摘要

台江國家公園具有「歷史」、「自然」、「產業」、「共生」、「國土」五項核心價值，園區內有四百多年的歷史軌跡，豐富的溼地生態，曾經風華的鹽業，本計畫以多尺度遙測的觀點來探討台江國家公園的核心價值，工作項目主要有衛星影像蒐集與建檔、土地利用分析與 UAV 無人飛行載具拍攝。

本年度持續建置多種遙測影像，高解析度衛星影像已建置 108 年至 111 年每年 2 幅，共 8 幅。超高解析度衛星影像已建置 110 年 1 幅。衛星影像蒐集範圍涵蓋台江國家公園計畫範圍全區與七股鹽田、曾文溪口、四草及鹽水溪口溼地等 4 處重要溼地。透過本年度建置影像，可觀察台江國家公園研究範圍內，自然及人為的變化，自然的變化包含七股潟湖區沙洲與新浮崙汕的變化，七股潟湖外圍沙洲因盧碧颱風造成破口，目前持續擴大中。而新浮崙汕向東退縮也向南邊延伸，面積緩慢成長中。人為變化包含太陽能板設立與魚塭變化等。台江國家公園計畫範圍內魚塭變化多仍為魚塭使用，台江國家公園研究範圍內魚塭變化較有移為他用的情況。太陽能板位於台江國家公園研究範圍內，雖不在計畫範圍內，但仍需持續追蹤後續是否會影響環境。機動性的配合管理處需求，無人飛行載具空拍已完成北汕尾保護區 1.8 平方公里取像，並完成正射影像製作。使用超高解析度衛星影像與地理資訊相關基本資料，完成土地利用分類，並使用土地利用分類成果進行棲地破碎度分析，提供土地管理或棲地保育之參考。

最後，本計畫應用多尺度遙測影像了解地景與時空的變化，透過建立台江國家公園空間與影像資料庫，持續擴充其內容，以提供國家公園經營管理、生態保育、未來發展計畫擬定等多元的資訊。

關鍵字：多尺度、高解析度衛星影像、無人飛行載具、土地使用分析

目 錄

目錄 I

圖目錄 III

表目錄 VIII

第 1 章 計畫主旨 1

1.1 計畫緣起 1

1.2 計畫目標 2

第 2 章 計畫背景分析 3

2.1 計畫背景及核心主張 3

2.2 計畫執行策略 6

2.3 工作時程 7

2.4 工作進度查核點 7

2.5 執行成果 9

第 3 章 工作內容與方法 10

3.1 工作執行程序 10

3.2 衛星影像蒐集與建檔 11

3.2.1 臺灣可獲取之衛星影像介紹 12

3.2.1 衛星影像處理 16

3.3 土地利用分析 20

3.3.1 影像分類 20

3.3.2 影像分類現地檢核 24

3.3.3 推動棲地保育及土地永續管理的景觀生態分析 26

3.3.4 景觀生態分析範圍、使用資料及理論基礎 28

3.3.5 景觀生態分析流程 31

3.3.6 評估指標選取 32

3.4 無人飛行載具拍攝與處理 35

3.4.1 無人飛行載具取像作業 35
3.4.2 飛行任務規劃 36
3.4.3 飛行任務實施 37
3.4.4 地面控制點佈設 38
3.4.5 影像後製處理 39
3.4.6 高機動性拍攝任務 40
3.4.7 影像輸出應用製作 43
3.5 其他配合事項 47
第 4 章 計畫成果 48
4.1 衛星影像蒐集與建置 48
4.1.1 高解析度衛星影像 50
4.1.2 超高解析度衛星影像 64
4.1.3 海域區域衛星影像 67
4.2 土地利用分析成果 75
4.2.1 衛星影像土地利用調查分類成果 75
4.2.2 土地利用變異成果分析 82
4.2.3 地景鑲嵌圖製作及景觀指標分析 109
4.3 UAV 空拍成果 136
第 5 章 結論與建議 143
5.1 結論 143
5.2 建議 144
參考文獻 參-1
附錄一：會議意見回覆 附錄-1

圖 目 錄

圖 2-1 台江國家公園計畫範圍 4
圖 2-2 台江國家公園計畫範圍（陸域範圍） 5
圖 3-1 工作執行流程圖 10
圖 3-2 阿拉斯加藍格爾山脈(AIRBUS) 15
圖 3-3 Pleiades1A 和 Pleiades1B 雙星運行示意圖 15
圖 3-4 深圳滑坡事故區域衛星影像（群立科技） 15
圖 3-5 FNCC 技術對多時期衛星影像，進行準確且快速的幾何配準處理。(a)福衛二號影像(99/01/14)(b)SPOT 影像(106/10/18) 16
圖 3-6 應用 107/07/14 SPOT 衛星影像，對彩色融合影像進行邊緣銳化與可適化對比增揚處理之實例。(a) 一般線性 2%增揚影像，(b)可適化對比增揚及邊緣銳化影像 17
圖 3-7 十一戶子歷年影像變異分析 19
圖 3-8 影像分類流程 23
圖 3-9 影像分類成果示意圖(內政部，2013) 23
圖 3-10 現地調查成果示意圖 24
圖 3-11 景觀生態分析範圍圖 28
圖 3-12 常見的六種景觀格局 29
圖 3-13 景觀嵌塊體及景觀格局分析的尺度 30
圖 3-14 景觀生態分析流程 32
圖 3-15 本研究使用的景觀生態指標 33
圖 3-16 本計畫所使用之無人飛行載具 36
圖 3-17 無人飛行載具之任務規劃 37
圖 3-18 劃設地面控制點並利用衛星定位儀進行現場量測 39
圖 3-19 正射糾正後影像與地面控制點佈設位置 40
圖 3-20 不同飛行高度所拍攝之黑面琵鷺影像(a) 臺南六孔附近的廢棄鹽田，紅框範圍內(b)飛行高度 100 公尺(c) 飛行高度 80 公尺(d) 飛行高度 50 公尺 41
圖 3-21 透過影像分析技術統計黑面琵鷺數量(Liu, 2015) 42
圖 3-22 不同飛行高度所拍攝之紅樹林樹冠影像 43

圖 3-23 城西保安林 107 年 2 月至 4 月間 Sentinel-2 影像縮圖 45
圖 3-24 城西保安林 Sentinel-2 影像 20180322 與 20180411 自動判釋變異點 46
圖 3-25 台江國家公園生態保護區相關圖資 47
圖 4-1 建置台江國家公園範圍內衛星影像 50
圖 4-2 台江國家公園 SPOT-6/7 衛星影像 108 年全年無雲影像日期列表 52
圖 4-3 台江國家公園 SPOT-6/7 衛星影像 109 年全年無雲影像日期列表 53
圖 4-4 台江國家公園 SPOT-6/7 衛星影像 110 年全年無雲影像日期列表 54
圖 4-5 台江國家公園 SPOT-6/7 衛星影像 111 年全年無雲影像日期列表 55
圖 4-6 建置 108 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：108 年 4 月 9 日） 56
圖 4-7 建置 108 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：108 年 10 月 27 日） 57
圖 4-8 建置 109 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：109 年 1 月 31 日） 58
圖 4-9 建置 109 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：109 年 5 月 4 日） 59
圖 4-10 建置 110 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：110 年 3 月 10 日） 60
圖 4-11 建置 110 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：110 年 5 月 6 日） 61
圖 4-12 建置 111 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：111 年 1 月 3 日） 62
圖 4-13 建置 111 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：111 年 4 月 25 日） 63
圖 4-14 建置 110 年台江國家公園 Pléiades 解析度 0.5m 正射影像（影像日期：110 年 8 月 26 日） 65
圖 4-15 建置 110 年台江國家公園 Pléiades 解析度 0.5m 正射影像（影像日期：110 年 9 月 26 日） 66
圖 4-16 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：108 年 1 月

18 日）..... 68
圖 4-17 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：108 年 7 月 29 日）..... 69
圖 4-18 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：108 年 10 月 17 日）..... 69
圖 4-19 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：109 年 1 月 21 日）..... 70
圖 4-20 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：109 年 4 月 10 日）..... 70
圖 4-21 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：109 年 6 月 13 日）..... 71
圖 4-22 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：110 年 3 月 12 日）..... 71
圖 4-23 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：110 年 5 月 15 日）..... 72
圖 4-24 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：110 年 9 月 4 日）..... 72
圖 4-25 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：110 年 11 月 7 日）..... 73
圖 4-26 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：111 年 2 月 27 日）..... 73
圖 4-27 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：111 年 5 月 10 日）..... 74
圖 4-28 建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：111 年 6 月 3 日）..... 74
圖 4-29 影像分塊處理後之特徵影像 75
圖 4-30 訓練樣區圈選 76
圖 4-31 台江國家公園研究區域土地利用初步分類圖 78
圖 4-32 台江國家公園研究區域 110 年土地利用分類向量圖資編修太陽能板分布

圖 79
圖 4-33 台江國家公園研究區域第一種情境分類專家判釋編修成果 80
圖 4-34 台江國家公園研究區域第二種情境分類專家判釋編修成果 81
圖 4-35 台江國家公園研究區域太陽能板第 1、2 處分布圖 84
圖 4-36 台江國家公園研究區域太陽能板第 3、4 處分布圖 84
圖 4-37 台江國家公園研究區域太陽能板第 5、6 處分布圖 85
圖 4-38 台江國家公園研究區域太陽能板第 7、8 處分布圖 85
圖 4-39 台江國家公園研究區域太陽能板第 9、10 處分布圖 86
圖 4-40 台江國家公園研究區域太陽能板第 11、12 處分布圖 86
圖 4-41 台江國家公園研究區域太陽能板第 13、14 處分布圖 87
圖 4-42 台江國家公園研究區域太陽能板第 15、16 處分布圖 87
圖 4-43 台江國家公園研究區域太陽能板第 17、18 處分布圖 88
圖 4-44 本計畫建置 2005 年與 2021 年七股潟湖外圍沙洲變化 89
圖 4-45 本計畫建置七股潟湖 2005 年至 2020 年衛星影像 90
圖 4-46 本計畫建置 110 年度 5 月 6 日 SPOT-7 影像與 9 月 26 日 Pléiades 影像 .. 91
圖 4-47 由本團隊自行建置 Sentinel-2 影像推測為盧碧颱風造成沙洲破口 91
圖 4-48 本計畫建置 111 年度 1 月 3 日與 4 月 25 日 SPOT-6/7 影像 92
圖 4-49 本團隊自行建置 110 年 10 月 27 日與 12 月 31 日 Sentinel-2 影像 93
圖 4-50 本團隊自行建置 111 年 3 月 11 日與 4 月 15 日 Sentinel-2 影像 93
圖 4-51 本計畫建置 2019 年與 2022 年 SPOT-6/7 影像（曾文溪口、七股野鳥棲地區） 95
圖 4-52 曾文溪口、七股野鳥棲地區魚塭覆蓋情況 96
圖 4-53 本計畫建置 2019 年與 2022 年 SPOT-6/7 影像（城西溼地區與安南魚塭區） 98
圖 4-54 城西溼地區與安南魚塭區魚塭覆蓋情況 99
圖 4-55 城西溼地區與安南魚塭區魚塭變化情況 100
圖 4-56 本計畫建置 2019 年與 2022 年 SPOT-6/7 影像（安南魚塭區） 101
圖 4-57 安南魚塭區魚塭覆蓋情況 102
圖 4-58 安南魚塭區魚塭變化情況 103

圖 4-59 新浮崙汕面積變化 104
圖 4-60 前期計畫建置 2005 年與 2010 年福衛二號影像（新浮崙汕） 105
圖 4-61 前期計畫建置 2011 年與 2016 年福衛二號與 2017 年與 2018 年 SPOT-6/7 影像（新浮崙汕） 106
圖 4-62 本計畫建置 2019 年與 2022 年 SPOT-6/7 影像（新浮崙汕） 107
圖 4-63 新浮崙汕於 2019 年至 2022 年變化 108
圖 4-64 研究範圍地景鑲嵌圖（現況情境） 111
圖 4-65 研究範圍地景鑲嵌圖（濕地政策情境） 119
圖 4-66 計畫範圍地景鑲嵌圖（現況情境） 123
圖 4-67 計畫範圍地景鑲嵌圖（濕地政策情境） 129
圖 4-68 105 年度無人飛行載具空拍成果，扇形鹽田(左)、台江學園(右)..... 136
圖 4-69 106 年度無人飛行載具空拍成果，七股重要野鳥棲地區(左)、頂山地區(右)..... 136
圖 4-70 107 年度無人飛行載具空拍成果，扇形鹽田(左)、青山港沙洲(右)..... 137
圖 4-71 111 年規劃 UAV 拍攝北汕尾水鳥生態保護區東側範圍..... 138
圖 4-72 本年度北汕尾水鳥生態保護區東側範圍 UAV 拍攝規劃圖..... 139
圖 4-73 本年度北汕尾水鳥生態保護區東側範圍控制點分布圖（111 年 5 月 10 日佈設） 139
圖 4-74 本年度北汕尾水鳥生態保護區東側範圍 UAV 側拍影像（111 年 5 月 10 日拍攝） 140
圖 4-75 本年度北汕尾水鳥生態保護區東側範圍 UAV 側拍影像（111 年 5 月 10 日拍攝） 141
圖 4-76 本年度北汕尾水鳥生態保護區東側範圍 UAV 正射影像（111 年 5 月 10 日拍攝） 142

表 目 錄

表 2-1 工作進度表 7
表 3-1 臺灣地區可獲取之多元衛星影像規格表 14
表 3-2 國土利用分類層級表 22
表 3-3 分類誤差矩陣表 25
表 3-4 本研究使用的景觀生態指標內容描述與計算方法說明 34
表 4-1 台江國家公園內基礎網格圖資清單（灰底為 111 年更新之圖資） 48
表 4-2 台江國家公園內基礎向量圖資清單 49
表 4-3 Landsat-8 各波段資訊 68
表 4-4 110 年台江國家公園研究區域內太陽能板設立地點 82
表 4-5 研究範圍（現況情境）景觀生態指標運算結果 112
表 4-6 研究範圍（濕地政策情境）景觀生態指標運算結果 120
表 4-7 計畫範圍（現況情境）景觀指標運算結果 124
表 4-8 計畫範圍（濕地政策情境）景觀指標運算結果 130

第 1 章 計畫主旨

1.1 計畫緣起

台江國家公園具有「歷史」、「自然」、「產業」、「共生」、「國土」五項核心價值，濱海特殊的產業文化，例如鹽田、近海養殖、魚塭等，構成獨特的產業文化風貌，穿梭其間的交通動線，構成迥異於臺灣其他地區的景觀。國家公園內的重要溼地，保存著溼地景觀與多樣生態資源，廣大紅樹林植生分佈孕育出多樣性生物資源與地景風貌，亦成為鳥類重要之棲息地(台江國家公園管理處，2011)。

台江國家公園陸域幅員廣闊，各項保育、遊憩、解說教育與經營管理工作之現場資訊蒐集，除人員現場勘查外，亦有賴遙感探測與地理資訊系統之協助。台江國家公園管理處現已蒐集部分地理空間資訊，建置資訊管理系統，並逐年提升其功能。惟國家公園成立以來，尚未針對區域內整體性的土地利用進行有系統的調查。而土地狀況變遷迅速，現有航照影像資料實務上之應用能力仍有限，實有必要逐年進行各種尺度遙感探測影像資料建置，以進行全面而完整的監測分析。

利用多尺度遙測技術來獲取如沙洲消長、河口進退、紅樹林分布等地景時空變化資訊(劉正千，2016)，可有效減少大範圍調查所需的人力，並可作為環境生態調查與管理工作的依據，近年來已廣為各級政府機關或學術研究所採用。本計畫擬就台江國家公園範圍實施多尺度航拍，並使用航拍校正後之成果來分析土地利用現況，以提供國家公園經營管理、生態保育、未來發展計畫擬定等多元的資訊。

1.2 計畫目標

為掌握台江國家公園內土地利用變遷，需逐年進行各種尺度航照影像資料建置並進行監測分析，以及有系統的進行整體性土地利用調查分析，因此本計畫預計達到下到具體目標：

1. 衛星影像蒐集與建檔

   衛星影像蒐集範圍涵蓋台江國家公園計畫範圍全區與七股鹽田、曾文溪口、四草及鹽水溪口溼地等4處重要溼地，衛星影像分為兩部分，一為高解析度衛星影像，建置 108 年至 111 年每年 2 幅高解析度影像，另一項為超高解析度衛星影像，建置 110 年或 111 年一幅超高解析度衛星影像。

2. 土地利用分析

   使用衛星影像與地理資訊相關基本資料，進行土地利用分類，以國土利用調查之分類為依據，建置土地利用現況分析與其成果向量圖資。並使用土地利用分類成果進行棲地破碎度分析，提供土地管理或棲地保育之參考。

3. UAV 無人飛行載具拍攝

   無人載具空拍影像，機動性的配合管理處所關注之區域，進行高空間解析度的影像拍攝，呈現現況之地貌。

4. 其他配合事項

   配合出席管理處之各項會議，協助解說各項業務並配合提供階段性資料或製作簡報。

第 2 章 計畫背景分析

2.1 計畫背景及核心主張

台江國家公園位於臺南市西端，以臺灣最西端之台江地區為中心，包括陸域範圍與海域範圍，其中陸域部分以鹽水溪至曾文溪沿海、四草溼地、黑面琵鷺保護區、七股潟湖等範圍，陸域面積 5,408 公頃，強調以孕育生物多樣性溼地、先民移墾歷史及漁鹽產業文化三大特色為計畫主軸；海域部分（圖 2-1 所示）以沿海等深線 20 公尺內為範圍，與鹽水溪至東吉嶼南端等深線 20 公尺所形成之寬約 5 公里，長約 54 公里之海域，亦即以漢人先民渡臺主要航道中東吉嶼至鹿耳門段為參考範圍，海域面積 35,641 公頃，合計總面積 41,049 公頃。台江國家公園計畫自民國 98 年公告實施後，依國家公園法施行細則第 6 條：國家公園計畫應每 5 年通盤檢討一次之規定，修訂國家公園計畫內容。(台江國家公園計畫第一次通盤檢討案)。通盤檢討後台江國家公園範圍擴大成：臺 17 線以西之陸域範圍（包含潟湖及離岸沙洲），北至將軍鄉西濱連絡道至將軍漁港南緣，南以鹽水溪南岸為界（圖 2-2 所示）。

台江國家公園管理處於 105 年至 107 年辦理航拍及土地利用分類計畫，已建置 94 年至 107 年歷年福衛二號影像，並建立高光譜航拍影像及土地利用分類系統，也使用 UAV 進行重點區域拍攝。雖然高光譜影像相較於衛星影像，具有較多可記錄波段數，但因透過航拍取像，價錢較昂貴，也容易受天候影響，無法即時進行拍攝。為提升經濟效益且掌握目前台江國家公園陸域範圍內土地利用現況，本年度計畫蒐集台江國家公園陸域範圍全區高解析度及超高解析度衛星影像，進行土地利用分類工作。並蒐集各期土地利用分類相關圖資，探討棲地破碎度，以及針對重點區域利用無人飛行載具拍攝高解析度之影像，完整呈現現況之細節。本計畫相關產出使用於緊急應變、保育研究及解說教育等工作，成效良好，爰續辦影像

蒐集及分析，以供未來相關研究及經營管理之用。

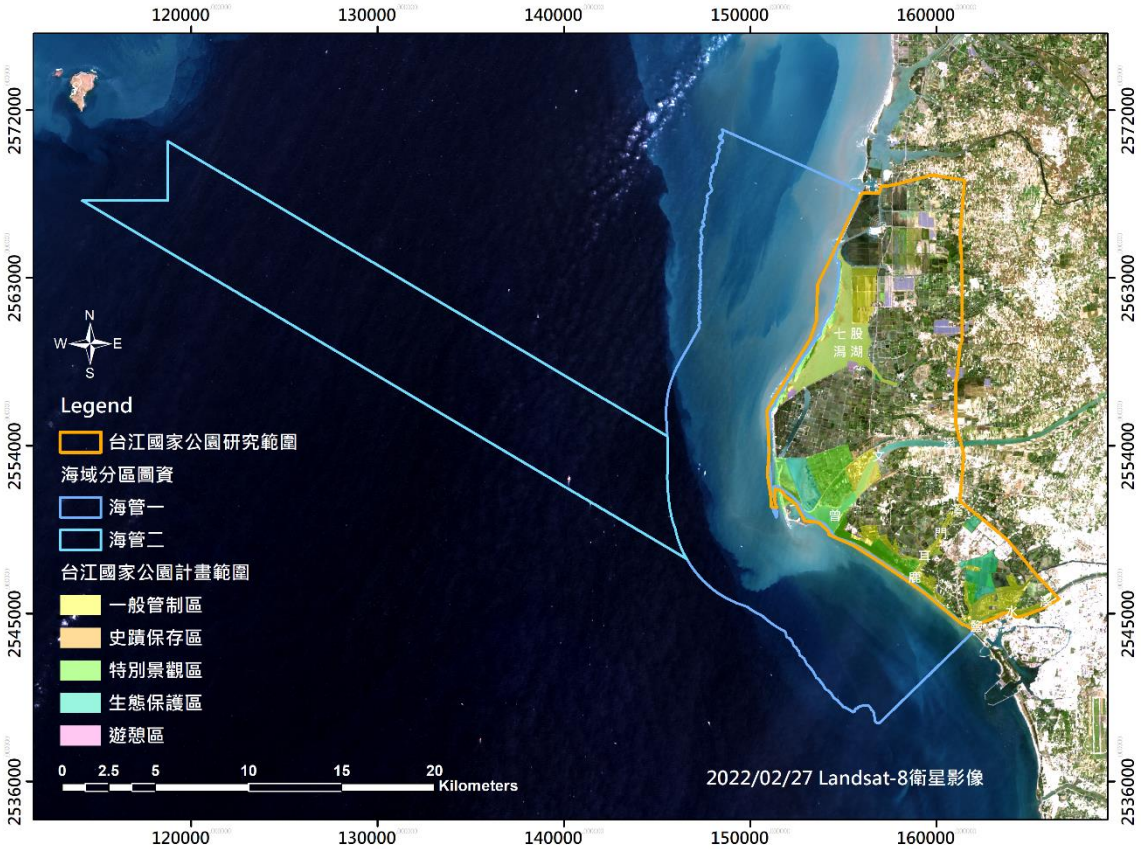


圖 2-1 台江國家公園計畫範圍

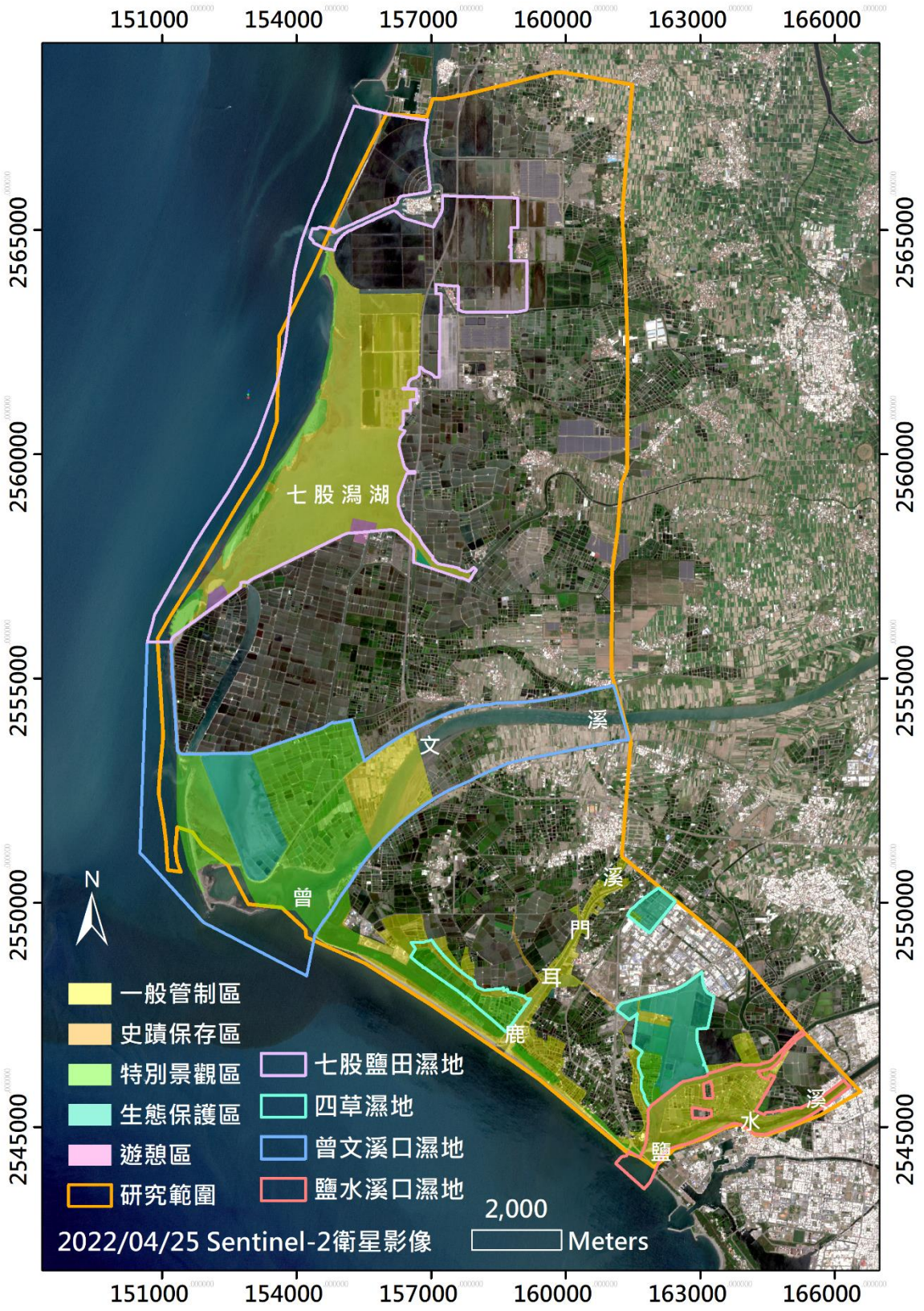


圖 2-2 台江國家公園計畫範圍（陸域範圍）

2.2 計畫執行策略

為全面執行 110-111 年台江國家公園遙測影像蒐集及土地利用分析，工作項目如下：

1. 衛星影像蒐集與建檔：

(1) 蒐集並建置計畫範圍內，108 至 111 年合計 4 年，每年至少 2 幅之高解析衛星影像（解析度 1.5-5 公尺）。

(2) 蒐集並建置計畫範圍內，110 年或 111 年，每年至少 1 幅之超高解析度衛星影像（解析度 0.2-1 公尺）。

2. 土地利用分析：

(1) 使用本計畫蒐集衛星影像進行土地利用分類，土地利用之類別需以國土利用現況調查辦法之土地利用分級分類系統表（陸域部分）為依據，建置土地利用分類圖資。

(2) 使用土地使用分類圖資分析各類別之基本面積及所占比例，並計算林地及溼地之單元數量、平均面積、連結程度或分散程度（或另擇可描述棲地破碎程度之指標），俾具體呈現重要棲地分布現況。

3. UAV 無人飛行載具拍攝：

暫定拍攝城西掩埋場 110 年 1 月火災現場及四周範圍，總拍攝面積為 1 平方公里，並完成正射影像之製作。

4. 其他配合事項：

配合出席管理處之各項會議，協助解說各項業務並配合提供階段性資料或製作簡報。

2.3 工作時程

計畫執行期程依據規定規劃各年度工作進度，灰底為預期進度，紅線為實際進度，詳如表 2-1 所示。

表 2-1 工作進度表

編號	工作項目	110 年									111 年				
		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
一	衛星影像蒐集與建檔														
1	高解析度(1.5-5 公尺)														
2	超高解析度(0.2-1 公尺)														
二	土地利用分析														
1	土地使用分類作業														
2	土地利用指標分析														
三	UAV 無人飛行載具拍攝														
四	其他配合事項														
			期初					期中						期末	成果

2.4 工作進度查核點

本計畫由 110 年執行，各期工作期限依下列日程辦理，不含機關審查及行政作業時間，並以機關收發文日期為準。

一、*期初報告*

從決標次日起 30 日曆天內，函送期初報告書 1 式 12 本，內容應包含具體工作時程、預定蒐集之影像來源（含規格）及土地利用分析方法，本處將擇期召會審查。

(一) 期初報告書撰寫

(二) 擬定工作執行構想

二、*期中報告*

於期初報告書審查通過之會議次日起 150 日曆天內，函送期中報告書 1 式 15 本，內容應包含 108 至 110 年高解析度衛星影像及土地利用類

型分析階段性成果，本處將擇期召會審查。

(一) 期中報告書撰寫

(二) 完成 108 年至 110 年高解析度衛星影像蒐集

(三) 土地利用類型分析階段性成果

三、期末報告

於期中報告書審查通過之會議次日起 180 日曆天內，函送期末報告書 1 式 15 本，內容應包含 111 年高解析度衛星影像、超高解析度衛星影像、土地利用類型分析成果及 UAV 無人飛行載具拍攝成果，本處將擇期召會審查。

(一) 期末報告書撰寫

(二) 完成 108 年至 111 年高解析度影像蒐集

(三) 超高解析度衛星影像

(四) 土地利用類型分析成果

(五) 完成 UAV 影像拍攝

四、成果報告

期末報告書審查通過之會議次日起 30 日曆天內函送成果報告書 5 本及電子檔光碟 2 份，成果報告書需包含本計畫蒐集或拍攝影像之索引，電子檔應包含歷次報告書原始文書檔及 pdf 檔、歷次報告書審查會議簡報檔及 pdf 檔、前述工作內容指定規格檔案，並請分層分類妥為儲存，本處將擇期辦理驗收。

(一) 成果報告書 5 份

(二) 成果光碟 2 份

2.5 執行成果

（一）建置計畫範圍內 108~111 年高解析度衛星影像。

（二）建置計畫範圍內 110 年或 111 年超高解析度衛星影像。

（三）建置計畫範圍內土地利用分類圖資。

（四）計畫範圍內土地利用分類分析及推動棲地保育的景觀生態指標分析。

（五）針對計畫範圍土地利用分類成果進行土地利用分析。

（六）以 UAV 無人飛行載具拍攝關注區域並製作正射影像以供應用。

第 3 章 工作內容與方法

3.1 工作執行程序

為達成前述各項目標，本計畫擬定工作流程，如圖 3-1 流程圖，首先 3.2 節進行衛星影像之蒐集與建檔，透過高解析度衛星影像每年蒐集二幅，與超高解析度衛星影像建置一幅，持續擴充影像圖資，建立台江國家公園影像資料庫，並結合過去蒐集之各類資料，應用於影像分類作業，以利後續土地利用分類之參考依據， 3.3 節土地利用現況分析及圖資建立，建置台江國家公園內最新的土地利用現況資訊，並進行相關土地利用分析， 0 節無人飛行載具空拍的高機動性及不易受天候影響的優勢，可完成地面圖資的蒐集及成果影片的空拍作業。

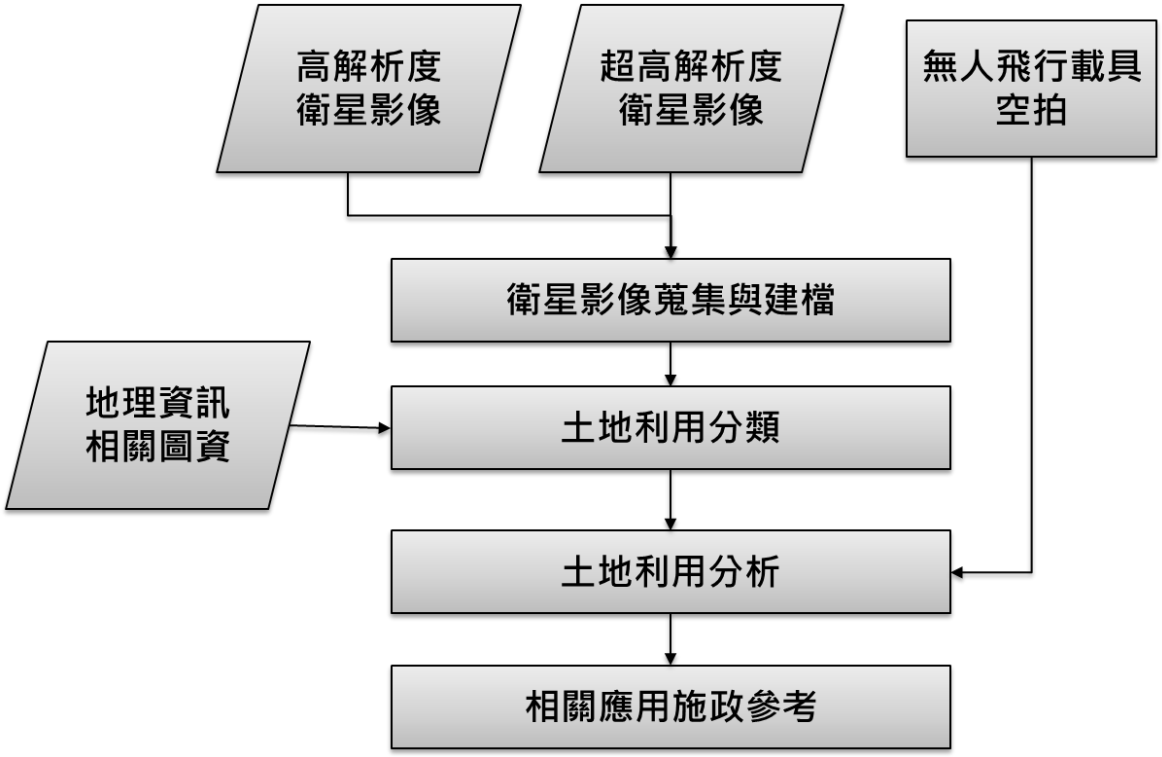


圖 3-1 工作執行流程圖

3.2 衛星影像蒐集與建檔

台江國家公園管理處現已蒐集部分地理資訊圖資，建置有地理資訊管理系統並逐年提升其功能，在目前既有的「園區導覽虛擬實境地理資訊系統」中已建置的影像資訊包含：2007 年合併前原臺南市航照影像、2010 年 World View 衛星影像以及 2013 年農航所航照影像，在向量圖資方面包含：國家公園範圍、國家重要溼地範圍、全區土地利用分區等資料。鑒古知今，本計畫除執行空拍任務取得最新的影像資訊外，於前年度執行時已蒐集台江國家公園園區內 40 年的歷史衛星影像，並介接中央研究院臺灣百年地圖以及蒐集相關的向量圖資。

