

以遙測光學技術進行水體監測暨測深  
光達選址評估之研究

內政部國土測繪中心自行研究報告  
中華民國 96 年 12 月

## 目次

表次	III
圖次	IV
摘要	VI
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究動機與目的	3
第三節 研究方法與過程	5
第四節 研究架構	9
第二章 遙測光學	11
第一節 遙感探測	11
第二節 海水特性及海中能量傳播	12
第三節 海洋水色	14
第四節 數值調查設備	14
第三章 水體監測	20
第一節 水體監測方法	20
第二節 水體內含物與水體光線	23
第四章 測深光達	26
第一節 水深測量方法	27
第二節 空載測深光達	29
第五章 資料蒐集及成果分析	31
第一節 沙奇盤與透視棒	31
第二節 標準作業程序	33
第三節 數值分析技術	37
第四節 外業調查紀錄表及迴歸分析成果	40
第六章 結論與建議	116

<b>第一節 結論</b> . . . . .	<b>116</b>
<b>第二節 建議</b> . . . . .	<b>119</b>
<b>參考書目</b> . . . . .	<b>121</b>
<b>附錄一 外業調查相關率定資料及觀測成果</b> . . . . .	<b>123</b>

## 表次

表1-1 研究人員	8
表2-1 4種不同焦距於不同光圈條件下，成像中央與週邊之亮度差	17
表5-1 高雄縣中芸港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	43
表5-2 高雄縣中芸港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	44
表5-3 高雄縣中芸港透視棒水下影像調查表	45
表5-4 高雄縣中芸港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	46
表5-5 屏東枋寮漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	48
表5-6 屏東枋寮漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	49
表5-7 屏東縣枋寮漁港透視棒水下影像調查表	50
表5-8 屏東枋寮漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	51
表5-9 台東長濱港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	53
表5-10 台東長濱港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	54
表5-11 台東長濱港透視棒水下影像調查表	55
表5-12 台東長濱港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	56
表5-13 花蓮縣花蓮港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	57
表5-14 花蓮縣花蓮港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	58
表5-15 花蓮縣花蓮港透視棒水下影像調查表	59
表5-16 花蓮縣花蓮港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	60
表5-17 宜蘭烏石港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	62
表5-18 宜蘭烏石港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	63
表5-19 宜蘭縣烏石漁港透視棒水下影像調查表	64
表5-20 宜蘭烏石港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	65
表5-21 台北後厝港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	67
表5-22 台北後厝港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	68
表5-23 台北後厝港透視棒水下影像調查表	69
表5-24 台北後厝港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	70

表 5-25	桃園竹圍港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	72
表 5-26	桃園竹圍港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	73
表 5-27	桃園縣竹圍漁港透視棒水下影像調查表	74
表 5-28	桃園竹圍港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	75
表 5-29	新竹南寮港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	77
表 5-30	新竹南寮港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	78
表 5-31	新竹縣南寮漁港透視棒水下影像調查表	79
表 5-32	新竹南寮漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	80
表 5-33	苗栗龍鳳漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	82
表 5-34	苗栗龍鳳漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	83
表 5-35	苗栗縣龍鳳漁港透視棒水下影像調查表	84
表 5-36	苗栗龍鳳漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	85
表 5-37	臺中梧棲漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	87
表 5-38	臺中梧棲港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	88
表 5-39	臺中梧棲港透視棒水下影像調查表	89
表 5-40	臺中梧棲港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	90
表 5-41	台南下山港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	92
表 5-42	台南下山港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	93
表 5-43	台南下山港透視棒水下影像調查表	94
表 5-44	台南下山港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	95
表 5-45	雲林箔仔寮港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	97
表 5-46	雲林箔仔寮港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	98
表 5-47	雲林縣箔仔寮漁港透視棒水下影像調查表	99
表 5-48	雲林箔仔寮透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	100
表 5-49	彰化崙尾灣海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表	102
表 5-50	彰化崙尾灣沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	103
表 5-51	彰化崙尾灣透視棒水下影像調查表	104
表 5-52	彰化崙尾灣透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	105

表5-53 嘉義白水湖海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表・107  
表 5-54 嘉義白水湖沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果・108  
表5-55 嘉義縣白水湖漁港透視棒水下影像調查表・・・・・109  
表 5-56 嘉義白水湖透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果・110  
表5-57 觀測與預測成果比較・・・・・111

## 圖 次

圖1-1 研究流程圖	7
圖2-1 電磁波譜	12
圖2-2 以構思之調查設備辦理沙奇盤調查示意圖	16
圖2-3 實際組裝之腳架	16
圖2-4 傳遞函數值實驗結果	17
圖2-5 鏡頭焦距為27mm光圈全開(f/4)時,測試結果	17
圖2-6 以投影布幕之反射光源模擬太陽光環境示意圖	18
圖2-7 以投影布幕之反射光源模擬太陽光環境實際拍攝情形	18
圖2-8 拍攝之透視棒影像	19
圖2-9 以ImageJ統計點分佈圖	19
圖2-10 以投影布幕之反射光源模擬太陽光環境實際拍攝情形	19
圖3-1 溫度量測步驟流程圖	21
圖3-2 溶氧檢測步驟示意圖	22
圖3-3 pH 測定步驟示意圖	22
圖3-4 濁度實驗步驟流程圖	23
圖3-5 水體內含物	24
圖4-1 光達應用領域	26
圖4-2 水深測量原理與方法	27
圖4-3 淺水區域採用空載光達與船載多音束涵蓋示意圖	29
圖4-4 綠光在水中的散射特性	30
圖5-1 水下透視棒偵測示意圖	32
圖5-2 率定設備	33
圖5-3 設定光圈	34
圖5-4 設定感光度	34
圖5-5 設定至AV模式	34
圖5-6 確認快門速度	35
圖5-7 設定快門速度	35

圖5-8 設定至M模式	35
圖5-9 調整焦距	35
圖5-10 設定至AF模式	36
圖5-11 半按快門	36
圖5-12 設定至MF模式	36
圖5-13 ImageJ軟體	37
圖5-14 Mathematica軟體	38
圖5-15 高雄縣市漁港分佈與中芸港所在位置	42
圖5-16 屏東縣漁港分佈與枋寮漁港所在位置	47
圖5-17 台東縣漁港分佈與長濱港所在位置	52
圖5-18 花蓮縣漁港分佈與花蓮漁港所在位置	57
圖5-19 宜蘭縣漁港分佈與烏石漁港所在位置	62
圖5-20 台北縣漁港分佈與後厝漁港所在位置	67
圖5-21 桃園縣漁港分佈與竹圍漁港所在位置	72
圖5-22 新竹縣漁港分佈與南寮漁港所在位置	77
圖5-23 苗栗縣漁港分佈與龍鳳漁港所在位置	82
圖5-24 臺中縣漁港分佈與梧棲漁港所在位置	87
圖5-25 台南縣漁港分佈與下山漁港所在位置	92
圖5-26 雲林縣漁港分佈與箔仔寮漁港所在位置	97
圖5-27 彰化漁港分佈與崙尾灣所在位置	102
圖5-28 嘉義縣漁港分佈與白水湖漁港所在位置	107
圖5-29 觀測透視度與沙奇盤分析比較結果	113
圖5-30 沙奇盤分析誤差與觀測成果關係	114
圖5-31 觀測透視度與透視棒分析比較結果	114
圖5-32 透視棒分析誤差與觀測成果關係	115

## 摘 要

關鍵詞：測深光達、透水光達、水體監測、海水的光學性質、沙奇盤、透視度、透明度

### 一、研究緣起

臺灣為海島型國家，豐富之海洋與陸地資源對國家的重要性不相上下。然因陸域土地為人類活動之主要範圍，因此，我國長久偏重陸域測量，尤其是與民眾財產切身相關之地籍測量；公共建設所需之工程測量；稅籍與地方政府行政所需之行政區界等。海域範圍中最常且最頻繁為民生使用的區域為潮間帶，內政部國土測繪中心近幾年在潮間帶地形測量上的努力，深切瞭解測量技術在此區域因水淺採用船隻作業上之危險性與諸多限制。

海域地形測量多採單音束、多音束、側掃聲納等進行，然於近岸辦理時有其問題與困難，因此希望嘗試以新技術更有效率且達成高精度之測量成果。空載測深光達，又稱透水光達（Airborne Bathymetric Lidar）為近數十年發展於量測近岸水深的技術，目前國外空載光達發展成商業系統主要有加拿大的 Optech 與澳洲的 Tenix 系統。因採空載測深光達施測所耗費成本龐大，故如何有效地評估臺灣適合使用空載測深光達辦理近岸水深量測之時空因素，實乃空載測深光達有效率地應用之前提。

國外常以沙奇盤辦理水質調查，因其操作簡便且成本低廉，然沙奇盤獲致之資訊並無法分辨水體水質問題之可能因素，原因在沙奇盤調查時並未同時觀察海洋水色狀態。海洋水色即為海水所呈現的顏色，其乃因太陽光照射到海水後，受到浮游生物、懸浮粒子、泥、沙顆粒...等的吸收或散射作用，而造成海水呈現出不一樣的顏色，因此自然可以反過來透過海水所呈現之顏色及光線穿透水體程度，來瞭解

水體狀況。

## 二、研究方法及過程

透視度資訊為水體監測及空載測深光達應用評估上之一基本且方便之方法。在辦理透視度資訊獲取的方法上，以沙奇盤設備進行常被採納，本研究因考量沙奇盤觀測時之誤差，及其執行調查之程序上的問題，研發設計透視棒，並配合以本研究之數值調查設備可在瞬間獲取透視資訊，且其與沙奇盤最大之不同，在其為連續性之數值，並經由本研究所設計之數值分析技術，以分析水下透視棒影像之隱沒點之資訊。研究作業方法如下：

- (一) 技術：主要包括 1、遙測光學，提供有關數值照相調查設備之設計原理。2、水體監測，探討透視度與海中光學參數之關係。3、水深測量，探討光學與聲學之水聲測量技術，綜上針對水體監測方法及水深測量技術蒐集相關原理以瞭解評估最恰當之分析工具，以構思研發後續分析所需要之調查設備。
- (二) 研發：經發現沙奇盤乃一合適之工具後，針對沙奇盤整個觀測系統及作業模式進行瞭解及實作，發現需要在定點垂降沙奇盤至其隱沒點，並需重複確認隱沒點之所在位置，有其不方便性，以及觀測系統產生結果之不穩定狀況，本研究即研發透視棒，以獲取連續性之資訊。
- (三) 數值調查設備：採用沙奇盤之另一問題在於採用人眼觀測，獲致之觀測成果並不客觀，因此研發數值調查設備，本設備結合單眼數位照相機，並對其進行率定。
- (四) 外業資料蒐集：因水體監測需由進行全面性之基礎資料開始，因此本研究針對於臺灣沿海港區均進行沙奇盤及所研發之透視棒辦理外業調查，並依據先前率定結果，及設計之標準作業程序，以灰卡、灰階卡、照度計控制環境因素，並同時記錄相關

於後續分析所需之 ISO、光圈、快門、焦距等資訊。

- (五) 數值分析技術：採用 ImageJ 軟體、迴歸理論與 Mathematica 軟體針對所拍攝之水下沙奇盤與透視棒影像，分別針對亮部與暗部進行隱沒點之推估。
- (六) 製作研究報告：依據內政部自行研究案報告書製作標準格式，辦理「以遙測光學技術進行水體監測暨測深光達選址評估之研究」報告書撰寫製作。

### 三、重要發現

- (一) 以聲學為原理之水深測量方法，仍為目前海域地形測量方法之主流技術，然其在海域亟近岸區、岩岸暗礁區、珊瑚礁生態保育區、蚵架養殖區、極地區均有實務執行上之問題，就臺灣而言，西部主要是沙岸，東部主要是岩岸，南部有珊瑚礁地形、還有離島如澎湖、綠島、蘭嶼及東沙、南沙等群島，仍然嚴重缺乏大比例尺精確之海底地形圖資。如何有效率且精確地獲取上述海底地形資料，對於區域規劃、保育措施評估、觀光遊憩、海底資源開發...等有重大的影響，此亦為內政部國土測繪中心努力的目標。
- (二) 在衛星遙測及空載測深光達之發展下，以光學為原理之水深測量方法，可以發揮優勢，補足以聲學為原理之方法在某些海域應用上的不足。其乃因以衛星或飛機為載具，作業之效率相較於船測來的佳，均不似以船隻為載具會受到海象及天候的影響那麼巨大，且在作業過程亦不會受到海底地形的影響而無法進行某些特殊地形資料之偵測。因此，適時地搭配空載測深光達技術辦理海域地形測量，對於完整臺灣海域領土之測量，有相當程度的助益。
- (三) 空載測深光達技術原理為主動發射雷射光技術，經過海面時，

近紅外光因無法穿透水體，會先反射，而綠光則會穿透水體，抵達海底後，亦會產生一反射訊號，經由此 2 個反射訊號，即可判釋出水深值。因不管是清澈的海水，或是混濁的海水，均是高的吸收體低的反射體（Robinson, 1985），我們可以瞭解，光線對於水體的穿透能力是有限的，且會受到水體狀況很大的影響，如何獲取臺灣沿岸海域之水體透視狀況，方為此技術成功應用的前提。

- (四) 在研究中發現沙奇盤缺乏科學的量度記錄，因此藉由經過適當的率定後的數值調查外業設備，記錄成為數值檔案，以避免成果基準的不一致。另本研究配合 ImageJ 軟體，所分析得之灰度值，可將白色與黑色部分分別進行統計，經由方程式迴歸，可獲得整個上層水層的透視度。
- (五) 以沙奇盤或透視棒之水下影像進行分析，發現設備中白色部分影像灰度值與深度均成反比關係，將此二者經迴歸分析之結果，以二次式迴歸： $y=ax^2+bx+c$  表示時，有二種狀況：開口向上、開口向下；以一次式迴歸： $y=ax+b$  表示僅有一種狀況，斜率為負，截距為正。經數據分析研判為各地水質狀況不同，且水體狀況非均一所致，不同水層有不同光學性質所致。
- (六) 實驗中以人眼審慎地多次觀測沙奇盤深度取平均後作為標準值，與水下影像分析後再以數值方法推估出來之透視深度比較結果，所得之平均誤差：以沙奇盤水下影像分析約為 9%、以透視棒水下影像分析約為 30%。

#### 四、主要建議事項

- (一) 本案就空載測深光達應用於臺灣沿岸海域之前置評估，約略以縣市進行分組，初步發現桃園縣之透視狀況約為水下 0.5 公尺之

內、新竹縣市之透視狀況約為水下 0.25 公尺之內、苗栗縣之透視狀況約為水下 0.2 公尺之內、台中縣之透視狀況約為水下 0.5 公尺之內、彰化縣之透視狀況約為水下 0.1 公尺之內、雲林縣之透視狀況約為水下 0.4 公尺之內、嘉義縣之透視狀況約為水下 0.25 公尺之內、臺南縣市之透視狀況約為水下 0.3 公尺之內、高雄縣之透視狀況差異較大，在水下 0.4~5.5 公尺之間、屏東縣之透視狀況較平均，在水下 1.2~2.5 公尺之間、台北縣與基隆市之透視狀況則於 0.4~2.9 之間、宜蘭縣之整體透視狀況均在 1.2 公尺以上，最佳為 3.2 公尺、台東縣之整體透視狀況多為 1.2 公尺，較好的有 2.9 公尺，較差的有 0.8 公尺。因此，認為將空載測深光達應用之臺灣，以東岸較有成功之可能性，若要在西岸作業，應考量河口、港區附近、特殊生態區等影響水體透視狀況之區域，進行多頻率之監測，方有機會獲致海底地形資訊。

- (二) 各機關建置成果在國土資訊系統之建置下，已充分發揮流通共享之目的，本研究亦採用農委會林務局自然資源與生態資料庫有關臺灣的漁港資訊進行呈現有關漁港之分布，而在此空間分佈之架構下，若能加值相關之環境狀態，建立成歷史資料，相信能對於整體之環境資源保育與善用有極大助益。
- (三) 本次透視棒分析成果較沙奇盤等間距取樣為差，分析最可能原因為，在受限實際操作時現場作業環境等因素，因考量操作操作性、便利性及人員安全性，忽略未將太陽光入射之角度考慮為控制變因，以致灰度值內隱含未能事先律定之太陽光輻射，造成透視棒之反射強度分佈無法有效掌握，亦非原先假設為均一亮度，建議未來採用相似設備時應考量此影響因素。
- (四) 有關太陽光入射對透視棒分析成果之影響量，建議可於單點位置極短時間(數分鐘)內，於較均值不流動之水體(如湖泊)，進行不同太陽入射角度之透視棒拍攝實驗，以了解其影響量，進而對爾後實驗之方法及步驟作重新調整及評估。

- (五) 依實驗結果，由於本次的透視棒長度有限，最長 2 公尺，以 45° 角斜插入水體，透視棒水下深度僅能達到 1.4 公尺，故在透視度較佳之水體(如沙奇盤隱沒深度 2.5 公尺)，分析透視度時，常以外差方式進行推估，較為不精確，建議未來可延長透視棒之長度，以更精確地進行透視度分析。
- (六) 建議未來可採透明之防水不透明管(避免外部光線影響內部)，如 PVC、不鏽鋼管，一端裝置可調整式穩定光源，另一端裝置防水工業級照度計，將裝置繫繩投入水體中，並將水下照度計之數值透過有線裝置傳至岸上並記錄之，藉由不同深度之水體中光源亮度反應數值，即可獲致單點不同深度之垂直水層之水下光學性質，藉由數值分析應可推估水體之透視度。

## ABSTRACT

Keywords : airborne bathymetric LiDAR, water monitoring, ocean optics, Secchi disk, visibility, transparency, clarity

### 1. Research Origin

Taiwan is a nation owns large area of ocean territory. The rich ocean and land resources are both important. However, the land territory is the main area for human beings' living needs. As a consequence, the government pays much more attention on the land survey, for instance, the cadastral survey, engineering survey and the administration district survey jobs etc. Among the ocean territory, the tidal land is being used most frequently. The national land survey and mapping center, ministry of the interior, has done projects on the tidal land these years. Many dangers and distractions occur when it comes to the surveying in the shallow and near shore marine areas.

The single beam, multi beam, side scan instruments are usually the choices in the ocean terrain survey, which are based on the principal of sound in the ocean. Nevertheless, the technique encounters problems and difficulties in the near shore ocean areas. As a result, we hope to apply new technique aims at the achievement of more efficiency and high accuracy. The airborne bathymetric LiDAR is the latest technique applying in the near shore water depth measurement. There are two major systems in the world. The Optech and the Tenix. Because of the benefit and costs should achieve a balance. We have to estimate the time and space factor before put the new technique into use in Taiwan.

The Secchi disk has being frequently used by foreign countries to

investigate the water body. It can be operated easily and the cost is low. None the less, the information is the combined reflection of all particles exist in the water body. We can not tell detail water quality from it. But with ocean color, it can be identified.

## 2. Research Method

- (1) Technique : The understanding of remote optics theory is put into the concepts in the development of field survey instruments. And the ocean optics is also discussed. Besides, the water depth measure theory is treated.
- (2) Research tool : We found that the Secchi disk is a adequate tool. First of all, how is the procedure of this disk used in the water monitoring is done. Certain problems were discovered. And by using the traditional method, only the depth when the Secchi disk disseapered from human sight is recorded. So we devise a tool which is named clarity rod by us.
- (3) Digital investigation equipment : Another critical problem of traditional procedure is that the result is being observed by different observer. We combine a digital camera, gray card, illumination recorder to calibrate the environment situation.
- (4) Field data gathering: The field datas are gathered around Taiwan. We use the Secchi disk and the clarity rod together with digital investigation equipment to investigate the water body condition in the harbor around Taiwan.
- (5) Digital analysis technique : The ImageJ software is used to analyze th gray value of the black and white part of Secchi disk and clarity rod. The regression theory is applied to find a model of the

relationship of the transparency and water depth. The Mathematica software is used to analyze the immersed depth of Secchi disk by using the regression model.

- (6) The research report : All detail procedure, theory, equipment and field survey result, analysis are stated in the report.

### 3.Major Conclusions

- (1) The use of the principal of sound is main technology in ocean terrain measurement methods. But in the near shore area, the submerged reef, the coral reef ecology terrain and the isolated island of Taiwan, the Pescadores, Lyudao and Lanyu island etc. is still lack of underwater terrain data of accuracy and big scale.
- (2) Under the development of satellite remote sensing and airborne bathymetric LiDAR, which all adopts the principal of optics underwater. They use whether the satellite or the airplanes as a carrier, so they are not affected by sea waves, sea water circulation or the sea wind that much. It can be utilized to make up the near shore and isolated islands areas.
- (3) The airborne bathymetric LiDAR adopts the green and near-IR laser light. The green one can penetrate the water when the water is clear, so it is used to detect the ocean terrain depth. The near-IR can not penetrate the water, so the water surface height is detected. So we can understand that the water condition is the key factor of whether this technique can be successfully worked or not.
- (4) The analysis of the underwater image of Secchi disk and clarity rod recorded by the digital investigation equipment are analyzed by digital analysis technique. The white part of the equipment is

regressed by a formula of the second order ie  $y=ax^2+bx+c$ , two situations are happened . If regressed by a formula of the first order ie  $y=ax+b$ , the slope is found to be negative.

- (5) The average error of utilizing the Secchi disk underwater image to analyze the submerged water depth is 9%, the average error of utilizing the clarity rod underwater image to analyze the submerged water depth is 30%.

#### 4. Major Suggestions

- (1) By summarize the field survey data around Taiwan, the result is as followed. In the east part of Taiwan, it can possibly be used well cause the transparency situation is much better than the situation in the west part of Taiwan. More data must be gathered if the technique is to be applied in the west part of Taiwan. And the environmental features like the river, harbor or lido, should be classified cause the clarity is influenced significantly.
- (2) The data collected by different governments are shared, in the research we use the GIS layer built by the natural resources and ecology GIS database in Taiwan. Under the spatial framework, how to add more useful information, and establish a history database will be very beneficial.
- (3) The error of using clarity rod to detect water layer transparency condition is not very successful might due to factor of the sun angle. So the different part of the clarity rod contains different sun radiance. The method to overcome this problem can be done by taking photo of the clarity rod of different sun angle in a site.
- (4) We suggest that by use of a opaque tube, an adjustable light source is

placed in one side of the tube and illumination recorder is placed on the other side of the tube. The underwater illuminance is recorded by a wired equipment. By the response of the illuminance of different water depth, the underwater optics property is known.

- (5) Most of scientific studies are based on certain hypothesis, this research is no exception. And of course no research and development is bound to success. We strongly recommend people interested in the field can reference the experience of us, and perhaps the suggestions and ideas to keep on this interesting and meaningful study.

## 第一章 緒論

### 第一節 研究緣起與背景

#### 一、研究緣起

臺灣為海島型國家，豐富之海洋與陸地資源對國家的重要性不相上下。然因陸域土地為人類活動之主要範圍，因此，我國長久偏重陸域測量，尤其是與民眾財產切身相關之地籍測量；公共建設所需之工程測量；稅籍與地方政府行政所需之行政區界等。海域範圍中最常且最頻繁為民生使用的區域為潮間帶，內政部國土測繪中心（前身為內政部土地測量局）自 93 年起辦理潮間帶地形測量，目前已辦理彰化、雲林、嘉義縣及部分臺南縣之潮間帶測繪完竣，並於 96 年辦理臺灣西部主要沿海沙岸之高、低潮位線測量等，深切瞭解測量技術在此區域因水淺採用船隻作業上之危險性與諸多限制。

海域地形測量多採單音束、多音束或側掃聲納等進行，然於近岸辦理時有其問題與困難，因此希望嘗試以新技術更有效率且達成高精度之測量成果。空載測深光達（Airborne Bathymetric Lidar），又稱透水光達為近年發展於量測近岸水深的技術，目前國外空載光達發展成商業系統主要有加拿大的 Optech 與澳洲的 Tenix 系統。在 94 年 10 月 24~28 日，本中心曾於委外辦理臺灣西岸彰濱工業區潮間待測量時試引進採用 Optech 的 Shoals-1000T 辦理臺灣西岸彰濱工業區與東岸東澳及花蓮港附近地形量測，在東岸測區有獲致成果，然在西岸辦理 50 平方公里之掃描結果均無水底反射之雷射回波值，由影像中可看出其水質相當混濁，此可歸納於環境、泥沙淤積及工業污染等使得訊號回波中均無水底反射波形呈現。惟同時亦曾試飛至臺灣東海岸

東澳及花蓮港附近掃瞄量測，卻在東海岸水深約 20 餘公尺地區獲致成果。顯示在臺灣運用測深光達施測，水質清澈狀況扮演近岸水深測量技術使用之關鍵（林志交等，94）。然因採空載測深光達施測所耗費設備成本龐大，故如何有效地評估臺灣週遭海域適合使用空載測深光達辦理近岸水深量測之時空因素，實乃空載測深光達有效率地應用之前提。

## 二、研究背景

近岸水深測量若以觀測原理區分，主要可區分為聲學測深與光學測深，其中單音束、多音束、側掃聲納採用的是聲學測深原理，而空載測深光達則是採用光學測深原理。由於光線在經過水體時會受到各種粒子吸收、散射的效應，因此在實際掃描過程中，將受到水體內含物、及海底底質等的影響，此影響之總和即為透視度，又稱透明度（Clarity, Transparency, Visibility），此總量之影響程度可使用一具簡便之設備，即沙奇盤（Secchi Disk）以判識方式量測快速地獲得參考數值。

然而在本中心前於 94 及 95 年度試圖在近岸海域測量技術之發展上有所突破，曾主要於臺灣西部部分沿岸港區內進行沙奇深度獲取，並試圖思考如何獲致大範圍之透視度狀況，以完整瞭解臺灣近岸海域狀況，嘗試採 MODIS 衛星影像進行分析，然因當時並未考慮到海洋水體狀況資訊，因此僅能將不同時期所實測之沙奇深度，與不同步之衛星影像進行迴歸分析，分析所獲致之成果可靠度並不高。在種種困難下，持續思索探究如何能夠快速有效率地獲取透視度資料。因此，從沙奇盤在實際作業存在諸多問題之發掘：其一在觀測時不可避免地

受到觀測者的主觀判釋影響，造成不同的量度成果；其二採用沙奇盤量度時，必須定點停留，致花費較長時間，且所獲之透視資料僅為點狀分佈，顯示較不具連續之面狀資料；其三需在其沉浸水中掌握隱沒時之瞬間重複多次以判斷隱沒深度；其四在近岸海域辦理量度時，垂吊沙奇盤之纜繩將受到海流影響而漂移致所量度之深度並非垂直深度；其五在離岸海域因避免海流造成偏移，致需在沙奇盤下垂吊重錘以保持纜繩垂直，造成作業人員極大負擔…等問題。抽絲剝繭地針對不同問題，方設計研發出本研究所使用之透視棒、數值調查設備、分析技術等，即為了克服目前種種困難的努力。

本研究以沙奇盤作業原理為基礎，進行改良研發圓盤式沙奇盤，另自行製作透視度調查棒（或稱尺），藉船隻航行時，搭設相關攝影設備獲取水域線狀分布地區之影像及以數值模式解算，配合辦理臺灣沿岸港區內之透視度調查及分析，希冀能對空載測深光達應用於臺灣之評估作業有所助益。

## 第二節 研究動機與目的

### 一、研究動機

地球上海洋與陸地的總面積相比約為 7：3，雖然海洋的範圍如此浩瀚，但大部分的海洋生物的生活空間，卻都是集中在太陽能量可作用到之約海水面下 200 公尺處，即使在這個淺層的區域內，生命也不是平均分佈的——大部分生物都住在靠近陸地或大陸棚的表面或上方。其中浮游植物負責將近全世界一半的光合作用，製造出大氣層的一半氧氣。在陽光可穿透的淺海區，因為營養豐富，又有穩固的海底

可附著，藻類茂盛生長。藻類是淺海社區最重要的組成元素之一，卻常遭到忽視。在它們豐盛生長的地區，就有無數動物發展出採擷利用它們的能力（藍色星球），無庸置疑地，水體資源的保育是非常重要的。

國外常以沙奇盤辦理水質調查，因其操作簡便且成本低廉，然沙奇盤獲致之資訊並無法分辨水體水質問題之可能因素，原因在沙奇盤調查時並未同時觀察海洋水色狀態。海洋水色即為海水所呈現的顏色，其乃因太陽光照射到海水後，受到浮游生物、懸浮粒子、泥、沙顆粒…等的吸收或散射作用，而造成海水呈現出不一樣的顏色，因此自然可以反過來透過海水所呈現之顏色及光線穿透水體程度，來瞭解水體狀況。

海洋水色量度可採水色計進行，水色計從藍色到褐色共 21 個標準顏色，也可採用衛星遙測技術分析之，本研究期間均於現場且加拍攝海水面之像片，在獲致透視度資訊之外，亦可從中增加其他因子以間接瞭解到可能影響海水顏色最主要的內含物。

## 二、研究目的

在全球氣候變遷造成各地氣候異常及重大災害的發生下，人類理應重新思考人與自然的關係，並瞭解到資源是有限的，保育的利益大於開發，政策執行如何同時顧及生態環境永續性的發展。遙看美國，發起世界水質監測日，喚醒民眾對於水資源的重視與珍惜，我國亦自 2003 年起，參與此一有意義的活動，無不希望大家都能體會到水資源保護的重要。然，對於離岸海域如何提供作業人員一簡便檢視海域水體的方法，乃為本研究的目的。本研究希望能達成的目的如下：

- (一) 研發一合適之透視度調查設備，希望能於船隻作業時同時採用，於船隻出海（或湖泊內）作業時，能方便地增加透視度資訊的獲取，以提供海域水體狀況之監測。
- (二) 設計一分析流程，針對本研究中所研發之透視度調查設備所獲取之水下影像，分析得該區域之透視度資訊，提供使用本設備之後續資料處理之方法。
- (三) 藉由對於臺灣沿岸港區之實地調查與資料分析，希望能逐步蒐集臺灣生態資訊之基礎資料，以提供空載測深光達於臺灣近岸海域辦理之參考。

### 第三節 研究方法與流程

#### 一、研究方法

透視度資訊為水體監測及空載測深光達應用評估上之一基本且方便之方法。在辦理透視度資訊獲取的方法上，以沙奇盤設備進行常被採納，本研究因考量沙奇盤觀測時之誤差，及其執行調查之程序上的問題，研發設計透視棒，並配合以本研究之數值調查設備可在瞬間獲取透視資訊，且其與沙奇盤最大之不同，在其為連續性之數值，並經由本研究所設計之數值分析技術，以分析水下透視棒影像之隱沒點之資訊。研究作業方法如下：

- (一) 技術：主要包括 1、遙測光學，提供有關數值照相調查設備之設計原理。2、水體監測，探討透視度與海中光學參數之關係。3、水深測量，探討光學與聲學之水聲測量技術，綜上針對水

體監測方法及水深測量技術蒐集相關原理以瞭解評估最恰當之分析工具，以構思研發後續分析所需要之調查設備。

- (二) 研發：經發現沙奇盤乃一合適之工具後，針對沙奇盤整個觀測系統及作業模式進行瞭解及實作，發現需要在定點垂降沙奇盤至其隱沒點，並需重複確認隱沒點之所在位置，有其不方便性，以及觀測系統產生結果之不穩定狀況，本研究即研發透視棒，以獲取連續性之資訊。
- (三) 數值調查設備：採用沙奇盤之另一問題在於採用人眼觀測，獲致之觀測成果並不客觀，因此研發數值調查設備，本設備結合單眼數位照相機，並對其進行率定。
- (四) 外業資料蒐集：因水體監測需由進行全面性之基礎資料開始，因此本研究針對於臺灣沿海港區均進行沙奇盤及所研發之透視棒辦理外業調查，並依據先前率定結果，及設計之標準作業程序，以灰卡、灰階卡、照度計控制環境因素，並同時記錄相關於後續分析所需之 ISO、光圈、快門、焦距等資訊。
- (五) 數值分析技術：採用 ImageJ 軟體、迴歸理論與 Mathematica 軟體針對所拍攝之水下沙奇盤與透視棒影像，分別針對亮部與暗部進行隱沒點之推估。
- (六) 製作研究報告：依據內政部自行研究案報告書製作標準格式，辦理「以遙測光學技術進行水體監測暨測深光達選址評估之研究」報告書撰寫製作。

