

慈湖、陵水湖重要湖庫及周邊自然資源之研究(一、二)
金門國家公園管理處委託研究報告 105 年度

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周邊自然資源 之研究(1/3)

金門國家公園管理處委託研究報告

中華民國 105 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

科技部 GRB 編號

PG10501-0202

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周邊自然資源 之研究(1/3)

受委託者：國立中興大學

研究主持人：林幸助

協同主持人：江政人

研究助理：潘靖汶、廖冠茵、溫唯佳

金門國家公園管理處委託研究報告

中華民國 105 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次	I
表次	III
圖次	VII
摘 要	XIII
Abstract	XVII
第一章 緒 論	1
第一節、研究緣起與背景	1
第二節、相關研究	5
第三節、課題與對策	10
第二章 執行方法與過程	13
第一節、研究地點與時間	13
第二節、調查項目及檢測方法	18
第三節、工作進度說明	27
第三章 調查結果與討論	29
第一節、水質分析	29
第二節、水文收支	59
第三節、周邊陸域及水生植被優勢度及演替分析	66
第四節、水生生物定量調查	73
第六節、周遭土地利用現況	122

第七節、生態系統代謝	132
第四章 結論與建議	141
第一節、結論	141
第二節、建議	145
附錄一 植物名錄	149
附錄二 評選委員意見與說明	155
附錄三 工作計畫書審查委員意見與說明	157
附錄四 期中審查委員意見與說明	159
附錄五 期末審查委員意見與說明	169
參考書目	179

表次

表 1-1	金門植物群落類型及其演替分析	8
表 2-1	各樣點座標位置.....	14
表 2-2	水質項目及檢驗方法.....	26
表 2-3	工作進度甘特圖.....	27
表 3-1	2016 年 3 月慈湖現地檢測水質	35
表 3-2	2016 年 6 月慈湖現地檢測水質	35
表 3-3	2016 年 9 月慈湖現地檢測水質	35
表 3-4	2016 年 3 月慈湖之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 <i>a</i> 濃度	36
表 3-5	2016 年 6 月慈湖之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 <i>a</i> 濃度	36
表 3-6	2016 年 9 月慈湖之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 <i>a</i> 濃度	37
表 3-7	2016 年 10 月慈湖之生化需氧量、化學需氧量	38
表 3-8	2016 年 1 至 10 月金門地區降雨資料	38
表 3-9	2016 年 3 月陵水湖現地檢測水質	39
表 3-10	2016 年 6 月陵水湖現地檢測水質	39
表 3-11	2016 年 10 月陵水湖現地檢測水質	39
表 3-12	2016 年 3 月陵水湖之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 <i>a</i> 濃度	40
表 3-13	2016 年 6 月陵水湖之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 <i>a</i> 濃度	40
表 3-14	2016 年 10 月陵水湖之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 <i>a</i> 濃度	41

表 3-15	2016 年 3 月蘭湖水庫現地檢測水質	42
表 3-16	2016 年 6 月蘭湖水庫現地檢測水質	42
表 3-17	2016 年 9 月蘭湖水庫現地檢測水質	42
表 3-18	2016 年 3 月蘭湖水庫之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數	43
表 3-19	2016 年 6 月蘭湖水庫之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數	43
表 3-20	2016 年 9 月蘭湖水庫之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數	44
表 3-21	2016 年 3 月瓊林水庫現地檢測水質	45
表 3-22	2016 年 6 月瓊林水庫現地檢測水質	45
表 3-23	2016 年 9 月瓊林水庫現地檢測水質	45
表 3-24	2016 年 3 月瓊林水庫之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數	46
表 3-25	2016 年 6 月瓊林水庫之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數	46
表 3-26	2016 年 9 月瓊林水庫之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數	47
表 3-27	2016 年 3 月擎天水庫現地檢測水質	48
表 3-28	2016 年 6 月擎天水庫現地檢測水質	48
表 3-29	2016 年 10 月擎天水庫現地檢測水質	48
表 3-30	2016 年 3 月擎天水庫之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數	49
表 3-31	2016 年 6 月擎天水庫之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數	49
表 3-32	2016 年 10 月擎天水庫之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數	50
表 3-33	2016 年 3 月至 9 月慈湖、陵水湖水文收支參數	62

表 3-34	2016 年 3 月至 9 月慈湖魚類調查物種與數量	78
表 3-35	2016 年 3 月至 10 月陵水湖魚類調查物種與數量	79
表 3-36	2016 年 3 月至 9 月慈湖螺貝類調查物種與數量(樣框法).....	80
表 3-37	2016 年 3 月至 9 月陵水湖螺貝類調查物種與數量(樣框法)	81
表 3-38	2016 年 6 月至 9 月慈湖螺貝類調查物種與數量(蛇籠).....	82
表 3-39	2016 年 3 月至 9 月陵水湖螺貝類調查物種與數量(手抄網、蛇籠)	82
表 3-40	2016 年 3 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查	83
表 3-41	2016 年 4 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查	83
表 3-42	2016 年 5 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查	83
表 3-43	2016 年 6 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查	84
表 3-44	2016 年 7 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查	84
表 3-45	2016 年 8 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查	84
表 3-46	2016 年 9 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查	85
表 3-47	2016 年 10 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查	85
表 3-48	2016 年 3 月金門湖庫鳥類調查位置與時間	103
表 3-49	2016 年 6 月金門湖庫鳥類調查位置與時間	103
表 3-50	2016 年 9 月金門湖庫鳥類調查位置與時間	104
表 3-51	2016 年 1 月至 9 月陸域環境因子	104
表 3-52	2016 年 3 月至 9 月慈湖鳥類調查物種及數量	105

表 3-53	2016 年 3 月至 9 月陵水湖鳥類調查物種及數量	107
表 3-54	2016 年 3 月至 9 月蘭湖水庫鳥類調查物種及數量	109
表 3-55	2016 年 3 月至 9 月瓊林水庫鳥類調查物種及數量	111
表 3-56	2016 年 3 月至 9 月擎天水庫鳥類調查物種及數量	113

圖次

圖 1-1	研究地點分布圖.....	2
圖 2-1	慈湖測站位置圖.....	15
圖 2-2	陵水湖測站位置圖.....	15
圖 2-3	蘭湖水庫測站位置圖.....	16
圖 2-4	瓊林水庫測站位置圖.....	16
圖 2-5	擎天水庫測站位置圖.....	17
圖 3-1	2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站磷酸鹽濃度	51
圖 3-2	2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站硝酸鹽濃度	51
圖 3-3	2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站銨鹽濃度	52
圖 3-4	2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站濁度	52
圖 3-5	2016 年 3 月至 9 月慈湖各站葉綠素 <i>a</i> 濃度	53
圖 3-6	2016 年 3 月至 10 月陵水湖各測站磷酸鹽	54
圖 3-7	2016 年 3 月至 10 月陵水湖各測站硝酸鹽	54
圖 3-8	2016 年 3 月至 10 月陵水湖各測站銨鹽	55
圖 3-9	2016 年陵水湖 3 月至 10 月各測站濁度	55
圖 3-10	2016 年 3 月至 10 月陵水湖葉綠素 <i>a</i> 濃度	56
圖 3-11	2016 年 3 月至 9 月蘭湖、瓊林、擎天水庫總磷濃度	57
圖 3-12	2016 年 3 月至 9 月蘭湖、瓊林、擎天水庫葉綠素 <i>a</i> 濃度	57

圖 3-13	2016 年 3 月至 9 月蘭湖、瓊林、擎天水庫透明度	58
圖 3-14	2016 年 3 月至 9 月蘭湖、瓊林、擎天水庫卡爾森指數	58
圖 3-15	2009/10/29 慈湖衛星航照圖	63
圖 3-16	2013/3/16 慈湖衛星航照圖	63
圖 3-17	2016/7/23 慈湖衛星航照圖	63
圖 3-18	2016 年 3 月 24 日至 6 月 27 日之慈湖水文收支模式	64
圖 3-19	2016 年 6 月 27 日至 9 月 24 日之慈湖水文收支模式	64
圖 3-20	2016 年 3 月 30 日至 6 月 29 日之陵水湖水文收支模式	65
圖 3-21	2016 年 6 月 29 日至 9 月 25 日之陵水湖水文收支模式	65
圖 3-22	慈湖植物樣區位置.....	68
圖 3-23	陵水湖植物樣區位置.....	68
圖 3-24	慈湖植物矩陣群團分析.....	69
圖 3-25	陵水湖植物矩陣群團分析	70
圖 3-26	2010/8/13 陵水湖衛星航照圖	71
圖 3-27	2011/9/17 陵水湖衛星航照圖	71
圖 3-28	2015/8/1 陵水湖衛星航照圖	71
圖 3-29	2016 年 4 月陵水湖空拍圖	72
圖 3-30	2016 年 8 月陵水湖空拍圖	72
圖 3-31	2016 年 9 月陵水湖空拍圖	72

圖 3-32	2016 年 3 月至 9 月慈湖魚類組成	86
圖 3-33	2016 年 3 月慈湖各測站魚類組成	86
圖 3-34	2016 年 6 月慈湖各測站魚類組成	87
圖 3-35	2016 年 9 月慈湖各測站魚類組成	87
圖 3-36	2016 年 3 月至 9 月慈湖魚類組成 MDS 分析	88
圖 3-37	2016 年 3 月至 10 月陵水湖魚類組成	89
圖 3-38	2016 年 3 月陵水湖各測站魚類組成	89
圖 3-39	2016 年 6 月陵水湖各測站魚類組成	90
圖 3-40	2016 年 10 月陵水湖各測站魚類組成	90
圖 3-41	2016 年 3 月至 10 月陵水湖魚類組成 MDS 分析	91
圖 3-42	2016 年 3 月至 9 月慈湖螺貝類組成	92
圖 3-43	2016 年 3 月慈湖各測站螺貝類組成	92
圖 3-44	2016 年 6 月慈湖各測站螺貝類組成	93
圖 3-45	2016 年 9 月慈湖各測站螺貝類組成	93
圖 3-46	2016 年 3 月至 9 月慈湖螺貝類組成 MDS 分析	94
圖 3-47	2016 年 3 月至 9 月慈湖螺貝類組成 CLUSTER 分析	94
圖 3-48	2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站底質粒徑中值	95
圖 3-49	2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站粉泥黏土含量	95
圖 3-50	2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站底質篩選係數	96

圖 3-51	2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站底質氧化還原電位	96
圖 3-52	2016 年 3 月至 10 月慈湖菲律賓簾蛤豐度	97
圖 3-53	2016 年 3 月至 10 月慈湖菲律賓簾蛤生物量	97
圖 3-54	2016 年 3 月至 10 月慈湖菲律賓簾蛤殼長頻度分布	98
圖 3-55	2016 年 3 月至 10 月慈湖菲律賓簾蛤殼長	98
圖 3-56	2016 年 3 月至 10 月慈湖菲律賓簾蛤肥滿度指數	99
圖 3-57	慈湖鳥類調查區段.....	114
圖 3-58	2016 年 3 月慈湖鳥類棲地利用	115
圖 3-59	2016 年 3 月慈湖鳥類行為調查	115
圖 3-60	2016 年 6 月慈湖鳥類棲地利用	116
圖 3-61	2016 年 6 月慈湖鳥類行為分群	116
圖 3-62	2016 年 9 月慈湖鳥類棲地利用	117
圖 3-63	2016 年 9 月慈湖鳥類行為分群	117
圖 3-64	陵水湖鳥類調查區段.....	118
圖 3-65	2016 年 3 月陵水湖鳥類棲地利用	119
圖 3-66	2016 年 3 月陵水湖鳥類行為調查	119
圖 3-67	2016 年 6 月陵水湖鳥類棲地利用	120
圖 3-68	2016 年 6 月陵水湖鳥類行為分群	120
圖 3-69	2016 年 9 月陵水湖鳥類棲地利用	121

圖 3-70	2016 年 9 月陵水湖鳥類行為分群	121
圖 3-71	2016 年 3 月慈湖土地利用調查	124
圖 3-72	2016 年 6 月慈湖土地利用調查	124
圖 3-73	2016 年 9 月慈湖土地利用調查	125
圖 3-74	2016 年 3 月陵水湖土地利用調查	125
圖 3-75	2016 年 6 月陵水湖土地利用調查	126
圖 3-76	2016 年 9 月陵水湖土地利用調查	126
圖 3-77	2016 年 3 月蘭湖水庫土地利用調查	127
圖 3-78	2016 年 6 月蘭湖水庫土地利用調查	127
圖 3-79	2016 年 9 月蘭湖水庫土地利用調查	128
圖 3-80	2016 年 3 月瓊林水庫土地利用調查	128
圖 3-81	2016 年 6 月瓊林水庫土地利用調查	129
圖 3-82	2016 年 9 月瓊林水庫土地利用調查	129
圖 3-83	2016 年 3 月擎天水庫土地利用調查	130
圖 3-84	2016 年 6 月擎天水庫土地利用調查	130
圖 3-85	2016 年 9 月擎天水庫土地利用調查	131
圖 3-86	2016 年春季慈湖一日溶氧變化	134
圖 3-87	2016 年夏季慈湖一日溶氧變化	134
圖 3-88	2016 年秋季慈湖一日溶氧變化	135

圖 3-89	2016 年春季至秋季慈湖基礎生產量	135
圖 3-90	2016 年春季至秋季慈湖系統呼吸量	136
圖 3-91	2016 年春季至秋季慈湖淨系統生產量	136
圖 3-92	2016 年春季陵水湖一日溶氧變化	137
圖 3-93	2016 年夏季陵水湖一日溶氧變化	137
圖 3-94	2016 年秋季慈湖一日溶氧變化	138
圖 3-95	2016 年春季至秋季陵水湖基礎生產量	138
圖 3-96	2016 年春季至秋季陵水湖系統呼吸量	139
圖 3-97	2016 年春季至秋季陵水湖淨系統生產量	139

摘要

關鍵詞：優養化、基礎生產量、農業廢水、生態系統代謝

一、研究緣起

金門地區之生物資源豐沛，慈湖與陵水湖均為生物棲息之重要濕地，而蘭湖、瓊林及擎天水庫則為生物遷徙活動之重要連結點。然而，過去研究多著重於鳥類、水獺或植物等自然資源調查，較少以生態系觀點針對水域棲地及水生生物做統合性分析，更遑論周邊人類利用方式與濕地關聯性之探討。因此，為瞭解影響各濕地生態系之重要因子，本計畫將以生態系角度探討各濕地之棲地環境現況。除了生物與環境之相互關係外，更融入周遭土地利用現況及人為活動調查，以探討人類影響這些濕地生態系之生物多樣性與功能，藉由改善不當之利用行為，達成濕地生態系之明智利用與永續。

二、研究方法及過程

本計畫預期於 2016 至 2018 年，執行慈湖與陵水湖之水質、水文、植物、水生生物、鳥類、土地利用等調查工作；與蘭湖、瓊林、擎天水庫之水質、鳥類及土地利用調查。綜合上述環境因子與生物量化資料，本研究將於 3 年計畫中逐步提出棲地改善建議及經營管理策略，並於計畫最後 1 年提出完整之經營管理方案。

三、重要發現

本計畫前 3 季之成果顯示，慈湖之營養來源應以農業活動施用之肥料為主，經溝渠注入湖中後，增加了慈湖東側之營養鹽濃度，並促進浮游藻類生長；近閘門處則因距離溝渠較遠，且水體交換較佳，故水質狀態相對優良。整體而言，慈湖之總基礎生產量約為 $361.4 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ，屬於優養水域。其夏季高溫導致溶氧飽和度低，並促進藻類及微生物作用，使夜間溶氧值幾乎趨近於 0，可見慈湖之水生生物已面臨缺氧之困境。溝渠排水除影響水質外，其輸入之泥沙堆積於慈湖東側，亦導致螺貝類組成差異，慈湖東側因

底質泥濘，以食腐性之螺類較優勢；西側則因底質含砂量較高，且水體流動力較佳，故組成以二枚貝為主。

菲律賓簾蛤為慈湖漁民之重要漁獲，其分布侷限於水質較好、砂底質之水閘門一帶。族群量調查顯示，菲律賓簾蛤豐度自 5 月達到高峰後始大幅下降。初步推測，可能與漁民之採捕行為及夏季偏低之溶氧有關。此外，莫蘭蒂颱風擾動慈湖之底質與水質，亦可能造成菲律賓簾蛤族群量下降。肥滿度指數顯示，4-6 月及 9-10 月為菲律賓簾蛤之釋卵期，故未來可將此結果作為採捕管理之依據之一。

陵水湖之營養鹽源於農業活動使用之肥料與聚落生活污水。自楊厝、上庫一帶注入陵水湖後，使內池之硝酸鹽、葉綠素 *a* 濃度及濁度較高，並於中池、外池略微改善。東池未直接與內池相連，故水質狀態相對優良。整體而言，陵水湖之總基礎生產量約為 $962.5 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ，屬於超優養水域。陵水湖為重要之生物棲地，許多鳥類常於水生植物密集處休息，但在 9 月颱風過後，水位升高淹沒水生植物，造成鳥類棲息處減少。

蘭湖、瓊林水庫集水區因農田排水注入，使其優養化程度高；擎天水庫集水區雖少有人為活動，但仍屬於優養水庫；3 水庫之卡爾森指數介於 39.55 至 81.18，以瓊林水庫之水質最差，可能與其水位過淺，水體稀釋能力低有關。

四、主要建議事項

建議一：立即可行建議一提升慈湖海水交換率

主辦單位：金門國家公園管理處

為改善慈湖之水體流動程度，本計畫提出下列兩方案：方案 1：利用水利設施抽引海水，自慈湖東側兩溝渠(C5、C7 測站)注入慈湖，除加速慈湖水體更替外，亦可沖刷底部污泥，降低淤積程度；方案 2：建議將水位維持在 EL0.90 m 至 EL 1.20 m 間，增加水交換頻率，並增設抽水設備以加快水體交換速度。

建議二：立即可行建議—陵水湖生態工法

主辦單位：金門國家公園管理處

協辦單位：上庫聚落社區發展協會

有鑑於陵水湖內池(L7)之優養化程度嚴峻，本計畫建議可於內池圈放適量之布袋蓮以吸收營養，並於覆蓋度達 10% 時立即予以捕撈處理，以避免危及魚類族群。另一方面，建議將布袋蓮分為數個小區處理，增加棲地多樣性，同時減輕溶氧下降幅度。布袋蓮覆蓋度對水質、水生生物之影響因地而異，因此，若欲以布袋蓮執行除污工作，則應確實限制其生長範圍，並監測溶氧濃度，避免植株過度生長，並制定適地之布袋蓮覆蓋度規範。

為增加鳥類棲地並減輕優養化問題，建議可於陵水湖設置人工浮島。其中，內池(L7)位於陵水湖內陸側，鄰近污染源且水域相對開闊，再加上水位易於操控，故建議將人工浮島設於內池，由上游控制污染，並避免早期時水位過低導致植栽死亡。

建議三：中長期可行建議—草魚試驗

主辦單位：金門國家公園管理處—烈嶼管理站

本計畫建議在確保草魚無法發展族群之前提下，可放養不具繁殖能力之三倍體草魚群體，以抑制水生植物擴散，但仍需配合後續密集之草魚族群量與水生植物覆蓋度監測，以降低潛在之生態影響。

建議四：中長期可行建議—移除陵水湖東池水生植物

主辦單位：金門國家公園管理處

協辦單位：上庫聚落社區發展協會

為避免陵水湖東池陸域化，本計畫建議應有限度移除東池水生植物，將植被面積控制於 40%。移除期間需盡可能降低對陵水湖周邊生物之衝擊，移除後則需密切注意水生

植物是否重新拓殖，尤其在低水位時，若有擴散傾向宜立即處理。莫蘭蒂颱風過後，內池、中池、外池之水生植物多被淹沒，故本計畫建議在短期內不宜執行大幅度之移除工作。

建議五：中長期可行建議－集水區管理

主辦單位：金門縣政府

協辦單位：金門縣政府農業試驗所

本計畫建議應由根源解決問題，於水庫周邊加強離農、離牧政策推行，以劃設淨水緩衝區；並宣導適宜之施肥方式，減輕氮、磷排放。此外，應探討肥料與水質間之關係，以制定最佳之施肥方式。

Abstract

Keywords: eutrophication, primary production, agriculture wastewater, ecosystem metabolism

1. Introduction

Cih Lake and Ling-Shui Lake were important habitats for many organisms, and reservoirs were connecting points between several wetlands. There were some researches quantifying biological resources such as plants, birds and otters in Kinmen, but much less focusing on the relationships between wetlands and human impacts. In recent years, the water quality reports revealed that nutrient and sediment input are causing habitat degradation at Cih Lake and Ling-Shui Lake.

2. Research method

In order to clarify the source of pollution, water quality, hydrological parameters and land use in Cih Lake and Ling-Shui Lake were determined every three months in 2016-2018. Besides, survey of plants, birds, fish, benthic invertebrates, and ecosystem metabolism were conducted to examine the structure and functioning of ecosystem. Reservoir water was associated with human health, so we also evaluated the water quality and land use at Lan-Hu reservoir, Joani-Lin reservoir, and Qing-Tian reservoir.

3. The important results

Agriculture wastewater might be the main nutrient source to Cih Lake. After polluted water flowing into Cih Lake, nutrient concentration and chlorophyll *a* increased, especially at eastern site. In contrast, water quality at western station was better due to far from ditch and water exchange was faster. In general, gross primary production (GPP) in Cih Lake was $361.4 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, indicated an eutrophic system. In summer, high water temperature led to lower dissolved oxygen saturation and faster microbial metabolism, causing dissolved oxygen close to 0 in the night, showing aquatic organism have been facing hypoxia problem. Besides,

wastewater inflow also led to sediment deposition, and resulted in mollusk's spatial variation.

Distribution of *Ruditapes philippinarum* was limited to west of Cih Lake, because of better water quality and sand bottom. Population survey showed that calm abundance was highest in May and then substantially declined. It may be related to overfishing and low dissolved oxygen from June to August. In addition, Typhoon Meranti disturbed water and substrate might also decreased *R. philippinarum* population rapidly. Condition index revealed the spawning period of *R. philippinarum* was between April to June and September to October. This result can be applied as the basis of harvest management.

Nutrients of Ling-Shui Lake likely came from agriculture wastewater and domestic sewage. Concentration of nitrate and chlorophyll *a* was high in the inner pond, due to be close to source of pollution. After water flowed into central pond and outer pond, water quality had slightly improved. Water quality in the eastern pond was best due to disconnection to the inner pond. GPP in Ling-Shui Lake was $962.5 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, indicated a hypertrophic system. Ling-Shui Lake was important habitats for organisms. However, after Typhoon Meranti, most of plants was submerged, causing habitat loss for birds.

Carlson trophic state index (CTSI) at Lan-Hu reservoir, Joani-Lin reservoir and Qing-Tian reservoir ranged from 39.6-81.2, indicated all reservoirs were eutrophic systems. Water quality of Qing-Tian reservoir was the best, due to less human activity in its catchment. In contrast, agriculture wastewater flowed into Lan-Hu reservoir and Joani-Lin reservoir, resulting in worse water quality. In the other hand, worst water quality in Joani-Lin reservoir might be associated with its low water level.

4. Suggestions and comments

(1)Acceleration of water exchange rate in Cih Lake (short-term command)

In order to improve water quality in Cih Lake, we suggest to pump seawater and flow into two eastern ditches at Cih Lake. In other way, maintaining water level at about $\text{EL } 1.2 \pm$

0.2 m, and extend gate opening time.

(2) Ecological engineering methods (short-term command)

We recommend reduced nutrient concentration by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). In order to avoid lower fish production, coverage should be controlled less than 10%.

To increase bird habitat and solve eutrophication problem, we propose to construct an artificial floating island in Ling-Shui Lake. Inner pond was close to polluted source and easier to control water level, so it might be the good place to set up floating island.

(3) Grass carp stocking (short-term command)

We suggest triploid, not fertile grass carp can be stocked in order to prevent spread of aquatic plants, but should only be introduced to isolated water bodies. Besides, adequate monitoring should be conducted to prevent significant negative impacts caused by carps.

(4) Remove aquatic plants (mid-term command)

We suggest to remove part of aquatic plants to prevent wetland from disappearance. During operation, it should minimize the impact on birds and any other organisms. After working, aquatic plant coverage need to be monitored, especially at low water level period. Aquatic plants in the inner, central and outer pond were submerged by typhoon. Therefore, it is not recommended to remove aquatic plant in eastern pond in a short time.

(5) Catchment management

We recommend that promotion of rationalized fertilization should be accelerated. To explore the relationship between water quality and fertilizer, continuous water quality monitoring of Cih Lake, Ling-Shui Lake, Lan-Hu reservoir, Joani-Lin reservoir and Qing-Tian reservoir should be conducted, and then prevention of overuse of fertilizer.

第一章 緒 論

第一節、研究緣起與背景

壹、研究緣起

金門地區四面環海，陸域部分湖泊及池塘眾多，屬濕地之棲地類型占金門野生動植物棲地比率頗高，歷年之研究成果亦指出金門濕地之自然生態資源豐富。

慈湖屬國家級重要濕地，陵水湖為烈嶼地區之重要濕地，而蘭湖、瓊林及擎天水庫位於金門中央地帶，作為生物遷徙活動之重要連結點。但過去研究多著重於鳥類、水獺或植物方面調查，較少以生態系觀點針對各水域之棲地環境及水生生物做一統合性分析，更遑論探討周邊人類利用方式與濕地之關聯性。

為整體性瞭解各濕地生態系，本計畫將以生態系角度探討各濕地之棲地環境現況。調查項目包含水文及水質現況等棲地環境因子，植被覆蓋狀況、水生生物組成、鳥類棲地利用等生物因子；除了生物與環境之相互關係外，更融入周遭土地利用現況及人為活動調查，以釐清人類在此生態系所扮演之角色，是否可支持生態系之永續，或是有不當利用須改善之行為。

本計畫在以文獻蒐集、現地調查建構濕地生態系後，最終將逐步提出慈湖、陵水湖、蘭湖水庫、瓊林水庫及擎天水庫等之棲地改善建議，建立合適之經營管理及公私部門協力策略，加強在地夥伴關係，維護濕地之生物多樣性。簡言之，本計畫主旨為：

1. 整合慈湖及陵水湖之自然資源、重要環境影響因子及人為活動現況，以生態系統尺度評估該二棲地之改善方式。
2. 整合蘭湖、瓊林及擎天水庫之水質及人為活動現況，評估棲地改善之建議。

貳、研究背景

金門為一大陸型島嶼，除了烈嶼外，尚有大膽、二膽、東碇、北碇等島嶼，鄰近中國九龍江口的廈門灣，具有相當豐富之生物資源及廣大之沿海濕地生態系。沿海濕地位於陸地與海洋之交會處，具有多樣性環境提供多種生物生存繁衍之棲地。除了沿海濕地之外，由於金門降雨量少，水資源保存不易，每一聚落幾乎都有自己的埤塘，是聚落的生活中心，過去十萬大軍駐軍時期亦興建多個湖庫等水利設施，以至於金門地區湖泊、埤塘型濕地遍布。本計畫主要研究地點為慈湖及陵水湖，另有蘭湖、瓊林及擎天水庫亦須進行水質及周邊土地利用分析，最後5處研究地點均需提出棲地改善具體建議。研究地點分布圖如圖 1-1，實際執行範圍詳見「第二章、執行方法及過程」，各研究地點概況如下：



圖 1-1 研究地點分布圖

一、慈湖

慈湖位於金門本島西北角金寧鄉，屬於國家公園範圍內之特別景觀區。原為雙鯉湖

逕流注海之海灣，於 1969 年因軍事目的築堤而形成今日之潟湖地形。慈堤長 550 公尺，南端設有一水閘門與海相通，故慈湖屬於半淡鹹水濕地。慈湖東側養殖魚塭遍布，並有兩條水道接引地表水流入湖中，分別連接於雙鯉湖與養殖水渠，為主要之淡水來源。堤外為慈堤外海，為泥灘及沙灘之混合底質，底棲生物數量多，吸引許多水鳥覓食；堤內慈湖除為鳥類覓食重要地點外，周邊森林亦提供鳥類之重要棲息地，如北側之木麻黃林，每年 10 月至隔年 4 月均有大量鷗鷺於此度冬(莊西進、周志強，2006)，可見其棲地重要性。

二、陵水湖

陵水湖位於烈嶼鄉西南側之上庫與上岐村之間，原為海埔窪地，漲潮時會淹沒田地成災，1961 年由駐軍築 2 道分水堤，將湖分割為內池、中池與外池等 3 池，主要用途為軍事防禦及水利灌溉。另外東側亦有一相連通之池塘(簡稱東池)，此 4 池合稱陵水湖內湖，北側水塘則以外湖稱之。陵水湖外湖有溝渠與外海相通，但因各池之高程差異使其受海水影響程度不一。與鄰近之西湖(亦可歸類於潟湖地形)因鄰近海邊潮間帶，為許多水鳥覓食之地點，也成為重要鳥類棲息地。

三、蘭湖水庫

蘭湖水庫位於金湖鎮，建於 1968 年 8 月，屬天然積水，集水區面積 120.39 公頃，滿水位面積 5.4 公頃，滿水位高程 27.5 公尺，設計容量 37.0 萬立方公尺，有效容量 29.16 萬立方公尺，庫內曾有調查到羅漢魚(*Pseudorasbora parva*)、極樂吻鰕虎(*Rhinogobius giurinus*)及鯽魚(*Carassius auratus*)之記錄(陳義雄，2001)。

蘭湖水庫目前僅包含兩年水質資料。2013 至 2015 年之溶氧為 10.6 (6.6-15.9) mg L⁻¹；懸浮固體為 12.1 (7.6-16.5) mg L⁻¹；化學需氧量為 41.0 (30.5- 62.8) mg L⁻¹；卡爾森指數為 67.8 (61.0-71.0)。整體而言，蘭湖水庫水質呈現優養狀態。

四、瓊林水庫

瓊林水庫位於金湖鎮，建於 1982 年 3 月，屬瓊林溪集水區，集水區面積 125.42 公

頃，滿水位面積 9.9 公頃，滿水位高程 26.5 公尺，設計容量 33.5 萬立方公尺，有效容量 28.9 萬立方公尺。

瓊林水庫 2008 至 2010 年之溶氧為 9.7 (7.1-12.2) mg L^{-1} ；懸浮固體為 48.7 (20.5-144.0) mg L^{-1} ，監測數據頗高；化學需氧量為 59.7 (15.3- 107.0) mg L^{-1} ，水質變化頗大，最近 1 次監測數據為 15.3 mg L^{-1} ，為該 3 年最低；總有機碳濃度為 17.1 (4.2-33.0) mg L^{-1} ，水質變化頗大，2010 年最後 1 次監測數據為 4.2 mg L^{-1} ，為該 3 年最低。整體而言，瓊林水庫為金門各水庫中水質狀況最差者(技佳工程顧問有限公司，2011)。

五、擎天水庫

擎天水庫位於大武山西北山麓，建於 1969 年 2 月，屬於軍管區湖庫。水源來自於金沙溪上游，集水區面積 146.14 公頃，滿水位面積 3.9 公頃，滿水位高程 31.06 公尺，設計容量 25.0 萬立方公尺，有效容量 23.34 萬立方公尺。可能之污染來源為大武山公墓之排水及邊坡之零星逕流(黃生，2007)。

擎天水庫 2008 至 2010 年之溶氧為 9.5 (6.0-12.4) mg L^{-1} ；懸浮固體平均值為 7.5 (5.0-13.5) mg L^{-1} ；化學需氧量為 21.1 (10.0-34.2) mg L^{-1} ；有機氮濃度為 6.7 (4.9-10.6) mg L^{-1} 。整體而言，擎天水庫之水質狀況為金門各水庫中最佳者(技佳工程顧問有限公司，2011)。

第二節、相關研究

壹、水質

在水質方面，黃生(2007)指出金門地區的湖泊導電度極高，顯示污染普遍且嚴重。造成水體高導電度之可能原因包含大氣沉降、人為污水排放及集水區土壤釋出等。其中，慈湖與陵水湖皆受海水潮汐影響，故其導電度偏高應為海水流入所致，並不能代表水體遭受污染。然而，孟培傑(2002)之水質檢測結果中，慈湖與陵水湖之營養鹽、葉綠素 *a* 濃度及濁度均呈偏高狀態，且卡爾森指數亦高於 50，可見兩湖泊均屬於優養水質。在鋅、鉛、鉻、銅、汞等重金屬濃度方面，則未發現超出環保署水質標準之案例。胡惠宇(2012)整合 2002 至 2012 年之環保署水質資料顯示，金門縣各水庫(太湖、田浦、金沙、榮湖、瓊林、山西、陽明湖、擎天、西湖、菱湖、蓮湖)均呈優養狀態，其中以瓊林水庫之懸浮固體、銨根及總磷濃度不符合水質標準之機率最高；擎天水庫之水質則相對優良，其銨根濃度與化學需氧量偏低，但仍有總有機碳過高之情形。此外，各湖泊硫酸根含量甚高，但因為鹽基陽離子含量亦高，故短期內沒有酸化的危機。

貳、水文

營養鹽是基礎生產者成長所需之重要元素，適度的營養使水生植物生生不息，但過量的營養卻導致藻類過度繁殖，衍生優養化問題。人為活動產出之污水常增加濕地的營養鹽輸入，而水量收支則會影響濕地生態整體的營養鹽變化(洪佩瑩，2001)。慈湖與陵水湖均有地表水藉由溝渠排入湖中，而綜合地下水流量、降雨量、蒸發量等水文項目即可建立湖水之收支平衡模式。但由於慈湖與陵水湖分別為海灣、海埔低溼地築堤而成，慈堤最南端設有水閘門，陵水湖有溝渠與海相通，使潮汐作用帶動海水與此二湖進行水體交換，故尚需配合鹽收支模式方可估算海水交換量。上述之收支模式均屬於保守性物質的盒子模式(box model)，而利用此模式不僅可估算水體停留時間，亦可用於非保守性物質如 C、N、P 之通量計算(郭芳旭，2000)。洪佩瑩(2001)即利用盒子模式估算大鵬灣之海水交換量與滯留時間，而其估算結果顯示大鵬灣因滯留時間長達 10.6 天，高於七股

潟湖 4.8 天，使其棲地品質劣於七股潟湖。

參、植物

根據王鑫等人 (1994)之調查成果，可將金門植被分為 12 種類型。若依其性質，可以區分成為屬於自然植群的海岸植群(包括白茅-鹽地鼠尾粟型、濱刺麥-白茅型、牡荊-朴樹型、海桐-鹽膚木型、鋪地黍-紅梅消型、茵陳蒿-鯽魚膽型等 6 型)和山地植群(包括小葉赤楠-山相思(車桑子)型、萱-俄氏胡頹子型、潺槁樹-朴樹型、薜荔-雀梅藤型等 4 型)，以及銀合歡造林地(銀合歡-槭葉牽牛型、馬櫻丹-銀合歡型 2 型)。楊遠波、呂勝由(1997)與楊遠波等(1998)則將金門現況植被區分成海邊、平原-山地兩區，並各具 4 大類型植群，每 1 類群包含數種不同的植物群落(表 1-1)。金門植物誌(2011)則指出，金門地區自生及馴化之維管束植物共有 820 種，包含蕨類 52 種，裸子植物 1 種，雙子葉植物 529 種，單子葉植物 238 種，其中馴化引進之種類約占 15.4%，顯示此地受人為干擾甚為嚴重。從水生植物帶的多樣性可以看出，金門地區的濕地環境十分發達。此外，森林部分主要是造林樹種及部分原生種類所組成，顯示土壤種子庫逐漸復甦的趨勢。

肆、水生生物

陳義雄等人(2001)於金門 12 個水系之魚類相調查共記錄淡水及河口魚類 25 科 39 屬 47 種，其中初級淡水魚有 7 科 11 屬 11 種，包含鯽魚、鯉魚、羅漢魚、史尼氏小鯽、大鱗梅氏鱖、泥鰍、大肚魚、黃鱔、吳郭魚、粘皮鰻鰂虎、蓋斑鬥魚、斑鱧等，其中大鱗梅氏鱖已自臺灣本島絕跡，僅存於金門水系，並經行政院農委會於 2009 年公告為「其他應予保育之野生動物」。邱郁文(2015)在 2013 至 2015 年之慈湖魚類及底棲動物調查，共記錄到 13 科 29 種魚類，包含窩斑鰻、前鱗龜鰻、綠背龜鰻、鰻、布魯雙邊魚、大棘雙邊魚、日本花鱸、頸斑鰻、勒氏笛鯛、斑雞魚、黑棘鯛、臺灣棘鯛、黃鰭棘鯛、平鯛、四線列牙鱸、花身鱸、褐臭肚魚、尼羅口孵非鯽、吉利非鯽、中國塘鱧、斑尾刺鰻虎、髭鰻鰻虎、雙斑叉舌鰻虎、點帶叉舌鰻虎、彈塗魚、雙眼斑砂鰻虎、雙帶鰻鰂虎及中華單棘魮等河口魚類，並以斑尾刺鰻虎為最優勢物種。該研究綜合陳義雄等人(2001)之魚類調查，顯示慈湖目前記錄之魚類已累積達 21 科 41 種。慈湖底棲動物調查共發現 16

科 32 種螺貝類，包含小海蜷科、海蜷科、錐蜷科、山椒蝸牛科、粟螺科、織紋螺科、椎實螺科、縈螺科、天螺科、魁蛤科、雲母蛤科、纓蛤科、紫雲蛤科、曇蛤科、牡蠣科、簾蛤科及唱片蛤科，其中以海蜷科之鐵尖海蜷及小海蜷科之燒酒海蜷最為優勢。邱郁文(2013)之陵水湖魚類、底棲動物調查共發現 5 科 6 種魚類，包含鯉、食蚊魚、尼羅口孵非鯽、諸氏鰻鰕虎魚、極樂吻鰻虎及攀鱸。其中諸氏鰻鰕虎魚僅存於臺灣北部與金門前埔溪口；攀鱸則已於臺灣本島滅絕，可見陵水魚雖受外來種入侵嚴峻，但仍孕育部分罕見物種。底棲動物調查共記錄 6 科 10 種螺貝類，包含錐蜷科、網蜷科、椎實螺科、小椎實螺科、扁蜷科及圓口扁蜷科，並以小椎實螺較為常見。

伍、鳥類

金門在動物地理上，位於舊北區及舊熱帶區東方亞區之過渡地帶，同時也位於東亞地區候鳥遷徙之途徑上，使其蘊含豐富之鳥類資源。金門與臺灣本島以海峽相隔，雖然緯度相當，但兩地鳥類相差異甚大。鳥類是金門最具特色的野生動物資源，舉凡鹹淡水濕地、潮間帶以及陸地田野、樹林、灌叢間，均可看到多樣且豐富的鳥類資源(金門國家公園網站)。迄今金門地區已被列入紀錄的鳥種約有 346 種，其中過境鳥占 41% 為最大宗，冬候鳥占 29% 次之，迷鳥占 14%，留鳥占 12%，夏候鳥占 4% 為最少(全國鳥類資料庫，2014)。許育誠等人(2010)之金門全區鳥類普查指出，2010 年共記錄 44 科 158 種鳥類，在各種棲地類型間，以鹹水濕地及潮間帶發現之鳥類數量最高，而其中不論在種類數或數量方面，均以慈湖為記錄數量最高之地點，共發現 89 種鳥類。莊西進等人(2012)之監測計畫則顯示，2012 年於慈湖與陵水湖分別記錄 116 與 99 種鳥類，且以 1 至 4 月與 9 至 12 月為過境鳥類主要之停棲月份。

表 1-1 金門植物群落類型及其演替分析

植物群落	植物帶	演替初期	中期→近成熟期
濱海植物群落	水生植物帶	1.甘藻(草)型 2.單脈二藥藻(草)型 3.流蘇菜型 4.鋪地黍-細葉畫眉草型 5.蘆葦-鹽地鼠尾粟-裸花鹼蓬型	1.海茄苳型(泥灘地)
	草原植物帶(沙灘)	1.濱刺麥-白茅型 2.濱刺麥-鋪地黍型 3.白茅-鹽地鼠尾粟型	1.鋪地黍-五節芒-蘆竹型
	灌叢植物帶	1.白花苦林盤-馬櫻丹型 2.林投-蔓荊型(砂地) 3.羊角藤-雀梅藤型 4.海桐-宜梧型(岩石)	1.白花苦林盤-林投-蔓荊型 2.潺槁樹-海桐-宜梧型(砂地) 3.草海桐-凹葉柃木型(岩石) 4.潺槁樹-相思樹型(岩石)
	森林植物帶	1.相思樹型 2.相思樹-朴樹-潺槁樹型 3.朴樹-海桐型(砂地) 4.正榕型(岩石)	1.朴樹-潺槁樹型 2.朴樹-海桐型 3.正榕型

植物群落	植物帶	演替初期	中期→近成熟期
平原及丘陵植物群落	水生植物帶	1.蘆葦型 2.水燭型 3.布袋蓮型 4.滿江紅-紫萍型 5.紅辣蓼-李氏禾型 6.羊茅-鋪地黍型 7.聚藻型(河流) 8.荸薺-鋪地黍型 9.蘆竹型	1.蘆葦-水燭-滿江紅-紫萍型 2.紅辣蓼-李氏禾-羊茅-鋪地黍型 3.聚藻型
	草原植物帶	1.茵陳蒿-千里光型(砂土、耕地) 2.鋪地黍-紅莓消型(壤土、耕地) 3.白茅-蘆竹型	
	灌叢植物帶	1.胡頹子-雀梅藤型 2.小葉赤楠-白背木薑子型(岩石) 3.糯米條-桃金娘型(岩石)	1.小葉赤楠-白背木薑子型 2.凹葉柃木-山黃梔型(岩石)

		4.黃荊-菱葉捕魚木型(平原地區)	
森林 植物帶		1.馬尾松-相思樹型(岩石) 2.正榕-相思樹型(谷地) 3.海桐-鹽膚木型(向陽坡地) 4.相思樹-朴樹型(平原)	1.正榕-朴樹型(谷地) 2.朴樹-牡荊型(向陰坡地)

(資料來源：楊遠波、呂勝由，1997；楊遠波等人，1998)

第三節、課題與對策

壹、慈湖、陵水湖之水質劣化

慈湖之海水交換不佳，且周圍湖泊多為養殖魚塭、農田與住宅用地，雖部分城鎮污水經古寧頭污水處理廠淨化，但邱郁文(2015)指出慈湖北側與東側分別有磷酸鹽與化學需氧量(COD)過高之狀況。此外，其內陸區底質因厭氧發酵呈現黑色，且發出硫化氫臭味，均顯示慈湖東側已出現水質劣化問題。陵水湖缺乏近年之水質資料，但孟培傑(2002)之調查指出，陵水湖之卡爾森指數(CTSI)介於 58.0 至 85.5 間，顯示其屬於極度優養水域，亟需思考對策。因此，持續監測慈湖、陵水湖水質，探討其劣化根源，並提出可行之經營管理辦法為本計畫之主要目標之一。人為活動(如污水排放)常是造成自然棲地劣化之主因，故本計畫亦調查慈湖與陵水湖周遭之土地利用方式，並瞭解兩者間之關聯性。

貳、慈湖、陵水湖淤積陸化

慈湖為許多水鳥、魚類與底棲生物之重要棲地，且亦有瀕絕物種歐亞水獺之發現紀錄。然而，近年來湖中小島疑有擴大傾向，顯示慈湖可能正面臨陸化問題。一般而言，沿海湖泊淤積常與其入水流量及海水交換量等水文狀態息息相關，故本計畫將建構慈湖之水文收支模式，並結合懸浮固體數據以瞭解其陸化程度。此外，同時亦調查慈湖周遭之土地利用與居民使用方式以釐清陸化主因。

陵水湖雖受外來種入侵嚴重，但近年來卻發現已於臺灣滅絕之攀鱸，可見其棲地重要性。然而，目前陵水湖內湖區除內池外，均覆蓋一定面積之水生植物，其中又以東池最為嚴重。湖中水生植物多為水燭、布袋蓮、蘆葦與李氏禾，每年植株枯萎留下之有機質將沉積於湖底，進而逐漸加劇陵水湖淤積陸化程度。因此，為避免陵水湖陸化造成棲地流失，本計畫每季調查水生植物之種類與覆蓋度，以供相關單位制定未來之經營管理對策。

參、陵水湖水體留存問題探討及改善對策

陵水湖分為內、中、外及東側 4 池，由於各池間流通率低，造成缺水時期外湖水體

無法留存，也因此影響水中生物棲息。本計畫將藉由水文收支模式分析此 4 池之水體交換，及其與海水之水體交換，並提出保水之對策。

肆、慈湖菲律賓簾蛤採捕管理

慈湖蘊育豐富的水生動物，其中菲律賓簾蛤(*Ruditapes philippinarum*)為當地居民長久利用之重要資源。在符合國家公園保育前提下，適度開放採捕並擬定合宜之管理規範不僅可維持慈湖菲律賓簾蛤族群之穩定發展，亦有利於當地居民之傳統漁業文化保存。因此，為兼顧資源保育與永續利用之願景，本計畫每月調查慈湖菲律賓簾蛤之群族量，並量測其外殼形質，以作為後續資料分析之基礎數據。此外，由於二枚貝之生殖腺位於內臟團中，故許多研究均將肥滿度指數(condition index, CI)作為貝類性腺成熟度之指標(台灣檢驗科技股份有限公司高雄分公司，2013)，因此本計畫量亦測量菲律賓簾蛤之肥滿度指數，用以判斷其性成熟年齡。

伍、水庫水質管理

金門地區降雨集中，且河川流短，故於 1995 年起興建許多蓄水設施。然而，水庫水體量過少，使其對污染物質之稀釋能力相對較差。雖目前金門縣政府已於 2004 年完成太湖、榮湖、擎天、金城及東林水庫之污水處理廠設立及用戶接管工作(技佳工程顧問有限公司，2011)，但各水庫之水質仍未脫離優養狀態(行政院環保署環境資料庫)。其中，曾被論及水庫污染源者卻僅有太湖、榮湖及金沙水庫。因此，本計畫將於 2016 年至 2018 年進行蘭湖、瓊林及擎天水庫之水質調查工作，並探討其優養化主因。此外，金門水庫因戰地關係可能曾遭砲彈污染，故本計畫亦針對蘭湖、瓊林及擎天水庫，檢測其魚類體內之汞濃度。

陸、生態系統尺度研究

生態系統意指「在一定空間內，生物與非生物構成之整體」，故本計畫調查項目包含植物、魚類、底棲生物及鳥類等生物因子，與水質、水文等非生物因子。生態系統研究有利於我們由大尺度面向瞭解生物與環境間之交互作用，因此，本計畫將於第 3 年度整合過去之量化資料，並提出完整之經營管理方案。

柒、研究目標

1. 105 年度：執行第 1 年度之水文、水質及生物監測工作，並調查周遭土地利用及人為活動現況。整合各項研究文獻，瞭解慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源現況及利用情形，並逐步提出可行之經營管理建議。

2. 106 年度：延續 105 年之資料，進行第 2 年度之現地調查及文獻收集，評估慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭棲地改善及自然資源利用方式，並提出可行之經營管理建議。

3. 107 年度：延續 106 年之資料，進行重點目標物種之持續性調查及文獻收集；整合 3 年結果進行生態系分析，並由生態系研究、指標生物及公私部門基礎資料等面向規畫合適之整體經營管理策略。

第二章 執行方法與過程

第一節、研究地點與時間

壹、研究地點

慈湖共設置 8 個測站(C1-C8)，為便於與過去資料比對，其中湖畔 7 處測站位置與「金門濕地動植物資源調查」(邱郁文，2015)相同(圖 2-1, 表 2-1)，並自 2016 年 6 月起於慈湖中央新增 C9、C10 測站。

陵水湖共設置 9 處測站(圖 2-2)，考慮內外湖間可能存在水文交換情形，故於外湖設置兩處測站(L1、L2)；內湖則在各池均設置 1 測站，分別為外池(L3)、中池(L5)與內池(L7)；東池亦設置 2 測站(L4、L6)；水源處包含上庫水池(L8)與楊厝(L9)亦各設置 1 測站。

蘭湖、瓊林及擎天水庫由平行水庫長軸劃設穿越線，於穿越線上等距取 3 個採樣點(W：西側；C：中央；E 東側)，且各點均包含表層(水下 5 cm)及底層(距底泥 5 cm)測站(圖 2-3~2-5)，故各水庫皆有 6 處測站，共計 18 個水庫採樣點。

貳、採樣日期

2016 至 2018 年每年分別採樣 4 次(春、夏、秋、冬)，調查月份涵蓋全年各月份。本計畫目前已完成 2016 年 3 月、6 月、9 月等 3 季次調查工作。

表 2-1 各樣點座標位置

樣區	樣點	座標	
		緯度	經度
慈湖	C1	24° 27.741'	118° 18.176'
	C2	24° 28.065'	118° 17.812'
	C3	24° 28.254'	118° 17.954'
	C4	24° 28.284'	118° 18.418'
	C5	24° 28.352'	118° 18.586'
	C6	24° 28.239'	118° 18.599'
	C7	24° 28.072'	118° 18.622'
	C8	24° 27.935'	118° 18.535'
	C9	24° 28.027'	118° 18.045'
	C10	24° 28.073'	118° 18.349'
陵水湖	L1	24° 25.523'	118° 13.497'
	L2	24° 25.538'	118° 13.524'
	L3	24° 25.439'	118° 13.609'
	L4	24° 25.458'	118° 13.708'
	L5	24° 25.372'	118° 13.665'
	L6	24° 25.405'	118° 13.661'
	L7	24° 25.296'	118° 13.667'
	L8	24° 25.319'	118° 13.745'
	L9	24° 25.166'	118° 13.797'
蘭湖水庫	W	24° 27.068'	118° 22.939'
	C	24° 27.113'	118° 22.965'
	E	24° 27.165'	118° 22.978'
瓊林水庫	W	24° 26.950'	118° 22.254'
	C	24° 26.980'	118° 22.307'
	E	24° 26.983'	118° 22.356'
擎天水庫	W	24° 27.723'	118° 23.800'
	C	24° 27.750'	118° 23.842'
	E	24° 27.790'	118° 23.898'

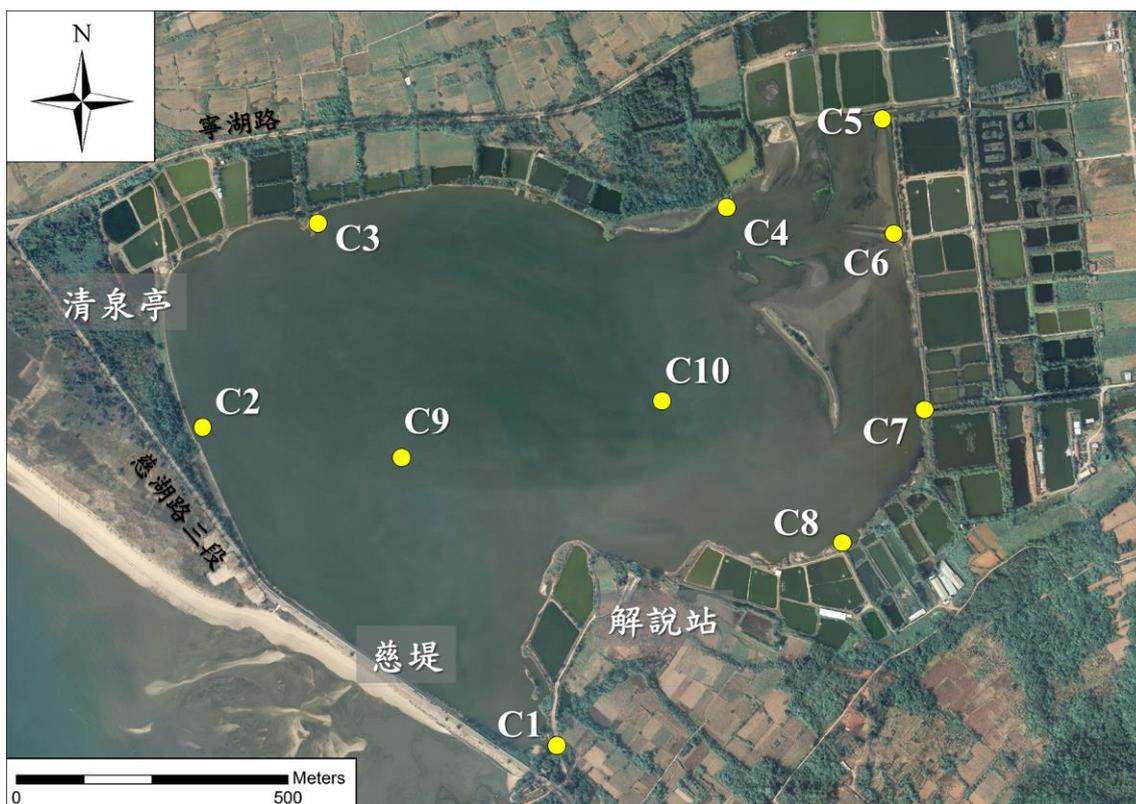


圖 2-1 慈湖測站位置圖

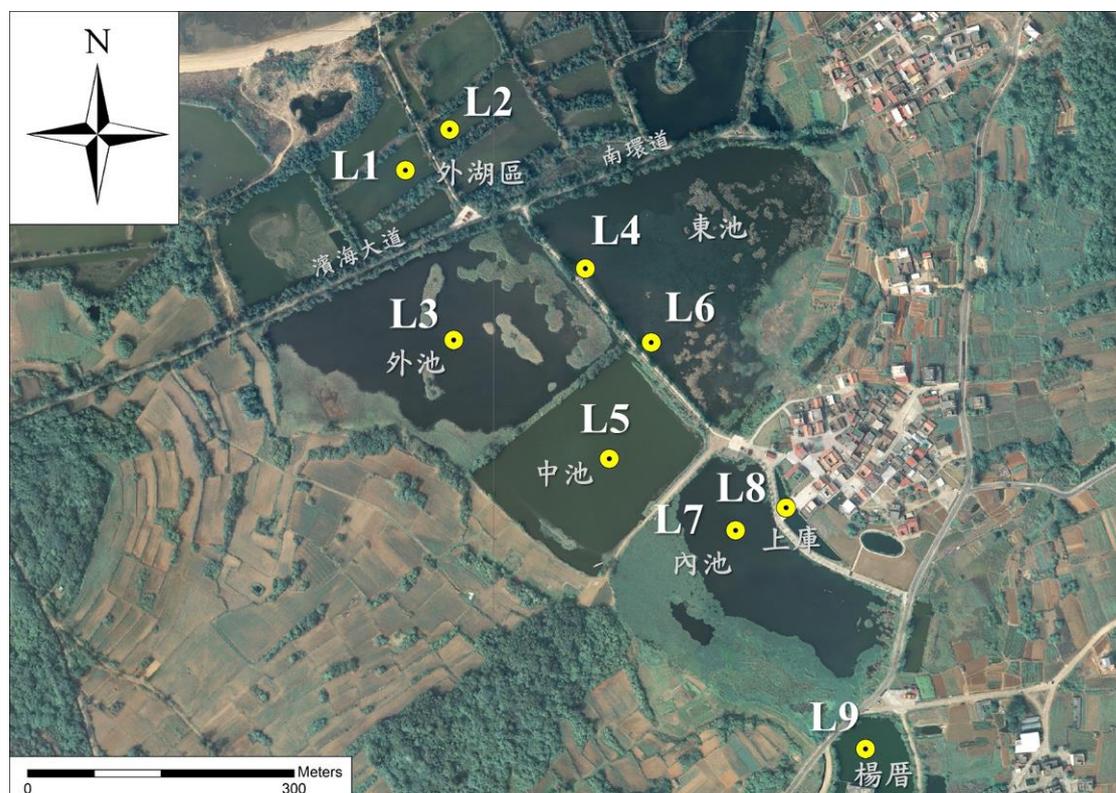


圖 2-2 陵水湖測站位置圖

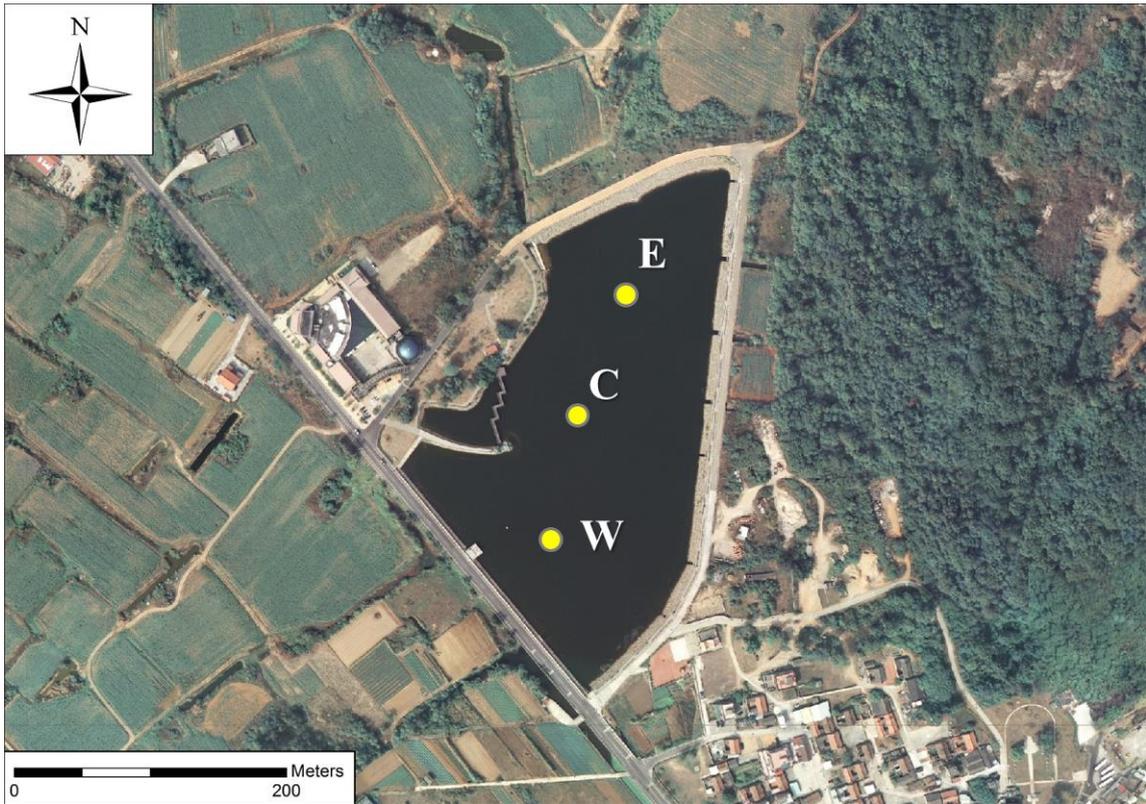


圖 2-3 蘭湖水庫測站位置圖

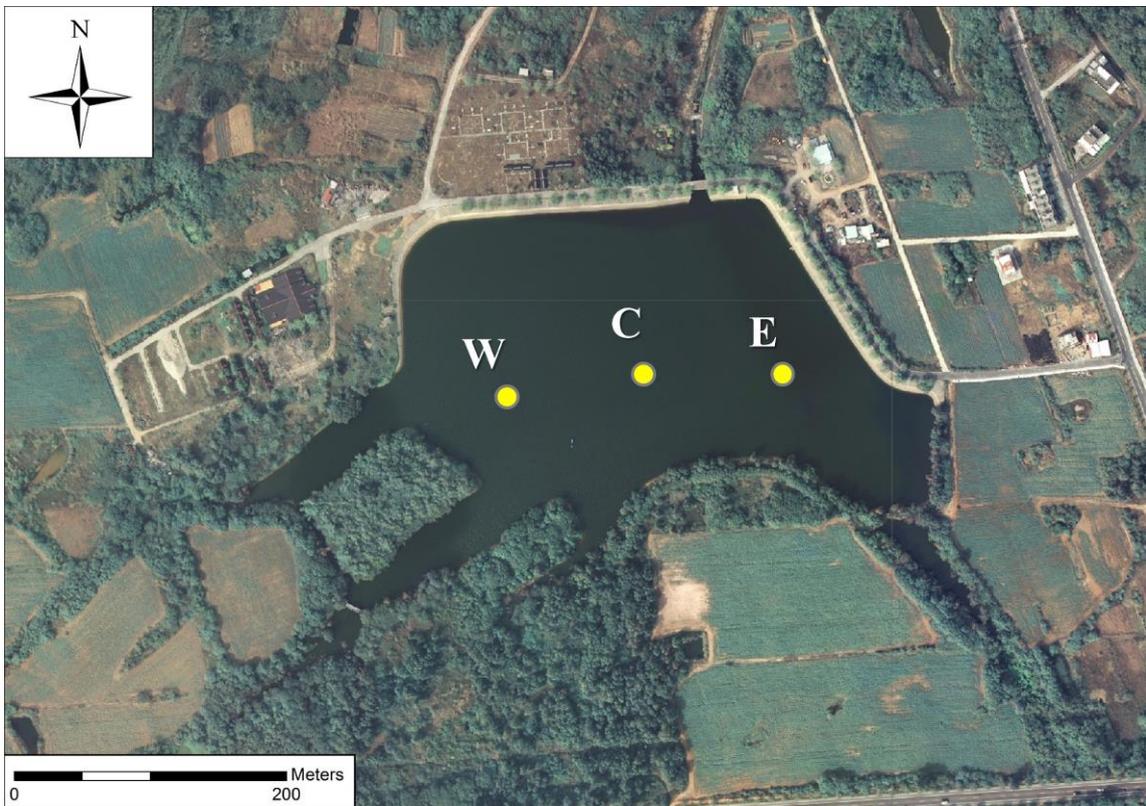


圖 2-4 瓊林水庫測站位置圖

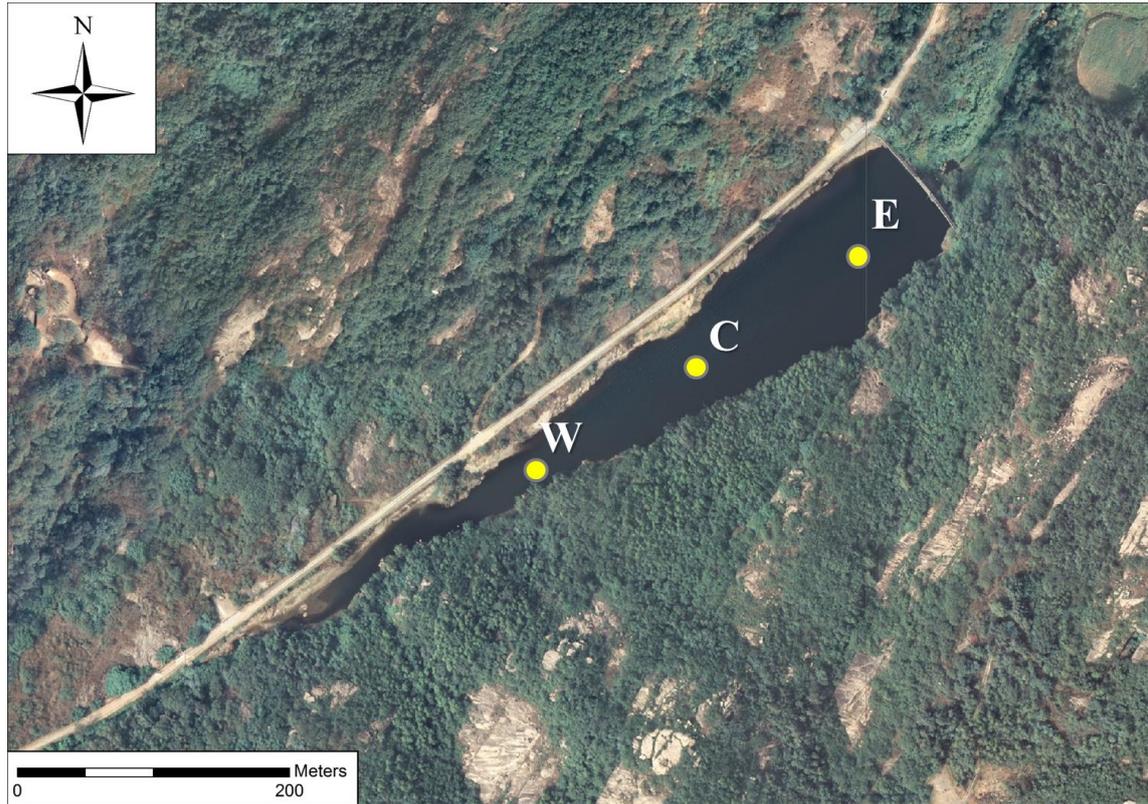


圖 2-5 擎天水庫測站位置圖

第二節、調查項目及檢測方法

壹、水質分析(慈湖、陵水湖、蘭湖水庫、瓊林水庫、擎天水庫)

