

台灣沿岸海潮流短期量測與潮流 預測技術引進(2/2)

著者：張國棟、邱啟敏、張孟勤、黃惠纓

執行單位：國立高雄海洋科技大學
海洋環境工程系

委託機關：交通部中央氣象局

中華民國 95 年 12 月

交通部中央氣象局委託研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：台灣沿岸海潮流短期量測與潮流預測技術引進(2/2)			
國際標準書號(或叢刊書)		政府出版品統一編號	計畫編號
		1009301450	MOTC-CWB-95-0-06
主管：徐月娟 聯絡電話：02-23491190 傳真號碼：02-23491199 e-mail：glory@cwb.gov.tw 承辦人：朱啟豪 聯絡電話：02-23491313 傳真號碼：02-23491199 e-mail：nba@cwb.gov.tw		研究單位：國立高雄海洋科技大學海洋環境工程系	其他參與合作之研究團隊
		計畫主持人：張國棟	
		聯絡電話：07-3617141ext3759 傳真號碼：07-3655521 e-mail：cwyen@itri.org.tw	研究期間
		研究人員：邱啟敏、張孟勤、黃惠纓	95年2月9日至95年12月31日
		通信地址：高雄市楠梓區海專路142號	研究經費
		聯絡電話：07-3617141ext3759	柒拾貳萬捌仟圓整
關鍵詞：帶通濾波、調和分析、潮流預測			
摘要： 配合中央氣象局建立海象基本資料庫以及海流測報作業需要，預定以兩年的時間，在台灣北部及西南部各選擇一個重要的地點，利用都普勒(Doppler)音波式海流儀，進行短期海流的量測與分析。依據實測海流資料，進行潮流的分析，經由潮流分析得到當地的潮流特性參數，由此可施行潮流的預測作業。未來，在重要地點除原有潮時、潮高預測外，增加潮流預測，充實我國在海象觀測與預測作業方面的專業能力，並提昇服務品質。 2005年已完成台灣北部地區龍洞（以下簡稱龍洞）海流的量測作業，2006年也已進行西南部高雄港二港口外海（以下簡稱二港口）海流的量測作業。本研究以龍洞及二港口的海流記錄資料進行分析及預測，建立此二地區基本的潮流預測參數，提供潮流預測作業參考。由於二港口海流儀尚未收回，因此蒐集港研中心於2005年在二港口外附近量測的海流記錄資料，暫時先以此海流資料進行潮流的分析及預測作業。進行龍洞及二港口海流特性分析，由結果可獲得龍洞及二港口海流時序列圖（配合潮位）、玫瑰圖、行進向量圖及統計分析海流流向與流速發生頻率等，並將海流紀錄分解為東西(u)及南北(v)方向的分量，分別進行能譜分析，由此可充份瞭解此二測站海流的性質。另將海流u及v分量進行帶通濾波處理，並使用調和分析進行潮流的分析及預測，由結果可知，實測與預測潮流變化的趨勢非常一致。藉由此研究，可增加海流的量測記錄資料，並提供中央氣象局未來進行潮流分析與預測作業上，能獲得良好的成果。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
95年12月	105		
機密等級： ☐ 限閱 ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 (解密【限】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			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
CENTRAL WEATHER BUREAU
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE : Tidal Current Measurement and Prediction around Taiwan (2/2)			
ISBN(OR ISSN)		GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	PROJECT NUMBER
		1009301450	MOTC-CWB-95-0-06
DIRECTOR GENERAL : Yueh-Jiuan G. Hsu PHONE : 02-23491190 FAX : 02-23491199 E-MAIL : glory@cwbc.gov.tw SPONSOR STAFF : Chi-Hao, Chu PHONE : 02-23491313 FAX : 02-23491199 E-MAIL : nba@cwbc.gov.tw		RESEARCH AGENCY : Department of Marine Environmental Engineering, National Kaohsiung Marine University : Kuo-Tung Chang PHONE : 886-7-3617141ext3759 FAX : 886-7-3655521 E-MAIL : ktchang@mail.nkmu.edu.tw PROJECT STAFF : Kuo-Tung Chang, Chi-Min Chiu, Mong-Chir Chang, Huei-Ying Hung, ADDRESS : 142 Hai-Chuan Rd., Nan-Tsu District, Kaohsiung, Taiwan 811, Republic of China PHONE : 886-7-3617141ext3759	
PROJECT PERIOD	2006.2.9~2006.12.31	PROJECT BUDGET	728,000
KEY WORDS : band-pass filter, harmonic analysis, tidal current forecasting			
ABSTRACT : Two sets of tidal current data, one from the northeastern coast and another from the southwestern coast of Taiwan, were collected for tidal data analysis and prediction. Each data covered about 40 days of current records. The characteristics of the two current data, including time series of current speed and direction, and spectrum of u- and v- current components were analyzed. The results show that the current at both locations are tidal current dominated and the flow directions are mainly parallel to the shoreline. Tidal current prediction and verification based on different part of the measured current data appeared very good coincidence between the measured and predicted tidal current. The predicted result can be improved by a band-pass filter to filter out both high and low frequency signals first.			
DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
Dec. 2006	105		☐ SECRET ☐ CONFIDENTIAL ☒ UNCLASSIFIED

目錄

表目錄.....	iii
圖目錄.....	v
第一章 計畫概述.....	1-1
1-1 緣起與目的.....	1-1
1-2 工作內容.....	1-1
1-3 預期成果.....	1-2
第二章 海流量測方法.....	2-1
2-1 海流量測地點.....	2-1
2-2 海流量測作業.....	2-2
第三章 海流資料分析方法.....	3-1
3-1 海流特性分析.....	3-1
3-2 潮流分析及預測.....	3-1
第四章 結果與討論.....	4-1
4-1 海流特性分析.....	4-1
4-2 潮流分析及預測.....	4-30
第五章 結論與建議.....	5-1
5-1 結論.....	5-1
5-2 建議.....	5-2
參考文獻.....	6-1

附件一 海潮流短期量測與潮流預測作業流程規範

附件二 2006年海流量測作業記錄

附件三 期中審查意見辦理情形

附件四 期末審查意見辦理情形

表目錄

表4-1	2005/5/31~6/10龍洞外海水下8.5m至31.0m各層海流流向 發生頻率分析表	4-19
表4-2	2005/7/29~9/8龍洞外海水下8.5m至31.0m各層海流流向 發生頻率分析表	4-19
表4-3	2005/5/31~6/10龍洞外海水下8.5m至31.0m各層海流流速 發生頻率分析表	4-20
表4-4	2005/7/29~9/8龍洞外海水下8.5m至31.0m各層海流流速 發生頻率分析表	4-20
表4-5	2005/8/26~10/6二港口外海海流流向發生頻率分析表	4-21
表4-6	2005/8/26~10/6二港口外海海流流速發生頻率分析表	4-21
表4-7	2004/06/03~10/29龜山島水下6.8m至18.8m各層海流流向 發生頻率分析表	4-22
表4-8	2004/06/03~10/29龜山島水下6.8m至18.8m各層海流流速 發生頻率分析表	4-22
表4-9	2005/7/29~9/8龍洞水下11.0m海流u分量之調和常數（濾 波前）	4-32
表4-10	2005/7/29~9/8龍洞水下11.0m海流v分量之調和常數（濾 波前）	4-33
表4-11	2005/8/26~10/6二港口海流u分量之調和常數（濾波前）	4-34
表4-12	2005/8/26~10/6二港口海流v分量之調和常數（濾波前）	4-35
表4-13	2004/7/1~10/29龜山島水下6.8 m海流u分量之調和常數 （濾波前）	4-36
表4-14	2004/7/1~10/29龜山島水下6.8 m海流v分量之調和常數	

(濾波前)	4-37
表4-15 各測站海流u及v分量四大主要分潮之調和常數	4-38
表4-16 各測站海流四大主要分潮之調和常數	4-38
表4-17 各測站四大主要分潮流橢圓長短軸特性表	4-41
表4-18 各測站海流實測及預測差異統計	4-44

圖目錄

圖2-1	台灣北部龍洞外海海流量測點位置	2-1
圖2-2	台灣西南部二港口外海海流量測點位置	2-2
圖2-3	海流儀量測裝置圖	2-4
圖2-4	台灣東北部龜山島海流量測點位置	2-4
圖3-1	台灣附近海域水深地形圖	3-4
圖3-2	高雄附近海域之河川排水及排放管	3-5
圖4-1	2005/05/31~06/10龍洞海流及潮位時序圖（水下8.5m至 18.5m）	4-6
圖4-2	2005/05/31~06/10龍洞海流及潮位時序圖（水下21.0m至 31.0m）	4-7
圖4-3	2005/07/29~08/18龍洞海流及潮位時序圖（水下8.5m至 18.5m）	4-8
圖4-4	2005/07/29~08/18龍洞海流及潮位時序圖（水下21.0m至 31.0m）	4-9
圖4-5	2005/08/19~09/08龍洞海流及潮位時序圖（水下8.5m至 18.5m）	4-10
圖4-6	2005/08/19~09/08龍洞海流及潮位時序圖（水下21.0m至 31.0m）	4-11
圖4-7	2005/08/26~10/06二港口海流及潮位時序圖	4-12
圖4-8	2004/08/01~08/15龜山島海流及梗枋潮位時序圖（水下 6.8m至22.8m）	4-13
圖4-9	龍洞水下8.5m海流玫瑰圖（2005/05/31~06/10）	4-14
圖4-10	龍洞水下11.0m海流玫瑰圖（2005/05/31~06/10）	4-14
圖4-11	龍洞水下13.5m海流玫瑰圖（2005/05/31~06/10）	4-14

圖4-12	龍洞水下16.0m海流玫瑰圖（2005/05/31~06/10）	4-14
圖4-13	龍洞水下18.5m海流玫瑰圖（2005/05/31~06/10）	4-14
圖4-14	龍洞水下21.0m海流玫瑰圖（2005/05/31~06/10）	4-14
圖4-15	龍洞水下23.5m海流玫瑰圖（2005/05/31~06/10）	4-15
圖4-16	龍洞水下26.0m海流玫瑰圖（2005/05/31~06/10）	4-15
圖4-17	龍洞水下28.5m海流玫瑰圖（2005/05/31~06/10）	4-15
圖4-18	龍洞水下31.0m海流玫瑰圖（2005/05/31~06/10）	4-15
圖4-19	龍洞水下8.5m海流玫瑰圖（2005/07/29~09/08）	4-15
圖4-20	龍洞水下11.0m海流玫瑰圖（2005/07/29~09/08）	4-15
圖4-21	龍洞水下13.5m海流玫瑰圖（2005/07/29~09/08）	4-16
圖4-22	龍洞水下16.0m海流玫瑰圖（2005/07/29~09/08）	4-16
圖4-23	龍洞水下18.5m海流玫瑰圖（2005/07/29~09/08）	4-16
圖4-24	龍洞水下21.0m海流玫瑰圖（2005/07/29~09/08）	4-16
圖4-25	龍洞水下23.5m海流玫瑰圖（2005/07/29~09/08）	4-16
圖4-26	龍洞水下26.0m海流玫瑰圖（2005/07/29~09/08）	4-16
圖4-27	龍洞水下28.5m海流玫瑰圖（2005/07/29~09/08）	4-17
圖4-28	龍洞水下31.0m海流玫瑰圖（2005/07/29~09/08）	4-17
圖4-29	二港口海流玫瑰圖（2005/08/26~10/06）	4-17
圖4-30	龜山島水下6.8m海流玫瑰圖（2004/06/03~10/29）	4-18
圖4-31	龜山島水下10.8m海流玫瑰圖（2004/06/03~10/29）	4-18
圖4-32	龜山島水下14.8m海流玫瑰圖（2004/06/03~10/29）	4-18
圖4-33	龜山島水下18.8m海流玫瑰圖（2004/06/03~10/29）	4-18
圖4-34	龍洞水下8.5m海流行進向量圖（2005/05/31~06/10）	4-23
圖4-35	龍洞水下11.0m海流行進向量圖（2005/05/31~06/10）	4-23

圖4-36	龍洞水下13.5m海流行進向量圖（2005/05/31~06/10）	4-23
圖4-37	龍洞水下16.0m海流行進向量圖（2005/05/31~06/10）	4-23
圖4-38	龍洞水下18.5m海流行進向量圖（2005/05/31~06/10）	4-23
圖4-39	龍洞水下21.0m海流行進向量圖（2005/05/31~06/10）	4-23
圖4-40	龍洞水下23.5m海流行進向量圖（2005/05/31~06/10）	4-24
圖4-41	龍洞水下26.0m海流行進向量圖（2005/05/31~06/10）	4-24
圖4-42	龍洞水下28.5m海流行進向量圖（2005/05/31~06/10）	4-24
圖4-43	龍洞水下31.0m海流行進向量圖（2005/05/31~06/10）	4-24
圖4-44	龍洞水下8.5m海流行進向量圖（2005/07/29~09/08）	4-24
圖4-45	龍洞水下11.0m海流行進向量圖（2005/07/29~09/08）	4-24
圖4-46	龍洞水下13.5m海流行進向量圖（2005/07/29~09/08）	4-25
圖4-47	龍洞水下16.0m海流行進向量圖（2005/07/29~09/08）	4-25
圖4-48	龍洞水下18.5m海流行進向量圖（2005/07/29~09/08）	4-25
圖4-49	龍洞水下21.0m海流行進向量圖（2005/07/29~09/08）	4-25
圖4-50	龍洞水下23.5m海流行進向量圖（2005/07/29~09/08）	4-25
圖4-51	龍洞水下26.0m海流行進向量圖（2005/07/29~09/08）	4-25
圖4-52	龍洞水下28.5m海流行進向量圖（2005/07/29~09/08）	4-26
圖4-53	龍洞水下31.0m海流行進向量圖（2005/07/29~09/08）	4-26
圖4-54	二港口海流行進向量圖（2005/08/26~10/06）	4-26
圖4-55	龜山島水下6.8m行進向量圖（2004/06/03~10/29）	4-27
圖4-56	龜山島水下10.8m行進向量圖（2004/06/03~10/29）	4-27
圖4-57	龜山島水下14.8m行進向量圖（2004/06/03~10/29）	4-27
圖4-58	龜山島水下18.8m行進向量圖（2004/06/03~10/29）	4-27
圖4-59	龍洞水下11.0m海流u及v分量之能譜圖	4-28

圖4-60	二港口海流u及v分量之能譜圖	4-28
圖4-61	龜山島海流u及v分量之能譜圖	4-29
圖4-62	各測站M2潮流橢圓	4-39
圖4-63	各測站S2潮流橢圓	4-39
圖4-64	各測站K1潮流橢圓	4-40
圖4-65	各測站O1潮流橢圓	4-40
圖4-66	2005/7/29~9/8龍洞水下11.0 m海流u及v分量經帶通濾 波前後比較	4-41
圖4-67	2005/8/26~10/6二港口海流u及v分量經帶通濾波前後比 較	4-42
圖4-68	2004/08/01~08/31龜山島水下6.8 m海流經帶通濾波前 後比較	4-42
圖4-69	龍洞實測與預測海流u及v分量之比較	4-43
圖4-70	二港口實測與預測海流u及v分量之比較	4-43
圖4-71	龜山島實測與預測海流u及v分量之比較	4-44

第一章 計畫概述

1-1 緣起與目的

台灣為一海島地形，西側為水深較淺的台灣海峽，東部直接面鄰廣闊且在離岸數百公尺水深即可達數千公尺的太平洋，北部和南部分別鄰接著東海和巴士海峽，此二地區在台灣近岸的水深地形變化都十分複雜，使得此區域內的海流在有限範圍內即具有較大變異。海流對海洋中物質及能量的傳輸具有最主要的貢獻，大尺度海水流動所傳送的巨大能量，對天氣及氣候造成直接的影響，中小尺度的海流則對漁業、污染物擴散、漂流物漂移，以及船舶航行都至為重要。台灣四周的海流現象極為複雜多變，除了主要的潮流作用之外，台灣東部及西南部常受到強勁的黑潮(Kuroshio)作用，而在面臨台灣海峽且較近岸的地區，由於水深較淺，容易受到東北季風、西南季風，以及颱風的影響，產生明顯而不同的海流變化型態；此外，近岸地區由於地形變化劇烈，以及受到波浪作用，也會導致近岸海流產生與較外海部份有不同特性的情形。

過去受限於海流量測與分析方面的儀器和技術，欲取得某一地點在一固定深度海流的資料都相當昂貴，因此台灣沿岸海流的資料都屬零星片斷，不足以提供海象資料分析及預測參考。近年來，由於量測儀器的進步以及分析技術的提昇，使得長期、穩定且可靠海流資料的取得較為可行，同時海流資料的量測能力從過去的一個測點進步為一整個剖面或區域面，如此可得到較為完整的海流數據，提供相關的分析以及預報參考。目前中央氣象局已建立波浪、潮位等基本海象性質的量測與資料分析作業，但海流部份尚待積極建立。

1-2 工作內容

本計畫配合中央氣象局建立海象基本資料庫以及提供近岸海潮流測報作業需要，就台灣周圍近海重要地區進行海潮流的量測與分析，

以兩年的時間，在台灣北部及西南部等地區各選擇一個重要的地點，利用都普勒(Doppler)音波式海流儀，進行海潮流的量測與分析。並與美國海洋局(National Ocean Service/NOAA)合作，引進其在此部份先進的專業分析技術（Schureman, 2001；Zetler, 1982），建立一套標準的海潮流量測與預測作業流程規範；同時引進潮流分析及預測技術，依據實測海流資料，進行潮流的分析，經由潮流分析得到當地的潮流特性參數，由此可施行潮流的預測作業。未來，在台灣四周近岸的重要地點，除原有潮時、潮高預測外，可增加潮流預測，充實我國在海象量測與預報作業方面的專業能力，並提昇服務品質。

1-3 預期成果

本研究執行期間為兩年，預期可獲致下列成果：

1. 完成台灣北部龍洞外海（以下簡稱龍洞）及西南部高雄港二港口外海（以下簡稱二港口）海潮流資料的量測作業，取得適當且可靠的海流記錄。
2. 建立龍洞、二港口及龜山島基本的潮流預測參數，提供潮流預測作業參考。
3. 完成測試並驗證龍洞、二港口及龜山島潮流預測作業的能力。
4. 建立標準的海流量測與潮流預測作業流程規範。
5. 建立中央氣象局與美國海洋及大氣總署海洋局的實質合作關係。
6. 提昇中央氣象局在整體海象預測作業的能力。
7. 依實際作業情況修正標準的海流量測與潮流預測作業流程規範。

本研究於2005年已完成龍洞海流的量測與潮流預測，並依據實際作業需求建立一套標準的海流量測與潮流預測作業流程規範，於2006年依據此規範進行驗證中央氣象局提供的龜山島及港研中心提供的二港口海流資料，現已完成海流的分析與潮流的預測作業。由2006年中央氣象局二港口的海流量測及龜山島與二港口的潮流預測作業，依實際作業情況修正標準的海流量測與潮流預測作業流程規範（如附件一）。本報告第二章介紹海流量測方法，第三章說明海流資料分析方

法，第四章為結果與討論，第五章為結論與建議。

第二章 海流量測方法

台灣為一海島，近岸的水深地形變化十分複雜。海流對海洋中物質及能量的傳輸具有最主要的貢獻，中小尺度海流對漁業、污染物擴散、漂流物漂移，以及船舶航行都至為重要。過去受限於海流量測與分析的儀器和技術，欲取得某一地點在一固定深度海流的資料都相當昂貴，因此台灣沿岸海流的資料都屬零星片斷，不足以提供海象資料分析參考。近年來，由於量測儀器與分析技術的提昇，使得長期、穩定且可靠海流資料的取得較為可行，同時海流資料的量測能力從過去的一個測點進步為一整個剖面或區域面。

2-1 海流量測地點

本研究為配合中央氣象局建立海象基本資料庫以及海潮流測報作業需要，2005年選擇在龍洞進行海流的量測，其位置圖如圖2-1，2006年選擇在二港口外海進行海流量測，其位置圖如圖2-2（中央氣象局二港口外海測站），由於二港口海流儀經多次搜尋仍未尋獲（出海作業記錄如附件二），因此蒐集港研中心於2005年在二港口外附近量測的海流記錄資料進行分析處理，其儀器施放位置也標示於圖2-2中。



圖2-1 台灣北部龍洞外海海流量測點位置



圖2-2 台灣西南部二港口外海海流量測點位置

2-2 海流量測作業

進行海流量測作業所使用的海流儀為挪威NORTEK公司生產的AQP海流儀，此儀器可同時量測在不同深度海流之流速及流向，基本上是屬於音波都普勒海流剖面儀「Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP」，可連續自動記錄海流的流速及流向資料，資料記錄的時間間隔可依需要設定。海流量測作業設定的狀態是每20 min記錄一筆海流資料，量測期間至少需30天以上。海流儀是以定點的方式進行海流量測作業，皆採用底碇式量測。海流量測作業位置水深約30m，海流量測的深度範圍為水下5.0 m至30.0 m，在此範圍內，可同時進行不同深度的海流量測並記錄資料。本研究分別於2005年在北部龍洞外海以及2006年在西南部高雄二港口外海進行海流的量測作業。於龍洞共進行二次海流量測作業，其海流量測作業過程說明如后：於2005年5月31日至龍洞外海中央氣象局海上資料浮標下方海底施放海流儀以進行海流的量測作業，於2005年7月2日至龍洞外海收回海流儀，在此期間共進行33天的海流量測作業，完成儀器收回後即回到室內下載海流儀記錄資料，發現海流資料僅記錄10天左右，之後追究原因為海流儀施放前的設定有所疏忽，使得海流儀僅執行10天左右的海流量測，因此只有10天的海流量測資料。由於海流量測資料不足30天以上，另於7月29日再

次至龍洞外海施放海流儀，於9月8日至龍洞外海收回海流儀，在此期間共進行約41天的海流量測作業，完成儀器收回後即回到室內下載海流儀記錄資料，此次海流量測作業共取得約41天的海流量測資料。

2006年海流量測作業的地點為二港口，由於預定作業位置並無現有固定浮標等設施可供海流儀錨碇，因此製作一長2m，寬2m，高為2.4m的不銹鋼固定座，頂部為梯型結構，若有漁網等通過時，可滑過此固定座而不致影響海流量測作業。底部為厚50cm的鋼筋混凝土以增加其重量，此海流儀固定座的總重量約為5噸，海流儀即固定在此固定座的頂部以進行海流量測，另為能順利收回海流儀，於固定座頂部施放一組釋放浮球，如欲收回海流儀時，當作業船駛至海流儀施放處附近水面，將釋放儀探頭放至於水下，由釋放儀發射訊號，若釋放浮球接收到訊號即浮上水面，如此可迅速找出海流儀之位置並收回，海流儀量測裝置如圖2-3。二港口海流量測作業過程說明如后：於2006年5月1日完成海流儀固定座施放。6月2日嘗試安裝海流儀，因海象狀況不佳，未完成海流儀安裝。6月17日順利完成海流儀安裝。8月14日至二港口收回海流儀，在經潛水人員多次搜尋未發現海流儀。另分別於8月17日、9月28日、10月21日、11月10日、11月18日、11月19日及11月24日以漁探機、測掃聲納、釋放浮標訊號發射器及潛水人員進行多次搜尋，均未尋獲海流儀。為配合研究執行需要，商請港灣技術研究中心提供在二港口鄰近地點施測的海流記錄資料，期間為2005年8月26日至10月6日共約41天，另中央氣象局也提供龜山島2004年6月3日至10月29日的海流紀錄資料，分別進行海潮流分析及潮流預測作業，建立當地的潮流預測參數。

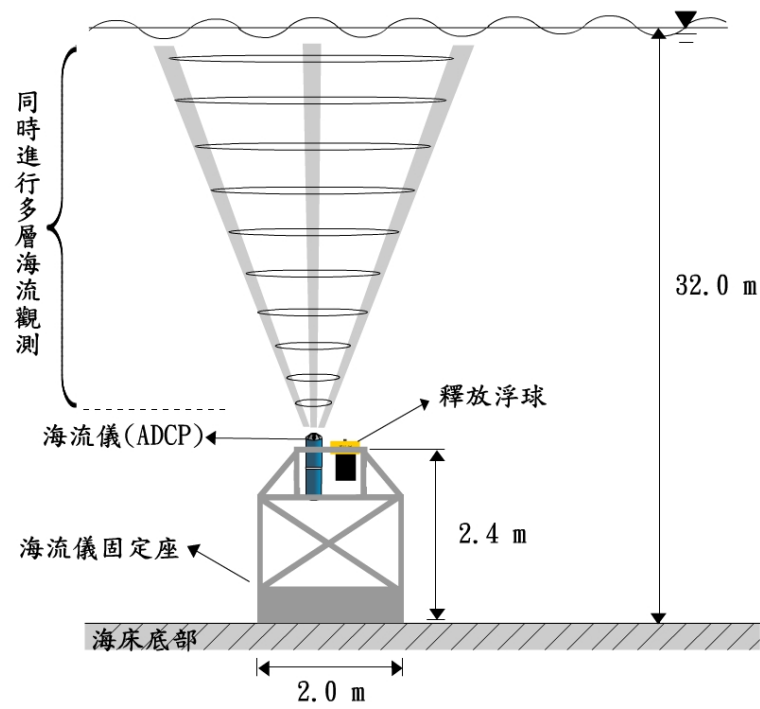


圖2-3 海流儀量測裝置圖

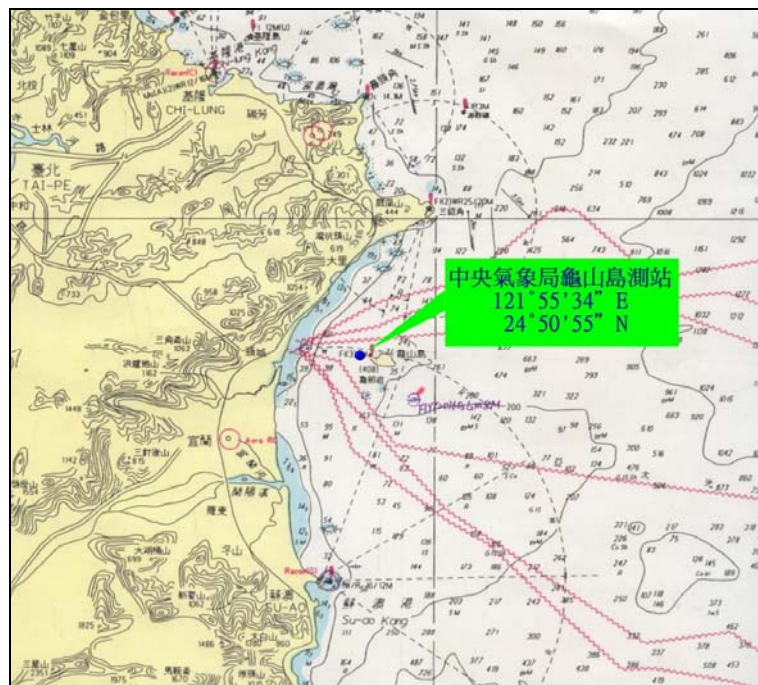


圖2-4 台灣東北部龜山島海流量測點位置

第三章 海流資料分析方法

將龍洞、二港口及龜山島海流記錄資料，分別進行海流特性分析與潮流分析及預測，以下即分別說明此二種分析的方法。

3-1 海流特性分析

將龍洞、二港口及龜山島測站的海流記錄資料，進行統計及分析處理，分別繪製此三測站海流時序列圖（配合潮位）、玫瑰圖、行進向量圖並統計分析海流流向與流速發生頻率等資料。海流時序列圖將逐時的海流資料，以流矢（flow arrow）表示成時間序列，並顯示出實測的潮位；玫瑰圖繪製是將海流流向分成16個方位，統計每個方位中不同流速分別所佔的比例，流速則分為5個等級，分別為小於25 cm/s、25~50 cm/s、50~75cm/s、75~100 cm/s以及大於100 cm/s；行進向量圖是將逐時海流的流速向量乘上流動的時間，可得出位移向量，再將各個時間的位移向量相連而得，由此可看出海流造成物質傳輸的方向；統計分析海流流向與流速發生頻率為分別進行16個方位海流流向及5個等級海流流速的統計。由以上結果可瞭解此三測站海流的變化特性。另將三測站海流資料分解成東西（u）及南北（v）成份的分量，分別進行頻譜分析（spectrum analysis），也就是將時間序列資料透過傅立葉轉換（Fourier Transform）改變成頻譜序列資料，可看出海流主要能量的頻率分布，以瞭解此三測站海流的基本特性。

3-2 潮流分析及預測

海洋中存在著各種不同規模之水流，海流不但發生在海面附近，在深層亦有海水的流動，各種原因所造成的水流皆稱為海流。各種性質不同的水流可分為洋流、潮流、風流、補流等四種（中央氣象局網頁海象問答集—海流，<http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>，2005），其中洋流為發生於大洋中的海水流動，例如台灣東部及西南部常受到

強烈的黑潮 (Kuroshio) 作用，而洋流又可分為密度流 (density current) 及吹送流 (drift current)，密度流為不同鹽溫特性的水團形成不同密度而發生海水的流動，吹送流為受大氣環流風帶影響，一定方向之風在海面吹過較長時間，在空氣與海水之間因摩擦產生應力，使海水流動。潮流 (tidal current) 為海水受日、月引力產生潮波，產生伴隨漲落潮現象之水流。風流 (wind current) 為與前述吹送流性質相同，但此處指在沿岸之陸棚海域，受季風影響，形成流向與流速不定之水流。補流 (compensation current) 為因流體有連續之性質，某處海水向他處移動，別處的海水來補其缺，而發生之海流。

台灣四周的海流現象極為複雜多變，且近岸地區由於地形變化劇烈，以及受到波浪作用，更會導致近岸海流產生與較外海部份有不同特性的情形，在許多海岸地區，潮流都顯現重要的影響 (The Open University, 1989)。潮流伴隨著潮汐的漲落而流動，所以可使用潮汐分析所最常利用的調和分析 (harmonic analysis) 法進行潮流的分析及預測。許多前人有進行潮流的分析與預測，例如張 (1990) 曾以數學模式進行高雄港內潮流變化的模擬，由模擬結果得知漲潮期間，海水流入高雄港，退潮時則流出，與實測之海流變化型態大致相符。孫 (2000) 進行高雄港港池流場的現場觀測與數值模擬，由結果得知潮流類型是屬於以半日潮流為主的混合潮，一港口流速較二港口流速大，潮流機制為漲潮往東南流，退潮時向西北流，而數值模式結果在定性上相似，模擬的流速大小較實測結果小。莊、江 (2002) 以二維水動力計算模式 MIKE21_HD，模擬計算並探討台灣南部及高雄港海域之潮流與潮汐特性，由結果顯示計算潮位與預報之實際潮位甚為吻合，但計算之海潮流流速普遍較實測海潮流之流速低，流向之逐時變化亦具有相當偏差。楊等 (2004) 研究報告中蒐集整理許多前人調查的海流資料，由結果得知，高雄港港域位處台灣海峽南端 (如圖3-1)，港域海側最西端存在有水深僅約40m之台灣海灘，海側南北兩端分別由恆春海脊及高屏斜坡圍繞，海域水深40m至200m底床坡度陡峻，港域西南側外海水深可達200m以上，因此高雄外海海域水深地形變化較為複雜。另高雄港內有仁愛河及前鎮河都市與工業區排水 (如圖3-2)，港外北側有典