二、研究流程

圖 1-1 之研究流程，針對研究之理論背景、技術文獻回顧，進而探討目前作法問題，設計研發設備、作業程序、分析技術等，實際作業並獲致成果，並撰寫本研究報告。

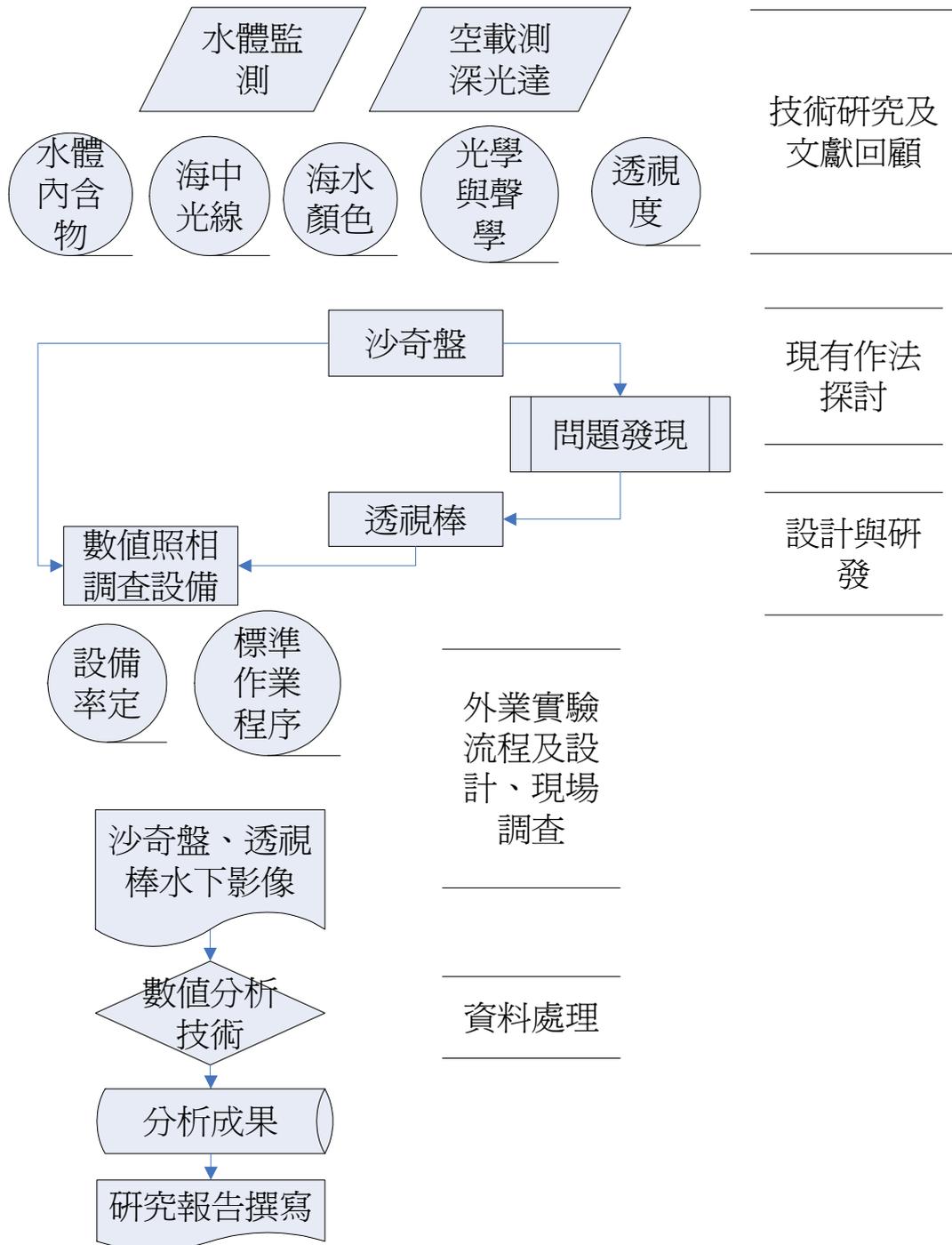


圖 1-1. 研究流程圖

### 三、研究人員

本案研究人員主要有下列 4 人，相關分工如表 1-1：

表 1-1 研究人員

姓名	現職	職等	分工
林燕山	主任	簡任 第十一職等	督導本研究計畫之目標及執行相關事宜。
白敏思	課長	薦任 第九職等	研究計畫進度控管、構思作業流程方法、督辦研究報告。
鍾文彥	測量員	薦任 第七職等	設備研發及製作、成果分析技術設計、外業資料蒐集、系統率定、撰寫研究報告。
李佩珊	測量員	薦任 第七職等	文獻回顧、外業資料蒐集、協助設備製作、資料彙整、撰寫研究報告、行政事務。

另外本案由於外業調查作業繁重，且需要配合本研究之數值調查設備進行，遵循標準作業程序執行，因此特別邀集本中心李測量員謀元兄、許測量助理吉川兄協助辦理外業作業，在此特別感謝他們兩位的協助。

## 第四節 研究架構

本文共分六章，各章節主要內容如下：

### 第一章 緒論

描述研究此技術之來龍去脈，包含目前技術狀況、評估新技術的方法、在水體監測之運用、及本案所研發設備及分析方法...等與研究緣起、背景、動機、目的、方法有關之內容，並以一簡單流程提供圖像化之概念，提供全文之一概要說明。

### 第二章 遙測光學

本章主要針對本研究所採用之觀測技術源起以及觀測對象之物理特性加以敘述，進一步針對衛星遙測應用在海洋水色觀測技術上之應用，以及本研究所研發之數值調查設備之設計以及相關環境率定進行說明。

### 第三章 水體監測

本文並非要針對特定水中污染物或飲用之水源進行監測，而是對於大範圍的水體品質之一指標性狀況的監測，並且對於透視度與海中光學參數之連結進行探討，

### 第四章 測深光達

經由簡介水深測量方法之不同原理，主要有聲學與光學測深兩種，進而探討空載測深光達技術在水深測量上的相關技術條件、應用優勢與前提、領域等。

### 第五章 資料蒐集與成果分析

重新檢視外業調查設備目前運作之問題，研發設備透視棒及新的作業流程後，採用數值照相調查設備遵循設計之標準作業程序，針對全臺灣沿岸港區之沙奇盤與透視棒水下影像蒐集。在後續成果分析部分，使用數值分析技術，針對臨海 14 個縣市各選擇 1 個港區使用軟體分析獲取灰度值，並進行迴歸，獲得水深與透視度之關係，並針對透視棒分析隱沒點之資訊。

## **第六章 結論與建議**

探討、分析及檢討有關研究設備之研發與實際使用之狀況、研究過程之作業程序設計，並進而提出建議及未來可行或改進措施。

## 第二章 遙測光學

本章主要針對本研究所採用之觀測技術源起以及觀測對象之物理特性加以敘述，進一步針對衛星遙測應用在海洋水色觀測技術上之應用，最後針對本研究所研發之數值調查設備之設計以及相關環境率定進行說明。

### 第一節 遙感探測

遙感探測，簡稱遙測，此技術乃指與觀測目標相距一段距離，使用電子光學或光學儀器，在不接觸到觀測目標之前提下，即能取得觀測目標之物理現象。遙測技術是根基於照相技術實用化及電磁波理論發展完成後，又在蘇聯發射世界第一顆人造衛星後，開始有大幅度地發展，且用途愈益廣泛，解析度也越來越高。

電磁波是由任何溫度高於絕對零度的物體所發射的，各種波長電磁波的集合稱為電磁波譜，遙測即應用不同的電磁波段（如圖 2-1），以電磁波作為能量傳遞來源，針對地物對於不同電磁波的吸收、反射等作用特性，產生相異的波譜反應，作為判釋並度量觀測目標的依據。若此能量來源由太陽光或其從地表之反射光而來，則稱為被動式方式，主動式是指主動發射人造能量來源，主動式的優點是全天候皆可作業。在實務應用上，因遙測能量來源並不穩定、又若為太陽光在通過大氣層時受到的干擾影響及接觸到地表物時間交互影響…等，均使得此技術在使用前，務需進行諸多校正。

本研究在本章第四節中的數值調查設備，所採用的觀測原理是從遙感探測而來，以不直接接觸觀測目標的方式，採用電磁波中的可見光的能量來源，被動式的接收觀測目標的反射；而空載光達技術，乃是採用主動式的作業方式。

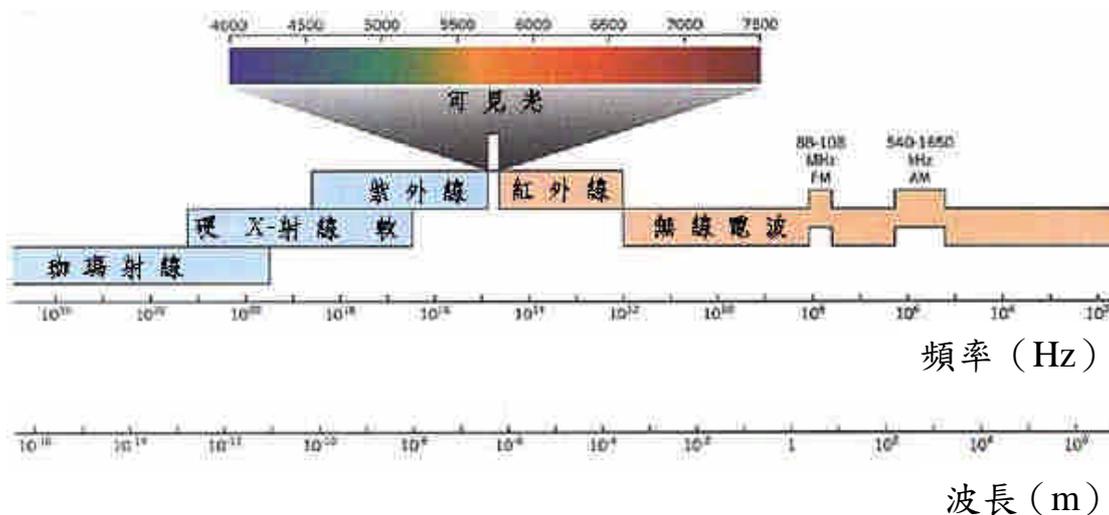


圖 2-1、電磁波譜

([http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/e\\_book/telescopes/captions/em\\_wave\\_spectrum.html](http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/e_book/telescopes/captions/em_wave_spectrum.html))

## 第二節 海水特性及海中能量傳播

本研究探討之所有作業，觀測之能量來源主要以聲音與光線為主，且均離不開海洋，因此，有必要先針對海水特性，以及能量在海中的傳播進行瞭解。水體在能量傳播的特性，是聲音的良好媒介，卻不是高頻電磁波的良好媒介。我們可以發現在海水中，聲波衰減的相較可見光波來的慢，與在大氣中，是剛好相反的。

聲音在海中之傳播，受到之影響即為海洋之所有物理特性，主要有溫度、壓力、鹽度、密度等，當然也會受到天候狀況以及海底底質特性影響。光線在海中之傳播，則受到海水及觀測時刻海水中所包含物質影響很大。

因此分別說明本研究採用方法之觀測之能量及其與媒介之交互作用，及相關影響因素。

## 一、海中聲音

聲波在水中傳播時，對於高頻電磁波的傳導能力不好，故在水中並不能使用雷達作偵測工具，然水體為聲音的良好導體（海洋與人類），亦成為海洋學家的重要工具，可用以量度海洋的深度、探測地殼的厚度及其性質、偵測並研究生物、潛艇偵測及海床物品的定位等（普通海洋學）。因此海洋水深測量絕大部分為採用單音束、多音束測深儀辦理，惟須視海洋物理特性，如溫度、鹽度狀況針對水中聲音速度進行校正，然而，較大缺點為用聲學測深在潮間帶範圍進行有其效率與技術上之限制。

## 二、海中光線

太陽輻射能為地球上最主要的能量來源，在透過大氣層時，減少能量與需穿透大氣層的長度成正比，而到達海面上後，則會部分反射回大氣層，部分穿入表面水層。在海水中行進時，則產生漫射、折射及吸收，此三種作用合稱為消光作用（海洋物理學概論）。主要的吸收及漫射物質是溶解的有機物。特別是一種由有機物分解而成的黃色物質，以及有機物碎屑如浮游生物的碎片等是（普通海洋學）。消光性之測定，通常可用沙奇盤、照相曝光器、濾光鏡或光電電池濾色鏡等設備進行之，透明度與消光係數的關係，可以下式表之：消光係數 $=1.7/\text{沙奇盤隱沒深度}$ （海洋學概論）。因光線可穿透海域的表面水層，故可以之作為偵測近岸水淺海域之水深。

### 第三節 海洋水色

海洋水色，顧名思義，即是海水呈現出來的顏色。然論及海水真正的顏色，需除去光線經雲層及天空反射的影響，消除上述因素影響下將水色分級，可採用 Forel 設計之比色法，其將水色分成 11 級，由深藍色至淺綠色依序排列、改良之 Forel-Luksch 分級法，分成 14 級與 Kalle 法的水色計等（海洋物理學概論）。

一般我們會以可見光的角度來觀察海水的顏色，如水中含有綠色的浮游植物，葉綠素會吸收藍光使海水變成綠色，植物的有機產物則會增加黃色色彩，另外在沿岸若有溶解的有機物質則會增強黃綠色（物理海洋學導論）。

若以科學儀器觀測太陽輻射，遠大於人眼可觀察到的可見光範圍，而可應用不同波長的電磁波偵測不同物質。有賴於衛星科技的發展，可用衛星遙測觀測海洋水色，其利用水色的變化，經由不同波段反射率之量測來推算海水中葉綠素的含量，乃因浮游植物中的葉綠素，為引起水色從開闊海域的深藍色到某些大陸棚的暗綠色的主要物質（簡介衛星海洋遙測）。再本研究中之外業資料，均為數值記錄檔案，亦包含海水面資訊，因此嘗試依據所呈現之 R、G、B 值，試圖分析海水水體狀況。

### 第四節 數值調查設備

以人眼作為觀測系統所獲致成果不可避免地會因觀察者不同而引入不同誤差，且完全以人為方式需耗費大量人力，本研究經考量上述問題，引入一客觀之光學觀察系統，以遙控方式進行，整體之調查設備構思如圖 2-2。以下針對本方法之設備、率定及結果加以敘述。

#### 一、光學系統

本研究採用目前市售中高階數位單眼相機 (Canon 400D) 作為記錄工具，與一般消費型數位相機相較可提供使用者更多元及更彈性設定，如鏡頭焦距、光圈、快門 (曝光時間)、感光度，惟使用攝影系統仍有諸多光學上系統誤差及限制須作先行研究，諸如：鏡頭光學解析力、感光元件 (CCD、CMOS) 的解析力及感光能力、像場的亮度均勻性等。

Canon 400D 單眼數位相機規格：

感光元件：22.2x14.8 mm 有效 1010 萬像素 RGB 原色 CMOS，前置防塵 LPF 低通濾波器影像大小：3888x2592 (sRGB, Adobe RGB 等)。

手動操控模式：光圈優先，快門優先，全手動。

快門：Auto：30s~1/4000s，支援 B 快門。

最大光圈：依鏡頭本身規格。

測光模式：評價 (對焦點連動)，區域點測光 (9%)，中央重點。

曝光補償：-2 ~ +2 EV, 1/3 或 1/2 級距調整。

ISO 感光度：Auto，100，200，400，800，1600。

白平衡：自動，陽光，陰天，陰影，鎢絲燈，螢光燈，閃燈，自訂。

對焦方式：9 點對焦；TTL-CT-SIR，支援手動對焦

外接閃燈：熱靴，支援 E-TTL II 閃燈，同步快門 1/200 秒

連拍：3fps 連拍 27 張。

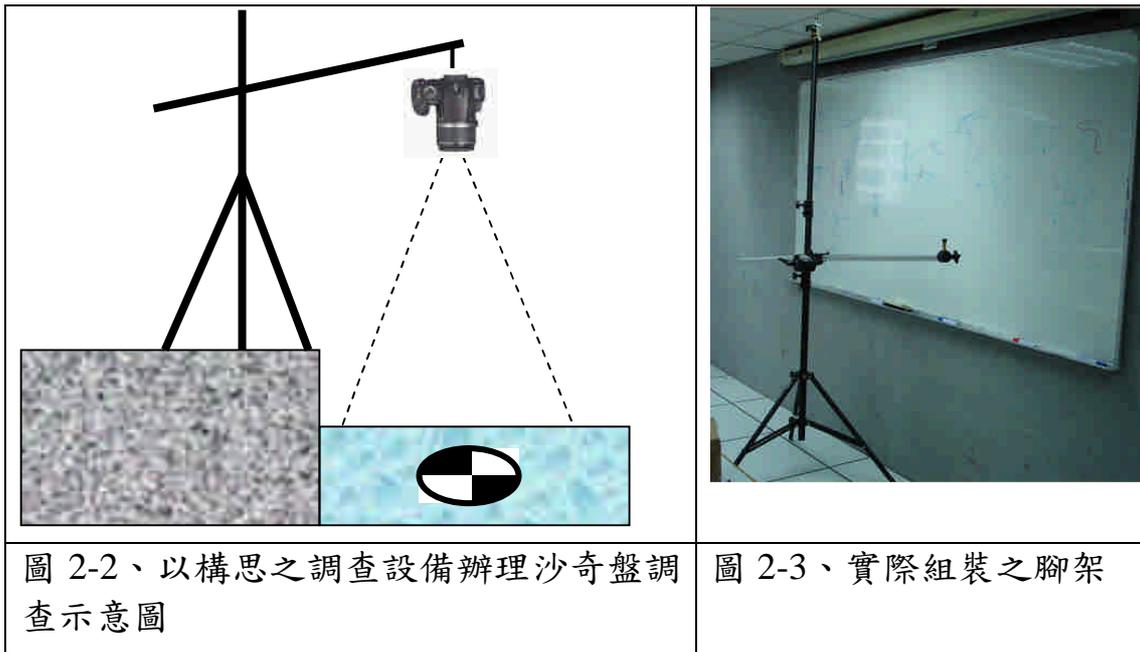
遠端遙控：支援。

記錄格式：RAW (RAW+JPEG)，JPEG：Fine，Normal。

## 二、腳架

本研究係利用相機拍攝水下之物體(沙奇盤或透視棒)之亮度反應，於實際操作時，拍攝者常須緊靠船舷或岸邊站立，進行拍攝工作，容易發生人員及設備落水危險，為使拍攝作業更加便利、拍攝影像品質一

致及提高安全性考量下，因此特別設計一專用腳架(如圖 2-2 所示)作為本實驗之相機架設裝置，利用市售攝影棚燈架設備(如圖 2-3 所示)稍加改裝後便可達到本研究之初步需求。另於操作時相機架設於本特製腳架後，拍攝者立於船舷或岸邊安全處以線控或遙控方式觸發相機之快門鈕進行拍攝，所以相機之選購應特別注意，本次選用之 Canon 400D 單眼數位相機均能符合本項需求。



### 三、系統率定

#### (一) 焦距

由於拍攝的對象為沙奇盤，就頻率域上屬低頻目標，且依先前（李佩珊等，2006）以傳遞函數值（Modulation Transfer Function，MTF）分析影像對比情形，發現縱使影像出現嚴重失焦，對成果並不構成影響，如圖 2-4，即攝影系統之空間解析力對沙奇盤影像之紀錄影響不大，傳遞函數值一般常指成像系統對特定空間頻率之物體轉移對比能力，該值包含了「解析度」與「對比」的意義。

#### (二) 像場的亮度均勻性

一般光學攝影系統常有開大光圈拍攝，其成像中央與周邊之亮度不均一的問題，俗稱暗角（light falloff），如圖 2-5 所示，而縮小光圈後

會得改善這種情形，本測試在於了解所用鏡頭之光學特性，可於實地拍攝沙奇盤影像時避免使用錯誤的光圈，造成亮度值記錄之系統誤差。藉由拍攝亮度均勻的目標物，如：於採光均勻的條件下，空白的 A3 紙或灰卡垂直拍攝，並拍攝不同焦距 (focal length) 及光圈 (f-stop) 組合下影像，再利用 Imatest 軟體計算，計算出各種條件下成像中央與周邊之絕對照度差異，供爾後使用，測試成果如表 2-1。

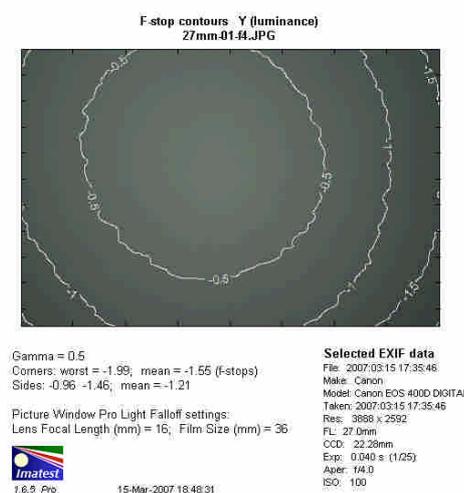
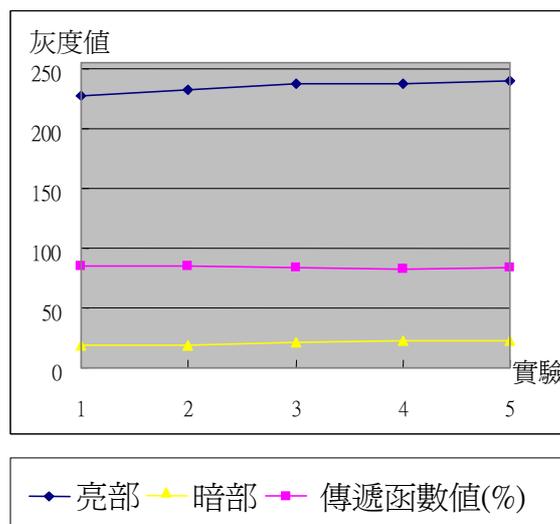


圖 2-4、傳遞函數值實驗結果 (橫軸：實驗次數；縱軸：灰度值) (謝東發等，2006)

圖 2-5、鏡頭焦距為 27mm 光圈全開 (f/4) 時，測試結果 (謝東發等，2006)

表 2-1、4 種不同焦距於不同光圈條件下，成像中央與週邊之亮度差 (單位：f-stop)

焦距 \ 光圈	27 公釐	37 公釐	45 公釐	55 公釐
4	-1.55	-	-	-
5.6	-1.08	-0.93	-0.646	-1.19
8	-0.85	-0.887	-0.516	-0.753
11	-0.85	-0.714	-0.512	-0.493
16	-0.9	-0.769	-0.459	-0.466

### (三) 太陽入射角度影響

於實際作業中發現，在天然環境中，作為光源之太陽光，其對地面之照射角度常因時間而異，為了解不同光源角度與透視棒之拍攝是否有所影響，因此於本局會議室內，以投影機投射出白色光源至投影布幕模擬太陽光入射環境，如圖 2-6，透視棒之裝置角度則設計與入射光源之夾角( $\theta$ )為 10、20、30、40、45、50、60、70、80 度，實際拍攝情形如圖 2-7，拍攝成果如圖 2-8、ImageJ 軟體處理成果如圖 2-9。

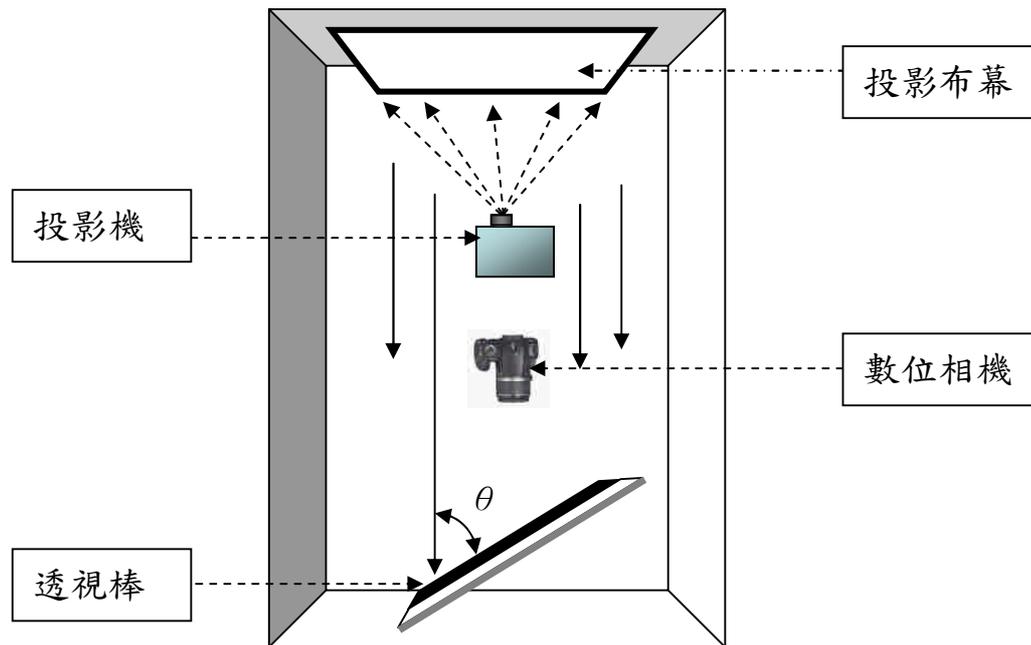


圖 2-6、以投影布幕之反射光源模擬太陽光環境示意圖

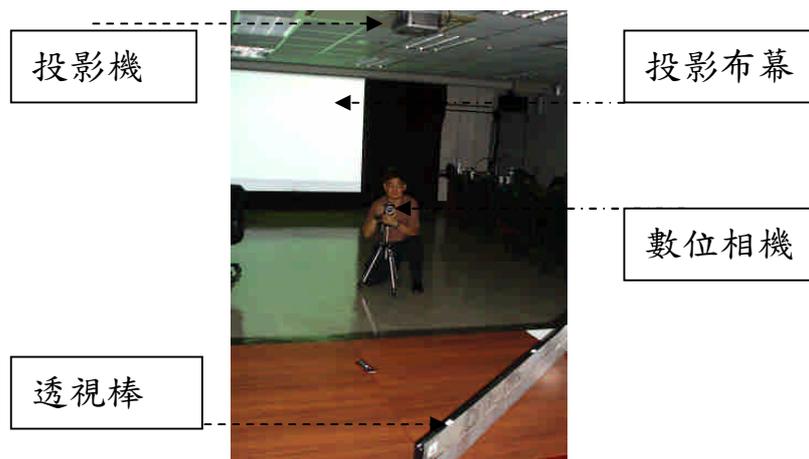


圖 2-7、以投影布幕之反射光源模擬太陽光環境實際拍攝情形

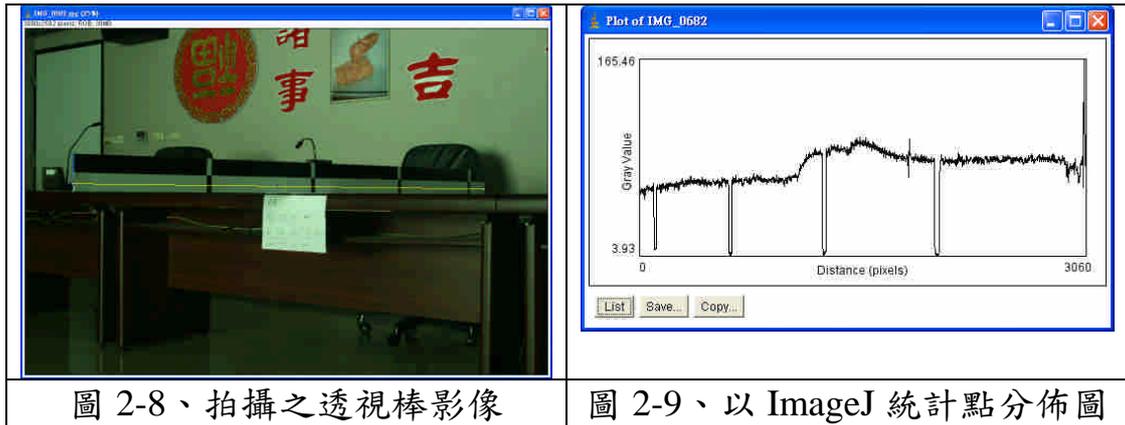


圖 2-8、拍攝之透視棒影像

圖 2-9、以 ImageJ 統計點分佈圖

#### 四、成果分析：

經實驗結果，影像（圖 8）所呈現亮部中央部份似乎與兩端實驗結果迥異，經檢討發生後發現透視棒所架設環境不良，近光源端為懸空狀態、中央部份則有白色反射物，遠離光源端為下方為褐色桌面，如圖 2-10，因此透視棒鄰近之反射體材質不同造成其所反射之干擾，使實驗成果無法進行分析，目前預定之改進方案為 1.以腳架懸吊架設透視棒，取代原立於桌面方式，使全段受光均勻，遠離不同反射體之影響，2.或於實際陽光日照下，於不同時段(夾角)進行實驗。

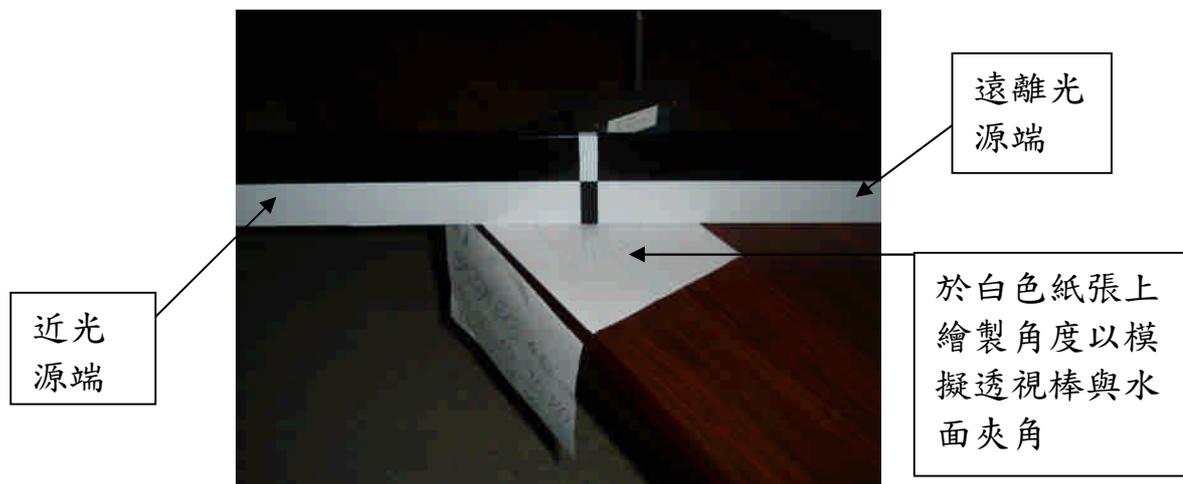


圖 2-10、以投影布幕之反射光源模擬太陽光環境實際拍攝情形

## 第三章 水體監測

水體透視度資料為水體中光線可透過程度之指標，為水體品質的指標之一。透視度受懸浮與溶解於水中物質多寡所影響，透視度的下降可能為水體循環障礙、汙水排放、沉積物增加等因素，此外透視度對海生植物的生長有巨大的影響。為監測海生植物的健康與否，與確保海水資源的永續使用，須經常進行海水透視度調查工作。