本計畫於前期計畫期間已蒐集各類基礎圖資，圖資來源為政府開放資料平台、台江國家公園管理處及本計畫所建置資料。資料類別主要分為兩大類，網格及向量圖資，網格圖資主要為台江國家公園過去的衛星影像，以及計畫航拍的影像，和重點區域的無人飛行載具空拍影像。向量圖資則為台江國家公園內主要使用概況等圖資。

本年度圖資蒐集則朝向近年來之高解析度衛星影像，例如解析度為 1.5 公尺之 SPOT-6/7 衛星影像。在超高衛星影像部分，蒐集解析度 0.5 公尺之 Pléiades 衛星影像，為滿足台江國家公園需求，上述兩種衛星影像具有較高的性價比。衛星遙測影像應用範圍極為廣泛，諸如土地利用監測、現況定期監測、環境敏感區域的保護、防災規劃、緊急救災派遣、海洋及氣象觀測、農業調查等領域，故應利用有限經費進行妥善規劃，建置多期衛星遙測影像。以下分別對這兩種衛星做詳細說明：

3.2.1 臺灣可獲取之衛星影像介紹

臺灣目前可獲取之多元衛星遙測影像，除了國家太空中心(National Space Organization, NSPO)提供的福衛二號歷史影像與福衛五號影像之外，亦有美國 DigitalGlobe 提供的 GeoEye-1、WorldView-1、WorldView-2、WorldView-3、WorldView-4，與新創衛星公司 Planet Labs 所發射之 RapidEye 與 PlanetScope 衛星，以及法國 Airbus 的 Pléiades、SPOT-6&7，同時還有美國與歐盟所提供之資料開放衛星影像：Landsat-8、Sentinel-1 與 Sentinel-2。臺灣地區可獲取之多元衛星遙測影像規格整理比較於表 3-1。

SPOT 系列衛星

1986 年 2 月法國 AIRBUS 成功發射第一顆 SPOT 衛星(SPOT -1)後，已過三十餘年，期間陸續發射 SPOT 1-7 衛星，目前僅 SPOT -6 與 SPOT -7 衛星仍在運轉中，拍攝幅寬達 60 公里，可提供大範圍土地利用監測、災害監測及相關應用。SPOT -6 與 SPOT -7 衛星姿態控制方式為本體旋轉，提高影像拍攝便利性，亦可拍攝同軌立體對影像，灰度值取樣增加為 12bit，可保留更多灰度值之細節。圖 3-2 為 AIRBUS 贊助 IceLegacy 冰山探索計畫，於 2015 年由 SPOT6/7 拍攝阿拉斯加藍格爾山脈之鑲嵌彩色融合影像，其中紅色線條為探險家規劃行經路線。

Pléiades 衛星

Pleiades 為法國 Astrium 公司 SPOT 家族衛星，屬於超高解析度衛星影像，由 Pleiades1A 和 Pleiades1B 組成。首顆 Pleiades1A 衛星於 2011 年 12 月 17 日成功發射。地面解析度為 50 cm 且幅寬高達 20 km x 20 km，後續於 2012 年再發射相同衛星的 Pleiades1B。Pleiades1A 和 Pleiades1B 組成的 Pleiades 雙胞胎衛星於同一軌道相隔 180°，形成一個細節和覆蓋面積的完美結合，如圖 3-3 相同地區可每日再訪。

2015 年 12 月 20 日深圳大規模土石崩塌事故導致恆泰裕工業園區 33 多幢樓房坍塌或受損，附近「西氣東輸」管道發生爆炸，導致輸往香港的燃氣中斷，下滑的土石覆蓋面積達 38 萬平方公尺，厚度最高 10 多公尺，在天災抑是人禍未釐清之時，Pleiades 於同年 12 月 31 日拍攝受災範圍無雲覆蓋之清晰影像，如圖 3-4 所示。

表 3-1 臺灣地區可獲取之多元衛星影像規格表

項目		GeoEye-1*	WorldView-2*	WorldView-3*	WorldView-4*	
衛星公司		DigitalGlobe	DigitalGlobe	DigitalGlobe	DigitalGlobe	
製造國家		美國	美國	美國	美國	
發射日期		97 年 9 月 6 日	98 年 10 月 8 日	103 年 8 月 13 日	105 年 11 月 11 日	
軌道形式		太陽同步軌道	太陽同步軌道	太陽同步軌道	太陽同步軌道	
空間解析度	全色態	0.41 公尺	0.46 公尺	0.31 公尺	0.30 公尺	
	多光譜	1.65 公尺	1.84 公尺	1.24 公尺	1.20 公尺	
	彩色融合	0.41 公尺	0.46 公尺	0.31 公尺	0.30 公尺	
光譜波段數		5	8	8	5	
重訪頻率		1.5 天~3 天	約 1~3.7 天	約 1~4.5 天	1 天(優於 1m 解析度) 4.5 天(0.3m 解析度)	
輻射解析度		11-bits	11-bits	11-bits	11-bits	
項目		**Pléiades****	**SPOT 6/7****	**Formosat-5**	**PlanetScope**	
衛星公司		Airbus	Airbus	國家太空中心	Planet Labs	
製造國家		法國	法國	臺灣	美國	
發射日期		1A： 100 年 12 月 1B： 101 年 12 月	SPOT 6： 101 年 9 月 12 日 SPOT 7： 103 年 6 月 30 日	106 年 8 月 24 日	102 年 4 月 19 日	
軌道形式		太陽同步軌道	太陽同步軌道	太陽同步軌道	國際太空站運行軌道	太陽同步軌道
空間解析度	全色態	0.41 公尺	1.50 公尺	2 公尺	-	-
	多光譜	1.65 公尺	6.0 公尺	4 公尺	-	-
	彩色融合	0.41 公尺	1.50 公尺	2 公尺	3 公尺	3.5 公尺
光譜波段數		5	5	5	4	4
重訪頻率		1 天	1 天	2 天	隨時	1 天
輻射解析度		12-bits	12-bits	12-bits	12-bits	12-bits
項目		**RapidEye**	**Landsat-8*****	**Sentinel-1******	**Sentinel-2******	
衛星公司		Planet Labs	NASA / USGS	European Space Agency	European Space Agency	
製造國家		美國	美國	法國	法國	
發射日期		97 年 8 月 29 日	102 年 2 月 11 日	1A：103 年 1B：104 年	2A： 104 年 6 月 23 日 2B： 106 年 3 月 7 日	
軌道形式		太陽同步軌道	太陽同步軌道	太陽同步軌道	太陽同步軌道	
空間解析度	全色態	-	15 公尺	C 波段 5*5m 5*20m 25*100m 5*20m	無	
	多光譜	-	30 公尺		10 公尺	
	彩色融合	5 公尺	15 公尺		10 公尺	
光譜波段數		5	11	-	13	
重訪頻率		1 天	16 天	6 天	5 天	
輻射解析度		12-bits	12-bits	-	12-bits	

* 取自 DigitalGlobe 官網 https://www.digitalglobe.com/resources/satellite-information
**取自 AIRBUS 官網 https://www.intelligence-airbusds.com/satellite-data/
***取自 USGS 官網 https://landsat.usgs.gov/landsat-8
****取自 ESA 官網 https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi

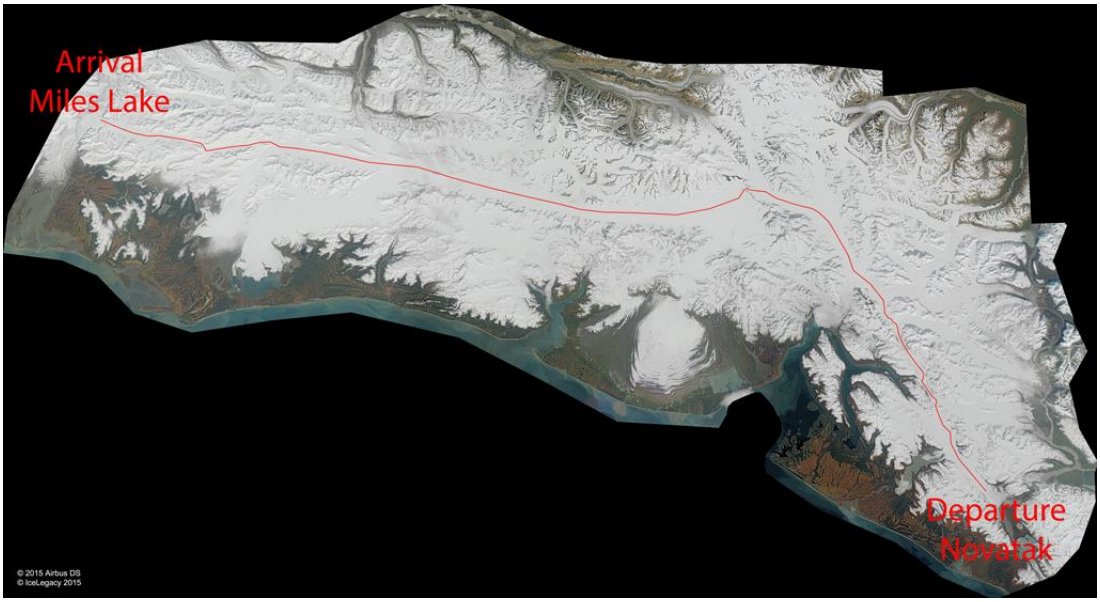


圖 3-2 阿拉斯加藍格爾山脈(AIRBUS)

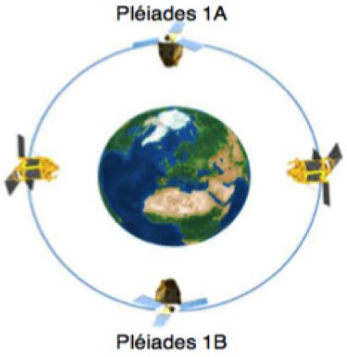


圖 3-3 Pleiades1A 和 Pleiades1B 雙星運行示意圖



圖 3-4深圳滑坡事故區域衛星影像（群立科技）

3.2.1 衛星影像處理

衛星影像處理

SPOT-6/7 衛星影像空間解析度為 1.5 公尺，為與過去台江國家公園製作之福衛二號影像能做長時間變化分析，須確保兩種影像對位之精確度。故會將 SPOT 影像做下列處理，首先將 2 公尺之 99 年福衛影像重新採樣成 1.5 公尺解析度影像後，接著再進行 1.5 公尺彩色融合 SPOT-6/7 正射影像與 99 年福衛正射影像進行多期影像精配準（圖 3-5），確保 108 年至 111 年 SPOT 影像與 12 年福衛影像的一致性，接著再進行可適化對比增揚。因此，影像前處理的重要工作便是先消除影像在時間上的差異，拍攝角度及大氣型態的不同。

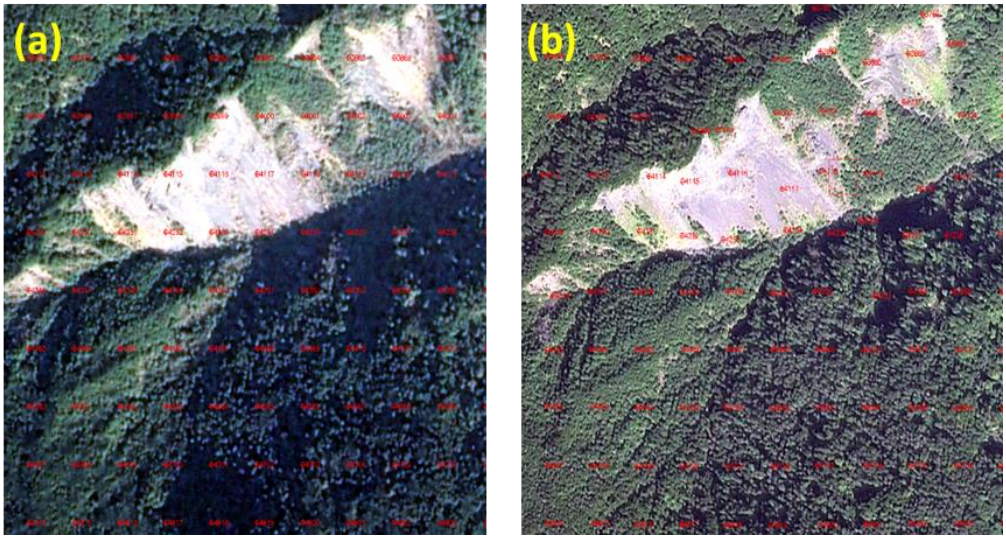


圖 3-5 FNCC 技術對多時期衛星影像，進行準確且快速的幾何配準處理。(a)福衛二號影像(99/01/14)(b)SPOT 影像(106/10/18)

多期影像幾何配準處理

達成像元級(pixel-level)精度之變異分析，端賴於精確之多期影像幾何精配準處理(Coulter, Stow and Baer 2003)，若直接對已完成嚴密正射糾正之多期影像進行變異分析，會有相當程度的變異是來自於多期影像空間定位上的誤差(Dai and Khorram 1998)。由於福衛二號與 SPOT-6/7 所拍攝的多時期影像間相關性非常高，地表上幾何變形與陰影的分布情況亦

非常相似，因此可以再次利用快速正規化相關匹配 (Fast Normalize Cross Coefficient; FNCC)技術，對多時期衛星影像，進行準確且快速的幾何精配準處理(Liu 2006)，如圖 3-5 所示。

可適化對比增揚

光學衛星影像受到取像時的天候影響，許多細節部分常因對比不佳而不易辨識，此種問題無法藉由一般線性增揚或直方圖等化的方式予以消除，本模組的可適化對比增揚功能，最適合用於強化整幅影像的細節部分。此外，本模組還使用針對地球科學遙測影像處理最優化所設計之邊緣銳化濾波器，可以使影像中物體的邊緣更加銳利、清晰，達到較好的視覺效果，因此所產製之影像，在災害判釋與變異分析的應用上更為有利。圖 3-6 為應用「衛星影像自動處理系統」進行邊緣銳化與可適化對比增揚處理之實例，與一般線性 2%的增揚方式相比，邊緣銳化與可適化對比增揚影像除了更鮮明銳利外，尤其在薄雲及陰影區部分（紅框區）保留較多的細節。

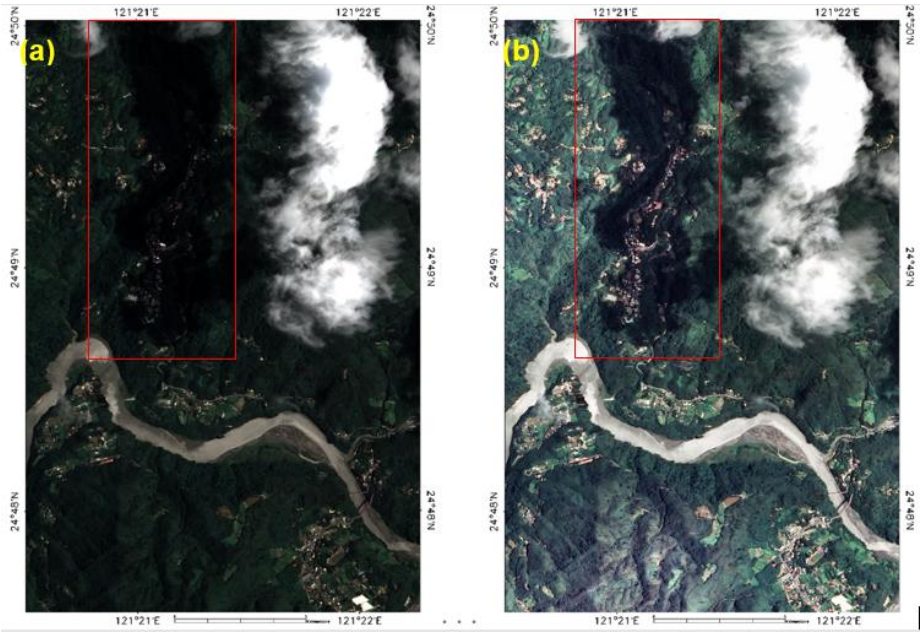


圖 3-6 應用 107/07/14 SPOT 衛星影像，對彩色融合影像進行邊緣銳化與可適化對比增揚處理之實例。(a) 一般線性 2%增揚影像，(b)可適化對比增揚及邊緣銳化影像

影像變異分析

計畫成果所建置的歷史影像，以物件分析方式透過頻譜、紋理及統計指標計算台江國家公園重要分區不同時期影像的變異。

採用非監督類式分類(Unsupervised)裡的 K-Means，來作為影像物件單元分析之依據，將影像上具有相似頻譜特性的區域，經反覆疊代計算，得到最具代表性的分類範圍，據以決定不同的物件單元。不同於一般完成影像分類後就直接進行變異分析的作法，此處分類的結果，僅作為物件單元化的依據，詳盡的變異分析工作，必須使用下所述的各種空間特徵資訊，才能突破一般使用頻譜數目較低的遙測影像，在分類精度上的限制。

最常使用之頻譜指標為正規化差異植生指標(NDVI)能靈敏反映植生狀態，過去許多學者即運用此特性推算農作物收穫量或監測植被生長變化等，如 Justice (1985) 等人利用 NOAA/AVHRR 資料轉換為 NDVI 影像，以監測森林、草原、與農業區的生產力變化。

Tamura *et al.*(1978)針對十六種典型的自然紋理影像，比較人類視覺與紋理分析技術在影像內容結構上之差異，發現兩者具有極高之相關性，並指出可用紋理原理妥確地分辨於自然影像。Marceau (1990)亦指出，紋理影像可輕易與光譜資料結合使用，其不僅可提供所需之空間資訊，且相容於傳統多光譜分類所使用之機率模型。綜合上述，紋理對於影像判釋應有特定程度上的幫助。本計畫以變異量(Variance)描述影像中紋理的特性。

相關係數（Correlation）顯示兩個隨機變數之間線性關係的強度和方向，是用以反映變數之間相關關係密切程度的統計指標，可提供變數之間線性相關的程度。

以 107 年度計畫成果為例，以五千分之一圖幅框為單位，將所建置之 2015-2018 年影像，分析台江國家公園範圍內之變化，較少明顯建築物

上的變異，主要為魚塭、農地及鹽田變化。將相鄰之兩年相互分析，選出較特殊變化區域進行分析，分別為：

(1)94193073 十一戶子

曾文溪出海口為台江國家公園之七股重要野鳥棲息地區，屬特別景觀區。103 年與 104 年間，為河口魚塭縮減變化。104 年與 105 年間，為河口沙洲形狀變化。105 年與 106 年間，為河口沙洲縮減變化。106 年與 107 年間，為新增另一處河口沙洲之變化。此區域較無明顯建築物上的變異，其他皆為魚塭的變化。

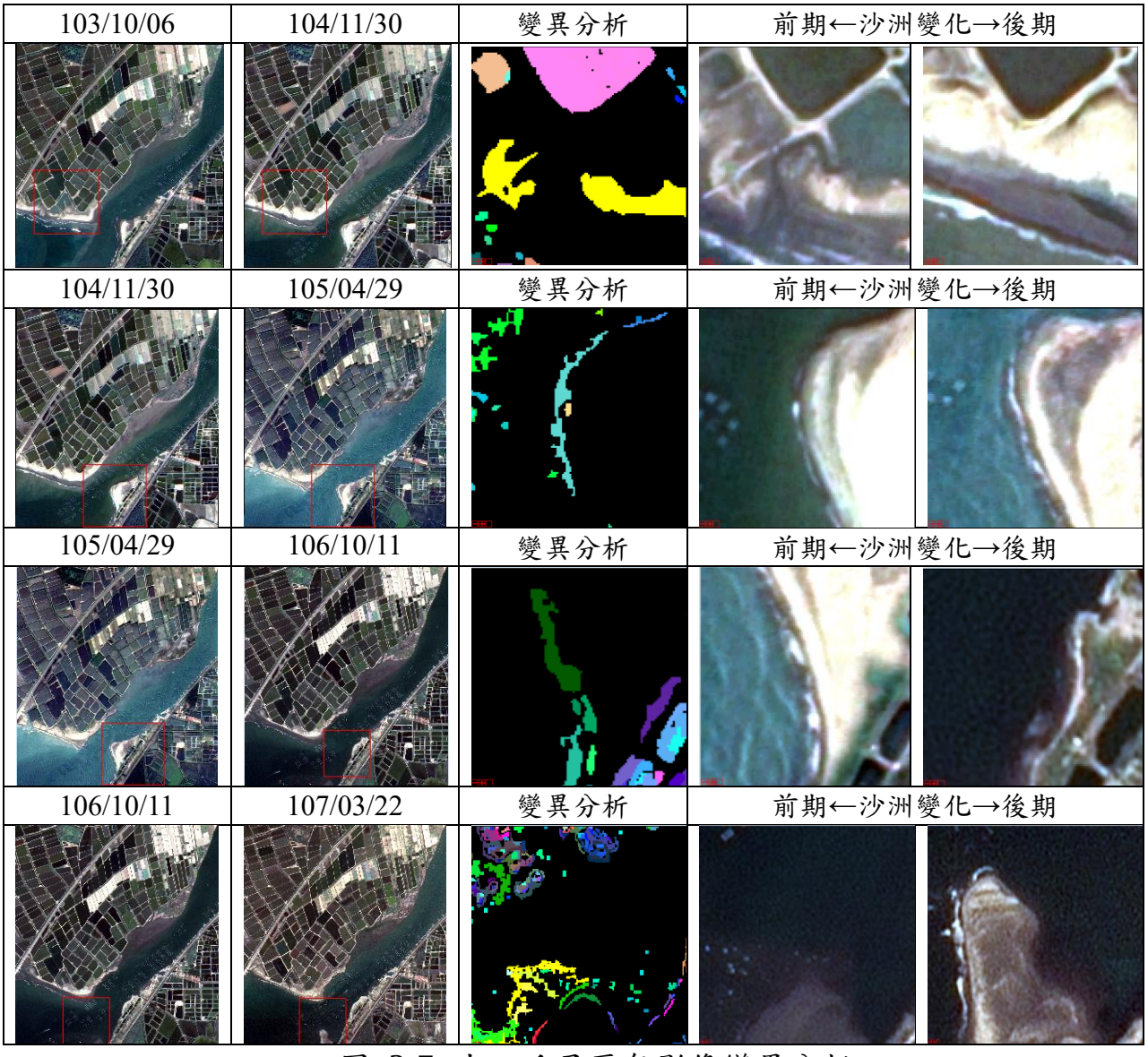


圖 3-7 十一戶子歷年影像變異分析

3.3 土地利用分析

目前遙感探測已成為諸多國家用於監測土地利用變化等較常使用的方式，其成果也為作為分析與決策重要的參考依據。台灣西南沿海地區土地利用類型多樣，然因土地利用不當等因素危及自然環境與生態。為使土地資源有效利用與管理，本研究運用衛星影像廣域性及地面解析度高之特性，配合已知的國土利用調查資料，辨識研究區域中主要土地類型之基本光譜特徵，以供後續作為掌握環境變遷和判別。

本次影像分類為以高解析度之衛星影像針對研究範圍進行地物的判釋，希望以遙測方式降低傳統現場調查所需的花費時間。此次地物分類之類別參考國土利用調查之分類項目，作為研究區域內土地覆蓋之類別資訊。土地利用為自然和人為影響所形成的地表狀態，包括植被、森林、冰川、湖泊、沼澤溼地、道路及人工建物等。土地利用是環境與人為因素在空間及時間上交互作用的表現，地表自然環境因農業活動、礦業開發及都市發展等而改變地表覆蓋面積，使得如林木面積減少、土壤流失、環境污染等，皆為人為活動促使全球環境變遷的重要因素。(Veldkamp and Fresco, 1996)。

3.3.1 影像分類

為達到環境監測與管理之目的，本研究利用衛星影像與已知的國土利用調查資料。辨識台江研究區內主要土地類別之基本光譜特徵，以供後續研究上的土地利用與管理。

本次採用國土測繪中心國土利用調查(105~109 年)之分類圖層，輔助遙測影像獲取各類土地利用類型的空間分布，以利解析各類土地利用區之光譜特徵。國土土地利用之調查共將土地類型分為三級，分別分為 9 類、41 類與 103 類。本研究以國土利用調查第一層級七大類與第二層級

分類中與自然環境相關之土地利用分類，包括農作、天然林、人工林、道路、河道、溼地、草生地、建物及裸露地等九類為目標，進行光譜分析與分類，表 3-2 為現行國土利用調查分類層級表，本研究將使用此表作為分類層級，進行後續土地利用調查分類。

衛星影像於分類時會以上述土地利用調查之類別進行分類，如圖 3-8 所述，先了解研究區域中之地物與其特徵，再決定判釋時所使用之分類方式與訓練樣本，其間若能有其他輔助資訊如航照影像、光達等資訊皆可利用。此外，根據光譜影像產製對判釋成果有幫助之指標資訊與紋理資訊等，整合上述資料後，再進行後續之影像分類。影像分類成果是否進行影像處理視情況而定，常出現要處理之原因為影像分類成果出現如椒鹽般顆粒大小的零碎像元，此為椒鹽反應(Salt and Pepper Effect)，若椒鹽反應嚴重則需進行影像後處理合併這些零碎像元，萃取出較為完整的土地利用覆蓋區塊，以利後續圖資向量化呈現與管理應用，影像分類成果與利用分類成果轉化成向量圖塊成果則參考圖 3-9。

表 3-2 國土利用分類層級表

國土利用調查土地利用分類系統			台江測試區土地覆蓋 (land cover) (分類目標)		建議定義類別名稱
第一級	第二級	第三級	類別	定義	類別
農業使用土地	農作	旱作	農作地	農作物種植之土地	農地
			茶園	指人工種植茶園	
		果樹	果樹	指人工種植之水果	
			檳榔	指人工種植檳榔園	
		農業附帶設施	溫室	有固定照明及網室	
	水產養殖	水產養殖	魚塭	水產養殖所使用之土地	魚塭
森林使用土地	天然林	天然闊葉林	森林	指闊葉森林：包含天然林、人工林。 竹林：包含各類竹林	林地
		天然竹林	竹林		
	人工林	人工闊葉林	森林		
		人工竹林	竹林		
交通使用土地	道路	一般道路	道路	指人工鋪面之柏油路	道路
水利使用土地	河道	河川、溪	河道	包含溪流、水池	河道
	蓄水池	池	蓄水池		蓄水池
	海面	海面	海面		海面
建築使用土地	住宅	純住宅	建物	指人工建築物用地，包含住宅、公共設施、學校	建物
	其他建築用地	殯葬設施(墓地)			
公共使用土地	醫療保健	衛生所	建物		
	休閒設施	體育場、球場	運動場		空置地
	學校	小學			
礦鹽利用土地	鹽業	鹽田	鹽田	鹽業及相關設施	鹽田
其他使用土地	草生地	草生地	草生地	包含草地、草生荒地、廢耕草生之土地	草生地
	空置地	未使用地	空置地	土地空置，尚無特定用途者。	空置地
	裸露地	崩塌地	裸露地	包含崩塌地、裸露空地、及泥土產業道路	
		裸露空地			
		灘地	灘地	沙灘、海灘、潮間帶等土地。	沙洲
	溼地	溼地	溼地	溼地、沼澤和紅樹林	溼地

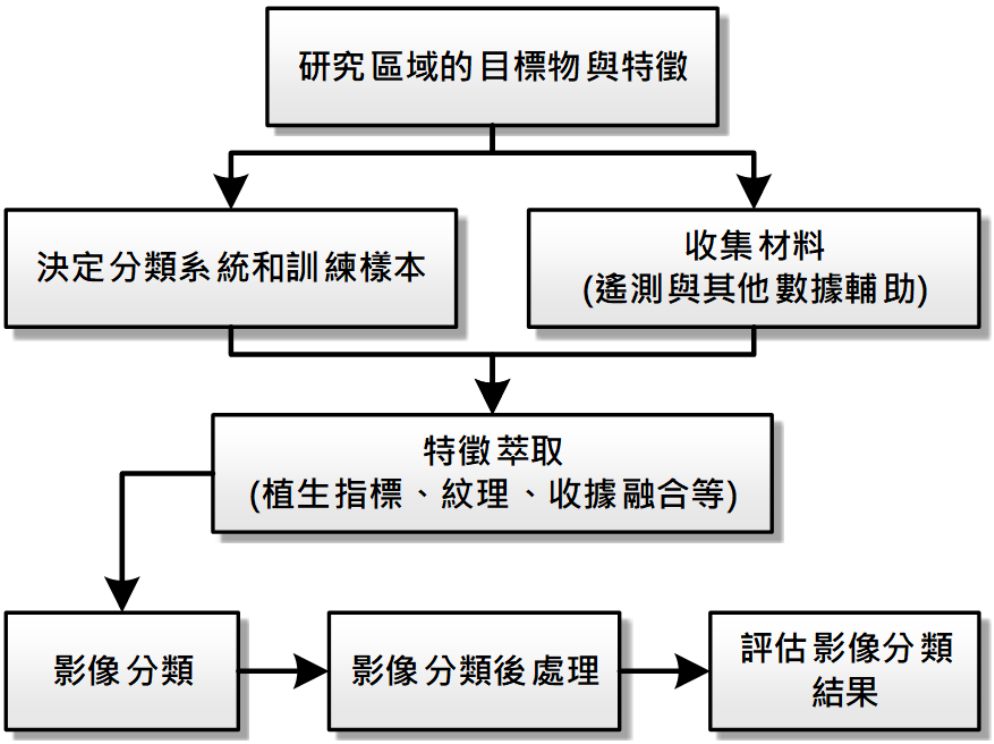


圖 3-8 影像分類流程

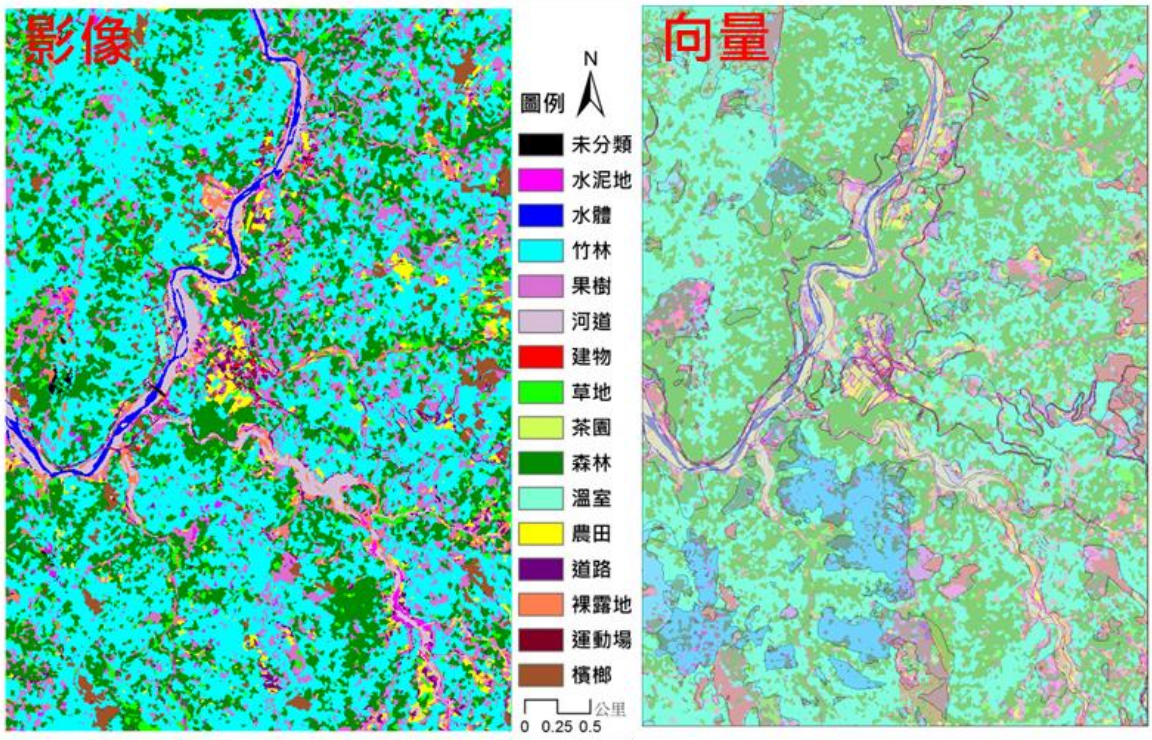


圖 3-9 影像分類成果示意圖(內政部，2013)