根據行政院環保署公告之檢測方法，每季於慈湖 C1-C8 測站(2016 年 6 月起新增 C9、C10 測站)、陵水湖 L1-L9 測站及蘭湖水庫、瓊林水庫、擎天水庫現場量測水溫、溶氧、酸鹼值、鹽度、導電度及濁度。再取水樣裝至棕色瓶，攜至實驗室進行檢驗分析，檢驗項目包括總懸浮固體(SS)、水中顆粒性有機質(POM)、葉綠素 *a* 濃度(Chl *a*)、硝酸鹽(NO₃)、亞硝酸鹽(NO₂)、銨鹽(NH₄)與磷酸鹽(PO₄)，各項水質檢驗方法依據列於表 2-2。

此外，為量化金門湖庫之優養程度，本計畫亦測量水體透明度(SD)及總磷濃度(TP)，用以計算卡爾森指數(Carlson trophic state index, CTSI)。CTSI 小於 40 表示水體呈寡養狀態；大於 40 且小於 50 者為普養狀態；高於 50 則呈現優養狀態。其估算方式如下：

$$\begin{aligned} \text{CTSI} &= [\text{TSI}(\text{SD}) + \text{TSI}(\text{Chl } a) + \text{TSI}(\text{TP})] / 3 \\ \text{TSI}(\text{SD}) &= 60 - 14.41 \times \ln \text{SD} \\ \text{TSI}(\text{Chl } a) &= 9.81 \times \ln \text{Chl } a + 30.6 \\ \text{TSI}(\text{TP}) &= 14.42 \times \ln \text{TP} + 4.15 \end{aligned}$$

SD：透明度(m)

Chl *a*：葉綠素 *a* 濃度(μg L⁻¹)

TP：總磷濃度(μg L⁻¹)

另一方面，金門水庫因戰地關係可能遭受砲彈污染，導致水中汞濃度偏高，故本計畫於蘭湖、瓊林及擎天水庫分別採取 1 個魚體樣本測定汞含量，以釐清水體是否有遭受汞污染。

貳、水文分析(慈湖、陵水湖)

一、水收支模式

慈湖東側與陵水湖均面臨水體優養化與湖泊陸化問題，而建立水文收支模式有利於相關單位之經營管理，故本計畫依據 LOICZ 生地化模式原則(Gordon *et al.*, 1996)，建構

慈湖與陵水湖之水收支模式(water budget)。其原理參照 steady-state 原則，將湖區當作一盒子(box)，藉由降雨、蒸發、逕流及廢水注入等流量，估算水體殘餘流 (residual flow, V_R)，亦即最終進入或離開水域之水流量。其計算方式如下：

$$dV_L/dt = V_Q + V_P + V_G + V_O + V_{in} - V_E - V_{out} \dots (1)$$

dV_L/dt ：水域體積變化量

V_L ：水域水體積

V_Q ：淡水注入量(stream runoff)

V_P ：水域上的降雨量

V_E ：水域的蒸發量

V_G ：地下水(ground water)

V_O ：其他的注入流量(如廢水)

V_{in} ：進入系統的流量

V_{out} ：離開系統的流量

$$V_{in} - V_{out} = dV_L/dt - (V_Q + V_P + V_G + V_O - V_E) \dots (2)$$

$$V_Q^* = V_Q + V_P + V_G + V_O - V_E \dots (3)$$

$$V_R = V_{in} - V_{out} = dV_L/dt - V_Q^* \dots (4)$$

V_R ：殘餘流(residual flow)

若整個系統維持 steady-state，則 $dV_L/dt = 0$

$$V_R = -V_Q^*$$

為量化慈湖與陵水湖之淡水注入量(V_Q)，本計畫每季於入水溝渠量測流速、水深、幅寬並估算流量。慈湖之水文測站位於東側兩溝渠(C5、C7 測站)；陵水湖則位於南側之 L8、L9 測站。

二、鹽收支模式

然而，慈湖與陵水湖均位於沿海地帶，其水文亦受到海水潮流影響，故本計畫進一步以鹽收支模式(salt budget)推估水域之海水交換量。其原理延伸於上述之水收支模式，加入鹽度後即可得出鹽收支平衡方程式，公式如下：

$$d(V_L S_1)/dt = V_Q^* S_Q^* + V_{in} S_2 - V_{out} S_1 \dots (4)$$

S_Q 、 S_2 與 S_1 分別代表淡水逕流、系統內與系統外之鹽度。理論而言，淡水逕流不具有鹽分，故在此將 S_Q 假設為零。利用公式(3)可將 V_{in} 與 V_{out} 轉換以下列形式表示，而

若水域體積維持不變，則 V_{in} 與 V_R 分別代表海水流入與淡水流出之流量，故可將 V_{in} 作為進出水域之海水交換量(V_X)。

$$V_{in} = [V_Q * S_1 + V_L(dS_1/dt)] / (S_2 - S_1)$$
$$V_{out} = [V_Q * S_1 + V_L(dS_1/dt)] / (S_2 - S_1) - dV_L/dt + V_Q *$$

V_R 之鹽度(S_R)可視為系統內外之介面值(boundary salinity)，本計畫依 LOICZ(1996)之建議將 S_R 視為 $(S_1 + S_2)/2$ 。接著將 V_R 與 S_R 置換於上述之 V_{in} 式中，即可得出下列公式(5)，用以估算海水交換量：

$$V_X = [V_L(dS_1/dt) - V_R S_R] / (S_2 - S_1) \dots \dots (5)$$

V_X ：湖內與湖外海水之交換量

最終，本計畫由上述參數估算淡水停留時間(freshwater residence time, FRT, V_L/V_R)，與總水體交換時間(total water exchange time, τ , $V_L/(V_R + V_X)$)，提供予相關單位作為未來經營管理之依據。

參、周邊陸域及水生植被覆蓋度及演替分析(慈湖、陵水湖)

一、陸域植物

(一)調查方法

於慈湖、陵水湖周邊先行踏勘，選擇不同類型但植物組成均勻之地點設置永久樣區，分別於慈湖及陵水湖設置 8 個及 6 個樣區。樣區大小 10×10 m，分割成 4 個 5×5 m 之小區以作為重複，調查時記錄各小區區中植物中文名及覆蓋面積。

(二)重要值指數

數據攜回後計算其重要值指數，計算方式如下：

頻度=某種植物出現之小區數/總小區數

優勢度=某種植物之總覆蓋面積/樣區總面積

相對頻度=某種植物之頻度/所有植物之頻度總和×100

相對優勢度=某總植物之優勢度/所有植物之優勢度總和×100

重要值指數=相對頻度+相對優勢度

(三)植群分類

採用矩陣群團分析法(matrix cluster analysis, MCA)，以各植物於各樣區中之重要值指數為基礎，首先計算兩兩樣區間之 Motyka 相似性指數(公式如下)，將相似性最高之兩樣區合併為一合成樣區，再計算合併後之合成樣區與其他樣區間之相似性指數，如此依次合併，直到所有樣區合併至一合成樣區為止。最後以現地觀察經驗主觀判斷將所有樣區分成若干植群型。

Motyka 相似性指數 $IS_{mo} = 2Mw / (MA + MB) \times 100\%$

式中 Mw 為兩樣區共同種較小重要值指數之總和，MA 為其中一樣區所有植物之重要值指數總和，MB 為另一樣區所有植物之重要值指數總和。

(四)演替分析

使用文獻法對照現地調查資料判斷未來可能演替成為何種植群類型，主要參考文獻如表 1(整理自楊、呂，1997；楊等，1998)。另外同時蒐集歷年衛星影像，以瞭解植群隨時空之變化情形。

二、兩生類、爬蟲類、哺乳類

本計畫動物調查主要以水生生物為主，然若於調查期間發現兩生類、爬蟲類、哺乳類等陸域動物，亦一併記錄之。

肆、水生生物定量調查(慈湖、陵水湖)

一、魚類

本計畫目前已完成 3 季(2016 年 3、6、9 月)慈湖魚類調查，每季皆於 C1-C8 測站設置蛇籠陷阱以採集樣本。陵水湖方面，亦已完成 3 季調查(2016 年 3、6、10 月)，但第 3 季之野外工作因莫蘭蒂颱風延誤(原訂於 2016 年 9 月)，並已於 2016 年 10 月完成調查。

2016年3月，陵水湖除L4、L5、L7測站因水深限制而使用流刺網採集外，其餘測站皆以蛇籠陷阱採集魚類，並於水生植物覆蓋處以手抄網輔助調查；2016年6、9月，於L2、L3、L4、L5、L7測站設置蛇籠，並以流刺網、手抄網輔助調查。

各漁法之操作方式詳述如下：

1. 蛇籠誘捕：使用4 m長之蛇籠，籠中放置秋刀魚肉塊作為誘餌，每次調查連續放置至少3日，本法之蛇籠適宜設置於地面平坦或有水流之水域。
2. 流刺網：使用網目1.59 cm，長度9.09 m之流刺網，本法可彌補蛇籠長度不足，但下網後須在2小時內起網，避免捕獲之魚類死亡。
3. 手抄網：適用於岸邊有植物生長之環境，手抄網可捕獲藏身於草堆中之仔稚魚。

本計畫魚類主要鑑定依據為「台灣魚類資料庫」、「台灣淡水及河口魚類誌」(陳義雄、方力行, 1999)及「魚類鑑定」(邵廣昭、陳靜怡, 2003)

二、底棲生物

本計畫目前已完成3季(2016年3、6、9月)慈湖螺貝類調查，每季均於C1-C8進行採集。陵水湖亦完成3季調查(2016年3、6、9月)；2016年3月於L1-L7測站採集；2016年6月於L2-L7測站採集；2016年9月因陵水湖水深過深，故僅於L2測站採集螺貝類。本計畫原預定以穿越線法進行調查，預計採集面積達2.26 m²，然而實際操作下發現此法採集量龐大，為免對當地物種族群造成危害，故於2016年4月更改採集方式。其方法於測站範圍隨機選取9個0.25×0.25 m²之採樣方格，挖取底質過篩後(深度20 cm)，檢視底質中之底棲生物，鑑定並記錄其物種名與族群數量。本計畫鑑定依據主要為「臺灣貝類資料庫」。

三、菲律賓簾蛤

(一)族群與生物學調查

每月於慈湖C1-C8測站調查菲律賓簾蛤(*Ruditapes philippinarum*)族群量。採集方法與底棲生物相同。由測站範圍隨機選取9個0.25×0.25 m²之採樣方格，挖取表層20 cm

之底質過篩後，採集底質中之菲律賓簾蛤，並記錄其伴生螺貝種類。攜回實驗室之樣品均以精確值至 0.1 mm 之電子游標尺測量殼長、殼高、殼寬，作為後續配適 VBGF 生長曲線之基礎數據。此外，為瞭解菲律賓簾蛤之棲地偏好，每季調查同時採取樣區底質，攜回後進行粒徑分析，以探討其族群數量與水質、底質間之相關性。另一方面，本計畫自 2016 年 9 月起開始量測底質之氧化還原電位(oxidation-reduction potential, ORP)，以瞭解底土厭氧程度。

(二)肥滿度指數

肥滿度指數(condition index, CI)可作為貝類性腺之成熟指標，故本計畫測量此數據以作為判斷菲律賓簾蛤個體成熟與否之依據。將攜回之樣品外殼與組織分離，分別於置於 60-70°C 之烘箱 24 小時後，以最小精確值 0.001 g 之電子天平秤量殼乾重與肉乾重。並由常亞青(2007)提出之計算方式求得肥滿度指數(殼乾重/肉乾重×100%)。

伍、鳥類棲地利用分析(慈湖、陵水湖、蘭湖水庫、瓊林水庫、擎天水庫)

本計畫採用定點調查法進行調查，調查人員於環湖道路移動以便找到良好之觀察點，以目視配合望遠鏡觀察湖域範圍及周遭森林、農田、漁塭、道路、海岸、聚落等範圍，調查鳥類出現之種類組成、數量、出現時間及季節，另記錄各鳥種利用棲地之情形。

調查時段每次於日間及夜間各調查 1 次，調查時同時進行鳥類棲地利用調查記錄，依據鳥類當時表現之行為，分別記錄如覓食、休息、鳴唱、盤旋及飛越等，並於樣區地形地貌圖中標示發生地點，對應各鳥種使用該棲地之情形。

於調查地點劃分不同棲地類型後，進行鳥類棲地利用分析，生態同功群係指利用同一類資源的物種(棲地、覓食或行為等)類群，以利簡化群聚內的物種組成，來解析其群聚結構。將所有調查發現的鳥種區分為不同的同功群，再利用各同功群與各棲地類型進行相關性分析，以探討不同棲地對濕地及周邊鳥种群聚組成的影響。

陸、土地利用(慈湖、陵水湖、蘭湖水庫、瓊林水庫、擎天水庫)

調查人員騎乘機車對照地面遙測影像進行土地利用現況調查，利用現況除分大項如

農田、森林、房舍外，亦進行更細部之調查，如農田之栽植種類會與周遭之生物組成有相關，因此必須深入調查栽植種類及栽植季節。人力難以靠近之地區採用四軸飛行航拍器輔助調查。

柒、生態系尺度整合分析

一、生態系統代謝

生態系統代謝(ecosystem metabolism)意指生態系統產出或消耗的能量之狀態，包含總基礎生產量(gross primary production, GPP)、系統呼吸量(ecosystem respiration, ER)與淨系統生產量(net ecosystem production, NEP)。基礎生產量為生產者(如：水生植物、大型藻類、微藻)藉由光合作用轉化之有機碳量(或氧氣量)；反之，系統呼吸量則為生物於呼吸過程中消耗之有機碳量(或氧氣量)；而兩者之差質(GPP-ER)即是淨系統生產量。

Odum(1956)指出，當 NEP 為負值(GPP<ER)，表示此系統之生產量低於呼吸量，屬於異營生態系(heterotrophic ecosystem)；反之，NEP 為正值(GPP>ER)則代表系統為自營生態系(autotrophic ecosystem)。量化生態系統代謝有利於生態系統尺度之分析與探討，故本計畫每季於慈湖、陵水湖量化 NEP、GPP 與 ER。本計畫參考 Odum(1956)之調查方法，以溶氧監測儀(HOBO, U26-001, USA)連續記錄 24 小時溶氧變化，並由下列公式推估

NEP：

$$\Delta O_2/\Delta t (NEP) = GPP - ER - F - A$$

式中 $\Delta O_2/\Delta t$ 為每小時之氧氣變化量；GPP 為基礎生產量；ER 為系統呼吸量；F 為水體與大氣之氧氣交換量，本計畫 F 值參考 Staehr *et al.*(2010)之方式計算；A 為由底表逕流或地下水輸入之氧氣量，因其對 NEP 之影響極小，故假設為零。各變數之單位均為 $g O_2 m^{-3} hr^{-1}$ 。每小時淨系統生產量(NEP_{hr})係指每小時溶氧變化量與氣體交換量(F)之差值。日間平均 NEP_{hr} 與日間時數相乘可得日間淨生產量($NEP_{daytime}$)；夜間平均 NEP_{hr} 為每小時呼吸量(ER_{hr})，與日間時數相乘可求出日間呼吸量($ER_{daytime}$)。 $NEP_{daytime}$ 與 $ER_{daytime}$ 相加即為一日總基礎生產量(GPP_{day})。 ER_{hr} 乘與 24 小時為一日呼吸量(ER_{day})，而將 GPP_{day} 扣除 ER_{day} 後則可求出一日淨系統生產量(NEP_{day})。以公式表示如下：

$$NEP_{hr} = \Delta O_2 - F$$

$$NEP_{daytime} = \sum NEP_{hr} \text{ during daylight}$$

$$ER_{hr} = \text{mean } NEP_{hr} \text{ during darkness}$$

$$ER_{daytime} = ER_{hr} \times \text{daytime hours}$$

$$GPP_{day} = NEP_{daytime} + ER_{daytime}$$

$$ER_{day} = ER_{hr} \times 24$$

$$NEP_{day} = GPP_{day} - ER_{day}$$

二、生態系統尺度整合分析

本計畫針對慈湖、陵水湖所進行之水文、水質調查可用以瞭解湖庫區水體交換模式及棲地狀況。陸生及水生植物乃濕地生產力之來源，而濾食微藻之貝類與食腐性螺類為初級消費者，更高級之消費者則包含魚類及鳥類。綜合而言，本計畫調查項目涵蓋食物網中各營養階層類群，故期望以整體角度建構出該二湖泊型濕地之生態系統。而人類同是生態系重要的成分，人類對環境資源的利用情形占有很大的影響力，足以決定生態系是否維持穩定健康。綜合上述生態系及人類活動，本研究將於3年計畫中逐步提出棲地改善建議及經營管理策略，並於計畫最後1年之2018年提出完整之經營管理方案，創造永續利用之管理模式。

此外，瓊林、蘭湖、擎天等3水庫亦根據水質調查分析結果，配合周遭人類之土地利用方式，提出較佳之水質經營管理策略，或提出具體之改善建議。

表 2-2 水質項目及檢驗方法

檢驗項目	檢測方法
總懸浮固體(SS)	NIEA W210.58A
水中顆粒性有機質(POM)	Lind (1979)
葉綠素 <i>a</i> 濃度(Chl <i>a</i>)	NIEA E507.03B
硝酸鹽(NO ₃)	Jenkin and Medsker (1964)
亞硝酸鹽(NO ₂)	NIEA W418.53C
銨鹽(NH ₄)	NIEA W448.51B
磷酸鹽(PO ₄)	NIEA W427.53B
水體透明度(SD)	NIEA E220.51C
總磷濃度(TP)	NIEA W427.53B

第三節、工作進度說明

本計畫調查工作共包含「水質分析」、「水文收支」、「周邊陸域及水生植被優勢度及演替分析」、「水生生物定量調查」、「鳥類棲地利用分析」、「周遭土地利用現況」及「生態系統尺度整合分析」等 7 大項目，其中除「水生生物定量調查」內之「慈湖菲律賓簾蛤族群與生態學研究」之調查頻度為每月 1 次外，其餘調查工作頻度均為每季 1 次。截至目前本計畫已完成 3 季之調查(2016 年 3、6、9 月)，第四季調查預計於 2016 年 12 月執行。植物方面目前僅完成兩季工作(2016 年 6 月、11 月)，剩餘調查預計於 2017 年 2 月與 5 月執行。菲律賓簾蛤族群已完成 3 至 11 月之採集工作。調查進度列於表 2-3：

表 2-3 工作進度甘特圖

執行年度		105 年											
工作項目	執行月份	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1. 資料蒐集及彙整分析		■	■	■	■	■	■	■					
2. 水質調查				■			■			■			■
3. 水文收支				■			■			■			■
4. 陸域及水生植被調查				■			■			■		■	■
5. 水生動物(魚類及貝類)定量調查				■			■			■			■
6. 慈湖菲律賓簾蛤族群與生態學研究				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7. 鳥類棲地利用分析				■			■			■			■
8. 土地利用調查				■			■			■			■
9. 生態系統尺度整合分析				■			■			■			■
10. 提供具體永續之經營管理策略											■	■	■
11. 生物資源納入國家公園 GIS													■
12. 報告撰寫					■	■	■				■	■	■
13. 投稿國家公園學報													■
執行進度(%)		5	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
檢核點		工作計畫					期誓						期誓

資料來源：本研究

註：黑色方格表示已完成；灰色方格表示待完成

第三章 調查結果與討論

第一節、水質分析

壹、慈湖

本計畫原擬於慈湖中央設置 1 樣站，然因湖中央水深過深且底質泥濘不易行走，考慮調查人員之人身安全，於第 2 季始搭乘橡皮艇至慈湖中央檢測水質。2016 年 3 月、6 月、9 月之水質結果顯示，慈湖 C1-C10 處測站之水溫介於 11.3°C 至 34.1°C(表 3-1~3-3)，以夏季(6 月)較高，秋季(9 月)次之；溶氧介於 2.5 mg L⁻¹ 至 6.1 mg L⁻¹，因 6 月水溫較高，使該月之溶氧濃度較低；酸鹼值介於 7.11 至 8.58 間，以 2016 年 3、9 月之酸鹼值偏弱鹼性，6 月之酸鹼值則較接近中性，此現象可能導因於 6 月水溫較高，浮游植物及微生物呼吸作用旺盛，產生大量二氧化碳及重碳酸根所致；鹽度介於 6.8 至 28.7，以 2016 年 6 月之鹽度最高，慈湖各測站間之鹽度差異不大，但於近東側溝渠之 C5、C6、C7 測站受淡水注入影響，偶爾出現偏低之鹽度；導電度介於 15.9 m S cm⁻¹ 至 47.0 m S cm⁻¹，其趨勢與鹽度相符；濁度介於 10.1 NTU 至 61.0 NTU(圖 3-4)，大致上各測站每季濁度均低於 40 NTU，但 2016 年 6 月之 C6、C7、C8 測站可能因水深過淺，故濁度分別達 56.8、61.0、42.0 NTU。

2016 年 3 月、6 月、9 月之實驗室檢測水質結果顯示，懸浮固體介於 37.5 mg L⁻¹ 至 253.0 mg L⁻¹(表 3-4~3-6)；水中顆粒性有機質介於 9.6 mg L⁻¹ 至 44.5 mg L⁻¹；葉綠素 *a* 濃度介於 0.07 mg m⁻³ 至 26.38 mg m⁻³；硝酸鹽介於 0.05 mg L⁻¹ 至 7.72 mg L⁻¹；銨鹽介於 0.00 mg L⁻¹ 至 0.81 mg L⁻¹；磷酸鹽介於 0.03 mg L⁻¹ 至 1.22 mg L⁻¹；生化需氧量介於 3.7 mg L⁻¹ 至 11.2 mg L⁻¹(表 3-7)，以 C1、C2 測站較低；化學需氧量介於 16.5 mg L⁻¹ 至 26.5 mg L⁻¹，趨勢與生化需氧量一致。慈湖各測站之營養鹽季節變化趨勢相似，硝酸鹽以 2016 年 3 月最高(圖 3-2)，至 6 月驟降至低於 0.7 mg L⁻¹(除 C1 測站)；銨鹽以 2016 年 3 月最高、9 月最低(圖 3-3)；磷酸鹽亦以 2016 年 9 月最低(圖 3-1)。整體而言，以 2016 年 3 月之營養鹽濃度最高，9 月最低。一般而言，水體之營養濃度常與集水區之使用方式及降雨模式有關，根據本計畫土地利用調查結果(詳見第六節)，慈湖周圍以農田占地面積最廣，

且在3月時以小麥為主要作物；6月為休耕期；9月則改作高粱。降雨方面，3月之降雨量約為248 mm(表3-8)，降雨日數達18日；6月之降雨量與降雨日數偏低；9月則因莫蘭蒂颱風使降雨量高達362 mm。本計畫認為3月降雨豐沛，故此時累積於小麥田之營養隨雨水進入慈湖，導致營養鹽濃度最高；6月降雨量少，且周圍農地多無種植作物，故營養輸入程度較低；9月雖降雨日數與降雨量高，且周圍農地亦種植高粱，但因本計畫在颱風過後1週採樣，故此時偏低之營養鹽濃度可能為暴雨稀釋作用之結果。在各測站之間，C1、C2、C3、C9、C10等近閘門測站與中央測站因受溝渠入水之影響較小，故硝酸鹽、銨鹽、磷酸鹽濃度均低於C4、C5、C6、C7、C8等東側測站，連帶使其葉綠素 a 濃度偏低(圖3-5)，尤其在2016年3月及6月，濃度均不及 2.5 mg m^{-3} 。C4、C5、C6、C7、C8測站之葉綠素 a 濃度濃度介於 1.34 mg m^{-3} 至 26.38 mg m^{-3} 間，其中以2016年3月之C4測站、2016年C6測站及2016年9月之C4、C8測站濃度超過 15.0 mg m^{-3} 。整體而言，慈湖以C1、C2、C3、C9、C10測站之水質優於C4、C5、C6、C7、C8測站。

2016年3月，C4之磷酸鹽、銨鹽及葉綠素 a 濃度均遠高於其餘測站，可能導因於棲息在北側木麻黃林之眾多鷓鴣所致。本計畫比對「金門濕地動植物資源調查」之水質數據發現，2015年2月亦曾出現C4測站(C樣站)磷酸鹽濃度極高(1.83 mg L^{-1})之現象，而此時之磷酸鹽濃度約為其他季節之3至8倍，顯示營養鹽濃度僅在冬季驟升。慈湖北側的木麻黃林因鄰近沿海且林木鬱鬱，是鷓鴣與其他候鳥主要之越冬棲地，冬季時鳥糞便常將林木染為雪白，可見其族群量眾多。因此，本計畫認為冬季時眾多越冬候鳥棲息於鷓鴣林，是導致慈湖C4測站冬季高營養濃度之主因。另一方面，2016年6月之C7測站有極高之磷酸鹽及銨鹽濃度，初步推測此現象可能與鄰近慈湖之畜牧排水有關。

為量化金門湖庫之優養化程度，本計畫原擬以透明度、總磷與葉綠素 a 濃度估算卡爾森指數。然而，在實際測量慈湖與陵水湖透明度時，常因水深過淺或擾動底質淤泥而造成測量誤差。Nixon(1995)指出，優養化(eutrophication)意指生態系中增加的有機質供應速率，並強調優養化代表系統過程(process)而非營養狀態，故可將系統之有機碳供應量(organic carbon supply, 即為總基礎生產量)作為優養化指標。以生產量小於 $100 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 者為寡養系統(oligotrophic)；高於100但低於 $300 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 者為普養系統

(mesotrophic);高於 301 但低於 $500 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 者為優養系統(eutrophic);大於 $501 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 者則為超養系統(hypertrophic)。2016 年 3 月慈湖與陵水湖之平均卡爾森指數分別約為 47.8 與 52.5, 屬於優養狀態;而以溶氧代謝量化之總基礎生產量(GPP)分別約為 $381 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 與 $963.4 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ (計算方法詳見第 24 頁之生態系統代謝),可見慈湖與陵水湖屬於優養及超養系統。綜合而言,兩種判斷依據之結果相似,且以基礎生產量之數據更為精確,因此,本計畫主要以 Nixon(1995)之準則作為慈湖與陵水湖優養化程度之判斷依據。彙整 2016 年 3 月、6 月、9 月之生產量數據,慈湖之總基礎生產量約為 $364.1 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, 屬於優養水域。

貳、陵水湖

本計畫 2016 年 3 月、6 月、10 月現場檢測之水質結果顯示,陵水湖 L1-L9 處測站之水溫介於 19.4°C 至 36.0°C (表 3-9~3-11),以夏季(6 月)較高,秋季(10 月)次之;酸鹼值介於 7.38 至 10.21 間,水體偏鹼,並以近內陸之 L7、L8、L9 測站酸鹼值最高;溶氧介於 2.7 mg L^{-1} 至 8.9 mg L^{-1} ;鹽度介於 0.1 至 26.1,外湖水體(L1、L2)屬於半淡鹹水,鹽度介於 7.0 至 26.1;車轍道以南之內湖測站(L3-L7)與水源測站(L8、L9)則均為淡水水域;導電度介於 0.4 m S cm^{-1} 至 43.4 m S cm^{-1} ,趨勢與鹽度一致,以 L1、L2 測站較高;濁度介於 0.0 NTU 至 35.0 NTU,以 L7、L8、L9 測站之濁度最高(圖 3-9),L4、L6 測站最低。

2016 年 3 月、6 月、10 月之實驗室檢測水質結果顯示,懸浮固體介於 7.3 mg L^{-1} 至 141.0 mg L^{-1} (表 3-12~3-14);水中顆粒性有機質介於 3.5 mg L^{-1} 至 35.5 mg L^{-1} ;葉綠素 *a* 濃度介於 0.68 mg m^{-3} 至 140.82 mg m^{-3} ,以 2016 年 3 月最高(圖 3-10),測站間則以 L7、L8、L9 高於 L1-L6 測站;2016 年 6 月之葉綠素 *a* 濃度偏低,可能導因湖面遍布之布袋蓮,抑制浮游藻類生長所致。營養鹽方面,硝酸鹽介於 0.07 mg L^{-1} 至 2.64 mg L^{-1} ;銨鹽介於 0.00 mg L^{-1} 至 0.24 mg L^{-1} ;磷酸鹽介於 0.001 mg L^{-1} 至 0.053 mg L^{-1} 。陵水湖之硝酸鹽於 2016 年 3 月最高(圖 3-7),且於測站間以 L1、L2、L7、L8、L9 測站之濃度較高,但至 2016 年 6 月、10 月,陵水湖整體之硝酸鹽濃度均低於 0.5 mg L^{-1} ;銨鹽濃度整體偏

低(圖 3-8)，僅有 2016 年 6 月之 L1、L2 測站濃度較高；磷酸鹽濃度整體偏低(圖 3-6)，其中以 2016 年 6 月最高、10 月次之，測站間以 L4、L5、L6、L7 之磷酸鹽濃度較高。綜合而言，陵水湖以 3 月之營養鹽濃度與葉綠素 *a* 濃度最高，其原因應與慈湖之狀況相似；L7、L8、L9 測站之水質最差，此現象可能與周邊之農田廢水與上游聚落的生活污水有關。農業廢水與生活污水挾帶豐富之硝酸鹽、磷酸鹽進入 L8、L9 測站，再經由水道匯集於內池(L7 測站)促進藻類生長，進而導致水體之葉綠素 *a* 濃度與濁度增加；而當水流至中池(L5)與外池(L3)後，因湖中藻類與水生植物吸收營養，方使營養鹽與葉綠素 *a* 濃度逐池減少。另一方面，由於內池水體未進入東池(L4、L6)，故可見東池之水質相對優良。

本計畫以總基礎生產量作為優養化程度之判斷依據。結果顯示，彙整 2016 年 3 月、6 月、10 月之生產量數據，陵水湖之平均總基礎生產量為 $962.5 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ，屬於超養水域。其中以 L7 測站之總基礎生產量最高，約為 $1,331.0 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ；L4 測站之總基礎生產量最低，約為 $473.2 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 。

參、蘭湖水庫

本計畫 2016 年 3 月、6 月、9 月現場檢測之水質結果顯示，蘭湖水庫之水溫介於 14.9°C 至 32.3°C (表 3-15~3-17)，以夏季(6 月)最高，秋季(9 月)次之；酸鹼值介於 6.50 至 8.67 間；溶氧介於 0.2 mg L^{-1} 至 7.6 mg L^{-1} ；鹽度介於 0.1 至 0.2；導電度介於 0.2 m S cm^{-1} 至 0.4 m S cm^{-1} ；濁度介於 2.3 NTU 至 41.4 NTU；懸浮固體介於 8.9 mg L^{-1} 至 51.3 mg L^{-1} (表 3-18~3-20)；水中顆粒性有機質介於 3.9 mg L^{-1} 至 12.0 mg L^{-1} ；透明度介於 42.0 cm 至 82.0 cm；葉綠素 *a* 濃度介於 1.2 mg m^{-3} 至 60.9 mg m^{-3} 。營養鹽濃度方面，硝酸鹽介於 0.04 mg L^{-1} 至 3.39 mg L^{-1} ；銨鹽介於 0.00 mg L^{-1} 至 3.19 mg L^{-1} ；磷酸鹽介於 0.01 mg L^{-1} 至 0.39 mg L^{-1} ；總磷介於 0.0001 mg L^{-1} 至 0.35 mg L^{-1} 。

整體而言，除 2016 年 3 月採集蘭湖水庫西側表層水時，疑似有異常水色之排水進入水庫，導致此區之磷酸鹽、硝酸鹽極高外，各水質項目在西側、中央、東側間無明顯差異。蘭湖水庫之總磷、葉綠素 *a* 濃度季節變化趨勢一致(圖 3-11~3-12)，皆於 2016 年 6 月微幅下降後，至 9 月後上升；透明度則呈現相反趨勢(圖 3-13)，以葉綠素 *a* 濃度較

低之 6 月份較高，9 月份較低。因此，卡爾森指數亦以 2016 年 6 月較低，9 月最高(圖 3-14)，其範圍介於 39.55 至 73.04 間，除 2016 年 6 月屬於寡養、近普養狀態外，2016 年 3 月、9 月均為優養狀態。

肆、瓊林水庫

本計畫 2016 年 3 月、6 月、9 月現場檢測之水質結果顯示，瓊林水庫之水溫介於 11.9 °C 至 34.7°C(表 3-21~3-23)，以夏季(6 月)最高，秋季(9 月)次之；酸鹼值介於 7.15 至 9.06 間；溶氧介於 0.9 mg L⁻¹ 至 9.3 mg L⁻¹；鹽度介於 0.0 至 0.2；導電度介於 0.15 m S cm⁻¹ 至 0.30 m S cm⁻¹；濁度介於 26.4 NTU 至 67.0 NTU；懸浮固體介於 19.6 mg L⁻¹ 至 194.6 mg L⁻¹(表 3-24~3-26)；水中顆粒性有機質介於 14.3 mg L⁻¹ 至 64.8 mg L⁻¹；透明度介於 9.0 cm 至 29.5 cm；葉綠素 *a* 濃度介於 4.6 mg m⁻³ 至 149.9 mg m⁻³。營養鹽濃度方面，硝酸鹽介於 0.32 mg L⁻¹ 至 2.80 mg L⁻¹；銨鹽介於 0.00 mg L⁻¹ 至 17.3 mg L⁻¹；磷酸鹽介於 0.001 mg L⁻¹ 至 2.271 mg L⁻¹；總磷介於介於 0.003 mg L⁻¹ 至 0.639 mg L⁻¹。

整體而言，瓊林水庫之西側、中央、東側測站間無明顯水質差異，但底層水之硝酸鹽、銨鹽、磷酸鹽、總磷均略高於表層水，顯示營養多沉積於底質。本計畫於調查期間發現，瓊林水庫之水位極淺，水深約僅有 1-2 m。淺水域一般之稀釋能力較差，且其底部沉積物易受氣流擾動揚起，而使蓄積在底質之營養鹽釋放於水體，使水質劣化，故本計畫推測瓊林水庫之高濁度、懸浮固體與營養鹽濃度可能與其低水位有關。另一方面，低水位水域因水體垂直混和(vertical mixing)深度較淺，使浮游藻類可長時間停留於有光層中(photoic depth)，進而促進其生長(Koseff *et al.* 1993)，故瓊林水庫之高葉綠素 *a* 與有機質濃度亦可能導因於水位過淺所致。卡爾森指數方面，瓊林水庫之總磷與葉綠素 *a* 濃度均以 2016 年 9 月高於 3 月、6 月，故卡爾森指數亦以 2016 年 9 月最高，其範圍介於 64.61 至 81.18，均屬於優養狀態。

伍、擎天水庫

本計畫 2016 年 3 月、6 月、10 月現場檢測之水質結果顯示，擎天水庫之水溫介於 13.4°C 至 31.8°C(表 3-27~3-29)，以夏季(6 月)最高，秋季(10 月)次之；酸鹼值介於 6.94

至 9.03 間；溶氧介於 0.8 mg L^{-1} 至 9.3 mg L^{-1} ；鹽度介於 0.0 至 0.1；導電度介於 0.22 m S cm^{-1} 至 0.30 m S cm^{-1} ；濁度介於 3.3 NTU 至 13.3 NTU；懸浮固體介於 3.3 mg L^{-1} 至 32.3 mg L^{-1} (表 3-30~3-32)；水中顆粒性有機質介於 3.4 mg L^{-1} 至 19.0 mg L^{-1} ；透明度介於 34.0 cm 至 102.5 cm；葉綠素 *a* 濃度介於 1.2 mg m^{-3} 至 31.9 mg m^{-3} 。營養鹽濃度方面，硝酸鹽介於 0.32 mg L^{-1} 至 3.01 mg L^{-1} ；銨鹽介於 0.00 mg L^{-1} 至 1.43 mg L^{-1} ；磷酸鹽介於 0.01 mg L^{-1} 至 0.37 mg L^{-1} ；總磷介於 0.01 mg L^{-1} 至 0.52 mg L^{-1} 。

整體而言，擎天水庫各水質項目在西側、中央、東側測站間無明顯差異。總磷濃度以 2016 年 3 月、6 月低於 10 月，但葉綠素 *a* 濃度未有明顯之季節趨勢。然而，2016 年 10 月高濃度之總磷仍使該月之卡爾森指數偏高。2016 年 3 月至 10 月擎天水庫之卡爾森指數介於 52.31 至 73.09 間，均屬於優養水域。

陸、汞污染調查

水體汞污染調查部分，本計畫已於蘭湖、瓊林與擎天水庫各採集魚類一尾(吳郭魚、鯽魚、鯉魚)，並委託國立台灣海洋大學水產養殖學系水產品檢驗中心檢驗魚體之汞濃度。本計畫原預定之檢驗項目包含底泥汞濃度，然而因水庫水深限制不利採樣，故僅檢測魚體部分。結果顯示，蘭湖水庫魚體之汞濃度低於偵測下限(20 ppb)，瓊林及擎天水庫魚體則分別為 41.32 與 84.29 ppb，均低於歐洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA, 500 ppb)與美國食品暨藥物管理局(U.S. Food and Drug Administration, FDA, 1000 ppb)之漁業產品總汞限值。韓柏樑(2006)指出，臺北都會區及臺南臺鹼安順廠舊址周遭之魚類總汞濃度分別為 113 ppb (3.7-773.2 ppb)及 202 ppb (18-3106 ppb)；施如佳等人(2006)之調查則顯示，臺灣市售海洋魚類之總汞濃度平均值為 188 ppb，介於 1 至 1,515 ppb 之間，可見金門水庫魚體之總汞濃度仍低。目前我國食藥署之水產動物類衛生標準僅規範水產品之甲基汞含量不可高於 500 ppb，而賴文正(2014)之研究指出，魚類之甲基汞比例約占總汞濃度之 95%，故可知金門水庫魚類之甲基汞濃度亦低於規範限值。綜合而言，蘭湖、瓊林與擎天水庫並無汞污染現象。

表 3-1 2016 年 3 月慈湖(C1-C8)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/03/24	15:30	C1	13.7	7.52	15.9	5.5	27.1	24.7
2016/03/24	16:15	C2	13.8	7.59	13.5	5.0	23.1	26.1
2016/03/24	16:45	C3	--	7.76	15.2	5.2	26.1	19.4
2016/03/24	17:30	C4	13.0	7.95	13.2	4.9	22.6	22.2
2016/03/24	17:45	C5	11.7	8.11	13.7	5.7	23.5	10.1
2016/03/24	18:00	C6	11.7	8.10	14.8	5.8	25.4	10.1
2016/03/24	18:15	C7	12.1	8.14	6.8	5.1	25.9	26.3
2016/03/24	18:30	C8	11.3	8.03	12.8	5.5	21.9	11.1

(資料來源：本研究)

表 3-2 2016 年 6 月慈湖(C1-C10)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/06/28	07:01	C1	29.7	7.11	28.7	2.7	47.0	33.0
2016/06/28	07:41	C2	31.6	7.17	26.5	2.8	43.5	11.8
2016/06/28	07:51	C3	31.2	7.49	24.1	2.7	42.1	17.8
2016/06/28	11:28	C4	34.1	7.22	24.8	2.8	41.0	29.5
2016/06/28	08:38	C5	31.7	7.45	8.6	2.8	15.9	18.5
2016/06/28	09:31	C6	32.4	7.35	17.5	2.9	29.9	56.8
2016/06/28	10:10	C7	32.1	7.30	23.0	3.1	37.8	61.0
2016/06/28	10:33	C8	33.8	7.31	24.5	2.9	40.4	42.0
2016/06/27	17:03	C9	33.3	7.34	26.1	2.6	42.8	15.0
2016/06/27	17:31	C10	33.1	7.31	26.3	2.8	43.2	35.0

(資料來源：本研究)

表 3-3 2016 年 9 月慈湖(C1-C10) 現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/09/22	16:45	C1	27.9	8.55	16.0	4.1	26.7	18.0
2016/09/22	15:30	C2	29.2	8.47	17.0	6.0	28.2	38.0
2016/09/22	16:20	C3	29.2	8.54	17.4	5.1	28.7	33.5
2016/09/22	15:30	C4	30.2	8.54	15.4	6.1	25.8	19.9
2016/09/22	15:41	C5	31.1	8.53	16.4	4.3	27.3	21.6
2016/09/22	15:50	C6	30.2	8.58	16.6	3.8	27.8	28.8
2016/09/22	16:00	C7	29.0	8.49	12.3	3.5	20.9	19.5
2016/09/22	15:15	C8	28.9	8.56	15.7	4.2	26.4	29.1
2016/09/22	10:40	C9	26.5	8.16	15.3	3.3	25.5	11.9
2016/09/22	10:55	C10	26.8	8.14	18.1	2.5	29.8	19.9

(資料來源：本研究)

表 3-4 2016 年 3 月慈湖(C1-C8)之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 *a* 濃度

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體 mg L ⁻¹		有機質 mg L ⁻¹		硝酸鹽 mg L ⁻¹		銨鹽 mg L ⁻¹		磷酸鹽 mg L ⁻¹		葉綠素 <i>a</i> mg m ⁻³	
2016/03/24	15:30	C1	85.06	(3.86)	13.71	(0.65)	3.15	(0.19)	0.51	(0.18)	0.36	(0.02)	1.43	(0.67)
2016/03/24	16:15	C2	76.39	(3.79)	12.72	(0.00)	4.14	(0.58)	0.38	(0.07)	0.25	(0.02)	2.28	(1.88)
2016/03/24	16:45	C3	87.03	(8.93)	11.95	(0.57)	3.47	(0.11)	0.34	(0.00)	0.34	(0.01)	0.07	(0.00)
2016/03/24	17:30	C4	72.81	(5.36)	10.81	(0.50)	5.13	(0.06)	0.81	(0.06)	1.03	(0.08)	17.56	(3.12)
2016/03/24	17:45	C5	63.92	(4.63)	10.17	(0.24)	3.74	(0.03)	0.39	(0.00)	0.53	(0.03)	5.26	(1.59)
2016/03/24	18:00	C6	58.21	(5.81)	9.62	(0.40)	2.62	(1.10)	0.51	(0.15)	0.64	(0.02)	1.39	(0.62)
2016/03/24	18:15	C7	68.67	(18.41)	12.28	(1.84)	7.72	(0.10)	0.53	(0.10)	0.77	(0.02)	4.14	(3.17)
2016/03/24	18:30	C8	85.63	(6.96)	10.69	(0.02)	3.44	(0.15)	0.43	(0.11)	0.48	(0.03)	2.99	(0.96)

註：括號內數值為標準差。(資料來源：本研究)

表 3-5 2016 年 6 月慈湖(C1-C10)之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 *a* 濃度

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體 mg L ⁻¹		有機質 mg L ⁻¹		硝酸鹽 mg L ⁻¹		銨鹽 mg L ⁻¹		磷酸鹽 mg L ⁻¹		葉綠素 <i>a</i> mg m ⁻³	
2016/06/28	07:01	C1	37.50	(89.80)	18.00	(1.41)	1.93	(0.27)	0.23	(0.03)	0.13	(0.01)	1.11	(0.11)
2016/06/28	07:41	C2	123.00	(7.07)	22.50	(2.12)	0.69	(0.03)	0.20	(0.05)	0.40	(0.01)	0.60	(0.84)
2016/06/28	07:51	C3	--	--	18.50	(4.95)	0.48	(0.28)	0.14	(0.08)	0.32	0.00	0.52	(0.72)
2016/06/28	11:28	C4	47.50	(120.92)	40.50	(16.26)	0.39	(0.10)	0.09	(0.02)	0.50	(0.01)	3.32	(1.57)
2016/06/28	08:38	C5	65.50	(0.71)	17.50	(2.12)	0.60	(0.29)	0.05	(0.04)	0.56	(0.12)	9.68	(7.20)
2016/06/28	09:31	C6	--	--	17.00	(11.31)	0.32	(0.15)	0.09	(0.05)	0.70	(0.28)	19.34	(1.45)
2016/06/28	10:10	C7	141.50	(41.72)	33.50	(21.92)	0.52	(0.02)	0.70	(0.12)	1.22	(0.03)	3.47	(0.12)
2016/06/28	10:33	C8	149.50	(40.31)	39.50	(12.02)	0.32	(0.05)	0.21	(0.09)	0.30	(0.02)	3.40	(0.01)
2016/06/27	17:03	C9	140.00	(0.00)	24.50	(3.54)	0.32	(0.00)	0.24	(0.02)	0.58	(0.02)	1.19	(1.44)
2016/06/27	17:31	C10	253.00	(2.83)	44.50	(9.19)	0.34	(0.03)	0.13	(0.01)	0.18	(0.01)	0.67	(0.95)

註：括號內數值為標準差。(資料來源：本研究)

表 3-6 2016 年 9 月慈湖(C1-C10)之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 *a* 濃度

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體		有機質		硝酸鹽		銨鹽		磷酸鹽		葉綠素 <i>a</i>	
			mg L ⁻¹		mg L ⁻¹		mg L ⁻¹		mg L ⁻¹		mg L ⁻¹		mg m ⁻³	
2016/09/22	16:45	C1	104.52	(26.16)	13.96	(1.42)	0.10	(0.01)	0.12	(0.09)	0.06	(0.02)	5.84	(0.11)
2016/09/22	15:30	C2	135.76	(1.59)	18.49	(0.89)	0.07	(0.01)	0.03	(0.05)	0.08	(0.03)	8.58	(0.84)
2016/09/22	16:20	C3	121.50	(3.54)	11.38	(10.37)	0.05	(0.00)	0.03	(0.04)	0.03	(0.00)	13.83	(6.37)
2016/09/22	15:30	C4	107.05	(4.66)	17.41	(0.07)	0.06	(0.01)	0.01	(0.01)	0.04	(0.00)	17.65	(10.55)
2016/09/22	15:41	C5	128.78	(0.48)	22.30	(3.83)	0.07	(0.00)	0.05	(0.01)	0.04	(0.01)	8.65	(2.40)
2016/09/22	15:50	C6	161.01	(2.72)	19.33	(1.62)	0.07	(0.01)	0.00	(0.00)	0.08	(0.00)	5.85	(3.24)
2016/09/22	16:00	C7	100.83	(3.85)	17.16	(1.28)	0.23	(0.05)	0.21	(0.06)	0.08	(0.01)	9.84	(8.88)
2016/09/22	15:15	C8	178.29	(10.83)	20.97	(0.45)	0.09	(0.02)	0.02	(0.02)	0.06	(0.01)	26.38	(9.49)
2016/09/22	10:40	C9	64.73	(47.18)	12.29	(3.35)	0.15	(0.01)	0.20	(0.18)	0.09	(0.03)	6.95	(0.01)
2016/09/22	10:55	C10	75.92	(33.72)	12.06	(4.39)	0.16	(0.04)	0.42	(0.18)	0.10	(0.01)	7.98	(3.35)

註：括號內數值為標準差。(資料來源：本研究)

表 3-7 2016 年 10 月慈湖(C1-C10)之生化需氧量、化學需氧量

檢測日期	檢測時間	測站	生化需氧量 mg L ⁻¹	化學需氧量 mg L ⁻¹
2016/10/27	11:21	C1	5.6	18.0
2016/10/27	09:50	C2	3.7	16.5
2016/10/27	11:05	C3	8.3	20.0
2016/10/27	12:08	C4	10.6	24.5
2016/10/27	09:58	C5	11.2	26.5
2016/10/27	10:08	C6	10.3	23.0
2016/10/27	10:21	C7	7.7	19.0
2016/10/27	10:37	C8	11.2	25.3
2016/10/27	08:06	C9	9.6	23.3
2016/10/27	08:53	C10	10.4	24.3

(資料來源：本研究)

表 3-8 2016 年 1 至 10 月金門地區降雨資料

月份	降雨量(mm)	降雨日數(d)	大雨日數(d)
1 月	196.6	17	0
2 月	41.3	10	0
3 月	248.2	18	0
4 月	274.6	16	0
5 月	223.5	7	1
6 月	55.0	7	0
7 月	137.0	6	1
8 月	73.5	7	0
9 月	362.3	16	1
10 月	90.0	6	0

(資料來源：中央氣象局)

表 3-9 2016 年 3 月陵水湖(L1-L9)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/03/30	13:01	L1	21.4	8.87	7.0	4.2	12.91	5.8
2016/03/30	13:13	L2	22.8	9.06	7.2	4.3	13.53	10.0
2016/03/30	14:15	L3	20.7	8.89	0.3	3.6	0.65	6.8
2016/03/30	17:30	L4	19.4	8.07	0.5	3.5	1.05	0.4
2016/03/30	15:25	L5	20.2	9.67	0.2	3.9	0.45	4.3
2016/03/30	15:40	L6	19.8	8.45	0.6	3.1	1.07	0.0
2016/03/30	16:05	L7	21.6	9.96	0.2	5.3	0.40	13.8
2016/03/30	16:35	L8	23.0	9.71	0.2	3.9	0.41	12.7
2016/03/30	17:09	L9	23.9	10.21	0.2	5.0	0.37	24.4

(資料來源：本研究)

表 3-10 2016 年 6 月陵水湖(L1-L9)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/06/28	17:24	L1	35.0	7.39	24.5	3.0	40.20	7.1
2016/06/28	17:27	L2	36.0	7.38	26.1	3.1	43.40	8.0
2016/06/28	18:15	L3	35.3	8.06	0.3	3.0	0.65	13.2
2016/06/28	17:44	L4	33.9	8.04	0.4	2.9	0.85	3.8
2016/06/28	18:30	L5	33.7	8.07	0.3	2.9	0.60	7.6
2016/06/28	18:33	L6	33.7	8.01	0.4	2.7	0.83	1.6
2016/06/28	17:38	L7	34.2	8.35	0.2	3.4	0.48	20.7
2016/06/28	17:33	L8	34.5	8.44	0.2	3.5	0.46	35.0
2016/06/28	17:30	L9	33.7	8.27	0.2	3.1	0.43	25.1

(資料來源：本研究)

表 3-11 2016 年 10 月陵水湖(L1-L9)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/10/27	17:40	L1	31.7	8.17	11.6	6.2	19.84	12.6
2016/10/27	17:42	L2	32.2	8.22	10.9	7.0	18.87	14.6
2016/10/27	17:52	L3	30.4	8.09	0.3	3.8	0.72	13.3
2016/10/27	17:54	L4	30.3	8.04	0.4	4.0	0.96	8.4
2016/10/27	18:12	L5	29.4	8.04	0.3	3.5	0.73	14.9
2016/10/27	18:05	L6	29.2	8.00	0.4	5.3	0.94	8.5
2016/10/27	17:23	L7	30.3	9.14	0.1	5.9	0.49	24.3
2016/10/27	17:24	L8	29.6	9.22	0.2	8.9	0.50	18.2
2016/10/27	17:22	L9	30.1	8.95	0.2	8.0	0.51	33.2

(資料來源：本研究)

表 3-12 2016 年 3 月陵水湖(L1-L9)之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 *a* 濃度

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體 mg L ⁻¹		有機質 mg L ⁻¹		硝酸鹽 mg L ⁻¹		銨鹽 mg L ⁻¹		磷酸鹽 mg L ⁻¹		葉綠素 <i>a</i> mg m ⁻³	
2016/03/30	13:01	L1	21.8	(6.2)	4.5	(0.6)	1.71	(0.03)	0.03	(1.70)	0.001	--	10.86	(1.84)
2016/03/30	13:13	L2	53.2	(14.7)	8.5	(2.2)	0.73	(0.33)	0.01	--	0.006	(0.00)	14.59	(4.44)
2016/03/30	14:15	L3	8.7	(8.5)	7.9	(0.4)	0.09	(0.03)	N.D.	--	0.006	(0.01)	49.39	(12.53)
2016/03/30	17:30	L4	7.3	(2.8)	3.5	(0.2)	0.73	(0.01)	0.08	--	0.012	(0.01)	5.11	(2.01)
2016/03/30	15:25	L5	14.2	(5.4)	11.9	(0.6)	0.07	(0.01)	N.D.	--	0.003	(0.00)	74.45	(0.34)
2016/03/30	15:40	L6	30.3	(24.9)	6.1	(3.3)	0.09	(0.01)	N.D.	--	0.002	--	5.87	(1.37)
2016/03/30	16:05	L7	33.4	(9.5)	18.5	(0.1)	0.09	(0.01)	0.01	--	0.007	--	140.82	(3.32)
2016/03/30	16:35	L8	27.5	(15.4)	22.5	(0.9)	2.64	(0.00)	N.D.	--	0.006	--	87.67	(11.10)
2016/03/30	17:09	L9	49.8	(10.4)	26.8	(3.6)	1.91	(0.02)	0.08	--	0.006	(0.00)	103.79	(67.80)

註：括號內數值為標準差；N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-13 2016 年 6 月陵水湖(L1-L9)之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 *a* 濃度

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體 mg L ⁻¹		有機質 mg L ⁻¹		硝酸鹽 mg L ⁻¹		銨鹽 mg L ⁻¹		磷酸鹽 mg L ⁻¹		葉綠素 <i>a</i> mg m ⁻³	
2016/06/28	17:24	L1	125.5	(9.2)	19.0	(7.1)	0.44	(0.05)	0.24	(0.04)	0.025	(0.01)	9.67	(2.40)
2016/06/28	17:27	L2	141.0	(4.2)	23.5	(0.7)	0.39	(0.10)	0.15	(0.03)	0.029	(0.01)	2.80	(0.85)
2016/06/28	18:15	L3	18.5	(0.7)	16.0	(0.00)	0.41	(0.08)	N.D.	--	0.034	(0.02)	1.70	(2.40)
2016/06/28	17:44	L4	12.0	(1.4)	11.5	(0.7)	0.48	(0.03)	N.D.	--	0.048	(0.01)	37.13	(30.17)
2016/06/28	18:30	L5	18.5	(3.5)	16.5	(0.7)	0.42	(0.00)	N.D.	--	0.051	(0.01)	8.33	(4.08)
2016/06/28	18:33	L6	104.7	(11.0)	26.6	(11.0)	0.49	(0.05)	0.07	(0.04)	0.048	(0.01)	8.17	(7.50)
2016/06/28	17:38	L7	99.7	(124.2)	25.3	(24.3)	0.48	(0.17)	0.04	(0.01)	0.046	(0.01)	11.04	(11.55)
2016/06/28	17:33	L8	84.0	(83.4)	35.5	(21.9)	0.37	(0.03)	N.D.	--	0.029	(0.01)	13.59	(0.00)
2016/06/28	17:30	L9	25.5	(7.8)	18.0	(7.1)	0.37	(0.02)	0.01	--	0.053	(0.00)	26.70	(20.44)

註：括號內數值為標準差；N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-14 2016 年 10 月陵水湖(L1-L9)之懸浮固體、有機質、營養鹽、葉綠素 *a* 濃度

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體		有機質		硝酸鹽		銨鹽		磷酸鹽		葉綠素 <i>a</i>	
			mg L ⁻¹		mg L ⁻¹		mg L ⁻¹		mg L ⁻¹		mg L ⁻¹		mg m ⁻³	
2016/10/27	17:40	L1	76.3	(0.6)	14.2	(0.6)	0.48	(0.03)	N.D.	--	0.015	(0.00)	0.68	(2.39)
2016/10/27	17:42	L2	72.8	(1.6)	15.1	(0.5)	0.25	(0.02)	0.05	(0.02)	0.015	(0.00)	4.51	(0.11)
2016/10/27	17:52	L3	19.8	(2.0)	11.6	(0.3)	0.12	(0.02)	0.10	(0.00)	0.015	(0.02)	30.94	(2.40)
2016/10/27	17:54	L4	15.4	(2.5)	10.2	(1.9)	0.10	(0.01)	0.12	(0.10)	0.008	(0.01)	6.37	(5.64)
2016/10/27	18:12	L5	16.2	(0.1)	13.4	(0.6)	0.08	(0.01)	0.13	(0.00)	0.015	(0.00)	25.84	(23.80)
2016/10/27	18:05	L6	8.6	(1.7)	5.0	(1.5)	0.09	(0.00)	0.11	(0.02)	0.015	(0.00)	14.62	(4.80)
2016/10/27	17:23	L7	17.7	(0.2)	14.5	(0.3)	0.09	(0.01)	0.05	(0.04)	0.015	(0.02)	38.52	(32.56)
2016/10/27	17:24	L8	24.2	(2.4)	19.5	(0.4)	0.11	(0.02)	0.12	(0.05)	0.015	(0.00)	43.18	(18.50)
2016/10/27	17:22	L9	29.5	(1.5)	24.7	(0.2)	0.13	(0.01)	0.03	(0.02)	0.022	(0.01)	20.22	(1.69)

註：括號內數值為標準差；N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-15 2016 年 3 月蘭湖水庫(Lan)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/03/23	16:10	Lan-SW	15.0	8.21	0.1	4.7	0.30	21.4
2016/03/23	16:25	Lan-SC	15.1	8.20	0.2	4.9	0.38	10.0
2016/03/23	16:40	Lan-SE	14.9	8.23	0.2	4.7	0.38	9.2
2016/03/23	16:10	Lan-BW	--	8.67	0.2	4.7	0.41	9.5
2016/03/23	16:25	Lan-BC	--	8.22	0.2	5.2	0.38	13.2
2016/03/23	16:40	Lan-BE	--	8.12	0.2	3.8	0.42	5.0