### 第一節 水體監測方法

海洋光學可追溯至一開始針對水下透視度的瞭解及獲得。沙奇盤此一簡單且廣泛使用的方法，是從 1865 年開始，現在仍被生物學家及物理學家在自然水體中快速量測得水體透視度。沙奇深度常被用為一方便地將水透視狀況分等級的工具，特別在淺水中。即時目前有更嚴謹的電子光學儀器可用來量測光學性質，沙奇深度仍被證實為一不昂貴、可靠、有效率量測水體透視度的方法，並與水體品質及生物活動有關，這幾年在全世界大量的沙奇深度資料庫亦正在累積當中 (Weilin Hou. et al., 2007)。

美國國會於 1972 年制訂「清水法案」(Clean Water Act)，該法案為美國水資源保護努力之里程碑。美國清水基金會 (America's Clean Water Foundation, ACWF) 為紀念「清水法案」，於 2002 年 10 月 18 日首度於美國舉辦「國家水質監測日」(National Water Monitoring Day) 活動，此後，分別於 2003、2004、2005 年陸續舉辦「世界水質監測日」(World Water Monitoring Day) 活動，然因參與人數及國家增加，2006 起改由水體環境署 (Water Environment Federation, WEF) 辦理，此外因部分國家 10 月 18 日水體已結冰無

法參與活動，2007 年改訂於 9 月 18 日舉行。世界上很多人都沒有意識周圍環境之水體品質現況及個人行為對於水體資源之影響，因此世界水質監測日希望藉由民眾親身參與水質監測行動，喚醒大眾的共識，傳遞世界的水資源需要大家共同參與保護的訊息。

我國環境保護署於 2003 年即籌劃參加第一屆世界水質監測日活動，共有超過 1,600 人參加活動，成果豐碩，分別在全國 61 條河川主支流 113 監測點檢測水質，監測數量超過 160 站次，在參與活動 24 個國家中，名列前茅，佔美國領土以外地區全球監測站次之 40%，成功將台灣進步形象推向國際舞台（<http://web2.epa.gov.tw/wmd/2005/actanno.htm>）。

水質監測項目包括溶氧、酸鹼值、濁度及溫度等 4 項水質參數。採用之方法及程序如圖 3-1、3-2、3-3、3-4。

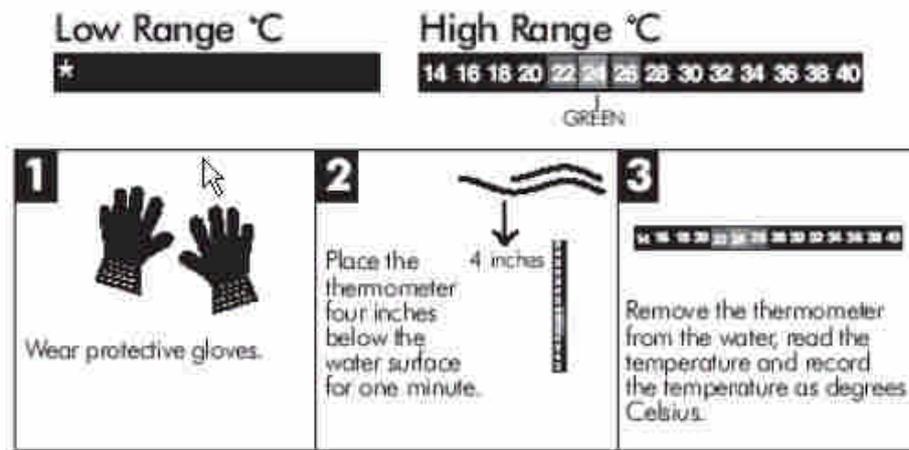


圖 3-1、溫度量測步驟流程圖

(<http://web2.epa.gov.tw/wmd/2005/wwmd-3.htm>)

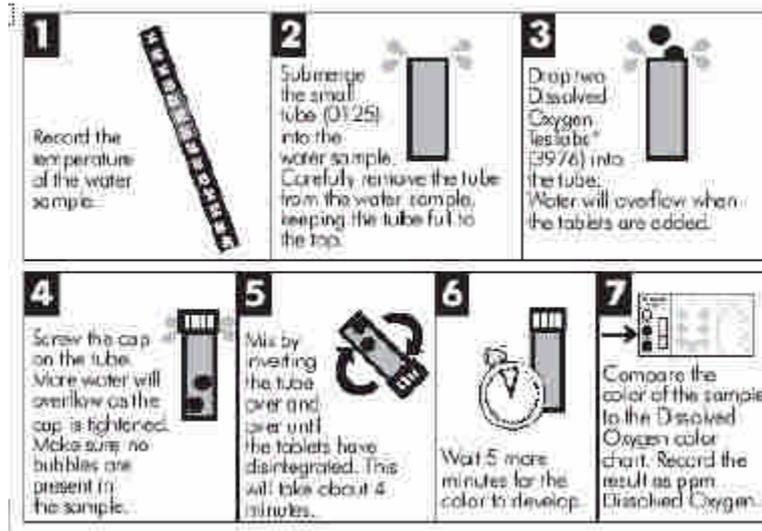


圖 3-2、溶氧檢測步驟示意圖

(<http://web2.epa.gov.tw/wmd/2005/wwmd-3.htm>)

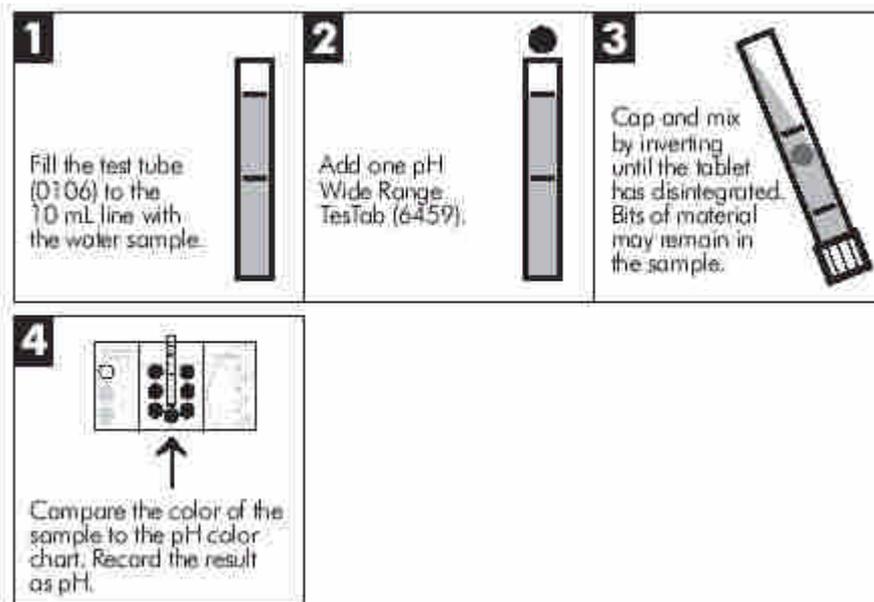


圖 3-3、pH 測定步驟示意圖

(<http://web2.epa.gov.tw/wmd/2005/wwmd-3.htm>)

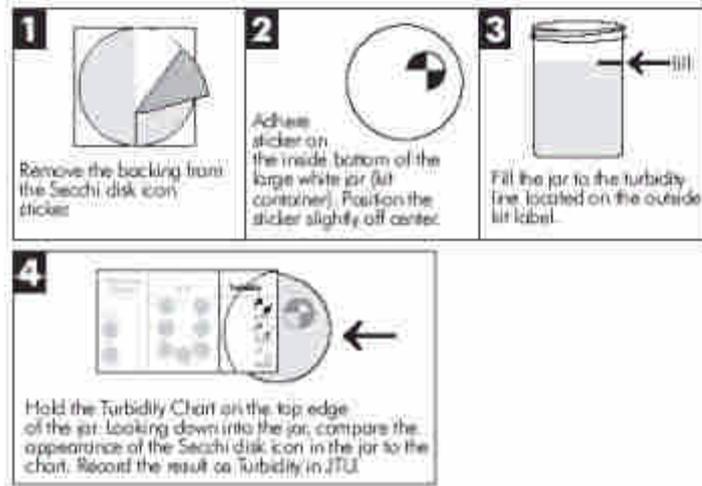


圖 3-4、濁度實驗步驟流程圖

(<http://web2.epa.gov.tw/wmd/2005/wwmd-3.htm>)

## 第二節 水體內含物與水中光線

本研究針對水體透視度進行研究，且採用的設備為沙奇盤，及其為基礎所設計之透視棒，並獲取其在可見光下之水下影像，因此，在探討海水之透視度狀況之前必須先瞭解水體中影響光線之相關因素。

光線在空氣中與在水中的特徵不同，在水下光線在短距離內就會因一連串與吸收、散射等之原理而被吸收殆盡，因此，有關於海水水體中有哪些主要的內含物會對於光線的行進有重大地影響，以及光線在水中行徑時產生的效應，即為分析沙奇盤及透視棒在水下隱沒之原因前之基礎。

本研究探討對象為海域，其水體內含物主要包含下列幾項，如圖 3-5：

(一) 黃色物質 (Colored Dissolved Organic Matter, CDOM)：生物體經過水解產生腐殖酸，使水變黃色；生物體包含動物及植物，而多為植物。

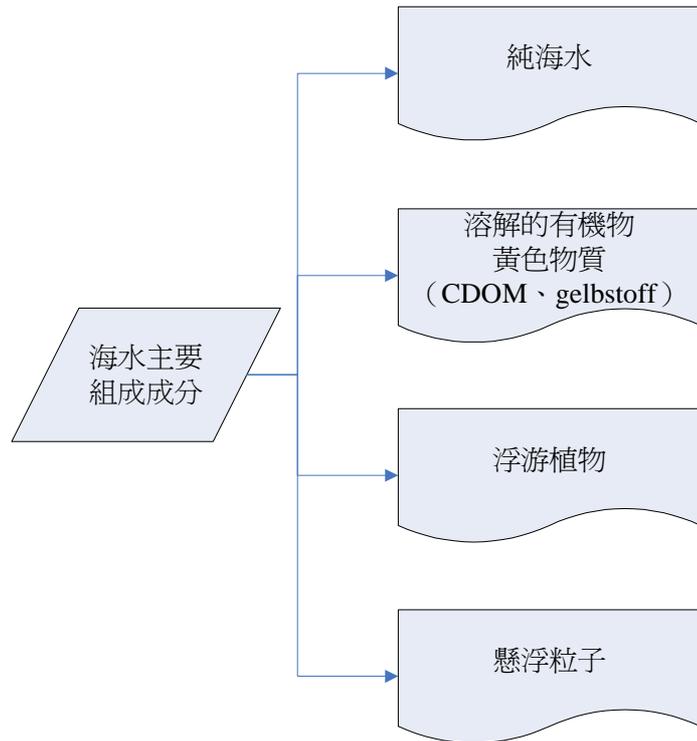


圖 3-5、水體內含物

(二) 純水

(三) 顆粒：泥、沙

(四) 浮游生物、藻類

而海域之水體又可分為深海水及深海水以外的水體，其中深海水一般歸類為第一類水，此種水體中浮游生物含量會主要地影響海水顏色，深海水以外的水體歸類為第二類水，此種水體主要為近岸海域水體、河口區之水體等，會受到人為活動及陸域自然環境物質之影響。

上述物質均會吸收或阻絕光線的行徑，不同的物質對於光線造成的效應不同，如泥沙等顆粒會阻絕光線的行徑，而如藻類則是會把光線吸收掉，其實，無論是吸收或阻絕光線，均會造成光線能量之減少，此即為沙奇盤或透視棒隱沒的原因，乃在於其與旁邊的背景（即水體）已經無法區分的關係。

若要直接量測水下某位置光線被吸收及被散射掉量化的數據，可以採用透光度計獲取吸收量，以  $a$  代表。而散射因是向四面八方散

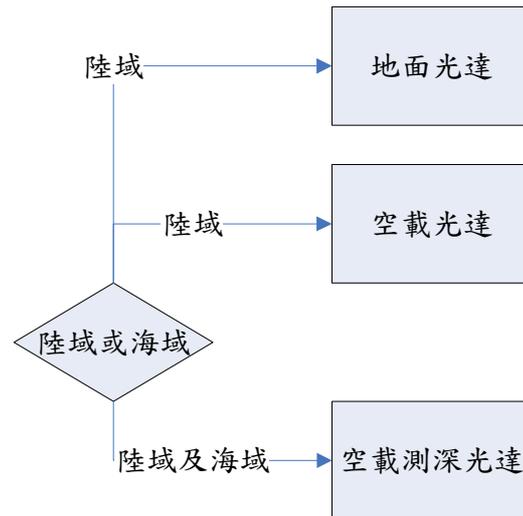
射，但其主要散射方向能會是朝向原來光線進入的反方向，此量可以使用背向散射計來獲得，以  $b_b$  代表，其中  $b$  代表散射的總量。

整個光線消失，又稱消光的作用，則可以用透光度計獲得，以  $c$  代表，消光與吸收、散射的關係式  $C=a+b$ ，因  $b$  與  $b_b$  之關係式為  $b=50*b_b$ ，故  $C=a+50b_b$ 。光的衰減量，以  $k$  代表，可使用光度計、照度計量度得。

## 第四章 測深光達

光達 (Light Detection and Ranging, Lidar) 為新發展之測量技術，本技術由全球定位系統 (Global Positioning System, GPS)、慣性導航系統 (Inertial Navigation System, INS) 及雷射技術組成。

目前光達的技術，主要有分三種系統，如圖 4-1：在陸域地形部分有二種、陸海域地形部分有一種。陸域地形部分：1、小範圍高密度可採用地面光達，又稱三維雷射掃描儀 (3D Laser Scanner)、地面雷射掃描儀，可用於崩塌地地層滑動監測、建立橋樑隧道建物模型、三維虛擬實境建置等領域；2、大範圍則可採用空載光達 (Airborne Lidar)



圍則可採用空載光達 (Airborne Lidar) 圖 4-1、光達應用領域

進行測量，可用於潮間帶地區測繪、數值地形模型建置等領域；陸海域地形部分：可採用空載測深光達又稱透水光達 (Airborne Bathymetric Lidar) 達成，其主要用在近岸且水質清澈之海域，可用於水淺且海域地形變化大具危險性之區域、珊瑚礁地形區域、亟近岸海域等。

由於本研究探討之主軸為海洋，本章先由瞭解與本中心業務密切相關之水深測量方法，進而探討空載測深光達技術在水深測量應用上的諸多先決條件、應用優勢、領域等。

## 第一節 水深測量方法

水深測量方法如圖 4-2 可分為直接測量與間接測量，直接測量即以設備上之刻畫直接獲取水深，間接測量，則指需要透過其他媒介之特性，方得以獲取水深值。直接測量方式可採用測深繩、測

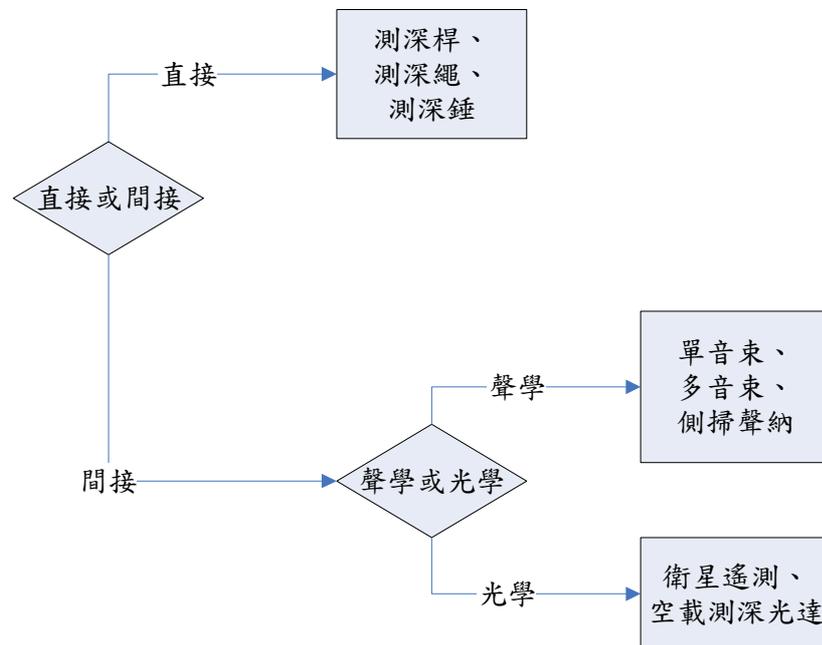


圖 4-2、水深測量原理與方法

深桿、測深錘等設備。間接測量主要有以聲學及光學兩種測深原理進行：以聲波為媒介之方式多採船隻為載具搭載聲納辦理之，主要有單音束、多音束、側掃聲納等儀器；以光波為媒介之方式多採人造衛星或飛機為載具搭載可接收電磁波訊號之感測器或光達系統等方法。

目前最廣泛應用的，仍是以船隻為載具搭載聲納辦理，在近岸水深較淺之海域，主要以單音束測深儀進行；在離岸水深較深之海域，則常採多音束測深儀及側掃聲納三種設備。聲納顧名思義即以聲音作為測深的媒介，其採用主動式發射聲波，聲波抵達海底後，則因反射效應而會回到音鼓，因此，聲波往返時間之半乘以水下聲速，即可獲致水深值。因聲納的強度較強，主要的能量傳遞方式，是採用共振行為，故並不似光線在水中傳遞時會受到水中物質的影響，且雖然聲音在水中行進時，會受到水深、壓力、水溫、鹽度之影響，然因相關作業已相當成熟，作業相關誤差之改正儀器如船隻姿態儀、聲速剖

面儀、溫鹽壓儀可改正大部分誤差。然而因船隻受到海面風浪影響過大時無法作業，尤其是季節性之長期影響，導致船測作業受到天候影響巨大。且在水深極淺的極近岸區，或是暗礁分佈區域，常使得船隻並不敢靠近。

採用光學測深，一般有人造衛星與飛機二種載具，採用衛星遙測的方式，主要有以可見光、脈衝雷射、波譜水深、合成孔徑雷達、雷射光等。以衛星為載具之優點是其週期性地通過地球上空，且遙測範圍相較船隻作業有其效率上的優勢，然而受雲層遮蔽之無法避免及預測問題，以及需通過大氣層之校正模式問題，不似聲學測深僅需考量水層之校正，不確定因素增加。空載測深光達則因飛航高度較低，且為主動式地發射綠光與近紅外光，可即時且視需求快速獲致水深資料。

## 第二節 空載測深光達

空載測深光達技術的特性，在其採用飛機作為載具，因此作業效率相較船載來的高。淺水區域採用空載光達與船載多音束涵蓋示意圖如圖 4-3。

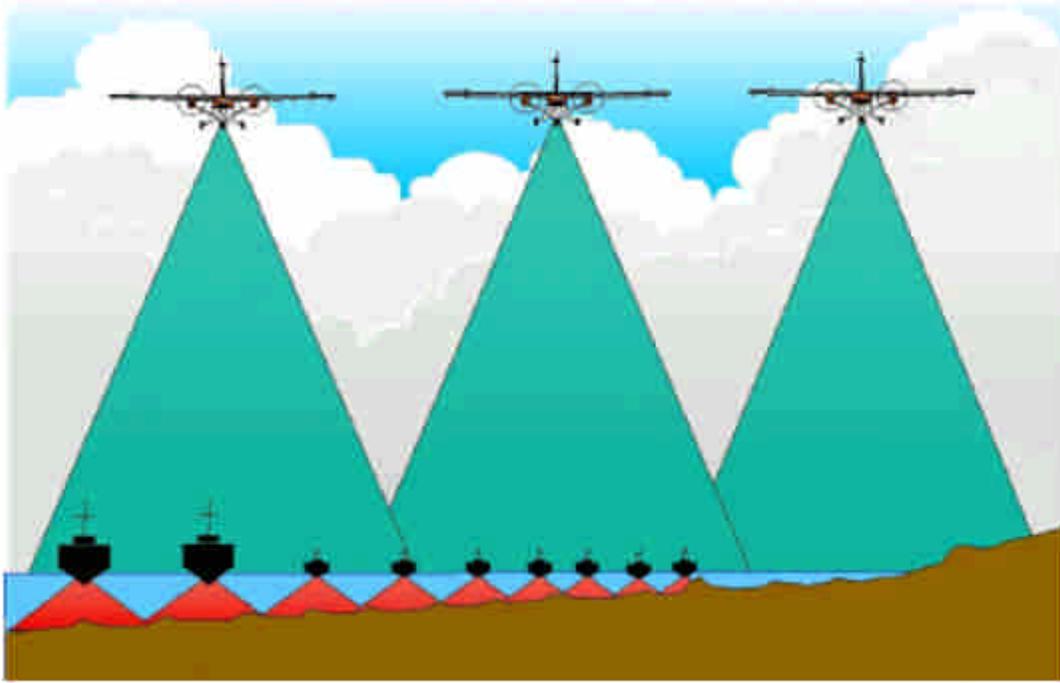


圖 4-3、淺水區域採用空載光達與船載多音束涵蓋示意圖 (Guenther et al., 2000)

在雷射、光學及電子學的發展下，空載測深光達技術方得以進展，此技術多使用近紅外與綠或藍光，綠光乃用於偵測海底深度，近紅外光則用以偵測海水面之位置。綠光在海水中的散射效應示意圖如圖 4-4。其已被美國、加拿大、澳洲等國廣泛使用於海域測量工作，在夏威夷群島可測至海下 50~60 公尺深之地形，測深光達之發展潛力由此可見。

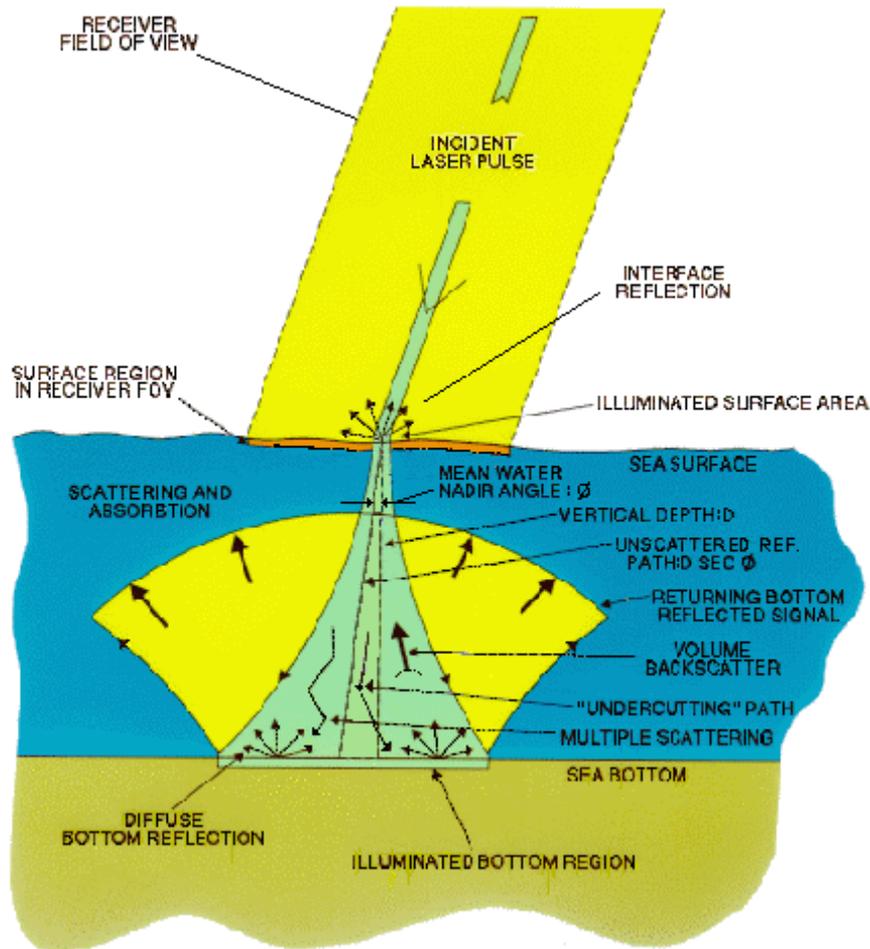


圖 4-4、綠光在水中的散射特性 (Guenther et al., 2000)

因空載測深光達關鍵的測深技術，採用綠光進行，我們可以由圖 4-4，因此，可直觀地瞭解到水體的透視度即為其測深的主要限制，因空載測深光達目前世界主要之商用系統有澳洲 Tenix 的 LADS 系統與加拿大 Optech 的 SHOALS 系統，儀器設備均距離臺灣遙遠，且作業費用昂貴，因此於全臺灣進行透視度之瞭解有其之必要。

## 第五章 資料蒐集與成果分析

本章針對資料蒐集設備之研發緣起與設計裡面背景進行闡述，後針對所規劃之基礎資料蒐集集作業加以說明，後再呈現數值分析技術使用流程與軟體，最後針對外業調查資料配合內業軟體，配合所分析之成果以表格內容方式表現，並分析相關性。

### 第一節 沙奇盤與透視棒

沙奇盤為一古老之作業設備，雖然發明已久，卻仍被廣泛地運用。

影響透視度最主要的原因如下：水中微小顆粒將光線吸收和反射效應、入射光被在水中之有顏色的有機溶解物及微粒狀物質所吸收、入射光被懸浮有機粒子如細菌、浮游植物、岩屑、碎石與懸浮礦物質如泥土、黏土、方解石（Stemberger and Miller, 2003）。

其使用海下光學原理，所獲致的透視度成果仍具有相當之參考性。

然在本研究過程中，卻發現此設備，在實際作業時的一些問題，如只能獲取隱沒之深度，可提供分析資訊有限，又需在定點作業，若沙奇深度 10 公尺以上，不僅繩子會受到海流影響而無法量的準確...等。因此本研究改良原本作業方式，又改良了作業設備，可獲取連續性之觀測資料，又可分析得透視度與水深關係，且可不需在定點停留，茲介紹如下。

#### 一、透視度水深關係

一般採用沙奇盤的作業方式，乃直接將沙奇盤下降至隱沒時，記錄該處之水深，並無針對水面至隱沒水深之間之透視度狀況進行記

錄，此乃因原本之觀測者為人眼，並無法量化地描述透視度狀況。因本研究採用數值調查設備記錄沙奇盤水下影像，因此認為從沙奇盤在水面下降至隱沒時之間之透視度狀況，有紀錄的必要，因其可間接瞭解到不同水層之光線量，隱含著該處之水體內含物與水體狀況。

實驗設計由等間距地紀錄沙奇盤水下影像開始，首先將沙奇盤下降至隱沒點，紀錄水深，視情況設計間距，一般約 4~5 個等間距之深度，逐次依據該間距下降沙奇盤，並同時拍攝水下影像。分別針對沙奇盤的白色與黑色部分，獲致灰度值，並將之分別迴歸後，即可獲得透視度與水深之關係。

## 二、連續之資料內容

在透視度水深的實驗過程中，因仍需要先獲取該處之沙奇深度，且雖然等間距地拍攝沙奇盤水下影像，仍然有其不方便性，希望能改良為 1 次之拍攝結果，即可獲得水下整體之透視度情形。

因此採用與沙奇盤相同之原理，然改良形狀為長條形，因其可獲取水下透視度，稱之為透視棒。

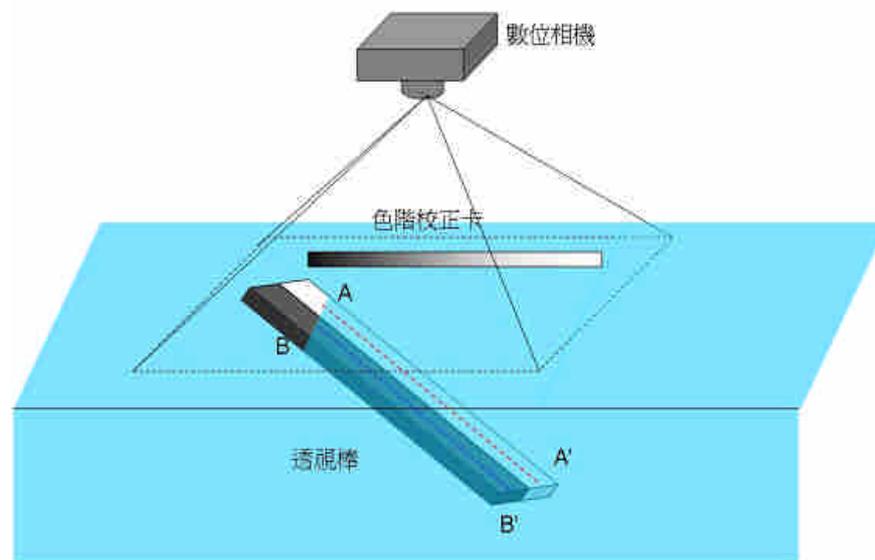


圖 5-1、水下透視棒偵測示意圖 (李佩珊等, 2007)

## 三、效率

以沙奇盤作業之方法需要在定點停留，將沙奇盤向下垂降，並在沙奇盤隱沒時，記錄水深，再將沙奇盤拉起至可辨別之瞬間，再記錄一次水深，兩次之平均，方為所採用之沙奇深度，原因為再次確認沙奇盤隱沒之水深，且亦可避免讀數錯誤。然而要獲取離岸之透視度，若採用沙奇盤配合一般在海上作業之船隻，勢必將因停泊造成不必要之浪費，採用本研究設計之透視棒，應可較方便地配合作業船隻在執行原本作業之餘，快速地獲取海水透視狀況。

## 第二節 標準作業程序

因目前市售數位相機均有自動曝光的功能，相機常會選擇光圈儘量全開的模式拍攝，拍攝成果也因此無法加以控制變因，為確保各次作業能依照前述率定方法進行外業調查，訂定標準作業程序如下，設備如圖：

一、率定設備如圖 5-2，採用照度計測得環境之照度值，以位數多者佳，作為爾後查證相機曝光正確與否之依據。

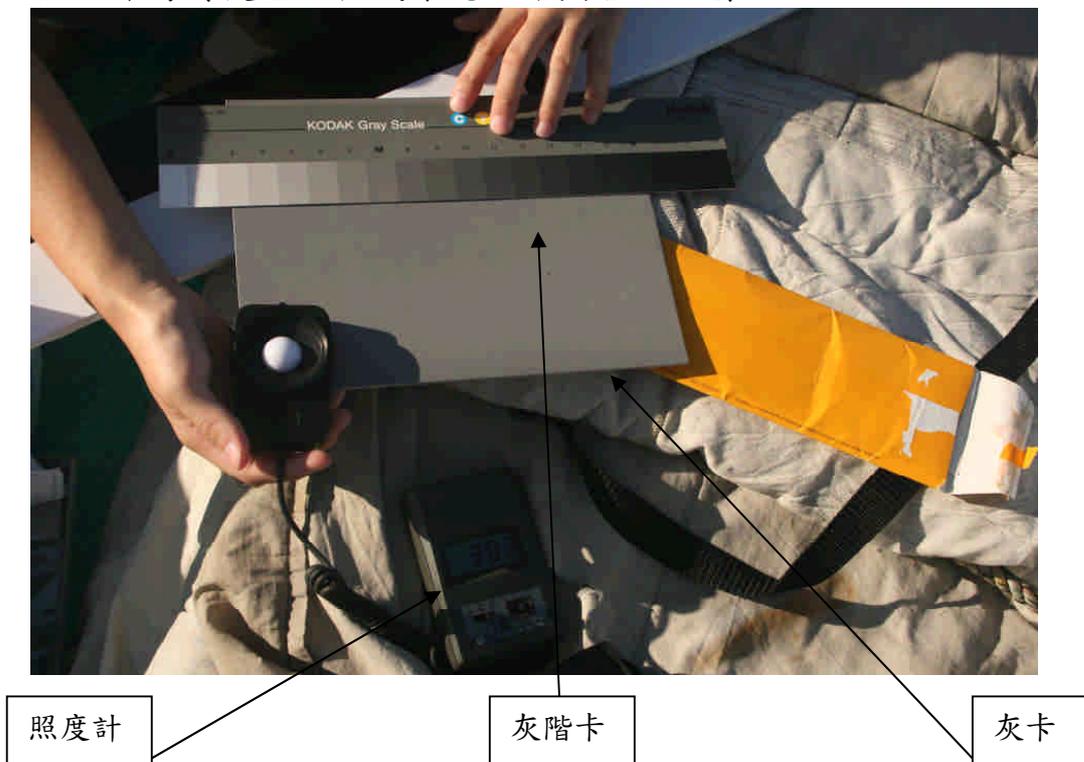


圖 5-2、率定設備

二、依據先前率定成果，將光圈固定為 F8，如圖 5-3。



圖 5-3、設定光圈

三、感光度 ISO200，如圖 5-4，在環境較亮的狀況下，可設定為 100，較暗的狀況下，則設定為 400 或 800，基本上不建議採用 1600，因雜訊會越多，感光度強，拍攝時間越短。