3.3.2 影像分類現地檢核

本次檢核方式參考國土利用調查檢核機制，針對測區分類後衛星影像至少檢核 30 個平均分布於圖面之點位，檢核方式為以點位為中心，以前後 1 m 的範圍畫設檢核方框範圍，因此現地檢核大小樣區約為 1 m×1 m 之方框，針對方框內之地物進行屬性查核。同時量測方框內之地物相對距離，其測量方式為地物明顯易見之角點與角點間的相對距離。透過此現地查核方式，除可以得知現地地物屬性外，亦可得知不同地物之相對距離與平面精度。現地實際調查之檢核方式，可參考圖 3-10 現地調查示意圖。利用現地檢核樣區，檢核衛星影像分類成果，透過檢核後可知道影像中像元被正確分類和誤分的比例，進而得知影像分類正確率，檢核方法一般使用誤差矩陣呈現分類精度成果(如表 3-3)。

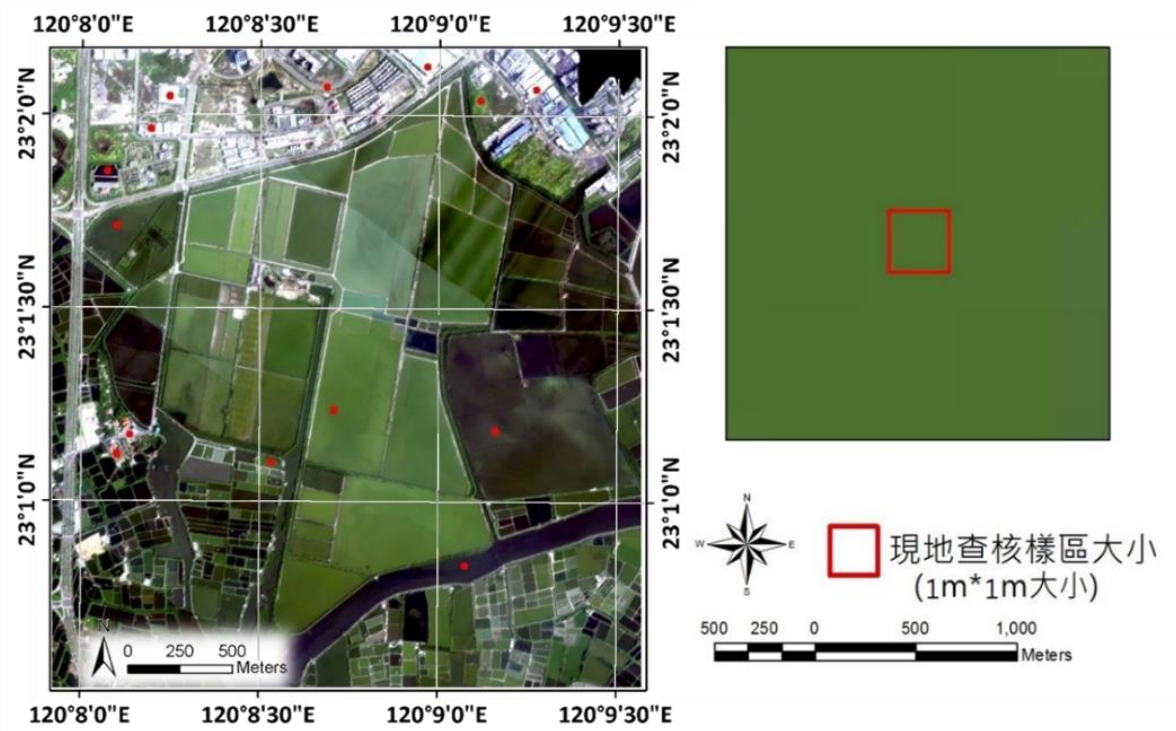


圖 3-10 現地調查成果示意圖

表 3-3 分類誤差矩陣表

	光譜特徵資料分類成果誤差矩陣																
		Reference class															
		水體	河道	道路	農地	裸露地	溫室	果園	檳榔	茶園	竹林	森林	水泥地	建物	運動場	草地	總計	使用者精度(%)
User Class	水體	1335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1335	100.00
	河道	13	2255	16	51	178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2513	89.73
	道路	0	0	468	301	124	0	0	0	0	0	0	130	25	0	0	1048	44.66
	農地	0	0	0	1452	43	0	0	77	0	0	103	0	0	0	455	2130	68.17
	裸露地	0	128	79	0	1311	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1520	86.25
	溫室	0	0	0	0	0	305	0	0	0	0	0	25	0	0	0	330	92.42
	果園	0	0	0	30	20	0	601	42	0	272	414	0	0	0	183	1562	38.48
	檳榔	0	0	0	100	0	0	115	2290	1	191	46	0	0	0	0	2743	83.49
	茶園	0	0	0	0	0	0	0	0	645	28	0	0	0	0	0	673	95.84
	竹林	0	0	4	113	0	0	280	251	116	5751	2496	0	0	0	81	9092	63.25
	森林	0	0	0	190	0	0	0	27	1	467	3649	0	0	0	86	4420	82.56
	水泥地	0	12	148	0	33	0	0	0	0	45	0	173	3	0	0	414	41.79
	建物	0	0	42	0	0	16	0	100	0	0	0	4	646	0	0	808	79.95
	運動場	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	25	100.00
	草地	0	0	0	0	17	0	4	0	0	21	171	0	0	0	885	1098	80.60
	總計	1348	2395	763	2237	1726	321	1000	2787	763	6795	6879	403	933	25	1690	30065	
生產者精度(%)		99.04	94.15	61.34	64.91	75.96	95.02	60.10	82.17	84.53	84.64	53.05	42.93	69.24	100.0	52.37	99.04	
		OA:82.48%　Kappa:0.76																

3.3.3 推動棲地保育及土地永續管理的景觀生態分析

本研究景觀生態分析的目的，是要進行台江國家公園內及周邊地區之林地、濕地、魚塭等重要景觀資源的監測分析，檢視其形態、面積與連接性，以利於後續的棲地保育及土地永續經營管理工作之推動。本計畫使用遙測衛星影像資料及內政部的國土利用現況調查資料，藉以系統性地分析台江國家公園計畫範圍內及周邊地區與棲地保育及水與綠資源管理有關的土地使用類別、面積及比例，並計算林地、濕地及其他主要地景元素之數量、平均面積、連結程度或分散程度等指標，以便具體地呈現重要棲地之空間分佈狀況及檢討研究地區的整體景觀格局。此外，本研究亦探討研究地區的土地使用狀況及建議適當的景觀指標系統，以作為台江國家公園景觀生態環境監測及土地管理之參考。

本研究運用景觀生態學理論，並結合遙感探測分析、GIS 空間分析及景觀指標分析等方法與工具，藉以系統性地探討台江國家公園計畫範圍內及周邊地區之林地、濕地及其他重要地景元素的空間型態、面積、所占比例及地景鑲嵌關係。除了運用遙感及 GIS 技術，進行土地使用分類及地景特徵的描述性分析之外，本計畫亦進行以下工作：(1) 建議可協助推動台江國家公園進行水與綠資源維護及棲地永續經營管理的景觀指標系統；(2)配合濕地保育政策及永續國土經營管理目標，提出增進台江國家公園棲地保育及生態環境維護的土地使用管理策略之建議。

為了進行台江國家公園及周邊地區的棲地維護及土地永續經營管理之分析，本研究以台江國家公園地區景觀生態系統建構及綠資源管理的角度切入，進行此地區的景觀格局分析及景觀指標分析。考量到本研究計畫進行期間的資料可取得性及現有空間資料建檔的一致性問題，所使用的研究資料係以本研究團隊依據台江國家公園管理處委託計畫所蒐集及建置的遙測影像資料為主，並輔以研究地區最新的內政部國土利用現況

調查資料，來進行所需的分析，後續研究建議台江國家公園管理處可購置多年期的國土利用現況調查資料，並持續搭配高解析度的遙測影像資料，來建置具編碼一致性的土地使用資料庫，以便進行更深入的環境監測與景觀格局變遷分析。

3.3.4 景觀生態分析範圍、使用資料及理論基礎

景觀(landscape，或稱地景)是一個複雜的系統，是地表自然環境與人造環境特徵及土地使用現象的總合，亦是一個人類與環境持續互動，共同生活出來的整體(吳綱立，2009，2019)。台江國家公園內棲地及林地等地景資源的保育與永續經營管理，除了需考慮這些地景元素及相關主要土地使用類型的空間型態、面積、比例及空間分佈特徵之外，也需要考慮這些土地使用類型與周圍地景組成元素的鑲嵌關係及景觀格局，以便研擬適當的土地經營管理策略與政策。基於此，本研究以本團隊蒐集的台江國家公園地區遙測影像資料為基礎，針對研究地區的林地、濕地及其他重要地景元素之現況、面積、型態以及其與土地使用之鑲嵌關係進行系統性地分析。本研究以委託計畫所界定出的台江國家公園遙測影像資料收集範圍為研究範圍（見圖 3-11），探討台江國家公園與周邊地區的景觀生態空間結構。

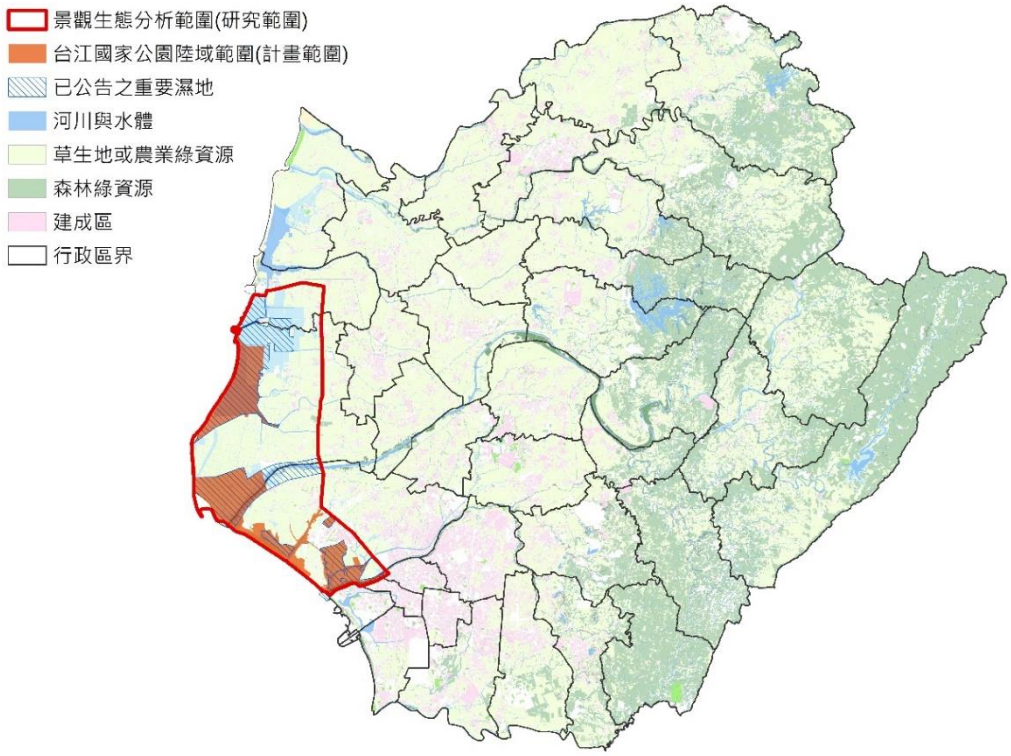


圖 3-11 景觀生態分析範圍圖

就計畫的理論基礎而言，本研究主要以景觀生態學為理論基礎。景觀生態學是棲地保育及生態土地使用規劃的重要理論基礎，其分析地景空間的組成元素，包括嵌塊體[1]（patch）、廊道（corridor）、基質（matrix）及生態網絡等的結構、型態、功能，以及地景鑲嵌關係，進而發展出景觀格局的分析方法（見圖 3-12），以便檢視景觀格局對於生態過程的控制和影響（Forman, 1995；吳綱立，2019），並透過地景元素與景觀格局的分析與管理來維持地景的生態功能以及物質流和能量流的安全性。此方法目前已成為棲地保育及綠資源管理的主流方法，廣泛地應用於生態土地使用規劃以及相關的棲地管理。

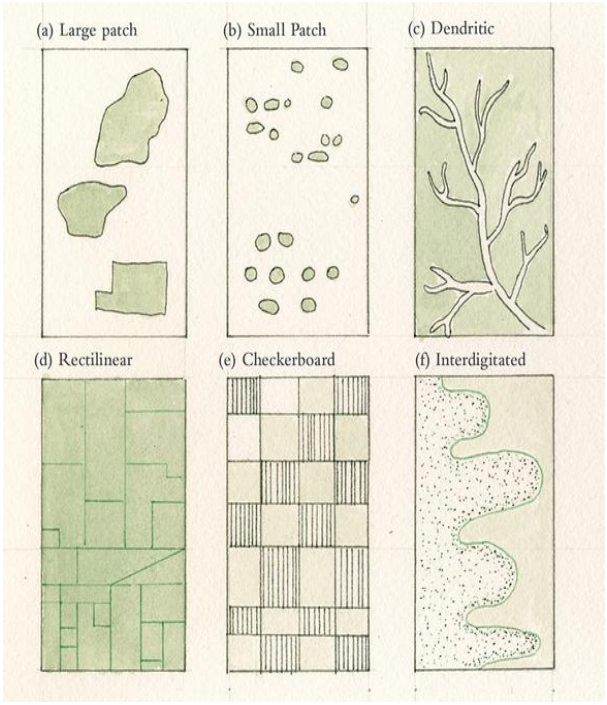


圖 3-12 常見的六種景觀格局
(資料來源：Forman, 1995)

景觀格局分析通常會考量多元尺度的林地或景觀嵌塊體的形態、功能，以及其與土地使用間的鑲嵌關係，據此研擬適當的土地經營管理策

[1] 參酌國家教育研究院雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網，在生態學上 patch 一字可譯為嵌塊體、區塊或斑塊，本報告統一使用「嵌塊體」一詞。

略。景觀嵌塊體及景觀格局多元尺度分析的概念如以下圖 3-13 所示。

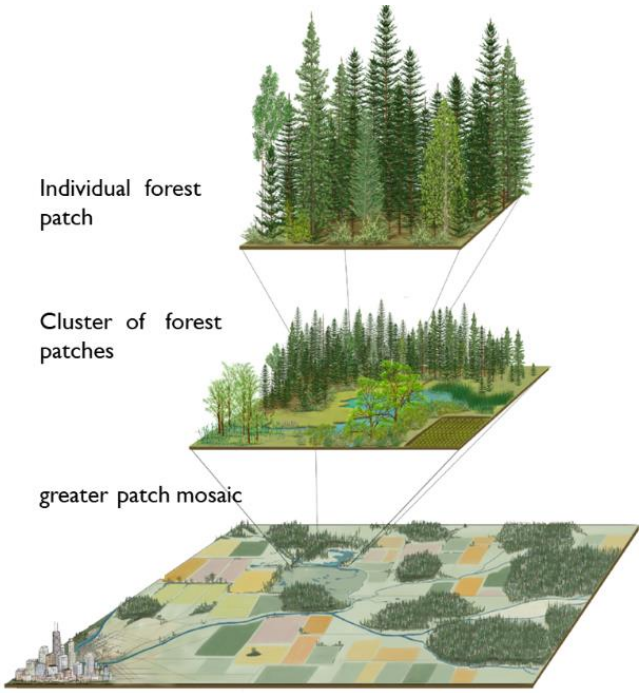


圖 3-13 景觀嵌塊體及景觀格局分析的尺度
(資料來源：Encyclopædia Britannica, Inc)

一般而言，景觀生態結構與功能的管理，有以下基本的原理：

1. 需維持必要的景觀格局（Indispensable Patterns）：包括為了完成生態效益，所必須提供的集中與分散相結合的空間格局。所謂必要的格局（Indispensable Patterns）意指具有不可替代性的地景空間布局，通常包括：適當面積及空間分佈的自然植被嵌塊體；周圍有適當植生綠化的河流與水域，透過廊道和生態踏腳石（stepping stone）在大型嵌塊體間建立連接關係；在基質內部的小型自然嵌塊體，以產生異質性等。

2. 指認及維護生態策略點（Strategic Points）：通過這些策略點能有效地控制或促進某些生態過程，例如物種的空間移動、促進養份及能量的流動、防止火災和蟲災漫延等。

上述基本原理應用於國家公園生態保育及棲地管理時，建議可優先識別出關鍵的景觀嵌塊體，對那些具有關鍵生態作用及生態價值的水與

綠網絡中的嵌塊體應給予適當的維護，例如生態網絡中的關鍵節點(nodes)和生態踏腳石（stepping stones）以及具有明顯生態價值的嵌塊體與廊道等(吳綱立，2009；許晉誌、吳綱立、王小琳，2014)。實務操作時，應檢討現有地景資源的土地利用方式與景觀格局，包括：區分土地使用類型；分析主要景觀嵌塊體的大小、形態、平均面積、邊緣寬度、長度及緊密度；界定景觀廊道和其網絡屬性及探討廊道連通性；檢討河流廊道的緩沖帶寬度，以及生態踏腳石的位置、大小和數量等。

3.3.5 景觀生態分析流程

本研究嘗試結合遙感(RS)分析、地理資訊系統(GIS)分析及景觀指標分析，景觀生態分析的流程如圖 3-14 所示。首先，界定研究範圍內地景構成的基本土地使用類型及地景特徵。依據台江國家公園地區環境永續經營管理的目標，地景類型分類需能反映出台江國家公園內生態系統及棲息環境的特徵，包括界定出林地、濕地及其他重要的地景元素。接著運用遙感影像資料及相關土地利用現況調查資料，分析主要景觀嵌塊體的特徵及空間分佈情況，此部分乃透過遙測影像處理軟體及地理資訊系統(GIS)軟體來進行影像資料的判釋分類及資料數化處理，並將資料轉換為 GeoTIFF 格式。然後(步驟三)透過 Fragstats 軟體（McGarigal, Cushman & Ene, 2012）進行景觀格局及景觀指標分析，最後(步驟四)綜整數據分析的結果，並藉由解讀指標分析結果，研擬分析結論與建議。

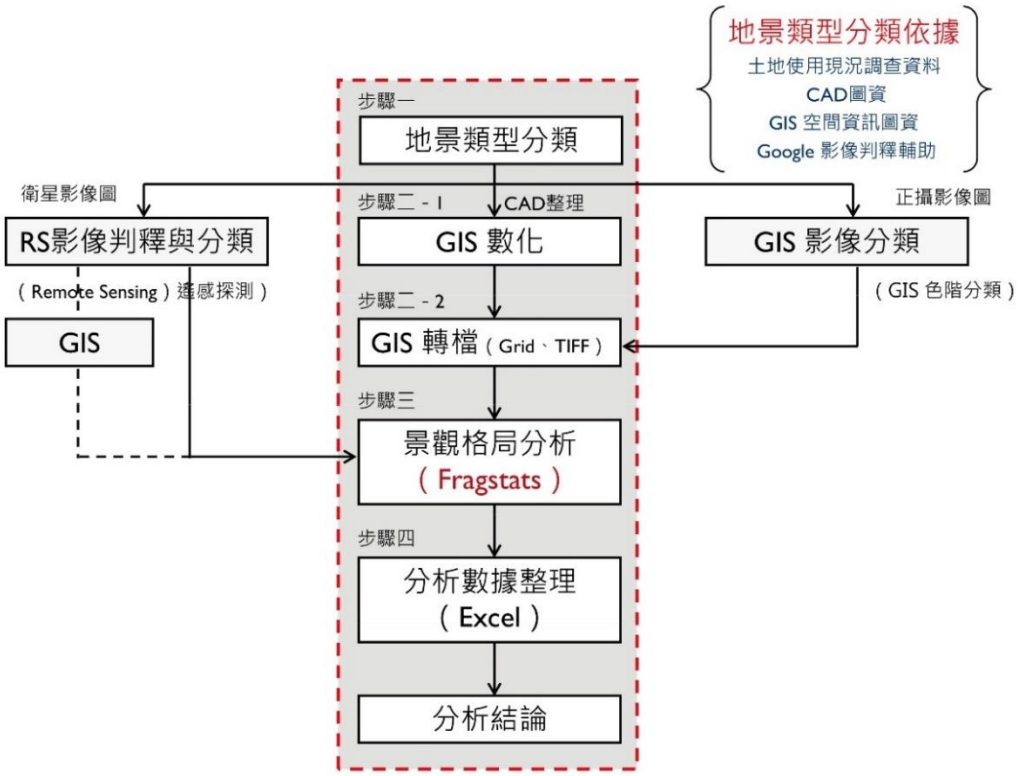


圖 3-14 景觀生態分析流程
(資料來源：本研究整理)

3.3.6 評估指標選取

景觀格局分析的重點，包含景觀空間結構與主要地景類型之多樣性、優勢度、聚集度、破碎化程度以及地景鑲嵌關係的分析。本計畫參酌台江國家公園管理處的需求，擇定以能夠呈現研究地區地景構成元素及主要土地利用類型之面積、所占比例、嵌塊體數量、嵌塊體形狀、平均面積、連結程度(或分散程度)等面向的景觀指標來進行評估分析，以便能有效地呈現地景空間結構及重要棲地的景觀生態環境狀況，並建議適當的土地經營管理策略。

基於以上考量，本研究選取適合台江國家公園地區環境特徵的景觀指標來進行景觀格局分析，圖 3-15 摘述本研究使用的景觀指標及其評估數值所呈現的景觀生態意涵(吳綱立，2019；2021)。表 3-4 所示為各指標的用途及計算方法的說明。考量台江國家公園地區的環境特性及本研究

領域的國際發展趨勢，本研究建議一套可實際操作的景觀指標系統，並依據分析結果，提供環境經營管理的建議。

景觀類型面積	景觀類型面積百分比	最大嵌塊體指數	景觀類型邊界密度	景觀形狀指數	嵌塊塊面積平均值	嵌塊體面積標準差	
CA	PLAND (%)	LPI (%)	ED (m/hm²)	LSI	AREA_MN (hm²/個)	AREA_SD (hm²/個)	
景觀優勢度			形狀複雜度		嵌塊體面積		
優勢↓非優勢	優勢↓非優勢	優勢↓非優勢	複雜↓簡單	複雜↓簡單	聚集↓分散	差異大↓差異小	數值：大↓小

嵌塊體個數	嵌塊體密度	最鄰近距離平均值	最鄰近距離標準差	連接性指數	凝聚度量	
NP (個)	PD (個/100hm2)	ENN_MN (m)	ENN_MN (m)	CONNECT (%)	COHESION	
景觀破碎度		嵌塊體距離		嵌塊體連接度		
量多↓量少	較破碎↓不破碎	越近↓越遠	差異大↓差異小	連接↓切割	凝聚↓分散	數值：大↓小

圖 3-15本研究使用的景觀生態指標
(資料來源：本研究整理)

表 3-4 本研究使用的景觀生態指標內容描述與計算方法說明

指標名稱	指標縮寫	方法計算	指標描述
面積和邊緣指標			
景觀類別面積	CA	$CA = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \frac{1}{10000}$ a_{ij} = 嵌塊體 ij 的面積	各景觀類別的整體面積(McGarigal 等，2012)。
景觀面積百分比	P_LAND	$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{A}(100)$ P_i = 類型 i 在景觀中所占的比例 a_{ij} = 嵌塊體 ij 的面積 A = 景觀總面積(m^2)	特定景觀類別佔整體景觀的面積比例，在相對意義上，呈現出每個景觀類別對整體景觀的貢獻率(傅文傑，2010；吳綱立，2019)。
邊界密度	ED	$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m} e_{ik}}{A}(10{,}000)$ e_{ik} = 類型 i 的邊界總長度 A = 景觀總面積(m^2)	顯示景觀類別被邊界分割的程度，是景觀破碎化程度的直接反映(曾輝等，2017)。
最大嵌塊體指數	LPI	$LPI = \frac{\max_{j=1}^{n}(a_{ij})}{A}(100)$ a_{ij} = 嵌塊體 ij 的面積 A = 景觀總面積(m^2)	某一景觀類別最大的嵌塊體除以整個地景區域面積，反映最大嵌塊體對整個類別和景觀的影響程度(Guneroglu *et al.*, 2013; 吳綱立，2019；曾輝等，2017)。
嵌塊體面積平均值	AREA_MN	$AREA = a_{ij}\left(\frac{1}{10{,}000}\right)$ a_{ij} = 嵌塊體 ij 的面積	破碎化指標，可解釋景觀破碎化的程度(吳綱立，2019)，也可用以比較不同景觀的細微性特徵(Guneroglu *et al.*, 2013;曾輝等，2017)。
嵌塊體面積標準差	AREA_SD		
聚集度或連接度指標			
嵌塊體個數	NP	$NP = n_i$ n_i = 類型 i 的嵌塊體數量	特定景觀類別的嵌塊體數量(傅文傑，2010；吳綱立，2019)。
嵌塊體密度	PD	$PD = \frac{n_i}{A}(10{,}000)(100)$ ni = 類型 i 的嵌塊體數量 A = 景觀總面積(m^2)	特定景觀類別的嵌塊體除以整個地景區域面積、反映景觀被分割的破碎化程度，同時也可反映景觀的異質性程度(Guneroglu *et al.*, 2013; 曾輝等，2017；吳綱立，2019)。
景觀形狀指數	LSI	$LSI = \frac{.25\sum_{k=1}^{m} e_{ik}^{*}}{\sqrt{A}}$ e_{ik}^{*} = 類型 i 與 k 間的邊界總長度 A = 景觀總面積(m^2)	總邊緣或邊緣密度的標準化度量(吳綱立，2019)。通常指數越大，表示具有越高的周長面積比…此指數可以用於描述景觀破碎化導致的邊緣效應特徵(曾輝等，2017)。
嵌塊體最鄰近距離平均值	ENN_MN	$ENN = h_{ij}$ h_{ij} = 嵌塊體 ij 與其最鄰近的同類型嵌塊體間，邊界至邊界的距離(m)	簡易評估嵌塊體分佈或聚集程度的指標。值越小時，代表嵌塊體間距離相近(McGarigal 等，2012)。
嵌塊體最鄰近距離標準差	ENN_SD		

指標名稱	指標縮寫	方法計算	指標描述
連接性指數	CONNECT	$CONNECT = \left[\frac{\sum_{j=k}^{n} c_{ijk}}{\frac{n_i(n_i-1)}{2}} \right](100)$ c_{ijk} = 嵌塊體 j 與 k 的關係(0 = 小於所設定的閥值；1 = 大於所設定的閥值) n_i = i 類型在整體景觀中的嵌塊體數量	界定最小可接受的嵌塊體距離之後，計算景觀中該類別所有嵌塊體兩兩配對關係中，小於該值的百分比。反映出生態棲地或廊道在地景中的相鄰程度，以及物種在其中的移動、交流可能性(McGarigal 等, 2012)。
凝聚度指數	COHESION	$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^{n} p_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} p_{ij}^{*}\sqrt{a_{ij}^{*}}} \right] \cdot \left[1 - \frac{1}{\sqrt{z}} \right]^{-1} \cdot (100)$ p_{ij}^{*} = 嵌塊體 ij 的周長(以網格邊長數計) a_{ij}^{*} = 嵌塊體 ij 的網格數 Z = 景觀中的總網格數	分析各景觀類別中，相應的景觀嵌塊體的自然狀態連通度，反應滲透理論。…其生態學上的意義，是從景觀空間結構上，表徵嵌塊體間的物理連通度(曾輝等，2017)

3.4 無人飛行載具拍攝與處理

無人飛行載具擁有高機動性、快速拆裝與搬運的特性，可在雲層下方飛行，於光學衛星無法取像的天候，仍可獲得地表影像；且運作成本低於航空照片，維修容易，搭載相機後即可針對不同環境進行取像監測。同時，由於及時性高，在需要緊急應變的事件中極具應用價值，因此逐漸成為環境監測系統中一項不可或缺的利器(劉正千，2015)。本年度計畫預計拍攝城西掩埋場 110 年 1 月火災現場及四周範圍，拍攝並製作 1 平方公里之正射影像，實際拍攝地點尚待管理處決定。

3.4.1 無人飛行載具取像作業

本計畫主要使用的無人載具為自動導航型式之六軸多旋翼機(如圖 3-16)，軸距 1.9 m，淨重 4.5 kg，以 2 顆鋰聚電池(6 cells)驅動，可滯空 15-20 分鐘；巡航速度約 30-40 km/hr (需視現場風速風向而定)。透過載具上搭載的 GPS 接收器，每秒接收 4-5 組衛星定位訊號。同時以三軸陀螺儀獲取載具的姿態參數，紅外線遙控器觸發相機快門等裝置，並搭配 Sony a6000 單眼相機，以進行視距外長距離的取像工作。目前研究中所使用之單眼相機，其像素為 2,430 萬畫素，感光元件為 23.5×15.6 mm；鏡頭焦距

為 16-50 mm，光圈為 F3.5-22。透過機上 1 Hz GPS 接收器每秒接收衛星定位訊號，並以三軸陀螺儀獲取飛機姿態參數。紅外線遙控器觸發相機快門等裝置，可進行視距外長距離的取像工作，等高機動性優勢，更能夠深入災區並依照當地之狀況進行災害資訊蒐集。由於使用電力推動而非木精或汽油引擎，故目前設定地面風速 5 級風(8.0-10.7 m/s)為操作上限，以確保飛行安全及取像品質。

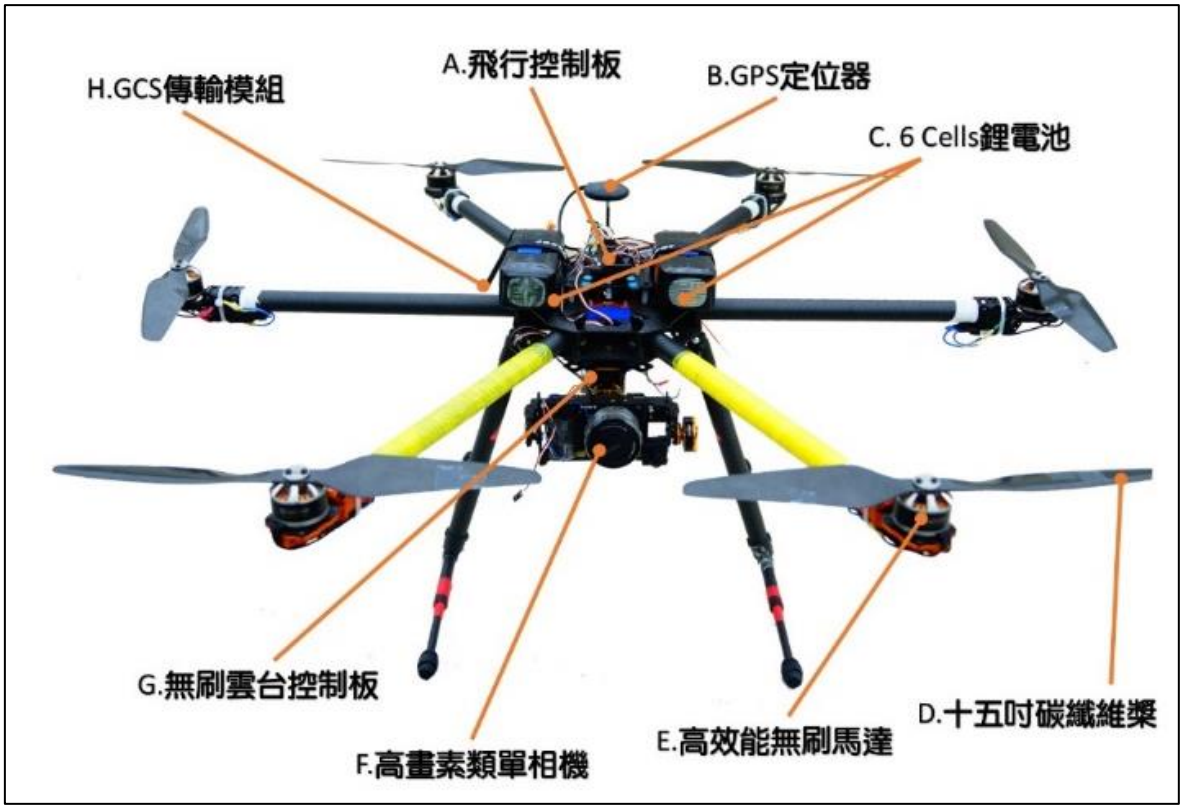


圖 3-16本計畫所使用之無人飛行載具

3.4.2 飛行任務規劃

本計畫將利用自行開發之「自動導航無人載具飛行規劃及影像處理系統」(Automatic Mission Planning and Image Processign System; AMPIPS) (Liu, 2015)，透過具地理坐標的基底影像(衛星正射影像或航空正射照片)，即可在實際飛行前根據拍攝目標區域範圍(如圖 3-17 之紅框)、當時風向(如圖 3-17 之綠線)、飛航高度與影像重疊率(如圖 3-17 之黃框取像範圍)完成航點規劃(如圖 3-17 之藍線)；並輸出飛行路徑檔案，交由地面站飛

