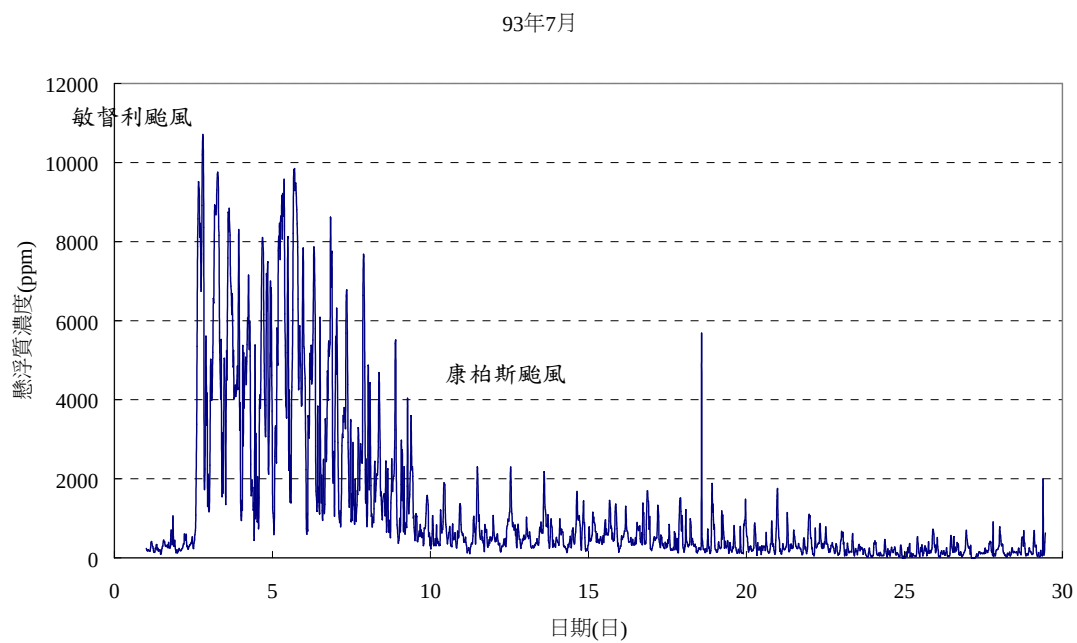


圖 2.7(b) 93 年 7 月關渡站底床附近懸浮載濃度變化圖

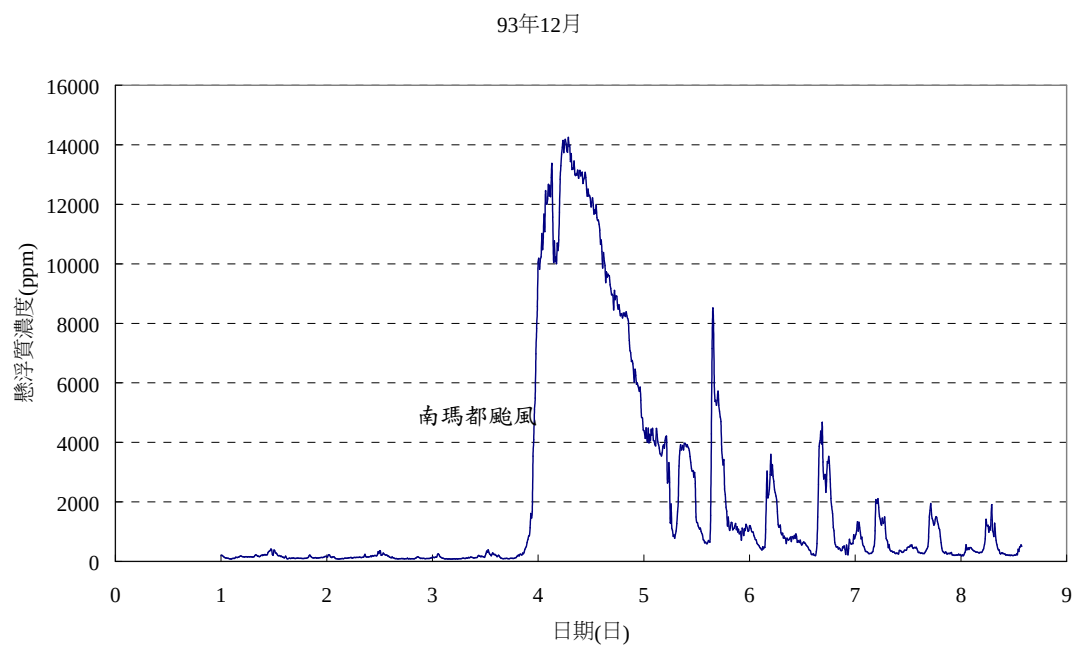


圖 2.7(c) 93 年 12 月關渡站底床附近懸浮載濃度變化圖

另外，圖 2.8、2.9 顯示部份颱風未對水位產生明顯影響，推測原因為颱風規模較小使淡水河系水位仍受制於潮汐呈週期性擺動。

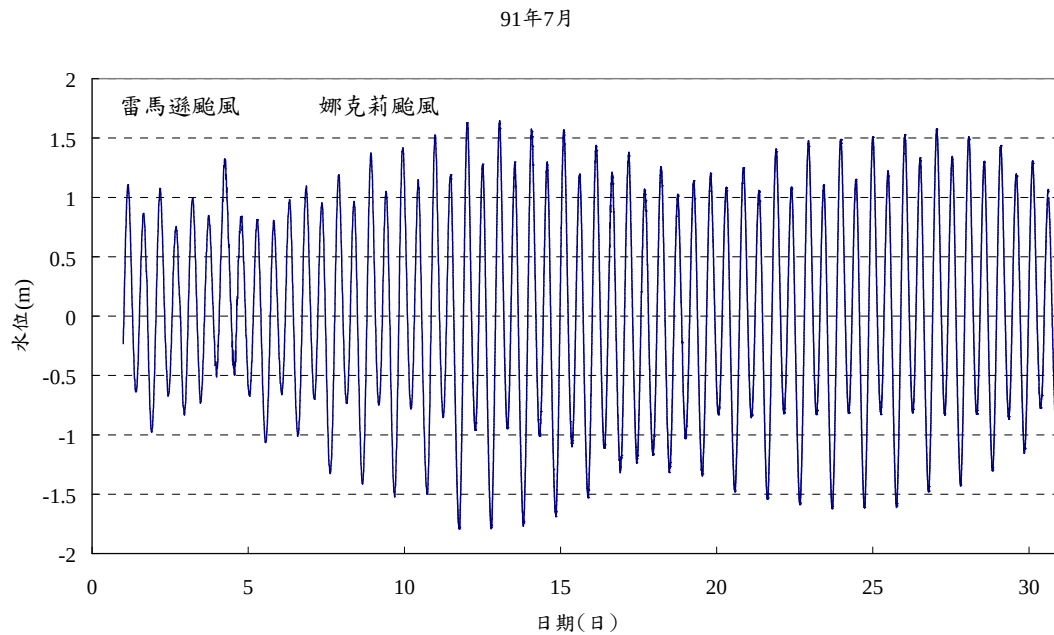


圖 2.8 91 年 7 月關渡站水位變化圖

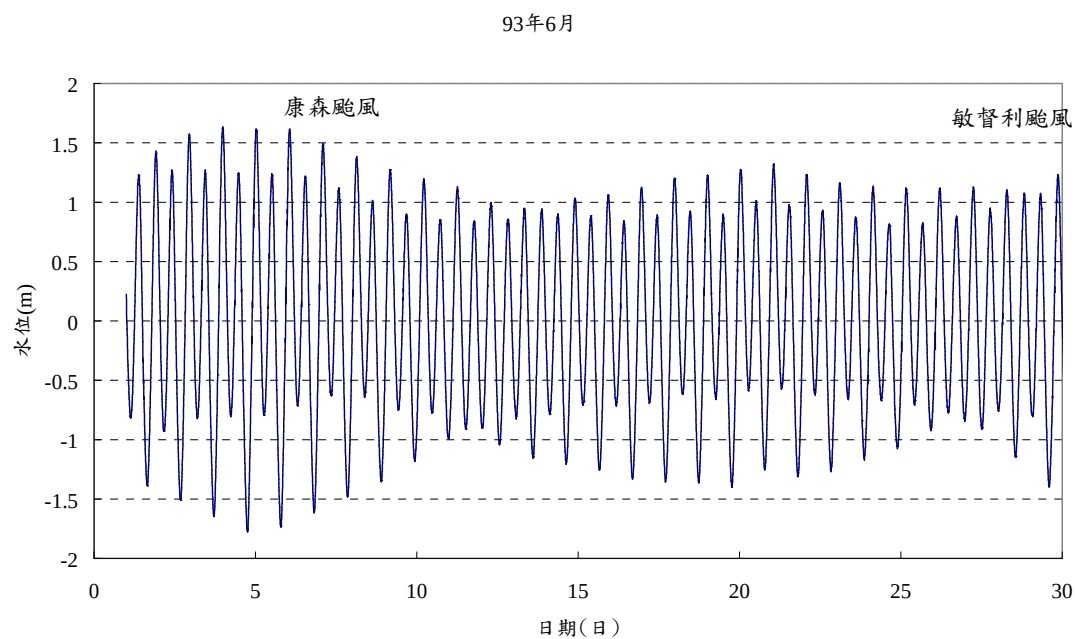


圖 2.9(a) 93 年 6 月關渡站水位變化圖

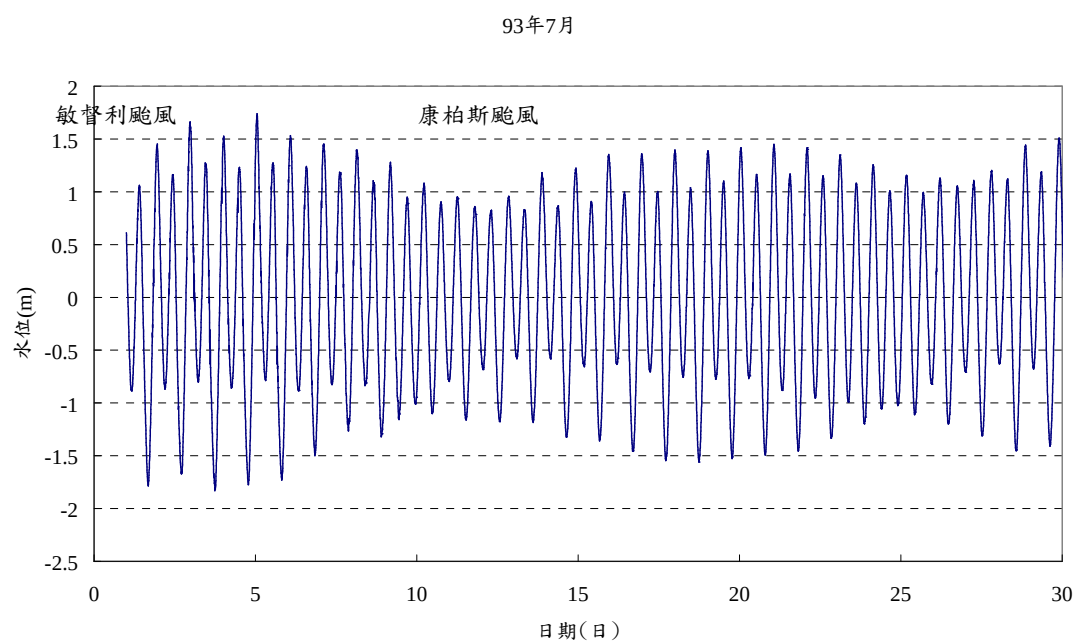


圖 2.9(b) 93 年 7 月關渡站水位變化圖

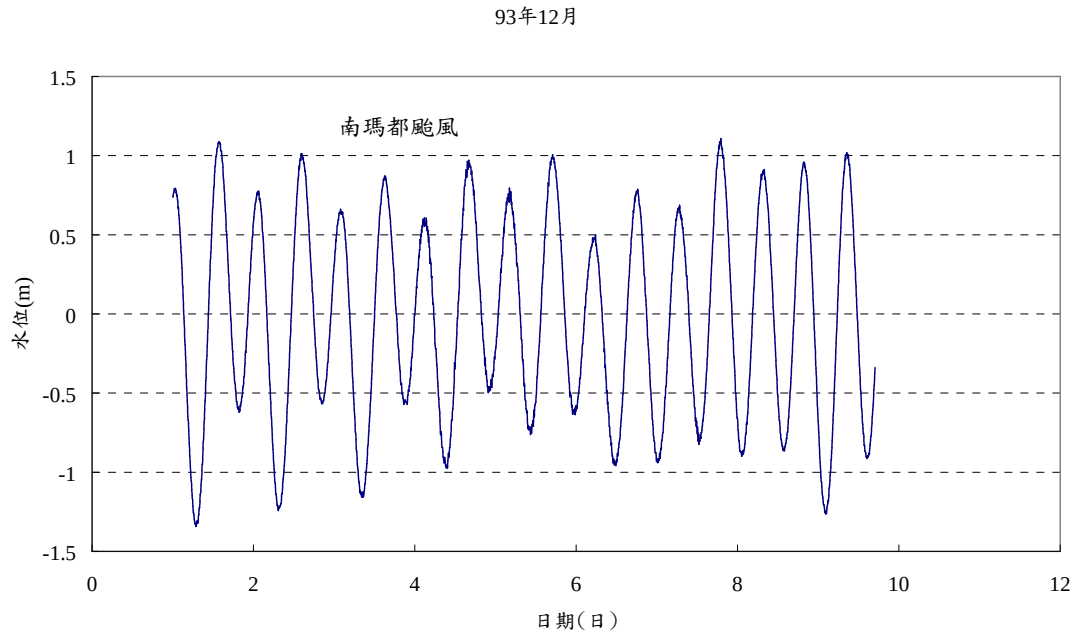


圖 2.9(c) 93 年 12 月關渡站水位變化圖

而為北部帶來強大暴雨及逕流之颱風，如象神(89/10/30 ~ 89/11/1)及納莉(90/09/13 ~ 19)(圖 2.10)，在土地公鼻水位站實測潮位資料中皆可看出：河道內潮位受洪水量暴增及颱風暴潮影響而上升，且有潮差縮小之情形。以象神為例，臨前最大潮差 2.37 公尺，期間最小潮差僅 0.91 公尺，最高水位 2.03 公尺，持續有 44 小時水位高於平均海平面。納莉臨前最大潮差 2.47 公尺，期間最小潮差僅 0.85 公尺，最高水位達 2.28 公尺，亦持續有 47 小時水位高於平均海平面，且連續四次最高潮位均大於 2.2 公尺。推測主要原因為颱風路徑(6)使河口正迎風面生成風浪阻滯水流加以颱風暴潮所致。

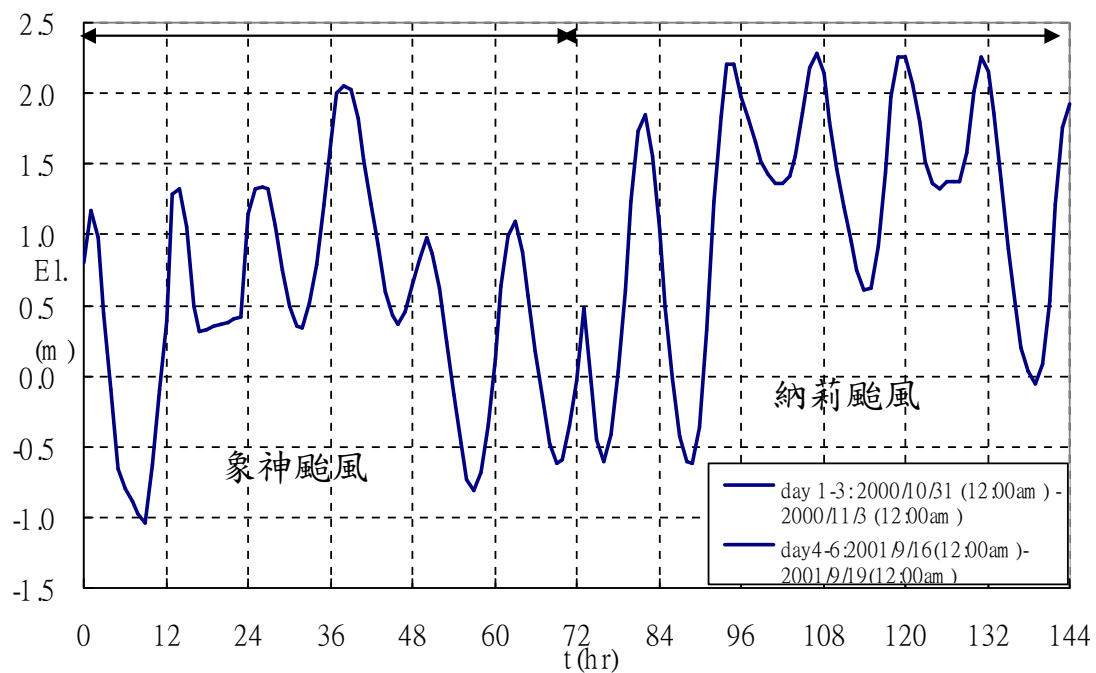


圖 2.10 土地公鼻水位站潮位變化圖(象神、納莉期間)

流速部份則受颱風強度影響顯著，如圖 2.11、2.12 中，輕度及中度颱風對內河道流速影響仍小，還是以潮汐往返流速為主。其中 93 年 12 月南瑪都因行經路徑(9)，其風浪與河川水流交角接近 90 度，阻滯效應較小，所造成沿岸流有助河水宣洩，導致流速在水位並無太大變化的情況下亦產生明顯峰值，而滿足連續方程式於斷面固定情況下流量增加則流速相應增加之情況。

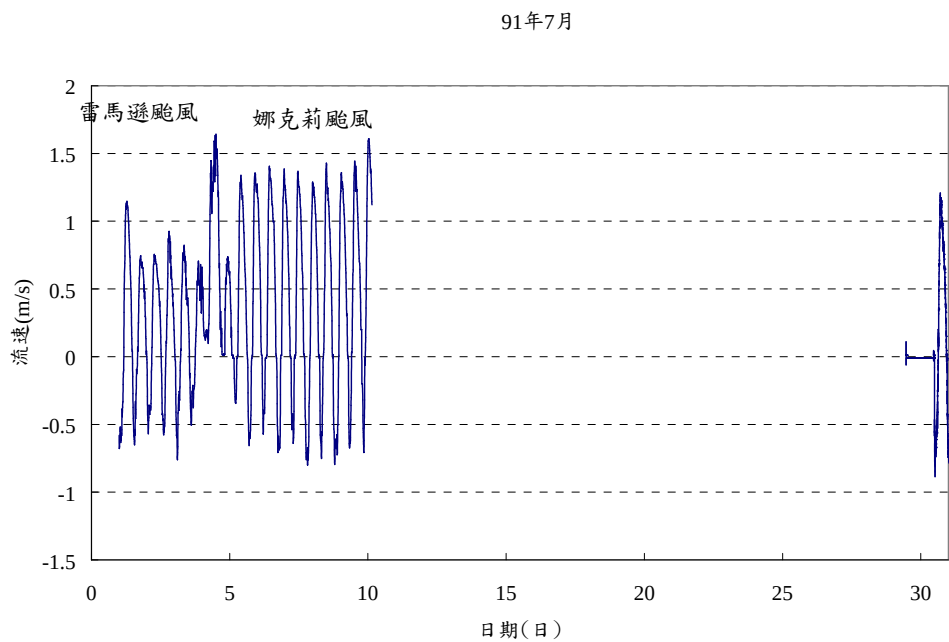


圖 2.11 91 年 7 月關渡站流速變化圖

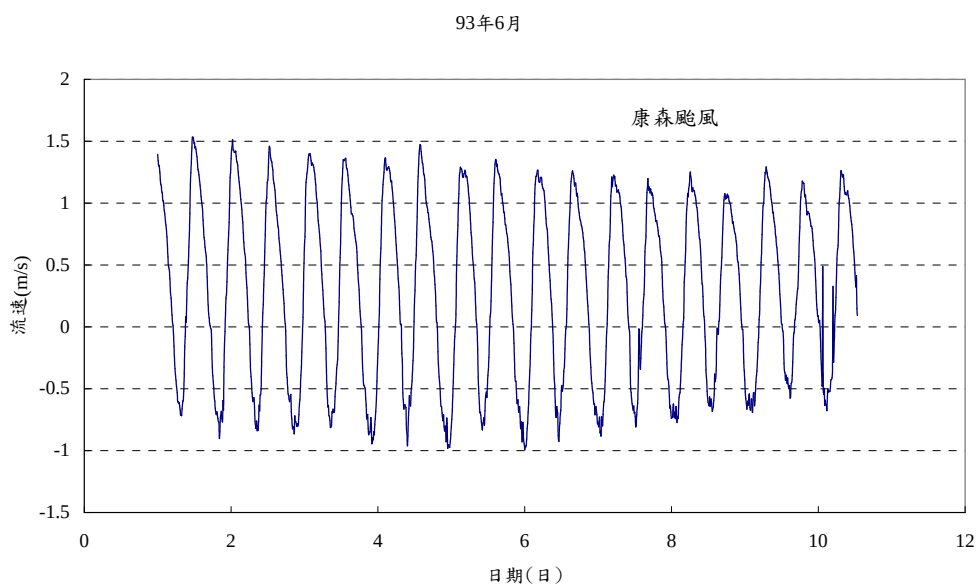


圖 2.12(a) 93 年 6 月關渡站流速變化圖

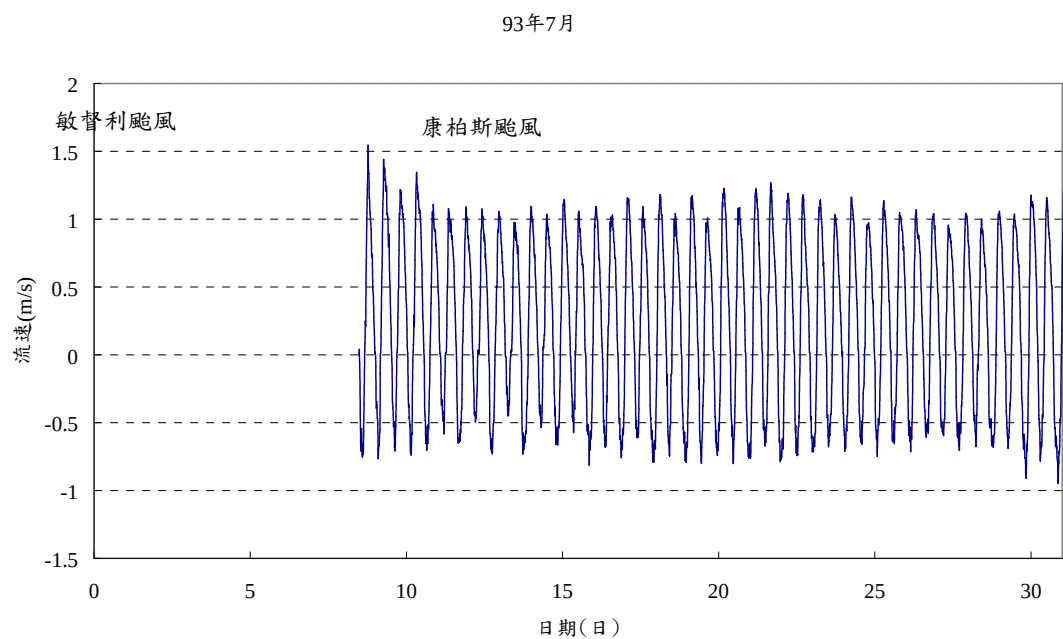


圖 2.12(b) 93 年 7 月關渡站流速變化圖

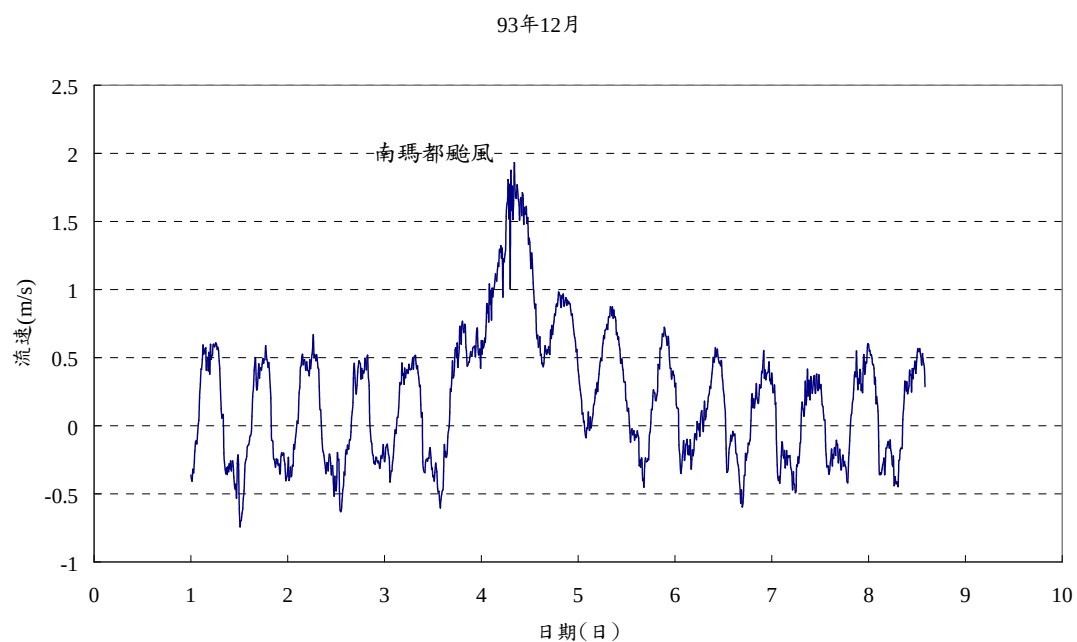


圖 2.12(c) 93 年 12 月關渡站流速變化圖

另外，圖 2.13 ~ 2.15 分別顯示卡玫基(97/07/17 ~ 18，中度颱風)、鳳凰(97/07/27 ~ 29，中度颱風)、辛樂克(97/09/12 ~ 15，強烈颱風)、薔蜜(97/09/27 ~ 29，強烈颱風)等颱風侵襲前後淡水河關渡站之流量、水位與懸浮濃度變化關係。由圖 2.13 中可看出：除卡玫基由於路徑偏南故河水流速與颱風無明顯相關外，其餘三次水文事件中洪流速度均在颱風登陸後隨即升高，改變原有潮流速度大小(約 100cm/s)並使分布落於正值(向海)。卡玫基與辛樂克颱風則由於行經特殊路徑於南太平洋逗留時間較久，故侵台後外圍環流水氣依舊旺盛，加以西南氣流之引進，在颱風離陸後持續降雨使逕流增加。然水位僅在強烈颱風時有明顯之暴潮偏差。

懸浮濃度之變化反映在颱風登陸後之高強度暴雨對集水區產生沖蝕而造成河川含沙濃度增加上，其峰值可達 3.0g/L 以上，高於平常值 300 倍以上。故淡水河感潮段受颱風暴潮影響顯著，且以西行類(路徑 1、2)及北行類(路徑 6)颱風對淡水河之輸砂有明顯之影響。

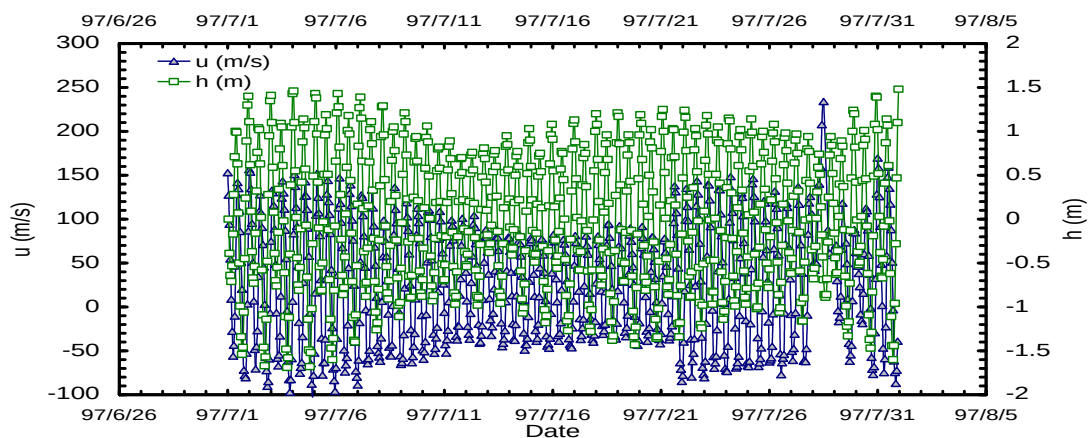


圖 2.13(a) 97 年 7 月卡玫基颱風前後關渡站流速與水位變化圖

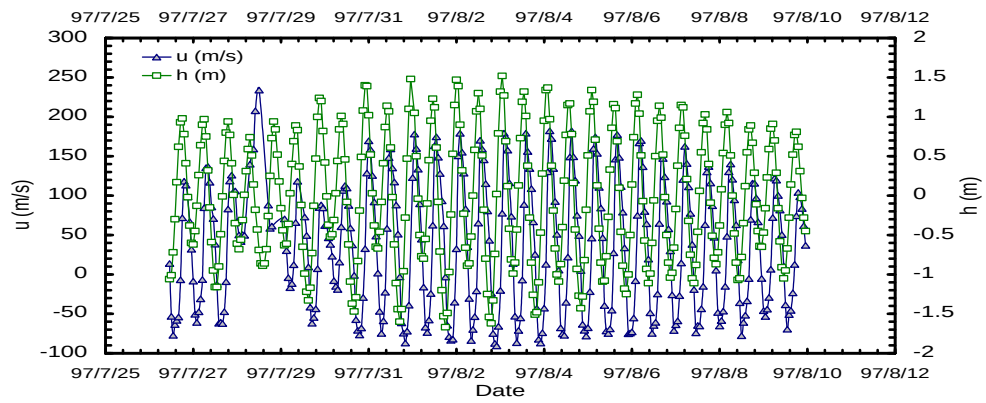


圖 2.13(b) 97 年 7 月鳳凰颱風前後關渡站流速與水位變化圖

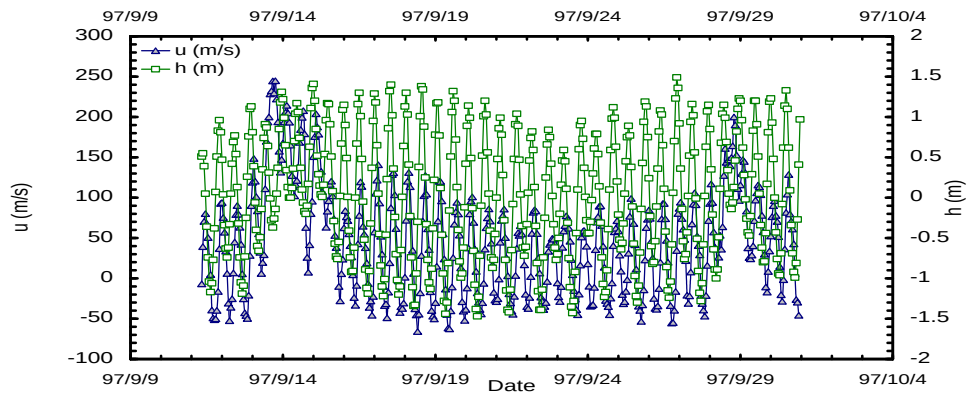


圖 2.13(c) 97 年 9 月辛樂克颱風前後關渡站流速與水位變化圖

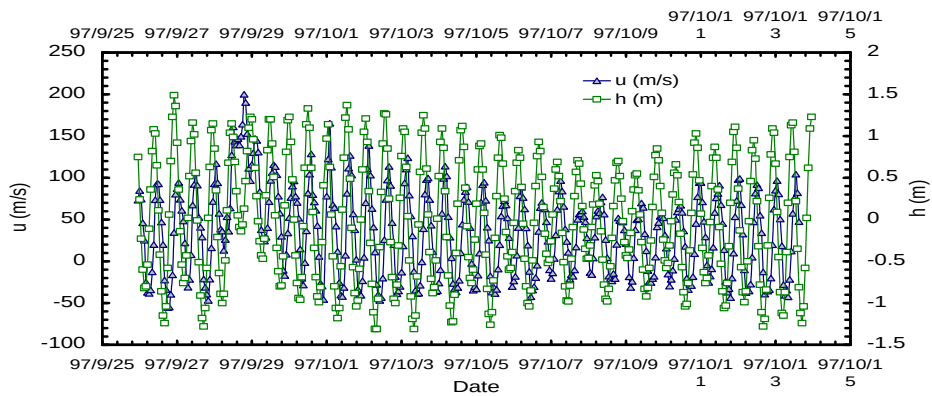


圖 2.13(d) 97 年 9 月薔蜜颱風前後關渡站流速與水位變化圖

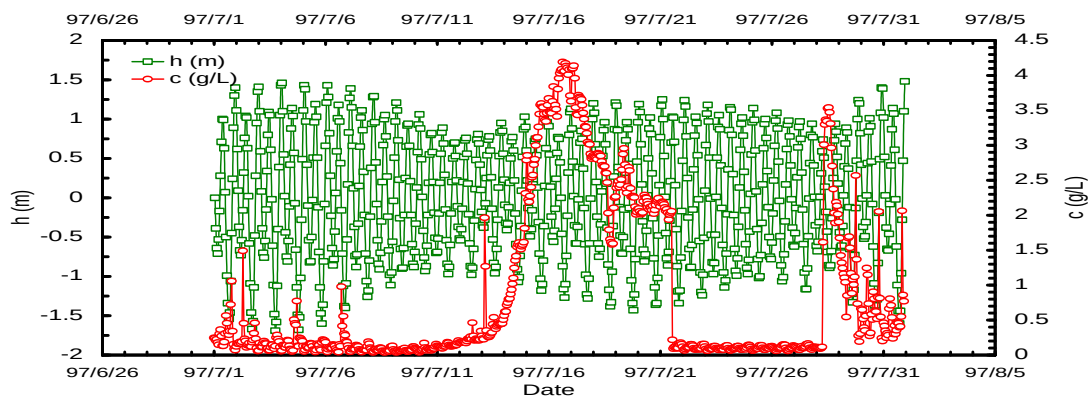


圖 2.14(a) 97 年 7 月卡玫基颱風前後關渡站水位與懸浮濃度變化圖

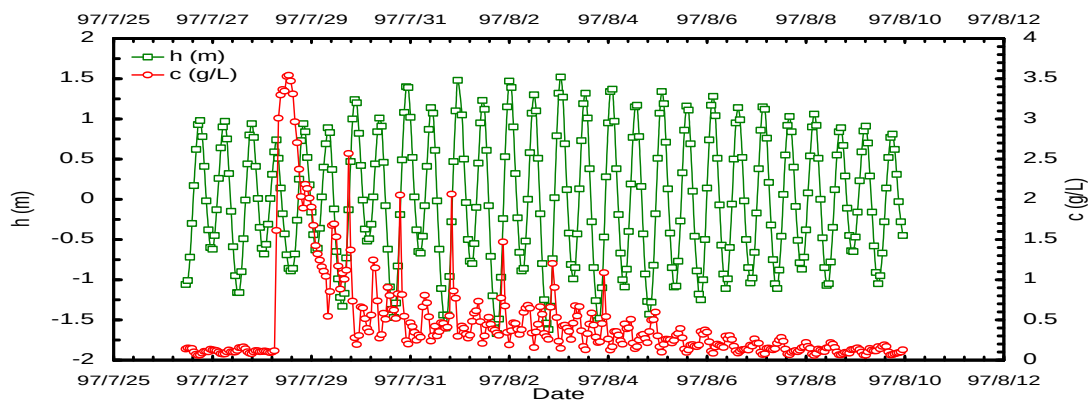


圖 2.14(b) 97 年 7 月鳳凰颱風前後關渡站水位與懸浮濃度變化圖

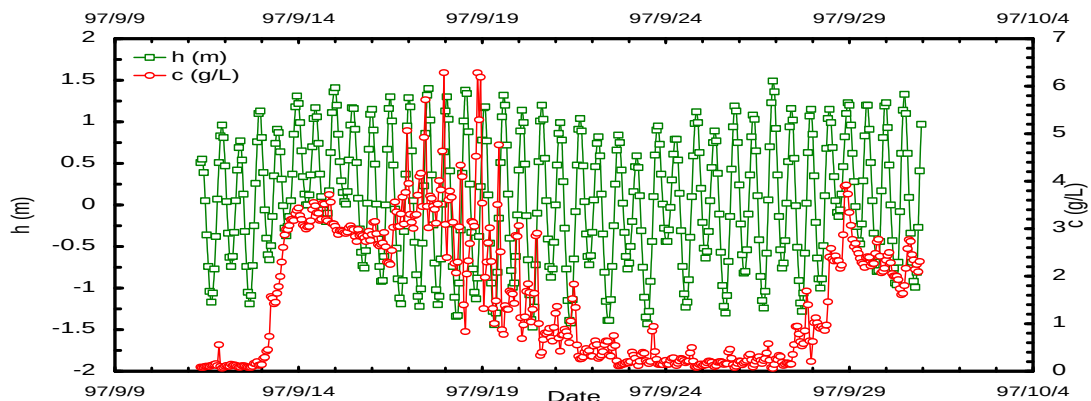


圖 2.14(c) 97 年 9 月辛樂克颱風前後關渡站水位與懸浮濃度變化圖

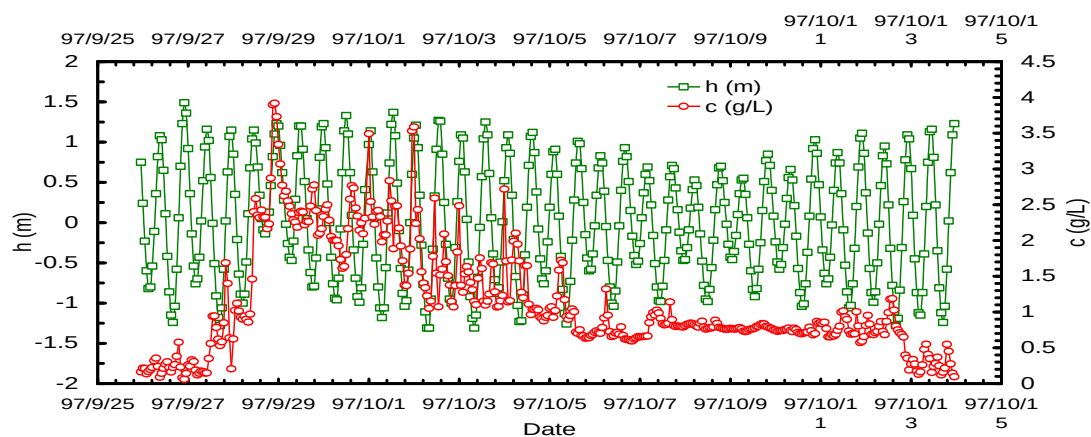


圖 2.14(d) 97 年 9 月薔蜜颱風前後關渡站水位與懸浮濃度變化圖

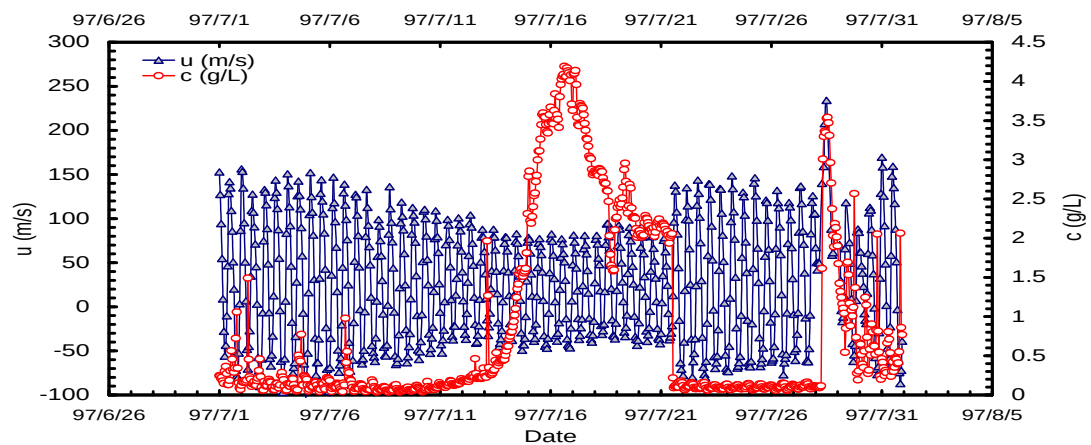


圖 2.15(a) 97 年 7 月卡玫基颱風前後關渡站流速與懸浮濃度變化圖

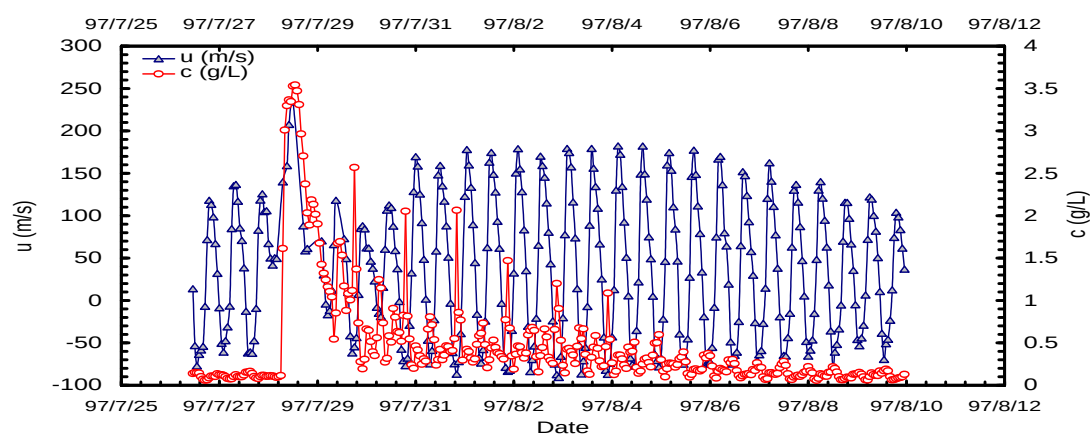


圖 2.15(b) 97 年 7 月鳳凰颱風前後關渡站流速與懸浮濃度變化圖

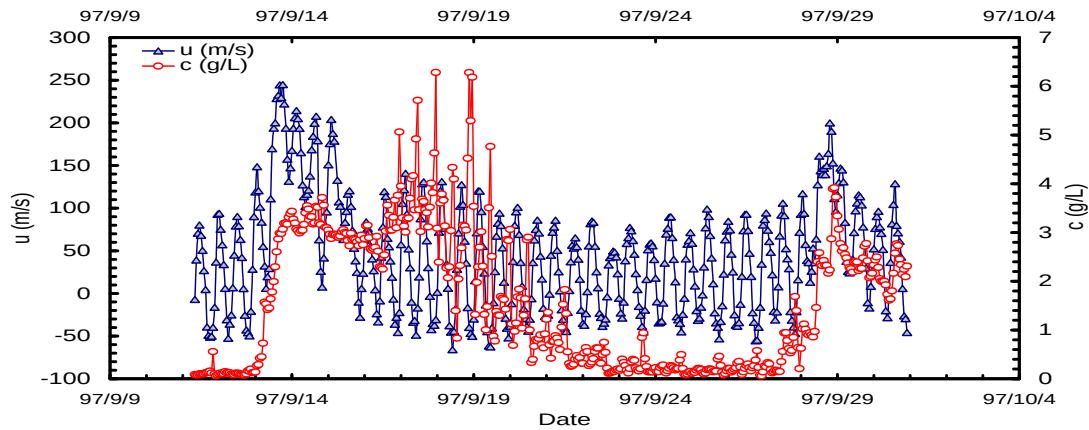


圖 2.15(c) 97 年 9 月辛樂克颱風前後關渡站流速與懸浮濃度變化圖

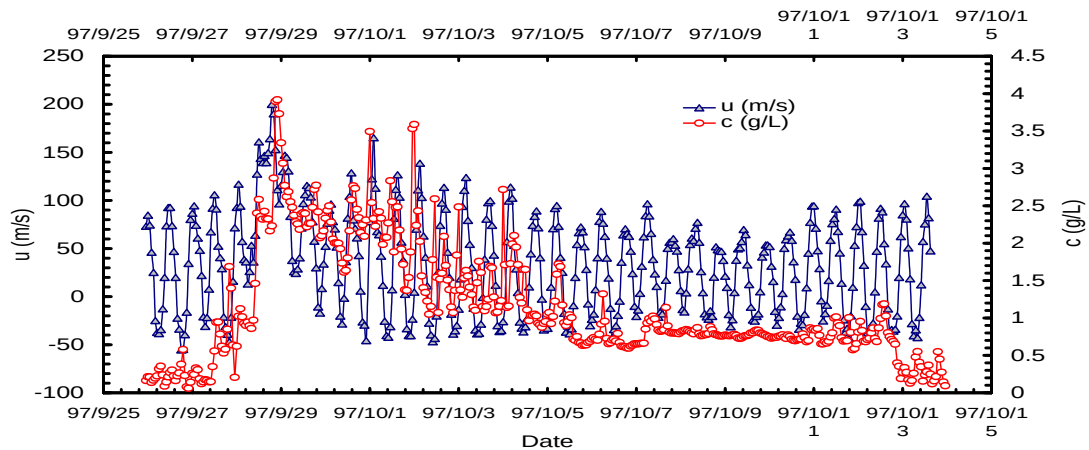


圖 2.15(d) 97 年 9 月薔蜜颱風前後關渡站水位與懸浮濃度變化圖

2.2.5 輸砂量推估

根據河口重力循環簡化分析，配合不同入流條件，可計算鹽楔終點(the Null Point)亦為最大濁度點(Estuarine Turbidity Maximum Point，ETM)位置，如表 2.8。由表可知：若年平均流量在 123.71 cms 以上則無重力循環流存在，而當河川流量小於 $Q_{75}(=19.57\text{ cms})$ 並大於 $Q_{90}(=12.2\text{ cms})$ 時，河口段底部迴流將越過竹圍之淺灘開始進入關渡橋河段；反之流量大於 $Q_{50}(=46.29\text{ cms})$ 時，底部迴流會被侷限於約 3.4 公里之範圍

內。以上說明此情況下 ETM 不會上溯，故豐水期間河口重力循環不易存在，於颱風期輸砂量之計算無需考慮河口重力循環之影響。

表 2.8 不同流況下河口重力循環範圍及 ETM 位置

流況	斷面流量(cms)	單寬流量(cms / m)	ETM 深度(m)	ETM 距河口位置(m)	河口段底層回流水深比
Q_w (雨季)	800	1.6	-	-	-
Q_d (乾季)	500	1	-	-	-
Q_{ave}	123.71	0.24742	-	-	-
Q_{50}	46.29	0.09258	5.66	3357.6	0.27
Q_{75}	19.57	0.03914	3.68	6138.1	0.44
Q_{90}	12.2	0.0244	2.91	7224.4	0.49

臺灣因受板塊擠壓，每年上升速率約 $5 \sim 7 mm/yr$ (Liew et al., 1993)，且河流下切侵蝕速率每年約為 $3 \sim 6 mm/yr$ (Dadson et al., 2003)，大致持平。另外，淡水河流域地質多以砂岩、頁岩、硬頁岩及板岩之細顆粒沉積岩型為主，流域輸砂量約佔全國 $2.7 \sim 5.9\%$ (張，2003)。洪(2000)指出：淡水河口以外之輸砂源自流域內部，大部份由淡水河本流貢獻，少部份來自大屯火山系之火成岩。而依河床沉積物岩心採樣顯示：淡水河之輸砂約 95% 流出河口， 5% 留滯於河口內(台大林曉武教授，personal communication)。

由於流域地質及臺北盆地屬沉降型地形特性，淡水河系輸砂以懸浮載為主。為了解河川流量與懸浮載濃度之關係，本計劃分析水利署提供之 94~97 年淡水河系輸砂資料，測站基本資料與相關位置示意圖如表 2.9 與圖 2.16。為了瞭解淡水河四大支流之水理特性，本研究將其下游代表測站：五堵(基隆河)、秀朗(新店溪)、三鶯橋(大漢溪)及寶橋(景

美溪)等測站之日流量資料予以排序，並以超越機率曲線定義高流量($Q > Q_{0.2}$)及低流量($Q < Q_{0.2}$)，如圖 2.17 所示。此四站之 $Q_{0.2}(cms)$ 依序為 79.54、99.82、1.28 及 31.52。造成此差異之原因為作圖取點所選時段非同步，分別為豐枯水期所致，藉此可區別豐、枯水期差異。

圖 2.18 分別為八個不同測站之流量-懸浮載濃度率定曲線($C \propto Q^W$)。其中三鶯橋站與上龜山橋站因資料記錄年限僅至 2005 年，資料點較少，其餘六站皆為 2004~2007 年之分析結果；採樣時間包含豐枯水期。整體而言，於非汛期且流量低於 10cms 時，流量與懸浮載間幾乎呈現常數關係，在約 100 ppm 處上下震盪且不隨流量具有定性變化。由圖中亦可發現：除三鶯橋站(大漢溪)因正值枯水期無明顯關係外，當流量高於 10cms 時，懸浮載濃度開始與流量成正相關趨勢，顯示淡水河流域之流量確實與懸浮載傳輸濃度有關，但未達某流量門檻值前，該階段內輸砂量無關流量，此為常流河川之特徵。另淡水河各支流中以基隆河(五堵)和、景美溪(寶橋)、與新店溪(秀朗)之輸砂量較高，可能與上游無大型水庫有關。

進一步觀察颱風時期(以氣象局曾發佈颱風警報之颱風為分析對象)之輸砂型態變化，可以發現並非所有颱風事件皆對流域內之流量與輸砂產生影響。在颱風期主導流量與懸浮載濃度變化者主要為颱風侵襲路徑，且圖 2.18 中較高懸浮載濃度資料經分析後，多為氣象局所發佈之(1)、(3)與(6)類侵台路徑颱風造成，亦即西行(東南-西北行)及北行走向。如 2004 年之艾利、2005 年馬莎與龍王、2007 年米塔與韋帕。尤以韋帕在景美溪寶橋站(圖 2.18(g))曾引起 100000 ppm 之高輸砂量，原因為颱風由東北部登陸後其逆時針氣旋對淡水河流域山區造成迎風面，致使北部山區降雨量增加引起輸砂量遽增。圖 2.19 為 2004~2007 年間，各測站之颱風事件資料以路徑予以分類，其中可明顯看出西行類路徑(1)、(3)與東北轉向之颱風路徑(6)容易引起較高河川之懸浮濃度，其餘低流量低輸砂量之颱風事件則多為南部北移之移動路徑，顯示颱風走向對淡水河懸浮載濃度確實具有重要之影響。

表 2.9 淡水河系測站 2005 年度輸砂資料表

站名	編號	流域名稱	觀測時間	平均水位 (m)	平均流量 (CMS)
三峽	H048 0210	淡水河 (三峽河)	2004-2007	29.86	8.91
橫溪	H049 0210	淡水河 (三峽河)	2004-2007	22.23	4.10
五堵	H058 0660	淡水河 (基隆河)	2004-2007	5	25.44
秀朗	H066 0480	淡水河 (新店溪)	2004-2007	1.48	62.33
三鶯橋	H067 0190	淡水河 (大漢溪)	2004-2005	34	-
屈尺	H068 0410	淡水河 (新店溪)	2004-2007	48.93	64.71
寶橋	H080 0495	淡水河 (景美溪)	2004-2007	9.27	9.35
上龜山橋	H089 0361	淡水河 (南勢溪)	2004-2005	56.42	-