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。（資料來源：本研究）

表 3-16 2016 年 6 月蘭湖水庫(Lan)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/06/27	10:05	Lan-SW	32.1	6.81	0.2	3.2	0.33	2.5
2016/06/27	10:15	Lan-SC	32.1	8.38	0.2	4.0	0.33	2.3
2016/06/27	10:20	Lan-SE	32.3	6.60	0.2	3.3	0.33	2.5
2016/06/27	10:05	Lan-BW	--	6.50	0.2	3.0	0.43	--
2016/06/27	10:15	Lan-BC	--	6.61	0.2	3.1	0.43	--
2016/06/27	10:20	Lan-BE	--	8.13	0.2	2.9	0.44	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。（資料來源：本研究）

表 3-17 2016 年 9 月蘭湖水庫(Lan)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/09/23	07:31	Lan-SW	26.5	8.67	0.1	7.6	0.36	5.5
2016/09/23	07:59	Lan-SC	26.6	8.55	0.1	7.4	0.35	6.0
2016/09/23	07:53	Lan-SE	26.6	8.43	0.1	7.6	0.39	6.7
2016/09/23	07:31	Lan-BW	--	7.23	0.1	0.6	0.42	32.7
2016/09/23	07:59	Lan-BC	--	7.12	0.1	0.2	0.43	35.4
2016/09/23	07:53	Lan-BE	--	7.30	0.1	0.6	0.37	41.4

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。（資料來源：本研究）

表 3-18 2016 年 3 月蘭湖水庫(Lan)之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體		有機質		硝酸鹽		銨鹽		磷酸鹽		總磷		葉綠素 <i>a</i>		透明度		卡爾森指數
			mg L ⁻¹	(標準差)	mg m ⁻³	(標準差)	cm	(標準差)											
2016/03/23	16:10	Lan-SW	26.3	(17.5)	7.3	(1.08)	3.39	(0.53)	0.19	(0.04)	0.39	(0.32)	0.03	(0.02)	19.8	(12.5)	42.00	(2.83)	62.19
2016/03/23	16:25	Lan-SC	10.0	(6.1)	5.4	(0.45)	1.97	(0.10)	0.02	--	0.03	(0.01)	0.03	(0.01)	14.5	(8.3)	58.50	(6.36)	58.80
2016/03/23	16:40	Lan-SE	12.5	(3.3)	4.6	(0.30)	1.74	(0.05)	N.D	--	0.03	--	0.03	(0.00)	18.1	(8.3)	78.00	(7.07)	59.14
2016/03/23	16:10	Lan-BW	36.1	(43.9)	10.4	(8.16)	0.79	(0.02)	0.12	(0.05)	0.01	(0.01)	0.05	(0.02)	17.6	(5.7)	--	--	--
2016/03/23	16:25	Lan-BC	12.4	(1.3)	5.3	(0.85)	1.85	(1.11)	0.53	--	0.03	(0.04)	0.03	(0.00)	33.2	(14.9)	--	--	--
2016/03/23	16:40	Lan-BE	4.0	(0.5)	3.9	(0.69)	0.71	(0.03)	0.38	(0.02)	0.05	(0.03)	0.11	(0.06)	5.7	(1.6)	--	--	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-19 2016 年 6 月蘭湖水庫(Lan)之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體		有機質		硝酸鹽		銨鹽		磷酸鹽		總磷		葉綠素 <i>a</i>		透明度		卡爾森指數
			mg L ⁻¹	(標準差)	mg L ⁻¹	(標準差)	mg L ⁻¹	(標準差)	mg L ⁻¹	(標準差)	mg L ⁻¹	(標準差)	mg L ⁻¹	(標準差)	mg m ⁻³	(標準差)	cm	(標準差)	
2016/06/27	10:05	Lan-SW	--	--	4.0	(1.41)	0.41	(0.03)	0.07	(0.01)	0.03	(0.00)	N.D.	--	3.4	(0.2)	81.00	(5.66)	35.21
2016/06/27	10:15	Lan-SC	--	--	12.0	(7.07)	0.39	(0.00)	N.D	--	0.02	(0.02)	N.D.	--	6.3	(2.4)	82.00	(7.07)	37.16
2016/06/27	10:20	Lan-SE	--	--	8.0	(2.83)	0.43	(0.05)	0.65	(0.11)	0.13	(0.15)	0.0026	(0.00)	5.2	(2.3)	75.00	(7.07)	46.26
2016/06/27	10:05	Lan-BW	13.5	(0.7)	8.5	(2.12)	0.28	(0.10)	1.20	(0.12)	0.24	(0.02)	0.0006	(0.00)	4.5	(0.1)	--	--	--
2016/06/27	10:15	Lan-BC	--	--	7.0	(2.83)	0.41	(0.03)	0.67	(0.03)	0.19	(0.05)	0.0001	(0.00)	1.8	(0.8)	--	--	--
2016/06/27	10:20	Lan-BE	18.5	(0.7)	9.0	(2.83)	0.36	(0.05)	1.22	(0.13)	0.28	(0.03)	N.D.	--	1.2	(0.0)	--	--	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-20 2016 年 9 月蘭湖水庫(Lan)之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體		有機質		硝酸鹽		銨鹽		磷酸鹽		總磷		葉綠素 <i>a</i>		透明度		卡爾森指數
			mg L ⁻¹	(標準差)	mg L ⁻¹	(標準差)	mg L ⁻¹	(標準差)	mg L ⁻¹	(標準差)	mg L ⁻¹	(標準差)	mg L ⁻¹	(標準差)	mg m ⁻³	(標準差)	cm	(標準差)	
2016/09/23	07:31	Lan-SW	9.0	(1.8)	6.2	(0.74)	0.11	(0.01)	0.03	(0.04)	0.02	(0.01)	0.30	(0.05)	23.3	(16.9)	77.00	(4.24)	70.52
2016/09/23	07:59	Lan-SC	8.9	(1.0)	6.4	(0.86)	0.04	(0.03)	N.D	--	0.02	(0.03)	0.33	(0.10)	60.9	(25.0)	66.50	(3.54)	74.87
2016/09/23	07:53	Lan-SE	9.5	(2.0)	6.8	(0.02)	0.09	(0.02)	N.D	--	0.01	(0.00)	0.35	(0.14)	39.8	(11.2)	66.00	(4.24)	73.73
2016/09/23	07:31	Lan-BW	20.5	(0.5)	7.5	(0.54)	0.08	(0.00)	3.19	(0.10)	0.25	(0.00)	0.25	(0.12)	12.7	(1.3)	--	--	--
2016/09/23	07:59	Lan-BC	19.0	(2.6)	6.6	(0.05)	0.07	(0.02)	2.21	(0.16)	0.21	(0.00)	0.28	(0.05)	11.7	(5.9)	--	--	--
2016/09/23	07:53	Lan-BE	51.3	(2.8)	11.9	(1.02)	0.75	(0.00)	0.05	(0.01)	0.01	(0.00)	0.30	(0.24)	39.4	(25.5)	--	--	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-21 2016 年 3 月瓊林水庫(Joan)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/03/24	09:15	Joan-SW	12.0	7.68	0.1	6.2	0.20	32.8
2016/03/24	09:30	Joan-SC	11.9	7.15	0.1	5.0	0.20	40.6
2016/03/24	09:45	Joan-SE	11.9	7.75	0.1	4.8	0.20	31.6
2016/03/24	09:15	Joan-BW	--	7.84	0.1	6.0	0.20	28.2
2016/03/24	09:30	Joan-BC	--	7.76	0.1	5.1	0.20	26.4
2016/03/24	09:45	Joan-BE	--	7.89	0.1	5.4	0.20	30.8

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-22 2016 年 6 月瓊林水庫(Joan)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/06/26	16:40	Joan-SW	34.4	8.23	0.1	3.1	0.25	54.2
2016/06/26	16:30	Joan-SC	34.0	9.06	0.1	3.3	0.23	54.6
2016/06/26	16:20	Joan-SE	34.7	8.16	0.1	3.2	0.26	54.3
2016/06/26	16:40	Joan-BW	--	7.77	0.2	1.6	0.30	--
2016/06/26	16:30	Joan-BC	--	7.90	0.2	0.9	0.30	--
2016/06/26	16:20	Joan-BE	--	8.08	0.1	1.8	0.25	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-23 2016 年 9 月瓊林水庫(Joan)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/09/23	10:36	Joan-SW	27.4	8.64	0.0	9.3	0.22	38.6
2016/09/23	10:30	Joan-SC	27.5	8.90	0.0	8.4	0.22	41.7
2016/09/23	10:23	Joan-SE	27.3	8.72	0.0	9.0	0.15	42.2
2016/09/23	10:36	Joan-BW	--	7.98	0.0	1.3	0.23	61.0
2016/09/23	10:30	Joan-BC	--	7.91	0.0	1.2	0.22	67.0
2016/09/23	10:23	Joan-BE	--	7.63	0.0	1.5	0.22	49.3

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-24 2016 年 3 月瓊林水庫(Joan)之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體		有機質		硝酸鹽		銨鹽		磷酸鹽		總磷		葉綠素 <i>a</i>		透明度		卡爾森指數
			mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg m ⁻³	()	cm	()	
2016/03/24	09:15	Joan-SW	39.9	(5.9)	18.5	(1.4)	2.41	(0.02)	1.23	(0.12)	0.063	(0.01)	0.195	(0.16)	87.5	(3.24)	29.5	(3.54)	77.41
2016/03/24	09:30	Joan-SC	46.0	(3.2)	17.7	(1.4)	2.20	(0.10)	1.09	(0.03)	0.105	(0.01)	0.092	(0.02)	47.3	(8.76)	25.5	(2.12)	72.52
2016/03/24	09:45	Joan-SE	39.7	(4.9)	20.9	(0.4)	2.42	(0.00)	0.92	(0.01)	0.115	(0.01)	0.039	(0.00)	103.6	(30.6)	25.0	(4.24)	71.03
2016/03/24	09:15	Joan-BW	194.6	(30.4)	34.8	(4.1)	2.53	(0.06)	2.20	(0.17)	0.266	(0.04)	0.048	(0.00)	56.6	(4.70)	--	--	--
2016/03/24	09:30	Joan-BC	75.2	(35.3)	18.3	(6.4)	2.80	(0.02)	1.78	(0.10)	0.330	(0.03)	0.072	(0.02)	29.0	(3.97)	--	--	--
2016/03/24	09:45	Joan-BE	152.2	(23.1)	28.2	(3.6)	2.60	(0.05)	1.59	(0.00)	0.121	(0.01)	0.045	(0.00)	52.7	(5.42)	--	--	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-25 2016 年 6 月瓊林水庫(Joan)之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體		有機質		硝酸鹽		銨鹽		磷酸鹽		總磷		葉綠素 <i>a</i>		透明度		卡爾森指數
			mg L ⁻¹	()	mg m ⁻³	()	cm	()											
2016/06/26	16:40	Joan-SW	--	--	17.0	(5.7)	0.34	(0.08)	0.03	(0.02)	0.051	(0.03)	0.003	(0.00)	55.3	(15.4)	21.5	(4.95)	57.68
2016/06/26	16:30	Joan-SC	--	--	16.5	(4.9)	0.32	(0.10)	0.01	(0.00)	0.036	(0.02)	0.004	(0.00)	55.9	(12.8)	9.5	(2.12)	63.06
2016/06/26	16:20	Joan-SE	--	--	23.0	(5.7)	0.35	(0.00)	N.D.	--	0.061	(0.00)	0.034	(0.00)	53.1	(12.2)	9.0	(1.41)	73.08
2016/06/26	16:40	Joan-BW	--	--	45.0	(3.5)	0.48	(0.15)	10.13	(0.52)	1.104	(0.21)	0.258	(0.03)	25.3	(8.1)	--	--	--
2016/06/26	16:30	Joan-BC	42.5	(88.4)	64.8	(10.3)	0.58	(0.00)	17.30	(0.53)	0.925	(0.74)	0.250	(0.01)	37.1	(5.1)	--	--	--
2016/06/26	16:20	Joan-BE	30.0	(0.00)	15.5	(0.7)	0.49	(0.07)	5.64	(0.19)	2.271	(0.05)	0.354	(0.05)	4.6	(3.1)	--	--	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-26 2016 年 9 月瓊林水庫(Joan)之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體		有機質		硝酸鹽		銨鹽		磷酸鹽		總磷		葉綠素 <i>a</i>		透明度		卡爾森指數
			mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg m ⁻³	()	cm	()	
2016/09/23	10:36	Joan-SW	20.4	(4.3)	14.3	(1.4)	0.50	(0.01)	N.D.	--	0.008	(0.01)	0.229	(0.02)	89.4	(36.1)	23.5	(2.12)	79.35
2016/09/23	10:30	Joan-SC	19.6	(6.6)	16.7	(1.5)	0.48	(0.03)	N.D.	--	0.015	(0.00)	0.354	(0.20)	130.9	(35.5)	27	(4.24)	82.02
2016/09/23	10:23	Joan-SE	21.0	(1.2)	14.7	(0.5)	0.42	(0.20)	0.11	(0.08)	0.001	(0.00)	0.313	(0.05)	149.9	(129.6)	25.5	(3.54)	82.15
2016/09/23	10:36	Joan-BW	47.3	(5.3)	18.3	(1.5)	0.72	(0.04)	0.04	(0.01)	0.015	(0.00)	0.639	(0.04)	55.9	(4.9)	--	--	--
2016/09/23	10:30	Joan-BC	39.7	(1.5)	17.3	(0.5)	0.70	(0.02)	0.29	(0.21)	0.015	(0.00)	0.262	(0.05)	48.4	(1.0)	--	--	--
2016/09/23	10:23	Joan-BE	34.5	(1.1)	16.3	(0.1)	0.67	(0.11)	0.17	(0.02)	0.008	(0.01)	0.499	(0.26)	48.3	(8.8)	--	--	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-27 2016 年 3 月擎天水庫(Qing)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/03/24	11:35	Qing-SW	13.4	8.48	0.1	4.9	0.22	8.8
2016/03/24	11:30	Qing-SC	13.5	8.68	0.1	4.7	0.24	10.2
2016/03/24	10:40	Qing-SE	13.9	8.85	0.1	8.5	0.26	7.8
2016/03/24	11:35	Qing-BW	--	7.81	0.1	4.0	0.28	10.0
2016/03/24	11:30	Qing-BC	--	7.84	0.1	4.4	0.25	4.1
2016/03/24	10:40	Qing-BE	--	7.77	0.1	4.8	0.28	3.9

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-28 2016 年 6 月擎天水庫(Qing)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/06/27	09:30	Qing-SW	31.8	7.06	0.1	5.1	0.26	13.3
2016/06/27	09:20	Qing-SC	31.6	8.06	0.1	2.6	0.26	13.2
2016/06/27	09:10	Qing-SE	31.6	7.99	0.1	3.2	0.25	12.9
2016/06/27	09:30	Qing-BW	--	7.82	0.1	5.7	0.26	--
2016/06/27	09:20	Qing-BC	--	8.10	0.1	3.5	0.28	--
2016/06/27	09:10	Qing-BE	--	7.10	0.1	3.0	0.26	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-29 2016 年 10 月擎天水庫(Qing)現地檢測水質

檢測日期	檢測時間	測站	水溫 °C	酸鹼值	鹽度 psu	溶氧 mg L ⁻¹	導電度 m S cm ⁻¹	濁度 NTU
2016/10/26	13:55	Qing-SW	29.3	8.85	0.0	9.3	0.26	5.57
2016/10/26	14:03	Qing-SC	29.2	9.03	0.0	7.8	0.28	4.49
2016/10/26	14:09	Qing-SE	29.3	8.97	0.0	8.4	0.29	3.27
2016/10/26	13:58	Qing-BW	--	7.19	0.1	2.2	0.30	11.33
2016/10/26	14:05	Qing-BC	--	6.94	0.0	1.2	0.30	7.77
2016/10/26	14:11	Qing-BE	--	6.94	0.0	0.8	0.29	7.60

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-30 2016 年 3 月擎天水庫(Qing)之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體		有機質		硝酸鹽		銨鹽		磷酸鹽		總磷		葉綠素 <i>a</i>		透明度		卡爾森指數
			mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg m ⁻³	()	cm	()	
2016/03/24	11:35	Qing-SW	11.2	(0.4)	4.6	(0.1)	2.86	(0.16)	N.D	--	0.04	(0.00)	0.04	(0.00)	16.45	(3.80)	102.5	(6.36)	58.05
2016/03/24	11:30	Qing-SC	14.1	(3.2)	8.9	(2.0)	3.01	(0.10)	N.D	--	0.02	(0.00)	0.01	(0.00)	31.92	(2.55)	89.5	(6.36)	55.97
2016/03/24	10:40	Qing-SE	9.1	(1.8)	3.4	(0.2)	2.97	(0.09)	0.03	(0.00)	0.08	(0.01)	0.01	(0.00)	1.22	(0.96)	83.5	(6.36)	42.90
2016/03/24	11:35	Qing-BW	13.3	(0.4)	5.2	(0.4)	1.64	(0.04)	N.D	--	0.02	(0.02)	0.01	(0.00)	9.96	(2.55)	--	--	--
2016/03/24	11:30	Qing-BC	32.3	(4.8)	8.7	(0.9)	1.37	(0.01)	0.06	(0.04)	0.01	(0.01)	0.01	(0.00)	17.63	(5.72)	--	--	--
2016/03/24	10:40	Qing-BE	22.3	(2.4)	7.1	(1.3)	2.98	(0.03)	0.04	(0.01)	0.03	(0.02)	0.01	(0.00)	4.79	(1.01)	--	--	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-31 2016 年 6 月擎天水庫(Qing)之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體		有機質		硝酸鹽		銨鹽		磷酸鹽		總磷		葉綠素 <i>a</i>		透明度		卡爾森指數
			mg L ⁻¹	()	mg m ⁻³	()	cm	()											
2016/06/27	09:30	Qing-SW	16.0	(4.2)	16.5	(2.1)	0.36	(0.05)	N.D	--	0.04	(0.01)	0.13	(0.02)	18.17	(4.80)	43.5	(3.54)	68.54
2016/06/27	09:20	Qing-SC	18.5	(13.4)	16.0	(1.4)	0.32	(0.05)	N.D	--	0.03	(0.02)	0.10	(0.02)	15.87	(3.24)	34.0	(4.24)	67.98
2016/06/27	09:10	Qing-SE	8.0	(1.4)	19.0	(0.00)	0.37	(0.07)	N.D	--	0.02	(0.01)	0.13	(0.01)	21.04	(18.49)	34.5	(3.54)	70.13
2016/06/27	09:30	Qing-BW	15.5	(6.4)	10.0	(2.8)	0.48	(0.03)	1.43	(0.07)	0.37	(0.06)	0.28	(0.01)	5.48	(5.21)	--	--	--
2016/06/27	09:20	Qing-BC	15.0	(1.4)	7.5	(0.7)	0.39	(0.15)	0.76	(0.09)	0.04	(0.00)	0.14	(0.00)	5.17	(0.84)	--	--	--
2016/06/27	09:10	Qing-BE	--	--	9.0	(1.4)	0.66	(0.07)	0.46	(0.02)	0.07	(0.00)	0.08	(0.00)	6.28	(2.40)	--	--	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

表 3-32 2016 年 10 月擎天水庫(Qing)之懸浮固體、有機質、營養鹽、卡爾森指數

檢測日期	檢測時間	測站	懸浮固體		有機質		硝酸鹽		銨鹽		磷酸鹽		總磷		葉綠素 <i>a</i>		透明度		卡爾森指數
			mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg L ⁻¹	()	mg m ⁻³	()	cm	()	
2016/10/26	13:55	Qing-SW	10.2	(0.3)	7.6	(1.3)	2.41	(0.67)	N.D	--	0.02	(0.01)	0.50	(0.20)	26.15	(19.21)	65.5	(3.54)	74.15
2016/10/26	14:03	Qing-SC	4.7	(2.6)	6.3	(0.3)	1.99	(0.66)	N.D	--	0.02	(0.01)	0.48	(0.20)	19.44	(12.85)	73.0	(1.41)	72.51
2016/10/26	14:09	Qing-SE	3.3	(3.9)	6.9	(0.2)	2.61	(0.19)	N.D	--	0.01	(0.00)	0.52	(0.15)	19.36	(11.28)	77.0	(2.83)	72.61
2016/10/26	13:58	Qing-BW	6.7	(2.0)	5.6	(0.2)	2.73	(0.30)	0.02	(0.03)	0.01	(0.01)	0.40	(0.07)	11.36	(19.47)	--	--	--
2016/10/26	14:05	Qing-BC	3.9	(0.8)	4.4	(0.2)	2.42	(0.35)	0.80	(0.34)	0.01	(0.01)	0.35	(0.09)	1.86	(0.73)	--	--	--
2016/10/26	14:11	Qing-BE	6.3	(1.2)	4.7	(0.1)	2.36	(0.01)	0.69	(0.10)	0.03	(0.00)	0.30	(0.03)	1.19	(0.00)	--	--	--

註：括號內數值為標準差。測站欄中，SW 為西側表層水；SC 為中央表層水；SE 為東側表層水；BW 為西側底層水；BC 為中央底層水；BE 為東側底層水。N.D.表示濃度低於偵測下限。(資料來源：本研究)

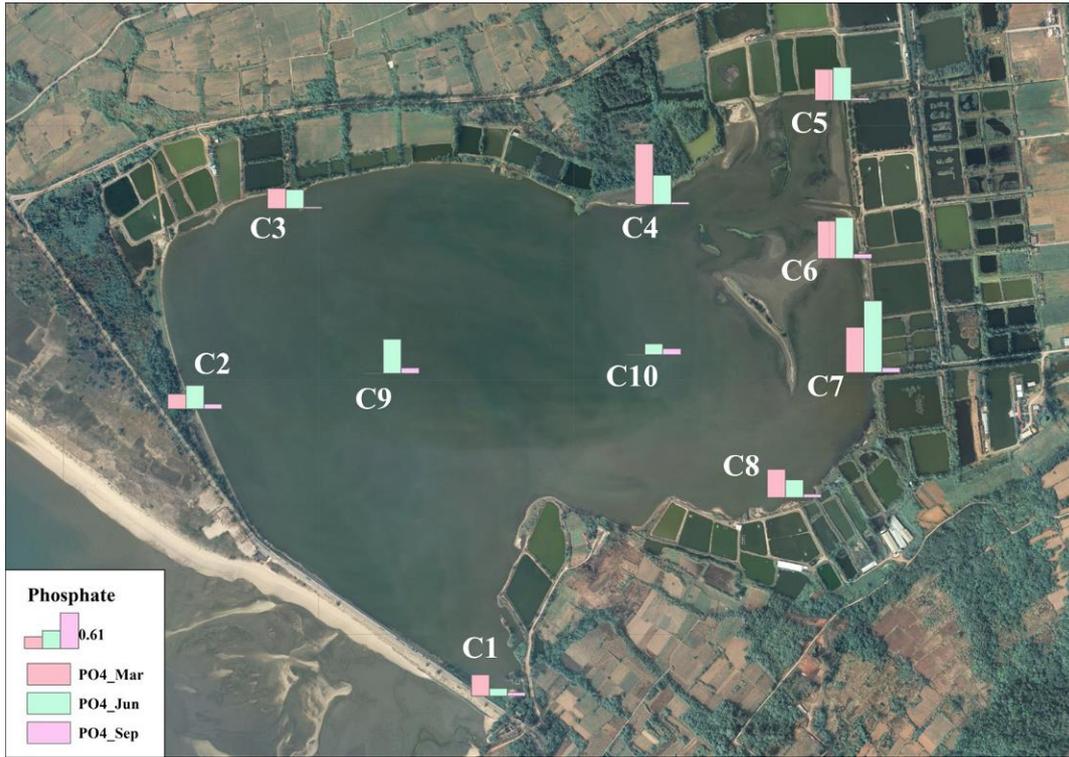


圖 3-1 2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站磷酸鹽濃度(mg L^{-1})。圖示為相對基準值
 (資料來源：本研究)

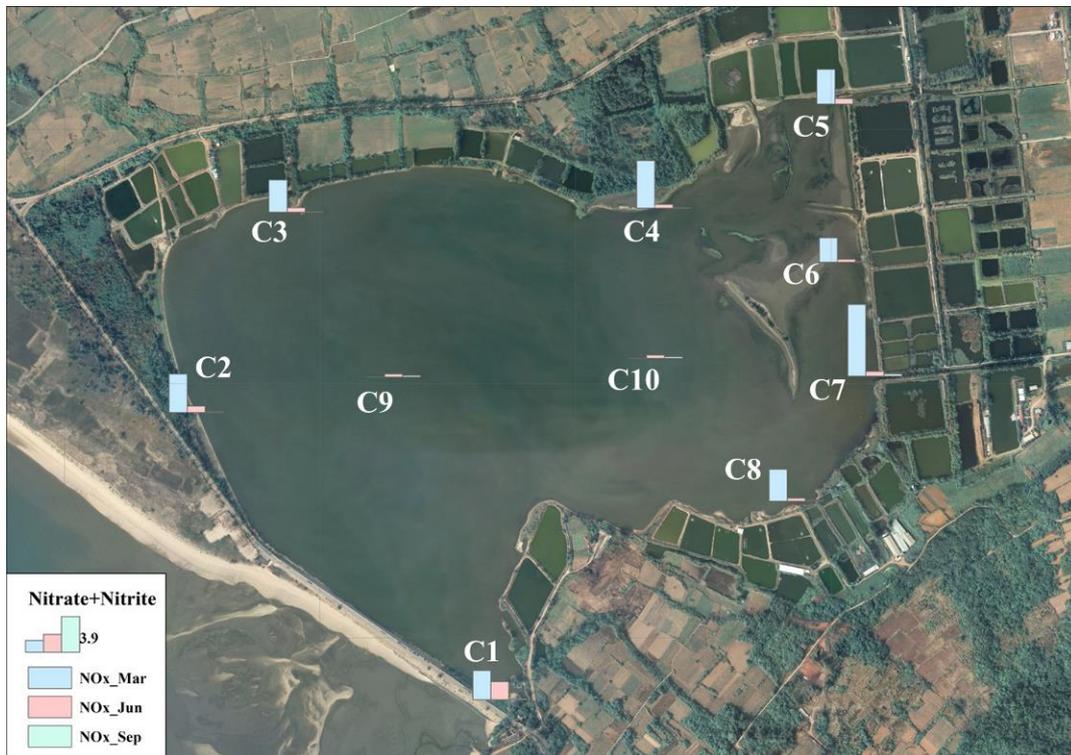


圖 3-2 2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站硝酸鹽濃度(mg L^{-1})。圖示為相對基準值
 (資料來源：本研究)

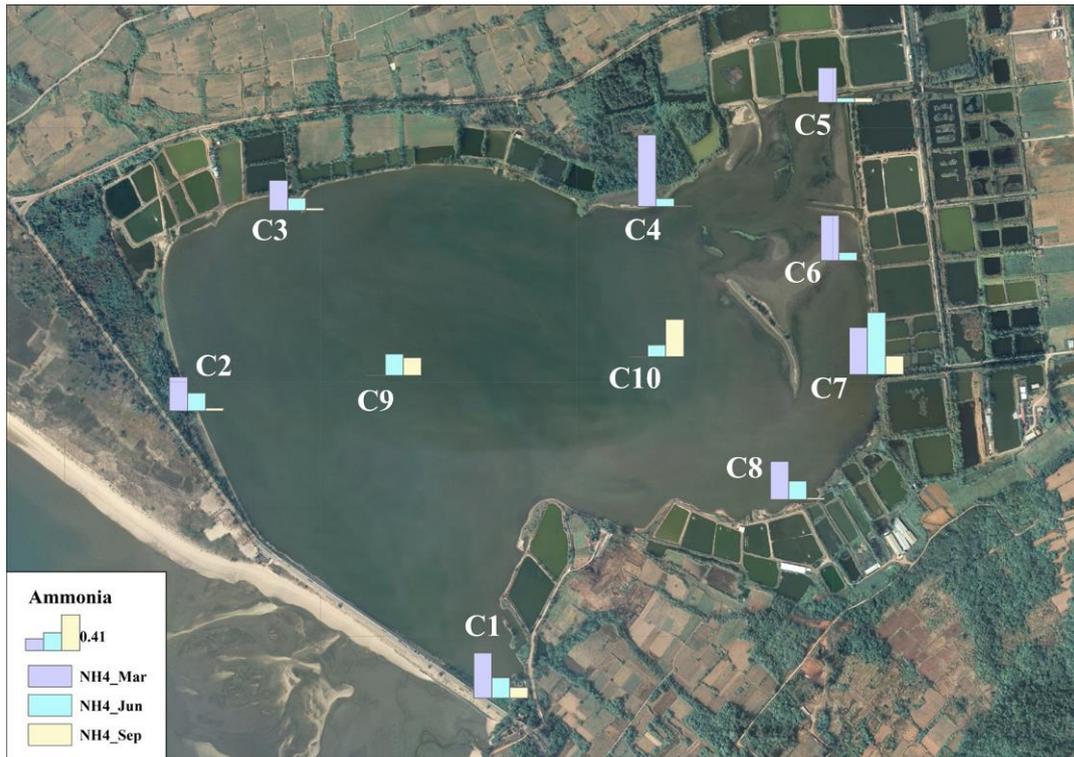


圖 3-3 2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站銨鹽濃度(mg L^{-1})。圖示為相對基準值
(資料來源：本研究)

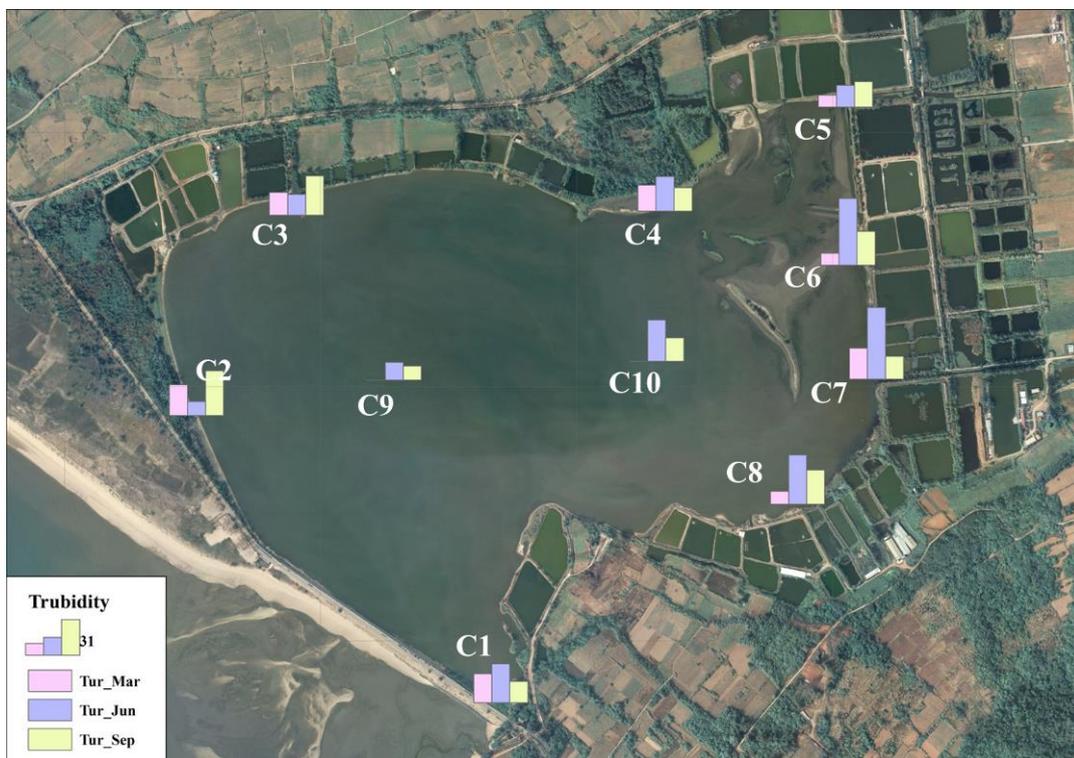


圖 3-4 2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站濁度(NTU)。圖示為相對基準值
(資料來源：本研究)

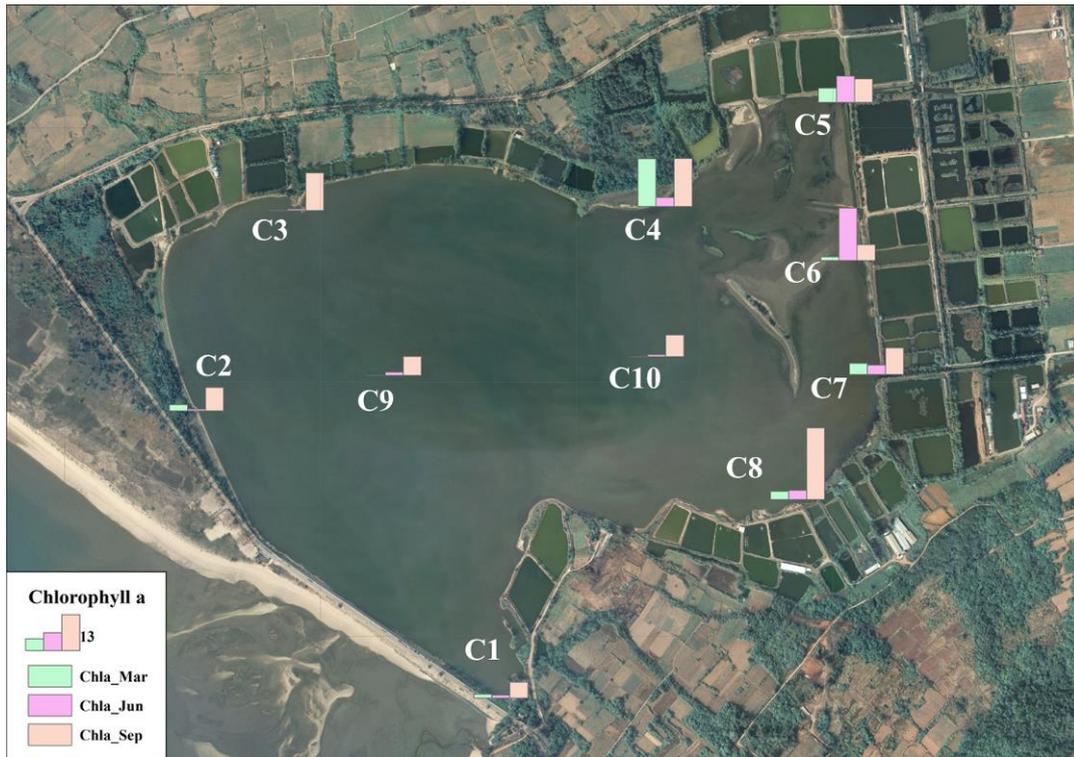


圖 3-5 2016 年 3 月至 9 月慈湖各站葉綠素 *a* 濃度(mg m^{-3})。圖示為相對基準值 (資料來源：本研究)

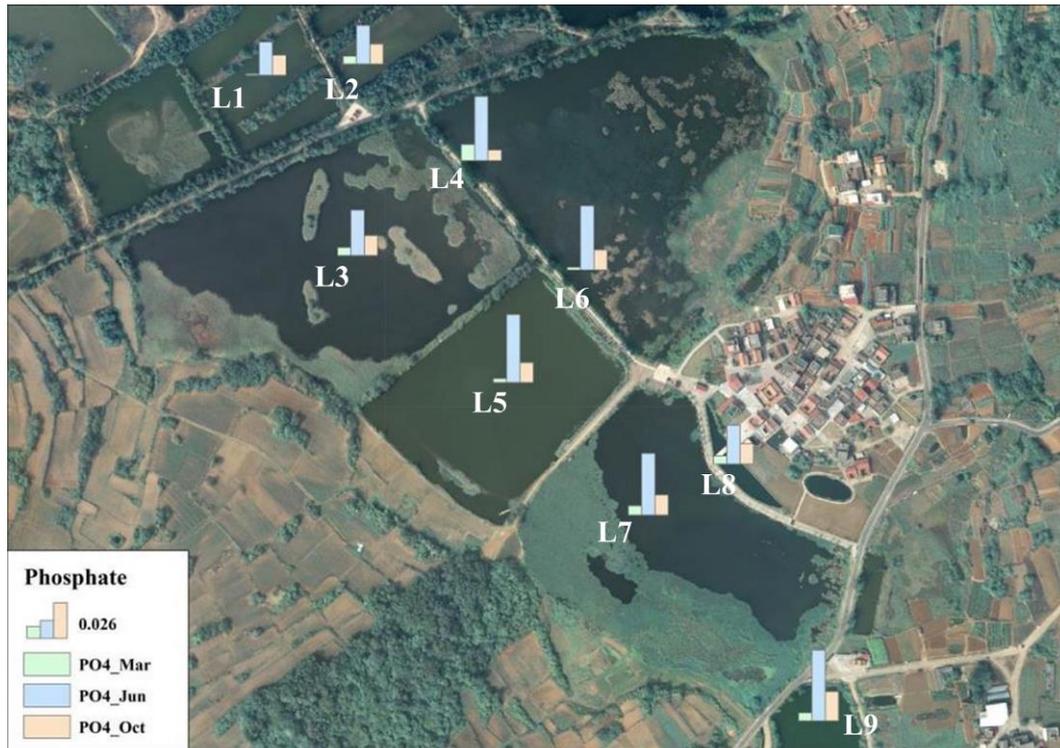


圖 3-6 2016 年 3 月至 10 月陵水湖各測站磷酸鹽(mg L⁻¹)。圖示為相對基準值 (資料來源：本研究)

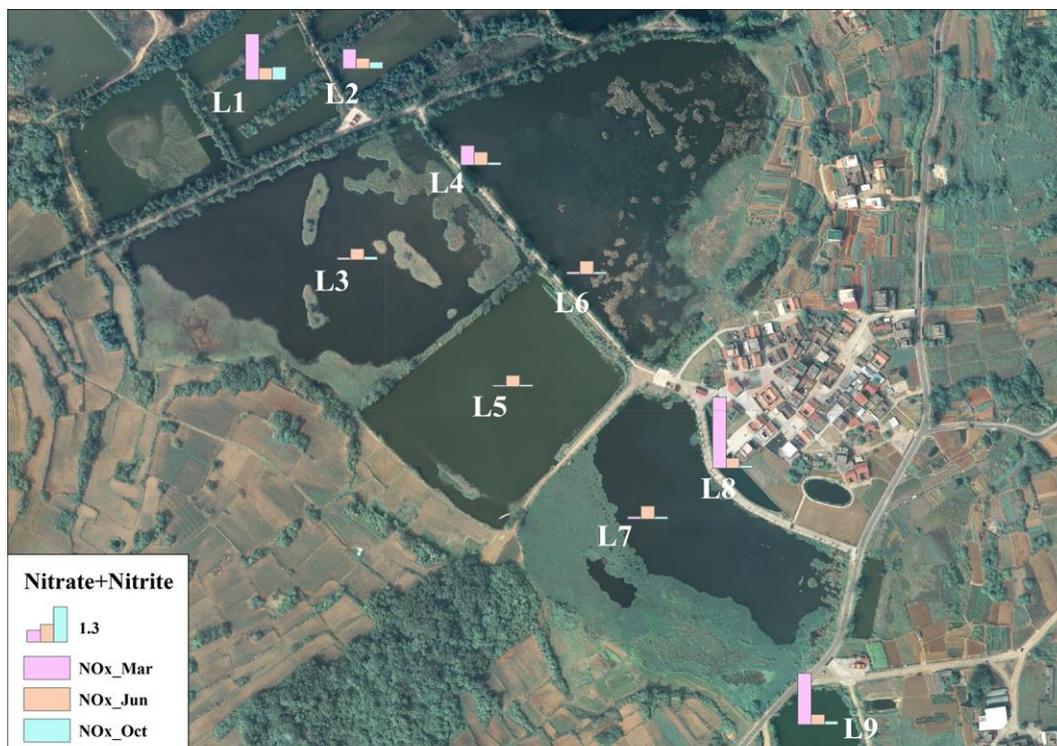


圖 3-7 2016 年 3 月至 10 月陵水湖各測站硝酸鹽(mg L⁻¹)。圖示為相對基準值 (資料來源：本研究)



圖 3-8 2016 年 3 月至 10 月陵水湖各測站銨鹽(mg L^{-1})。圖示為相對基準值
(資料來源：本研究)



圖 3-9 2016 年陵水湖 3 月至 10 月各測站濁度(NTU)。圖示為相對基準值
(資料來源：本研究)

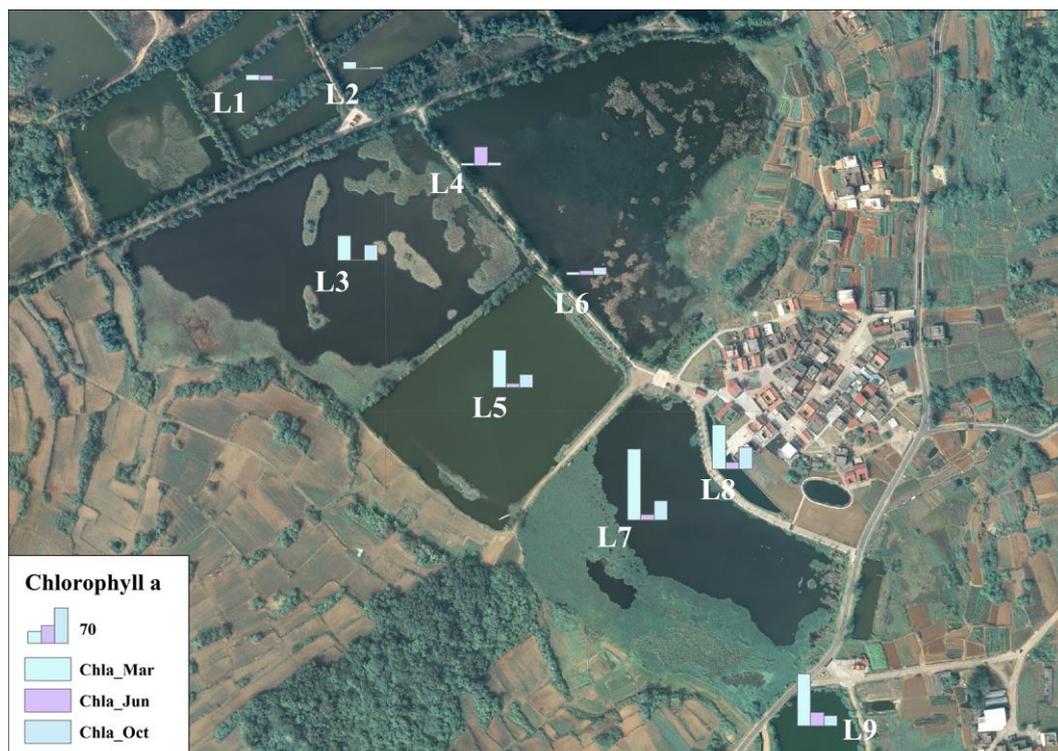


圖 3-10 2016 年 3 月至 10 月陵水湖葉綠素 *a* 濃度(mg m⁻³)。圖示為相對基準值
(資料來源：本研究)

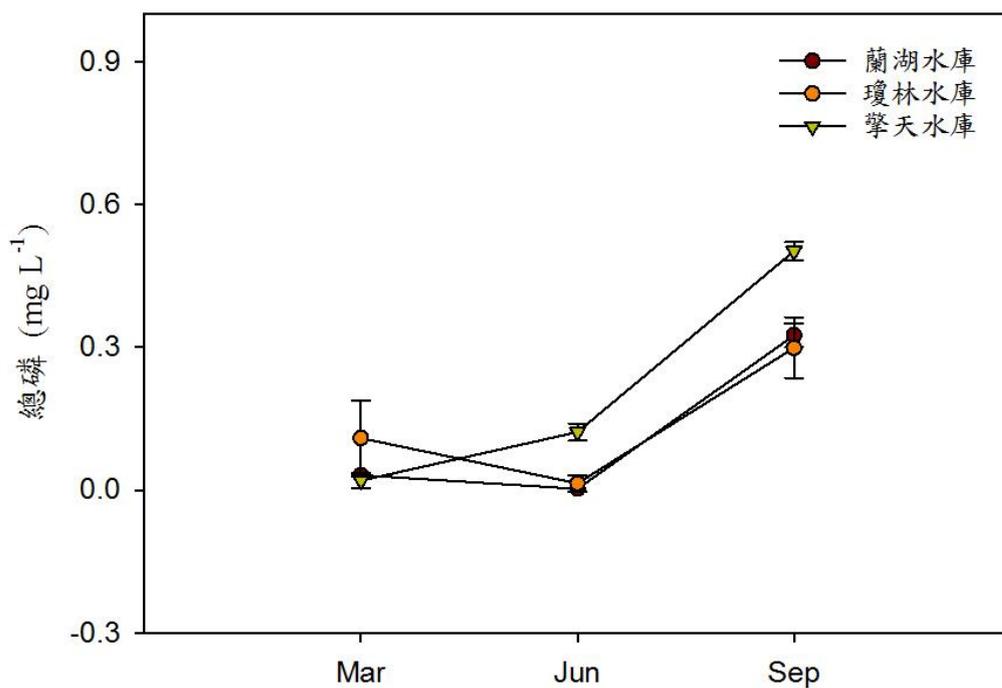


圖 3-11 2016 年 3 月至 9 月蘭湖、瓊林、擎天水庫總磷濃度。
(資料來源：本研究)

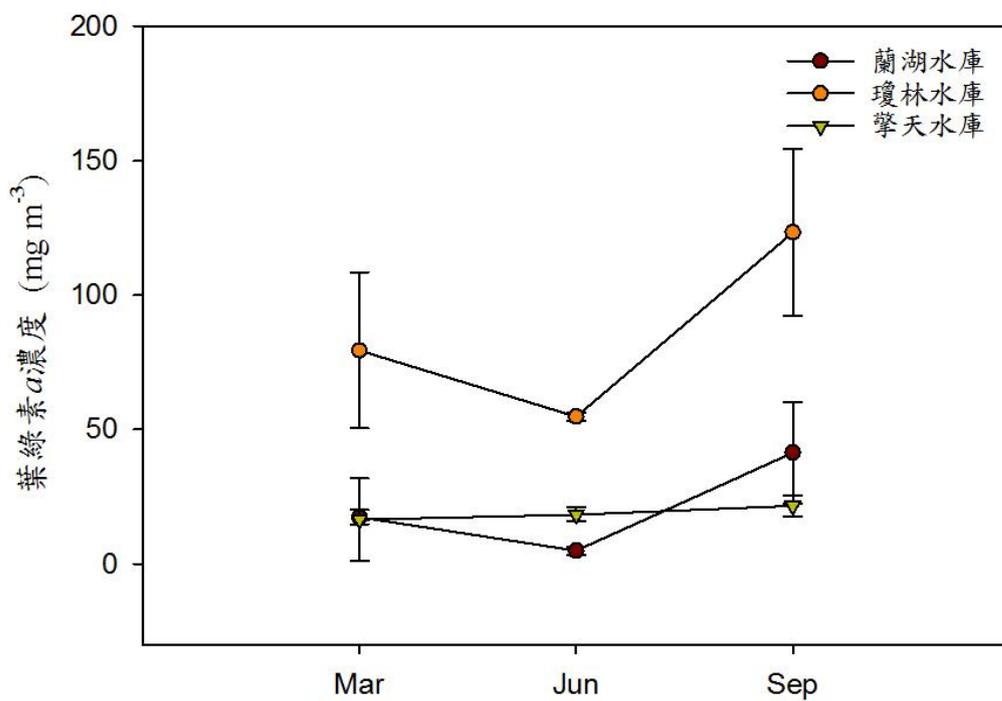


圖 3-12 2016 年 3 月至 9 月蘭湖、瓊林、擎天水庫葉綠素 *a* 濃度。
(資料來源：本研究)

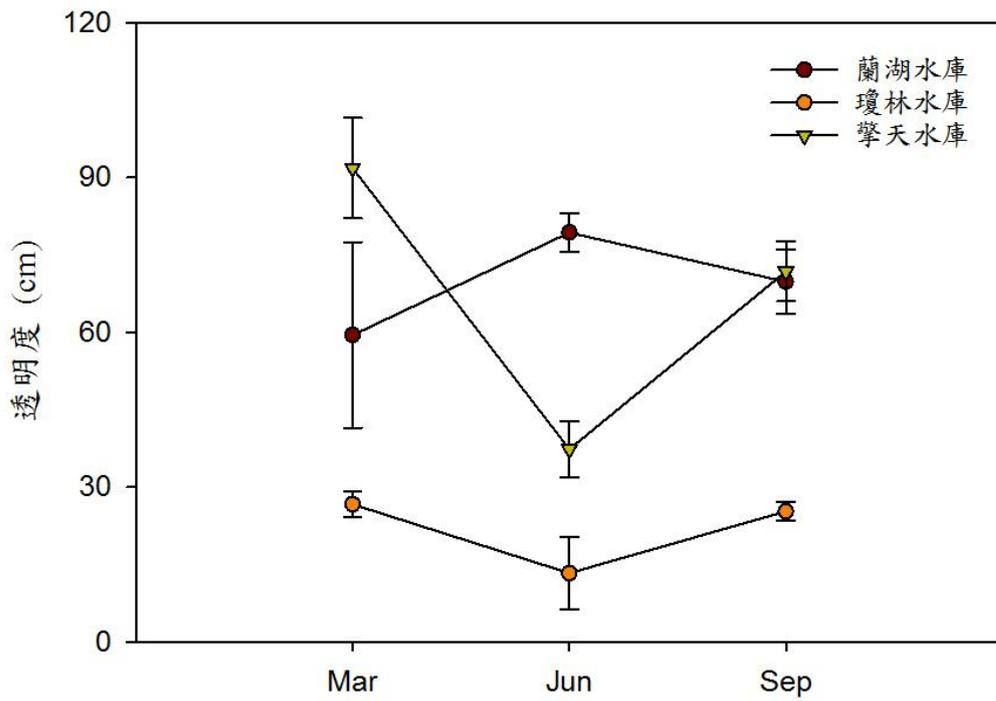


圖 3-13 2016 年 3 月至 9 月蘭湖、瓊林、擎天水庫透明度。
(資料來源：本研究)

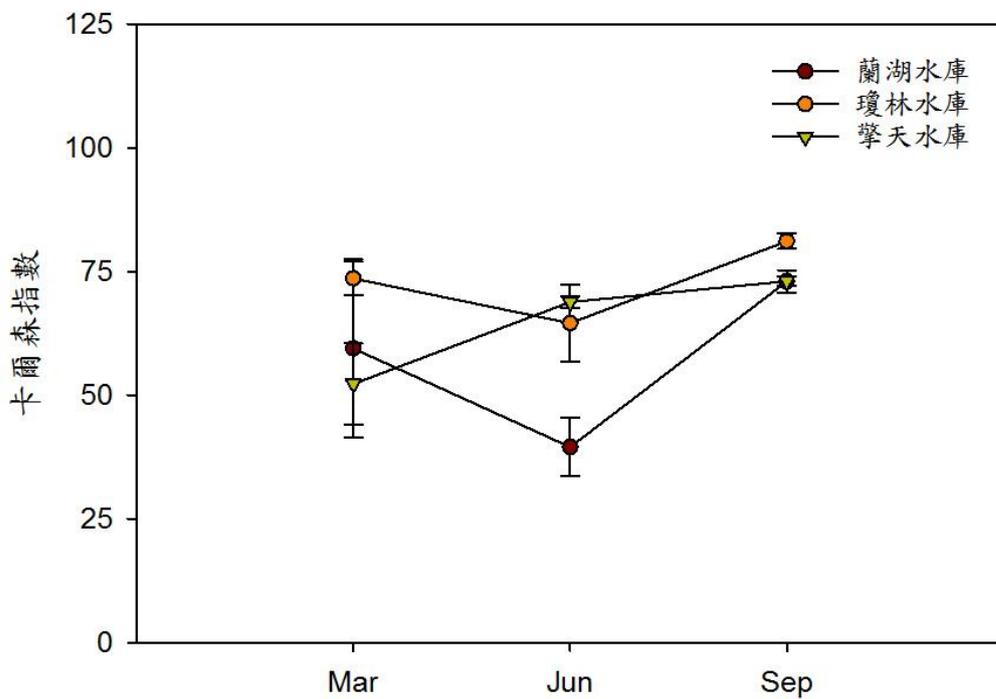


圖 3-14 2016 年 3 月至 9 月蘭湖、瓊林、擎天水庫卡爾森指數。
(資料來源：本研究)

第二節、水文收支

壹、慈湖

由衛星航照圖可見，慈湖自 2009 年至 2016 年期間之陸化趨勢不明顯(圖 3-15~3-17)。2016 年 7 月之底質暴露比例略高，應為水位偏低所致。為探討慈湖之陸化速度，本計畫於 2016 年 3 月 24 日、6 月 27 日與 9 月 24 日測量慈湖之水位變化、逕流流量、懸浮固體濃度，並由中央氣象局取得降雨、蒸發量數據，以估算水體殘餘流量(V_R)、海水交換量(V_X)及溝渠輸砂量。水體停留時間長短為影響水域水質之重要因子之一，故本計畫亦利用上述參數推估淡水停留時間(FRT)與總水體交換時間(τ)作為未來之水質管理依據。

在 2016 年 3 月 24 日至 6 月 27 日，慈湖水體約每日增加 777.23 m^3 (圖 3-18)，平均水深約 0.79 m，C5 測站之流速介於 0.003 m s^{-1} 至 0.008 m s^{-1} ，C7 測站之流速介於 0.003 m s^{-1} 至 0.005 m s^{-1} ，降雨量與蒸發量分別為 567.1 mm 及 127.5 mm。水收支模式指出，慈湖之 V_R 約為 $5,311 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ ，然因水域體積龐大，淡水停留時間長達 147 天；綜合鹽收支模式結果，慈湖之 V_X 為 $15,114 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ ，總水體交換時間為 38 天，遠高於大鵬灣與七股潟湖(表 3-33)。

在 2016 年 6 月 27 日至 9 月 24 日，慈湖水體約每日增加 $3,060.41 \text{ m}^3$ (圖 3-19)，平均水深約 0.97 m，C5 測站之流速介於 0.003 m s^{-1} 至 0.008 m s^{-1} ，C7 測站之流速介於 0.001 m s^{-1} 至 0.007 m s^{-1} ，降雨量與蒸發量分別為 501.3 mm 及 205.8 mm。水收支模式指出，慈湖之 V_R 約為 $1,738 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ ，淡水停留時間長達 555 天；綜合鹽收支模式結果，慈湖之 V_X 為 $4,217 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ ，總水體交換時間為 162 天，約為前期之 4.2 倍。

本計畫認為慈湖極長之水體交換時間，導因於低估淡水逕流量所致。以莫蘭蒂颱風為例，中央氣象局資料顯示，莫蘭蒂颱風於 2016 年 9 月 15 日登陸金門後，15 日至 18 日之累計降雨量高達 177.3 mm，然而此類型之暴雨逕流在雨後即迅速注入慈湖，故當計畫人員前往量測水文時，僅觀測到大幅上升之水位(約 28 cm)，溝渠則幾乎為零逕流狀態，導致逕流量之嚴重低估，進而高估慈湖之水體交換時間。因此，為估算可信度較

高之水文收支模式，本計畫未來擬另以合理化公式法(rational formula)推估慈湖集水區內之逕流量(水土保持手冊，2007)，其公式如下：

$$Q_p = 1/360 C \times I \times A$$

式中， Q_p 為洪峰流量($m^3 s^{-1}$)， C 為逕流係數， I 為降雨強度($mm hr^{-1}$)， A 為集水區面積(ha)。合理化公式係以集水區之集流時間、平均降雨強度、集水區面積及集水區土壤、覆蓋、地形、地勢等因子綜合因子相乘而得，適用於集水區面積小於 1000 公頃之區域。慈湖之集水區面積約為 688 公頃，故明年度本計畫將以合理化公式推估洪峰逕流量，並估算慈湖溝渠之輸砂量、排砂量、淡水停留時間及總水體交換時間。此外，考慮風砂及邊坡之影響，明年度擬以集砂器及土壤流失公式(universal soil loss equation, USLE)估算泥沙輸入量，土壤流失公式如下：

$$A_m = R_m \times K_m \times L \times S \times C \times P$$

式中， A_m 為土壤流失量($t ha^{-1} yr^{-1}$)， R_m 為降雨沖蝕指數($10^6 J mm ha^{-1} hr^{-1} yr^{-1}$)， K_m 為土壤沖蝕指數($t ha hr yr 10^{-6} J^{-1} mm^{-1} ha^{-1} yr^{-1}$)， L 為坡長因子， S 為坡度因子， C 為覆蓋與管理因子， P 為水土保持處理因子。

貳、陵水湖

本計畫嘗試將陵水湖之內池、中池、外池、東池分別建構水收支模式，然而於 2016 年 9 月調查期間發現，陵水湖各池間之水門嚴重堵塞，導致水體流通性差。且陵水湖之進水除上游之溝渠外，亦可能由各池邊坡流入，使其淡水入流量不易計算，故本季仍以陵水湖為主體建構水文模式。

目前已於 2016 年 3 月 30 日、6 月 29 日與 9 月 25 日測量陵水湖內池、中池、外池之水位變化及逕流流量，並綜合降雨、蒸發量數據以推估水文收支參數。在 2016 年 3 月 30 日至 6 月 29 日，陵水湖水體約每日減少 $298.05 m^3$ (圖 3-20)，平均水深約 0.84 m，L8 測站之流速介於 $0.000 m s^{-1}$ 至 $0.006 m s^{-1}$ ，L9 測站之流速介於 $0.000 m s^{-1}$ 至 $0.016 m s^{-1}$ ，降雨量與蒸發量分別為 553.1 mm 及 106.0 mm。水收支模式指出，陵水湖之 V_R 約

為 $1,278 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ ，淡水停留時間達 111 天。

在 2016 年 6 月 29 日至 9 月 25 日，陵水湖水體約每日增加 449.48 m^3 (圖 3-21)，平均水深約 0.88 m，L8 測站之流速為 0.000 m s^{-1} ，L9 測站之流速介於 0.004 m s^{-1} 至 0.023 m s^{-1} ，降雨量與蒸發量分別為 501.3 mm 及 201.9 mm。水收支模式指出，陵水湖之 V_R 約為 $297 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ ，淡水停留時間長達 499 天。與慈湖之狀況相似，陵水湖亦嚴重低估輸入之淡水逕流量，故未來同樣將以合理化公式計算集水區逕流量。

表 3-33 2016 年 3 月至 9 月慈湖、陵水湖水文收支參數

Time	Site	V_L 10^3 m^3	V_R $10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$	FRT day	V_x $10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$	τ day	Citation
2016.03.24 - 06.27	慈湖	779	5.31	147	15.11	38	本研究
2016.06.27 - 09.24	慈湖	965	1.74	555	4.22	162	本研究
2016.03.30 - 06.29	陵水湖	142	1.28	111	--	--	本研究
2016.06.29 - 09.25	陵水湖	148	0.30	499	--	--	本研究
1999.08-2000.08	大鵬灣	11704	191.00	61.28	985	10.6	洪佩瑩(2001)
--	七股瀉湖	--	--	--	2300	5.8	郭芳旭(2000)

註： V_L 為水域體積； V_R 為殘餘流量；FRT 為淡水停留時間； V_x 為海水交換量； τ 表示總水體交換時間。(資料來源：本研究)



圖 3-15 2009/10/29 慈湖衛星航照圖
(資料來源:Google Earth)



圖 3-16 2013/3/16 慈湖衛星航照圖
(資料來源:Google Earth)



圖 3-17 2016/7/23 慈湖衛星航照圖
(資料來源:Google Earth)

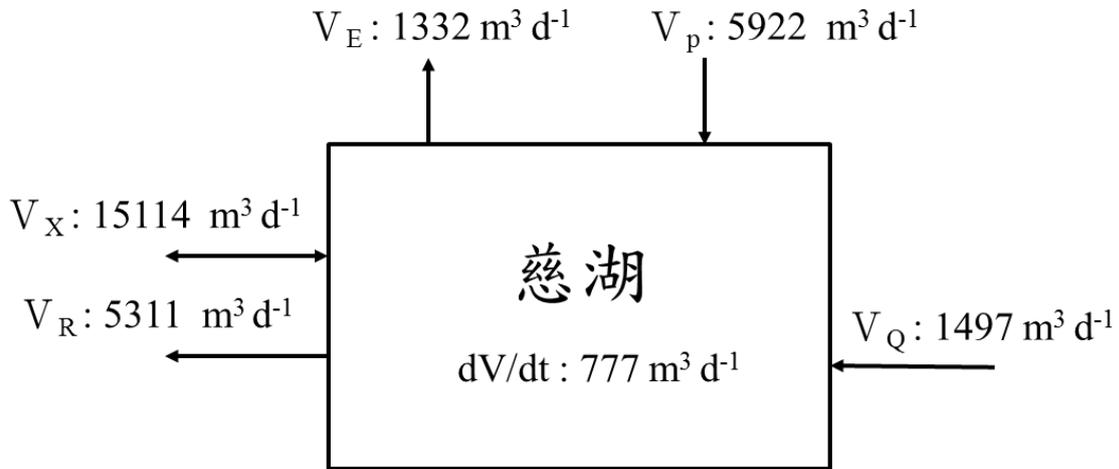


圖 3-18 2016 年 3 月 24 日至 6 月 27 日之慈湖水文收支模式。圖中 dV/dt 為水域體積變化量； V_Q 為淡水注入量； V_P 為降雨量； V_E 為蒸發量； V_R 為殘餘流量； V_X 為海水交換量。(資料來源：本研究)