控軟體完成自動飛行前模擬。於飛行前模擬可計算飛行所需時程，判斷是否超出電池所能負荷時間，以及飛行航線是否流暢，有無不合理轉彎等須修正之現象。由於載具取像時將以正順逆風為主，本系統可依據現地風向隨時改變航線設定，因此能將飛行時的側風現象減到最小。利用 AMPIPS 進行台江學園研究區域之飛航任務規劃，如圖 3-17 所示；其中飛航高度為 500 公尺，航向拍攝重疊率為 70％，側向拍攝重疊率為 70％；規劃拍攝照片的點位為 180 處。

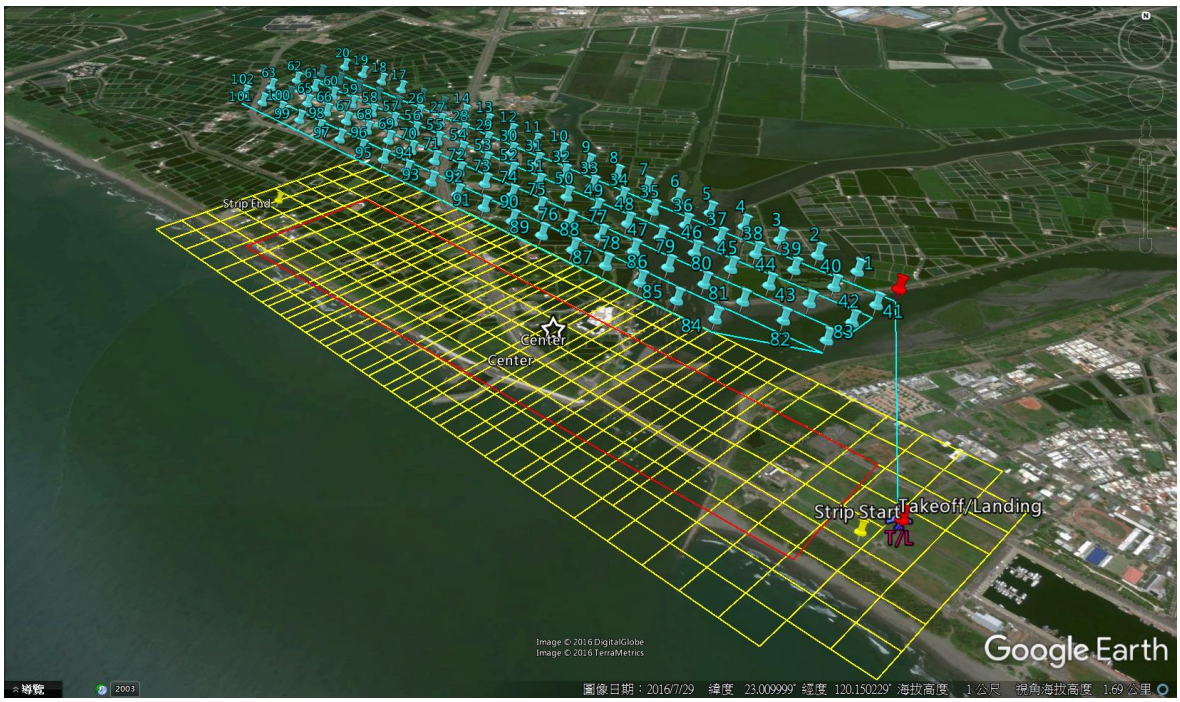


圖 3-17 無人飛行載具之任務規劃

3.4.3 飛行任務實施

任務實施包含 UAV 現場組裝、飛行前檢查及導航路徑上傳；本計畫所使用的無人載具無需跑道起降，但起降地仍需選擇視野開闊地區，以利起飛爬升及降落。飛行期間，將透過機上的無線傳輸模組，即時追蹤無人載具的姿態、方位、速度與總體電量等資訊。載具降落後，首先評估空拍區域是否已落在拍攝的相片內，決定有無重飛必要，若需重飛，則應根據相片偏移量，重新回饋修正航線，或因應現地風向改變而重新產製導航

點，並於每次重飛前再次檢查無人載具各項設備的完好度以確保飛航安全。

3.4.4 地面控制點佈設

為能配合影像後製處理作業，以及成果精度檢核工作，乃於區域四周及中間位置，以均勻分布為原則(Sona et al. 2014)，佈設影像地面控制點。

主要採用衛星定位儀，並配合 VBS-RTK 技術，以測量出地面控制點之坐標位置。VBS-RTK 定位技術的基本觀念即是由多個 GPS 基準站全天候連續地接收衛星資料，並經由網路或其它通訊設備控制及計算中心連接，彙整計算產生區域改正參數資料庫，藉以計算出任一移動站附近之虛擬基準站的相關資料，所以在基準站所構成的基線網範圍內，RTK 使用者只需在移動站上擺設衛星定位接收儀，並將相關定位資訊，透過以全球行動通訊系統(GSM)為基礎的整合封包無線電服務技術(General Packet Radio Service, GPRS)等無線數據通訊傳輸技術，以及美國國家海洋電子學會(National Marine Electronics Association，NMEA）專為 GPS 接收儀輸出資料所訂定之標準傳輸格式，傳送至控制及計算中心，並計算虛擬基準站之模擬觀測量後，再以「國際海運系統無線電技術委員會」(Radio Technical Commission for Maritime, RTCM)所制定之差分 GPS 標準格式回傳至移動站衛星定位接收儀，進行“超短距離”之 RTK 定位解算，即可即時求得公分級精度定位坐標；而應用該方式之定位精度，在平面方向可優於 2 公分，高程方向可優於 5 公分(內政部土地測量局 2006)。

針對作業區域之實際地面控制點分布位置；於現場作業時，首先利用白色噴漆在地面上劃定控制點標記，再利用衛星定位儀配合 VBS-RTK 作業方式，以獲取所需之控制點坐標資訊，如圖 3-18 所示。



圖 3-18劃設地面控制點並利用衛星定位儀進行現場量測

3.4.5 影像後製處理

無人飛行載具所拍攝之影像，為達到實際應用層級，仍需透過影像後處理、網路發布來展現其優勢與價值。目前各單位所執行之無人載具取像作業，主要採用定點拍攝之方式，藉以取得斜角度或近垂直之空拍照片；其中斜角度空拍照片僅能作為目視比對之用。若欲進行較精確的影像分析工作，則仍需達地理定位或正射等級的影像方能進行。計畫中將應用過去處理福衛二號衛星影像經驗，所開發之「無人飛行載具影像處理系統(AMPIPS)」，以進行影像處理工作，相關處理流程為：(1)應用相機鏡頭率定參數校正透鏡畸變；(2)使用無人飛行載具飛航資訊對影像進行地理定位；(3)運用少數控制點估算影像旋轉縮放平移量；(4)結合數值高程模型解算姿態參數以進行嚴密之正射糾正等(Liu, 2015)。完成嚴密糾正處理之正射影像(如圖 3-19)，其中 13 個點位係作為影像處理之地面控制點使用，其餘 5 個點位則作為精度評估之檢核點使用。產製正射影像，則須配

合地面控制點及 DTM 等資訊。計畫中將依據台江國家公園需求，針對修正過後的影像進行鑲嵌或網路發布、與輔助監測之用途。

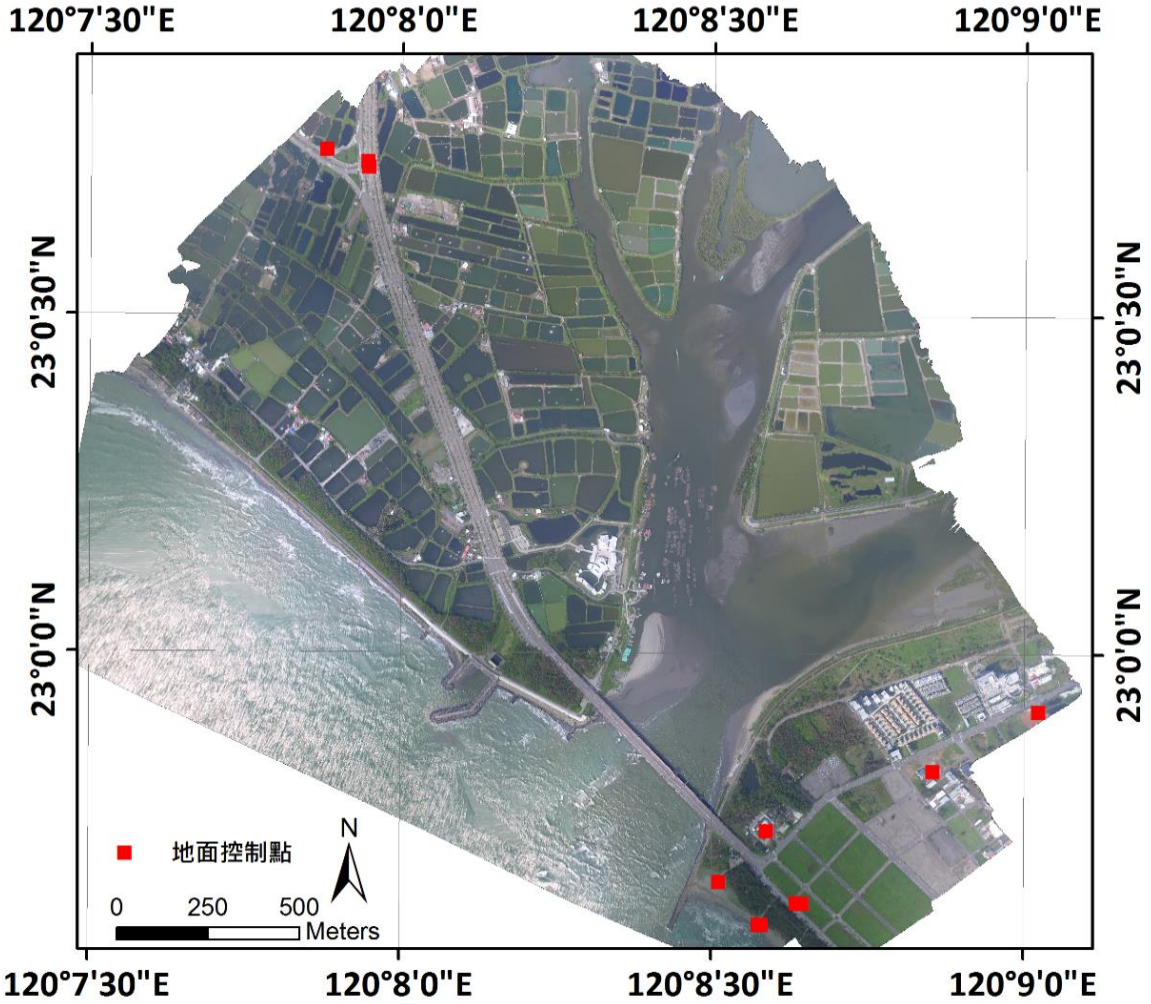


圖 3-19正射糾正後影像與地面控制點佈設位置

3.4.6 高機動性拍攝任務

在處理 UAV 正射影像技術之外，也能機動性的配合相關主題的拍攝任務，例如黑面琵鷺棲息於鹽田之影像、紅樹林樹冠分析之影像等，透過不同的飛行高度調整適當的解析度，達到最佳的呈現效果。

圖 3-20 為 104 年 4 月 1 日於臺南六孔附近的廢棄鹽田所拍攝，在不驚擾黑面琵鷺的情況下，逐次降低飛行高度取得影像，如湯匙般形狀的黑色鳥喙則可清楚拍攝出來，從影像分析的角度來看，便可從中精準的計算出黑面琵鷺數量，提供普查時的參考資訊(Liu, 2015)如圖 3-21 所示。

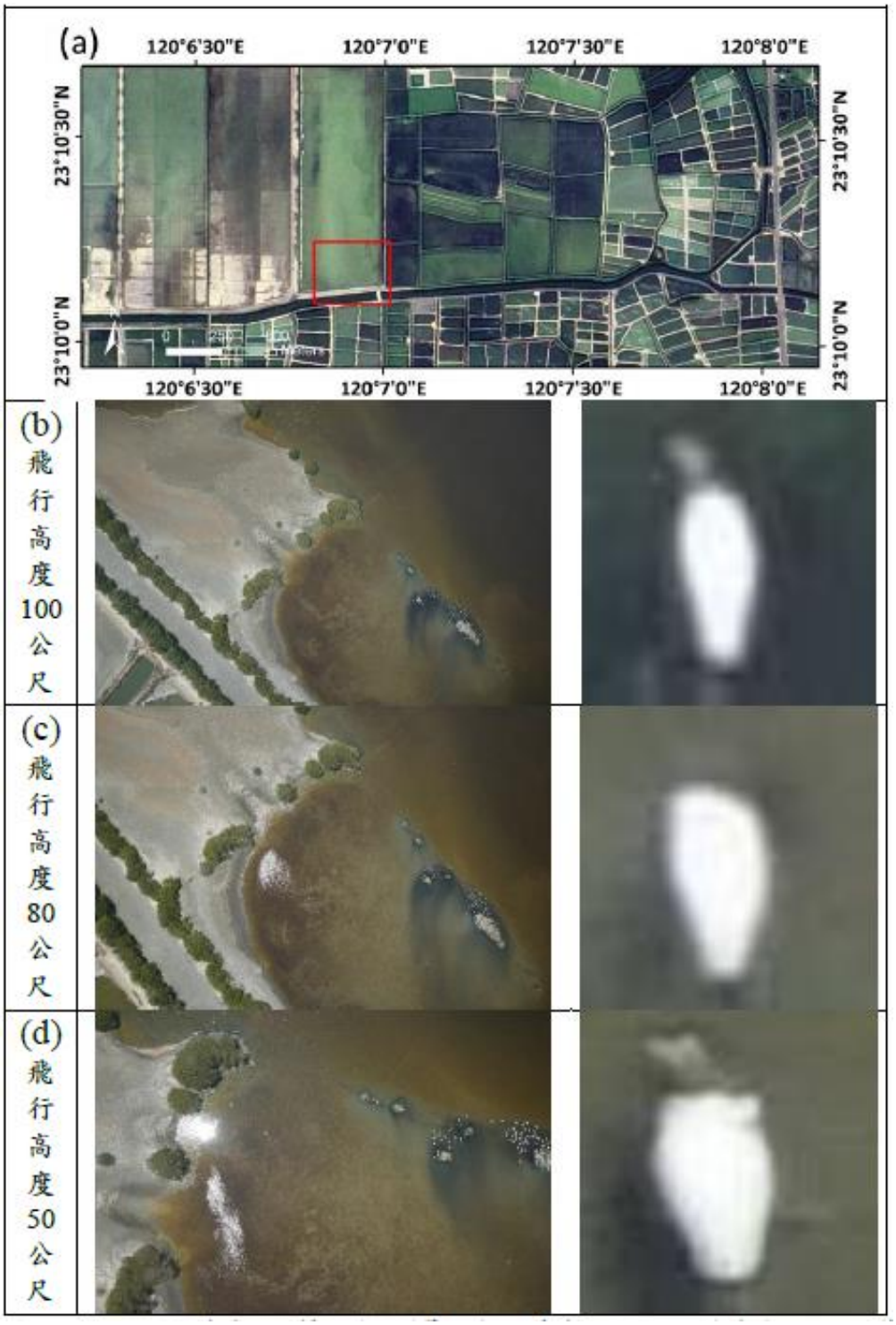


圖 3-20不同飛行高度所拍攝之黑面琵鷺影像(a) 臺南六孔附近的廢棄鹽田，紅框範圍內(b)飛行高度 100 公尺(c) 飛行高度 80 公尺(d) 飛行高度 50 公尺

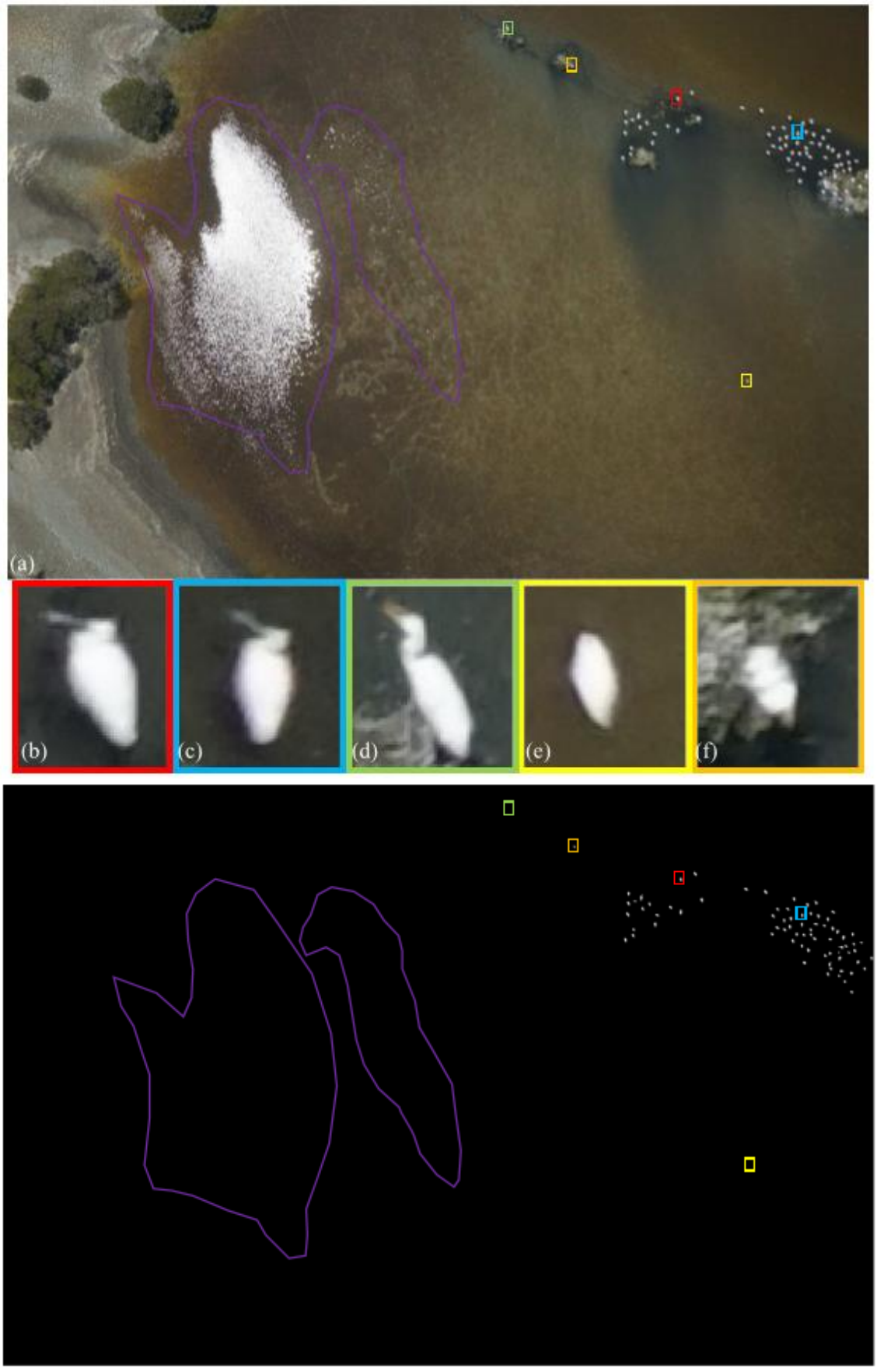


圖 3-21透過影像分析技術統計黑面琵鷺數量(Liu, 2015)

圖 3-22 則以 105 年 3 月 11 日拍攝鹽田文化村周圍之紅樹林為例，透過低空拍攝紅樹林樹冠來取得不同樹種分布的地真資料，圖 3-22 左上方為欖李的樹冠，左下方調整飛行高度後可清楚的拍攝到欖李及海茄苳之影像。



圖 3-22 不同飛行高度所拍攝之紅樹林樹冠影像

3.4.7 影像輸出應用製作

本計畫蒐集各類向量及網格圖資，向量圖資則為台江國家公園內主

要使用概況等圖資。網格圖資主要為台江國家公園過去的衛星影像，以及計畫航拍的影像，和重點區域的無人飛行載具空拍影像。應用各類衛星影像可製作各類圖資產品做為施政參考及輔助。透過蒐集之影像進行各類產品輸出，以前期執行計畫成果為例，107 年初城西保安林發生火災，應管理處需求，蒐集 107 年 2 月至 4 月間 Sentinel-2 影像，如圖 3-23 所示，發現於 4/6 與 4/11 期間，影像判釋出新增兩條道路(紫色箭頭處)，有三處裸露地。裸露地 1 為圖 3-23 藍色框線處，面積為 5.31 公頃，在前期 2/15 影像中已經是裸露地，為原先舊有的裸露地，於 4/11 時光譜值較亮，推測於該處有堆置物品的現象。裸露地 2 為圖 3-23 綠色框線處，面積為 6.69 公頃，4/11 影像判釋此處裸露程度較不嚴重，為本次火災受災區域。裸露地 3 為圖 3-23 橘色框線處，面積為 12.63 公頃，由影像上判釋此處裸露程度較為嚴重，研判為本次火災較為嚴重的受災區域。最後，以 4/21 影像持續監測，三處仍呈現裸露狀態。本計畫發展 Sentinel-2 影像變異分析電腦自動判釋技術，以歐洲太空總署開發的 Sen2Cor 大氣校正工具，可從 Sentinel-2 的 Level-1C 產品中，計算地表地物分類圖，通過比較前後兩期地物分類圖，當一個像素從一個分類改變為另一個分類，則視為 SCL 變異點，如圖 3-24 紅色框線之變異點。另外以正規化差異植生指標（NDVI）及含水量變化（NDWI）分別計算出變異點，分布位置如圖 3-24 綠色框線及藍色框線所示。

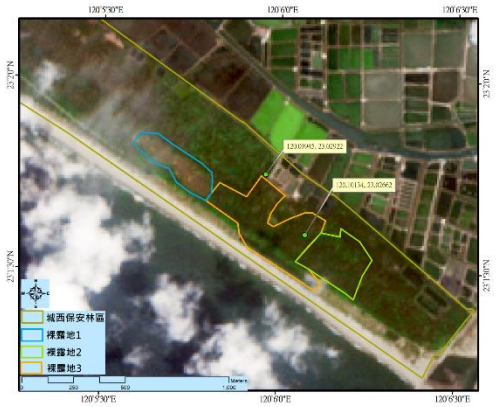
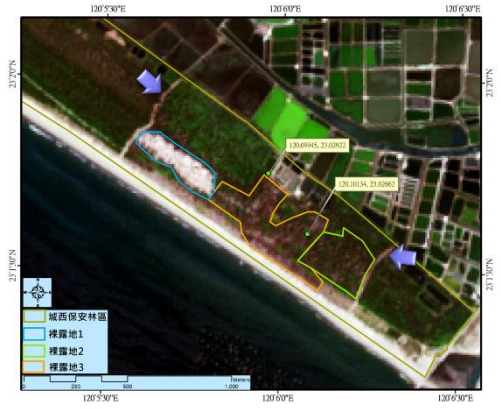
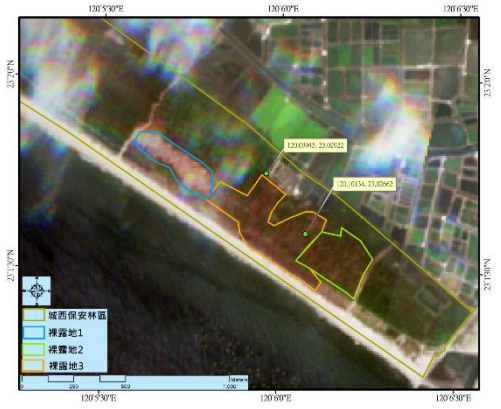
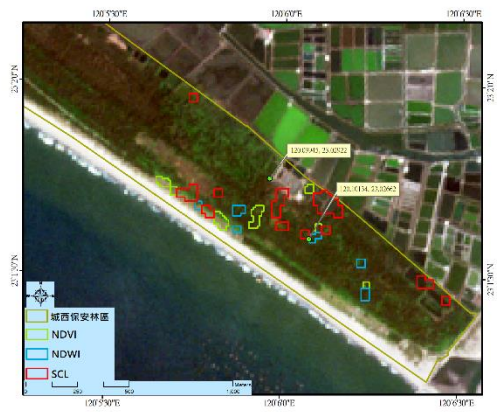
	
影像日期：2018/02/15	影像日期：2018/03/02
	
影像日期：2018/03/22	影像日期：2018/04/06
	
影像日期：2018/04/11	影像日期：2018/04/21

圖 3-23城西保安林 107 年 2 月至 4 月間 Sentinel-2 影像縮圖



影像日期：2018/03/22



影像日期：2018/04/11

圖 3-24城西保安林 Sentinel-2 影像 20180322 與 20180411 自動判釋變異點

3.5 其他配合事項

本計畫將配合台江國家公園管理處之工作會議、跨機關協調事宜及上級機關訪視等，派員出席並提供說明，並配合管理處各項管考、業務報告等需求，提供階段性資料或製作簡報。

以 105 年執行台江國家公園航拍及土地利用分類計畫成果為例，協助製作相關圖資，提供管理處業務簡報需求參考，如圖 3-25 所示。

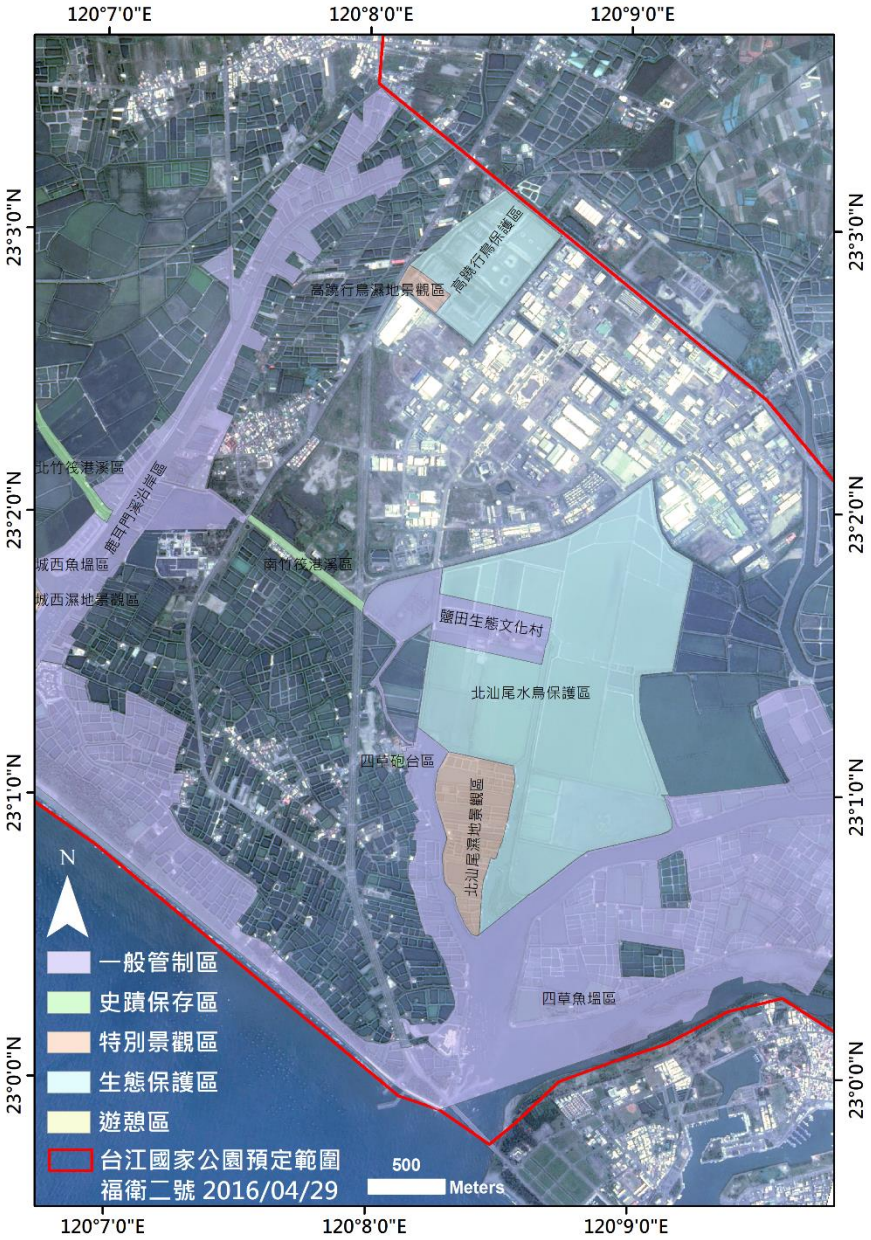


圖 3-25 台江國家公園生態保護區相關圖資

第 4 章 計畫成果

4.1 衛星影像蒐集與建置

本計畫於 105 年至 107 年執行前期計畫期間已蒐集各類基礎圖資，圖資來源為政府開放資料平台、台江國家公園管理處及本計畫所建置資料。資料類別有網格及向量圖資兩類，網格圖資主要為台江國家公園過去的衛星影像，以及計畫航拍的高光譜影像，和重點區域的無人飛行載具空拍影像，如表 4-1 所示。向量圖資則為台江國家公園內主要使用概況等圖資（表 4-2），土地利用包含：計畫分區、椿位、魚塭分布、路網、土地利用等。自然環境包含：海岸線、水系、保安林、溼地範圍及環境資源等。水利圖資包含：堤防護岸、海堤構造物、水門、抽水站等。

表 4-1 台江國家公園內基礎網格圖資清單（灰底為 111 年更新之圖資）

編號	圖資名稱	類別	圖資格式	資料內容	圖資來源
1	高解析度衛星影像 SPOT-6/7	網格	TIF	2019 年-2022 年	本計畫建置（解析度 1.5m）
2	超高解析度衛星影像 Pléiades	網格	TIF	2021 年	本計畫建置（解析度 0.5m）
3	福衛二號影像	網格	TIF	2005 年-2016 年歷史影像	105-107 年計畫建置（解析度 2m）
4	SPOT-6/7 影像	網格	TIF	2017 年-2018 年歷史影像	105-107 年計畫建置（解析度 1.5m）
5	Landsat 歷史衛星影像	網格	TIF	1972 年-2003 年歷史影像	USGS/105-107 年計畫建置（解析度 60m）
6	Landsat-8 影像	網格	TIF	2013 年-2018 年	USGS/本計畫建置（解析度 15m）
7	Sentinel-2 影像	網格	TIF	2015 年-2018 年	ESA/本計畫建置（解析度 10m）
8	高光譜影像	網格	TIF	2016/09 2017/10 及 2018/09	105-107 年計畫建置（解析度 1m）
9	無人飛行載具空拍影像	網格	TIF	2016/10、	105-107 年計畫建置

編號	圖資名稱	類別	圖資格式	資料內容	圖資來源
				2017/12、2018/07	本計畫建置（解析度 20cm）
10	20m 數值高程模型 (DTM)	網格	TIF	像片基本圖修測工作陸續製作	內政部地政司 2016/9 開放
11	臺灣百年歷史地圖	網格	WMS/ WMTS	1899-2003 年歷史圖資	中央研究院 2015/10 開放
12	農航所正射影像	網格	TIF	2015 年及 2016 年正射影像	台江國家公園管理處

表 4-2 台江國家公園內基礎向量圖資清單

編號	圖資名稱	類別	圖資格式	資料內容	圖資來源
1	地籍圖	向量	SHP	2016/2 地籍資料	台江國家公園管理處
2	海岸線	向量	SHP	---	台江國家公園管理處
3	水系	向量	SHP	2000/7 建置	台管處/水利署
4	易淹水地區	向量	SHP	2007-2010 建置	台管處/水利署
5	租用漁業權	向量	SHP	---	台管處/臺南市政府農業局
6	魚塭分布圖	向量	SHP	---	台管處/漁業署
7	國家重要溼地	向量	SHP	七股鹽田 四草	台管處/城鄉發展署
8	路網圖	向量	SHP	---	台江國家公園管理處
9	分區樁位	向量	SHP	台江國家公園陸域分區樁位	台江國家公園管理處
10	保安林	向量	SHP	---	台管處/林務局
21	台江國家公園計畫分區	向量	SHP	台江國家公園陸域分區	台江國家公園管理處
22	台江國家公園計畫範圍	向量	SHP	台江國家公園分區範圍	台江國家公園管理處
23	環境資源點位	向量	SHP	---	台江國家公園管理處
24	土地利用分類	向量	SHP	94 年土地利用分類	國土測繪中心
25	海堤構造物	向量	SHP	---	水利署
26	堤防護岸	向量	SHP	---	水利署
27	水門	向量	SHP	104 年版本	臺南市政府水利局
28	抽水站	向量	SHP	104 年版本	臺南市政府水利局