寶溪及後勁溪匯入，港外南側有林園排水、高屏溪及東港溪流入，且有左營放流管、中洲放流管及大林埔放流管分別分佈於高雄港外南北側及西側，所以海流之影響因子多且複雜，而海流特性之掌握相對地也較不容易。歷年來曾在高雄港海域從事海流調查之研究單位除交通部港灣技術研究中心以外，尚有高雄海專、中山大學及成功大學等單位。港灣技術研究中心於民國81年元月至82年元月間，在大林埔外海共完成19次的海流量測，由結果得知在2、3、4、9月份所測得的海流，其西北向的海流分量較佔優勢，但在6、8、10、11、12月份所測得的海流，其東南向的海流比例較大，海流之流向並隨潮位漲落而改變方向，總體趨勢上，西北西及東南東方向為海流之主要流向，且潮汐漲潮時流向為東南方向，退潮時流向為西北方向，海流流向隨潮位漲落之變化特性甚為特殊，遠非使用傳統性上以局部海域之潮位梯度變化特性所能詮釋。另比較不同水深測站上、下層水體之流速大小可得，不論冬夏季，上層水體流速一般稍大於下層水體，流速大小甚少有超過50cm/s者，絕大部份流速在25cm/s以下。呂（2005）使用頻譜分析、調和分析及數值濾波等方法進行台南市海域之海流現場調查資料的分析，由分析結果顯示半日潮潮流在台南近岸海域並不存在駐波之形式。

在近岸地區潮流常扮演重要角色，潮流與潮汐相同，約以半日週期或一日週期改變速度及方向，同時又因月齡潮流強度亦改變（郭，1999），由於潮流與潮汐有相近的週期性變化特性，因此可以使用與潮汐分析相同的方法，即調和分析法進行潮流的分析及預測，本研究進行調和分析是採用Foreman（Patrick Caldwell，1988）的潮汐分析及預測電腦程式，依據該程式的操作手冊說明，進行調和分析的資料長度至少不可短於一個月，如資料長度短於一個月則無法進行分析及預測。將實測海流資料的u及v分量，先利用帶通濾波（band-pass filter）濾除大部分非潮汐的成份，濾波條件參考美國NOAA/NOS的處理方式，選擇濾除低於0.5hr及高於36hr的高頻及低頻訊號，再分別進行調和分析，並計算出海流u及v分量各個分潮流的振幅及相位角，由此可繪製四大主要分潮（M2、S2、K1、O1）的潮流橢圓圖，並探討潮流的特性。最後以潮流u及v分量之調和常數進行潮流的預測。為檢定其

潮流預測的效果，利用統計學上的均方根誤差（Root Mean Square，RMS）及相關係數（Correlation Coefficient，CC）進行分析，探討此三測站海流u及v分量預測與實測的相關性。

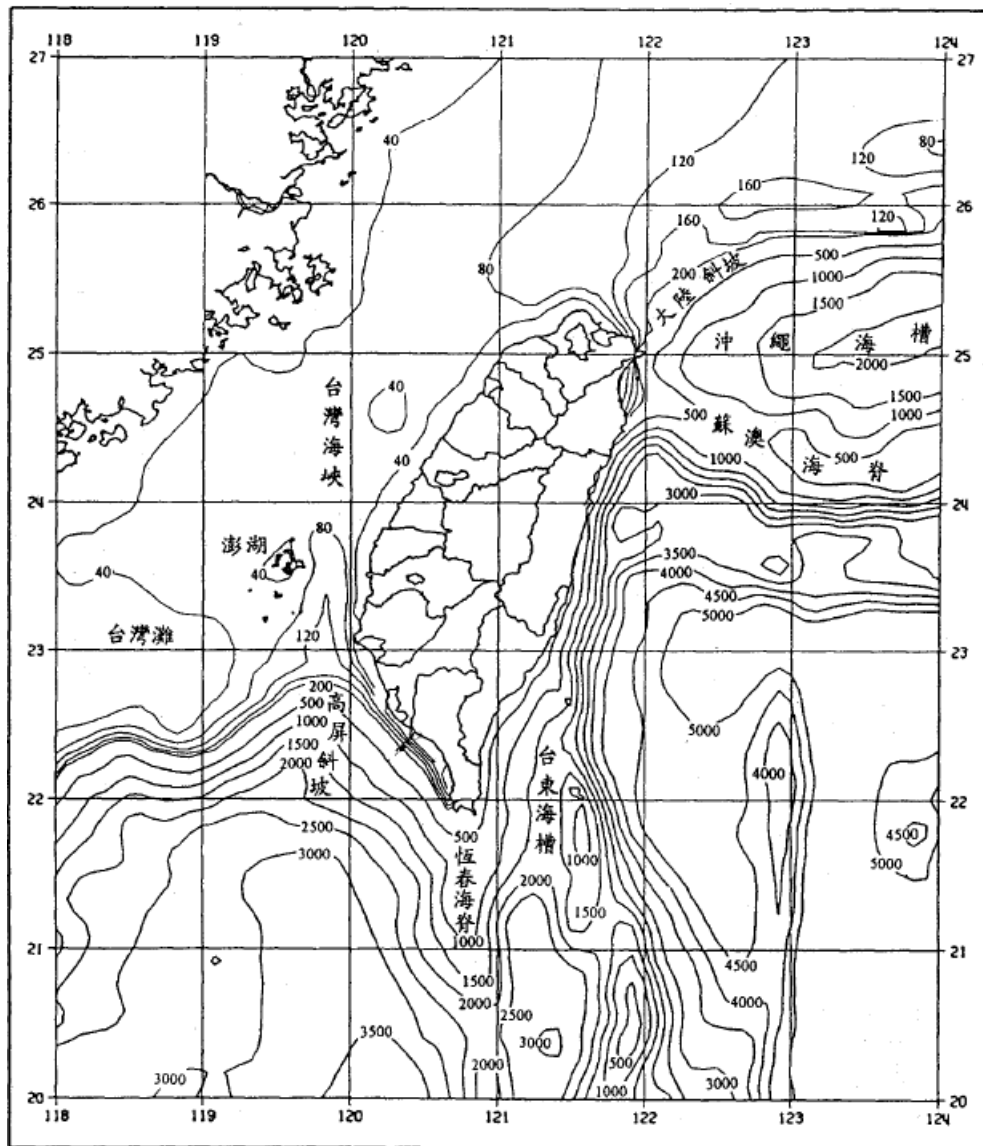


圖3-1 台灣附近海域水深地形圖（劉，1999）

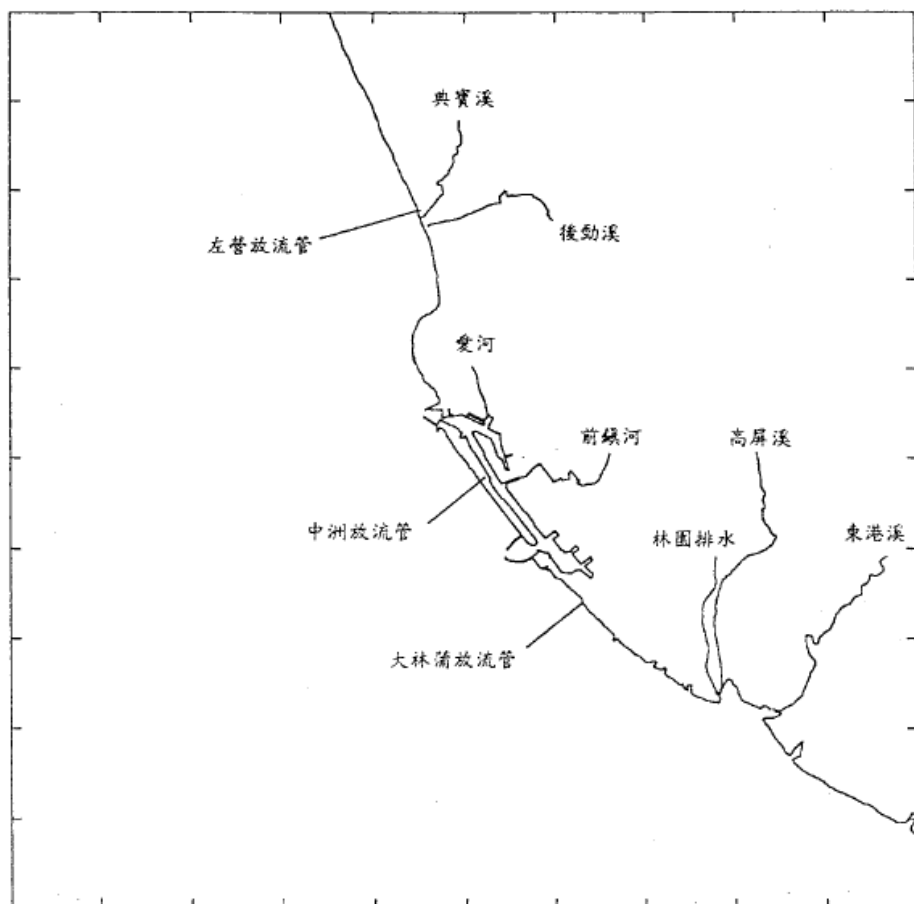


圖3-2 高雄附近海域之河川排水及排放管（楊，2004）

第四章 結果與討論

利用前述的分析方法，將龍洞2005年5月31日至6月10日與7月29日至9月8日、二港口2005年8月26日至10月6日及龜山島2004年6月3日至10月29日的海流記錄資料，分別進行海流特性分析與潮流分析及預測，於海流特性分析部份，由分析結果可分別繪製此三測站海流時序列圖（配合潮位）、玫瑰圖、行進向量圖及統計分析海流流向與流速發生頻率等資料，另將三測站海流分解成 u 及 v 分量，分別進行頻譜分析，可得出此三測站海流 u 及 v 分量的能譜圖。而潮流分析及預測部份，將三測站的海流 u 及 v 分量，先利用帶通濾波（band-pass filter）濾除大部分非潮汐的成份，由此可顯示濾波前與濾波後海流 u 及 v 分量的結果，接著再分別進行調和分析，並計算出海流 u 及 v 分量各個分潮流的振幅及相位角，由此可繪製四大主要分潮（M2、S2、K1、O1）的潮流橢圓圖。最後以潮流 u 及 v 分量之調和常數進行潮流的預測，可得出預測的潮流 u 及 v 分量。為檢定其潮流預測的效果，利用統計學上的均方根誤差及相關係數進行分析，以瞭解此三測站海流 u 及 v 分量預測與實測的相關性。

4-1 海流特性分析

將龍洞、二港口及龜山島的海流記錄資料，依不同深度之海流流速流向分別繪成不同深度的海流及潮位時序圖、海流玫瑰圖、海流行進向量圖，並統計分析海流速流與流向之發生頻率。圖4-1至圖4-8為龍洞、二港口及龜山島的海流及潮位時序圖，由圖4-1至圖4-6中顯示可知龍洞水下8.5m至31.0m間，其海流於漲潮時，流向以東北方向為主，而退潮期間流向以西南方向較為明顯，另海流流速隨著水深增加而有略為減小的趨勢；由於二港口目前僅蒐集到水下約2m處的海流記錄資料，因此僅繪製水下2m處的海流及潮位時序圖，於圖4-7中顯示海流在漲潮時流向大約以東南方向為主，而退潮期間流向以西北方向較為明顯，但於部份漲潮期間的流向以西北方向較為明顯，也有部份時間顯現不同的流動特性，此顯示高雄外海海流的變化特性較為複雜；龜山

島的海流則以2004年8月1日至8月15日期間的海流資料為例，繪製海流及潮位時序圖（如圖4-8），由圖中結果可知水下6.8m至18.8m的海流在漲潮時流向以東北方向為主，而退潮期間流向以西南方向較為明顯。海流流速隨著水深增加而而呈現衰減的情況，但水下18.8m處海流流速衰減較多，而在水下22.8m處的海流資料幾乎接近無流動狀況，其原因可能為當地水深約20m，此深度的訊號超過當地水深範圍，因此以下的分析均不予考慮。由以上結果顯示，大體而言，龍洞、二港口及龜山島海流流動均為約與海岸線平行，但龜山島在部份漲潮時間流向以西北方向較為明顯，而退潮時則為東南方向，此也顯示龜山島海流流向特性的變化較為複雜。

圖4-9至圖4-18分別顯示龍洞2005年5月31日至6月10日水下8.5m至31.0m的海流玫瑰圖，而表4-1為水下8.5m至31.0m各層海流流向發生頻率分析表，由圖及表中資料顯示量測期間不同深度海流在各方向發生的頻率，大部份集中在N、NNE及NE的方向，發生百分比大約在50%至65%之間，而SSW及SW方向海流發生的頻率也較其他方向為明顯，大約在10%至20%之間，其他方向發生的頻率較低，另由表4-1中資料可知各層海流發生最多流向為NNE及N。圖4-19至圖4-28分別顯示龍洞2005年7月29日至9月8日水下8.5m至31.0m的海流玫瑰圖，而表4-2為水下8.5m至31.0m各層海流流向發生頻率分析表，由圖及表中資料顯示量測期間海流在各方向發生的頻率，大部份集中在N、NNE及NE的方向，發生百分比大約在50%至60%之間，而SSW及SW方向海流發生的頻率也較其他方向為明顯，大約在10%至20%之間，其他方向發生的頻率較低，另由表4-2中資料可知各層海流最多流向為NNE及N。由以上結果可知，此二期間所量測海流之特性大致相近。圖4-29為顯示二港口2005年8月26日至10月6日的海流玫瑰圖，而表4-5為海流流向發生頻率分析表，由圖及表中資料顯示海流在各方向發生的頻率，大部份集中在NW、NNW、S及SSE的方向，發生百分比大約在60%，而其他方向發生的百分比則小於10%，另由表4-2中資料可知海流發生最多流向為SSE。圖4-30至4-33分別顯示2004年6月3日至10月29日龜山島水下6.8至18.8 m的海流玫瑰圖，表4-7為龜山島水下6.8至18.8 m各層海流流向發生頻率分析表，由圖及表中資料顯示，在水下18.8 m的流速小於較上

層處，水下6.8至18.8 m海流在各方向發生的頻率大部份集中在NE及ENE的方向，其發生百分比大約均在13%至18%之間，其他方向發生的百分比則小於10%。

表4-3及表4-4分別為龍洞2005年5月31日至6月10日及7月29日至9月8日水下8.5m至31.0m各層海流流速發生頻率分析表，由表中資料可知二次量測期間海流的流速大部份皆小於25cm/s，其發生百分比大約在50%至90%之間，另25cm/s至50cm/s的流速發生的頻率也較明顯，其發生百分比大約均在10%至30%之間，而50cm/s至75cm/s的流速發生百分比皆小於13%，其他流速發生的頻率則較不明顯。表4-6為二港口2005年8月26日至10月6日海流流速發生頻率分析表，由表中資料可知海流的流速大部份皆小於25cm/s，其發生百分比為43.65%，另25cm/s至50cm/s的流速發生的頻率也較明顯，其發生百分比為39.55%，而50cm/s至75cm/s的流速發生百分比小於12%，其他流速發生的頻率則較不明顯。表4-8為龜山島水下6.8 m至18.8 m各層海流流速發生頻率分析，由表中資料可知水下6.8 m至14.8 m的海流流速以25~50 cm/s發生之次數為最多，其發生百分比在38%至46%，但18.8 m的海流流速則以小於25 cm/s發生之次數為最多，其發生百分比在85%以上，且海流流速大於25 cm/s發生百分比明顯小於水下6.8 m至14.8 m。由表4-2資料可知海流流速在水下18.8 m衰減較多。

圖4-34至4-43分別顯示龍洞2005年5月31日至6月10日水下8.5m至31.0m的海流行進向量圖，由圖中顯示可知在不同水深海流的行進方向，大部份皆朝N及NNE的方向移動。圖4-44至圖4-53分別顯示2005年7月29日至9月8日龍洞外海水下8.5m至31.0m的海流行進向量圖，由圖中顯示可知在不同水深海流的行進方向大部份皆朝N及NNE的方向移動，由以上結果可知於量測期間龍洞海流行進方向約與海岸線平行，且為朝N及NNE方向移動。圖4-54顯示二港口2005年8月26日至10月6日的海流行進向量圖，由圖中顯示可知二港口海流的行進方向，大部份皆朝NW及SSE的方向移動，也約與海岸線平行，值得注意的是二港口海流行進方向雖主要為與海岸線平行，但有略朝西南方向偏移的趨勢。圖4-55至4-58分別顯示龜山島水下6.8至18.8 m的海流行進向量圖，

由圖中可知在不同水深海流的行進方向，其水下6.8m至18.8m的海流的行進方向大部份皆朝NE及ENE方向移動，但7月20日至8月17日期間海流的行進方向主要朝S方向移動，此原因尚待進一步查明。

由以上資料可知，於龍洞的海流在漲潮時，流向以東北方向為主，而退潮期間流向以西南方向較為明顯。海流在各方向發生的頻率，大部份集中在NNE、N及NE的方向，而SSW及SW方向的海流發生的頻率也較其他方向為明顯，其他方向發生的頻率較低。海流流速大部分皆小於25cm/s，另25cm/s至50cm/s的流速發生的頻率也較明顯，而50cm/s至75cm/s的流速發生的頻率較少，其他的流速發生的頻率則較不明顯。不同水深海流的行進方向大部份皆朝N及NNE的方向移動。而二港口的海流在漲潮時，流向以東南方向為主，而退潮期間流向以西北方向較為明顯，但於部份漲潮期間的流向以西北較為明顯，也有部份時間顯示不同的流動特性。海流在各方向發生的頻率，大部份集中在SSE及S的方向，其他方向發生的頻率皆小於10%。海流流速大部分皆小於25cm/s，另25cm/s至50cm/s的流速發生的頻率也較明顯，而50cm/s至75cm/s的流速發生的頻率較少，其他的流速發生的頻率則小於12%，海流的行進方向大部份皆朝NW及SSE的方向移動。龜山島水下6.8 m至18.8 m的海流在漲潮時，流向以東北方向為主，退潮期間流向以西南方向較為明顯。海流流速隨著水深增加而減小。海流在各方向發生的頻率，於水下6.8至18.8 m海流在各方向發生的頻率，以NE及ENE的方向較多，其發生百分比大約均在13%至18%之間，其他方向發生的頻率則小於10%。水下6.8至14.8m海流流速以25~50cm/s發生之次數為最多，其發生百分比在38%至46%，但18.8m至18.8m的海流流速則以小於25cm/s發生之次數為最多，其發生百分比在85%以上，且海流流速大於25cm/s發生百分比明顯小於水下6.8m至14.8m。不同水深海流的行進方向大部份皆朝NE的方向移動，但有部份期間，為朝向S方向移動。

另將龍洞2005年7月29日至9月8日水下11.0m、二港口2005年8月26日至10月6日及龜山島2004年6月3日至10月29日水下6.8m的海流u及v分量分別進行頻譜分析，可得出此三測站海流u及v分量的能譜圖，如圖4-59至圖4-61，由圖中結果顯示，龍洞海流u及v分量大都以半日潮為