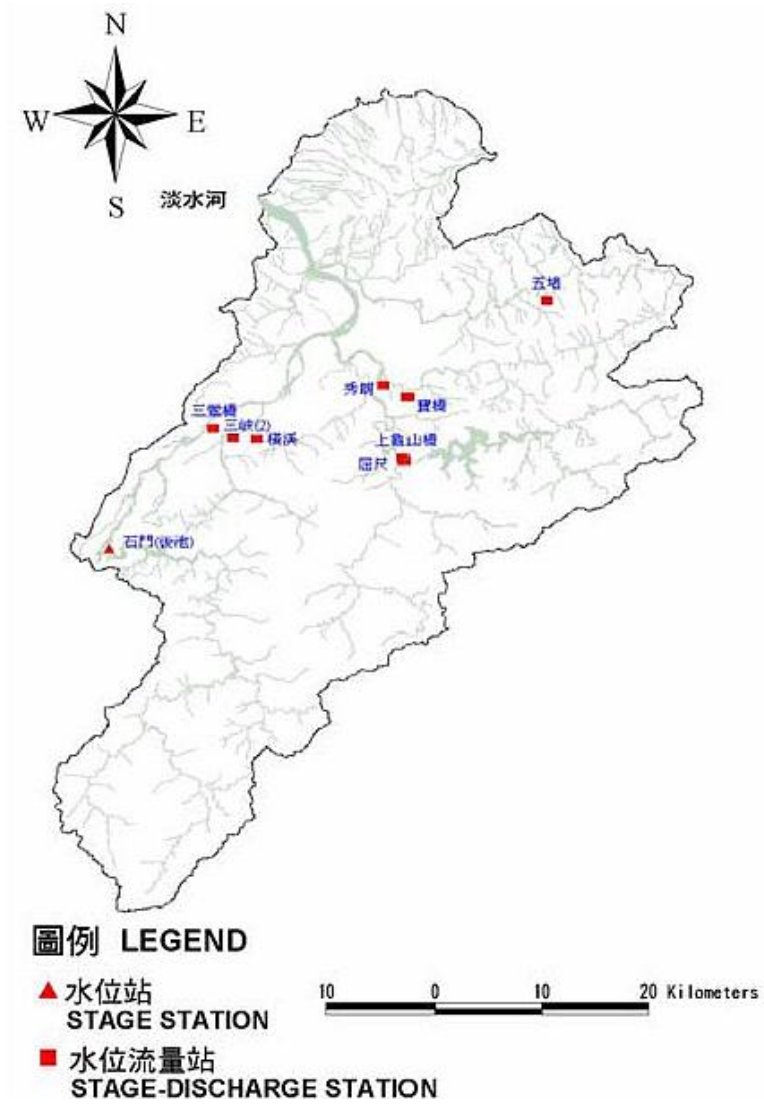


圖 2.16 淡水河流量-懸浮載分析測站位置圖

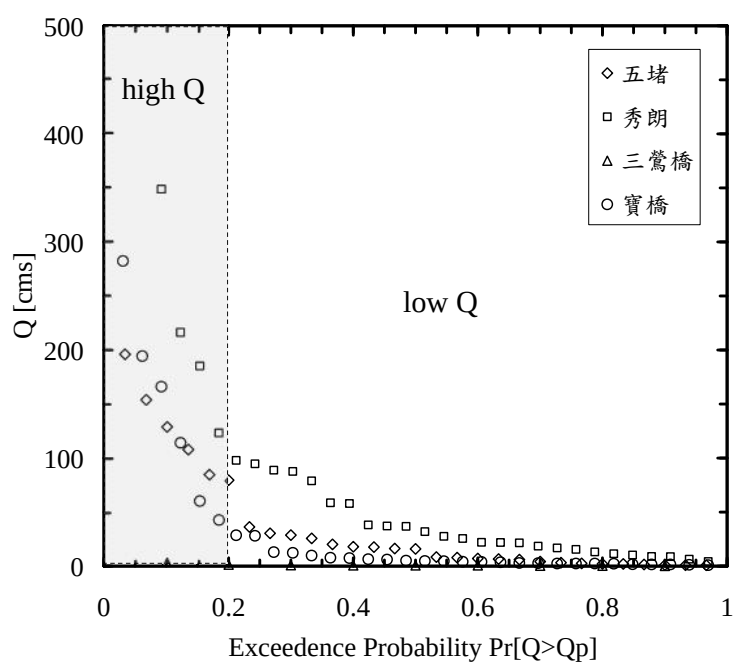


圖 2.17 各站流量超越機率曲線分布圖

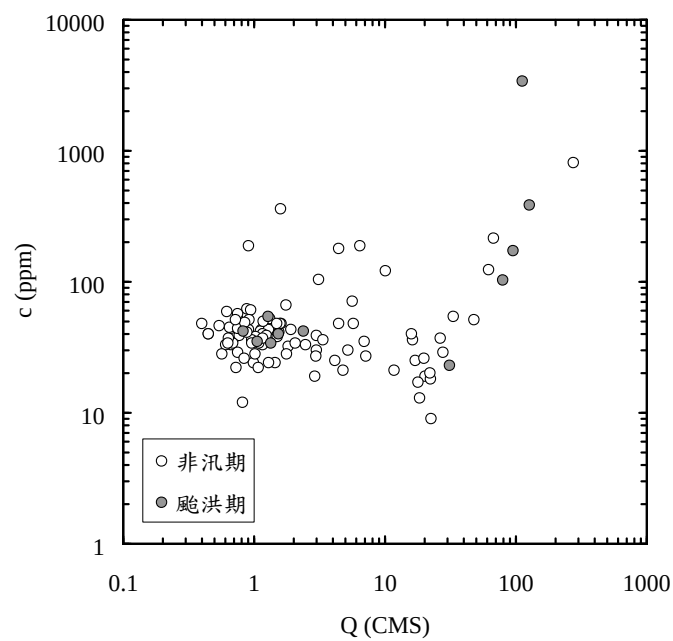


圖 2.18(a) 三峽站(三峽河)流量-懸浮載濃度關係圖

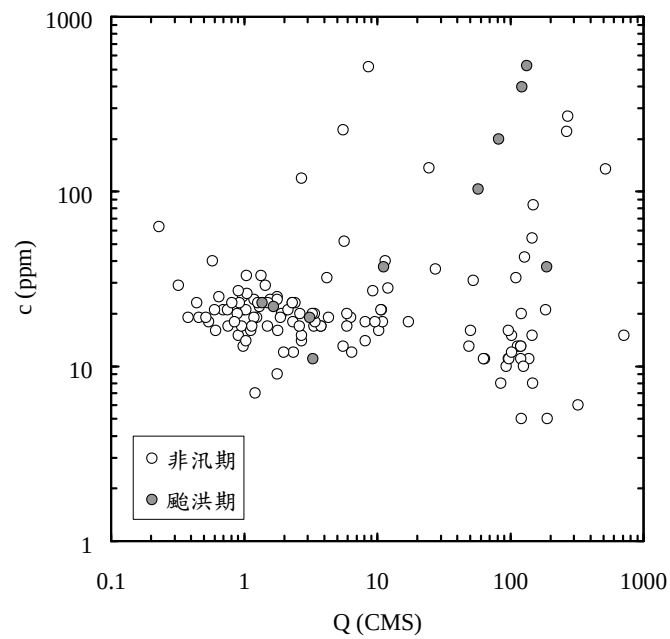


圖 2.18(b) 橫溪站(三峽河)流量-懸浮載濃度關係圖

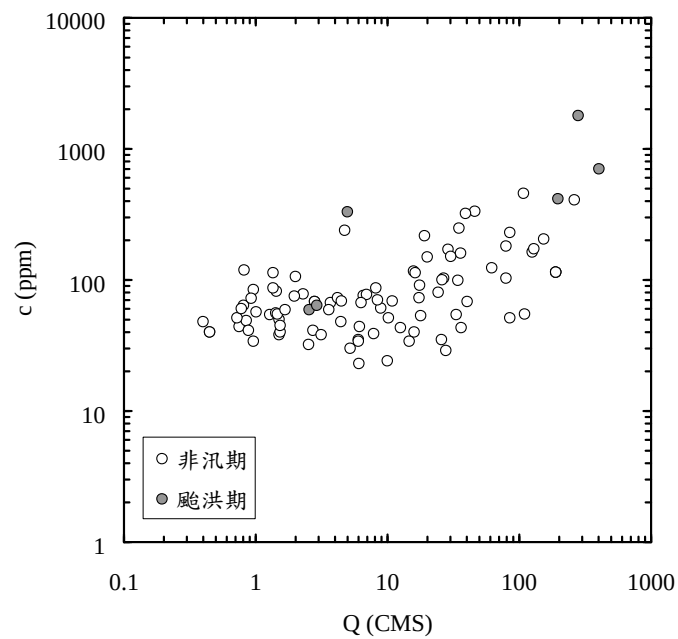


圖 2.18(c) 五堵站(基隆河)流量-懸浮載濃度關係圖

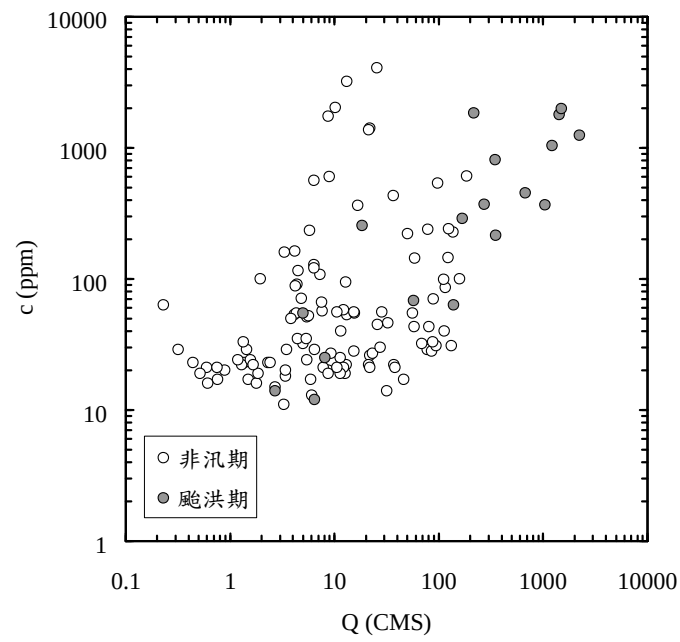


圖 2.18(d) 秀朗站(新店溪)流量-懸浮載濃度關係圖

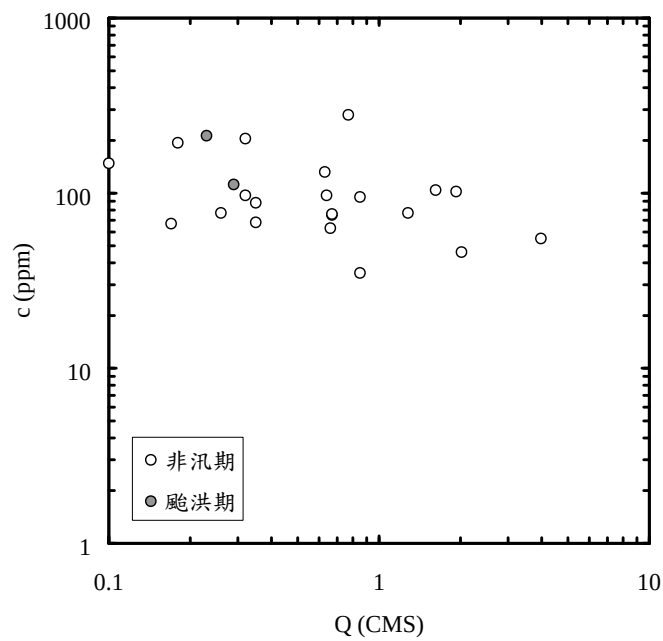


圖 2.18(e) 三鶯橋(大漢溪)站流量-懸浮載濃度關係圖

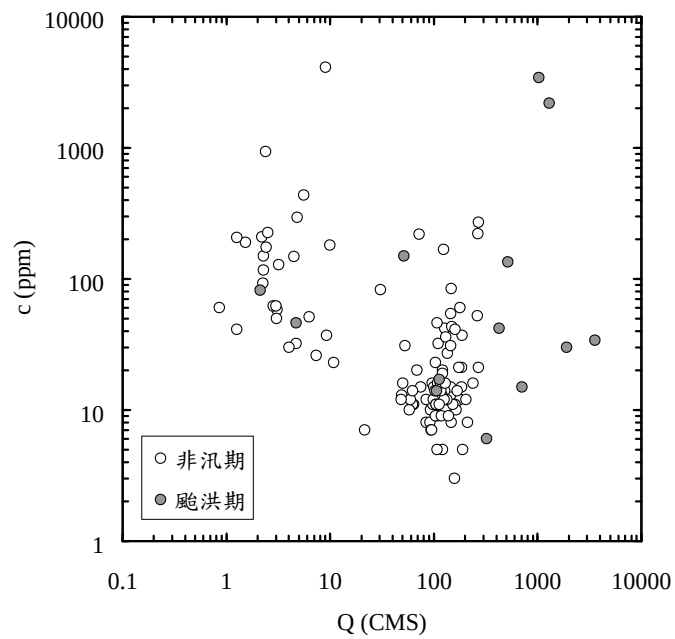


圖 2.18(f) 屈尺站(新店溪)流量-懸浮載濃度關係圖

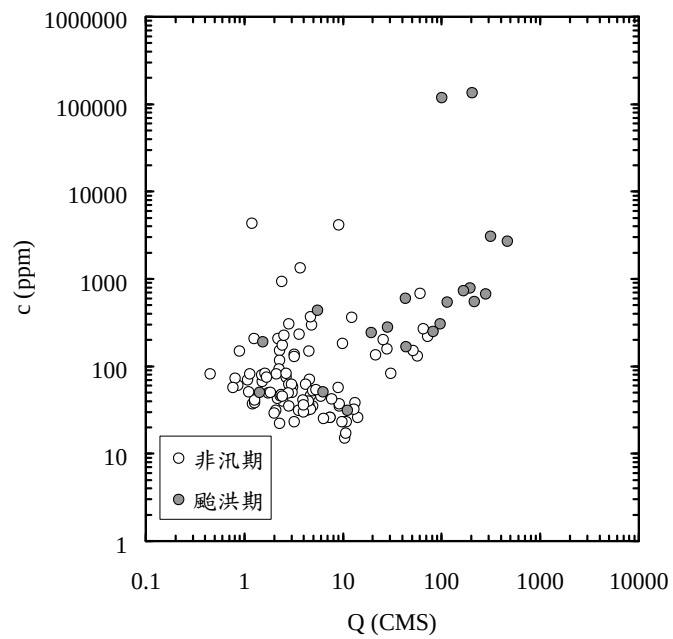


圖 2.18(g) 寶橋站(景美溪)流量-懸浮載濃度關係圖

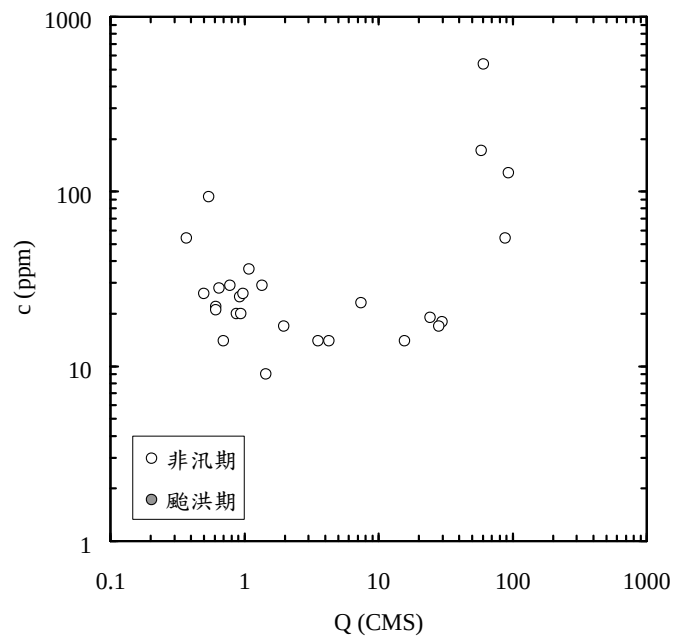


圖 2.18(h) 上龜山橋(南勢溪)流量-懸浮載濃度關係圖

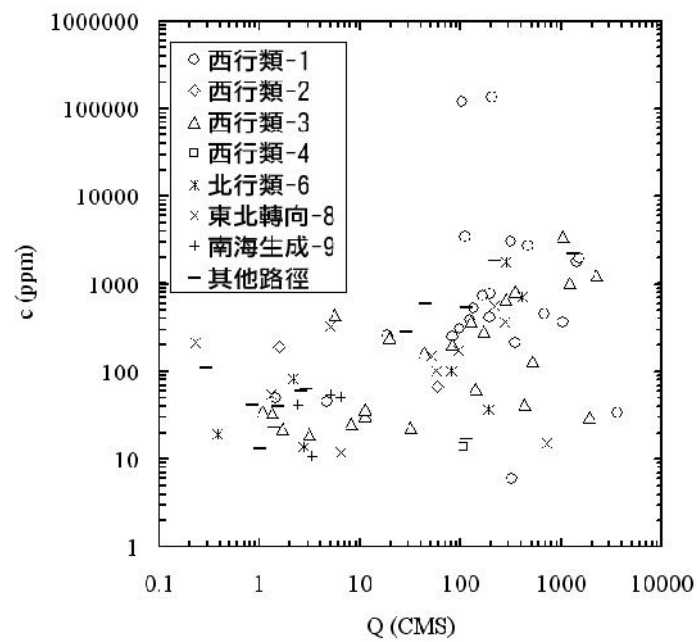


圖 2.19 颱風事件移動路徑與流量-懸浮載濃度關係圖

另外，關渡站之水位-流速關係歷線(2002/04)如圖 2.20 所示。圖中兩者相位差約 90 度，最大流速(以向海為正)約在退平潮時發生。同時段之流速與懸浮載濃度關係如圖 2.21 所示。比照二圖發現：河川內最大懸浮載濃度與漲潮最大流速值(速度為負)同時出現，此時為漲平潮。平時漲潮與退潮之濃度差值約一倍，圖 2.21 中濃度逐日增加推測為雜質附著於儀器所致。如扣除趨勢值，其最大範圍約至 1 ppt(1000 ppm)。而颱風時期(2002/07)的流速與懸浮載濃度關係如圖 2.22 所示。分別說明兩場颱風事件(雷馬遜:91/07/02 ~ 04; 娜克莉:91/07/09 ~ 10)之歷程。懸浮載濃度尖峰值主要在颱風過後一至二天出現，原因為颱風過境期間挾帶之強大暴雨造成上游地區大量沖刷所致，最大值略大於 5 ppt (5000 ppm)。

圖 2.23 與 2.24 分別為非汛期與颱風期間漲潮流速及所對應之懸浮載濃度關係。圖 2.23 顯示：非汛期且流速甚低情況下仍有高濃度產生，可能與不同時期上游河段施行疏浚作業有關，如 93 年 6 月因基隆河疏浚工程(南湖大橋-大直橋段)造成低流量高濃度情況發生。而圖 2.24 因颱風時期儀器可能故障使觀測記錄有所遺，缺故資料量較少。

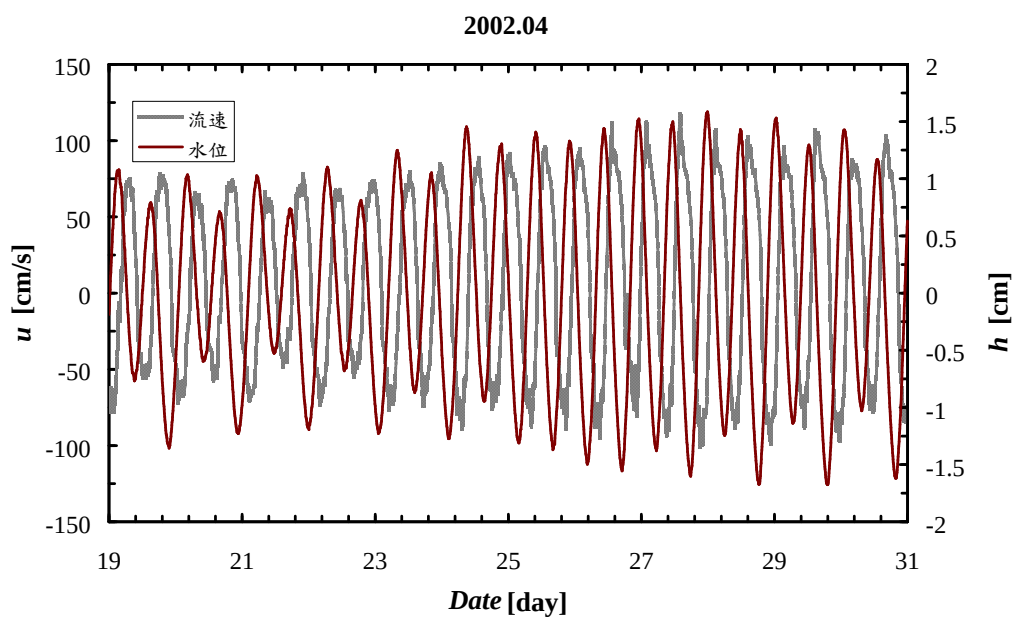


圖 2.20 關渡站流速-水位關係圖

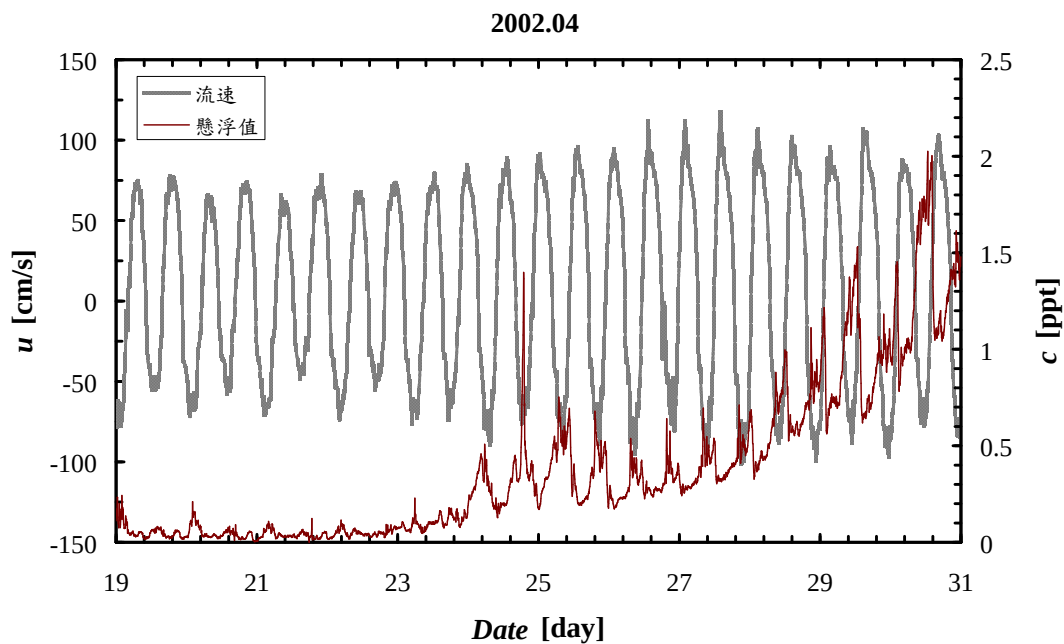


圖 2.21 關渡站流速-懸浮載濃度關係圖(非汛期)

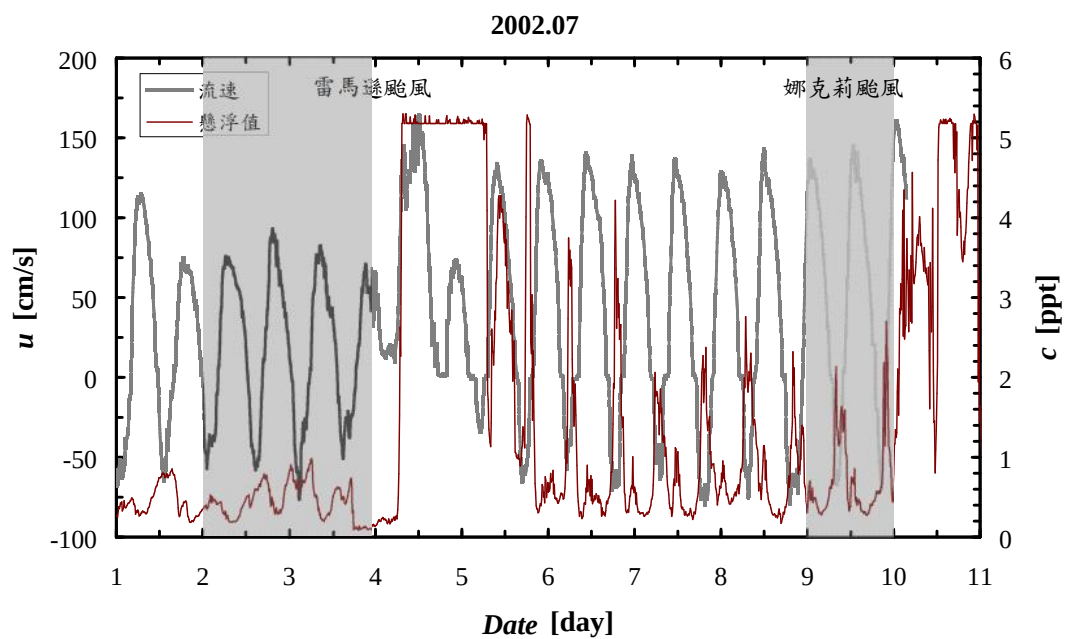


圖 2.22 關渡站流速-懸浮載濃度關係圖(颱風期)

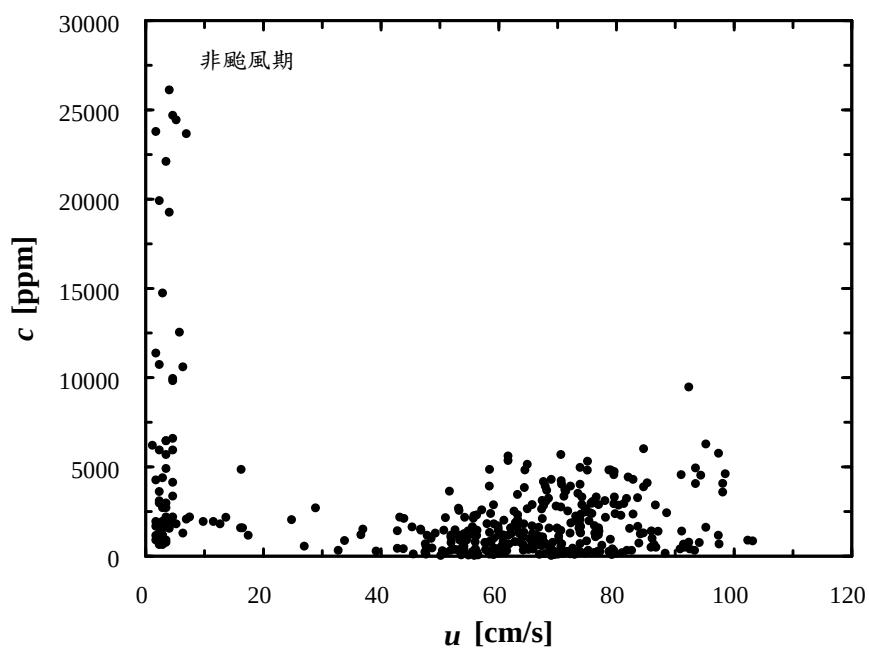


圖 2.23 關渡站漲潮流速-懸浮載濃度關係圖(非汛期)

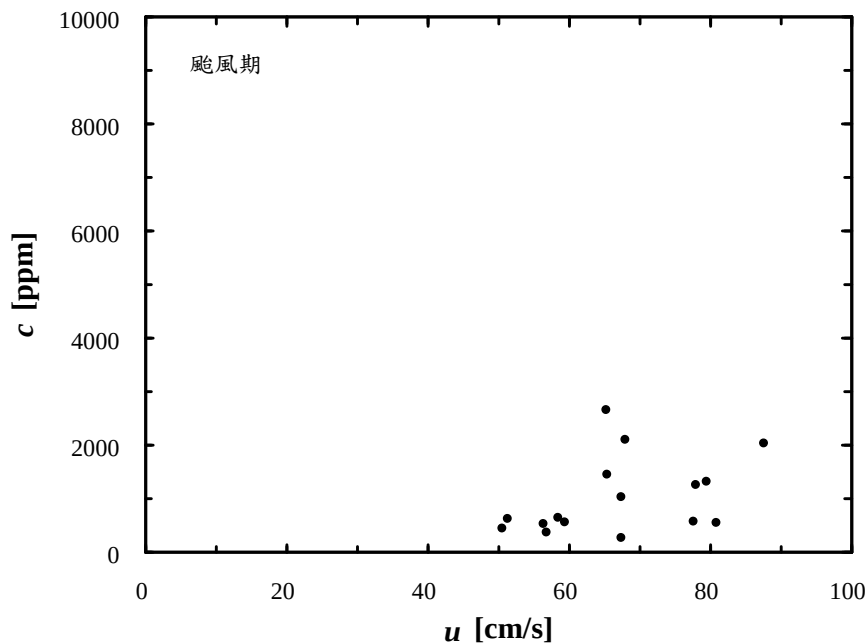


圖 2.24 關渡站漲潮流速-懸浮載濃度關係圖(颱風期)

水利署根據淡水河三鶯橋 1980 ~ 2000 年之實測懸浮載濃度資料得懸浮載與流量關係式如下：

$$Q_s (10^6 T / day) = aQ^b (cms) \quad (2-1)$$

其中豐水季： $a=2.995$ ， $b=1.516$ ；枯水季： $a=6.39E-4$ ， $b=2.956$ 。

王(2004)以 NETSTARS 數值模式計算淡水河之推移載及總輸砂量。推移載最多可佔總輸砂量之 10% ~ 50%，一般則小於 10%。另外，懸浮載中粒徑小於 d_{10} 或小於 $0.065 mm$ 者稱為沖洗載 (wash load)。NETSTARS 是以 (a) Yang's, (b) Ackers and White, (c) Engelund and Hansen, (d) Van Rijn 等四個公式計算總輸砂量。其中 (a)、(d) 用於砂、粗礫石 ($0.0625 \sim 10 mm$)，(b)、(c) 用於砂粒、細礫石 ($0.0625 \sim 2 mm$)。當粒徑大於 $10 mm$ 或小於 $0.0625 mm$ 時，輸砂量之啟動條件與砂、礫石不同，以上公式誤差值較大。而底床載公式則包括 (1) Meyer-Peter and Muller, (2) Van Rijn, (3) Schoklitsch 等三個公式。藉由誤差分析得知以 Engelund

and Hansen 公式計算總輸砂量及 Meyer-Peter and Muller 公式計算底床載結果最佳。如表 2.10 所示，代入 1980 ~ 2000 年之水理及地文條件得：新店溪(秀朗站)總輸砂量為每年 837,764 噸，其中以沖洗載最多 50%；大漢溪(三鶯橋站)總輸砂量為每年 1,458,648 噸，其中以懸浮載最多佔 47%；基隆河(五堵站)之總輸砂量則為每年 631,537 噸，其中以懸浮載最多佔 89%。故淡水河流域之整體輸砂量約為每年 2,927,949 噸。

表 2.10 淡水河流域輸砂量推估(王，2004)

支 流	測 站	總輸砂量 (T/yr)	底床載 比例(%)	懸浮載 比例(%)	沖洗載 比例(%)	年侵蝕率 (mm/yr)
新店溪	秀朗站	837,764	7	43	50	0.767
大漢溪	三鶯橋站	1,458,648	36	47	17	1.05
基隆河	五堵站	631,537	2	89	9	1.872

2.3 地文資料

2.3.1 淡水河流域地形概論

(一) 臺北盆地概論

臺北盆地位於臺灣北部，為臺灣目前最大之盆地，屬「構造盆地」。其北方有大屯火山系，西側倚觀音火山與林口台地，東南側為加里山脈北段西麓之丘陵和山地。整體外形上近似一個三角形，以關渡、北投一帶作為頂點，底邊從南港經公館延伸到樹林以南附近，此三點皆為河溪流入及流出盆地之處。大漢溪從樹林附近進入臺北盆地，基隆河則從南港進入，而淡水河在關渡流出。另外新店溪貫穿三角形的底邊，且在底邊上形成近似長方形之景美小盆地(林，1989)。整體地勢由東南朝西北傾斜，地形、地質、高度及坡度因子如表 2.11 所示。

表 2.11 臺北盆地周緣地文因子(林，1989)

北周緣地形	分為火山、丘陵兩區。 丘陵區：此區單面山、豬背嶺及烙鐵峰等地形顯著。
西周緣地形	範圍大致由五股至鶯歌，分為觀音火山區：位於淡水河西岸，隔河與對岸之大屯火山群相望，南以紅水仙溪及冷水坑溪口與林口台地為界。 林口台地區：又名坪頂台地，輪廓成不等邊四邊形。河川均發源於台地中央，水系成放射狀，各河川分別將台地崖加以切割，呈現出台地切割後所生的丘陵性坡地特色，僅西側仍保有部分平坦面。 山子腳山塊區：本山塊孤立於臺北盆地之西南側，林口台地之南，其西北緣有新莊斷層，東南緣有大漢溪流經。本區水系成放射狀水系。
東南周緣地形	包括南港丘陵（景南區）及清水坑山塊（三中區）二地形區。 清水坑山塊區：原來屬於穹丘形態，但其東北端的西側已被截斷，而東、北及西緣之山麓則受顯著埋積作用，故山麓線呈沉降地形特有的谷灣式地形。
北周緣地質	火山區：本區屬於大屯火山群的一部分，主要由安山岩質之數座錐狀與鐘狀火山所構成。此等火山迄今仍有局部後火山活動。 丘陵區：主要分布於大屯火山區之東南，由沉積岩所組成。
西周緣地質	觀音火山區：地層以更新世之安山岩及碎屑岩為主。 林口台地區：地層主要由礫石層組成，上覆數公尺至數十公尺的紅壤。 山子腳山塊區：係以一背斜所產生的長形穹隆，其延長方向為東北-西南，東北端被截斷面呈直現狀山腳。地層多為變質、石灰岩及砂、礫層。
東南周緣地質	南港丘陵區：地層屬中新世砂、頁岩層。 清水坑山塊區：地層為中新世砂、頁岩層。
北周緣高度	北周緣地勢由北向南遞減，除了高度最大的七星山及大屯山主峰一帶超過 1000m 外，其餘皆在 1000m 以下。以五指山、面天山為界，界線以北地區除東北角的磺溪流域外，高度概在 600m 以上；以南地區儘紗帽山一區高出 600m。至於 100m 以下的地區概分布於南緣，一些向南深入盆地的小山脊高度多在 100-200m。

西周緣高度	全區地勢傾向東南，以南側山子腳背斜山塊及北端觀音山區的高度較大，但以林口台地所占的面積最廣，故高度集中於100-300m，表示仍保有相當多台地面。
東南周緣高度	地勢傾向西北，高度皆在 400m 以下。其中景南區僅在中央狹窄山脊部超過 200m，三中區的集水區較景南區寬闊，高度最小，呈現低丘陵的特色。
北周緣坡度	坡度大於 55% 以上，分部於關渡、北投、磺溪、雙溪等上游熔岩台地的切割谷坡。低於 15% 的緩坡面，大致分布於熔岩台地面及南側山麓地帶。坡度 15% 以上及 55% 以下的坡面，主要分布於雙溪河谷東南迄內湖間的沉積岩山區。
西周緣坡度	觀音火山區：火山錐體上部出現 55% 的坡度，山腳的熔岩或碎屑堆積台地坡度皆在 25% 以下。 林口台地區：台地面大部分以 0-5% 或 5-10% 坡度為主，台地崖多為 35-50%，崖腳和切割谷床多為 15-35%。 山子腳山塊區：南翼坡度較大，多為 35-55%，背斜北翼以 25-45% 為主。
東南周緣坡度	景南區有 50% 面積坡度介於 29.9-54.9%，三中區有 50% 面積坡度介於 35.1-57.7%。三中區地勢較景南區高，侵蝕作用較景南區為盛，故坡度較景南區為陡。

(二) 淡水河系之形成(約六萬年前)

現今之淡水河流域約在六萬年前歷經大屯山系及觀音山之運動後，使原本臺灣島抬升後既有之丘陵地形更為增高；同時，古新店溪造成舊林口沖積平原，屬較平坦地帶，該地形趨勢延續至臺北盆地發生斷層運動後消失。斷層運動後臺北盆地表開始下降，原本地勢較低之舊林口沖積平原相對被抬高 200 公尺，成為台地。因此造成之影響有：(1) 原古新店溪由林口方向出海，後因地勢升高，水流至新莊附近便無法前進，或形成湖泊，或改道沿斷層邊緣經大屯山系及觀音山間較低之部份入海。(2) 原由石門向西出海之大漢溪，亦因桃園台地之生成不斷朝北改道，直至受林口台地阻擋才終止。大漢溪的遷徙運動致使日後遭新店溪水襲奪並與古基隆河共同組成淡水河系。

2.3.2 臺灣北部海岸沉積物與粒度分布

研究內陸沈積物中之礦物特性可瞭解海岸沈積物來源、傳輸路徑與混合型態。分析河川泥砂之礦物組成，可追溯其主要礦物來自該河川集水區何岩層。如北部淡水河流域內輸砂其主要礦物為紫蘇輝石、普通輝石與紅棕色角閃石，反映北部料源區屬第三紀火成岩層(黃，1995)。而分析海岸沉積物之漂流方向後，顯示臺灣北部沿岸輸砂(淡水河)由北向南傳輸；南部(高屏溪)則相反。另外，海岸沉積物中「重礦物」來源主要受海岸侵蝕、河川輸砂與沿岸流搬運作用所控制。由於臺灣北部有兩個火山中心(上新世 ~ 更新世)，導致該區岩石主要為安山岩質或石英安山岩流及岩屑所構成。安山岩風化後產生之鎂鐵礦物如角閃石、輝石，大致沿北部海岸往南漂移，造成該類礦物密度往南逐漸遞減。另外因各河川流量與集水區之岩層存在差異，所搬運至下游沈積之礦物亦不盡相同。與北部河川沿岸較為相關之礦物來源共有兩類：第一類為角閃石、輝石等鐵鎂礦物與磁鐵礦、鈦鐵礦，屬北部安山岩風化產物。第二類為西部山麓之第三紀沈積岩之火成岩碎屑，包含鋇石、石榴子石與獨居石等礦物(張，1997)。

一般離料源區愈近處之沉積物顆粒愈粗，其粒度平均 ϕ 值愈低，反之顆粒愈細，粒度平均 ϕ 值愈高。臺灣地區周圍海域沉積物粒度平均變化約為 $0.5 \sim 4\phi$ ($500 \sim 1000 \text{ m m}$)，其中臺灣北部海岸地區屬粗砂到中砂($0 \sim 1.5\phi$)。而臺灣北部與東北海域沉積物峰度約介於中峰範圍內，顯示該區域沈積物粒度分布傾向於平均狀態(李，2001)。另外由 X-ray 分析礦物分布結果，顯示北部海岸之方解石含量較高。沉積物礦物分析則以存在火成岩中之橄欖石、輝石(氧化鎂)、方解石、白雲石(氧化鈣)及鉀長石與黑雲母(氧化鉀)居多。另有學者提出臺灣北部因存在大屯火山系，岩石以安山岩及玄武岩為主，故淡水河口附近沈積物成分與中西部海岸略有不同。中西部海岸沉積物組成礦物以綠泥岩、高嶺石、氧化鋁及氧化鈉較高(莊，1999)。

依據表層沈積物分布區位，可將臺灣近岸海域分成四區：(1)蘭陽溪外海及高屏溪口附近海域、(2)彰雲沙脊北側至觀音凹陷南側間海域、(3)觀音凹陷海岸(屬臺灣海峽陸棚區)、(4)澎湖群島周圍海域。本計劃研究區位於觀音凹陷區，屬殘餘沈積區。Boggs et al.(1979)提出該區域在第四紀冰河期結束後除受到侵蝕環境影響外，並無現代之細粒沈積物，故該區內多屬粗砂與淘選度差(細泥)之沈積物。本區沈積物組成礦物以伊利石、綠泥石、高嶺土含量較豐，多源自黏土礦物。而中央山脈侵蝕下沖之細顆粒則經淡水河搬運作用沈積於河口附近(未超過沿岸40 公里外)。

2.3.3 臺灣北部海岸礦物組成與源區

黃(1995)分析淡水河流域及其河口沿岸沉積物之組成礦物(重礦物)，如表 2.12 及圖 2.25。得淡水河流域內輸砂以紫蘇輝石、普通輝石與紅棕色角閃石含量最高，達 83%。研判源區應為北部火成岩層，且含量明顯與下游流經第四紀之大屯火山群岩層有密切關係。若擴大討論範圍，則自濁水溪以北幾乎由上述三種礦物所佔比例最高。另外，從為數 30 個觀測點中有三個鄰近淡水河口之測站：白沙灣、沙崙與下罟尾亦發現其他零星礦物，如藍綠色角閃石、電器石、石榴石、鋁石、藍晶石與磷灰石等(黃，1995)。其他礦物除受河川搬運作用外，因北部(淡水河口以北至白沙灣)海岸多為岩岸、岩壁與海階，故直接受海岸侵蝕，並也有機會隨沿岸流沈積於鄰近海域。

鋁石為西部河川搬運作用是否旺盛之重要礦物指標，但在淡水河口以北以南沿岸(北：沙崙，南：下罟尾)取樣分析僅佔甚低比值，原因除受區域性單一河系影響不甚明顯外，另外由於鋁石比重較大(約 4.6)，且其粒徑僅約 0.1 ~ 0.2 mm，因此不易於河口受沿岸流作用形成側向傳輸漂至周圍海岸，故即使在輸砂量大之河口其濃度亦不高。

表 2.12 淡水河流域及其河口沿岸沉積物所含重礦物百分比
(黃，1995)

採樣點地名	紫蘇輝石	普通輝石	紅棕色角閃石	藍綠色角閃石	電器石	石榴石	硬綠泥石	風化綠泥石	綠泥石	石
白沙灣	52.12	20.61	19.39	3.94	0	0	0	0	0	0.3
沙崙	42.48	21.24	33.01	1.63	0	0.65	0	0	0	0
下罟尾	46.88	26.56	18.44	3.75	0.94	0.94	0	0	0	0
蘆竹	46.93	26.21	16.18	1.62	0	1.29	0	0	0	3.24
竹圍	42.13	28.65	22.66	1.69	0	0.75	0	0	0.19	0
淡水河	42.43	33.83	6.82	0.3	1.78	2.67	0	0	1.78	0.59

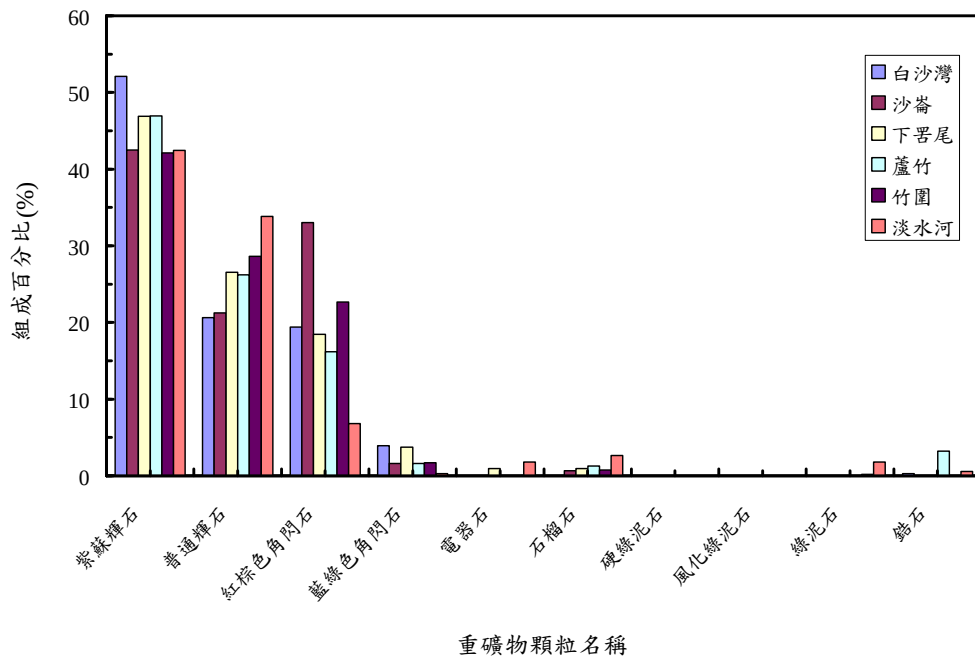


圖 2.25 淡水河流域及其河口沿岸沉積物所含重礦物百分比

2.4 海象資料

2.4.1 潮汐資料

波浪與潮汐運動直接影響河口近岸海域之水流特性，並且可由：示性波高、示性週期、波向、各分潮參數及潮位等物理量判斷影響程度。本所自民國八十五年起於淡水河口南岸水深 15 公尺處設置觀測樁，水下則使用潮波流儀觀測波浪、潮位與沿岸流。淡水河口主要為半日潮。平均潮位 0.03 公尺，平均潮差 1.93 公尺，大潮之潮差為 2.89 公尺。而每日二次潮差之大小差異不大，受典型半日潮主導，其中全日潮差約為半日潮差之 1/5。漲潮之潮流為 SW 方向，退潮之潮流則為 NE 方向(Chiao and Wang, 2004)(圖 2.29)。海域大部分流速皆小於每秒 0.8 公尺，夏季最大潮流速度約為每秒 1.19 公尺，冬季則為每秒 1.12 公尺(洪等, 2000)。夏秋之潮汐水位高、水位變化大；冬春之潮汐水位低、水位變化小。颱風期間及東北季風時，最大浪高達 5~6 公尺。另外由於淡水河水位變化及水流方向深受潮汐影響，若能使用調合分析(harmonic analysis)自觀測資料中找出特定潮汐周期之分潮，則可準確預測未來潮位。

2.4.2 河口潮流水理特性

淡水河口之潮汐影響範圍可上溯至離河口長約 82 公里處，包含淡水河本流與其三大支流：大漢溪、新店溪、基隆河。除洪水期間外，潮汐最遠上溯位置為大漢溪的城林橋、新店溪的秀朗橋及基隆河的江北橋。在河海環境中，若作用力未達地形變化門檻值(value of geomorphological threshold)，則保持動態平衡。反之若作用力大於地形變化門檻值，則會引起長期之地形演變。於觀察過程中，需要河口之流量、流速、輸砂及底床地形等環境資料，才能量化其關係。依陳等(2000)之資料，淡水河口潮汐流量可達 2000 cms，較平均河川流量為大，故以日平均流量 2000 cms 或可作為逕流作用之門檻值。

淡水河口站之潮位資料主要以：主太陰半日週期 M_2 、主太陽半日週期 S_2 、日月合成日週期 K_1 及主太陰日週期 O_1 這四個分潮佔大部分的能量，分別作為半日潮以及全日潮。颱風暴潮偏差的計算方式是以實測水位扣除天文潮水位獲得。其定義為：颱風暴潮偏差＝實測潮位－調和分析所得天文潮位。根據第十河川局於河口站所量測之潮位資料(1996～2006)，輔以傳統調和分析法及經驗模態分解法(Empirical Mode Decomposition, EMD)(黃, 1998)進行分析，並比較兩者在平時與颱風期間之差異。首先選定一特定颱風事件，如 2000 年之象神、2001 年之納莉。再以颱風侵台期間為中心，將時間往前後各延伸 10～15 天，使整筆資料維持在 31～36 天。以兩種分析方法計算 2000～2001 各颱風之暴潮偏差如表 2.13 所示兩種 EMD 求得之暴潮偏差較小，主要是其邊界已反映分析期間之變化趨勢。

表 2.13 颱風期間暴潮偏差分析模式比較表(cm)

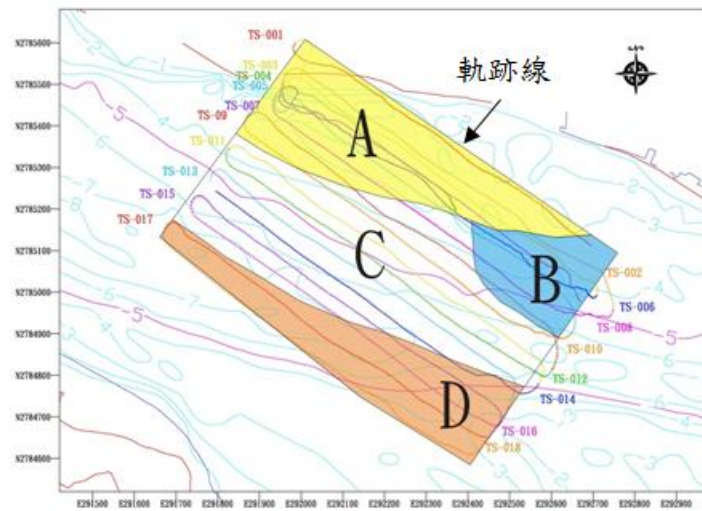
侵台期間	2000			2001	
	10/23~26	10/30~11/1	11/6~7	9/8~10,9/13~19	9/23~28
	雅吉	象神	貝碧佳	納莉	利奇馬
調和分析	20	68	35	38	16
EMD	15	24	16	14	7

2.5 淡水河口之人文變遷及對河口型態之影響

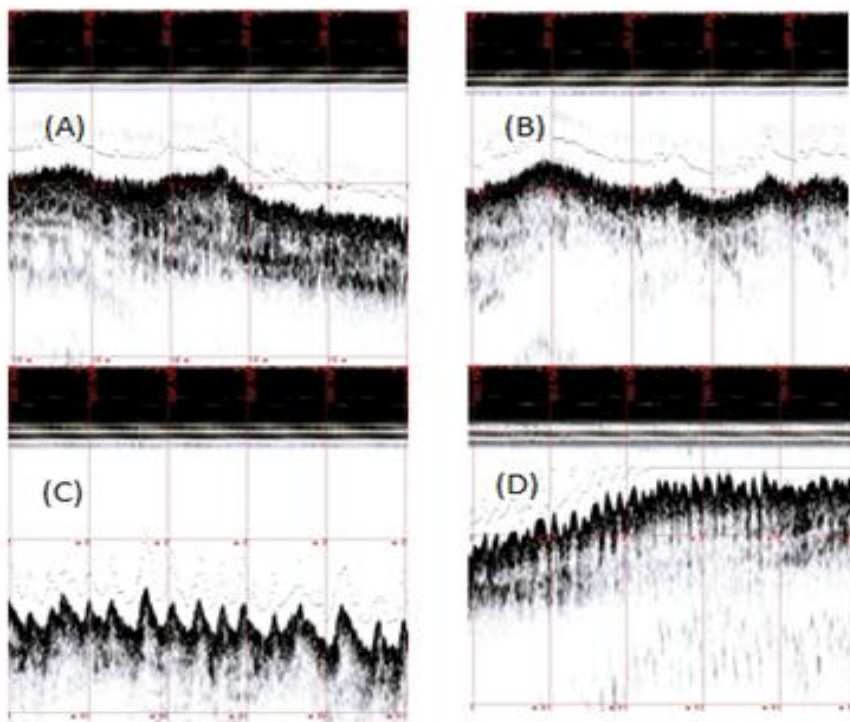
為勘查淡水河口在法戰時所沈沒之疑似古沉船或其他可能的沈船遺址，中華水下考古學會於 2009/8/24 曾組專案小組進行淡水河口之現地勘查作業。勘查設備含自強測量公司 168 號專業探測船，地層剖面儀(Bathy-2010 CHIRP Sub-bottom Profile)及磁力儀，地層剖面儀以 10kHz 換能器(transducer)作為主要聲源。依回聲型態將調查區分為四個部分(回聲型態 A、B、C、D)。第一個回聲型態 A 是穿透深度較高的區域，可以觀察到海床下 3 公尺的訊號，這類回聲訊號大致分布在調查區域的西北側；第二回聲型態 B 只能看到海床的訊號，海床以下因訊號快速衰減而看不出地層特性，這類回聲訊號大致分布在調查區域

的東北側；第三回聲型態 C 是河床表面呈現沙波狀(sand wave)，波高約 1 公尺，波長約 20 公尺，波的陡面是向下游，這類回聲訊號橫貫調查區域的中間，也就是在主要水道(水深超過四公尺)的範圍；第四回聲型態 D 是較小型沙波，波高約幾十公分，但穿透深度較回聲型態 C 高，這類回聲訊號分布在調查區域的東南側。整個調查區域的回聲型態分佈如圖 2.26 所示。根據比對，淡水河口的回聲型態 B 區域應該是有比較堅硬的底質。而由磁力儀所量測淡水河口磁場強度在靠近東北方的區域有一些全磁場强度高值；而西南區域的等磁線較疏，代表變化不大，可能為較均勻的河床底質。

由於觀音山過去有採石場，沈船中之九千擔石來自鄰近的觀音山採石場搬運而來。而觀音山以安山岩為主，其礦物組成包括石英、長石、角閃石、輝石等，其中角閃石、輝石為磁性礦物，故利用磁力儀應可辨識出這些石堆與淡水河沖刷沉積物間的差異。比對磁力與上述地層剖面資料相整合(圖 2.26)，回聲型態 B 與 A 區的交界處有比較高的磁力值，由於回聲型態 B 區有比較堅硬的底質，比較可能找到跟九千擔石接近的物體。河道中央的沉積物比較容易被颱風時期的急流沖走與破壞，如有九千擔石的遺跡，以殘留在河道兩側較合理(中華水下考古學會，2009)。



(a) 聲納探測軌跡線分布及底床回聲型態分區



(b) 回聲型態分區與底床沙丘地形

圖 2.26 中華水下考古學會 2009 年現勘淡水河口可能沉船位置之底床沙丘型態

第三章 淡水河口底床質現場調查及分析

河口因位處河川下游，如經河流之水力篩選，則底床顆粒應較上游為細，然淡水河口處歷年來之底床顆粒採樣分析卻較上游顆粒為粗，其原因主要為潮汐與波浪營力顯著影響河口原有之沉積淘選型態。Dyer(1994)指出：一般河系年輸砂量的 90% 會以懸浮載型態在全年 5% 之較高流量中自河口流出。而全年約有 80% 的時間，水流中幾乎無懸浮輸砂量存在。如黃河整年輸砂量為 10^9 噸，其中約有 30% 之輸砂量是在為期 2~3 天的洪水中流入渤海灣。由前述可知淡水河系輸砂主要以懸浮載為主，然因淡水河之支流多、砂源區錯綜複雜，故運移至河口之沉積物很難判斷其來源，加上波浪潮汐營力導致河口沉積物具有往復運動特性。惟有針對淡水河口底床質進行系統性分析，才能判定其輸砂來源及分析下游河床之變化趨勢。

3.1 底質採樣位置

本年度研究自 2013 年 4 月 18 日，於淡水河關渡橋下游至河口間進行底質採樣，採樣位置如圖 3.1 所示。為凸顯下游至河口之河床位置與底床粒徑的關係，取樣地點由關渡橋下游延伸至淡水河口與凸岬齊平，每一斷面側向等間距取樣約 5 - 6 點(見圖 3.1)。採樣方式為船舶 GPS 衛星定位後，潛水夫下潛至指定座標底床採取底床質裝入罐內，再將所取得之泥砂密封編號並攜回實驗室分析。取回底床樣品之分析步驟如下：首先將砂樣烘乾一天以上，再使用機械篩析及比重沉降試驗作粒徑分析，並同步觀察顏色、礦物組成、雜質含量及氣味。本年度之粒徑分析資料併同 2005 - 2008 年度之成果(圖 3.2)一併彙整。

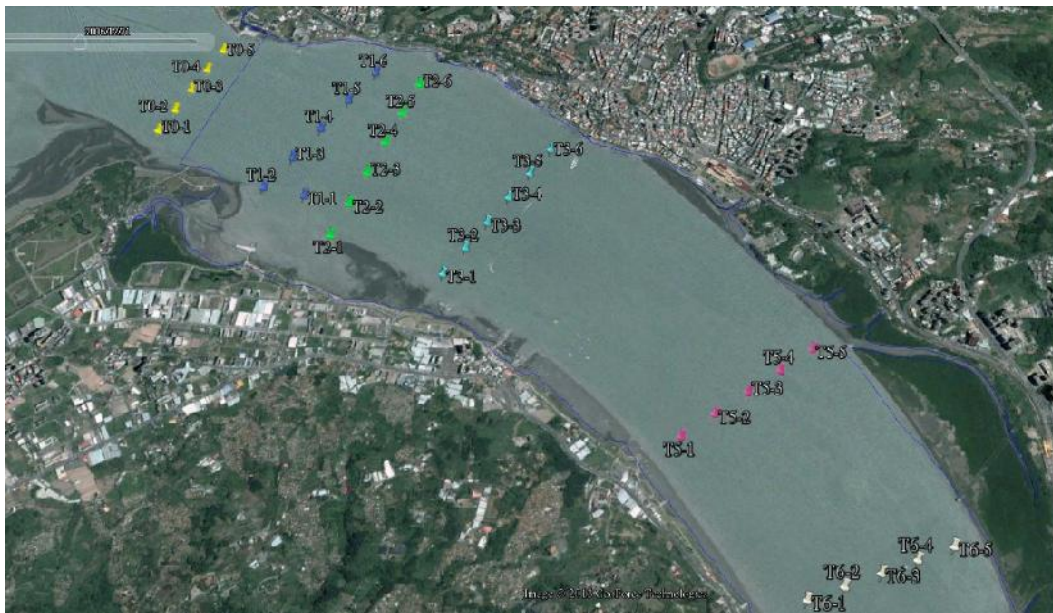


圖 3.1 2013 年度淡水河下游底質採樣點衛星航照圖



圖 3.2 2008 年度淡水河本流與基隆河下游底質採樣點衛星航照

2013 年之取樣經緯度座標則如表 3.1 所示。2008 年度淡水河口段範圍內取樣點首先以 GPS 系統定位取樣座標為 TWD67 經緯度格式，轉換為 TWD67 二度分帶坐標後，再利用 2005 年 5 月、2006 年 6 月、2007 年 6 月、11 月、2008 年 6 月數值等高線圖層，繪入 Arc GIS 9.2 地理資訊系統套裝軟體以標定取樣點所在之指定河道斷面。河口段採樣點座標轉換如表 3.2。

表 3.1 2013/04 淡水河底質取座標

測點標註	經度	分	緯度	分
T0-1	121	25.03781	25	10.23223
T0-2	121	25.07794	25	10.29884
T0-3	121	25.11807	25	10.36545
T0-4	121	25.1582	25	10.43206
T0-5	121	25.19833	25	10.49867
T1-1	121	25.494	25	10.014
T1-2	121	25.37243	25	10.04267
T1-3	121	25.44812	25	10.13414
T1-4	121	25.5238	25	10.2256
T1-5	121	25.59949	25	10.31707
T1-6	121	25.67517	25	10.40853
T2-1	121	25.58091	25	9.891086
T2-2	121	25.62727	25	9.985971
T2-3	121	25.67362	25	10.08086
T2-4	121	25.71998	25	10.17574
T2-5	121	25.76633	25	10.27063
T2-6	121	25.81269	25	10.36551
T3-1	121	25.9072	25	9.770246
T3-2	121	25.96827	25	9.844491
T3-3	121	26.02933	25	9.918737
T3-4	121	26.09039	25	9.992983
T3-5	121	26.15145	25	10.06723
T3-6	121	26.21252	25	10.14147
T5-1	121	26.55468	25	9.31298
T5-2	121	26.6478	25	9.36814
T5-3	121	26.74092	25	9.4233
T5-4	121	26.83404	25	9.47846
T5-5	121	26.92716	25	9.53362
T6-1	121	26.84648	25	8.91561
T6-2	121	26.94304	25	8.94396
T6-3	121	27.0396	25	8.97231
T6-4	121	27.13616	25	9.00066
T6-5	121	27.23272	25	9.02901

表 3.2 2008 淡水河口段採樣點坐標轉換表

樣點編號	經緯度座標		TWD67 二度分帶座標	
	E	N	E	N
KD-08A	121° 27'18.66''	25° 8'5.76''	295065.687	2781004.195
KD-09	121° 27'16.56''	25° 8'35.1''	295003.821	2781906.727
KD-09A	121° 27'4.92''	25° 9'2.94''	294674.952	2782762.213
KD-10	121° 26'51.3''	25° 9'33.9''	294290.359	2783713.519
KD-10A	121° 26'32.22''	25° 9'46.8''	293754.762	2784108.665
KD-11	121° 26'9.06''	25° 10'2.04''	293104.719	2784575.460
KD-11A	121° 25'44.94''	25° 10'11.16''	292428.442	2784853.900
KD-12	121° 25'20.52''	25° 10'19.2''	291743.897	2785099.117
KD-12A	121° 24'44.16''	25° 10'32.76''	290724.546	2785513.183
KD-13	121° 24'14.04''	25° 10'45.6''	289880.032	2785905.693

3.2 底質採樣分析結果

經由前次現場採樣可知淡水河北岸公司田溪出口之淤砂以黃褐色為主，反之南岸挖子尾至臺北港北堤間則以為藍黑色為主並與淡水河本流底床樣本顏色相近。此一結果與前人研究成果符合(Boggs et. al, 1974)，故可初步推斷挖子尾至八里間沿岸淤砂來自淡水河本流，北岸漂砂之貢獻應可忽略。

本研究於河道底床所採砂樣經初步處理後，觀察其烘乾後之顏色、氣味可知大部份顆粒為灰色、黑色及白色，顯示採樣時間前後流量穩定，上游無顯著異常泥沙來源，意即上游無大型水文事件發生，且該類砂樣少有褐色出現，雜質與離散顆粒亦較河口淤沙少。但倘若上游集水區近期曾發生大型水文事件，則洪水易將上游崩坍地及水庫內之懸浮載挾帶至河道沉積，使原應偏灰黑色的河口底泥出現淺褐色覆蓋層，影響採樣分析。

本計畫因在同一斷面取 5 - 6 個採樣點，故較能反映底床粒徑的空間分布。由圖 3.3 至圖 3.5 可知關渡橋下游竹圍(T6)至淡水渡船頭(T3)底床粒徑以細砂(0.125 - 0.25 mm)為主，河心處顆粒較粗而兩岸粒徑較

細，且在竹園段(T5-5)之含泥量較高，反映附近為紅樹林生長區。由圖 3.6 至圖 3.7 可知靠河口處(油車口及挖子尾)之粒徑則以中砂為主(0.25 - 0.5 mm)為主，河口內(油車口上游 T1 - T2)左側顆粒較細(細沙)，右側顆粒較粗(中砂)，反映主深槽因屬彎道偏向凹岸(及右岸靠淡水處)其顆粒明顯較凸岸挖子尾粒徑為粗。挖子尾附近測點(T11,T31)接近紅樹林棲地，故其含泥量也較高。

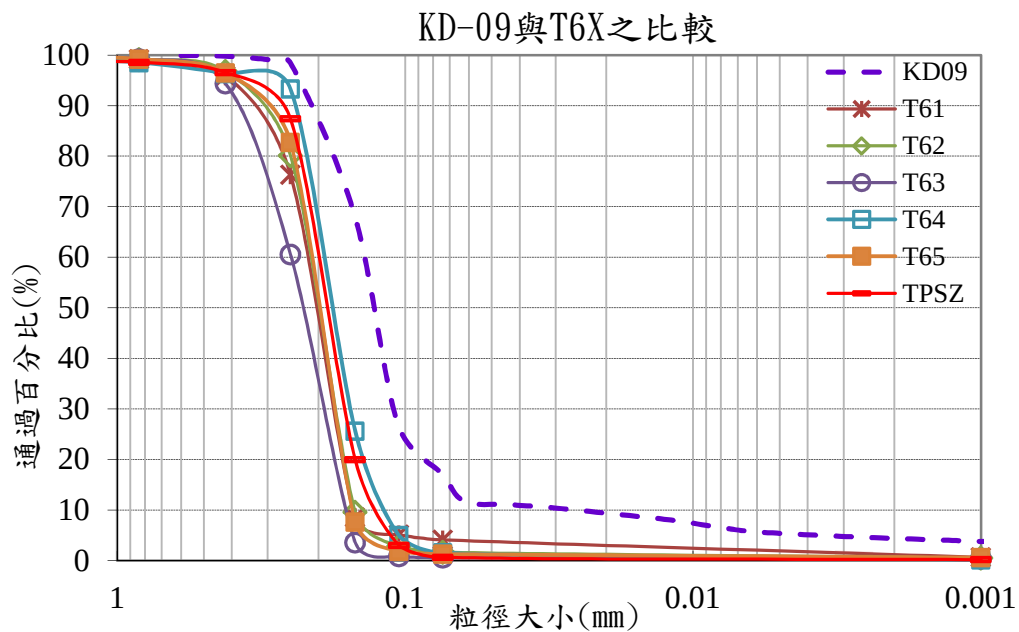


圖 3.3 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T6x vs. KD-09)