4.1.1 高解析度衛星影像

本計畫為跨年度執行，110 年度將建置計畫範圍內 108 年至 110 年 SPOT-6/7 高解析度衛星影像，111 年度建置計畫範圍內 111 年 SPOT-6/7 衛星影像，每年須建置兩幅高解析度衛星影像，挑選不同季節影像建置。為達良好的正射影像品質，篩選影像以近垂直拍攝、近無雲覆作為影像篩選條件，再配合各年度相近日期選定，降低季節性的變化。以前期計畫建置之 SPOT-6/7 影像為例，建置完畢影像發布於 Google Earth 介面如圖 4-1 所示。

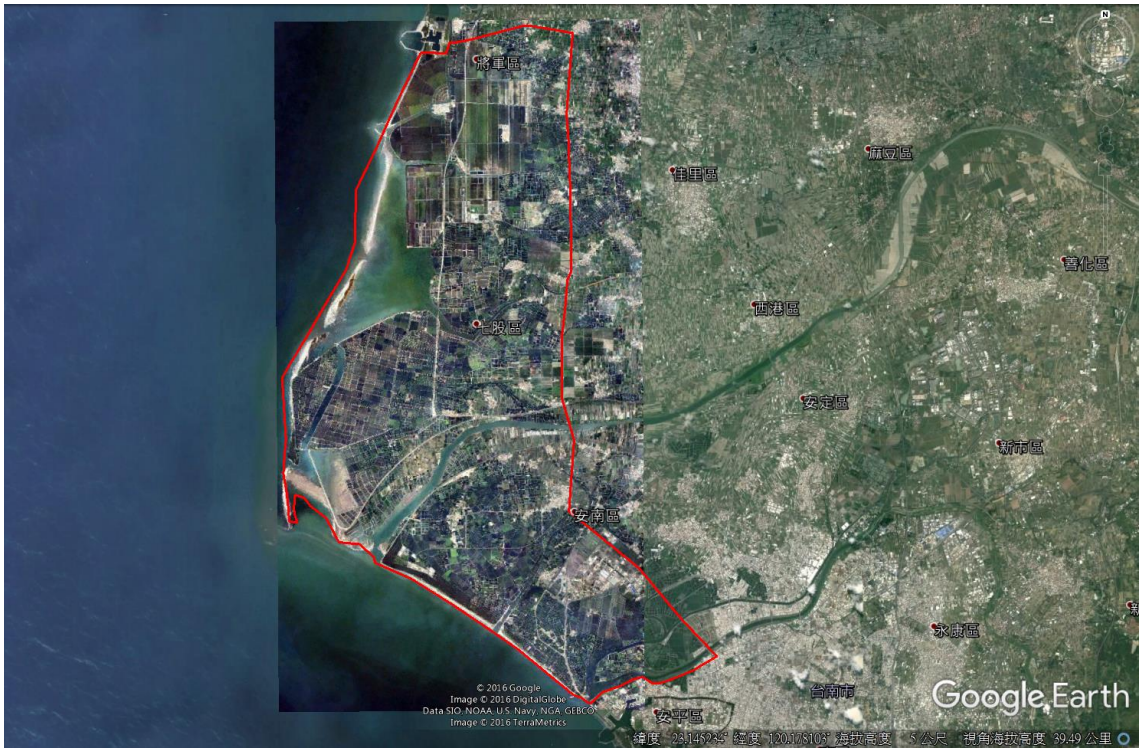


圖 4-1 建置台江國家公園範圍內衛星影像

挑選台江國家公園研究區域內近無雲之衛星影像，108 年度有 11 幅含台江國家公園近無雲影像，如圖 4-2 所示，其中以 4 月 9 日與 10 月 27 日影像品質最佳，為全區無雲的影像，作為本計畫之正射成果影像，建置成果如圖 4-6 所示。109 年度有 10 幅含台江國家公園近無雲影像，如圖

4-3 所示，其中以 2 月 1 日與 5 月 4 日影像品質最佳，為全區無雲的影像，作為本計畫之正射成果影像，建置成果如圖 4-8 所示。110 年 1 月至 10 月有 9 幅含台江國家公園近無雲影像，如圖 4-4 所示，其中以 3 月 10 日與 5 月 6 日影像品質最佳，為全區無雲的影像，作為本計畫之正射成果影像，建置成果如圖 4-11 所示。

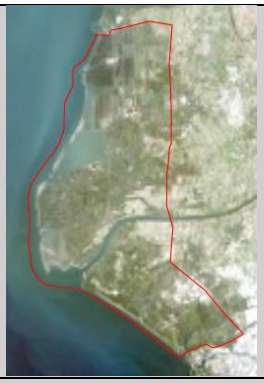
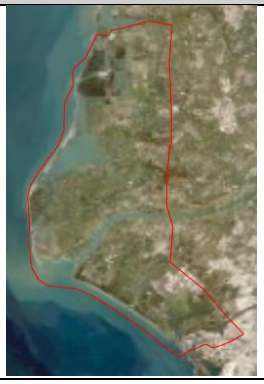
影像				
衛星	SPOT-6	SPOT-6	SPOT-7	SPOT-7
拍攝日期	2019/01/09	2019/03/04	2019/03/06	2019/03/27
雲覆	50%	24%	10%	1%
視角	24.429	43.637	15.744	24.067
影像				
衛星	SPOT-6	SPOT-7	SPOT-6	SPOT-6
拍攝日期	2019/04/09	2019/07/12	2019/10/27	2019/11/05
雲覆	0%	26%	23%	25%
視角	21.876	37.854	14.534	37.720
影像				-
衛星	SPOT-6	SPOT-6	SPOT-7	-
拍攝日期	2019/11/10	2019/12/08	2019/12/10	-
雲覆	6%	23%	4%	-
視角	18.374	37.246	23.443	-

圖 4-2 台江國家公園 SPOT-6/7 衛星影像 108 年全年無雲影像日期列表

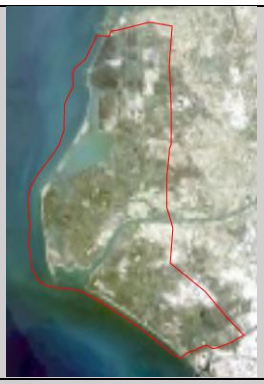
影像				
衛星	SPOT-6	SPOT-7	SPOT-6	SPOT-7
拍攝日期	2020/01/08	2020/01/31	2020/02/01	2020/04/08
雲覆	2%	6%	0%	26%
視角	23.734	18.967	31.965	30.771
影像				
衛星	SPOT-7	SPOT-6	SPOT-6	SPOT-6
拍攝日期	2020/05/04	2020/08/29	2020/09/08	2020/10/04
雲覆	1%	32%	21%	7%
視角	32.299	25.36	21.567	32.428
影像			-	-
衛星	SPOT-7	SPOT-6	-	-
拍攝日期	2020/10/26	2020/10/27	-	-
雲覆	50%	43%	-	-
視角	34.389	33.987	-	-

圖 4-3 台江國家公園 SPOT-6/7 衛星影像 109 年全年無雲影像日期列表

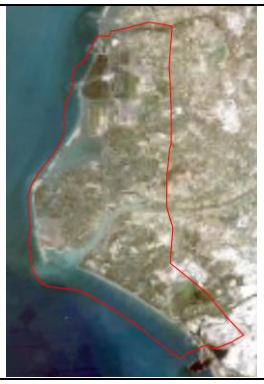
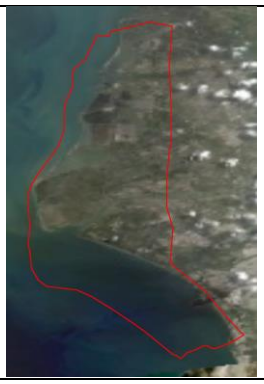
影像				
衛星	SPOT-6	SPOT-7	SPOT-6	SPOT-7
拍攝日期	2021/01/16	2021/02/05	2021/02/06	2021/03/10
雲覆	18%	30%	2%	25%
視角	22.979	20.738	28.253	8.292
影像				
衛星	SPOT-7	SPOT-6	SPOT-6	SPOT-7
拍攝日期	2021/05/06	2021/08/26	2021/09/16	2021/09/20
雲覆	12%	9%	6%	8%
視角	33.530	34.190	34.001	21.235
影像		-	-	-
衛星	SPOT-6	-	-	-
拍攝日期	2021/09/28	-	-	-
雲覆	8%	-	-	-
視角	3.375	-	-	-

圖 4-4 台江國家公園 SPOT-6/7 衛星影像 110 年全年無雲影像日期列表

影像				
衛星	SPOT-6	SPOT-7	SPOT-6	SPOT-6
拍攝日期	2022/01/03	2022/01/04	2022/03/04	2022/03/05
雲覆	2%	13%	2%	8%
視角	11.965	10.508	16.855	29.895
影像			-	-
衛星	SPOT-6	SPOT-6	-	-
拍攝日期	2022/04/12	2022/04/25	-	-
雲覆	0%	7%	-	-
視角	15.799	21.829	-	-

圖 4-5 台江國家公園 SPOT-6/7 衛星影像 111 年全年無雲影像日期列表

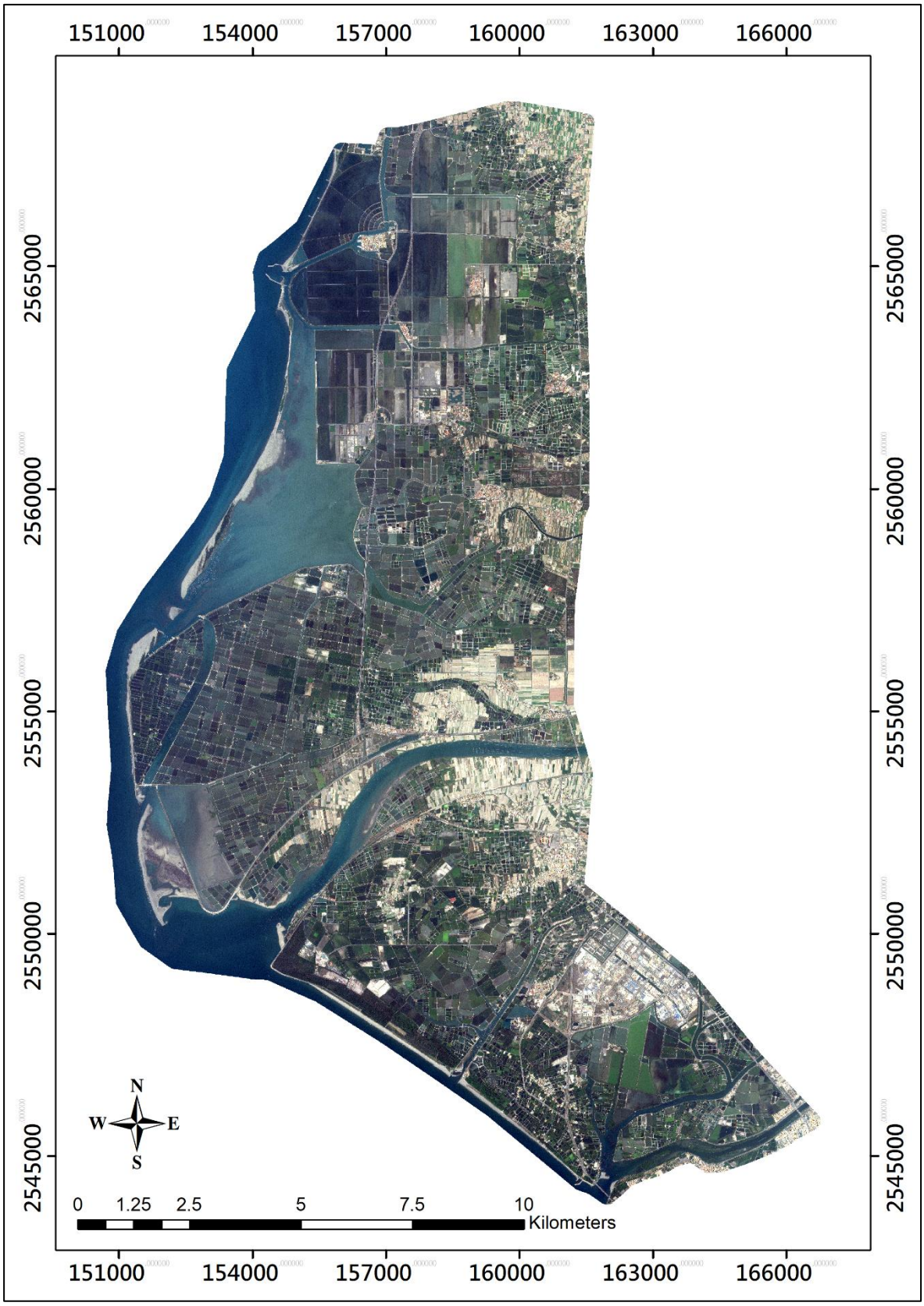


圖 4-6 建置 108 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：108 年 4 月 9 日）

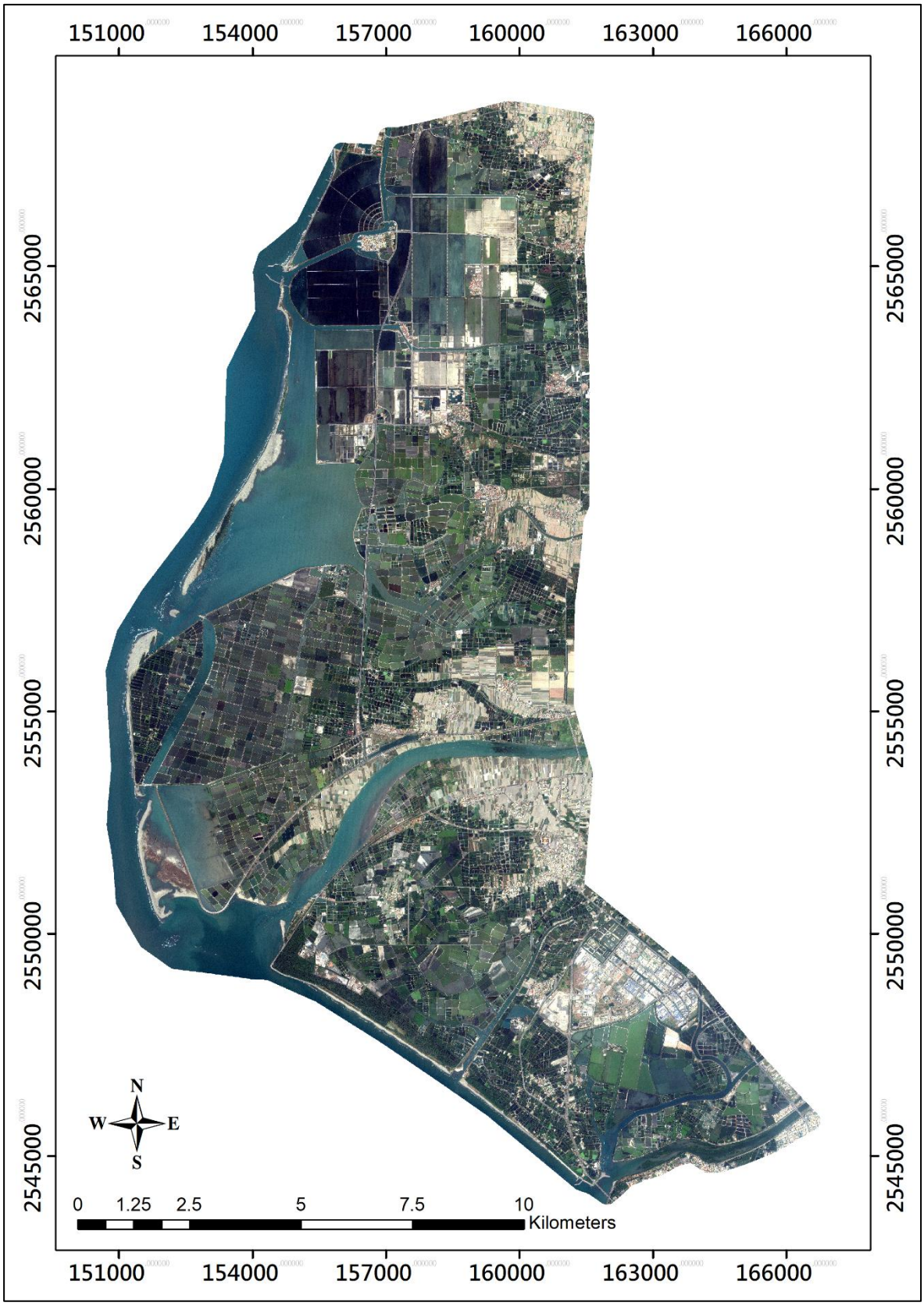


圖 4-7 建置 108 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：108 年 10 月 27 日）

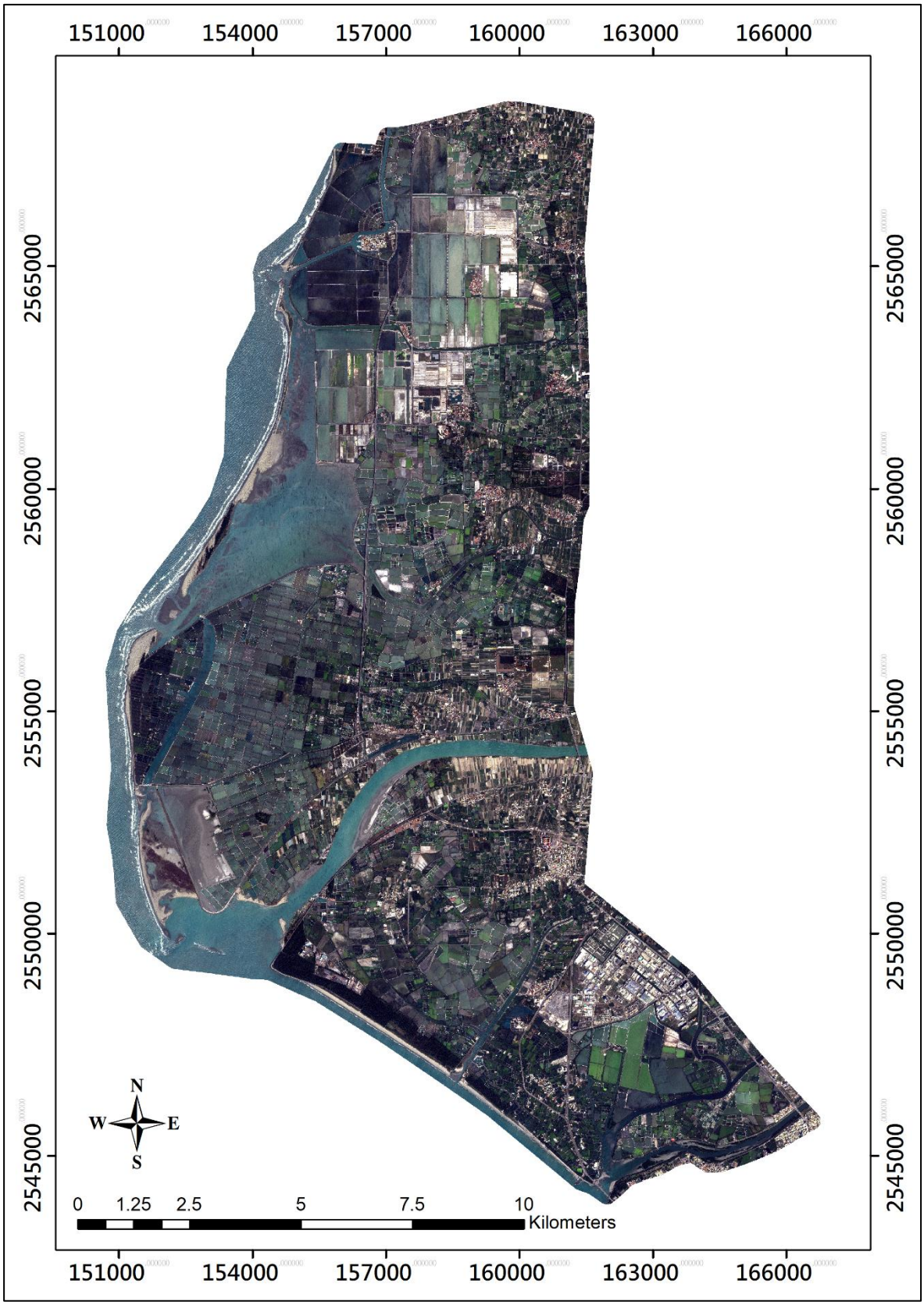


圖 4-8 建置 109 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：109 年 1 月 31 日）

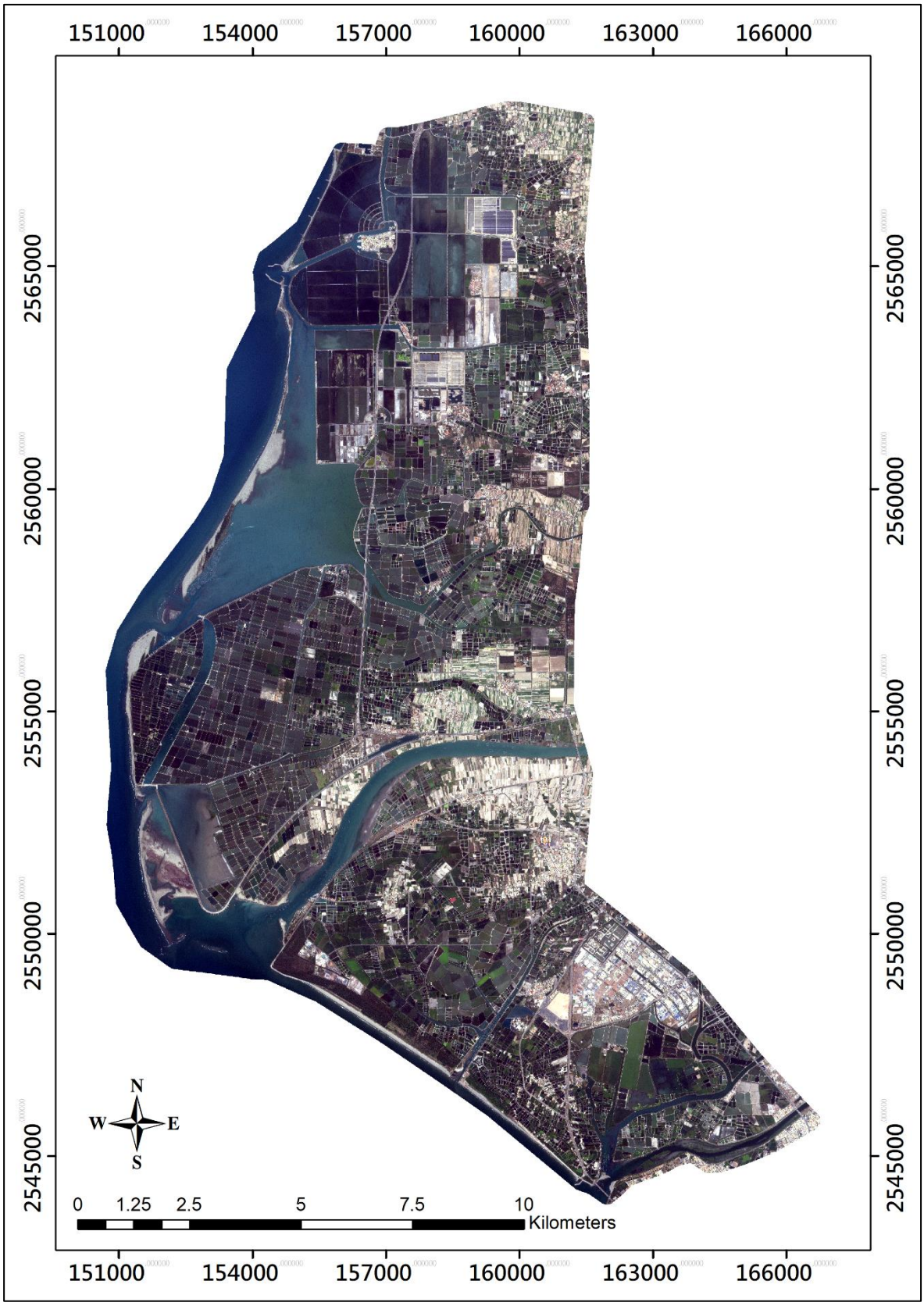


圖 4-9 建置 109 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：109 年 5 月 4 日）

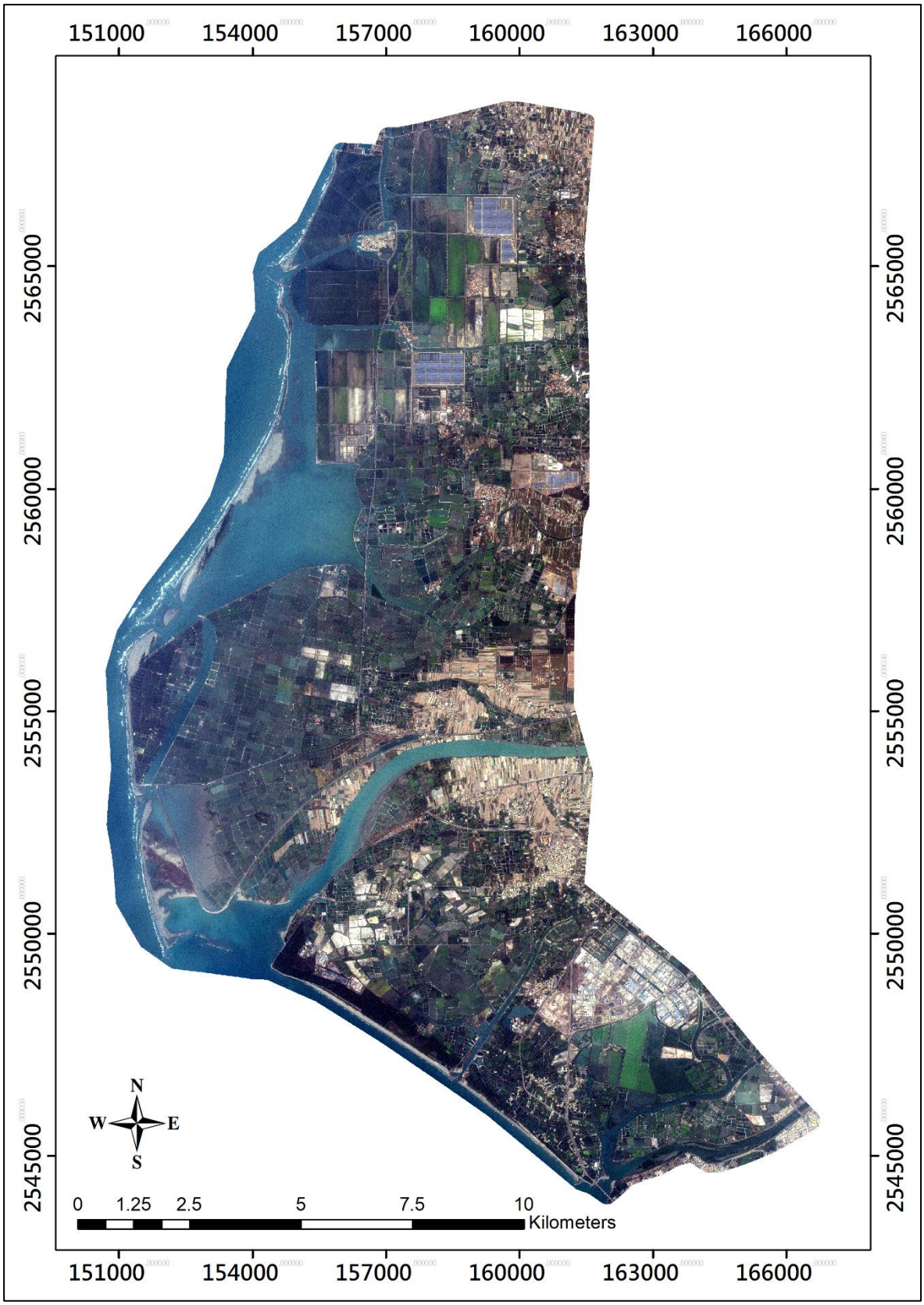


圖 4-10建置 110 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：110 年 3 月 10 日）

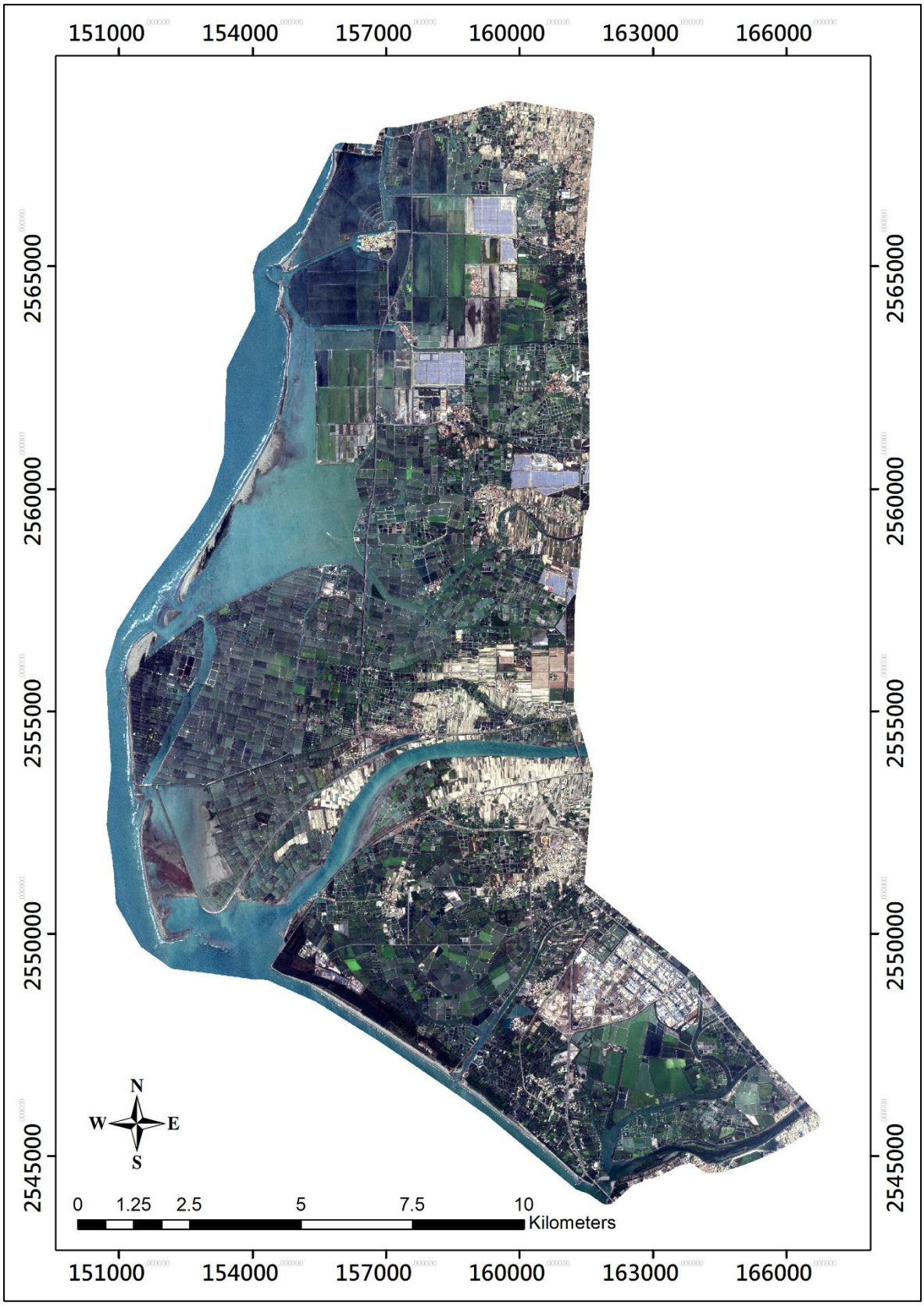


圖 4-11建置 110 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：110 年 5 月 6 日）