主；二港口除了半日潮具有主要的能量成份之外，全日潮也佔有相當的影響；龜山島海流 u 及 v 分量大都以半日潮為主。基本上來說，此三測站之海流受到潮流的影響較大。

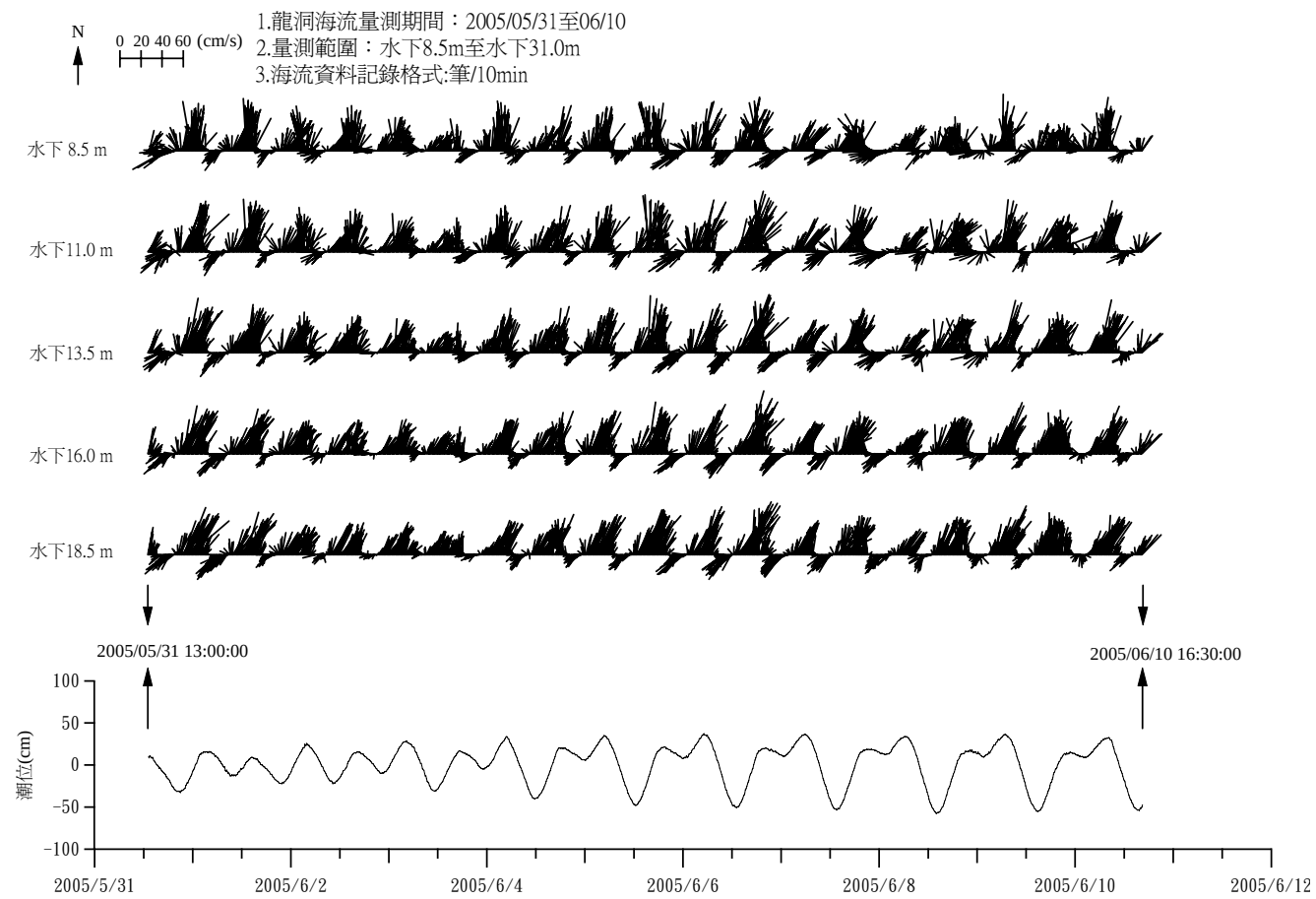


圖4-1 2005/05/31~06/10龍洞海流及潮位時序圖（水下8.5m至18.5m）

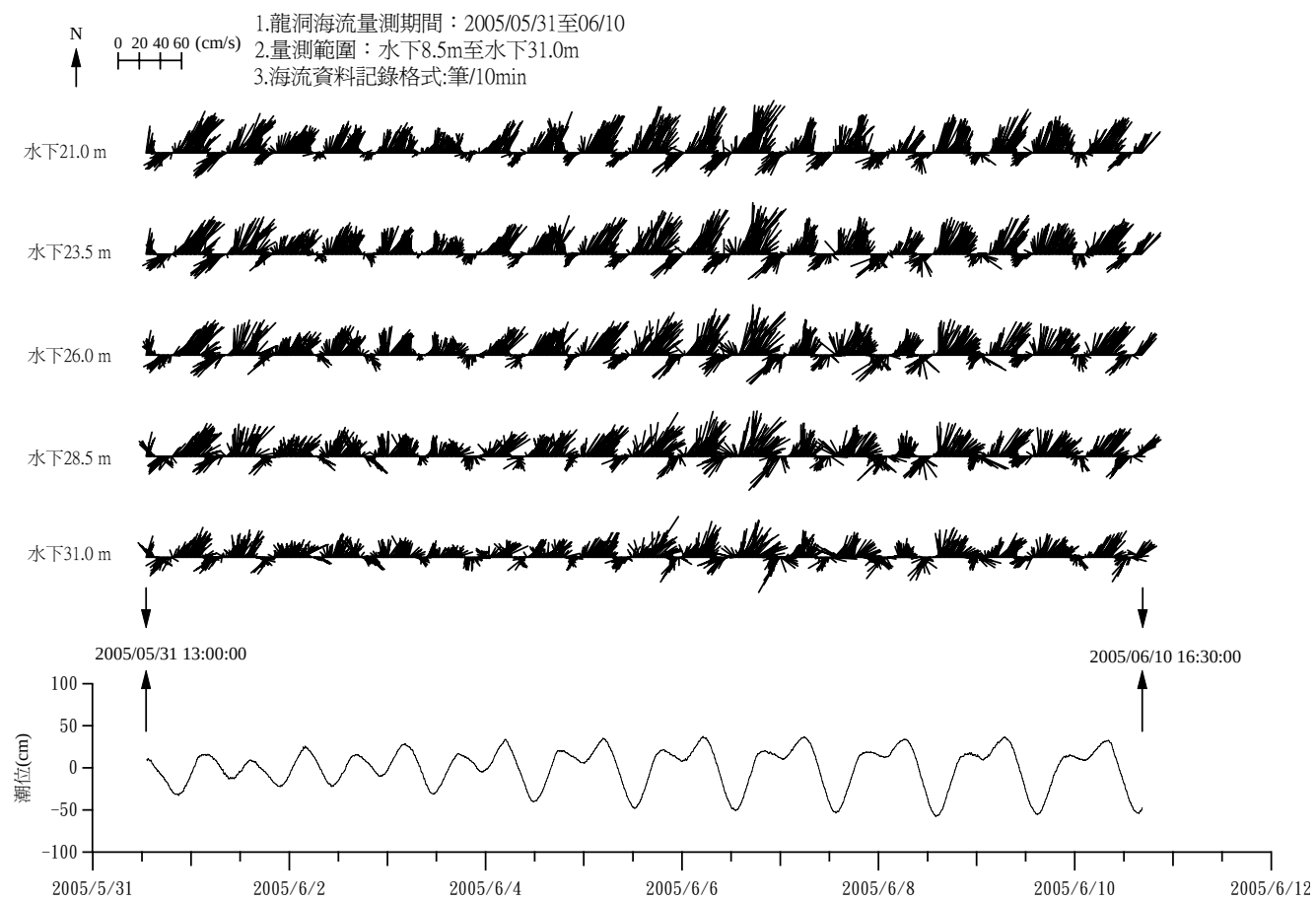


圖4-2 2005/05/31~06/10龍洞海流及潮位時序圖（水下21.0m至31.0m）

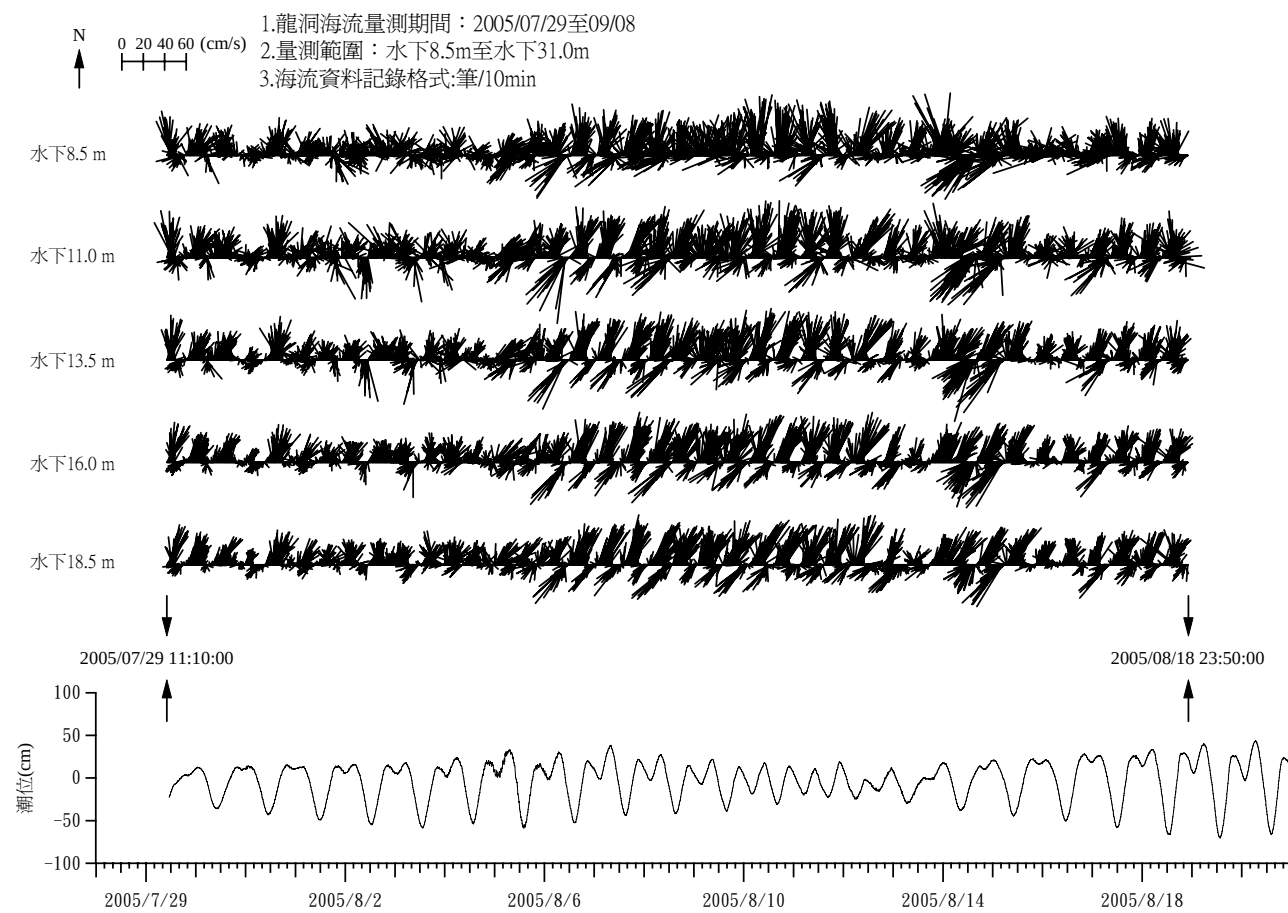


圖4-3 2005/07/29~08/18龍洞海流及潮位時序圖（水下8.5m至18.5m）

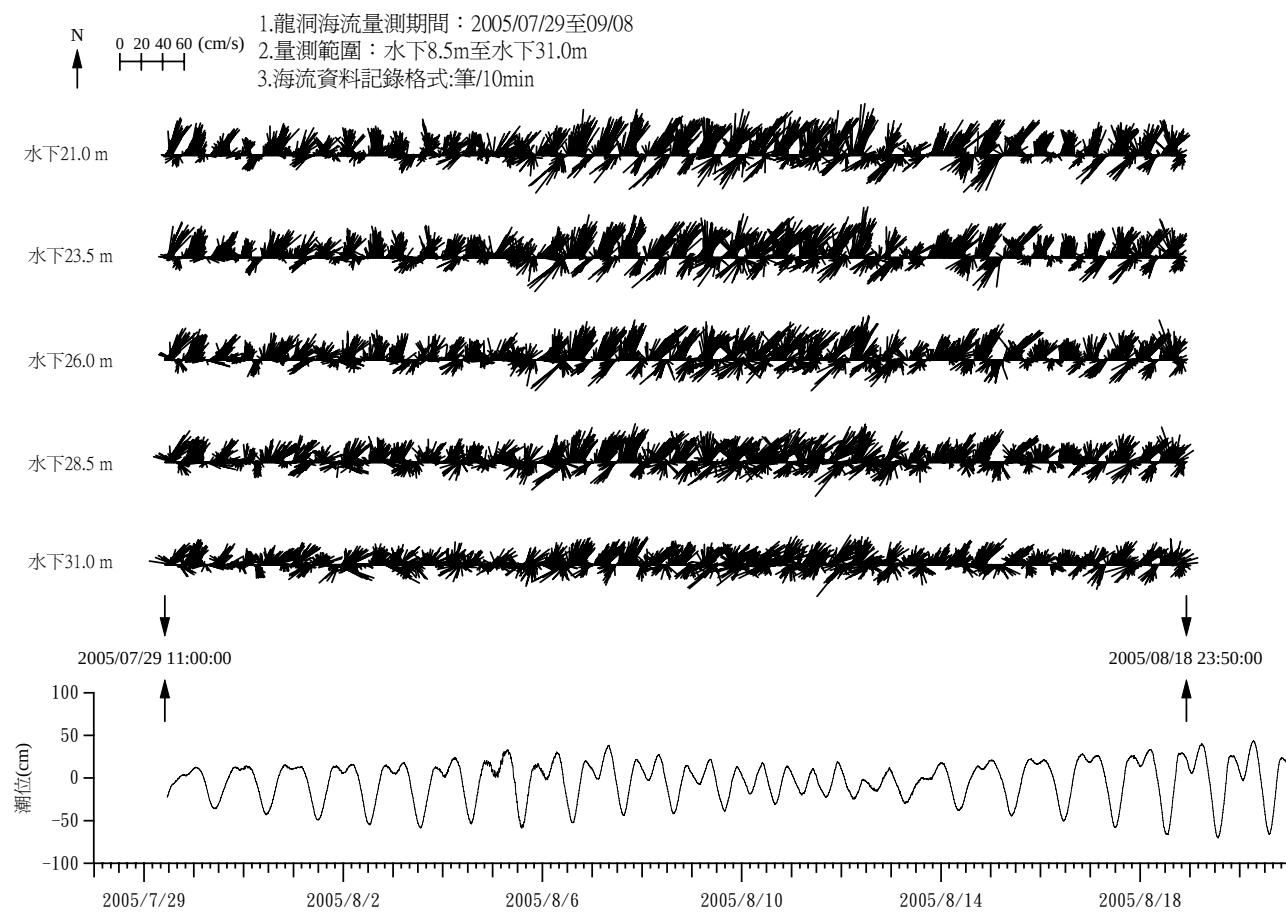


圖4-4 2005/07/29~08/18龍洞海流及潮位時序圖（水下21.0m至31.0m）

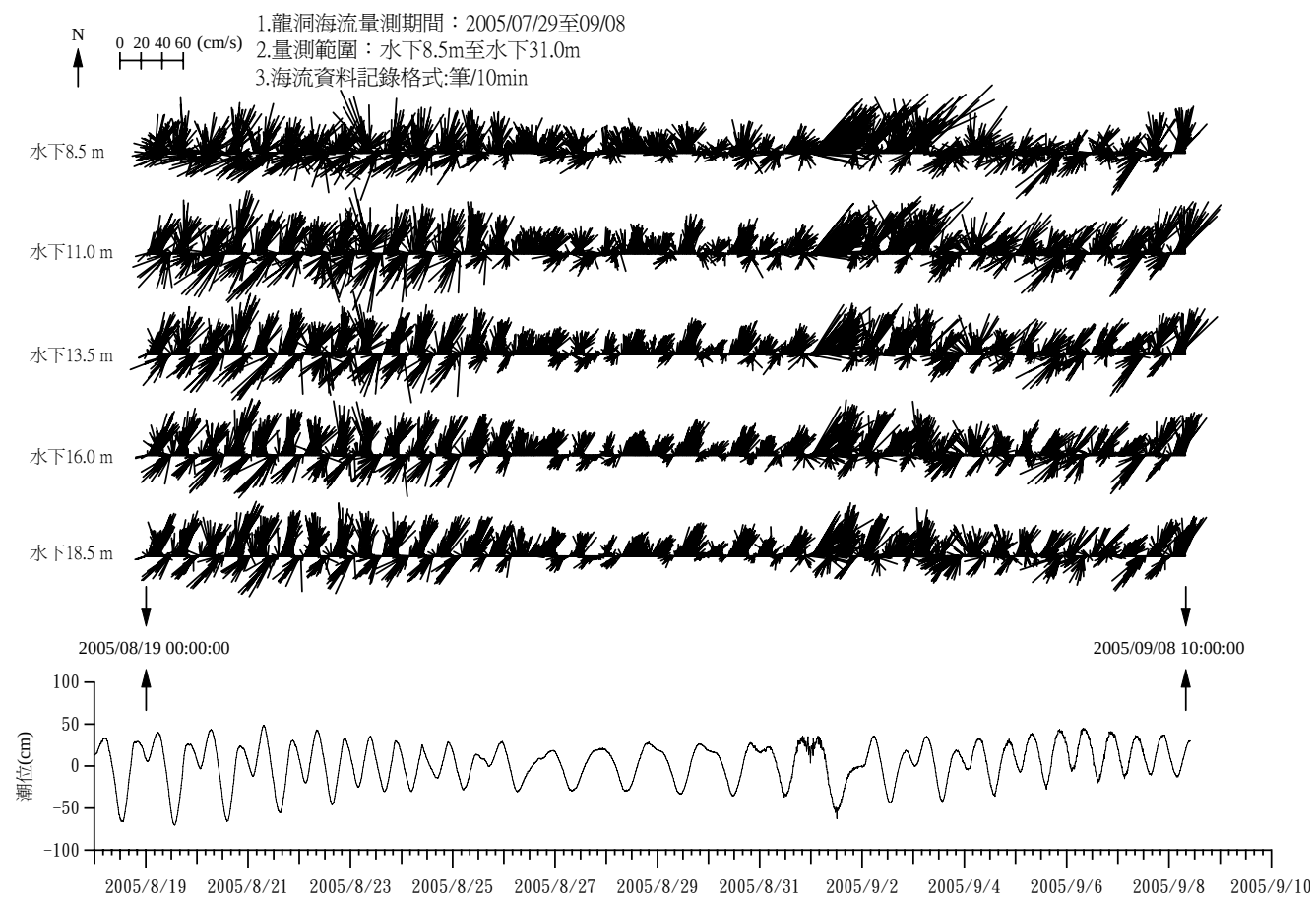


圖4-5 2005/08/19~09/08龍洞海流及潮位時序圖（水下8.5m至18.5m）

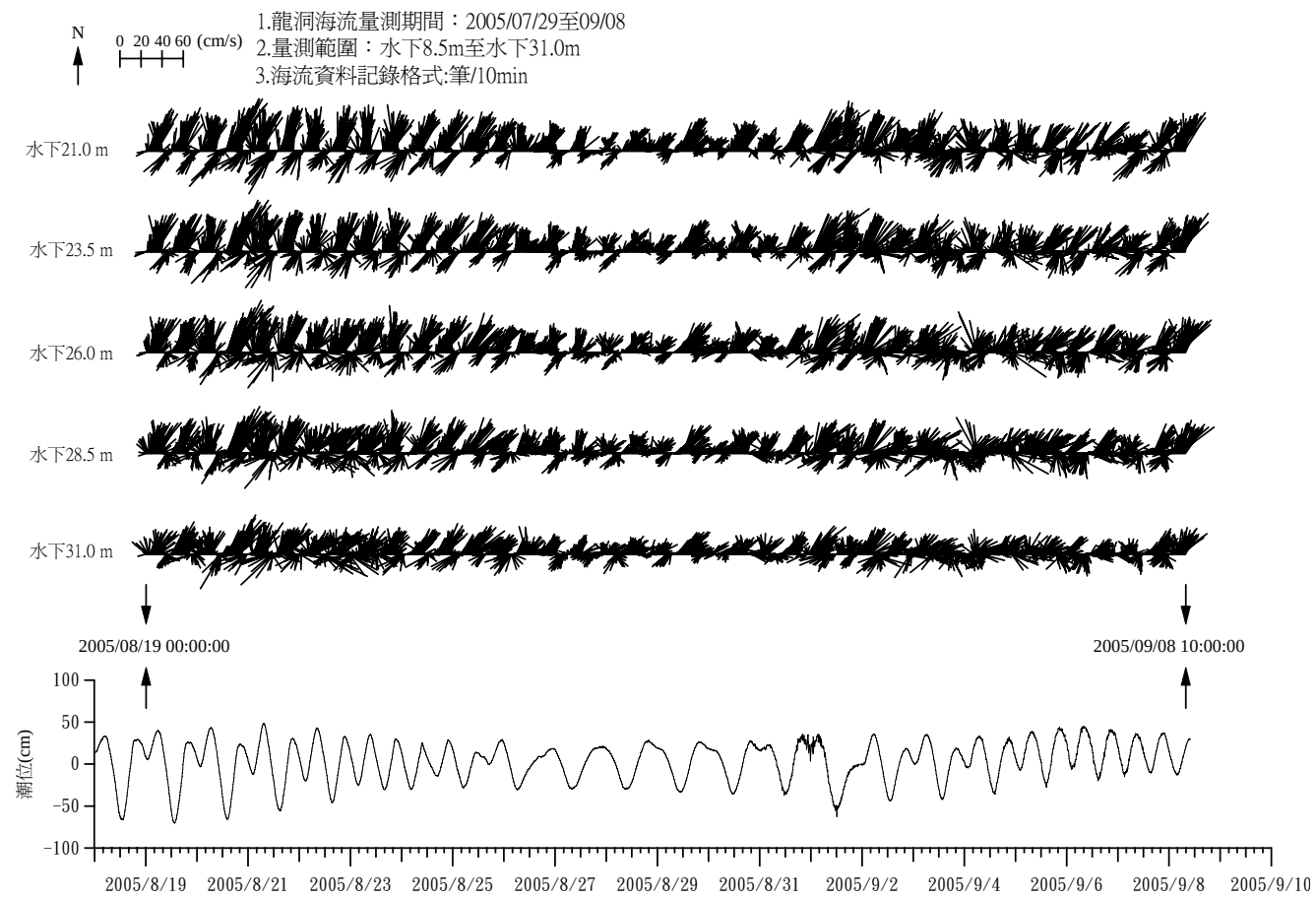


圖4-6 2005/08/19~09/08龍洞海流及潮位時序圖（水下21.0m至31.0m）

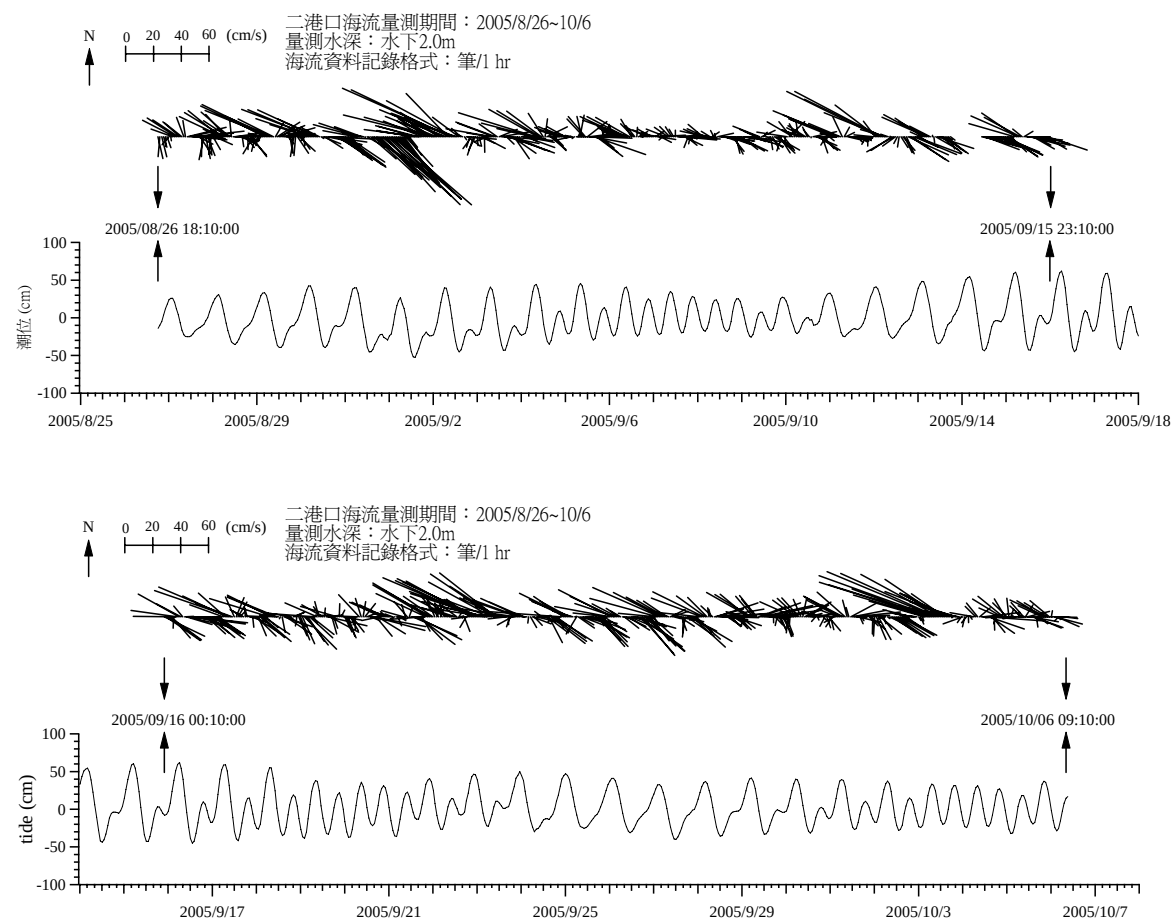


圖4-7 2005/08/26~10/06二港口海流及潮位時序圖

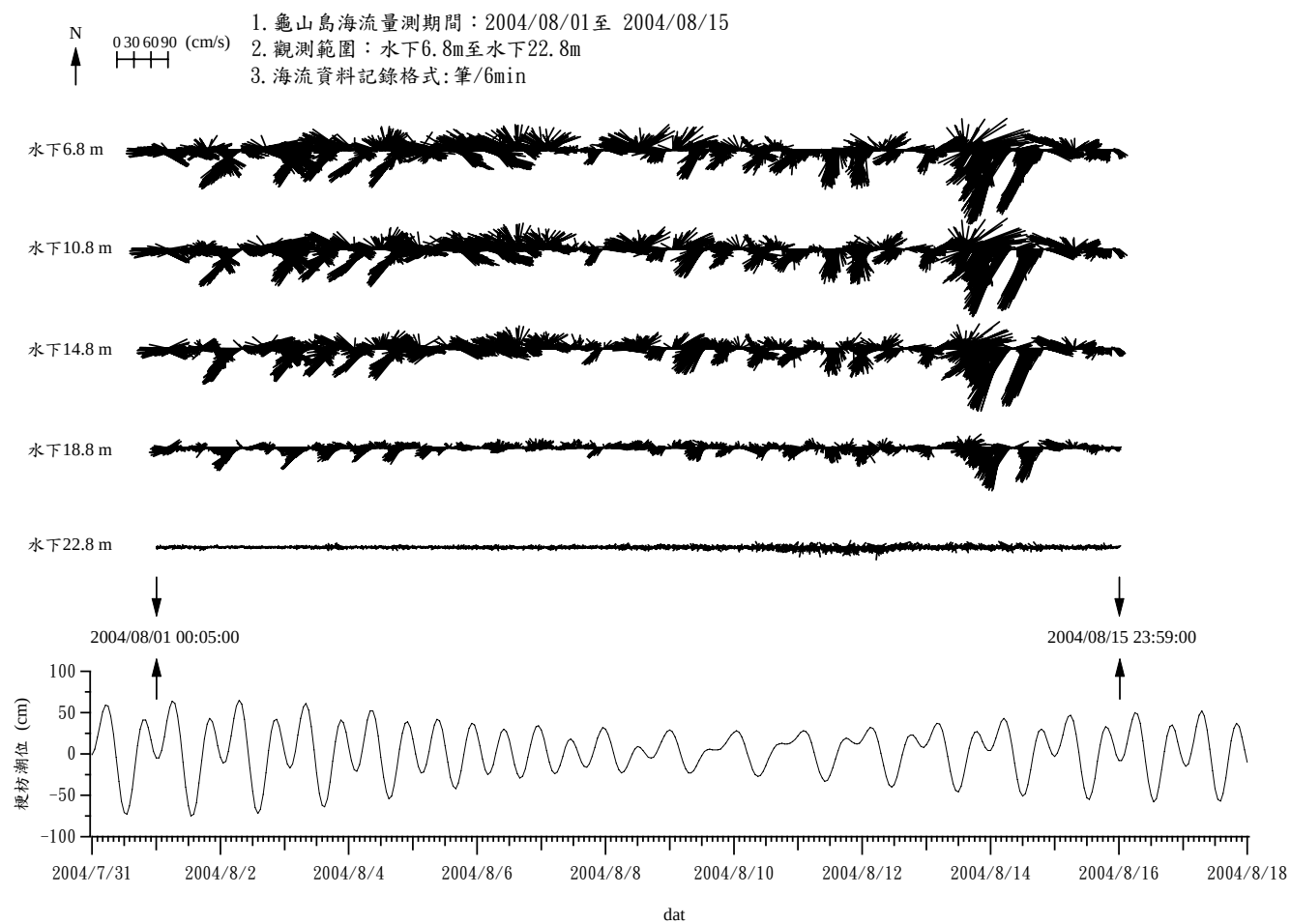


圖4-8 2004/08/01~08/15龜山島海流及梗枋潮位時序圖（水下6.8m至22.8m）

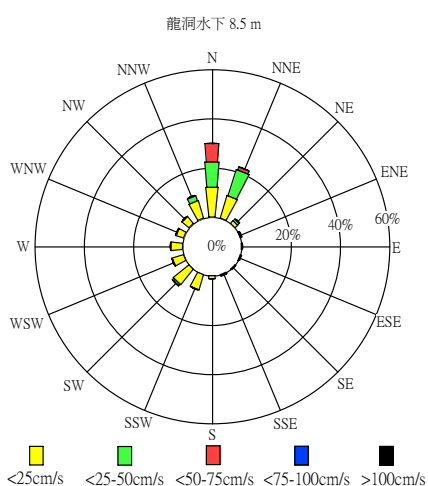


圖4-9 龍洞水下8.5m海流玫瑰圖
(2005/05/31~06/10)

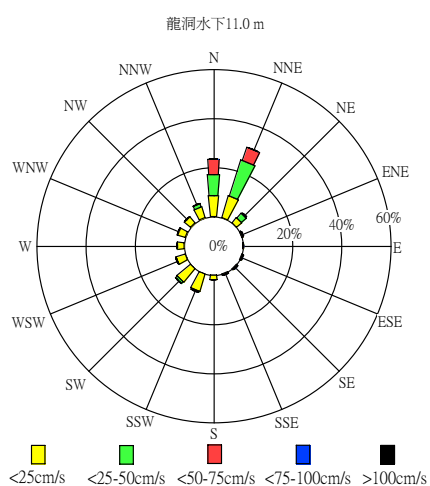


圖4-10 龍洞水下11.0m海流玫瑰圖
(2005/05/31~06/10)

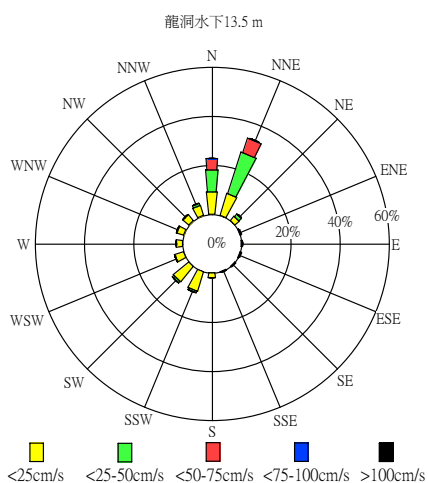


圖4-11 龍洞水下13.5m海流玫瑰圖
(2005/05/31~06/10)

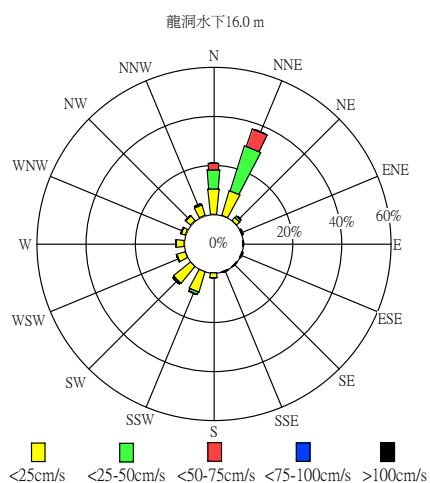


圖4-12 龍洞水下16.0m海流玫瑰圖
(2005/05/31~06/10)

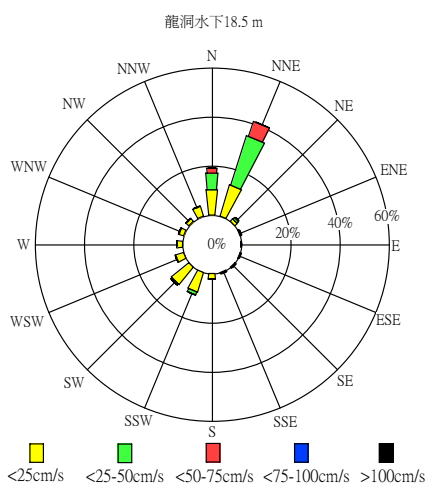


圖4-13 龍洞水下18.5m海流玫瑰圖
(2005/05/31~06/10)

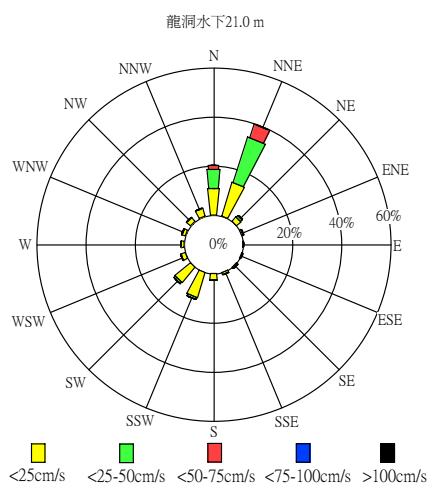


圖4-14 龍洞水下21.0m海流玫瑰圖
(2005/05/31~06/10)

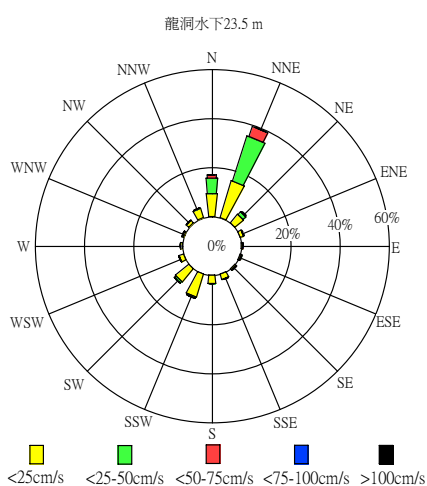


圖4-15 龍洞水下23.5m海流玫瑰圖
(2005/05/31~06/10)

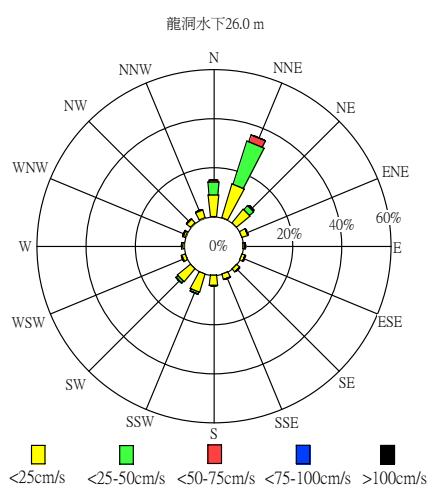


圖4-16 龍洞水下26.0m海流玫瑰圖
(2005/05/31~06/10)

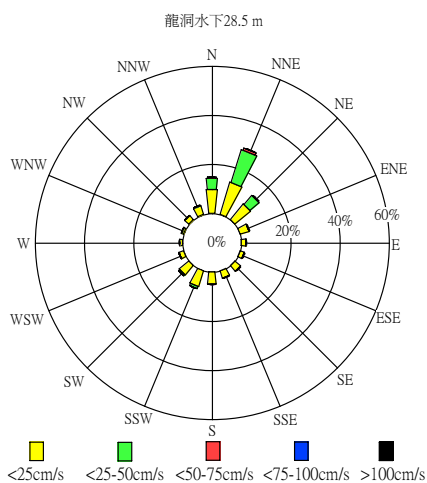


圖4-17 龍洞水下28.5m海流玫瑰圖
(2005/05/31~06/10)

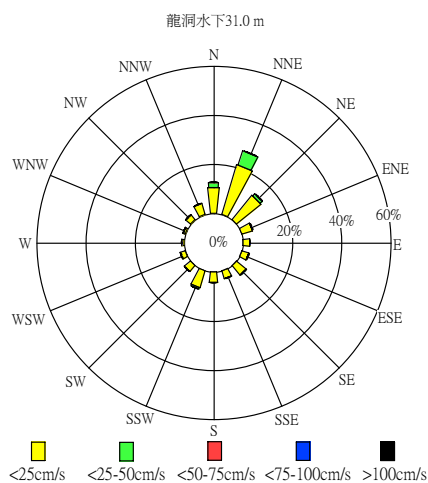


圖4-18 龍洞水下31.0m海流玫瑰圖
(2005/05/31~06/10)

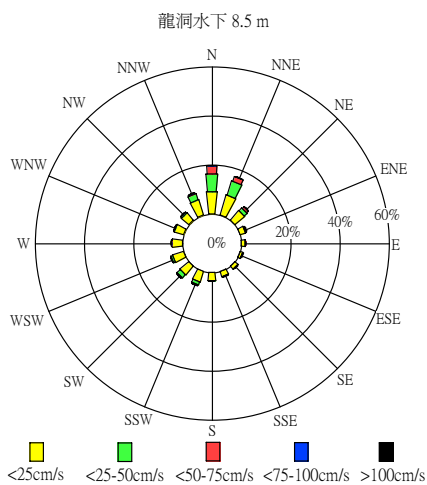


圖4-19 龍洞水下8.5m海流玫瑰圖
(2005/07/29~09/08)

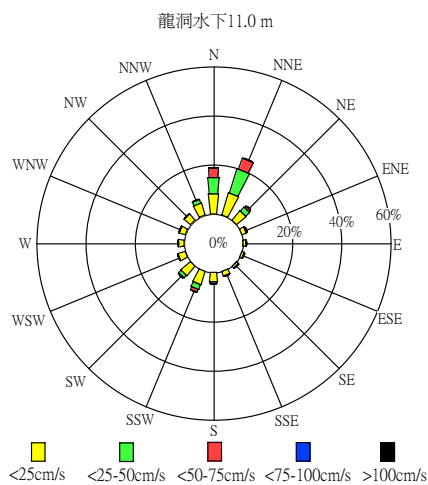


圖4-20 龍洞水下11.0m海流玫瑰圖
(2005/07/29~09/08)

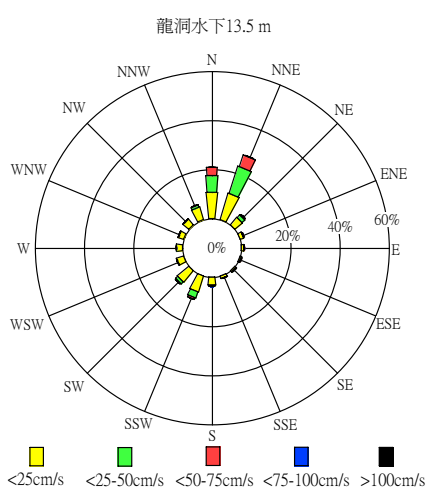


圖4-21 龍洞水下13.5m海流玫瑰圖
(2005/07/29~09/08)

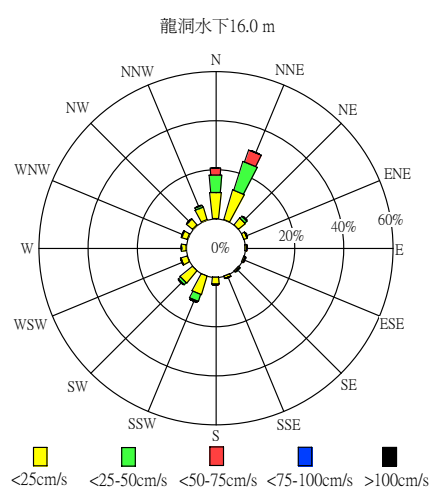


圖4-22 龍洞水下16.0m海流玫瑰圖
(2005/07/29~09/08)

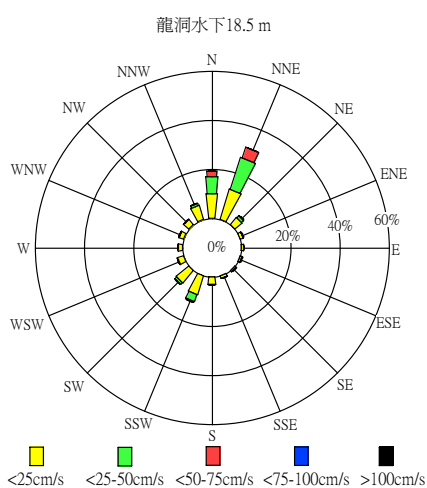


圖4-23 龍洞水下18.5m海流玫瑰圖
(2005/07/29~09/08)

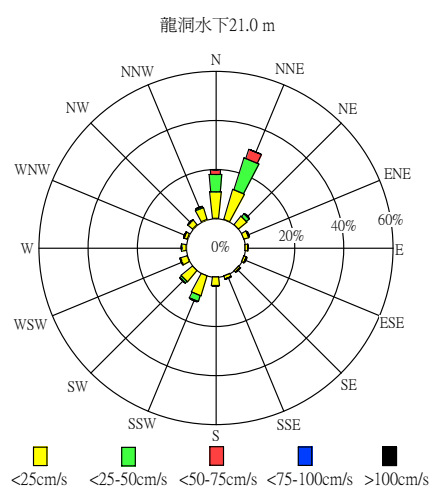


圖4-24 龍洞水下21.0m海流玫瑰圖
(2005/07/29~09/08)

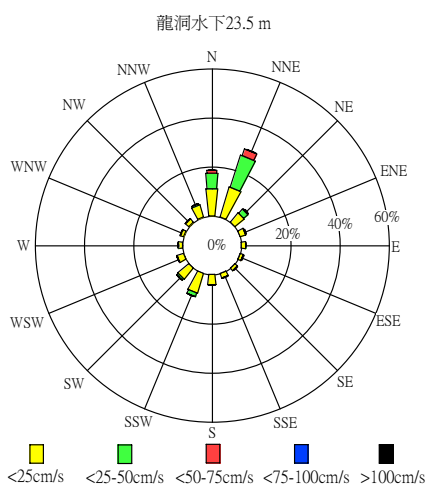


圖4-25 龍洞水下23.5m海流玫瑰圖
(2005/07/29~09/08)