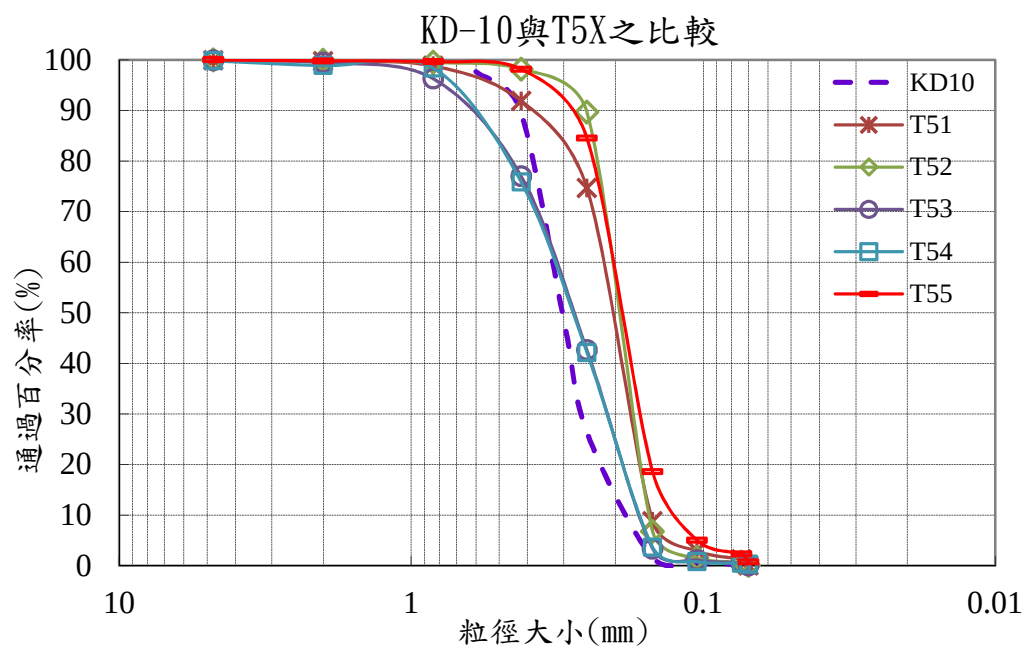


圖 3.4 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T5x vs. KD-10)

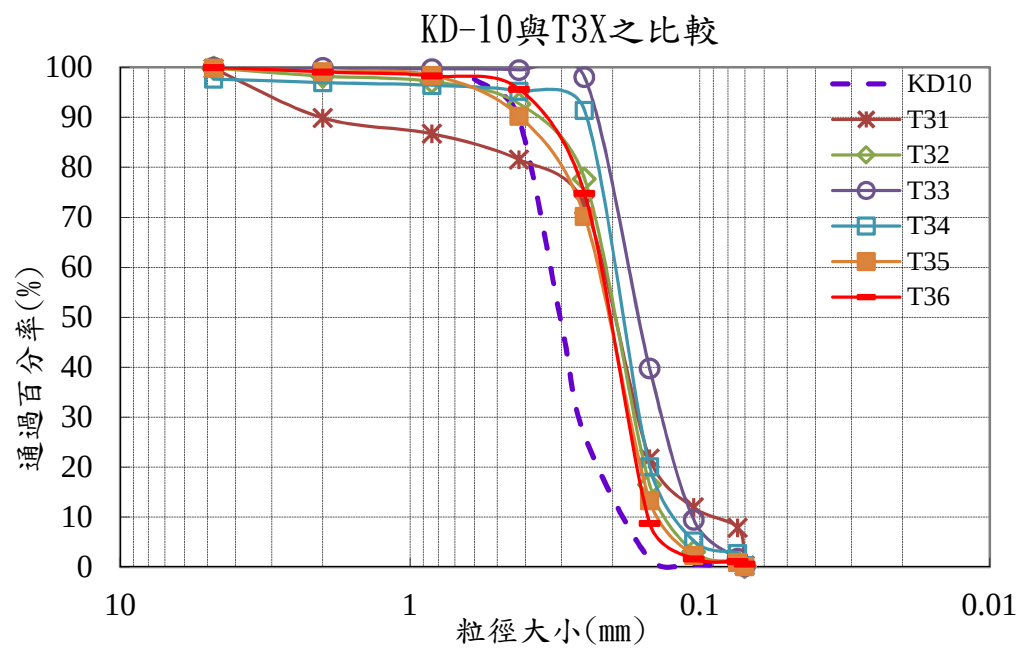


圖 3.5 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T3x vs. KD-10)

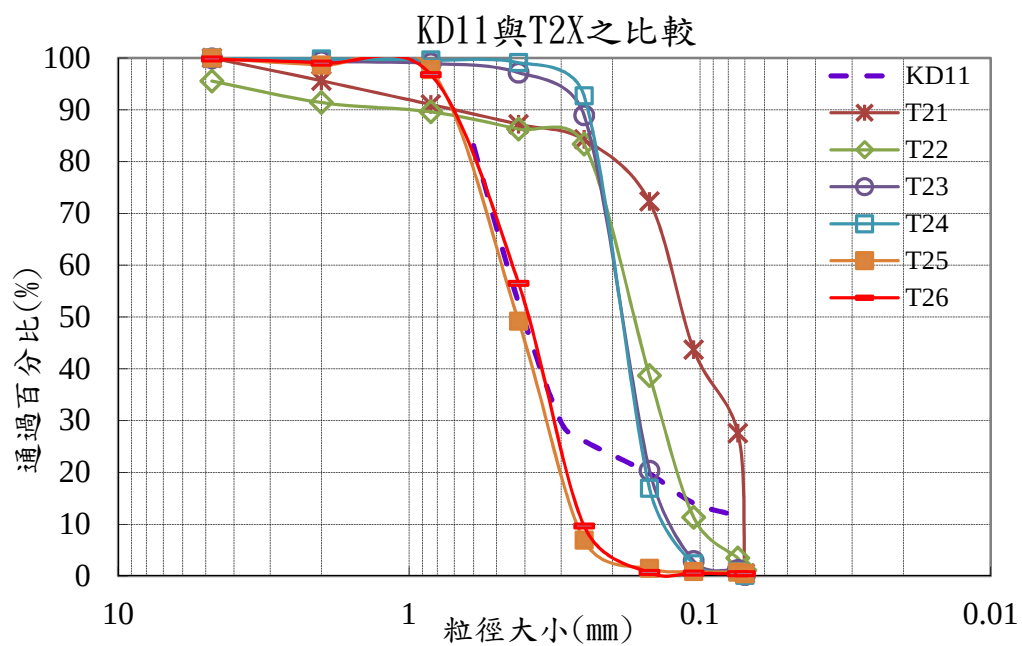


圖 3.6 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T2x vs. KD-11)

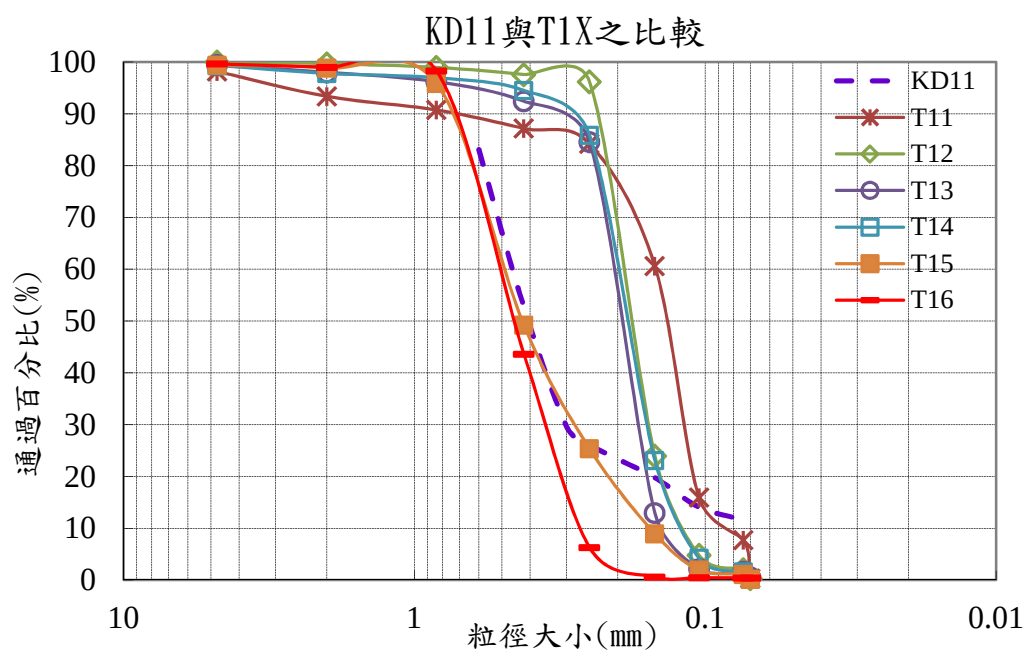


圖 3.7 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T1x vs. KD-11)

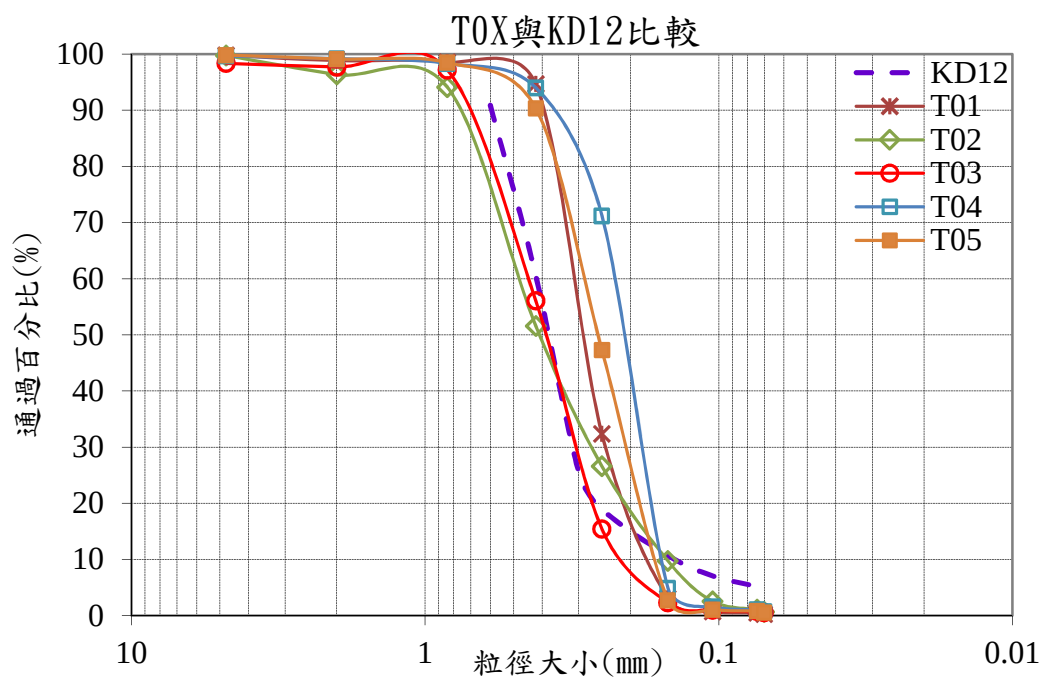


圖 3.8 2013 年淡水河底床質粒徑分析(編號 T0x vs. KD-12)

本年度取樣之粒徑與 2008 年之斷面採樣值趨勢相近，故擷取歷年相同採樣位置粒徑分布圖數據較連續且完整的部分測點，如圖 3.9 ~ 3.19 所示。歷年底床質採樣之中值粒徑分布情形如圖 3.20 所示，圖中亦可看出各時期之中值粒徑隨河口距離遠近之變化，往右愈接近河口。97 年兩次分析結果在下游均較 95 年測值為細，上游則反之。由於基隆河上游沒有建造水庫，故其底床質粒徑分布較淡水河本流之河床質為粗，KD-05、06、07 在 94、95 年的分析結果皆反應出此趨勢，但 96 年度之結果卻有所不同，推測原因有二：一為該年採樣期間發生對淡水河系造成重大影響的颱風次數減少，且採樣值枯水季，河床質受潮汐作用較強，造成粒徑由河口至上游漸小；二為基隆河疏浚可能造成細微顆粒運移，使 KD-05、06、07 之底床顆粒細化。而 97 年度兩次採樣之中值粒徑在此處(基隆河匯入處上下)均已回復至較粗的情況，可能與上游基隆河疏浚工程暫告段落有關。

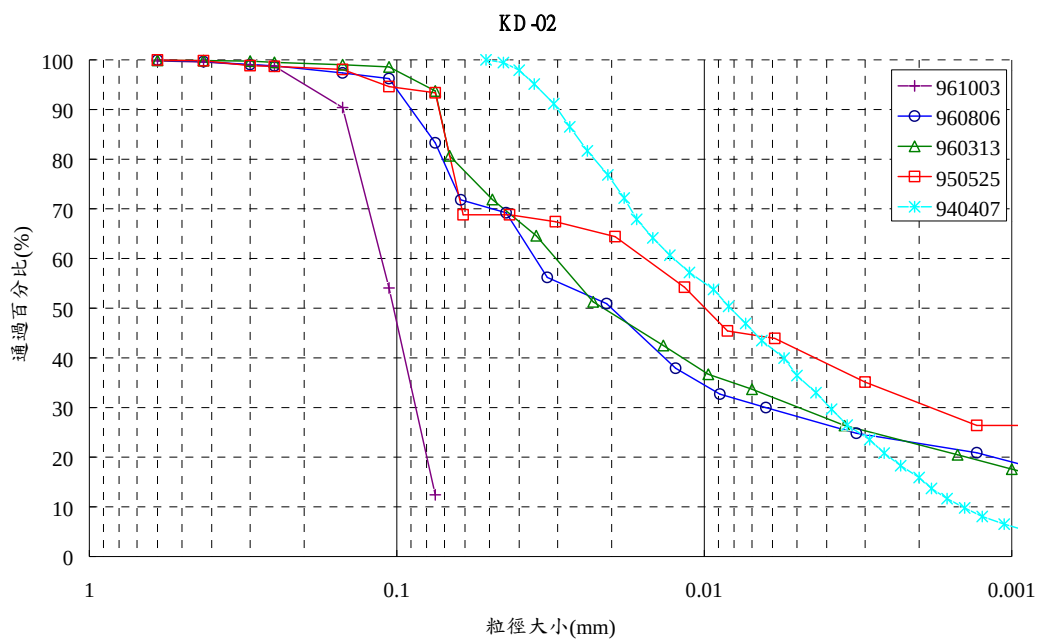


圖 3.9 2005-2007 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-02)

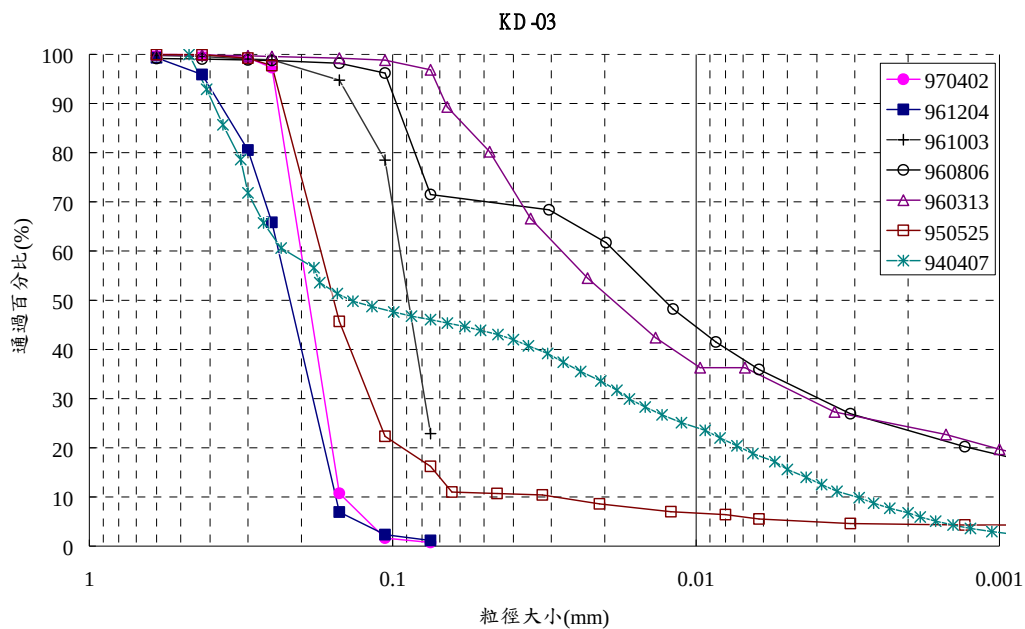


圖 3.10 2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-03)

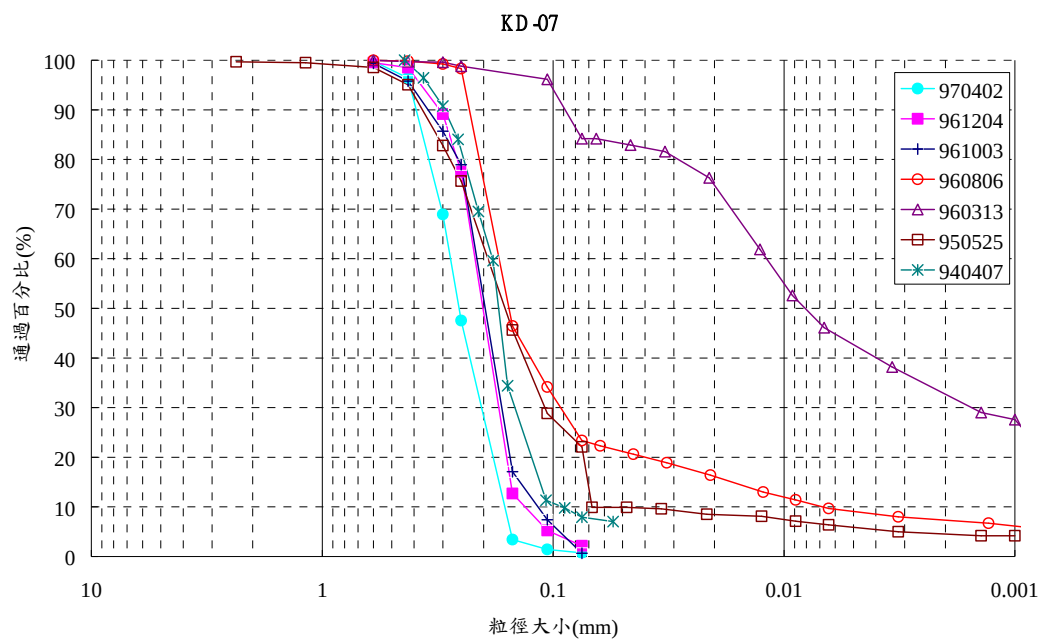


圖 3.13 2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-07)

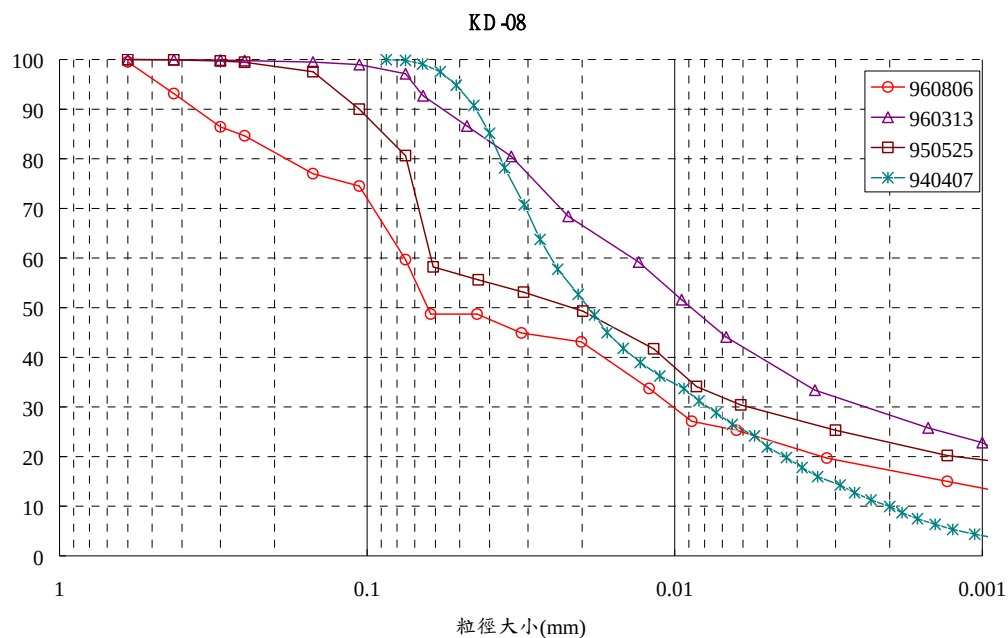


圖 3.14 2005-2007 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-08)

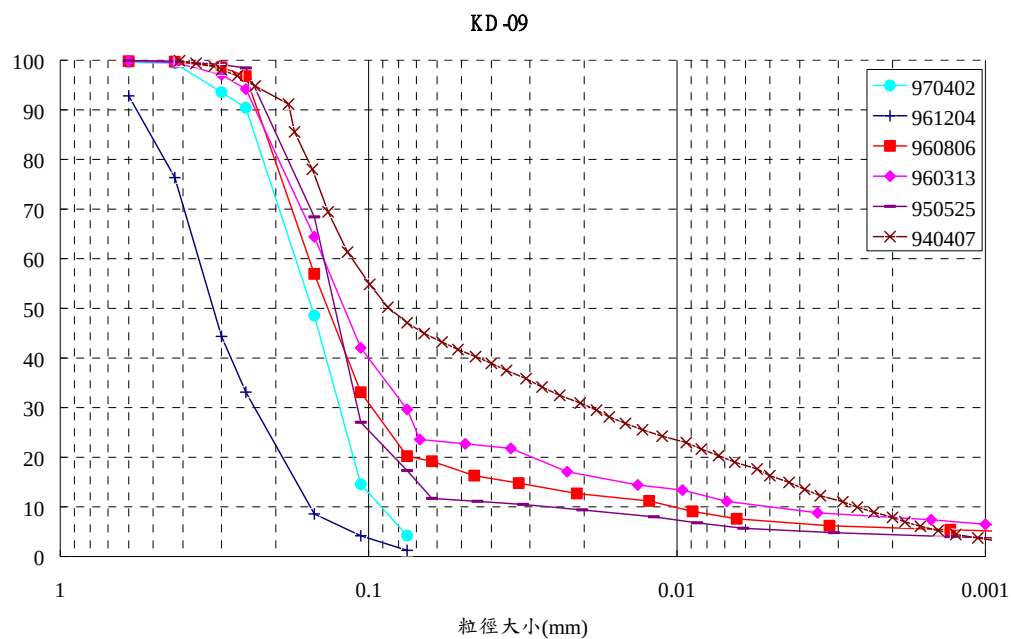


圖 3.15 2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-09)

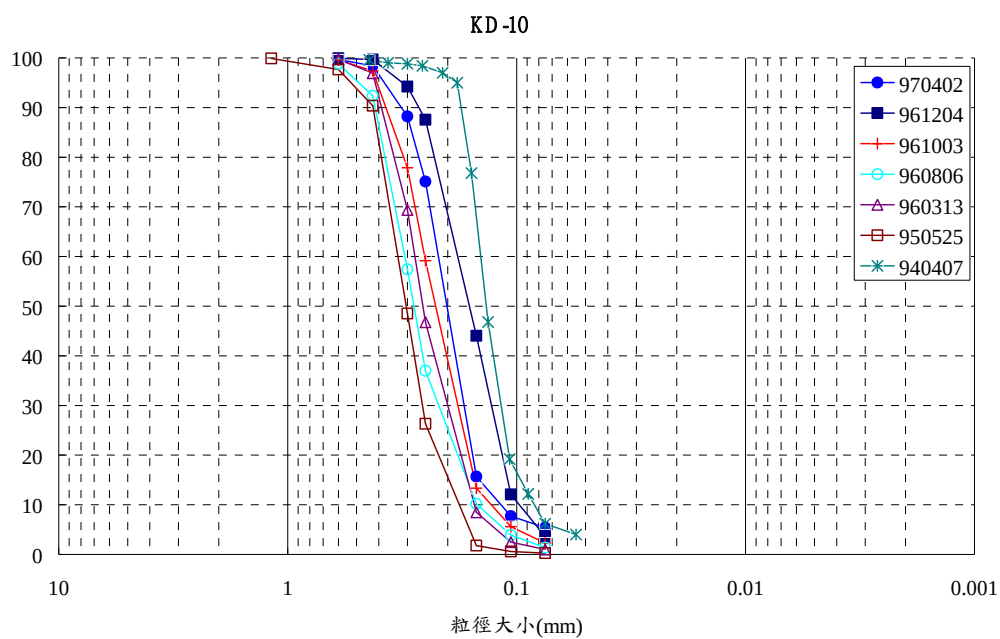


圖 3.16 2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-10)

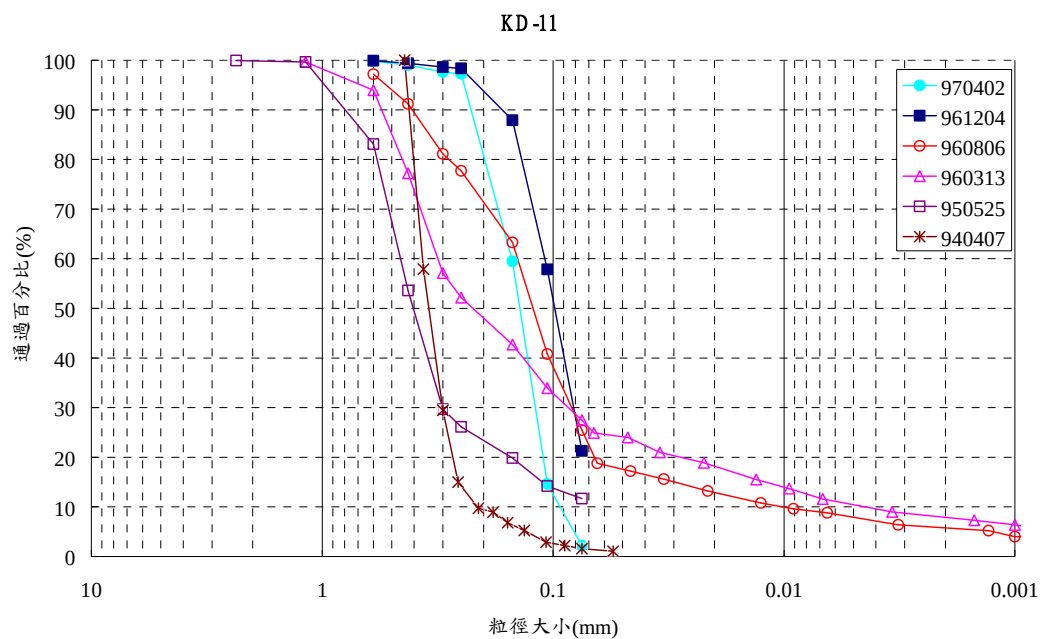


圖 3.17 2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-11)

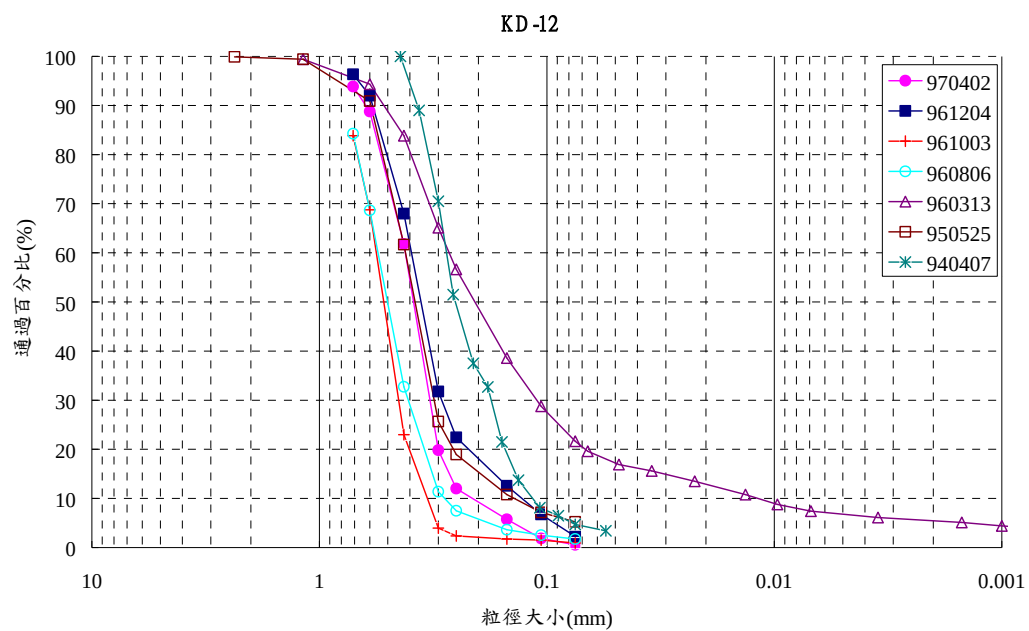


圖 3.18 2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-12)

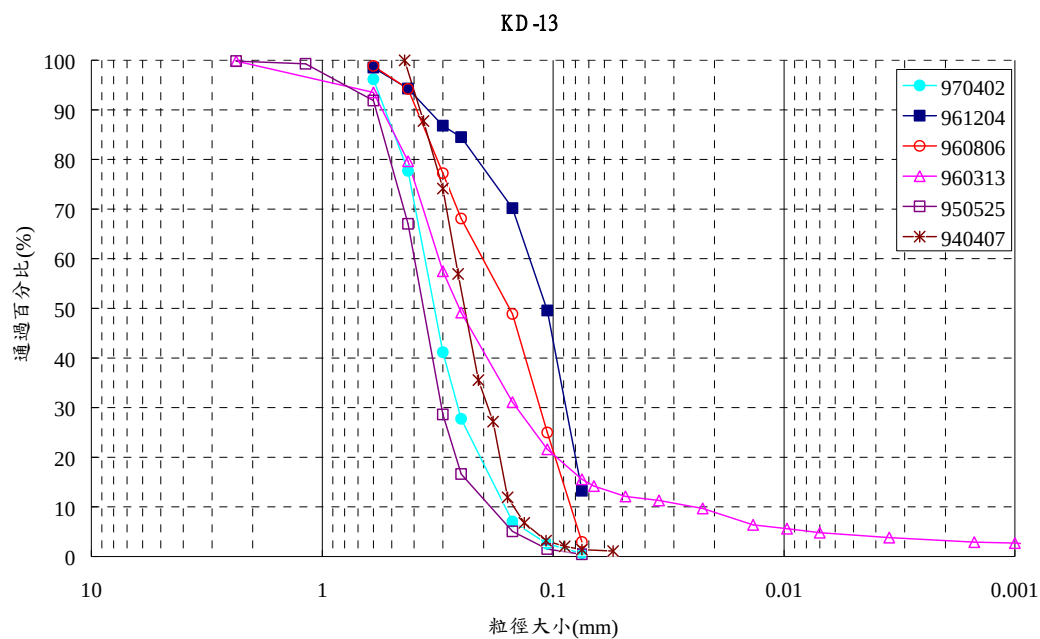


圖 3.19 2005-2008 淡水河底床質粒徑分析(編號 KD-13)

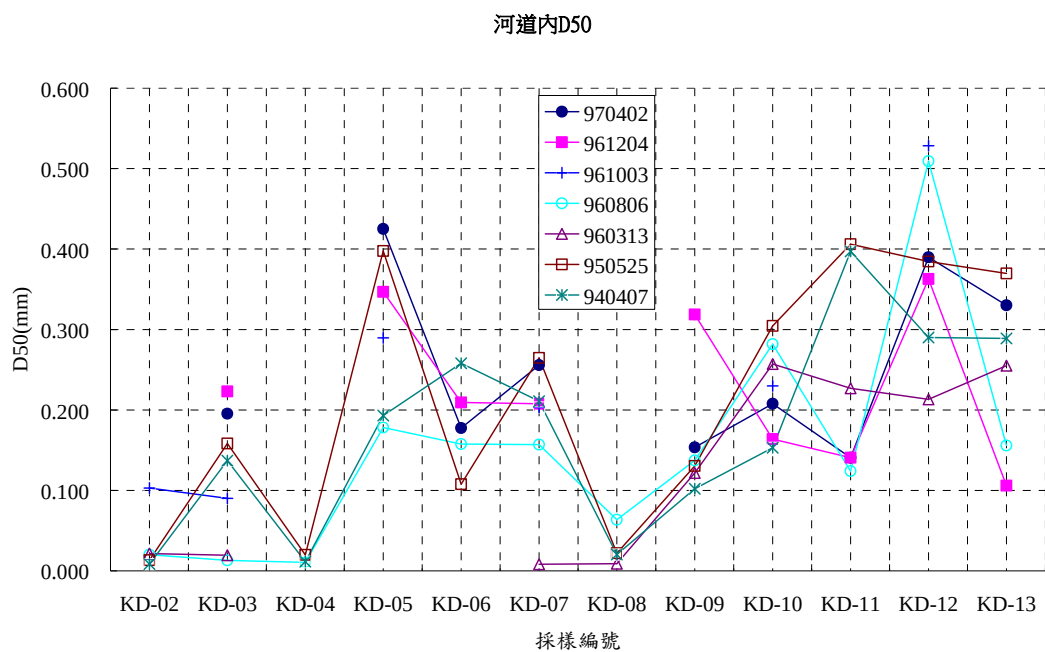


圖 3.20 淡水河各年度底床質之 D_{50}

圖 3.20 淡水河底床質各年度 D_{50} 比較圖 3.21 為淡水河口與臺北港附近沉積區之粒徑分布圖。由圖可知其沉積粒徑非常集中，原因為潮汐穩定往復篩選作用所致。由圖亦可看出公司田溪口之沉積物粒徑較淡水河口南岸六處樣本為細，故淡水河口南岸之淤砂來自於北岸沿岸漂砂之機率低，主要應為淡水河系內之輸砂所供應。本研究將 2008 年初前後河道內沉積物粒徑套疊於河口沉積物粒徑曲線上，如圖 3.22。得知淡水河口之沉積粒徑較河道為粗，本流沉積粒徑由上游至下游依序分別由粗至細再到粗，此點由中值粒徑分布圖亦可得知。河口沉積粒徑與上游基隆河匯流點處附近之粒徑較為吻合。由圖 3.23 淡水河在不同時期之河道縱向(以取樣點名稱分別距河口遠近)粒徑分布比較，可知颱風期間河道底床質可能參雜上游粒徑，致使分布曲線範圍變大，且粒徑分布較無規律。

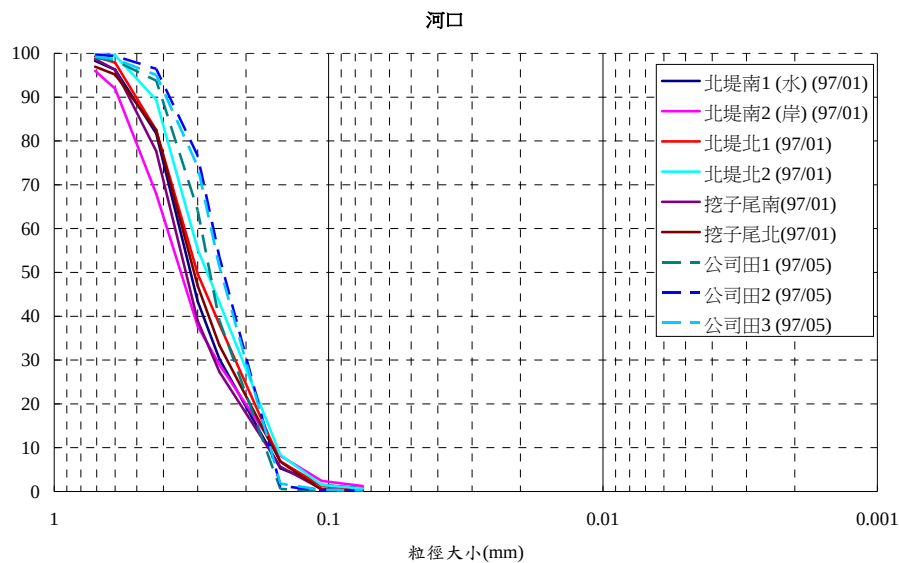


圖 3.21 淡水河口沉積區沉積物粒徑分析

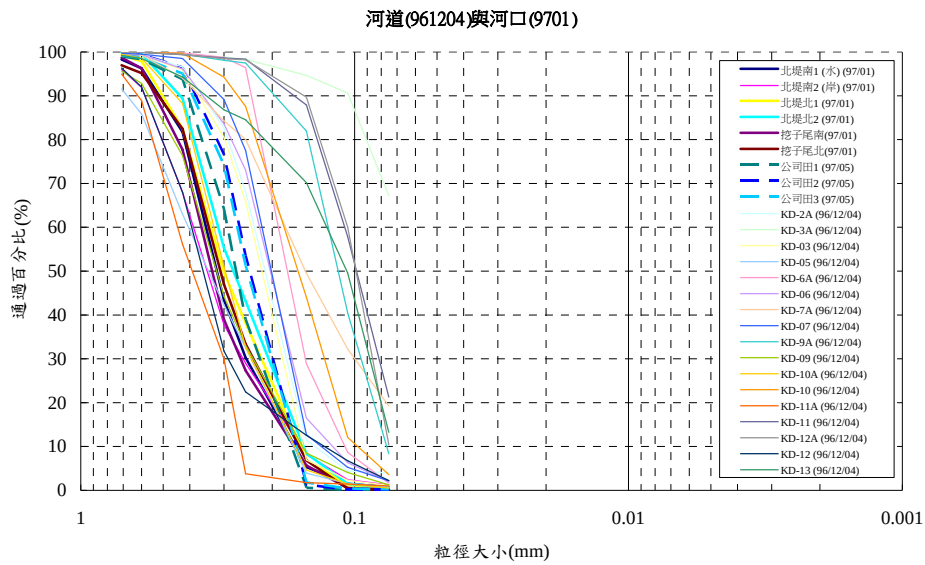


圖 3.22 淡水河口沉積區及河道內沉積物粒徑套疊

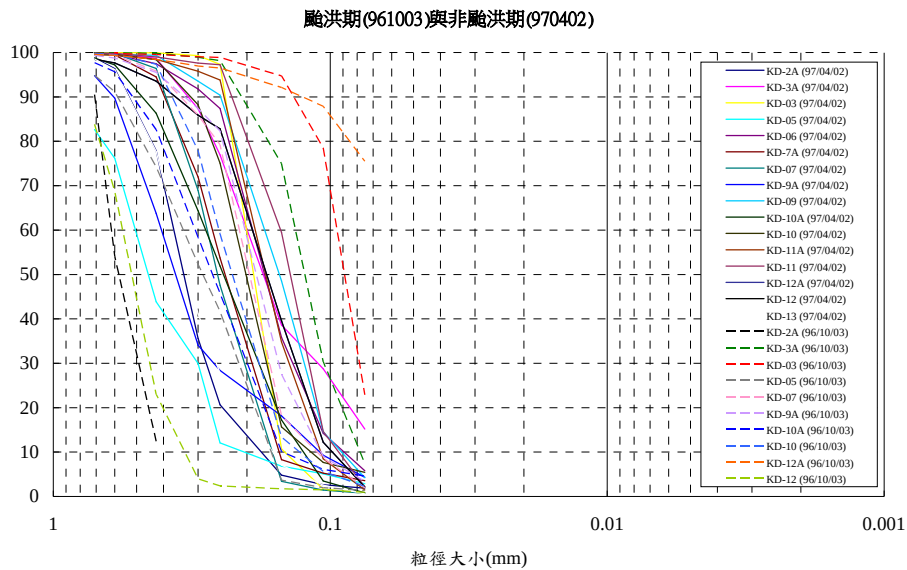


圖 3.23 淡水河床於不同時期沉積物粒徑之比較

由平均粒徑分布與沙丘分布之關係如圖 3.24 所示，可知沙丘之分布範圍與中砂粒徑之分布範圍重疊性高，主要在淡水渡船頭與河口間。

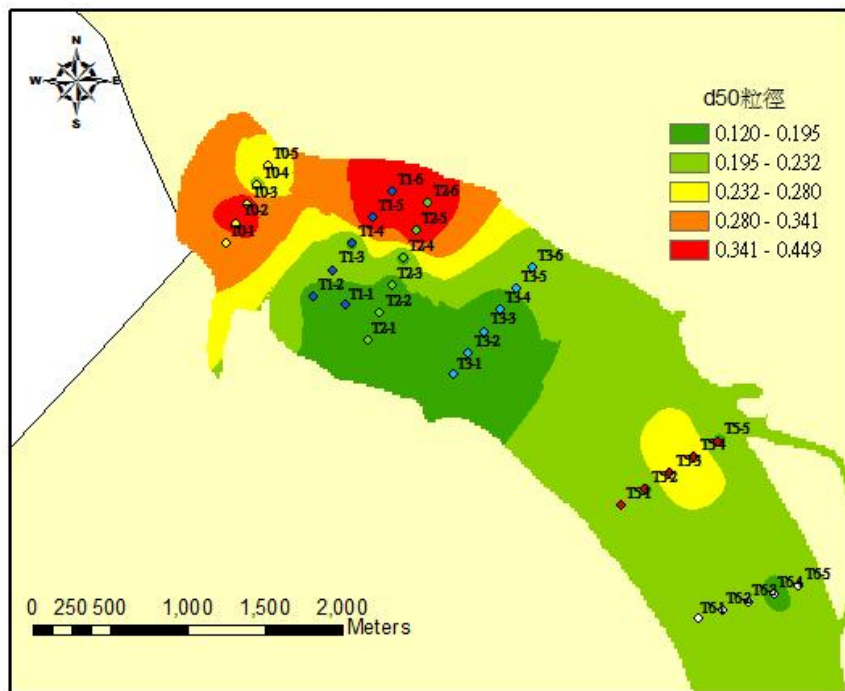


圖 3.24 2013/04 淡水河口底床沉積物粒徑分布

因取平均粒徑無法反映測點的不同粒徑分布，另以各粒徑所佔百分比來代表淡水河下游河床之粒徑分布如圖 3.25 所示。由圖可知較大粒徑顆粒仍來自上游斷面（KD-09）而非河口淤沙區。

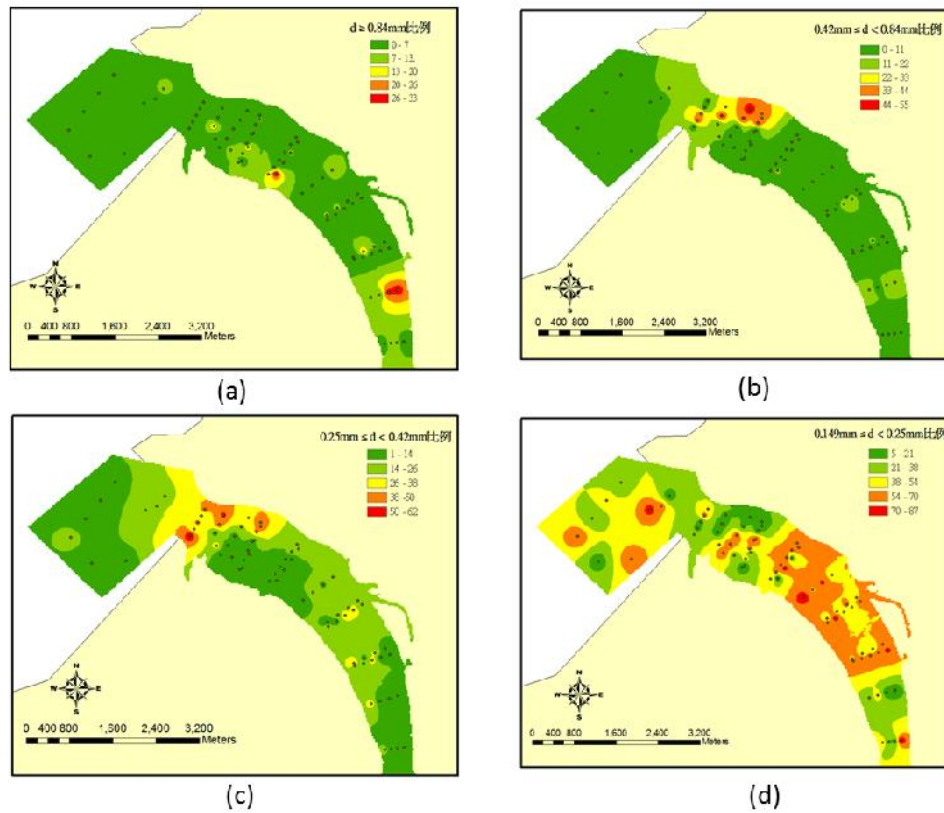


圖 3.25 2013/04 淡水河下游河床砂粒之粒徑分布 ($d > 0.145\text{ mm}$)

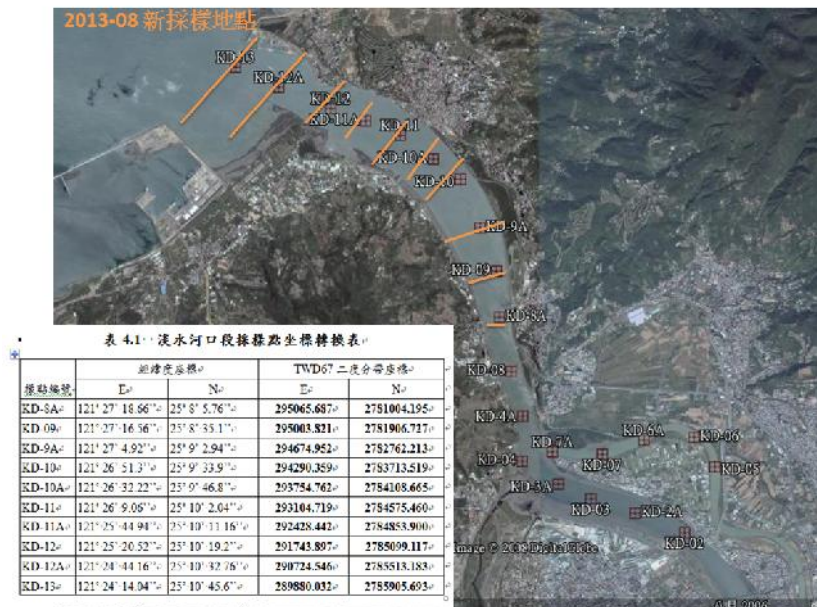


圖 3.26 2013/09 淡水河下游底質採樣點

為進一步了解粒徑分布與河口底床位置之關係，2013 年 9 月再次在淡水河下游至河口取河床質土樣，位置如圖 3.26 所示。此次採樣平均粒徑分布如圖 3.27 所示，結果與 2013/04 採樣相近，中砂粒徑較大者位於淡水渡船頭與河口間的右岸，八里左岸則有一處(KD-10)有較粗顆粒。淡水河下游河床質在 9 月採樣質有較 4 月粗化的趨勢，但較粗砂粒($d_{50}>0.345$ mm)之範圍反而縮小，與夏季水流量較大有關。

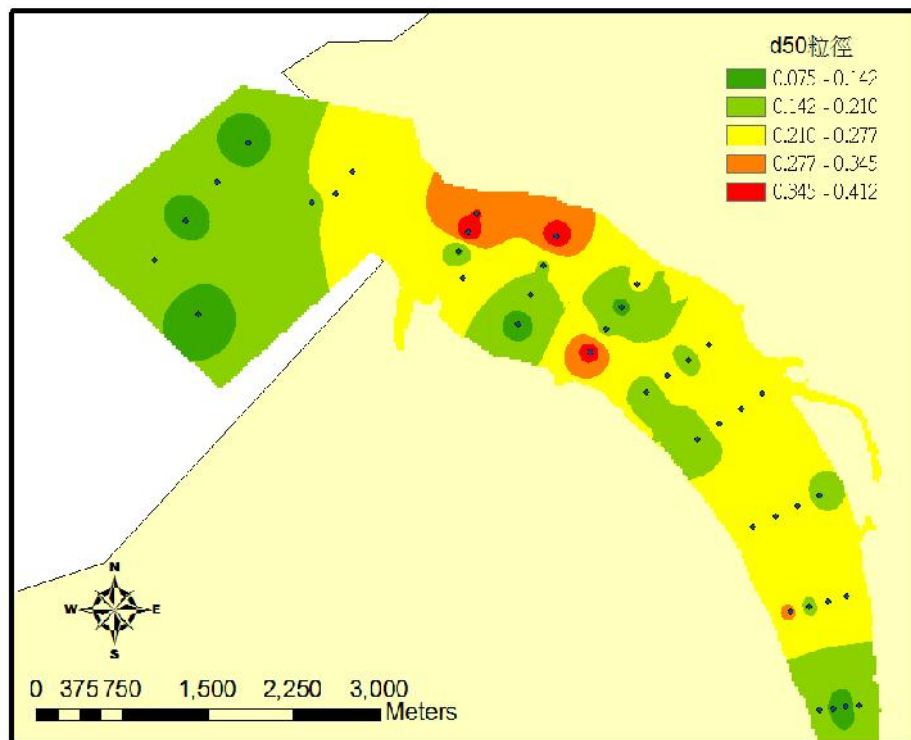


圖 3.27 2013/09 淡水河口底床沉積物粒徑分布

此次採樣再以各粒徑所佔百分比來代表淡水河下游河床之粒徑分布如圖 3.28 所示。由圖可知較大粒徑顆粒 ($d>0.42$ mm) 仍以來自較上游斷面 (KD-08A, KD-10) 而非河口淤沙區。

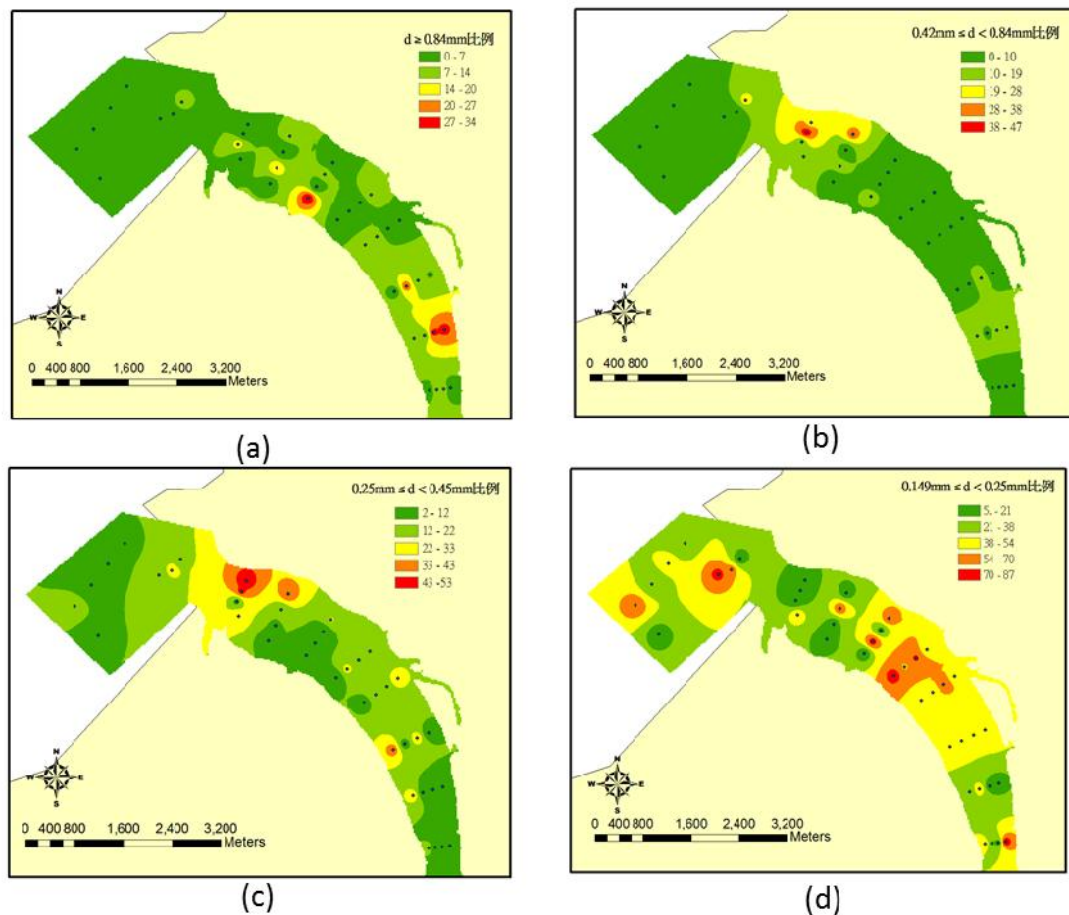


圖 3.28 2013/09 淡水河下游河床砂粒之粒徑分布($d > 0.145 \text{ mm}$)

3.3 河口區底床質之縱向分佈

根據本所在淡水河下游進行之底質採樣分析，圖 3.29 與圖 3.30 為取樣點位置及其 D_{50} ，圖 3.31 與圖 3.32 則為各取樣點之底質粒徑分析。分析方法使用篩網震盪機，將沙樣烘乾後以搖篩機分離出不同粒徑組成，再分別稱重，得其重量分佈，至於較細的淤泥或底盤部份則利用德製 FRITSCH 雷射粒徑分析儀進行分析，其分析範圍為 $0.1 \sim 500 \mu\text{m}$ 。淡水河河口區底質粒徑由上游往下游方向粒徑逐漸增加，在測點 11 處達到最大，然後往外海方向逐漸減小。其中基隆河支流之底質粒徑較粗，可能是其上游沒有大型水庫攔阻，所以較粗顆粒能沿河沖流至下游地區；而淡水河上游之新店溪及大漢溪各有翡翠水庫及石門水庫攔阻主要沙源，能隨流流至下游者只有較細的水庫淤泥、及其它較小支流及颱風洪流所夾帶的較粗沙粒。測點 3 之粒徑主

成份與測點 1 及測點 2 相同，但可能受到附近排水溝排放污水沙源影響，有部份較粗顆粒成份出現，使 D_{50} 值偏大。測點 4 位於兩支流匯集處，附近水域較寬水深深達 16 米，或許是因水勢在此突然變緩，細顆粒較容易在此區域沉澱淤積，作業時測得較厚淤泥層。河口地區淤沙受到外海波浪的自然篩選作用，在測點 11 處出現最大粒徑，並向外海方向逐漸減小。

上述分析顯示淡水河下游至河口前其底質大都為淤泥，如 KD-01 之粒徑範圍由 $0.05\sim 50\mu\text{m}$ ， $D_{50}=11.4\mu\text{m}$ ，主要成份為沉泥與部份黏土；而位於基隆河的測點 KD-05 其粒徑範圍由 $13\sim 500\mu\text{m}$ ， $D_{50}=193\mu\text{m}$ ，主要成份為沙與部份沉泥，可見淡水河之主要較粗沙源來自基隆河。

淤泥由於其黏滯性屬於塑性流體又稱為 Bingham 流體，Odd and Rodger (1986)認為淤泥的降服應力(yield stress)大約為 0.1N/m^2 ，Caldwell and Babbitt (1941)認為該流體在層流段為塑性流(plastic flow)；亂流段則趨向於牛頓黏性流體，亦即在亂流時，慣性力之作用遠大於塑性剪力之作用。由層流到亂流之轉變段，其外觀雷諾茲數之下限為 2,000，上限為 3,000。Chou (1958)則認為含水量是影響淤泥流動的主要因子，當含水量大於限界含水量(其試驗結果為 96%)時，淤泥為牛頓流體，而當含水量小於此限界值時則為塑性流體。他也認為 Caldwell 所提出淤泥在亂流時為黏性牛頓流體，應在高速(Caldwell 試驗速度最大約 11m/sec)、完全亂流時才能成立。在正常流速下，因降服應力及塑性黏滯力之作用，其邊界層較牛頓流體為厚。