圖 5-4、設定感光度

四、灰卡放置於所要拍攝之地點，手持相機垂直對準灰卡，測光時灰卡儘量佔滿整個畫面以求曝光正確，若拍攝地點為太陽直射，則以相機拍攝灰卡時，灰卡上儘量不要有陰影為佳。將設定為 AV，如圖 5-5，眼睛貼住觀景窗記住快門速度，避免因眼睛離開相機後光度改變，以相機本身之測光表，測得正確之曝光值(快門速度)。



圖 5-5、設定至 AV 模式

五、若發現此時快門速度慢於 1/50 秒，如圖 5-6，則提高感光度至 400 或 800，因若沒有使用腳架，會有手震問題，故速度不要太慢。



圖 5-6、確認快門速度

六、將所記得之曝光值，調整到 M 模式，設定之顯示如圖 5-7 及設定位置 5-8，移動滾輪將快門速度調整至正確數值。



圖 5-7、設定快門速度

圖 5-8、設定至 M 模式

七、數位像機參數之光圈，鏡頭焦距調整約 35mm、45mm 或 55mm，如圖 5-9，並需視實際狀況調整，拍攝沙奇盤時原則上用 45mm，拍攝透視棒原則上用 55mm，以拍攝到完整之透視棒影像，以數位像機能捕捉完整全段水下影像為原則，沙奇盤則以能儘量捕捉到填滿 1/2 畫面為原則。



圖 5-9、調整焦距

八、物距調整：

先設定至 AF 後，如圖 5-10，假設（照相機至水面距離）加上（透視深度）為  $X$ ，尋找一接近距離  $X/2$ ，以相機對準該物體，半按快門後，如圖 5-11，將物距設定至 MF，如圖 5-12。



圖 5-10、設定至 AF 模式



圖 5-11、半按快門



圖 5-12、設定至 MF 模式

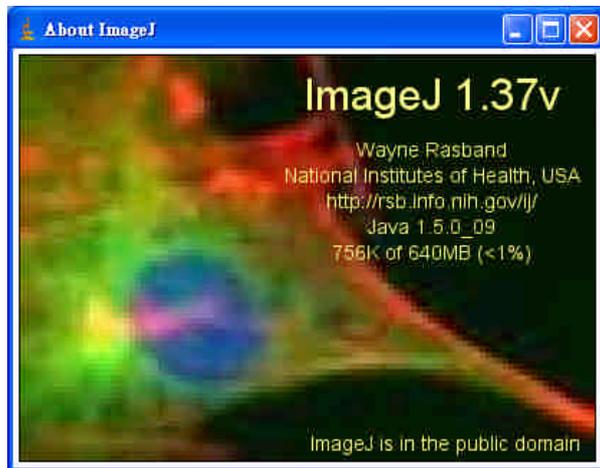
九、以所設計之水深間距拍攝水下沙奇盤影像或以所設計之水面與透視棒夾角拍攝水下透視棒影像。

### 第三節 數值分析技術

經採用本章第一節設計之沙奇盤調查作業程序以及所研發之透視棒，配合數值調查設備記錄之沙奇盤及透視棒之水下影像，再經由本節之數值分析技術，針對上述設備水下影像進行分析，以獲取透視度水深之關係式。茲針對數值分析技術所採用之相關原理、軟體與方法作一介紹。

- 一、分析對象：沙奇盤等間距之水下影像、透視棒與水面成 45 度夾角之水下影像。
- 二、原理：沙奇盤與透視棒，不論在人眼觀察下，或在數值記錄影像下消失的原因，乃因其與週邊環境以無法分辨兩者，即兩者之對比消失，或可說兩者之灰度值變成一致，分析乃採用此原理，即經由量測得灰度值，用二次式或一次式等數學函式進行迴歸，即可獲取透視度水深關係式。
- 三、軟體：

(一) 為獲取沙奇盤及透視棒之水下影像之灰度值，運用由美國 National Institute of Mental Health 機構內研究員 Wayne Rasband 利用 Java



程式語言開發之

圖 5-13、ImageJ 軟體

ImageJ 免費共享之影像處理軟體，如圖 5-13，作為圖面灰度值量測及統計的工具，此影像處理軟體之優點在可任意選定一條剖面線，或圈選一塊規則或不規則之區域後，分析獲取該區塊內之

影像灰度直方圖或剖面圖，並可將所有統計分析結果輸出成文字檔。

(二) 為將沙奇盤、透視棒分析得之灰度值進行迴歸，採用下列迴歸原理計算，函數式有二個未知參數  $x$  與  $y$ 。輸入水深值、亮部與暗部灰度值，即為  $x$  值和  $y$  值。所要預測之新值則利用線性迴歸法求得。

(三) 為將迴歸

之方程  
式求取  
隱沒點  
之資  
訊，採  
用  
Mathem  
atica 軟  
體進行



圖 5-14、Mathematica 軟體

分析，如圖 5-14。

#### 四、方法：

(一) 沙奇盤水下影像：

- 1、以 ImageJ 開啟所拍攝之影像。
- 2、使用橢圓形圈選工具 (Elliptical or brush selections) 圈選出整個沙奇盤的範圍，若沙奇盤受到水面其他物質等的遮蔽，則可採用徒手圈選 (Freehand selections) 不規則範圍。
- 3、使用分析 (Analyze) 工具中的直方圖 (Histogram) 分析 2 中圈選出範圍內之影像。
- 4、量測亮部與暗部之灰度值。

5、重複 1~4 項工作，直至所有等間距之水下沙奇盤影像均分析完畢。

6、記錄水深與亮部、暗部灰度資料，進行迴歸。

(二) 透視棒水下影像：

1、以 ImageJ 開啟所拍攝之影像。

2、使用直線圈選工具 (Straight line selections) 針對透視棒亮部及暗部分別進行描繪。

3、使用分析 (Analyze) 工具中的剖面圖 (Plot Profile) 針對 2 項所描出之線型進行分析。

4、獲致灰度值。

5、可以列出 (List) 功能看到 4 中所有點表之灰度。

6、可用儲存 (Save) 將 5 中灰度值儲存成 txt 檔案。

7、將 6 項內容進行迴歸。

## 第四節 外業調查紀錄表及迴歸分析成果

針對所設計之紀錄表各欄位進行說明，並呈現 14 各縣市外業調查與分析成果，及比較觀測透視度與沙奇盤分析與透視棒分析結果。

### 一、紀錄表說明

為充分記錄資料分析所需資訊，設計 2 份外業紀錄表：「海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表」與「透視棒水下影像調查表」，並依據外業調查資料，將分析結果彙整至 2 種迴歸分析成果表「沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果」及「透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果」。以下針對各紀錄與分析表內容介紹：

#### (一) 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

本表為記錄作業之縣市、港區、日期、時間、現場調查人員、現場調查人員分別判斷沙奇盤隱沒之水深，不同人員判釋沙奇盤隱沒之水深之平均，該處實際水深、依據沙奇盤隱沒深度設計之沙奇盤水下影像拍攝間距，及針對等間距所拍攝之沙奇盤水下影像配合之水深，使用 ImageJ 軟體圈選出沙奇盤範圍、分析之影像亮度分布直方圖、亮部與暗部之灰度值之記錄等資訊。

#### (二) 沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

本表主要為將海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表所分析得知亮部與暗部值，進行迴歸後，獲致之迴歸方程式，及以 Mathematica 軟體分析獲致隱沒之水深值。

#### (三) 透視棒水下影像調查表

本表為與沙奇盤調查地點同時採用本研究所研發之透視棒，將透視棒與水面呈 45 度夾角下，所拍攝之水下影像，以 ImageJ 軟體分析，獲取灰度值剖面圖成果、並附上光學率定照片。

#### (四) 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

本表主要為將透視棒水下影像調查表所分析之亮部灰度值，進行迴歸後，獲致之迴歸方程式，並以 Mathematica 軟體分析，所獲致之預測的隱沒之水深值。

## 二、沿海 14 個縣市之分析成果

針對高雄、屏東、台東、花蓮、宜蘭、臺北、桃園、新竹、苗栗、臺中、臺南、雲林、彰化、嘉義縣實地使用沙奇盤、透視棒配合數位調查設備拍攝之水下影像，以及分析成果。

(一) 高雄縣

高雄縣市漁港分佈及針對高雄縣分析中芸港之位置，如圖 5-15，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-1、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-2、透視棒水下影像調查表如表 5-3、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-4。

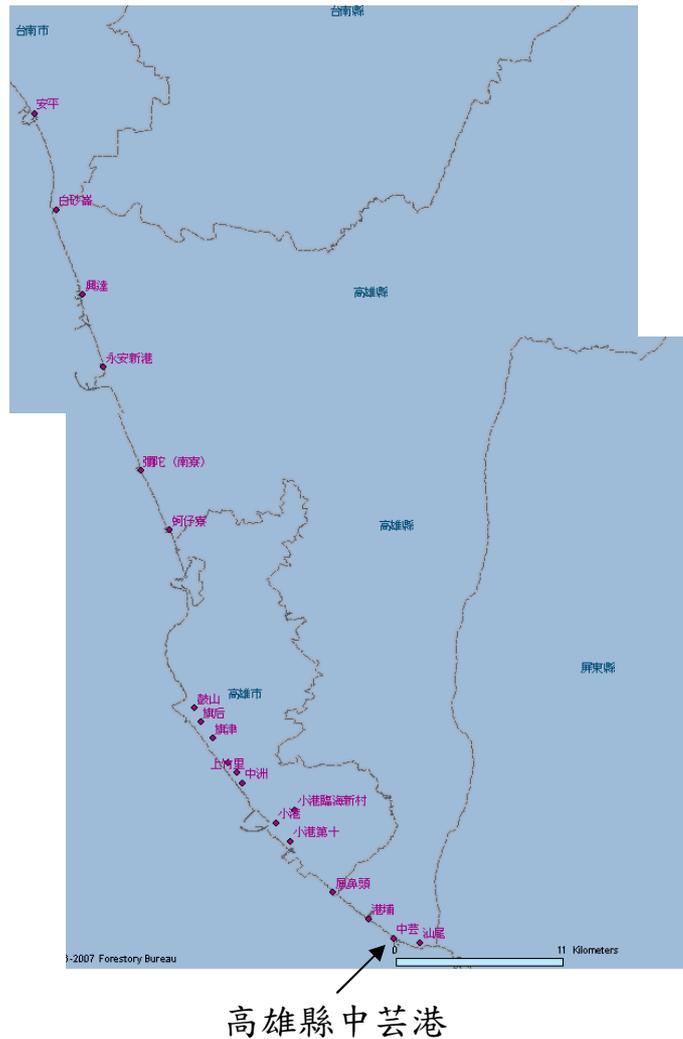


圖 5-15、高雄縣市漁港分佈與高雄縣中芸港所在位置

(<http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?Layers=01&ActiveLayer=1>)

表 5-1、高雄縣中芸港海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

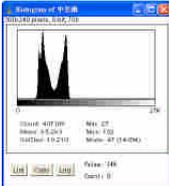
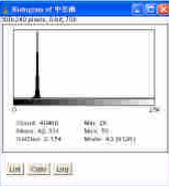
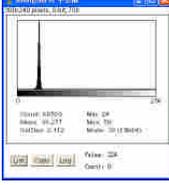
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	高雄縣—中芸港		日期 時間	96年11月16日 10:35
原始觀測 透視深度(m)	0.8	0.8	調查 人員	鍾文彥、李謀元、 許吉川
平均透視 深度(m)	0.8		測點 水深(m)	6.0
拍攝間距(m)	0.2			
沙奇盤水下影像				
深度 (m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.2			90	45
0.4			53	44
0.6			45	42
0.8			40	39

表 5-2、高雄縣中芸港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

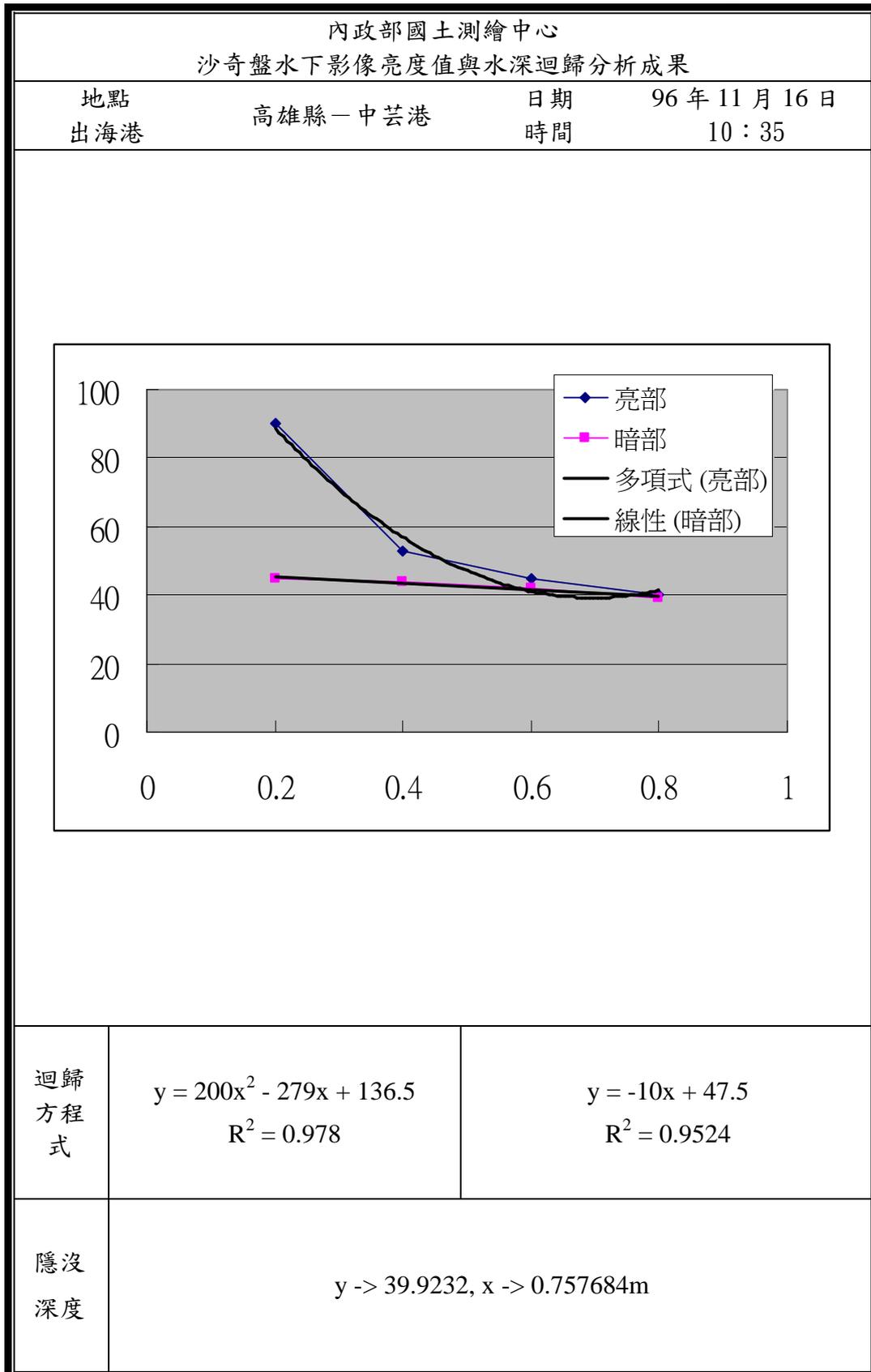


表 5-3、高雄縣中芸港透視棒水下影像調查表

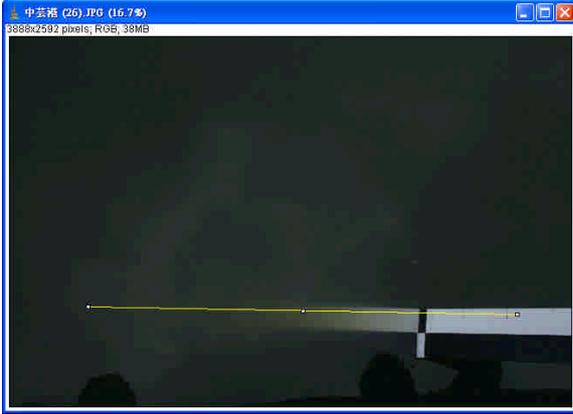
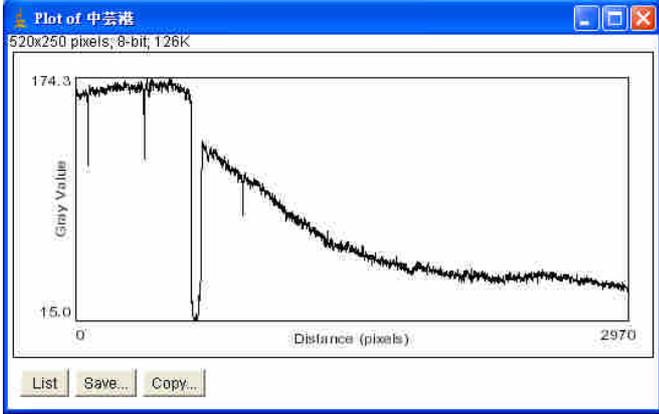
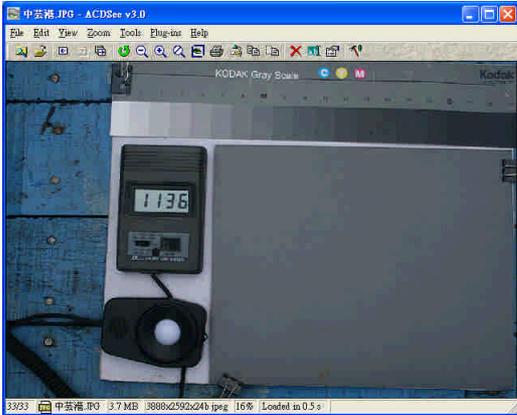
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表	
地點 出海港	高雄縣—中芸港 日期 時間 96年11月16日 10:35
透視棒水下影像	
角度	45°
透視 棒影 像分 析	
影像 亮度 分布 圖	
灰卡 率定 照片	

表 5-4、高雄縣中芸港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

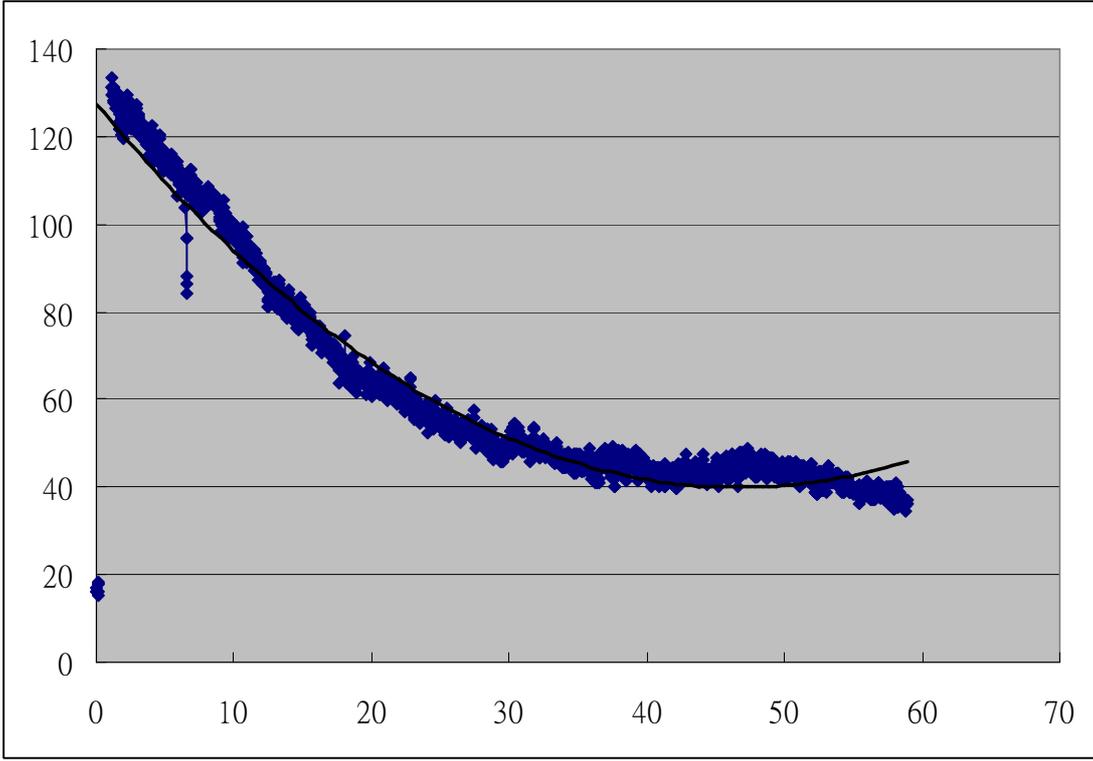
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	
地點 出海港	高雄縣—中芸港
日期 時間	96年11月16日 10:35
角度 45°	迴歸分析成果
	
迴歸 方程式	$y = 0.0402x^2 - 3.7513x + 127.42$ $R^2 = 0.9113$
隱沒 深度	X=39,y=46.8cm



表 5-5、屏東縣枋寮漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

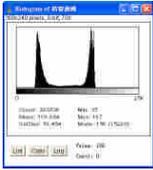
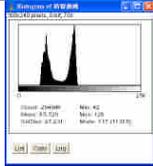
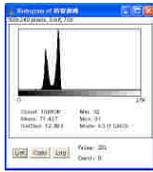
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	屏東縣—枋寮漁港		日期 時間	96年11月6日 13:18
原始觀測 透視深度(m)	1.8	1.8	調查 人員	李謀元、許吉川
平均透視 深度(m)	1.8		測點 水深(m)	3.5
拍攝間距(m)	0.3			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.3			157	46
0.6			116	56
0.9			83	56
1.2			60	51
1.5			50	49
1.8			46	46

表 5-6、屏東縣枋寮漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果		
地點 出海港	屏東縣－枋寮漁港	日期 時間
		96年11月6日 13:18
迴歸方程式	$y = 54.96x^2 - 189.32x + 209.1$ $R^2 = 0.9996$	$y = -14.484x^2 + 27.94x + 41.1$ $R^2 = 0.7074$
隱沒深度	y -> 46.067, x -> 1.7309	

表 5-7、屏東縣枋寮漁港透視棒水下影像調查表

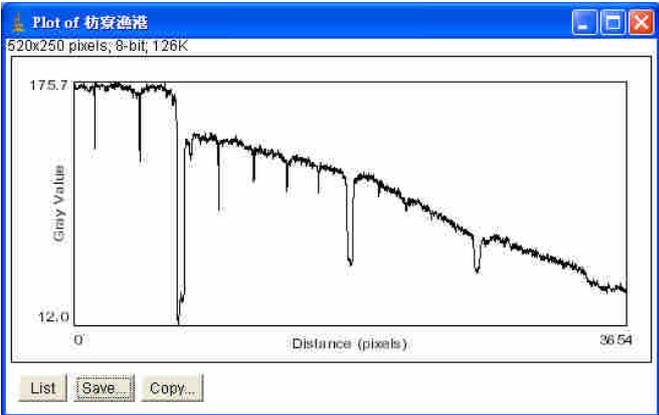
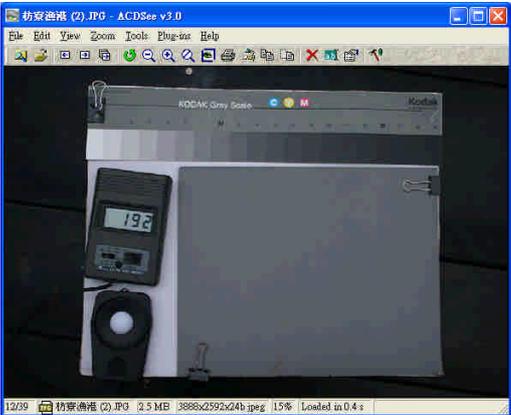
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表			
地點 出海港	屏東縣—枋寮漁港	日期 時間	96年11月6日 13:18
透視棒水下影像			
角度	45°		
透視 棒影 像分 析			
影像 亮度 分布 圖			
灰卡 率定 照片			

表 5-8、屏東縣枋寮漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	
地點 出海港	屏東縣—枋寮漁港
日期 時間	96年11月6日 13:18
角度 45°	迴歸分析成果
迴歸方程式	$y = -0.0036x^2 - 0.6717x + 140.24$ $R^2 = 0.9142$
隱沒深度	y -> 46., x -> 93.4434cm

### (三) 台東縣

台東縣漁港分佈及針對台東縣分析長濱漁港之位置，如圖 5-17，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-9、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-10、透視棒水下影像調查表如表 5-11、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-12。

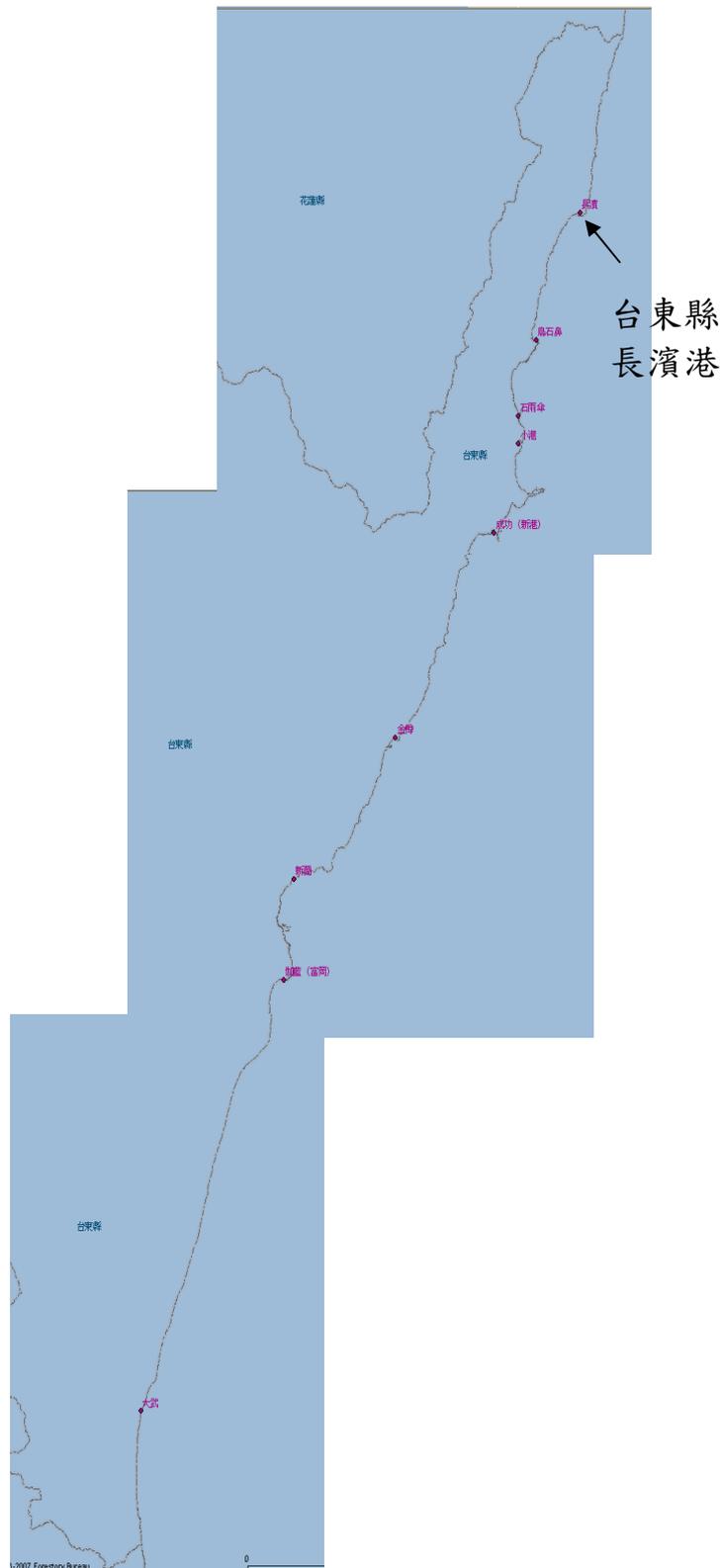


圖 5-17、台東縣漁港分佈與長濱港所在位置

(<http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?Layers=01&ActiveLayer=1>)

表 5-9、台東縣長濱港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

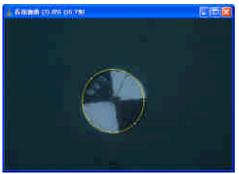
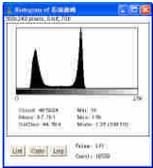
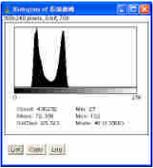
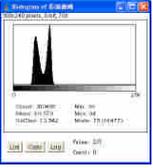
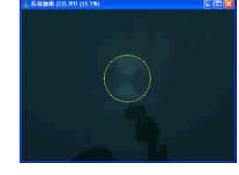
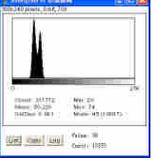
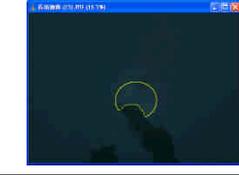
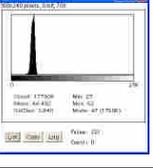
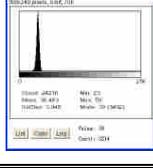
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	台東縣—長濱港		日期 時間	96 年 10 月 15 日 17:16
原始觀測 透視深度(m)	1.4	1.3	調查 人員	李謀元、許吉川
平均透視 深度(m)	1.35		測點 水深(m)	3.0
拍攝間距(m)	0.2			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.2			136	40
0.4			101	45
0.6			76	46
0.8			58	45
1.0			45	45
1.2			44	44