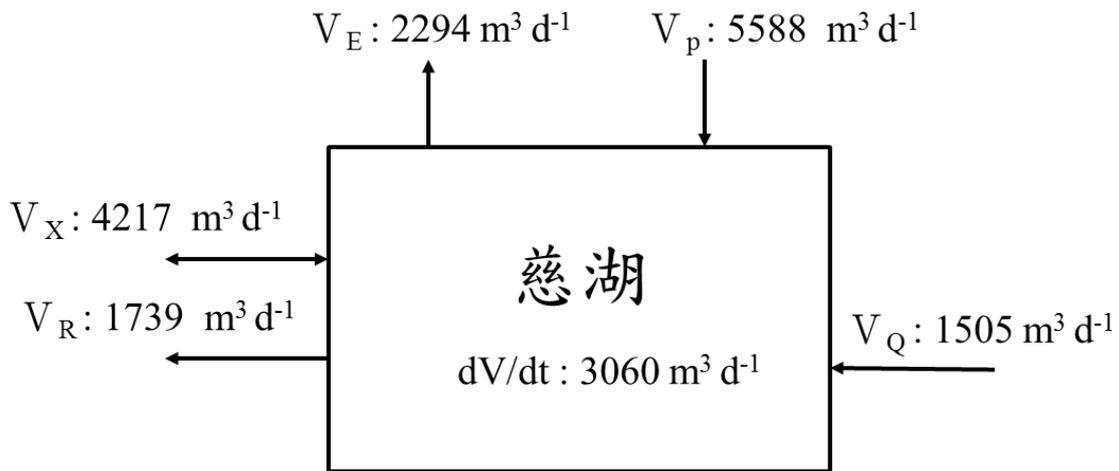


圖 3-19 2016 年 6 月 27 日至 9 月 24 日之慈湖水文收支模式。圖中 dV/dt 為水域體積變化量； V_Q 為淡水注入量； V_P 為降雨量； V_E 為蒸發量； V_R 為殘餘流量； V_X 為海水交換量。(資料來源：本研究)

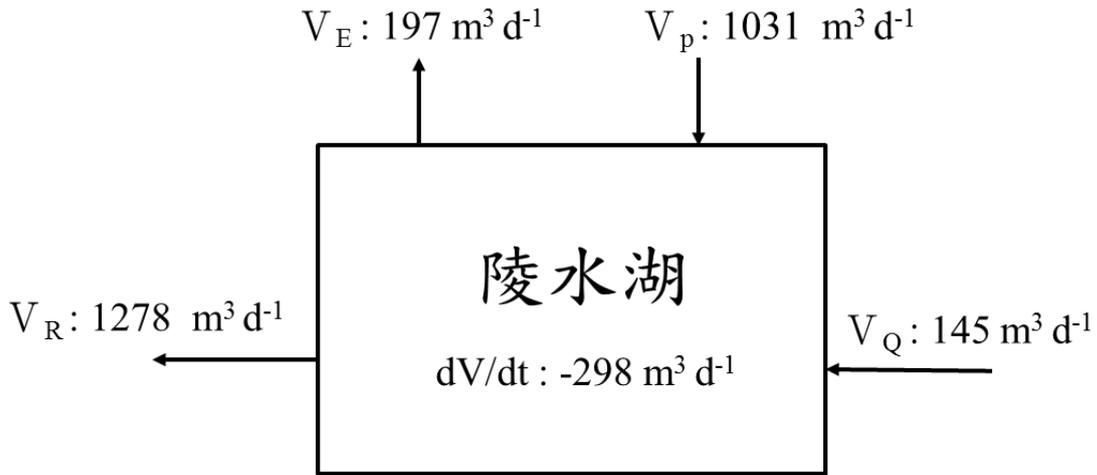


圖 3-20 2016 年 3 月 30 日至 6 月 29 日之陵水湖水文收支模式。圖中 dV/dt 為水域體積變化量； V_Q 為淡水注入量； V_P 為降雨量； V_E 為蒸發量； V_R 為殘餘流量； V_X 為海水交換量；單位為 $m^3 d^{-1}$ 。(資料來源：本研究)

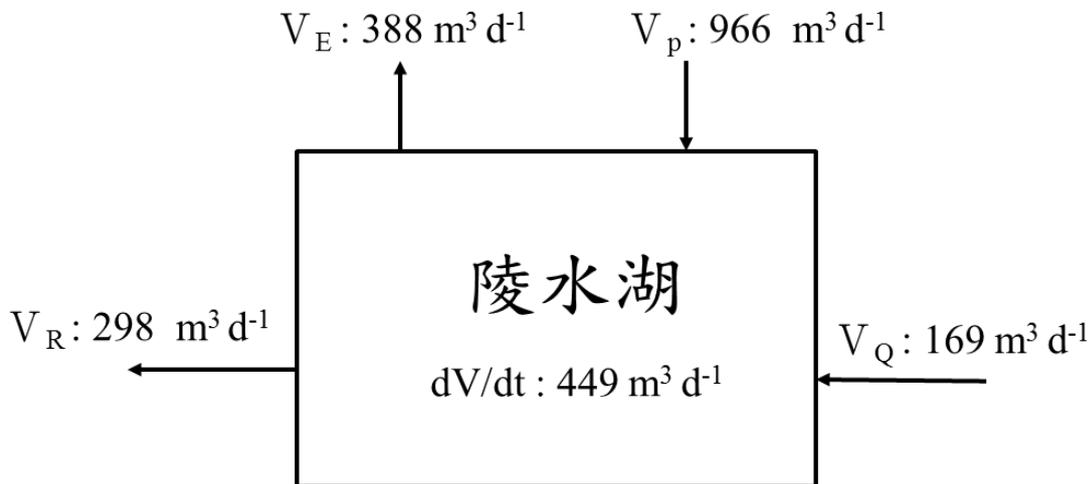


圖 3-21 2016 年 6 月 29 日至 9 月 25 日之陵水湖水文收支模式。圖中 dV/dt 為水域體積變化量； V_Q 為淡水注入量； V_P 為降雨量； V_E 為蒸發量； V_R 為殘餘流量； V_X 為海水交換量；單位為 $m^3 d^{-1}$ 。(資料來源：本研究)

第三節、周邊陸域及水生植被優勢度及演替分析

壹、慈湖

本計畫於慈湖周邊陸域及水域設置 8 處永久樣區(慈 1-8, 圖 3-22), 並於 2016 年 6 月及 11 月完成兩季調查。迄今共記錄維管束植物 33 科 73 種。優勢之草本植物包含大花咸豐草、馬纓丹、擬漆姑草及槭葉牽牛; 木本植物則包含山木麻黃、棟、銀合歡、相思樹、潺槁樹及白桑。第 2 季調查時, 狗牙根之重要值提升, 尤其於慈湖東南側慈 2、慈 3 測站之優勢度增加。大花咸豐草、馬纓丹及銀合歡均為危害較為嚴重之外來入侵種, 大花咸豐草已廣泛分布在慈湖各地, 較難以移除, 而馬纓丹及銀合歡可以人工移除方式阻止其繼續擴張生長範圍。矩陣群團分析顯示, 慈湖周邊陸域植物可分為慈 1、慈 6、慈 8 之山木麻黃型(圖 3-24); 與慈 2、慈 3、慈 4、慈 5、慈 7 之大花咸豐草群。由於慈湖周圍高度受人為管理, 故未有自然演替之趨勢。

貳、陵水湖

本計畫於陵水湖周邊陸域及水域設置 6 處永久樣區(陵 1-6, 圖 3-23), 並於 2016 年 6 月及 11 月完成兩季調查。迄今共記錄維管束植物 18 科 38 種。優勢之草本植物包含水燭、布袋蓮、鴨跖草及李氏禾; 木本植物則包含山木麻黃、肯氏木麻黃及棟。第 2 季調查期間, 原分布於陵 1、陵 5 測站之布袋蓮已捕撈完畢, 但於陵 6 測站仍有一定之覆蓋面積。李氏禾屬濕地強勢生長之水生植物, 隨生長範圍擴張會獨占整片水域, 影響其他植物生長; 布袋蓮則為入侵外來種, 應可透過人工管理方式限制其生長, 目前布袋蓮已有打撈移除工作, 李氏禾則可待全年調查結束觀察其隨季節之消長變化以決定管理方式。矩陣群團分析顯示, 陵水湖周邊植物可分為陵 1、陵 2、陵 3、陵 5 之李氏禾型(圖 3-25); 陵 6 之布袋蓮型; 及陵 4 之山木麻黃型, 但因莫蘭蒂颱風使山木麻黃、肯氏木麻黃等樹木倒塌, 故改以鴨跖草及狗牙根較優勢。演替分析結果顯示, 陵水湖之植物相除布袋蓮型仍屬初期外, 多數已演替至中期至近成熟期。根據過去金門地區之植物調查(表 1-1), 布袋蓮型植群未來可能演替為蘆葦-水燭-滿江紅-紫萍型、紅辣蓼-李氏禾-羊茅-鋪地黍型或聚藻型。

衛星航拍圖顯示，東池之水生植物在 2010 年前即有陸化趨勢(圖 3-26~3-28)，尤其至 2015 年低水位時，明顯可見水生植物遍布東池。本計畫期間以四軸飛行航拍器記錄東池水生植物之成果亦顯示，2016 年 4 月除水深較深處(圖 3-29~3-31)，水生植物已長滿東池，故於後期已無擴散趨勢。

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源之研究(1/3)

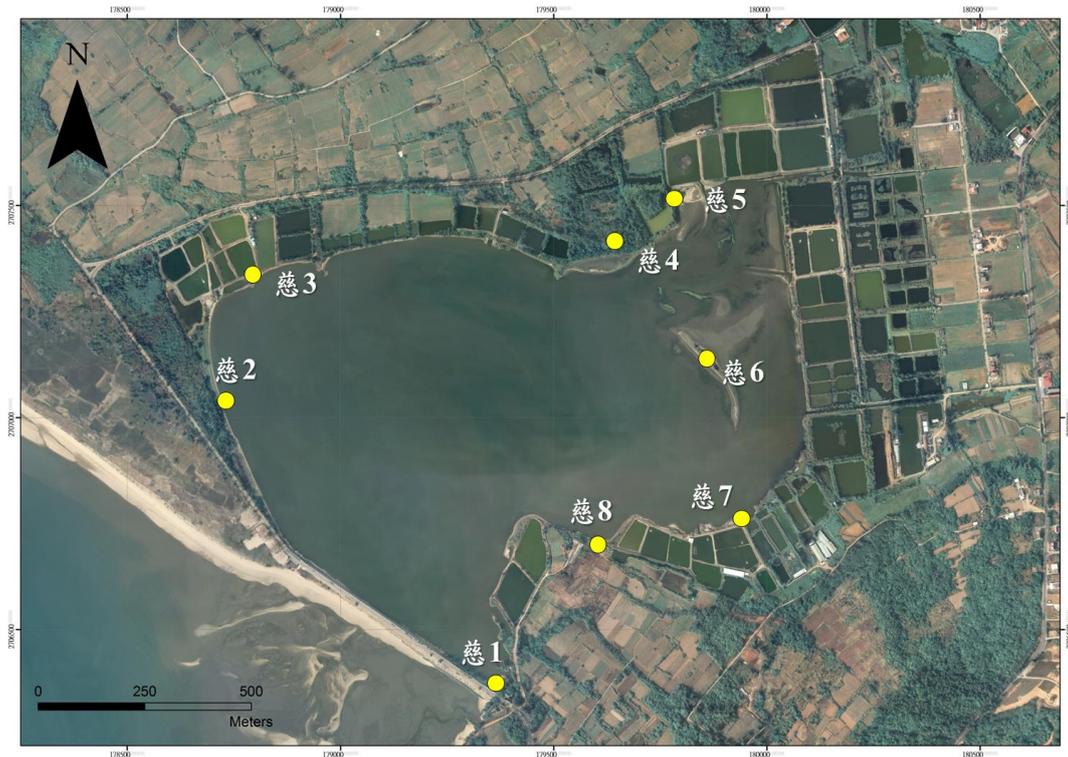


圖 3-22 慈湖植物樣區位置
(資料來源：本研究)



圖 3-23 陵水湖植物樣區位置
(資料來源：本研究)

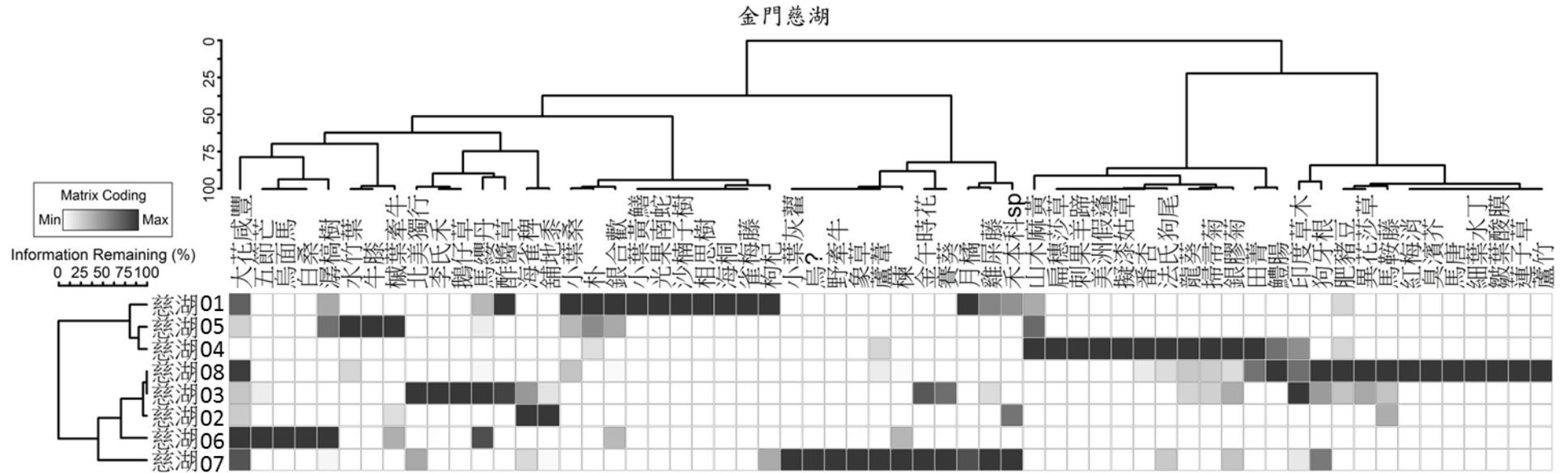


圖 3-24 慈湖植物矩陣群團分析
(資料來源：本研究)



圖 3-26 2010/8/13 陵水湖衛星航照圖
(資料來源:Google Earth)



圖 3-27 2011/9/17 陵水湖衛星航照圖
(資料來源:Google Earth)



圖 3-28 2015/8/1 陵水湖衛星航照圖
(資料來源:Google Earth)



圖 3-29 2016 年 4 月陵水湖空拍圖
(資料來源:本研究)



圖 3-30 2016 年 8 月陵水湖空拍圖
(資料來源:本研究)



圖 3-31 2016 年 9 月陵水湖空拍圖
(資料來源:本研究)

第四節、水生生物定量調查

壹、魚類

一、慈湖

本計畫已完成 2016 年 3 月、6 月、9 月之調查工作，共捕獲 9 科 18 種 690 隻魚類(表 3-34)，平均豐度為 $28.8 \pm 46.8 \text{ ind. net}^{-1}$ ，僅食蚊魚(*Gambusia affinis*)、吉利非鯽(*Tilapia zillii*)與尼羅口孵非鯽(*Oreochromis niloticus*)屬外來物種。優勢魚類為鰕虎科之斑尾刺鰕虎(*Acanthogobius ommaturus*, 41.9%，圖 3-32)、麗魚科之吉利非鯽(27%)及雙邊魚科之布魯雙邊魚(*Ambassis buruensis*, 15.9%)。採集之魚類物種數與個體數以 2016 年 6 月最多(15 種 405 尾)。在測站之間，2016 年 3 月、6 月均以 C4 測站記錄之魚類數量與種類數最多(圖 3-33~3-34)，但 2016 年 9 月之反而以 C7、C5 之魚類個體數較高(圖 3-35)，C1 之物種數最多。綜合 3 季結果，以 C4 測站之魚類個體數與物種數最高(11 種 211 尾)。多元尺度分析(multi-dimensional scaling, MDS)結果顯示，慈湖之魚類組成雖略有季節差異(圖 3-36)，但尚無顯著分群。本計畫 3 季捕獲之經濟魚種包含日本花鱸(*Lateolabrax japonicus*)、長鰭臭肚魚(*Siganus canaliculatus*)、黃鰭鯛(*Acanthopagrus latus*)、黑棘鯛(*Acanthopagrus schlegelii*)、花身雞魚(*Terapon jarbua*)、前鱗龜鮫(*Chelon affinis*)與鰻(*Mugil cephalus*)等魚類，但除鰻之體型較大外，其餘個體體長均不及 15 cm，顯示慈湖可能是上述經濟性魚類之重要育幼場所，尤其在 C1 測站，經濟魚類比例約占總個體數之 34%。

二、陵水湖

本計畫已完成 2016 年 3 月、6 月、10 月之調查工作，共捕獲 9 科 17 種 1134 隻次魚類(表 3-35)，以食蚊魚(39.5%)、極樂吻鰕虎(*Rhinogobius giurinus*, 39.4%)為主要優勢物種(圖 3-37)。外來種包含食蚊魚、孔雀花鱗(*Poecilia reticulata*)、吉利非鯽及尼羅口孵非鯽，共占魚類個體數之 51.5%，顯示陵水湖已受外來種入侵嚴峻。2016 年 6 月捕獲之魚類數量最多，但谷津氏絲鰕虎(*Cryptocentrus yatsui*)、彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)、雷氏蜂巢鰕虎(*Favonigobius reichei*)等魚類均僅在 2016 年 3 月被記錄(圖

3-38~3-40)，故該月物種數為3季中最高。多元尺度分析結果顯示，陵水湖外湖(L1、L2)之魚類組成稍異於內湖(L3、L4、L5、L7)，但仍未有顯著分群(圖 3-41)。

攀鱸科之攀鱸(*Anabas testudineus*, Bloch, 1792)俗稱過山鯽、攀魚，常見於熱帶、亞熱帶之河溝與池塘，目前已滅絕於臺灣本島。「金門濕地動植物資源調查」(邱郁文, 2013)指出，該團隊曾於陵水湖捕獲5隻攀鱸，顯示陵水湖應有穩定族群，然而，本計畫目前執行之3季調查均無攀鱸紀錄。

貳、底棲生物

一、慈湖

本計畫已完成2016年3月、6月、9月之底棲生物調查，共記錄8科14種1709隻螺貝類(表 3-36, 圖 3-42)，優勢螺貝類依測站而異(圖 3-43~3-45)。多元尺度分析結果顯示(圖 3-46)，除2016年3月之C2測站因僅記錄到竹蛭被獨立歸群外，其餘測站係以C1-C4顯著分為一群(圖 3-47)，C5-C8測站另為一群，顯示C1-C4之螺貝類組成較相似，且異於C5-C8測站。C1-C4測站以簾蛤科之菲律賓簾蛤(*Ruditapes philippinarum*, 27.51%)及小海蜷科之燒酒海蜷(*Batillaria zonalis*, 26.01%)為優勢物種，並包含月光唱片蛤(*Abrina lunella*, 6.03%)、歪簾蛤(*Anomalocardia squamosal*)等二枚貝類；反之，C5-C8測站幾乎無貝類紀錄，且以錐蜷科之流紋蜷(*Thiara riqueti*, 67.8%)為優勢物種。

為釐清螺貝類分布之主要因子，本計畫分析慈湖C1-C8測站之底質粒徑大小，並檢測其氧化還原電位。結果顯示，2016年3月及6月之粒徑中值以C1、C2測站較高，底質介於粗砂至中等粗砂之間(圖 3-48)；C3、C4、C6測站次之，介於中等粗砂至細砂之間；C5、C7、C8之粒徑中值最低，底質介於細沙、極細沙及粉泥之間。粉泥黏土含量以C1、C2測站較低(圖 3-49)、C3、C4、C6測站次之，C5、C7、C8測站最高。篩選係數以C1、C2測站較低(篩選度不佳，圖 3-50)，C3至C8測站較高(篩選度非常不佳)。整體而言，C1、C2測站之底質顆粒較大，以砂質為主，粉泥量低；C5、C7、C8測站之顆粒較小，以泥質為主，粉泥量高；C3、C4、C6測站之底質則介於兩者之間。本計畫於2016年9月檢測之氧化還原電位結果顯示，僅有C1及C2測站之表層ORP為正值(0

cm, 圖 3-51), 代表 C1、C2 測站之表層土壤屬於氧化態; 反之, 其餘測站之表層 ORP 為負值, 顯示底質為厭氧之還原態土壤, 其中 C3、C4、C6 測站之表層 ORP 仍高於-100 mV, C5、C7、C8 測站之表層 ORP 則在-157 mV 至-284 mV 間。本計畫認為 C5、C7、C8 測站因鄰近溝渠, 淡水注入後流速減緩, 使水中顆粒沉降於此形成淤泥, 再加上水體交換不良, 進而使其粉泥量高, 表層 ORP 極低; C3、C4、C6 測站離溝渠之距離稍遠, 故粉泥量略低於 C5、C7、C8 測站, 但水體交換仍屬不良, 使其表層 ORP 仍為還原態; C1、C2 測站鄰近水閘門口, 水體交換較佳, 故粉泥量低, 且表層土屬氧化態。

綜合以上結果, 本計畫推測慈湖螺貝類分布差異應與底質及水體交換程度有關。C1 至 C4 測站之底質含砂量、表層 ORP 較高且水體交換相對優良, 故具有較多濾食性貝類; C5 至 C7 測站底質以厭氧淤泥為主且水體交換程度低, 使其物種以食有機質之螺類為主。

二、陵水湖

本計畫已完成 2016 年 3 月、6 月、9 月之底棲生物調查, 共記錄 6 科 7 種 740 隻螺貝類(表 3-37)。優勢物種為燒酒海蜷(51%)及海蜷科之栓海蜷(*Cerithidea cingulate*, 43%)。測站間以外湖之 L1、L2 測站之螺貝類數量較高; 內湖測站(L4、L5)則僅在以手抄網採集時發現囊螺科之囊螺(*Physa acuta*, 表 3-39), 且個體數極少。此現象可能為內湖之水深過深, 且土壤密實之故。此外, 內湖屬於淡水湖泊; 外湖則仍稍受海水影響, 故鹽度差異亦可能為影響螺貝類分布之因子之一。

參、慈湖菲律賓簾蛤族群與生態學研究

一、族群量與形質調查

本計畫原擬於慈堤外灘地針對等邊淺蛤(當地居民俗稱之「花蛤」, *Gomphina veneriformis*)調查其族群數量, 然因 2016 年 2 月未採集到其個體, 且花蛤種類與慈湖內之菲律賓簾蛤不同, 故與金門國家公園管理處協議後於 2016 年 3 月將調查地點改為慈湖內 8 處樣站, 並以菲律賓簾蛤為調查對象。截至目前已完成 2016 年 3 至 10 月之採集工作, 然而 2016 年 3 月因初次調查未擬定完善調查方法, 使採集之菲律賓簾蛤數量極

少(20 ind.)且均屬於極小個體(7.3-12.2 mm)，因此後續之資料分析將剔除 2016 年 3 月之數據避免造成誤差。而在 2016 年 4 月，本計畫為免採集量過大對當地底棲生物族群造成危害，故更換採集方法。其中，除於 1 號站採樣區域共採集 12 個 $0.25 \times 0.25 \text{ m}^2$ 之採樣方格外，其餘測站均採集 9 個採樣方格。

本計畫目前已完成 8 次調查，共採集菲律賓簾蛤 971 隻，總重 1,966.4 g，平均豐度 $24.51 \text{ ind. m}^{-2}$ ，平均生物量 $52.38 \text{ g WW m}^{-2}$ 。菲律賓簾蛤豐度之季節變化明顯，由 2016 年 3 月之豐度極低，至 5 月達到峰值後始大幅下降，並於 9、10 月維持極低之豐度(圖 3-52)。初步推測，此趨勢可能與當地漁民之捕獲行為有關。本計畫調查期間發現，6 月至 8 月為「摸蚶」之主要時期，此時採集貝類之漁民眾多，且採捕量龐大，故可能是造成菲律賓簾蛤族群量減少之原因。另一方面，9 月 15 日莫蘭蒂颱風挾帶強風豪雨擾動底質與水體，亦可能不利於菲律賓簾蛤存活。菲律賓簾蛤之生物量趨勢與豐度一致(圖 3-53)，但因 6 月至 8 月採集之菲律賓簾蛤體型較大，故下降幅度較豐度輕微。

在慈湖 8 處測站間僅有 C1、C2、C3 測站發現菲律賓簾蛤族群，且於 C3 測站之數量極少，並自 2016 年 8 月已無採集紀錄。3 測站間，以 C1 測站採集之豐度與生物量遠高於其餘兩測站，分別占總採集個體之 81% 及 76%。本計畫推測菲律賓簾蛤族群侷限於水閘門一帶，導因於底質含砂量與溶氧量差異。李明雲(1989)之調查成果顯示，粉泥 10%、細沙 14%、貝殼碎末和粗砂 75.57% 之底質適合菲律賓簾蛤棲息；張樹令(2007)則指出菲律賓簾蛤適合生長於底質含砂量 70-80% 且溶氧量 4 mg L^{-1} 之環境中。由上述底質結果可知，慈湖 C1、C2 測站為砂底質，且底層表土為氧化態，與過去之研究結果相符。另一方面，本計畫 24 小時溶氧監測結果顯示，2016 年 6 月夜間溶氧除 C1 測站仍維持在 5 mg L^{-1} 外，C3、C4、C7 測站之溶氧自午夜後均趨近於零(詳見第七節，圖 3-85)，故可見夏季夜間過低之溶氧亦為限制慈湖菲律賓族群分布之原因一。以 C3 測站為例，即可發現自 2016 年 6 月過後，菲律賓簾蛤之豐度已降低 33%，並在 8 月降至 0 ind. m^{-2} ，顯示此區之菲律賓簾蛤在夏季極不易存活。

本計畫捕獲個體之殼長介於 7.30 mm 至 39.65 mm(表 3-40~3-47)，殼高介於 4.86 mm 至 29.75 mm，殼寬介於 2.74 mm 至 17.29 mm。殼長頻度呈單峰分布(圖 3-54)，顯示採

集之菲律賓簾蛤均為同齡個體。平均殼長自 2016 年 3 月(9.80 ± 0.43 mm)起以穩定之速度成長(圖 3-55)，至 2016 年 10 月已達 31.25 ± 2.75 mm。在 C1 至 C3 測站之間，以 C1 (24.41 ± 7.67 mm)、C2 (24.5 ± 4.42 mm)測站之菲律賓簾蛤體型大於 C3(18.39 ± 5.18 mm)測站。綜合而言，菲律賓簾蛤族群分布侷限於水閘門口一帶，尤其以 C1 測站擁有較多的族群量與較大之個體。

二、肥滿度指數

本計畫將菲律賓簾蛤分為殼長小於 1 cm、1 至 2 cm、2 至 3 cm、3 至 4 cm 與大於 4 cm 等 5 群，進而比較肥滿度指數之時間變化(圖 3-56)。2016 年 3 月，因各測站採集之數量極低，且個體極小不利於實驗操作，導致部分結果變異度極高。考慮此次數據品質欠佳，故未來制定採捕管理方法時應剔除此次數據，以免造成誤判。結果顯示，菲律賓簾蛤之肥滿度自 4 月達到高峰後始大幅下降，並於 6 月底點重新升高，至 9 月再次下降。Lucas and Beninger (1985)指出，二枚貝於生殖腺發育期間體重逐漸上升，至釋卵後大幅下降，故可將肥滿度指數作為釋卵期之判斷依據。由此可知，慈湖菲律賓簾蛤之釋卵期約在 4-6 月及 9-10 月，且此結果亦與王昭萍(1998)之成果相近(3-4 月；9-11 月)。

三、菲律賓簾蛤生長參數推估

待蒐集滿 1 年數據後，本計畫未來擬以 VBGF 生長方程式(Von Bertalanffy Growth Function)計算成長速率(K)與零齡理論殼長(t_0)，以推估各齡之菲律賓簾蛤殼長。並結合肥滿度指數估算之菲律賓簾蛤性成熟年齡，以回推成熟菲律賓簾蛤之殼長範圍，作為未來區分成熟與非成熟個體之採捕依據。

表 3-35 2016 年 3 月至 10 月陵水湖魚類調查物種與數量

物種	Mar-16							Jun-16							Oct-16								
	L1	L2	L3	L4	L5	L7	合計	L2	L3	L4	L5	L7	合計	L2	L3	L4	L5	L7	合計				
怪頰鱒科 Adrianichthyidae																							
青鱒魚 <i>Oryzias latipes</i>	12							12															
花鱒科 Poeciliidae																							
孔雀花鱒 <i>Poecilia reticulata</i>								13		2							15						
食蚊魚 <i>Gambusia affinis</i>	1	7	33	7	5		53	8	16	349	17	390							5	5			
狼鱒科 Moronidae																							
日本花鱒 <i>Lateolabrax japonicus</i>								2							2								
塘鱾科 Eleotridae																							
中國烏塘鱾 <i>Bostrychus sinensis</i>								1							1								
雙邊魚科 Ambassidae																							
布魯雙邊魚 <i>Ambassis buruensis</i>	10	24							34														
鯉科 Cyprinidae																							
羅漢魚 <i>Pseudorasbora parva</i>	2		2		4				8	4	2		3	9	2				2				
鱚科 Mugilidae																							
鱚科幼魚 <i>Mugilidae sp.</i>	3																			3			
麗魚科 Cichlidae																							
尼羅口孵非鯽 <i>Oreochromis niloticus</i>	1								1	2		13	17	32	2		8	1	11				
吉利非鯽 <i>Tilapia zillii</i>	1	2	4	1				8	53	2	7	5		67	2					2			
吳郭魚 <i>Cichlidae sp.</i>						4	4																
鰕虎科 Gobiidae																							
爪哇擬鰕虎 <i>Pseudogobius javanicus</i>	2							2	4	1	3							8	6				6
谷津氏絲鰕虎 <i>Cryptocentrus yatsui</i>	2																			2			
極樂吻鰕虎 <i>Rhinogobius giurinus</i>	2	46	35	5	2				90	58		8	16	266	348	2	2				5	9	
雷氏蜂巢鰕虎 <i>Favonigobius reichei</i>	1																			1			
彈塗魚 <i>Periophthalmus modestus</i>	1																			1			
雙帶縞鰕虎 <i>Tridentiger bifasciatus</i>	8																			8			
總計	41	82	70	18	12	4	227	60	88	36	380	308	872	8	6	0	10	11	35				
物種數	9	7	3	4	4	1	14	4	7	5	4	5	9	2	3	0	2	3	6				

(資料來源：本研究)

表 3-36 2016 年 3 月至 9 月慈湖螺貝類調查物種與數量(樣框法)

物種	Mar-16										Jun-16										Sep-16									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	合計	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	合計	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	合計			
腹足綱																														
小海蟾科 Batillariidae																														
燒酒海蟾 <i>Batillaria zonalis</i>	4								4		11	16	1	2	85				115		103	4	68		2				177	
海蟾科 Potamididae																														
栓海蟾 <i>Cerithidea cingulata</i>			1			1	35		37		9	20		4	18	36	6	93		53	12	20		83	15	1		184		
鐵尖海蟾 <i>Cerithidea djadjariensis</i>																	1	1		28		39		2				69		
錐蟾科 Thiaridae																														
流紋蟾 <i>Thiara riqueti</i>														31	43	2		76				1	207	63	273			544		
織紋螺科 Nassariidae																														
粗紋織紋螺 <i>Reticunassa festiva</i>	7		11						18		6	1						7	4	12	1	8						25		
雙殼綱																														
竹蟪科 Solenidae																														
竹蟪 <i>Solen strictus</i>		1							1	1		1						2			1							1		
唱片蛤科 Semelidae																														
月光唱片蛤 <i>Abrina lunella</i>										2	3	34						39		4	5							9		
紫雲蛤科 Psammobiidae																														
西施舌 <i>Sanguinolaria diphos</i>											4	4						8												
簾蛤科 Veneridae																														
臺灣文蛤 <i>Meretrix meretrix</i>											3							3		1	1							2		
伊莎貝蛋糕蛤 <i>Placamen isabellina</i>											1							1										1		
歪簾蛤 <i>Anomalocardia squamosa</i>	4		1						5	1	6	11						18		3	6	1				3		13		
菲律賓簾蛤 <i>Ruditapes philippinarum</i>	16		4						20	121	55	13	1					190	7	2								9		
橫簾蛤屬 <i>Paphia</i> sp.																			4	10	1							15		
雙殼綱 sp. Bivalvia sp.											14	9						23												
總計	31	1	17	0	0	1	35	0	85	125	112	109	2	37	146	38	7	576	15	216	31	137	207	150	288	4	1048			
物種數	4	1	4	0	0	1	1	0	6	4	10	9	2	3	3	2	2	13	3	9	8	6	1	4	2	2	11			

(資料來源：本研究)

表 3-37 2016 年 3 月至 9 月陵水湖螺貝類調查物種與數量(樣框法)

物種	Mar-16							Jun-16					Sep-16		
	L1	L2	L3	L4	L5	L7	合計	L2	L3	L4	L5	L7	合計	L2	合計
腹足綱															
小海蟪科 Batillariidae															
燒酒海蟪 <i>Batillaria zonalis</i>	12	92					104	112					112	161	161
海蟪科 Potamididae															
栓海蟪 <i>Cerithidea cingulata</i>	115	64					179	37					37	99	99
鐵尖海蟪 <i>Cerithidea djadjariensis</i>								1					1	1	1
錐蟪科 Thiaridae															
流紋蟪 <i>Thiara riqueti</i>								9					9	8	8
雙殼綱															
殼菜蛤科 Mytilidae															
雲雀蛤 <i>Arcuatula senhousia</i>								1					1		
紫雲蛤科 Psammobiidae															
西施舌 <i>Sanguinolaria diphos</i>	9						9	1					1		
薄殼蛤科															
船形薄殼蛤 <i>Laternula marilina</i>	5	12					17	1					1		
總計	141	168	0	0	0	0	309	162	0	0	0	0	162	269	269
物種數	4	3	0	0	0	0	4	7	0	0	0	0	7	4	4

(資料來源：本研究)

表 3-38 2016 年 6 月至 9 月慈湖螺貝類調查物種與數量(蛇籠)

物種	Jun-16		Sep-16					合計
	C4	合計	C3	C4	C5	C6	C7	
小海蟪科 Batillariidae								
燒酒海蟪 <i>Batillaria zonalis</i>	36	36		5		1		6
海蟪科 Potamididae								
栓海蟪 <i>Cerithidea cingulata</i>	87	87		3		1	2	6
鐵尖海蟪 <i>Cerithidea djadjariensis</i>				4				4
錐蟪科 Thiaridae								
流紋蟪 <i>Thiara riqueti</i>					130	7	8	145
織紋螺科 Nassariidae								
粗紋織紋螺 <i>Reticunassa festiva</i>			3	3				6
總計	123	123	3	15	130	9	10	167
物種數	2	2	1	4	1	3	2	5

(資料來源：本研究)

表 3-39 2016 年 3 月至 9 月陵水湖螺貝類調查物種與數量(手抄網、蛇籠)

物種	Mar-16				Jun-16	
	L4	L5	L6	合計	L2	合計
手抄網						
囊螺科 Physidae						
囊螺 <i>Physa acuta</i>	3	2		5		
蛇籠						
小海蟪科 Batillariidae						
燒酒海蟪 <i>Batillaria zonalis</i>					6	6
海蟪科 Potamididae						
栓海蟪 <i>Cerithidea cingulata</i>					9	9
鐵尖海蟪 <i>Cerithidea djadjariensis</i>					27	27
錐蟪科 Thiaridae						
流紋蟪 <i>Thiara riqueti</i>					8	8
織紋螺科 Nassariidae						
粗紋織紋螺 <i>Reticunassa festiva</i>					1	1
總計	3	2	0	5	51	51
物種數	1	1	0	1	5	5

(資料來源：本研究)

表 3-40 2016 年 3 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查

採樣時間	樣點	個體數	總重	殼長 (mm)		殼高 (mm)		殼寬 (mm)	
2016.03	C1	16.00	2.17	9.49	(1.39)	6.58	(1.06)	3.53	(0.56)
	C2	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C3	4.00	0.73	10.10	(1.66)	7.17	(1.35)	3.98	(1.01)
	C4	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C5	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C6	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C7	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C8	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--

註：括號內數值為標準差。(資料來源：本研究)

表 3-41 2016 年 4 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查

採樣時間	樣點	個體數	總重	殼長 (mm)		殼高 (mm)		殼寬 (mm)	
2016.04	C1	295.00	314.18	19.52	(4.20)	13.75	(2.69)	7.47	(1.69)
	C2	26.00	25.66	17.55	(4.80)	12.60	(3.57)	7.61	(2.23)
	C3	21.00	23.53	17.97	(4.32)	13.14	(3.72)	7.31	(1.78)
	C4	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C5	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C6	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C7	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C8	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--

註：括號內數值為標準差。(資料來源：本研究)

表 3-42 2016 年 5 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查

採樣時間	樣點	個體數	總重	殼長 (mm)		殼高 (mm)		殼寬 (mm)	
2016.05	C1	287.00	490.29	22.11	(4.11)	16.16	(2.79)	8.59	(1.80)
	C2	13.00	32.63	24.04	(2.94)	17.76	(1.96)	9.57	(1.03)
	C3	18.00	26.21	19.22	(4.32)	14.28	(3.31)	7.78	(1.91)
	C4	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C5	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C6	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C7	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C8	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--

註：括號內數值為標準差。(資料來源：本研究)

表 3-43 2016 年 6 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查

採樣時間	樣點	個體數	總重	殼長 (mm)		殼高 (mm)		殼寬 (mm)	
2016.06	C1	79.00	193.28	24.07	(5.31)	18.74	(3.34)	10.84	(2.87)
	C2	42.00	94.23	23.30	(3.59)	17.49	(2.58)	9.52	(1.51)
	C3	6.00	8.17	20.51	(2.50)	14.98	(1.82)	8.03	(1.17)
	C4	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C5	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C6	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C7	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C8	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--

註：括號內數值為標準差。(資料來源：本研究)

表 3-44 2016 年 7 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查

採樣時間	樣點	個體數	總重	殼長 (mm)		殼高 (mm)		殼寬 (mm)	
2016.07	C1	67.00	223.77	25.68	(2.85)	18.83	(2.03)	10.48	(1.18)
	C2	12.00	53.66	27.30	(2.66)	20.57	(2.36)	11.85	(1.56)
	C3	3.00	7.82	24.15	(1.30)	18.02	(1.19)	10.15	(0.27)
	C4	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C5	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C6	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C7	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C8	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--

註：括號內數值為標準差。(資料來源：本研究)

表 3-45 2016 年 8 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查

採樣時間	樣點	個體數	總重	殼長 (mm)		殼高 (mm)		殼寬 (mm)	
2016.08	C1	26.00	133.88	29.24	(3.11)	21.79	(1.97)	12.86	(1.57)
	C2	33.00	194.43	29.24	(3.02)	22.23	(2.30)	13.28	(1.36)
	C3	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C4	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C5	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C6	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C7	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C8	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--

註：括號內數值為標準差。(資料來源：本研究)

表 3-46 2016 年 9 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查

採樣時間	樣點	個體數	總重	殼長 (mm)		殼高 (mm)		殼寬 (mm)	
2016.09	C1	7.00	43.86	31.98	(3.06)	24.05	(2.50)	14.20	(1.42)
	C2	2.00	3.69	20.78	(0.49)	16.55	(0.11)	9.70	(0.16)
	C3	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C4	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C5	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C6	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C7	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C8	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--

註：括號內數值為標準差。(資料來源：本研究)

表 3-47 2016 年 10 月菲律賓簾蛤族群量與形質調查

採樣時間	樣點	個體數	總重	殼長 (mm)		殼高 (mm)		殼寬 (mm)	
2016.10	C1	12.00	83.98	33.20	(3.66)	25.09	(2.81)	14.92	(1.98)
	C2	2.00	10.28	29.31	(3.54)	23.03	(2.21)	14.48	(2.45)
	C3	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C4	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C5	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C6	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C7	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
	C8	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--

註：括號內數值為標準差。(資料來源：本研究)

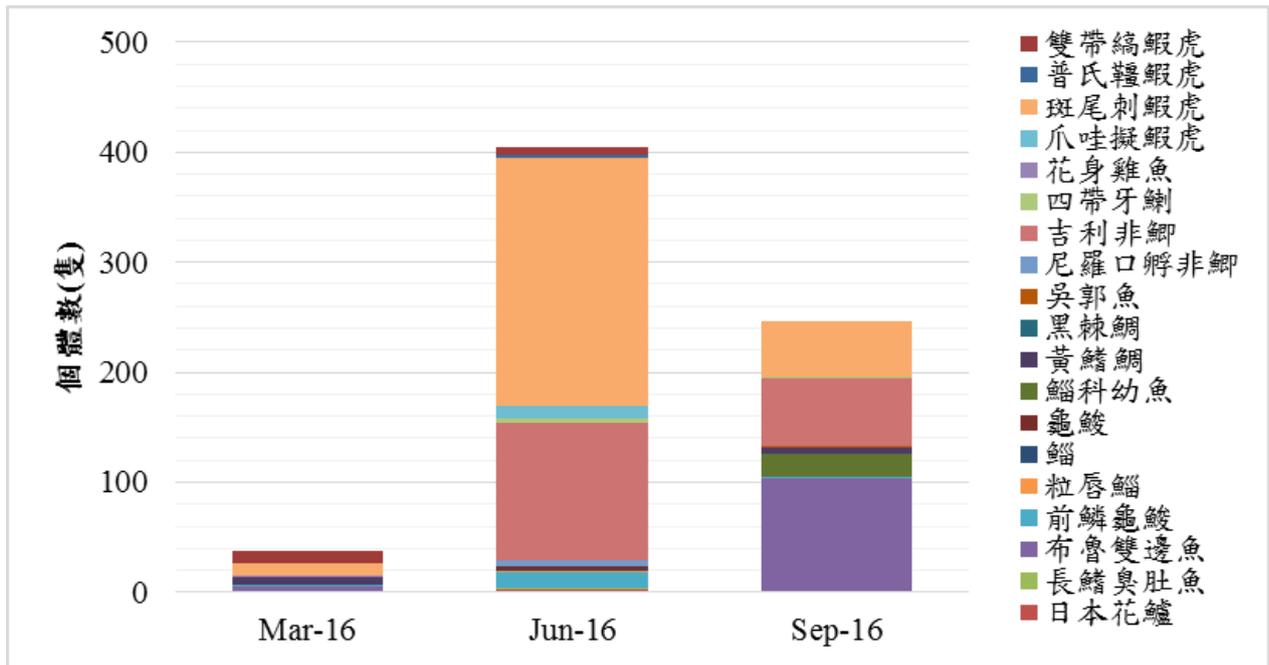


圖 3-32 2016 年 3 月至 9 月慈湖魚類組成
(資料來源：本研究)

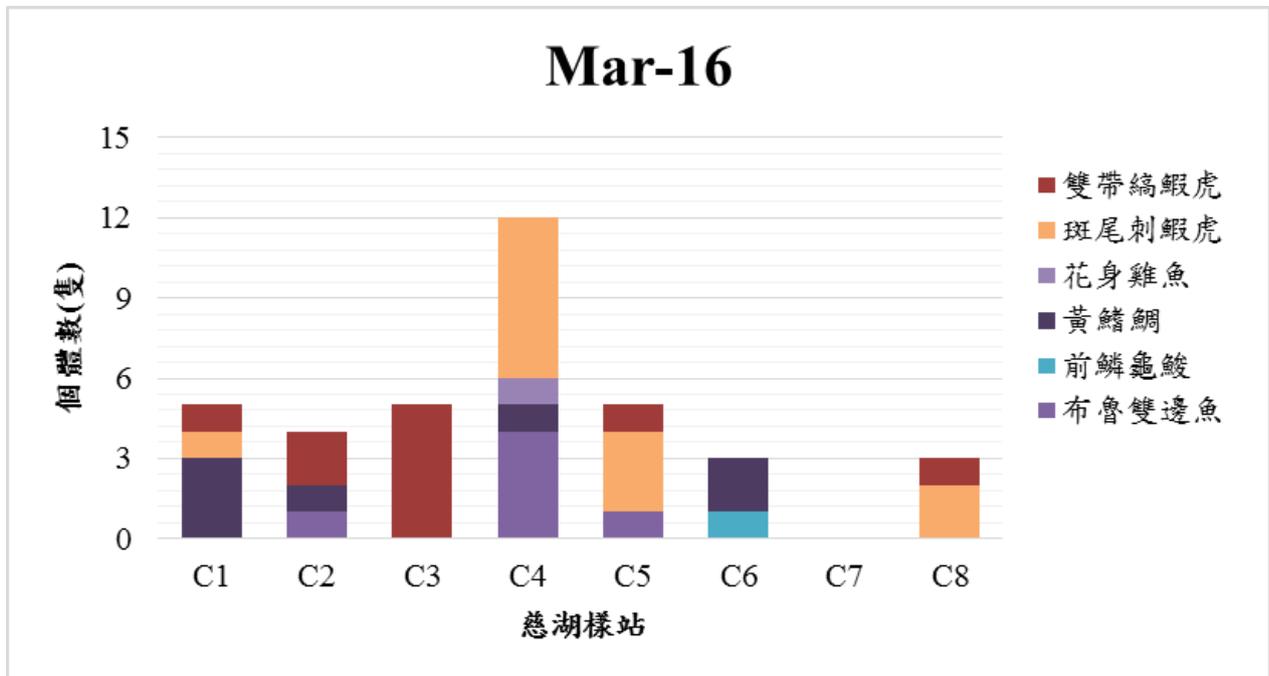


圖 3-33 2016 年 3 月慈湖各測站魚類組成
(資料來源：本研究)

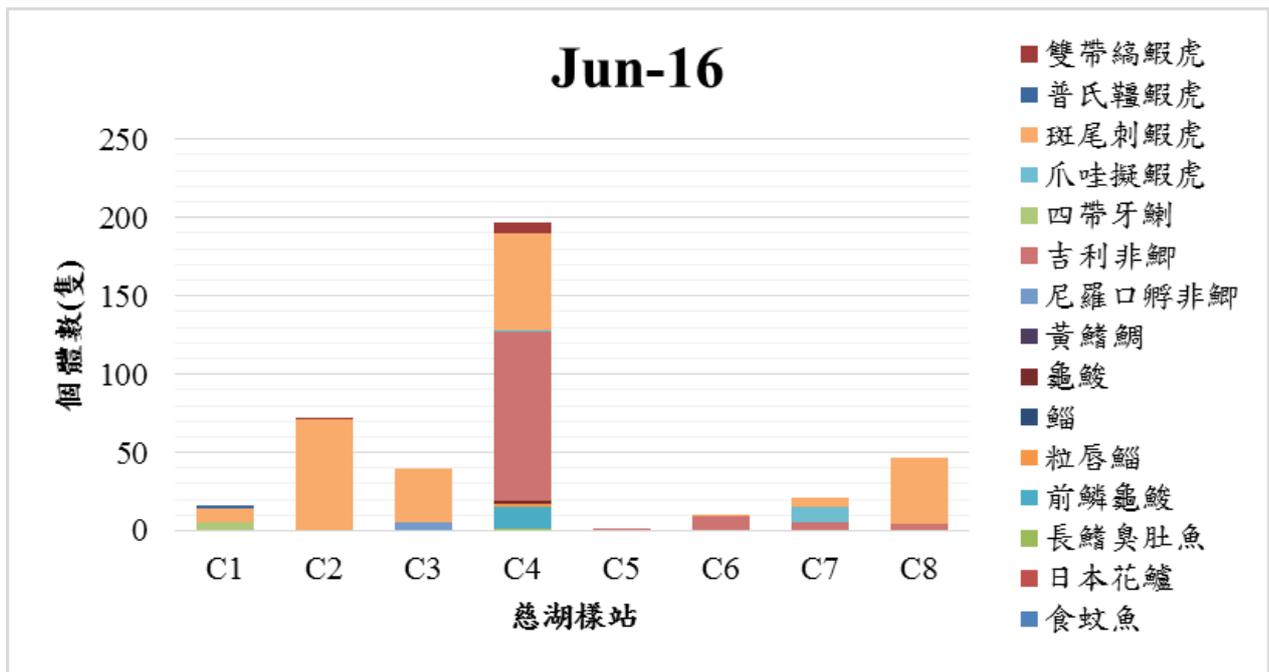


圖 3-34 2016 年 6 月慈湖各測站魚類組成
(資料來源：本研究)

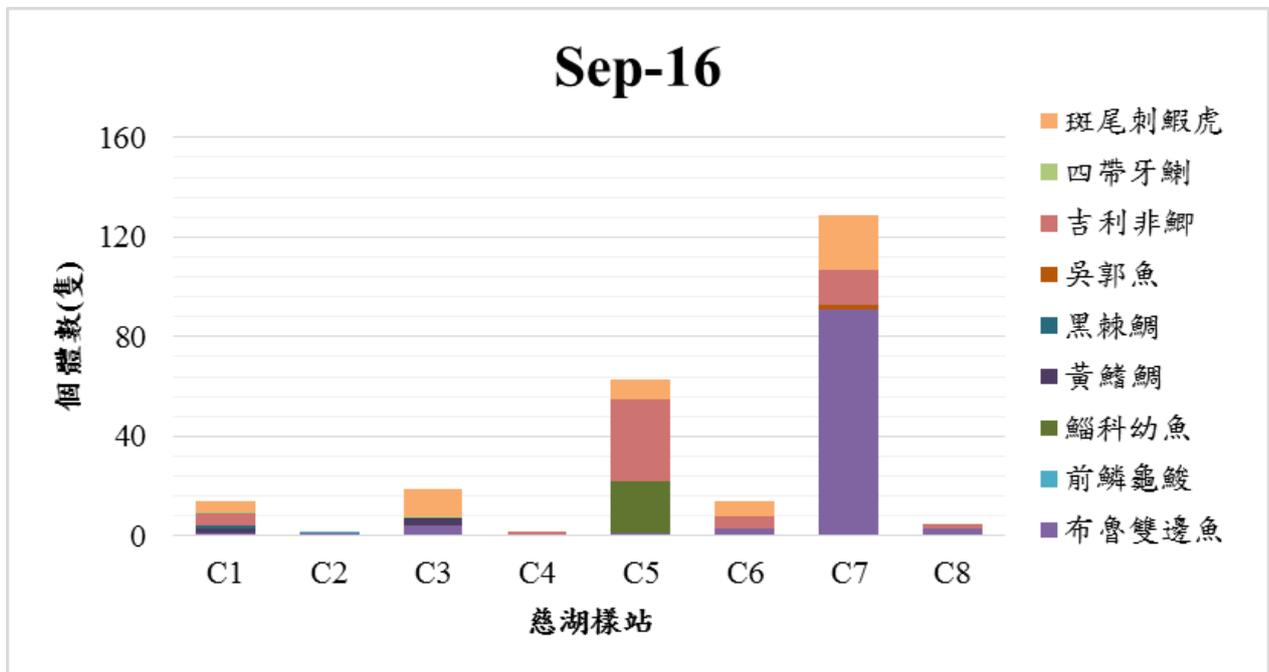


圖 3-35 2016 年 9 月慈湖各測站魚類組成
(資料來源：本研究)

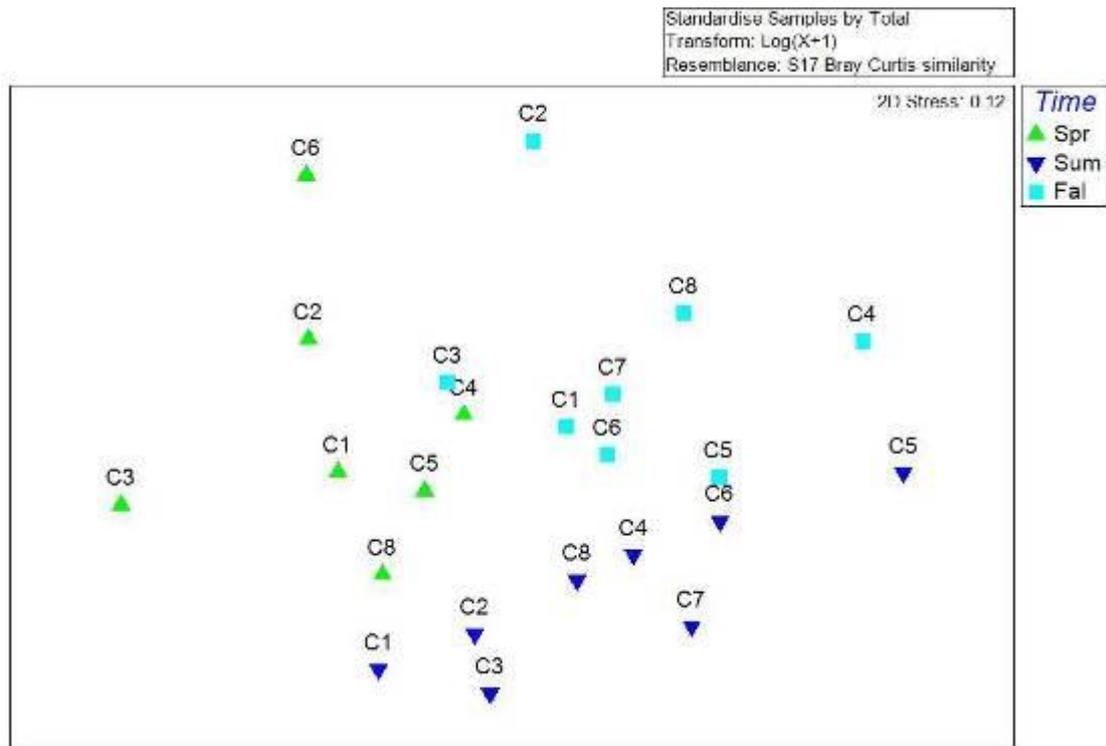


圖 3-36 2016 年 3 月至 9 月慈湖魚類組成 MDS 分析
(資料來源：本研究)

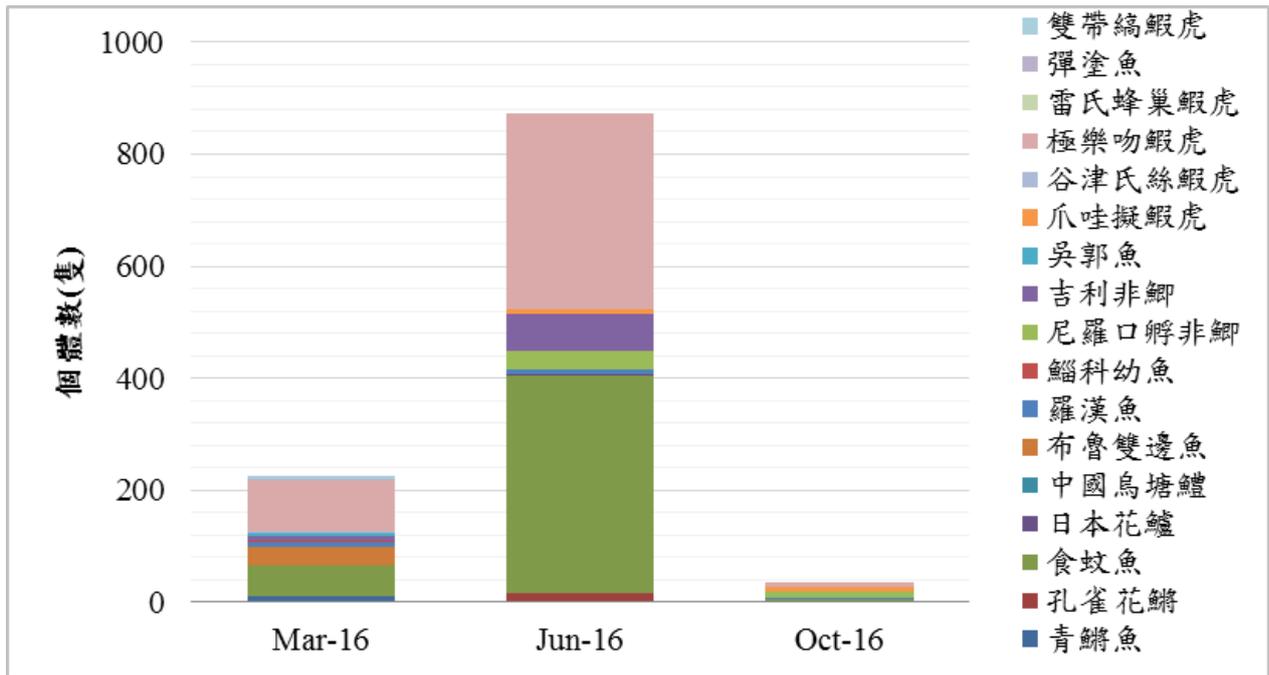


圖 3-37 2016 年 3 月至 10 月陵水湖魚類組成
(資料來源：本研究)

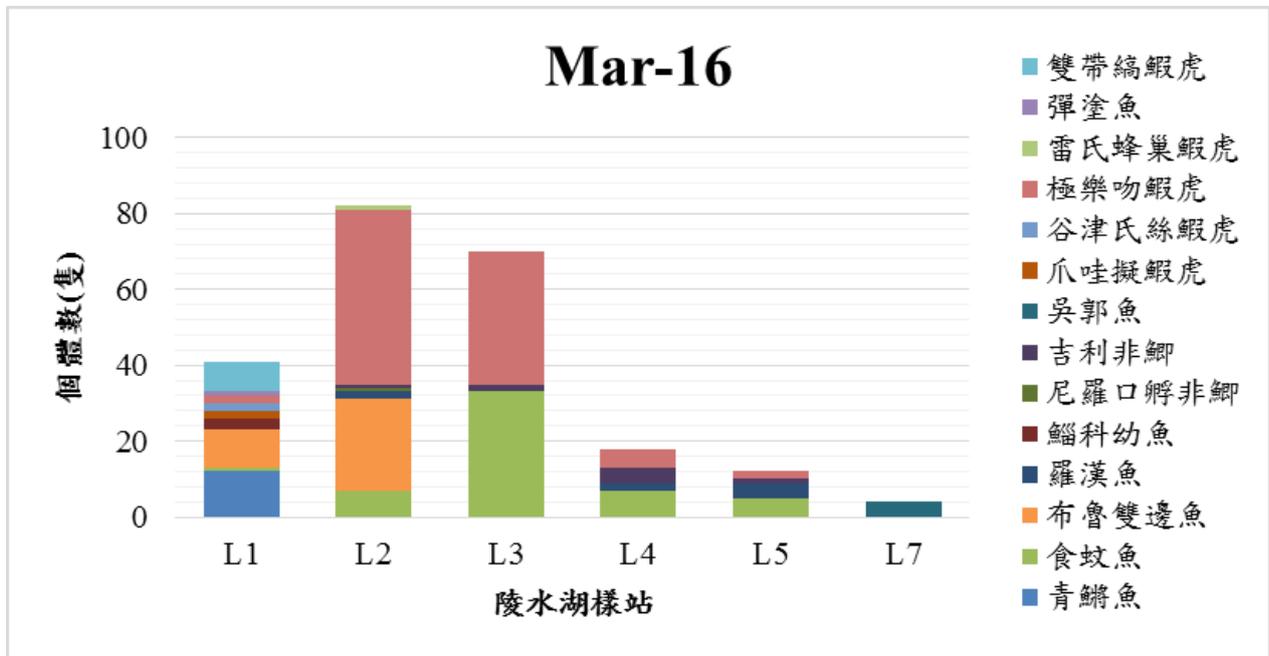


圖 3-38 2016 年 3 月陵水湖各測站魚類組成
(資料來源：本研究)