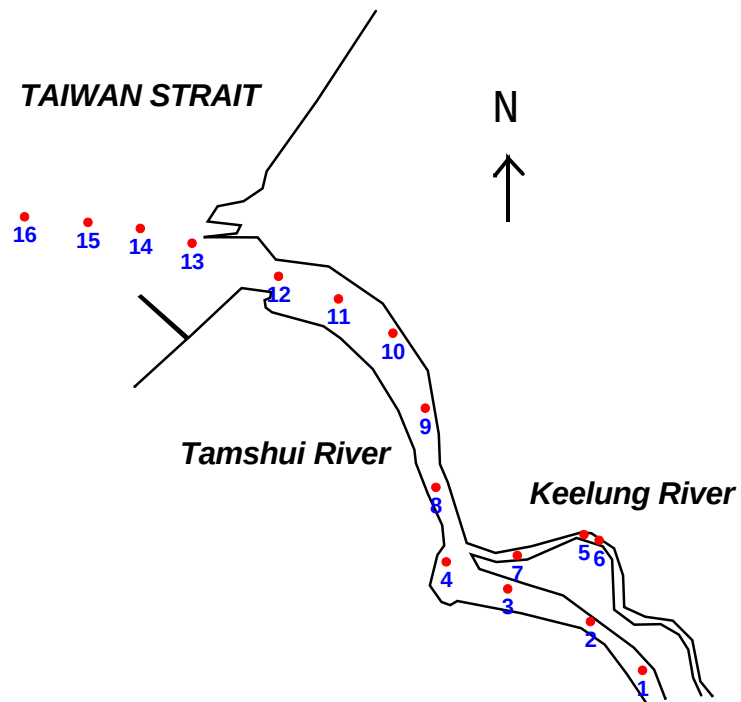


圖 3.29 底質採樣分析測點位置示意圖

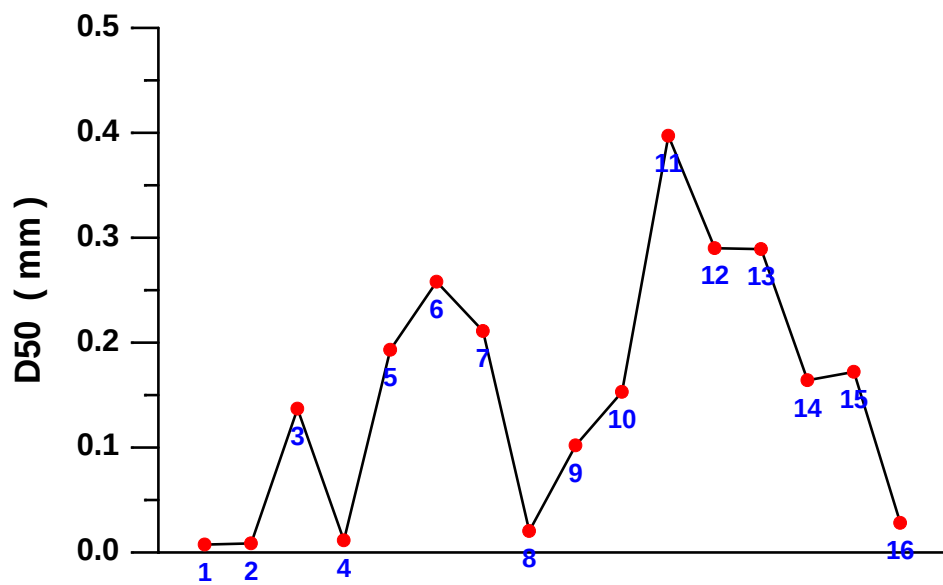


圖 3.30 各測點底質採樣粒徑分析結果

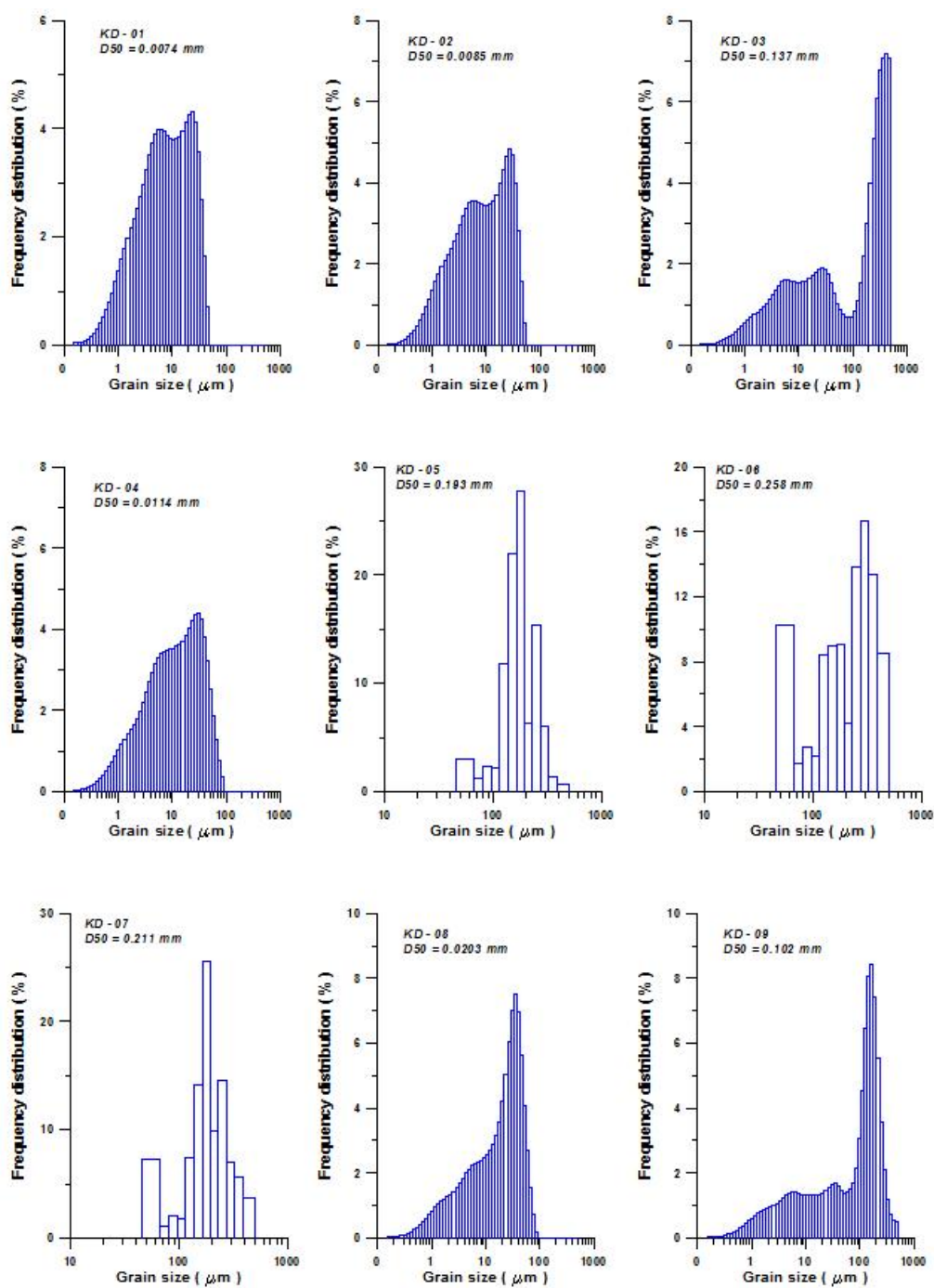


圖 3.31 測點 1 至測點 9 底質採樣之粒徑分佈

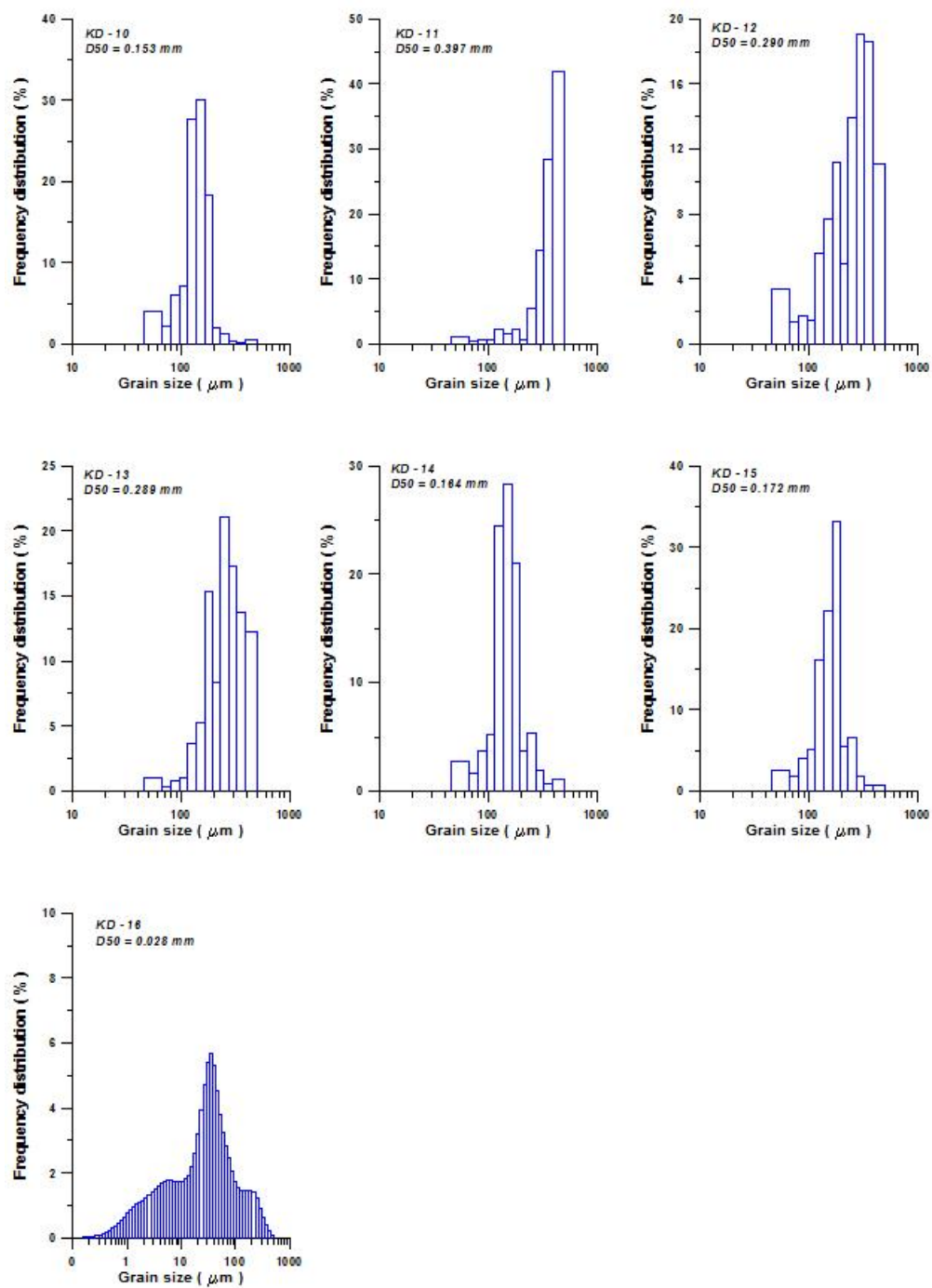


圖 3.32 測點 10 至測點 16 底質採樣之粒徑分佈

3.4 淡水河懸浮質觀測與分析

臺灣腹地狹小，地形陡峭，河流短促，雨量大都集中於夏季或颱風過境時，在水資源開發利用上，常在主要河川上游建水庫以調配流量或抑減洪峰。另一方面，由於上游集水區水土保持不良、山坡地過度開發等因素，致大量泥沙崩落河道內。雖然上游攔砂埧能攔阻大部份較粗的卵石顆粒，但細沙、沉泥及粘土顆粒仍然以懸浮狀態和水運行，輸送到河川下游，甚至河口或外海沉降成為淤泥。淡水河下游泥沙來自基隆河、新店溪及大漢溪，因基隆河上游沒有大型水庫攔阻較粗岩石砂礫，因此淡水河下游出海口底質成分可能包含粗砂到細泥。

底質沉積物由河川攜帶的懸浮質落淤底床，為進一步瞭解其懸浮質特性，本研究利用粒徑分析儀分別在淡水河三個測點 A、B、C 進行現場觀測，圖 3.33 為測點位置。測站 A 位於關渡橋下游 150m，座標 N 25° 7.691' S 121° 27.423'；測站 B 位於基隆河，座標 N 25° 6.594' S 121° 28.278'；測站 C 位於淡水河較上游處，座標 N 25° 5.786' S 121° 29.557'。現場觀測時將監測器由水面移動至底床附近，分別在各不同深度間隔 0.5m~1m 處停留並以 1Hz 速度攝取約 30 張 H7.2 x W9.6 x D2.2 mm 的影像，由於是現場觀測，水為流動狀態，每張影像圖皆為不同時間。隨後以電腦將影像放大，解析其平均粒徑分佈並計算懸浮質濃度，可解析粒徑範圍 10 μ m~5mm。圖 3.34(a)~(i)、圖 3.35(a)~(d)及圖 3.36(a)~(g)，分別為測站 A、B、C 於不同水深之攝取影像與平均粒徑分佈，由於懸浮質中含有沉泥成份，具有黏滯性(cohesive)，因此容易形成膠結狀(aggregate settling)，例如在底床附近之影像中出現之大量大型不規則物體即可能為膠結體，而非個別沙粒，其在水中之傳輸特性不同於單純沙粒，於進行河川輸沙模擬時應特別注意。圖 3.37~3.39 則為各測站之 D_{50} 、 D_{max} 與 SS 水深變化，愈接近底床其顆粒粒徑愈大，懸浮質濃度也愈大，其中以位於基隆河測站 B 的粒徑最大，懸浮質濃度也較大。



圖 3.33 懸浮質觀測站測點位置

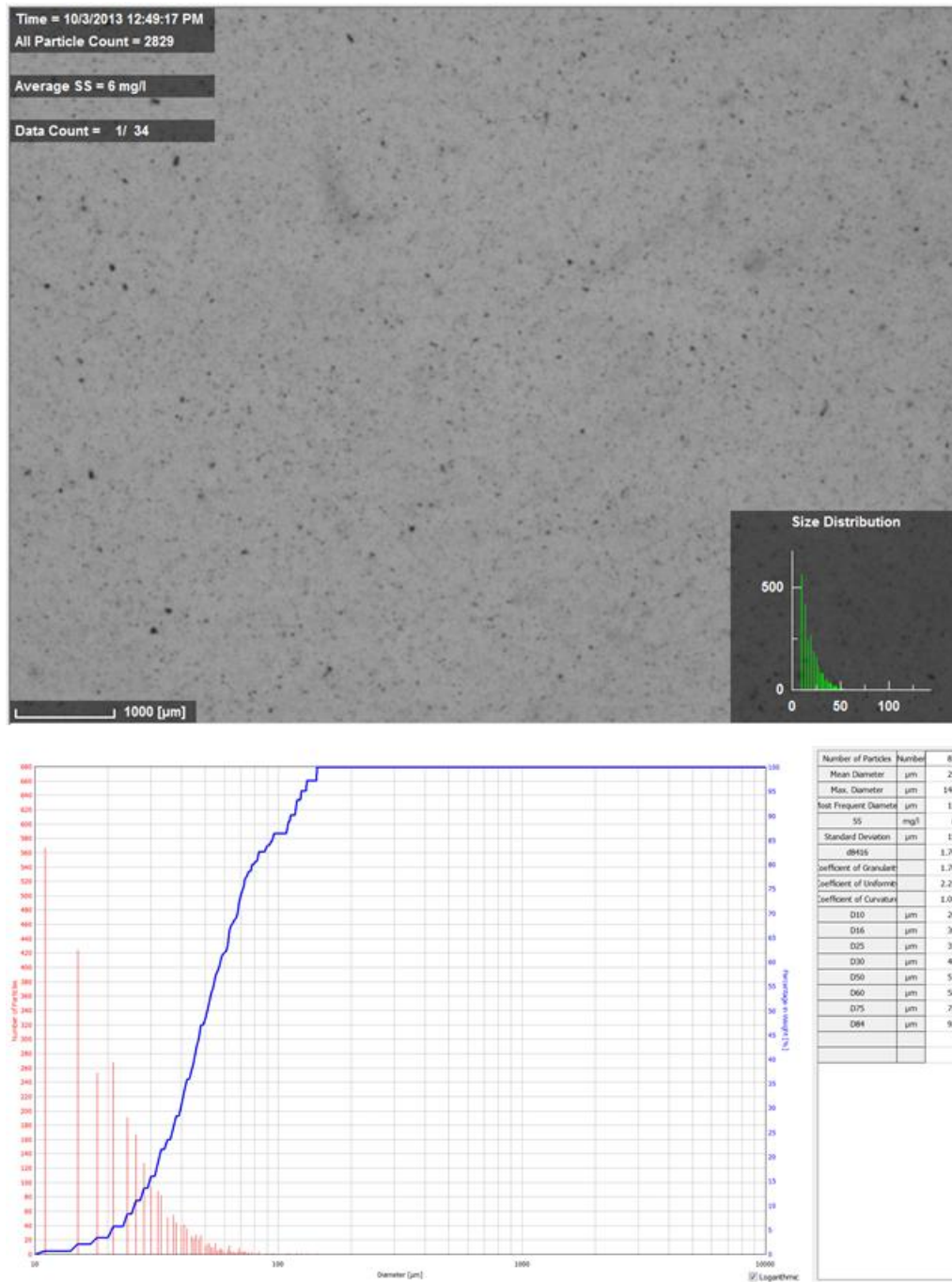


圖 3.34(a) 測站 A 水深 1m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

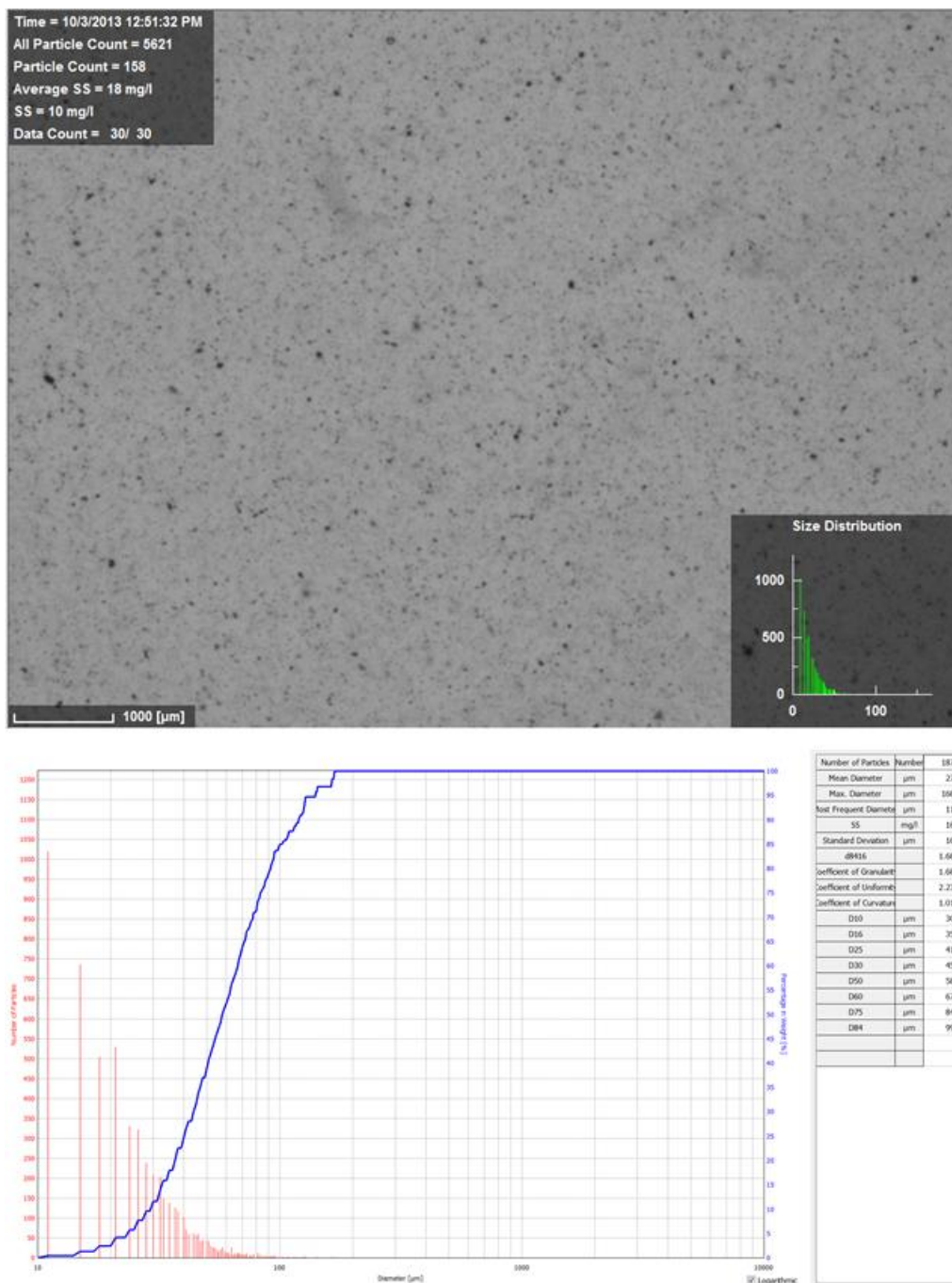


圖 3.34(b) 測站 A 水深 2m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

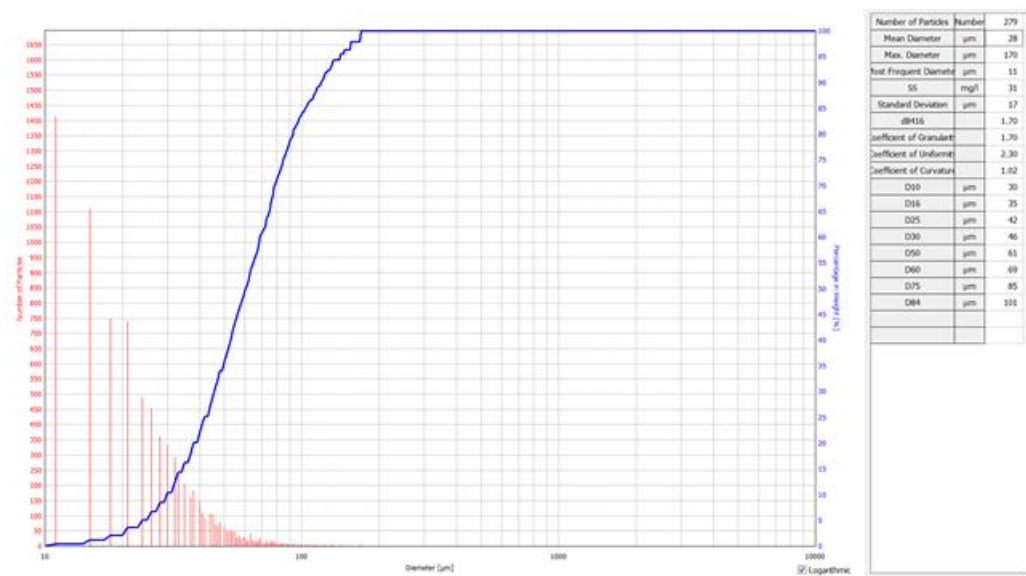
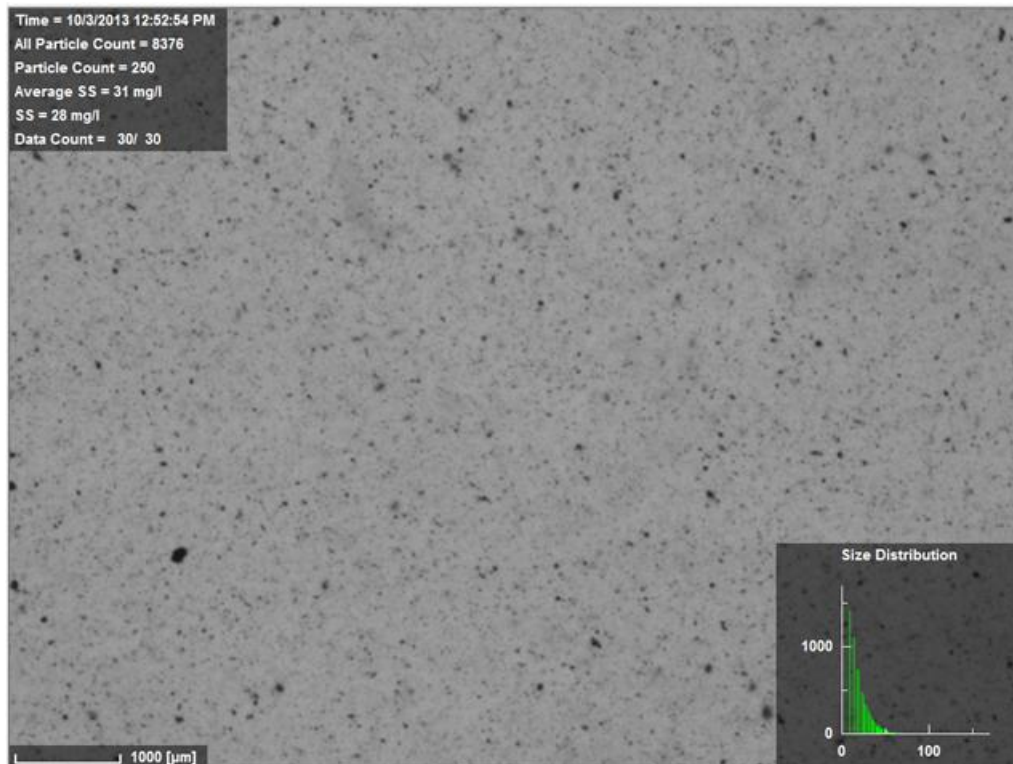


圖 3.34(c) 測站 A 水深 3m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

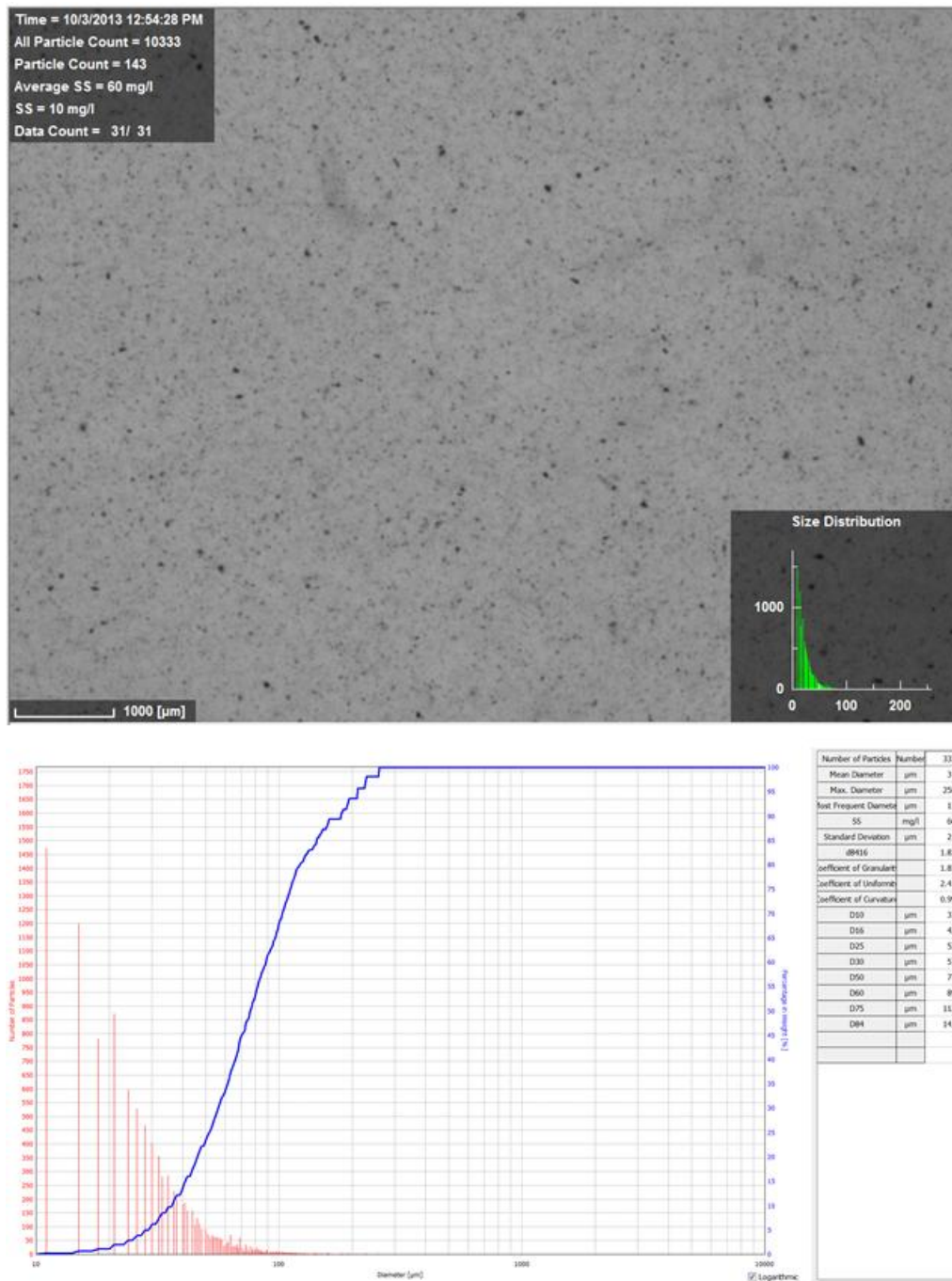


圖 3.34(d) 測站 A 水深 4m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

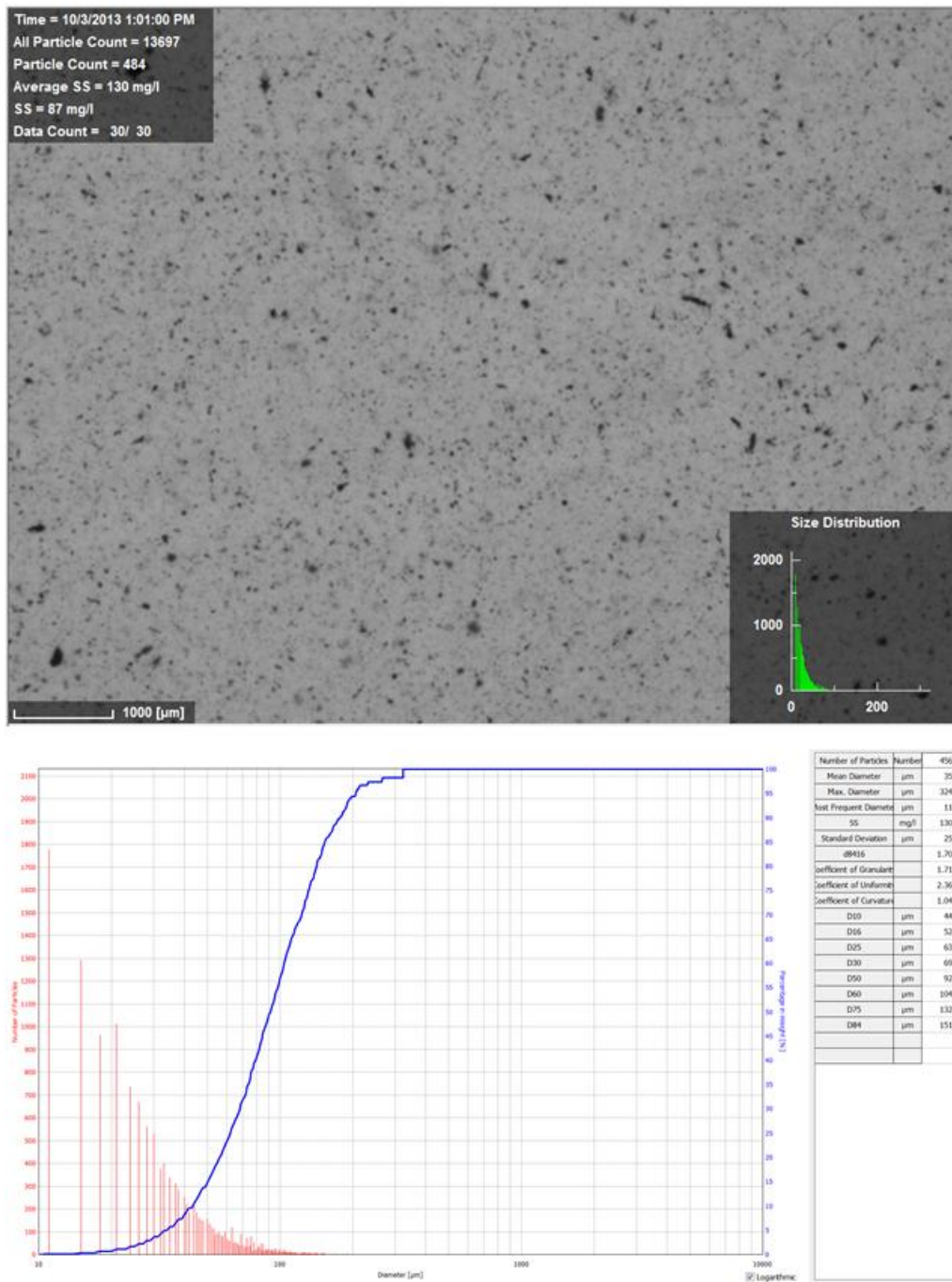


圖 3.34(e) 測站 A 水深 5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

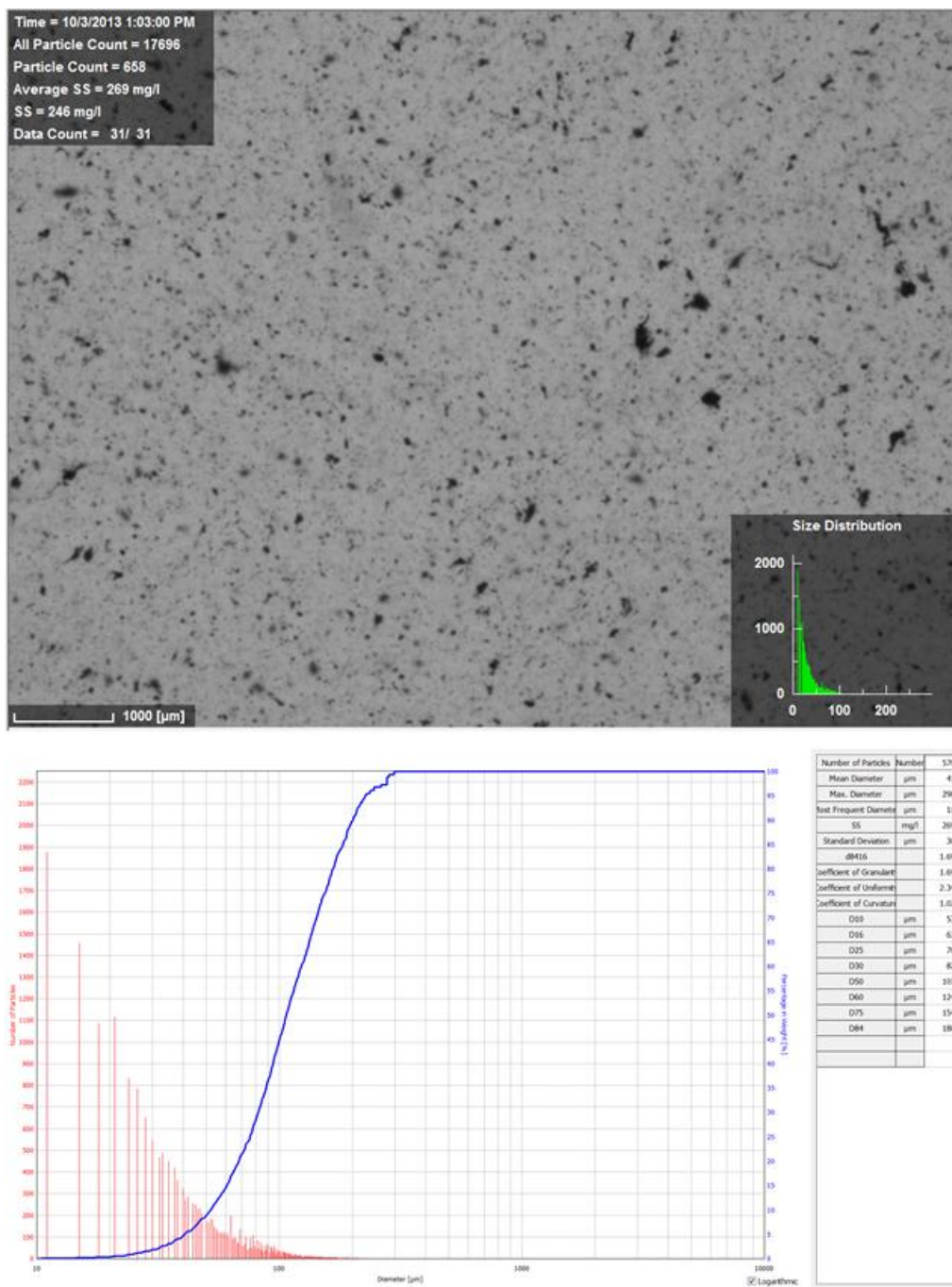


圖 3.34(f) 測站 A 水深 6m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

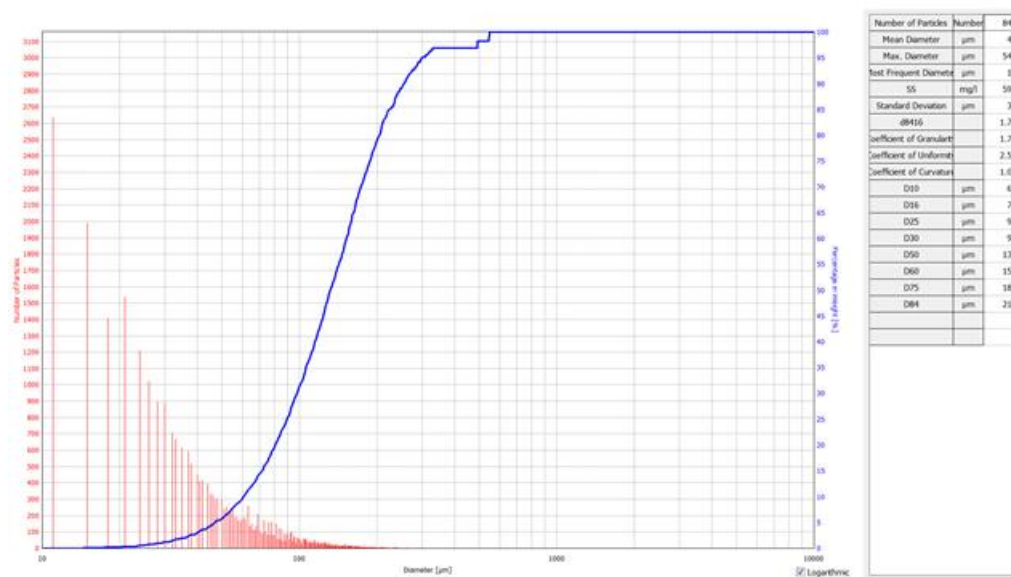
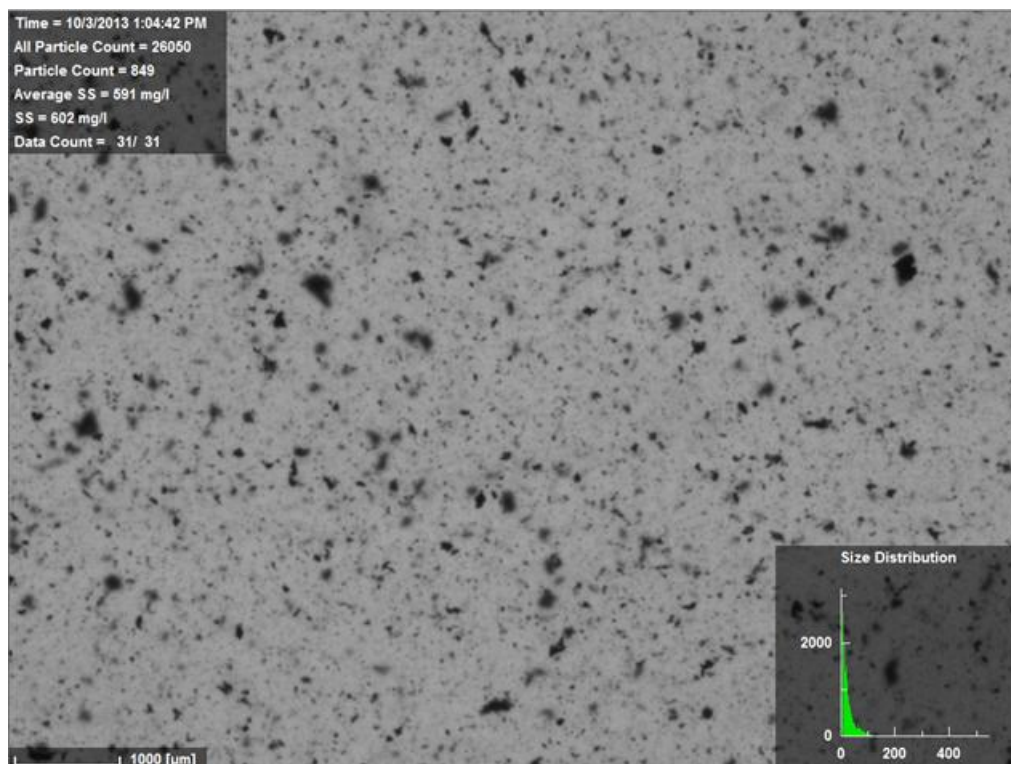


圖 3.34(g) 測站 A 水深 7m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

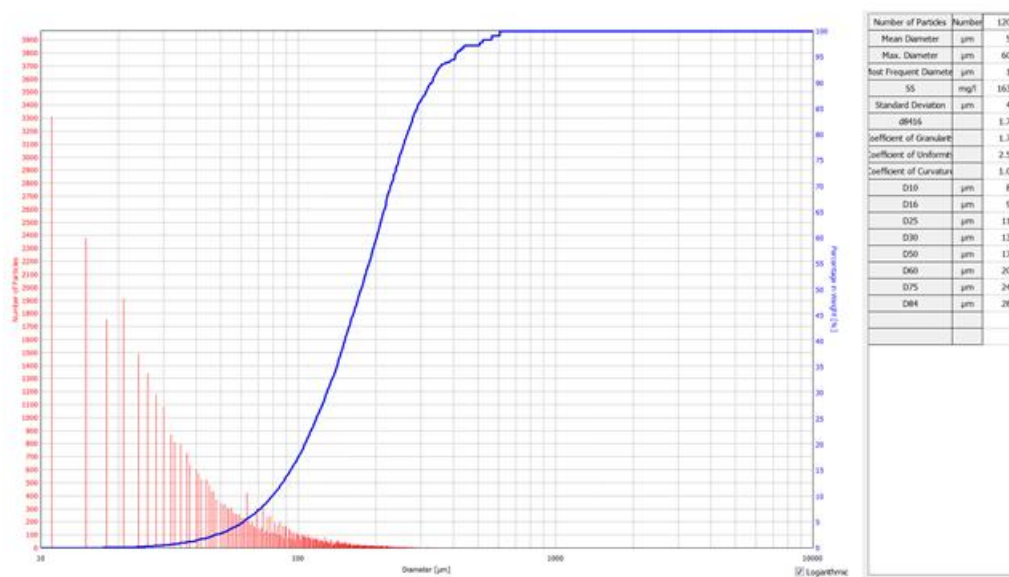
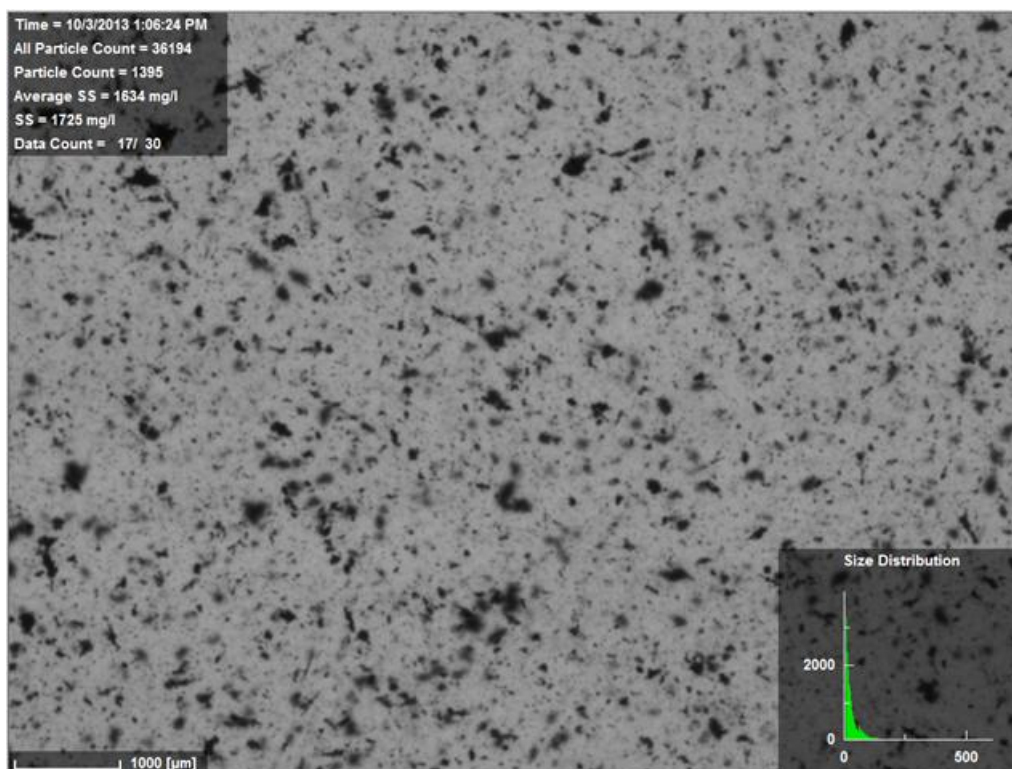


圖 3.34(h) 測站 A 水深 8m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

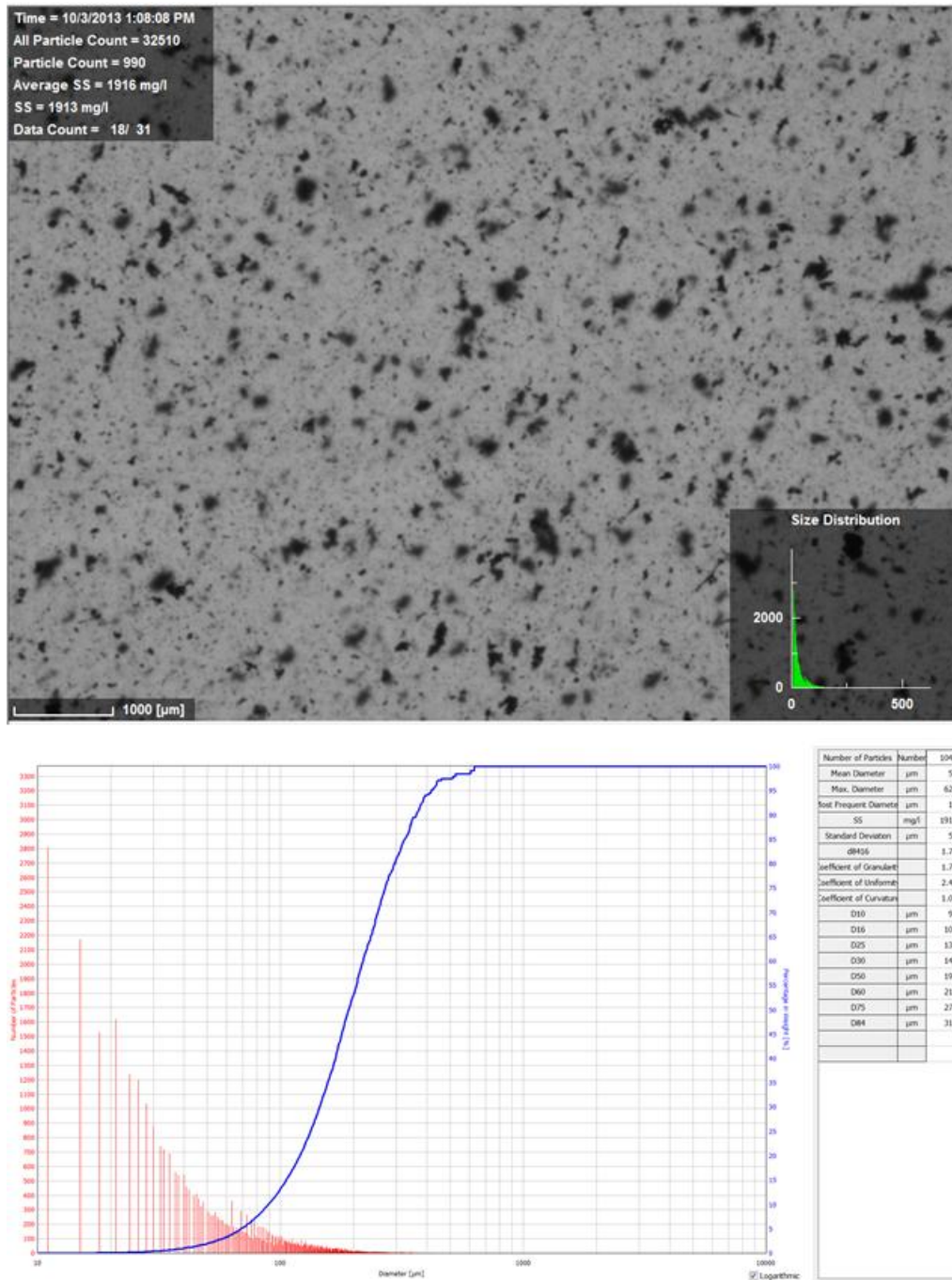


圖 3.34(i) 測站 A 水深 8.5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

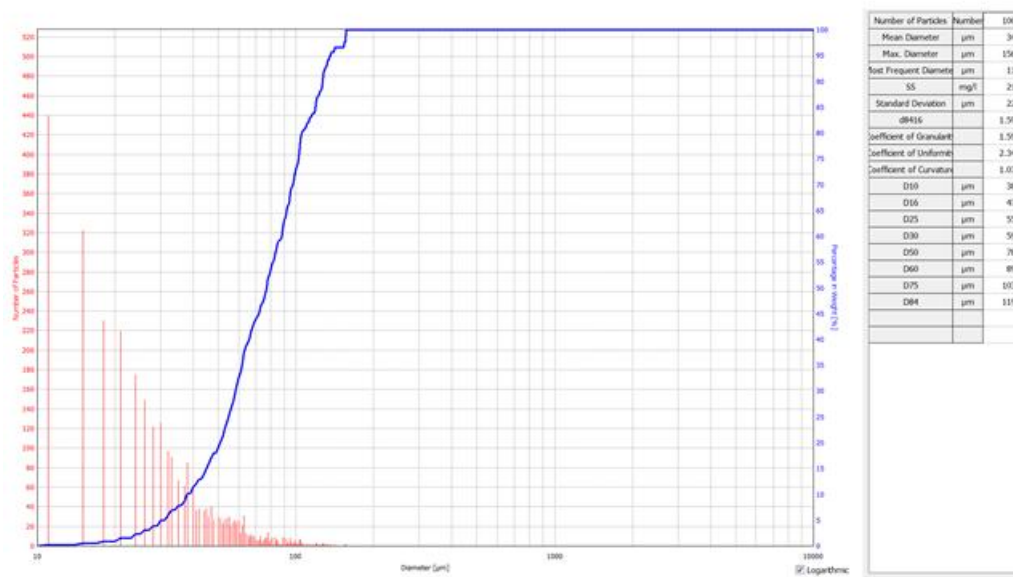
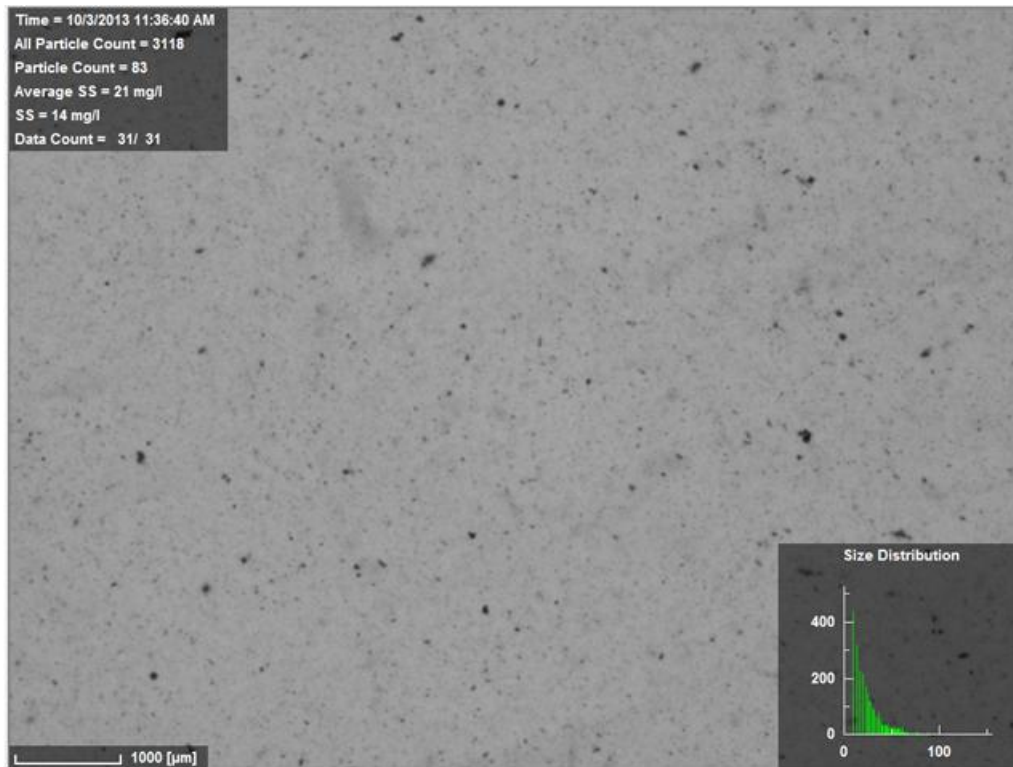


圖 3.35(a) 測站 B 水深 1m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

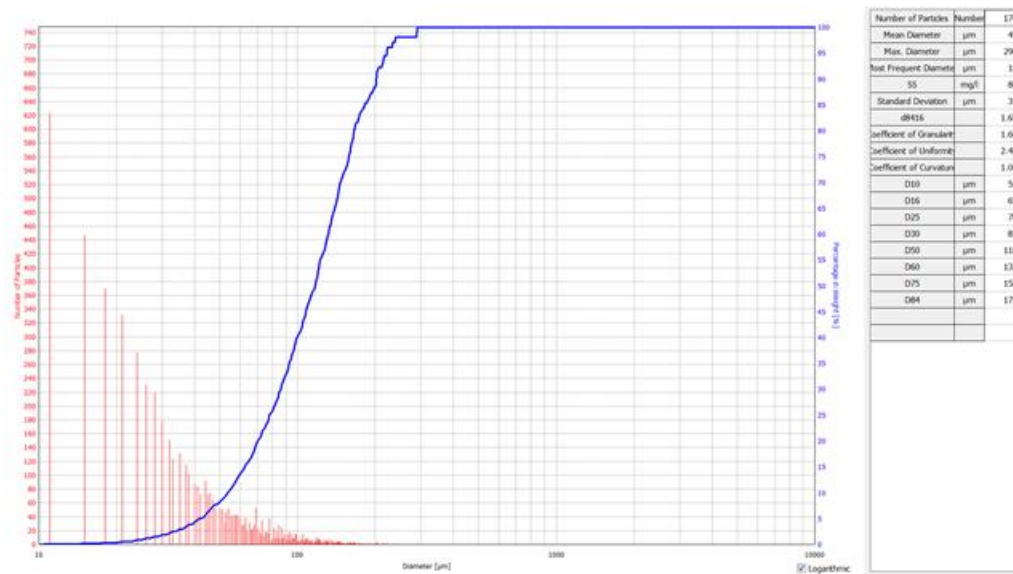
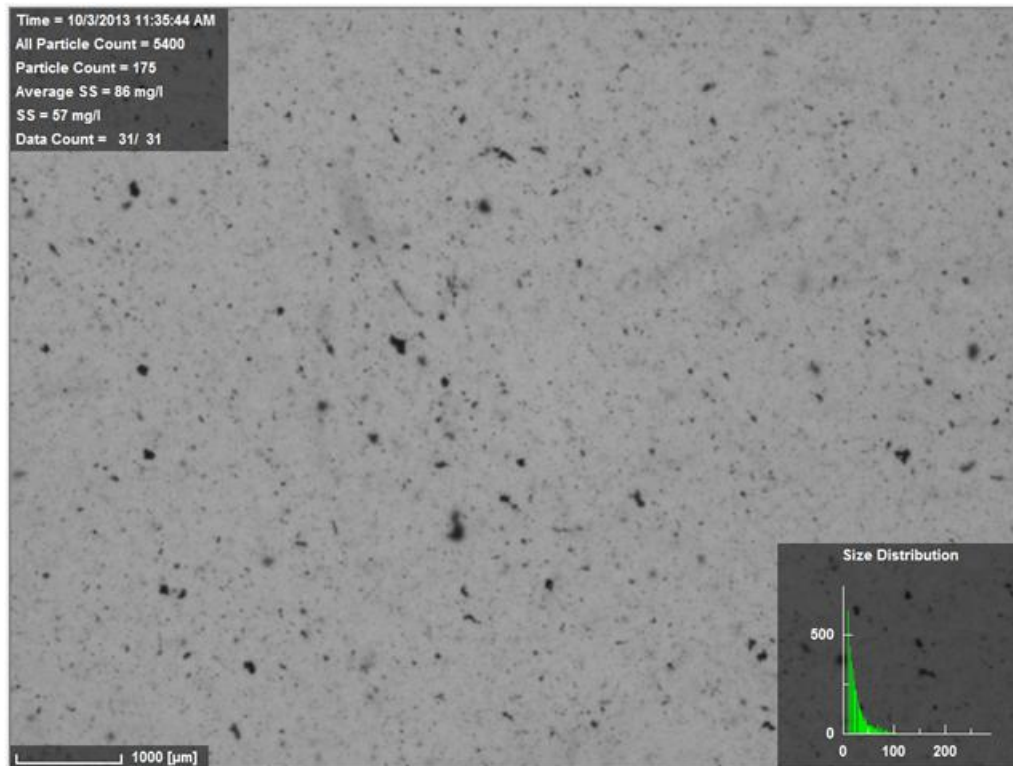