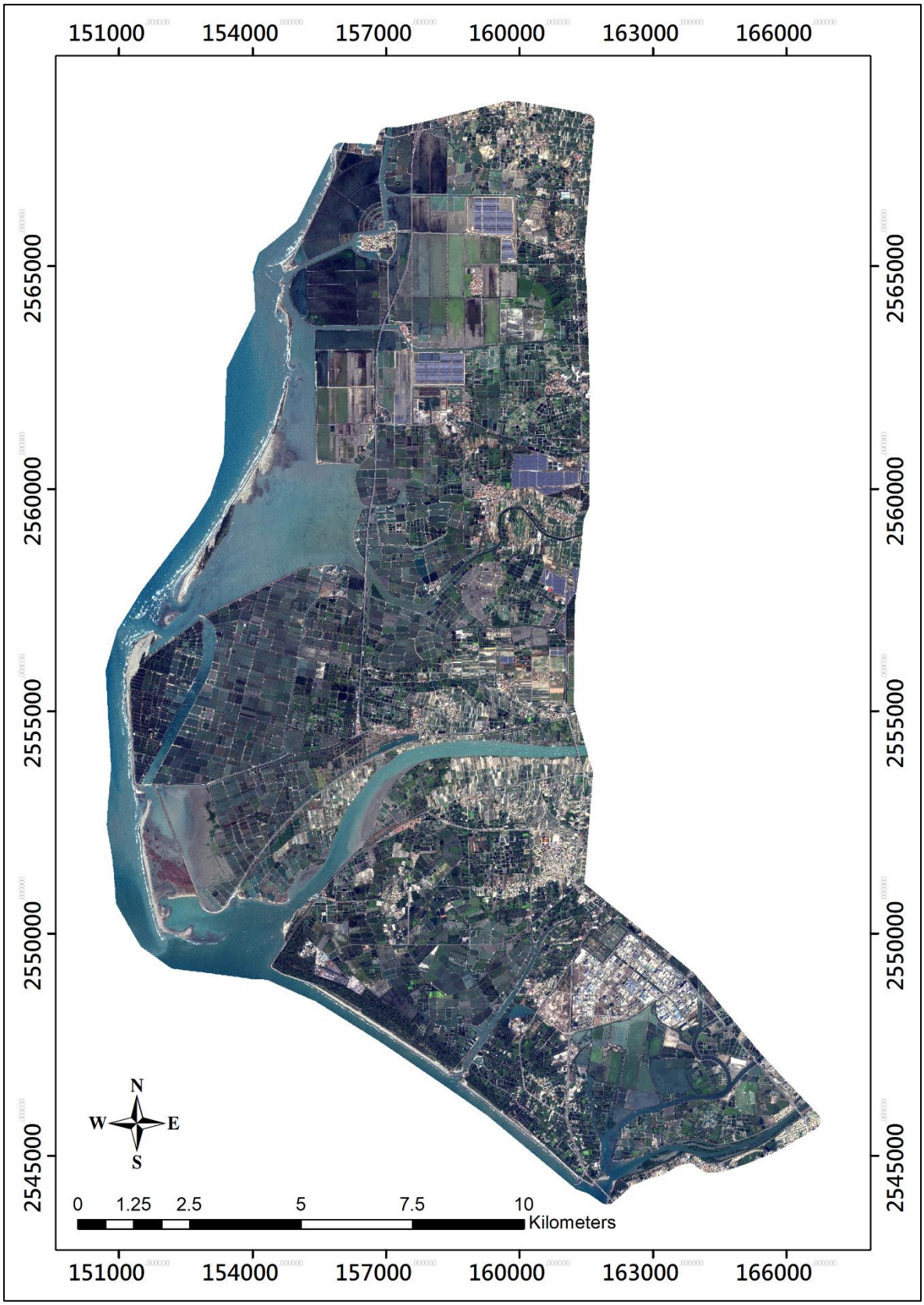


圖 4-12建置 111 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：111 年 1 月 3 日）

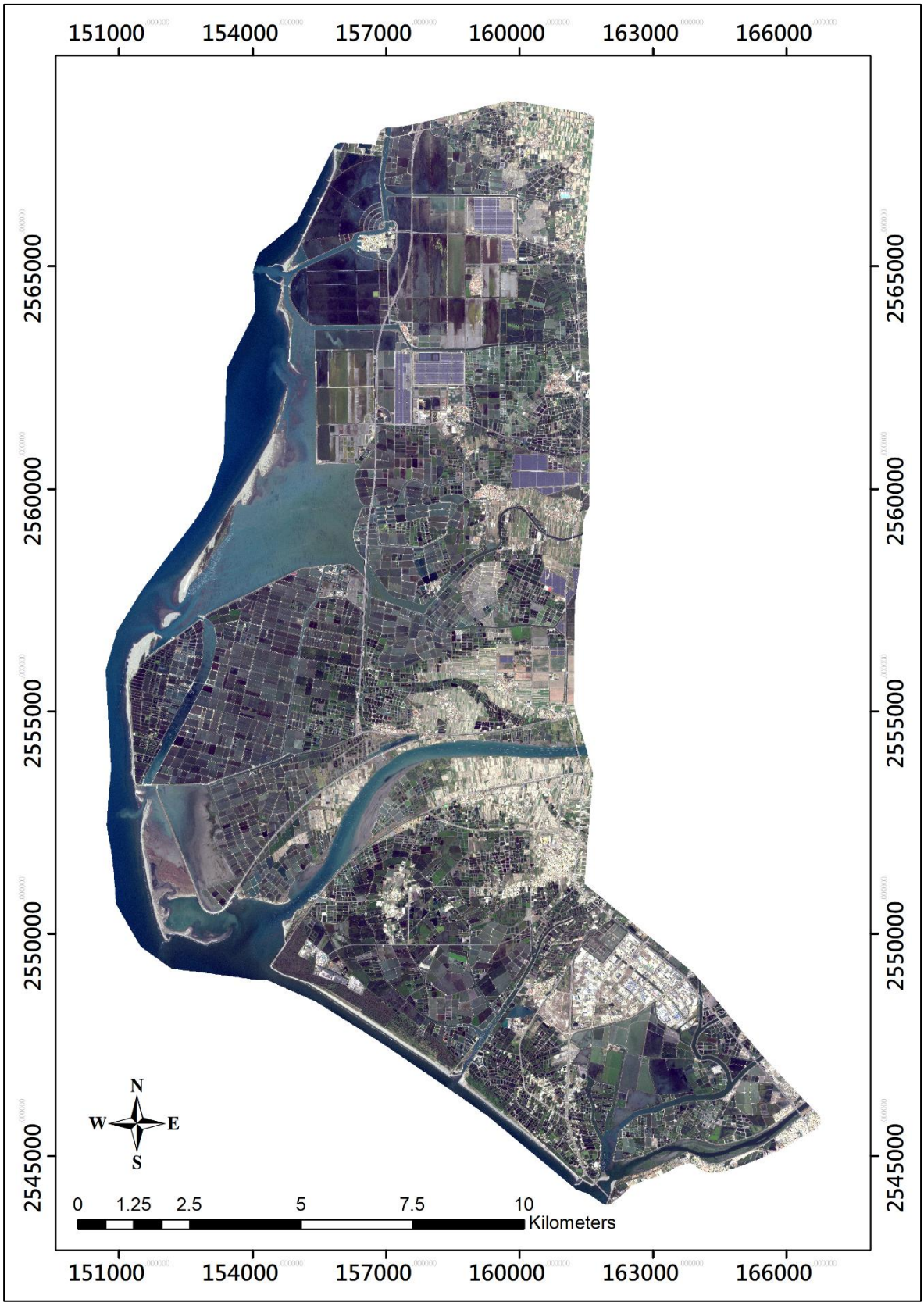


圖 4-13建置 111 年台江國家公園研究區域 SPOT-6/7 衛星影像（影像日期：111 年 4 月 25 日）

4.1.2 超高解析度衛星影像

超高解析度衛星影像於本計畫執行期間須蒐集一幅進行建置，Pléiades 超高解析度衛星影像於 110 年 1 月至 5 月皆未有可用影像，通知中央大學太遙中心進行排程取像作業，於 8 月 26 日由排程取像獲得一幅 Pléiades 影像，如圖 4-14 所示，四草溼地與鹽水溪口溼地皆有部分雲覆，後續，於 9 月 26 日排程取像獲得另一幅 Pléiades 影像，如圖 4-15 所示，黑面琵鷺保護區有部分雲覆，將兩幅影像進行拼接可獲得台江國家公園研究區域全區無雲影像。

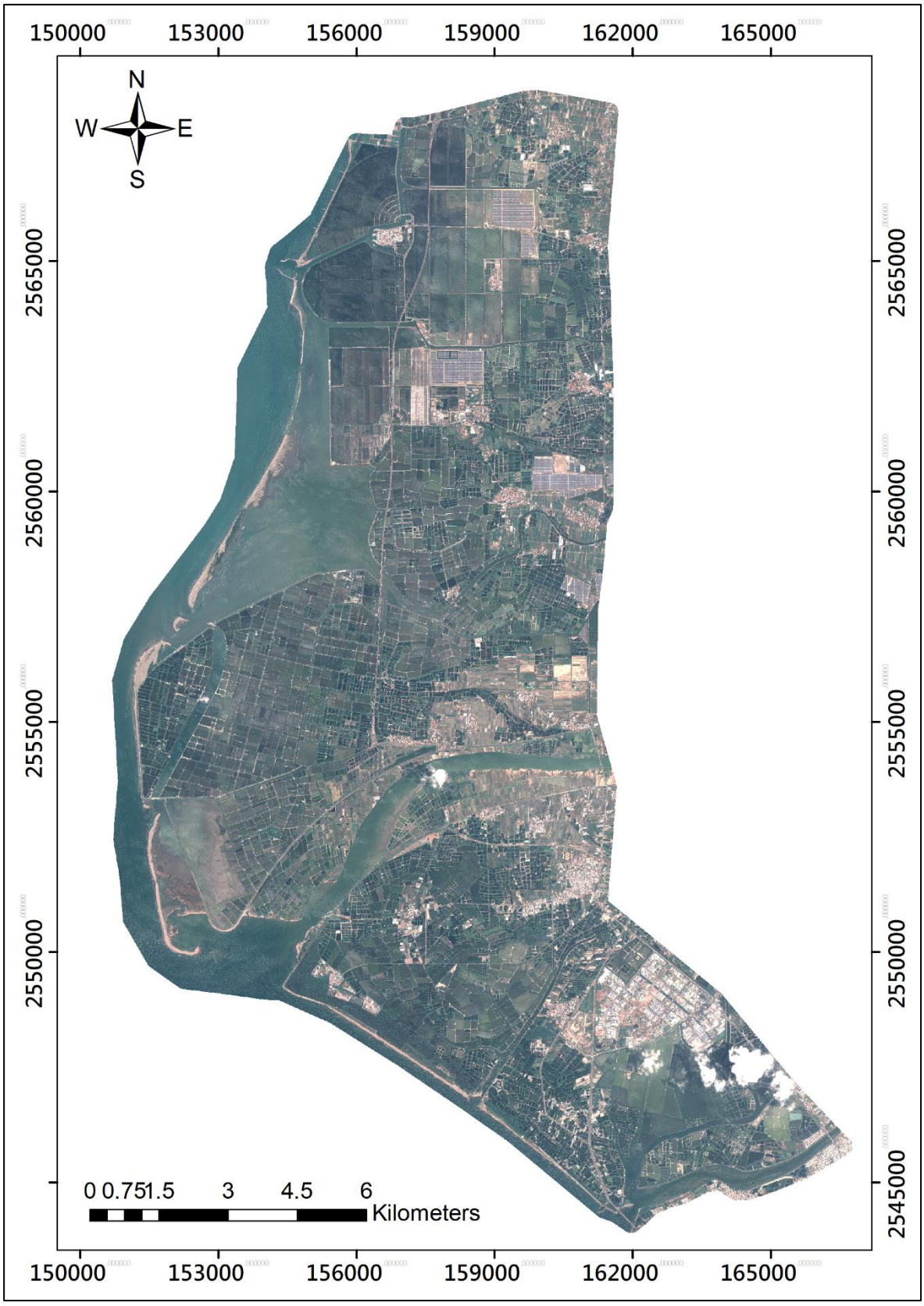


圖 4-14建置 110 年台江國家公園 Pléiades 解析度 0.5m 正射影像（影像日期：110 年 8 月 26 日）

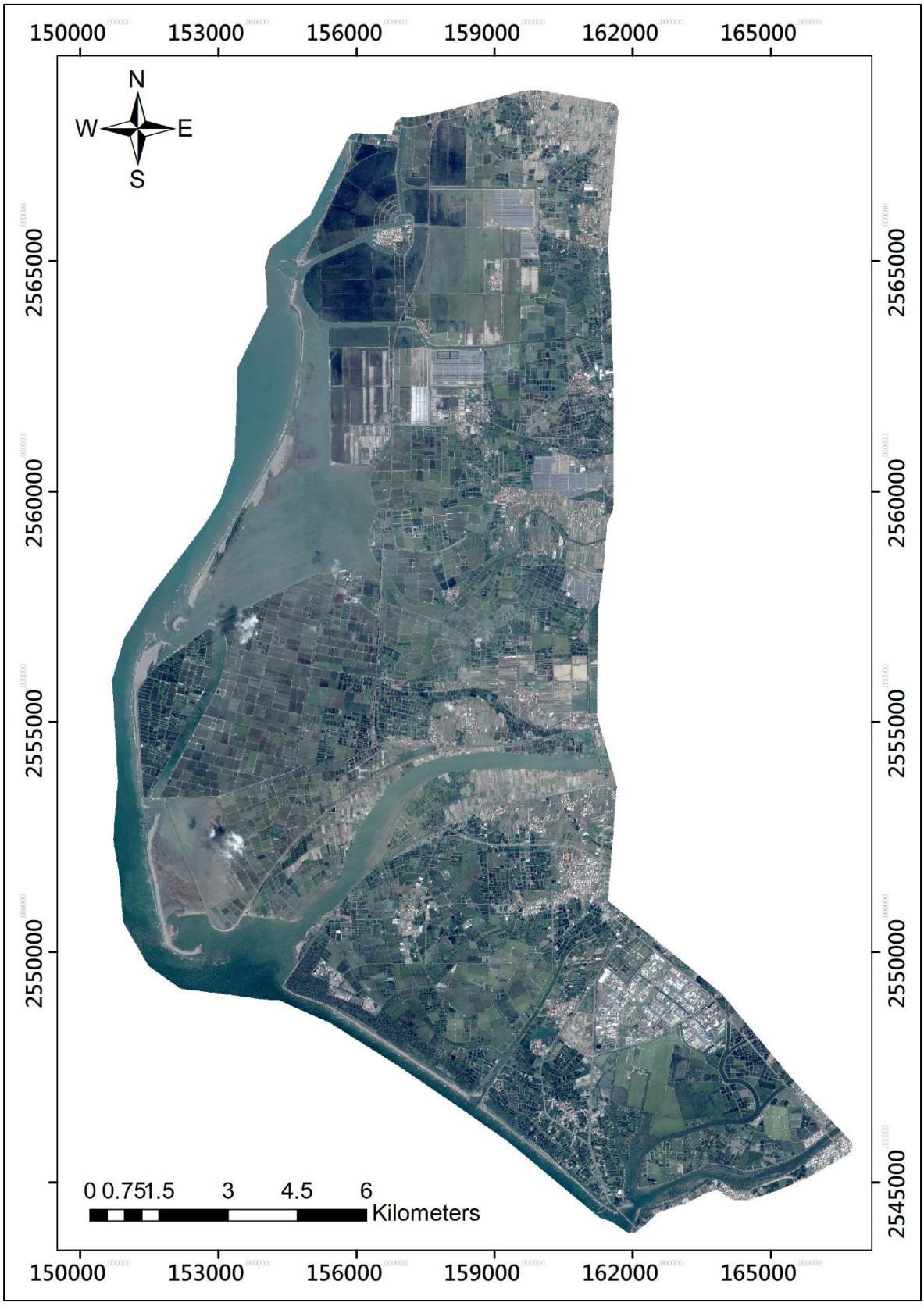


圖 4-15建置 110 年台江國家公園 Pléiades 解析度 0.5m 正射影像（影像日期：110 年 9 月 26 日）

4.1.3 海域區域衛星影像

本計畫主要蒐集台江國家公園陸域範圍高解析度與超高解析度影像，但台江國家公園海域範圍廣大，一般高解析度影像與超高解析度影像較少拍攝，故本計畫使用 Landsat-8 衛星影像補充海域範圍圖資，圖 4-16 至圖 4-28 是 108 年至 111 年 6 月台江國家公園海域區域較少雲覆之 Landsat-8 影像，一共 13 幅。

美國大地衛星 Landsat 系列從 1972 年開始服務，是全世界唯一擁有長達 41 年的觀測資源衛星，最新的大地衛星 Landsat-8 於 2013 年 2 月 11 日成功發射，同年 3 月 18 日開始接收影像，臺灣地區首張影像為 4 月 16 日拍攝。從 Landsat-8 衛星開始，美國改變資料使用與服務的策略，採資料開放免費使用的作法，世界各國需要地球觀測衛星資料的使用者，也因此受惠。Landsat-8 共有 11 個觀測頻道，包含可見光、近紅外光、短波紅外光及熱紅外光，各波段資訊如表 4-3 所示，全色態影像解析度為 15 公尺，多頻譜影像解析度為 30 公尺，再訪周期 16 天，影像坐標系統 UTM(Universal Transverse Mercator)，衛星運行軌道為 WRS-2。因此涵蓋臺灣全區共有 5 幅影像，分別為 Path117 / Row43~45 及 Path118 / Row43~44，台江範圍為 118/43，拍攝時間為上午 9:30。

表 4-3 Landsat-8 各波段資訊

波段	波長(μm)	波段說明		解析度(m)
Band 01	0.43 - 0.45	Coastal/aerosol	海洋水色	30
Band 02	0.450 - 0.51	Blue	藍光	30
Band 03	0.53 - 0.59	Green	綠光	30
Band 04	0.64 - 0.67	Red	紅光	30
Band 05	0.85 - 0.88	Near infrared	近紅外光	30
Band 06	1.57 - 1.65	Shortwave infrared 1	短波紅外光 1	30
Band 07	2.11 - 2.29	Shortwave infrared 2	短波紅外光 2	30
Band 08	0.50 - 0.68	Panchromatic (PAN)	全色態	15
Band 09	1.36 - 1.38	Cirrus clouds	高空雲層	30
Band 10	10.6 - 11.19	Thermal infrared 1	熱紅外光 1	100
Band 11	11.5 - 12.51	Thermal infrared 2	熱紅外光 2	100

Landsat-8 空間解析度經彩色融合後為 15 公尺，雖然沒有 SPOT-6/7 的 1.5 公尺解析度來得高，但是在大規模的災害監測、土地利用、水資源管理、與環境污染等方面，有極高的實用價值。