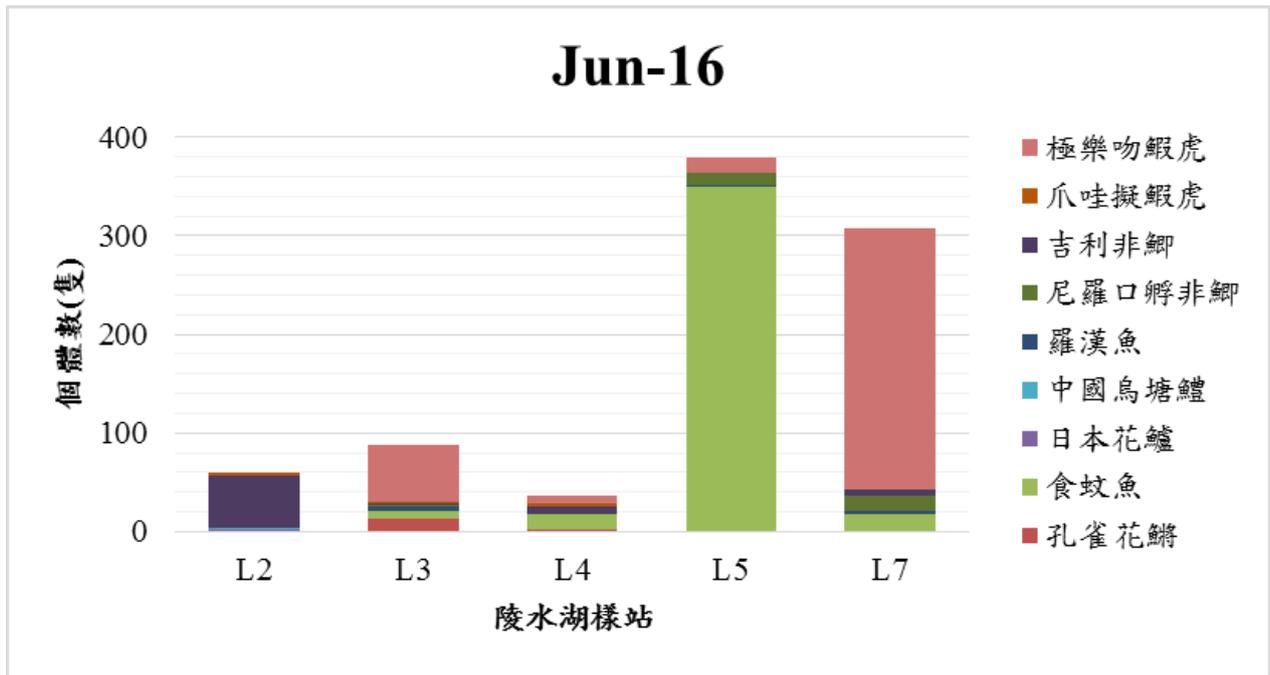


圖 3-39 2016 年 6 月陵水湖各測站魚類組成
(資料來源：本研究)

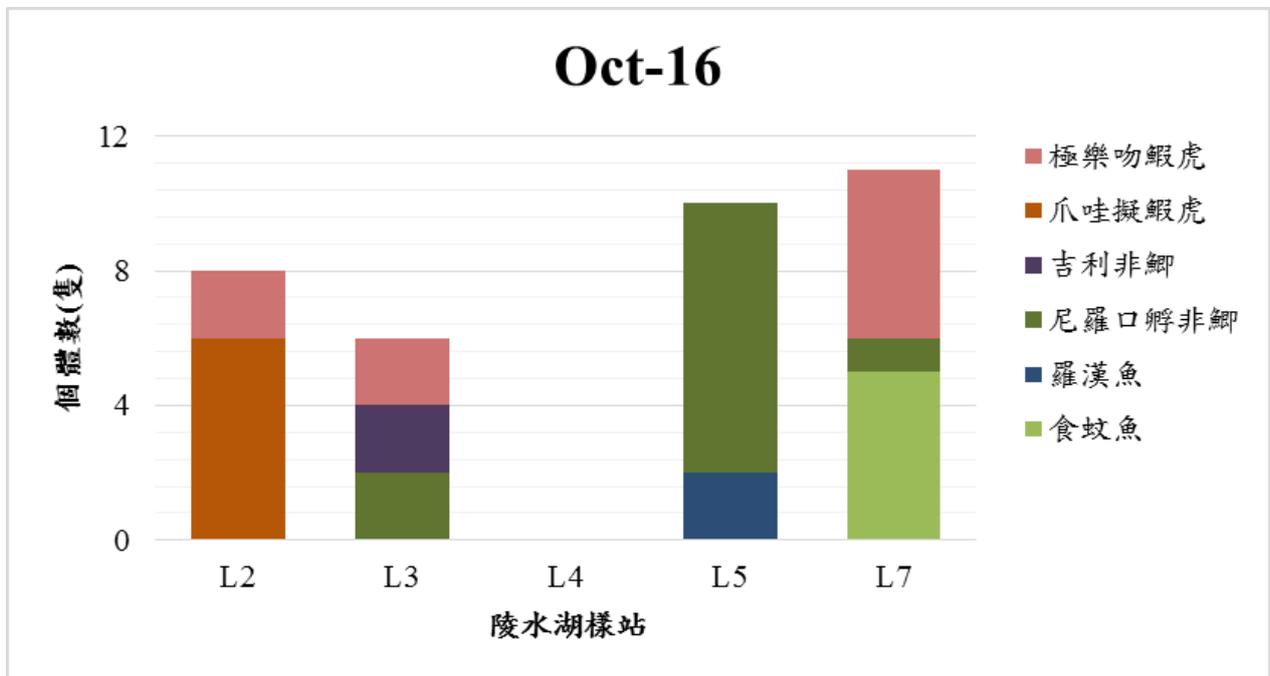


圖 3-40 2016 年 10 月陵水湖各測站魚類組成
(資料來源：本研究)

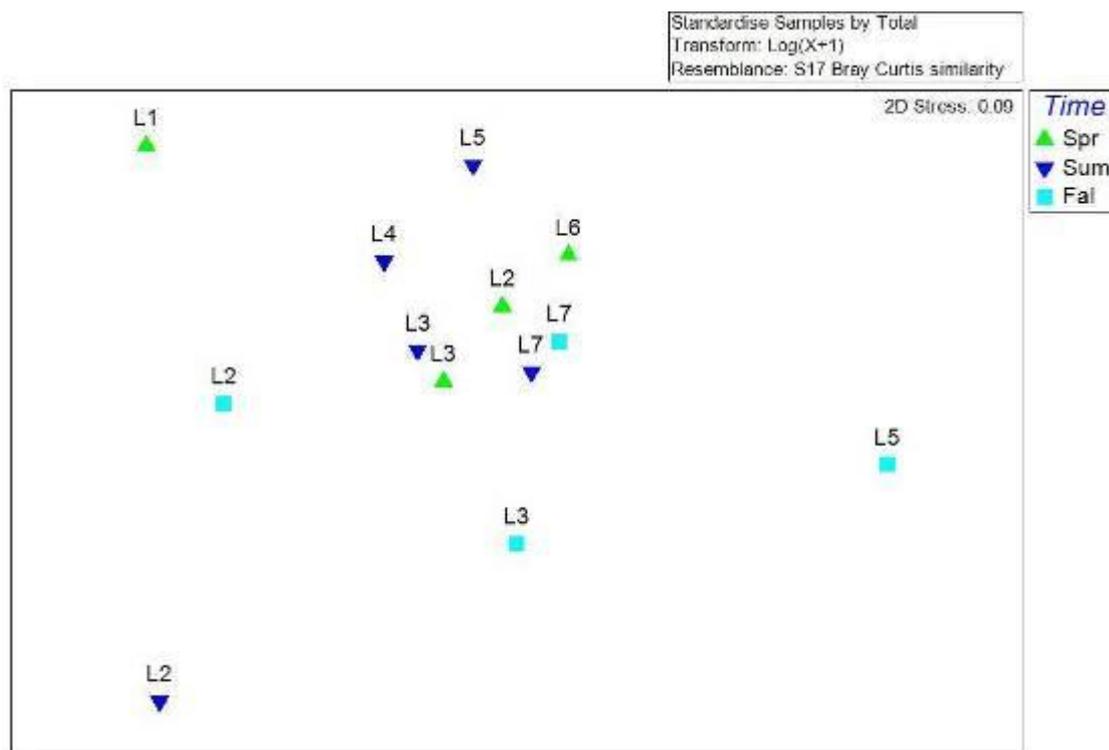


圖 3-41 2016 年 3 月至 10 月陵水湖魚類組成 MDS 分析
(資料來源：本研究)

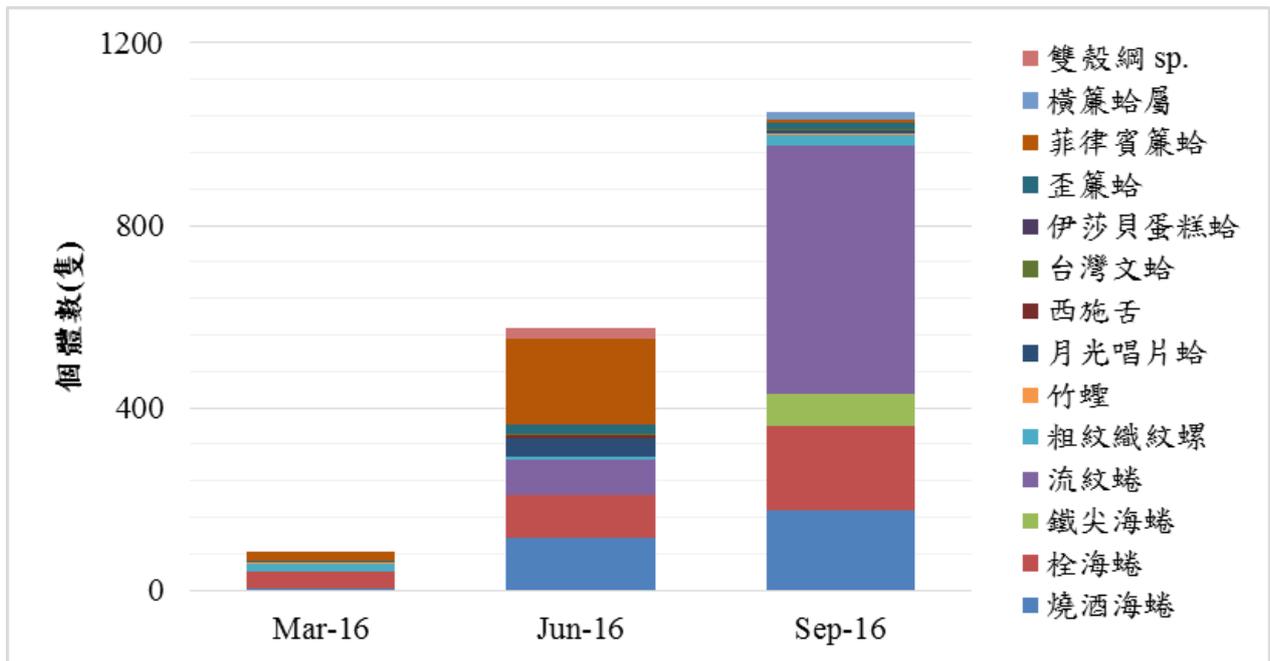


圖 3-42 2016 年 3 月至 9 月慈湖螺貝類組成
(資料來源：本研究)

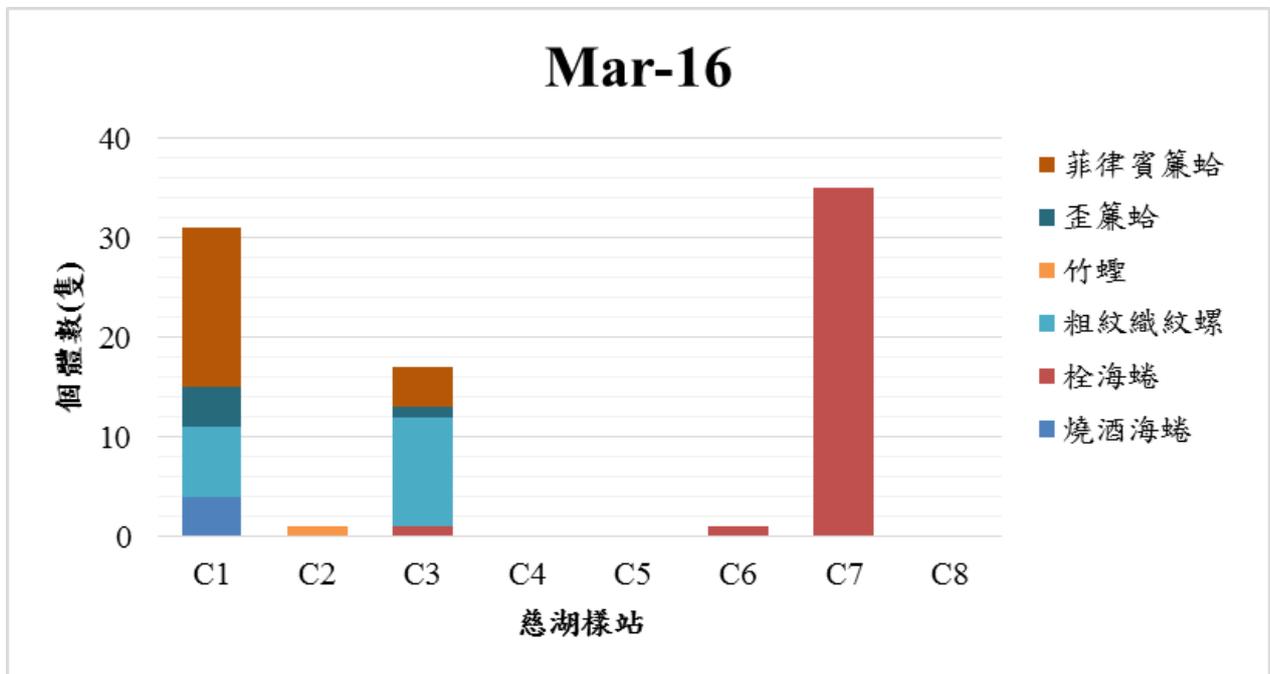


圖 3-43 2016 年 3 月慈湖各測站螺貝類組成
(資料來源：本研究)

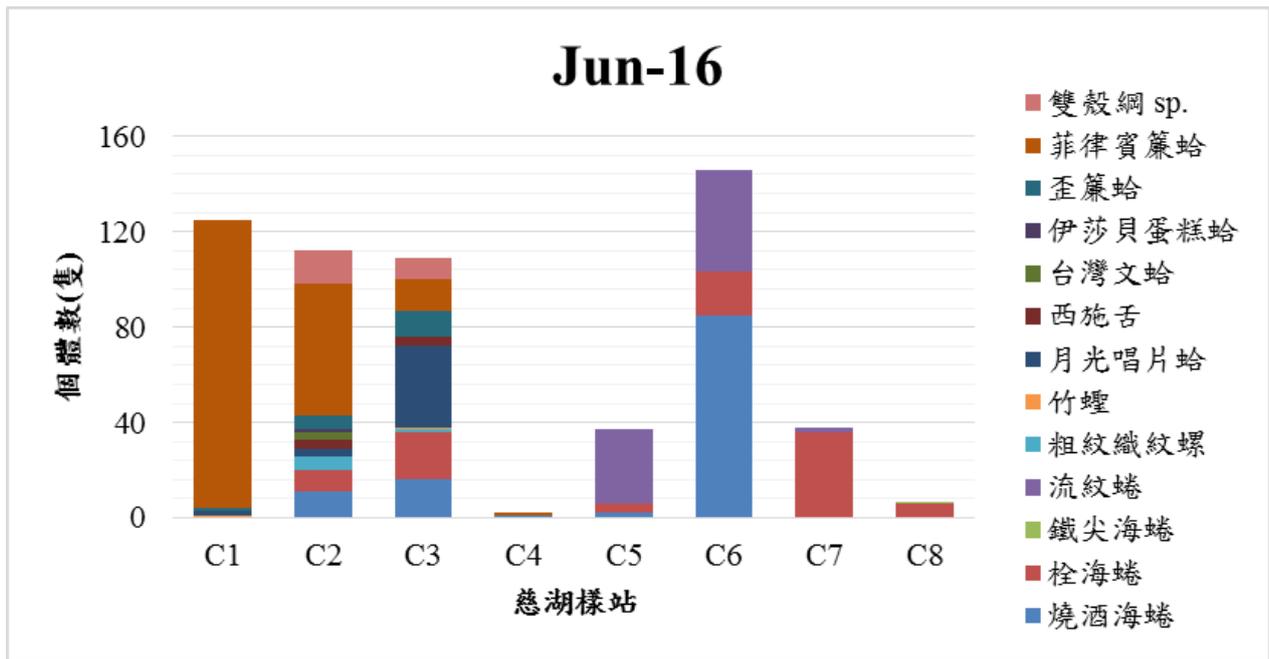


圖 3-44 2016 年 6 月慈湖各測站螺貝類組成
(資料來源：本研究)

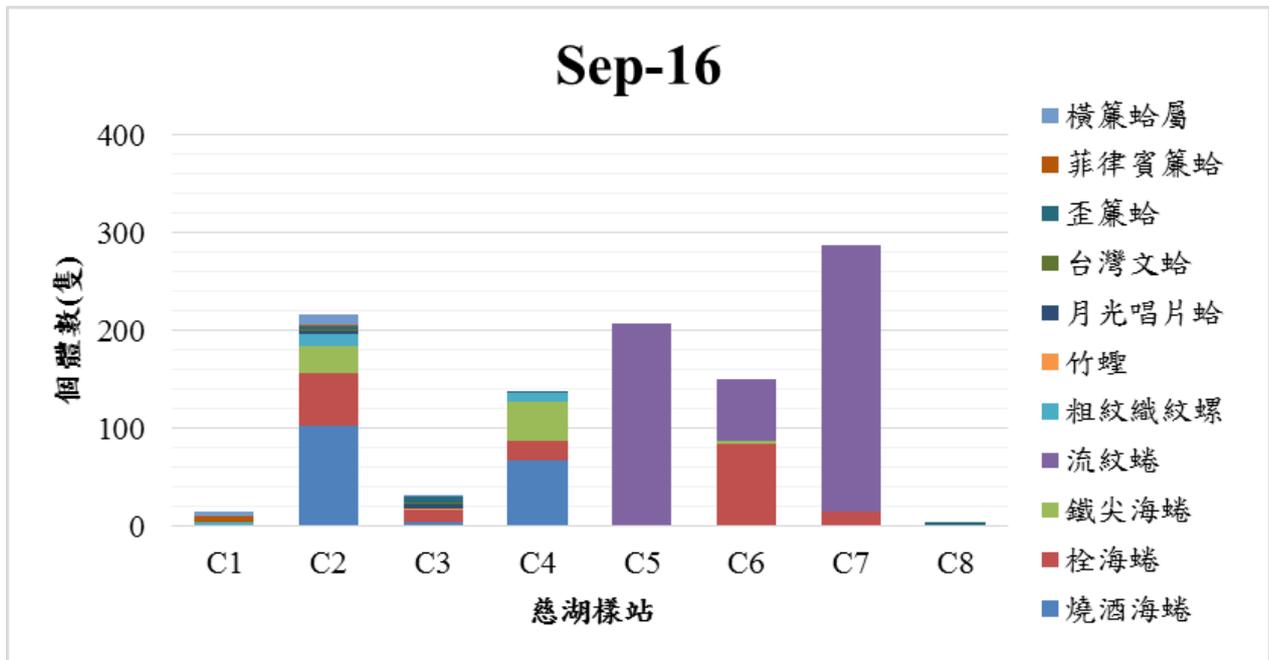


圖 3-45 2016 年 9 月慈湖各測站螺貝類組成
(資料來源：本研究)

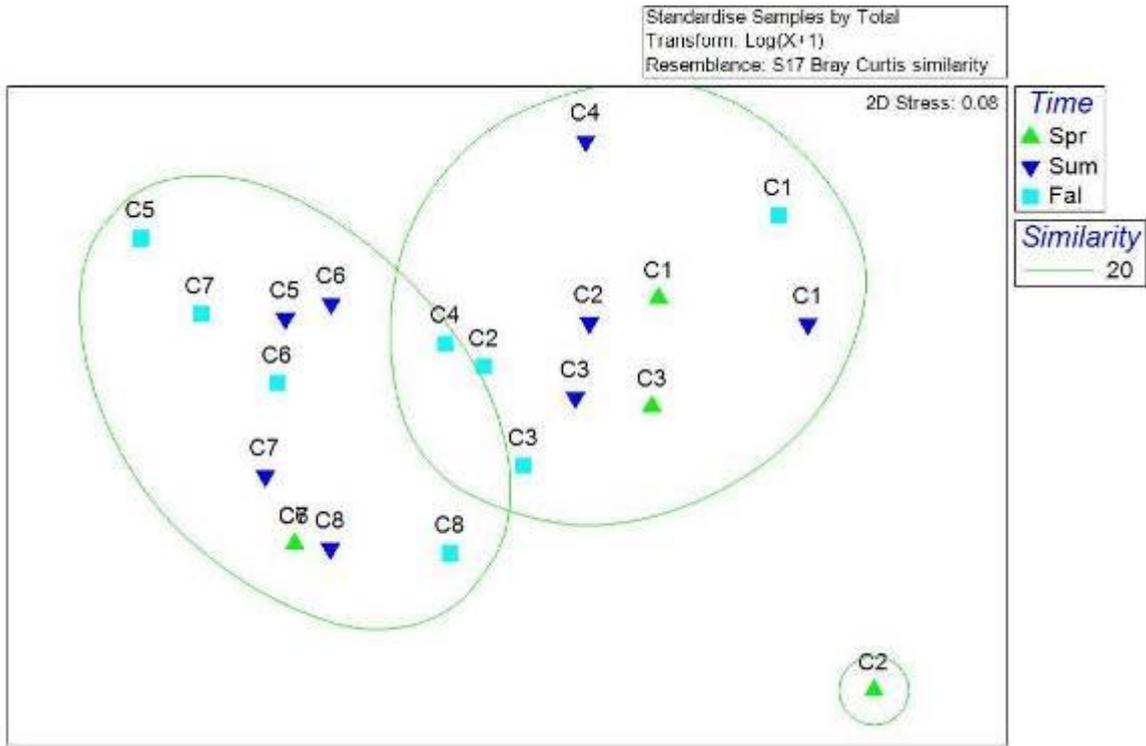


圖 3-46 2016 年 3 月至 9 月慈湖螺貝類組成 MDS 分析
(資料來源：本研究)

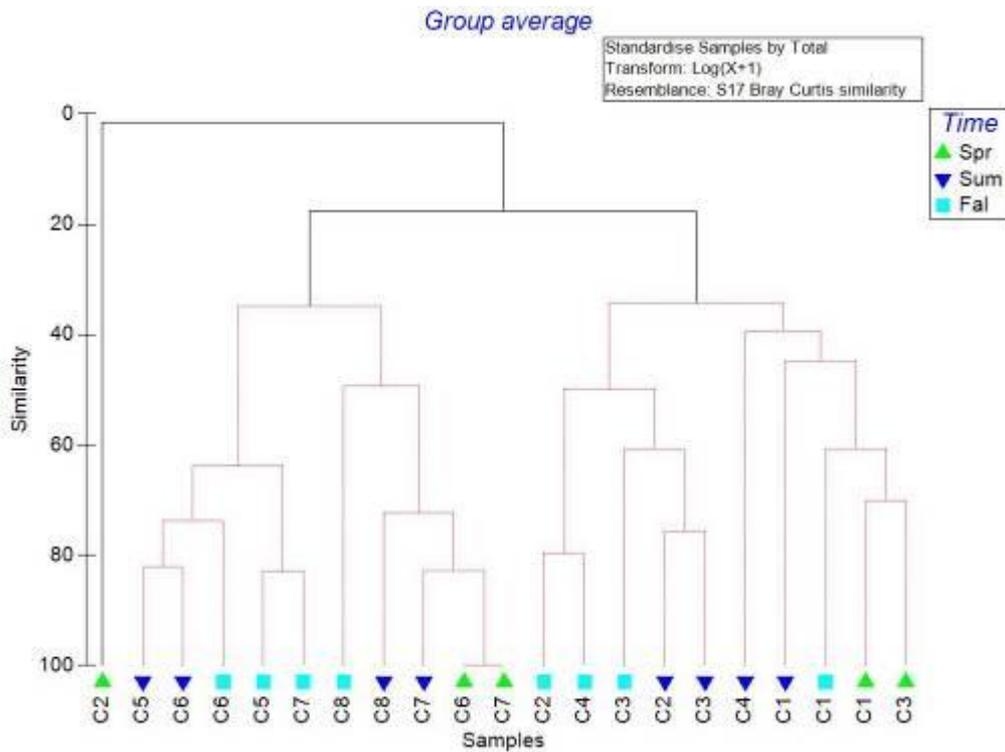


圖 3-47 2016 年 3 月至 9 月慈湖螺貝類組成 CLUSTER 分析
(資料來源：本研究)

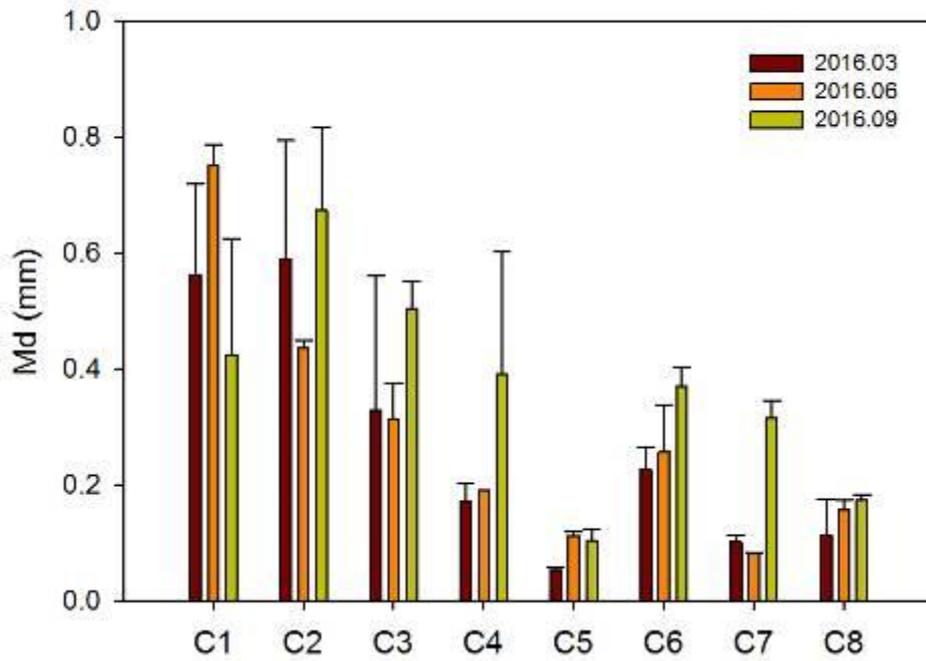


圖 3-48 2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站(C1-C8)底質粒徑中值
(資料來源：本研究)

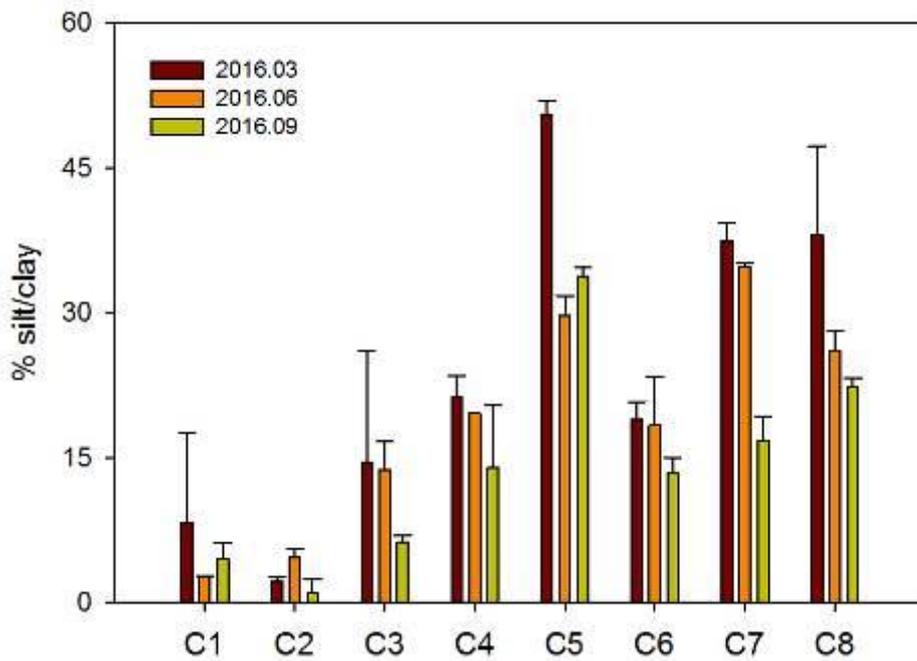


圖 3-49 2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站(C1-C8)粉泥黏土含量
(資料來源：本研究)

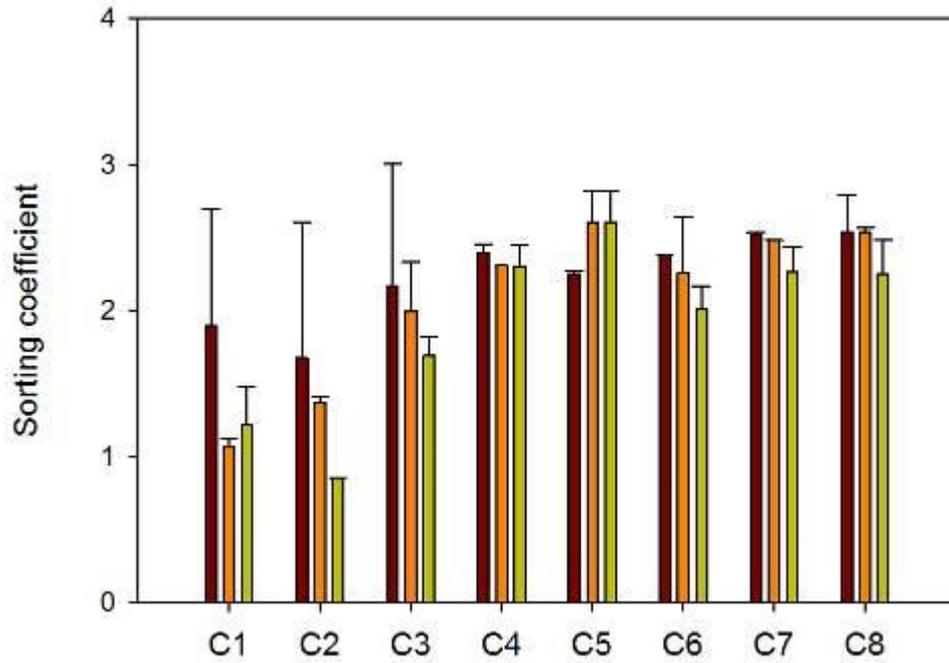


圖 3-50 2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站(C1-C8)底質篩選係數
(資料來源：本研究)

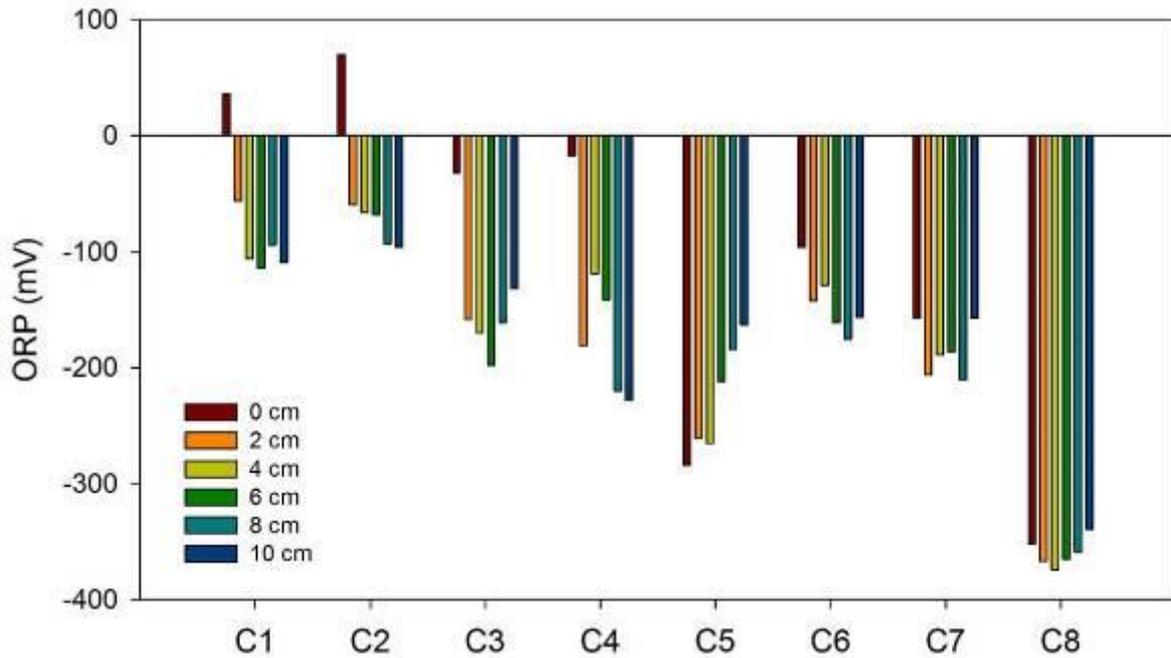


圖 3-51 2016 年 3 月至 9 月慈湖各測站(C1-C8)底質氧化還原電位
(資料來源：本研究)

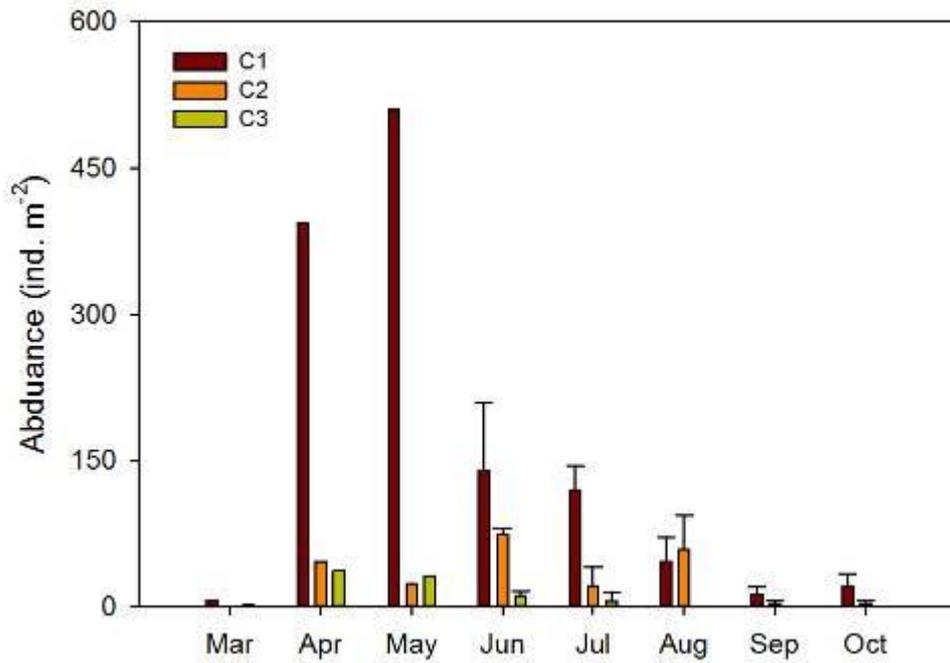


圖 3-52 2016 年 3 月至 10 月慈湖(C1-C3)菲律賓簾蛤豐度
(資料來源：本研究)

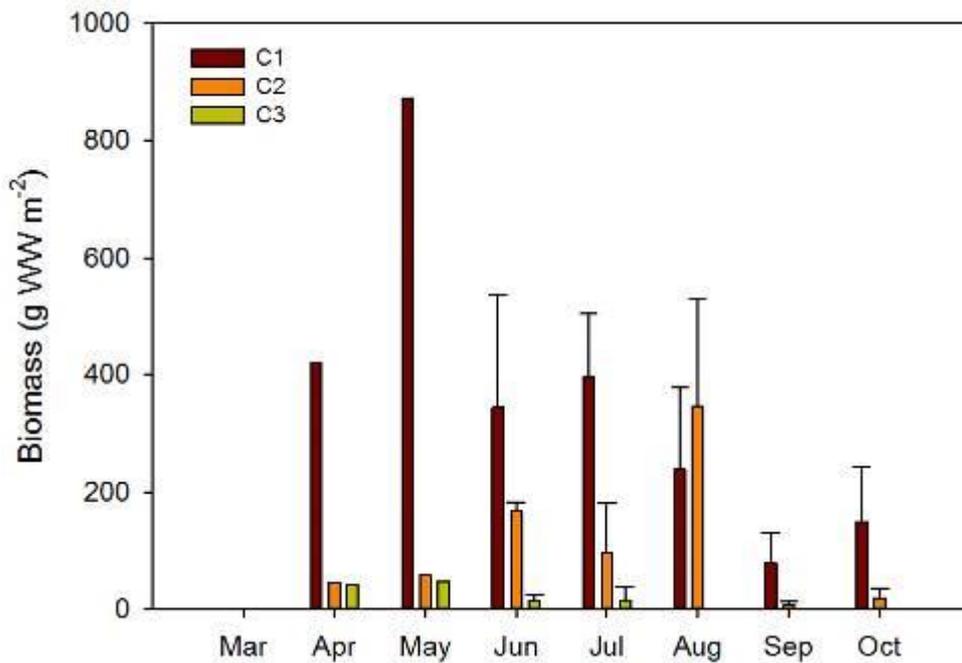


圖 3-53 2016 年 3 月至 10 月慈湖(C1-C3)菲律賓簾蛤生物量
(資料來源：本研究)

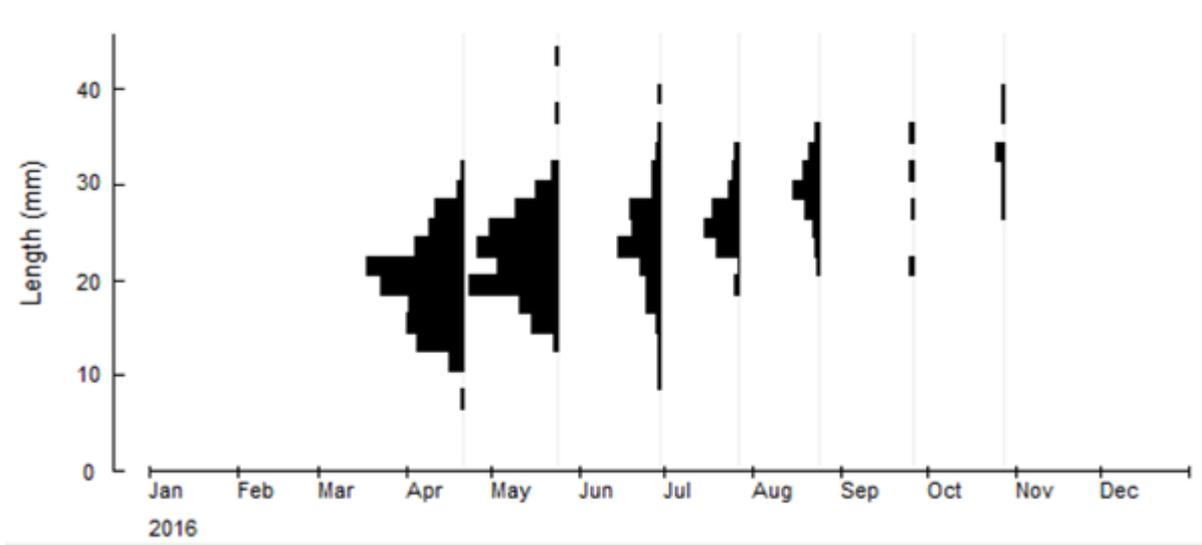


圖 3-54 2016 年 3 月至 10 月慈湖菲律賓簾蛤殼長頻度分布
(資料來源：本研究)

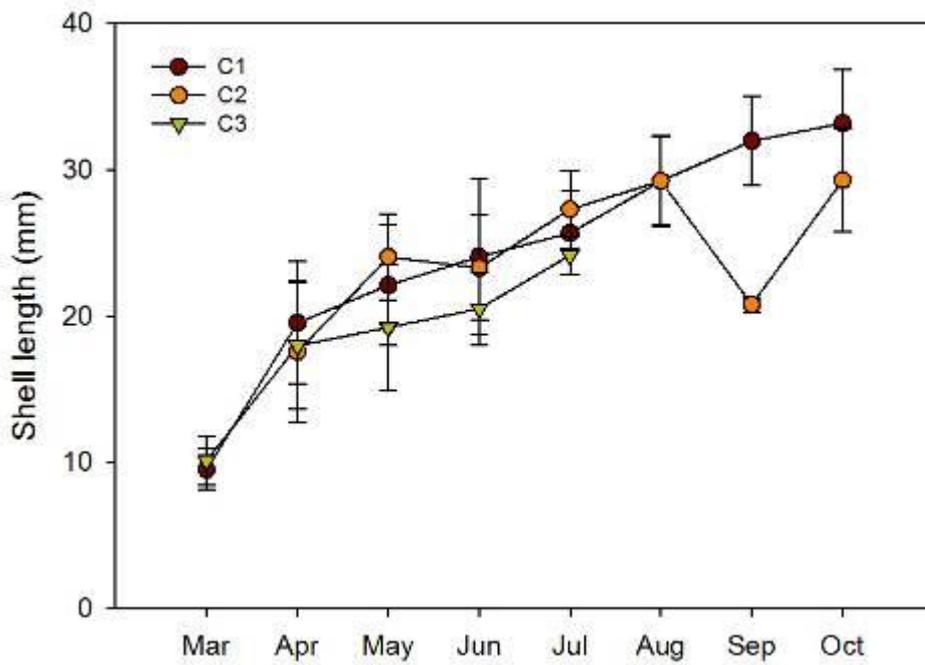


圖 3-55 2016 年 3 月至 10 月慈湖(C1-C3)菲律賓簾蛤殼長
(資料來源：本研究)

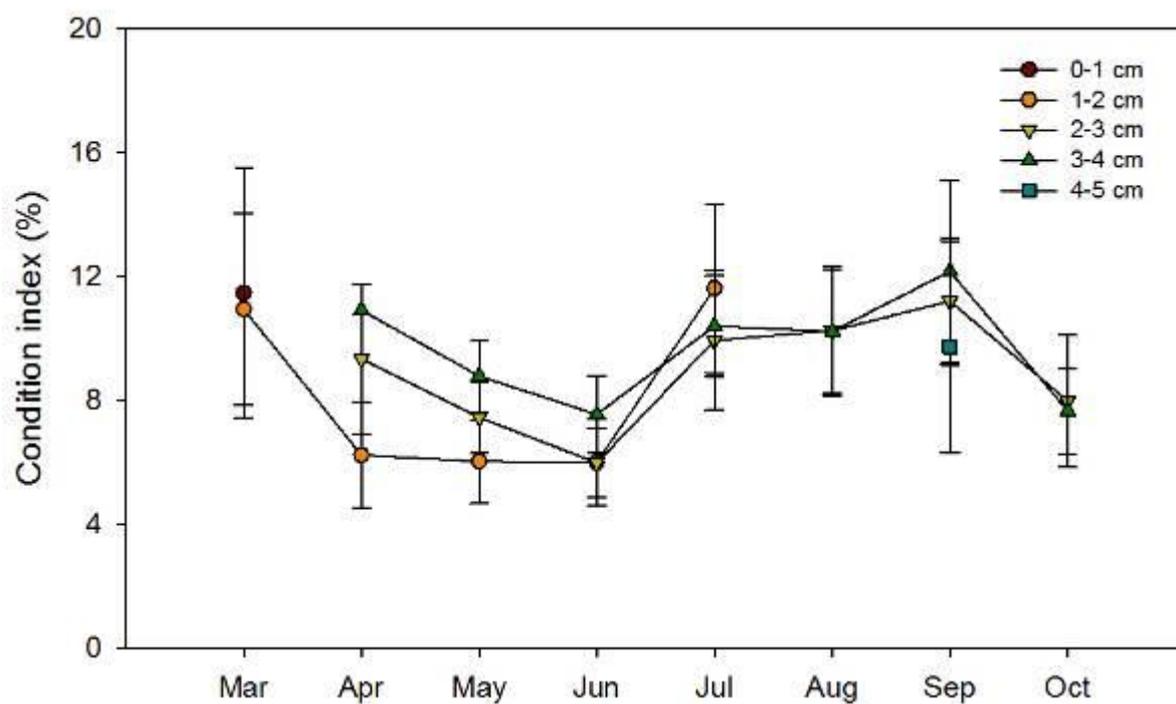


圖 3-56 2016 年 3 月至 10 月慈湖(C1-C3)菲律賓簾蛤肥滿度指數
(資料來源：本研究)

第五節、鳥類棲地利用分析

壹、慈湖

本計畫3季調查於慈湖共發現鳥類35科73種3,024隻次(表3-52)，調查物種數達「金門國家公園環境長期監測」(莊西進，2006-2012)之6成。2016年3月記錄之個體數與物種數最多，優勢鳥種為鸕鶿(*Phalacrocorax carbo*)，占總記錄個體之70%；6月之優勢鳥種為栗喉蜂虎(*Merops philippinus*, 17%)及八哥(*Acridotheres cristatellus*, 11%)；9月之優勢鳥種為東方環頸鴿(*Charadrius alexandrinus*, 26%)及小白鷺(*Egretta garzetta*, 16%)。保育物種發現黑面琵鷺(*Platalea minor*)、鷲(*Buteo buteo*)、小燕鷗(*Sternula albifrons*)、大陸畫眉(*Garrulax canorus*)、八哥、大杓鷗(*Numenius arquata*)與紅尾伯勞(*Lanius cristatus*)。鳥類棲地分析結果顯示，2016年3月於慈湖中央活動之多為鸕鶿科、雁鴨科及秧雞科等鳥類(圖3-58)，長腳鷗科分布於慈湖東側水深較淺處，鸕鶿棲息於北側之木麻黃林，鷲科鳥類則多停留於湖邊淺灘。整體而言，多分布於東側與南側之解說站一帶，行為以覓食為主，在記錄之種類中約有40%至57%之鳥種出現覓食行為；其次則為休息，除了在清泉亭未發現休息個體外，在慈堤與解說站分別有40%與32%之鳥種可發現休息行為(圖3-59)。自2016年6月起，本計畫針對慈湖中央之鳥類記錄其棲位與行為，並以ArcGIS繪製於相應位置。結果顯示，6月於慈湖中央共記錄之鳥類37隻次(圖3-60)，以鷲科為主(65%)，多棲息於慈湖周邊淺灘，行為以覓食為主(68%，圖3-61)，休息次之(24%)。9月於慈湖中央共記錄鳥類19隻次(圖3-62)，以鷲科為主(42%)，主要棲息於慈湖東側水深較淺之水域及淺灘，行為以覓食為主(37%，圖3-63)，休息(26%)及飛越(26%)次之。綜合而言，慈湖鳥類之棲位受水深影響，故多分布於湖邊或東側淺水深處。

貳、陵水湖

本計畫於陵水湖共發現鳥類32科59種1,031隻次(表3-53)，調查物種數達「金門國家公園環境長期監測」(莊西進，2011-2012)之6成。鳥類個體數與物種數分別以2016年3月及9月最多。2016年3月之優勢鳥種為鸕鶿(51%)；6月之優勢鳥種為小白鷺(20%)

及八哥(15%);9月之優勢鳥種為八哥(15%)、栗喉蜂虎(11%)及蒼鷺(*Ardea cinerea*, 10%)。保育物種發現魚鷹(*Pandion haliaetus*)、黑鳶(*Milvus migrans*)、紅尾伯勞、大陸畫眉及八哥。鳥類棲地分析之結果顯示,2016年3月多以秧雞科及雁鴨科分布於湖中(圖3-65),行為以覓食與鳴唱為主,發現頻率分別占總鳥種數之25-57%與25-44%(圖3-66),主要分布於中、外池一帶。自2016年6月起,本計畫針對陵水湖中央之鳥類記錄其棲位與行為,並以ArcGIS繪製於相應位置。結果顯示,6月於陵水湖中央發現鳥類31隻次(圖3-67),以鷺科為主(61.3%),行為以休息為主(65%,圖3-68),覓食次之(26%)。9月於陵水湖中央發現鳥類41隻次(圖3-69),以鷺科為主(73%),由於9月陵水湖之水位上升,使水生植物淹沒於水面,故可見鳥類休息行為之比例下降至43%(圖3-70),覓食行為之比例提升至39%。

參、蘭湖水庫

本計畫於蘭湖水庫共發現鳥類28科41種710隻次(表3-54),以2016年3月調查之鳥類數量及種數最多。2016年3月之優勢鳥種為紅鳩(*Streptopelia tranquebarica*),占總記錄個體之58%;6月之優勢鳥種為家燕(*Hirundo rustica*, 27%)及麻雀(*Passer montanus*, 23%);9月之優勢鳥種為麻雀(38%)與金翅雀(26%)。保育物種發現魚鷹、松雀鷹、紅尾伯勞、大陸畫眉與八哥。

肆、瓊林水庫

本計畫於瓊林水庫共發現鳥類31科52種551隻次(表3-55),調查之鳥類數量以2016年6月最高,物種數以3月最高。2016年3月之優勢鳥種為八哥(15%)、珠頸斑鳩(*Streptopelia chinensis*, 10%)、紅鳩(8%)、白頭翁(8%)與鴉科之黑臉鵒(*Emberiza spodocephala*, 8%);6月之優勢鳥種為灰背椋鳥(*Sturnia sinensis*, 30%)及八哥(18%);9月之優勢鳥種為八哥(24%)、家燕(8%)、麻雀(8%)與珠頸斑鳩(7%)。保育物種發現黑翅鳶、鳶、燕鵒(*Glareola maldivarum*)、小燕鷗(*Sternula albifrons*)、紅尾伯勞、大陸畫眉與八哥。

伍、擎天水庫

本計畫於擎天水庫共發現鳥類19科30種161隻次(表3-56),調查之鳥類數量以2016

年9月最多，物種數則以6月較高。2016年3月之優勢鳥種為珠頸斑鳩(19%)、黃尾鸚(*Phoenicurus auroreus*, 17%)、鷓鴣(14%)及白頭翁(14%);6月之優勢鳥種為珠頸斑鳩(25%)及白頭翁(13%);9月之優勢鳥種為八哥(25%)及珠頸斑鳩(23%)。保育物種包含魚鷹、松雀鷹、鴛、大陸畫眉與八哥。

表 3-48 2016 年 3 月金門湖庫鳥類調查位置與時間

調查日期	調查時間	樣區	區域
2016/3/3	10:38	陵水湖	--
2016/3/3	15:30	慈湖	--
2016/3/4	09:00 - 10:30	瓊林水庫	--
2016/3/4	12:15 - 13:45	蘭湖水庫	--
2016/3/4	14:50 - 16:05	擎天水庫	--

(資料來源：本研究)

表 3-49 2016 年 6 月金門湖庫鳥類調查位置與時間

調查日期	調查時間	樣區	區域
2016/6/26	17:40-18:40	蘭湖水庫	--
2016/6/26	15:55-17:20	瓊林水庫	--
2016/6/26	19:00	擎天水庫	
2016/6/26	19:15	蘭湖水庫	
2016/6/26	19:30	瓊林水庫	
2016/6/27	08:25-09:25	擎天水庫	--
2016/6/27	14:08	慈湖	C1、C2
2016/6/27	15:05	慈湖	C3
2016/6/27	15:25	慈湖	C4、C5
2016/6/27	15:55	慈湖	C7、C8
2016/6/27	19:45	慈湖	C3
2016/6/27	19:55	慈湖	C5
2016/6/27	20:05	慈湖	C7、C8
2016/6/28	06:55	慈湖	C1、C2
2016/6/28	07:30	慈湖	C3、C4
2016/6/28	08:05	慈湖	C5、C6、C7、C8
2016/6/28	14:55	陵水湖	L7
2016/6/28	15:45	陵水湖	L6
2016/6/28	16:45	陵水湖	L3、L5
2016/6/28	20:30	陵水湖	

(資料來源：本研究)

表 3-50 2016 年 9 月金門湖庫鳥類調查位置與時間

調查日期	調查時間	樣區	區域
2016/9/22	18:30	蘭湖水庫	--
2016/9/22	18:45	瓊林水庫	--
2016/9/22	19:00	擎天水庫	--
2016/9/23	06:18-07:33	蘭湖水庫	--
2016/9/23	07:40-09:20	瓊林水庫	--
2016/9/23	18:30	慈湖	--
2016/9/24	06:55-07:55	擎天水庫	--
2016/9/25	06:15-06:55	慈湖	C7、C8
2016/9/25	07:00-07:25	慈湖	C5、C6
2016/9/25	07:30-07:50	慈湖	C4
2016/9/25	08:00-08:30	慈湖	C3
2016/9/25	08:40-09:20	慈湖	C2
2016/9/25	09:25-09:45	慈湖	C1
2016/9/25	19:00	陵水湖	--
2016/9/26	07:30-08:15	陵水湖	L7
2016/9/26	08:17-09:37	陵水湖	L3、L5、L6

(資料來源：本研究)

表 3-51 2016 年 1 月至 9 月陸域環境因子

觀測時間	氣溫 (°C)	相對濕度 (%)	蒸發量 (mm)
2016.01	13.3	76	45.0
2016.02	12.4	70	58.1
2016.03	14.2	75	60.5
2016.04	19.7	82	58.7
2016.05	24.1	84	102.1
2016.06	27.9	85	109.3
2016.07	28.9	82	148.6
2016.08	28.6	84	117.6
2016.09	27.6	77	119.5

(資料來源：中央氣象局)

表 3-52 2016 年 3 月至 9 月慈湖鳥類調查物種及數量

科名	中文名	學名	保育等級	Mar-16	Jun-16	Sep-16
雁鴨科	赤頸鴨	<i>Anas penelope</i>	無	2		
雁鴨科	花嘴鴨	<i>Anas zonorhyncha</i>	無	29	17	35
雁鴨科	琵嘴鴨	<i>Anas clypeata</i>	無	101		
雁鴨科	小水鴨	<i>Anas crecca</i>	無	25		
雉科	環頸雉	<i>Phasianus colchicus</i>	II	3		1
雉科	藍孔雀	<i>Pavo cristatus</i>	無		1	
鴨鵝科	小鴨鵝	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	無		2	
鴨鵝科	小鴨鵝	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	無	39	9	32
鴨鵝科	冠鴨鵝	<i>Podiceps cristatus</i>	無	3		
鸕鷀科	鸕鷀	<i>Phalacrocorax carbo</i>	無	1399		1
鷺科	黃小鷺	<i>Ixobrychus sinensis</i>	無		4	3
鷺科	蒼鷺	<i>Ardea cinerea</i>	無	39	2	6
鷺科	紫鷺	<i>Ardea purpurea</i>	無			1
鷺科	大白鷺	<i>Ardea alba</i>	無	3	12	23
鷺科	中白鷺	<i>Mesophoyx intermedia</i>	無		1	8
鷺科	小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>	無	12	37	91
鷺科	黃頭鷺	<i>Bubulcus ibis</i>	無		2	
鷺科	池鷺	<i>Ardeola bacchus</i>	無	1	3	
鷺科	綠蓑鷺	<i>Butorides striata</i>	無		1	
鷺科	夜鷺	<i>Nycticorax nycticorax</i>	無		7	20
鸕科	黑面琵鷺	<i>Platalea minor</i>	I			4
鷹科	鷲	<i>Buteo buteo</i>	II	1		
秧雞科	白腹秧雞	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	無	3	8	5
秧雞科	紅冠水雞	<i>Gallinula chloropus</i>	無	7	15	3
秧雞科	白冠雞	<i>Fulica atra</i>	無	12		1
鴣科	鐵嘴鴣	<i>Charadrius leschenaultii</i>	無			1
鴣科	東方環頸鴣	<i>Charadrius alexandrinus</i>	無	14		154
長腳鴣科	高蹺鴣	<i>Himantopus himantopus</i>	無	4	14	
鴣科	磯鴣	<i>Actitis hypoleucos</i>	無	1		
鴣科	青足鴣	<i>Tringa nebularia</i>	無	21	2	2
鴣科	赤足鴣	<i>Tringa totanus</i>	無			1
鴣科	大杓鴣	<i>Numenius arquata</i>	III	16		2
鴣科	三趾濱鴣	<i>Calidris alba</i>	無			20
鷗科	小燕鷗	<i>Sternula albifrons</i>	II		29	
鷗科	黑腹燕鷗	<i>Chlidonias hybrida</i>	無			2
鳩鴿科	野鴿	<i>Columba livia</i>	無	8		
鳩鴿科	紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>	無	6	26	22
鳩鴿科	珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>	無	32	22	26
杜鵑科	四聲杜鵑	<i>Cuculus micropterus</i>	無		1	

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源之研究(1/3)

科名	中文名	學名	保育等級	Mar-16	Jun-16	Sep-16
杜鵑科	噪鵑	<i>Eudynamys scolopaceus</i>	無		2	
杜鵑科	褐翅鴉鵂	<i>Centropus sinensis</i>	無	5	12	1
雨燕科	小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>	無	6		
翠鳥科	翠鳥	<i>Alcedo atthis</i>	無		3	10
翠鳥科	蒼翡翠	<i>Halcyon smyrnensis</i>	無	1		3
翠鳥科	斑翡翠	<i>Ceryle rudis</i>	無	4	1	
蜂虎科	栗喉蜂虎	<i>Merops philippinus</i>	無		74	
戴勝科	戴勝	<i>Upupa epops</i>	無	1	1	1
伯勞科	紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>	III			2
伯勞科	棕背伯勞	<i>Lanius schach</i>	無	1	5	7
卷尾科	大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	無	1		2
鴉科	喜鵲	<i>Pica pica</i>	無	5	6	6
鴉科	玉頸鴉	<i>Corvus torquatus</i>	無		4	2
燕科	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	無	11	10	7
燕科	洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	無	11		
攀雀科	攀雀	<i>Remiz consobrinus</i>	無	16		
鶇科	白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	無	6	7	3
柳鶯科	黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>	無	2		
柳鶯科	極北柳鶯	<i>Phylloscopus borealis</i>	無	2		
扇尾鶯科	灰頭鷓鶯	<i>Prinia flaviventris</i>	無	3	3	
扇尾鶯科	褐頭鷓鶯	<i>Prinia inornata</i>	無	7		1
繡眼科	綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>	無	34	18	10
噪眉科	大陸畫眉	<i>Garrulax canorus</i>	II		2	2
鶉科	鵲鶉	<i>Copsychus saularis</i>	無	5	7	4
鶉科	黃尾鶉	<i>Phoenicurus aureoreus</i>	無	2		
鶇科	黑鶇	<i>Turdus merula</i>	無		1	6
八哥科	八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	II	48	46	54
八哥科	黑領椋鳥	<i>Gracupica nigricollis</i>	無	2		
八哥科	絲光椋鳥	<i>Sturnus sericeus</i>	無	16		
鵲鶉科	白鵲鶉	<i>Motacilla alba</i>	無	4		
鶉科	黑臉鶉	<i>Emberiza spodocephala</i>	無	5		
雀科	金翅雀	<i>Chloris sinica</i>	無	1		
雀科	小桑鵲	<i>Eophona migratoria</i>	無	6	2	
麻雀科	麻雀	<i>Passer montanus</i>	無	20	14	
總計			個體數	2006	433	585
			物種數	51	40	41

(資料來源：本研究)

表 3-53 2016 年 3 月至 9 月陵水湖鳥類調查物種及數量

科名	中文名	學名	保育等級	Mar-16	Jun-16	Sep-16
雁鴨科	赤頸鴨	<i>Anas penelope</i>	無	87		
雁鴨科	花嘴鴨	<i>Anas zonorhyncha</i>	無	6	5	
雁鴨科	琵嘴鴨	<i>Anas clypeata</i>	無	15		
雁鴨科	小水鴨	<i>Anas crecca</i>	無	7		
鸕鷀科	小鸕鷀	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	無	5	5	6
鸕鷀科	鸕鷀	<i>Phalacrocorax carbo</i>	無	347		1
鷺科	黃小鷺	<i>Ixobrychus sinensis</i>	無	1	4	3
鷺科	蒼鷺	<i>Ardea cinerea</i>	無	32	1	18
鷺科	大白鷺	<i>Ardea alba</i>	無	4		11
鷺科	中白鷺	<i>Mesophoyx intermedia</i>	無			5
鷺科	小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>	無	4	34	8
鷺科	岩鷺	<i>Egretta sacra</i>	無			1
鷺科	黃頭鷺	<i>Bubulcus ibis</i>	無		9	2
鷺科	池鷺	<i>Ardeola bacchus</i>	無		1	4
鷺科	綠蓑鷺	<i>Butorides striata</i>	無		1	
鷺科	夜鷺	<i>Nycticorax nycticorax</i>	無	5	6	11
鵟科	魚鷹	<i>Pandion haliaetus</i>	II	2		1
鷹科	黑鳶	<i>Milvus migrans</i>	II			1
秧雞科	白腹秧雞	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	無	5	7	2
秧雞科	紅冠水雞	<i>Gallinula chloropus</i>	無	25	3	1
秧雞科	白冠雞	<i>Fulica atra</i>	無	9		
鵪鶉科	鵪鶉	<i>Haematopus ostralegus</i>	無			1
長腳鵪鶉科	高蹺鵪鶉	<i>Himantopus himantopus</i>	無	6		
鶺鴒科	小青足鶺鴒	<i>Tringa stagnatilis</i>	無			1
鶺鴒科	赤足鶺鴒	<i>Tringa totanus</i>	無	1		
鷗科	黑腹燕鷗	<i>Chlidonias hybrida</i>	無			2
鳩鴿科	野鴿	<i>Columba livia</i>	無			8
鳩鴿科	紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>	無		5	1
鳩鴿科	珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>	無	4	7	9
杜鵑科	四聲杜鵑	<i>Cuculus micropterus</i>	無		2	
杜鵑科	噪鵑	<i>Eudynamys scolopaceus</i>	無		1	
杜鵑科	褐翅鴉鵂	<i>Centropus sinensis</i>	無	1	6	2
翠鳥科	翠鳥	<i>Alcedo atthis</i>	無			4
翠鳥科	蒼翡翠	<i>Halcyon smyrnensis</i>	無		1	2
翠鳥科	斑翡翠	<i>Ceryle rudis</i>	無			1
蜂虎科	栗喉蜂虎	<i>Merops philippinus</i>	無		2	20
戴勝科	戴勝	<i>Upupa epops</i>	無		1	2
伯勞科	紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>	III			1
伯勞科	棕背伯勞	<i>Lanius schach</i>	無	2	2	2