表 5-10、台東縣長濱港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

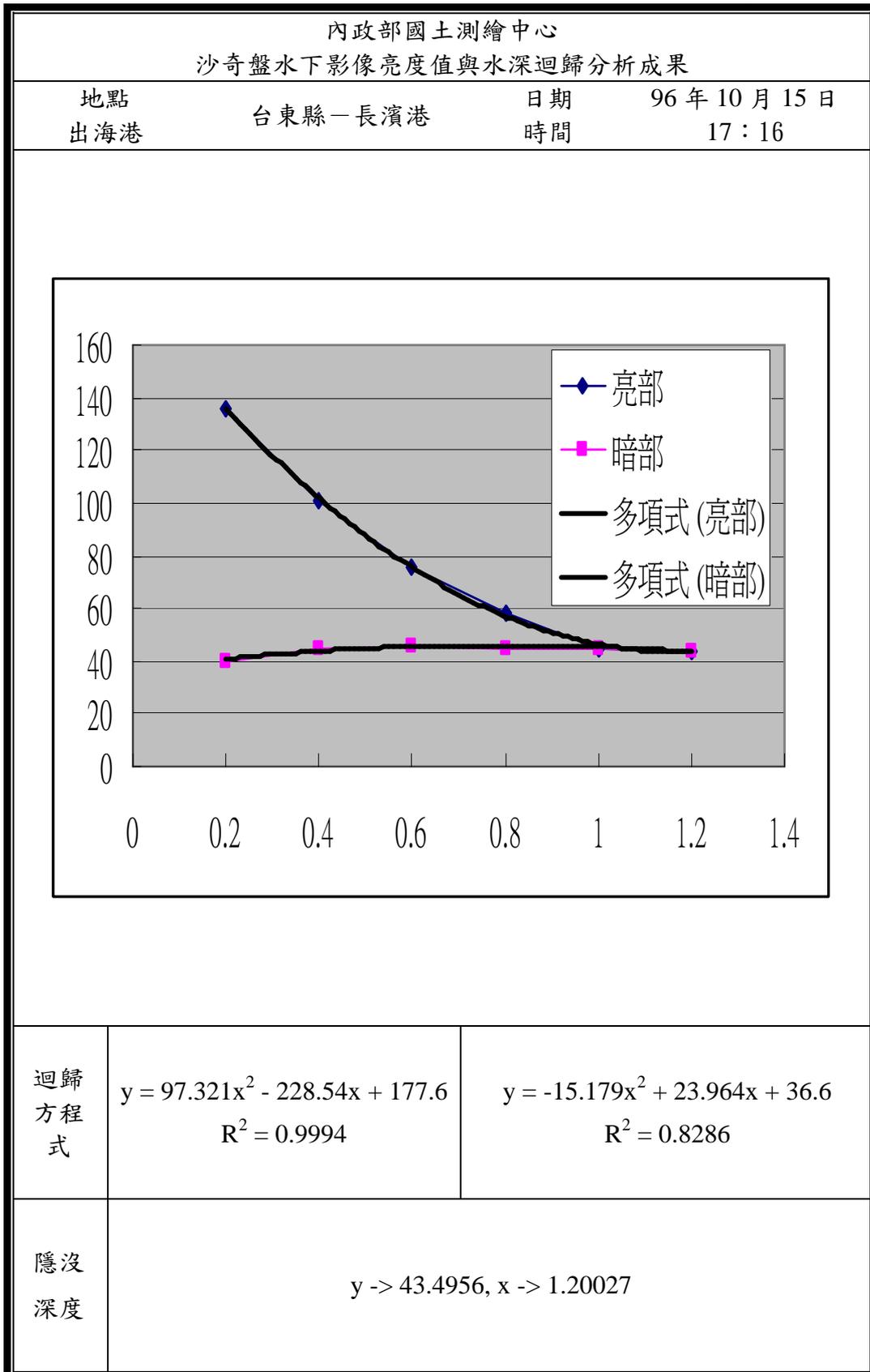


表 5-11、台東縣長濱港透視棒水下影像調查表

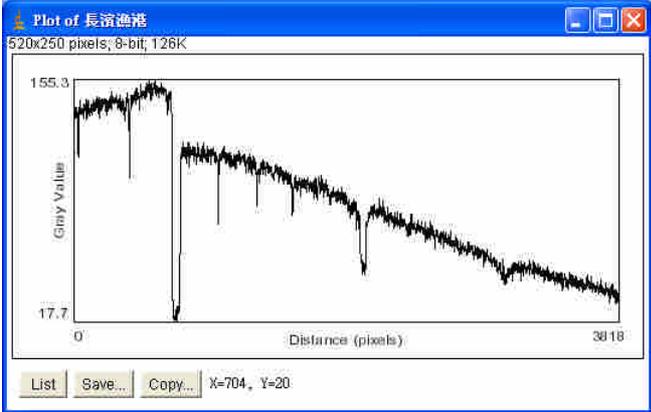
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表			
地點 出海港	台東縣—長濱港	日期 時間	96年10月15日 17:16
透視棒水下影像			
角度	45°		
透視 棒影 像分 析			
影像 亮度 分布 圖			
灰卡 率定 照片			

表 5-12、台東縣長濱港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果			
地點 出海港	台東縣—長濱港	日期 時間	96年10月15日 17:16
角度 45°		迴歸分析成果	
迴歸方程式	$y = 0.0012x^2 - 1.0705x + 120.6$ $R^2 = 0.9634$		
隱沒深度	$y \rightarrow 20., x \rightarrow 108.253$		

#### (四) 花蓮縣

花蓮縣漁港分佈及針對花蓮縣分析花蓮漁港之位置，如圖 5-18，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-13、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-14、透視棒水下影像調查表如表 5-15、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-16。

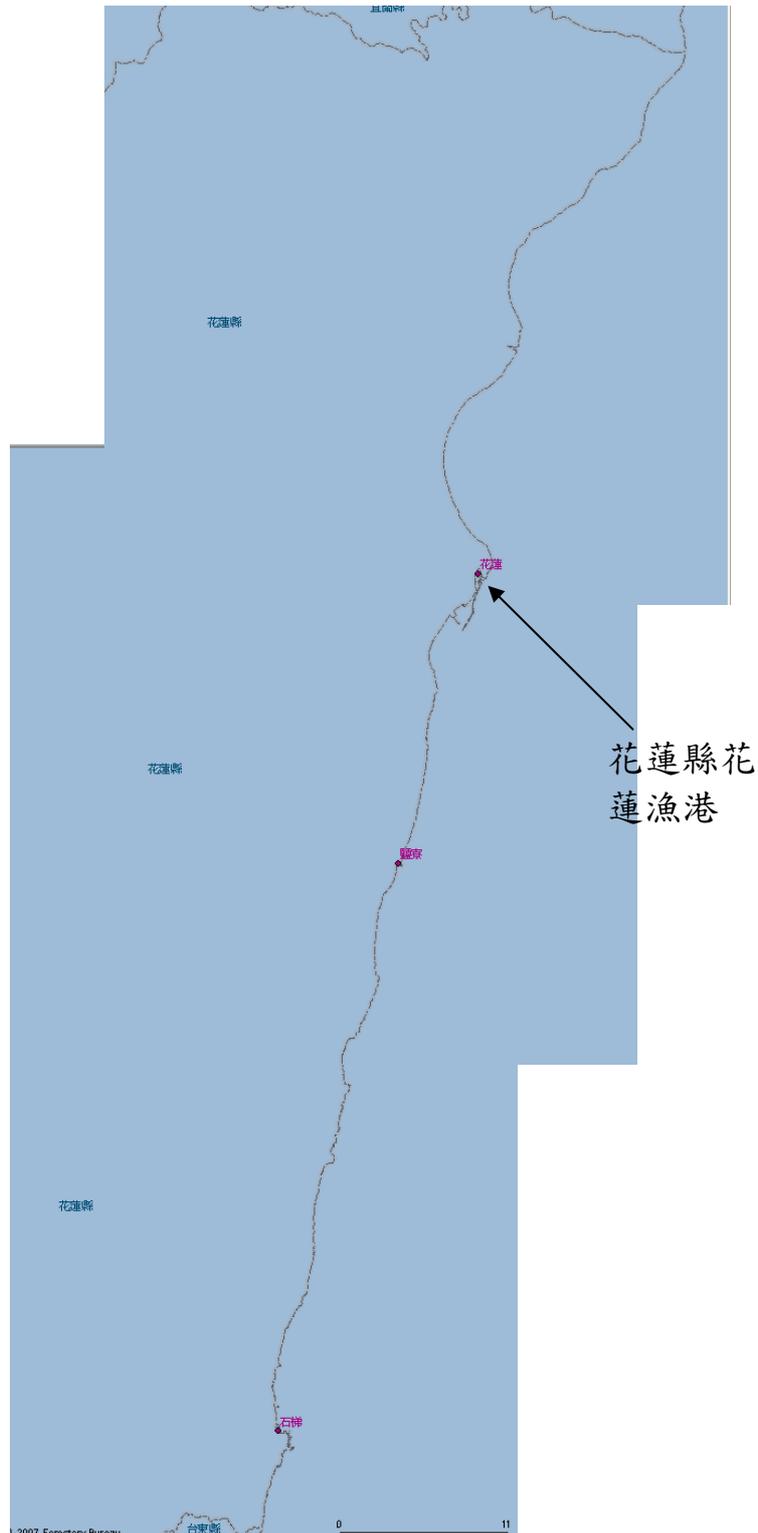


圖 5-18、花蓮縣漁港分佈與花蓮漁港所在位置

(<http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?Layers=01&ActiveLayer=1>)

表 5-13、花蓮縣花蓮漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

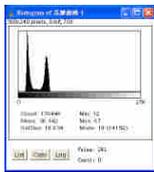
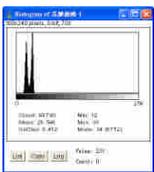
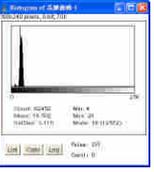
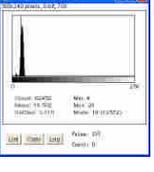
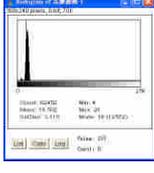
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	花蓮縣—花蓮漁港		日期 時間	96 年 10 月 15 日 08:35
原始觀測 透視深度(m)	2.5	2.5	調查 人員	李謀元、許吉川
平均透視 深度(m)	2.5		測點 水深(m)	5.0
拍攝間距(m)	0.5			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.5			58	19
1.0			34	20
1.5			20	18
2.0			20	20
2.5			20	20

表 5-14、花蓮縣花蓮漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果		
地點 出海港	花蓮縣－花蓮漁港	日期 時間
		96年10月15日 08:35
迴歸 方程式	$y = 16.857x^2 - 67.971x + 86.8$ $R^2 = 0.987$	$y = -0.8571x^2 + 3.5714x + 17.4$ $R^2 = 0.9821$
隱沒 深度	$y \rightarrow 21.0236, x \rightarrow 2.41942$	

表 5-15、花蓮縣花蓮漁港透視棒水下影像調查表

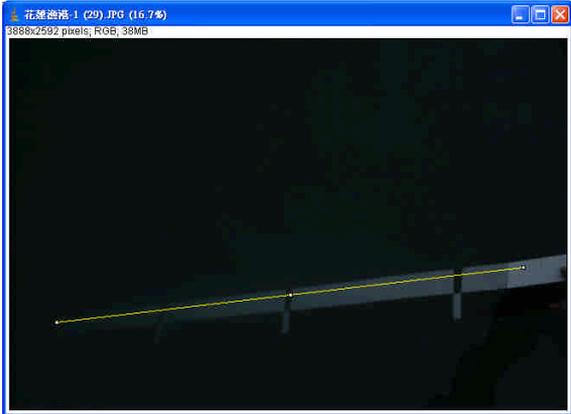
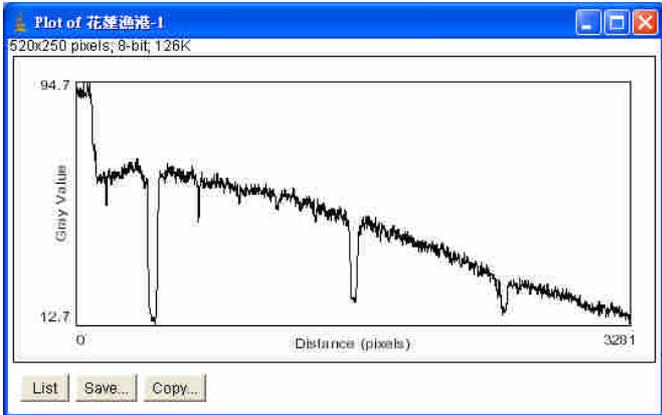
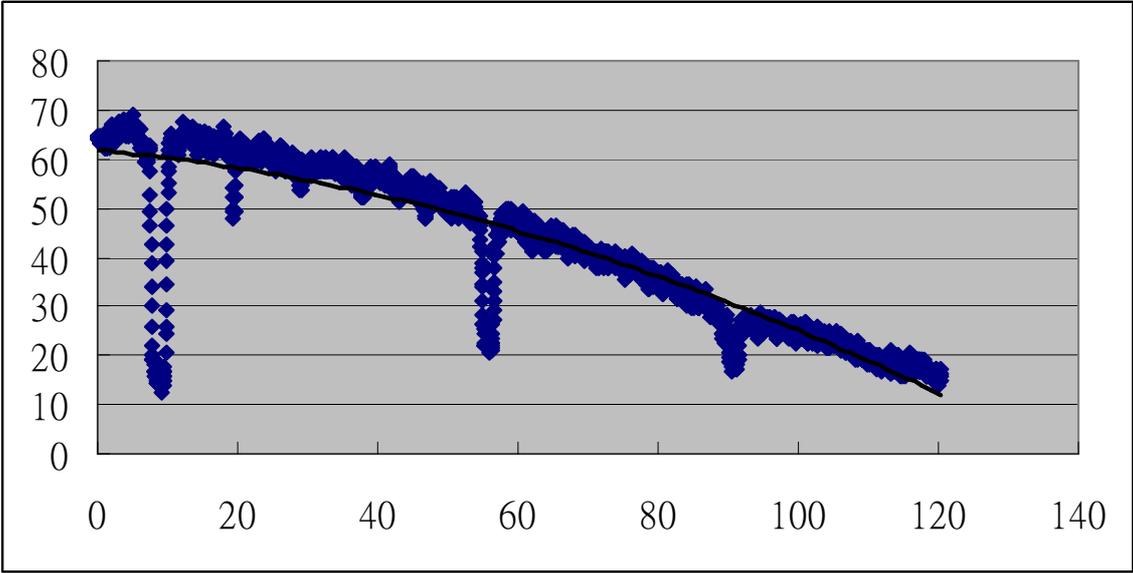
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表			
地點 出海港	花蓮縣－花蓮漁港	日期 時間	96年10月15日 08:35
透視棒水下影像			
角度	45°		
透視 棒影 像分 析			
影像 亮度 分布 圖			
灰卡 率定 照片			

表 5-16、花蓮縣花蓮漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果			
地點 出海港	花蓮縣－花蓮漁港	日期 時間	96年10月15日 08:35
角度 45°	迴歸分析成果		
			
迴歸方程式	$y = -0.0023x^2 - 0.1374x + 61.827$ $R^2 = 0.8061$		
隱沒 深度	$y \rightarrow 20., x \rightarrow 106.749\text{cm}$		

### (五) 宜蘭縣

宜蘭縣漁港分佈及針對宜蘭縣分析烏石漁港之位置，如圖 5-19，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-17、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-18、透視棒水下影像調查表如表 5-19、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-20。

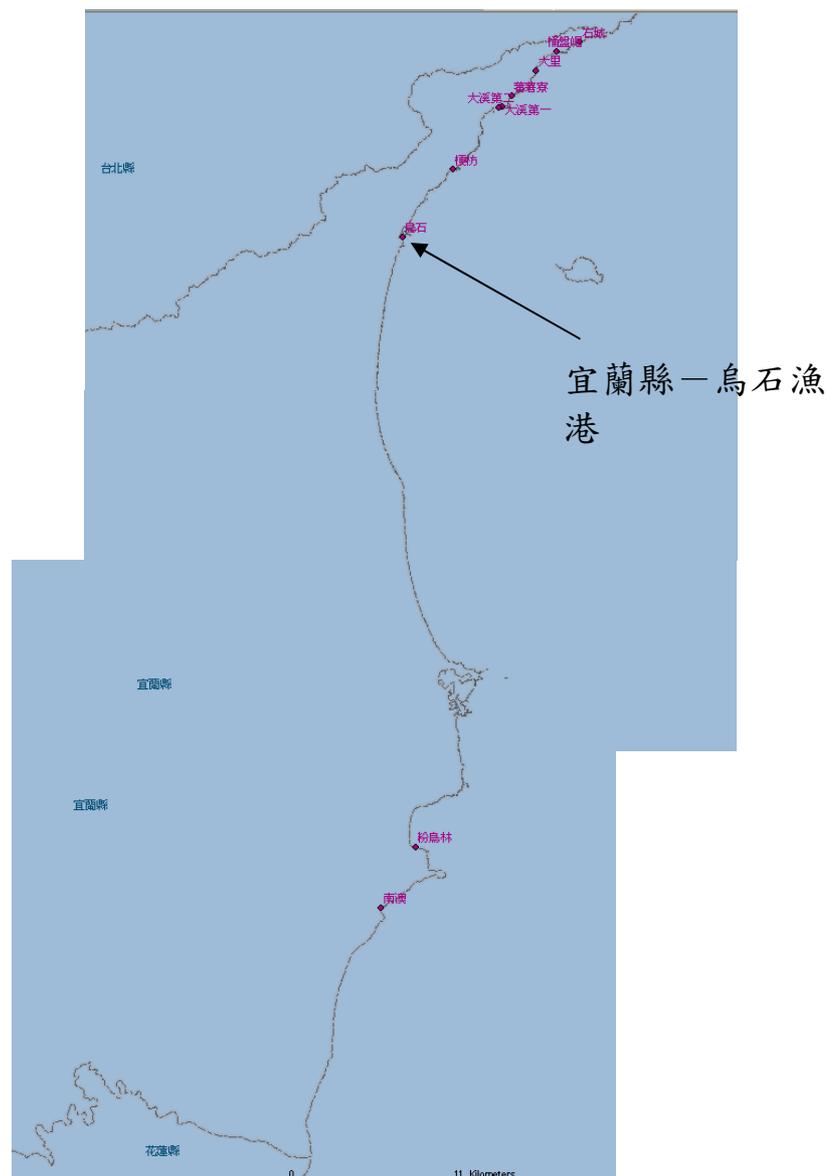


圖 5-19、宜蘭縣漁港分佈與烏石漁港所在位置

(<http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?Layers=01&ActiveLayer=1>)

表 5-17、宜蘭縣烏石漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

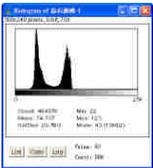
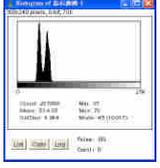
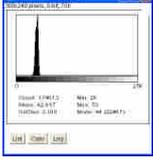
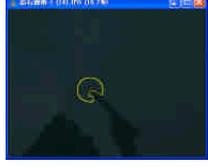
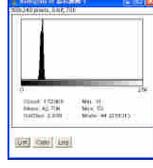
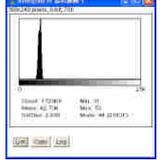
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	宜蘭縣—烏石漁港		日期 時間	96 年 10 月 16 日 13:11
原始觀測 透視深度(m)	2.5	2.6	調查 人員	李謀元、許吉川
平均透視 深度(m)	2.5		測點 水深(m)	5.5
拍攝間距(m)	0.5			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.5			108	44
1.0			62	45
1.5			47	45
2.0			45	45
2.5			45	44

表 5-18、宜蘭縣烏石漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果		
地點 出海港	宜蘭縣—烏石漁港	日期 時間
		96年10月16日 13:11
迴歸 方程式	$y = 30x^2 - 118.6x + 156.8$ $R^2 = 0.9709$	$y = -1.1429x^2 + 3.4286x + 42.6$ $R^2 = 0.9524$
隱沒 深度	$y \rightarrow 44.2999, x \rightarrow 2.37316$	

表 5-19、宜蘭縣烏石漁港透視棒水下影像調查表

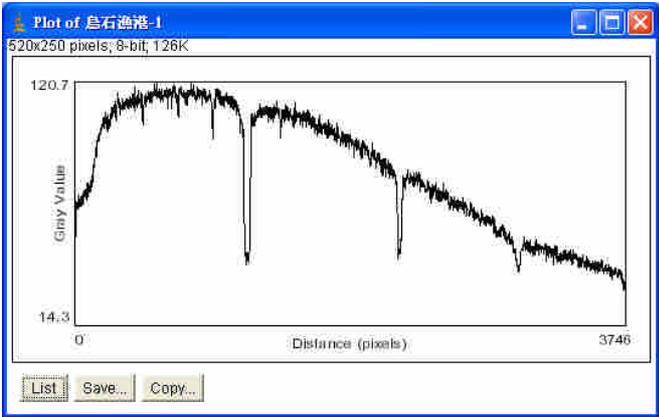
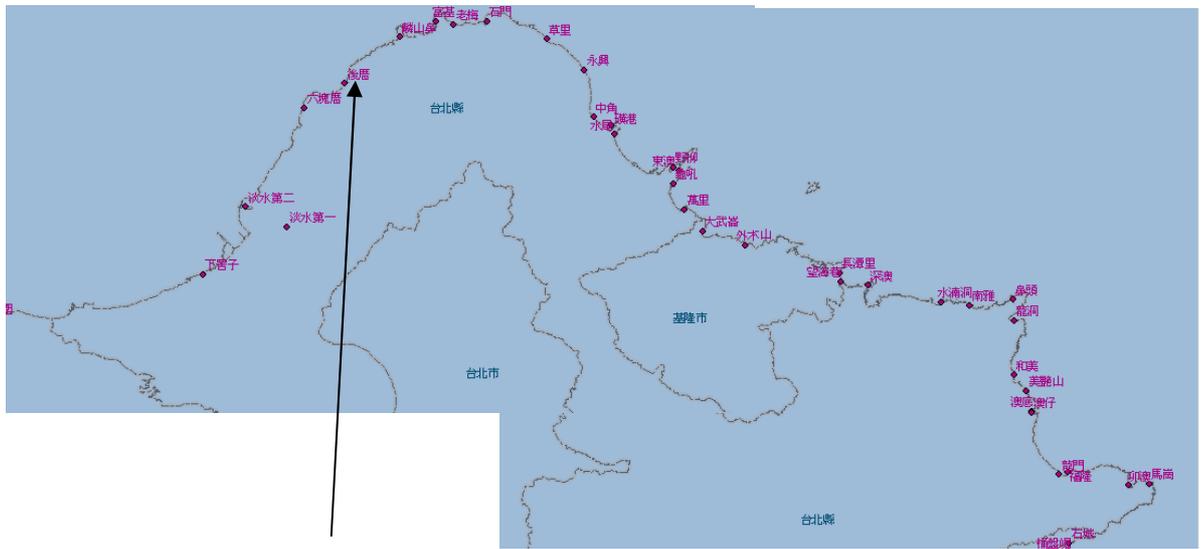
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表			
地點 出海港	宜蘭縣—烏石漁港	日期 時間	96年10月16日 13:11
透視棒水下影像			
角度	45°		
透視 棒影 像分 析			
影像 亮度 分布 圖			
灰卡 率定 照片			

表 5-20、宜蘭縣烏石漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	
地點 出海港	宜蘭縣—烏石漁港
日期 時間	96年10月16日 13:11
角度 45°	迴歸分析成果
迴歸方程式	$y = -0.0061x^2 + 0.13x + 107.89$ $R^2 = 0.8633$
隱沒 深度	$y \rightarrow 45., x \rightarrow 112.751\text{cm}$

(六) 台北縣

臺北縣與基隆市漁港分佈及針對臺北縣分析後厝漁港之位置，如圖 5-20，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-21、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-22、透視棒水下影像調查表如表 5-23、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-24。



台北縣—後厝  
漁港

圖 5-20、台北縣漁港分佈與後厝漁港所在位置

表 5-21、台北縣後厝漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

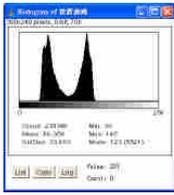
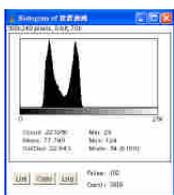
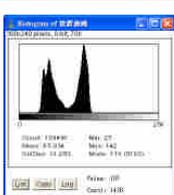
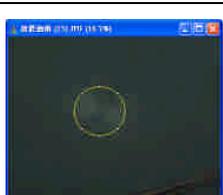
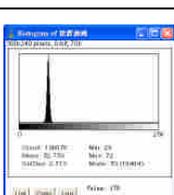
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	台北縣—後厝漁港		日期 時間	96 年 10 月 17 日 15:17
原始觀測 透視深度(m)	0.6	0.5	調查 人員	李謀元、許吉川
平均透視 深度(m)	0.55		測點 水深(m)	4.9
拍攝間距(m)	0.1			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.1			124	52
0.2			118	54
0.3			103	54
0.4			68	55
0.5			52	52

表 5-22、台北縣後厝漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果		
地點 出海港	台北縣—後厝漁港	日期 時間
		96年10月17日 15:17
迴歸 方程 式	$y = -285.71x^2 - 22.571x + 131.2$ $R^2 = 0.9714$	$y = -64.286x^2 + 39.571x + 48.6$ $R^2 = 0.8175$
隱沒 深度	$y \rightarrow 52.6392, x \rightarrow 0.486359m$	

表 5-23、台北縣後厝漁港透視棒水下影像調查表

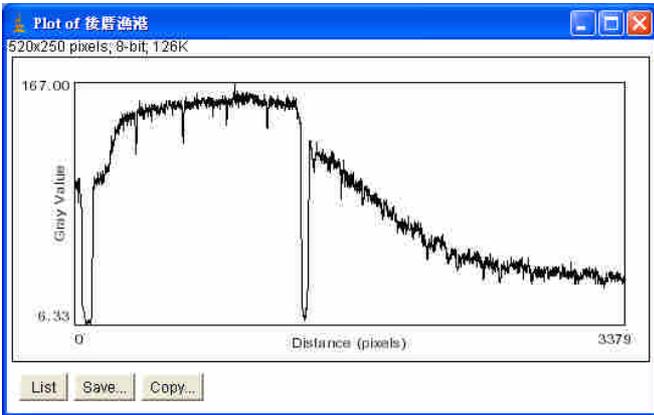
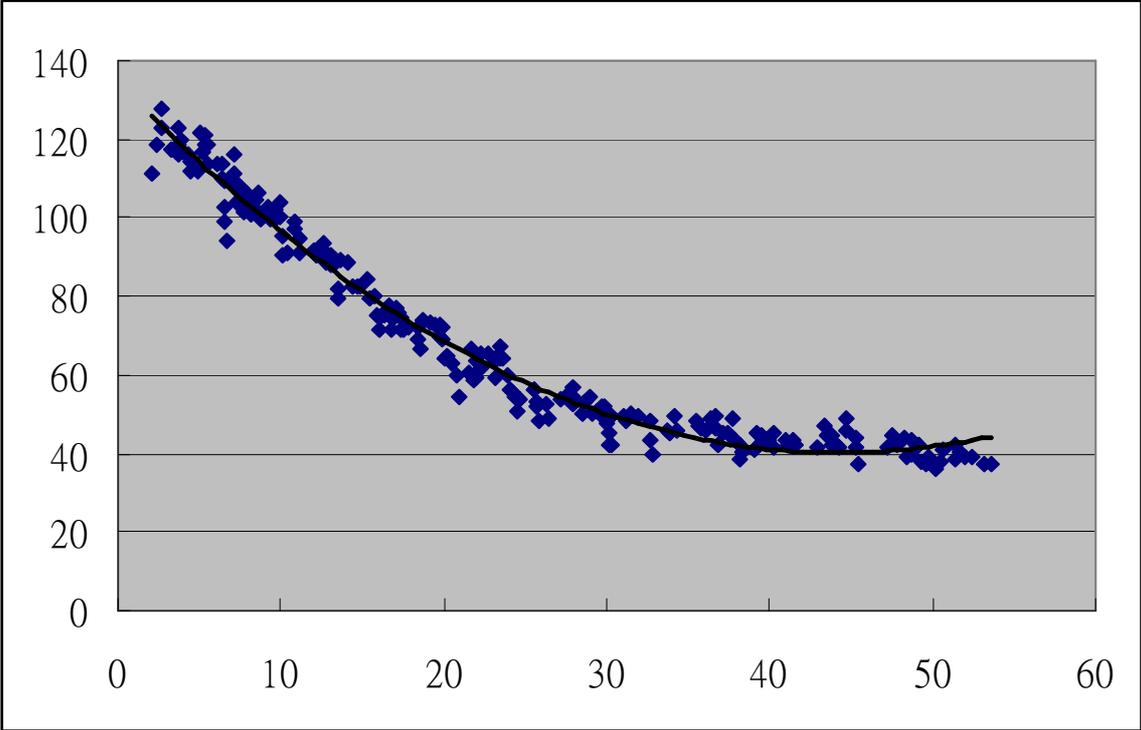
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表			
地點 出海港	台北縣—後厝漁港	日期 時間	96年10月17日 15:17
透視棒水下影像			
角度	45°		
透視 棒影 像分 析			
影像 亮度 分布 圖			
灰卡 率定 照片			

表 5-24、台北縣後厝漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果			
地點 出海港	台北縣—後厝漁港	日期 時間	96年10月17日 15:17
角度 45°	迴歸分析成果		
			
迴歸方程式	$y = 0.048x^2 - 4.2521x + 134.36$ $R^2 = 0.978$		
隱沒 深度	$X=44.29\text{cm}, y=\text{min}$		

### (七) 桃園縣

桃園縣漁港分佈及針對桃園縣分析竹圍漁港之位置，如圖 5-21，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-25、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-26、透視棒水下影像調查表如表 5-27、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-28。



圖 5-21、桃園縣漁港分佈與竹圍漁港所在位置

( <http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?Layers=01&ActiveLayer=1> )

表 5-25、桃園縣竹圍漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

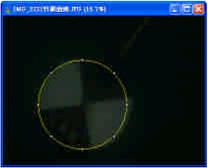
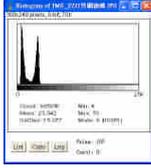
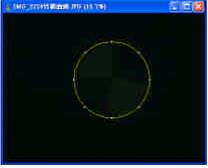
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	桃園縣—竹圍漁港		日期 時間	96 年 09 月 27 日 16:50
原始觀測 透視深度(m)	2.5	2.5	調查 人員	鍾文彥、李謀元、 許吉川
平均透視 深度(m)	2.5		測點 水深(m)	3.15
拍攝間距(m)	0.5			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.5			43	9
1.0			16	8
1.5			9	9
2.0			9	9
2.5			9	9