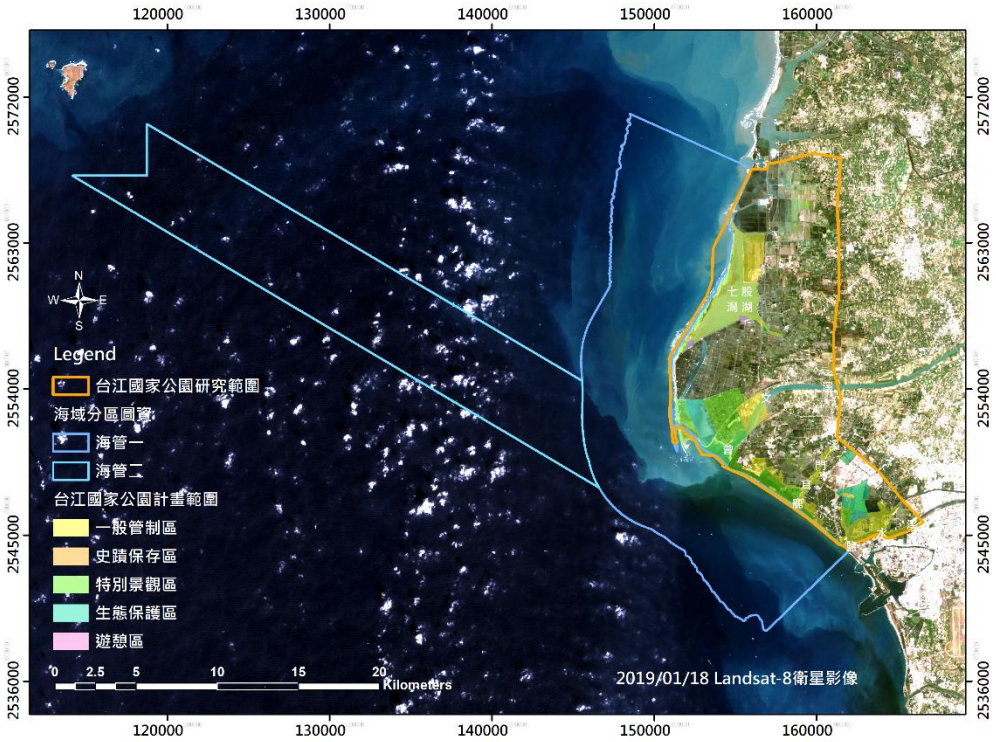


圖 4-16建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：108 年 1 月 18 日）

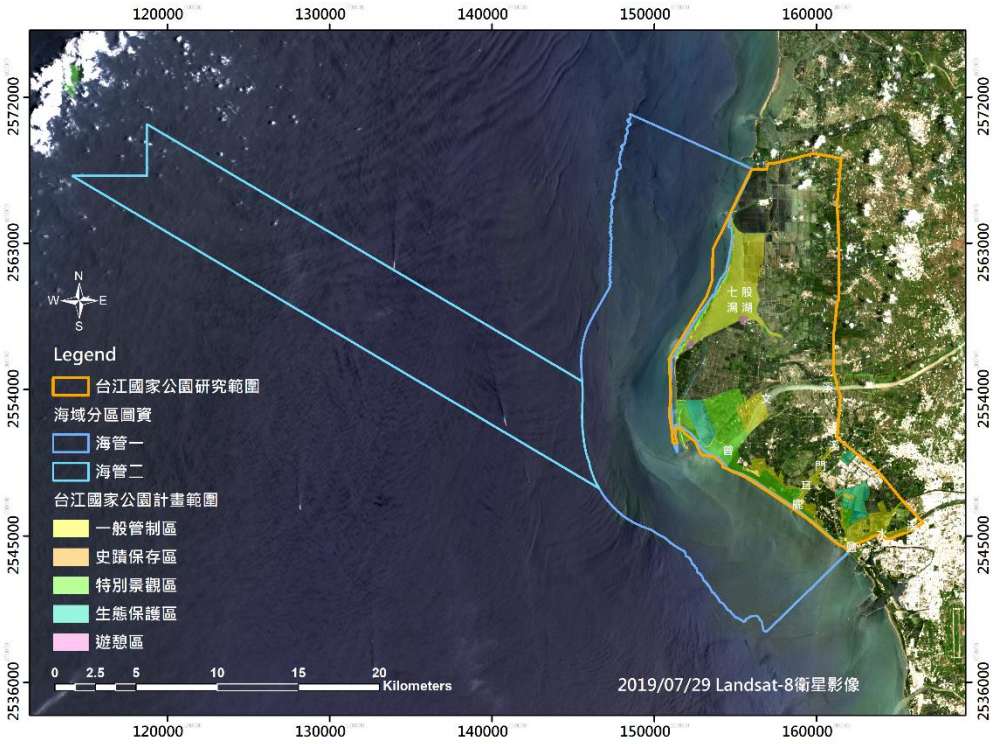


圖 4-17建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：108 年 7 月 29 日）

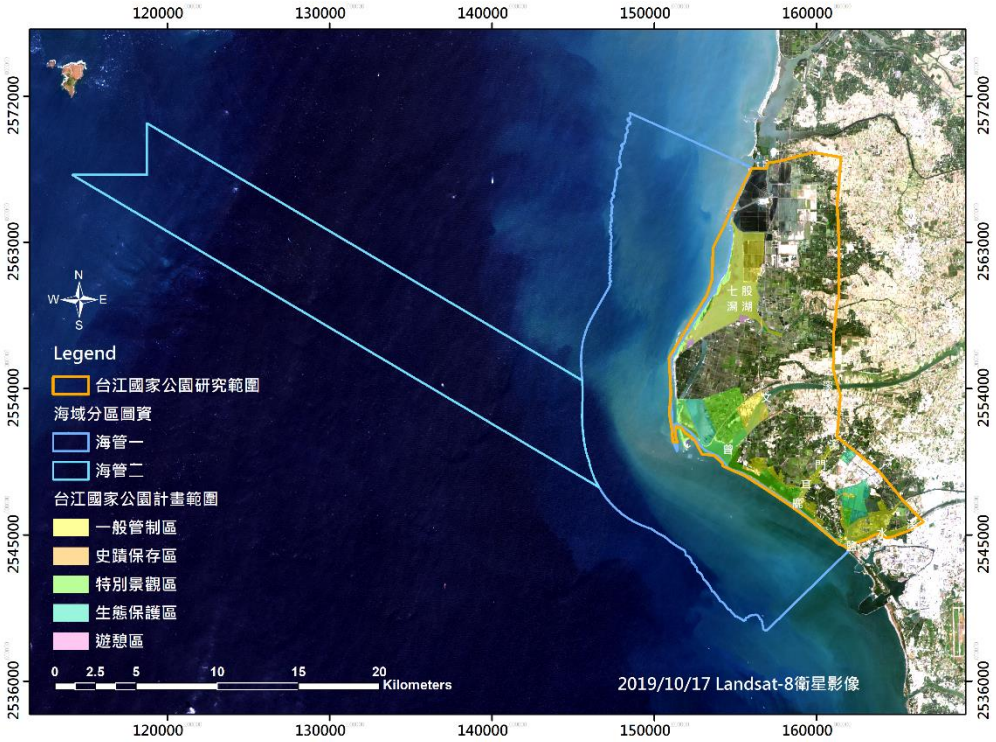


圖 4-18建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：108 年 10 月 17 日）

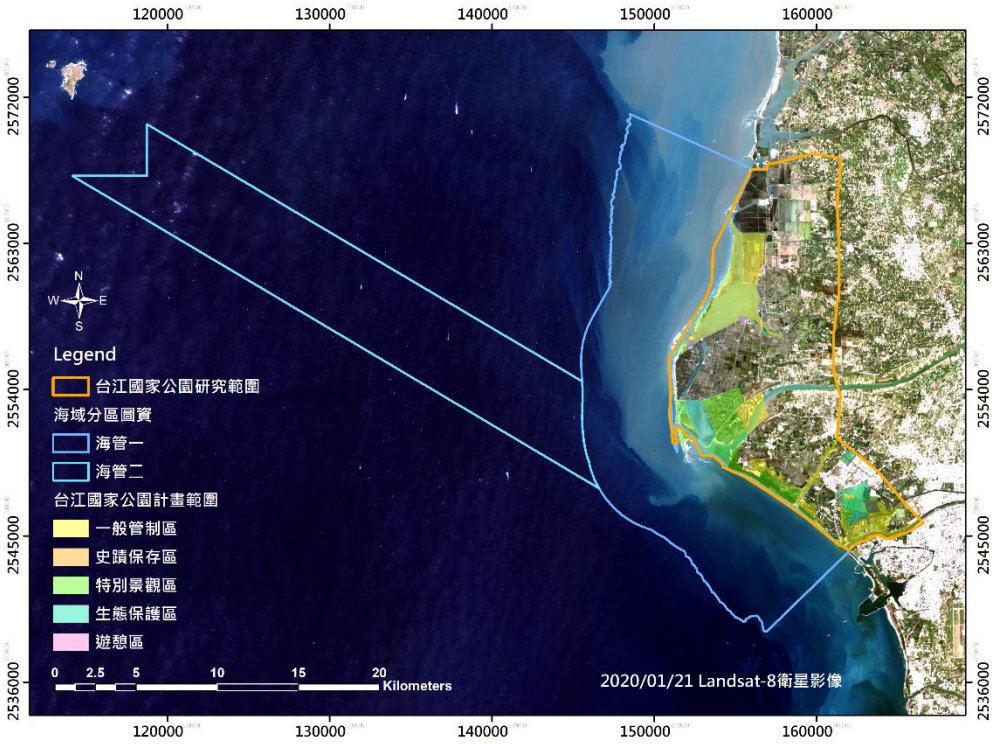


圖 4-19建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：109 年 1 月 21 日）

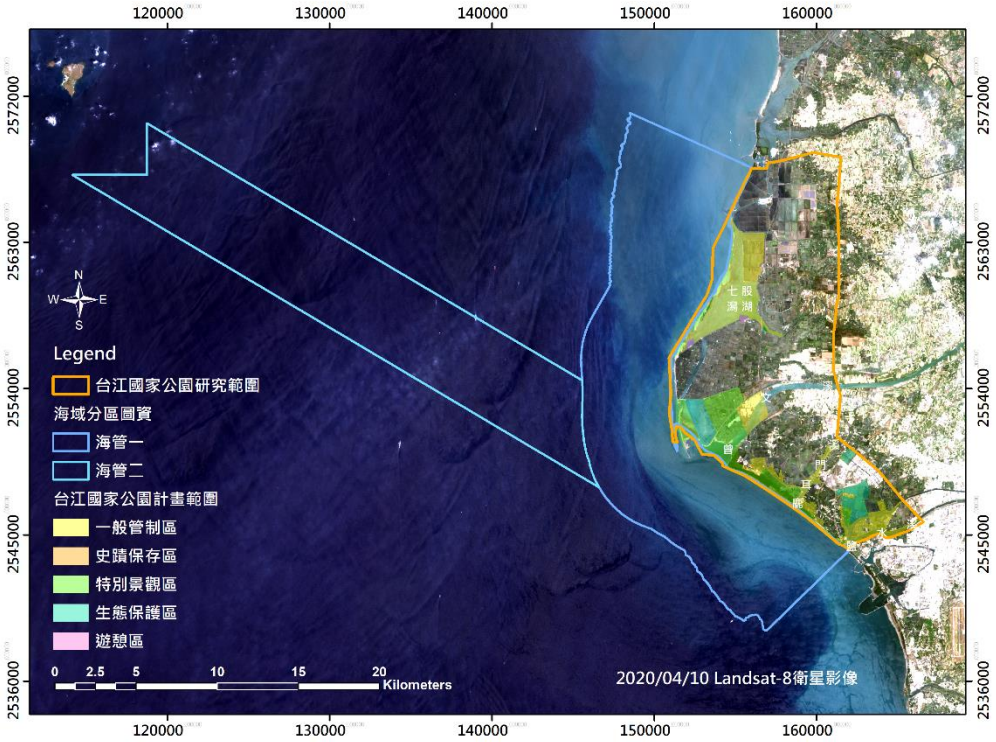


圖 4-20建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：109 年 4 月 10 日）

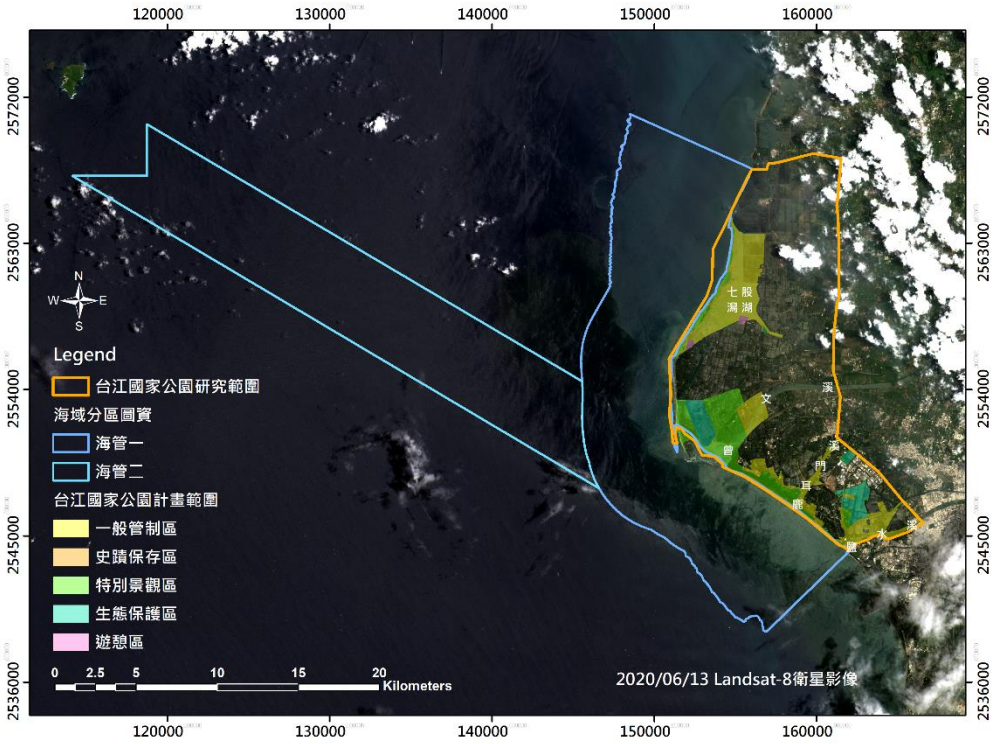


圖 4-21建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：109 年 6 月 13 日）

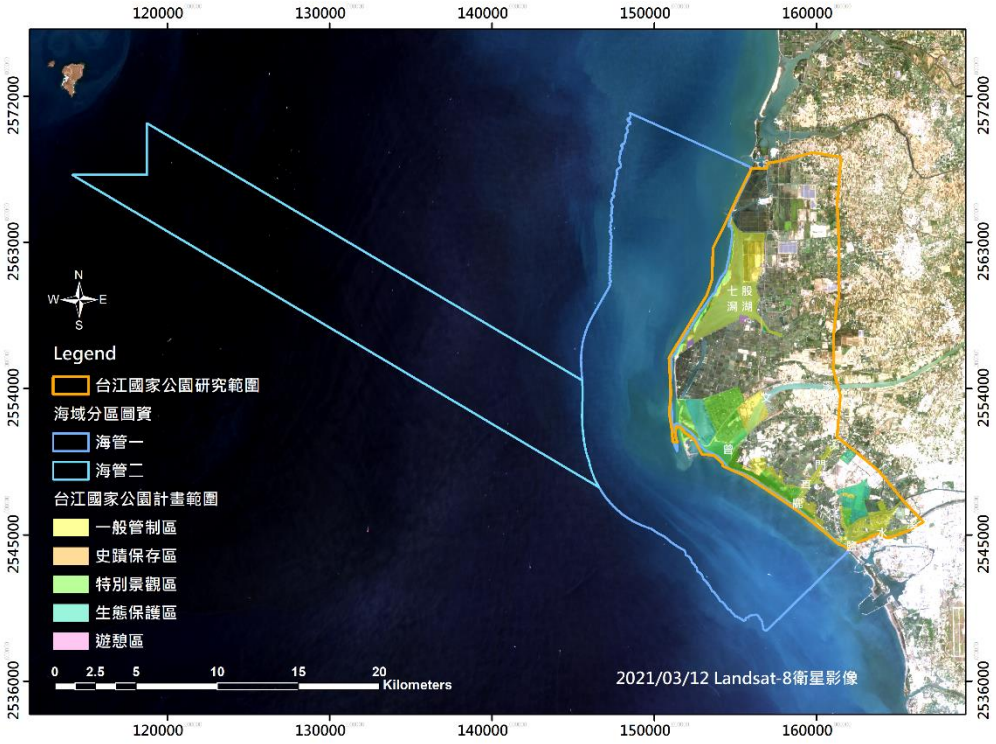


圖 4-22建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：110 年 3 月 12 日）

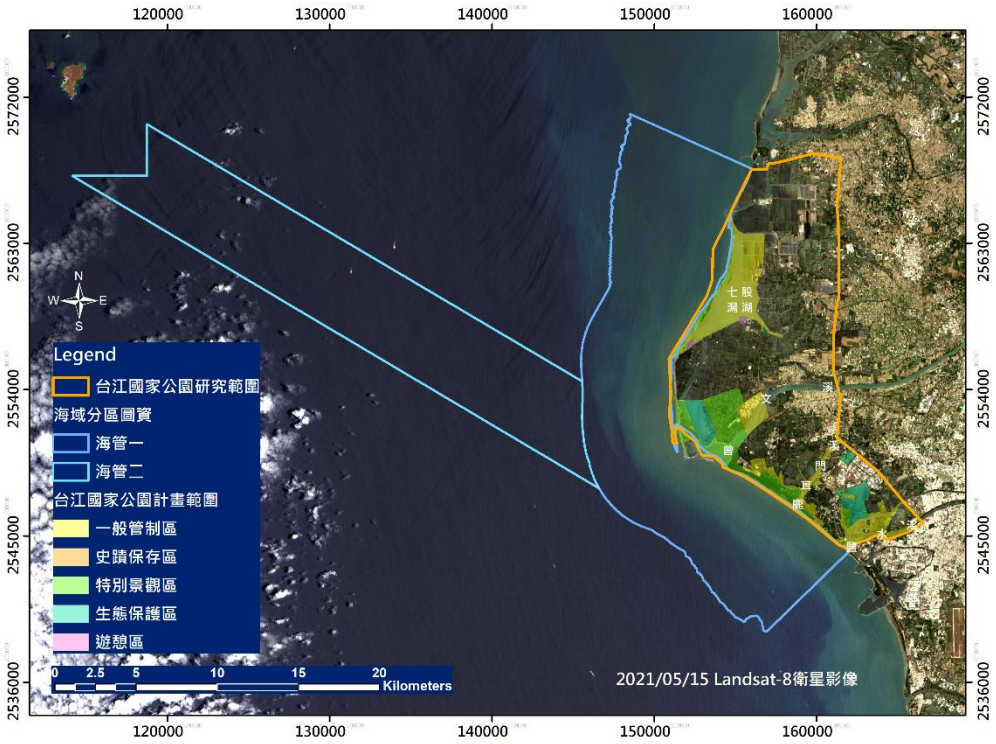


圖 4-23建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：110 年 5 月 15 日）

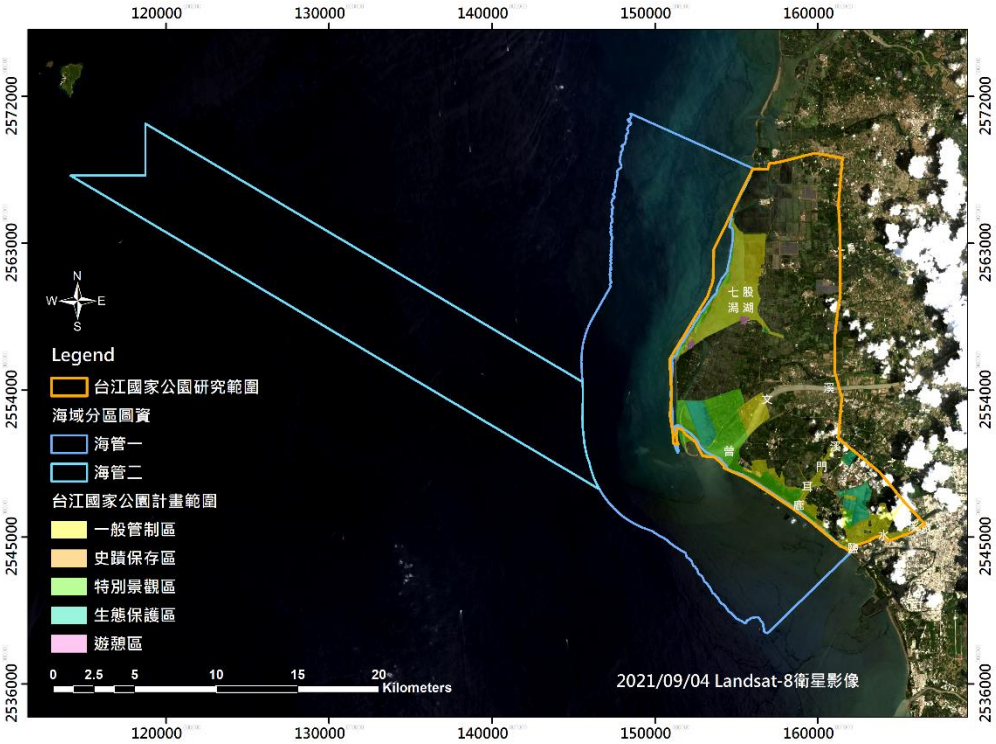


圖 4-24建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：110 年 9 月 4 日）

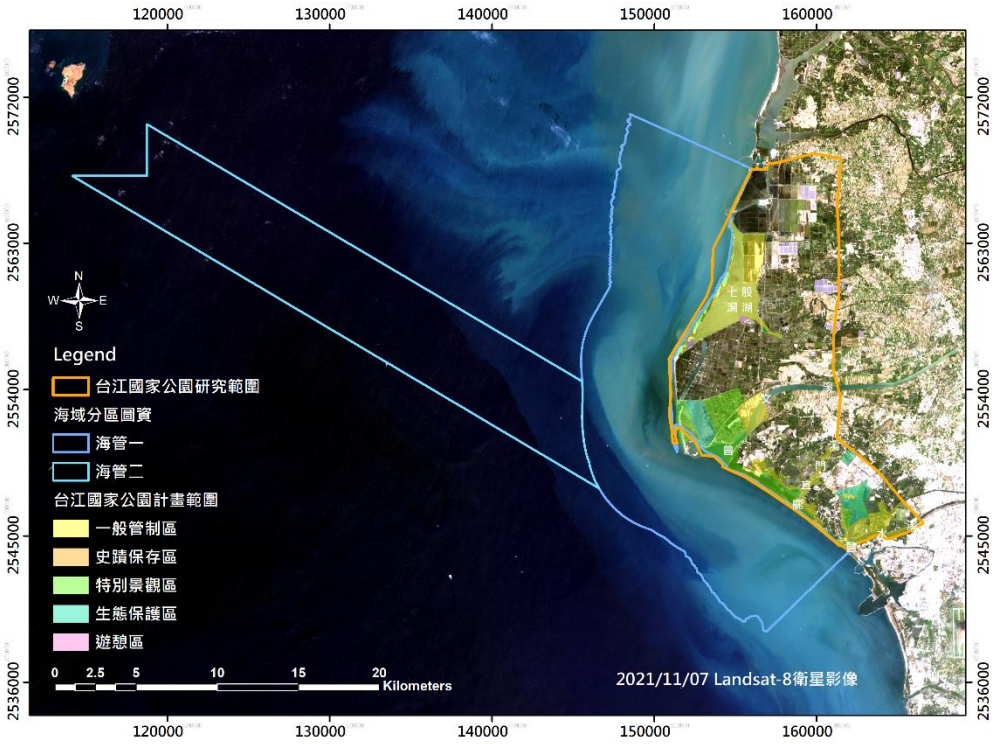


圖 4-25建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：110 年 11 月 7 日）

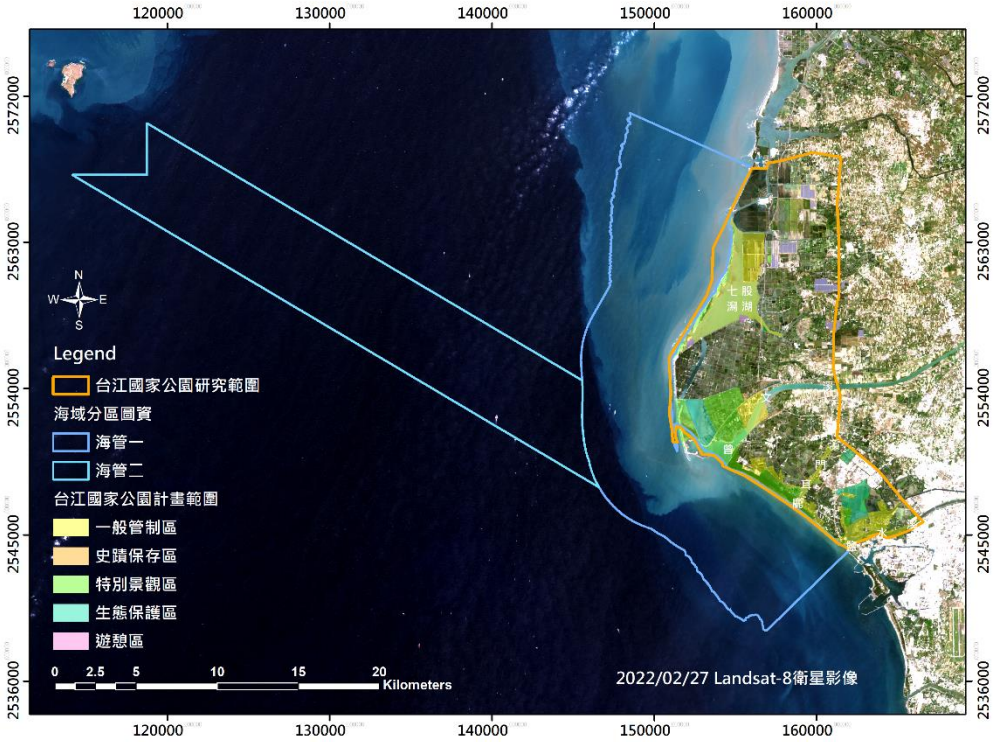


圖 4-26建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：111 年 2 月 27 日）

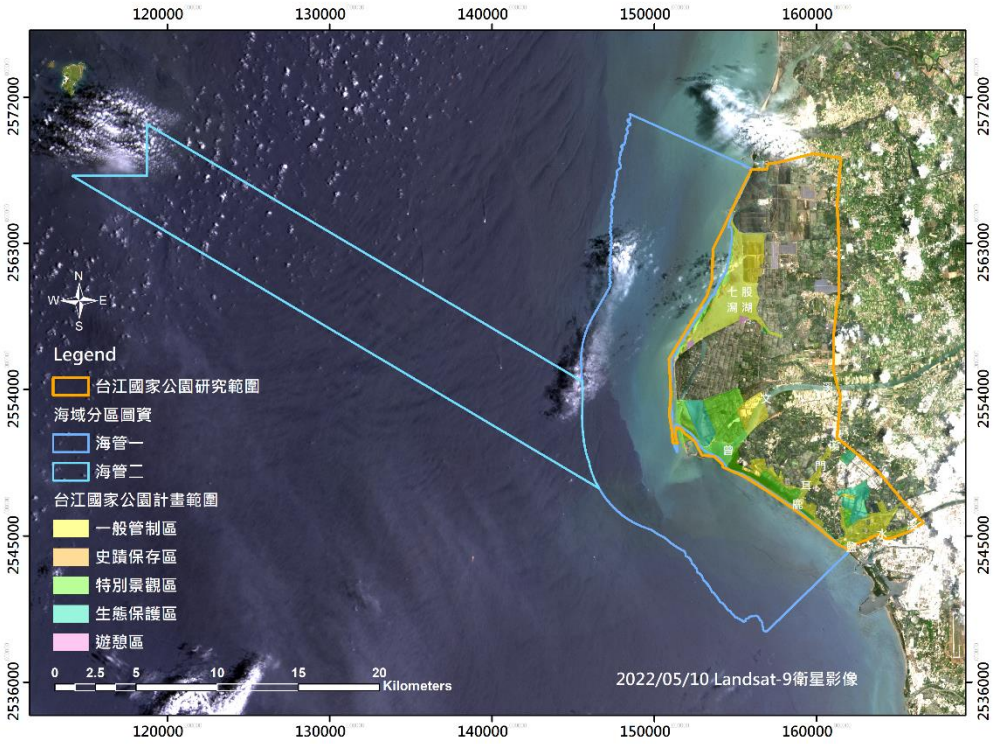


圖 4-27建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：111 年 5 月 10 日）

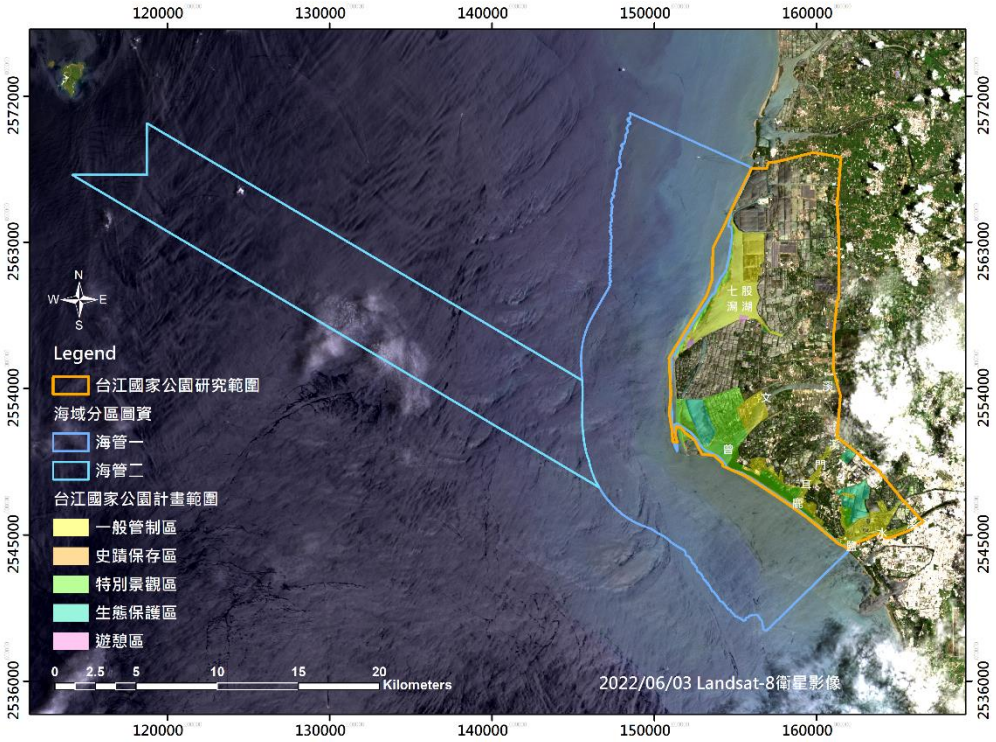


圖 4-28建置台江國家公園海域範圍 Landsat-8 正射影像（影像日期：111 年 6 月 3 日）

4.2 土地利用分析成果

4.2.1 衛星影像土地利用調查分類成果

本次測區分類使用最大概似法作為影像分類器，並於影像分類前進行訓練樣區的圈選，影像分類結束後使用現地查驗之地物與航拍正射影像中可清楚辨識之地物進行影像分類檢核。本計畫也使用影像分塊(Image Segmentation)方式減少零碎像元的產生，將一數位影像分塊成若干的區塊，而這些經分塊的個別區塊則是由各個相似的像元經由相連而組成，且每一種區塊內都具有相似的特徵，主要是利用灰階值(gray-level)的不連續性(discontinuity) 和相似性(similarity)將影像中具有意義的資料粹取出來並做有效的處理[李瑞陽、莊佳文, 2006]，影像中每個像元擁有不同值，透過同區塊類型之影像像元進行合併，使其成為大塊物件，讓後續影像分類過程能盡量使用同區塊物件之目標進行分類，如圖 4-29 所示。

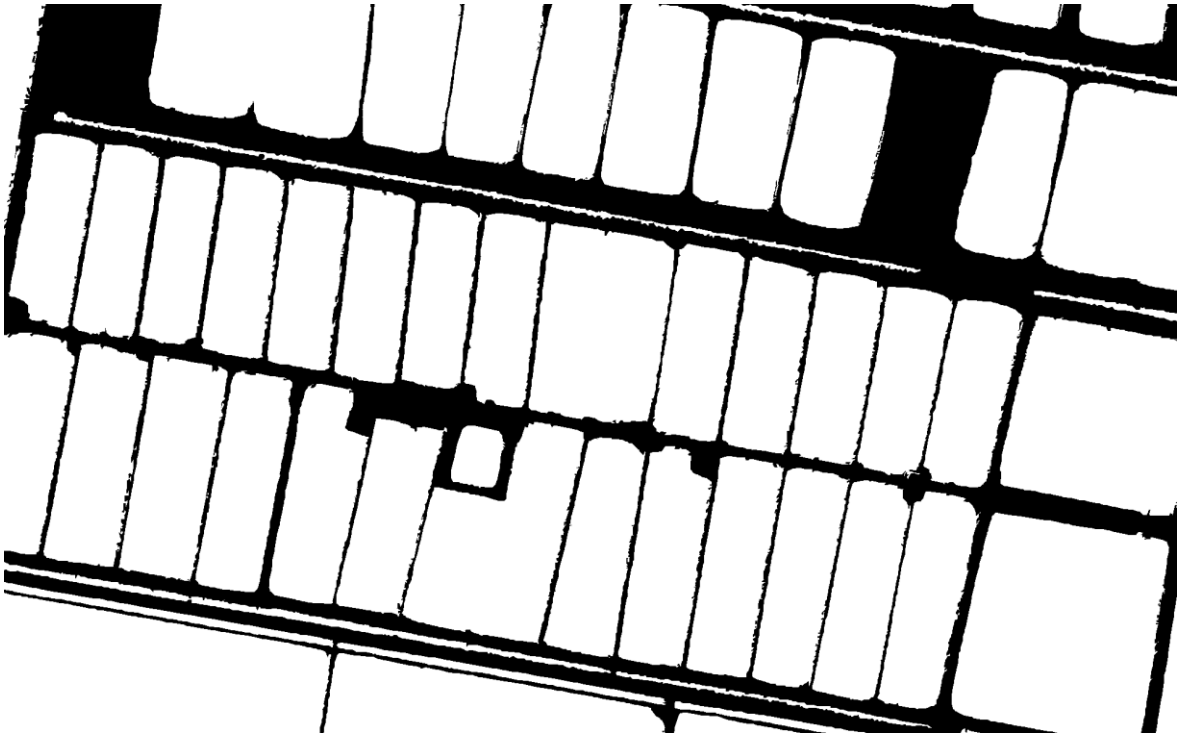


圖 4-29影像分塊處理後之特徵影像

由於影像資訊僅能取得土地覆蓋之資訊，分類時只能獲得土地覆蓋之區分，在台江土地覆蓋分類中，數量較多的類別在圈選訓練樣區上較無問題。本次設定之目標為分類土地覆蓋，因此在人工訓練樣區上，針對要求之地物仍進行圈選。人工訓練樣區主要透過人工進行影像中不同地物之選取，選取之標準在於選取地物之純像元部分，避免選取地物邊緣像元與避開混合地物的像元，因此訓練區採取小區塊的策略進行圈選，根據分類設定之目標物，每種目標物圈選訓練樣區，作為後續影像分類的訓練樣區，人工訓練區之選取如圖 4-30。

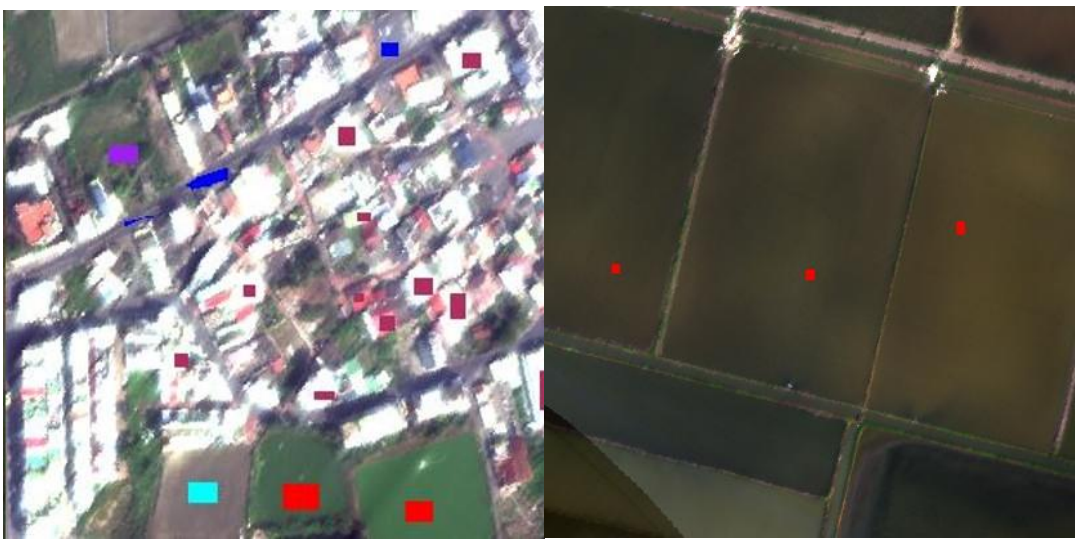


圖 4-30 訓練樣區圈選

本計畫使用解析度 0.5 公尺於 110 年 9 月 26 日拍攝之 Pléiades 衛星影像，進行台江國家公園研究區域全區的土地利用分類作業，以監督式分類法，將建物、水體、林地、農地、裸露地等五類進行分類。使用監督式分類法分類完成後，得到一網格分類結果，如圖 4-31 所示，本計畫需繳交向量圖資，故將分類結果作為參考，搭配土地使用分類圖與各式航照及衛星影像，再透過專家編修填入各個類別之分類區塊，另因近年來台江國家公園研究區域內多處魚塭、鹽田、農地等區域架設太陽能板，故將太陽能板獨立為一類，太陽能板向量圖資編修成果如圖 4-32。

考量蓄水池、河道、海面、溼地與鹽田表面同被水覆蓋，在影像中分類性質過於接近容易產生混淆，因此在分類中先將被水覆蓋的土地利用區，蓄水池、河道、海面、溼地與鹽田分為水體，後續進行向量圖資編修時，再參考國土利用調查土地利用分類成果進行細項分類。而沙洲、空地與道路皆為裸露地，目前先以裸露地做分類，後續再依地點將向量圖資編修至對應的分類項目。

經討論，後續景觀生態指標分析，將討論兩種情境，因此向量圖資編修也分成兩種。第一種是以現況直接進行分析，第二種將台南市四大溼地內的魚塭、蓄水池等水體，皆劃定為溼地，再進行分析。提供兩種不同的分類結果，供管理處後續應用參考。

鹽田、魚塭、蓄水池與溼地四種分類方式，也因兩種情境而有所不同。第一種情境為現況分類，目前作為鹽田使用區域僅剩四草鹽田生態文化村附近，此區維持分類為鹽田。其餘七股地區鹽田皆已廢棄，判釋現況已成為蓄水池，故此區分類為蓄水池。其餘魚塭、蓄水池與溼地維持原先分類結果。第二種情境將台南市四大溼地內的魚塭、蓄水池與廢棄鹽田等水體，皆分類為溼地，因四草鹽田生態文化村附近鹽田確實還有曬鹽行為，在第二種情境下還是維持鹽田。其餘七股地區未在四大溼地內的廢棄鹽田與七股潟湖皆改分類為溼地。

採用前述章節之影像分類方式，以國土利用調查土地利用分類系統的一、二、三級為基礎，針對台江國家公園研究區域內土地覆蓋的分類目標進行測試，最終定義出農地、魚塭、林地、道路、蓄水池、建物、鹽田、草地、空地、沙洲、河道、海面、溼地與太陽能板。分類完成之網格資料再經由專家判釋及編修過後，建立完整的影像分類圖向量檔，第一種情境如圖 4-33 所示，第二種情境如圖 4-34 所示。