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源之研究(1/3)

科名	中文名	學名	保育等級	Mar-16	Jun-16	Sep-16
卷尾科	大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	無	1		
鴉科	喜鵲	<i>Pica pica</i>	無	2		1
鴉科	玉頸鴉	<i>Corvus torquatus</i>	無	3	2	1
燕科	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	無		9	8
燕科	洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	無	1		
鶇科	白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	無	18	12	3
柳鶯科	黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>	無	3		
扇尾鶯科	灰頭鷓鴣	<i>Prinia flaviventris</i>	無	12	3	
扇尾鶯科	褐頭鷓鴣	<i>Prinia inornata</i>	無	8		1
繡眼科	綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>	無	12		6
噪眉科	大陸畫眉	<i>Garrulax canorus</i>	II	3		
鶇科	鵲鶇	<i>Copsychus saularis</i>	無	2	5	2
鶇科	野鶇	<i>Calliope calliope</i>	無			1
鶇科	黃尾鶇	<i>Phoenicurus auroreus</i>	無	5		
鶇科	黑鶇	<i>Turdus merula</i>	無	1		
八哥科	八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	II	10	26	28
鶇科	白鶇	<i>Motacilla alba</i>	無	1		4
鶇科	黑臉鶇	<i>Emberiza spodocephala</i>	無	18		
麻雀科	麻雀	<i>Passer montanus</i>	無	6	8	2
鸚鵡科	和尚鸚鵡	<i>Myiopsitta monachus</i>	無			1
總計			個體數	674	168	189
			物種數	37	27	41

(資料來源：本研究)

表 3-54 2016 年 3 月至 9 月蘭湖水庫鳥類調查物種及數量

科名	中文名	學名	保育等級	Mar-16	Jun-16	Sep-16
雁鴨科	花嘴鴨	<i>Anas zonorhyncha</i>	無			4
雉科	環頸雉	<i>Phasianus colchicus</i>	II	1	1	
鸚鵡科	小鸚鵡	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	無	20	2	2
鷺科	中白鷺	<i>Mesophoyx intermedia</i>	無	1		
鷺科	小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>	無	1	2	2
鷺科	夜鷺	<i>Nycticorax nycticorax</i>	無			2
鵟科	魚鷹	<i>Pandion haliaetus</i>	II	1		
鷹科	松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	II			1
秧雞科	白腹秧雞	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	無		3	1
秧雞科	紅冠水雞	<i>Gallinula chloropus</i>	無	1	1	
鳩鴿科	紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>	無	251		3
鳩鴿科	珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>	無	20	4	12
杜鵑科	噪鵑	<i>Eudynamis scolopaceus</i>	無		1	
杜鵑科	褐翅鴉鵂	<i>Centropus sinensis</i>	無	9	4	1
雨燕科	小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>	無	14		
翠鳥科	翠鳥	<i>Alcedo atthis</i>	無	1	3	1
蜂虎科	栗喉蜂虎	<i>Merops philippinus</i>	無		4	
伯勞科	紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>	III			1
伯勞科	棕背伯勞	<i>Lanius schach</i>	無	5	2	
鴉科	喜鵲	<i>Pica pica</i>	無	5		1
鴉科	玉頸鴉	<i>Corvus torquatus</i>	無			1
燕科	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	無	1	25	5
燕科	洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	無	6		
鶇科	白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	無	2	4	1
柳鶯科	黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>	無	4		
柳鶯科	極北柳鶯	<i>Phylloscopus borealis</i>	無	2		
扇尾鶯科	灰頭鷓鶯	<i>Prinia flaviventris</i>	無	6	2	
扇尾鶯科	褐頭鷓鶯	<i>Prinia inornata</i>	無	1		
繡眼科	綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>	無			2
噪眉科	大陸畫眉	<i>Garrulax canorus</i>	II		2	2
鶉科	鵲鴝	<i>Copsychus saularis</i>	無	5		2
鶉科	黃尾鴝	<i>Phoenicurus aureoreus</i>	無	5		
鶇科	黑鶇	<i>Turdus merula</i>	無	6	4	
八哥科	八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	II	35	3	8
八哥科	黑領椋鳥	<i>Gracupica nigricollis</i>	無			1
八哥科	灰背椋鳥	<i>Sturnia sinensis</i>	無		3	
鵲鴿科	白鵲鴿	<i>Motacilla alba</i>	無	8		
鶉科	黑臉鶉	<i>Emberiza spodocephala</i>	無	10		
雀科	金翅雀	<i>Chloris sinica</i>	無			50

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源之研究(1/3)

科名	中文名	學名	保育等級	Mar-16	Jun-16	Sep-16
麻雀科	麻雀	<i>Passer montanus</i>	無	9	21	71
梅花雀科	斑文鳥	<i>Lonchura punctulata</i>	無			15
總計			個體數	430	91	189
			物種數	27	19	23

(資料來源：本研究)

表 3-55 2016 年 3 月至 9 月瓊林水庫鳥類調查物種及數量

科名	中文名	學名	保育等級	Mar-16	Jun-16	Sep-16
雁鴨科	赤頸鴨	<i>Anas penelope</i>	無	4		
雁鴨科	花嘴鴨	<i>Anas zonorhyncha</i>	無	6	7	3
雁鴨科	小水鴨	<i>Anas crecca</i>	無	4		
雁鴨科	花鳧	<i>Tadorna tadorna</i>	無		2	3
雉科	環頸雉	<i>Phasianus colchicus</i>	II	1	1	
鷺科	蒼鷺	<i>Ardea cinerea</i>	無	1		
鷺科	中白鷺	<i>Mesophoyx intermedia</i>	無			2
鷺科	小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>	無		1	5
鷺科	池鷺	<i>Ardeola bacchus</i>	無			2
鷺科	夜鷺	<i>Nycticorax nycticorax</i>	無		1	4
鷹科	黑翅鳶	<i>Elanus caeruleus</i>	II			1
鷹科	鳶	<i>Buteo buteo</i>	II	1		
秧雞科	白腹秧雞	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	無	1	2	3
秧雞科	紅冠水雞	<i>Gallinula chloropus</i>	無	2		
鶺鴒科	磯鶺鴒	<i>Actitis hypoleucos</i>	無	1		1
鶺鴒科	白腰草鶺鴒	<i>Tringa ochropus</i>	無	2		
燕鴿科	燕鴿	<i>Glareola maldivarum</i>	III			1
鷗科	小燕鷗	<i>Sternula albifrons</i>	II		6	
鷗科	黑腹燕鷗	<i>Chlidonias hybrida</i>	無			4
鳩鴿科	紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>	無	10	51	5
鳩鴿科	珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>	無	13	7	8
杜鵑科	噪鵑	<i>Eudynamis scolopaceus</i>	無		1	
杜鵑科	褐翅鴉鵂	<i>Centropus sinensis</i>	無	2	2	
雨燕科	小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>	無		1	
翠鳥科	翠鳥	<i>Alcedo atthis</i>	無			1
翠鳥科	蒼翡翠	<i>Halcyon smyrnensis</i>	無	2		
蜂虎科	栗喉蜂虎	<i>Merops philippinus</i>	無		1	
戴勝科	戴勝	<i>Upupa epops</i>	無	2	1	1
山椒鳥科	黑翅山椒鳥	<i>Lalage melaschistos</i>	無			2
伯勞科	紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>	III	1		2
伯勞科	棕背伯勞	<i>Lanius schach</i>	無	3	2	1
卷尾科	大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	無			4
鴉科	喜鵲	<i>Pica pica</i>	無	8		2
燕科	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	無	1	26	10
燕科	洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	無			1
鶇科	白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	無	10	3	5
柳鶯科	黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>	無	2		
柳鶯科	極北柳鶯	<i>Phylloscopus borealis</i>	無	1		
扇尾鶯科	灰頭鷓鶯	<i>Prinia flaviventris</i>	無	6	3	

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源之研究(1/3)

科名	中文名	學名	保育等級	Mar-16	Jun-16	Sep-16
扇尾鶯科	褐頭鷓鴣	<i>Prinia inornata</i>	無	2		
噪眉科	大陸畫眉	<i>Garrulax canorus</i>	II	1	2	
鶉科	鶉鴉	<i>Copsychus saularis</i>	無	4	3	4
鶉科	野鶉	<i>Calliope calliope</i>	無			1
鶉科	黃尾鶉	<i>Phoenicurus aureoreus</i>	無	3		
鶉科	黑鶉	<i>Turdus merula</i>	無			2
八哥科	八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	II	19	54	29
八哥科	灰背椋鳥	<i>Sturnia sinensis</i>	無	1	90	
鶉科	白鶉鴉	<i>Motacilla alba</i>	無	5		
鶉科	大花鶉	<i>Anthus richardi</i>	無			1
鶉科	黑臉鶉	<i>Emberiza spodocephala</i>	無	10		
雀科	小桑鵲	<i>Eophona migratoria</i>	無			6
麻雀科	麻雀	<i>Passer montanus</i>	無	1	31	9
總計			個體數	130	298	123
			物種數	32	23	30

(資料來源：本研究)

表 3-56 2016 年 3 月至 9 月擎天水庫鳥類調查物種及數量

科名	中文名	學名	保育等級	Mar-16	Jun-16	Sep-16
鴨鵝科	小鴨鵝	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	無	3		1
鷓鴣科	鷓鴣	<i>Phalacrocorax carbo</i>	無	6		
鷺科	栗小鷺	<i>Ixobrychus cinnamomeus</i>	無		1	
鷺科	蒼鷺	<i>Ardea cinerea</i>	無	1		
鷺科	小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>	無		1	
鷺科	池鷺	<i>Ardeola bacchus</i>	無		1	
鵟科	魚鷹	<i>Pandion haliaetus</i>	II	2	1	
鷹科	松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	II			1
鷹科	鵟	<i>Buteo buteo</i>	II	1		
鷹科	鷹屬	<i>Accipiter sp.</i>	--		1	
秧雞科	白腹秧雞	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	無	1	3	1
鳩鵲科	紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>	無		1	1
鳩鵲科	珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>	無	8	14	15
杜鵑科	噪鵑	<i>Eudynamis scolopaceus</i>	無		1	
杜鵑科	褐翅鴉鵂	<i>Centropus sinensis</i>	無	1	2	
雨燕科	小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>	無	1		
翠鳥科	蒼翡翠	<i>Halcyon smyrnensis</i>	無		1	
伯勞科	棕背伯勞	<i>Lanius schach</i>	無		1	2
鴉科	喜鵲	<i>Pica pica</i>	無		1	1
鴉科	小嘴烏鴉	<i>Corvus corone</i>	無	1		
鴉科	玉頸鴉	<i>Corvus torquatus</i>	無		1	
鵲科	白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	無	6	7	9
扇尾鷺科	灰頭鷺鷥	<i>Prinia flaviventris</i>	無	2	5	
繡眼科	綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>	無		4	12
噪眉科	大陸畫眉	<i>Garrulax canorus</i>	II	2	4	2
鶇科	白斑紫嘯鶇	<i>Myophonus caeruleus</i>	無			2
鶇科	野鶇	<i>Calliope calliope</i>	無			1
鶇科	黃尾鶇	<i>Phoenicurus aureus</i>	無	7		
鶇科	黑鶇	<i>Turdus merula</i>	無		1	
八哥科	八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	II		4	16
			個體數	42	55	64
			物種數	14	20	13

(資料來源：本研究)



圖 3-57 慈湖鳥類調查區段(紅線表示)
(資料來源：本研究)



圖 3-58 2016 年 3 月慈湖鳥類棲地利用
(資料來源：本研究)

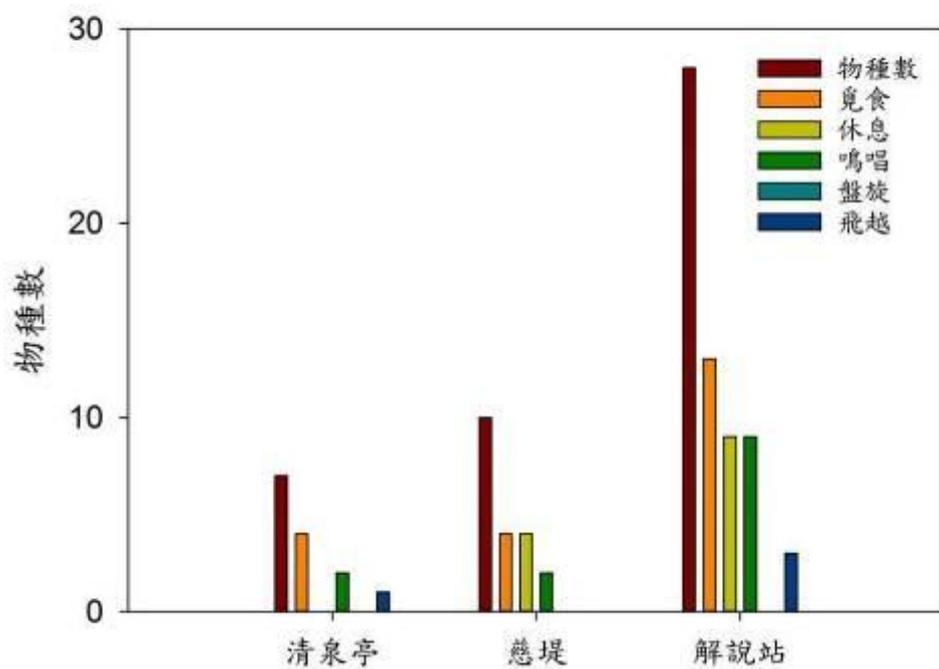


圖 3-59 2016 年 3 月慈湖鳥類行為調查
(資料來源：本研究)



圖 3-60 2016 年 6 月慈湖鳥類棲地利用
(資料來源：本研究)



圖 3-61 2016 年 6 月慈湖鳥類行為分群
(資料來源：本研究)



圖 3-62 2016 年 9 月慈湖鳥類棲地利用
(資料來源：本研究)



圖 3-63 2016 年 9 月慈湖鳥類行為分群
(資料來源：本研究)



圖 3-64 陵水湖鳥類調查區段(紅線表示)
(資料來源：本研究)

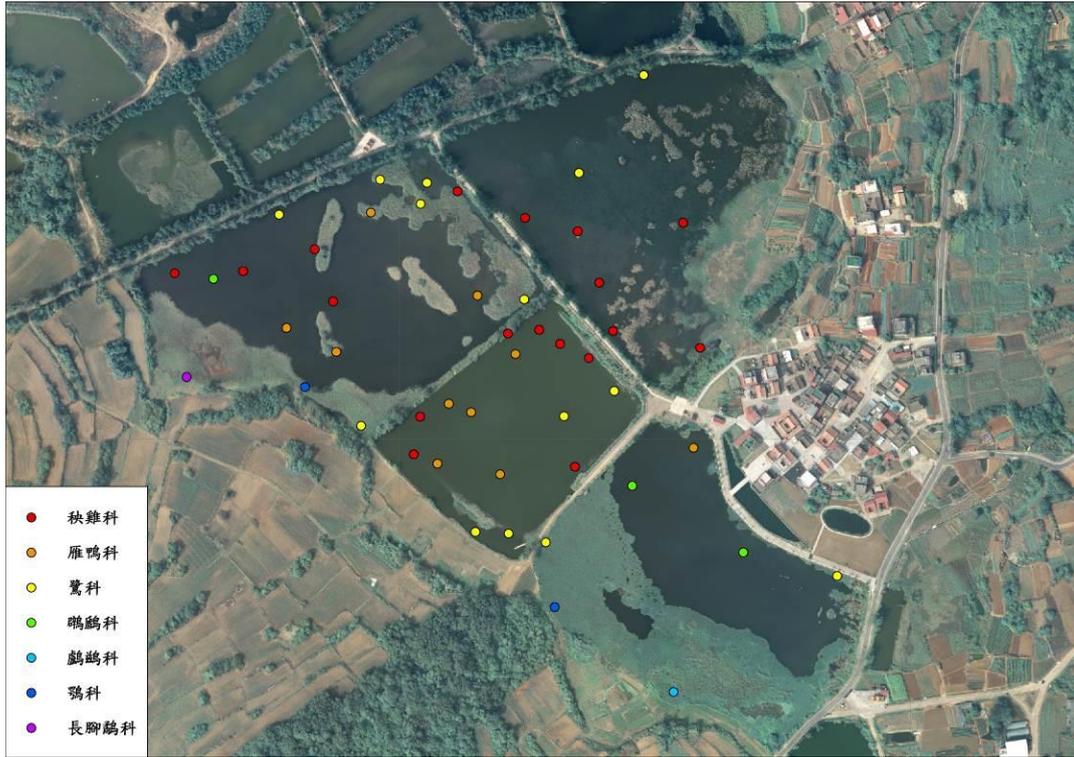


圖 3-65 2016 年 3 月陵水湖鳥類棲地利用
(資料來源：本研究)

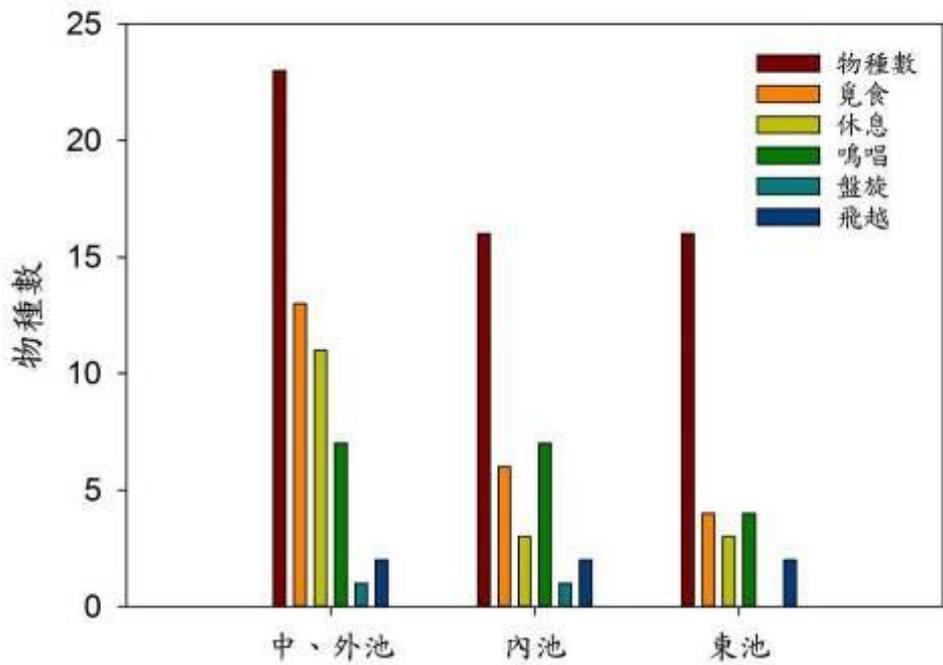


圖 3-66 2016 年 3 月陵水湖鳥類行為調查
(資料來源：本研究)



圖 3-67 2016 年 6 月陵水湖鳥類棲地利用
(資料來源：本研究)

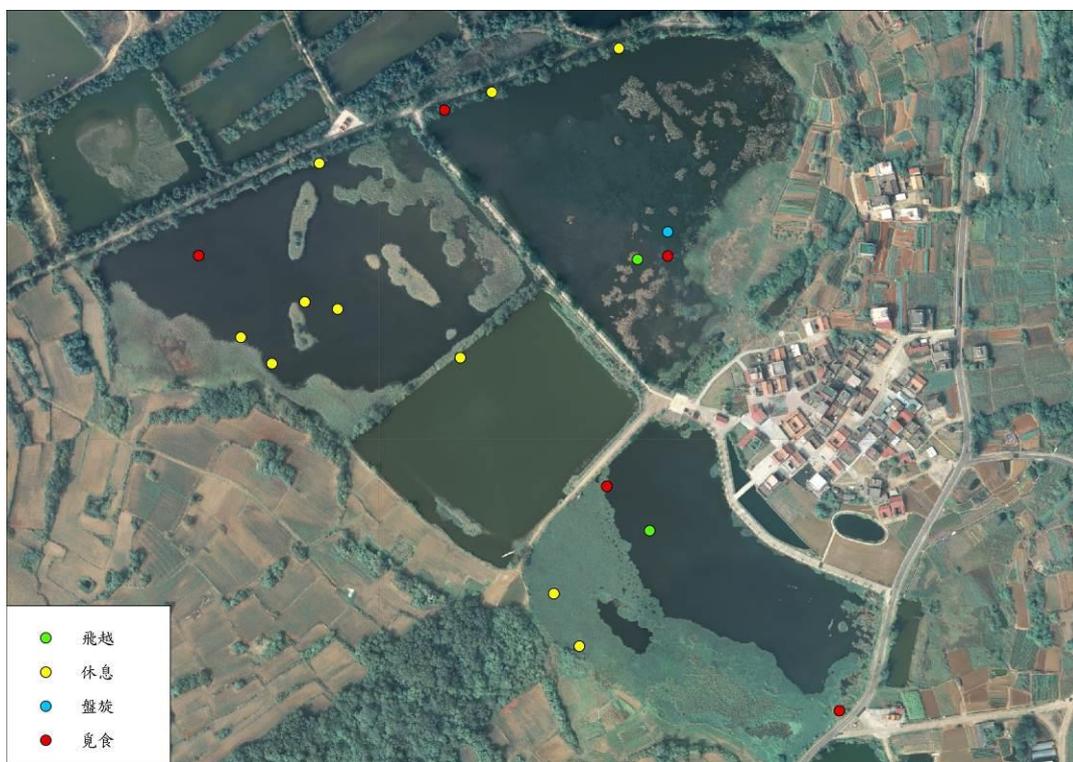


圖 3-68 2016 年 6 月陵水湖鳥類行為分群
(資料來源：本研究)



圖 3-69 2016 年 9 月陵水湖鳥類棲地利用
(資料來源：本研究)

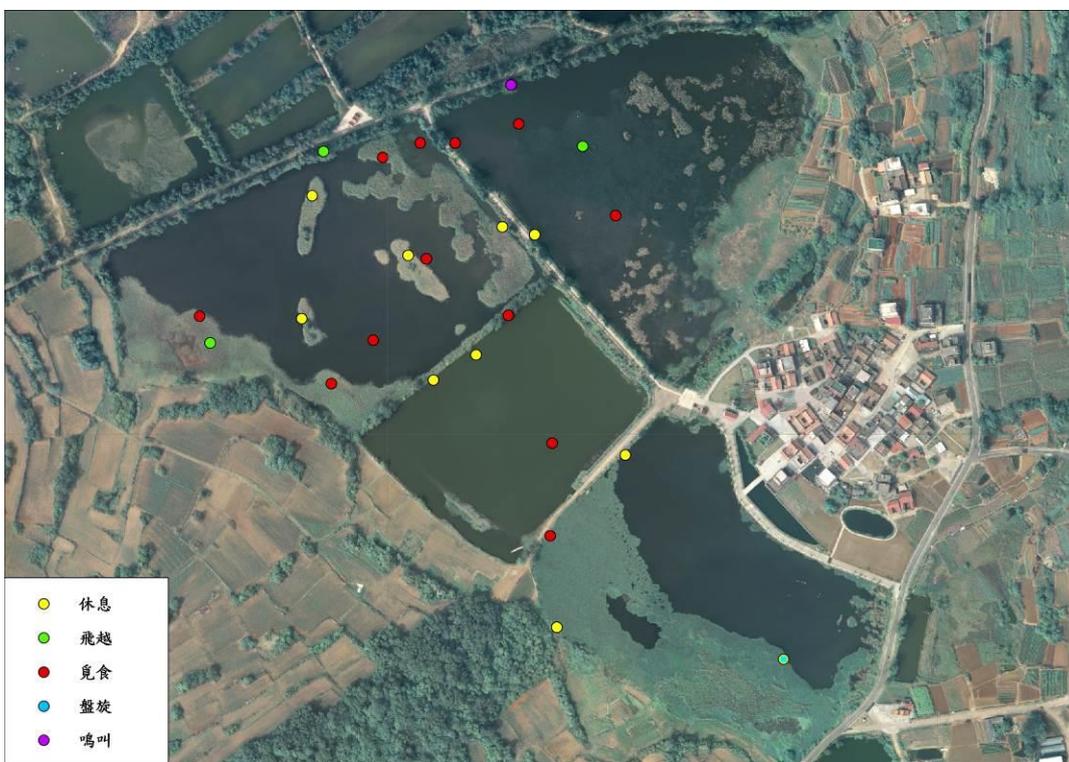


圖 3-70 2016 年 9 月陵水湖鳥類行為分群
(資料來源：本研究)

第六節、周遭土地利用現況

為探討水質與土地利用之相關性，本計畫每季調查慈湖、陵水湖、蘭湖水庫、瓊林水庫、擎天水庫等五湖庫周邊之土地利用類型，其結果分述如下：

壹、慈湖

自 2016 年 9 月起本計畫改以集水區作為土地利用之調查範圍，面積約 6.88 km²(圖 3-71~3-73)，集水區劃設參考「慈湖農莊地區排水系統規畫及治理計畫」(黎明工程顧問股份有限公司，2016)。慈湖之土地利用類型以農地之面積最廣，約占總面積之 46.2% 至 61.9%，其次為森林(15.4% 至 17.6%)與魚塭(8.6% 至 15.4%)。慈湖集水區之農作在 3 月以小麥為大宗，並零星分布花生、葉菜類等作物；至 6 月為休耕期，農地多遍布雜草；9 月秋作則改以種植高粱為主。綜合而言，慈湖周邊多分布農田，故應以農業廢水為水質劣化之主要原因。

貳、陵水湖

自 2016 年 9 月起本計畫改以集水區作為土地利用之調查範圍，面積約 1.35 km²(圖 3-74~3-76)，集水區係以 1/5000 航照地形圖為基準，並使用地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)結合數值地形劃設。陵水湖之土地利用類型以農地之面積最廣，約占總面積之 54.7% 至 59.0%，其次為森林(27.0% 至 31.1%)。農作在 3 月以小麥為大宗，並零星分布花生、葉菜類等作物，尤其在上庫(L8)與楊厝(L9)東側一帶種植許多芋頭；至 6 月為休耕期，農地多遍布雜草；9 月秋作則改以種植高粱為主。綜合而言，本計畫認為陵水湖之營養鹽來自於周邊之農田廢水，但因緊鄰上庫聚落，可能仍有少部分之生活污水排入。

參、蘭湖水庫

自 2016 年 6 月起本計畫改以集水區作為土地利用之調查範圍，面積約 1.20 km²(圖 3-77~3-79)，集水區劃設參考金門自來水廠公告之範圍。蘭湖水庫之土地利用類型以森林之面積最廣，約占總面積之 62.7% 至 69.0%，其次為農地(13.6% 至 24.9%)。農作在 3

月以種植小麥為主，並於水庫西南側分布些許菜園；至 6 月為休耕期，農地多遍布雜草；9 月秋作則改以種植高粱為主。綜合而言，蘭湖水庫之農地比例雖低於 25%，但因緊鄰水庫，緩衝時間短，故仍以農田廢水為主要之污染來源。

肆、瓊林水庫

自 2016 年 6 月起本計畫改以集水區作為土地利用之調查範圍，面積約 1.25 km²(圖 3-80~3-82)，集水區劃設參考金門自來水廠公告之範圍。瓊林水庫之土地利用類型以森林之面積最廣，約占總面積之 50.1%至 61.9%，其次為農地(13.6%至 39.1%)。農作在 3 月以種植小麥為主，並零星分布些許菜園；至 6 月為休耕期，農地多遍布雜草；9 月秋作則改以種植高粱為主。綜合而言，瓊林水庫之農田比例為 3 水庫中最高且緊鄰水庫，故本計畫認為農田廢水為瓊林水庫之主要營養來源。

五、擎天水庫

自 2016 年 6 月起本計畫改以集水區作為土地利用之調查範圍，面積約 1.46 km²(圖 3-83~3-85)，集水區劃設參考金門自來水廠公告之範圍。擎天水庫之土地利用類型以森林之面積最廣，約占總面積之 82.6%至 83.1%，公家機構次之(8.4%至 8.7%)，且集水區內無農業行為。綜合而言，擎天水庫集水區內之人為活動極少，但仍有軍營緊鄰水庫上游，故本計畫認為擎天水庫之營養來源可能源自於軍營排水。

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源之研究(1/3)

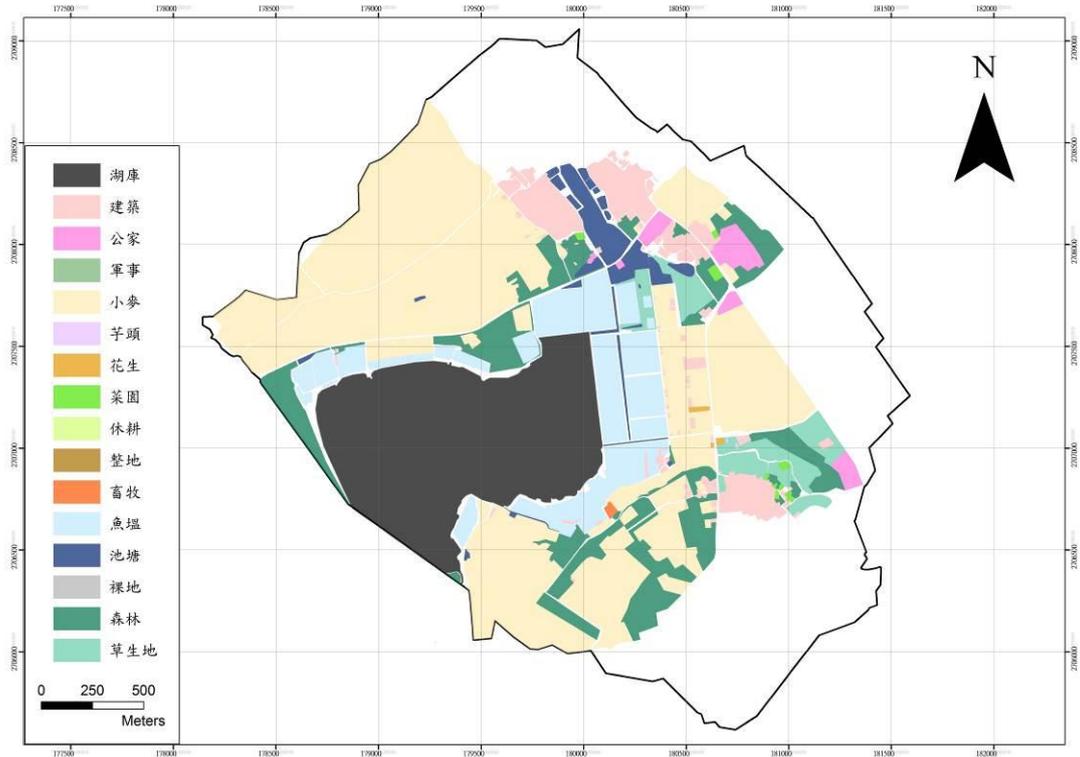


圖 3-71 2016 年 3 月慈湖土地利用調查
(資料來源：本研究)

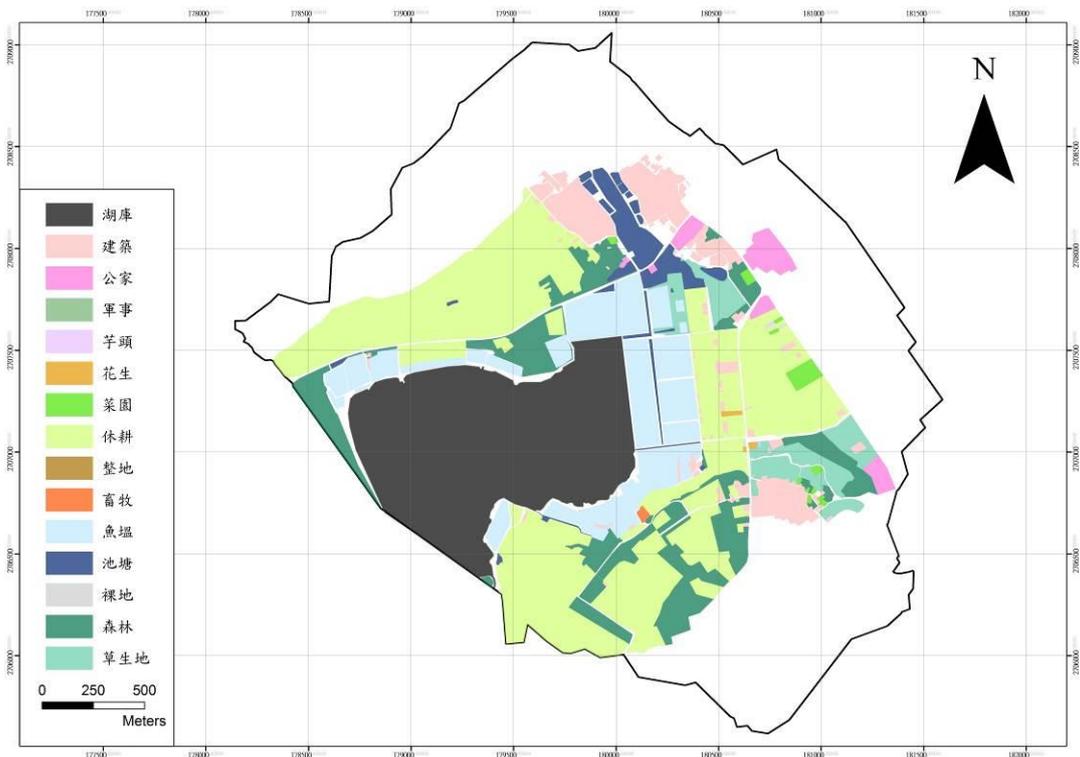


圖 3-72 2016 年 6 月慈湖土地利用調查
(資料來源：本研究)



圖 3-73 2016 年 9 月慈湖土地利用調查
(資料來源：本研究)

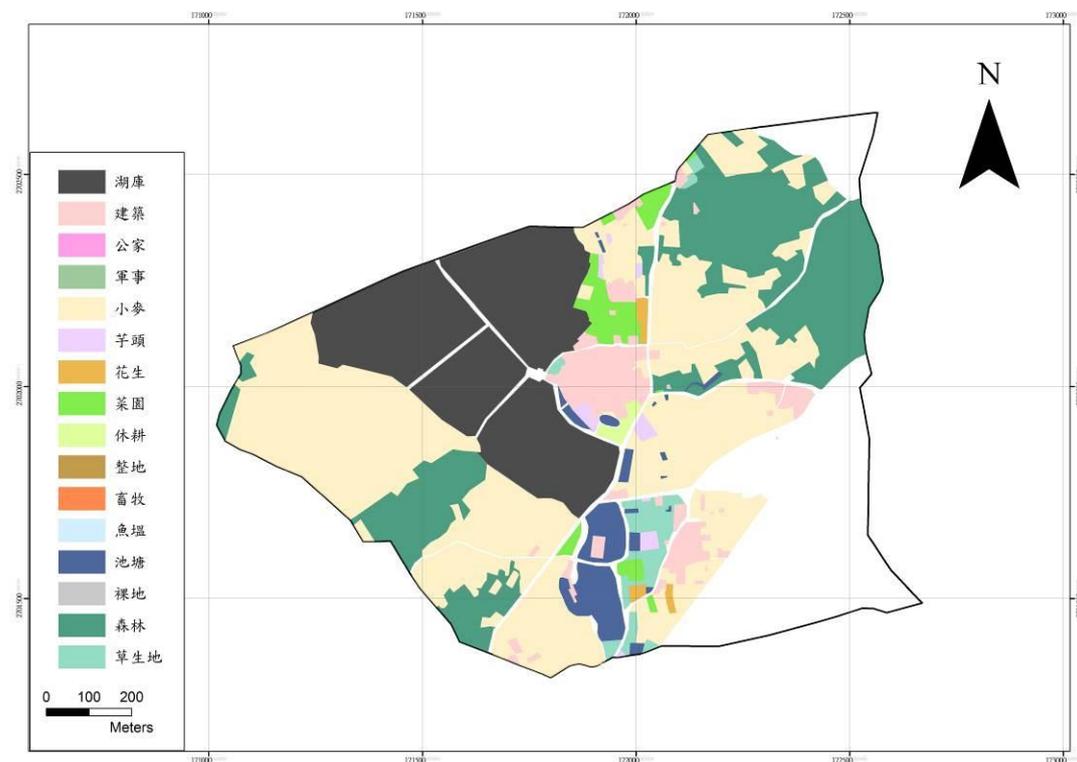


圖 3-74 2016 年 3 月陵水湖土地利用調查
(資料來源：本研究)

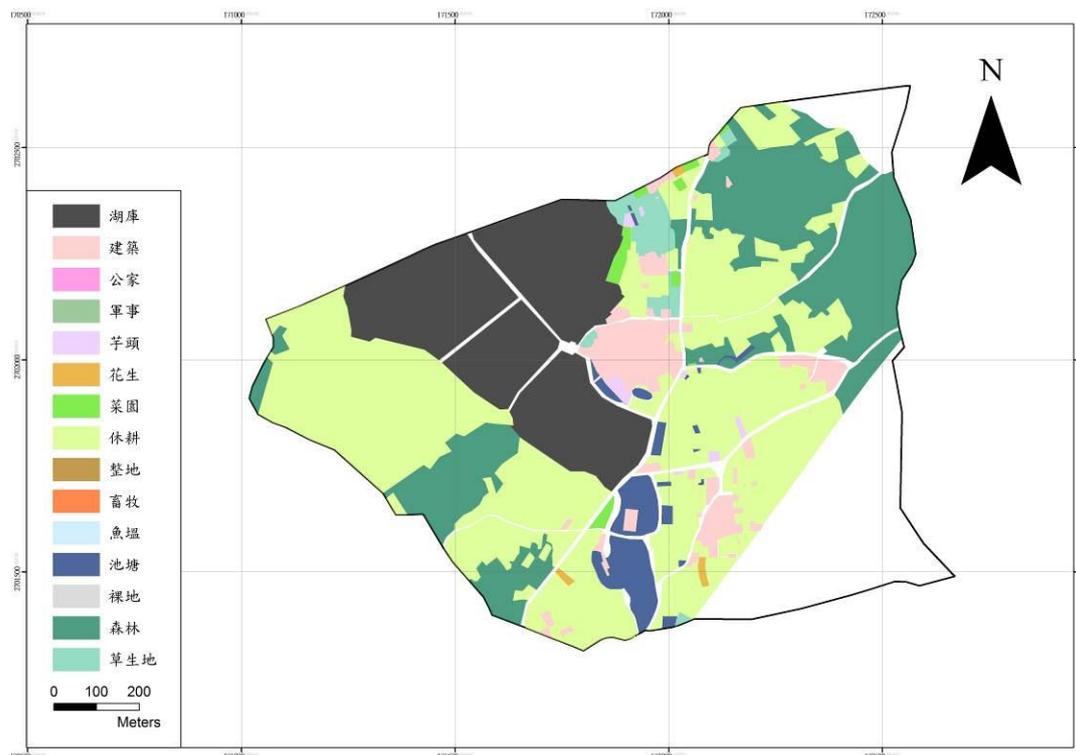


圖 3-75 2016 年 6 月陵水湖土地利用調查
(資料來源：本研究)

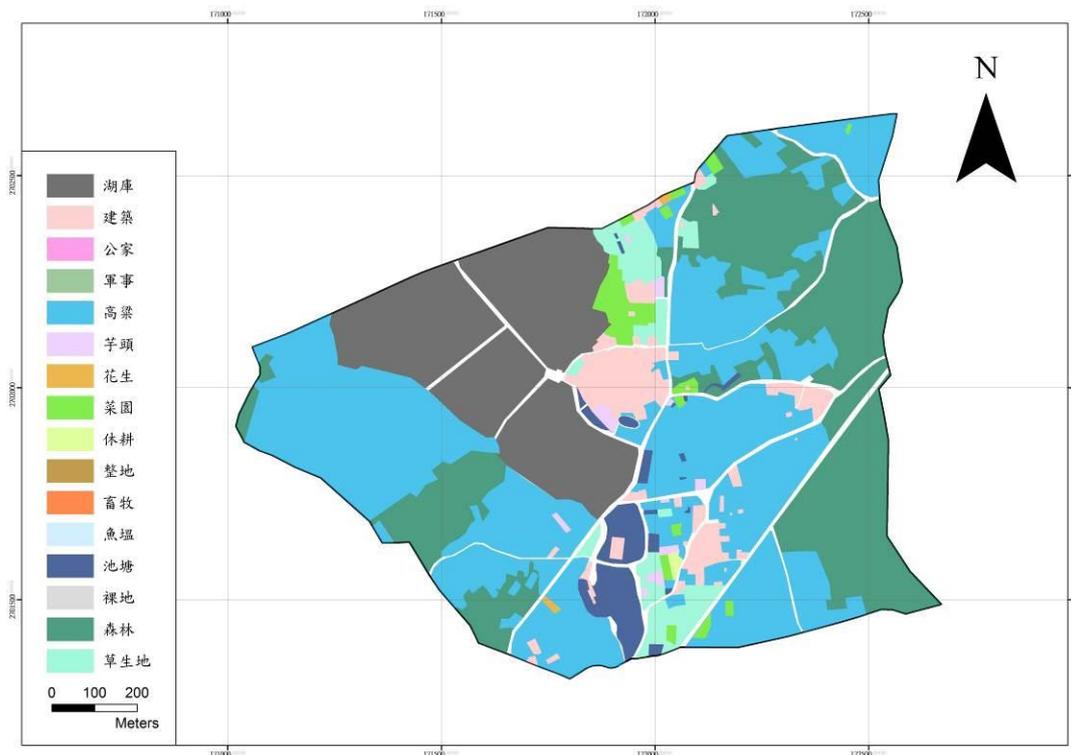


圖 3-76 2016 年 9 月陵水湖土地利用調查
(資料來源：本研究)

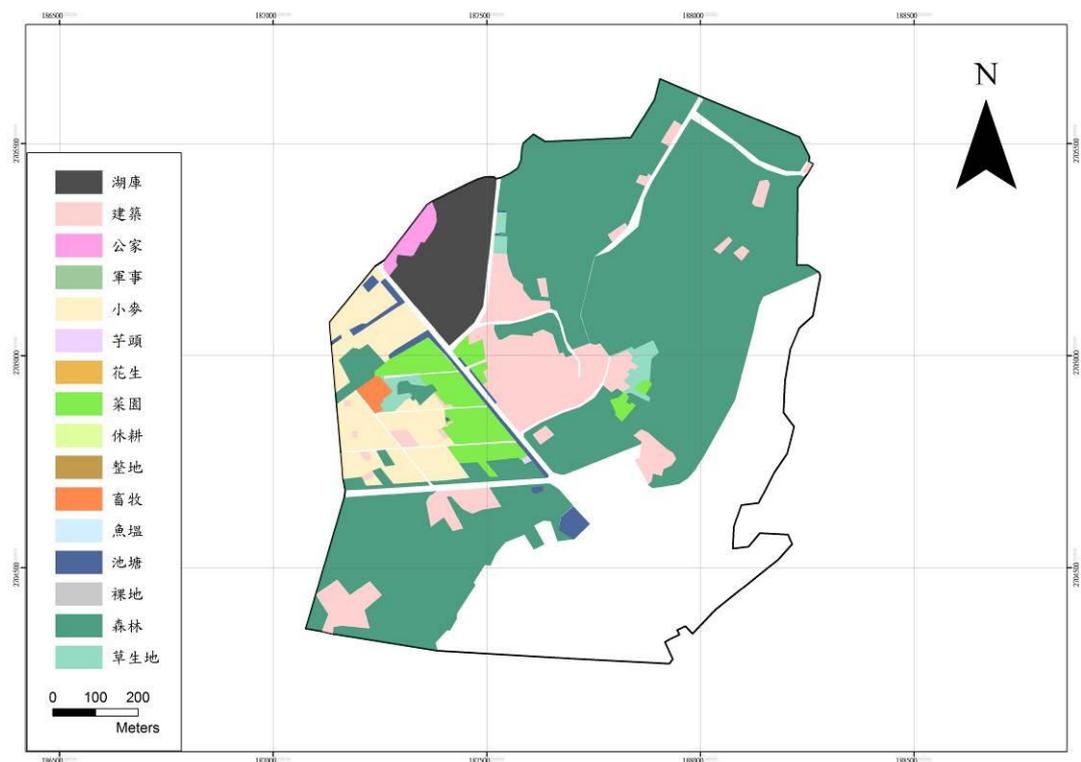


圖 3-77 2016 年 3 月蘭湖水庫土地利用調查
(資料來源：本研究)

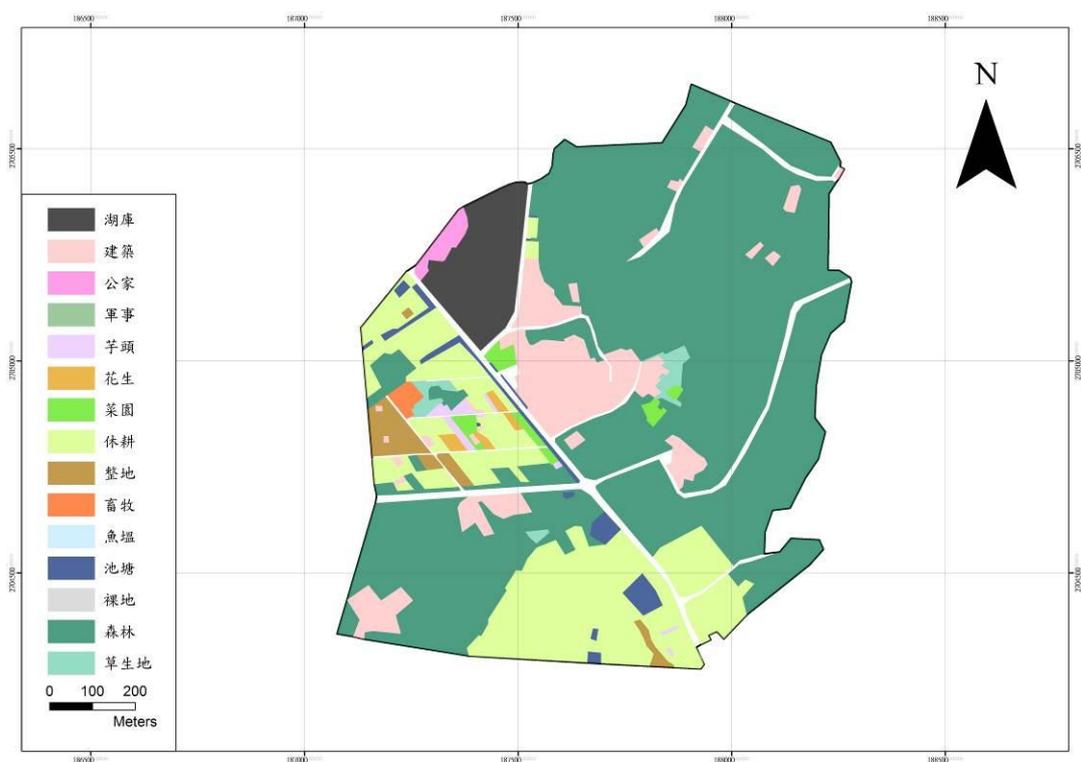


圖 3-78 2016 年 6 月蘭湖水庫土地利用調查
(資料來源：本研究)

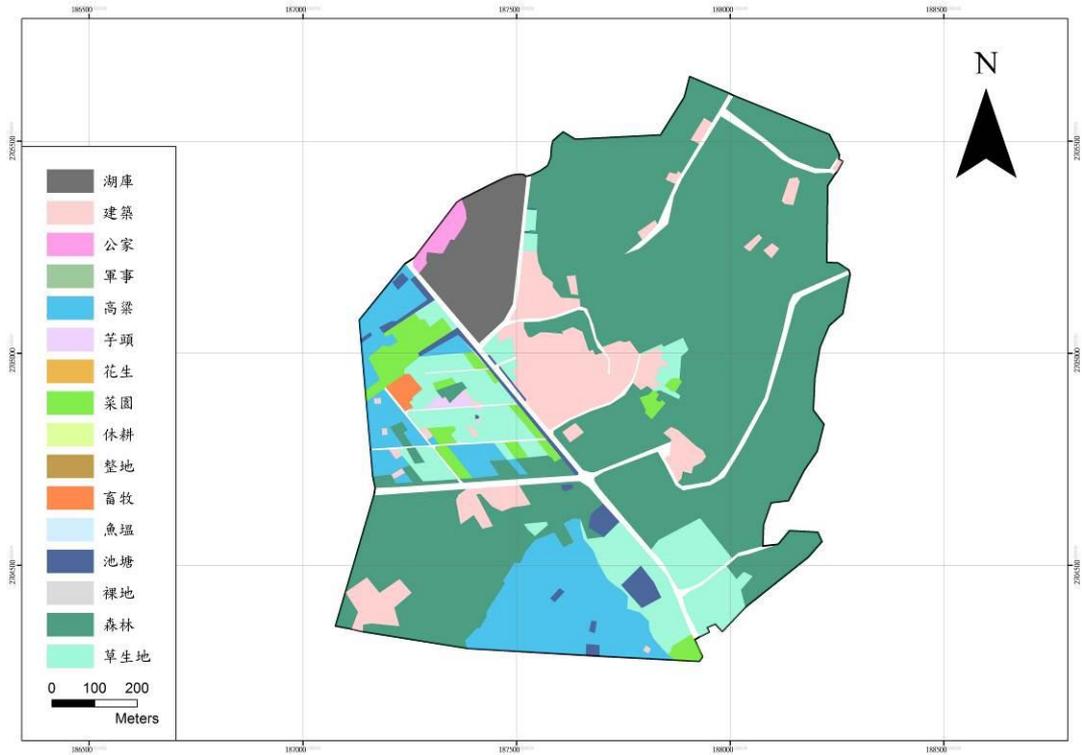


圖 3-79 2016 年 9 月蘭湖水庫土地利用調查
(資料來源：本研究)

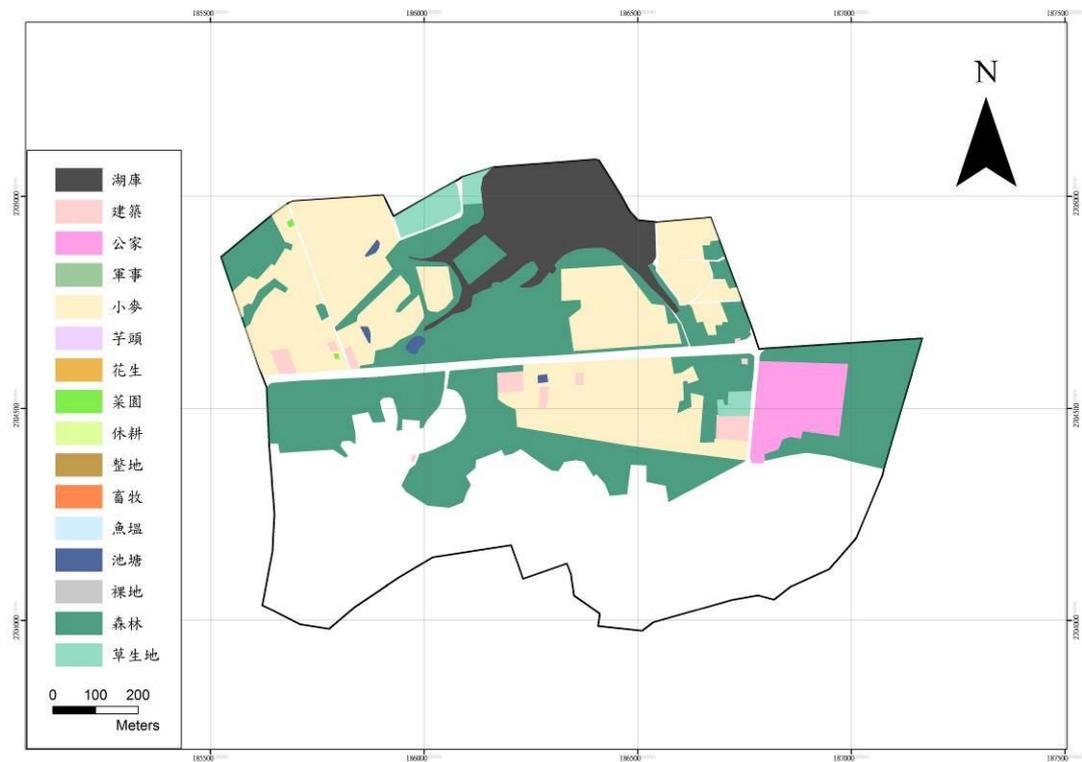


圖 3-80 2016 年 3 月瓊林水庫土地利用調查
(資料來源：本研究)

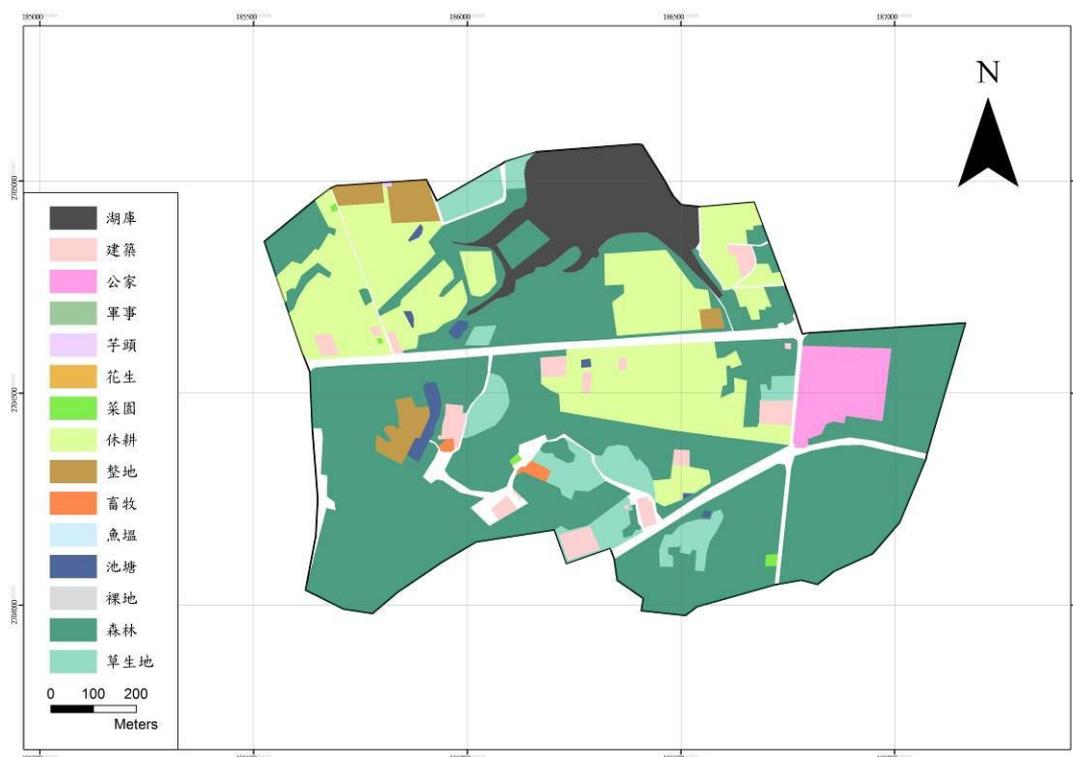


圖 3-81 2016 年 6 月瓊林水庫土地利用調查
(資料來源：本研究)

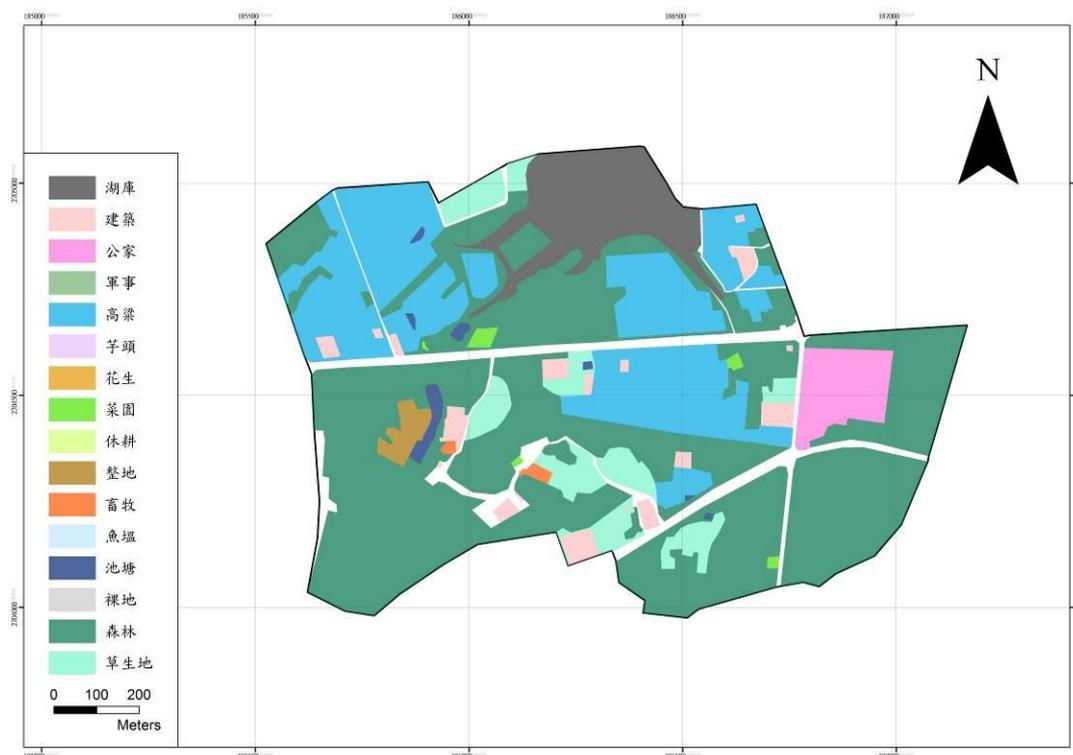


圖 3-82 2016 年 9 月瓊林水庫土地利用調查
(資料來源：本研究)

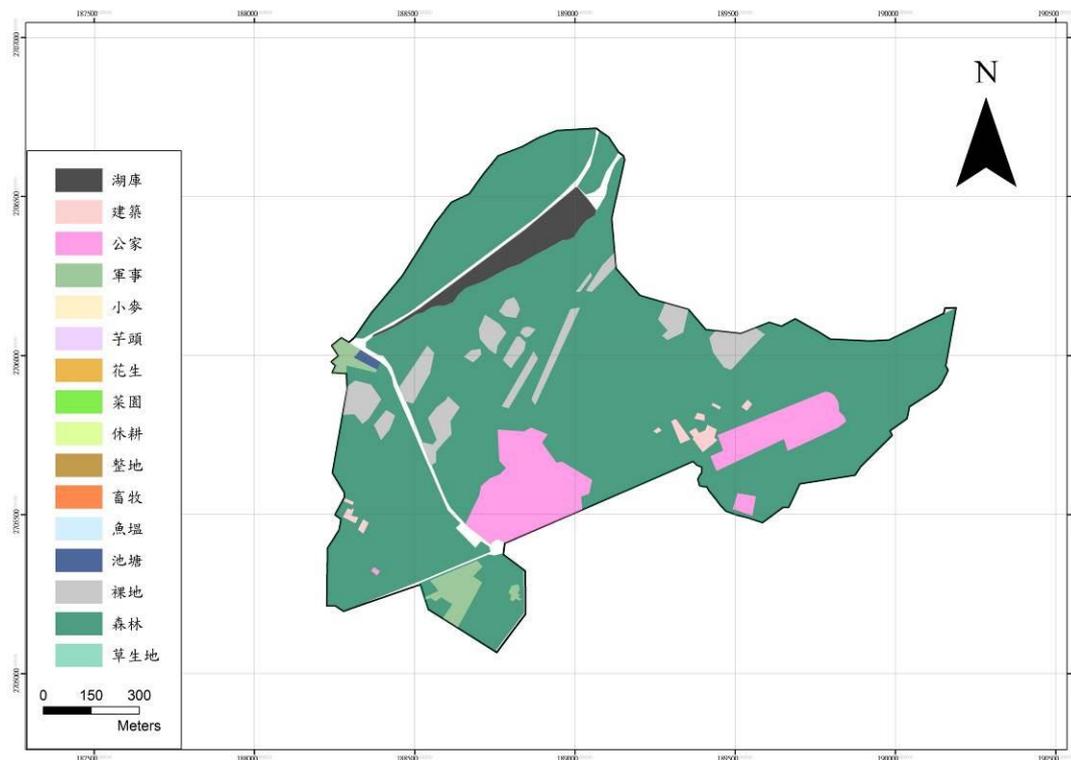


圖 3-83 2016 年 3 月擎天水庫土地利用調查
(資料來源：本研究)