表 5-26、桃園縣竹圍漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

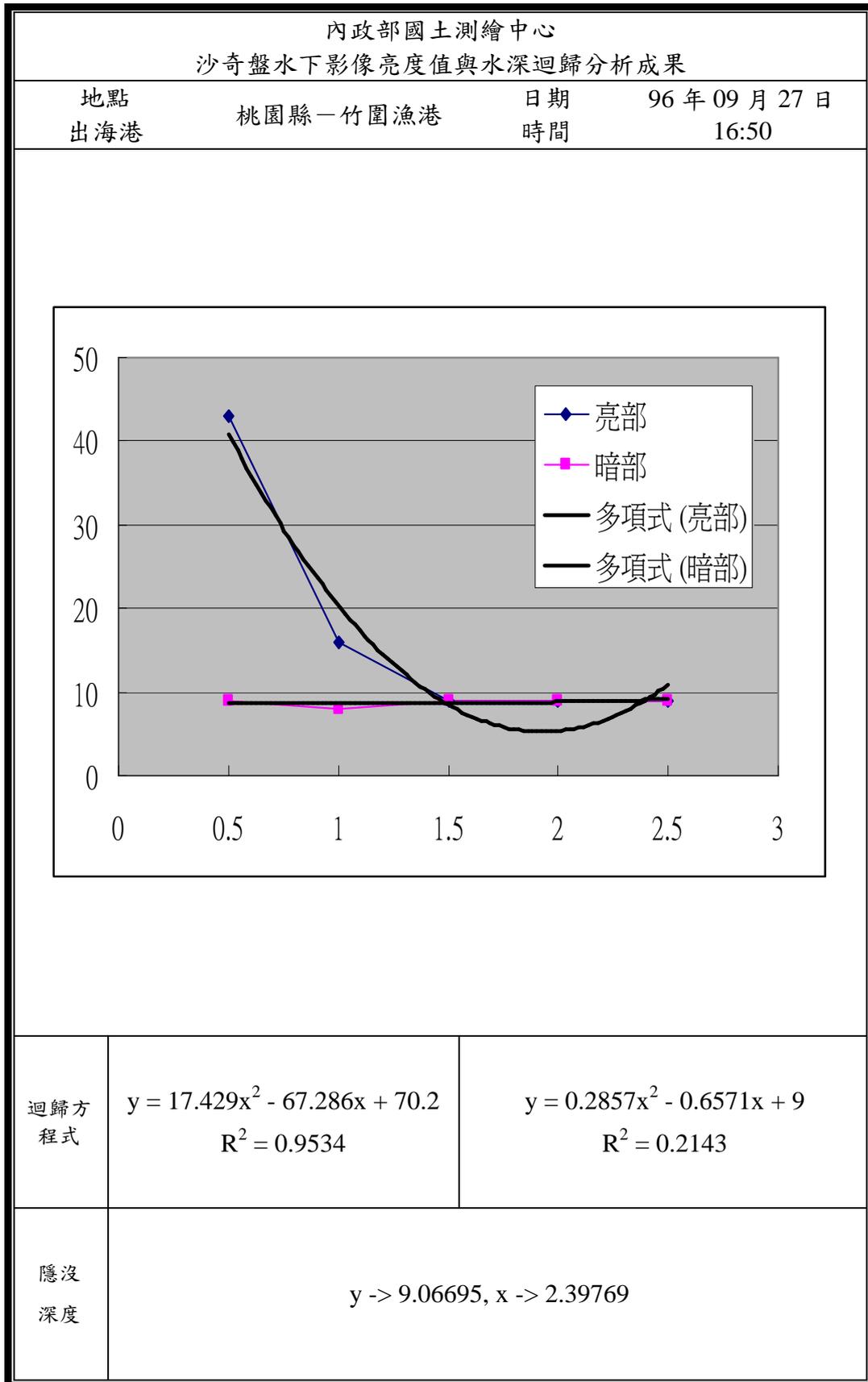


表 5-27、桃園縣竹圍漁港透視棒水下影像調查表

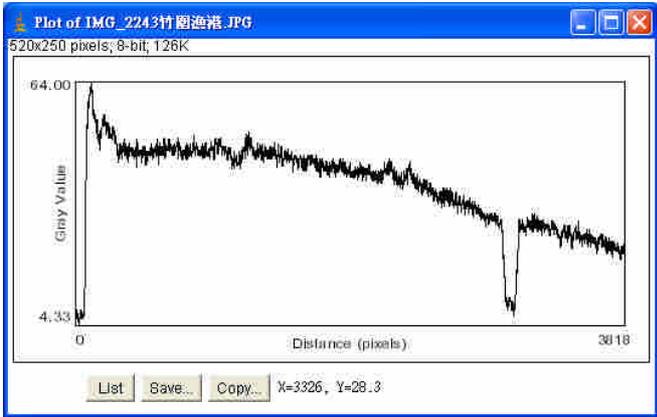
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表	
地點 出海港	桃園縣—竹圍漁港
日期 時間	96年09月27日 16:50
透視棒水下影像	
角度	45°
透視 棒影 像分 析	
影像 亮度 分布 圖	
灰卡 率定 照片	

表 5-28、桃園縣竹圍漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果			
地點 出海港	桃園縣—竹圍漁港	日期 時間	96年09月27日 16:50
角度 45°	迴歸分析成果		
迴歸方程式	$y = -0.016x^2 + 0.1133x + 48.316$ $R^2 = 0.9619$		
隱沒 深度	$y \rightarrow 9., x \rightarrow 53.2376\text{cm}$		

### (八) 新竹縣

新竹縣市漁港分佈及針對新竹縣分析南寮漁港之位置，如圖 5-22，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-29、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-30、透視棒水下影像調查表如表 5-31、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-32。

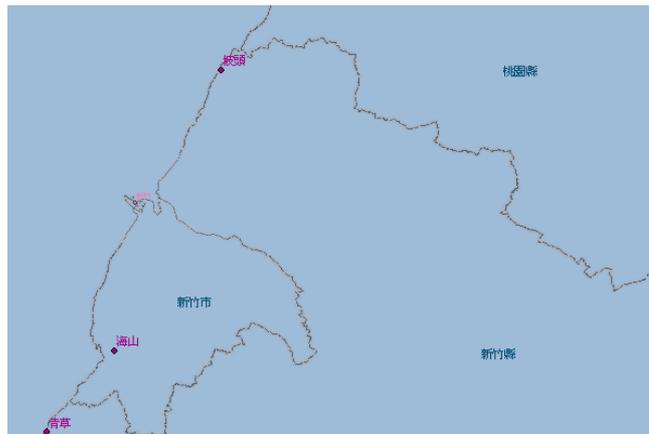


圖 5-22、新竹縣漁港分佈與南寮漁港所在位置

( <http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?Layers=01&ActiveLayer=1> )

表 5-29、新竹縣南寮漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

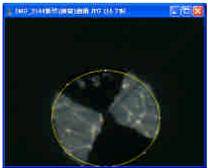
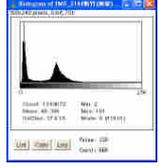
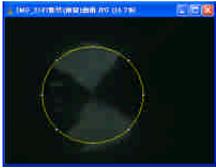
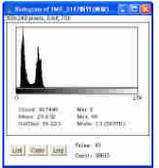
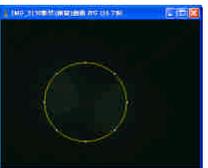
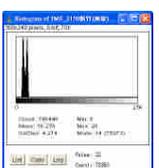
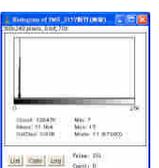
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	新竹縣—南寮漁港		日期 時間	96 年 09 月 27 日 15:06
原始觀測 透視深度(m)	1.5	1.5	調查 人員	鍾文彥、李謀元、 許吉川
平均透視 深度(m)	1.5		測點 水深(m)	2.5
拍攝間距(m)	0.25			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.25			76	8
0.5			45	13
0.75			22	13
1.00			12	12
1.25			11	11

表 5-30、新竹縣南寮漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果		
地點 出海港	新竹縣－南寮漁港	日期 時間
		96年09月27日 15:06
迴歸方程式	$y = 83.429x^2 - 190.34x + 118.6$ $R^2 = 0.9996$	$y = -14.857x^2 + 24.286x + 3.4$ $R^2 = 0.8472$
隱沒深度	y -> 10.7529, x -> 1.23339	

表 5-31、新竹縣南寮漁港透視棒水下影像調查表

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表			
地點 出海港	新竹縣—南寮漁港	日期 時間	96年09月27日 15:06
透視棒水下影像			
角度	60°		
透視 棒影 像分 析			
影像 亮度 分布 圖			
灰卡 率定 照片			

表 5-32、新竹縣南寮漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

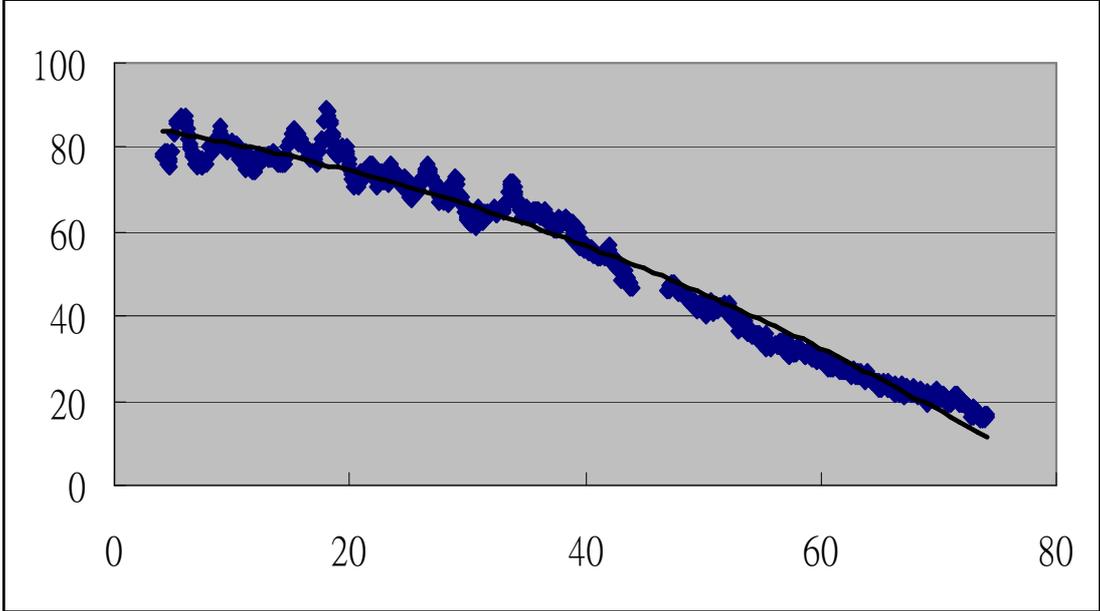
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	
地點 出海港	新竹縣—南寮漁港
日期 時間	96 年 09 月 27 日 15:06
角度 45°	45 歸分析成果
	
迴歸方程式	$y = -0.0082x^2 - 0.3948x + 85.676$ $R^2 = 0.9762$
隱沒 深度	$y \rightarrow 11., x \rightarrow 74.3461\text{cm}$



表 5-33、苗栗縣龍鳳漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

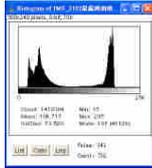
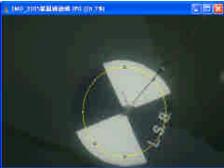
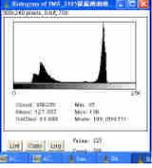
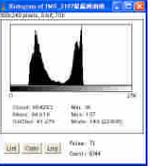
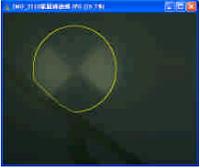
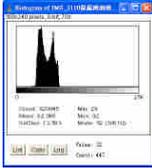
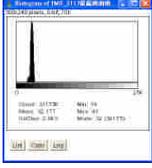
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	苗栗縣—龍鳳漁港		日期 時間	96 年 09 月 27 日 14:10
原始觀測 透視深度 (m)	1.0	1.0	調查 人員	鍾文彥、李謀元、 許吉川
平均透視 深度(m)	1.0		測點 水深(m)	1.1
拍攝間距 (m)	0.2			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.2			197	49(19)
0.4			189	56(42)
0.6			149(139)	52
0.8			76	52
1.0			41*	41*

表 5-34、苗栗縣龍鳳漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

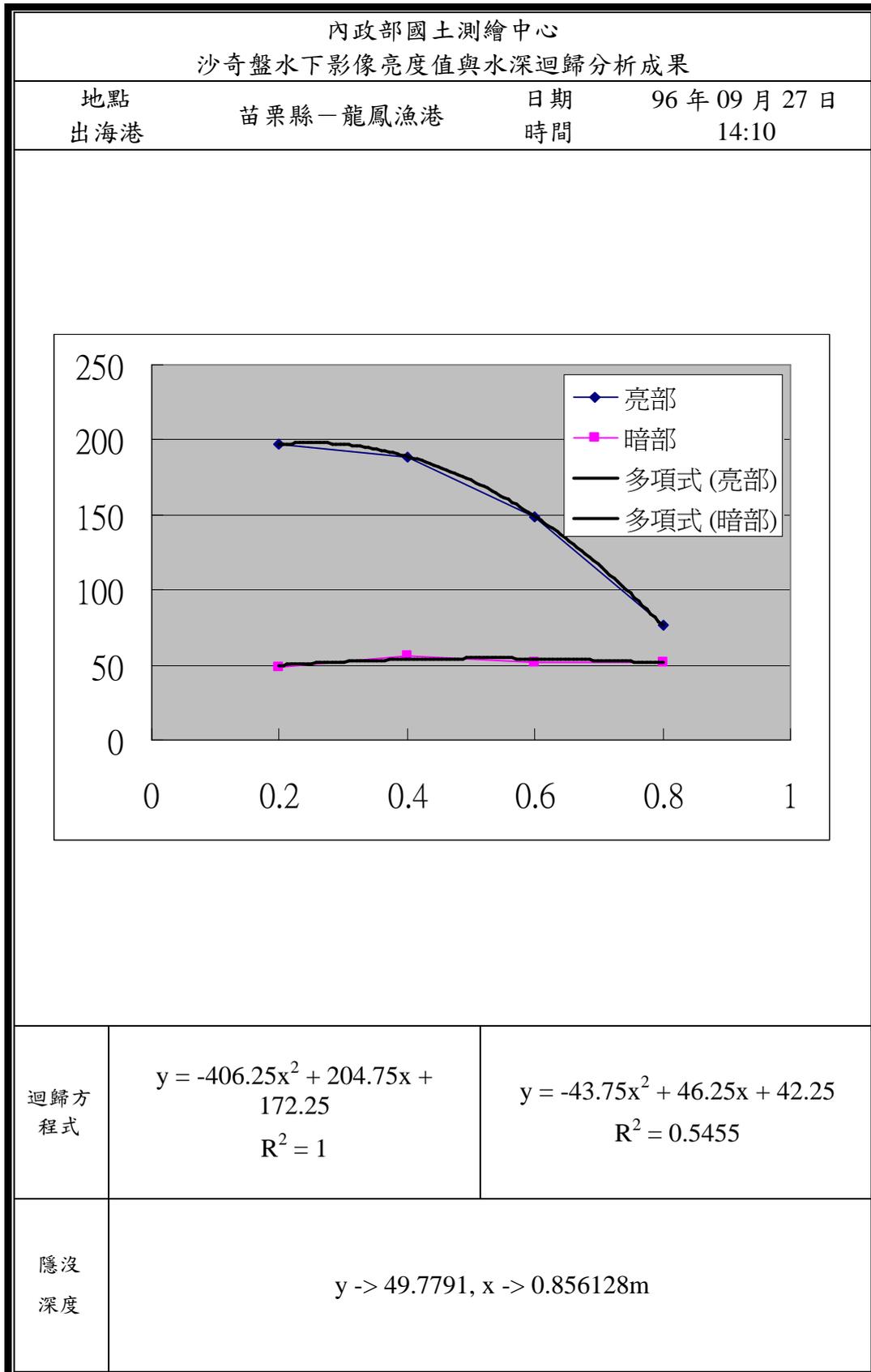


表 5-35、苗栗縣龍鳳漁港透視棒水下影像調查表

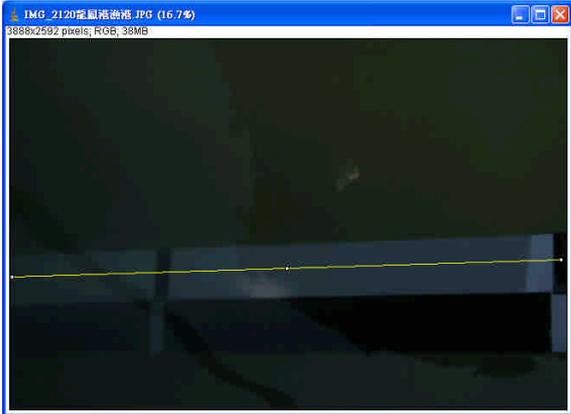
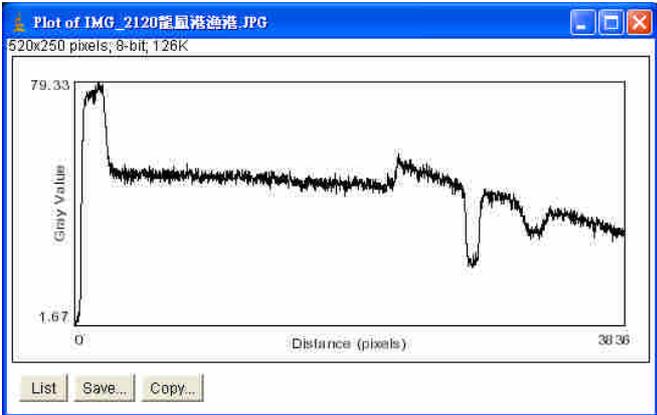
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表	
地點 出海港	苗栗縣—龍鳳漁港 日期 時間 96年09月27日 14:10
透視棒水下影像	
角度	45°
透視 棒影 像分 析	
影像 亮度 分布 圖	
灰卡 率定 照片	

表 5-36、苗栗縣龍鳳漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果			
地點 出海港	苗栗縣—龍鳳漁港	日期 時間	96年09月27日 14:10
角度 45°	迴歸分析成果		
迴歸方程式	全段迴歸(上圖)	前段迴歸(中間圖)	後段迴歸(下圖)
	$y = -0.012x^2 + 0.1564x + 50.043$ $R^2 = 0.6556$	$y = -0.0019x^2 - 0.1486x + 51.415$ $R^2 = 0.4741$	$y = 0.03x^2 - 3.3023x + 120.98$ $R^2 = 0.8562$
隱沒 深度	y -> 37., x -> 40.123cm	y -> 37., x -> 56.3728cm	y -> 37., x -> 70.2003cm

(十) 臺中縣

臺中縣漁港分佈及針對臺中縣分析梧棲漁港之位置，如圖 5-24，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-37、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-38、透視棒水下影像調查表如表 5-39、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-40。

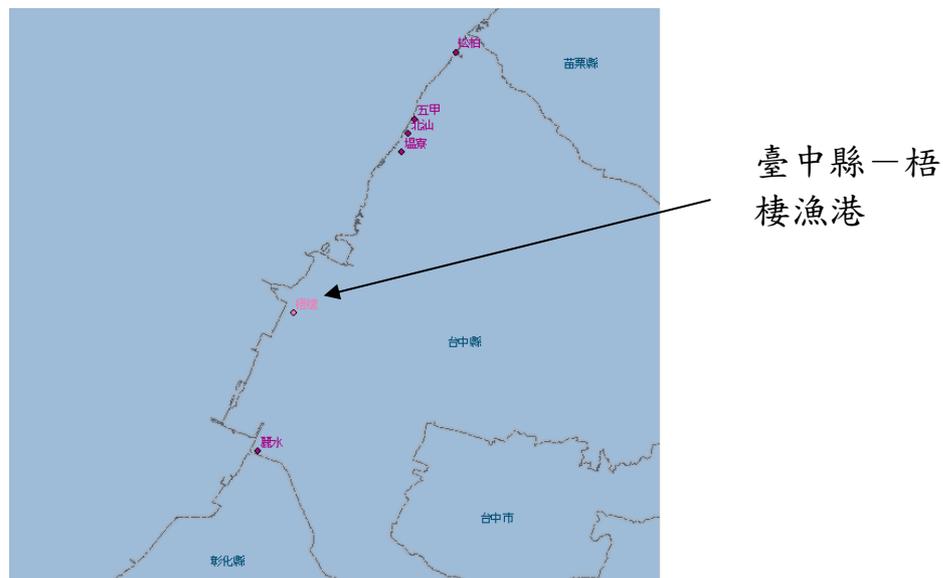


圖 5-24、臺中縣漁港分佈與梧棲漁港所在位置

( <http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?Layers=01&ActiveLayer=1> )

表 5-37、臺中縣梧棲漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

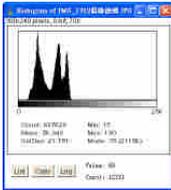
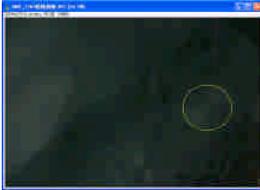
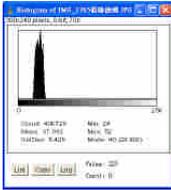
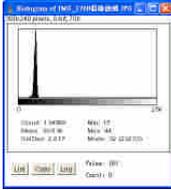
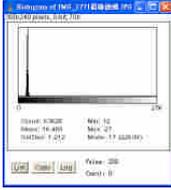
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	臺中縣－梧棲漁港		日期 時間	96年09月27日 08:43
原始觀測 透視深度(m)	2.0	2.0	調查 人員	鍾文彥、李謀元、 許吉川
平均透視 深度(m)	2.0		測點 水深(m)	5.75
拍攝間距(m)	0.5			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.5			90(74)	35
1.0			45	35
1.5			33	33
2.0			17	17

表 5-38、臺中縣梧棲漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果		
地點 出海港	臺中縣－梧棲漁港	日期 時間
		96年09月27日 08:43
迴歸方程式	$y = 66x^2 - 189x + 168$ $R^2 = 1$	$y = -2x + 36.333$ $R^2 = 0.75$
隱沒深度	$y \rightarrow 33.2807, x \rightarrow 1.52617m$	

表 5-39、臺中縣梧棲漁港透視棒水下影像調查表

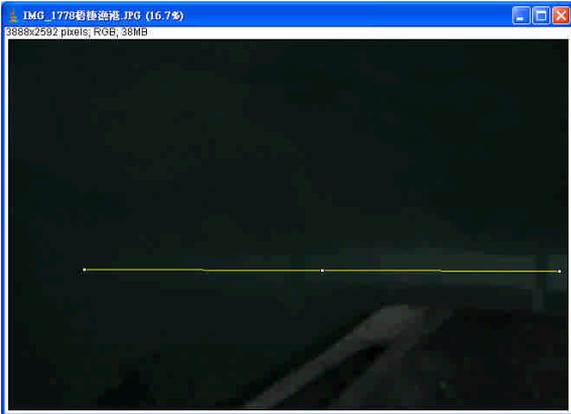
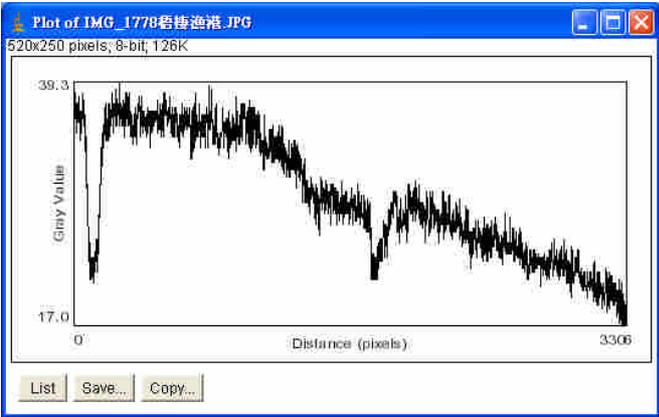
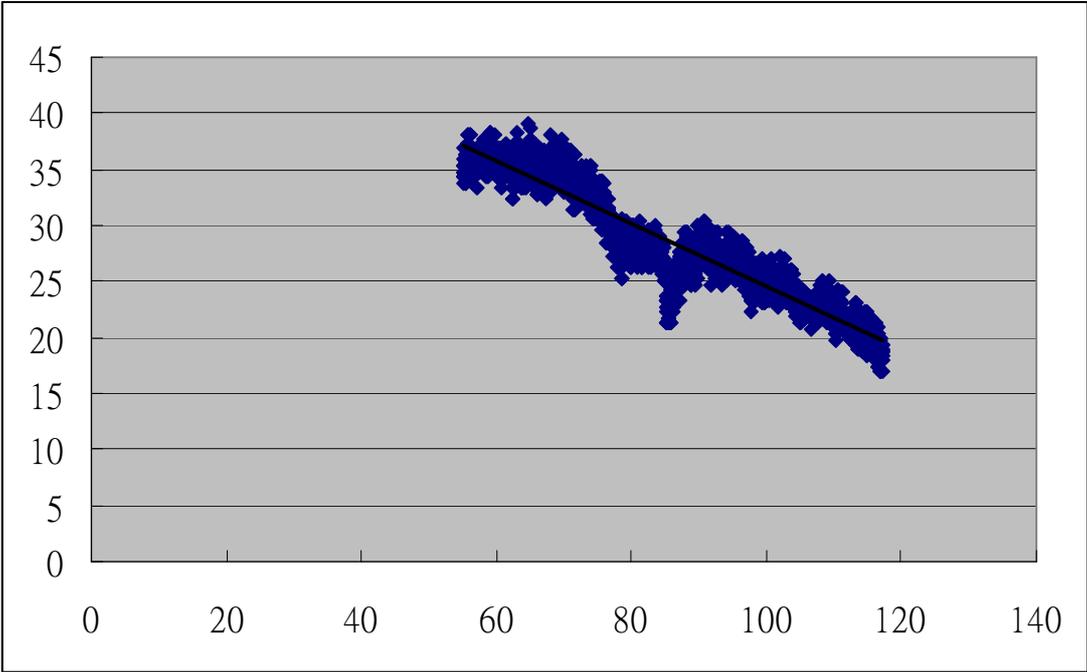
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表	
地點 出海港	臺中縣－梧棲漁港 日期 時間 96年09月27日 08:43
透視棒水下影像	
角度	45°
透視 棒影 像分 析	
影像 亮度 分布 圖	
灰卡 率定 照片	

表 5-40、臺中縣梧棲漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果			
地點 出海港	臺中縣－梧棲漁港	日期 時間	96年09月27日 08:43
角度 45°	迴歸分析成果		
			
迴歸方程式	$y = -0.281x + 52.624$ $R^2 = 0.9025$		
隱沒 深度	$y \rightarrow 33., x \rightarrow 69.8363\text{cm}$		

(十一) 台南縣

臺南縣市漁港分佈及針對臺南縣分析下山漁港之位置，如圖 5-25，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-41、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-42、透視棒水下影像調查表如表 5-43、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-44。

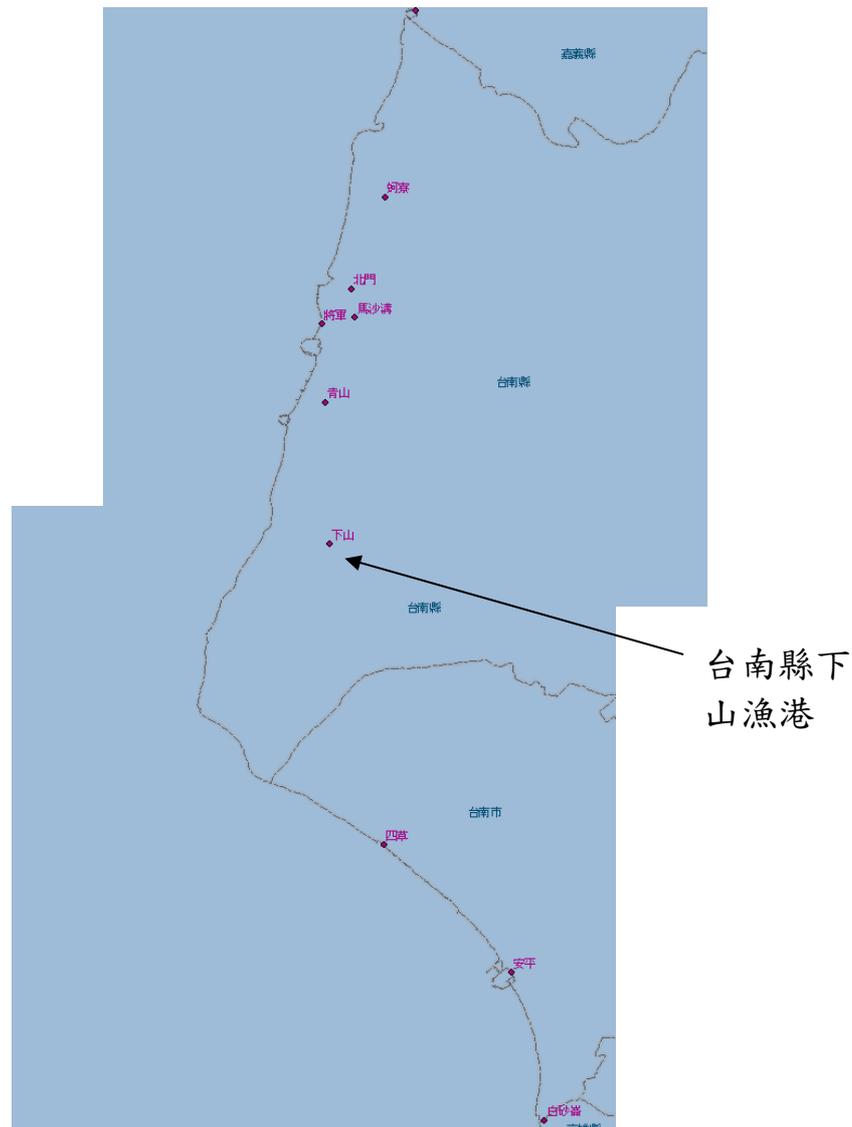


圖 5-25、台南縣漁港分佈與下山漁港所在位置

(<http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?layers=01&ActiveLayer=1>)

表 5-41、台南縣下山漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

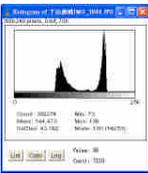
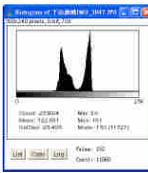
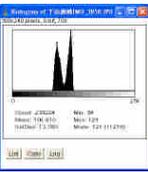
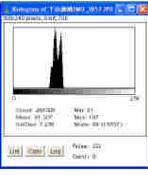
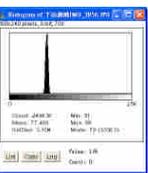
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	台南縣一下山漁港		日期 時間	96 年 10 月 11 日 09:22
原始觀測 透視深度(m)	0.65	0.7	調查 人員	鍾文彥、李謀元、 許吉川
平均透視 深度(m)	0.67		測點 水深(m)	1.4
拍攝間距(m)	0.1			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.1			190	98
0.2			152	93
0.3			122	92
0.4			101	88
0.5			77	77