圖 3.35(b) 測站 B 水深 2.5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

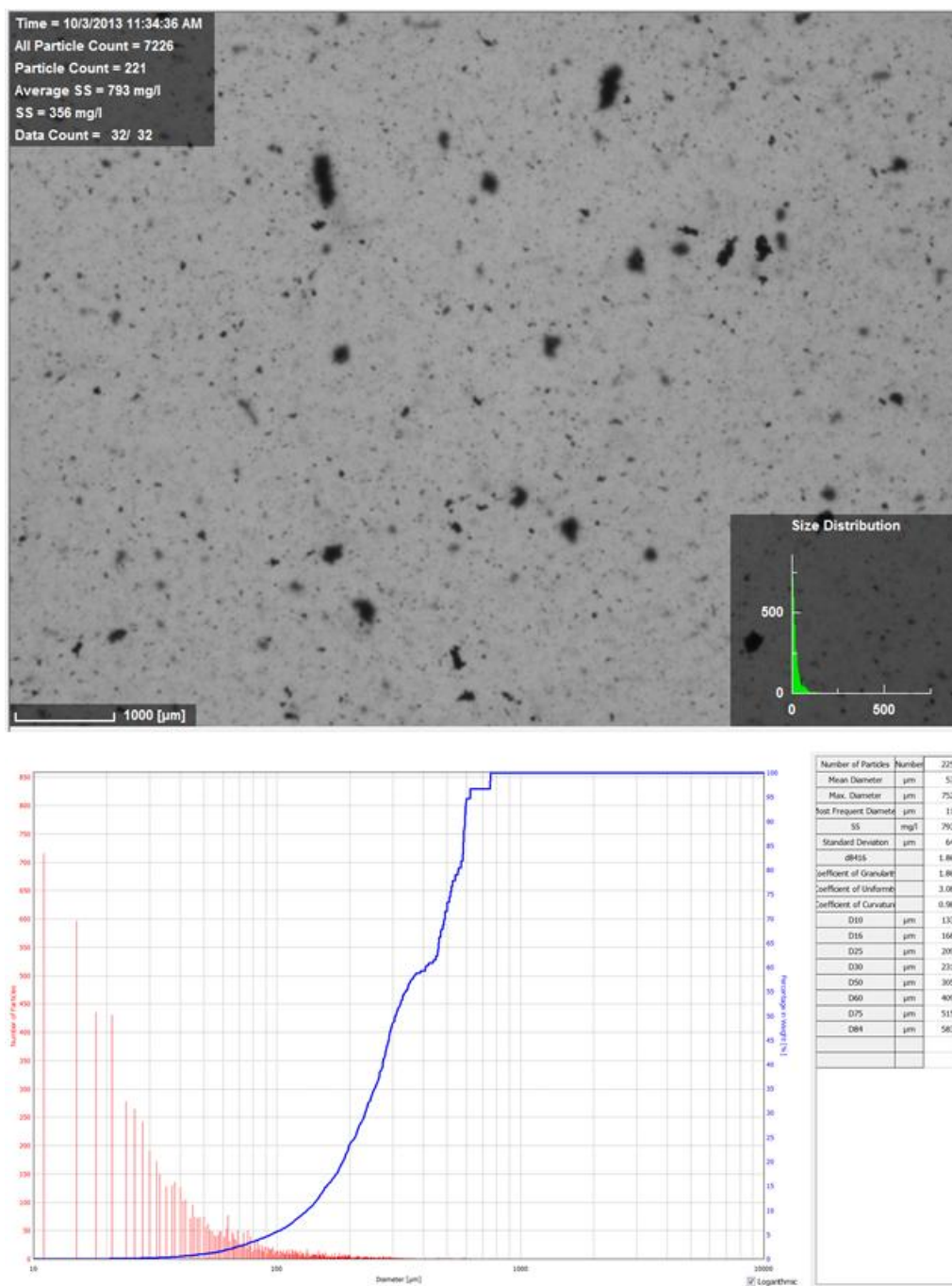


圖 3.35(c) 測站 B 水深 5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

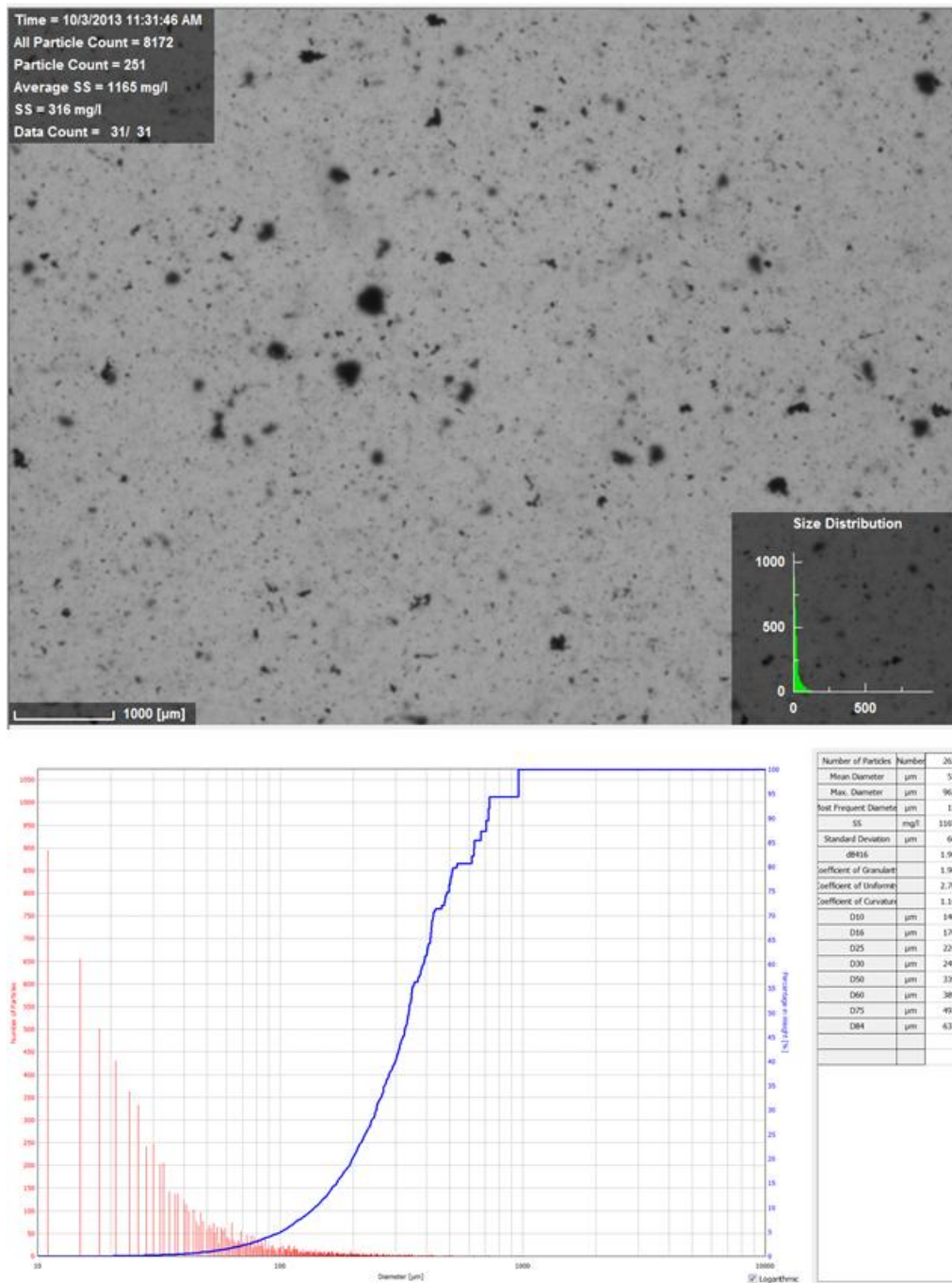


圖 3.35(d) 測站 B 水深 5.5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

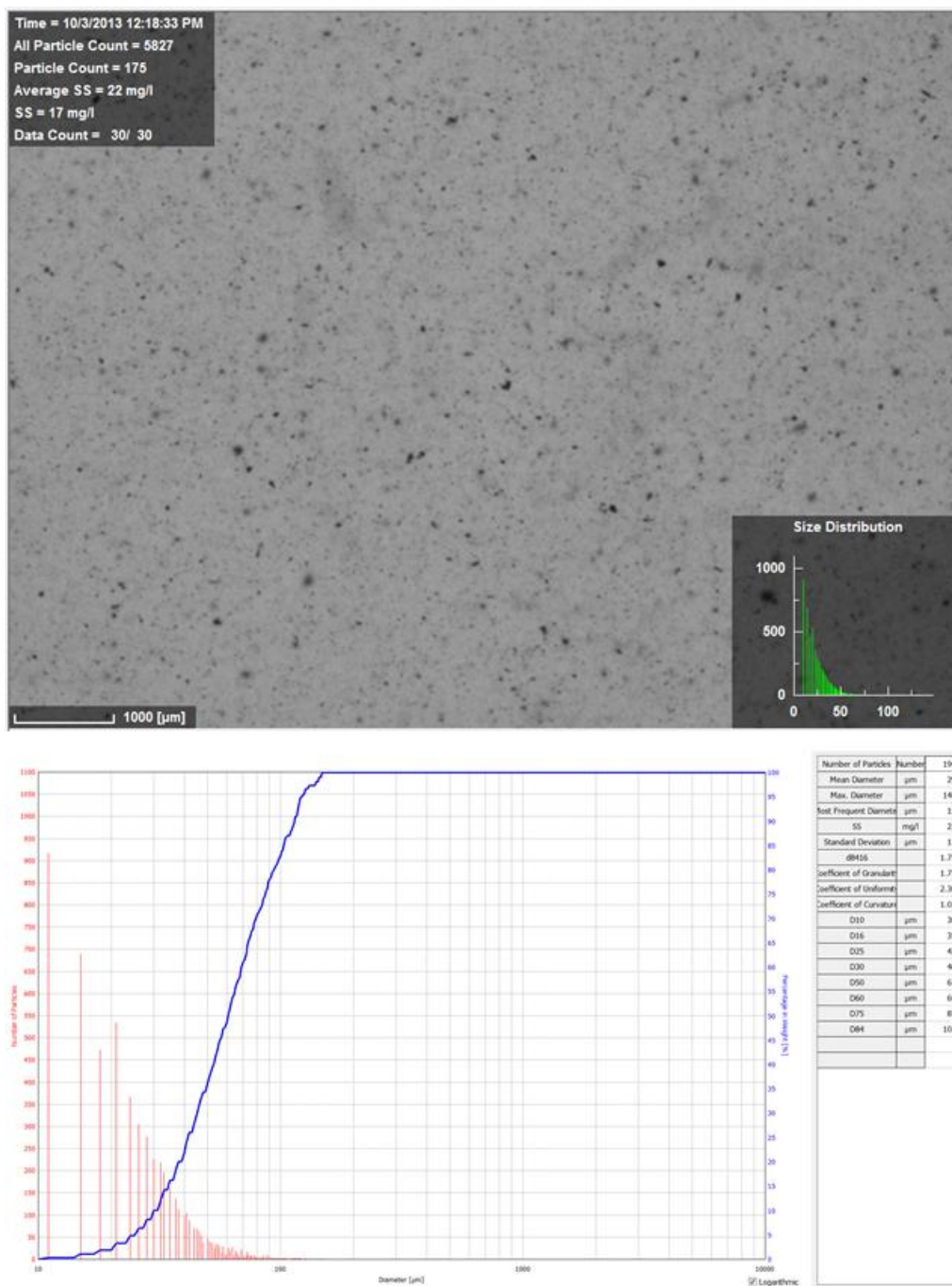


圖 3.36(a) 測站 C 水深 1m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

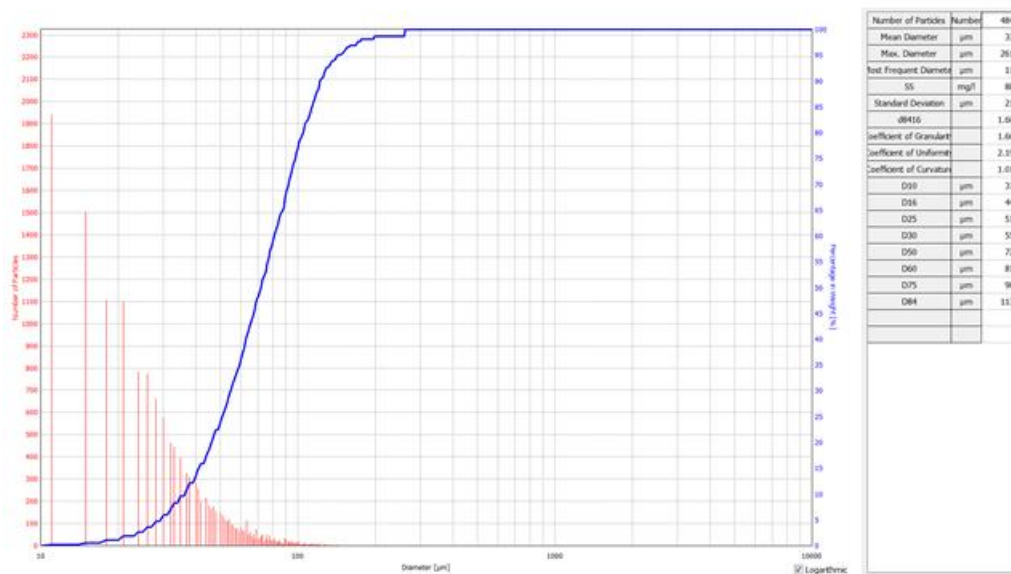
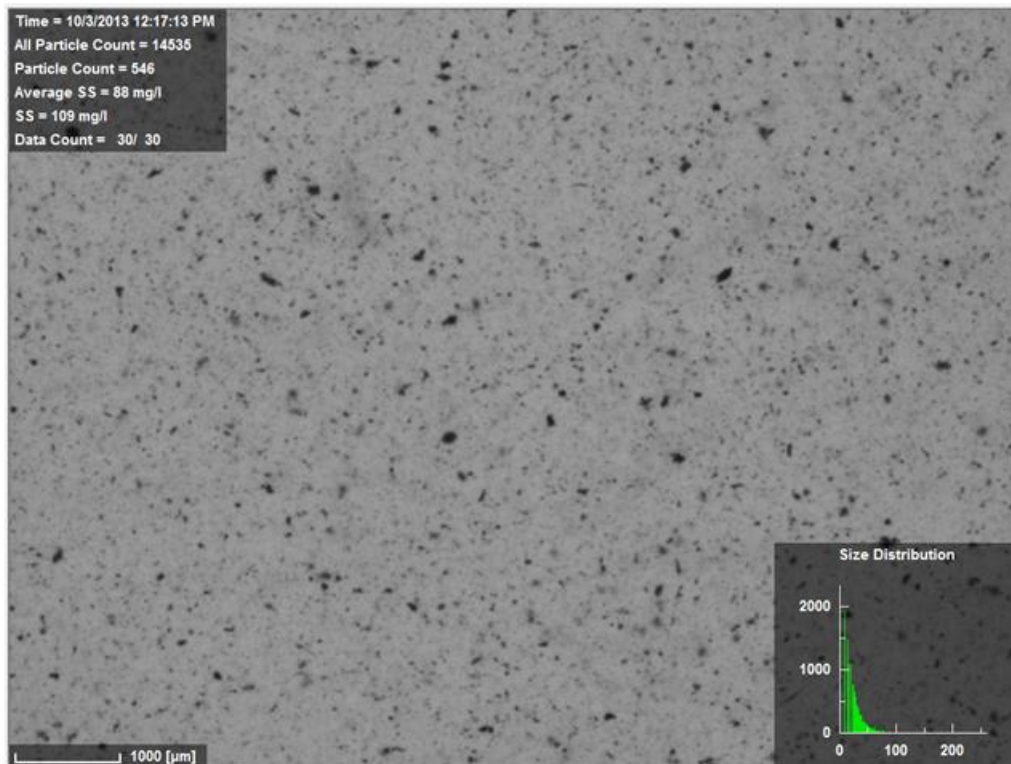


圖 3.36(b) 測站 C 水深 2m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

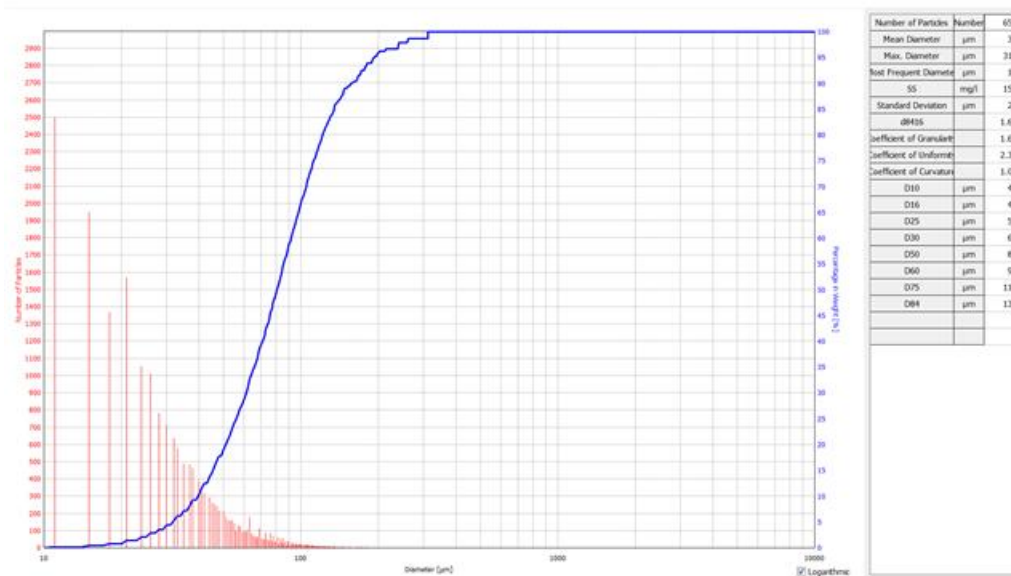
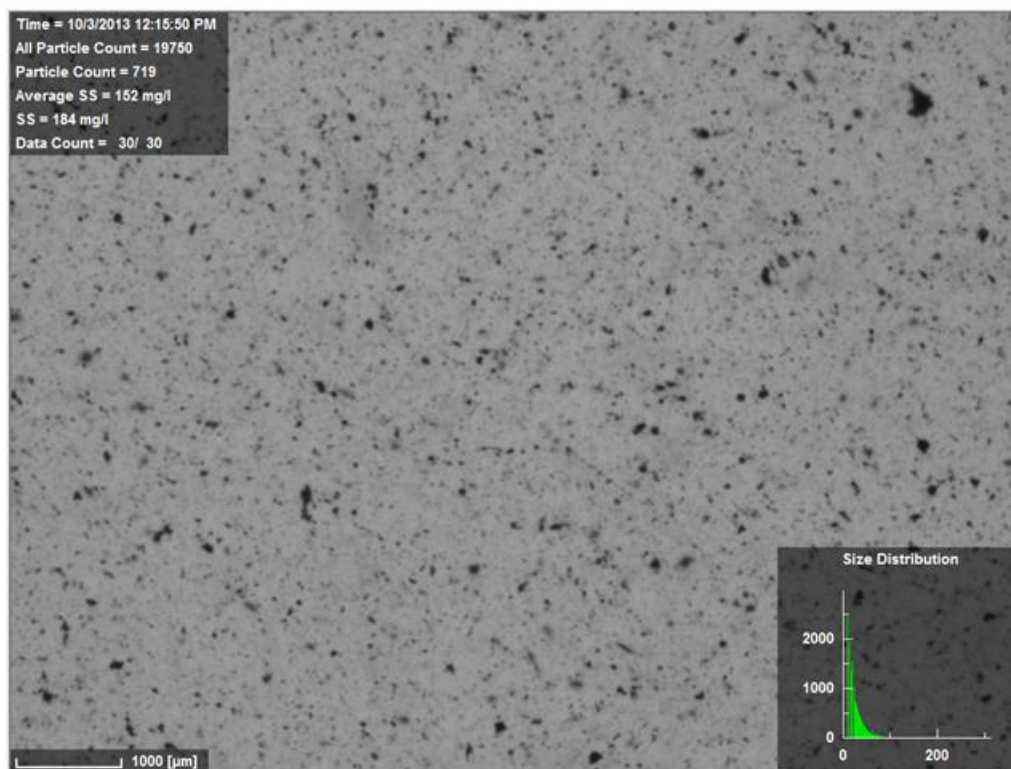


圖 3.36(c) 測站 C 水深 3m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

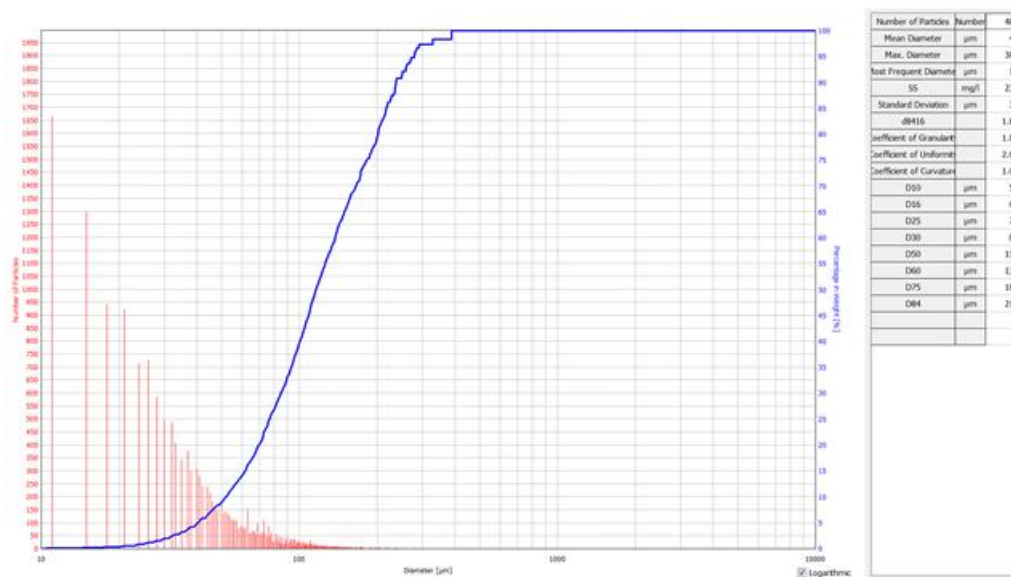
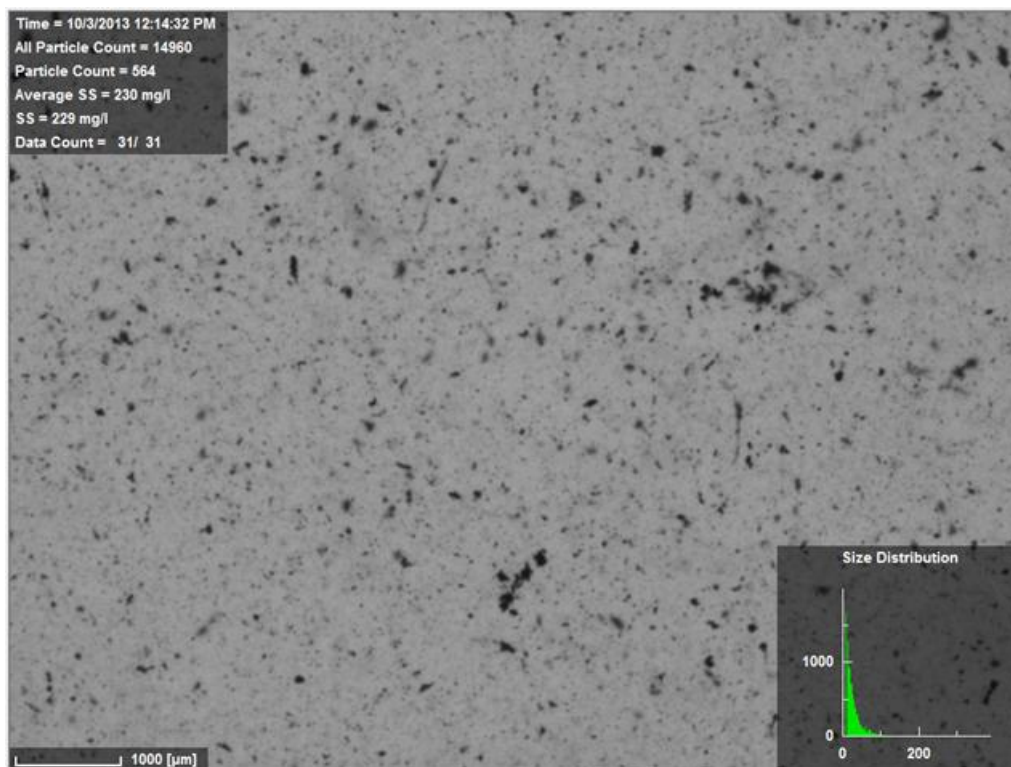


圖 3.36(d) 測站 C 水深 4m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

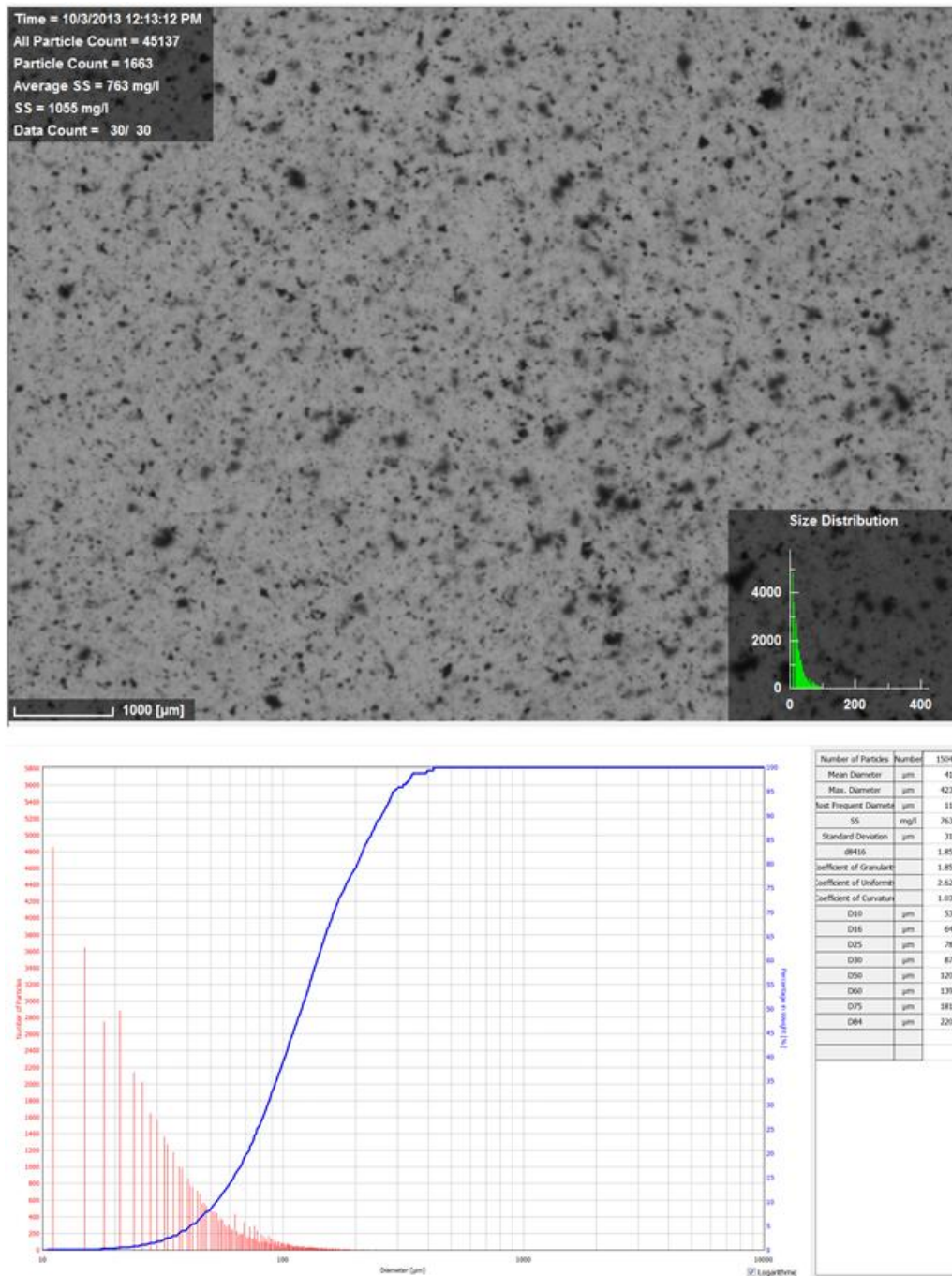


圖 3.36(e) 測站 C 水深 5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

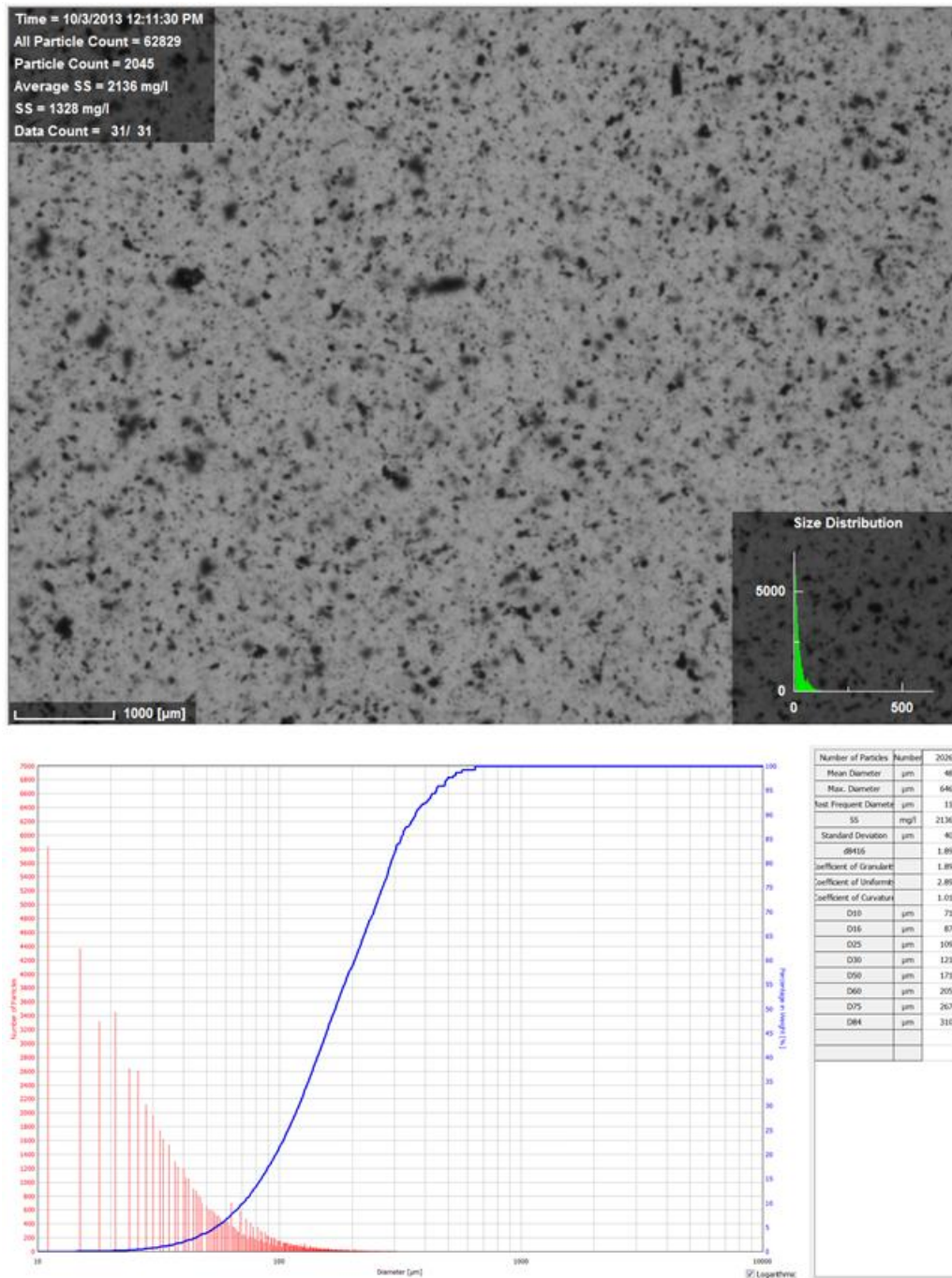


圖 3.36(f) 測站 C 水深 6m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

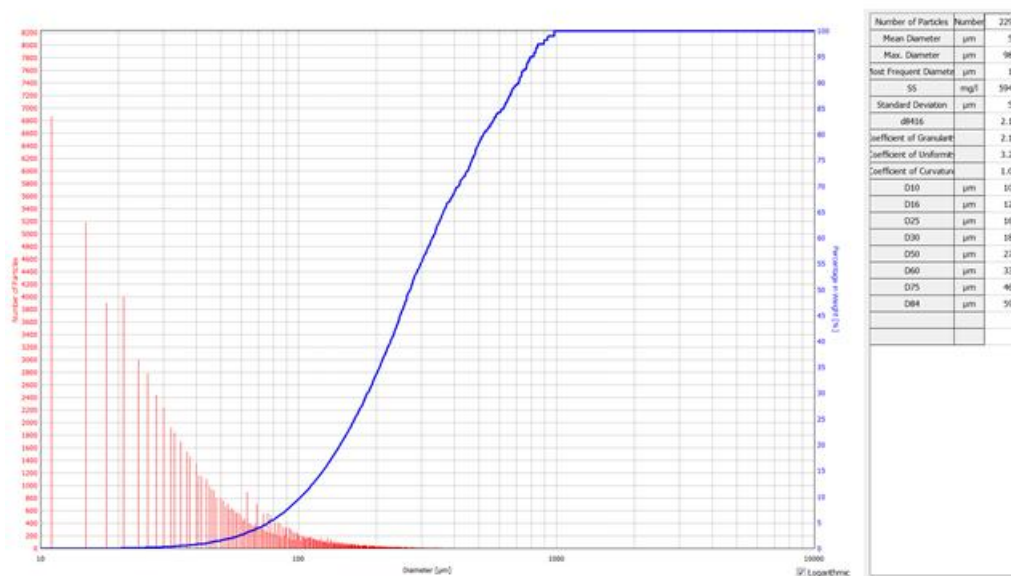
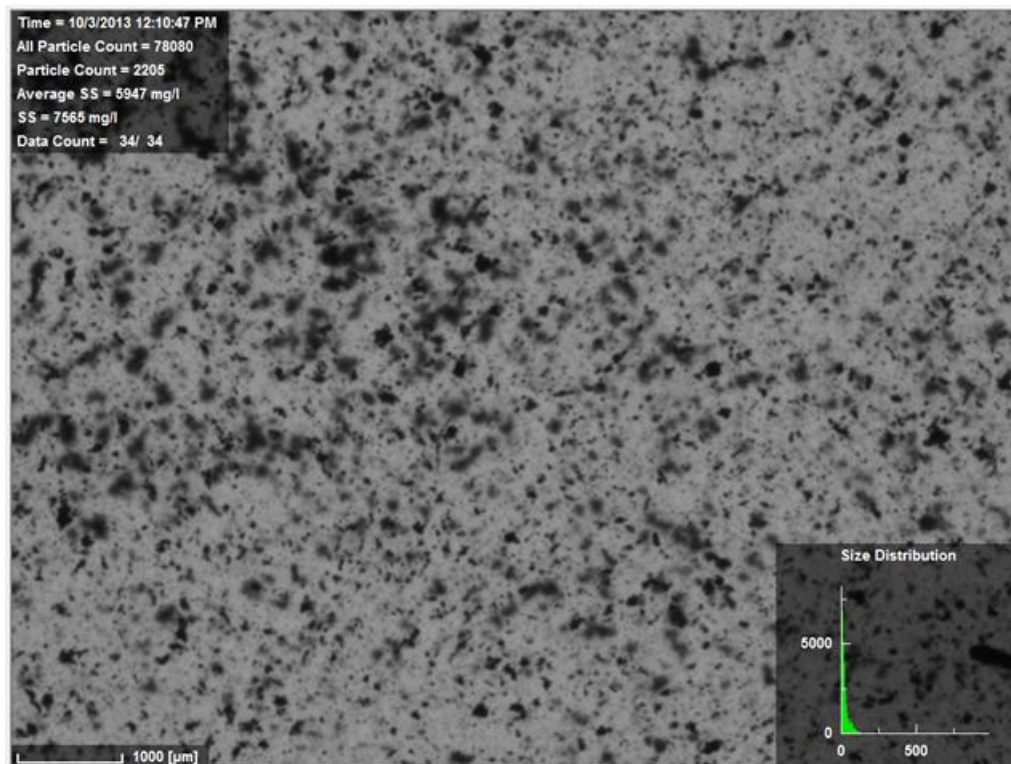


圖 3.36(g) 測站 C 水深 6.5m 之懸浮質影像與平均粒徑分佈

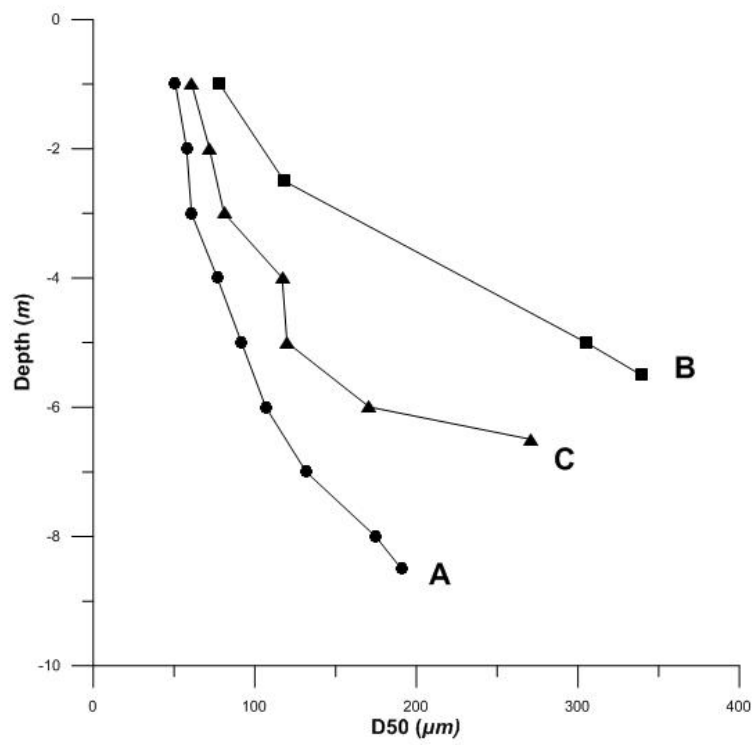


圖 3.37 各測站之 D_{50} 水深變化

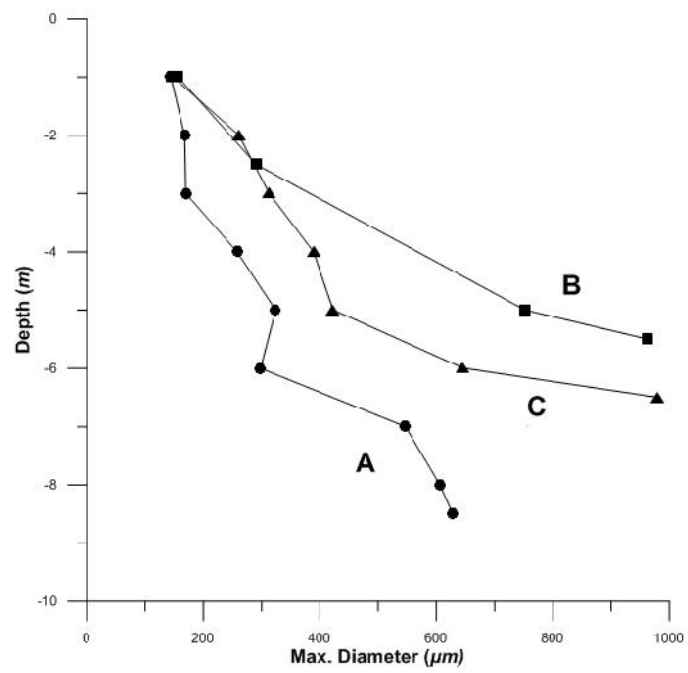


圖 3.38 各測站之 D_{max} 水深變化

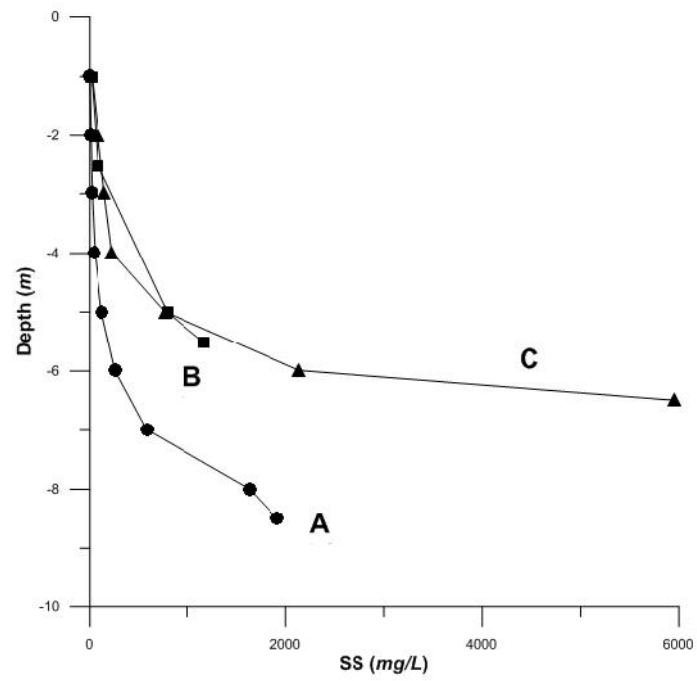


圖 3.39 各測站之 SS 水深變化

第四章 淡水河河口流場斷面觀測分析

2013年9月25-26日港研所分別在淡水河KD-8A、KD-10、KD-11、KD-12 和 KD-13 等五個測點(見圖 4.1)，以船掛式 ADCP 進行斷面速度之量測並據此探討河床底形、流速、流量之關係。測量所得資料為淡水河中各點的三維速度向量。將斷面上各點所得速度向量藉 WinRiver 軟體可讀取量測值作加總、平均，可得知河道之斷面流速及流量。



圖 4.1 淡水河河口附近流場觀測斷面位置

9月25日的量測是從14:47到15:56結束，9月26日則由10:25到12:39，由於北堤風浪過大，故KD-13測點只有量測一半。

4.1 觀測設備說明

淡水河的流場資料是藉由 Teledyne RDI 儀器公司發展的都普勒流速剖面儀 RiverRay ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler) 如圖 4.2 所示，並根據都普勒效應來量測水中三維水流速度。都普勒流速剖面儀 (ADCP)的基本原理是於水中發射一聲波，聲波在水中傳播時遇到懸浮粒子，便會反射產生回波，藉發射的聲波頻率和接收到的回波頻率及聲波波速，便可利用都普勒效應，求得水中的懸浮子速度(即水流流速)。



圖 4.2 RiverRay ADCP 在淡水河口量測現況

都卜勒效應之公式如下：

$$\frac{Fd}{Fs} = \frac{V}{C} \quad (4.1)$$

式中， Fd ： 反射聲波的頻率

Fs ： 發射聲波的頻率

V ： 懸浮粒子朝向發射波源方向的速度分量

C ： 聲波在水中的傳播速度

因 ADCP 聲波發射器和接收器在同一個位置，故會產生 2 次都普勒頻移，式(4.1)改寫為：

$$\frac{Fd}{Fs} = \frac{2V}{C} \quad (4.2)$$

而 ADCP 發射的聲波方向和懸浮粒子的運動方向不一定為平行，若運動方向和聲波發射方向夾一 θ 角，則可得 ADCP 計算流速的公式：

$$\frac{Fd}{Fs} = \frac{2V}{C} \cos\theta \quad (4.3)$$

式中 θ 表示懸浮粒子運動方向和聲波發射方向的夾角



圖 4.3 ADCP 量測粒子速度示意圖

River-Ray ADCP 測得的速度可用以下 4 種座標來表示：聲束座標 (速度的方向和 ADCP 發射的聲波平行)、地球座標、ADCP 座標和船座標。因底層懸浮顆粒濃度高，容易造成測量誤差，故 ADCP 對底床以上 6% 水深的流速資料不採用。

流量是通指通水斷面在單位時間內水流的總體積。故由各分段 (segment) 的流量 Q ，沿側向累加便可得總流量 (ΣQ)。在靠近岸邊、底層及水面，因測量流速資料誤差很大，故此區域的流量是由公式推估所得。

岸區流量：

$$Q_{shore} = CV_m L d_m \quad (4.4)$$

C = 係數 (0.35-三角形側岸， 0.91-矩形側岸)，

V_m = 第一及最後分段(segment) 的水深平均速度，

L = 第一及最後分段(segment) 到岸邊的距離，

d_m = 第一及最後分段(segment) 的水深。

頂層流量：

$$Q_{Top} = X_{FG} \Delta t (Z_3 - Z_2) \quad (4.5)$$

底層流量：

$$Q_{Btm} = X_{LG} \Delta t Z_1 \quad (4.6)$$

Δt = 兩次有效掃瞄時間距

$Z_3 - Z_2$ = 頂層

Z_1 = 底層

X_{FG} = 水面到第一個有效掃瞄的外積(cross-product).

X_{LG} = 到底床前最後一個有效掃瞄的外積(cross-product).

ADCP 在量測速度時，也藉由些相關數據來修正速度資料及確保資料正確性。其中包含：(1) 溫度(Temperature)，測量流速（和底部）

是藉由在水中的聲速，因此需要溫度參數來計算水中的聲速。(2) 羅盤(Compass)，測量相對於 ADCP 的地磁方向，可用來訂定地球座標，以此座標系統標示速度方向(亦可適用相對於 ADCP 的座標系統)。

(3) 傾角和側傾(Pitch and Roll)，用來校正採集到的流速資料(因船隻會晃動)。(4) 回波強度(Intensity)，ADCP 會記錄分散在水中懸浮顆粒的聲學迴聲強度，可幫助 ADCP 的操作。並可提供底床沉質散射聲波後的可視圖形。(5) 相關性(Correlation)，計算 ADCP 取得的資料(深度單元)相關性，以確保數據的品質。(6) ADCP 的有效百分比(ADCP Percent Good)，ADCP 在發送個別的脈衝聲波(ping)後取得個別的資料，再綜合資料發送出去前會進行平均的動作。若因為某種原因，使得一組脈衝聲波(ping)的資料損毀，在綜合資料中便不會使用該組脈衝聲波(ping)的資料去平均。這種情況下有效資料百分比便能看出整體資料的好壞。(7) 實時時鐘(Real-time Clock)，ADCP 的實時時鐘測量時間具有 0.01 秒精度，運作溫度在攝氏 5 度和 40 度之間。這是用於 ADCP、計算流量以及繪製船的軌跡。

4.2 流場斷面觀測結果

9 月 25 日的量測為退潮初期，淡水河潮位站之潮位約為 1m(圖 4.4)，而 9 月 26 日的量測為漲潮初期到漲平潮，淡水河潮位站之潮位約為 -0.75m ~ 0.25m(圖 4.5)。每天測次順序依序由測站 KD-8A 起算，圖 4.4 ~ 4.5 之時間起點為 9 月 25 日凌晨。流速及流量以向海為正，圖斷面以順河流方向左岸在左側，右岸在右側。

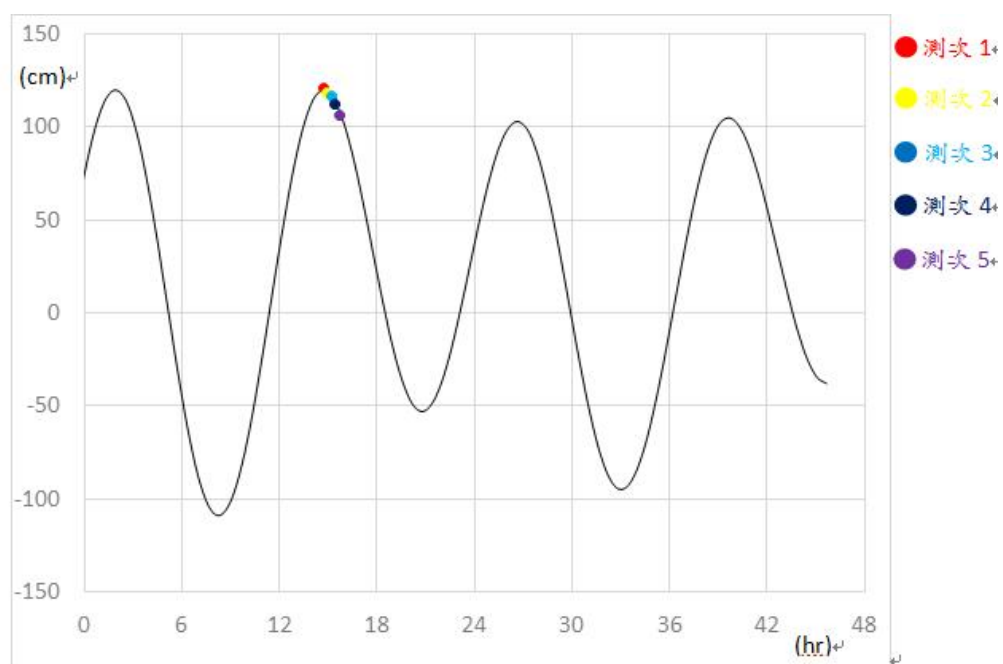


圖 4.4 2013/9/25 量測時淡水河潮位站之潮位

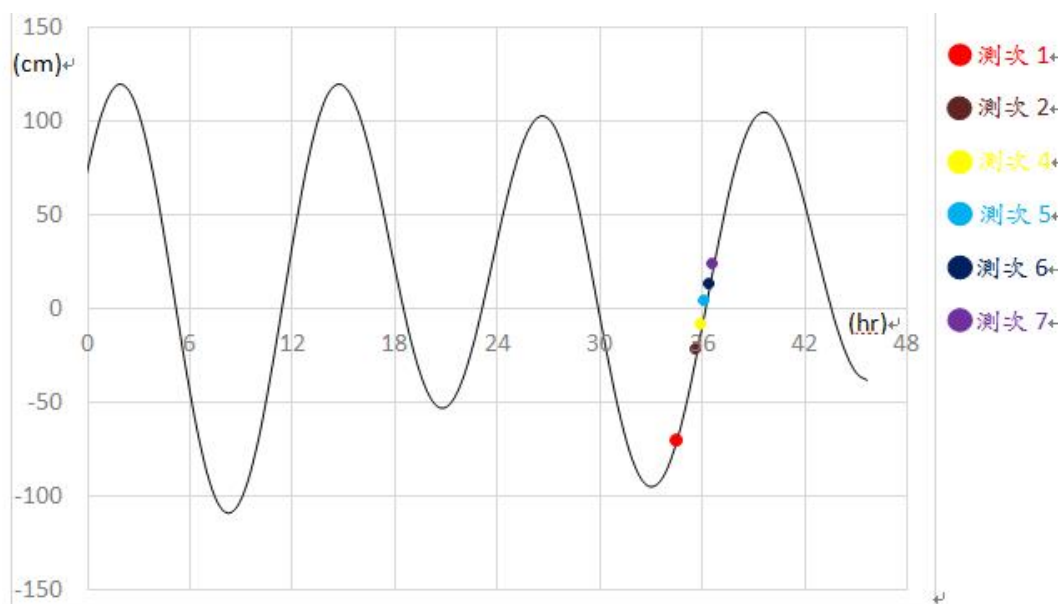


圖 4.5 2013/9/26 量測時淡水河潮位站之潮位

淡水河河口附近各觀測斷面(圖 4.1)的流場速度分佈如圖 4.6 ~ 4.13 所示。各圖中之斷面流速以等速度圖表示，並將斷面由左至右分四等分，分別取 1/4, 1/2, 3/4 河寬處之三個流速剖面分析如圖中紅線所示。另斷面等速度圖在靠底床上方有一曲線，其與底床所夾範圍為速度誤差過大，其速度值應不予考慮。

關渡橋下游站(KD-8A) 在退潮初期的剖面流速明顯較漲平潮時不均勻，退潮時表面流速接近 1m/s 明顯大於漲平潮之 0.5m/s，顯明河川流量之效應。斷面 KD-10 到 KD-12 的水深平均流速接近 0.5m/s。斷面 KD-8A 之主深槽偏左岸，而斷面 KD-10, KD-11 之主深槽則偏向右岸，在斷面 KD-12 (挖子尾沙嘴及河口處)之主深槽則位於和中心稍偏右岸。由斷面速度的三個垂直剖面，可知流速最大值並非與主深槽一致，故淡水河的側向渦流混和效應不可忽略。