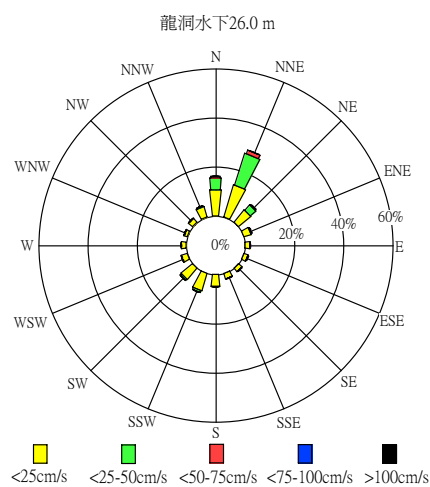


圖4-26 龍洞水下26.0m海流玫瑰圖
(2005/07/29~09/08)

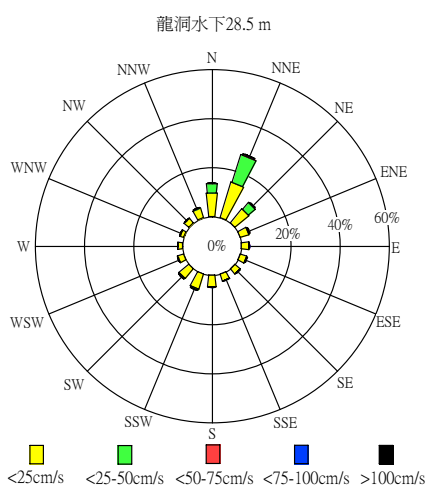


圖4-27 龍洞水下28.5m海流玫瑰圖
(2005/07/29~09/08)

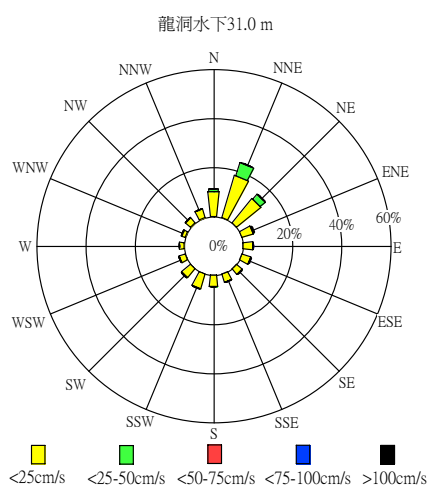


圖4-28 龍洞水下31.0m海流玫瑰圖
(2005/07/29~09/08)

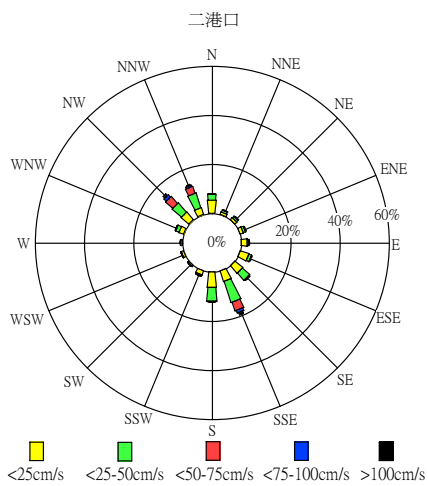


圖4-29 二港口海流玫瑰圖
(2005/08/26~10/06)

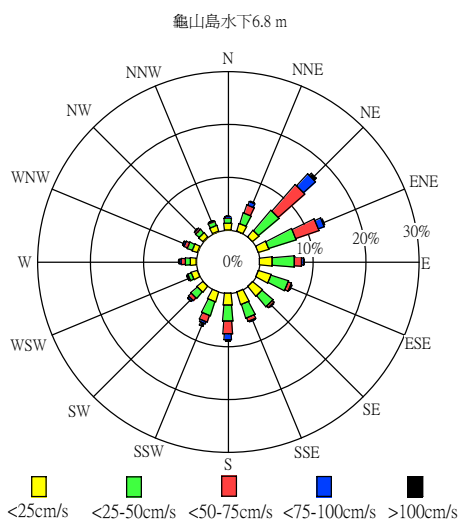


圖4-30 龜山島水下6.8m海流玫瑰圖
(2004/06/03~10/29)

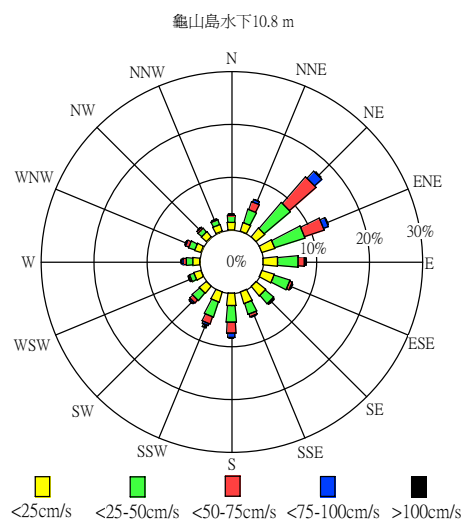


圖4-31 龜山島水下10.8m海流玫瑰圖
(2004/06/03~10/29)

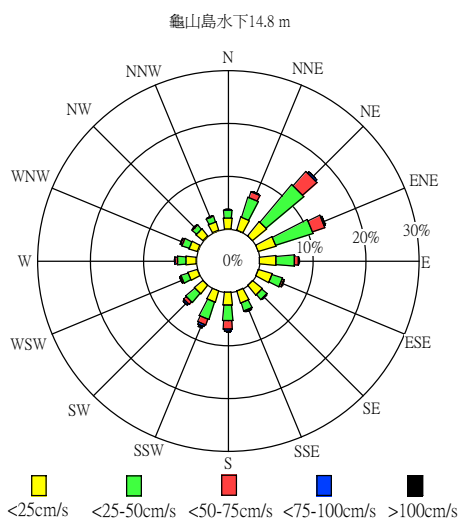


圖4-32 龜山島水下14.8m海流玫瑰圖
(2004/06/03~10/29)

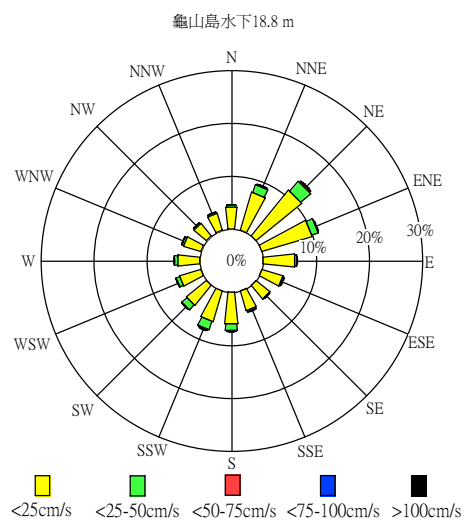


圖4-33 龜山島水下18.8m海流玫瑰圖
(2004/06/03~10/29)

表4-1 2005/5/31~6/10龍洞外海水下8.5m至31.0m各層海流流向發生頻率分析表

水深 (m)	百分比(%)																最多 流向
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
8.5	29.89	22.09	2.53	0.48	0.34	0.27	0.21	0.55	1.16	6.50	9.10	4.99	4.86	3.35	3.83	9.85	N
11.0	23.53	30.44	5.75	0.62	0.21	0.55	0.61	0.61	1.85	7.93	8.21	4.10	2.80	3.42	3.35	6.02	NNE
13.5	22.64	33.58	3.83	0.34	0.48	0.34	0.28	0.28	1.98	9.09	9.03	3.90	2.53	3.08	3.28	5.34	NNE
16.0	20.73	37.41	2.67	0.41	0.14	0.34	0.07	0.27	1.98	9.85	9.64	3.76	3.28	1.85	2.74	4.86	NNE
18.5	19.08	40.77	2.53	0.41	0.07	0.27	0.48	0.55	2.26	9.71	9.85	3.56	2.32	2.19	1.64	4.31	NNE
21.0	20.04	39.81	3.49	0.68	0.28	0.34	0.68	0.96	2.74	11.56	9.10	1.98	1.23	1.50	2.19	3.42	NNE
23.5	16.89	39.33	6.43	1.50	0.69	0.69	0.82	2.46	3.49	10.41	8.07	2.05	0.82	0.68	1.50	4.17	NNE
26.0	14.84	35.50	10.05	2.60	0.96	1.44	1.78	2.39	4.38	8.69	8.00	1.64	0.96	1.09	2.19	3.49	NNE
28.5	14.77	28.59	13.47	3.83	1.98	1.85	3.15	3.21	5.13	7.80	5.75	2.05	1.16	0.96	2.33	3.97	NNE
31.0	12.65	27.29	14.02	4.65	2.80	3.02	5.13	3.42	4.38	7.93	3.35	2.12	0.96	0.96	2.60	4.72	NNE

表4-2 2005/7/29~9/8龍洞外海水下8.5m至31.0m各層海流流向發生頻率分析表

水深 (m)	百分比(%)																最多 流向
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
8.5	19.60	16.84	8.00	2.80	1.76	1.19	1.76	2.46	3.49	6.34	7.02	5.65	4.46	4.29	4.61	9.73	N
11.0	18.79	24.79	8.28	2.36	1.48	1.17	1.20	2.21	4.73	9.16	7.00	3.27	2.39	2.73	3.56	6.88	NNE
13.5	20.84	28.00	6.05	1.68	1.24	0.71	0.81	1.14	3.83	10.28	7.73	3.16	2.46	2.37	3.22	6.48	NNE
16.0	20.53	30.11	4.98	1.54	0.81	0.73	0.71	1.12	3.17	11.43	8.04	2.87	1.88	2.53	3.29	6.26	NNE
18.5	19.16	31.18	5.16	1.37	1.03	0.93	0.76	1.19	3.29	11.58	7.82	2.73	1.79	2.09	2.93	6.99	NNE
21.0	19.72	30.25	6.24	2.27	1.22	1.14	0.92	1.44	3.75	11.28	7.12	3.05	1.83	1.52	2.61	5.64	NNE
23.5	18.57	29.42	7.65	2.53	1.83	1.40	1.46	2.07	4.37	10.07	6.80	2.90	1.73	1.47	1.95	5.78	NNE
26.0	16.04	28.82	9.95	3.42	2.14	1.93	1.97	2.39	5.05	8.33	6.89	2.63	1.95	1.42	2.20	4.87	NNE
28.5	13.63	27.52	11.44	4.15	3.31	2.97	2.92	3.05	5.00	7.09	5.73	2.70	1.90	1.66	2.56	4.37	NNE
31.0	11.21	23.64	15.62	5.31	4.20	4.00	3.22	3.61	4.73	6.51	5.05	2.76	1.88	1.66	2.85	3.75	NNE

表4-3 2005/5/31~6/10龍洞外海水下8.5m至31.0m各層海流流速發生頻率分析表

水深 (m)	百分比(%)					最多流速 (cm/s)
	< 25 cm/s	25 ~ 50 cm/s	50 ~ 75 cm/s	75 ~ 100 cm/s	> 100 cm/s	
8.5	64.84	26.06	9.03	0.07	0.00	< 25
11.0	57.59	29.96	12.18	0.27	0.00	< 25
13.5	57.93	30.71	11.08	0.27	0.00	< 25
16.0	59.30	30.37	10.19	0.14	0.00	< 25
18.5	60.40	30.92	8.62	0.00	0.00	< 25
21.0	62.31	30.10	7.59	0.00	0.00	< 25
23.5	64.84	29.27	5.88	0.00	0.00	< 25
26.0	67.44	28.45	4.10	0.00	0.00	< 25
28.5	72.44	25.72	1.85	0.00	0.00	< 25
31.0	89.54	10.12	0.34	0.00	0.00	< 25

表4-4 2005/7/29~9/8龍洞外海水下8.5m至31.0m各層海流流速發生頻率分析表

水深 (m)	百分比(%)					最多流速 (cm/s)
	< 25 cm/s	25 ~ 50 cm/s	50 ~ 75 cm/s	75 ~ 100 cm/s	> 100 cm/s	
8.5	67.44	24.44	7.74	0.36	0.02	< 25
11.0	61.82	26.24	11.46	0.44	0.00	< 25
13.5	63.78	25.56	10.44	0.20	0.00	< 25
16.0	64.48	26.10	9.32	0.10	0.00	< 25
18.5	64.84	26.86	8.28	0.02	0.00	< 25
21.0	66.38	26.44	7.16	0.02	0.00	< 25
23.5	68.76	26.00	5.20	0.04	0.00	< 25
26.0	72.86	24.14	3.00	0.00	0.00	< 25
28.5	76.30	22.42	1.28	0.00	0.00	< 25
31.0	88.08	11.70	0.22	0.00	0.00	< 25

表4-5 2005/8/26~10/6二港口外海海流流向發生頻率分析表

流向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	最多 流向
百分比 (%)	7.79	1.95	2.05	2.46	3.18	5.02	8.50	19.57	12.19	2.36	0.72	1.13	0.82	3.69	15.27	13.32	SSE

表4-6 2005/8/26~10/6二港口外海海流流速發生頻率分析表

流速 (cm/s)	< 25	25 ~ 50	50 ~ 75	75 ~ 100	> 100	最多流速 (cm/s)
百分比(%)	43.65	39.55	11.27	3.18	2.36	< 25

表4-7 2004/06/03~10/29龜山島水下6.8m至18.8m各層海流流向發生頻率分析表

水深 (m)	百分比(%)																最多 流向
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
6.8	2.56	6.19	16.94	13.59	8.45	6.85	5.69	5.94	9.24	7.12	4.3	2.17	3.28	3.06	2.43	2.2	NE
10.8	2.99	6.5	17.26	13.61	8.17	6.29	4.72	5.05	8.64	7.46	4.86	2.6	3.45	3.28	2.64	2.48	NE
14.8	3.65	7.81	16.73	13.63	7.46	5.25	3.75	4.2	7.52	7.67	5.41	3.57	4.02	3.49	2.93	2.9	NE
18.8	4.53	9.23	13.98	11.28	6.41	4.4	3.46	4.1	7.64	8.11	6.32	4.96	4.77	3.83	3.35	3.62	NE

表4-8 2004/06/03~10/29龜山島水下6.8m至18.8m各層海流流速發生頻率分析表

水深 (m)	百分比(%)					最多流速 (cm/s)
	< 25 cm/s	25 ~ 50 cm/s	50 ~ 75 cm/s	75 ~ 100 cm/s	> 100 cm/s	
6.8	27.8	38.56	23.03	8.47	2.14	25 ~ 50
10.8	30.69	40.98	21.10	5.98	1.25	25 ~ 50
14.8	38.02	45.8	13.59	2.08	0.52	25 ~ 50
18.8	85.27	13.24	1.18	0.25	0.05	25 ~ 50

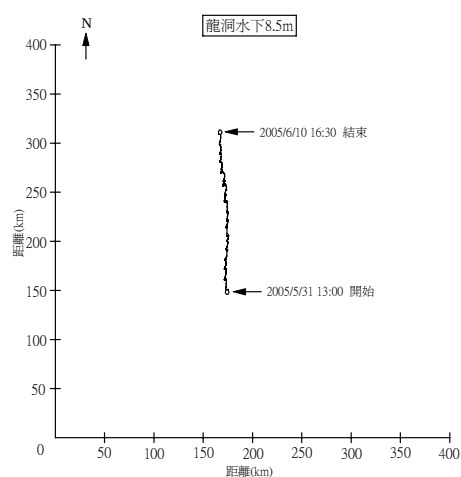


圖4-34 龍洞水下8.5m海流行進向量圖
(2005/05/31~06/10)

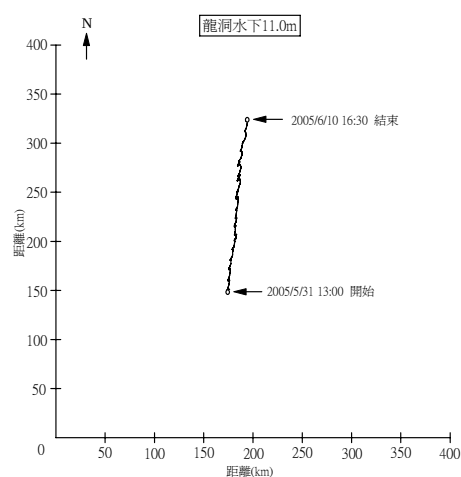


圖4-35 龍洞水下11.0m海流行進向量圖
(2005/05/31~06/10)

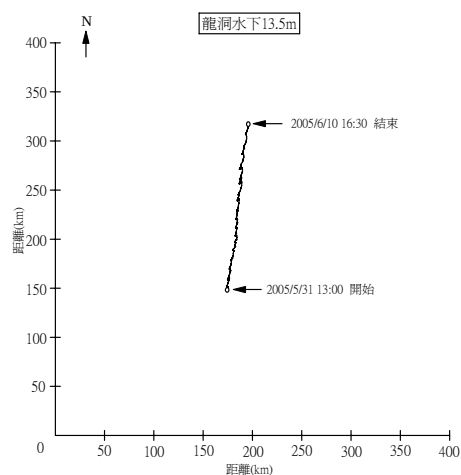


圖4-36 龍洞水下13.5m海流行進向量圖
(2005/05/31~06/10)

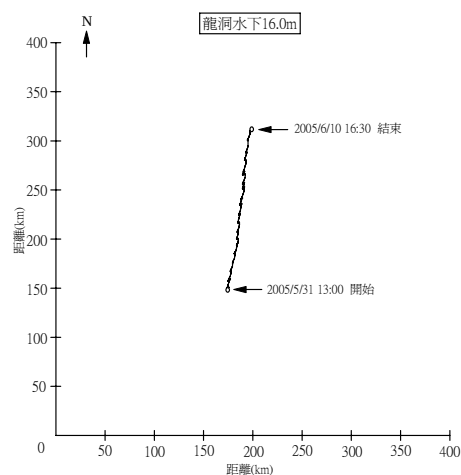


圖4-37 龍洞水下16.0m海流行進向量圖
(2005/05/31~06/10)

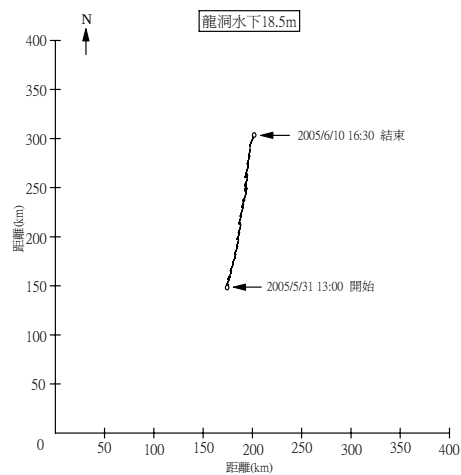


圖4-38 龍洞水下18.5m海流行進向量圖
(2005/05/31~06/10)

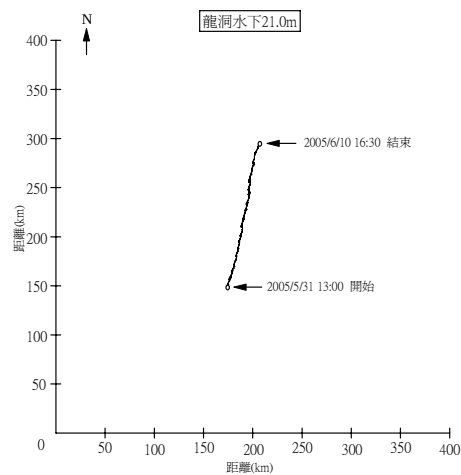


圖4-39 龍洞水下21.0m海流行進向量圖
(2005/05/31~06/10)

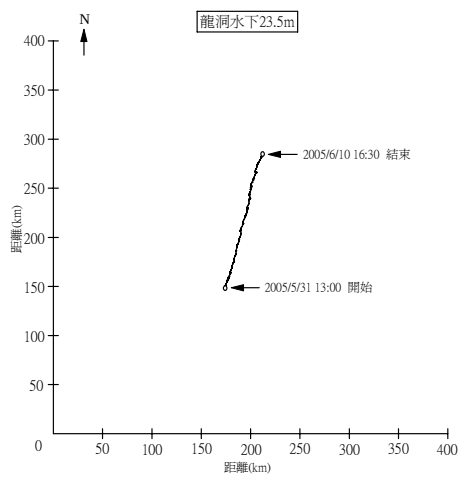


圖4-40 龍洞水下23.5m海流行進向量圖
(2005/05/31~06/10)

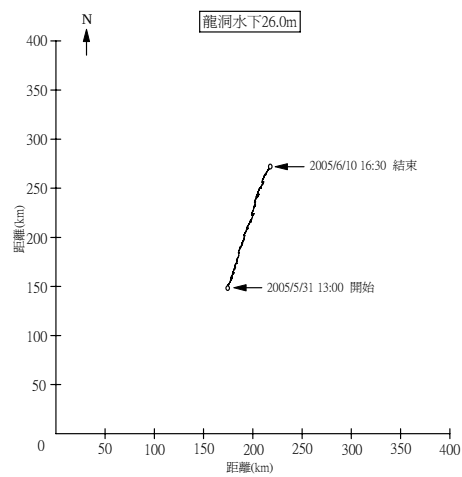


圖4-41 龍洞水下26.0m海流行進向量圖
(2005/05/31~06/10)

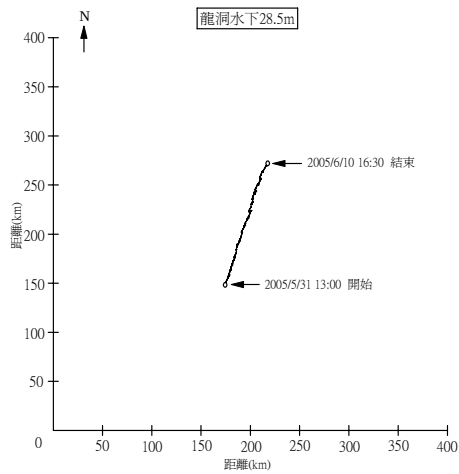


圖4-42 龍洞水下28.5m海流行進向量圖
(2005/05/31~06/10)

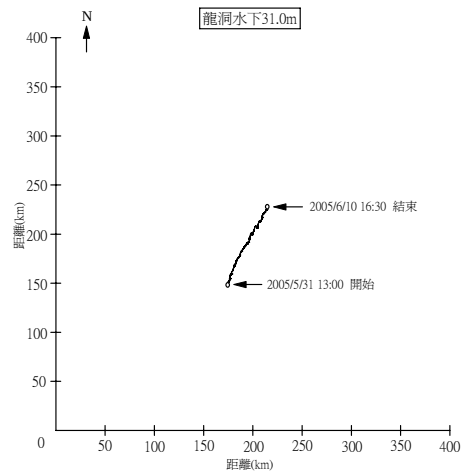


圖4-43 龍洞水下31.0m海流行進向量圖
(2005/05/31~06/10)

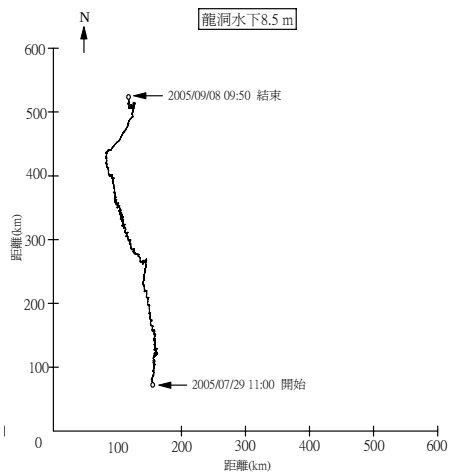


圖4-44 龍洞水下8.5m海流行進向量圖
(2005/07/29~09/08)

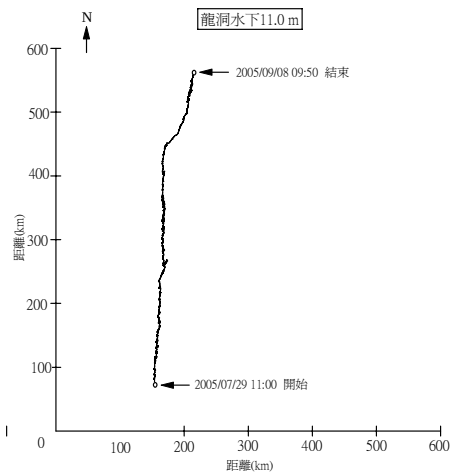


圖4-45 龍洞水下11.0m海流行進向量圖
(2005/07/29~09/08)

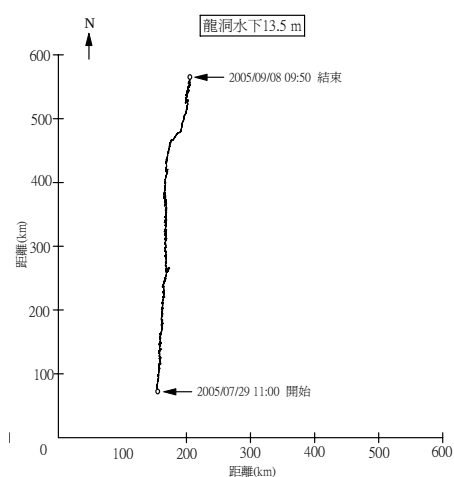


圖4-46 龍洞水下13.5m海流行進向量圖
(2005/07/29~09/08)

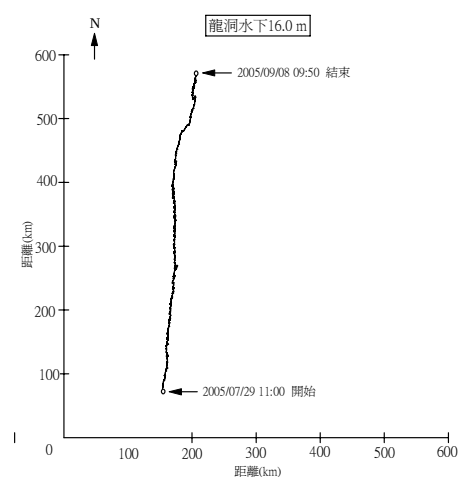


圖4-47 龍洞水下16.0m海流行進向量圖
(2005/07/29~09/08)

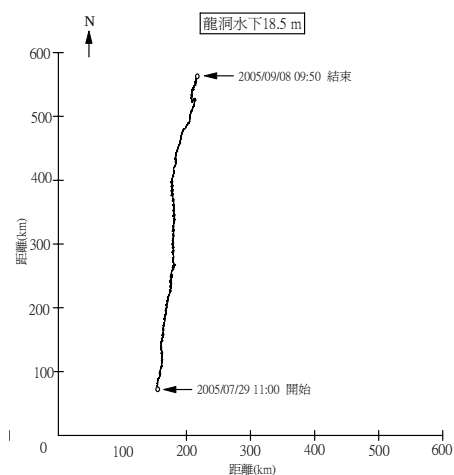


圖4-48 龍洞水下18.5m海流行進向量圖
(2005/07/29~09/08)

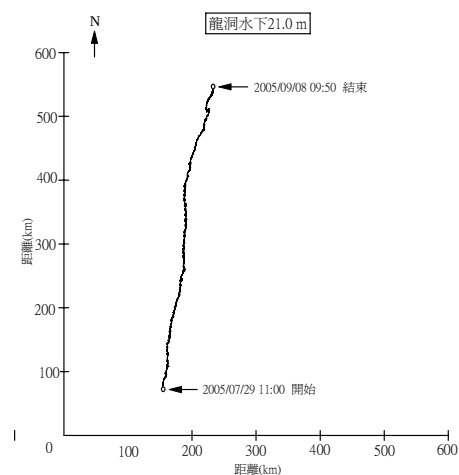


圖4-49 龍洞水下21.0m海流行進向量圖
(2005/07/29~09/08)

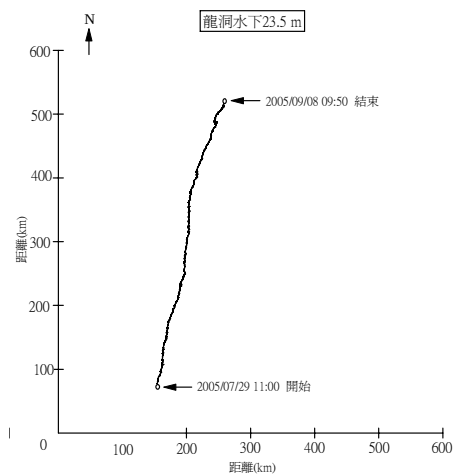


圖4-50 龍洞水下23.5m海流行進向量圖
(2005/07/29~09/08)

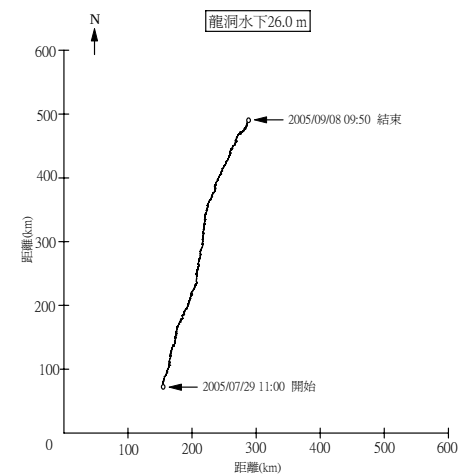


圖4-51 龍洞水下26.0m海流行進向量圖
(2005/07/29~09/08)

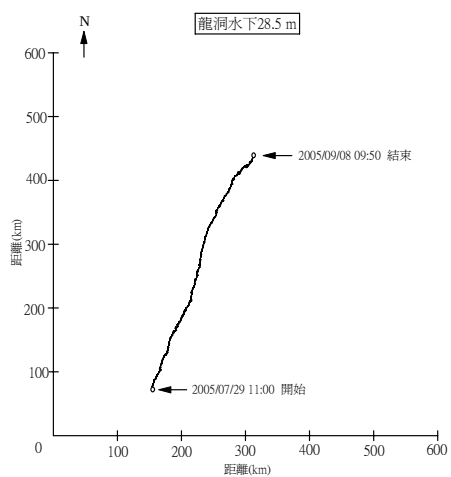


圖4-52 龍洞水下28.5m海流行進向量圖
(2005/07/29~09/08)

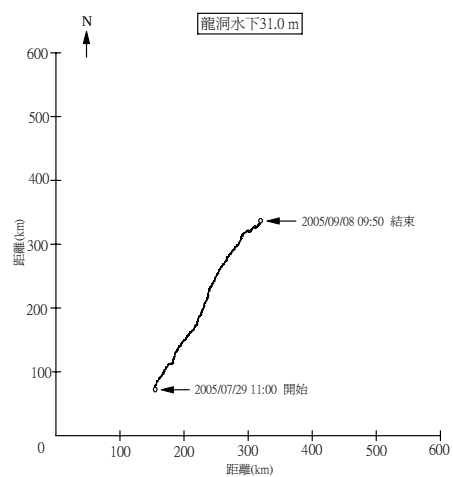


圖4-53 龍洞水下31.0m海流行進向量圖
(2005/07/29~09/08)

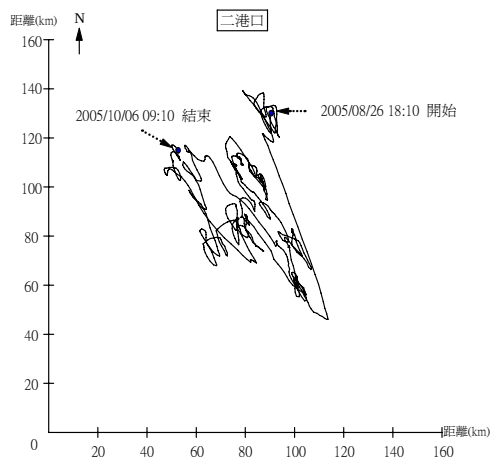


圖4-54 二港口海流行進向量圖
(2005/08/26~10/06)