表 5-42、台南縣下山漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

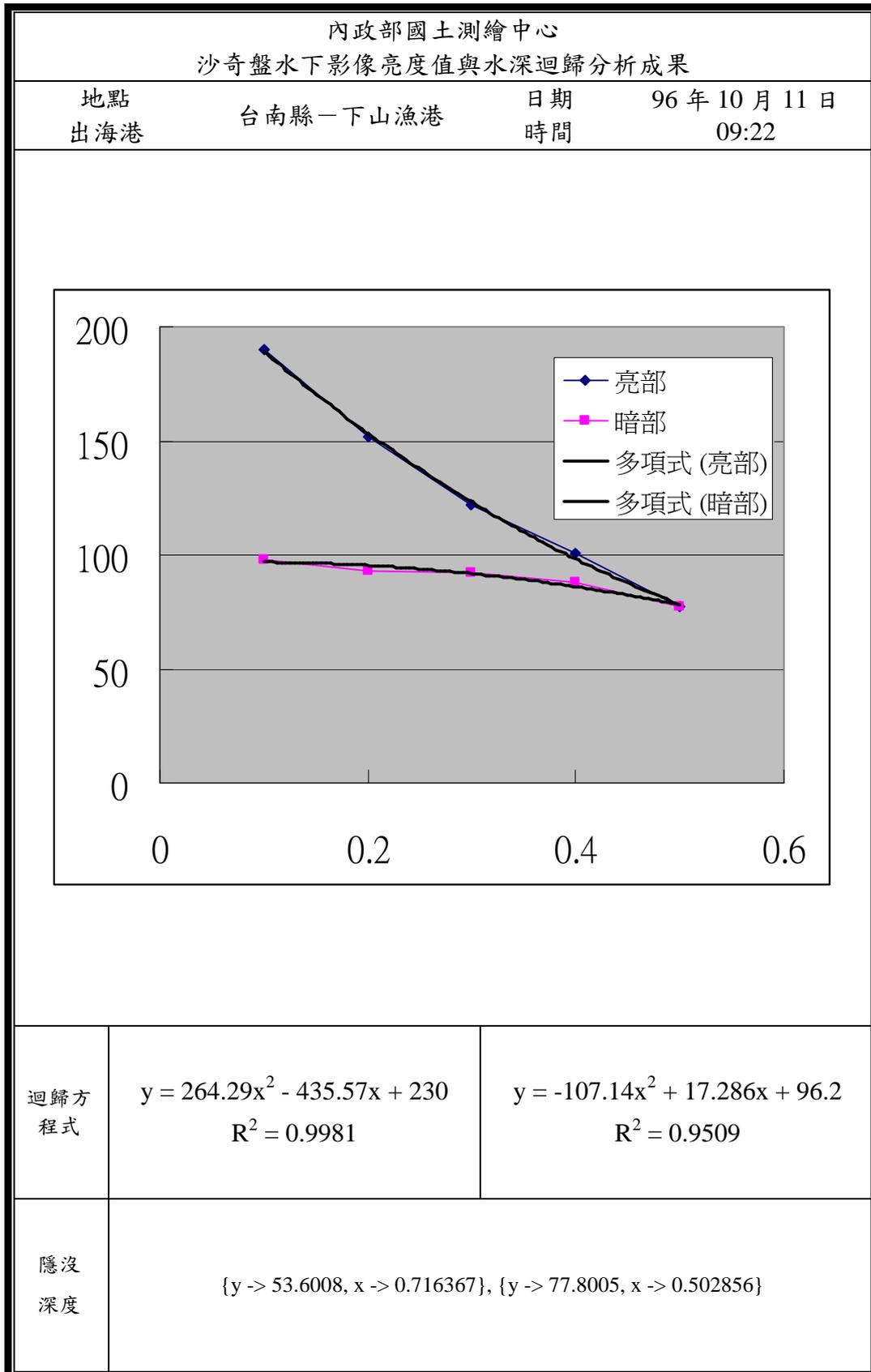


表 5-43、台南縣下山漁港透視棒水下影像調查表

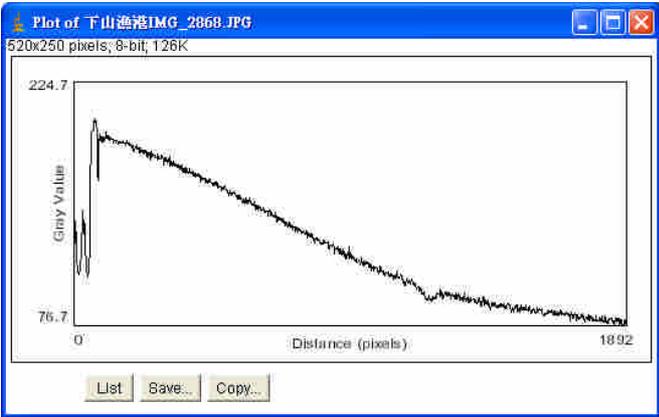
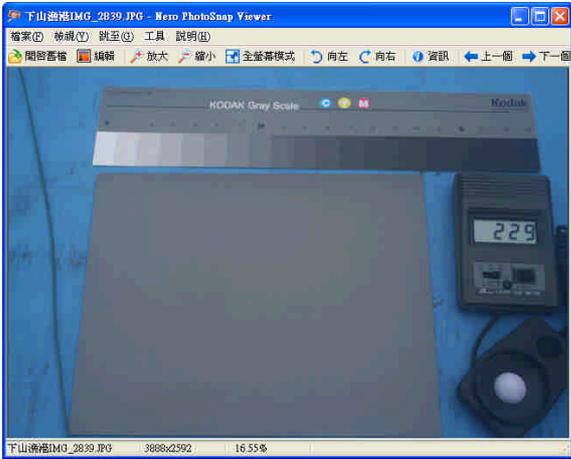
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表	
地點 出海港	台南縣一下山漁港 日期 時間 96年10月11日 09:22
透視棒水下影像	
角度	45°
透視 棒影 像分 析	
影像 亮度 分布 圖	
灰卡 率定 照片	

表 5-44、台南縣下山漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果			
地點 出海港	台南縣—下山漁港	日期 時間	96年10月11日 09:22
角度 45°	迴歸分析成果		
迴歸方程式	$y = 0.0348x^2 - 4.4045x + 214.44$ $R^2 = 0.9928$		
隱沒 深度	X=62.9cm, Y=min		

## (十二) 雲林縣

雲林縣漁港分佈及針對雲林縣分析箔仔寮漁港之位置，如圖 5-26，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-45、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-46、透視棒水下影像調查表如表 5-47、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-48。



圖 5-26 雲林縣漁港分佈與箔仔寮漁港所在位置

(<http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?Layers=01&ActiveLayer=1>)

表 5-45、雲林縣箔仔寮漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

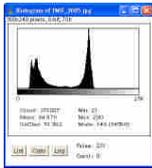
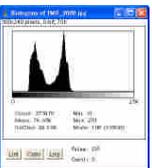
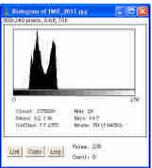
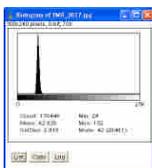
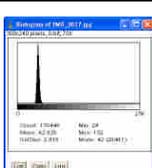
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	雲林縣-箔仔寮漁港		日期 時間	96年10月04日 16:06
原始觀測 透視深度 (m)	0.55	0.50	調查 人員	鍾文彥、李佩珊、 李謀元
平均透視 深度(m)	0.525		測點 水深(m)	3.1
拍攝間距 (m)	0.1			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.1			150	39(29)
0.2			109	47
0.3			84	49
0.4			56	46
0.5			42	42

表 5-46、雲林縣箔仔寮漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果			
地點 出海港	雲林縣-箔仔寮漁港	日期 時間	96年10月04日 16:06
迴歸方程式	$y = 364.29x^2 - 487.57x + 194.4$ $R^2 = 0.9975$	$y = -207.14x^2 + 129.29x + 28.6$ $R^2 = 0.9597$	
隱沒深度	$y \rightarrow 34.5505, x \rightarrow 0.574132$		

表 5-47、雲林縣箔仔寮漁港透視棒水下影像調查表

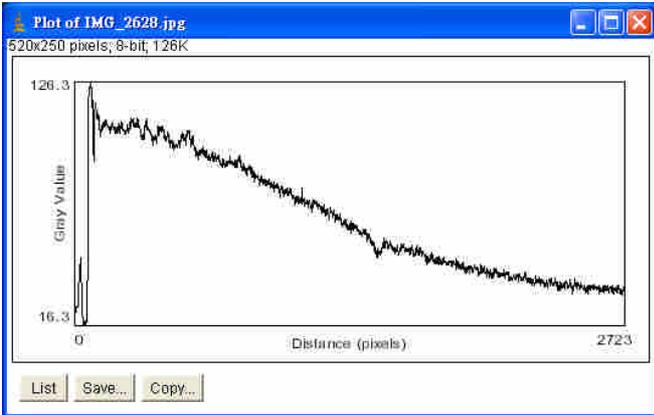
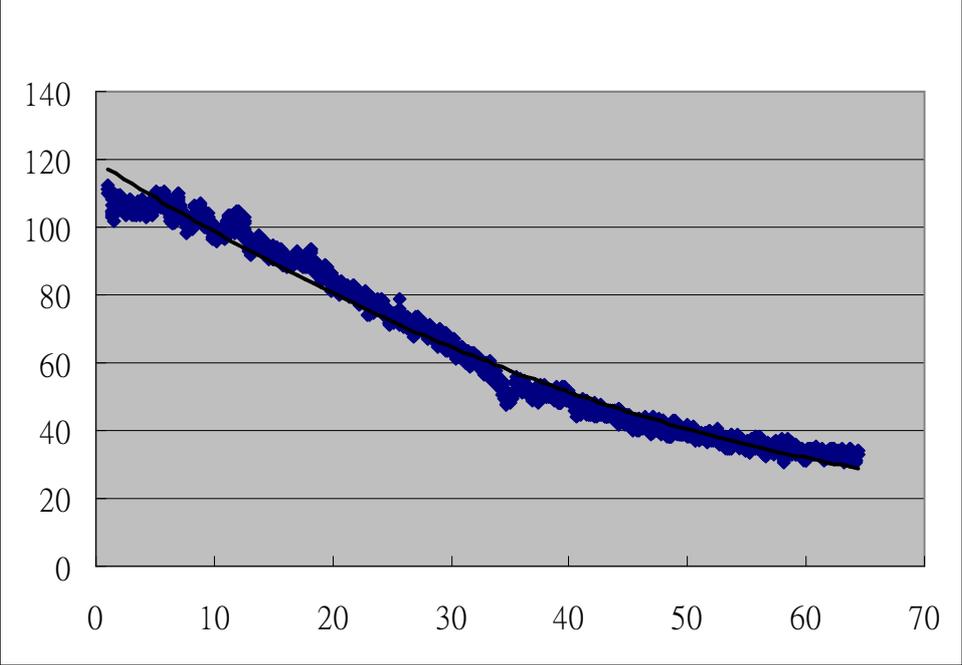
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表			
地點 出海港	雲林縣-箔仔寮漁港	日期 時間	96年10月04日 16:06
透視棒水下影像			
角度	45°		
透視 棒影 像分 析			
影像 亮度 分布 圖			
灰卡 率定 照片			

表 5-48、雲林縣箔仔寮漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果			
地點 出海港	雲林縣-箔仔寮漁港	日期 時間	96 年 10 月 04 日 16:06
角度 45°	迴歸分析成果		
			
迴歸方程式	$y = 0.0122x^2 - 2.1878x + 119.37$ $R^2 = 0.982$		
隱沒 深度	$y \rightarrow 42., x \rightarrow 48.4593$		

### (十三) 彰化縣

彰化縣漁港分佈如圖 5-26，然該資料庫中並未顯示出崙尾灣漁港之位置，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-49、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-50、透視棒水下影像調查表如表 5-51、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-52。

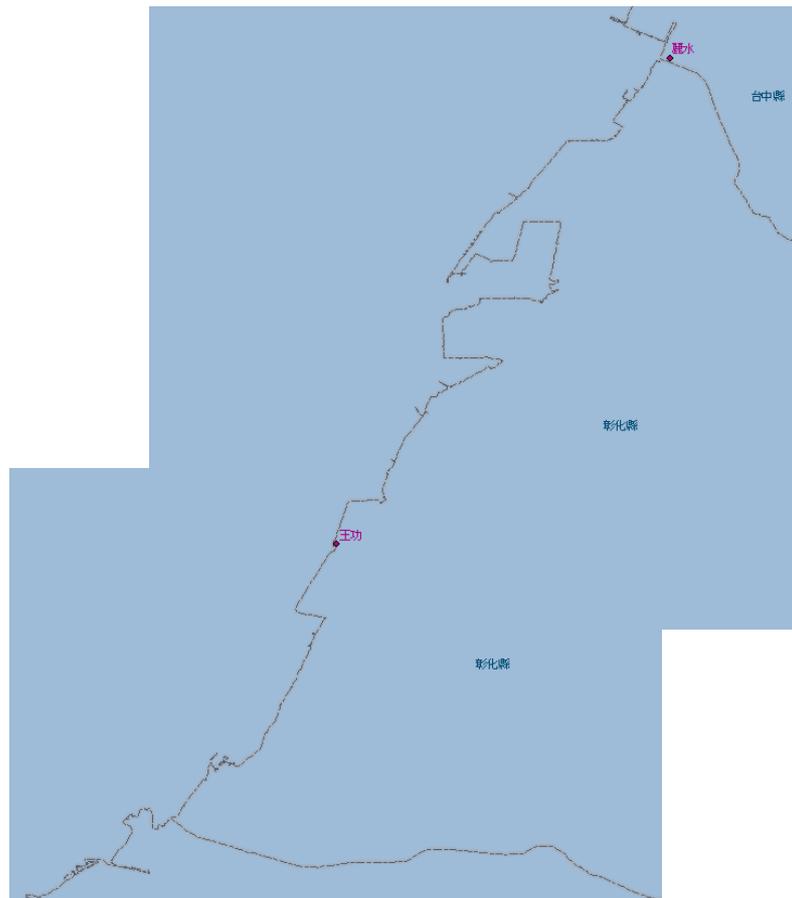


圖 5-27 彰化縣漁港分佈

(<http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?Layers=01&ActiveLayer=1>)

表 5-49、彰化崙尾灣海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

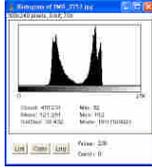
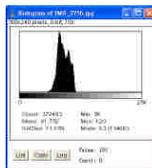
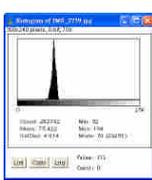
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	彰化-崙尾灣		日期 時間	96年10月05日 08:06
原始觀測 透視深度 (m)	0.3	0.35	調查 人員	鍾文彥、李佩珊、 李謀元
平均透視 深度(m)	0.325		測點 水深(m)	1.3
拍攝間距 (m)	0.1			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.1			161	78
0.2			110	82
0.3			75	75
0.4	-	-	-	-
0.5	-	-	-	-

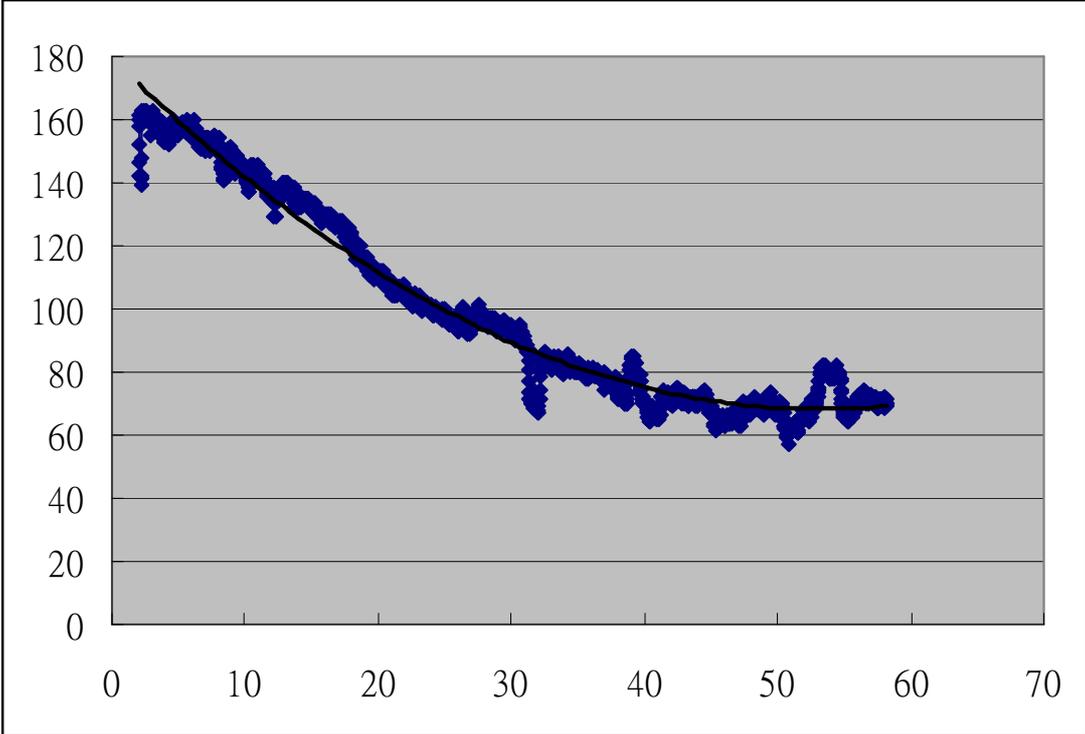
表 5-50、彰化崙尾灣沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果			
地點 出海港	彰化-崙尾灣	日期 時間	96年10月05日 08:06
迴歸方程式	$y = 800x^2 - 750x + 228$ $R^2 = 1$	$y = -550x^2 + 205x + 63$ $R^2 = 1$	
隱沒深度	$y \rightarrow 48.0401, x \rightarrow 0.252534m$		

表 5-51、彰化崙尾灣透視棒水下影像調查表

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表			
地點 出海港	彰化-崙尾灣	日期 時間	96年10月05日 08:06
透視棒水下影像			
角度	45°		
透視 棒影 像分 析			
影像 亮度 分布 圖			
灰卡 率定 照片			

表 5-52、彰化崙尾灣透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果	
地點 出海港	彰化-崙尾灣
日期 時間	96年10月05日 08:06
角度 45°	迴歸分析成果
	
迴歸方程式	$y = 0.0393x^2 - 4.1814x + 179.54$ $R^2 = 0.9744$
隱沒 深度	X=53.19cm ,Y=min

#### (十四) 嘉義縣

嘉義縣漁港分佈及針對嘉義縣分析白水湖漁港之位置，如圖 5-28，海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄如表 5-53、沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-54、透視棒水下影像調查表如表 5-55、透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果如表 5-56。

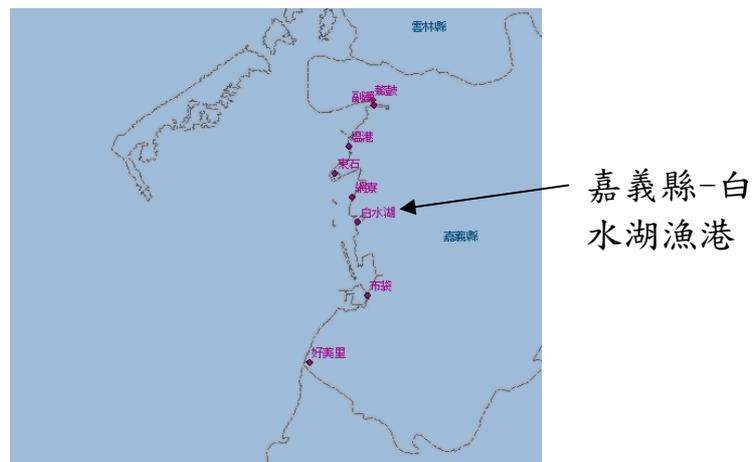


圖 5-28、嘉義縣漁港分佈與白水湖漁港所在位置

(<http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?Layers=01&ActiveLayer=1>)

表 5-53、嘉義縣白水湖漁港海水透視度調查表及沙奇盤水下影像紀錄表

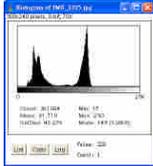
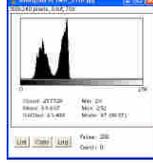
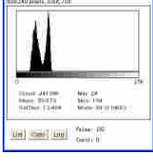
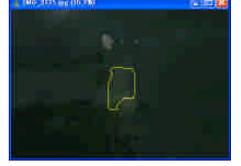
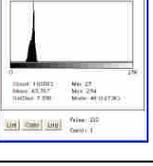
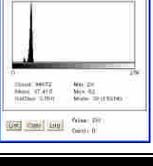
內政部國土測繪中心 海水透視度 (Secchi Disk) 調查表及沙奇盤水下影像紀錄表				
地點 出海港	嘉義縣-白水湖漁港		日期 時間	96 年 10 月 04 日 13:08
原始觀測 透視深度 (m)	1.6	1.5	調查 人員	鍾文彥、李佩珊、 李謀元
平均透視 深度(m)	1.55		測點 水深(m)	2
拍攝間距 (m)	0.25			
沙奇盤水下影像				
深度(m)	沙奇盤影像分析	影像亮度分布圖	亮部	暗部
0.25			144	33
0.5			97	46
0.75			67	44
1.00			49	45
1.25			37	37

表 5-54、嘉義縣白水湖漁港沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 沙奇盤水下影像亮度值與水深迴歸分析成果		
地點 出海港	嘉義縣-白水湖漁港	日期 時間
		96年10月04日 13:08
迴歸方程式	$y = 93.714x^2 - 245.37x + 198.4$ $R^2 = 0.9984$	$y = -44.571x^2 + 69.657x + 19.4$ $R^2 = 0.8734$
隱沒深度	y -> 39.0329, x -> 1.19388	

表 5-55、嘉義縣白水湖漁港透視棒水下影像調查表

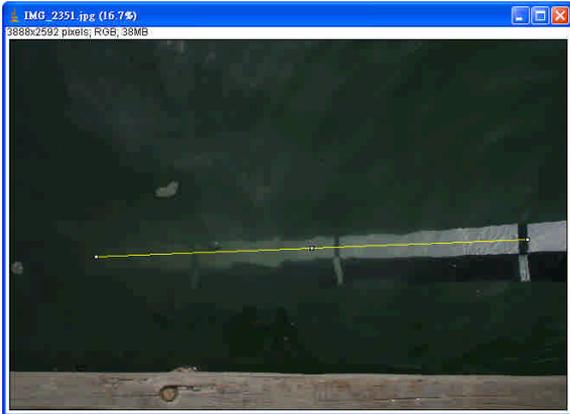
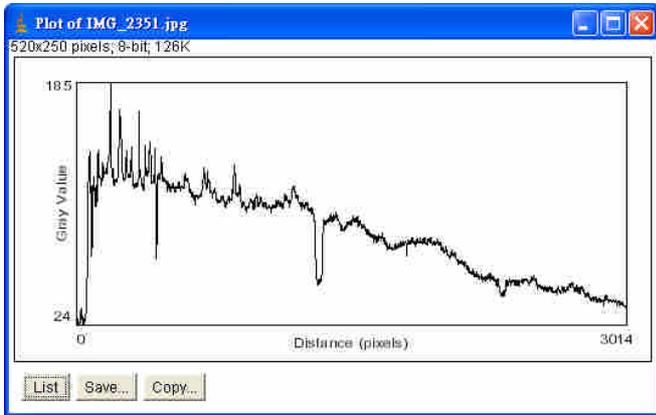
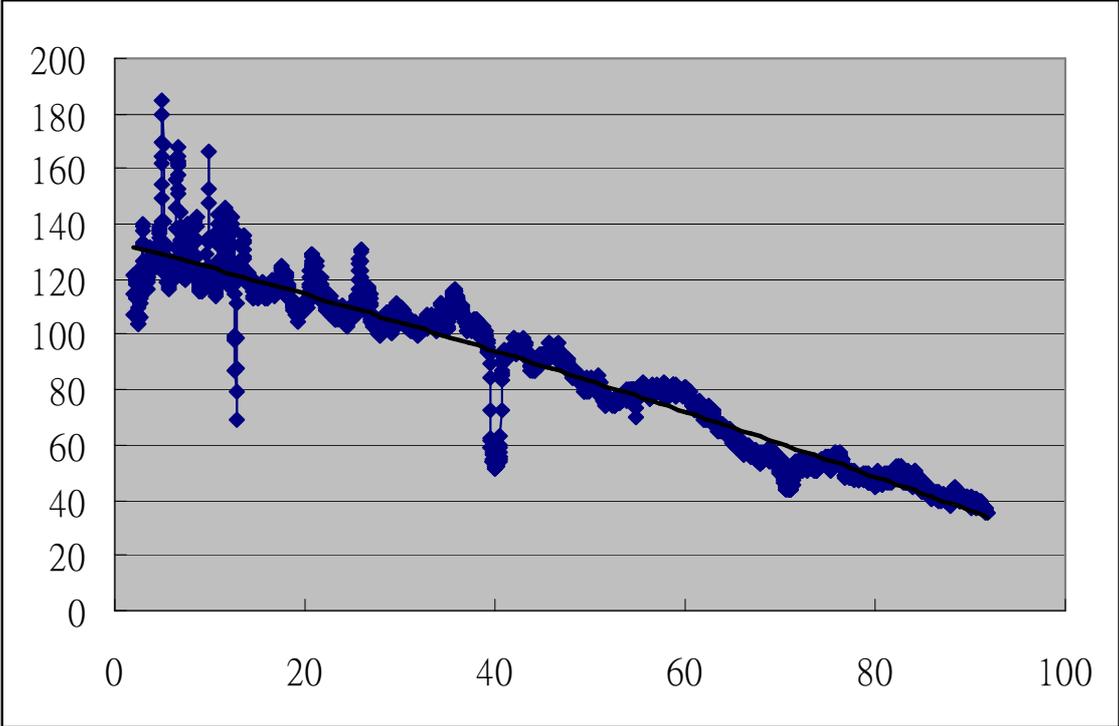
內政部國土測繪中心 透視棒水下影像調查表			
地點 出海港	嘉義縣-白水湖漁港	日期 時間	96年10月04日 13:08
透視棒水下影像			
角度	45°		
透視 棒影 像分 析			
影像 亮度 分布 圖			
灰卡 率定 照片			

表 5-56、嘉義縣白水湖漁港透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果

內政部國土測繪中心 透視棒水下影像亮度值與水深迴歸分析成果			
地點 出海港	嘉義縣-白水湖漁港	日期 時間	96 年 10 月 04 日 13:08
角度 45°	迴歸分析成果		
			
迴歸方程式	$y = -0.0019x^2 - 0.9148x + 133.58$ $R^2 = 0.9264$		
隱沒 深度	$y \rightarrow 37., x \rightarrow 89.0901\text{cm}$		

### 三、觀測與分析結果之比較

針對 14 個縣市之分析成果，比較沙奇盤觀測、分析沙奇盤水下、透視棒水下影像預測之該處之透視度狀況，並均取至小數點下第二位，如表 5-57。

沙奇盤觀測資料為以沙奇盤進行 2 次觀測之平均，沙奇盤分析則是針對沙奇盤之等間距水下影像進行分析得灰度值並迴歸後獲致之該處之透視度狀況，誤差<sub>盤</sub>為將沙奇盤觀測資料減去沙奇盤分析所獲致之分析的誤差，誤差<sub>盤</sub>%為將誤差<sub>盤</sub>除以沙奇盤觀測數值之誤差百分率，另針對等間距沙奇盤水下影像所分析 14 個縣市預測透視度之誤差與誤差百分率，分別與 14 個縣市繪製成點位分佈關係如圖 5-29 與 5-30。

透視棒分析是針對透視棒與水面夾角 45 度狀況下所拍攝之水下影像進行分析得灰度值並迴歸後獲致之預測之透視度狀況，誤差<sub>棒</sub>為將沙奇盤觀測資料減去透視棒分析所獲致之預測透視度狀況的誤差，誤差<sub>棒</sub>%為將誤差<sub>棒</sub>除以沙奇盤觀測數值之誤差百分率，後針對使用透視棒水下影像分析 14 個縣市之預測透視度之誤差與誤差百分率，分別與 14 個縣市繪製成點位分佈關係如圖 5-31 與 5-32。

表 5-57、觀測與預測成果比較

	地點	沙奇盤 觀測(m)	沙奇盤 分析(m)	誤差_ 盤(m)	誤差_ 盤%	透視棒 分析(m)	誤差_ 棒 (m)	誤差_ 棒 %
1	高雄	0.8	0.76	-0.04	-5.38	0.47	-0.33	-41.50
2	屏東	1.8	1.73	-0.07	-3.84	0.94	-0.86	-47.54
3	台東	1.35	1.20	-0.15	-11.09	1.07	-0.28	-20.93
4	花蓮	2.5	2.42	-0.08	-3.22	1.08	-1.42	-56.70
5	宜蘭	2.5	2.37	-0.13	-5.07	1.13	-1.37	-54.90
6	臺北	0.55	0.49	-0.06	-11.57	0.44	-0.11	-19.47
7	桃園	2.5	2.40	-0.10	-4.09	0.53	-1.97	-78.70
8	新竹	1.5	1.23	-0.27	-17.74	0.74	-0.76	-50.44
9	苗栗	1	0.86	-0.14	-14.39	0.72	-0.28	-27.97
10	臺中	2	1.53	-0.47	-23.69	0.70	-1.30	-65.10
11	臺南	0.67	0.72	0.05	7.46	0.63	-0.04	-6.12
12	雲林	0.525	0.57	0.05	9.36	0.58	0.05	10.48
13	彰化	0.325	0.25	-0.07	-22.31	0.53	0.21	63.08
14	嘉義	1.55	1.19	-0.36	-23.23	0.89	-0.66	-42.52