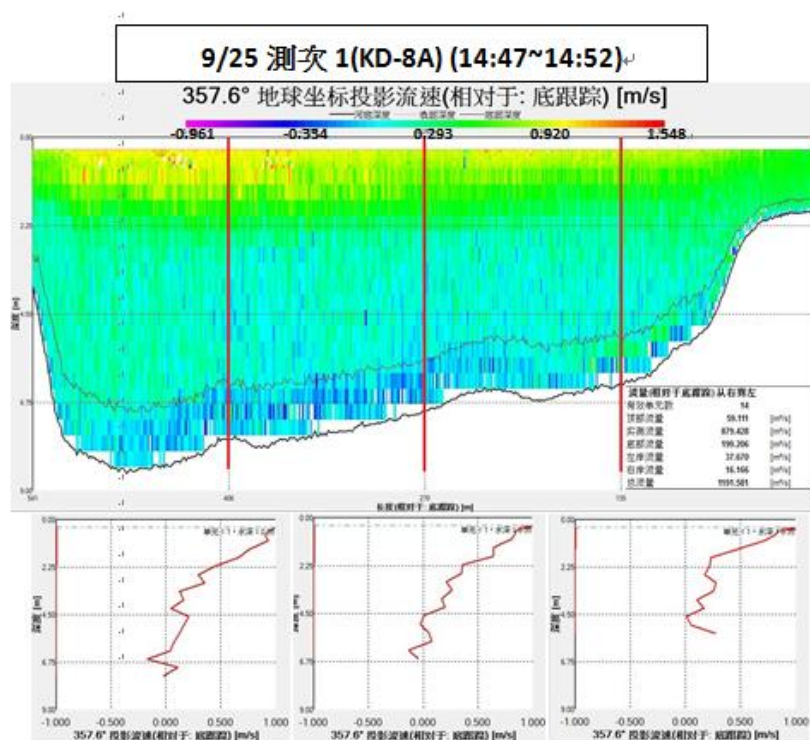


圖 4.6 斷面 KD-8A 之退潮流場特性

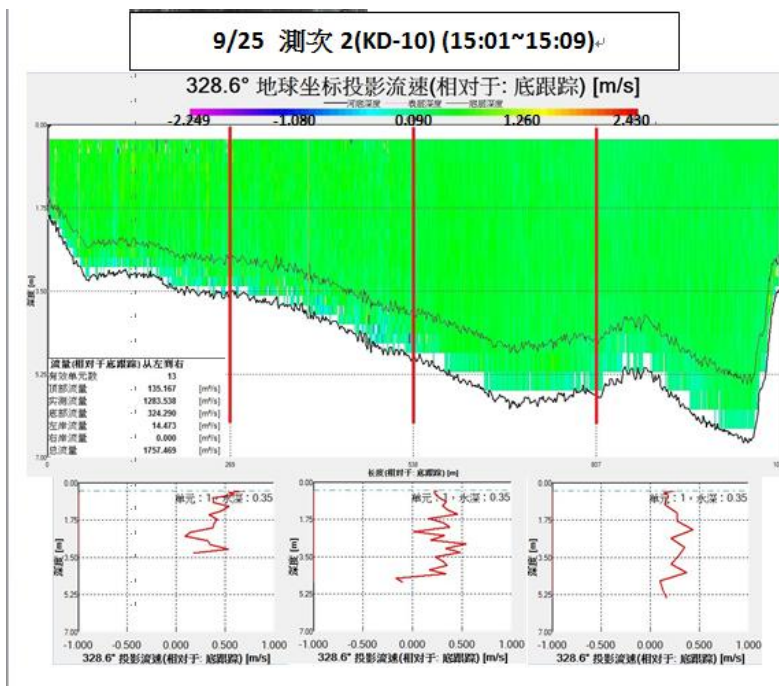


圖 4.7 斷面 KD-10 之退潮流場特性

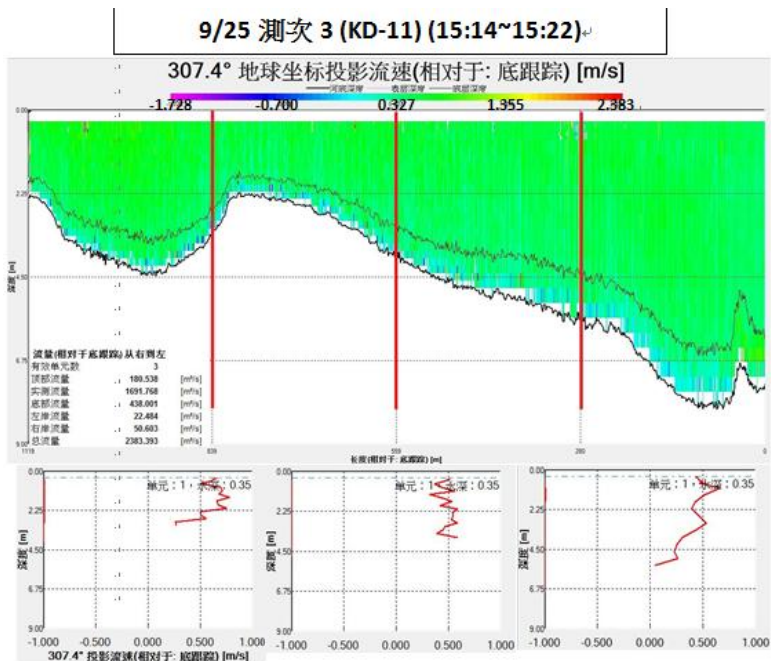


圖 4.8 斷面 KD-11 之退潮流場特性

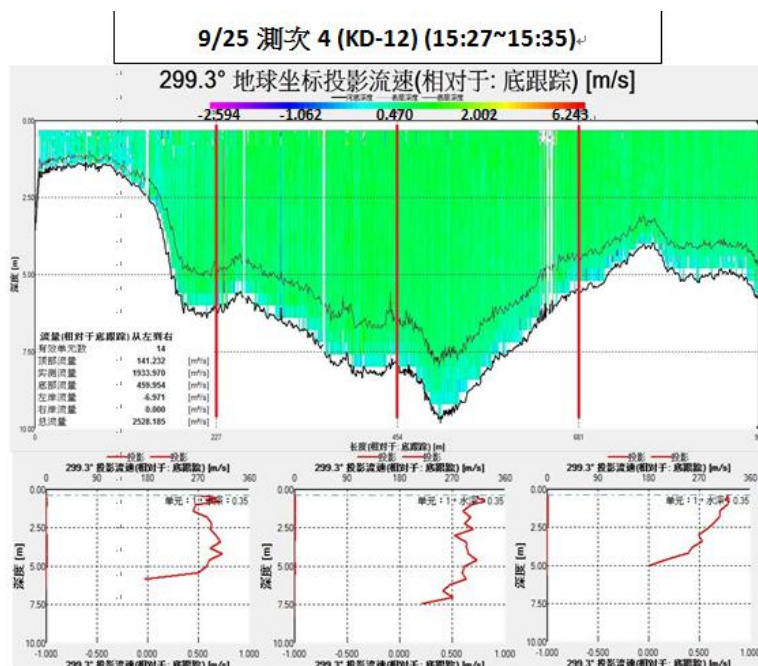


圖 4.9 斷面 KD-12 之退潮流場特性

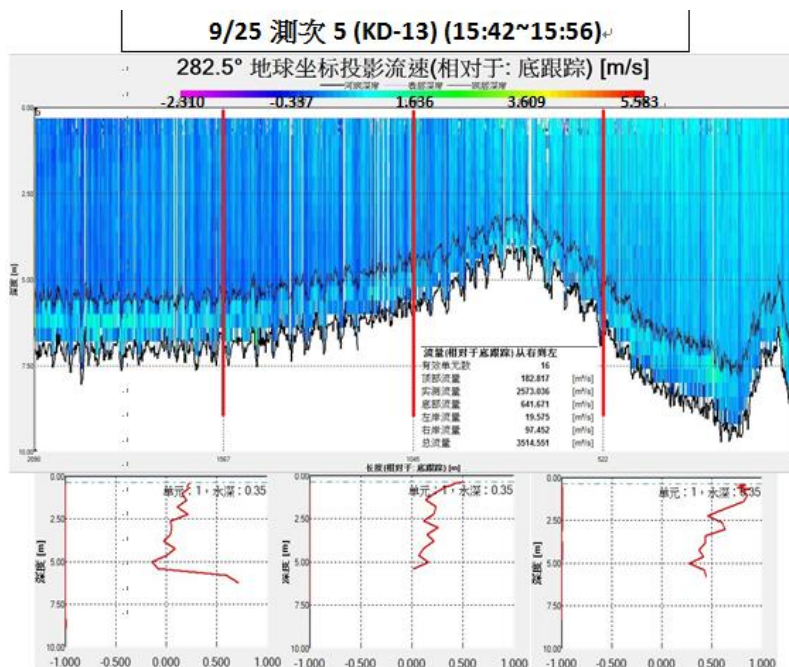


圖 4.10 斷面 KD-13 之退潮流場特性

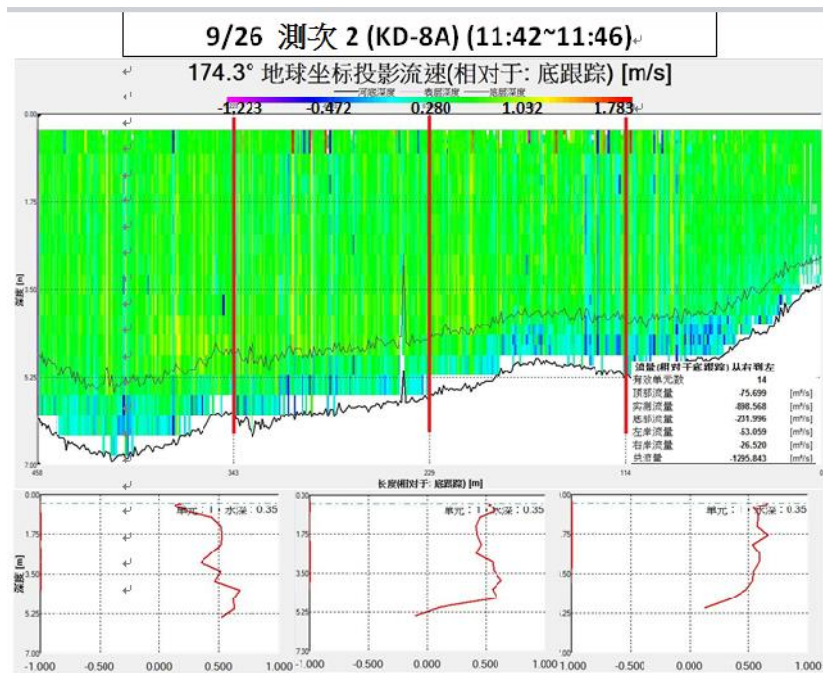


圖 4.11 断面 KD-8A 之漲潮流場特性

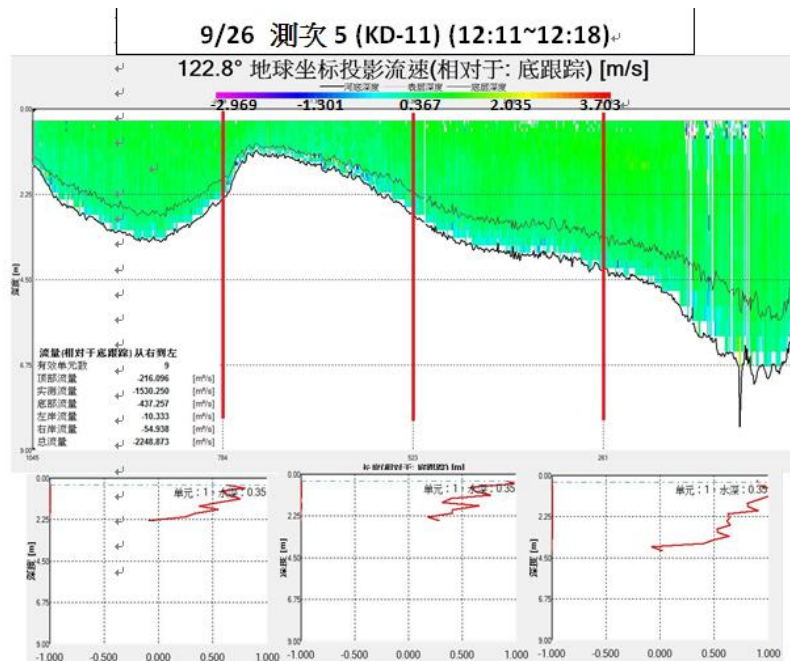


圖 4.12 断面 KD-11 之漲潮流場特性

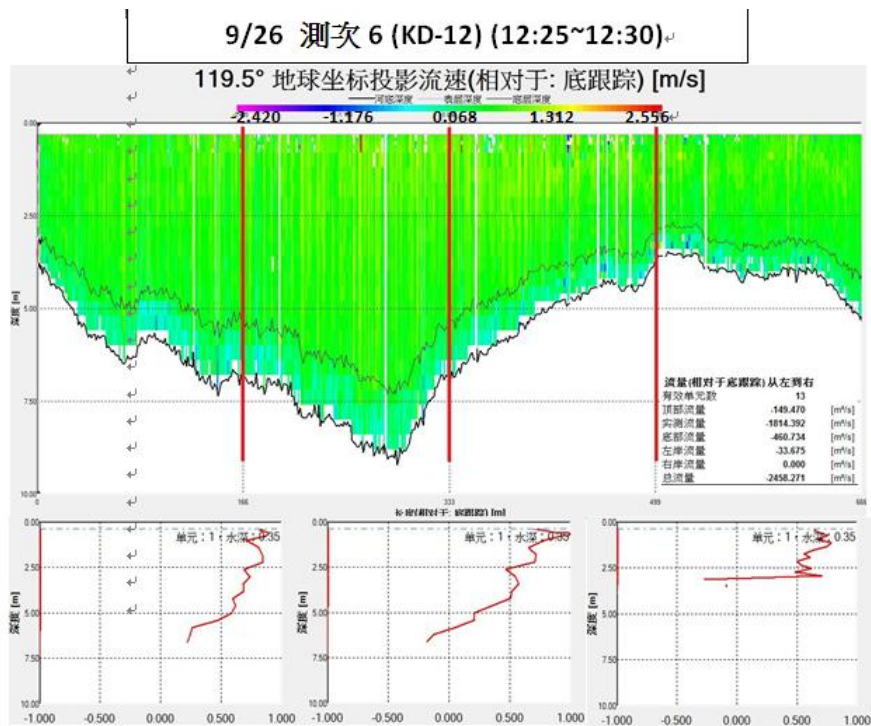


圖 4.13 斷面 KD-12 之漲潮流場特性

整理 9 月 25-26 日量測的斷面流量如表 4.1 所示。因各測站在感潮河段中之位置及量測時間皆有差異，故不能以定量流視之。KD-08 流量較小是因其接近退、漲潮起點。如以挖仔尾河口斷面(KD-12)來分析其退潮流量較大於漲潮流量，而兩者的流量尺度約為 2500cms。與前述水利署第十河川局於 92 年 4 月 17 日在關渡橋流量觀測記錄，斷面最大漲(退)潮流速為每秒 0.72(0.67)公尺，最大漲(退)潮流量為 2880(2703)cms。兩者結果相近，但宜進行進一步流場之分析。

表 4.1 淡水河河口觀測斷面流量

	9 月 25 日	9 月 26 日
Station:	Q(cms)	Q(cms)
KD-8A	1192	-1296
KD-10	1757	-2249
KD-11	2384	-2249
KD-12	2528	-2458
KD-13	3515	-2086*
註記：	退潮 (流量以向 海為正)	漲潮 (*部份斷面)

第五章 淡水河口波浪及流況調查

本研究於淡水河河口及臺北港北防波堤近岸地區分別設立觀測站，安裝剖面流速儀 Aquadopp Profiler、流速計、水位計及懸浮質濁度計等觀測儀器於底床上，可量測底床流速、懸浮沙濃度、波浪及垂直剖面流場。測站相關位置及河口沙洲(river bars)示如圖 5.1，河口測站位於淡水河出海口，經緯度座標為北緯 25 度 10.941 分、東經 121 度 24.113 分，水深約 9 米，測站水面有綠色警示浮燈標(圖 5.2)；北堤測站位於臺北港北側近岸海域，經緯度座標為北緯 25 度 9.978 分、東經 121 度 24.147 分，水深約 3 米，測站水面有紅色浮標及警示浮燈(圖 5.3)。兩者儀器皆以鋼架固定於底床砂面上方約 10 公分位置，可避免波浪通過時強大底流沖擊而移動，又不會因接觸底床引發亂流造成底質砂大量懸浮。



圖 5.1 淡水河河口及臺北港北堤觀測站位置



圖 5.2 淡水河河口觀測站水面燈標



圖 5.3 臺北港北堤近岸觀測站

5.1 北堤測站觀測結果與資料分析

北堤測站位於臺北港北防波堤與淡水河河口延伸沙洲之間，為一梯形袋狀區，低潮時該水域袋底寬約 600 公尺，袋口寬約 1200 公尺，河口延伸沙洲露出水面，此袋形水域使外海入射波能集中於此水域內，造成水域內波濤洶湧，圖 5.4，漂沙活動劇烈，該海域地形之等高線圖及立體示意圖分別如圖 5.5 及 5.6。2013 年 9 月 9～25 日，本研究在北堤測站安裝 Aquadopp Profiler 剖面流速儀，觀測近岸波浪與流場變化，北堤袋狀區內除非天氣很好否則工作船隻難以進入，圖 5.7 及 5.8 為現場施工作業及測站儀器配置情形，剖面流速儀置於底床固定架內。對照本中心設於淡水河口外海約 16 米深處之海上觀測樁之風速與波浪資料，102 年 9 月之風速與風向資料如圖 5.9 與圖 5.10，圖 5.11 為其月統計風向分佈圖，主要風向為 N、NNE、NE 及 ENE，較大風速以 ENE 為主。另外 9 月份外海觀測樁之波高、週期與波向資料如圖 5.12～5.14。9 月初當地風速不大卻有較大波高及較長週期，波向則散亂分佈不易判斷其主要波向，但由圖 5.15 分析該 9 月份之波向統計資料，仍可看出波向以 N、NNE、NE 及 ENE 佔較大比例，9 月初的較大波高應是來自南方的向北湧浪，因為該海域常有鋒面系統通過或徘徊，系統南方有較大南風時將帶來向北湧浪。

北堤測站安裝儀器其觀測時間自 9 月 9 日至 9 月 23 日，Aquadopp Profiler 可同時記錄波高、週期、波向、水位及剖面流速與流向等多項資料。其水位記錄如圖 5.16，大潮時潮差約 3 米；小潮時潮差只有 1.5 米。對照同時段之外海波高與北堤測點之波高記錄如圖 5.17 與圖 5.18，外海入射波浪進入臺北港北防波堤北側之淺水袋狀區後受到底床磨擦及淺化影響，於近岸測點處波高衰減約 2 分之 1，因袋狀地形之能量聚集效應，袋形區內波高比附近河口水域顯得波濤洶湧。放大檢視北堤測站之波向發現其波向會隨著潮位之高低而改變，如圖 5.19，高潮時波向約在 145° 至 150° 之間，而低潮時因波浪淺化折射，波向指向約 130° ，可能影響袋形區內之沿岸漂沙方向。

取北堤測站底床上約 1 米處之流速、流向資料，圖 5.20 與圖 5.21，大潮時最大流速約 0.5m/s；小潮時最大流速約 0.3m/s。圖 5.22 上圖為 Aquadopp Profiler 向上發射音波在不同深度之反射訊號，在水與空氣的界面處會產生較強訊號，可顯示水面位置隨潮位變化之時間與高低起伏狀態。放大檢視潮位、流向與流速之關係，如圖 5.22，發現在退潮全時段及漲潮前 1/3 時段，潮流流向約 250° ，流速較大；而在漲潮之後 2/3 時段，潮流反向 180° 成為 70° 方向，流速較小，皆與岸平行。亦即臺北港北防波堤北側與淡水河河口南岸延伸沙洲間之淺水袋狀區內會在退潮時於袋狀區內產生順時針方向渦流，沿著北防波堤將碎波捲起之懸浮沙帶往外海，此順時針渦流一直延續至低潮底並持續到漲潮 1/3 時才在很短時間內(大約 20 分鐘左右)方向逆轉變為逆時針渦流；此時逆時針渦流逆轉袋狀區內的沿岸漂沙方向，將漂沙帶往河口，並隨著漲潮流將河口沙源往上游方向推送。或許這正是造成淡水河河口沙洲成長以及河口底床沙往上游方向移動的主要原因之一，此逆時針渦流一直持續到高潮頂才再方向逆轉並於很短時間內(大約 15 分鐘左右)反轉為順時針方向渦流。



圖 5.4 臺北港北堤袋狀區內波濤洶湧

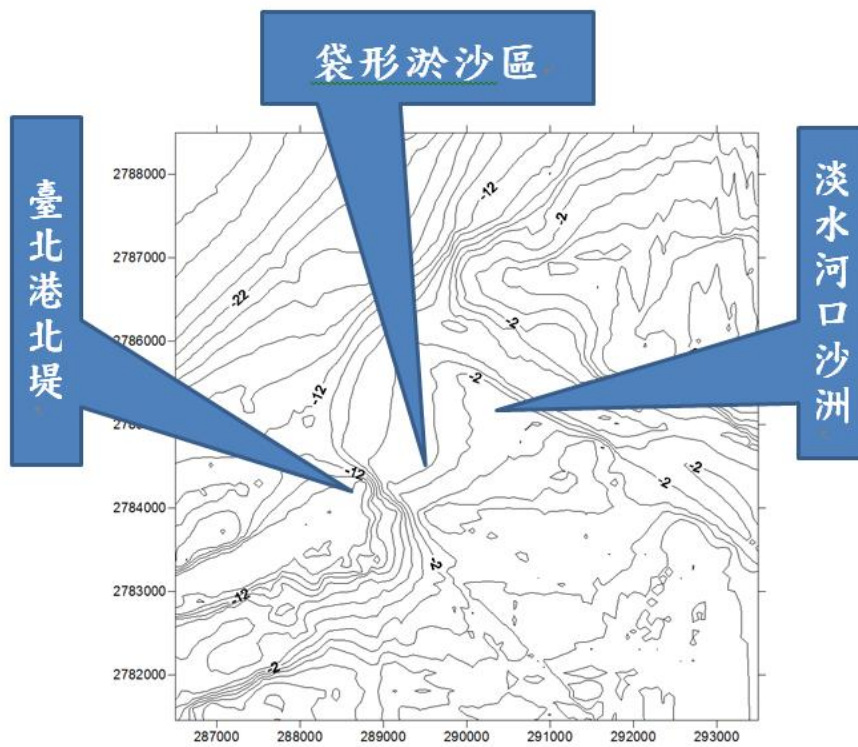


圖 5.5 北堤袋形淤沙區等高線圖

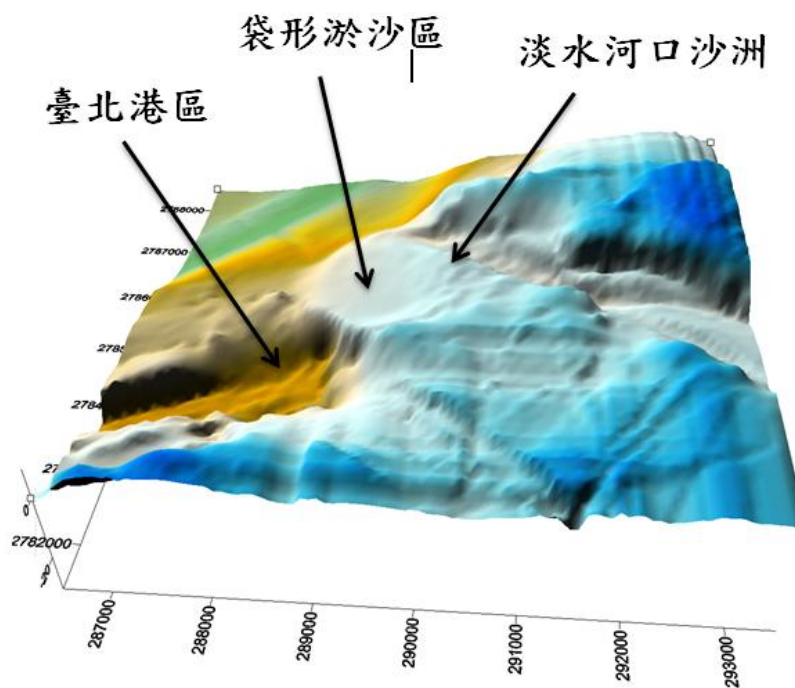


圖 5.6 北堤袋形淤沙區立體示意圖



圖 5.7 北堤測站施工作業情形

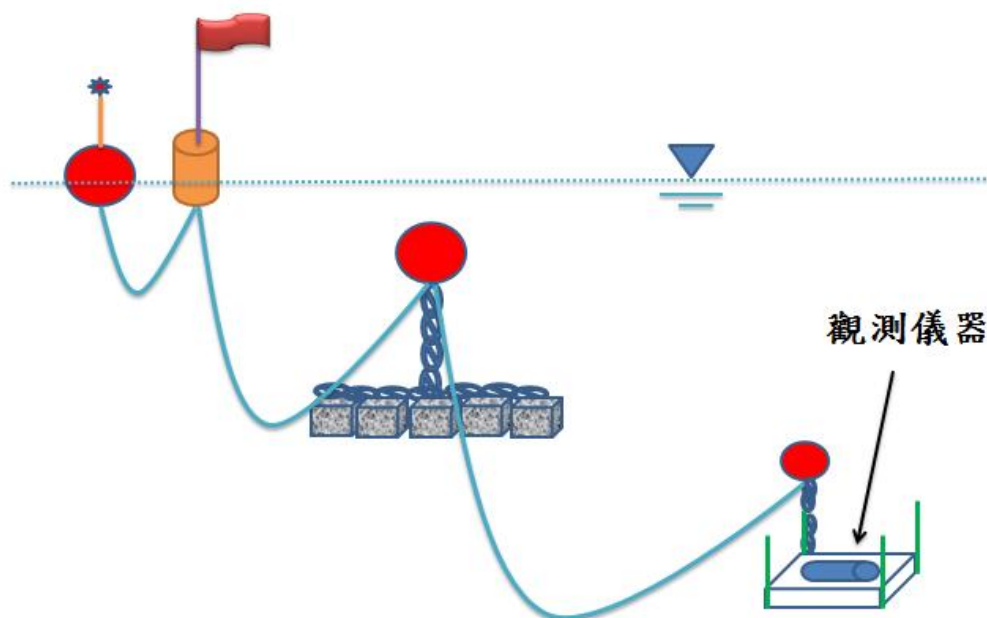


圖 5.8 北堤測站儀器配置圖

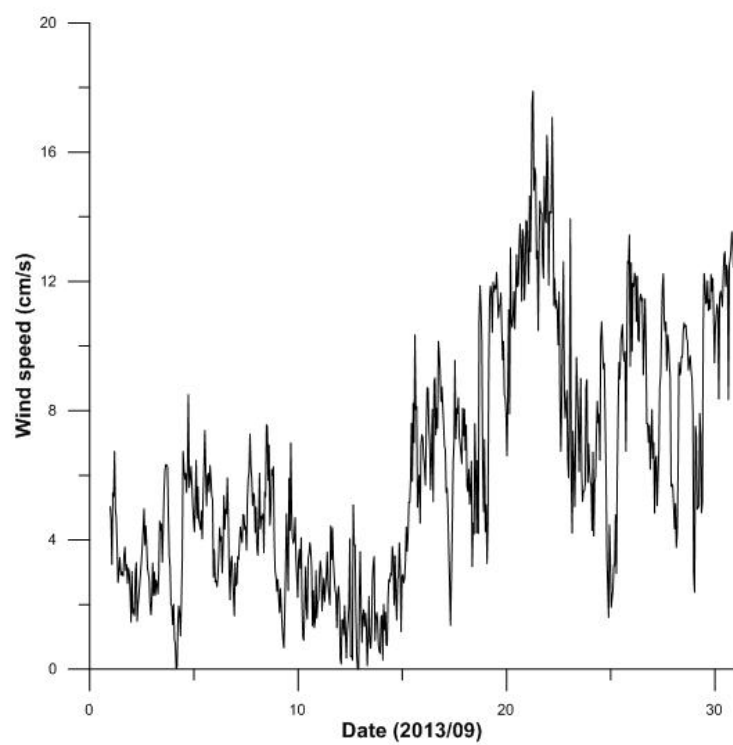


圖 5.9 102 年 9 月臺北港外海觀測樁之風速資料

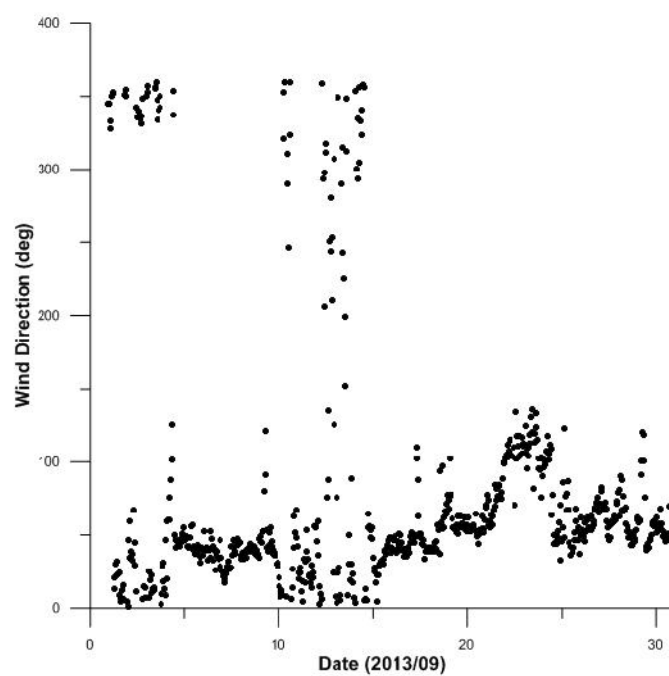


圖 5.10 102 年 9 月臺北港外海觀測樁之風向資料

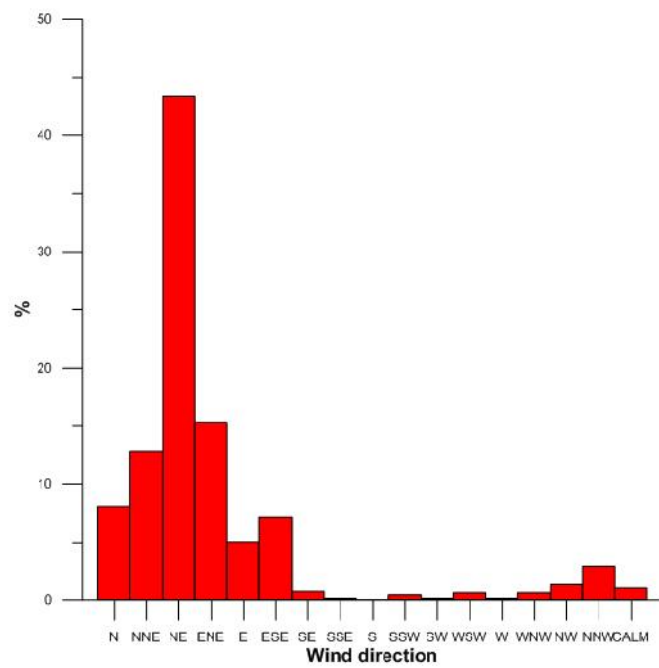


圖 5.11 102 年 9 月臺北港外海觀測樁之風向分佈圖

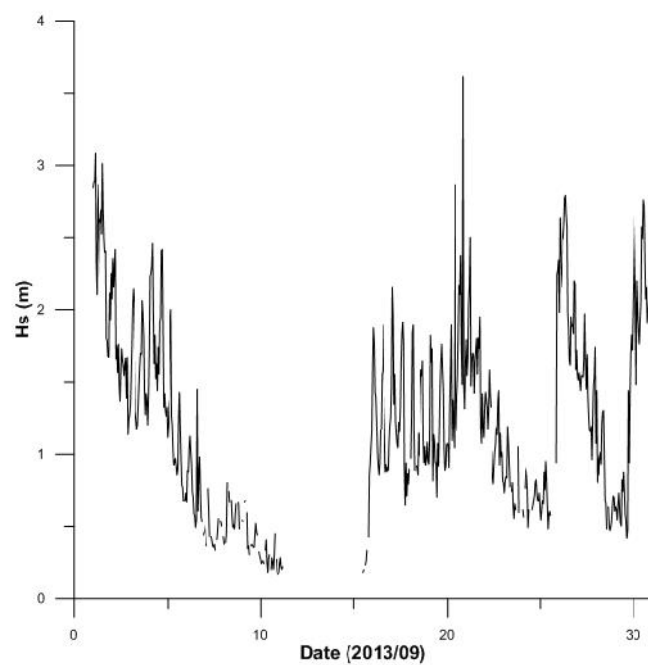


圖 5.12 102 年 9 月臺北港外海觀測樁之波高資料

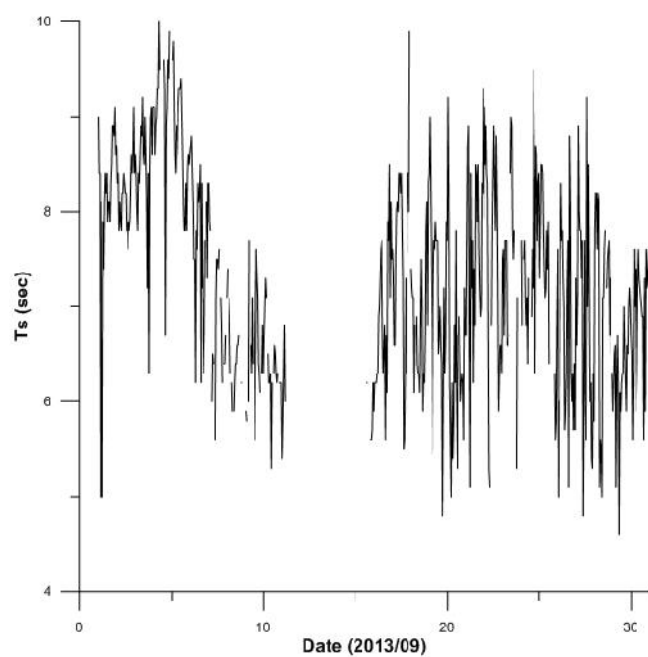


圖 5.13 102 年 9 月臺北港外海觀測樁之波浪週期資料

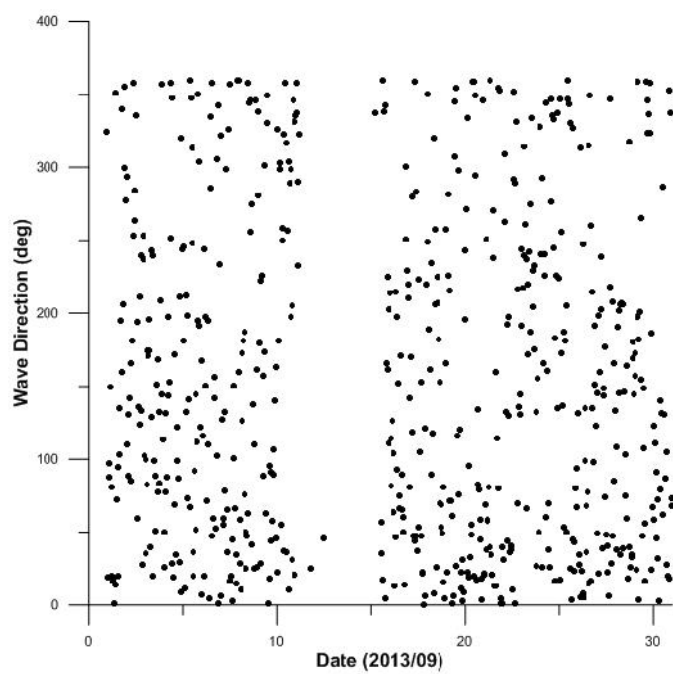


圖 5.14 102 年 9 月臺北港外海觀測樁之波向資料

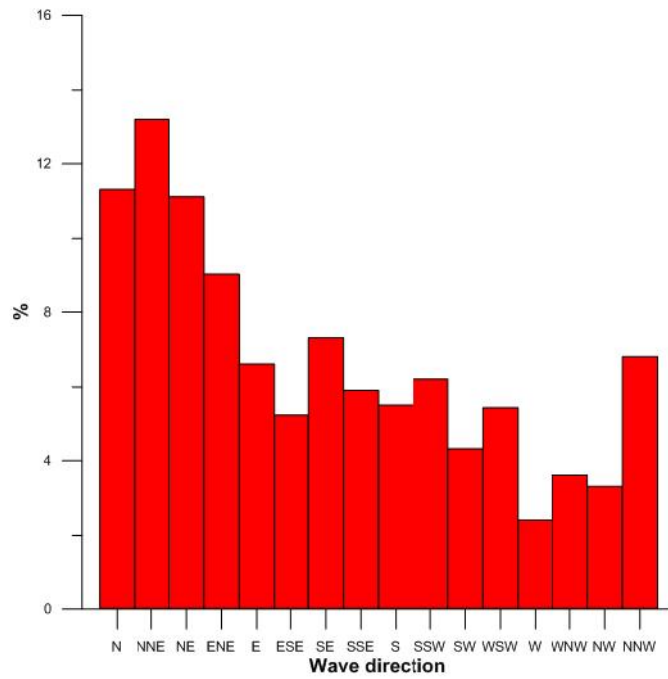


圖 5.15 102 年 9 月臺北港外海觀測樁之波向分佈圖

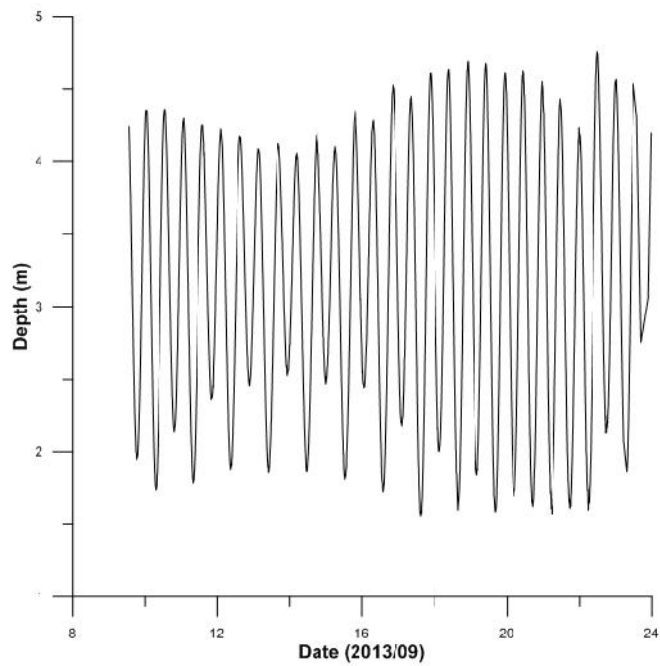


圖 5.16 9 月觀測期間北堤測站之水位變化

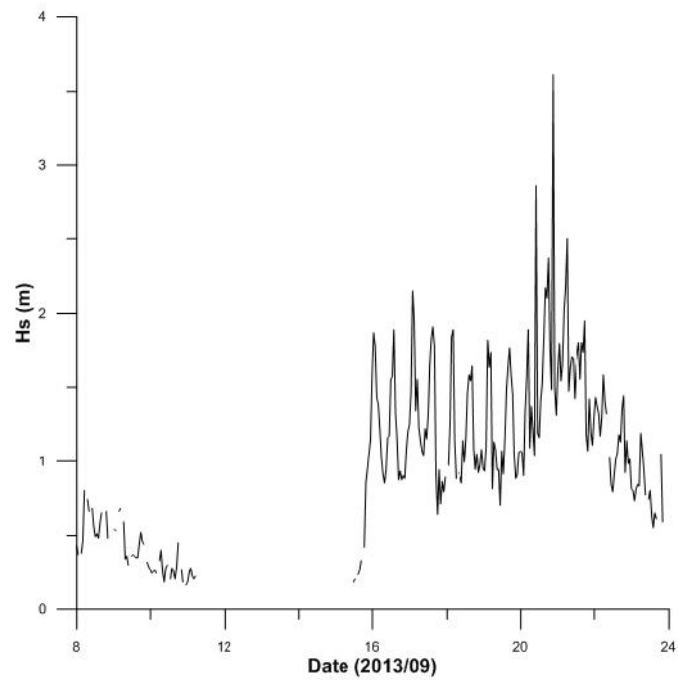


圖 5.17 9 月觀測期間外海入射波高

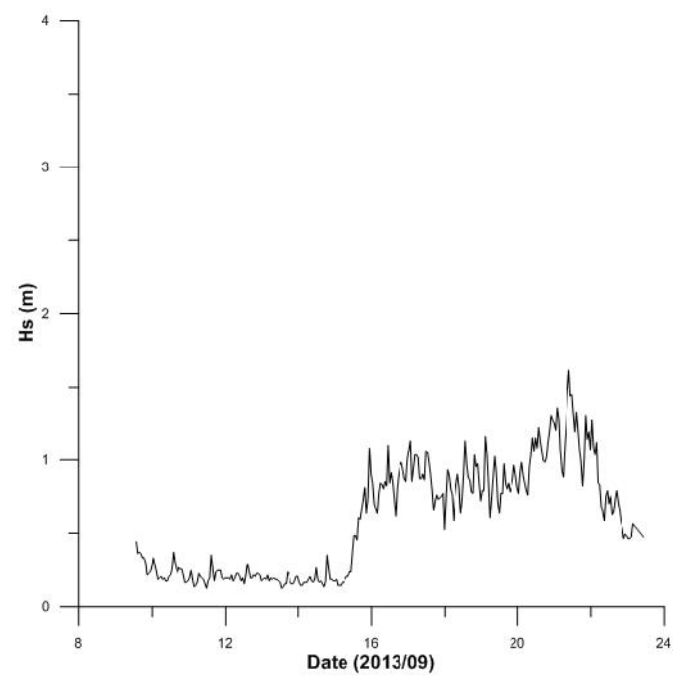


圖 5.18 9 月觀測期間北堤測站之波高

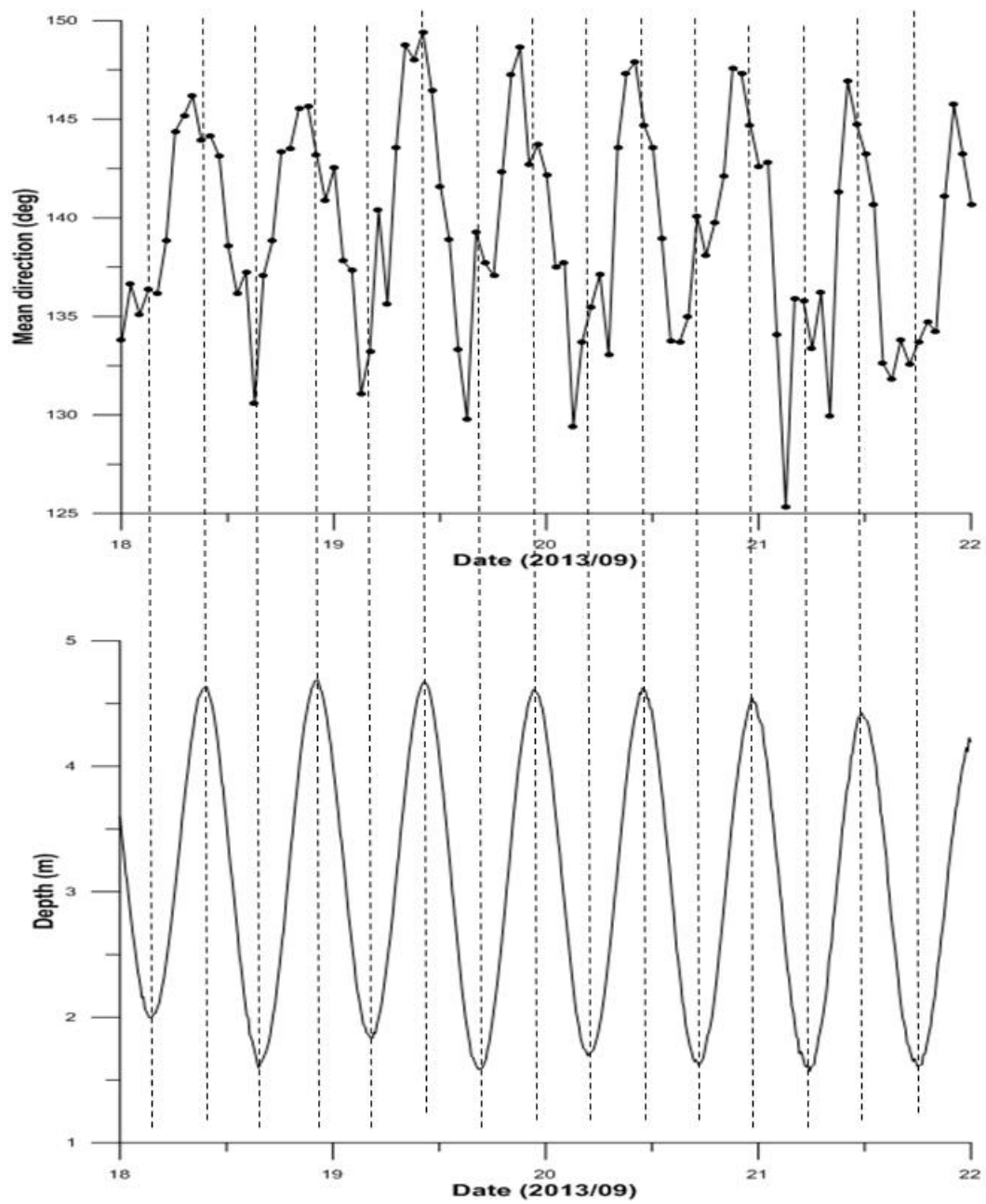


圖 5.19 9 月 18~22 日北堤測站之波向與潮位變化

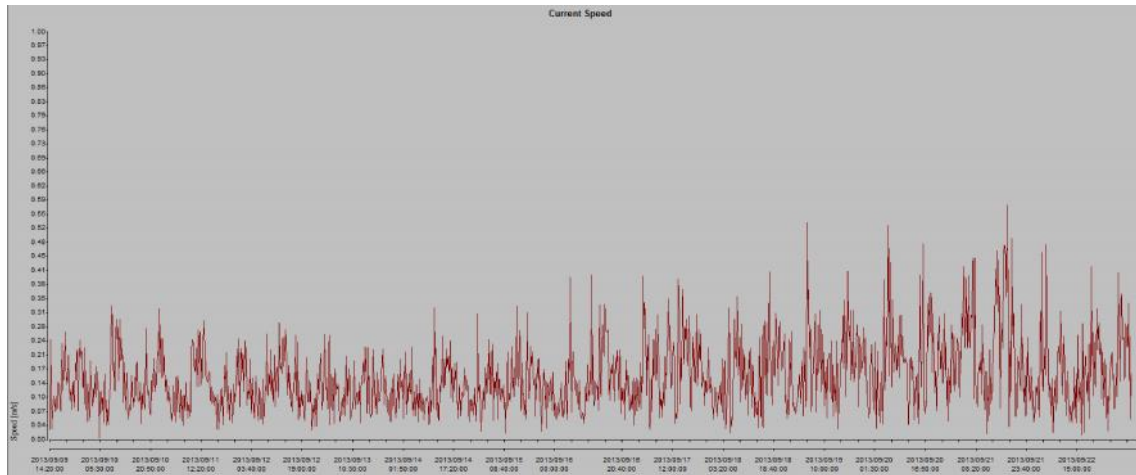


圖 5.20 北堤測站離底 1 米處之流速變化

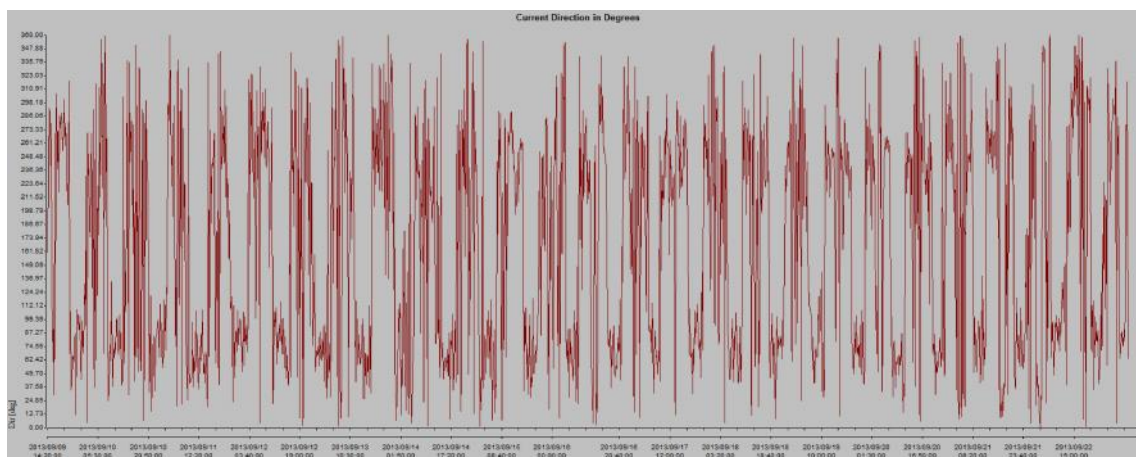


圖 5.21 北堤測站離底 1 米處之流向變化

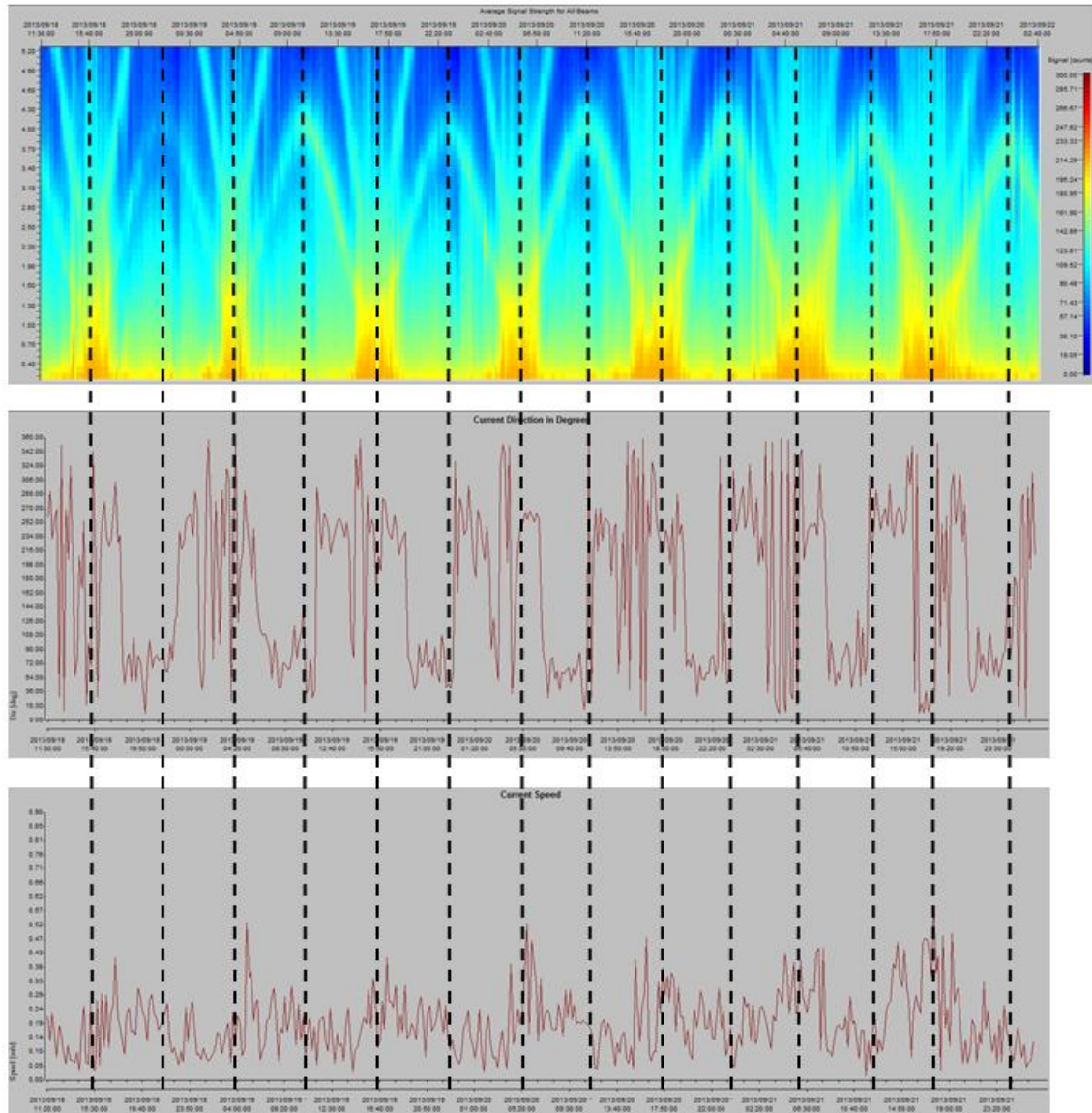


圖 5.22 北堤測站潮位變化、流向與流速之關係

5.2 河口測站觀測結果與資料分析

河口測站位於淡水河出海口，觀測淡水河河口區之波浪與流場變化，水深約 9 米，儀器安裝於底床上約 10cm 高處，102 年 10 月 2 日佈放完成後，10 月 21 日安全收回，圖 5.23。由於儀器內部電池故障，實際可用資料只有 6 天。比較本中心於淡水河口外海約 16 米深處設立之海上觀測樁，102 年 10 月之風速與風向資料如圖 5.24 與 5.25，圖 5.26 為其風向分佈圖，主要風向為 NNE、NE 及 ENE，較 9 月份之風向集

中。10 月份外海觀測樁之波高、週期與波向資料如圖 5.27 ~ 5.29，10 月底吹東風，波高小，波向反而較集中以 NNE 為主。其它時間風速較大，有較大波高及較長週期，波向散亂不易判斷主要波向，圖 5.30 分析 10 月份之波向分佈，仍可看出波向以 N、NNE 及 NE 方向佔較大比例。

對照同時段之外海波高與河口測站之波高如圖 5.31 與圖 5.32，外海入射波浪進入較淺的淡水河河口區後受到底床磨擦及淺化影響，波高衰減約 5 分之 1，波向集中為向南或東南。圖 5.32 ~ 5.34，10 月 3 日至 10 月 7 日，河口波高由 1m 增加至 3.5m，週期由 4.5sec 增加至 8sec，平均波向則由向南的 160° 偏向東南方的 140° 。亦即冬季東北季節風時，外海風浪愈大，淡水河河口的波浪愈偏向東南方，使波浪更容易直接進入淡水河內，可能對河口區出入頻繁的娛樂遊艇行駛、漁船佈網作業或淡水渡船頭的載客運輸造成影響。放大檢視河口測站之波向發現其波向也會隨著潮位之高低而改變，如圖 5.35，高潮時波向約在 154° 至 158° 之間，而低潮時波向則指向約 142° 左右，顯示低潮且浪大時，河口波浪偏向淡水河入口，對於河內水面靜穩度有較大影響。

河口區域受外海潮流及河川逕流排水之雙重影響，其流況較為複雜。圖 5.36 為 102 年 10 月 2 日至 10 月 8 日水面界面層反射訊號顯示之潮位變化與實測水位對照圖，兩者完全一致，圖 5.37 與 5.38 則分別為同時段河口測站之流速與流向說明，上圖(a)為流速與流向之剖面分佈，中圖(b)為底床上 7.3m 及 1.6m 上、下層之流速與流向變化，下圖(c)則為對應時間之潮位變化。

河口表層流在退潮時段流速約 1.5~2m/s，流向 280° ，約平行於河口淡水第二漁港的南防波堤，流向外海方向；底層流速較小，約小於 1m/s，流向與上層同向。漲潮時段表層流速約小於 0.5m/s 與底層流速相同，漲潮初期河口表層流向仍維持約 280° 流向外海，但底層流向則隨著河口潮汐變化轉潮，流向逆轉為 140° ，指向河川上游方向，形成

鹽楔，造成河口環流現象，直至漲潮中段時間，表層流才轉為與底流同向，流向河川上游，流速則上下層一致，大致小於 0.5m/s。

10 月 6~7 日，中度颱風菲特由臺灣北部海面掠過(圖 5.39)，為北部地區帶來豐沛雨量，淡水河流量急劇增加。圖 5.40 及 5.41 為 10 月 5 日 20:40 至 10 月 7 日 21:50 之河口流速與流向變化，其中上圖為相對應時間之潮位變化，下圖截取離底高 8m 之表層流與離底 1.2m 之底層流流況，顯示河口表層流受上游排洪影響，出現連續 24 小時之退潮流，流速達 1.9m/s，流向 290°，較平日流向偏北 10°；底層流流速也達 1m/s，較平日的 0.5m/s 高出一倍，流向 250°較平日流向偏南約 30°，第 2 天的底層退潮流流向 190°與表層流流向更相差約 100°。

洪流時河口退潮流上下層流向出現 40°~100°的偏離，較平日上下層流向一致的情形不同，主要是表層流受上游洪流推擠，洪水快速從河口上層噴出，而底層水流速較小容易受河口較重海水及河口附近沿岸流或地形影響改變流向。洪流時的漲潮時段，表層流仍持續流向外海，流速較小，約 0.7m/s，流向也短暫恢復為平日的 280°方向，底層流受上游龐大排水的壓力並未像平日般指向河口上游方向，流速約 0.3m/s，流向 50°~80°方向，大約是河口北岸，或許會沿著淡水河河口北岸向上游方向移動。

由於淡水河口流況受河川逕流、外海潮流及臺北港大型堤防建物等影響流況複雜，將前述各種流況依平日流況及洪流流況等分別繪圖說明於圖 5.42 與 5.43，即可一目了然，對於淡水河河口之流況變化可以有較詳細清楚的概念，也可提供專家學者進行相關流場模式探討時之驗證使用。