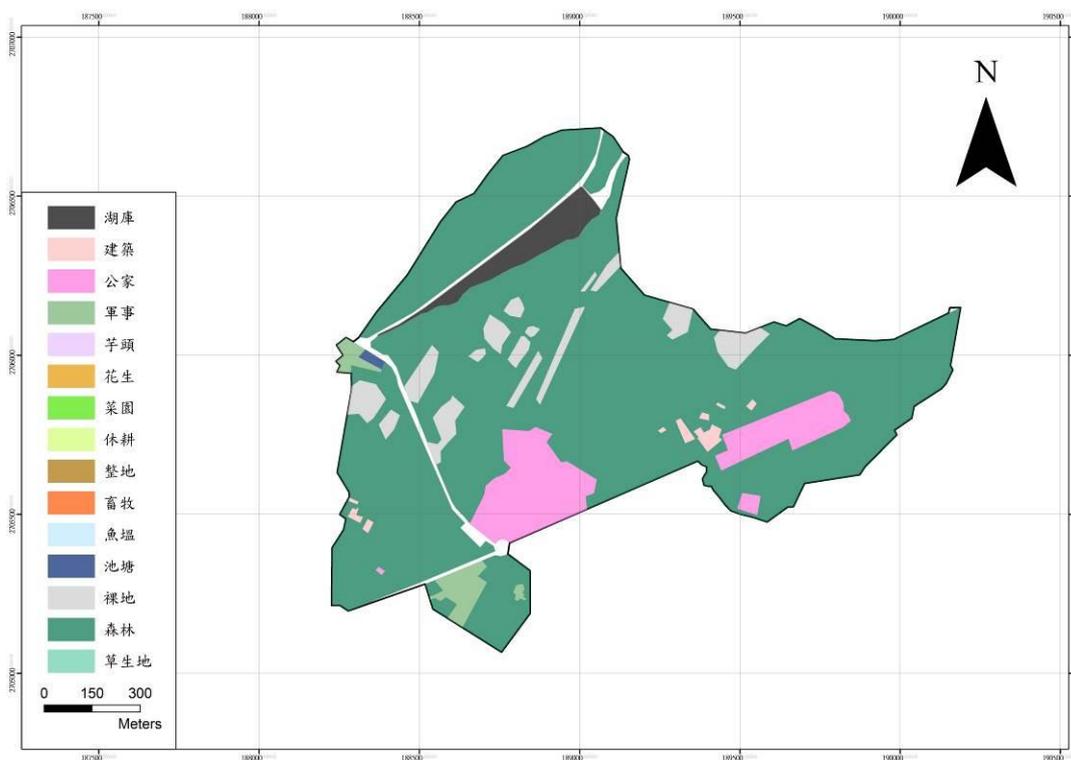


圖 3-84 2016 年 6 月擎天水庫土地利用調查
(資料來源：本研究)

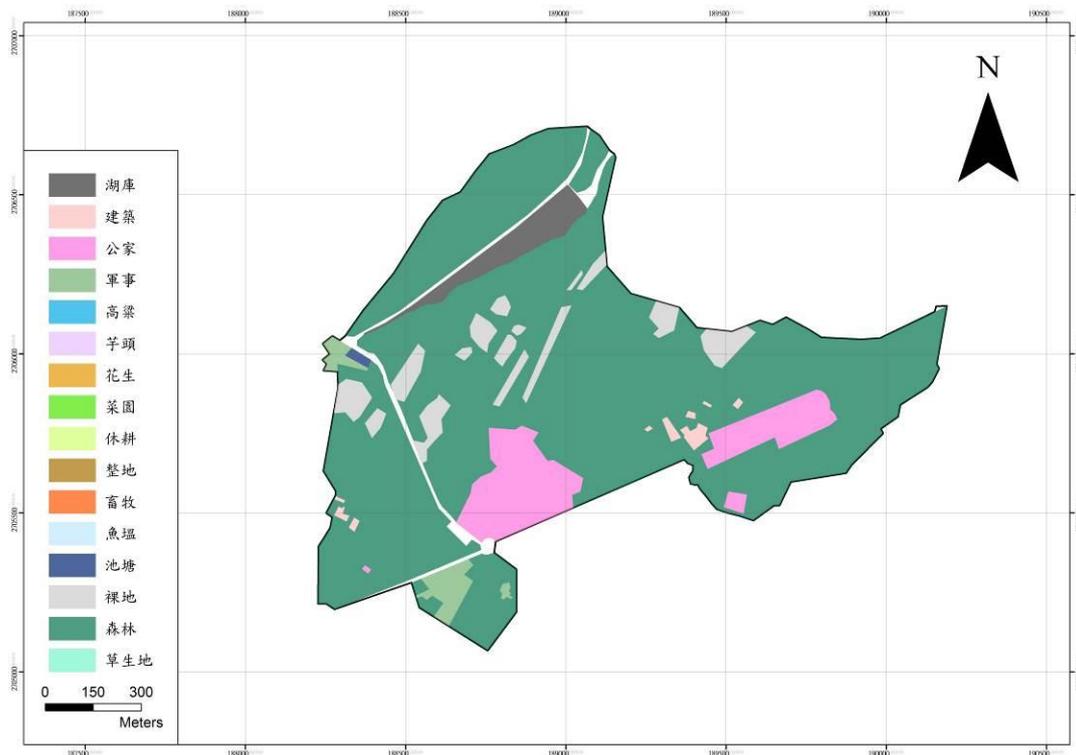


圖 3-85 2016 年 9 月擎天水庫土地利用調查
(資料來源：本研究)

第七節、生態系統代謝

壹、慈湖

本計畫目前已完成 3 季次之慈湖生態系統代謝調查，2016 年 3 月於 C1、C4、C7 設立測站，並自 6 月新增 C3 測站，共計 4 處測站。2016 年 9 月原亦於 C1、C3、C4、C7 設置溶氧監測儀，但因 C7 測站之儀器遺失而缺少 1 測站數據。結果顯示，2016 年春季(3 月)之慈湖水溫介於 9.28°C 至 12.46°C，溶氧介於 4.7 mg L⁻¹ 至 12.54 mg L⁻¹(圖 3-86)；2016 年夏季(6 月)之水溫介於 27.98°C 至 38.14°C，溶氧介於 0.0 mg L⁻¹ 至 23.59 mg L⁻¹(圖 3-87)；2016 年秋季(9 月)之水溫介於 25.26°C 至 30.82°C，溶氧介於 2.86 mg L⁻¹ 至 8.93 mg L⁻¹(圖 3-88)。整體而言，夏季高溫使水體溶氧飽和度降低，並同時促進生物代謝，日間溶氧因藻類光合作用旺盛快速飆升，夜間則因呼吸作用使溶氧趨近於零。

慈湖之總基礎生產量(GPP)與系統呼吸量(ER)僅在 C1 測站明顯以夏季高於春秋兩季(圖 3-89~3-90)，C3、C4、C7 測站則無明顯季節變化。營養鹽為藻類生產所需之基礎資源，而其中氮、磷為最常限制藻類生長之重要元素。Redfield (1958)指出，當水體中之 N:P ratio 等於 16 時最適合藻類生長，而當 N:P ratio 大於 16 時，代表藻類受磷限制；反之，當 N:P ratio 小於 16 則表示藻類受氮限制。春季慈湖各測站之 N:P ratio 介於 10 至 28 間，其中以 C7 測站(16)之 N:P ratio 最接近於 16，可見其藻類所需之氮磷充足，故儘管其葉綠素 *a* 濃度不及 C4，仍擁有較高之 GPP 與 ER。夏季慈湖之 N:P ratio 多低於 5，顯示此時水體狀態屬氮限制，故 GPP 及 ER 以高硝酸鹽濃度之 C1 測站較高。秋季慈湖之 N:P ratio 介於 62 至 156，屬磷限制，因此在各測站磷酸鹽差異小之狀態下，GPP 與 ER 之測站差異小。系統淨生產量(NEP)方面，各測站與季節間無明顯趨勢(圖 3-91)，綜合而言，慈湖之系統淨生產量約為 -0.16 g O₂ m⁻³ d⁻¹，接近於平衡狀態。

貳、陵水湖

本計畫目前已完成 3 季次之陵水湖生態系統代謝調查，2016 年 3 月於 L1、L3 設立測站，並自 4 月新增 L4、L5 測站，但因本計畫之調查範圍以內湖為主，故於 2016 年 6 月刪減 L1 測站，並於 L7 設立新測站。結果顯示，2016 年春季(3 月、4 月)之陵水湖水

溫介於 17.52°C 至 27.4°C，溶氧介於 1.0 mg L⁻¹ 至 21.45 mg L⁻¹(圖 3-92)；2016 年夏季(6 月)之水溫介於 31.56°C 至 34.94°C，溶氧介於 0.02 mg L⁻¹ 至 14.62 mg L⁻¹(圖 3-93)；2016 年秋季(10 月)之水溫介於 31.26°C 至 36.66°C，溶氧介於 0.00 mg L⁻¹ 至 15.33 mg L⁻¹ (圖 3-94)。整體而言，以夏秋兩季之水溫較高，溶氧量較低。

陵水湖之 GPP 與 ER 趨勢相似，季節間除 L5 測站外，其餘測站均以夏季之 GPP 與 ER 較高(圖 3-95~3-96)。夏季 L5 測站湖面遍占布袋蓮，故本計畫推測夏季 L5 之 GPP 與 ER 較低，可能與水生植物遮蔽光線，不利於浮游藻類生存所致。在測站之間，GPP 與 ER 以近內陸之 L7、L5 測站及外湖之 L1 測站高於 L3、L4 測站，導因於較高之營養鹽濃度。NEP 部分，除 L7 測站外，L1、L3、L4、L5 測站之 NEP 均為負值(圖 3-97)，表示陵水湖屬於異營之生態系統。本計畫推測，陵水湖各池中皆分布些許水生植物，故其貢獻之有機質可能是導致各測站呼吸量高於生產量之主因。

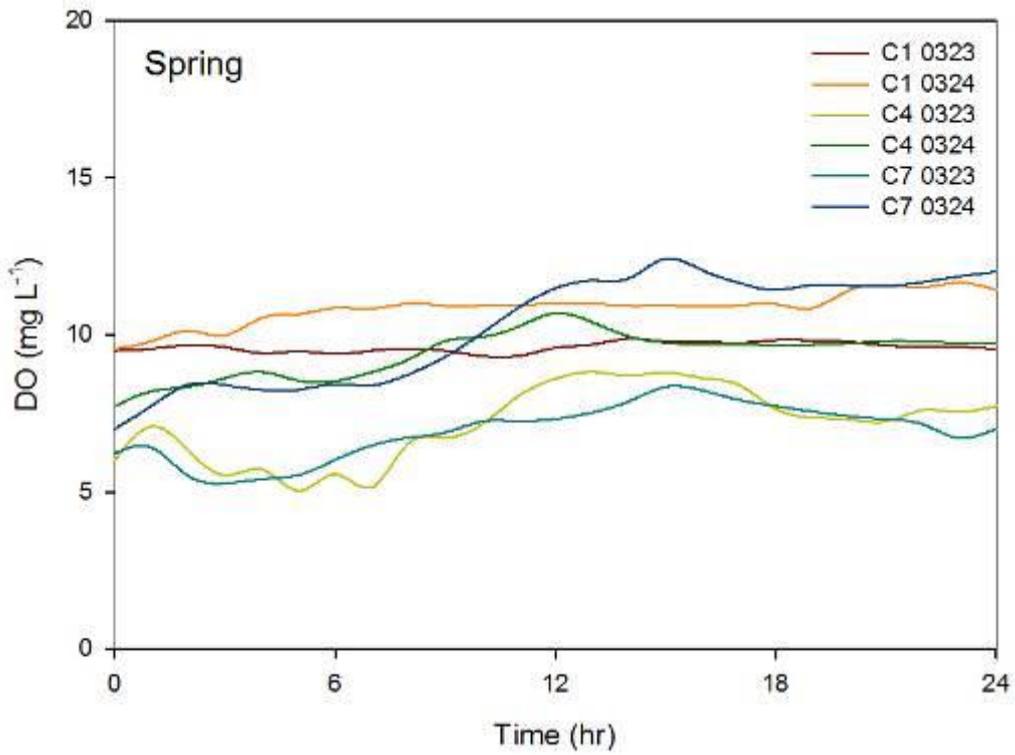


圖 3-86 2016 年春季慈湖一日溶氧變化
(資料來源：本研究)

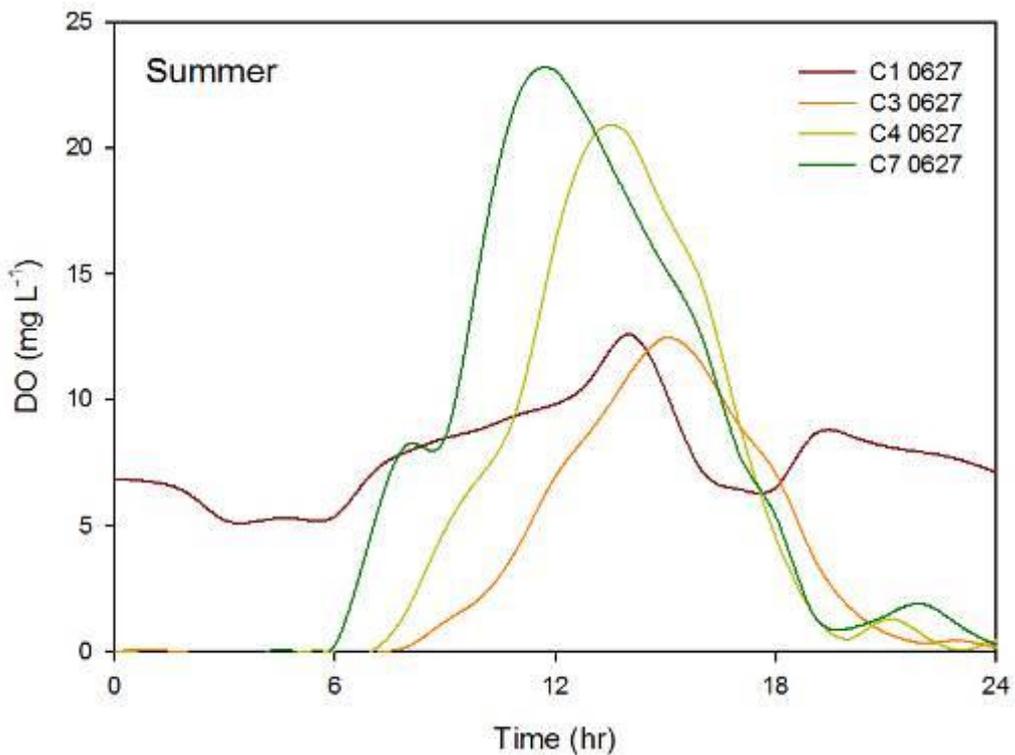


圖 3-87 2016 年夏季慈湖一日溶氧變化
(資料來源：本研究)

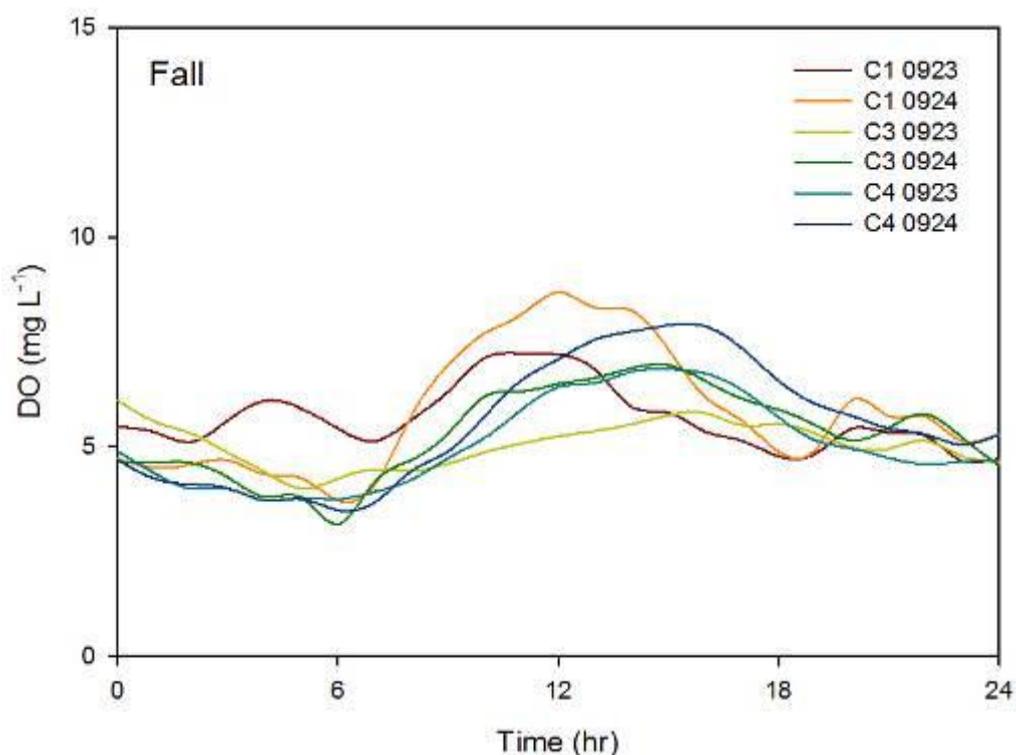


圖 3-88 2016 年秋季慈湖一日溶氧變化
(資料來源：本研究)

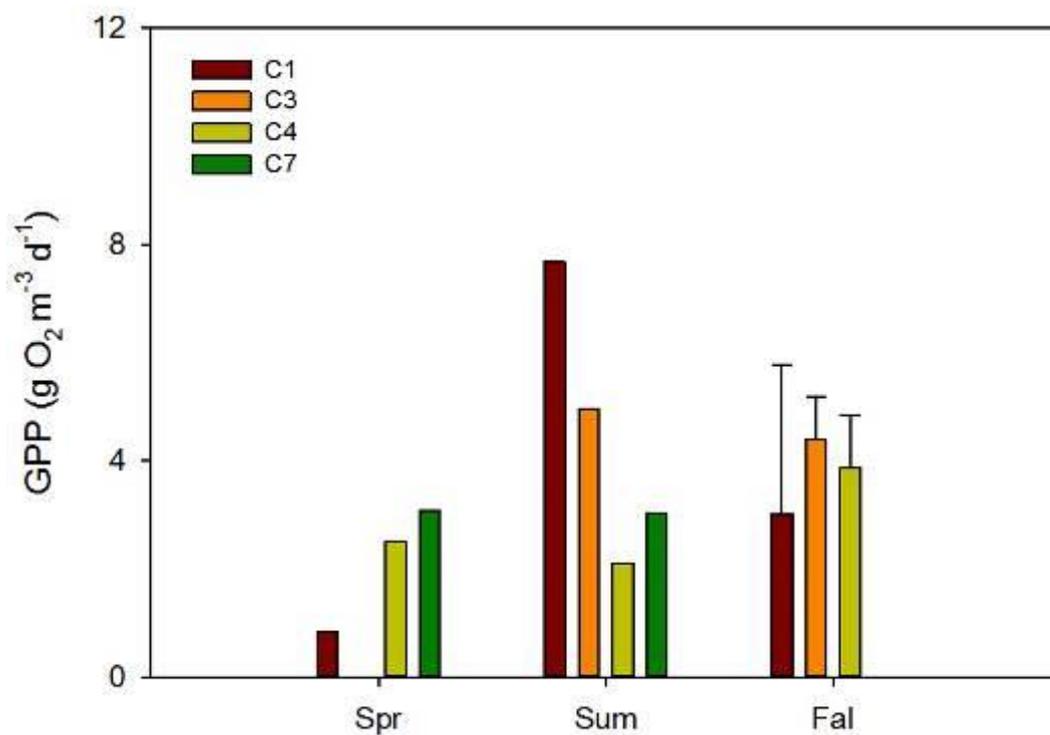


圖 3-89 2016 年春季至秋季慈湖基礎生產量
(資料來源：本研究)

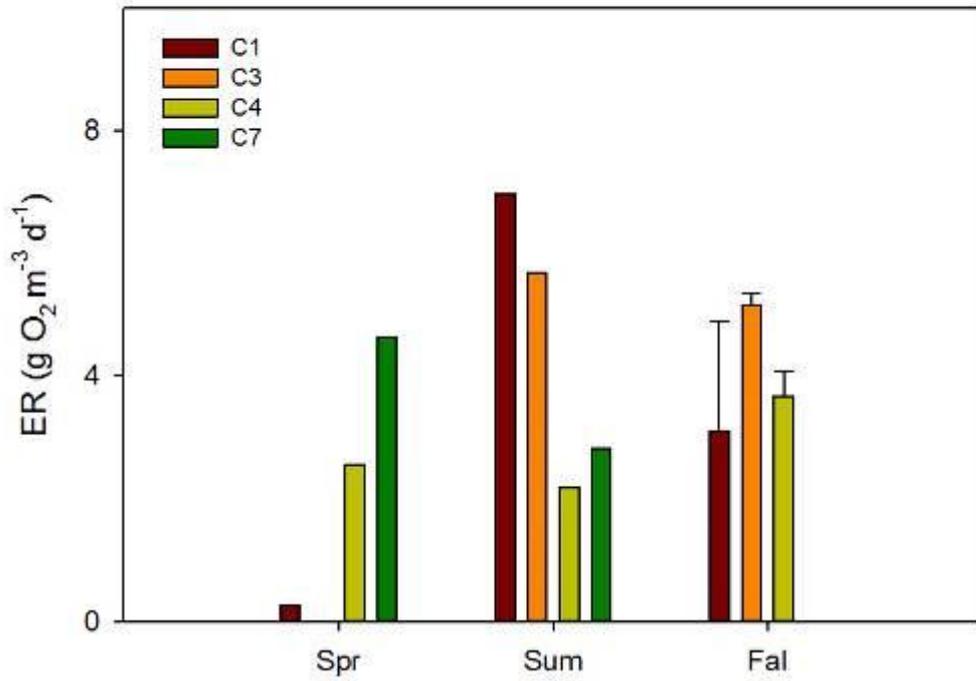


圖 3-90 2016 年春季至秋季慈湖系統呼吸量
(資料來源：本研究)

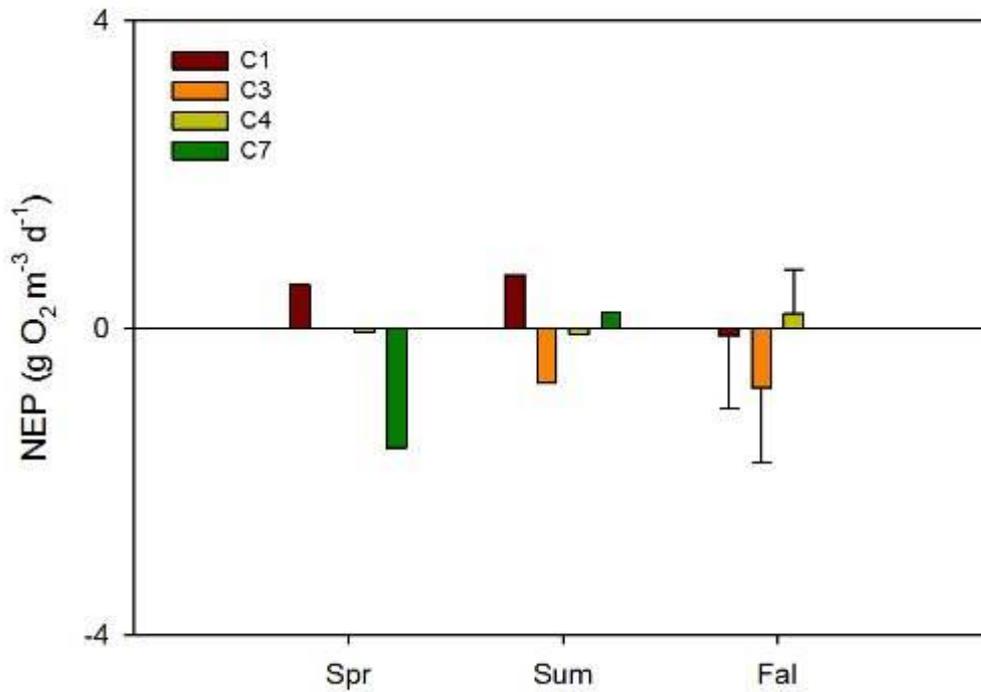


圖 3-91 2016 年春季至秋季慈湖淨系統生產量
(資料來源：本研究)

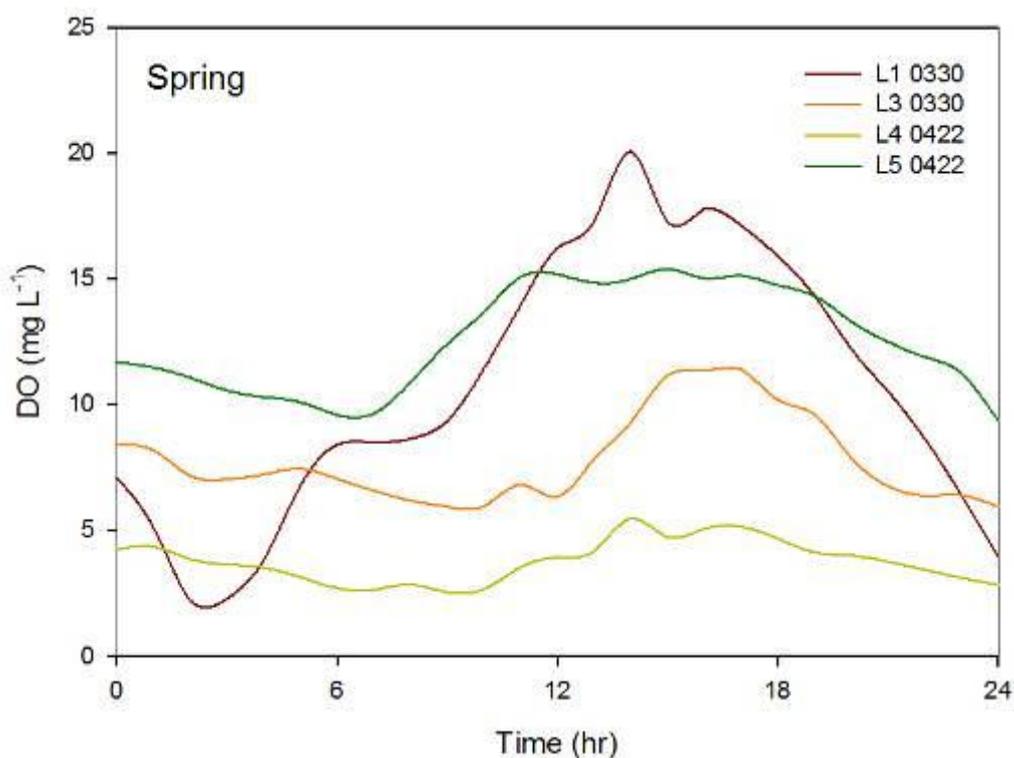


圖 3-92 2016 年春季陵水湖一日溶氧變化
(資料來源：本研究)

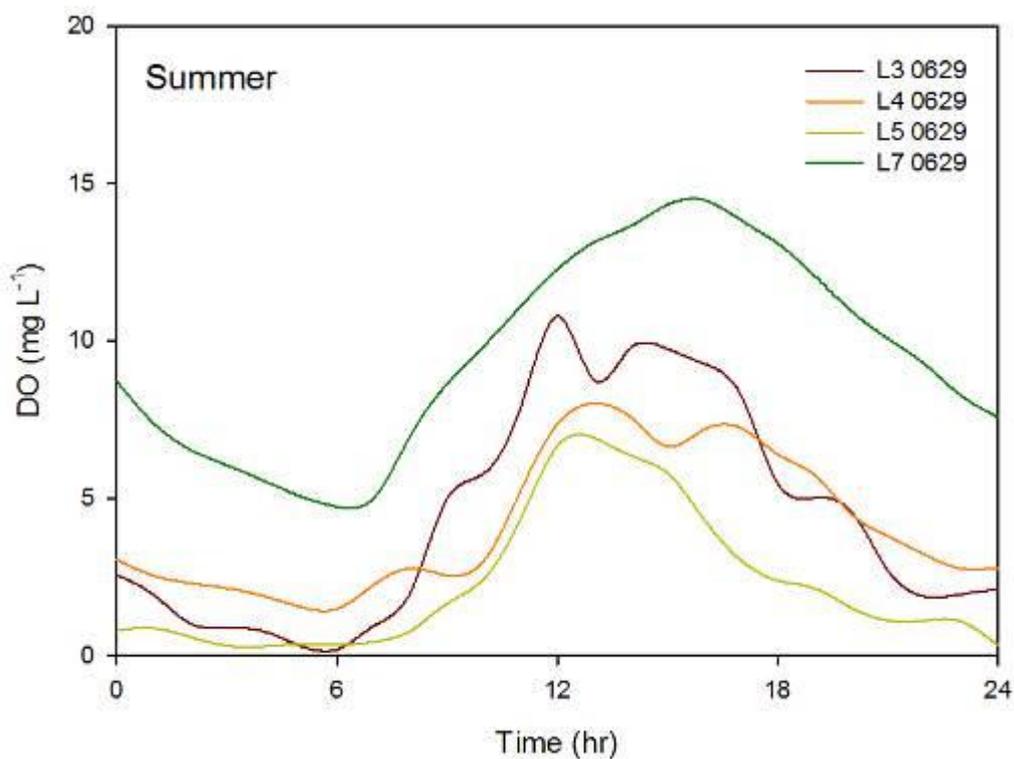


圖 3-93 2016 年夏季陵水湖一日溶氧變化
(資料來源：本研究)

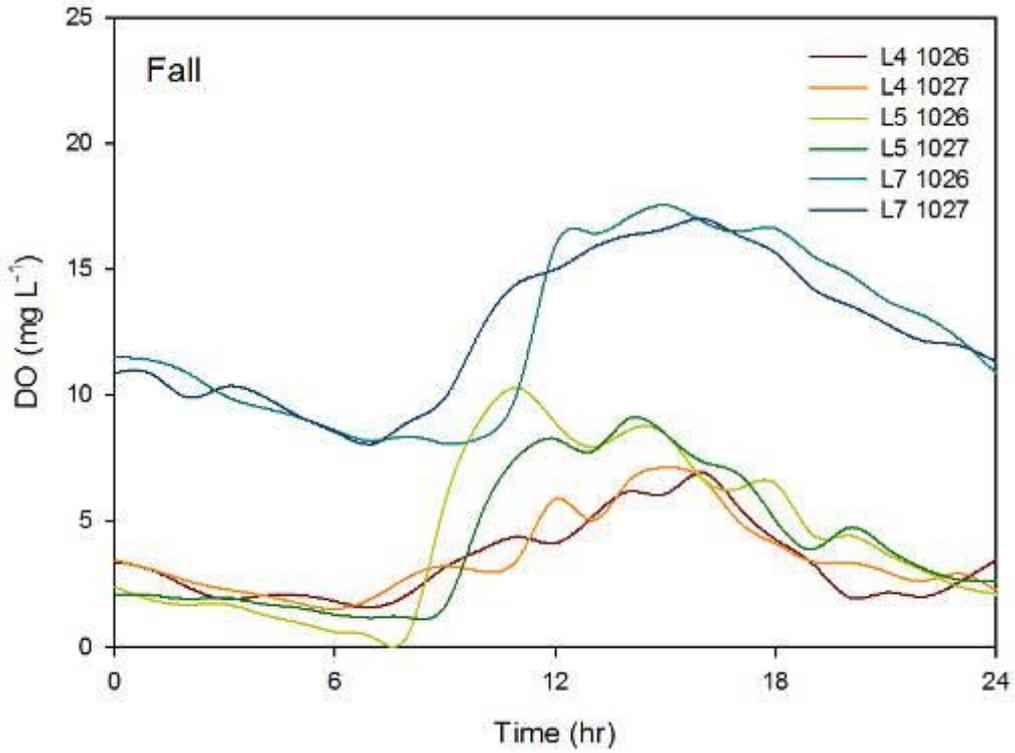


圖 3-94 2016 年秋季慈湖一日溶氧變化
(資料來源：本研究)

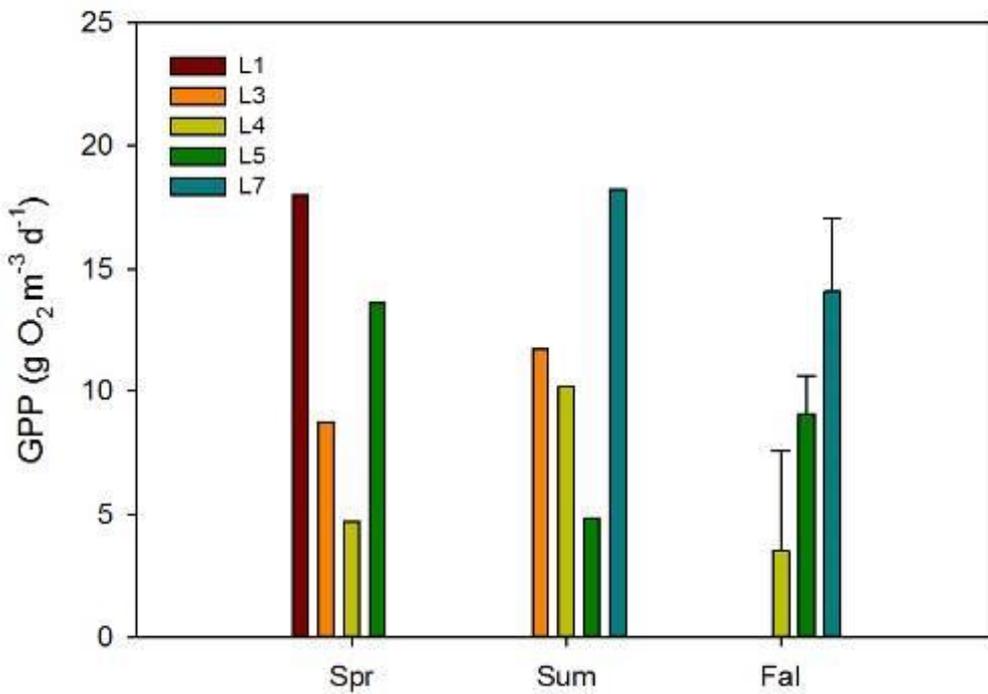


圖 3-95 2016 年春季至秋季陵水湖基礎生產量
(資料來源：本研究)

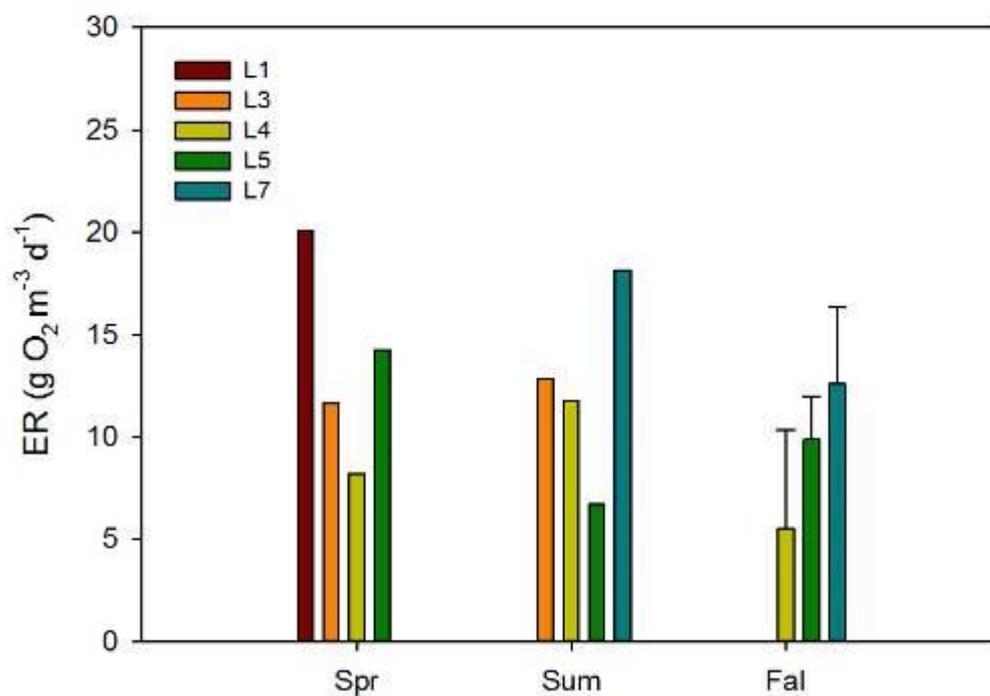


圖 3-96 2016 年春季至秋季陵水湖系統呼吸量
(資料來源：本研究)

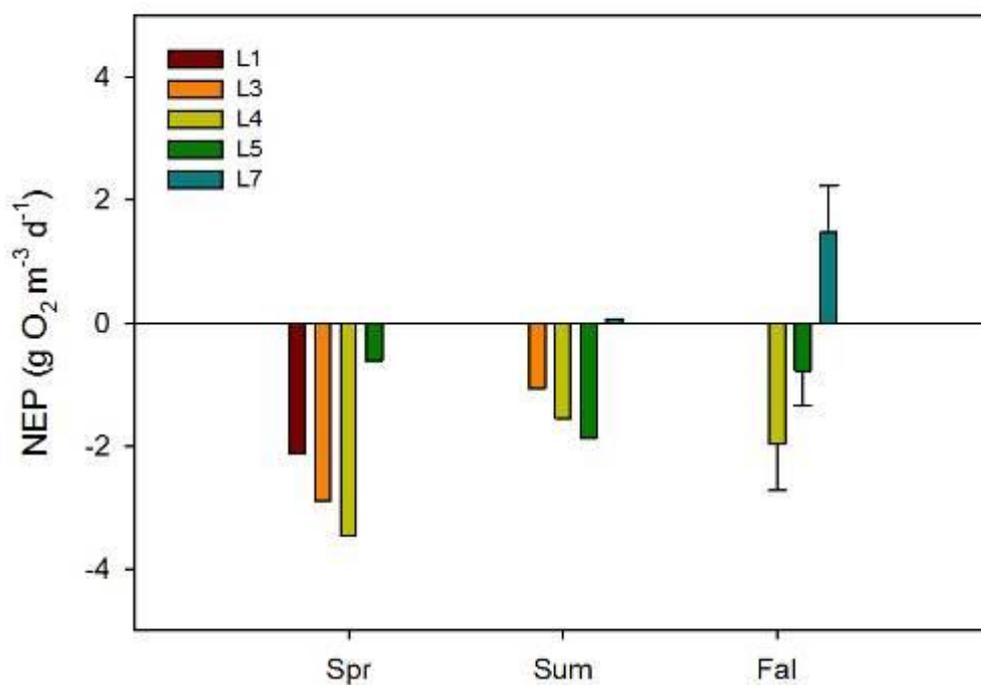


圖 3-97 2016 年春季至秋季陵水湖淨系統生產量
(資料來源：本研究)

第四章 結論與建議

第一節、結論

壹、慈湖、陵水湖之水質劣化

本計畫3季之成果顯示，慈湖集水區以農地所占之比例最高，故營養來源應以農業活動施用之肥料為主。儲存於土壤之營養隨雨水進入農田排水，再經由溝渠注入慈湖，使東側測站之營養鹽增加，並促進浮游藻類生長，故可見C4、C5、C6、C7、C8測站之硝酸鹽、銨鹽、磷酸鹽及葉綠素 a 濃度較高；C1、C2、C3、C9、C10測站因距離溝渠較遠，且靠近水閘門，水體流動程度較好，故水質狀態相對優良。整體而言，慈湖之總基礎生產量約為 $361.4 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ，屬於優養水域。為改善慈湖水質，本計畫建議可於明年度延長防潮閘門之開啟時間，以加快水體交換速度。

陵水湖集水區以農田之占有面積最廣，顯示營養鹽源於農業活動使用之肥料。而上庫聚落緊鄰陵水湖，亦可能有少量生活污水流入。污水、廢水由楊厝、上庫一帶注入陵水湖內池，故C7、C8、C9測站之硝酸鹽、葉綠素 a 濃度及濁度較高，至中池(L5)、外池(L3)後，營養鹽與藻類濃度已略微下降。東池(L4、L6)未直接與內池相連，故水質狀態相對優良。整體而言，陵水湖之總基礎生產量約為 $962.5 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ，屬於超優養水域。為改善陵水湖水質，本計畫建議可於明年度起設置人工浮島吸收營養，以減輕優養化程度。

貳、水庫水質管理

蘭湖、瓊林、擎天水庫均屬於優養狀態。根據土地利用調查成果，蘭湖、瓊林水庫集水區之農地面積約占3至4成，因此以農田廢水為主要之污染源。擎天水庫位於太武山麓，集水區內除軍營外少有人為活動，但仍屬優養水庫。3水庫中，以瓊林水庫之水質最差，可能與其水位過淺，水體稀釋能力降低有關，故應密切注意水位與水質間之關係，並設法改善。綜合而言，蘭湖、瓊林、擎天水庫之水質狀態與其集水區管理方式相關，故應以集水區污染源為重點管理目標，方能解決優養化問題。由於3水庫均為行政

院環保署之水質監測水庫，故本計畫明年度擬取消水質監測工作，以避免重複性調查。

參、慈湖、陵水湖淤積陸化

慈湖東側之水深較淺，但歷年衛星影像顯示目前尚無明顯陸化趨勢。本計畫原擬以水收支模式及懸浮固體濃度計算溝渠輸砂量及閘門排砂量，然而金門地區水道流短，除暴雨狀態外，溝渠水之流速幾乎趨近於零。因此，明年度將以合理化公式估算集水區入水量，以估計較接近真實狀態之輸砂量。此外，考慮風砂及邊坡影響，將分別以集砂器及土壤流失公式推估泥沙輸入量，以量化慈湖陸化速度。

由歷年航照圖與本計畫以四軸航拍器拍攝之照片顯示，陵水湖東池於 2010 年前即有陸化趨勢。植物演替分析亦指出，此區之植物相多數已演替至中期或近成熟期，以李氏禾最為優勢。李氏禾為強勢之濕地植物，一旦環境適宜即快速擴張，屬於湖泊陸化之指標物種之一。因此，為避免有機質囤積造成湖泊陸域化，應有限度移除植被。

肆、陵水湖水體留存問題探討及改善對策

由於今年整體雨量豐沛，故於調查期間陵水湖各池之水位極高，未有乾旱之狀況。本計畫明年度將持續觀察，已探討適宜之管理辦法。

伍、慈湖菲律賓簾蛤採捕管理

慈湖之菲律賓簾蛤分布於水閘門一帶(C1、C2、C3 測站)，且約有 8 成之個體集中在 C1 測站。過去文獻指出，菲律賓簾蛤偏好棲息於含砂量 60 至 70%、粉泥含量低於 10% 之環境。而慈湖僅有 C1、C2 測站之底質含砂量較高，故可見菲律賓簾蛤分布受限於底質之砂泥比例。另一方面，慈湖 C3 至 C8 測站之表層土壤均屬還原態，代表底質之缺氧程度嚴峻，因此亦不易於菲律賓簾蛤存活。

菲律賓簾蛤豐度自 5 月達到高峰後始大幅下降。初步推測，6 至 8 月為當地漁民「摸蚶」之盛期，故採捕行為可能是導致族群量降低之原因之一。此外，夏季夜間溶氧量偏低，亦可能使菲律賓簾蛤因缺氧而大幅死亡。另一方面，9 月 15 日登陸金門之莫蘭蒂颱風，挾帶強風豪雨影響慈湖底質與水質，也可能造成菲律賓簾蛤之族群量下降。

菲律賓簾蛤肥滿度指數自 4 月達峰值後迅速下降，於 6 月重新上升後，至 9 月再大幅降低，顯示 4-6 月及 9-10 月為菲律賓簾蛤之釋卵期。成熟之菲律賓簾蛤體長，尚需待調查滿 1 年後，方可以 VBGF 生長方程式估算，故本計畫每月之菲律賓簾蛤調查將持續至明年 4 月。

陸、生態系統尺度研究

生態系統係指生物與環境因子之綜合體。過去研究顯示，慈湖、陵水湖為鳥類覓食、休息之區域，故維護慈湖水生生物之族群，有利於生態系之穩定發展。而水生生物之豐度，則取決於水域基礎生產者之生產量(bottom-up control)及高階掠食者之攝食量(top-down control)。

本計畫今年度 3 季之成果中，慈湖共調查鳥類 35 科 73 種，魚類 9 科 18 種，螺貝類 8 科 14 種，植物 33 科 73 種。鳥類調查結果顯示，常見於慈湖之鳥類以鷺科、高腳鶻科、鷓鴣科、鴨科、雁鴨科為主。其中，鴨科、雁鴨科較常出沒於湖中央；高腳鶻科、鷺科位於湖中小島或邊緣淺灘；鷓鴣則棲息於北側之木麻黃林，顯示慈湖提供多樣之棲地予鳥類停棲、覓食。水深為影響慈湖鳥類分布之重要因子，故本計畫未來擬利用 ArcGIS 繪製慈湖等深線圖，以量化鳥類之可利用區域。魚類方面，慈湖為許多幼魚、亞成魚之重要育幼場，故應予以保護，以確保鳥類與漁業之資源永續利用。底棲動物方面，慈湖螺貝類之測站差異明顯，C1 至 C4 測站因底質含砂量較高，故組成以菲律賓簾蛤、歪簾蛤、月光唱片蛤等二枚貝類為主；C5 至 C8 測站之底質較泥濘，因此以食腐性之螺類較優勢。系統代謝結果顯示，慈湖之 GPP 與 ER 受營養鹽濃度影響。NEP 接近於零，顯示系統處於平衡狀態。然而，夏季高溫導致溶氧飽和度降低並同時促進藻類及微生物作用，使夜間溶氧值幾乎趨近於 0，可見慈湖之水生生物已面臨缺氧之困境，亟需尋求解決辦法。

本計畫今年度 3 季之成果顯示，陵水湖共記錄鳥類 32 科 59 種，魚類 9 科 17 種，螺貝類 6 科 7 種，植物 18 科 38 種。鳥類調查結果顯示，陵水湖中央為鷺科鳥類之休息區域，但 9 月後因颱風豪雨淹沒水生植物，故改以覓食行為比例較高。魚類方面，陵水湖以食蚊魚、極樂吻鰕虎為優勢魚種，外來魚類高達 5 成，可見外來種入侵嚴重。底棲

生物方面，除外湖(L1、L2 測站)記錄燒酒海蜷、栓海蜷等螺貝類外，其餘內湖測站幾乎未發現螺貝類。系統代謝結果顯示，陵水湖之 GPP 與 ER 受營養鹽濃度影響，以近內陸之 L7 測站最高。NEP 為負值，可能導因於水生植物之有機質分解所致。

若欲由生態系尺度面向探討濕地之管理方式，應盡可能調查水域中各類群之水生生物。本計畫今年度已蒐集慈湖、陵水湖之魚類、螺貝類、鳥類數據，故明年度擬改以蝦蟹類、浮游動物、小型底棲生物(如多毛類)為調查目標；基礎生產者方面，固著性之陸域植物變異性低，因此擬改以水域之大型藻類、底棲微藻為調查對象。最後，於第3年度綜合各生物類群數據並進行生態系統尺度分析。另一方面，今年度結果指出螺貝類組成可反映水質、底質之優劣，為探討水閘門開閉時間之影響，明年度擬持續螺貝類調查；慈湖水位高低影響鳥類之棲息意願，因此明年度本計畫擬以 ArcGIS 繪製慈湖之等深線圖，以估算在各水位狀態下鳥類可利用之棲地面積。

第二節、建議

建議一：立即可行建議—提升慈湖海水交換率

主辦單位：金門國家公園管理處

農業活動之營養鹽輸入與水體交換不良為慈湖水質劣化之兩大主因。過多之營養鹽促使藻類繁生，進而導致水體缺氧，已對慈湖內之水生生物造成威脅；而水體循環差則造成營養鹽與有機物滯留，加劇優養化程度。為改善慈湖之水體流動程度，本計畫提出下列兩方案：方案一：利用水利設施抽引海水，自慈湖東側兩溝渠(C5、C7 測站)注入慈湖，除加速慈湖水體更替外，亦可沖刷底部淤泥，降低淤積程度。然而，此方法所費不貲，且牽涉土地權屬問題，執行相對困難，故本計畫提出第二方案：延長慈湖防潮閘門開啟時間，增加換水頻率。目前慈湖之防潮閘門僅於農曆初一、十五前後兩日開啟，惟排砂閘門採橫開啟之方式操作，水位約維持在 EL1.20 m；颱風前夕，為避免慈湖農莊溝渠排水不及導致回淹，則將水位降至 EL 0.91 m。開啟防潮閘門引入海水可稀釋慈湖之營養濃度，然而水位過高不僅影響周邊住戶之人身、財產安全，亦減少鳥類之可利用棲地，因此本計畫認為可增加入水、出水頻率，保持水體流動性以改善慈湖水質。建議將水位維持在約 EL0.90 m 至 EL1.20 m 間，於低水位時開啟防潮閘門引入海水，高水位時維持出水，並在水位低於 EL0.90 m 前再次引入海水，依此循環操作。此外，因排砂閘門之出水量有限，故建議可增設抽水設備，除加快水體交換速度外，亦可於颱風及暴雨為防災所用。本計畫明年度將建構符合現況之水收支模式，進而計算水體停留時間，以作為抽水量體之估算依據。而為探討增加水體交換率對慈湖生物多樣性之影響，本計畫明年度將持續水質、螺貝類及鳥類之調查工作。

建議二：立即可行建議—陵水湖生態工法

主辦單位：金門國家公園管理處

協辦單位：上庫聚落社區發展協會

布袋蓮為近年來嚴重危害臺灣水域之水草之一，常於夏季時在營養豐富之水域迅速繁殖，造成水道、水門堵塞，且其葉面蒸發蒸散率高，更加速水體之流失速度。然而，布袋蓮具有快速吸收氮、磷之特性，故亦常用於污水淨化工作。Marshall (1997)指出，當布袋蓮覆蓋率達 30%，有明顯之氮、磷削減能力；Rommens *et al.* (2003)則指出，1 公斤之布袋蓮 1 小時約可吸收 2.36 mg 之銨鹽、1.13 mg 之硝酸鹽及 0.39 mg 之磷酸鹽，但同時亦使水體之溶氧量降低。本計畫結果顯示，陵水湖中池(L5)之布袋蓮抑制藻類光合作用，亦會降低水中溶氧量。低溶氧環境極不利水生生物生存，美國環保署指出溶氧低於 4.8 mg L^{-1} 即不利於魚類生長；低於 2.3 mg L^{-1} 則已危及存活(EPA. US 1986)。McVea & Boyd (1975)之研究顯示，在布袋蓮覆蓋率達 10 至 25%之狀況下(水塘面積約 0.04 ha)，水體溶氧仍可維持於 2 mg L^{-1} 之上，不致使魚類死亡，但因藻類生產量下降，使魚類食物資源減少；而當布袋蓮覆蓋率小於 10%，則不影響魚類生產量。換言之，當布袋蓮覆蓋度達 10%時即應予以捕撈處理，以避免危及魚類族群。另一方面，Villamagna & Murphy (2010)指出，在布袋蓮群集之邊緣區域，有利於浮游動物與大型底棲生物生存，故建議可將布袋蓮分為數個小區處理，增加棲地多樣性，同時減輕溶氧下降幅度。有鑑於陵水湖內池(L7)之優養化程度最嚴峻，因此本計畫建議可於內池近上庫(L8)或楊厝(L9)一帶圈放適量之布袋蓮，以吸收過量之營養鹽。布袋蓮覆蓋度對水質、水生生物之影響因地而異，因此，若欲以布袋蓮執行除污工作，則應確實限制其生長範圍，並監測溶氧濃度，避免植株過度生長，並制定適地之布袋蓮覆蓋度規範。

「人工浮島」為近年來廣泛運用於水庫、封閉湖泊之水質淨化工法之一，浮島上種植之水生植物不僅可吸收氮、磷等營養鹽，亦提供棲所予生物棲息，增加水域生物多樣性。陵水湖為鳥類覓食之重要棲地，然而，在莫蘭蒂颱風過後，內池、中池、外池之水生植物因颱風豪雨淹沒，使鳥類之休息棲地大幅減少。另一方面，陵水湖水體優養化程度嚴重，亦可能影響鳥類食物資源。因此，為增加鳥類棲地並減輕優養化問題，本計畫建議可於陵水湖設置人工浮島。其中，內池(L7)位於陵水湖內陸側，鄰近污染源，且水域相對開闊，再加上水位亦於操控，故建議將人工浮島設於內池，由上游控制污染，並避免早期時水位過低導致植栽死亡。本計畫預計於明年度執行布袋蓮試驗，故建議可於

第三年度再設置浮島，以避免兩種工法之交叉影響。

建議三：立即可行建議—草魚試驗

主辦單位：金門國家公園管理處—烈嶼管理站

據陵水湖當地耆老表示，駐軍時期陵水湖為養殖所用，主要放養草魚、吳郭魚及烏魚等魚類。草魚為植食性魚類，幼時以無脊椎動物為食，成體則轉換為完全草食性，在國外常用於水生植被控制。2009年7月金管處即曾於陵水湖及周邊池塘放流2000尾草魚魚苗，欲抑制水生植物擴散，然迄今仍未觀察到草魚族群。Jordan (2003)建議，若欲以草魚控制植被，宜選擇體長300 mm之個體(0.5kg fish⁻¹)，並將密度控制於每公頃25至60尾魚；而在紐約及佛羅里達則將密度控制在小於37 fish ha⁻¹與13 fish ha⁻¹。草魚若在水域發展穩定族群，可能完全去除水生植物，致使魚類喪失產卵處，且其擾動底質亦可能使水質惡化，同時造成傳染病問題。因此，若欲以草魚控制水生植被，應謹慎維持其數量，建議應施放無法繁殖之三倍體群體，以避免草魚族群擴張；此外，應確定可將草魚圈養至特定範圍，以避免嚴重之生態影響。本計畫建議，在確保草魚無法發展族群之前提下，可以此方法執行生物防治，但仍需配合後續密集之草魚族群量與水生植物覆蓋度監測，以避免潛在之生態影響。

建議四：中長期可行建議—陵水湖東池移除水生植物

主辦單位：金門國家公園管理處

協辦單位：上庫聚落社區發展協會

陵水湖東池遍布李氏禾、蘆葦等水生植物，雖陸域化為湖泊演替之最終階段，但為維持生物棲地，應有限度移除湖中水生植物。本計畫建議將植被面積控制於40%以下較佳。東池底質密實，故可以人工方式移除植被，而為避免水生植物於操作期間擴散，應將水深維持於50 cm以上，並依現場狀況調整。移除後需密切注意水生植物是否重新拓殖，尤其在低水位時，若有擴散傾向宜立即處理。水生植物可供水鳥躲藏，故為鸕鶿科、雁鴨科、秧雞科等鳥類偏好之棲所，然而莫蘭蒂颱風過後，內池、中池、外池之水生植

物多被淹沒，故本計畫建議在短期內不宜執行大幅度之移除工作。

建議五：中長期建議—湖庫集水區管理

主辦單位：金門縣政府

協辦單位：金門縣政府農業試驗所

金門地區水體保存不易，水源多仰賴湖庫匯集。然而，周遭農牧業廢水及家庭污水排入，導致水體優養化，不僅危害水域生物，亦導致飲用水殘毒疑慮。近年來，金門自來水廠積極推廣家戶污水接管，目前於水庫集水區周圍之村落大多已完成污水納管工作，但農業與零星畜養牛隻造成之非點源污染，仍亟需尋求解決方法。蘭湖與瓊林水庫緊鄰農地，因此本計畫建議應由根源解決問題，於水庫周邊加強離農、離牧政策推行，以劃設淨水緩衝區；再宣導適宜之施肥方式，減輕氮、磷排放。金門縣政府農試所推廣合理化施肥行之有年，迄今已逐步降低農民之化學肥料使用量，為提高土壤保水、保肥力，則宣導以有機肥料替代，同時發展牛糞堆肥，將農業廢棄物重歸農用。本計畫建議金管處應協助合理化施肥之推廣，並探討肥料與水質間之關係，以制定最佳之施肥方式。本計畫認為擎天水庫之水質可能受軍營污水影響，故應確認其污水接管狀態。

附錄一 植物名錄

編號	學名(*為歸化種#為栽培種)	中文名	慈湖	陵水湖	備註
一、Dicotyledon 雙子葉植物					
1. Aizoaceae 番杏科					
1	<i>Tetragonia tetragonoides</i> (Pall.) Ktze. (草本, 原生, 普遍)	番杏	●		
2. Amaranthaceae 莧科					
2	<i>Achyranthes bidentata</i> Blume(草本, 原生, 普遍)	牛膝	●		
3	<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) R. Brown (草本, 原生, 普遍)	蓮子草	●		
4	* <i>Amaranthus lividus</i> L. (草本, 歸化, 普遍)	凹葉野莧菜	●		
3. Asteraceae 菊科					
5	* <i>Aster subulatus</i> Michaux. (草本, 歸化, 普遍)	掃帚菊	●	●	
6	* <i>Bidens pilosa</i> L. <i>radiata</i> Sch. Bip. (草本, 歸化, 普遍)	大花咸豐草	●	●	
7	* <i>Conyza bonariensis</i> (L.) Crong. (草本, 歸化, 普遍)	美洲假蓬	●		
8	<i>Eclipta prostrata</i> L. (草本, 原生, 普遍)	鱧腸	●	●	
9	<i>Lactuca indica</i> L. (草本, 原生, 普遍)	鵝仔草	●		
10	* <i>Parthenium hysterophorus</i> L. (草本, 歸化, 普遍)	銀膠菊	●	●	
11	<i>Sonchus oleraceus</i> L. (草本, 原生, 普遍)	苦蕒菜	●		
4. Brassicaceae 十字花科					
12	* <i>Coronopus didymus</i> (L.) Smith (草本, 歸化, 普遍)	臭濱芥	●		
13	* <i>Lepidium virginicum</i> L. (草本, 歸化, 普遍)	北美獨行菜	●		
5. Caryophyllaceae 石竹科					
14	<i>Spergularia salina</i> J. & C. Presl (草本, 原生, 普遍)	擬漆姑草	●		
6. Casuarinaceae 木麻黃科					

編號	學名(*為歸化種#為栽培種)	中文名	慈湖	陵水湖	備註
15	# <i>Casuarina cunninghamiana</i> Miq. (喬木, 栽培, 中等)	肯氏木麻黃		●	
16	# <i>Casuarina junghuhniana</i> Miq. (喬木, 栽培, 普遍)	山木麻黃	●	●	
7. Celastraceae 衛矛科					
17	<i>Celastrus punctatus</i> Thunb. (木質藤本, 原生, 中等)	光果南蛇藤	●		
8. Chenopodiaceae 藜科					
18	<i>Chenopodium serotinum</i> L. (草本, 原生, 普遍)	小葉灰藿	●		
9. Commelinaceae 鴨跖草科					
19	<i>Commelina communis</i> L. (草本, 原生, 普遍)	鴨跖草		●	
20	<i>Murdannia keisak</i> (Hassk.) Hand.-Mazz. (草本, 原生, 普遍)	水竹葉	●		
10. Convolvulaceae 旋花科					
21	* <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk. (草質藤本, 歸化, 普遍)	空心菜		●	
22	<i>Ipomoea biflora</i> (L.) Pers. (草質藤本, 原生, 普遍)	白花牽牛		●	
23	* <i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet (草質藤本, 歸化, 普遍)	槭葉牽牛	●	●	
24	<i>Ipomoea obscura</i> (L.) Ker-Gawl. (草質藤本, 原生, 普遍)	野牽牛	●		
25	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) Sweet subsp. <i>brasiliensis</i> (L.) Oostst. (草質藤本, 原生, 普遍)	馬鞍藤	●		
26	* <i>Ipomoea triloba</i> L. (草質藤本, 歸化, 普遍)	紅花野牽牛	●	●	
11. Cucurbitaceae 瓜科					
27	* <i>Momordica charantia</i> L. var. <i>abbreviata</i> Ser. (草質藤本, 歸化, 普遍)	山苦瓜	●		
12. Euphorbiaceae 大戟科					
28	<i>Sapium sebiferum</i> (L.) Roxb. (喬木, 原生, 普遍)	烏白	●	●	
13. Fabaceae 豆科					