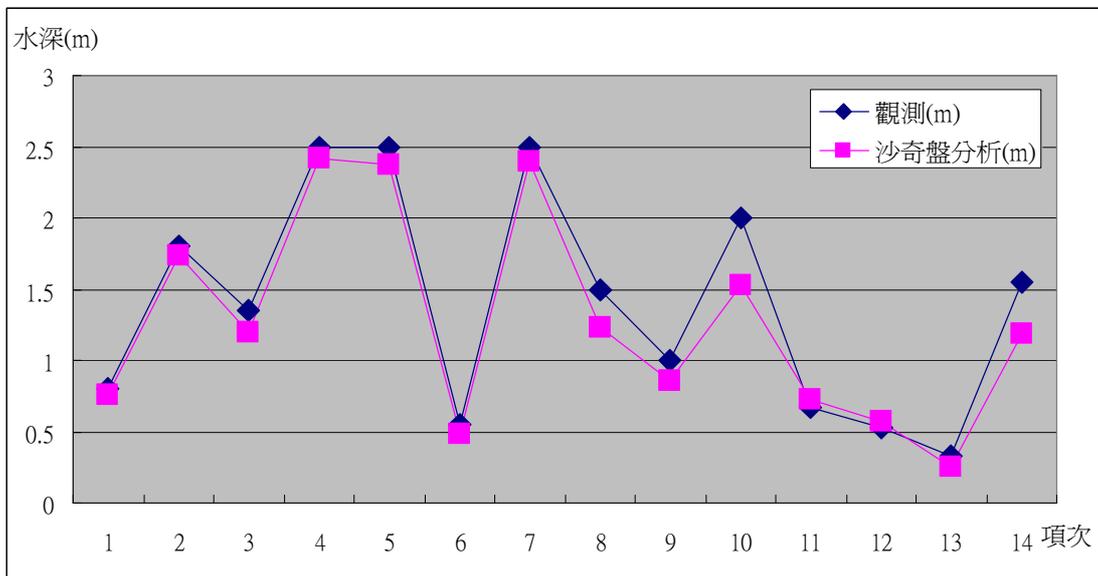


圖 5-29、觀測透視度與沙奇盤分析比較結果

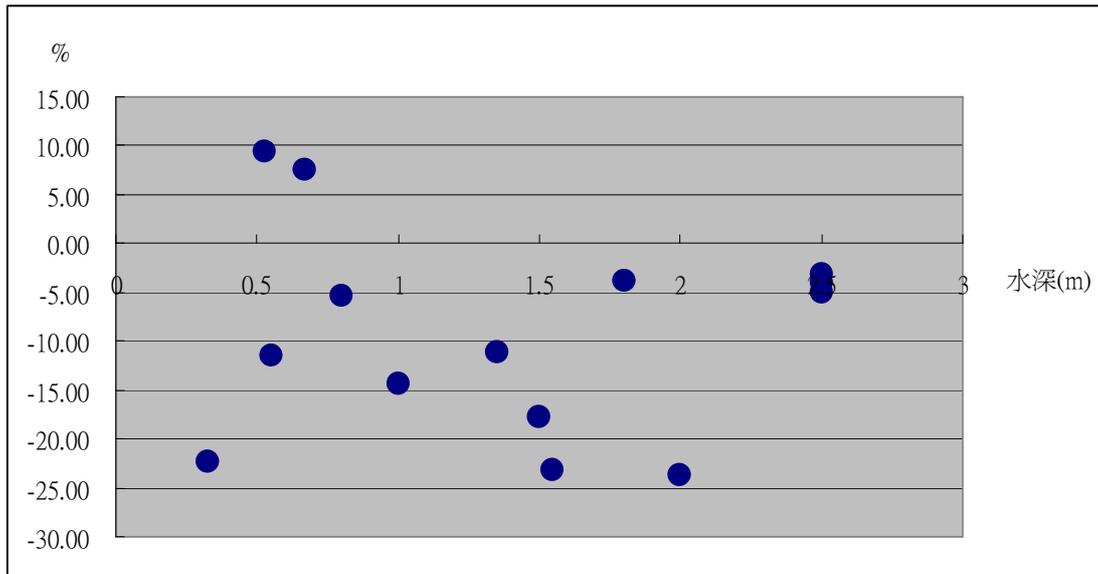


圖 5-30、沙奇盤分析誤差與觀測成果關係

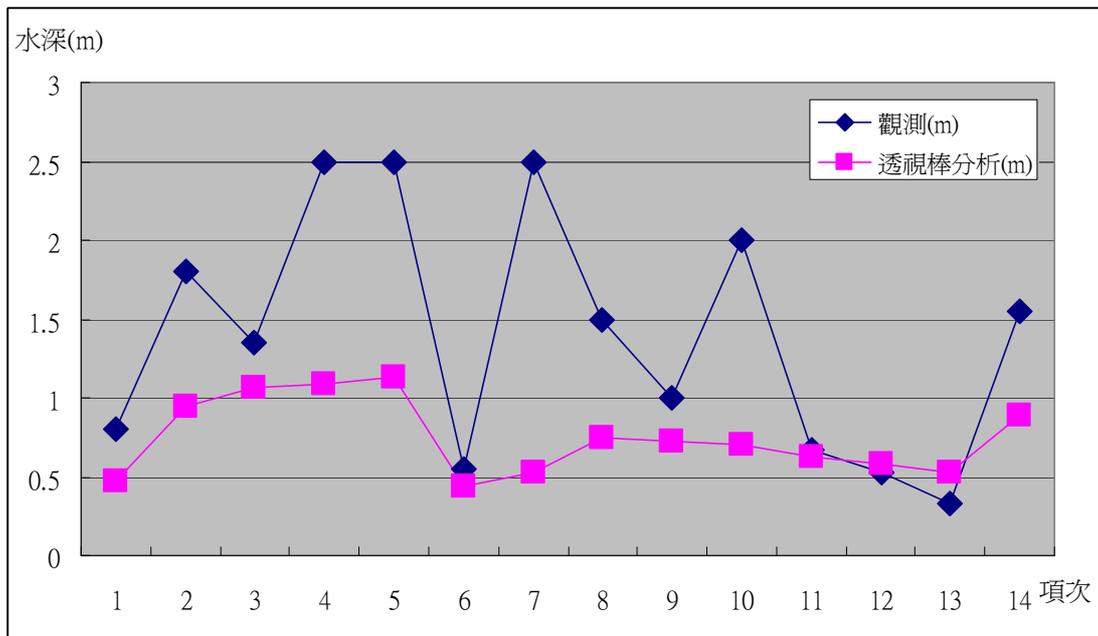


圖 5-31、觀測透視度與透視棒分析比較結果

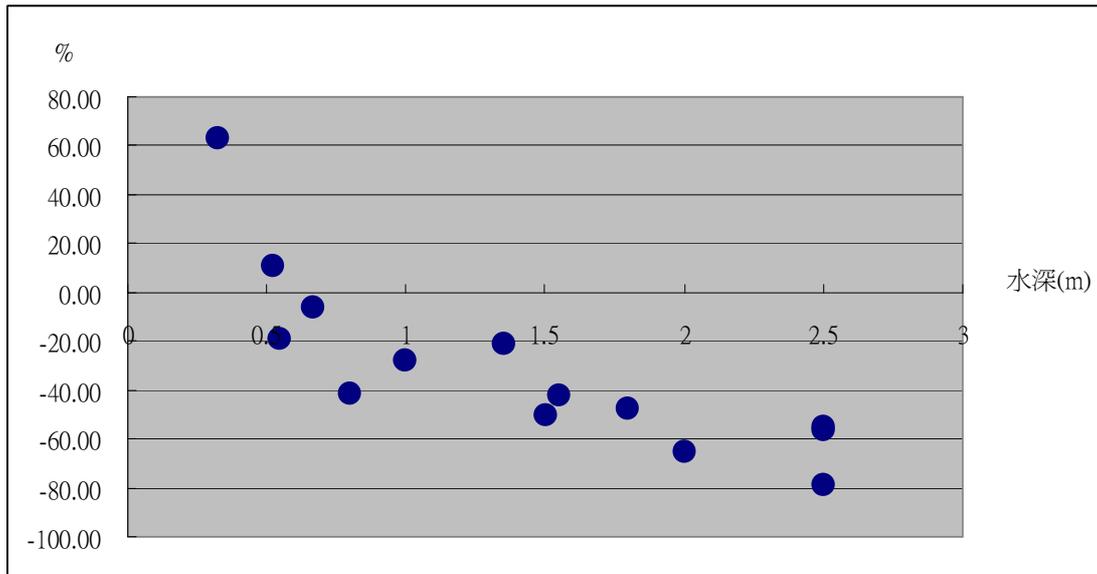


圖 5-32、透視棒分析誤差與觀測成果關係

## 第六章 結論與建議

### 第一節 結論

- 一、以聲學為原理之水深測量方法，仍為目前海域地形測量方法之主流技術，然其在地域近岸區、岩岸暗礁區、珊瑚礁生態保育區、蚵架養殖區、極地區均有實務執行上之問題，就臺灣而言，西部主要是沙岸，東部主要是岩岸，南部有珊瑚礁地形、還有離島如澎湖、綠島、蘭嶼及東沙、南沙等群島，仍然嚴重缺乏大比例尺精確之海底地形圖資。如何有效率且精確地獲取上述海底地形資料，對於區域規劃、保育措施評估、觀光遊憩、海底資源開發…等有重大的影響，此亦為內政部國土測繪中心努力的目標。
- 二、在衛星遙測及空載測深光達之發展下，以光學為原理之水深測量方法，可以發揮優勢，補足以聲學為原理之方法在某些海域應用上的不足。其乃因以衛星或飛機為載具，作業之效率相較於船測來的佳，均相對而言，不似以船隻為載具，所會受到海象及天候的影響那麼巨大，且在作業過程亦不會受到海底地形的影響（如暗礁區）而無法進行某些特殊地形資料之偵測。因此，適時地搭配空載測深光達技術辦理海域地形測量，對於完整臺灣海域領土之測量，有相當程度的助益。
- 三、空載測深光達技術原理為主動發射雷射光技術，經過海面時，近紅外光因無法穿透水體，會先反射，而綠光則會穿透水體，抵達海底後，亦會產生一反射訊號，經由此 2 個反射訊號，即可判釋出水深值。因不管是清澈的海水，或是混濁的海水，均是高的吸收體低的反射體（Robinson, 1985），我們可以瞭解，光線對於水體的穿透能力是有限的，且會受到水體狀況很大的影響，如

何獲取臺灣沿岸海域之水體透視狀況，方為此技術成功應用的前提。

- 四、沙奇盤為一古老的透視度量度方法，此技術約 150 年前發明，且被生物學家及物理學家使用，這幾年在全世界大量的沙奇深度資料庫亦正在累積當中（Weilin Hou.et al., 2007），證實沙奇盤所量度出來的成果具有一定程度的效用。然因其觀測系統並無科學的紀錄，且僅有隱沒點時之水深，並無法瞭解整個水層之透視度狀況，因此本研究設計一等間距的作業設計，以獲取水面到沙奇盤隱沒之間水層的透視度狀況。
- 五、實際作業時常會因海流狀況，造成垂吊沙奇盤的繩子偏離垂直位置，必需在其下加掛重錘，在作業上有其不方便性，對於觀測者亦是一大折磨，需要拖拉重錘重量並抵抗強大的海流力量，且沙奇盤受力漂移觀測者往往無法垂直目視該盤，故並不合適大範圍地量度。
- 六、在研究中發現沙奇盤缺乏科學的量度記錄，因此藉由經過適當的率定後的數值調查外業設備，記錄成為數值檔案，以避免成果基準的不一致。另本研究配合 ImageJ 軟體，所分析得之灰度值，可將白色與黑色部分分別進行統計，經由方程式迴歸，可獲得隱沒前之上層水層的整體透視度。
- 七、以沙奇盤或透視棒之水下影像進行分析，發現設備中白色部分影像灰度值與深度均成反比關係，將此二者經迴歸分析之結果，以二次式迴歸： $y=ax^2+bx+c$  表示時，有二種狀況：開口向上、開口向下；以一次式迴歸： $y=ax+b$  表示僅有一種狀況，斜率為負，截距為正。經數據分析研判為各地水質狀況不同，且水體狀況非均一所致，不同水層有不同光學性質所致。

八、本實驗拍攝前均先以 18% 反射率之灰卡所反射之照度作為拍攝影像時曝光之標準，不但能有效克服不同日光環境(只要有日光即可)下之取樣，亦可以避免因無固定曝光量以致影像曝光不足或曝光過度，在數據分析上的錯誤。

九、實驗中以人眼審慎地多次觀測沙奇盤深度取平均後作為標準值，與水下影像分析後再以數值方法推估出來之透視深度比較結果，所得之平均誤差：以沙奇盤水下影像分析約為 9%、以透視棒水下影像分析約為 30%。

## 第二節 建議

- 一、本案就空載測深光達應用於臺灣沿岸海域之前置評估，約略以縣市進行分組，初步發現桃園縣之透視狀況約為水下 0.5 公尺之內、新竹縣市之透視狀況約為水下 0.25 公尺之內、苗栗縣之透視狀況約為水下 0.2 公尺之內、台中縣之透視狀況約為水下 0.5 公尺之內、彰化縣之透視狀況約為水下 0.1 公尺之內、雲林縣之透視狀況約為水下 0.4 公尺之內、嘉義縣之透視狀況約為水下 0.25 公尺之內、臺南縣市之透視狀況約為水下 0.3 公尺之內、高雄縣之透視狀況差異較大，在水下 0.4~5.5 公尺之間、屏東縣之透視狀況較平均，在水下 1.2~2.5 公尺之間、台北縣與基隆市之透視狀況則於 0.4~2.9 之間、宜蘭縣之整體透視狀況均在 1.2 公尺以上，最佳為 3.2 公尺、台東縣之整體透視狀況多為 1.2 公尺，較好的有 2.9 公尺，較差的有 0.8 公尺。因此，認為將空載測深光達應用之臺灣，以東岸較有成功之可能性，若要在西岸作業，應考量河口、港區附近、特殊生態區等影響水體透視狀況之區域，進行多頻率之監測，方有機會以此技術獲致海底地形資訊。
- 二、各機關建置成果在國土資訊系統之建置下，已充分發揮流通共享之目的，本研究亦採用農委會林務局自然資源與生態資料庫有關臺灣的漁港資訊進行有關漁港分布之呈現，而在此空間分佈之架構下，若能加值相關之環境狀態，建立成歷史資料，相信能對於整體之環境資源保育與善用有極大助益。
- 三、本次透視棒分析成果較沙奇盤等間距取樣為差，分析最可能原因為，在受限實際操作時現場作業環境等因素，因考量操作操作性、便利性及人員安全性，忽略未將太陽光入射之角度考慮為控制變因，以致灰度值內隱含未能事先率定太陽光輻射角

度，造成透視棒之反射強度分佈無法有效掌握，亦非原先假設為均一亮度，建議未來採用相似設備時應考量此影響因素。

四、有關太陽光入射對透視棒分析成果之影響量，建議可於單點位置極短時間(數分鐘)內，於較均值不流動之水體(如湖泊)，進行不同太陽入射角度之透視棒拍攝實驗，以了解其影響量，進而對爾後實驗之方法及步驟作重新調整及評估。

五、依實驗結果，由於本次的透視棒長度有限，最長 2 公尺，以 45° 角斜插入水體，透視棒水下深度僅能達到 1.4 公尺，故在透視度較佳之水體(如沙奇盤隱沒深度 2.5 公尺)，分析透視度時，常以外差方式進行推估，較為不精確，建議未來可延長透視棒之長度，以更精確地進行透視度分析。

六、建議未來可採透明之防水不透明管(避免外部光線影響內部)，如 PVC、不鏽鋼管，一端裝置可調整式穩定光源，另一端裝置防水工業級照度計，將裝置繫繩投入水體中，並將水下照度計之數值透過有線裝置傳至岸上並記錄之，藉由不同深度之水體中光源亮度反應數值，即可獲致單點不同深度之垂直水層之水下光學性質，藉由數值分析應可推估水體之透視度。

## 參考書目

- (1) 呂麗華，臺灣東北部沿岸海水光學特性，國立臺灣海洋海洋科學研究所大學碩士學位論文，1996年6月，基隆市。
- (2) 何宗儒，簡介衛星海洋遙測，國立海洋科技博物館籌備處簡介20期。
- (3) 物理海洋學導論，國立編譯館主編，南山堂出版社發行，George L. Pickard, William J. Emery原著，范光龍（臺灣大學海洋研究所教授）譯，民國76年9月初版。
- (4) 林志交、王弘基、張坤樹、李彥弘，94，SHOALS透水光達系統於臺灣沿海水深測量測試報告，內政部『辦理LIDAR之高精度及高解析度數值地形測繪、資料庫建置與應用推廣工作案』成果發表暨應用研討會，新竹縣，工業技術研究院。
- (5) 海洋與人類，徐氏基金會出版，科學圖書大庫，編譯者：劉錫民、呂學揚（海軍造船廠工程師），校閱者：王琴生（中正理工學院造船系教授）。民國76年8月15日出版。
- (6) 海洋物理學概論，國立編譯館出版，作者：殷富，民國71年出版。
- (7) 海洋學概論，徐氏基金會出版，科學圖書大庫，編著者：廖榮文，民國68年5月15日5版。
- (8) 普通海洋學，徐氏基金會出版，周俊謀譯，民國65年出版。
- (9) Andrew Byatt, Alastair Fothergill & Martha Holmes, the blue planet: a natural history of the oceans, 藍色星球：一部海洋的自然史，時報出版社。
- (10) Gary C. Guenther, A. Grant Cunningham, Paul E. LaRocque and David J. Reid, 2000. Meeting the accuracy challenge in airborne

lidar bathymetry, Proceedings of EARSeL-SIT-Workshop LIDAR,  
Dresden/FRG.

- ( 11 ) .<http://arcims.lifescience.ntu.edu.tw/website/ngis/fishery/viewer.htm?Layers=01&ActiveLayer=1>
- ( 12 ) <http://web2.epa.gov.tw/wmd/2005/wwmd-3.htm>
- ( 13 ) .[http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/e\\_book/telescopes/captions/emwave\\_spectrum.html](http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/e_book/telescopes/captions/emwave_spectrum.html)
- ( 14 ) Richard S. Stemberger and Eric K. Miller, 2003. Cladoceran body length and Secchi disk transparency in northeastern U.S. lakes, NRC Research Press Web site at <http://cjfas.nrc.ca>.
- ( 15 ) Robinson, I.S., 1985. Satellite oceanography: an introduction for oceanographers and remote-sensing scientists, John Wiley & Sons, New York. pp455.
- ( 16 ) Weilin Hou, Zhongping Lee, Alan D. Weidemann, 2007. Why does the Secchi disk disappear? An imaging perspective. Vol. 15, No. 6, Optics Express 2791.

## 附錄一 外業調查相關率定資料及觀測成果

縣(市)	類別	漁港名稱	ISO	光圈	快門	鏡頭焦距 (mm)	日期 年/月/日	時間	漁港深度 (m)	觀測間距 (m)	觀測深度 1 (m)	觀測深度 2 (m)	港區情況	備註
桃園縣	二	永安	200	8	1/800	55	2007/9/27	16:16	0.9	0.2	-	0.9		
桃園縣	二	竹圍	200	8	1/800	55	2007/9/27	16:57	3.15	0.5	-	2.5		
新竹市	二	海山	-	-	-	-	2007/9/27	-	-	-	-	-	廢棄	
新竹市	一	新竹	100	8	1/1000	55	2007/9/27	15:06	3.25	0.25	-	1.5		
新竹縣	二	坡頭	-	-	-	-	2007/9/27	15:41	-	-	-	-	乾潮水淺不能觀測	
苗栗縣	二	苑裡	100	8	1/800	43	2007/9/27	10:40	2.6	0.1	-	0.7		
苗栗縣	二	苑港	100	8	1/800	43	2007/9/27	10:58	2.6	0.1	-	0.7		
苗栗縣	二	通霄	200	8	1/800	18	2007/9/27	11:19	3.4	0.1	-	0.9		
苗栗縣	二	新埔	-	-	-	-	2007/9/27	-	-	-	-	-	乾潮水淺不能觀測	
苗栗縣	二	白沙屯	-	-	-	-	2007/9/27	-	-	-	-	-	乾潮水淺不能觀測	
苗栗縣	二	南港	-	-	-	-	2007/9/27	-	-	-	-	-	乾潮水淺不能觀測	
苗栗縣	二	公司港	200	8	1/1250	43	2007/9/27	12:27	1.8	0.1	-	0.8		
苗栗縣	二	外埔	200	8	1/1000	45	2007/9/27	13:32	3.4	0.2	-	1.2		
苗栗縣	二	龍鳳	200	8	1/500	45	2007/9/27	14:16	1.1	0.2	-	1		
台中縣	二	麗水	-	-	-	-	2007/9/27	08:00	-	-	-	-	淤塞、混濁、溪口港（內陸港）	
台中縣	一	梧棲	200	8	1/1000		2007/9/27	08:34	5.75	0.5	-	2		
台中縣	二	北汕	-	-	-	-	2007/9/27	09:23	-	-	-	-	淤塞不能觀測	
台中縣	二	五甲	100	8	1/1000		2007/9/27	09:45	2.3	0.1	-	0.5		
台中縣	二	松柏	100	8	1/1000		2007/9/27	10:17	3.9	0.1	-	0.6		
彰化縣	二	崙尾灣	800	8	1/200		2007/10/5	08:50	1.3	0.1	0.3	0.35		

彰化縣	二	王功	800	8	1/250		2007/10/5	09:38	1	0.1	0.3	0.35	
-----	---	----	-----	---	-------	--	-----------	-------	---	-----	-----	------	--

雲林縣	二	金湖	200	8	1/500		2007/10/4	15:31	1.6	0.05	0.25	0.2	
雲林縣	二	台子村	200	8	1/500		2007/10/4	15:46	2.25	0.1	0.4	0.35	
雲林縣	二	箔子寮	200	8	1/250		2007/10/4	16:09	3.1	0.1	0.5	0.55	
雲林縣	二	三條崙	200	8	1/320	24	2007/10/4	16:30	2.5	0.1	0.45	0.45	
雲林縣	二	台西	200	8	1/160	24	2007/10/4	16:52	2.2	0.1	0.4	0.45	
雲林縣	二	五條港	200	8	1/80	24	2007/10/4	17:09	1.7	0.1	0.3	0.35	

嘉義縣	二	鰲鼓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
嘉義縣	二	副瀨	200	8	1/800	24	2007/10/4	15:01	1.3	0.25	1.15	1.1	
		型厝	200	8	1/500	24	2007/10/4	14:37	1.75	0.2	0.75~0.8	0.9	
嘉義縣	二	下庄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
嘉義縣	二	塭港	200	8	1/1000	24	2007/10/4	14:21	2.8	0.25	1.25	1.2	
嘉義縣	二	東石	200	8	1/1250	24	2007/10/4	13:53	2.3	0.1	0.85	0.8	
嘉義縣	二	網寮	200	8	1/1200	24	2007/10/4	13:29	1.9	0.2	0.9	0.8	
嘉義縣	二	白水湖	200	8	1/125	24	2007/10/4	13:09	2	0.25	1.6		60度-2M
嘉義縣	二	布袋	200	8	1/1000	24	2007/10/4	11:59	1.7	0.25	1.1	1.25	退到底，正要漲潮
嘉義縣	二	好美里	-	-	-	-	2007/10/4	-	-	-	-	-	

台南縣	二	蚵寮=王爺	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	退潮無法施測
台南縣	二	北門=蘆竹溝	-	-	-	-	2007/10/4	11:19	0.8		0.6		退潮
台南縣	一	將軍	200	8	1/1250	35	2007/10/4	10:31	3.75	0.25	1.5	1.75	
台南縣	二	馬沙溝	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
台南縣	二	青山	200	8	200	24	2007/10/11	08:07	1.2	0.1	0.4	0.45	內港
台南縣	二	北門	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
台南縣	二	下山	200	8	250	24	2007/10/11	09:28	1.45	0.1	0.65	0.7	內港
台南縣	二	蚵寮	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		鯤鯓							1.15				透視 0.1m
台南市	二	四草	200	8	800	24	2007/10/11	10:14	1.1	0.1	0.5	0.65	內港 地圖：四五堡漁港
台南市	二	安平	200	8	400	24	2007/10/11	10:37	6	0.3	1.9	2	

高雄縣	二	興達	200	8	640	35	2007/10/11	12:01	2.5	0.3	1.6	1.7	遠洋港	
高雄縣	二	永新	200	8	500	24	2007/10/11	12:43	3.5	0.4	2.4	2.5	一般漁港	
高雄縣	二	蚵子寮	200	8	320	24	2007/10/11	13:45	2.4	0.3	1.85	2	一般漁港	
高雄縣	二	彌陀	200	8	1000	24	2007/10/11	13:25	2.8	0.4	2.05	2.15	一般漁港	
高雄縣	二	港埔												
高雄縣	二	白砂崙	200	8	1000	24	2007/10/11	11:34	1.4	0.2	1	1	內港	
高雄市	二	鼓山	200	8	125	24	2007/10/11	15:08	5	0.4	1.4	1.5		
高雄市	二	中洲	800	8	320	45	2007/10/11	16:23	4	0.4	1.5	1.6	漁港	
高雄市	二	旗后	800	8	160	24	2007/10/11	17:09	1.1	0.2	1	0.9	漁港	
高雄市	二	上竹里												
高雄市	二	小港												
高雄市	二	大汕頭	800	8	160	24	2007/10/11	16:34	1.2	0.1	5	5.5	小型漁港	
高雄市	二	旗津	800	8	400	24	2007/10/11	16:49	6	0.5	2.7	2.5	一般漁港	
高雄市	一	前鎮	200	8	125	45	2007/10/11	16:05	4	0.2	0.8	0.9	遠洋港	
高雄市	二	小港臨海新村	400	8	200	24	2007/11/6	08:50	6	0.3	1.8	1.8	良好	商、漁港
高雄市	二	小港第十	400	8	320	24	2007/11/6	09:28	2.7	0.3	1.7	1.8	良好	〈紅毛港〉
高雄市	二	小港第一、二	400	8	320	24	2007/11/6	09:43	1.6	0.3	1.6	1.6		預定廢港
高雄市	二	鳳鼻頭	400	8	320	24	2007/11/6	10:01	2.2	0.2	1.2	1.3	良好	
高雄縣	二	中芸	400	8	500	24	2007/11/6	10:35	3.2	0.2	0.8	0.8	河口港	
高雄縣	二	汕尾	200	8	200	24	2007/11/6	10:50	1.7	0.2	1.1	1.1	河口港	

屏東縣	二	鹽埔	200	8	200	24	2007/11/6	11:16	3.9	0.4	2.4	2.5	良好	擴建中
屏東縣	一	東港	200	8	250	24	2007/11/6	11:38	1.5	0.2	1.5	1.5	良好	商、漁港
屏東縣	二	枋寮	200	8	400	24	2007/11/6	13:18	3.5	0.3	1.8	1.8	良好	
屏東縣	二	楓港	200	8	100	24	2007/11/6	14:23	3	0.3	1.9	1.9	良好	風浪大

屏東縣	二	海口港	400	8	400	24	2007/11/6	14:50	3.5	0.2	1.2	1.2	良好	遊艇港
屏東縣	二	射寮	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		臨停小港
屏東縣	二	後灣	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		臨停小港
屏東縣	二	山海	400	8	200	24	2007/11/6	15:32	2.5	0.5	2.5	2.5	良好	
屏東縣	二	紅柴坑	400	8	250	24	2007/11/6	15:41	3	0.5	3	3	良好	遊艇港、天然港
屏東縣	二	後壁湖	400	8	200	24	2007/11/6	16:00	3.5	0.3	1.7	1.7	良好	遊艇港
屏東縣	二	興海	800	8	200	24	2007/11/6	16:42	3.5	0.2	0.8	0.8	良好	
屏東縣	二	南仁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		風浪大
屏東縣	二	中山	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		風浪大
屏東縣	二	旭海	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		風浪大

臺北縣	二	淡水第一	800	8	60	24	2007/10/17	16:29	1.5	0.1	0.4	0.4	內港	河口港
臺北縣	二	淡水第二	800	8	100	24	2007/10/17	16:00	4.2	0.1	0.7	0.7	遊艇港	
臺北縣	二	六塊厝	800	8	200	24	2007/10/17	15:42	3.5	0.1	0.9	0.9	小港	風浪大
臺北縣	二	後厝	800	8	250	24	2007/10/17	15:17	4.9	0.1	0.6	0.6	良好	
臺北縣	二	麟山鼻	400	8	320	24	2007/10/17	14:55	2.6	0.2	0.9	0.9	小港	
臺北縣	二	富基	400	8	320	24	2007/10/17	14:35	3.4	0.2	1.3	1.4	良好	
臺北縣	二	老梅												不見
臺北縣	二	石門	400	8	200	24	2007/10/17	14:15	4.3	0.2	1	1	良好	
臺北縣	二	草里	200	8	125	24	2007/10/17	14:00	3.8	0.1	0.6	0.6	小港	風浪大
臺北縣	二	永興	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	小港	廢港
臺北縣	二	中角	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	小港	廢港
臺北縣	二	磺港	200	8	200	24	2007/10/17	13:36	2.2	0.2	1	1	良好	內外港(連接河道)
臺北縣	二	水尾	400	8	400	24	2007/10/17	13:24	2	0.3	1.4	1.5	良好	
臺北縣	二	東澳	200	8	160	24	2007/10/17	12:53	3.5	0.4	2	2	良好	
臺北縣	二	野柳	400	8	250	24	2007/10/17	13:11	4.8	0.5	3	3	良好	
臺北縣	二	龜吼	200	8	200	24	2007/10/17	12:43	3.2	0.4	2.2	2.2	小港	
		龍洞	800	8	160	24	2007/10/17	09:05	2.4	0.2	1	1	良好	
臺北縣	二	萬里	200	8	250	24	2007/10/17	12:17	3.1	0.4	1.9	1.9	良好	遠洋船港
臺北縣	二	深澳	400	8	320	24	2007/10/17	10:01	3	0.5	3	3	良好	
臺北縣	二	水湳洞	400	8	320	24	2007/10/17	09:43	3.8	0.4	1.8	1.9	良好	

臺北縣	二	南雅	800	8	500	24	2007/10/17	09:27	3	0.5	2.3	2.4		
		龍洞遊艇	800	8	250	24	2007/10/17	08:51	3.7	0.5	2.1	2.1	遊艇專用港	管制
臺北縣	二	鼻頭	800	8	320	24	2007/10/17	09:15	2.3	0.5	2.3	2.3	良好	
臺北縣	二	和美	800	8	250	24	2007/10/17	08:29	3	0.5	1.7	1.8	小港	風浪大
臺北縣	二	美艷山	800	8	160	24	2007/10/17	08:16	2.8	0.5	2.6	2.5	小港	
臺北縣	二	澳底	1600	8	125	24	2007/10/16	16:20	2.1	0.3	1.8	1.8	良好	油污
臺北縣	二	澳仔	1600	8	100	24	2007/10/17	07:42	2.2	0.3	1.9	1.9	小港	
臺北縣	二	龍門	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	河港	
臺北縣	二	福隆	800	8	160	24	2007/10/16	15:58	2.6	0.2	1.4	1.5	小港	
臺北縣	二	桂安	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	不見	
臺北縣	二	香蘭	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	不見	
臺北縣	二	卯澳	800	8	200	24	2007/10/16	15:37	2	0.2	1.3	1.4		
臺北縣	二	馬崗	800	8	200	24	2007/10/16	15:17	3.5	0.2	1.3	1.4	內港	
臺北縣	二	鶯歌石	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	不見	

基隆市	二	大武崙	200	8	160	24	2007/10/17	11:56	4	0.3	1.5	1.5		
基隆市	二	外木山	400	8	400	24	2007/10/17	11:40	2.7	0.4	2.1	2.1	內、外港	
基隆市	一	正濱	400	8	400	24	2007/10/17	11:02	2.9	0.5	2.9	2.9	內、外港	八尺門漁港
基隆市	一	八斗子	400	8	320	24	2007/10/17	10:33	3.2	0.5	2.9	2.9	良好	
基隆市	二	長潭里	400	8	250	24	2007/10/17	10:26	3.4	0.2	0.9	0.9	水濁	風浪大
基隆市	二	望海巷	400	8	250	24	2007/10/17	10:15	2.4	0.3	1.7	1.7	良好	

宜蘭縣	二	石城	800	8	500	24	2007/10/16	14:51	3.1	0.5	3.1	3.1	內、外港	
宜蘭縣	二	桶盤堀	800	8	250	24	2007/10/16	14:41	2.3	0.4	2.3	2.3		廢港
宜蘭縣	二	大里	800	8	250	24	2007/10/16	14:28	3.8	0.3	1.8	1.8	內港	
宜蘭縣	二	蕃薯寮	800	8	250	24	2007/10/16	14:19	1.2	0.2	1.2	1.2		廢港

宜蘭縣	二	大溪二													一、二港合併
宜蘭縣	二	大溪一	800	8	200	24	2007/10/16	13:53	3	0.3	2.1	2.2	內港		
宜蘭縣	二	梗枋	400	8	200	24	2007/10/16	13:33	3.2	0.7	3.2	3.2	良好		
宜蘭縣	二	烏石	400	8	160	24	2007/10/16	13:11	5.25	0.5	2.5	2.6	良好	頭城漁港(賞鯨港)	
宜蘭縣	一	南方澳	400	8	250	24	2007/10/16	11:54	4.9	0.5	2.6	2.6	良好	商、漁港	
宜蘭縣	二	粉鳥林	400	8	200	24	2007/10/16	11:12	2.5	0.3	1.8	1.9	良好	東澳港	
宜蘭縣	二	南澳	400	8	250	24	2007/10/16	10:40	3.5	0.5	2.9	3	內港		

花蓮縣	二	花蓮	200	8	400	24	2007/10/16	08:35	5	0.5	2.5	2.5	良好	國際港、商、漁港	
花蓮縣	二	鹽寮	400	8	250	24	2007/10/16	07:48	2.1	0.1	0.4	0.4		廢港	
花蓮縣	二	石梯	800	8	50	24	2007/10/16	06:47	2	0.1	0.7	0.7	良好	賞鯨港	

臺東縣	二	長濱	800	8	50	24	2007/10/15	17:16	3	0.2	1.4	1.4	良好		
臺東縣	二	烏石鼻	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		風浪大、無法觀測	
臺東縣	二	石雨傘	800	8	200	24	2007/10/15	16:44	2	0.2	1	0.9	天然港灣		
臺東縣	二	小港	800	8	200	24	2007/10/15	16:34	2.5	0.2	1.2	1.3	良好		
臺東縣	二	新港	800	8	800	24	2007/10/15	16:15	2.7	0.3	1.45	1.5	良好	油污(成功漁港)	
臺東縣	二	金樽	800	8	400	24	2007/10/15	15:32	2.5	0.2	1.2	1.15	小港		
臺東縣	二	新蘭	400	8	320	24	2007/10/15	15:03	3	0.5	2.8	2.9	小港		
臺東縣	二	伽藍	200	8	250	24	2007/10/15	14:33	3.25	0.2	0.9	1	良好	交通、漁港(富岡港)	
臺東縣		大武	100	8	500	24	2007/10/15	11:50	1.6	0.2	1.1	1.1	內港		
臺東縣	二	大武	800	8	2000	24	2007/10/15	11:16	2	0.1	0.7	0.8	新港	風浪大(尙武港)	