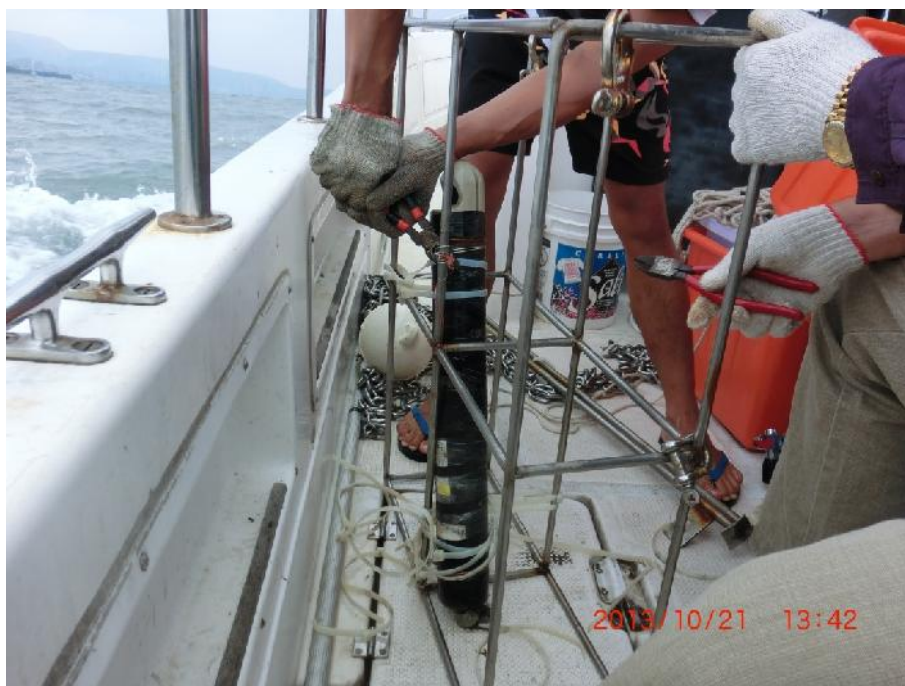


圖 5.23 河口測站觀測用儀器

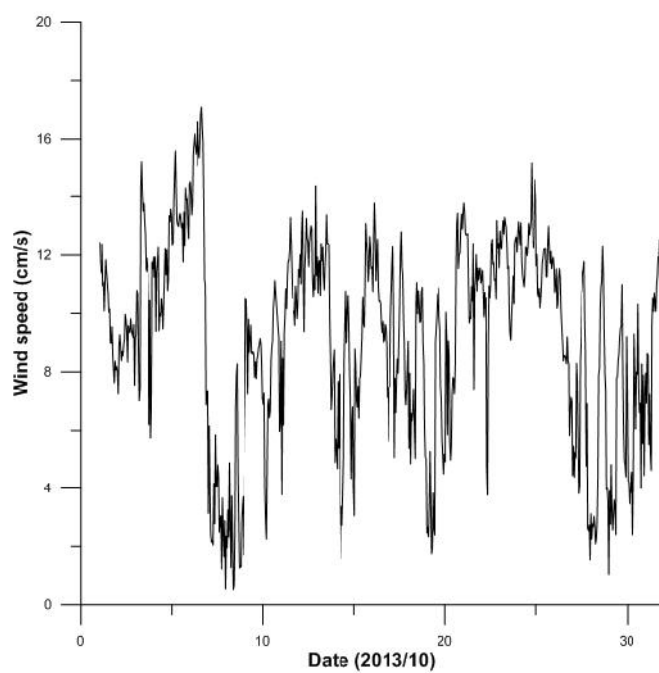


圖 5.24 102 年 10 月臺北港外海觀測樁之風速資料

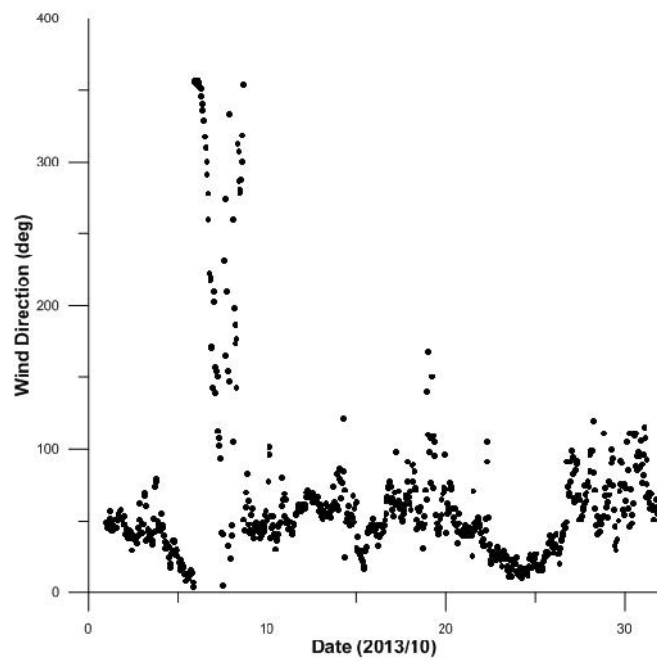


圖 5.25 102 年 10 月臺北港外海觀測樁之風向資料

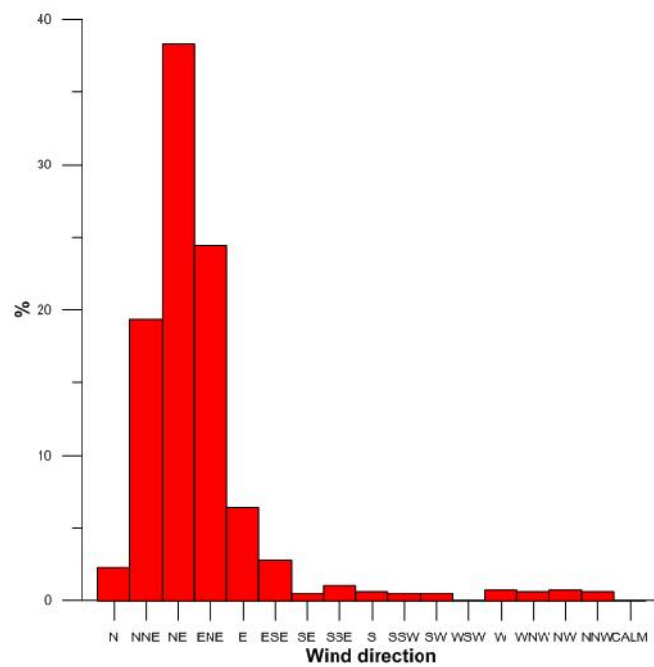


圖 5.26 102 年 10 月臺北港外海觀測樁之風向分佈圖

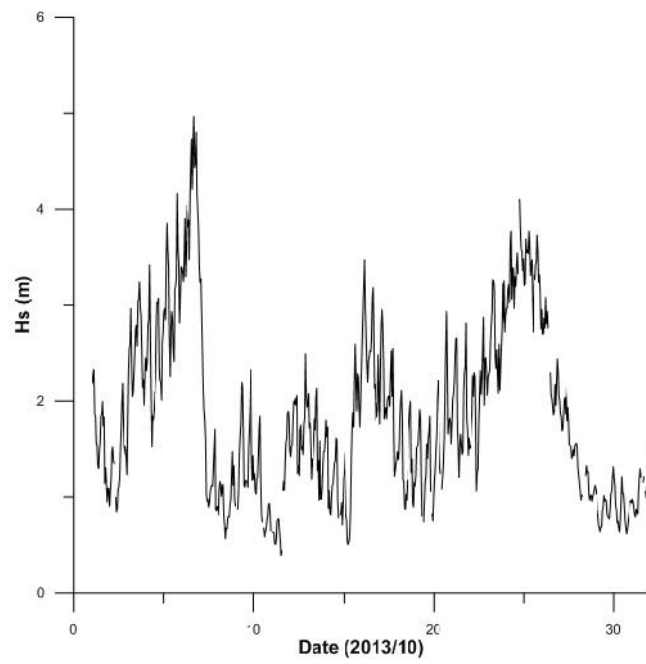


圖 5.27 102 年 10 月臺北港外海觀測樁之波高資料

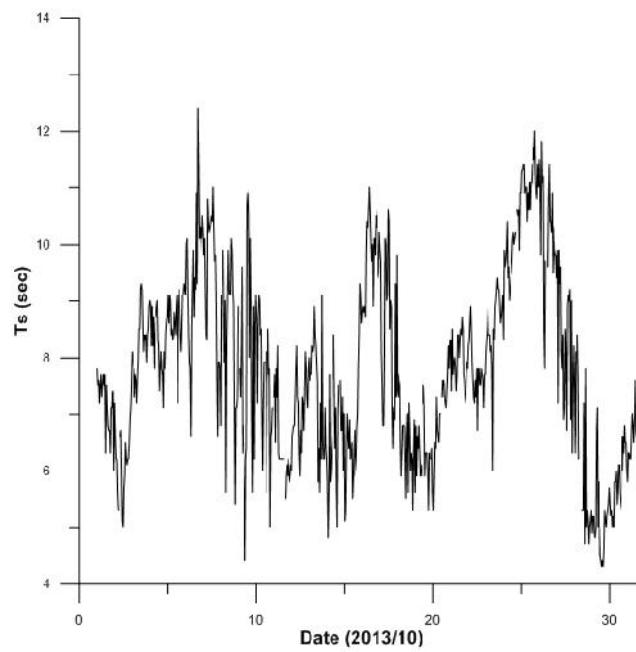


圖 5.28 102 年 10 月臺北港外海觀測樁之波浪週期

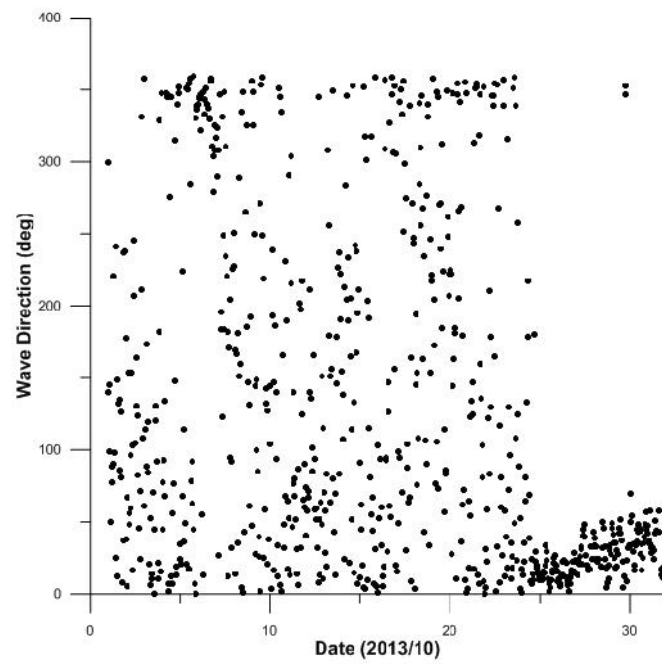


圖 5.29 102 年 10 月臺北港外海觀測樁之波向變化

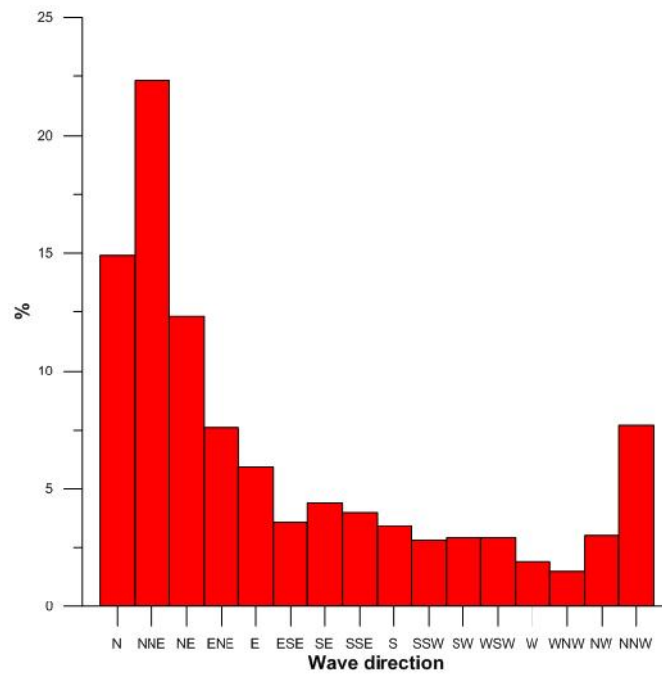


圖 5.30 102 年 10 月臺北港外海觀測樁之波向分佈

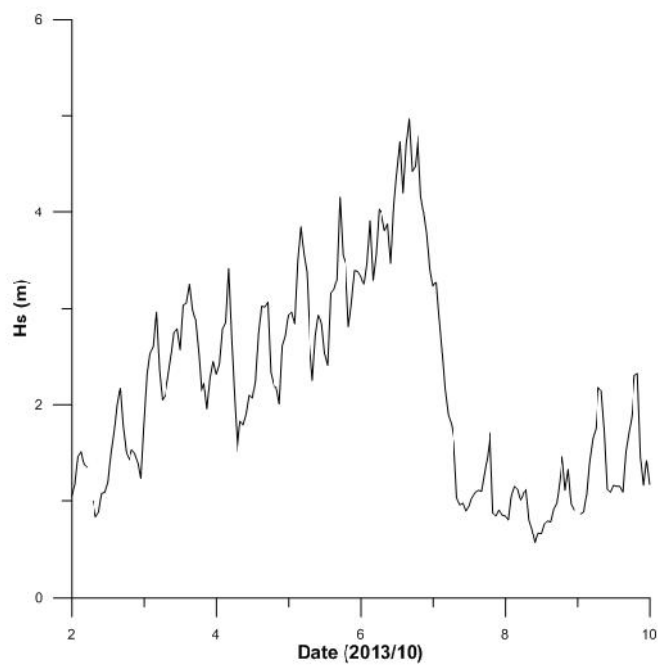


圖 5.31 102 年 10 月 2~10 日之外海波高資料

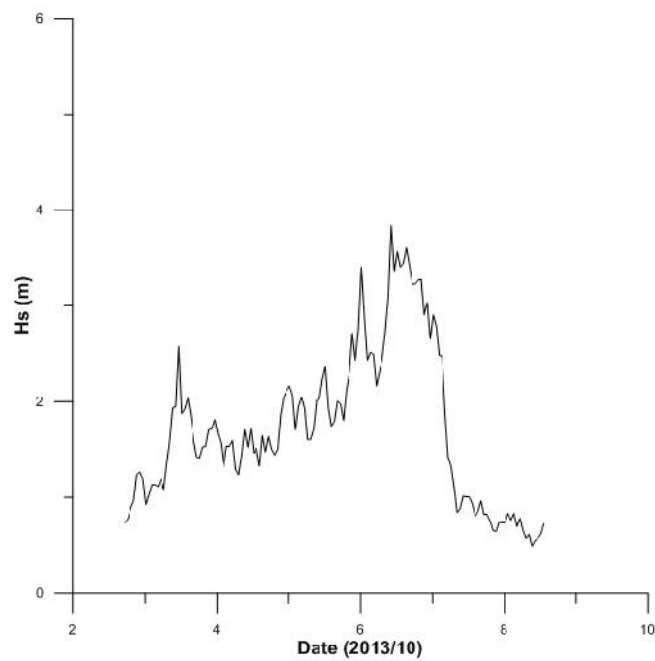


圖 5.32 102 年 10 月 2~10 日河口之波高資料

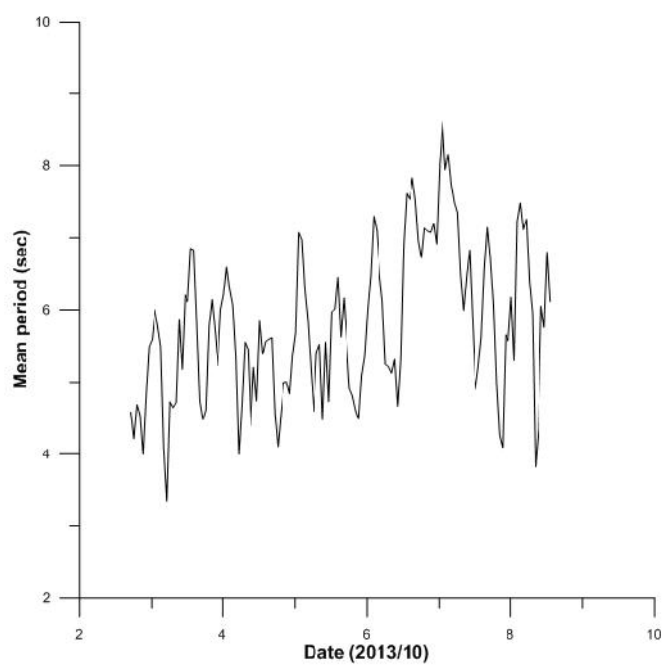


圖 5.33 102 年 10 月 2~10 日河口之波浪週期

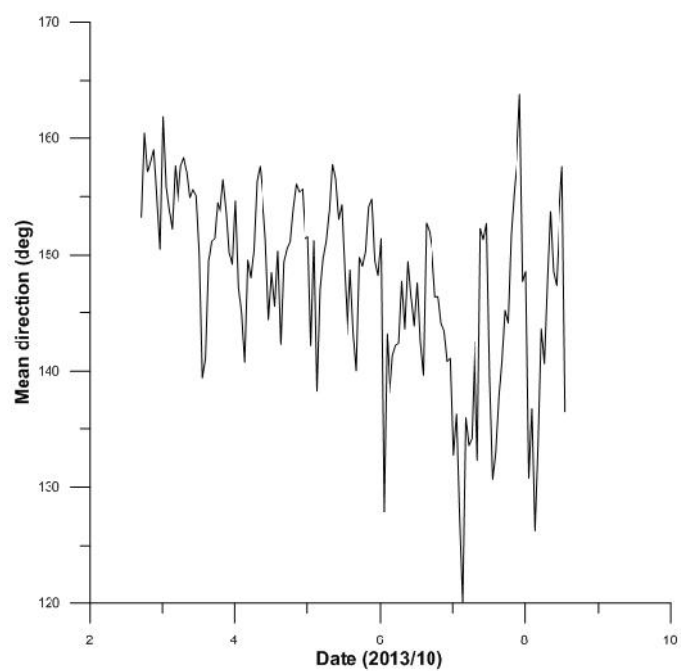


圖 5.34 102 年 10 月 2~10 日河口之波向變化

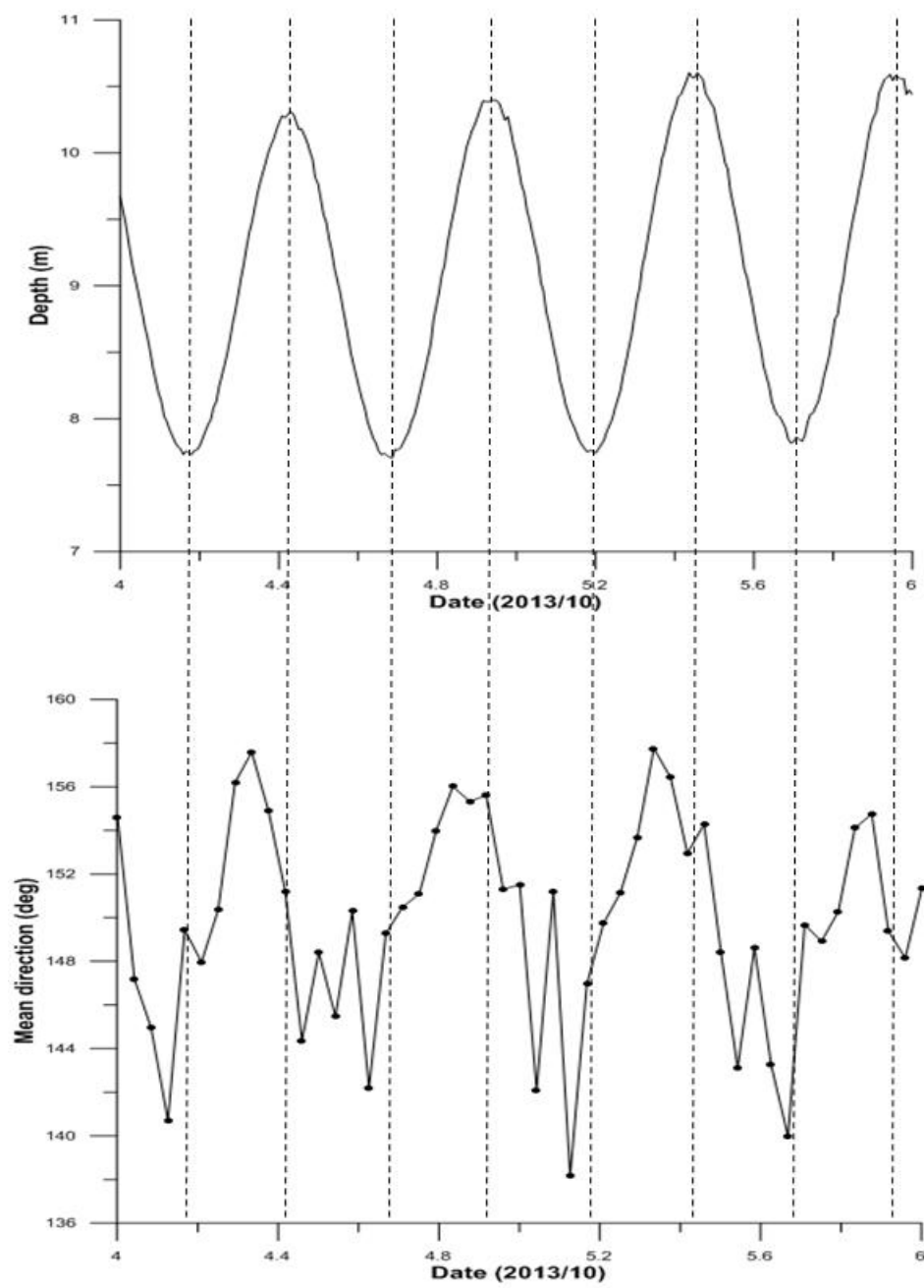


圖 5.35 102 年 10 月 4~6 日河口之潮位與波向關係

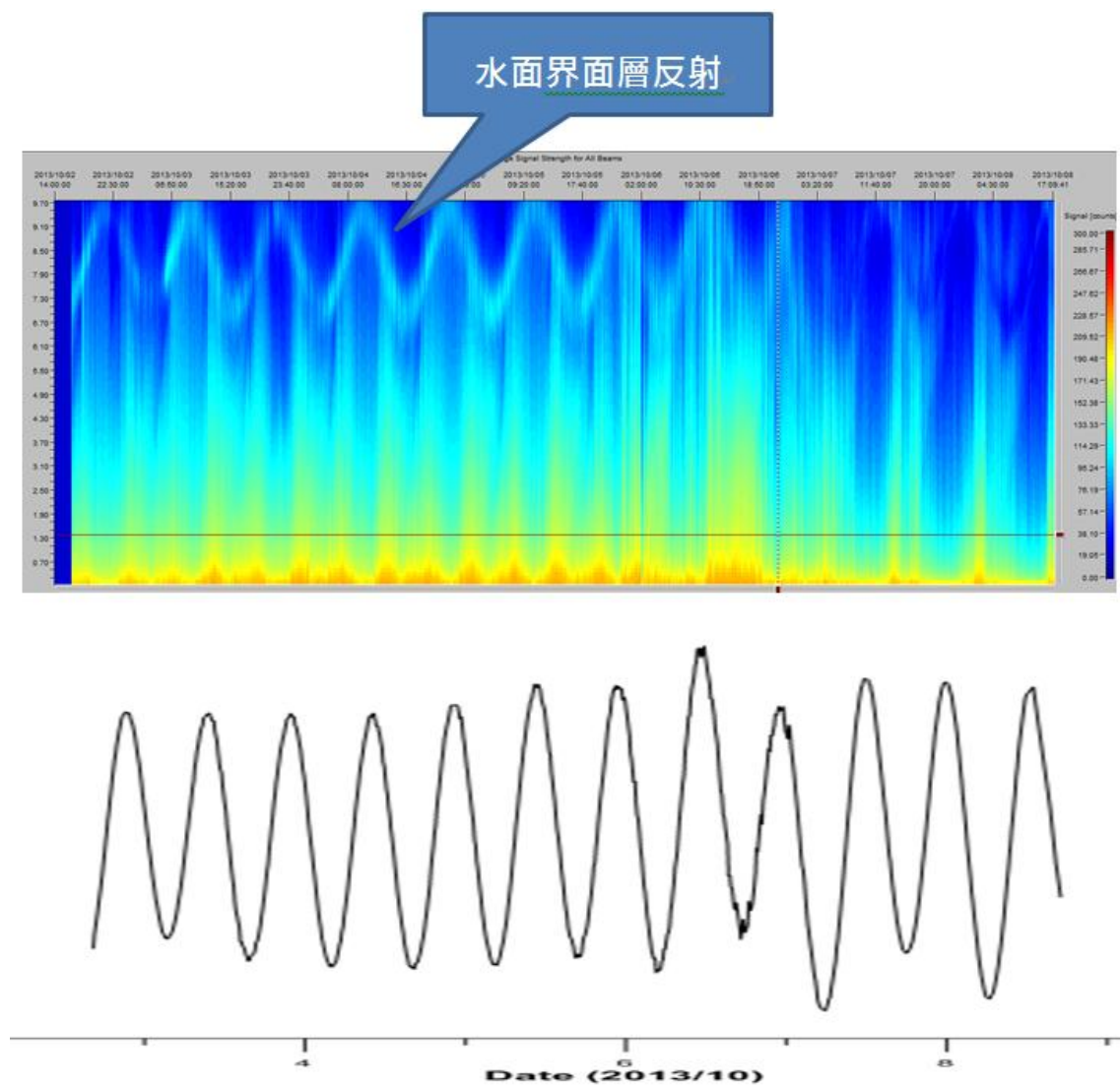


圖 5.36 102 年 10 月 2~8 日河口之潮位變化

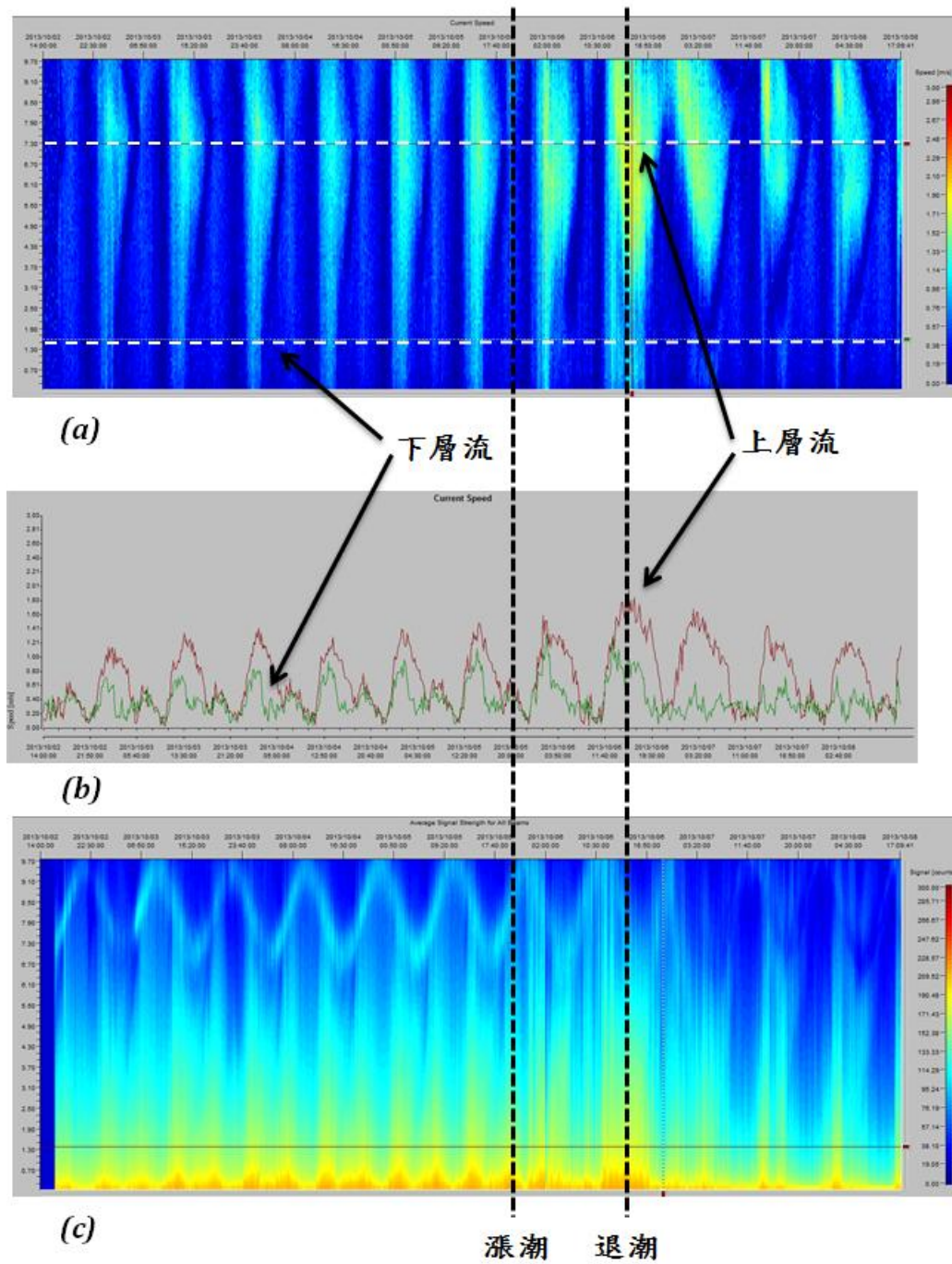


圖 5.37 河口剖面流(a)、不同流層之流速(b)與對應潮位(c)

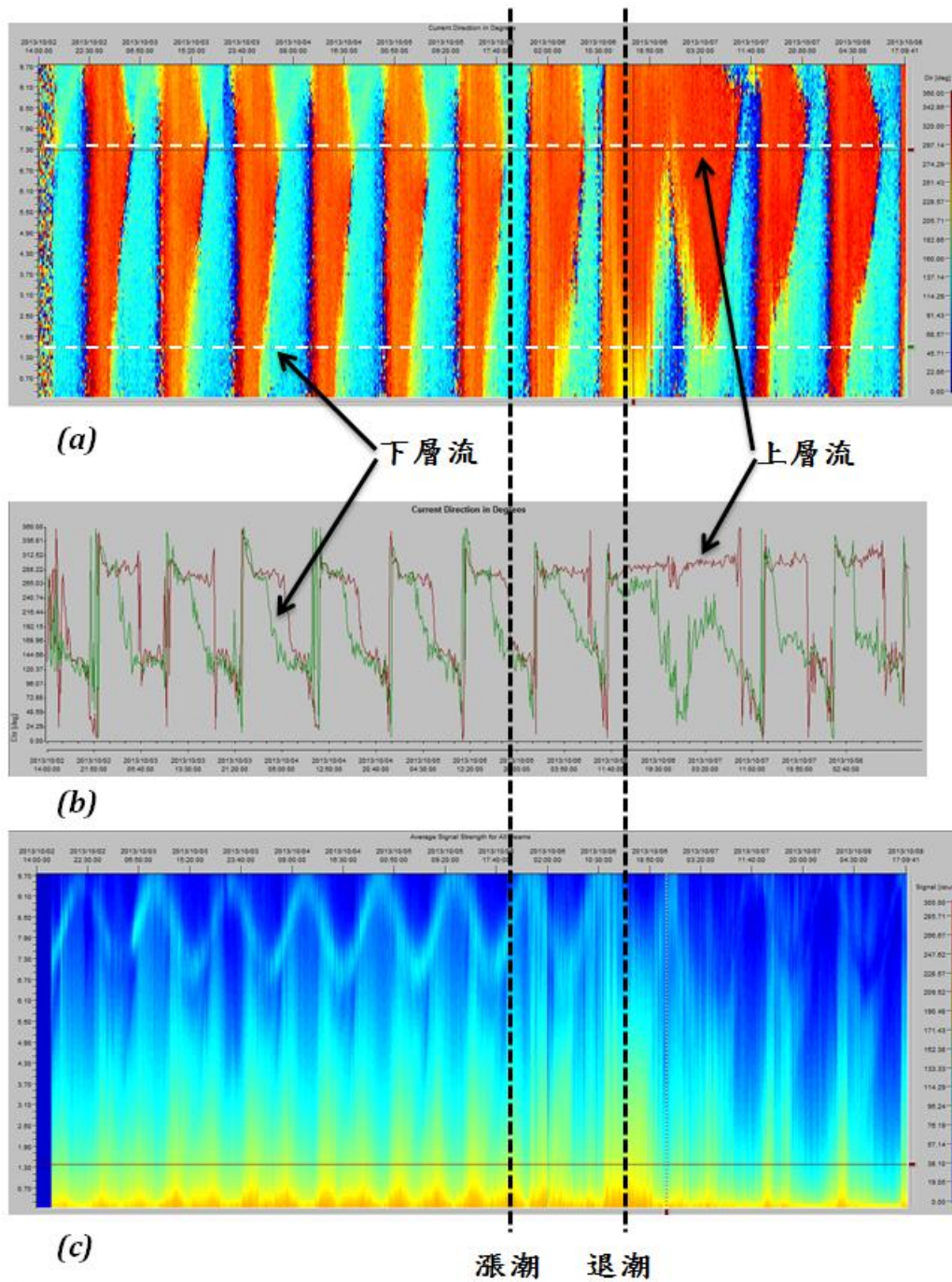


圖 5.38 河口剖面流(a)、不同流層之流向(b)與對應潮位(c)

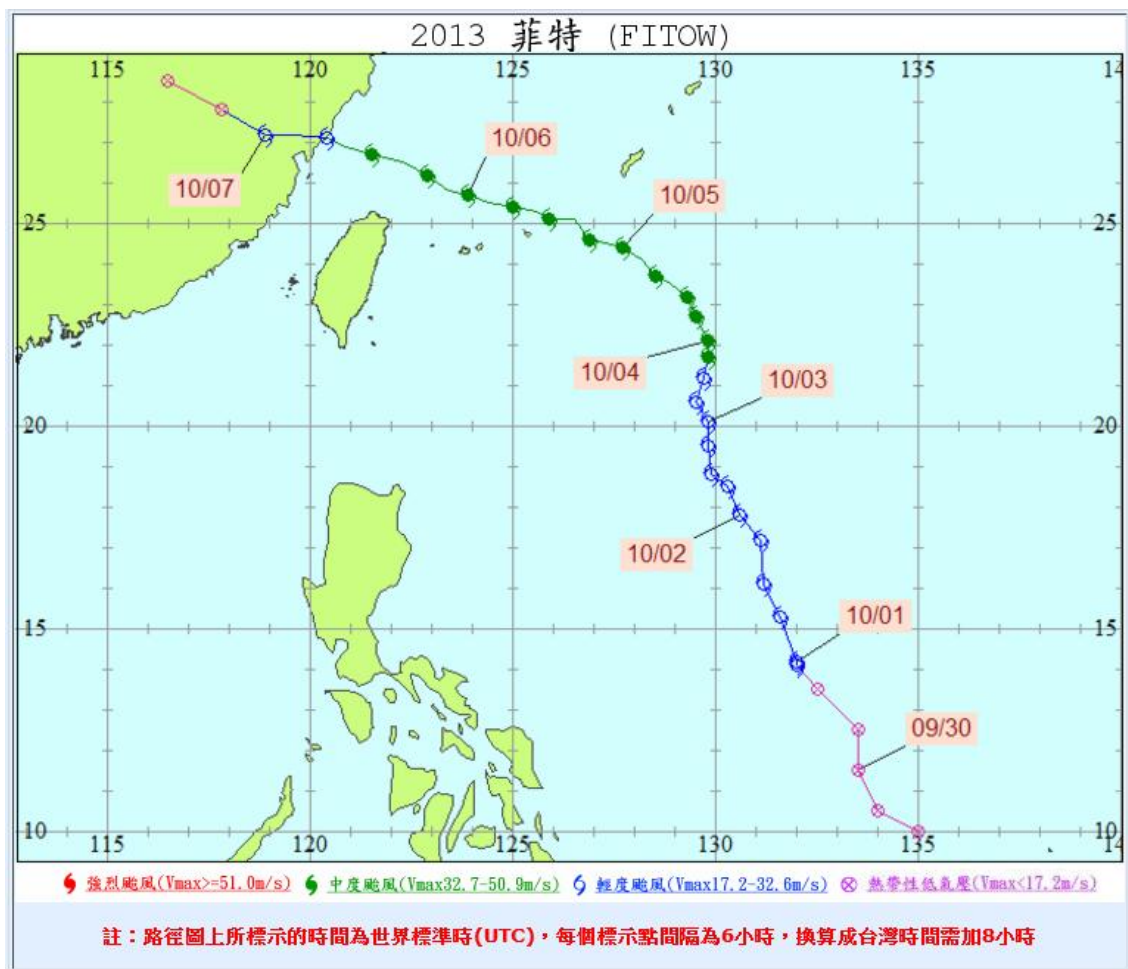


圖 5.39 中度颱風菲特由臺灣北部海面掠過

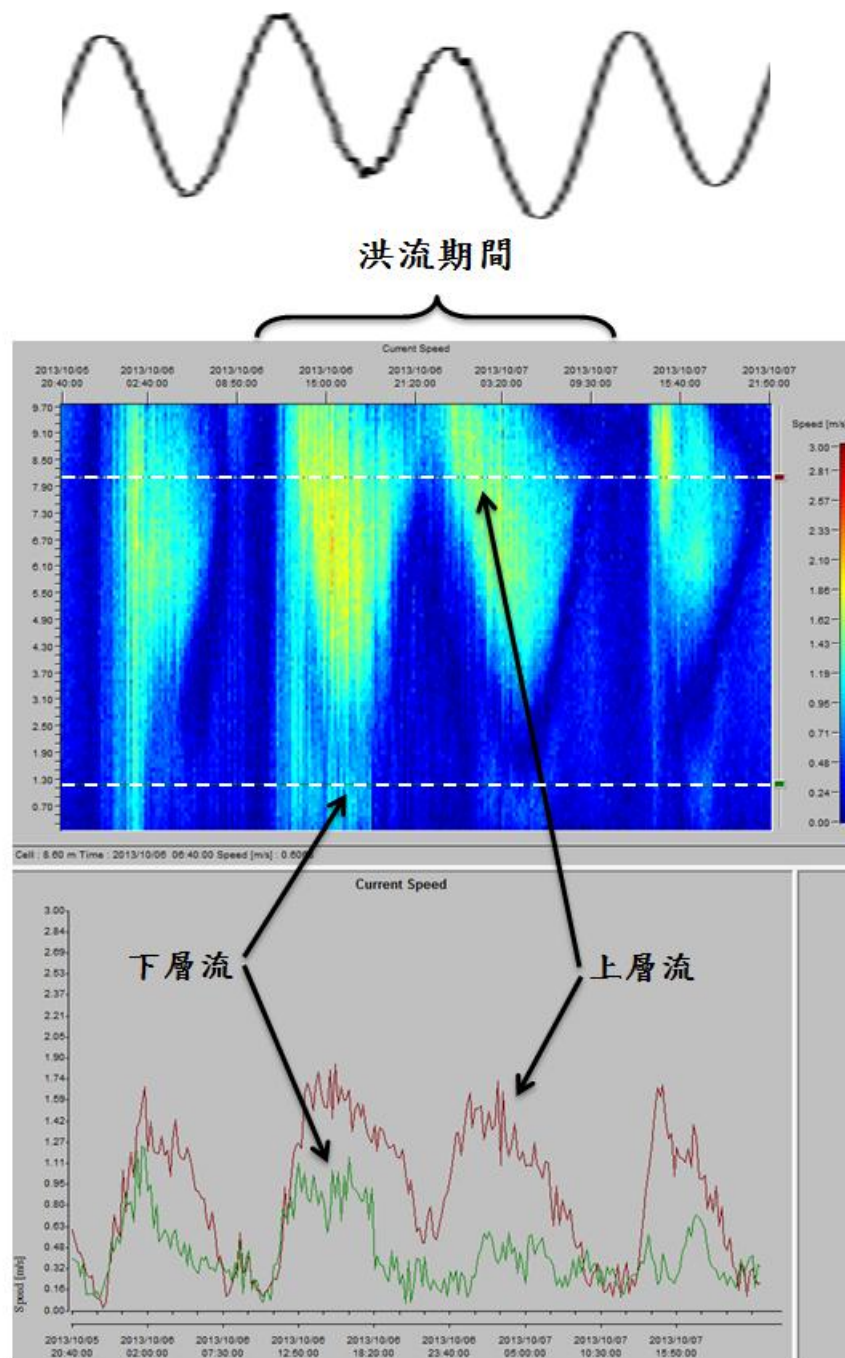


圖 5.40 河口測站對應潮位、剖面流與不同流層之流速變化

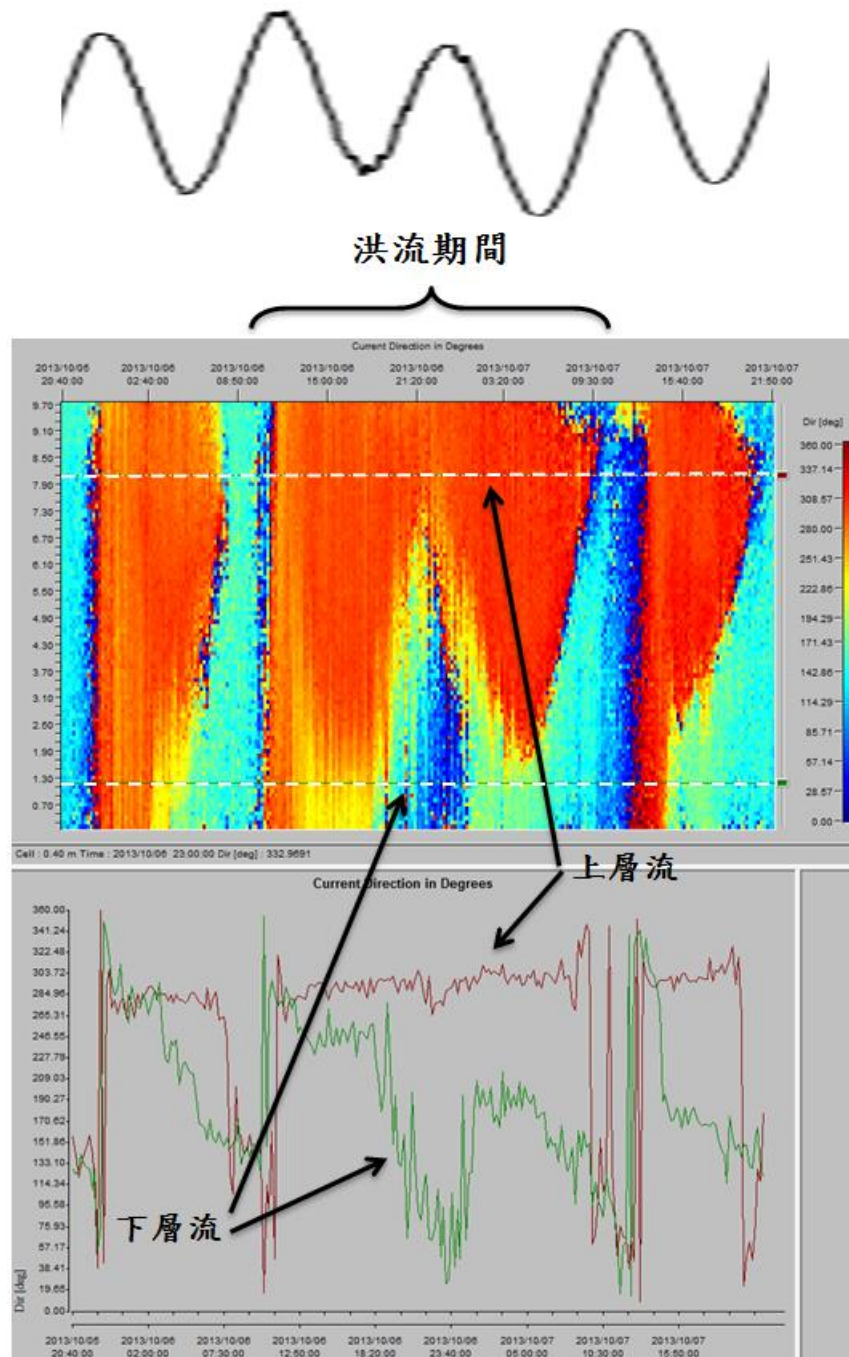


圖 5.41 河口測站對應潮位、剖面流與不同流層之流向變化

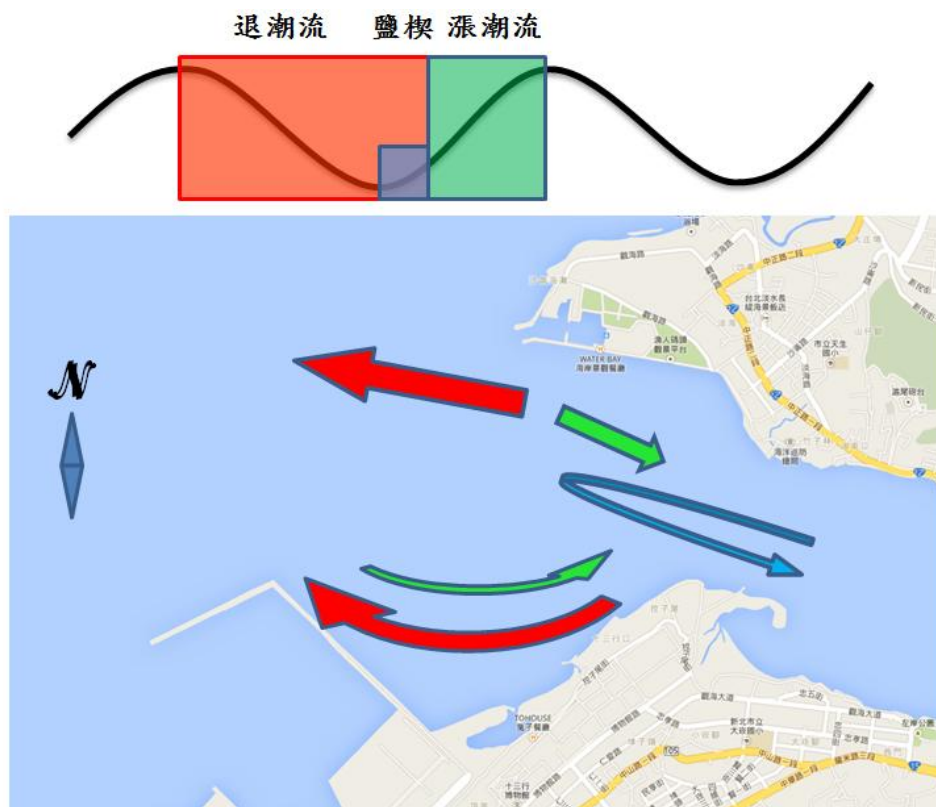


圖 5.42 淡水河河口平日流況示意圖



圖 5.43 淡水河河口洪流時流況示意圖

第六章 結論與建議

6.1 結論

臺北港位於淡水河口南岸，其北防波堤向外海延伸約千餘公尺，已產生明顯突堤效應阻擋沿岸輸砂，使防波堤北側呈現淤積現象，而防波堤南側近岸地區則呈侵蝕現象。臺北港建設工程仍持續進行中，為瞭解並掌握臺北港工程對近岸海域流場、波浪及地形變遷的影響，有必要對淡水河口及臺北港附近海域進行長期監測，建立該區海域的流況、波浪、漂砂以及地形變遷相關資料，以提供建港單位即時性評估及政府相關防治對策研擬的參考。

1. 臺北港位於淡水河口南岸，其北防波堤向外海延伸約千餘公尺，已產生明顯突堤效應阻擋沿岸輸砂，使防波堤北側呈現淤積現象，而防波堤南側近岸地區則呈侵蝕現象。臺北港建設工程仍持續進行中，為瞭解並掌握臺北港工程對近岸海域流場、波浪及地形變遷的影響，有必要對淡水河口及臺北港附近海域進行長期監測，建立該區海域的流況、波浪、漂砂以及地形變遷相關資料，以提供建港單位即時性評估及政府相關防治對策研擬的參考。
2. 本年度底床質採樣方式為同一斷面多點採樣(5 - 6 點)，較能反映底床粒徑的空間分布。關渡橋下游至淡水渡船頭河床以細砂 (0.125 - 0.25 mm) 為主，河心處顆粒較粗而兩岸粒徑較細，含泥量較高處接近紅樹林生長區。靠河口處(油車口及挖子尾)之粒徑則以中砂為主(0.25 - 0.5mm)為主，河口內(油車口上游)左側顆粒較細(細沙)，右側顆粒較粗(中砂)，反映主深槽因屬彎道偏向凹岸(即右岸靠淡水處)，其顆粒明顯較凸岸挖子尾粒徑為粗。挖子尾接近紅樹林棲地，其顆粒較細且含泥量較高。
3. 淡水河底床值得中砂粒徑較大者位於淡水渡船頭與河口間的右岸，八里左岸則有一處(KD-10)有較粗顆粒。秋季淡水河下游河床質較4月量測值有粗化趨勢，與夏季水流量較大有關。依不同粒徑的沿

河分布可知較粗顆粒 ($d > 0.42\text{mm}$) 仍以來自淡水河本流而非河口淤沙區。

4. 關渡橋下游站(KD-8A) 在退潮初期的剖面流速明顯較漲平潮時不均勻，退潮時表面流速接近 1m/s 明顯大於漲平潮之 0.5m/s ，顯明河川流量之效應。斷面 KD-10 到 KD-12 的水深平均流速接近 0.5m/s 。斷面 KD-8A 之主深槽偏左岸，而斷面 KD-10，KD-11 之主深槽則偏向右岸，在斷面 KD-12 (挖子尾沙嘴及河口處)之主深槽則位於和中心稍偏右岸。由斷面速度的三個垂直剖面，可知流速最大值並非與主深槽一致，故淡水河的側向渦流混和效應不可忽略。
5. 臺北港北防波堤北側與淡水河河口南岸延伸沙洲間之淺水袋狀區內會在退潮時於袋狀區內產生順時針方向渦流，沿著北防波堤將碎波捲起之懸浮沙帶往外海，此順時針渦流一直延續至低潮底並持續到漲潮 $1/3$ 時才在很短時間內(大約 20 分鐘左右)方向逆轉變為逆時針渦流；此時逆時針渦流逆轉袋狀區內的沿岸漂沙方向，將漂沙帶往河口，並隨著漲潮流將河口沙源往上游方向推送。或許這正是造成淡水河河口沙洲成長以及河口底床沙往上游方向移動的主要原因之一，此逆時針渦流一直持續到高潮頂才再方向逆轉並於很短時間內(大約 15 分鐘左右)反轉為順時針方向渦流。
6. 河口表層流在退潮時段流速約 $1.5\sim 2\text{m/s}$ ，流向 280° ，約平行於河口淡水第二漁港的南防波堤，流向外海方向；底層流速較小，約小於 1m/s ，流向與上層同向。漲潮時段表層流速約小於 0.5m/s 與底層流速相同，漲潮初期河口表層流向仍維持約 280° 流向外海，但底層流向則隨著河口潮汐變化轉潮，流向逆轉為 140° ，指向河川上游方向，形成鹽楔，造成河口環流現象，直至漲潮中段時間，表層流才轉為與底流同向，流向河川上游，流速則上下層一致，大致小於 0.5m/s 。

7. 洪流時河口退潮流上下層流向出現 $40^{\circ}\sim 100^{\circ}$ 的偏離，較平日上下層流向一致的情形不同，主要是表層流受上游洪流推擠，洪水快速從河口上層噴出，而底層水流速較小容易受河口較重海水及河口附近沿岸流或地形影響改變流向。洪流時的漲潮時段，表層流仍持續流向外海，流速較小，約 0.7m/s ，流向也短暫恢復為平日的 280° 方向，底層流受上游龐大排水的壓力並未像平日般指向河口上游方向，流速約 0.3m/s ，流向 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 方向，大約是河口北岸，或許會沿著淡水河河口北岸向上游方向移動。

6.2 成果效益及後續應用情形

1. 淡水挖子尾沙嘴地形演變及河口之河槽斷面有逐漸淤積的演變趨勢，應持續進行定期水深量測及地形監測，並須考慮在兼顧生態及環境保育的條件下，評估進行人工疏濬作業的可行性。
2. 臺北港北防波堤北側與淡水河河口南岸延伸沙洲間之淺水袋狀區內，因波能匯聚，經常波濤洶湧，漂砂活動劇烈，地形複雜，宜持續進行進一步不同時期、測點及斷面，淡水河河口流場與漂沙運移之分析。
3. 淡水河下游目前仍缺乏長期性之颱風期間之實測流量及同時間之濃度資料。建議持續收集河道斷面量測資料、河床質分佈、疏浚資料及流量資料等以驗證淡水河口長期之輸砂特性。
4. 本研究長時間在臺北港及淡水海域地區進行不同月份與季節的流速分佈、濃度分佈、波浪與底床地形變化等現場觀測作業。分析多年現場資料可以獲得河口與近岸地區沿岸輸沙率之迴歸曲線經驗公式，可作為決定海岸地區漂沙輸沙量估算之參數依據，已獲得良好之結果。應用上可提供各港務局或學術研究單位於探討近岸輸沙量推算與海岸漂沙數值模擬之參考。

參考文獻

1. 王安得，「淡水河年侵蝕率之推估」，國立台南師範學院自然科學教育學系碩士論文，台南市，2004。
2. 王鑫、許玲玉、濮方正等，「臺北縣的特殊地形景觀」，pp.99～105，臺北縣政府，1997。
3. 中華水下考古學會，「淡水河口古沉船初勘作業調查報告」，2009。
4. 宋國士、溫良碩、劉康克、劉佩琨，「淡水河口區水下地形」，臺灣海洋學刊第 39 期，pp. 135～159，2001。
5. 李知苙，「臺灣附近海域表層沈積物之組織、礦物與化學對比」，國立臺灣大學海洋研究所碩士論文，2000。
6. 李錫堤、黃俊鴻、劉進金、蔡榮君、洪國華、林書毅，「林口台地及其鄰接海岸地形變遷與地貌復原可行性探討」，公共工程委員會專案委託計畫成果報告，1998。
7. 李鴻源、楊錦釗、葉克家、謝慧民，「辮狀河系沖淤模式之發展(四)“NETSTARS 模式”」，國立臺灣大學土木工程系，臺北市，1996。
8. 周憲德、卡艾偉、李璟芳，「95 年淡水河河口輸砂及水理之研究」，交通部運輸研究所港灣技術研究中心辦理研究計畫，2006。
9. 周憲德、卡艾偉、李璟芳、林煒傑，「96 年淡水河河口輸砂及水理之研究」，交通部運輸研究所港灣技術研究中心辦理研究計畫，2007。
10. 林俊全、賴春婷、任家弘，「河口短時距地形變動之研究以淡水河口挖子尾為例」，地理學報第 35 期，pp.17~34，2004。

11. 林柏青、周憲德、江金德、蔡金吉，「淡水河流況與懸浮質調查分析」，第 25 屆海洋工程研討會論文集，pp.669～676，國立臺灣海洋大學，基隆市，2003。
12. 林清泉，「臺北盆地周緣坡地的特徵與土地利用的相關研究」，臺灣師範大學地理研究所碩士論文，1989。
13. 林雪美，「臺灣西部河口之地形學研究」，國立臺灣師範大學地理學研究所博士論文，1996。
14. 邱永芳、洪憲中、吳基、林柏青、廖慶堂、王胃、徐如娟，「八十八年八里、林口海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷四年監測計畫報告」，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，1999。
15. 洪奕星，「臺灣北部海岸變遷研究 - 淡水河口一帶海底地形與沉積物分佈的調查研究(III)」，中央地質調查所委託計畫，2000。
16. 范光龍，「從淡水河口附近河段之今昔談起」，海洋臺灣第 12 期，第(1)卷，1996。
17. 基隆港務局，「臺北港港址北側疏濬淤沙及港址南側設置離岸潛堤方法研究」，民國 95 年 2 月(2006)。
18. 基隆港務局，「海岸地形變遷及防護對策研究“淡水港第二期工程（含淡水港外郭防波堤興建工程）環境影響說明書”（定稿本）- 附錄三」，2-1～4-20、7-2～7-4，基隆港務局，基隆市，1997。
19. 張力修，「金山至萬里峽灣海岸帶地質特徵」，國立臺灣大學海洋研究所碩士論文，2007。
20. 張石角，「臺灣海岸之自然環境與國土資源評估」，工程環境特刊，第五號，pp.91～112，1997。
21. 張菀文，「淡水河口地形變遷之研究」，國立臺灣大學地理環境資源研究所碩士論文，2002。

22. 張慶源、李育明、何瓊芳、童慶斌、闕蓓德，「永續臺灣的願景與策略研究子計畫—“永續發展知識庫之建立(V)—資能源善用組”」，行政院國家科學委員會九十一年度研究計畫成果報告，臺北市，2003。
23. 莊文星，「臺灣之火山活動與火成岩」，國立自然科學博物館，第323頁，1999。
24. 許泰文，「近岸水動力學」，中國土木水利學會出版，科技圖書公司，2003。
25. 許泰文、張憲國，「永續的鑽石海岸」，經濟部水資源局出版，2001。
26. 許硯蓀、廖學瑞、朱志誠「淡水八里海岸地形變遷研究及人工岬灣之應用」，中華技術，17：59-66，1993。
27. 許銘熙，「淡水河口生態系統模式」，第一屆生態工法研討會報告，2005。
28. 陳政三，「泡茶走西仔反—清法戰爭臺灣外記」，(譯著，Dodd, John 原著)，臺灣書房，2007。
29. 陳筱華、陳嘉元、連永順，「多功能河口水文站之件置與最適化系統之建立」，經濟部水資源局，臺北，2000。
30. 港灣研究中心，「臺北港(92~94年)海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷監測作業 - 93年報告」，交通部運輸研究所，2004。
31. 港灣研究中心，「臺北港(92~94年)海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷監測作業 - 94年報告」，交通部運輸研究所，2005。
32. 黃序文，「臺灣西部近岸沈積物之重礦物組成—由Q型因子分析法推測近岸沉積物傳輸方向」，國立臺灣大學海洋研究所碩士論文，1994。

33. 黃良雄、楊錦川、許泰文，「臺北港設置後對淡水河口海岸地形變遷之影響」，經濟部水利署第十河川局辦理研究計畫，2006。
34. 鄧國雄，「淡水河下游河道形態與河床沉積研究」，國科會研究報告，1987。
35. 鄧國雄、高慶珍、許哲明、蔡佩娥，「淡水河下游河道形態與演育」，11:139~169，地理學研究，1987。
36. 魏震，「臺北港興建對鄰近海岸地形影響之評析」，國立臺灣海洋大學河海工程系碩士論文，2001。
37. 羅志堅，「淡水河口處海岸變遷之研究」，國立臺灣大學土木工程研究所碩士論文，1995。
38. Allen, J.R.L. , 1968. The nature and origin of bedform hierarchies. *Sedimentology* 10, 161–172.
39. Ashley, Gail M. "Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem-SEPM bedforms and bedding structures." *Journal of Sedimentary Research* 60.1 (1990).
40. Bagnold, R.A. (1963), *Mechanics of marine sedimentation*. In "The Sea: Ideas and Observations" ed. by M.N. Hill, Vol.III, Interscience, New York.
41. Boggs, S., Jr., W. C. Wang & J. C. Chen (1974), "Textural and compositional patterns of Taiwan shelf sediment", *Acta Oceanographica Taiwanica*, 4, 13-56.
42. Boggs, S. JR., W. C. Wang, and J. C. Chen (1979), "Sediment properties and water characteristics of the Taiwan shelf and slope." *Acta Oceanogr Taiwanica*, 10:10-49.
43. C. F. Nordin and J. H. Alpert, "Discussion of 'Geometrical properties of sand waves'," by M. S. Yalin, *J. Hydr. Div.* 91, 367 (1965).

44. Chen, Zhongyuan, et al. "Yangtze River of China: historical analysis of discharge variability and sediment flux." *Geomorphology* 41.2 (2001): 77-91.
45. Chiao, L-Y and Y-H Wang (2004), "Multiresolution interpolation and detiding of the ADCP Data", *J. of Atmosphere and Oceanic Technology*, Vol.21, pp.122-134.
46. Coleman, S. E., et al. "Equilibrium hydrodynamics concept for developing dunes." *Physics of Fluids* 18 (2006): 105104.
47. Dadson, S.J., N. Hovius, H. Chen, W.B. Dade, M.L. Hsieh and S.D. Willet (2003), "Links between erosion, runoff variability and seismicity in the Taiwan orogen", *Nature*, Vol.426, pp.648-651.
48. Duffy, Garret P. and John E. Hughes-Clarke. 2005. Application of spatial cross correlation to detection of migration of submarine sand dunes. *Journal of Geophysical Research* 110: F04S12.
49. Dyer, K.R. (1994), "Estuarine sediment transport and deposition", Chap. 6 in *Sediment Transport and Depositional Processes*, ed. by K. Pye, Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.
50. Hans Burchard (1998), "The Formation of Estuarine Turbidity Maxima Due to Density Effects in the Salt Wedge. A Hydrodynamic Process Study", *Journal of Physical Oceanography*, Vol.28, No.2, pp.309-321.
51. Huang, Norden E. (1998), "The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis", *Proc. R. Soc. Lond. A*, Vol.454, 903-995.
52. Jay, D. A., and J. D. Musiak, (1994): Particle trapping in estuarine tidal flows. *J. Geophys. Res.*, 99(20), 445–461.
53. Julien, Pierre Y., and Gerrit J. Klaassen. "Sand-dune geometry of large rivers during floods." *Journal of Hydraulic Engineering* 121.9 (1995): 657-663

54. Kachel, N.B. and R.W. Sternberg (1971), "Transport of bedload as ripples during an ebb current," *Marine Geology*, Vol.19, pp.229-244.
55. L. C. van Rijn, "Sediment transport, part III: bed forms and alluvial roughness," *J. Hydraul. Eng.* 110, 1733 (1984).
56. Leopold, Luna B., M. Gordon Wolman, and John P. Miller. "1964-Fluvial processes in Geomorphology." San Francisco and London: Freeman.
57. Liew, P.M. (1993), " Holocene tectonic uplift deduced from elevated shorelines, Eastern Coast Range of Taiwan", *Tectonophysics*, Vol. 222, pp.55-68.
58. Wright, S. and G. Parker (2004), " Density stratification effects in sand-bed rivers", *Journal of Hydraulics, ASCE*, Vol.130, No.8, 783-795.
59. Wright, S. and G. Parker (2004), " Flow resistance and suspended load in sand-bed rivers : simplified stratification Model", *Journal of Hydraulics, ASCE*, Vol.130, No.8, 796-805.
60. Van Leussen,W. (1989), " Aggregation of particles, settling velocity of mud flocs, A Review", in *Physical Processes in Estuaries*, ed. by Dronkers, J, and W. van Leussen , Springer-Verlag., pp.348-403.