編號	學名(*為歸化種#為栽培種)	中文名	慈湖	陵水湖	備註
29	<i>Acacia confusa</i> Merr. (喬木, 原生, 普遍)	相思樹	●		
30	<i>Canavalia lineata</i> (Thunb.) DC. (草質藤本, 原生, 普遍)	肥豬豆	●		
31	* <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit (灌木, 歸化, 普遍)	銀合歡	●		
32	<i>Melilotus indicus</i> (L.) All. (草本, 原生, 中等)	印度草木犀	●		
33	* <i>Sesbania cannabiana</i> (Retz.) Poir (草本, 歸化, 普遍)	田菁	●		
14. Lauraceae 樟科					
34	<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C. B. Rob. (喬木, 原生, 中等)	潺槁木薑子	●	●	
15. Malvaceae 錦葵科					
35	* <i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke (草本, 歸化, 普遍)	賽葵	●		
36	<i>Sida rhombifolia</i> L. (小灌木, 原生, 普遍)	金午時花	●		
16. Meliaceae 楝科					
37	<i>Melia azedarach</i> L. (喬木, 原生, 普遍)	楝	●	●	
17. Menispermaceae 防已科					
38	<i>Cocculus orbiculatus</i> (L.) DC. (木質藤本, 原生, 普遍)	木防已	●		
18. Moraceae 桑科					
39	<i>Ficus microcarpa</i> L. f. var. <i>microcarpa</i> (喬木, 原生, 普遍)	榕	●		
40	* <i>Morus alba</i> L. (灌木, 歸化, 普遍)	桑樹	●		
41	<i>Morus australis</i> Poir. (灌木, 原生, 普遍)	小葉桑	●		
19. Onagraceae 柳葉菜科					
42	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> (G. Don) Exell (草本, 原生, 普遍)	細葉水丁香	●		
20. Oxalidaceae 酢醬草科					
43	<i>Oxalis corniculata</i> L. (草本, 原生, 普遍)	酢醬草	●		
21. Pittosporaceae 海桐科					

編號	學名(*為歸化種#為栽培種)	中文名	慈湖	陵水湖	備註
44	<i>Pittosporum tobira</i> Ait. (灌木, 原生, 普遍)	海桐	●		
22. Plumbaginaceae 藍雪科					
45	<i>Plumbago zeylanica</i> L. (蔓性灌木, 原生, 普遍)	烏面馬	●		
23. Polygonaceae 蓼科					
46	<i>Polygonum glabrum</i> Willd. (草本, 原生, 普遍)	紅辣蓼		●	
47	* <i>Rumex crispus</i> L. (草本, 歸化, 普遍)	皺葉酸模	●	●	
48	<i>Rumex nipponicus</i> Fr. & Sav. (灌木, 原生, 中等)	刺果羊蹄	●	●	
24. Rhamnaceae 鼠李科					
49	<i>Berchemia lineata</i> (L.) DC. (灌木, 原生, 普遍)	小葉黃鱔藤	●		
50	<i>Sageretia thea</i> (Osbeck) M. C. Johnst. (攀緣灌木, 原生, 普遍)	雀梅藤	●		
25. Rosaceae 薔薇科					
51	<i>Rubus parvifolius</i> L. (灌木, 原生, 普遍)	紅梅消	●		
26. Rubiaceae 茜草科					
52	<i>Paederia foetida</i> L. (草質藤本, 原生, 普遍)	雞屎藤	●	●	
27. Rutaceae 芸香科					
53	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack. (灌木, 原生, 普遍)	月橘	●		
28. Sapindaceae 無患子科					
54	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L. (草質藤本, 原生, 普遍)	倒地鈴	●		
29. Solanaceae 茄科					
55	<i>Lycium chinense</i> Mill. (灌木, 原生, 普遍)	枸杞	●		
56	* <i>Solanum americanum</i> Miller (草本, 歸化, 普遍)	光果龍葵	●	●	
57	<i>Solanum nigrum</i> L. (草本, 原生, 普遍)	龍葵	●		
30. Ulmaceae 榆科					

編號	學名(*為歸化種#為栽培種)	中文名	慈湖	陵水湖	備註
58	<i>Celtis biondii</i> Pamp. (喬木, 原生, 普遍)	沙楠子樹	●		
59	<i>Celtis sinensis</i> Personn (喬木, 原生, 普遍)	朴樹	●	●	
31. Verbenaceae 馬鞭草科					
60	* <i>Lantana camara</i> L. (灌木, 歸化, 普遍)	馬纓丹	●	●	
二、Monocotyledon 單子葉植物					
32. Cyperaceae 莎草科					
61	<i>Cyperus compressus</i> L. (草本, 原生, 普遍)	扁穗莎草	●		
62	<i>Cyperus difformis</i> L. (草本, 原生, 普遍)	異花莎草	●		
63	<i>Cyperus iria</i> L. (草本, 原生, 普遍)	碎米莎草		●	
64	<i>Cyperus stoloniferus</i> Retz. (草本, 原生, 普遍)	粗根莖莎草	●		
65	<i>Fimbristylis subbispicata</i> Nees & Meyen. (草本, 原生, 普遍)	水蔥	●		
33. Lemnaceae 浮萍科					
66	<i>Lemna perpusilla</i> Torr. (草本, 原生, 普遍)	浮萍		●	
34. Poaceae 禾本科					
67	<i>Arundo donax</i> L. (草本, 原生, 普遍)	蘆竹	●	●	
68	<i>Brachiaria subquadripara</i> (Trin.) Hitchc. (草本, 原生, 普遍)	四生臂形草		●	
69	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. (草本, 原生, 普遍)	狗牙根	●	●	
70	<i>Dichanthium annulatum</i> (Forsk.) Stapf (草本, 原生, 普遍)	雙花草	●		
71	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel. (草本, 原生, 普遍)	升馬唐		●	
72	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. (草本, 原生, 普遍)	馬唐	●		
73	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv. (草本, 原生, 普遍)	稗		●	
74	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. (草本,	牛筋草	●	●	

編號	學名(*為歸化種#為栽培種)	中文名	慈湖	陵水湖	備註
	原生, 普遍)				
75	<i>Leersia hexandra</i> Swartz (草本, 原生, 普遍)	李氏禾	●	●	
76	<i>Miscanthus floridulus</i> (Labill.) Warb. ex Schum. & Laut. (草本, 原生, 普遍)	五節芒	●		
77	<i>Neyraudia reynaudiana</i> (Kunth) Keng ex Hitchc. (草本, 原生, 普遍)	類蘆	●		
78	<i>Panicum repens</i> L. (草本, 原生, 普遍)	鋪地黍	●	●	
79	<i>Paspalum distichum</i> L. (草本, 原生, 普遍)	雙穗雀稗		●	
80	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L. var. <i>orbiculare</i> (G. Forster) Hackel (草本, 原生, 普遍)	圓果雀稗		●	
81	<i>Paspalum vaginatum</i> Sw. (草本, 原生, 普遍)	海雀稗	●	●	
82	* <i>Pennisetum purpureum</i> Schumach. (灌木, 歸化, 普遍)	象草	●		
83	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud. (直立草本, 原生, 普遍)	蘆葦	●	●	
84	<i>Setaria faberii</i> Herrm. (草本, 原生, 普遍)	法氏狗尾草	●		
85	Poaceae sp.1	禾本科 sp.1	●		
35. Pontederiaceae 兩久花科					
86	* <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms (草本, 歸化, 普遍)	布袋蓮		●	
36. Typhaceae 香蒲科					
87	<i>Typha orientalis</i> Presl (草本, 原生, 普遍)	水燭		●	

附錄二 評選委員意見與說明

委員	委員意見	說明
陸委員 曉筠	1.建議針對特殊氣候，如大雨、颱風及低溫等進行資料收集，作為後續極端氣候因應策略。	特殊氣候後之調查資料會特別留意其差異性，作為後續極端氣候因應策略
	2.是否針對其他物種資源，如兩爬動物進行調查？	進行植物調查時，若發現兩生類、爬蟲類、哺乳類等動物或痕跡，會一併列入調查紀錄(第 43 頁)。
	3.參考金烈大橋資料，增加海岸水文資料。	本計畫將搜集周邊相關調查資料做為參考，包含金烈大橋環評資料。
	4.水文一手資料如雨量、地下水等是否足夠後續估算？	本計畫將參酌鄰近地區雨量站及地下水資料，以進行後續水文估算。
	5.應將魚塭優養化、居民污水排放等列入對於慈湖的影響。	土地利用為影響水質之重要因子，亦為本計畫重點工作項目之一。
林委員 旭宏	1.本案為三年期計畫，且調查項目多樣，建議調查次數調整涵蓋各個月份。	暫定調查月份分別為第 1 年 3、6、9、12 月，第 2 年 2、5、8、11 月，第 3 年 1、4、7、10 月(第二章)。
	2.應注意本案經費配置比例對於後續計畫執行及經費核銷是否有影響。	謝謝委員提醒，本計畫將妥善安排經費之運用。
	3.植群調查應結合過去文獻併入研究。	遵照辦理。
	4.原始資料應保留並上傳資料庫。	上傳至國家公園資料庫為合約規定工作項目之一。
蘇委員 承基	1.建議整合過去資料提出經營管理建議。	遵照辦理。
	2.應慈湖及陵水湖的陸化及水質情形提出改善策略。	水質檢測為既定之工作項目，此外我們亦會針對慈湖、陵水湖進行土地利用調查，以釐清造成水質劣化之主因，並提出經營管理建議。陸化部分，我們預期待以水文收支模式瞭解慈湖之淤沙來源，並量化水文參數(如流速、流量、水體停留時間)，作為未來棲地改善依據。陵水

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源之研究(1/3)

		湖陸化與水生植物息息相關，故水生植物覆蓋度、種類亦為本計畫調查項目之一。
	3.陵水湖湖庫的串連及水體保存為本案重點之一。	謝謝委員提醒，我們會利用水文收支模式檢視陵水湖湖庫的串聯及水體留存(第 11 頁)。
邱委員 天火	1.相關儀器可放置管理站。	感謝提供場地。
	2.擎天水庫後續可協助與金防部申請。	感謝協助。
	3.建議可向軍方詢問相關水文資料。	遵照辦理。
	4.經營管理策略應提出立即可行及長期性建議，非三年後才提出策略。	計畫執行中若有初步發現將陸續提出經營管理策略(第 11 頁)。
	5.建議將重金屬監測如汞納入考量。	本計畫將測定瓊林、蘭湖及擎天水庫之魚類體內汞濃度(第 17 頁)。
鄭召集人 瑞昌	1.金門氣象站應有相關氣象資料可納入本案參考。	遵照辦理。
	2.依規定申請採集證及資料上傳資料庫。	遵照辦理。
	3.經營管理策略應提出立即可行及長期性建議，以利管理處能立即參考辦理。	計畫執行中若有初步結果，將立即提出可行之經營管理建議。整體之長期建議須蒐集足夠資料方可制定，故預計於第 3 年度提出。

附錄三 工作計畫書審查委員意見與說明

委員	審查意見	回覆與辦理情形
邱課長 天火	1.工作計畫案尚符合本案目標。	謝謝委員指教。
	2.潮汐時間如農曆初一到初三，十五到十七應相似，調查可以調整。	謝謝委員指教。
	3.採樣及樣品寄送須謹慎，避免在運送途中發生意外影響研究結果。	謝謝委員指教。
	4.建立三個湖庫資料有助於對照未來境外引水影響。	目前各水庫僅有自來水公司之水質監測資料，並未探討水質與周邊人為土地使用方式之關聯性，亦未有整體之經營管理策略。本計畫之成果可做為未來各項規劃包含境外引水之參考
	5.依規定申請採集證。	遵照辦理。
楊課長 恭賀	1.自來水廠應有水質相關資料，建議整合避免重複施作。	本計畫3處湖庫中，金門縣自來水場雖有相關水質資料，但與本計畫以穿越線法取樣，並採上層水及下層水之調查方法不同，因此除整合既有資料外，本計畫仍須進行水質檢驗。
蔡主任 立安	1.研究過程器材應詳細標示，避免民眾誤會。	遵照辦理。
	2.P.13 材料單位建議統一。	已修正，謝謝指教。
	3.建議研究範圍應包含周邊資源，如陵水湖應該有四池，非計畫書內三池，慈湖亦應加強周邊資源調查。	陵水湖已增加東池中心與邊緣測站(第26頁圖2-2)。慈湖及陵水湖均有進行周邊植物、鳥類、土地利用之調查，調查過程中若有見到其他物種亦一併記錄(第20頁)。
賴主任 書輝	1.進入擎天水庫應事前通知，以利與軍方協調。	遵照辦理。
楊主任 東霖	1.陵水湖第四池應加入計畫書；後續應納入不同池水質監測。	陵水湖已增加東池中心與邊緣測站(第26頁圖2-2)。
	2.相關作業烈嶼站可配合執行。	謝謝委員指教。

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源之研究(1/3)

<p>陳課長 玉成</p>	<p>1.應與自來水廠了解該廠監測資訊，如重複調查是否針對其他湖庫研究。</p>	<p>本計畫 3 處湖庫中，金門縣自來水場雖有相關水質數據，但與本計畫以穿越線法取樣，並採上層水及下層水之調查方法不同，因此除整合既有資料外，本計畫仍須進行水質檢驗。</p>
<p>蘇秘書 承基</p>	<p>1.建議針對重要物種數量監測，如攀鱸、大鱗梅氏鱖、水獺等，以利擬定後續經營管理策略。</p>	<p>本計畫將於研究地點進行物種及數量之普查，研究過程中若見重要物種，將詳加記錄，並視情況增加監測次數，以利擬定後續經營管理策略。</p>
<p>鄭副處長 瑞昌</p>	<p>1.邀標書有規定以三個水庫進行調查，後續應加強這些水庫背景說明。 2.建議針對高污染源區域(如豬舍)周邊加強水質監測。</p>	<p>遵照辦理。 已修正慈湖水質檢測點位於第 25 頁。</p>
<p>謝處長 偉松</p>	<p>1.建議增加水庫周邊動物資源調查。 2.加強與在地團體與學校合作，培養在地專業人才。</p>	<p>已增加重要湖庫之鳥類調查於第 22 頁。 已積極與在地學生討論未來合作事宜。</p>

附錄四 期中審查委員意見與說明

委員	審查意見	回覆與辦理情形
林委員 旭宏	1.本案為三年計畫，調查資料累積並原始資料上傳資料庫相當重要；調查資料應提供詳細時間及座標位置等。	謝謝委員提醒，本計畫調查之詳細時間與座標位置將依照規定時間上傳至資料庫。
	2.有關緒論參考資料應予更新，如蓋斑鬥魚及大鱗梅氏鰱等。	謝謝委員提醒，已修正於內文第6頁
	3.花蛤調查物種應釐清。	謝謝委員提醒，本計畫調查物種為菲律賓簾蛤(<i>Ruditapes philippinarum</i>)，而非當地居民俗稱之花蛤(等邊淺蛤， <i>Gomphina aequilatera</i>)。期中報告內文已修正。
	4.慈湖水體不大但各測站水質差異大，顯示水體交換差，應加強水體交換，有助於水生生物多樣性。	謝謝委員建議。
	5.應確認經營管理目標以因應濕地演替問題。	謝謝委員提醒。
陸委員 筱筠	1.金門蒸散量應大於降雨量，少有地表逕流，應釐清不同月份周遭土地使用狀況與排入水位置及種類。	謝謝委員提醒，本計畫目前以2016年3月之氣象資料建構水文收支模式，未來擬更新數據，並以季別為單位建立模式。依據中央氣象局公布之氣象資料(2013~2015)，一般而言，金門地區3月之蒸發量應高於降雨量，然因今年度梅雨季提前，方使降雨量高於蒸發量。土地使用方式擬每季進行調查。
	2.土地調查建議以道路或行政邊界線鑑定；應釐清公私有土地，以了解不同使用類型之水文情形。	謝謝委員指導。自2016年6月起，本計畫中蘭湖、瓊林、擎天水庫之土地利用調查範圍係參考金門自來水廠公布之水庫集水區範圍；自2016年9月起，慈湖之調查範圍參考「慈湖農莊地區排水系統規劃及治理計畫」劃設之集水區，陵

		<p>水湖則依據 1/5000 之地形圖，以 GIS 劃設之集水區範圍。機關用地已以公家單位標示之。</p>
<p>莊委員 西進</p>	<p>1.金門擁有豐富的自然資源與生物多樣性，有賴諸多濕地的存在來維繫。金門面臨快速的開發，境內濕地面積日漸減少，將會影響生物多樣性的永續。本案於國家公園轄區的慈湖、陵水湖、擎天水庫等重要湖庫及其周邊進行自然資源研究，若能藉此建立相關環境與生物的基礎資料，將有助於後續爭取劃設國家重要濕地提供有利的條件。</p>	<p>謝謝委員建議，本計畫之生態調查資料於期末均會上傳至生物多樣性地理資訊系統資料庫，作為劃設重要濕地之參考依據。</p>
	<p>2.本案委託研究為期三年，委託單位設定以建立這些湖庫及周邊的自然資源，並以生態系整體思維進行自然資源規劃，然而在本案委託工作項目卻未設定陸域的昆蟲等無脊椎動物的調查，水體中的植物性與動物性浮游生物均未列入，於後續生態系整體思維的建構和棲地改善的施為可能會有所缺憾，無法兼顧到各類生物的存續，頗為可惜，後續還有兩年半的研究，或可以簡單的普查或資料彙整方式建昆蟲等各類物種的基礎資料，俾能彌補。這些生物可以季的調查頻度應可彌補。</p>	<p>謝謝委員建議。為盡可能調查濕地中之水生生物，本計畫明年度擬以動物性浮游生物替代魚類調查；植物性浮游生物之生物量則可以葉綠素 <i>a</i> 濃度量化之；昆蟲方面，因對濕地之貢獻性相對較小，故建議金門國家公園管理處可增闢新計畫已建構完善之陸域生物調查。</p>
	<p>3. P.2~4 有關慈湖、陵水湖、重要湖庫的背景資料仍有加強的空間，可再行蒐集予以補充。 P.5~7 已詳列各湖庫測站位置圖；至於鳥類、植物的調查範圍、調查點位宜以圖示指明。鳥類調查若以定點調查且每季僅擇其中一個月份這行調查，將會錯失許多鳥種的記錄，而僅</p>	<p>謝謝委員提醒，本計畫將逐步蒐集文獻並更新背景資料。植被與鳥類調查樣區已分別標示於圖 3-22~3-23 及表 3-47~3-49。鳥類調查以全區為主體，並由調查人員於環湖道路移動，以尋求良好之觀察測站。慈湖與陵水湖為鳥類之重要棲地，近年來已有持續之鳥類監測</p>

	<p>能觀察記錄到一些經常留棲性的鳥種，至於數量較稀少或移棲領域較大的鳥種能被記錄到的機率更少。於調查方法與調查時間方面宜作必要的調整。若以每月進行一次調查，累積三個月的記錄作為該季的鳥類群聚之資料，俾使調查成果與事實貼近。</p>	<p>計畫，且本計畫調查旨在制定合宜之管理辦法，係以棲地利用狀況為分析目標。由本計畫目前成果顯示，慈湖之水體交換率低導致水質優養化，威脅水生生物存活，並可能間接影響鳥類食物資源。因此，為維持慈湖之生物多樣性，延長防潮閘門開啟時間為目前較適宜之管理方式。然而，水位升高將致使湖中沙洲面積減少，進而減少鳥類覓食可利用之棲地。有鑑於此，本計畫明年度擬以 ArcGIS 繪製慈湖之等深線圖，並配合鳥類棲位，以尋求水質及鳥類棲地之最佳管理方式。</p>
	<p>4.P.10~11 所引用鳥類與植物等文獻，目前已有更新的資料，以鳥類記錄而言，截至去年已有 350 多種記錄，建請查閱中華鳥會全國鳥類記錄資料庫。</p>	<p>謝謝委員指導，鳥類文獻已根據中華民國野鳥學會公布之「2014 年臺灣鳥類名錄」與更新內文於第 7 頁。植物文獻則根據「金門植物誌」更新於第 6 頁。</p>
	<p>5.P.19~23 頁眉應為第二章。</p>	<p>謝謝委員提醒，內文已修正。</p>
	<p>6. 就過去在地鳥會調查所悉，每年於慈湖停棲的鳥類記錄約有 110 種，陵水湖每年也有 100 種左右。期中報告中在三月份於慈湖記錄 51 種、陵水湖記錄 37 種，可能與實際出現的鳥種有些差距。建請研議於調查方式與時段方面略作調整。</p>	<p>謝謝委員指導，慈湖與陵水湖之鳥類物種數已更新於第 7 頁。本計畫盡可能於日出後 4 小時內進行鳥類紀錄，並增加夜間調查，以增加記錄之鳥種數。</p>
	<p>7. 若一季僅擇其中一個月份進行一次調查，且每年同季調查月份不同，於留棲性鳥類概無疑慮。但移棲性鳥類變化較大，一季僅進行一次調查所得數據會有缺失。且為期三年的計畫各月份都僅於其中一年調查數據，後續難以觀察分析這三年鳥類群聚的月變</p>	<p>謝謝委員建議，近年來已有持續之鳥類監測計畫，且本計畫調查旨在制定合宜之管理辦法，係以棲地利用狀況為主要分析目標。植物方面，本計畫未來擬盡可能記錄慈湖與陵水湖之全區植被，並於第 3 年度建立植物名錄。</p>

	<p>化。至於植物為固著性，一季進行一次調查的頻度並無問題，惟以樣區調查的同時，若也能進行全區的普查，將更有助於建立完整的植被資料。</p>	
	<p>8.慈湖、陵水湖鳥類調查應於農曆每月初七或廿三前後的滿潮清晨及傍晚的時段進行調查為宜，較能觀察到當日活動的大部分鳥種。</p>	<p>謝謝委員指導，本計畫目前已盡可能在日出後4小時內進行鳥類紀錄，並增加夜間調查，以增加記錄之鳥種數。</p>
	<p>9.三月份的慈湖已有多隻棕沙燕，且天天都有魚鷹停棲於林麻黃或湖區淺灘，陵水湖也經常都有黑鳶在，但於三月份的調查表中卻缺席沒有記錄，頗為可惜。鳥種的調查若能配合於各湖庫及其周邊進行全面性的普查，應可記錄到更多鳥種資料。</p>	<p>謝謝委員指導，慈湖與陵水湖為鳥類之重要棲地，近年來已有持續之鳥類監測計畫，且本計畫調查旨在制定合宜之管理辦法，係以棲地利用狀況為分析目標。</p>
	<p>10.P.68~72 植物調查資料僅有慈湖與陵水湖，其他湖庫尚無相關資料。陵水湖植物多樣性於周邊的外湖區至貴山沿海一帶，可惜本研究並未納入。後續於建立該濕地的自然資源可能會有所缺憾。</p>	<p>謝謝委員建議，本計畫調查目標僅包含慈湖與陵水湖之濱岸植被，故未於水庫周邊進行調查。</p>
	<p>11.陸域環境因子調查是否可再考慮氣溫、濕度、蒸發量及起霧日期的蒐集，這些氣象資料都可在金門氣象站取得。</p>	<p>謝謝委員建議，本計畫擬將上述環境因子納入後續分析。</p>
	<p>12.慈湖連通外海的水閘門以前經常是開放的，每天隨著漲退潮可帶動湖區水體的交換；陵水湖原有與海域相通的水道早期也大多與海域相通，也同樣具有水體交換的效能。而目前這些功能多數已不復存在，因此造成水質的惡化，探討這些既有的因果關係，或可作為改善水質的構思。</p>	<p>謝謝委員指導，本計畫將納入經營管理之參考依據。</p>
	<p>13.各湖庫水質的良窳與水體深度與周圍土地利用、人類活活息息相關。擎</p>	<p>謝謝委員指導。擎天水庫集水區內少有農業活動，使其水體相對優良，然因鄰</p>

	天水庫位處水源區上游地帶，四周樹林遍佈、少有耕地，相對有較好水質呈現。	近軍營且水體較小，故仍為優養化水庫。
金門縣自來水廠	1.瓊林水庫水位過淺，為解決蓄水不佳問題，目前本廠已委託專業廠商辦理「瓊林水庫滲漏原因調查及滲漏改善方案評估」計畫，除釐清真正之集水區範圍，並綜合以往調查成果、本案漏水原因調查成果以及歷年監測資料、地下水位、降雨量、蒸發量、滲透率及進水效能等資料，綜合分析研判本水庫可能蓄水功能不佳原因。最後依據蓄水不佳原因調查分析結果，研提各種湖庫滲漏改善方案規劃及其經濟效益分析。	謝謝金門自來水廠提供之寶貴資訊，本計畫將納入經營管理之參考依據。
	2.蘭湖水庫上游發現進流渠道長滿布袋蓮，已請金湖鎮公所處理，另上游集水區範圍內發現有民眾零星養牛之情事，遇大雨沖刷，糞便等污泥皆會沖進渠道內。報告所述蘭湖進流水色異常恐為此問題，將派人現場查勘了解原因。	謝謝金門自來水廠提供之寶貴資訊，本計畫將納入經營管理之參考依據。
	3.目前水廠所管轄水庫並未開放垂釣，為避免民眾誤會，未來有垂釣或水上相關作業，請承辦單位來函申請許可，若有民眾或水庫巡查人員詢問即可出示許可函文。	謝謝提醒，本計畫已完成公文申請。
邱課長 天火	1.研究報告「目次」、「章」、「附錄」及「參考書目」均自單頁打印，如第二章、第四章、附錄、參考書目均須修改；本計畫為三年期計畫，建議題目應加入(1/3)。	謝謝課長提醒，內文已於期中報告修正版更正。
	2.單頁註明「章名(目次、表次、圖次、	謝謝課長提醒，內文已於期中報告修正

	<p>摘要、目錄、參考書目)」(置於單頁之右上), 雙頁註明「研究主題」(置於雙頁之左上), 如目次(P.II)、圖次(P.IV)、第二章頁首誤植(P.17~22)。</p>	<p>版更正。</p>
	<p>3.應統一用濕地, 非溼地; 中英文摘要建議一致, 英文地名應以現地名稱為主; 關鍵詞應為 water budget。</p>	<p>謝謝課長提醒, 內文已於期中報告修正版更正。</p>
	<p>4.P.5~7 圖 1-2~1-6 建議放在第二章</p>	<p>謝謝課長提醒, 內文已於期中報告修正版更正。</p>
	<p>5.工作計劃書中慈湖"於湖中心位置增設 1 處測站", 期中報告書沒有資料? 如需相關協助請說明; 花蛤調查部分於 2016 年 2 月~2018 年 11 月每月進行一次調查, 缺 2 月資料?。</p>	<p>2016 年 3 月調查期間, 由於慈湖中心水深過深且底質泥濘, 故因安全顧慮而未執行水質檢測, 自 2016 年 6 月起, 本計畫已搭乘橡皮艇至中央採樣。花蛤部分, 本計畫原預定於慈堤外灘地採樣, 然而 2016 年 2 月未採集到花蛤, 且堤外花蛤為等邊淺蛤, 與慈湖內之菲律賓簾蛤不同, 故與金門國家公園管理處協議後, 自 2016 年 3 月起改於慈湖內 8 處樣站調查菲律賓簾蛤之族群量。</p>
	<p>6.文獻缺, 如 Koseff et al. 1993 (P.28)。</p>	<p>謝謝課長提醒, 內文已於期中報告修正版更正。</p>
	<p>7.請補充說明圖 3-2~3-6, 3-8~3-12 右上角兩條顏色方塊意義。</p>	<p>以圖 3-1 為例, 圖上方之方塊表示圖中該長度之磷酸鹽濃度為 $0.61 \text{ mg L}^{-1} \mu\text{M}$, 高於(或小於) 0.61 mg L^{-1} 者則其方塊等比例上升(或下降)。下方圖示僅表示該顏色表示之季節。</p>
	<p>8.建議可在第二章增加目前進度說明 1 節, 第四章改為結論與建議。</p>	<p>謝謝課長提醒, 內文已於期中報告修正版新增與更正。</p>
	<p>9.表 3-7 麗魚科及鯔科、3-9 雙殼綱學名斜體。</p>	<p>根據二名法, 僅屬名與種小名須以斜體表示。</p>
	<p>10.建議內文應補充調查時間, 非僅用春季表示; 不同季節土地利用情形有所改變, 如高粱及小麥輪流耕種。</p>	<p>謝謝課長提醒, 調查時間已新增於內文。土地使用方式亦每季進行調查。</p>

	11.建議審查會議後檢送修正之期中報告3份。	遵照辦理。
	12.相關經營管理建議可於研究期間隨時提出，以利本處評估及執行。	遵照辦理。
蘇秘書 承基	1.慈湖 T7 水質優養化可能與上游畜牧業相關。	謝謝秘書提供之寶貴資訊。本計畫於調查期間亦曾發現疑似畜牧業之廢水排入慈湖，故已列入經營管理建議。
	2.如何在三年研究案內提出具體改善水質、加強水體交換及維護民眾財產之管理策略為本案後續重點。	謝謝秘書建議，本計畫將納入經營管理之參考依據。
蔡主任 立安	1.設置蛇籠需要採集證。	謝謝主任提醒，本計畫已完成採集證申請，並於採集期間穿著金門國家公園管理處之調查背心。
	2.請說明表 3-5 中 FRT 及 FSR 差異。	謝謝主任提醒，表 3-32 之 FSR 為誤植，FRT 為正確縮寫，已修正於內文。
	3.目前慈湖水位維持在 1.2 公尺，若高於 1.79 公尺則會造成周邊淹水。	謝謝主任提供之寶貴資訊。
楊主任 東霖	1.陵水湖 L8、9 可能因水體交換不良造成水質差。	謝謝主任提供之寶貴資訊。
	2.陵水湖車轍道內的水池可能無法由海水交換改善水質，請老師後續提出可能改善方式。	遵照辦理。
	3.陵水湖內有鹽田遺址供參考。	謝謝主任提供之寶貴資訊。
楊課長 恭賀	1.慈堤(T1-T2)土堤沖刷至慈湖內部，後續慈湖清淤及堤岸防護應有建議。	本計畫旨在維護慈湖之生物多樣性，故建議工程相關事宜應另案處理。
	2.針對陵水湖提出改善蓄水建議。	由於今年整體雨量豐沛，故於調查期間陵水湖各池之水位極高，未有乾旱之狀況。本計畫明年度將持續觀察，已探討適宜之管理辦法。
賴主任 書輝	1.下雨可能會造成鷓鴣林營養源進入慈湖及陵水湖，建議補充調查時間。	遵照辦理，已補充調查時間於表 3-47~3-49。
	2.陵水湖 L6 及 L7 會缺水乾旱，建議調查點可靠近浚深區域。	遵照辦理，擬於下次調查將中心樣站調整至浚深區域。

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源之研究(1/3)

	3.土地使用應釐清使用情形，如湖庫和池塘差別。	土地利用之湖庫意指慈湖、陵水湖、蘭湖水庫、瓊林水庫及擎天水庫，池塘為湖庫以外之水域。
	4.建議水質調查應配合鷓鴣棲地照片。	2016年6月及9月非鷓鴣棲息時期，故尚無鷓鴣棲地照片。
	5.陵水湖應與海水少量交換情形	本計畫3季調查結果指出，除車轍道以北之外湖水體(L1、L2測站)為半淡鹹水外，內湖測站均為淡水水域。
陳專員 秀竹	應注意瓊林水庫鷓鴣活動對於水質影響。	謝謝委員提醒，本計畫3月調查期間於瓊林水庫周邊無鷓鴣之出沒紀錄。
	不同時期採樣的簾蛤飽滿度不同是否與繁殖期相關?	肥滿度愈高之簾蛤表示其生殖腺愈發達。
	菲律賓簾蛤與花蛤應為不同種。	花蛤為等邊淺蛤，與菲律賓簾蛤為不同物種。
	瓊林水庫可能有滲漏情形，周邊木棉是否影響水質?	謝謝專員提醒，金門自來水廠已有相關計畫調查此問題。
陳課長 玉成	評估利用淤積沙土堆疊增加浮島面積及植栽可能性。	本計畫明年度擬以等深線圖估算慈湖之鳥類可利用棲地，故尚不建議以工程方法改變慈湖地貌。
	後續請提供水體改善建議。	遵照辦理。
謝處長 偉松	本案為三年委託研究案，應隨時提出相關建議以供本處參考。	謝謝處長提醒，本計畫蒐集適量數據後即於期末報告提出相關建議。
	後續請提供具體改善措施及試作地點，以滾動式方式進行濕地改善及成效評估。	遵照辦理。
	對於周邊環境、土地利用及管制方式應提供建議。	遵照辦理。
	水質測點應評估是否增加慈湖中心測點。	遵照辦理，將於下季新增慈湖中心水質樣站。
	陵水湖布袋蓮相關管理請提供建議，比照清除前後之水質狀況。	2016年6月布袋蓮遍布陵水湖中池，抑制浮游藻類生長；於2016年9月，布袋蓮已完全清除，使中池之葉綠素a濃度

		<p>與基礎生產量回升。本計畫建議應由營養鹽濃度減量解決優養化與布袋蓮問題。</p>
	<p>應優先以干擾度較小的方式提出濕地棲地改善建議。</p>	<p>遵照辦理。</p>

附錄五 期末審查委員意見與說明

委員	審查意見	回覆與辦理情形
陸委員 筱筠	<p>1. 降雨應為基地最主要淡水來源，同時影響水質分析結果，以及後續的水文分析，建議可以納入金門的降雨資料，並與監測資料進行比對分析。以金門今天的降雨為例，調查的三月及九月是今年前三高雨量的月份，六月是今年雨量最低的倒數第二個月份，加上六月份的調查當日已經連續多日沒有降雨，水質差異會十分明顯。建議後續兩年計畫可納入月及日雨量之資料及分析，加上後續將使用合理化公式計算，各月份之雨量資料將影響流量計算。</p>	<p>謝謝委員提醒。本計畫已初步納入月降雨量、降雨日數等數據(第 38 頁)。明年度亦會將日降雨量納入後續分析。合理化公式亦預計以每日雨量估算集水區流量。</p>
	<p>2. 由空拍及水質資料，在水位較低時測點 C6 與 C7 間似乎已有一陸化(或水很淺)的區域，目前是否會有水流從 C5 流至 C7? 如果兩個溝渠分別由 C5 及 C7 往 C1 流動，長期下來，中間會逐間淤積陸化，建議後續兩年可長期觀察並建立湖內的水文模式，因水文流動模式及方向會影響水體交換的速度及停留時間。</p>	<p>謝謝委員建議。今年 6 月慈湖之水位偏低，故底質裸露之程度略高。本計畫明年度亦會增加水流調查，以探討慈湖底質淤積、侵蝕之狀況。</p>
	<p>3. 由不同年份之衛星航照圖(圖 3-15 至 3-17) 看出慈堤外沙洲累積的程度不一，但因為是不同月份的航照，不確定是否有逐年累積的現象，如果有，是否有影響潮閘門水交換之功能，是否在雨量較少的時需要配合清淤?</p>	<p>謝謝委員提醒。由於慈湖防潮閘門之地勢較高，潮水需漲至 EL1.47 m 方能進入慈湖，故本計畫認為堤外沙洲淤積對水交換程度之影響不大。明年度將持續觀察，以確認是否有清淤需求。</p>
	<p>4. 土地利用調查資料有部分是空白，如慈湖 9 月集水區內均有資料，3 月及 6 月同樣範圍內有空白資料，如為 No Data，會影響整體土地比例之分布及比較，其他湖庫也有同樣情形，建議將資</p>	<p>謝謝委員建議。本計畫自 2016 年 6 月起改以水庫集水區作為 3 水庫之土地利用調查範圍(第 122-123 頁); 慈湖、陵水湖方面亦自 9 月起改以集水區作為調查範</p>

	料放至同樣範圍做比較。	圍，故空白處表示未調查區域。本計畫結果中，雖因調查範圍不一使各土地類型之占地不同，但整體上仍以農地與森林為主要之土地類型。
	5. 土地利用調查建議在後續納入公私有土地之分析，因為後續建議包含周邊廢污水的預先處理（人工濕地、滯洪池等），周邊土地權屬的差異會影響後續規劃與經營管理之建議。	謝謝委員建議。本計畫目前已將公家機關獨立列為一類型(第 121-131 頁)。明年度將進一步釐清湖庫周圍土地權屬，以制定適宜之管理建議。
林委員 旭宏	1. 建議研究項目及檢測方法應詳細說明。	謝謝委員提醒。基礎生產量之檢測方法已詳述於第二章第二節(第 24 頁)。
	2. 調查資料後續要能夠轉換並上傳資料庫。	謝謝委員提醒。本計畫將於近期上傳今年度調查成果。
	3. 調查項目建議應可依不同年度現況調整。	謝謝委員建議。本計畫預計於明年度提出工作計畫書以供審查。
	4. 水質變動對於當地生物影響程度可能因物種耐受度不同而有所差異，需確立本案目的以作為後續改善依據。	謝謝委員建議。本計畫明年度擬蒐集水生生物對各項水質之可耐受程度，以作為經營管理目標。
莊委員 西進	1. 本年度前 11 個月降雨共 120 天，平均每月 11 天；總雨量 1832.5mm，平均每月雨量超過 166mm，是金門歷來少有的現象。本研究諸多調查數據屬於水體水質，調查前若逢大雨會一定程度的影響，若能納入降雨注入淡水的因素來分析，可能更為精準。	謝謝委員建議。本計畫目前已初步納入 2016 年 1 至 10 月之降雨數據(第 38 頁)。
	2. 重要湖庫尤其是慈湖與陵水湖及其週邊於報告書都有圖示，邊界所在路標與範圍均缺圖示標明，若能補增並於第二章第一節的研究地點略作說明，可望更為明確。 調查方法的一致性與頻度（努力度）是量化的重要依據： (1)為因應不同類群的物種棲息狀況不同宜有所調整。以慈湖與陵水湖的鳥類	謝謝委員提醒。本計畫已加入路標於圖 2-1~2-2(第 15-16 頁)。 (1)本計畫明年度擬視情況調整鳥類調查時間。 (2)慈湖、陵水湖鳥類調查區段已標示於圖 3-57 與圖 3-64(第 114、118 頁)。

	<p>調查而言，每季僅作一次調查，調查當天以日出後四小時內進行，因此日期選定非常重要，若能選擇在早上滿潮日（農曆十二或二十七左右）進行，鷗、鶺鴒科及鷗科等大部分水鳥才會移棲進入慈湖，方能全盤掌握各種鳥類對湖區棲地的狀況，建請後續調查宜選在早上十點左右滿潮的日期進行，可望增加約十種左右水鳥類停棲的差距。</p> <p>(2)於慈湖與陵水湖調查鳥類的觀察點位建請增列圖示。</p>	
	<p>3. 今年陵水湖鳥類停棲狀況較往年差，係降雨過多造成湖區水位太高，以致鷗、鶺鴒科無法在湖區停棲，湖區卻有利於入冬以來數百隻鴨群的活動。至於慈湖今年的鳥況甚好，歷來累計各種鴨種的記錄於今年幾乎都已出現，請卓參。</p>	<p>謝謝委員提供之寶貴資訊。本計畫明年度擬繪製慈湖之等深線圖，以探討鳥類之棲地使用方式。</p>
	<p>4. 慈湖鷗鷺林因莫蘭蒂颱風受損嚴重，導致今年鷗鷺越冬行為有部分改變（包括夜棲、日間動態等），於本年度越冬期間或可多觀察留意，並將監測所得提供未來經營管理的參考。</p>	<p>謝謝委員建議。</p>
	<p>5. 慈湖列為國家重要溼地，各項自然資源的基礎資料正待建立，水棲昆蟲像蜻蜓、豆娘及螢火蟲等水棲昆蟲是濕地營養階層中層部分的消費者，對濕地生態系結構也很重要，今年於兩個湖庫池邊的豆娘數量超多，一網可有數十隻之眾，本計畫並未能納入有些可惜。</p>	<p>謝謝委員建議。然因人力、資源限制，本計畫難以加入水棲昆蟲調查，建議金管處可另闢新計畫，以建構完整之基礎資料。</p>
	<p>6. 水收支監測應否盡量找出所有水流進出的水道，對湖區水體收支監測越精確？慈湖東南至南側靠西浦頭與湖下一帶地勢最高，每逢下雨大量淡水即由此流入慈湖，水文分析於 C8 附近的水道</p>	<p>謝謝委員建議。本計畫未來擬盡可能調查慈湖周遭水道。但因明年度擬以合理化公式取代現地流速量測，故此數據並不影響水文收支結果。</p>

	<p>監測水收支的位置可否增列。至於富康農莊相對地勢較低，往常是雨季的淹水區。</p>	
	<p>7. P68 植物調查的圖 3-22、3-23 所列慈湖 8 個樣區、陵水湖 6 個樣區的順序若無特殊意涵？建請沿湖依序排列，裨益閱覽。</p>	<p>謝謝委員建議。已修改於圖 3-22 及圖 3-23(第 68 頁)。</p>
	<p>8. 第三章第五節所提特有亞種：小雨燕、大卷尾、白頭翁、褐頭鷓鴣及八哥等。這五種鳥種是屬於台灣的特有亞種，但是生長在金門的族群與台灣的特有亞種有別，若以台灣的特有亞種歸屬，可能會有爭議，請再斟酌。</p>	<p>謹遵辦理。</p>
	<p>9. 假日常有外地來打工者在慈湖的網魚，裝置器材遺失可能還會發，建請警察隊加強巡邏協助防範。</p>	<p>謝謝委員建議。</p>
	<p>10. 植物性與、動物浮游生物是位於水域營養階層底部的生物，於水域生態系的生物多樣性關係至大，後續若要納入調查，建請參考環保署所列調查通則，以便所得資料可以與其他相關研究銜接或比較。</p>	<p>謹遵辦理。</p>
	<p>11. 慈湖與陵水湖的經營管理，目標得先確定，是否要維繫溼地的鳥類或經濟魚產，再據此目標調整研究方向並提出建議</p>	<p>謝謝委員提醒。本計畫旨在維持慈湖與陵水湖之生物多樣性，故評估濕地中鳥類、魚類、螺貝類之棲地狀況(如水質、水文)為本計畫之主要目標。今年度結果顯示慈湖、陵水湖優養化程度嚴峻，故為維持鳥類穩定之食物資源，改善水質，避免水生生物死亡為本計畫目前擬定之經營管理方向。經濟魚產(如魚類、菲律賓簾蛤)方面，本計畫認為在維護生物多樣性同時保存經濟魚產，可提升周遭居民對濕地之認同性，以達到生物多樣性與漁業活動永續發展之願景。</p>

	<p>12. P.75 二、陵水湖內湖僅以手抄網採集，顯然與外湖以多種器材與方法有很大差異，調查方法與努力度不同，後續於底棲生物調查所得數據的量化可能從比較，請卓參。</p>	<p>本計畫除2016年9月因水深限制難以採集外，在2016年3月、6月均於內、外湖執行完整之底棲動物樣框法調查(第22頁)。手抄網主要用於魚類採集，而以此法採集之螺貝類並未納入樣框法結果中，僅列於表3-39。</p>
	<p>13. 檢視以下各頁可能疏漏或錯誤之處，請斟酌修正</p> <p>(1) P.7(第四行) (2013)在2013...可刪除其一</p> <p>(2) P.27 表2-3 工作進度甘特圖 6.菲律賓簾蛤應.三(M)月至十一月(N)，並非由二(F)開始。</p> <p>(3) P.77 二、(末行) 本計畫迄今無幼體記錄...，原因也有可能是幼體太較難採取看見。若無幼生發育，後來又怎麼會有眾多菲律賓簾蛤的個體？請卓參。</p> <p>(4) P.100...慈湖9月記錄鳥類19隻次？P.101...於陵水湖發現鳥類41隻次？建議略增說明，以免讓人誤解調查當天慈湖僅記錄到鳥類19隻次，而水湖陵水湖僅發現鳥類41隻次。</p> <p>(5) P.114 圖3-58、P.117 圖3-64 鳥類行為觀察宜增列營巢行為，俾能掌握營巢棲地所在區域。</p> <p>(6) P.120 第六節週邊土地利用狀況，對慈湖與陵水湖農作描述完全相同。但現況所見，兩地的農作雖然大致相同，卻也並不盡然；陵水湖週邊芋頭田較慈湖多出許多，且就P.122~P.125圖也是有些差異，請略作調整該段敘述。</p> <p>(7) P.138 農藥污染也是極為嚴重的問題，請卓參。</p>	<p>(1)謝謝委員提醒。已於內文中修正(第6頁)。</p> <p>(2)謝謝委員提醒。已於內文中修正(第27頁)。</p> <p>(3)謝謝委員提醒。已於內文中修正(第77頁)。</p> <p>(4)謝謝委員提醒，此部分之調查著重於慈湖與陵水湖「水域內」之水鳥棲位紀錄，已補充於內文(第100-101頁)。</p> <p>(5)謝謝委員建議。謹遵辦理。</p> <p>(6)謝謝委員提醒。已於內文中修正(第122頁)。</p> <p>(7)謝謝委員建議，然此項目未納入本計畫工作項目內，建議金管處可另闢計畫調查農藥污染對濕地生態系之影響。</p>
<p>內政部營</p>	<p>1. 本案部分經費由本分署「105-106年</p>	<p>感謝城鄉發展分署之建議。</p>

<p>建署城鄉發展分署</p>	<p>度慈湖重要濕地(國家級)基礎調查計畫」費用項下支應，本分署樂見本案能持續擴充慈湖濕地自然資源基礎資料，以完善後續經營管理機制。</p>	
	<p>建議將本方案中慈湖之生物、水質、水文收支模式及土地利用資料置入目前刻正修改中慈湖重要濕地保育利用計畫中。</p>	<p>感謝城鄉發展分署之建議。</p>
	<p>慈湖濕地之農業廢水造成水體缺氧及優氧化問題，及短中長期對策建議，皆未見於慈湖重要濕地保育利用計畫，為完善濕地經營管理機制及達成本案調查目的，請一併整合置前開保育利用計畫內。</p>	<p>感謝城鄉發展分署之建議。</p>
<p>金門縣環境保護局</p>	<p>1. 擎天水庫推判營養源為軍營排水，是否有該水庫相關水文資料、軍營排水方向、等高線圖佐證。</p>	<p>本計畫目前僅初步推測軍營排水可能為擎天水庫之營養來源，明年度擬進一步調查，並蒐集資料佐證。</p>
	<p>2. 有關第 142 頁建議二：中長期建議部分 (1) 有關污水預先處理部分列本局為主辦機關，惟內容所述之溼地、排水溝渠建設管理維護或行水區域布袋蓮移除非屬本局權責，且慈湖濕地為國家重要濕地，應依行政院核定之國家重要濕地保育計畫及國家公園法相關規定辦理，請修正。 (2) 「東南側溝渠則收集.....長寮重劃區、沙崗農場等區域排水」，建議計畫團隊確認釐清長寮重劃區、沙崗農場等區域之排水是否會流向慈湖，另建議管理處依污染程度評估將慈湖東北、東南側區域排水範圍之生活污水優先接管納入污水下水道系統處理，以減少污水來源。 (3) 「本計畫於調查期間曾發現疑似畜牧業之廢水排入慈湖.....」，建請計畫團</p>	<p>(1)謝謝提醒，已修正於內文(第 145 頁)。 (2)謝謝金門自來水廠之寶貴建議。長寮重劃區、沙崗農場之排水本計畫明年度擬實地確認。 (3)謝謝金門自來水廠之寶貴建議。本計畫明年度擬蒐集畜牧業資料並列入附錄。</p>

	<p>隊提供畜牧業資料，供本局調查釐清。另查慈湖下方之慶安畜牧場取得廢(污)水簡易排放許可文件在案，依水污染防治法規定，符合放流水標準即可排放於地面水體，本局並於 11 月底採集該場放流水送驗，將俟檢驗報告結果，依法續處，如該區域因國家公園生態保育需求更高之標準，建議管理處評估將該畜牧場廢水一併納入污水下水道系統處理。</p>	
<p>邱課長 天火</p>	<p>1. 有關第二節水文收支部分，提到後續改以合理化公式計算，是否應於本次期末報告即修正以得到合理之數據?或是資料須重新收集方可修正?</p>	<p>由於合理化公式中尚有參數需實地測量，故預計於明年度提出較近於現況之水文收支模式。</p>
	<p>2. 建議圖 3-1~3-10 增加測站樣點標示。</p>	<p>謝謝委員建議，已修正於圖 3-1 至圖 3-10(第 51-56 頁)。</p>
	<p>3. 陸域植物調查僅完成兩季，請說明。第四季資料是否因調查時間關係尚無法放入期末報告?</p>	<p>因研究初期對慈湖、陵水湖現況尚不熟悉，未能如期完成植物調查，故預計於明年度 2 月與 5 月執行剩餘 2 季之植物調查工作。第四季調查預計於 2016 年 12 月底執行(第 27 頁)。</p>
	<p>4. P.100 鳥類棲地利用分析，鳥類在水庫周邊利用情形為?是否比照慈湖及陵水湖說明。</p>	<p>3 水庫鳥類調查旨在物種資源記錄。故未執行棲地利用分析。</p>
	<p>5. 有關第四章貳水庫水質管理部分，環保署監測結果與本案差別?</p>	<p>謝謝委員提醒。明年度擬進一步分析環保署水質與本計畫結果之差異性。</p>
	<p>6. 契約規定調查項目，是否可取消?如水庫水質調查、魚類及貝類改為蝦蟹類及浮游動物等；陸域及水域植被於四季之覆蓋度及演替調查改以水域中大型藻類。</p>	<p>謝謝委員提醒，本計畫預計於明年度提出工作計畫書以供審查。</p>
	<p>7. 陵水湖設置人工浮島吸收養分與陸化移除植物如李氏禾地點為何?人工浮島地點、面積及浮島植物推薦為何?建議</p>	<p>謝謝委員建議。由於本計畫明年度擬於陵水湖執行布袋蓮試驗，故人工浮島之</p>

	應以標示說明，以內池、東池等文字敘述容易混淆。	具體設置地點、面積與植物種類將待明年試驗結束後再行評估，以避免 2 種工法交互影響。
	8. P142 建議一、延長閘門開啟及增設抽水設備是否可行?水利設施需要多大量體?	謝謝委員提醒。本計畫已與西站蔡主任討論可行之閘門操作細節。水利設施量體將待明年度建構合理之水收支模式後再行估算。
	9. P144 建議五正名為烈嶼管理站。 P.145 建議六主辦單位建議依權責修正。	謝謝委員提醒。已於內文中修正(第 147-148 頁)。
	10. P122 圖 3-69、70 空白區域為何?如果無該項目是否要列入圖中,如圖 3-83。	謝謝委員建議。本計畫自 2016 年 6 月起改以水庫集水區作為 3 水庫之土地利用調查範圍;慈湖、陵水湖方面亦自 9 月起改以集水區作為調查範圍,故空白處表示未調查區域。為明確表示本計畫土地利用之調查範圍,本計畫依原圖納入期末報告修正版中(第 122-123 頁)。
	11. P.138 第四章應自單頁打印。	謝謝委員提醒,已於內文中修正。
	12. 後續修正後請將調查資料上傳「臺灣國家公園生物多樣性資料庫與知識平台」及「國家重要濕地網站」。	謝謝委員提醒。本計畫將於近期上傳今年度調查成果。
蔡主任 立安	1. 有關建議一防潮閘門管制建議修正以符合現況,後續會配合調整管理方式。	謝謝委員配合。防潮閘門之操作方式以於內文中修正。
楊主任 東霖	1. 烈嶼水質跟水體深淺有關係,請提供具體建議。	謝謝委員建議。本計畫明年度擬將水深納入水質影響因子。
	2. 建議提供布袋蓮控制程度及對於水質改善成效評估。	謝謝委員建議。布袋蓮之管理方式已於內文中修正。
	3. 建議在維護生態系前提下對於植物移除及水質改善應提出相關措施。	謝謝委員建議。本計畫建議將植被覆蓋率控制於約 40%,具體之操作方式將於明年度提出。
楊課長 恭賀	1. 陵水湖 L9 周邊可能有汙水處理廠,排放之水體是否影響陵水湖?	謝謝委員提醒。本計畫明年度擬實地調查,並蒐集相關資料。
	2. 慈湖 C5-C8 來自上游泥沙可能需評	謝謝委員建議。本計畫預計於明年度繪

	估清淤可行性。	製慈湖等深線圖後再行評估清淤需求。
賴主任 書輝	1. 建議增加氣象資料以了解雨量對水質影響。	謝謝委員建議。本計畫目前已初步納入降雨資料(第 38 頁)，並預計於明年度加入後續分析。
蘇秘書 承基	1. 慈湖入水口舊有土堤移除及閘門設立影響當地水文，進而造成慈湖內生物相組成改變。	謝謝委員之寶貴資訊。
謝處長 偉松	1. 維護濕地既有之生態服務為重要議題，周遭土地使用仍須經由相關管制進行維護，藉由本案監測資料應對後續濕地維護及改善提出評估。	謹遵辦理。
	2. 後續明年工作項目變更提供修正之服務建議書供本處審查。	謹遵辦理。
	3. 有關抽水設施明年應提出詳細評估資料	謹遵辦理。抽水設施相關資料本計畫預計於明年度建構合理之水收支模式後再行估算。

參考書目

- EPA. U.S., 1986, Ambient Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen (Freshwater), U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Gorden, D. C. Jr., P. R. Boudreau, K. H. Mann, J. E. Ong, W. L. Silvert, S. V. Smith, G. Wattayakorn, F. Wulff and T. Yanagi, 1966, LOICZ Biogeochemical Modeling Guidelines. LOICZ Reports & Studies NO. 5. LOICZ. Texel, The Netherlands.
- Jenkin, D., and L. L. Medsker, 1964, Brucine method for determination of nitrate in ocean, estuarine, and fresh water. *Analytical Chemistry* 36:610-612.
- Jodan, M., 2003, Grass carp: are they a safe biological control agent for nuisance aquatic vegetation? USA.
- Koseff, J.R., J. K. Holen, S. G. Monismith, and J. E. Cloern, 1993, Coupled effects of vertical mixing and benthic grazing on phytoplankton populations in shallow, turbid estuaries. *Journal of Marine Research* 51: 843-868.
- Lind, O. T., 1974, Handbook of common methods in Limnology. The C. V. Mosby company, Saint Louis.
- LOICZ, 1996, LOICZ Data and Information System Plan. LOICZ Reports and Studies NO. 6, The Netherlands.
- Lucas, A., and P.G. Beninger, 1985, The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture* 44: 187 – 200.
- Marshall, B., 1997, Lake Chirero after forty years: the impact of eutrophication. In: *Lake Chirero: A Polluted Lake* (Ed. N. Moyo), University of Zimbabwe, Harare.
- McVea, C., and C.E. Boyd, 1975, Effects of water-hyacinth cover on water chemistry, phytoplankton, and fish in ponds. *Journal of Environmental Quality* 4: 375–378.
- Nixon, S. W., 1995, Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns, *Ophelia* 41: 199-219.
- Odum, H. T., 1956, Primary production in flowing waters. *Limnology and Oceanography* 1: 102-117.
- Redfield, A. C., 1958, The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist* 46: 205-251.
- Rommens, W., J. Maes, N. Dekeza, P. Inghelbrecht, T. Nhiwatiwa, E. Holsters, F. Ollevier, B.

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源之研究(1/3)

Marshall, and L. Brendonck, 2003, The impact of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in a eutrophic subtropical impoundment (Lake Chivero, Zimbabwe). *Archiv Fur Hydrobiologie* 158: 373–388.

Staehr, P. A., D. Bade, M. C. V. de Bogert, G. R. Koch, C. Williamson, P. Hanson, J. J. Cole, and T. Kratz, 2010, Lake metabolism and the diel oxygen technique: State of the Science. *Limnology and Oceanography: methods* 8: 628-644.

Villamagna, A. M., and B. R. Murphy, 2010, Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater Biology* 55: 282–298.

王昭萍，1998，海水貝類養殖技術。青島海洋大學出版社。

王鑫、李玲玲、呂金誠，1994，金門地區自然資源基礎調查與保育方針之研究。內政部營建署國家公園組委託辦理報告。

台灣檢驗科技股份有限公司高雄分公司，2013，金門縣潮間帶花蛤生態環境調查暨保育生物學研究。金門縣水產試驗所委託辦理報告。

李明雲，1989，象山港黃墩支港菲律賓蛤仔的種群動態及其繁殖保護措施的探討。生態學報。

行政院農業委員會水土保持局，2007，水土保持手冊。行政院農委會水保局。

呂福原，2011，金門植物誌。金門國家公園管理處。

技佳工程顧問有限公司，2011，金門縣 99 年度水污染源稽查管制及河川巡守計畫。金門縣環境保護局委託辦理報告。

孟培傑，2002，金門地區水體水質基本資料之調查研究。金門國家公園管理處委託辦理報告。

邱郁文，2013，102 年度「金門濕地動植物資源調查(1/3)」。金門國家公園管理處委託辦理報告。

邱郁文，2014，103 年度「金門濕地動植物資源調查(2/3)」。金門國家公園管理處委託辦理報告。

邱郁文，2015，104 年度「金門濕地動植物資源調查(3/3)」。金門國家公園管理處委託辦理報告。

邵廣昭，陳靜怡，2003，魚類圖鑑：台灣七百多種常見魚類圖鑑。遠流出版事業股份有限公司。

洪佩瑩，2001，大鵬灣碳及營養鹽之生地化作用及通量研究。國立中山大學海洋地質及化學研究所碩士論文。

施如佳、陳石松、張美華、邱雅琦、陳怡如、鄭秋真、周薰修，2006，臺灣地區市售海洋魚類重金屬含量分析方法探討及資料之建立。藥物食品檢驗局調查研究年報 24: 401-420。

- 胡惠宇，2012，離島地區(澎湖、金門及連江)污染源調查管理計畫。行政院環境保護署委託辦理報告。
- 郭芳旭，2000，七股瀉湖碳、氮、磷之生地化作用與預算模擬。國立中山大學海洋地質及化學研究所碩士論文。
- 陳義雄，2001，金門國家公園魚類相調查。金門國家公園管理處委託辦理報告。
- 陳義雄、方力行，1999，台灣淡水及河口魚類誌。國立海洋生物博物館籌備處。
- 許育誠、劉小如，2010，金門鳥類調查。金門國家公園管理處委託辦理報告。
- 莊西進、周志強，2006，金門國家公園環境長期監測(五)。金門國家公園管理處委託辦理報告。
- 莊西進、許永面、莊曜陽，2012，101 年度金門國家公園環境長期監測計畫。金門國家公園管理處委託辦理報告。
- 張樹令、薑仕臣、叢裕泉、王喜波、王靜、鄒東，2007，山東蓬萊菲律賓簾蛤資源調查研究。海洋湖沼通報。
- 常亞青，2007，貝類增養殖學。中國農業出版社，中國北京。
- 黃生，2007，湖沼生態系統之調查與評估。金門國家公園管理處委託辦理報告。
- 黃榮富，2013，102 年度「金門縣北山至浯江溪沿海域退潮之潮間帶生態多樣性環境調查與圖鑑建置」計畫。金門縣水產試驗所委託辦理報告。
- 楊遠波、呂勝由，1997，金門國家公園原生植物資源調查研究報告。金門國家公園管理處委託辦理報告。
- 楊遠波、呂勝由、施炳霖、陳添財，1998，金門及小金門植物資源之調查。國家公園學報 8(1): 41-58。
- 黎明工程顧問股份有限公司，2016，慈湖農莊地區排水系統規劃及治理計畫。金門縣政府。
- 賴文政，2014，市售水產品汞污染調查與風險評估。國立宜蘭大學碩士論文。
- 韓柏樞，2006，魚貝類總汞濃度分析與風險監測管理。行政院農業委員會漁業署 95 年度科技計畫研究報告。
- TaiBNET 臺灣物種名錄，<http://taibnet.sinica.edu.tw/home.php>。
- 中華民國野鳥學會，<http://www.bird.org.tw/index.php/works/lists>。

慈湖、陵水湖、重要湖庫及周遭自然資源之研究(1/3)

台灣魚類資料庫，<http://fishdb.sinica.edu.tw>。

全國環境水質監測資訊網，<http://wq.epa.gov.tw/Code/?Languages=>。

金門國家公園網站，<http://www.kmnp.gov.tw/>。

金門縣自來水廠，2013，公告本縣 13 座水庫集水區查認範圍。

臺灣貝類資料庫，<http://shell.sinica.edu.tw>。