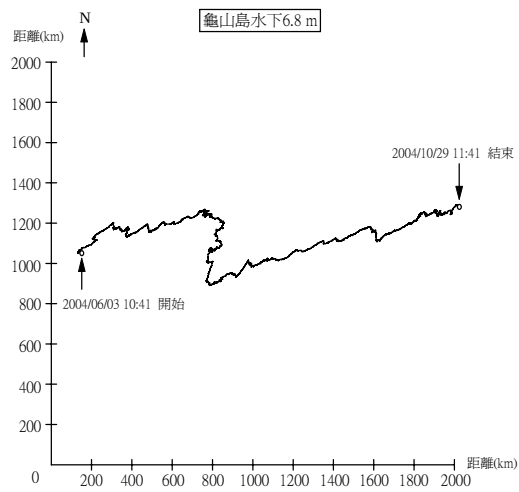


圖4-55 龜山島水下6.8m行進向量圖
(2004/06/03~10/29)

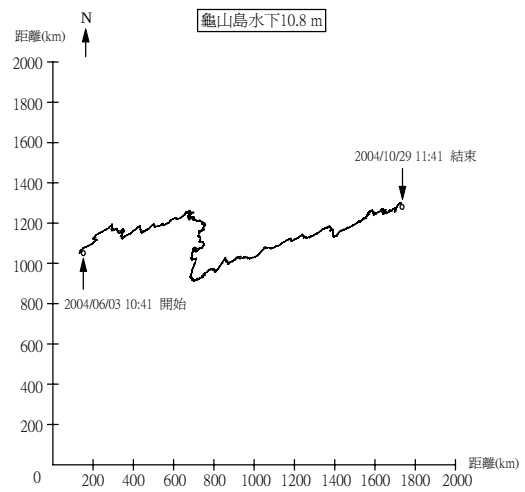


圖4-56 龜山島水下10.8m行進向量圖
(2004/06/03~10/29)

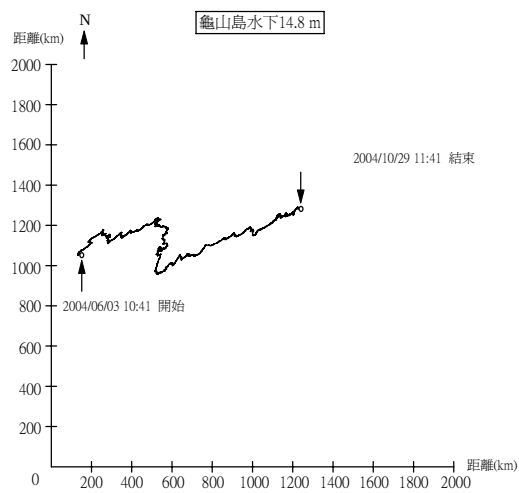


圖4-57 龜山島水下14.8m行進向量圖
(2004/06/03~10/29)

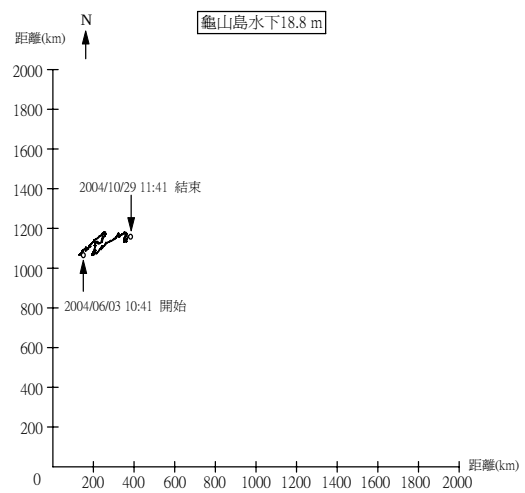


圖4-58 龜山島水下18.8m行進向量圖
(2004/06/03~10/29)

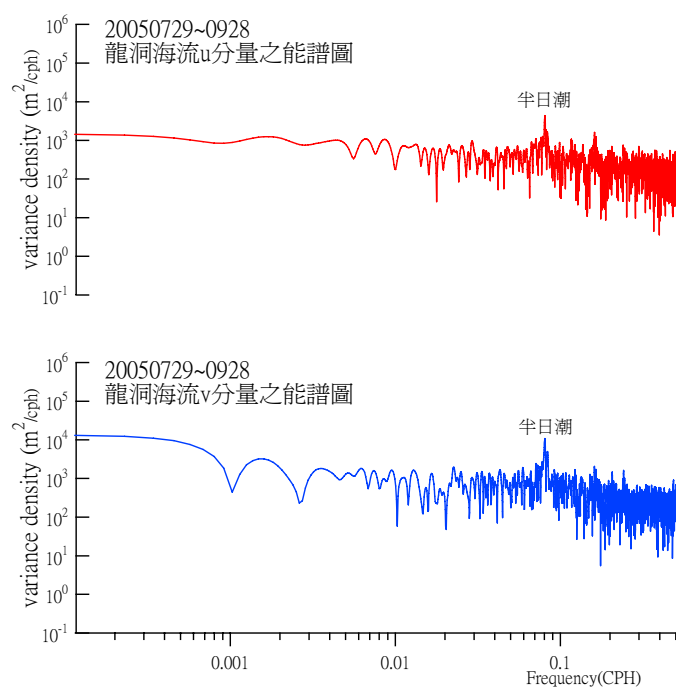


圖4-59 龍洞水下11.0m海流u及v分量之能譜圖

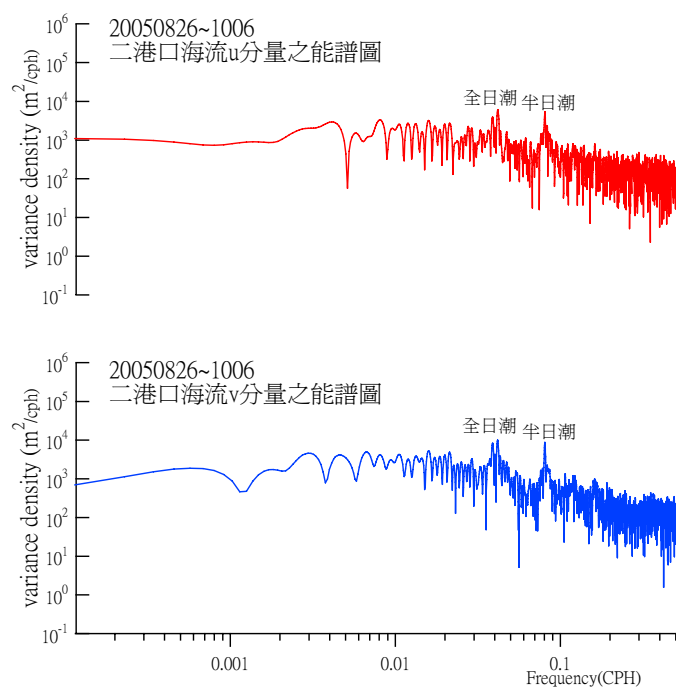


圖4-60 二港口海流u及v分量之能譜圖

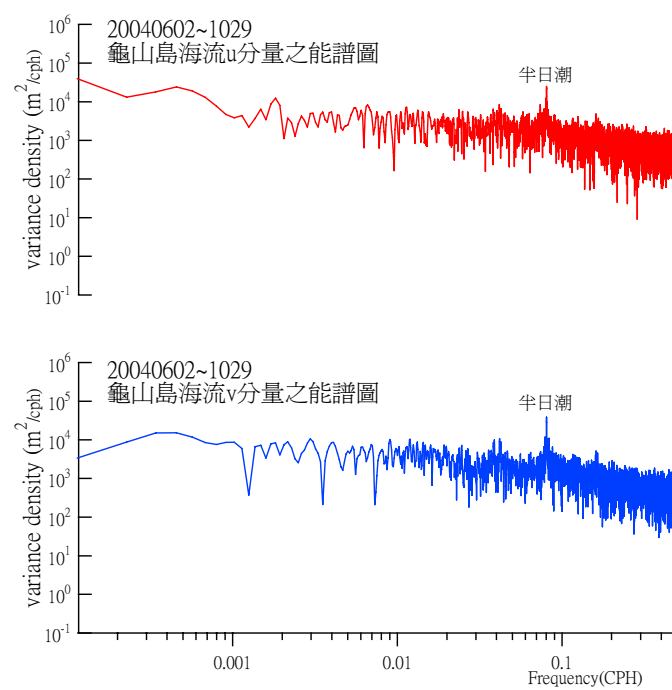


圖4-61 龜山島海流u及v分量之能譜圖

4-2 潮流分析及預測

將龍洞（於水下11m）、二港口（於水下2m）及龜山島（於水下6.8m）海流u及v分量分別進行調和分析，可計算出此三地區海流u及v分量各個分潮的振幅及相位角，如表4-9至表4-14所示。另表4-15為各測站海流u及v分量四大主要分潮（M2、S2、K1、O1）之調和常數，由表中資料可知，龍洞海流u及v分量以M2潮的振幅為最大，其次為S2潮。二港口海流u分量以O1潮的振幅為最大，其次為K1潮，海流v分量則以K1潮的振幅為最大，但M2潮的振幅與K1潮相差不大。龜山島海流u及v分量以M2潮的振幅為最大。將表4-15各測站海流u及v分量四大主要分潮的各個分潮分別合成，即可得到此三測站海流調和常數四大主要分潮之振幅，如表4-16所示，由表中資料可知龍洞半日潮（M2及S2）的振幅皆明顯大於全日潮（K1及O1）；二港口M2潮的振幅與K1及O1潮相差不大，但S2潮的振幅明顯較小；而龜山島半日潮（M2）的振幅皆明顯大於全日潮（K1及O1），此結果顯示龍洞及龜山島的潮流以半日潮較為明顯，二港口的潮流以混合潮較為明顯，此與前述海流u及v分量頻譜分析的結果一致。

由表4-15的資料，可分別繪出各測站四大主要分潮的潮流橢圓圖（如圖4-62至圖4-65），另表4-17為各測站四大主要分潮流橢圓長短軸特性表。由圖4-62至圖4-65與表4-17中的資料可知，龍洞M2及S2潮約與海岸線平行，但K1及O1潮未與海岸線平行；二港口除S2潮未與海岸線平行外，其他分潮流皆約與海岸線平行；而龜山島僅S2潮未與海岸線平行外，其他分潮流皆與海岸線平行。由上述可知，龍洞的潮流以M2潮為主，其潮流橢圓的主軸方向約與海岸線平行；二港口以K1、M2及O1潮為主要，其潮流橢圓的主軸方向也約與海岸線平行；而龜山島的潮流以M2潮為主，其潮流橢圓的主軸方向與海岸線平行。

分別將各測站海流u及v分量進行帶通濾波，如圖4-66及圖4-68，由圖中顯示，各測站海流u及v分量經帶通濾波後可將部份低頻及高頻的雜訊濾除，接著將濾波後的海流u及v分量以調和分析法進行潮流分析及預測。龍洞採用2005年7月29日至8月31日共約34天的資料進行分

析，接著再預測9月4日至8日海流u及v的分量；二港口採用2005年8月26日至9月28日共約34天的資料進行分析，接著再預測9月29日至10月2日海流u及v的分量；龜山島採用2004年7月1日至10月29日期間的資料進行分析，接著再預測6月3日至30日海流u及v的分量。

圖4-69及圖4-71分別為各測站海流u及v分量帶通經濾波後，其實測與預測之比較，由圖中顯示可知，龍洞與二港口實測與預測海流u及v分量隨時間變化的趨勢非常一致，而龜山島海流u分量於部份時間變化的趨勢差異較明顯，但v分量則較為一致。

將各測站實測與預測的海流u及v分量以均方根（RMS）及相關係數（CC）分別進行統計及分析，表4-18為龍洞及二港口海流實測及預測差異統計，由表中資料可知海流u及v分量經帶通濾波後，代表預測與實測差異的RMS值有降低，且代表預測與實測相關性的CC值有提高。另由帶通濾波前後RMS及CC值的改善百分比（RMS的改善百分比計算方式為濾波前減去濾波後的值，除以濾波前的RMS值；而CC的改善百分比計算方式為濾波後減去濾波前的值，除以濾波前的CC值）來看，經帶通濾波後海流u及v分量實測及預測的精確度大部分皆有提昇。總體而言，經帶通濾波後海流u及v分量的實測及預測結果有改善的情況。

表4-9 2005/7/29~9/8龍洞水下11.0m海流u分量之調和常數（濾波前）

NO	Constituents	Frequency(1/hr)	Amplitude(cm)	Phase lag(deg)
1	M2	0.080511	9.2	236.92
2	M4	0.161023	3.7	36.08
3	N2	0.078999	3.6	104.63
4	S2	0.083333	2.9	196.72
5	MN4	0.159511	2.8	275.94
6	MS4	0.163845	2.4	355.39
7	MM	0.001512	1.9	333.85
8	L2	0.082024	1.6	213.03
9	EPS2	0.076177	1.6	293.82
10	2MN6	0.240022	1.6	79.5
11	MU2	0.077690	1.5	285.85
12	MSF	0.002822	1.4	212.79
13	ETA2	0.085074	1.3	350.57
14	MK3	0.122292	1.3	18.11
15	MO3	0.119242	1.2	147.8
16	UPS1	0.046343	1.1	258.27
17	J1	0.043293	1.1	167.97
18	S4	0.166667	1.0	283.49
19	M6	0.241534	1.0	169.77
20	2MS6	0.244356	1.0	123.13
21	SK3	0.125114	0.9	241.52
22	ALP1	0.034397	0.9	329.52
23	2SK5	0.208447	0.9	311.33
24	2Q1	0.035706	0.8	299.23
25	SN4	0.162333	0.8	292.83
26	2SM6	0.247178	0.8	51.59
27	K1	0.041781	0.7	70.99
28	3MK7	0.283315	0.7	17.77
29	M3	0.120767	0.7	324.98
30	OO1	0.044831	0.7	253.91
31	NO1	0.040269	0.5	274.33
32	O1	0.038731	0.4	245.5
33	Q1	0.037219	0.3	234.47
34	M8	0.322046	0.3	158.04
35	2MK5	0.202804	0.1	112.53

表4-10 2005/7/29~9/8龍洞水下11.0m海流v分量之調和常數（濾波前）

NO	Constituents	Frequency(1/hr)	Amplitude(cm)	Phase lag(deg)
1	M2	0.080511	24.0	252.66
2	N2	0.078999	10.3	111.23
3	S2	0.083333	10.1	230.04
4	MU2	0.077690	5.2	239.46
5	M4	0.161023	4.1	1.04
6	J1	0.043293	3.4	121.72
7	M6	0.241534	3.4	129.5
8	MS4	0.163845	3.3	321.58
9	MK3	0.122292	3.1	53.06
10	Q1	0.037219	2.8	242.09
11	L2	0.082024	2.4	168.28
12	MO3	0.119242	2.2	129.48
13	MSF	0.002822	2.1	48.35
14	2MS6	0.244356	1.9	118.38
15	S4	0.166667	1.8	277.36
16	MN4	0.159511	1.8	177.08
17	ETA2	0.085074	1.6	43.35
18	2MK5	0.202804	1.5	167.21
19	UPS1	0.046343	1.5	264.67
20	MM	0.001512	1.5	358.14
21	O1	0.038731	1.5	89.49
22	2SK5	0.208447	1.4	335.5
23	K1	0.041781	1.4	304.88
24	OO1	0.044831	1.3	186.58
25	NO1	0.040269	1.2	26.63
26	2MN6	0.240022	1.1	22.07
27	2Q1	0.035706	1.0	228.8
28	EPS2	0.076177	1.0	131.81
29	ALP1	0.034397	1.0	30.96
30	M3	0.120767	0.9	301.67
31	SN4	0.162333	0.8	64.14
32	2SM6	0.247178	0.4	151.2
33	M8	0.322046	0.4	340.18
34	SK3	0.125114	0.4	232.82
35	3MK7	0.283315	0.4	273.77

表4-11 2005/8/26~10/6二港口海流u分量之調和常數（濾波前）

NO	Constituents	Frequency(1/hr)	Amplitude(cm)	Phase lag(deg)
1	MM	0.0015122	8.2	255.20
2	O1	0.0387307	6.8	236.44
3	MK3	0.1222921	5.2	174.48
4	2Q1	0.0357064	5.0	262.08
5	MO3	0.1192421	5.0	335.08
6	K1	0.0417808	4.7	96.56
7	MSF	0.0028219	4.5	252.34
8	MU2	0.0776895	4.2	311.48
9	Q1	0.0372185	4.1	246.06
10	EPS2	0.0761773	3.9	96.34
11	OO1	0.0448308	3.6	193.04
12	M2	0.0805114	3.0	70.88
13	J1	0.0432929	2.9	269.10
14	ETA2	0.0850736	2.9	268.11
15	M4	0.1610228	2.8	79.03
16	L2	0.0820236	1.9	13.52
17	ALP1	0.0343966	1.8	76.14
18	UPS1	0.0463430	1.8	209.79
19	N2	0.0789993	1.7	130.20
20	SK3	0.1251141	1.5	229.19
21	S4	0.1666667	1.3	53.07
22	NO1	0.0402686	1.0	237.04
23	S2	0.0833333	0.9	88.15
24	M3	0.1207671	0.9	10.20
25	2MK5	0.2028036	0.8	146.80
26	SN4	0.1623326	0.8	248.30
27	2SM6	0.2471781	0.8	27.81
28	MS4	0.1638447	0.8	22.92
29	MN4	0.1595106	0.8	240.58
30	2SK5	0.2084474	0.7	87.73
31	M6	0.2415342	0.6	108.53
32	2MS6	0.2443561	0.5	29.00
33	3MK7	0.2833149	0.4	235.58
34	2MN6	0.2400220	0.3	287.90
35	M8	0.3220456	0.0	119.08

表4-12 2005/8/26~10/6二港口海流v分量之調和常數（濾波前）

NO	Constituents	Frequency(1/hr)	Amplitude(cm)	Phase lag(deg)
1	K1	0.041781	11.3	306.46
2	M2	0.080511	10.5	216.01
3	O1	0.038731	7.8	108.19
4	MSF	0.002822	4.7	204.31
5	S2	0.083333	3.9	152.48
6	N2	0.078999	3.0	51.95
7	ALP1	0.034397	2.7	28.77
8	MM	0.001512	2.4	89.13
9	Q1	0.037219	2.4	284.03
10	MU2	0.07769	2.2	37.09
11	EPS2	0.076177	2.1	230.35
12	J1	0.043293	2.0	230.96
13	L2	0.082024	1.9	104.61
14	UPS1	0.046343	1.9	176.57
15	SN4	0.162333	1.8	315.11
16	ETA2	0.085074	1.8	128.24
17	MO3	0.119242	1.6	137.01
18	OO1	0.044831	1.6	20.46
19	NO1	0.040269	1.5	320.68
20	M4	0.161023	1.4	209.53
21	M3	0.120767	1.2	306.11
22	2MN6	0.240022	1.0	70.15
23	MS4	0.163845	0.9	119.49
24	MK3	0.122292	0.8	348.09
25	MN4	0.159511	0.8	300.28
26	M6	0.241534	0.7	219.38
27	2SM6	0.247178	0.6	256.17
28	S4	0.166667	0.6	212.78
29	2MK5	0.202804	0.5	337.68
30	2Q1	0.035706	0.5	292.05
31	SK3	0.125114	0.5	62.19
32	2SK5	0.208447	0.5	313.78
33	M8	0.322046	0.4	135.41
34	3MK7	0.283315	0.4	77.17
35	2MS6	0.244356	0.2	177.31

表4-13 2004/7/1~10/29龜山島水下6.8 m海流u分量之調和常數（濾波前）

NO	Constituents	Frequency(1/hr)	Amplitude(cm)	Phase lag(deg)	NO	Constituents	Frequency(1/hr)	Amplitude(cm)	Phase lag(deg)
1	M2	0.080511	14.5	353.53	26	J1	0.043293	1.3	126.85
2	SSA	0.000228	6.7	334.66	27	TAU1	0.038959	1.3	245.44
3	K1	0.041781	6.3	28.35	28	2MK5	0.202804	1.3	31.96
4	NO1	0.040269	5.1	6.96	29	SK4	0.166895	1.3	359.26
5	PHI1	0.042009	4.2	142.37	30	MN4	0.159511	1.3	243.42
6	MKS2	0.080740	3.5	261.50	31	Q1	0.037219	1.3	270.83
7	SO1	0.044603	3.4	155.05	32	MSN2	0.084845	1.1	354.97
8	O1	0.038731	3.2	282.89	33	ALP1	0.034397	1.1	173.71
9	P1	0.041553	3.1	358.55	34	K2	0.083561	1.1	238.62
10	BET1	0.040040	2.7	248.22	35	EPS2	0.076177	1.1	21.01
11	L2	0.082024	2.6	78.05	36	2Q1	0.035706	1.0	31.69
12	M4	0.161023	2.6	218.58	37	N2	0.078999	1.0	263.41
13	OO1	0.044831	2.5	305.52	38	UPS1	0.046343	1.0	106.07
14	SO3	0.122064	2.5	315.08	39	MK4	0.164073	0.9	191.45
15	MK3	0.122292	2.3	67.04	40	2MS6	0.244356	0.9	263.06
16	S2	0.083333	2.3	45.95	41	MU2	0.077689	0.8	66.71
17	MF	0.003050	2.2	285.00	42	2SK5	0.208447	0.8	182.06
18	SK3	0.125114	2.0	151.55	43	M6	0.241534	0.7	190.55
19	MM	0.001512	2.0	300.45	44	2SM6	0.247178	0.7	234.18
20	ETA2	0.085074	1.9	111.45	45	S4	0.166667	0.6	234.36
21	MSF	0.002822	1.8	64.70	46	2MK6	0.244584	0.6	292.28
22	M3	0.120767	1.8	301.86	47	MSK6	0.247406	0.6	223.55
23	MO3	0.119242	1.6	172.70	48	2MN6	0.240022	0.5	32.02
24	MS4	0.163845	1.6	194.75	49	M8	0.322046	0.2	235.68
25	SN4	0.162333	1.5	238.40	50	3MK7	0.283315	0.1	319.35

表4-14 2004/7/1~10/29龜山島水下6.8 m海流v分量之調和常數（濾波前）

NO	Constituents	Frequency(1/hr)	Amplitude(cm)	Phase lag(deg)	NO	Constituents	Frequency(1/hr)	Amplitude(cm)	Phase lag(deg)
1	M2	0.080511	23.2	299.45	26	K2	0.083561	1.9	163.61
2	K1	0.041781	5.7	23.86	27	J1	0.043293	1.7	221.09
3	N2	0.078999	5.5	25.30	28	BET1	0.040040	1.6	214.77
4	SSA	0.000228	5.4	38.16	29	SK4	0.166895	1.6	324.56
5	MKS2	0.080740	4.9	44.19	30	ALP1	0.034397	1.5	146.63
6	S2	0.083333	4.8	259.47	31	MN4	0.159511	1.4	191.70
7	MF	0.003050	4.7	349.95	32	S4	0.166667	1.3	223.42
8	O1	0.038731	4.5	235.42	33	L2	0.082024	1.2	12.82
9	TAU1	0.038959	3.3	178.03	34	2MN6	0.240022	1.2	41.98
10	2Q1	0.035706	3.3	91.42	35	2SM6	0.247178	1.2	97.25
11	Q1	0.037219	3.1	263.28	36	EPS2	0.076177	1.2	315.72
12	MU2	0.077689	2.8	168.40	37	MSK6	0.247406	1.1	222.37
13	M4	0.161023	2.7	179.47	38	MK4	0.164073	1.1	344.89
14	NO1	0.040269	2.7	32.00	39	SN4	0.162333	1.1	171.50
15	SO3	0.122064	2.6	251.33	40	M6	0.241534	1.0	19.04
16	MSF	0.002822	2.6	70.02	41	ETA2	0.085074	1.0	296.85
17	UPS1	0.046343	2.5	23.75	42	M8	0.322046	0.9	27.17
18	SO1	0.044603	2.3	173.14	43	MK3	0.122292	0.9	100.24
19	MO3	0.119242	2.2	41.49	44	MS4	0.163845	0.8	247.23
20	M3	0.120767	2.2	257.73	45	2SK5	0.208447	0.5	269.25
21	PHI1	0.042009	2.1	63.37	46	2MS6	0.244356	0.5	293.44
22	MSN2	0.084845	2.1	359.18	47	3MK7	0.283315	0.4	237.99
23	P1	0.041553	2.1	16.73	48	SK3	0.125114	0.3	72.73
24	OO1	0.044831	2.0	336.23	49	2MK5	0.202804	0.1	265.77
25	MM	0.001512	2.0	341.27	50	2MK6	0.244584	0.1	338.92

表4-15 各測站海流u及v分量四大主要分潮之調和常數

分量	分潮	龍洞		二港口		龜山島	
		振幅 (cm)	相位角 (°)	振幅 (cm)	相位角 (°)	振幅 (cm)	相位角 (°)
u	M2	9.2	236.92	3.0	70.88	14.5	353.53
	S2	2.9	196.72	0.9	88.15	2.3	45.95
	K1	0.7	70.99	4.7	96.56	6.3	28.35
	O1	0.3	234.47	6.8	236.44	3.2	282.89
v	M2	24.0	252.66	10.5	216.01	23.2	299.45
	S2	10.1	230.44	3.9	152.48	4.8	259.47
	M2	9.2	236.92	3.0	70.88	5.7	23.86
	S2	2.9	196.72	0.9	88.15	4.5	235.42

表4-16 各測站海流四大主要分潮之調和常數

分潮	振幅 (cm)		
	龍洞	二港口	龜山島
M2	25.7	10.9	27.4
S2	10.5	4.0	5.4
K1	1.5	12.2	8.5
O1	1.5	10.3	5.5

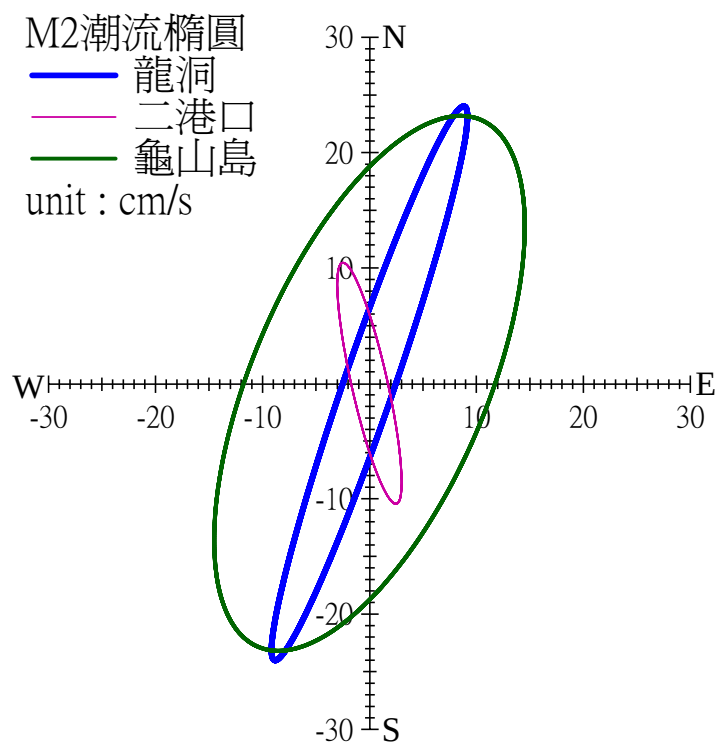


圖4-62 各測站M2潮流橢圓

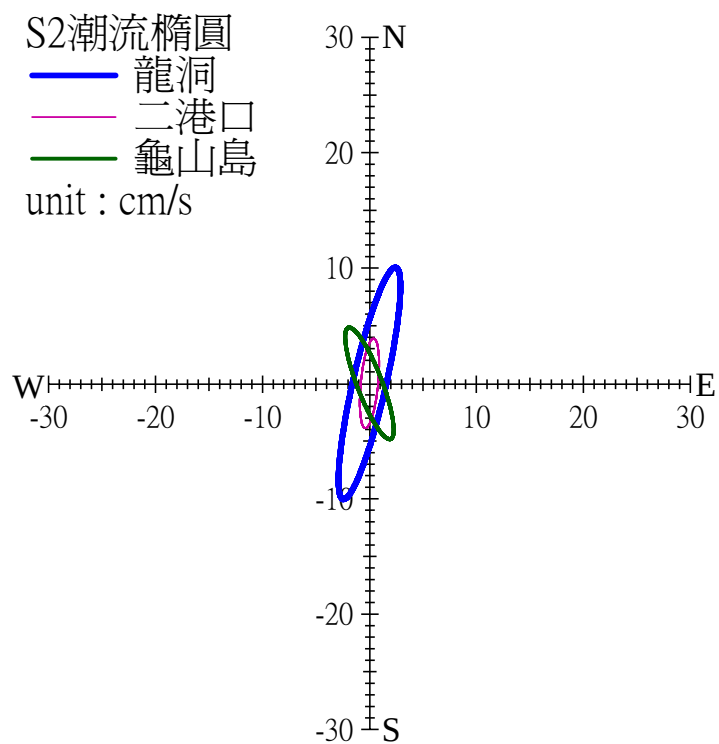


圖4-63 各測站S2潮流橢圓

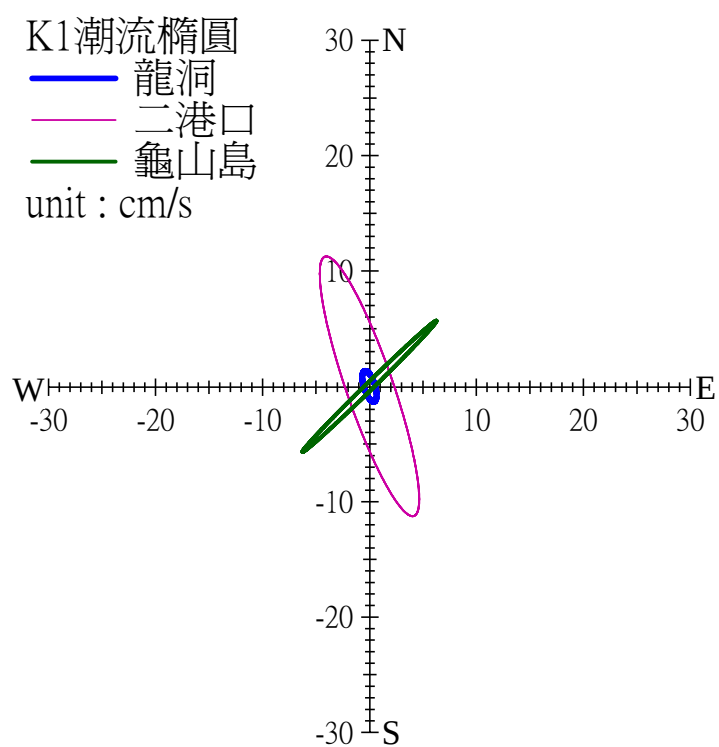


圖4-64 各測站K1潮流橢圓

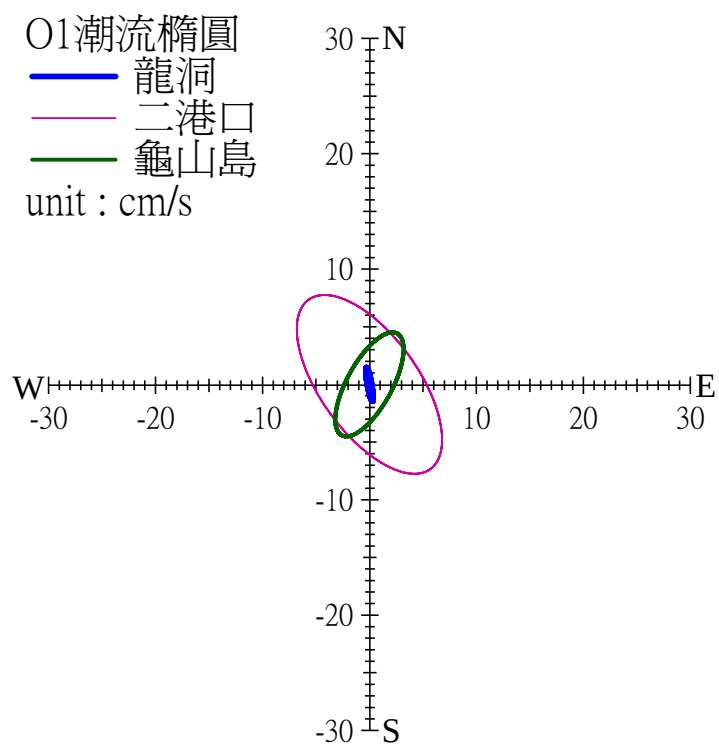


圖4-65 各測站O1潮流橢圓

表4-17 各測站四大主要分潮流橢圓長短軸特性表

測站	分潮	長軸長度 (cm)	短軸長度 (cm)	方位角 (°)	方向
龍洞	M2	51.2	4.7	20.67	順時針
	S2	3.9	0.8	14.30	順時針
	K1	2.8	1.2	148.50	逆時針
	O1	3.0	0.5	167.80	逆時針
二港口	M2	21.5	3.5	165.90	順時針
	S2	7.8	1.6	14.00	順時針
	K1	24.0	5.2	158.50	逆時針
	O1	18.5	9.0	135.40	逆時針
龜山島	M2	49.4	23.6	30.17	逆時針
	S2	10.3	2.5	155.63	逆時針
	K1	16.9	0.7	42.16	逆時針
	O1	10.0	3.2	35.46	逆時針