附錄一

交通部運輸研究所 102 年度科技計畫 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：港域近岸底床輸沙之現場觀測研究(1/4)

執行單位：運輸研究所港研中心

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
一、余進利委員 1.第二章基本資料整理內容過舊，並未包含近年極端氣候影響下的事件(如莫拉克風災)，基本資料恐未符合近年趨勢，建議更新至近年資料。 2.為佐證底質成份來源建議搜集淡水河系上游水庫/集水區礦物組成。 3.第三章建議補充說明底床質採樣前是否有重大降雨事件。 4.P.63 第二行“TWD67 經緯度格式”應為“WGS84 經緯度格式”請更正。 5.3.3 節建議將底質分析方法交代於分析結果前。 6.3.4 節建議補充說明懸浮質分析的方法。 7.經由懸浮質測量結果可得不同深度懸浮質資料，建議進一步評估河系輸沙量。	1. 遵照辦理。 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理。 4. 遵照辦理。 5. 遵照辦理。 6. 遵照辦理。 7. 遵照辦理。
二、林銘崇委員 1.波浪、水流、沙質、地形等諸量之量測同步否？ 2.各諸物理量間之相互關係可多所著墨。 3.挖子尾沙嘴地形地貌變化與淡水河口水理輸(漂)沙之關係值得探討。	1. 波浪與水流由同一部儀器做同步量測。 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理。

三、蕭松山委員 1.現場調查資料分析詳細，成果值得肯定。 2.表 2.1~表 2.7 等資料，建議下年度計畫執行時，更新至近年。 3.圖 5.1 及圖 5.14 不易閱讀，建議參考單位中心海氣象年報格式繪製。 4.河口流速流量觀測及分析詳盡，肯定其成果，建議持續執行觀測建立淡水河口流量、輸砂資料庫供台北港建設參考。	1. 謝謝委員肯定。 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理。 4. 遵照辦理。
四、黃清哲委員 1.本研究在第一年的研究中，已初步取得淡水河口近岸底床輸沙的觀測資料，相當不容易。相關成果也可說明挖子尾沙岬的變化。 2.未來是否可量測颱風前後，淡水河口近海地形的變遷。	1. 遵照辦理。 2. 遵照辦理。

附錄二 期末報告簡報資料

102年度交通部運輸研究所港研中心自辦計畫

港域近岸底床輸沙之 現場觀測研究(1/4)

MOTC-IOT-102-H2DA001d

期末簡報

總計畫主持人：何良勝

計畫主持人：林柏青

研究人員：衛紀淮、江玟德、陳志弘、林受勳、蔡瑞成

簡報日期：2013.02.20

1



建港影響漂沙 漂沙影響海岸



遠洋漁業、近海漁業、沿岸漁業、臨時停泊或避風總計共有299個漁港

簡報大綱

- 1 計畫概要說明
- 2 淡水河口地形變遷
- 3 淡水河下游河床質與懸浮質特性
- 4 淡水河口波浪及流場特性
- 5 結論

3

● 一、計畫概要說明

4

計畫背景

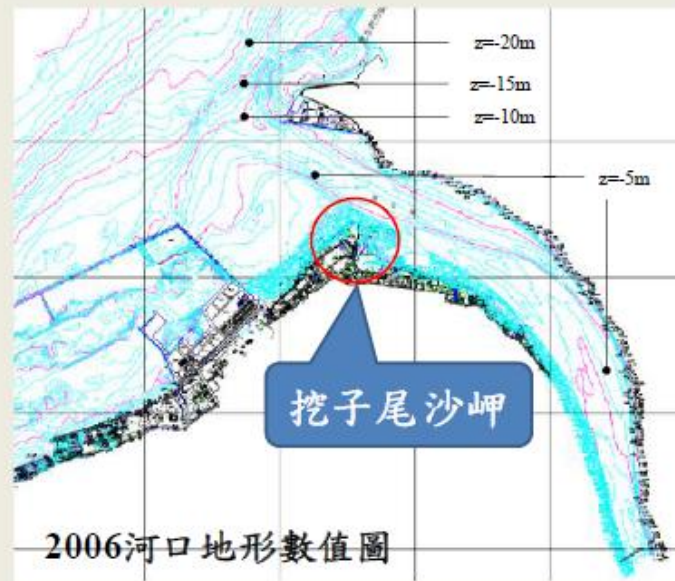
■計畫目的及內容

- 本計畫旨在探討港域附近海岸之地形變化與輸沙現象，尤其臺北港緊鄰淡水河口，受淡水河上游三大支流及水庫排洪輸沙影響，下游河口沿岸又有季節風或颱風帶動沿岸漂沙，加上臺北港防坡堤之突堤效應，使得港域附近波浪、流、漂沙與底床地形相互影響而更加複雜。本年度以現場觀測探討河口段底床地形、底床質、懸浮質、波浪以及流場在當地潮汐作用下之變化，以供後續年度探討臺北港對淡水河輸砂及排洪能力影響之參考。
- 本年度工作內容包含以下三項：
 - 1. 淡水河下游底床質與懸浮質特性。
 - 2. 河口港域波浪與流況調查。
 - 3. 港域地形變遷之探討。

5

二、淡水河口及近海地形變遷

河口及近海地形變遷



挖子尾長堤東西側沙灘淤積演變



(a) 2006/03/31



(b) 2008/03/08

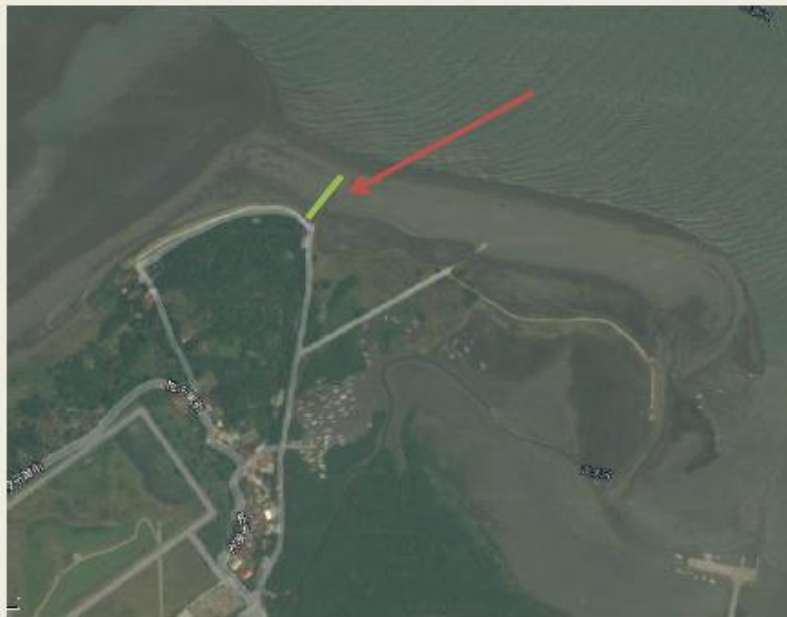


2008/07/19

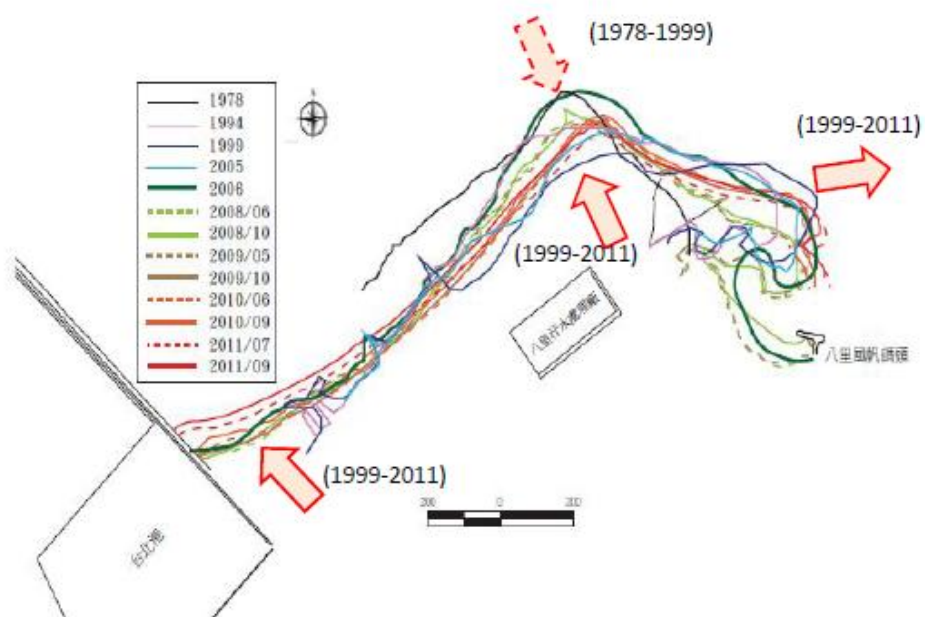


2013/07/05

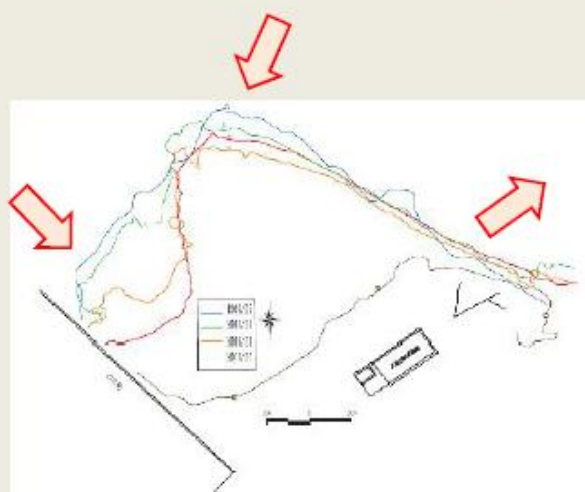
挖子尾檢查哨長堤



挖子尾沙嘴之形態(灘線)之歷年演變(1978-2011)

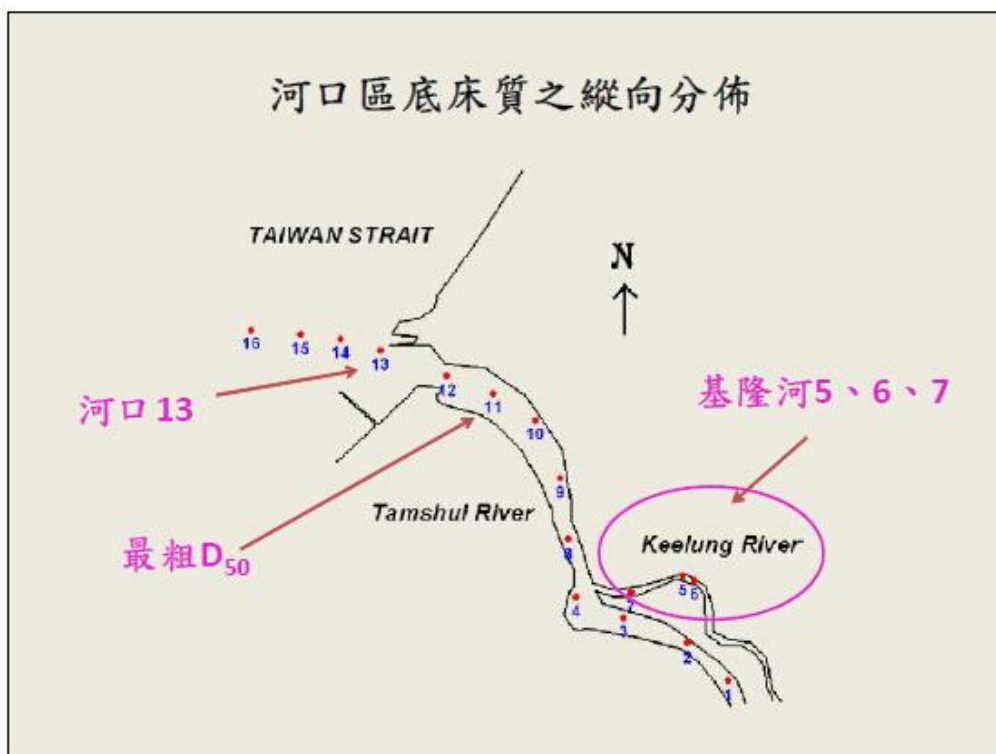


1995-2011 淡水河口南岸淺水區之地形演變

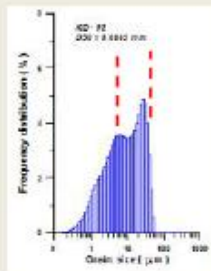
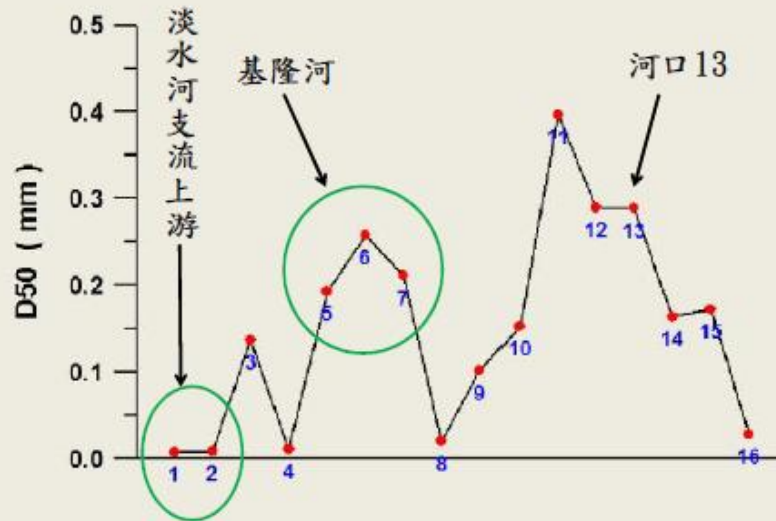


以-5m 等高線到高程0 的灘線代表淺水區範圍

三、淡水河下游河床質 與懸浮質特性

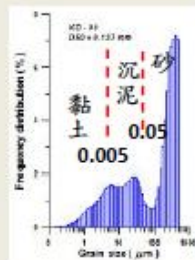


各測點底質採樣粒徑分析結果

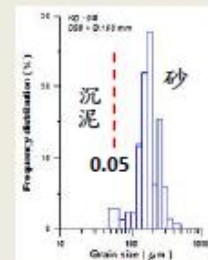


2

淡水河支流

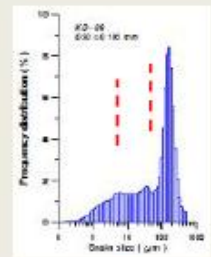


3



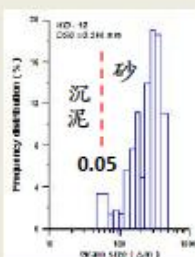
5

基隆河支流



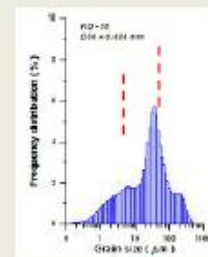
9

關渡



12

河口



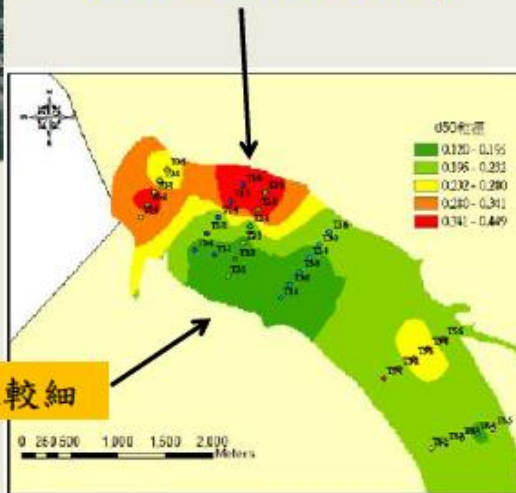
16

外海

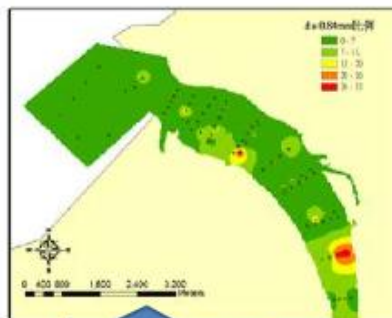
2013年4月橫向底質採樣位置與D₅₀分佈



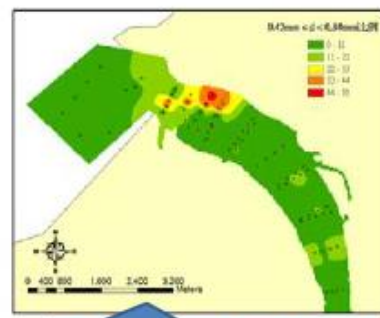
流速急，顆粒較粗



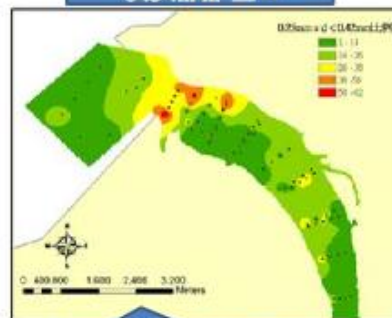
流速緩，顆粒較細



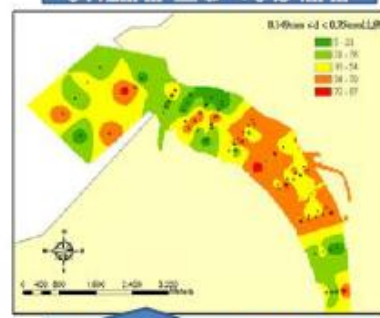
$0.84\text{mm} \leq d$



$0.42\text{mm} \leq d < 0.84\text{mm}$



$0.25\text{mm} \leq d < 0.42\text{mm}$



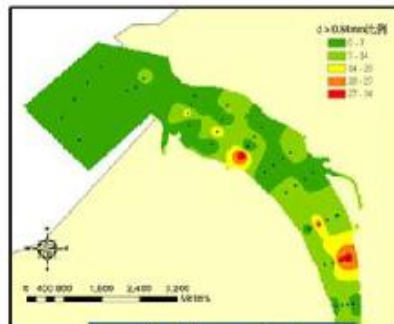
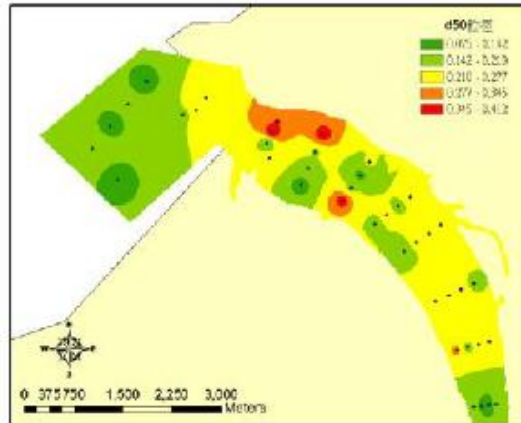
$0.148\text{mm} \leq d < 0.25\text{mm}$

2013年9月橫向底質採樣位置與D₅₀分佈

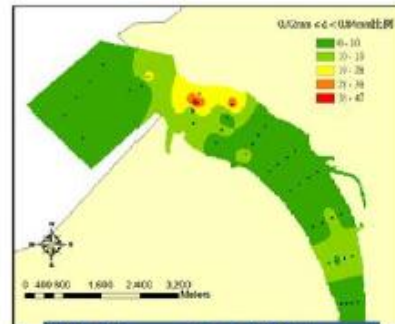


表 5-1 橫向底質採樣位置與D₅₀分佈

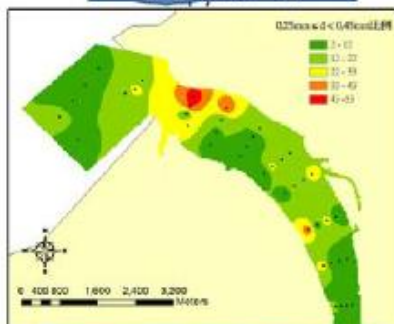
樣本編號	經度 (E)	緯度 (N)	D ₅₀ (mm)
1	121°11'00"	22°12'00"	0.142
2	121°11'00"	22°12'00"	0.142
3	121°11'00"	22°12'00"	0.142
4	121°11'00"	22°12'00"	0.142
5	121°11'00"	22°12'00"	0.142
6	121°11'00"	22°12'00"	0.142
7	121°11'00"	22°12'00"	0.142
8	121°11'00"	22°12'00"	0.142
9	121°11'00"	22°12'00"	0.142
10	121°11'00"	22°12'00"	0.142
11	121°11'00"	22°12'00"	0.142
12	121°11'00"	22°12'00"	0.142
13	121°11'00"	22°12'00"	0.142
14	121°11'00"	22°12'00"	0.142
15	121°11'00"	22°12'00"	0.142
16	121°11'00"	22°12'00"	0.142
17	121°11'00"	22°12'00"	0.142
18	121°11'00"	22°12'00"	0.142
19	121°11'00"	22°12'00"	0.142
20	121°11'00"	22°12'00"	0.142
21	121°11'00"	22°12'00"	0.142
22	121°11'00"	22°12'00"	0.142
23	121°11'00"	22°12'00"	0.142
24	121°11'00"	22°12'00"	0.142
25	121°11'00"	22°12'00"	0.142
26	121°11'00"	22°12'00"	0.142
27	121°11'00"	22°12'00"	0.142
28	121°11'00"	22°12'00"	0.142
29	121°11'00"	22°12'00"	0.142
30	121°11'00"	22°12'00"	0.142
31	121°11'00"	22°12'00"	0.142
32	121°11'00"	22°12'00"	0.142
33	121°11'00"	22°12'00"	0.142
34	121°11'00"	22°12'00"	0.142
35	121°11'00"	22°12'00"	0.142
36	121°11'00"	22°12'00"	0.142
37	121°11'00"	22°12'00"	0.142
38	121°11'00"	22°12'00"	0.142
39	121°11'00"	22°12'00"	0.142
40	121°11'00"	22°12'00"	0.142
41	121°11'00"	22°12'00"	0.142
42	121°11'00"	22°12'00"	0.142
43	121°11'00"	22°12'00"	0.142
44	121°11'00"	22°12'00"	0.142
45	121°11'00"	22°12'00"	0.142
46	121°11'00"	22°12'00"	0.142
47	121°11'00"	22°12'00"	0.142
48	121°11'00"	22°12'00"	0.142
49	121°11'00"	22°12'00"	0.142
50	121°11'00"	22°12'00"	0.142
51	121°11'00"	22°12'00"	0.142
52	121°11'00"	22°12'00"	0.142
53	121°11'00"	22°12'00"	0.142
54	121°11'00"	22°12'00"	0.142
55	121°11'00"	22°12'00"	0.142
56	121°11'00"	22°12'00"	0.142
57	121°11'00"	22°12'00"	0.142
58	121°11'00"	22°12'00"	0.142
59	121°11'00"	22°12'00"	0.142
60	121°11'00"	22°12'00"	0.142
61	121°11'00"	22°12'00"	0.142
62	121°11'00"	22°12'00"	0.142
63	121°11'00"	22°12'00"	0.142
64	121°11'00"	22°12'00"	0.142
65	121°11'00"	22°12'00"	0.142
66	121°11'00"	22°12'00"	0.142
67	121°11'00"	22°12'00"	0.142
68	121°11'00"	22°12'00"	0.142
69	121°11'00"	22°12'00"	0.142
70	121°11'00"	22°12'00"	0.142
71	121°11'00"	22°12'00"	0.142
72	121°11'00"	22°12'00"	0.142
73	121°11'00"	22°12'00"	0.142
74	121°11'00"	22°12'00"	0.142
75	121°11'00"	22°12'00"	0.142
76	121°11'00"	22°12'00"	0.142
77	121°11'00"	22°12'00"	0.142
78	121°11'00"	22°12'00"	0.142
79	121°11'00"	22°12'00"	0.142
80	121°11'00"	22°12'00"	0.142
81	121°11'00"	22°12'00"	0.142
82	121°11'00"	22°12'00"	0.142
83	121°11'00"	22°12'00"	0.142
84	121°11'00"	22°12'00"	0.142
85	121°11'00"	22°12'00"	0.142
86	121°11'00"	22°12'00"	0.142
87	121°11'00"	22°12'00"	0.142
88	121°11'00"	22°12'00"	0.142
89	121°11'00"	22°12'00"	0.142
90	121°11'00"	22°12'00"	0.142
91	121°11'00"	22°12'00"	0.142
92	121°11'00"	22°12'00"	0.142
93	121°11'00"	22°12'00"	0.142
94	121°11'00"	22°12'00"	0.142
95	121°11'00"	22°12'00"	0.142
96	121°11'00"	22°12'00"	0.142
97	121°11'00"	22°12'00"	0.142
98	121°11'00"	22°12'00"	0.142
99	121°11'00"	22°12'00"	0.142
100	121°11'00"	22°12'00"	0.142



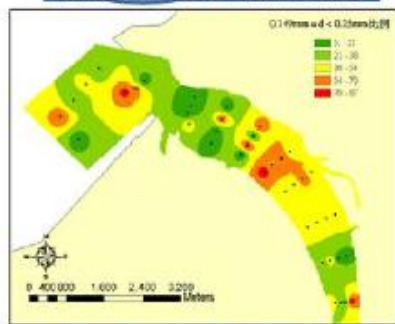
$0.84\text{mm} \leq d$



$0.42\text{mm} \leq d < 0.84\text{mm}$



$0.25\text{mm} \leq d < 0.42\text{mm}$

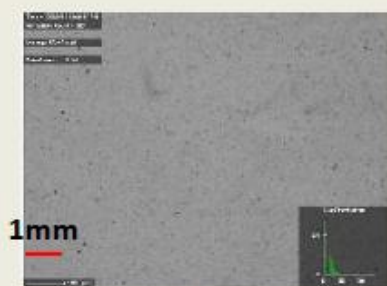


$0.148\text{mm} \leq d < 0.25\text{mm}$

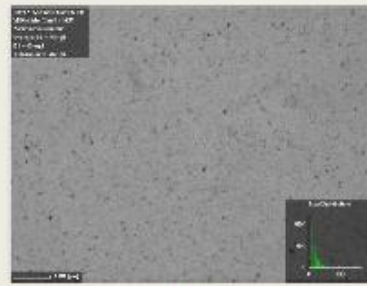
淡水河懸浮質觀測與分析



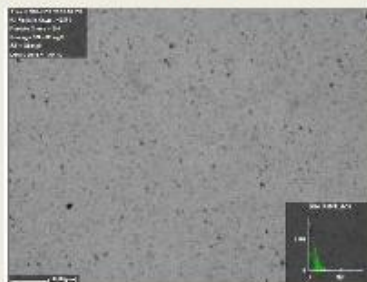
A



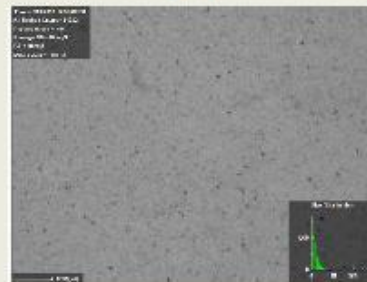
1m



2m



3m



4m

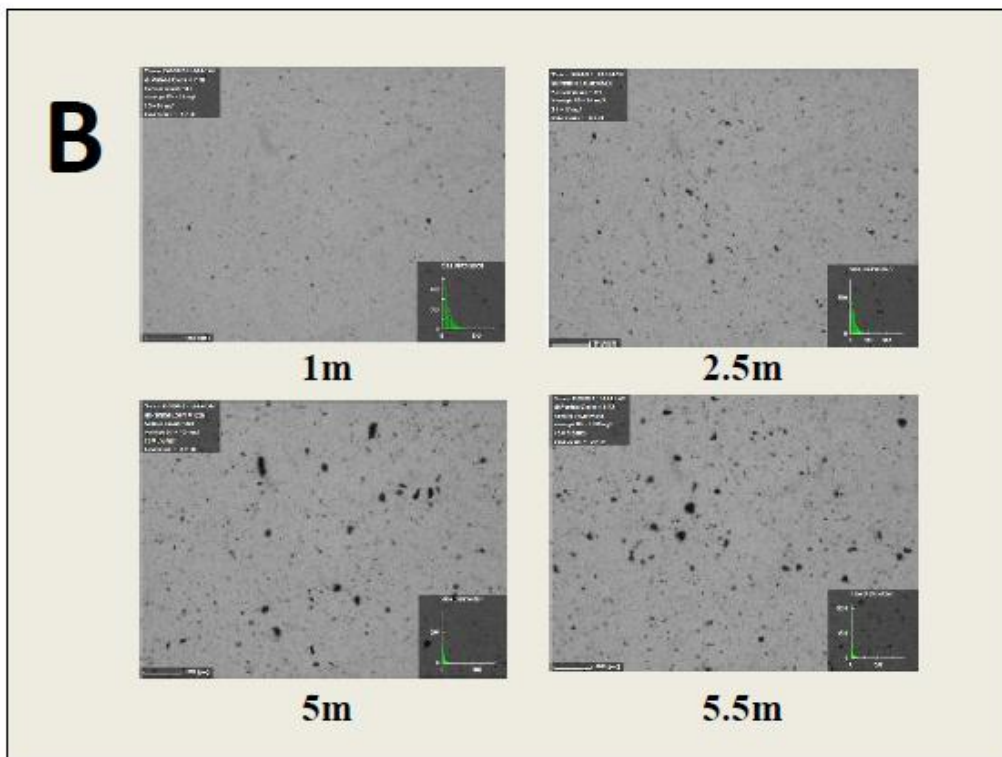
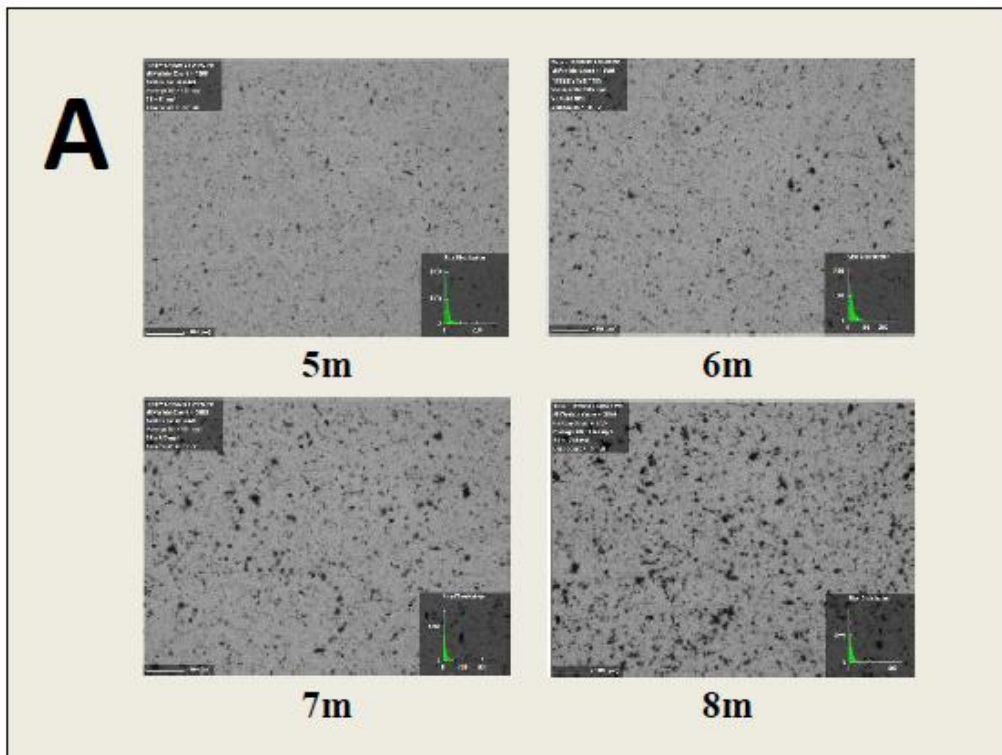
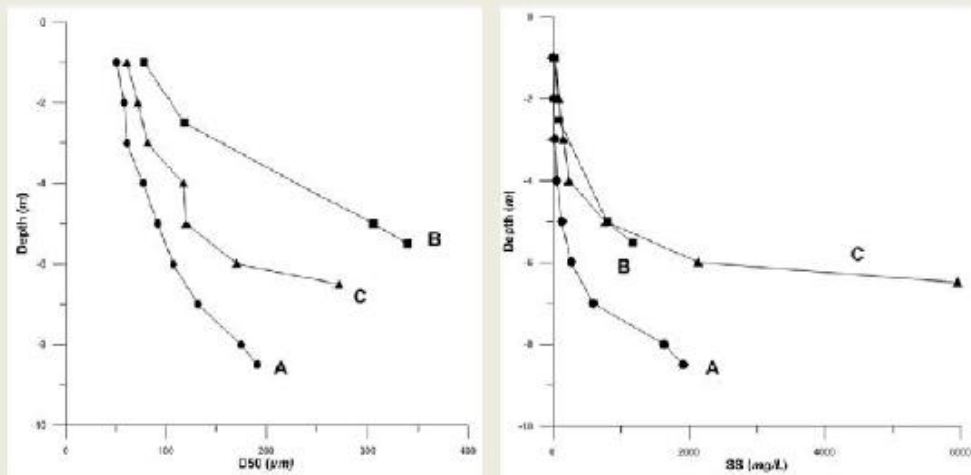


Figure 10 displays four SEM micrographs of the epoxy resin matrix surface at different magnifications: 1m, 2m, 3m, and 4m. Each image includes a scale bar (50 µm) and a small inset graph showing the surface profile.

各測站之 D_{50} 與SS隨水深之變化



四、淡水河口波浪及流場特性

河口斷面流與流量觀測



KD-13

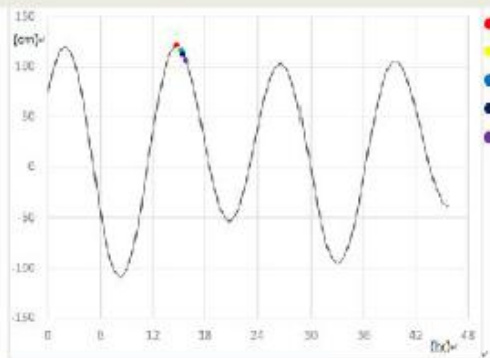
KD-12

KD-11

KD-10

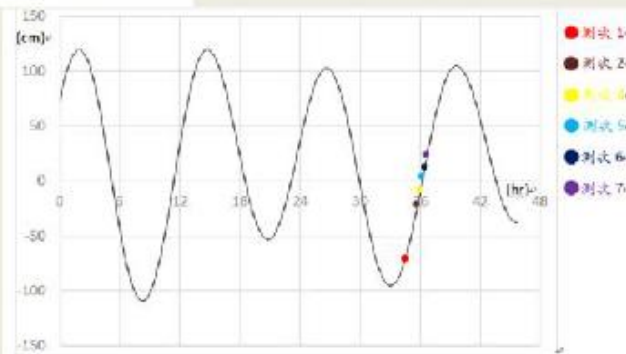
KD-8A

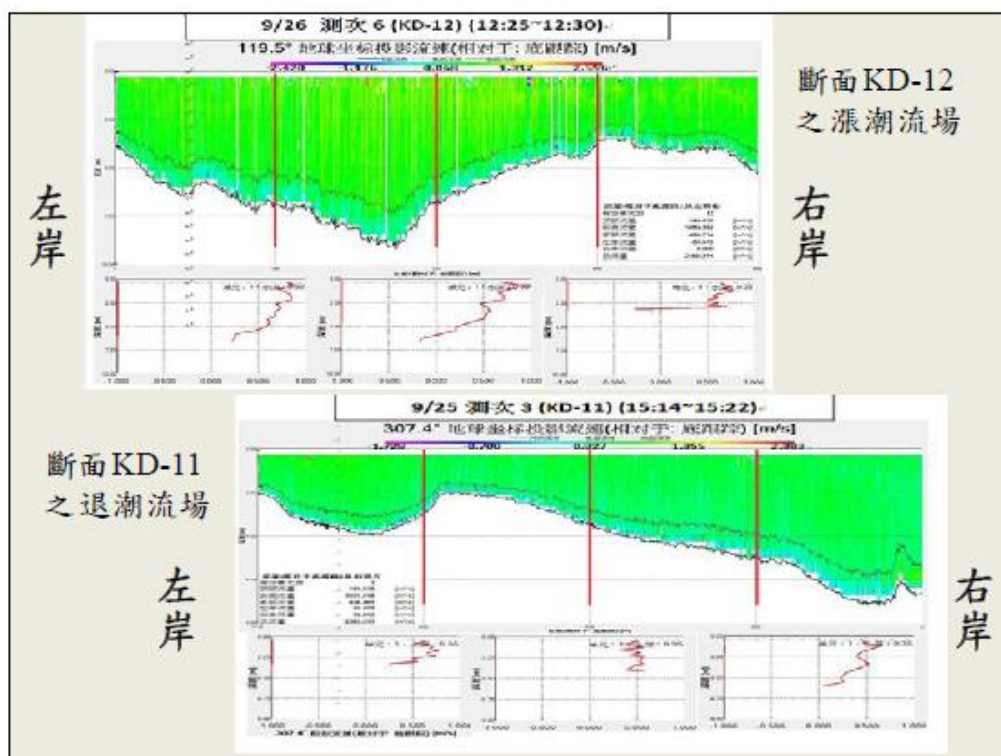
都普勒流速剖面儀
RiverRay ADCP



2013/9/25量測時淡水河潮位站之潮位

2013/9/26量測時淡水河潮位站之潮位





由斷面速度的三個垂直剖面，可知流速最大值並非與主深槽一致，故淡水河的側向渦流混和效應不可忽略。

	9月25日	9月26日
Station	Q(cms)	Q(cms)
KD-8A	1192	-1296
KD-10	1757	-2249
KD-11	2384	-2249
KD-12	2528	-2458
KD-13	3515	-2086*
註記:	退潮 (流量以向海為正)	漲潮 (*部份斷面)

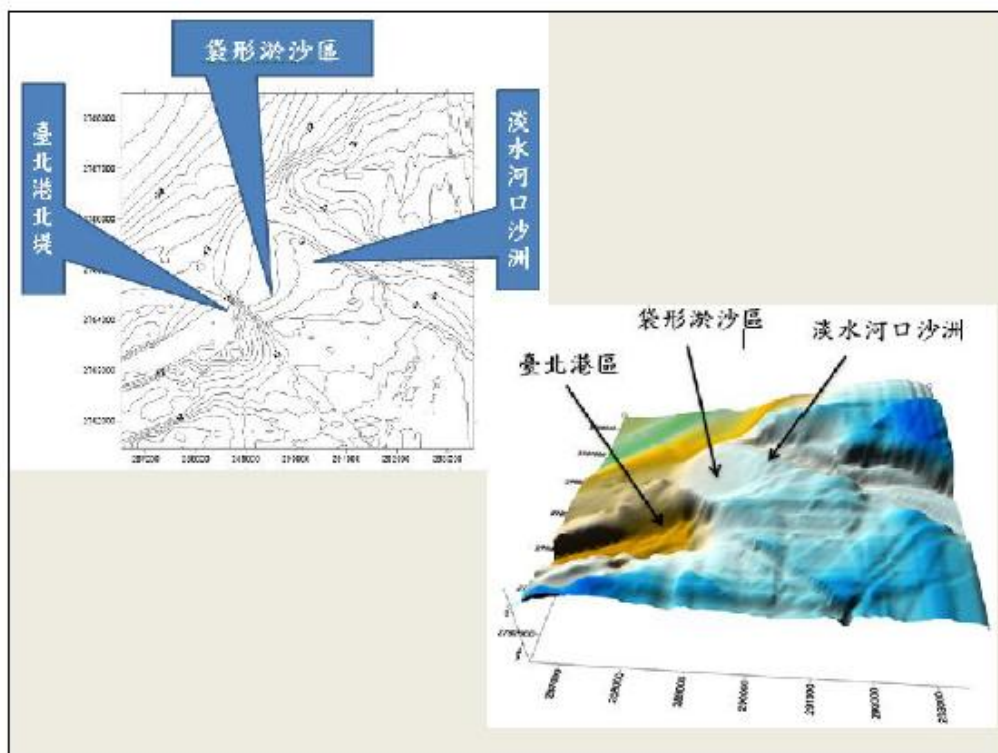
水利署第十河川局於92年4月17日在關渡橋流量觀測記錄，最大漲(退)潮流量為2880(2703)cms。兩者結果相近。

淡水河口波浪及流況調查



北堤測站

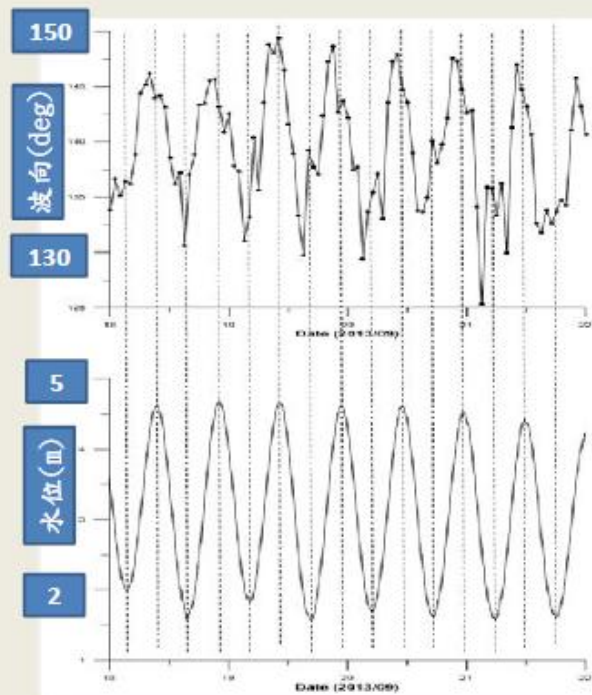
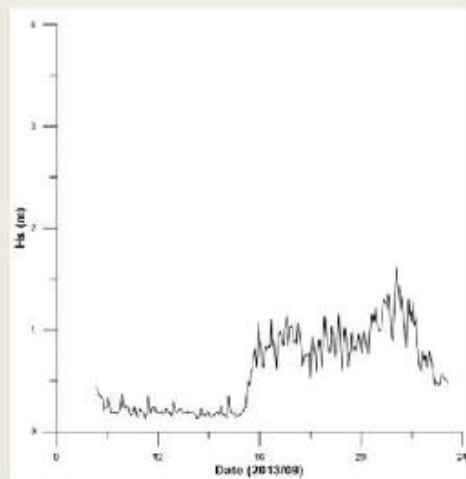
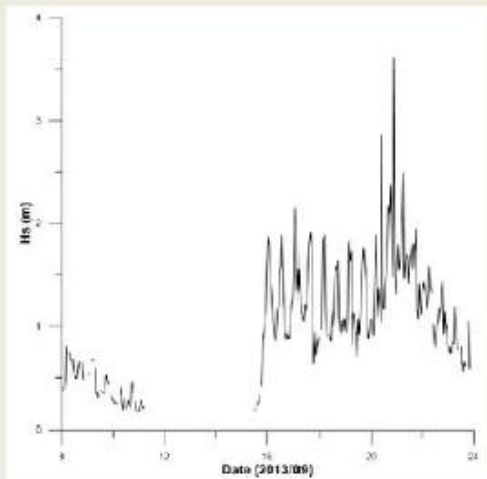




1 : $\frac{1}{2}$

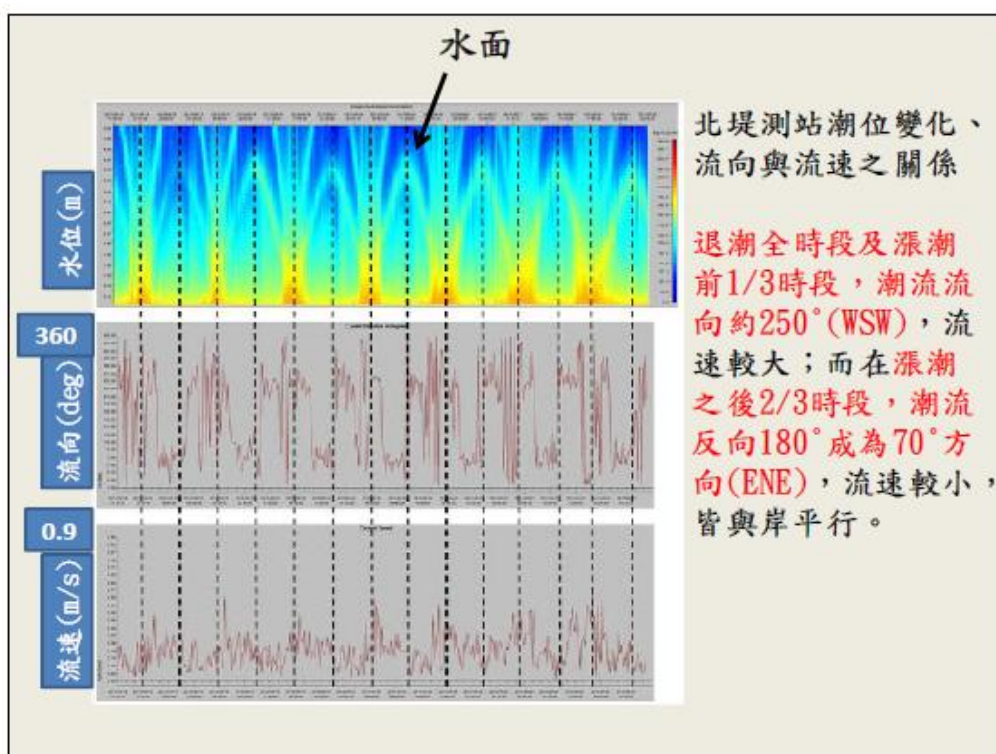
外海觀測樁之波高

北堤測站之波高



9月18 ~ 22日北堤測站之波向與潮位變化

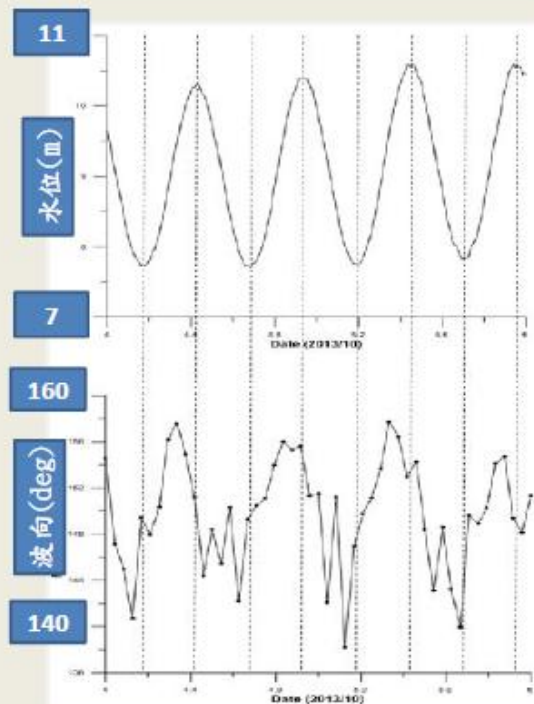
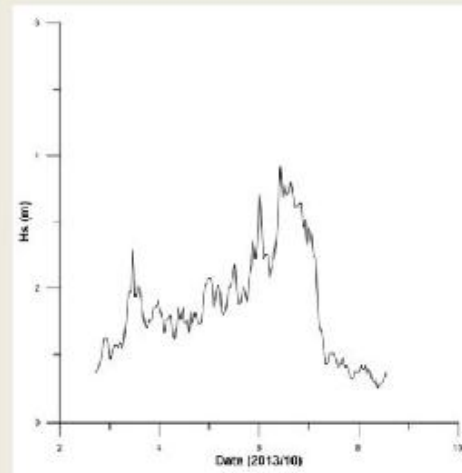
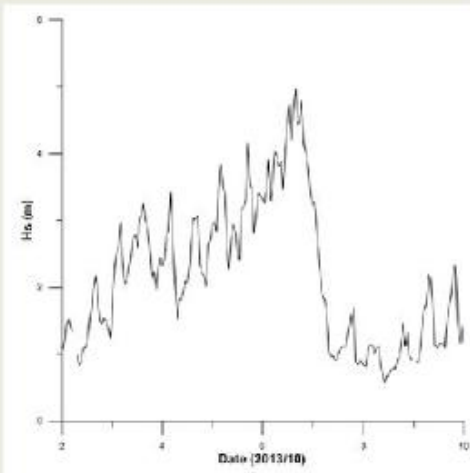
波向會隨著潮位之高低而改變，高潮時波向約在 145° 至 150° 之間，而低潮時因波浪淺化折射，波向指向約 130° ，可能影響袋形區內之沿岸漂沙方向。



1 : $\frac{4}{5}$

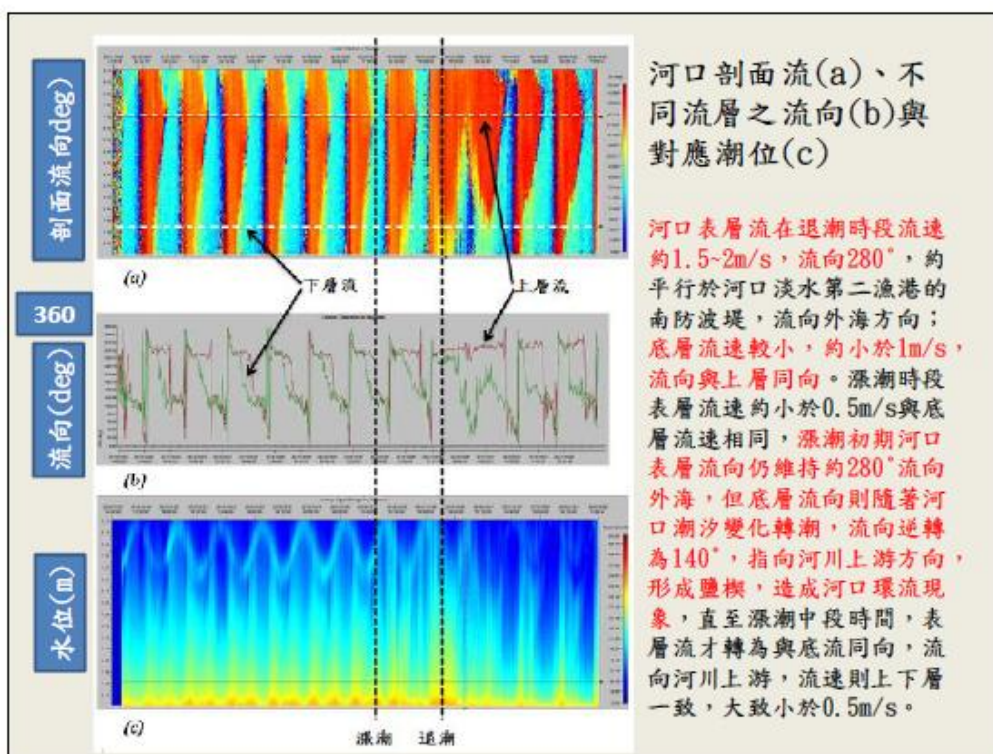
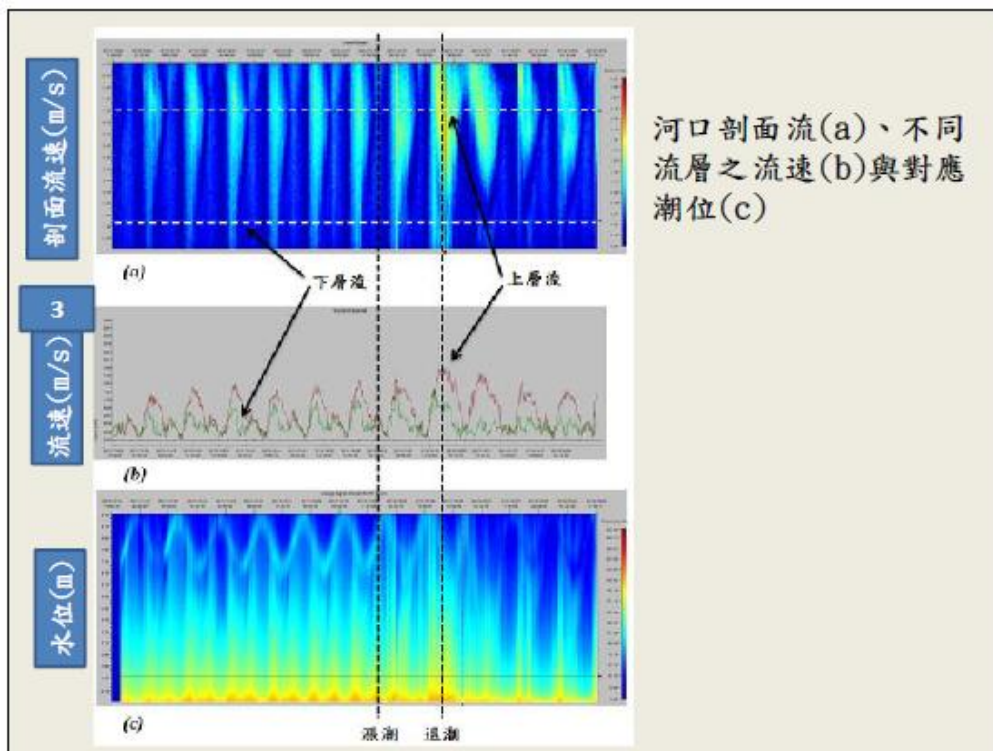
外海觀測樁之波高

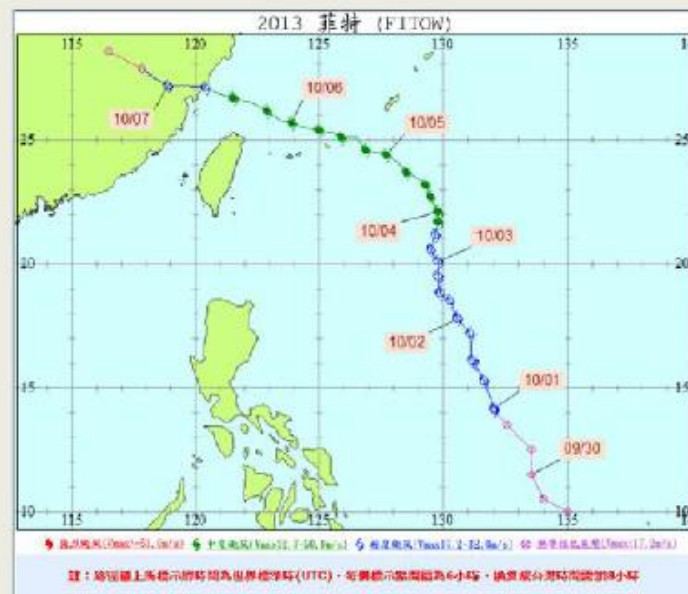
河口測站之波高



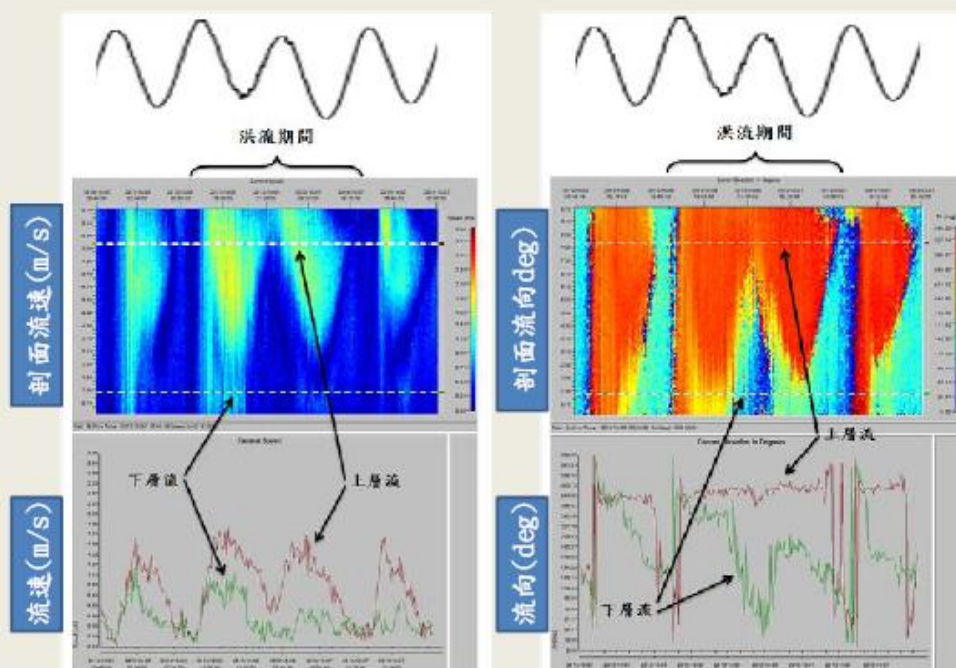
102年10月4~6日
河口之潮位與波
向關係

東北季風，低潮
且浪大時，河口
波浪偏向淡水河
入口，對於河內
水面靜穩度有較
大影響。



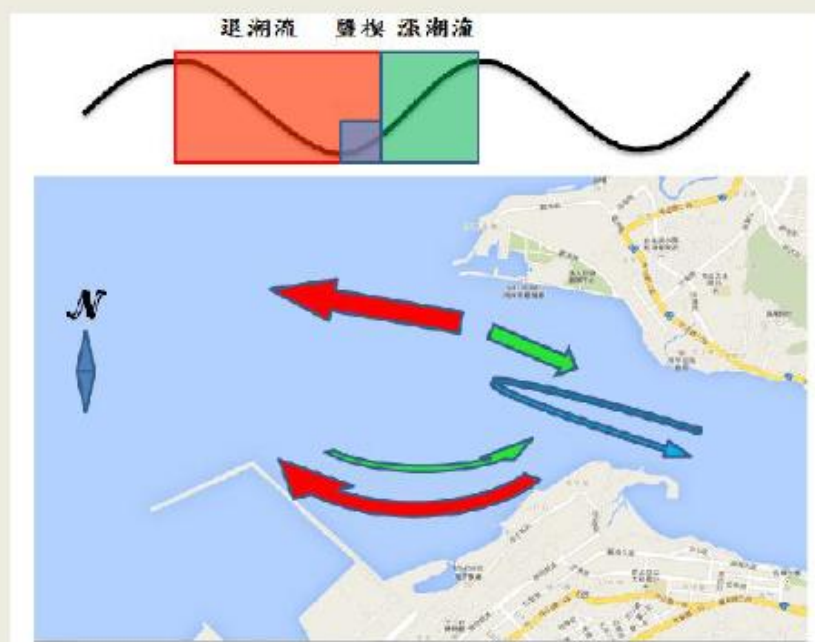


10月6~7日，中度颱風菲特由臺灣北部海面掠過





淡水河河口平日流況示意圖





淡水河河口洪流時流況示意圖

伍、結論

- 近25年來，挖子尾沙嘴灘線因北堤環流逐年變動，有持續溯河延伸及外擴的趨勢，延伸約400m，台北港北側海灘亦有淤積現象。淡水河口南岸淺水區在靠近北防坡堤處逐年向岸侵蝕，向陸移約400m；灘線則向海淤積。
- 在關渡橋下游、基隆河及淡水河支流上游分別觀測其懸浮質，發現懸浮質中含有沉泥成份容易形成膠結狀，愈接近底床其顆粒粒徑愈大，懸浮質濃度也愈大，其中以基隆河的粒徑較大，但其懸浮質濃度並不大。
- 淡水河上游至河口前其底質大都為淤泥，主要成份為沉泥與部份黏土；而基隆河主要成份為沙與部份沉泥，可見淡水河之主要較粗沙源可能來自基隆河。
- 淤泥由於其黏滯性屬於塑性流體又稱為Bingham流體，在正常流速下，須克服降服應力才能帶動底床質。

- 由斷面速度的三個垂直剖面，可知流速最大值並非與主深槽一致，故淡水河的側向渦流混和效應不可忽略。
- 外海入射波浪抵達淡水河口，波高衰減約5分之1，低潮且浪大時，河口波浪偏向淡水河入口，對於河內水面靜穩度有較大影響。外海波浪進入北防波堤北側之淺水袋狀區，於近岸測點處波高衰減約2分之1，因碎波而波濤洶湧。
- 北堤淺水袋狀區在退潮時於產生順時針方向渦流，沿著北防波堤將碎波捲起之懸浮沙帶往外海，1/3漲潮後反轉為逆時針方向渦流，將沙帶入河道。漲潮初期因底層漲潮流流向上游方向，形成鹽楔，造成河口環流現象。