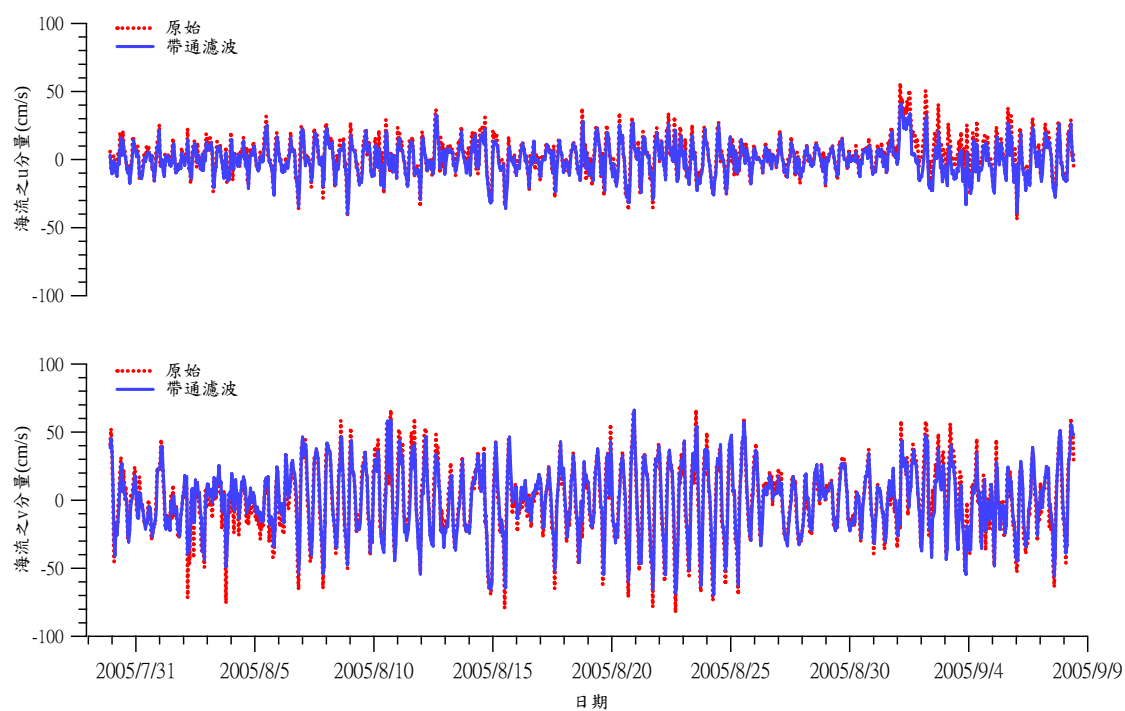


圖4-66 2005/7/29~9/8龍洞水下11.0 m海流u及v分量經帶通濾波前後比較

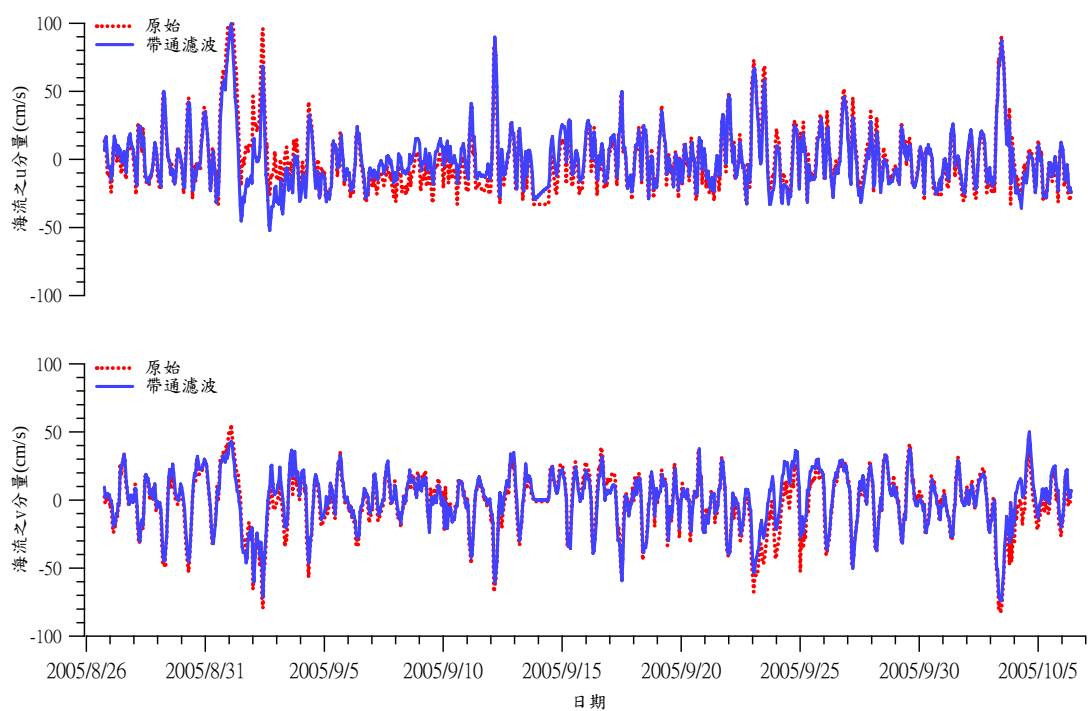


圖4-67 2005/8/26~10/6二港口海流u及v分量經帶通濾波前後比較

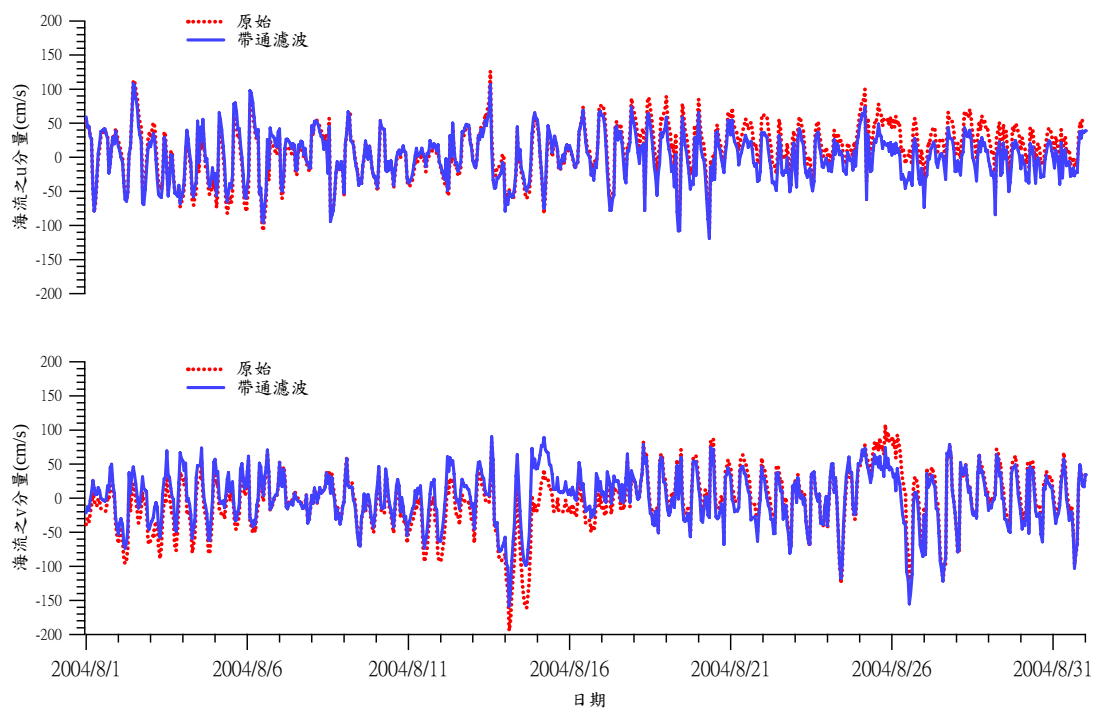


圖4-68 2004/08/01~08/31龜山島水下6.8 m海流經帶通濾波前後比較

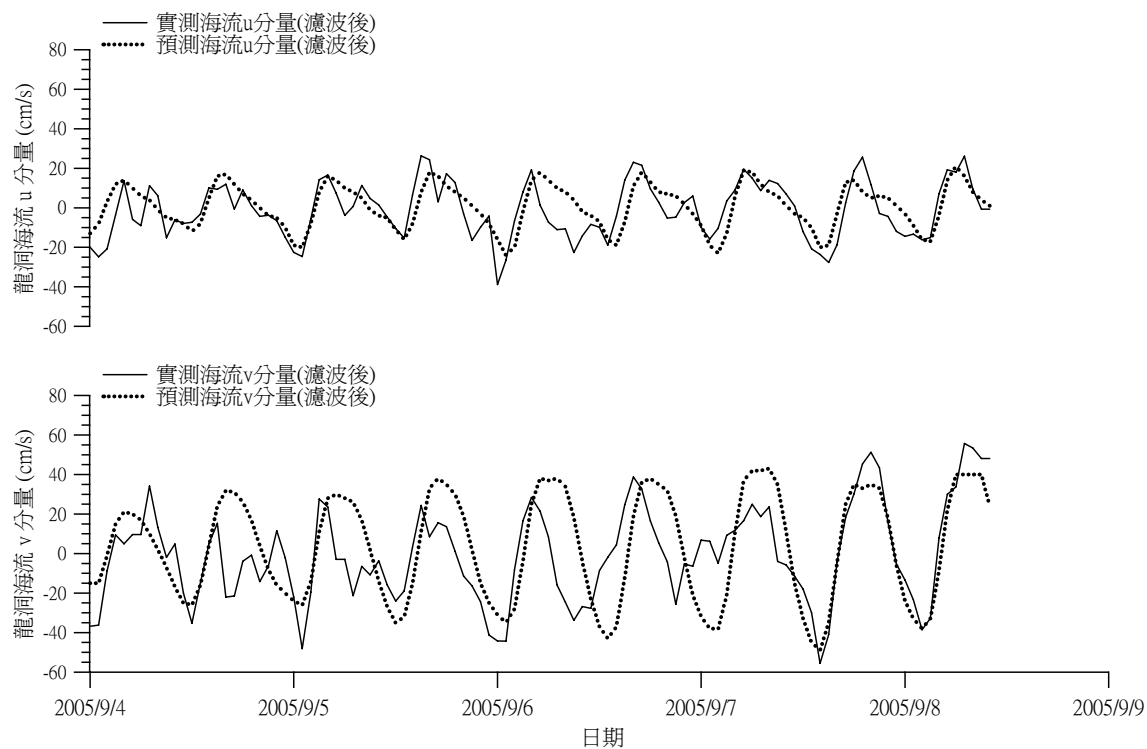


圖4-69 龍洞實測與預測海流u及v分量之比較

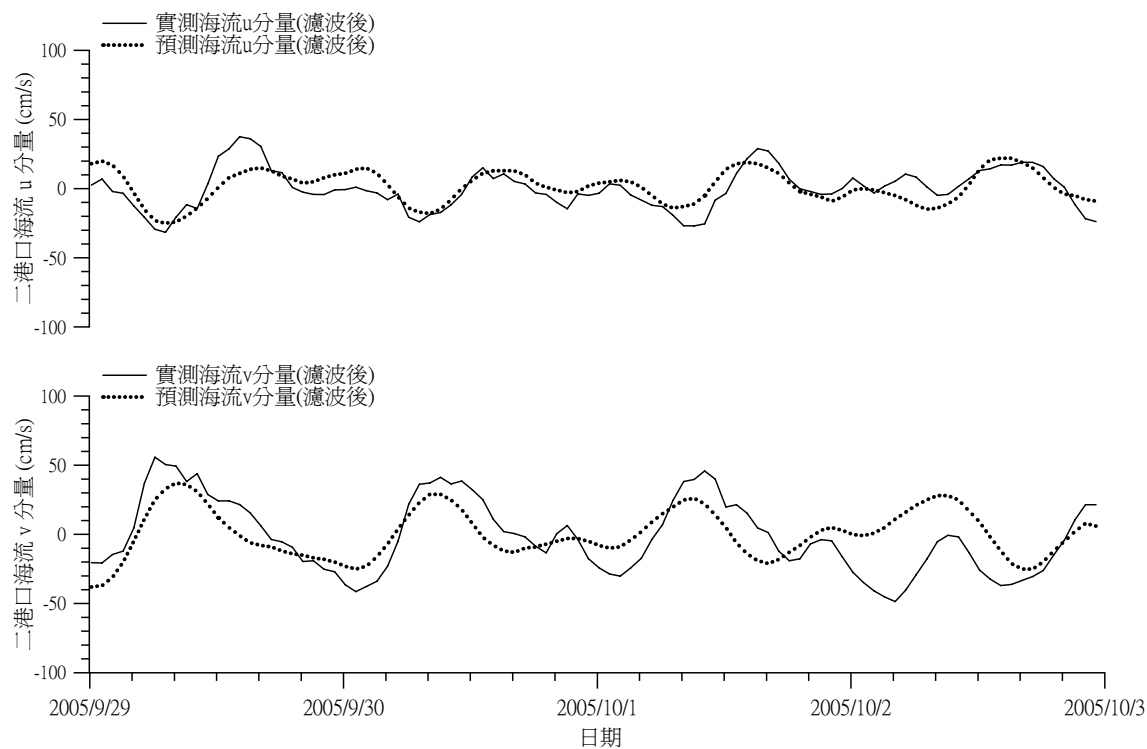


圖4-70 二港口實測與預測海流u及v分量之比較

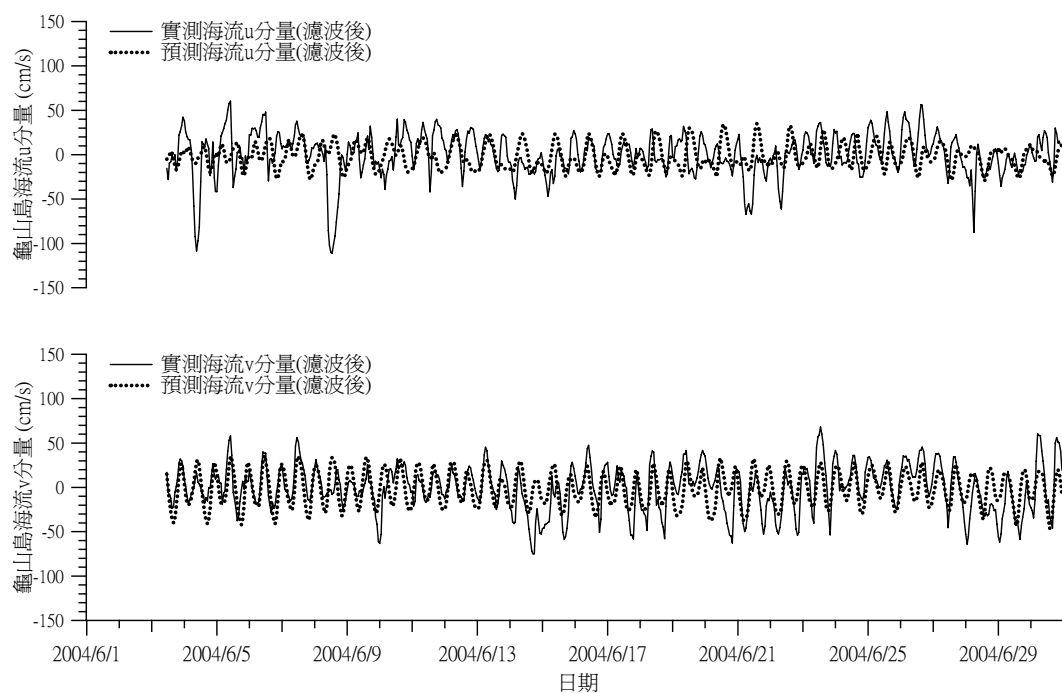


圖4-71 龜山島實測與預測海流u及v分量之比較

表4-18 各測站海流實測及預測差異統計

測站	海流 分量	RMS(cm/s)			CC		
		濾波前	濾波後	改善百分比 (%)	濾波前	濾波後	改善百分比 (%)
龍洞	u	22.1	19.2	13.12	0.69	0.71	2.89
	v	41.5	38.4	4.17	0.61	0.62	1.64
二港口	u	20.5	20.1	1.95	0.72	0.73	1.39
	v	19.1	21.5	-11.16	0.60	0.62	3.33
龜山島	u	32.67	27.11	17.02	0.07	0.07	0.00
	v	26.95	22.26	17.40	0.54	0.55	1.85

第五章 結論與建議

5-1 結論

本計畫執行期間可獲得下列結論：

1. 已完成2005年龍洞的海流量測作業，並獲得此地區連續30天以上的海流量測資料，而2006年於二港口施放的海流儀尚未收回，因此蒐集港研中心2005年於高雄港二港口外海所量測的海流記錄資料，另中央氣象局也提供2004年龜山島海流記錄資料，進行海流資料的分析及預測。
2. 由龍洞、二港口及龜山島的海流記錄資料分別進行統計分析處理，發現龍洞在不同深度的海流變化特性相當一致，其主要特性為海流在漲潮時流向以東北方向為主，而退潮期間流向以西南方向較為明顯，另海流流速隨著水深增加而有略為減小的趨勢；二港口海流在漲潮時流向以東南方向為主，而退潮期間流向以西北方向較為明顯，但於部份漲潮期間的流向以西北方向較為明顯，也有部份時間顯示不同的流動特性，此顯示高雄外海海流變化特性較為複雜；龜山島海流在漲潮時流向以東北方向為主，而退潮期間流向以西南方向較為明顯，但在部份漲潮時間流向以西北方向較為明顯，而退潮時則為東南方向，此也顯示龜山島海流流向特性的變化較為複雜。由以上結果可知各測站海流流動約與海岸線平行。
3. 海流在各方向發生的頻率，龍洞大部份集中在NW、N及NE的方向，其SSW及SW方向發生的頻率也較為明顯，其他方向發生的頻率則較低。二港口大部份集中在SSE及SE的方向，其他方向發生的頻率則較小於10%。龜山島大部份集中在NE及ENE的方向，其他方向發生的頻率則較小於10%。
4. 龍洞與二港口海流流速大部份皆小於25cm/s發生的頻率最多，其

他流速發生的頻率較低，而龜山島海流流速以25cm/s~50cm/s發生的頻率最多，流速大於75cm/s發生的頻率則較低。另龍洞的海流行進向量大部份皆朝N及NNE的方向移動，二港口的海流行進向量大部份皆朝NW及SSE的方向移動，而龜山島海流行進向量大部份皆朝NE及ENE的方向移動。

5. 由頻譜分析的結果顯示，龍洞海流u及v分量的主要成份均以半日潮為主，二港口海流u及v分量的主要成份均以半日潮及全日潮為主，而龜山島海流u及v分量的主要成份均以半日潮為主。此顯示各測站的海流受到潮流影響較大。
6. 完成龍洞、二港口及龜山島潮流預測參數的建立，可提供此二地區未來潮流預測參考。
7. 使用帶通濾波及調和分析進行潮流的分析與預測，由結果可知，經帶通濾波處理後，可提昇預測潮流的精確度，且預測及實測潮流隨時間皆呈現一致的變化趨勢。
8. 依據龍洞與二港口的海流量測及潮流分析與預測作業成果，建立一套標準的海潮流短期量測與預測作業流程規範，提供中央氣象局未來進行海潮流量測與潮流預測作業，能獲得良好的成果。

5-2 建議

本研究建立的海潮流短期量測與潮流預測技術，希望未來能應用至台灣四周沿岸，進行海潮流量測與潮流預測作業，以建立台灣四周完整的海流基本資料以及潮流預測的技術。

參考文獻

1. 中央氣象局，2005，“中央氣象局網頁海象問答集－海流”，<http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>”，中央氣象局。
2. 呂賜興，2005，“台南市海域海流特性之分析”，國立成功大學碩士論文。
3. 孫佩君，2000，「高雄港港池流場的現場觀測與數值模擬」，國立中山大學碩士論文。
4. 郭金棟，1999，「海岸工程」，中國土木水利工程學會，pp.10-351。
5. 張國棟、林維揚、曾相茂、何崇華，2000，“潮汐預報時間幅度之探討”，第22屆海洋工程研討會，第547-228頁。
6. 莊文傑、江中權，2002，「台灣四周海域海流數值模擬研究（二）」，交通部運輸研究所。
7. 楊德良、蘇青和、許正一、吳南靖、王鄭翰、吳宜嶺，2004，「高雄港附近海域漂沙現場調查及數值模擬研究（2/2）」，交通部運輸研究所。
8. 劉文俊，1999，「台灣的潮汐」，第二版。
9. Caldwell Patrick, 1998, “Sea Level Data Processing on IBM-PC Compatible Computers Version3.0 (Year 2000 Compliant)”, University of Hawaii.
10. Schureman, P., 2001, “Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides”, U.S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey, special publication No.98.

11. Zetler, B. D., 1982, "Computer Applications to tides in the National Ocean Survey-Supplement to Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides", U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Survey.

海潮流短期量測與潮流預測作業流程規範

海潮流短期量測與潮流預測作業流程規範

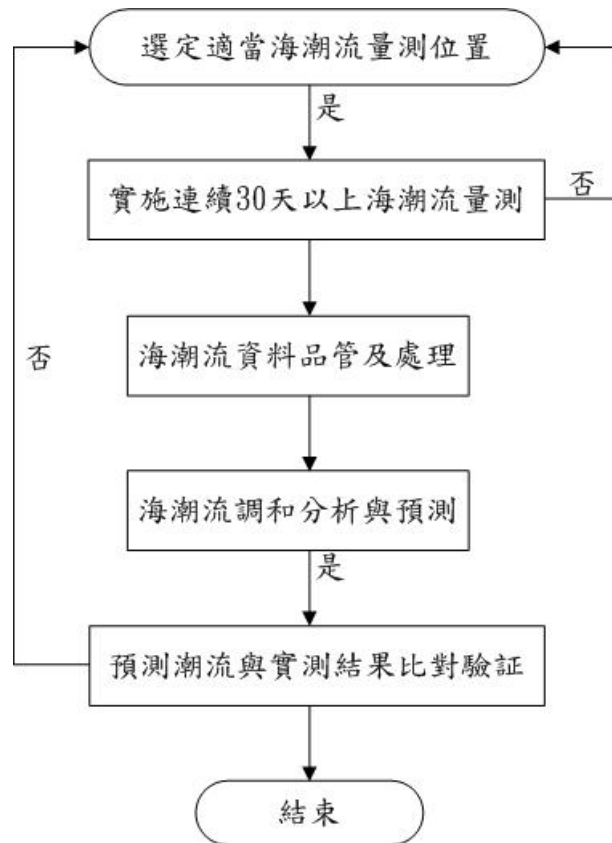
一、前言

本計畫配合中央氣象局建立海象基本資料庫以及提供近岸海潮流測報作業需要，就台灣周圍近海重要地區進行海潮流的短期量測與分析，以兩年的時間，在台灣北部及西南部等地區各選擇一個重要的地點，利用都普勒(Doppler)音波式海流儀，進行海潮流的短期量測與分析。並與美國海洋局(National Ocean Service/NOAA)合作，引進其在此部份先進的專業分析技術，建立一套標準的海潮流短期量測與預測作業流程規範；同時引進潮流分析及預測技術，依據實測海流資料，進行潮流的分析，經由潮流分析得到當地的潮流特性參數，由此可施行潮流的預測作業。

計畫執行期間為兩年，此期間共完成2005年於台灣北部地區龍洞（以下簡稱龍洞）及2006年於西南部地區高雄港二港口外海（以下簡稱二港口）海潮流的短期量測與分析，並依據實際作業需求建立一套標準的海潮流短期量測與預測作業流程規範。以下即說明海潮流短期量測與預測作業流程。

二、海潮流量測與潮流預測作業流程

為有效執行海潮流量測與潮流預測作業，並確保作業品質，首先依據實際作業情況建立海潮流量測與潮流預測作業流程，附圖1-1為依據2005年於龍洞及2006年於二港口所進行海潮流短期量測與分析實際作業需求，建立的海潮流短期量測與預測作業流程，其流程包含選定適當量測位置以規劃海潮流量測作業、實施連續30天以上海潮流的量測、海潮流資料品管及處理、海潮流頻譜分析、海潮流帶通濾波、海潮流調和分析與預測，以及預測潮流與實測結果比對驗證。以下即分別說明各項流程的工作內容。



附圖1-1 海潮流量測與潮流預測作業流程圖

1. 選定適當海潮流量測位置

台灣四周的海流現象極為複雜多變，除了伴隨潮汐漲退所產生的潮流較為明顯之外，近岸地區由於地形變化劇烈，以及受到波浪作用，會導致近岸海流產生與較外海部份有不同特性的情形，而近岸海流對於漂沙、污染物的擴散、海岸工程的規劃設計及人類從事海上休閒活動都有密切的關係，因此近岸海流的量測、分析與預測就顯得格外重要。本計畫執行海潮流量測的主要目標，即為配合中央氣象局提供近岸海潮流測報作業需求，因此，量測位置選擇以距離海岸在3 km以內，水深約在15 m至30 m間，且海岸地形較平緩處，作為適當的海潮流量測位置。另海潮流量測方式建議採底碇式量測，先製作一海流儀固定架，而設計海流儀固定架時需考慮避免被底拖漁船拖移或破壞，再將海流儀施放於固定架內，由此方式可獲得較穩定的海潮流量測資料。

2. 實施連續30天以上海潮流量測

由於近岸海流特性大致上為以伴隨著潮汐漲落而流動的潮流為主，故可使用潮汐分析所最常利用的調和分析法進行預測。使用調和分析法進行潮流的分析及預測作業，其資料長度以多於一個月較為理想，如短於一個月，有時無法順利進行調和分析及預測，因此需實施連續30天以上的海潮流量測作業。海流量測之記錄資料時間間隔，建議為每20分鐘記錄一次，以利資料分析及潮流預測作業。

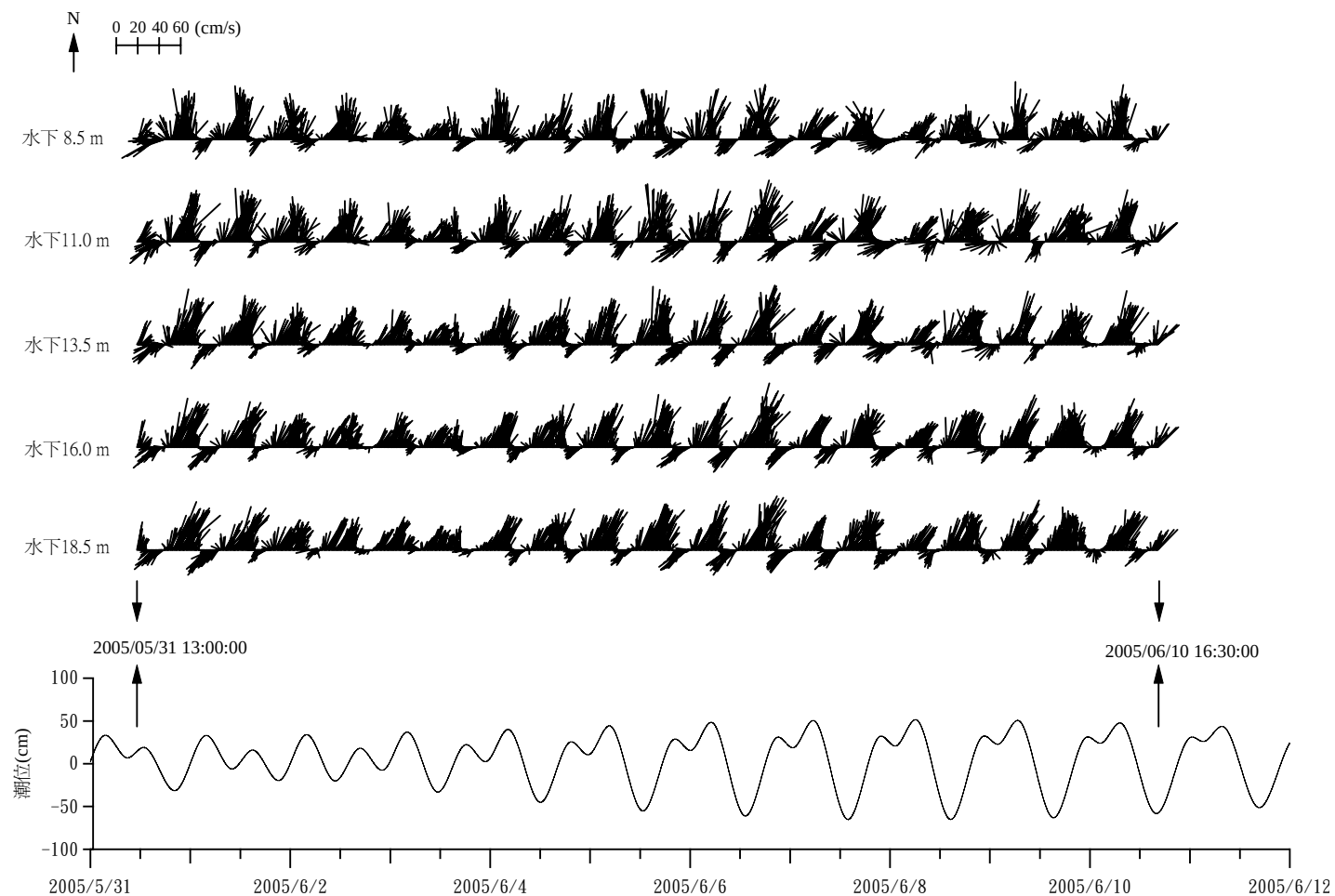
3. 海潮流資料品管及處理

將海潮流量測作業所取得的海流記錄資料，先進行品管處理，篩選不合格資料，再進行分析處理，以得到海潮流的基本性質。目前量測海流所使用的儀器大多為音波都卜勒海流剖面儀(ADCP)，ADCP內建有判斷音波接受訊號強度的功能，自ADCP下載的資料中包含音波訊號狀況，由此可以瞭解海流記錄資料的品質，如有特殊異常的資料，將予以剔除。接著經由統計分析處理，可分別繪成海流及潮汐時

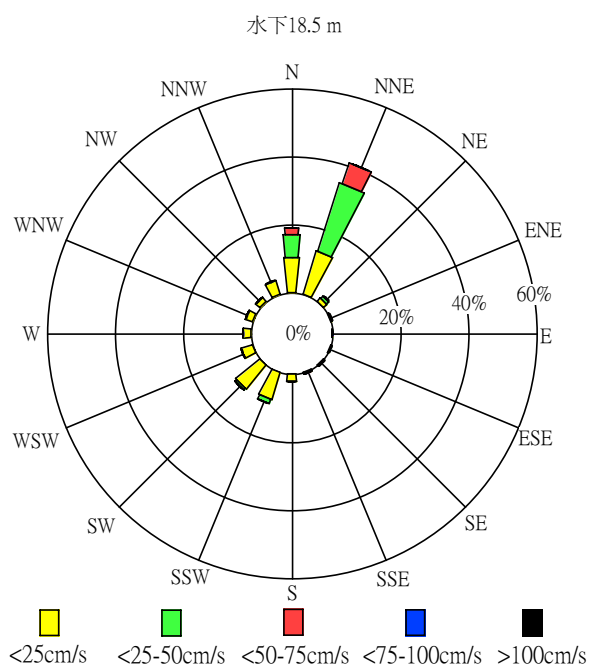
序圖（如附圖1-2）、海流玫瑰圖（如附圖1-3）、海流行進向量圖（如附圖1-4），以及統計分析海流流向與流速之發生頻率等資料（分別如附表1-1及附表1-2）以供參考。另將海流資料分解成東西方向（ u ）及南北方向（ v ）的分量（如附圖1-5），以便後續的資料分析。

將 u 及 v 成份的海流資料，可利用頻譜分析（spectrum analysis）來進行海流資料特性的分析，也就是將時間序列資料透過傅立葉轉換（Fourier Transform）改變成頻譜序列資料，於是時序資料中不同機制的結果及不知所然的雜訊疊加的總和訊號得以被呈現。如附圖1-6為2005年7月29日至9月8日龍洞外海水下18.5m海流之 u 及 v 分量之能譜圖，由圖中顯示水下11.0 m之海流 u 及 v 分量的主要成份均為半日潮。

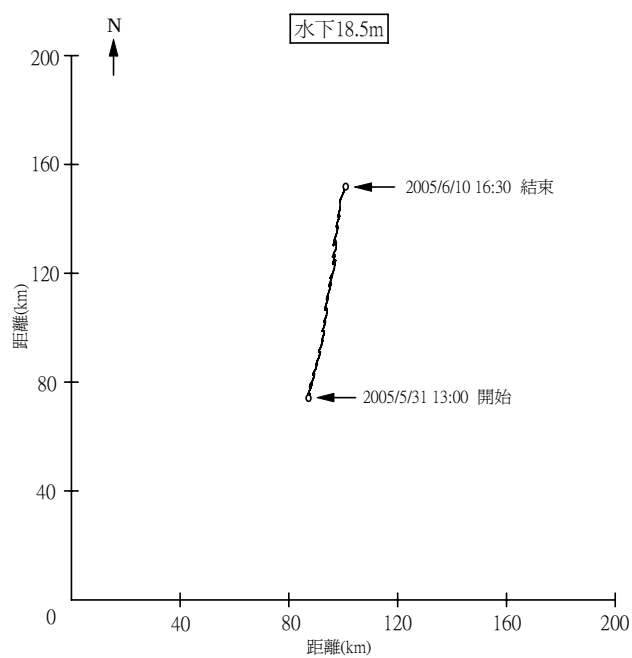
實際量測所得之海流資料中含有部份高頻及低頻（相對於潮汐作用）成份，由於此高頻及低頻訊號可能包含許多不穩定的因子，為使潮流預測具有代表性，因此使用帶通濾波濾除大部份非潮汐成份，再進行潮流的預測。濾波條件為選擇濾除低於0.5hr及高於36hr的高頻及低頻訊號。附圖1-7為2005年7月29日至9月8日龍洞水下11.0m的帶通濾波前及帶通濾波後海流之比較圖，由圖中顯示可知經帶通濾波處理後，可將海流 u 及 v 分量一些高頻及低頻的影響因子濾除。



附圖1-2 2005/5/31~6/10龍洞外海海流及潮汐時序圖（水下8.5m至18.5m）



附圖1-3 2005/5/31~6/10龍洞外海水下18.5m海流玫瑰圖



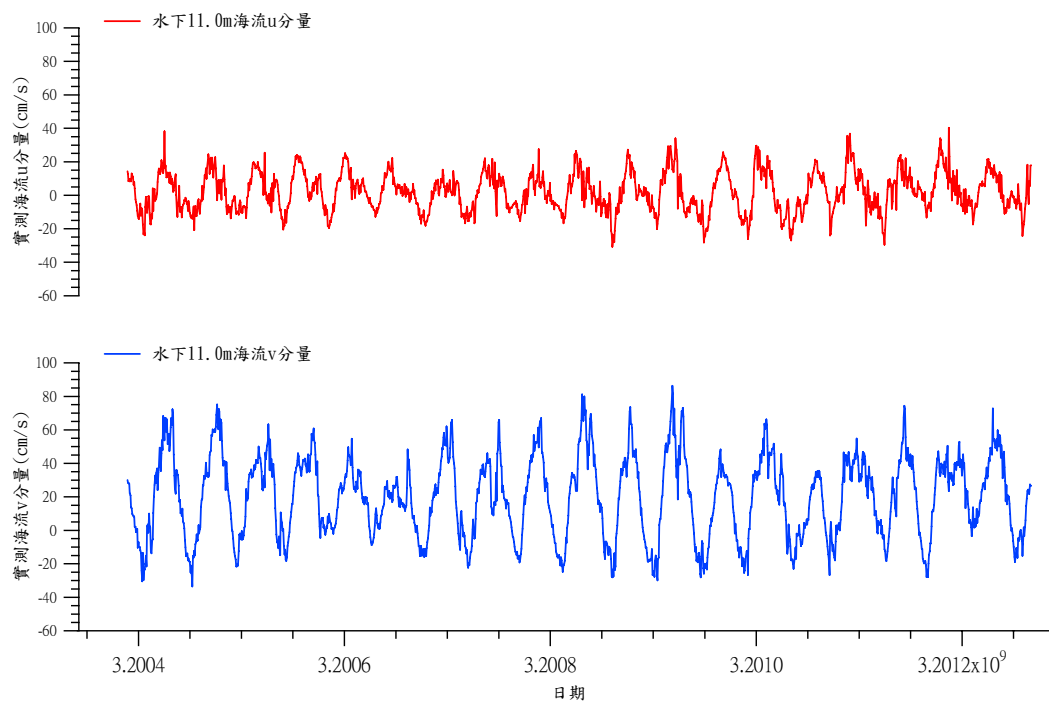
附圖1-4 2005/5/31~6/10龍洞外海水下18.5m海流行進向量圖

附表1-1 2005/5/31~6/10龍洞外海水下8.5m至31.0m各層海流流向發生頻率分析表

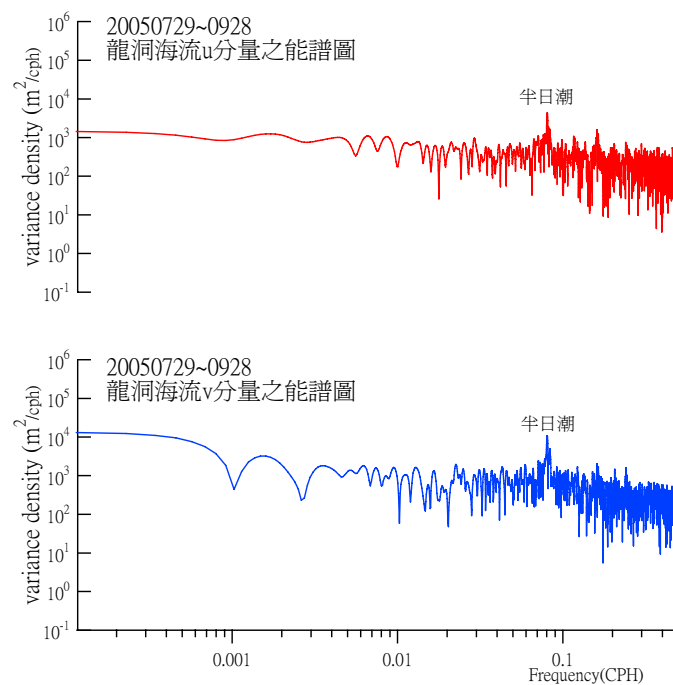
水深 (m)	百分比(%)																最多 流向
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
8.5	29.89	22.09	2.53	0.48	0.34	0.27	0.21	0.55	1.16	6.50	9.10	4.99	4.86	3.35	3.83	9.85	N
11.0	23.53	30.44	5.75	0.62	0.21	0.55	0.61	0.61	1.85	7.93	8.21	4.10	2.80	3.42	3.35	6.02	NNE
13.5	22.64	33.58	3.83	0.34	0.48	0.34	0.28	0.28	1.98	9.09	9.03	3.90	2.53	3.08	3.28	5.34	NNE
16.0	20.73	37.41	2.67	0.41	0.14	0.34	0.07	0.27	1.98	9.85	9.64	3.76	3.28	1.85	2.74	4.86	NNE
18.5	19.08	40.77	2.53	0.41	0.07	0.27	0.48	0.55	2.26	9.71	9.85	3.56	2.32	2.19	1.64	4.31	NNE
21.0	20.04	39.81	3.49	0.68	0.28	0.34	0.68	0.96	2.74	11.56	9.10	1.98	1.23	1.50	2.19	3.42	NNE
23.5	16.89	39.33	6.43	1.50	0.69	0.69	0.82	2.46	3.49	10.41	8.07	2.05	0.82	0.68	1.50	4.17	NNE
26.0	14.84	35.50	10.05	2.60	0.96	1.44	1.78	2.39	4.38	8.69	8.00	1.64	0.96	1.09	2.19	3.49	NNE
28.5	14.77	28.59	13.47	3.83	1.98	1.85	3.15	3.21	5.13	7.80	5.75	2.05	1.16	0.96	2.33	3.97	NNE
31.0	12.65	27.29	14.02	4.65	2.80	3.02	5.13	3.42	4.38	7.93	3.35	2.12	0.96	0.96	2.60	4.72	NNE

附表1-2 2005/5/31~6/10龍洞外海水下8.5m至31.0m各層海流流速發生頻率分析表

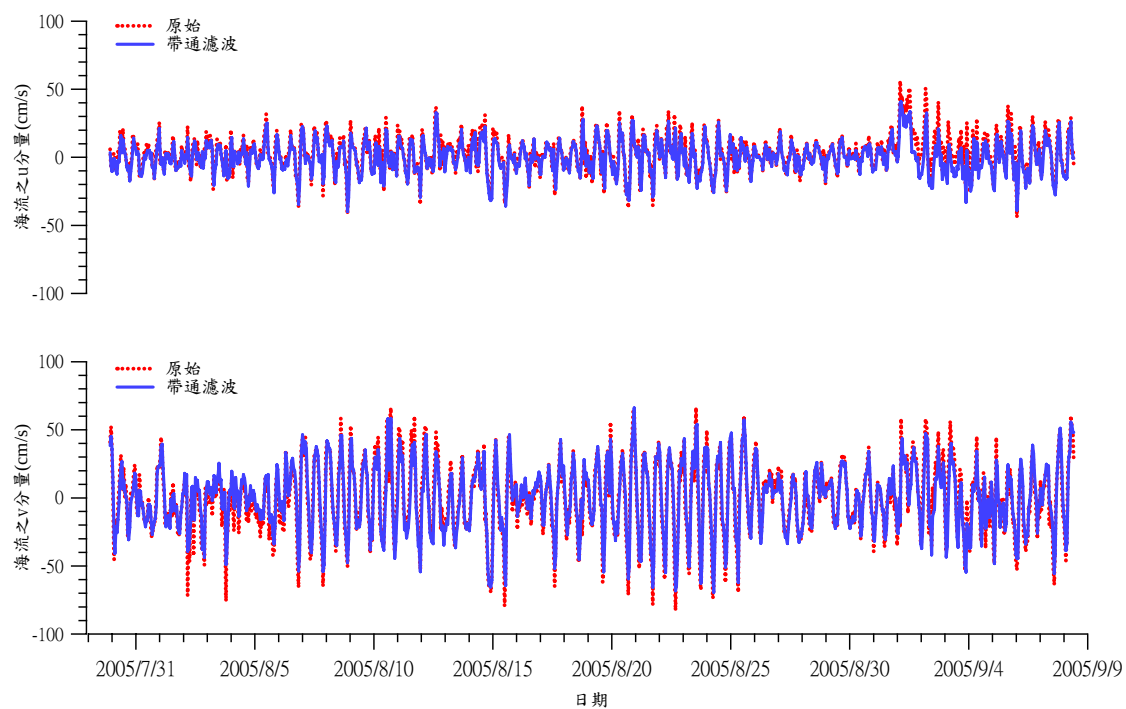
水深 (m)	百分比(%)					最多流速 (cm/s)
	< 25 cm/s	25 ~ 50 cm/s	50 ~ 75 cm/s	75 ~ 100 cm/s	> 100 cm/s	
8.5	64.84	26.06	9.03	0.07	0.00	< 25
11.0	57.59	29.96	12.18	0.27	0.00	< 25
13.5	57.93	30.71	11.08	0.27	0.00	< 25
16.0	59.30	30.37	10.19	0.14	0.00	< 25
18.5	60.40	30.92	8.62	0.00	0.00	< 25
21.0	62.31	30.10	7.59	0.00	0.00	< 25
23.5	64.84	29.27	5.88	0.00	0.00	< 25
26.0	67.44	28.45	4.10	0.00	0.00	< 25
28.5	72.44	25.72	1.85	0.00	0.00	< 25
31.0	89.54	10.12	0.34	0.00	0.00	< 25



附圖1-5 2005/5/31~6/10龍洞外海水下18.5m海流之u及v分量圖



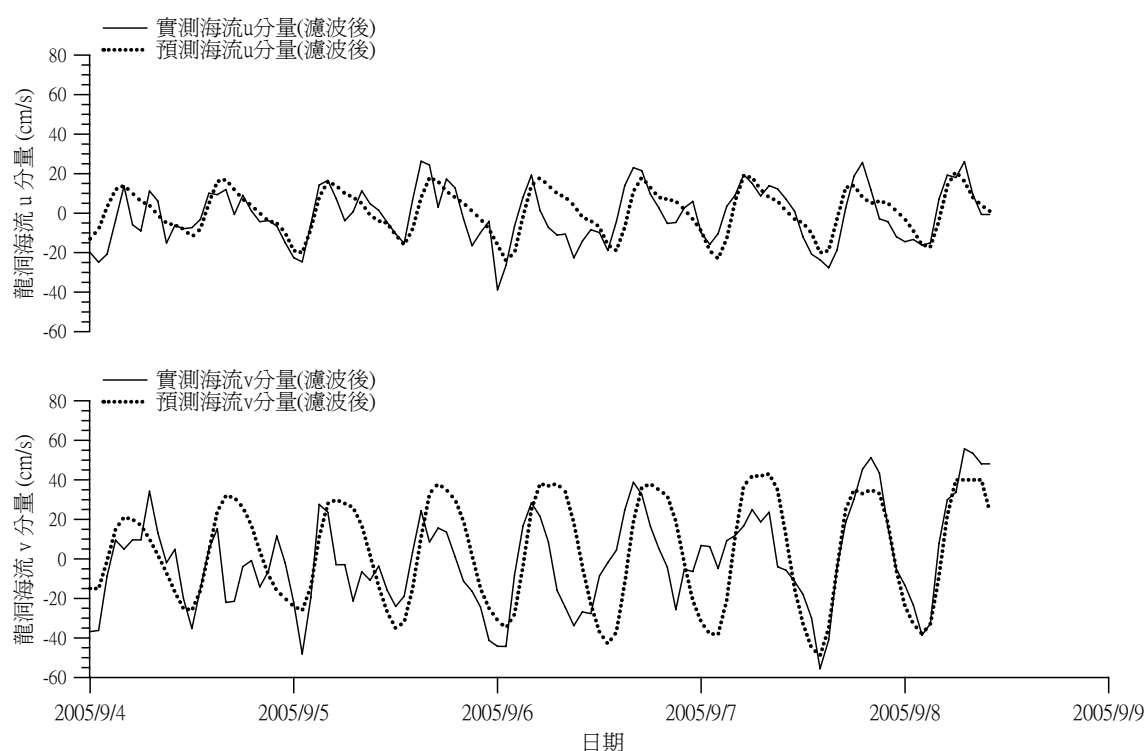
附圖1-6 2005/7/29~9/8龍洞外海水下11.0 m海流之u及v分量之能譜圖



附圖1-7 2005/7/29~9/8龍洞水下11.0 m海流之u及v分量經帶通濾波前後比較

4. 潮流調和分析與預測

潮流與潮汐相同，約以半日週期或一日週期改變速度及方向，同時又因月齡使潮流強度亦改變，由於潮流為受潮汐作用產生海水流動，與潮汐有相近的週期性變化特性，而最廣泛使用的潮汐分析及預測方法為調和分析（harmonic analysis）法，因此可使用此方法進行潮流的分析及預測。將濾波後的海流u及v分量使用調和分析法進行分析，可計算出海流u及v各個分潮的振幅及相位角，再分別將海流u及v分量各個分潮的振幅及相位角代入潮汐預報程式計算，即可獲得潮流u及v分量的預測資料。依據2005年7月29日至8月31日的實測海流資料，經調和分析後預測出9月4日至8日的潮流u及v分量，附圖1-8為2005年9月4日至8日龍洞水下11.0 m經帶通濾波後實測與預測海流之比較，由圖中顯示可知，實測與預測潮流u及v分量隨時間的變化趨勢非常一致。



附圖1-8 2005/9/4~9/8龍洞水下11.0 m經帶通濾波後實測與預測海流之比較

5. 預測潮流與實測結果比對驗證

將帶通濾波前與帶通濾波後的預測潮流與實測結果進行比較，可以瞭解此兩種處理方式在潮流預測方面的差異，附圖1-9及附圖1-10分別為帶通濾波前與帶通濾波後的預測潮流與實測結果之比較，由圖中的結果顯示，在帶通濾波前預測潮流與實測結果的差異大於帶通濾波後，此顯示經帶通濾波處理的海流資料，是具有較單純的潮流特性，因此預測潮流與實測結果比帶通濾波前有相當的改善。為檢定預測潮流的可靠性，利用統計學上普遍使用的均方根誤差（Root Mean Square，RMS）及相關係數（Correlation Coefficient，CC）來加以說明，此兩種統計指標的定義分別如下：均方根誤差RMS代表實測與預測誤差值的大小，而相關係數CC則代表實測與預測的相關性。

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (X_n - Y_n)^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$CC = \frac{\sum_n (X_n - \bar{X})(Y_n - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_n (X_n - \bar{X})^2 \sum_n (Y_n - \bar{Y})^2}} \dots\dots\dots (2)$$

上式中，n：資料數

X_n ：量測值

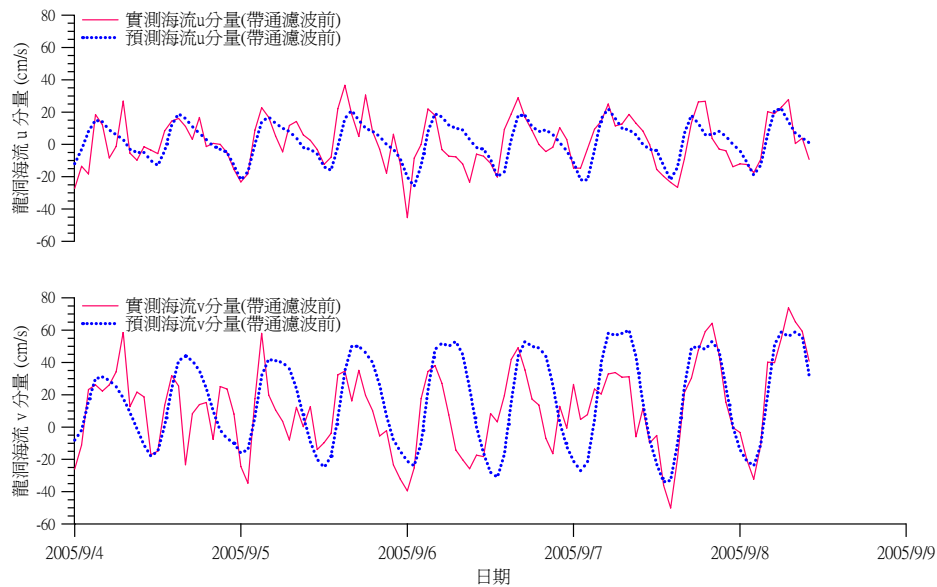
Y_n ：預測值

$\bar{X}$ ：量測值之平均

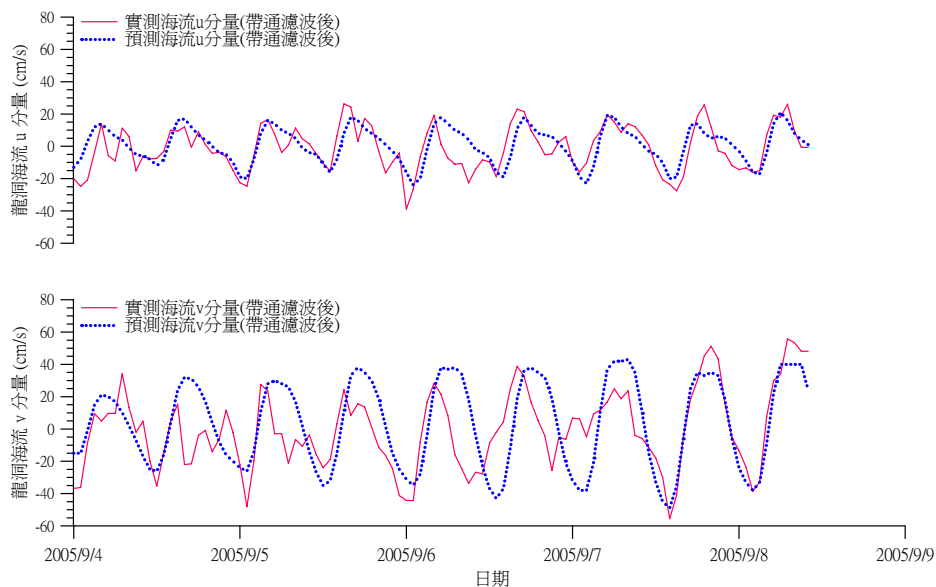
$\bar{Y}$ ：預測值之平均

將帶通濾波前與帶通濾波後實測與預測的海流u及v分量以均方根（RMS）及相關係數（CC）分別進行統計及分析，附表1-3為龍洞海流實測及預測差異統計，由表中資料可知海流u及v分量經濾波後，其RMS的值有降低，且CC值有提高，另由帶通濾波前後RMS及CC值的改善百分比（RMS的改善百分比計算方式為濾波前減去濾波後的值，除以濾波前的RMS值；而CC的改善百分比計算方式為濾波後減

去濾波前的值，除以濾波前的CC值）來看，經帶通濾波後海流u及v分量實測及預測的精確度大部分皆有提昇。總體而言，經濾波後海流u及v分量的實測及預測結果有改善的情況。



附圖1-9 2005/10/31~6/10龍洞水下11.0m預測潮流與實測結果比較（濾波前）



附圖1-10 2005/5/31~6/10龍洞水下11.0m預測潮流與實測結果比較（濾波後）

附表1-3 2005/5/31~6/10龍洞水下11.0m預測潮流與實測結果差異統計

海流 分量	RMS (cm/s)			CC		
	濾波前	濾波後	改善百分比 (%)	濾波前	濾波後	改善百分比 (%)
u	22.1	9.21	58.33	0.69	0.71	2.90
v	41.5	38.4	7.47	0.72	0.73	1.39

三、結語

建立海潮流短期量測與潮流預測作業流程規範，可提供海潮流量測及潮流預測作業的最佳參考準則，增進相關作業的效率以及確保作業品質。目前建立的作業流程規範係依據2005年在龍洞及2006年在二港口，實際執行海潮流量測與預測作業的成果。由此成果顯示，預測與實測潮流呈現一致的變化趨勢，代表此海潮流短期量測與潮流預測作業流程規範能符合作業需要，未來也希望能將此規範推廣應用至全台灣各近岸地區，進行海潮流的量測與潮流預測作業。

附件二

2006年海流量測作業記錄

2006年海流量測作業記錄

2006年於高雄二港口外海進行海潮流短期量測及潮流預測作業，自5月1日起至11月24日，此期間的海流儀與固定座施放及海流儀收回之海上作業，總計有11次，而附表2-1為2006年二港口11次的海流量測作業記錄概述。

附表2-1 2006年二港口海流量測作業記錄概述

次數	作業日期	作業內容概述
1	05/01	順利完成海流儀固定座施放。
2	06/12	嘗試安裝海流儀，因海象狀況不佳，未完成海流儀安裝。
3	06/17	順利完成海流儀施放。
4	08/14	至二港口收回海流儀，利用釋放儀及潛水人員進行海流儀的搜尋，未發現海流儀。
5	08/17	再次至二港口收回海流儀，利用釋放儀及潛水人員進行海流儀的搜尋，也未發現海流儀。
6	09/28	利用釋放儀、漁探機、側掃聲納及潛水人員進行海流儀的搜尋，結果還是未發現海流儀。
7	10/21	利用釋放儀、漁探機、側掃聲納及潛水人員進行海流儀的搜尋，也未發現海流儀。
8	11/10	利用釋放儀及潛水人員進行海流儀的搜尋，未發現海流儀。
9	11/18	利用釋放儀及潛水人員進行海流儀的搜尋，未發現海流儀。
10	11/19	利用釋放儀及潛水人員進行海流儀的搜尋，未發現海流儀。
11	11/24	利用漁探機及潛水人員進行海流儀的搜尋，未發現海流儀。

以下即分別說明11次海流量測作業的情況：

1. 於5月1日至高雄二港口外海施放海流儀固定座（如附圖3-1），施放作業情況如附圖3-2，此次作業順利完成海流儀固定座的施放。
2. 經一個半月後，海流儀固定座應趨於穩定，因此於6月17日嘗試將海流儀安裝至固定座，但因海象狀況不佳，未完成海流儀的安裝。
3. 於6月17日再次進行海流儀與釋放浮球（如附圖3-3）的安裝，此次作業順利完成，附圖3-4為潛水人員準備至海底安裝海流儀，附圖3-5為海流儀於高雄二港口外海施放位置。
4. 於8月14日準備收回海流儀，在經兩位潛水人員多次至海底搜尋海流儀，仍未發現海流儀。
5. 於8月17日再次至高雄二港口外海搜尋海流儀，在海流儀施放位置，以一組錨碇裝置與繩索連接至水面上的浮球，作為標示用途，潛水人員再自浮球處潛至海底（如附圖3-6），由錨碇處綁一長50m的繩索，以錨碇作為中心，50m繩索為半徑繞圓二圈，經四位潛水人員多次搜尋後仍未發現海流儀，潛水搜尋海流儀搜尋位置如附圖3-7。
6. 於9月28日利用釋放儀、漁探機、側掃聲納及潛水人員進行海流儀的搜尋。附圖3-8及附圖3-9為完成架設漁探機及側掃聲納的裝置。於搜尋過程中，側掃聲納發現一疑似固定座被拖移痕跡（如附圖3-10），但經潛水人員至海底搜尋，發現為一礫石區，並非海流儀固定座。附圖3-11為側掃聲納螢幕顯示的搜尋範圍，此次作業中也使用釋放儀發射訊號，但海面上皆未發現有釋放浮球浮出水面，歷經一天的搜尋仍然未發現海流儀。
7. 於10月21日再次利用釋放儀、漁探機、側掃聲納及潛水人員進行海流儀的搜尋，仍未發現海流儀，附圖3-12為顯示側掃聲納搜尋範圍。

8. 將前次側掃聲納搜尋記錄繪製成圖，如附圖3-13，由圖中顯示側掃聲納於海流儀施放位置附近的探測結果，有一些疑似固定座的訊號反應，尤以海流儀右下角的訊號反應的形狀，看似較接近固定座的形狀，因此於11月10日以潛水人員至此區域進行搜尋。附圖3-14為搜尋作業的範圍，於搜尋前先施放編號A1、A6、A7、A8、A9及A10的錨碇裝置，將錨碇施放的範圍分成兩個區域進行搜尋，在經潛水人員搜尋後仍未發現海流儀。
9. 經多次的搜尋作業結果與固定座結構來看，固定座若被漁船拖移，其移動的距離應不遠，因此以海流儀施放位置為中心，規劃一長180m，寬160m的搜尋範圍，如附圖3-15中的A1、A2、A3、A4、A5及A6等錨碇裝置所構成的區域，於11月18日由潛水人員潛至海底搜尋海流儀，在經搜尋作業發現在A2的北北西方向有一1.8m寬，往岸邊方向拖移的痕跡，初步研判可能為固定座被拖移痕跡。
10. 11月19日再次進行搜尋海流儀，此次搜尋主要依據前次作業發現疑似固定座被拖移痕跡，由潛水人員循著此痕跡進行搜尋，經潛水人員沿著痕跡搜尋約600m後（如附圖3-16），仍未發現海流儀。
11. 11月24日利用小漁船上的漁探機，於海流儀施放位置附近進行搜尋，搜尋範圍如附圖3-17，經搜尋後仍未發現海流儀。



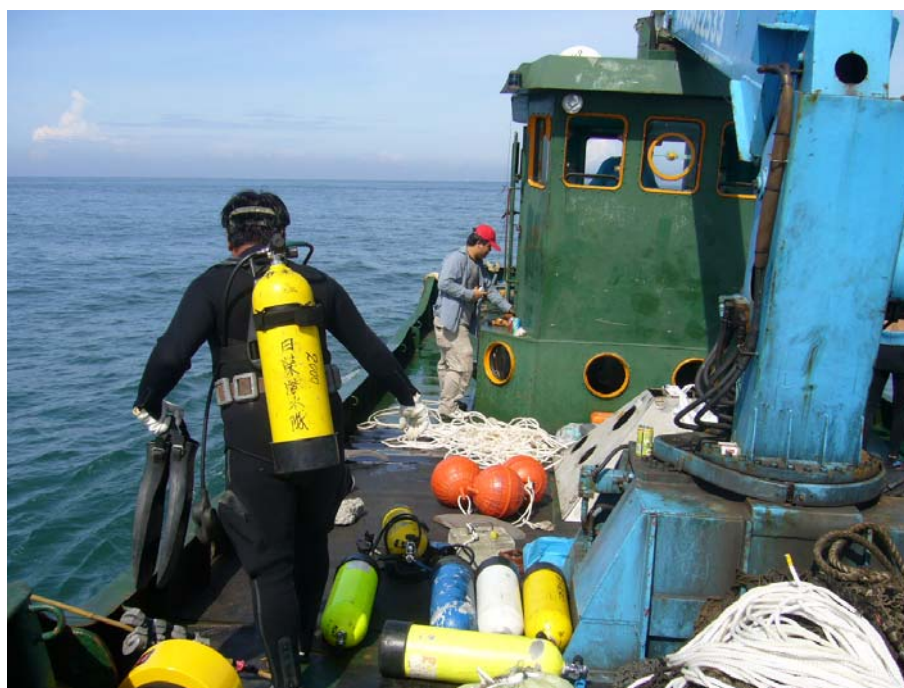
附圖3-1 海流儀固定座施放前準備作業



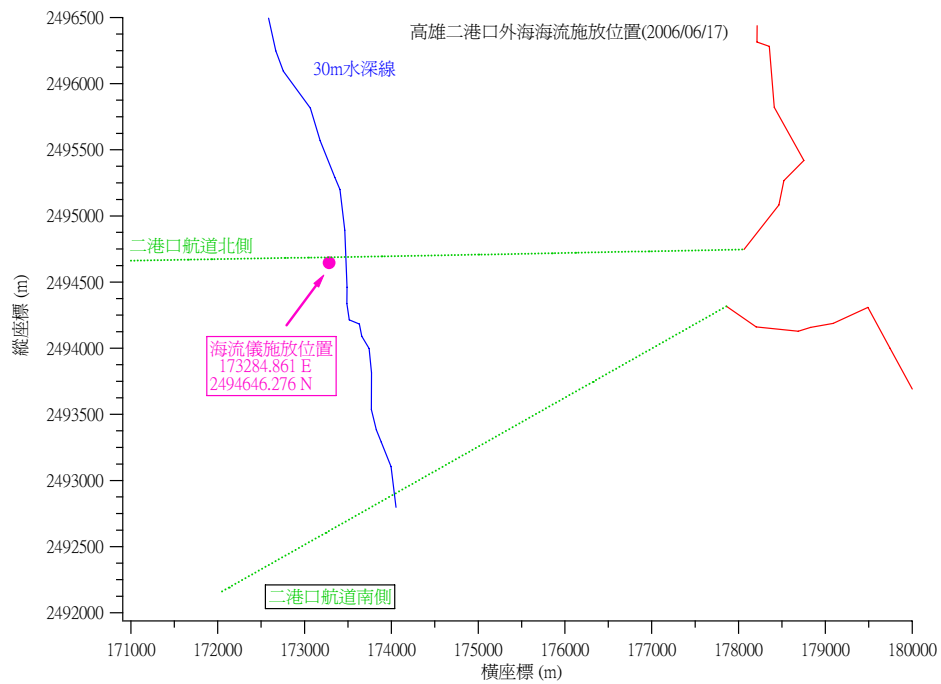
附圖3-2 海流儀固定座施放作業情況



附圖3-3 準備施放之AQP海流儀



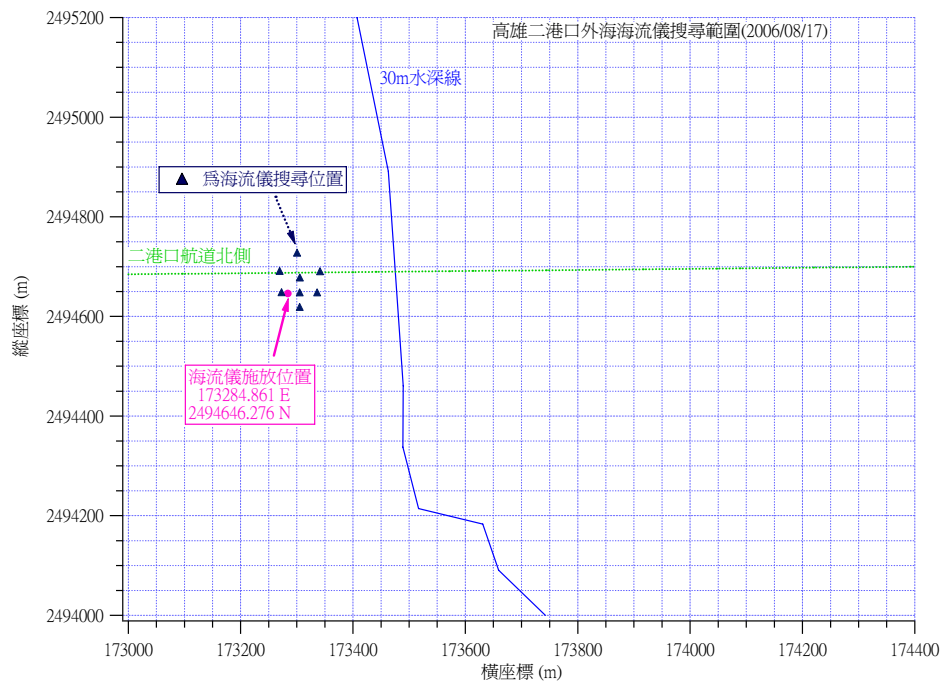
附圖3-4 潛水員準備至水下安裝AQP海流儀與釋放浮球



附圖3-5 海流儀於高雄二港口外海施放位置



附圖3-6 潛水人員準備至海底搜尋海流儀



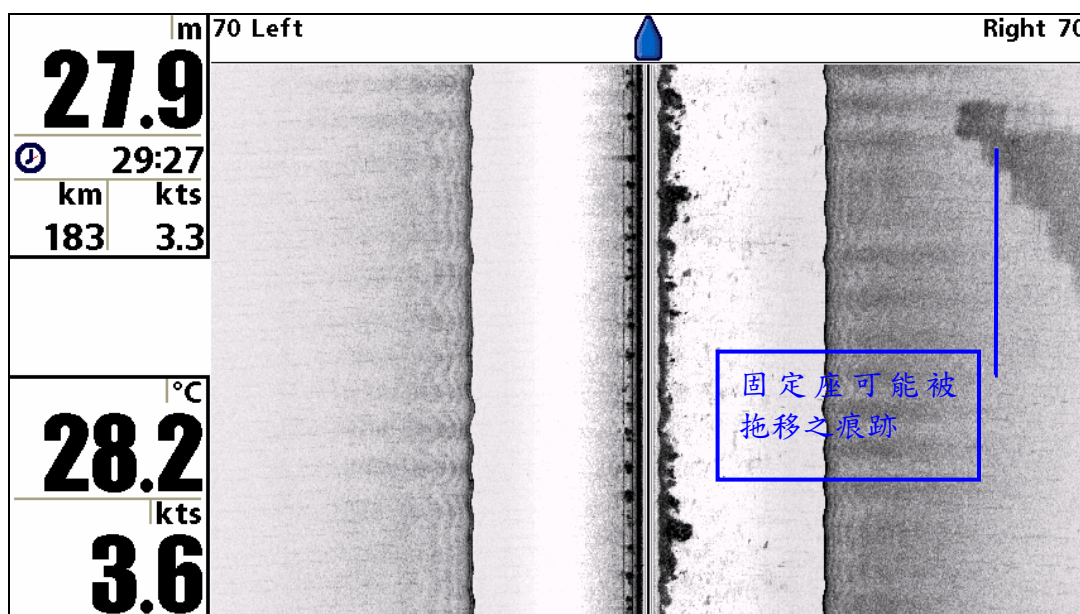
附圖3-7 海流儀搜尋位置



附圖3-8 完成架設漁探機及側掃聲納



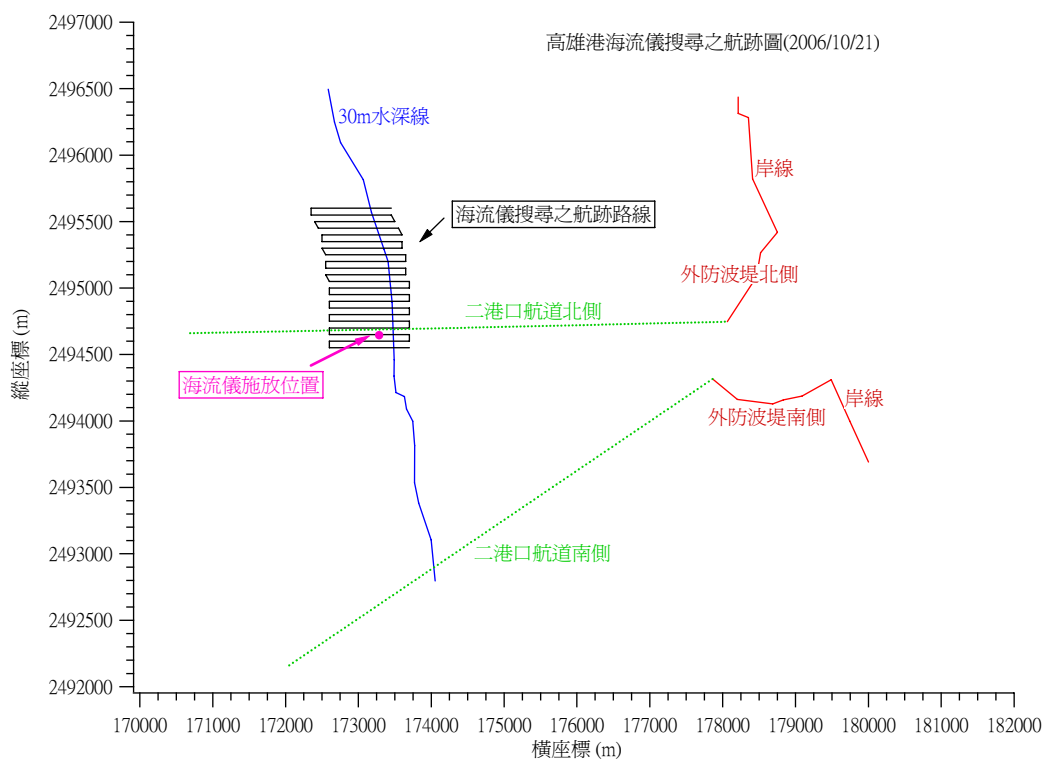
附圖3-9 漁探機及側掃聲納的顯示螢幕



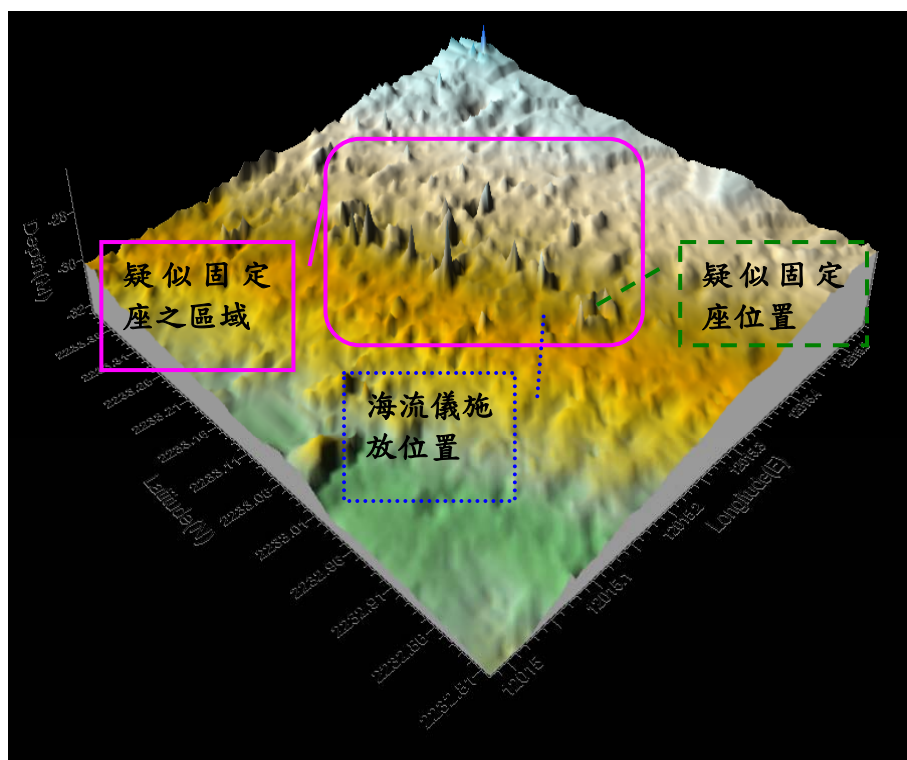
附圖3-10 側掃聲納發現固定座可能被拖移痕跡



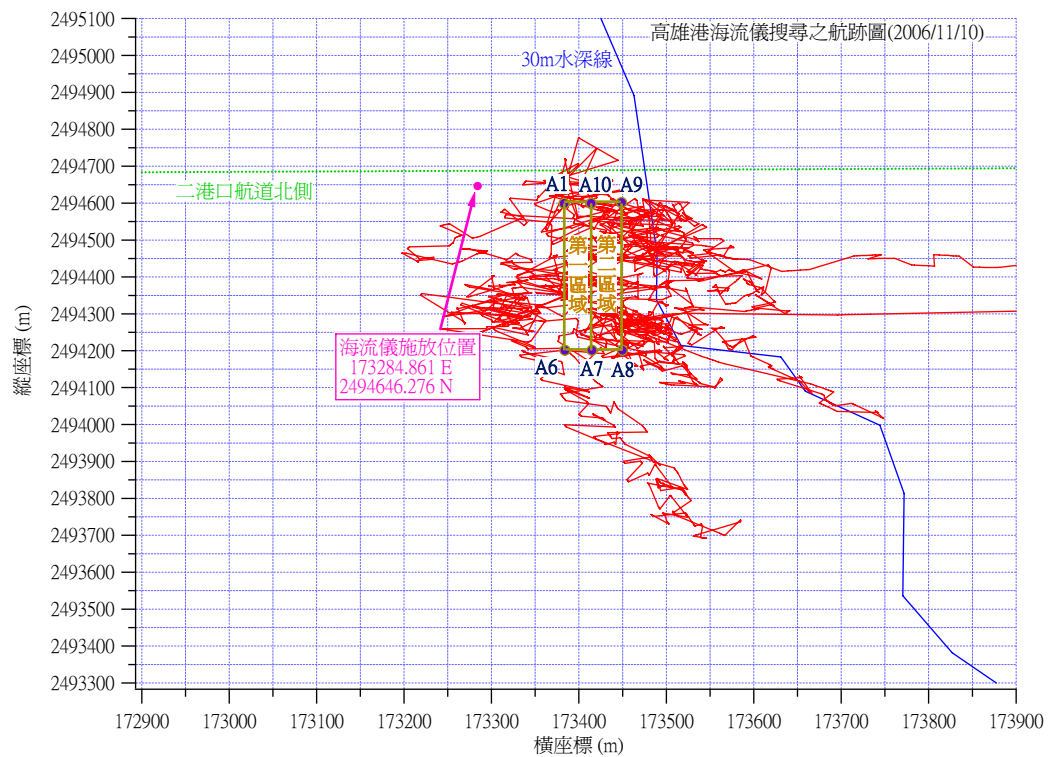
附圖3-11 2006/9/28側掃聲納螢幕顯示的搜尋範圍



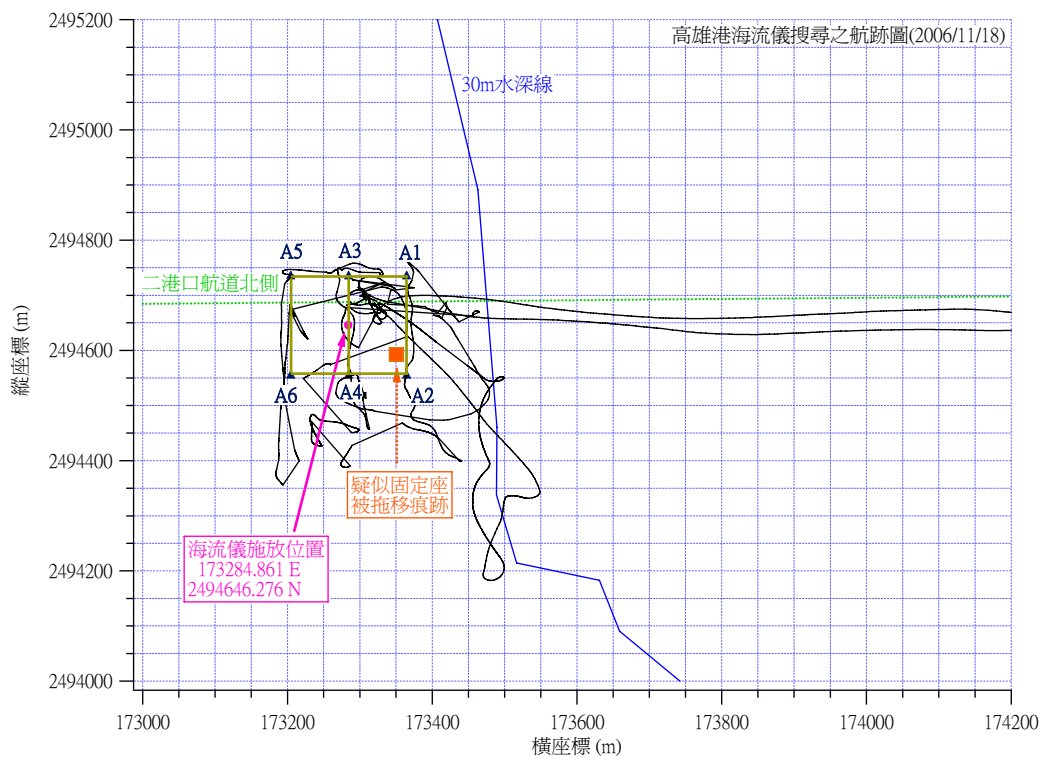
附圖3-12 2006/10/21側掃聲納搜尋範圍



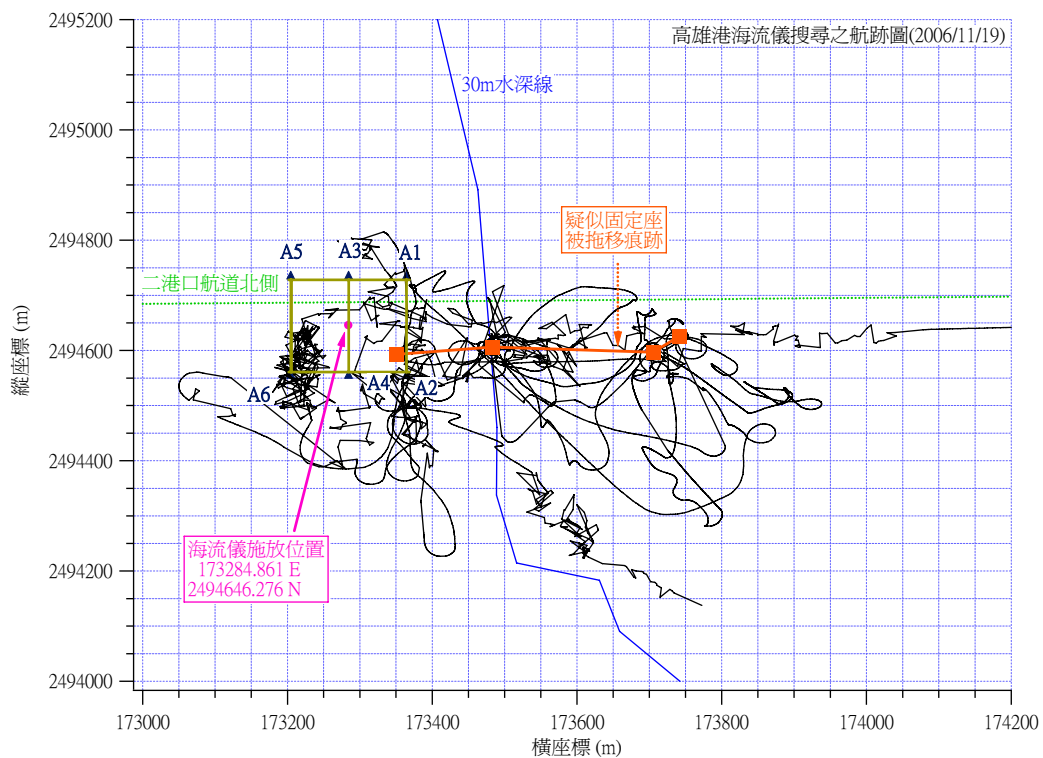
附圖3-13 2006/10/21側掃聲納搜尋記錄



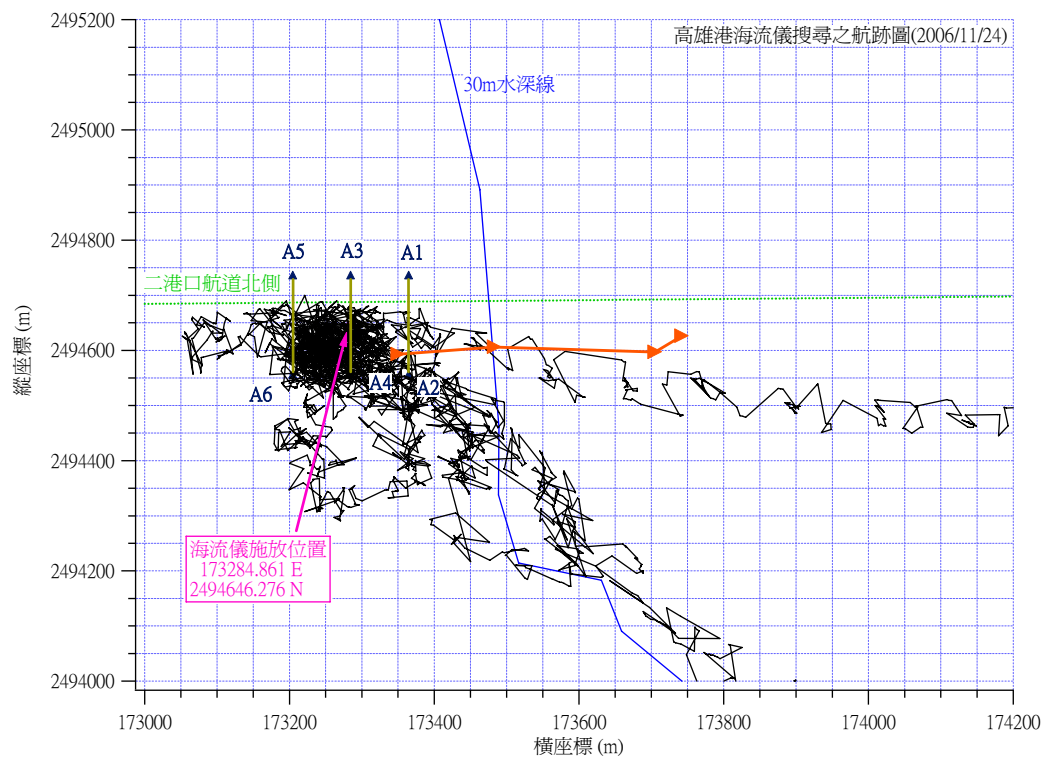
附圖3-14 2006/11/10潛水人員搜尋範圍



附圖3-15 2006/11/18潛水人員搜尋範圍



附圖3-16 2006/11/19潛水人員搜尋範圍



附圖3-17 2006/11/24漁探機搜尋範圍

期中審查意見辦理情形

95年度委託研究計畫期中報告審查意見辦理情形：

一、徐月娟主任

1. 本計畫為期兩年，今年底結束前，請將兩年成果依交通部規定綜整成一份正式的期末報告。三處海流實測資料圖表，增修之標準海流觀測、海流預報之作業流程規範，可分別列於附錄中。遵照委員建議辦理。
2. 海流資料記錄間格設定為每 6 分鐘、10 分鐘或 20 分鐘應朝向一致化。另海流剖面紀錄之固定水深，也請提出標準化之建議並說明。
謝謝委員意見。海流資料記錄間格設定及海流剖面紀錄之固定水深，將綜合本計畫兩年的狀況於期末報告提出標準化之建議及說明。
3. 資料浮標觀測海流（龜山島）與底碇式觀測海流（龍洞、高雄）請多加比較說明。
遵照委員建議辦理。
4. 從所觀測之總海流資料中，如何分離週期性之潮流，除帶通濾波外，是否還可再探討。
謝謝委員意見。除帶通濾波外，將再尋求其他方式，但若週期相當接近，則較不易分離。
5. P5-2 第 6 行附件一，文章前後不一致。P3-2 第 6 行 e 應為 ε 。圖 4-1 龜山島浮標位置不太對。P4-2 第 26 行 NNE 應為 ENE。
遵照委員建議辦理，修正結果列於報告中。

二、葉天降組長

1. 報告書應做一些修正，以正確陳述工作內容，未來（下半年）工作等。
謝謝委員意見。遵照委員建議辦理，修正結果列於報告中。
2. 對原定驗收標準工作項目第一項，因天候問題尚未達成，建議待此項完成後再付款。
此部分因為海流觀測作業不易，希望取得較長期的海流資料，經在場委員同意暫不收回儀器，於整體觀測完成後再收回儀器。

三、林銘崇教授

1. 頻譜分析圖並無明顯之能量峰值，此資料分析宜進一步檢測。
遵照委員建議辦理，進一步檢測結果將列於期末報告中。
2. 以帶通濾波法進行海流處理時，考慮低於1小時與高於60小時之成分濾除，此項濾除值係依何種考量決定？
謝謝委員意見。潮流是受潮汐影響產生流動，主要的分潮週期可能在數小時（高頻分潮）至1天，將低於1小時與高於60小時之成分濾除，基本上可減少高頻與低頻等非潮流成分的干擾。
3. 濾波前後二橢圓圖僅在長短軸之大小有所差異，何以濾波前之海流亦顯示橢圓圖特徵？
謝謝委員意見。濾波前之海流含有各種成分的流動，因此可顯示橢圓圖特徵。

四、陳慶生教授

1. 第一年已提出的標準海流量測與作業流程規範為何？由今年上半年工作經驗要如何修正該標準程序？報告中並無敘述。
謝謝委員意見。本年計畫於4月14日已向海象中心提出經部分修正的標準海流量測與作業流程規範，將於期末報告中提出完整的敘述。
2. 資料分析的結果不夠完整，應重新檢討是實測資料有問題？還是測點當地流場特殊？
將進一步檢討實測資料分析的結果，探討是否與海流觀測方式有關，詳細結果會呈現於期末報告中。
3. 如何從短期（一個月）量測的海流資料預測一年的流場？其準確性要如何判定？
基本上，利用調和分析可進行潮流的長期預測，準確性的判定需有較長期的資料判定，目前根據大約兩個月的資料，預測結果誤差未超過同一量級，初步判定準確性屬可接受的範圍。

五、莊文思教授

1. Foreman的調和分析方法有針對潮流而作，為何本計畫仍以u, v分量處理？
謝謝委員意見。此部分是參考美國NOS的作法。

2. (二)潮流分層關係未知。

謝謝委員意見。濾波方式為將60hr週期以上之運動去除，但調和分析使用之週期運動包括60hr以上，故以調和分析方法運用至濾波後資料並不合適。

3. 圖4-2之波譜圖未顯現全日潮且不同頻率之能量差異不大，計算方式可能有問題。

謝謝委員意見。實測資料的全日潮特性並非十分明顯，在波譜圖中也不突出，各不同頻率之能量差異，僅半日潮較為明顯，應與資料原始性質有關。

4. 梗枋潮位與潮流間之關係未知。

謝謝委員意見。由於缺乏龜山島的潮位資料，因此採用現有距離最近的梗枋測站潮位來表示。

5. 建議期末報告務必以國外潮流預報標準作業方式為基準，如有改變請敘明理由。

謝謝委員意見。基本上，本案的作業方式均參照美國NOS的程序處理，會進一步與NOS聯繫請教，如確有因地制宜之處，會將該部分敘明於期末報告中。

期末審查意見辦理情形

95年度委託研究計畫期末報告審查意見辦理情形：

一、徐月娟主任

1. 請注意期終報告的完整性。

遵照委員建議辦理。

二、鄭明典主任

1. 成果報告依委員意見修改後可接受。

遵照委員建議辦理。

三、陳陽益教授

1. 高雄港第二港口外的海流 ADCP 放置地點不宜，請說明一下；其實此位置當有大浪（尤其颱風來時），會有較大的波浪衝力把底床大石塊（如爐石）推向岸邊（見 86 年中山替中鋼做的研究報告），再者，大小船隻在此出入頻繁，當有網繩懸放在基座上且勾住 ADCP 時，船過再勾住此網繩就會把 ADCP 拖離了。謝謝委員提供寶貴的經驗。選擇此地點進行海流量測，係為配合 2009 年高雄世運參考。由於高雄港船隻進出頻繁，且有許多漁船作業，也請高雄港務局航政組提供建議施放儀器位置。

2. 如何把波浪的成份扣掉（尤其大波湧浪造成的 wave-setdown & wave-setup）。

謝謝委員意見。在進行潮流預測前，已先將海流 u 及 v 分量進行帶通濾波處理，可濾除一些波浪成份。

3. 二港口的漲退潮其海流流向，因利用港研所的，而其設置地點在二港口之口邊，故會受到邊界影響，尤其在漲平與退平潮段就會受到很大的影響，尤其是與漲退潮水位間的時間延遲就會變大，那麼如何去掉港口邊界影響就得考量了。因此較遠離港口（即較無邊界影響者）位置放置較適當。

謝謝委員意見。

4. 龍洞的彎曲海岸地形水深對漲退潮與對應的潮流之特性影響請說明一下。

龍洞海流量測位置在龍洞遊艇港外海水深約 30m 處，潮流受海岸地形水深影響，大致為平行海岸流動。由實際量測海流記錄資

料可知，此地受到潮流的影響較大，漲潮時海流流向為東北方向，退潮時為西南方向，約與海岸線平行。

四、林銘崇教授

1. 海潮流量測之連續天數及每筆記錄之量測時間長短與分析方法有無關係。

謝謝委員意見。海流分析方法為採用調和分析法，此方法需要至少30天的資料才能進行分析，因此需有連續30天的海流量測記錄資料。每筆記錄之量測時間長短為考慮ADCP的電力因素，為了能持續量測30天以上，因此將海流記錄資料頻率設為20分鐘記錄一筆，另半日潮的週期約為12小時25分鐘，所以20分鐘記錄一筆可量測到潮流的特性。

2. 潮汐轉潮時段，一般之潮流數值模式常有誤差較大之情事，本研究之結果是否有此類似趨勢？

謝謝委員意見。目前預測結果顯示，在各潮汐相同的誤差無明顯的差異。

五、陳慶生教授

1. 龜山島海域海潮流特性為何？報告中沒有談到。

謝謝委員意見。龜山島海域海潮流特性已補充於期末報告3-2節。

2. 高雄港附近海域潮流特性的空間變化為何？調和分析方法是否適用，應有進一步討論。

謝謝委員意見。高雄港附近海域潮流特性的空間變化已於期末報告中補充，請參閱3-2節。一般而言，台灣東北部及西南部潮汐的特性較為複雜，預測的精確度會較其他地區為差，但目前實際作業仍以調和分析為主。本研究採用調和分析法進行潮流的預測，在二港口預測的結果雖如預期不如龍洞理想，但預測與實測的變化趨勢仍大致相近，未來可考慮其他方法。

3. ADCP 資料垂直特性應予以討論。

謝謝委員意見。期中報告曾有探討龍洞及龜山島剖面的海流特性，由結果顯示，海流愈接近海底底床，會受到海底摩擦力影響，水深愈深，海流流速有逐漸變小的趨勢，此部分已列入期末報告4-1節。