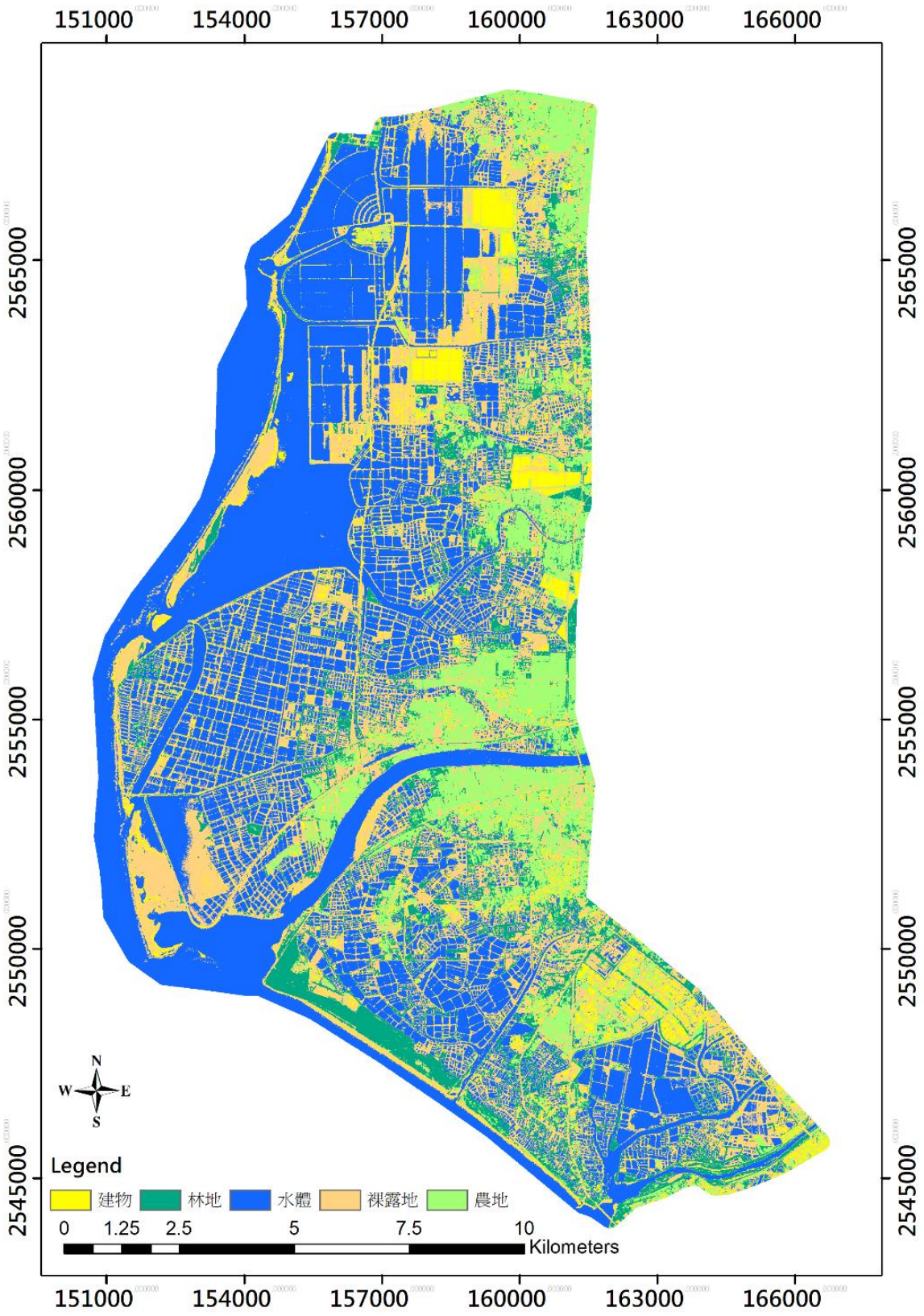


圖 4-31 台江國家公園研究區域土地利用初步分類圖

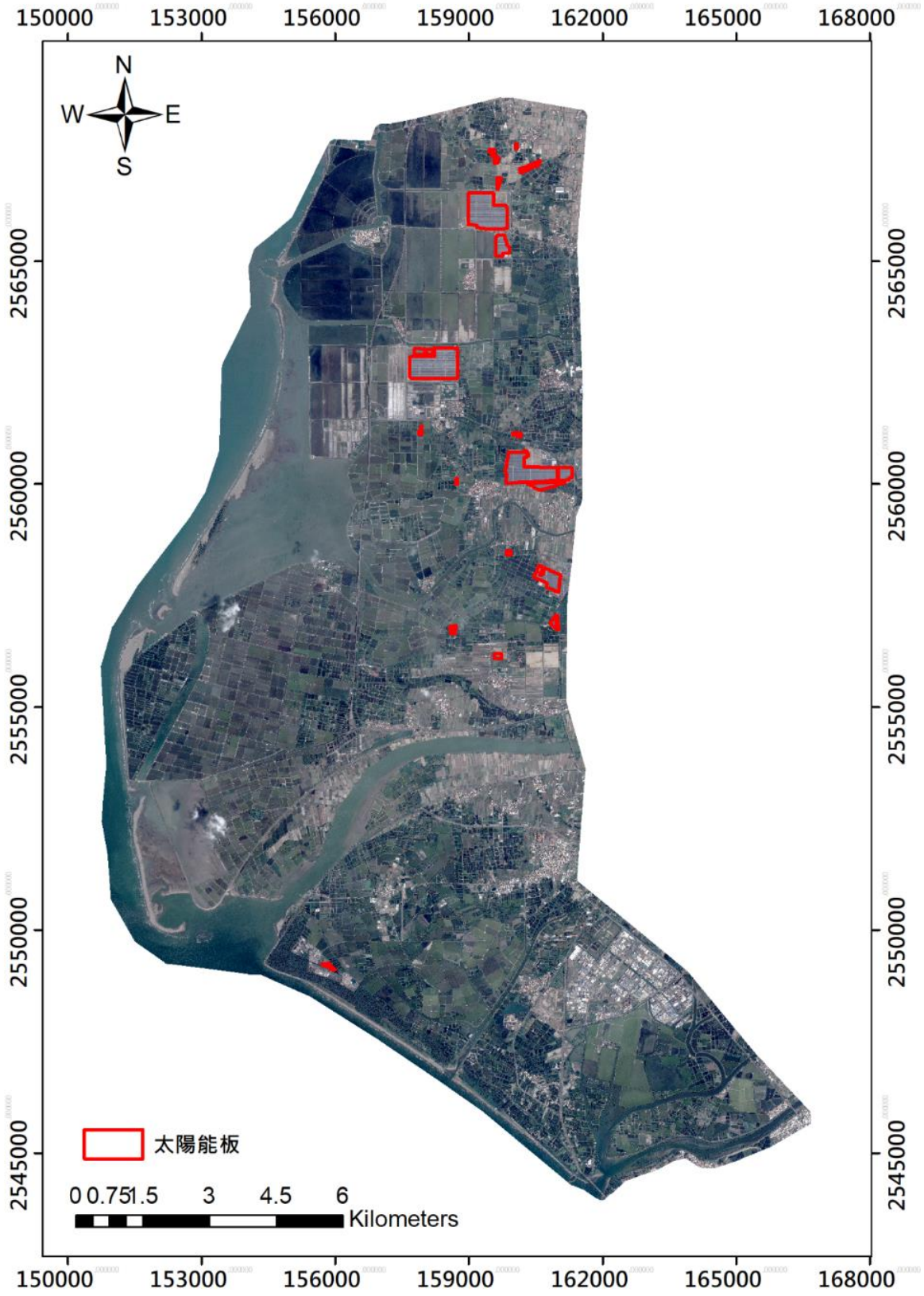


圖 4-32 台江國家公園研究區域 110 年土地利用分類向量圖資編修太陽能板分布圖

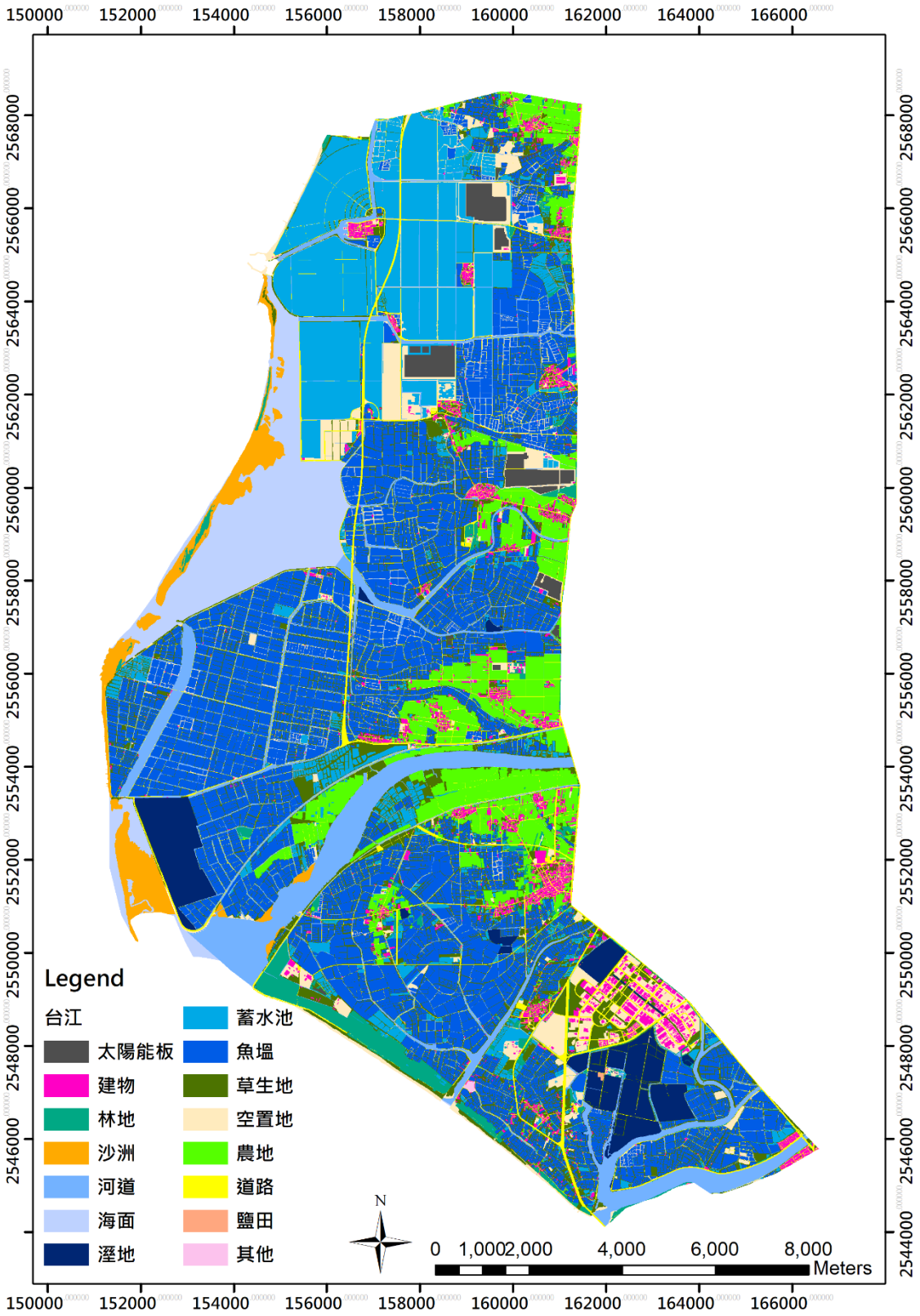


圖 4-33 台江國家公園研究區域第一種情境分類專家判釋編修成果

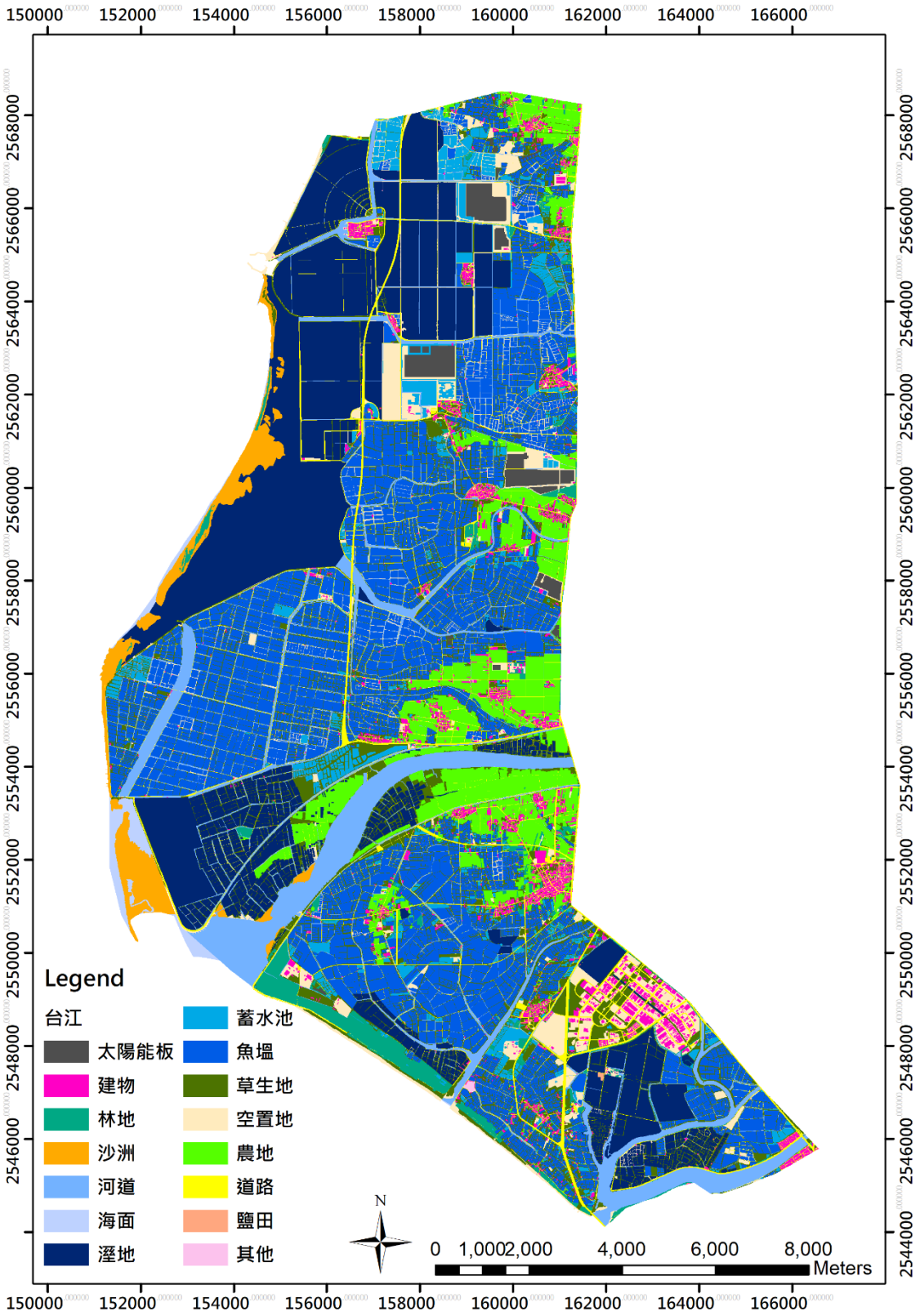


圖 4-34 台江國家公園研究區域第二種情境分類專家判釋編修成果

4.2.2 土地利用變異成果分析

光電板分布位置與變化

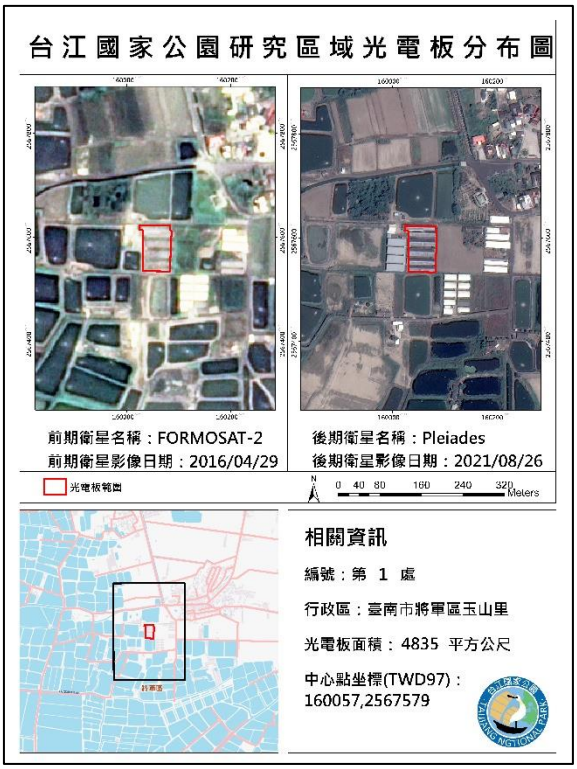
由於近年來台江國家公園研究區域內設立了多處太陽能板，本計畫運用多年期計畫蒐集之台江國家公園研究區域內影像，將研究區域內 18 處太陽能板現況與設立前的影像製作比較圖，如圖 4-35 至圖 4-43，清單如表 4-4，後期影像使用本計畫建置 110 年 8 月 26 日及 9 月 26 日的 Pléiades 影像，目前 18 處太陽能板面積共計為 2.43 平方公里。18 處太陽能板位於將軍區、七股區及安南區，將軍區玉山里 3 處、鯤鯓里 2 處、平沙里 1 處、三吉里 1 處，七股區龍山里、溪南里與三股里各 2 處，鹽埕里、篤加里、樹林里與中寮里各 1 處，安南區城西里 1 處。

2 處太陽能板於 2014 年設立，分別為第 8 與第 12 處。2 處於 2016 年設立，分別為第 1 與第 13 處。1 處於 2018 年設立，為第 2 處。1 處於 2019 年設立，為第 4 處。8 處於 2020 年設立，分別為第 3、5、6、7、9、10、11 及 15 處。4 處太陽能板於 2021 年設立，分別為第 14、16、17 及 18 處，而其中第 7 處與第 14 處旁邊空地目前仍持續設立太陽能板。透過蒐集歷史衛星影像了解太陽能板設立時間，後續可應用於了解太陽能板對周遭生態環境是否有產生影響。

表 4-4 110 年台江國家公園研究區域內太陽能板設立地點

編號	縣市	鄉鎮	村里	X (TWD97)	Y (TWD97)	面積 (m^2)	前期衛星名稱	前期影像日期	後期衛星名稱	後期影像日期
1	臺南市	將軍區	玉山里	160057	2567579	4,835	FORMOSAT-2	2016/04/29	Pléiades	2021/08/26
2	臺南市	將軍區	三吉里	160362	2567126	22,383	SPOT-7	2018/03/22	Pléiades	2021/08/26
3	臺南市	將軍區	鯤鯓里	159386	2566107	610,231	SPOT-7	2020/05/04	Pléiades	2021/08/26

編號	縣市	鄉鎮	村里	X (TWD97)	Y (TWD97)	面積 (m^2)	前期衛星名稱	前期影像日期	後期衛星名稱	後期影像日期
4	臺南市	將軍區	鯤鯓里	159727	2565341	112,021	SPOT-6	2019/10/27	Pléiades	2021/08/26
5	臺南市	七股區	中寮里	158228	2562692	670,948	SPOT-7	2020/05/04	Pléiades	2021/08/26
6	臺南市	七股區	篤加里	160083	2561111	11,088	SPOT-7	2020/05/04	Pléiades	2021/08/26
7	臺南市	七股區	龍山里	160442	2560262	672,149	SPOT-7	2020/05/04	Pléiades	2021/08/26
8	臺南市	七股區	龍山里	158722	2560055	4,678	FORMOSAT-2	2014/10/06	Pléiades	2021/08/26
9	臺南市	七股區	溪南里	160787	2557888	182,950	SPOT-7	2020/05/04	Pléiades	2021/08/26
10	臺南市	七股區	樹林里	160928	2556900	31,987	SPOT-7	2020/05/04	Pléiades	2021/08/26
11	臺南市	將軍區	平沙里	159661	2566768	13,497	SPOT-7	2020/05/04	Pléiades	2021/08/26
12	臺南市	七股區	鹽埕里	157907	2561172	6,555	FORMOSAT-2	2014/10/06	Pléiades	2021/08/26
13	臺南市	安南區	城西里	155855	2549189	16,701	FORMOSAT-2	2016/04/29	Pléiades	2021/08/26
14	臺南市	七股區	三股里	159643	2556140	18,386	Pleiades	2021/08/26	Pléiades	2021/09/26
15	臺南市	七股區	三股里	158640	2556736	17,517	SPOT-7	2020/05/04	Pléiades	2021/09/26
16	臺南市	將軍區	玉山里	159519	2567437	11,992	Pleiades	2021/08/26	Pléiades	2021/09/26
17	臺南市	將軍區	玉山里	159611	2567267	11,188	SPOT-7	2021/05/06	Pléiades	2021/09/26
18	臺南市	七股區	溪南里	159890	2558454	7,161	SPOT-7	2021/05/06	Pléiades	2021/08/26



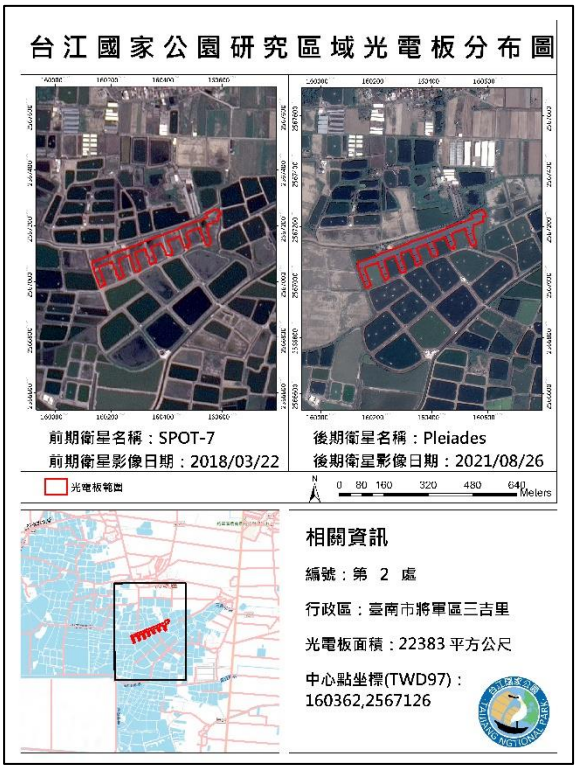
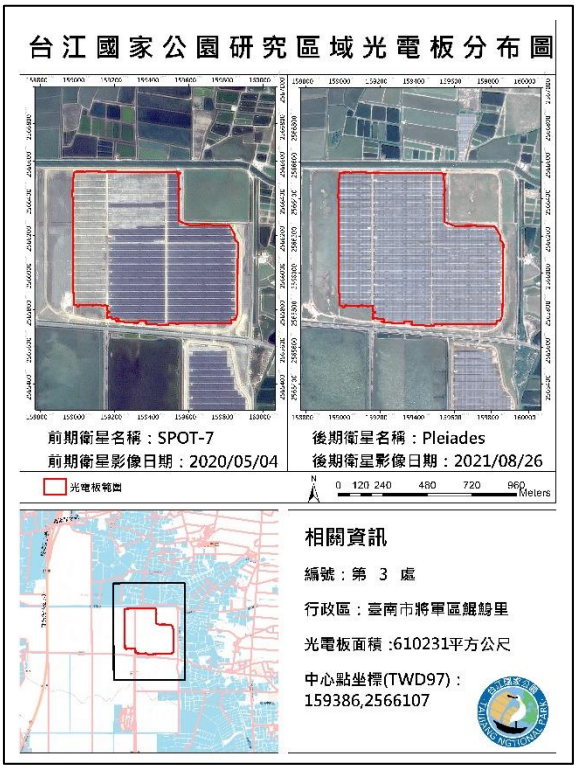


圖 4-35 台江國家公園研究區域太陽能板第 1、2 處分布圖



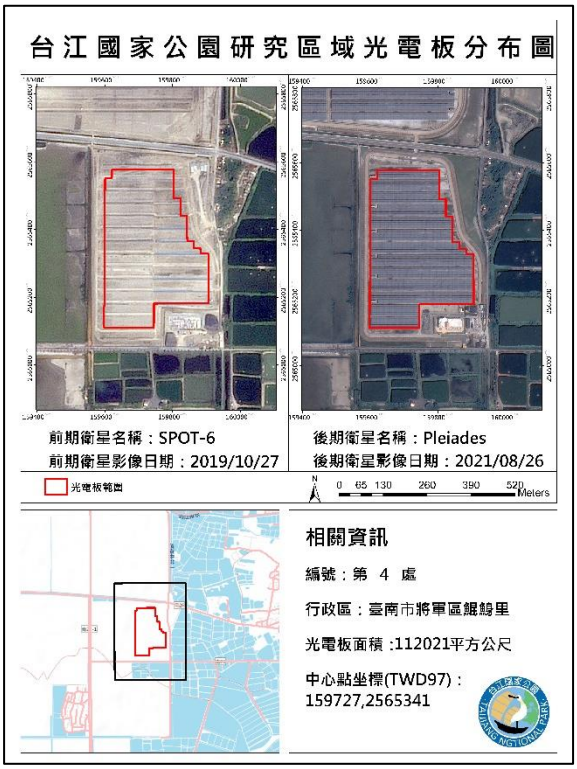
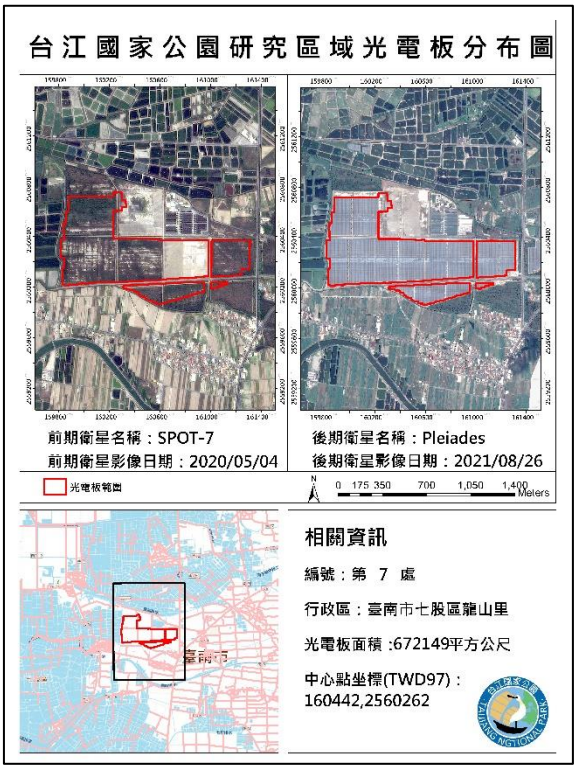


圖 4-36 台江國家公園研究區域太陽能板第 3、4 處分布圖





圖 4-37 台江國家公園研究區域太陽能板第 5、6 處分布圖



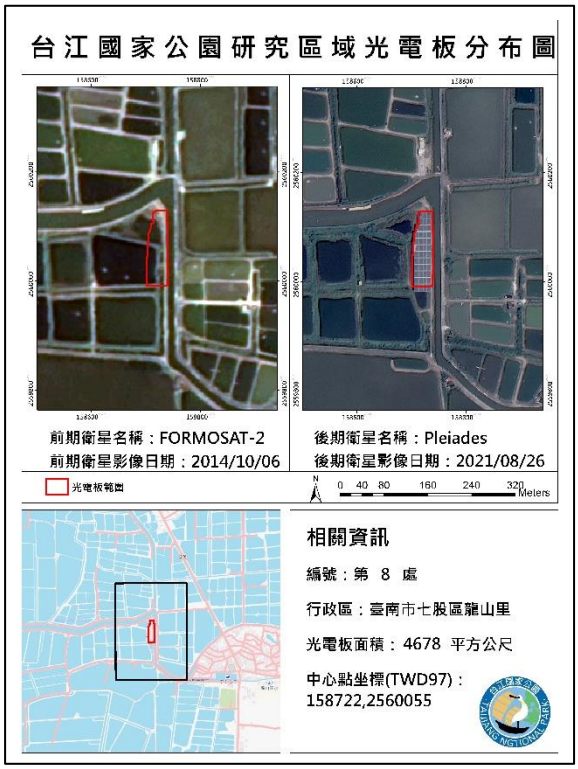
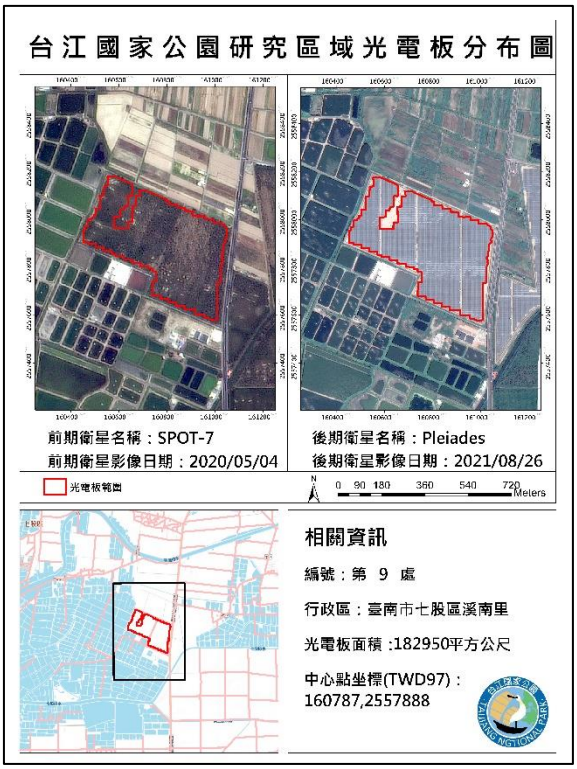


圖 4-38 台江國家公園研究區域太陽能板第 7、8 處分布圖



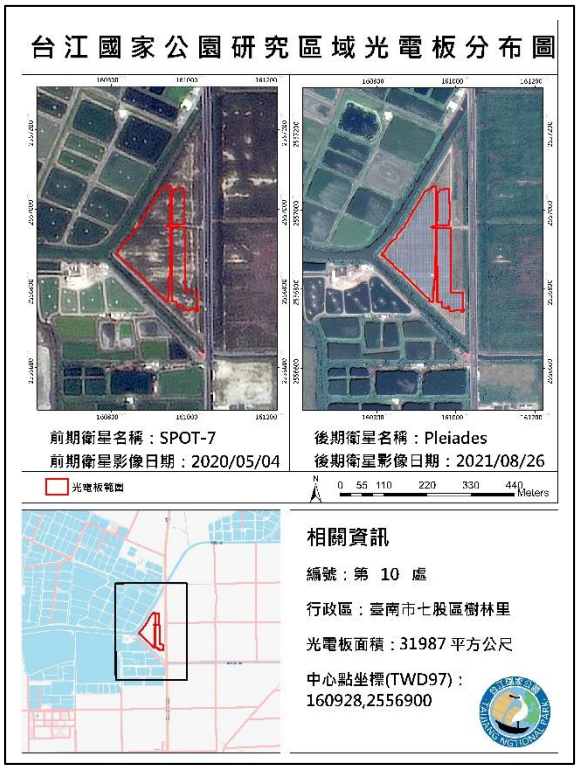
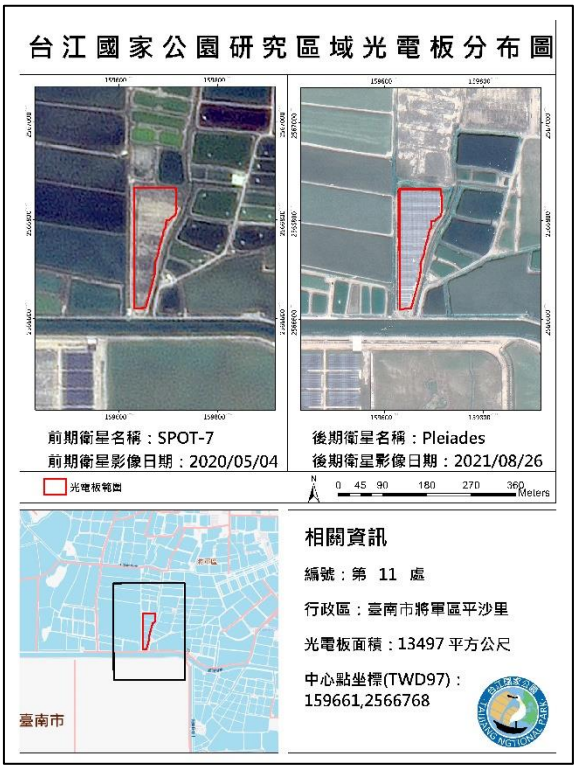


圖 4-39 台江國家公園研究區域太陽能板第 9、10 處分布圖



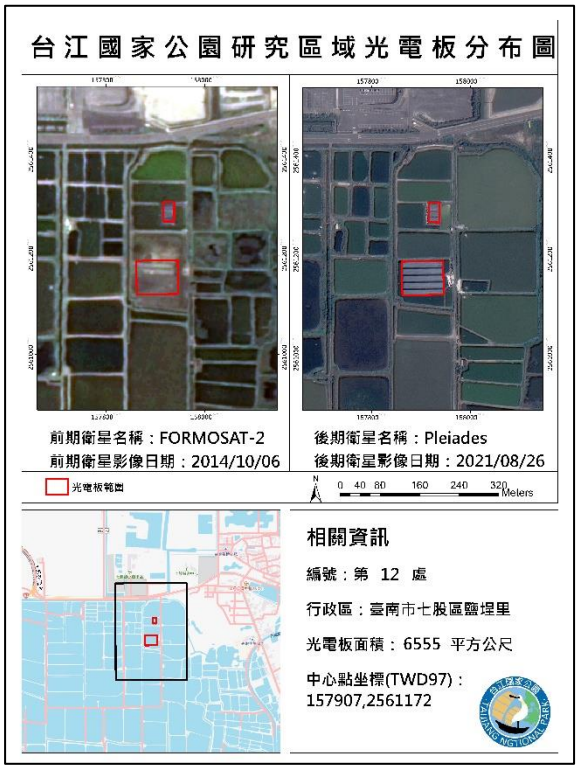


圖 4-40 台江國家公園研究區域太陽能板第 11、12 處分布圖



圖 4-41 台江國家公園研究區域太陽能板第 13、14 處分布圖

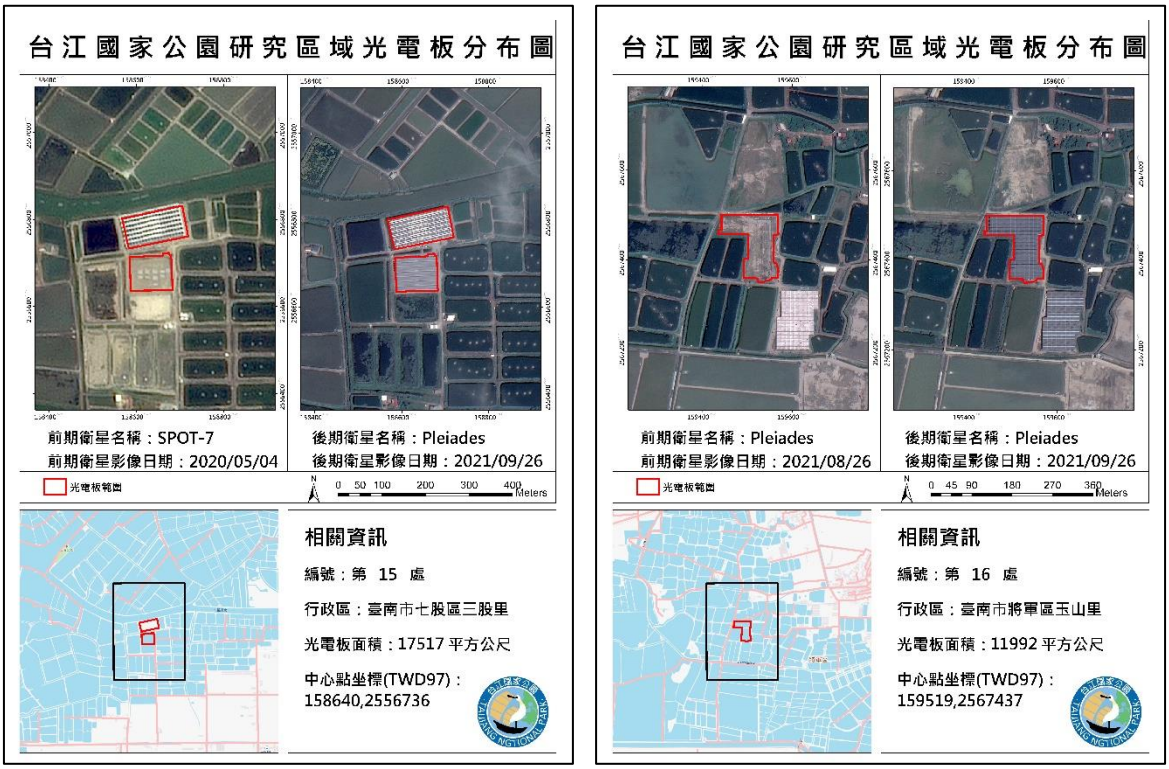


圖 4-42 台江國家公園研究區域太陽能板第 15、16 處分布圖

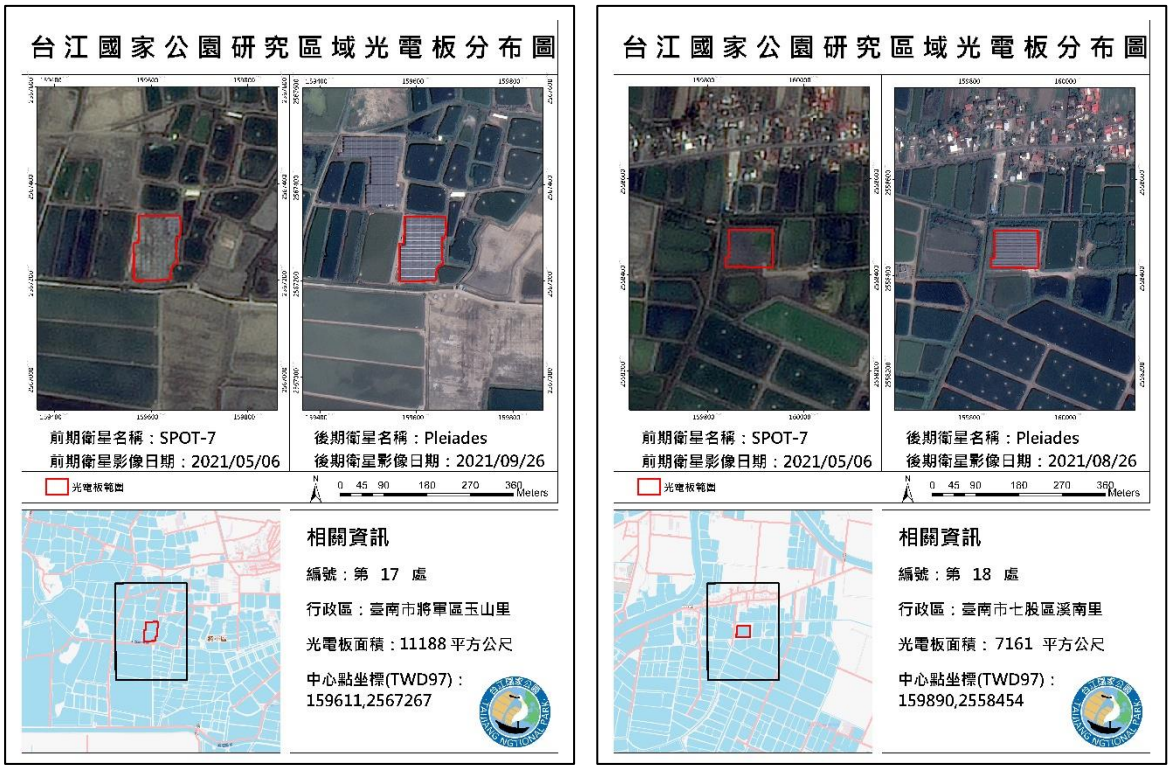


圖 4-43 台江國家公園研究區域太陽能板第 17、18 處分布圖

七股潟湖區外圍沙洲變化

七股潟湖區是由青山港、網仔寮及頂頭額沙洲所圍成的區域，沙洲面積除了真正沙洲面積變化外，還會因為漲退潮而有差異。圖 4-45 為本計畫蒐集歷年的衛星影像，2006 年時新增北潮口將沙洲分離，潮口漸漸縮小，在 2009 年時北潮口閉合，分離網仔寮與青山港沙洲的潮口位置也往北邊移動。2012 年時北朝口再度出現，2014 年時北朝口再度閉合，網仔寮與青山港沙洲間的潮口在 2017 年閉合。

隨著大自然的變化，潮口分分合合，青山港與網仔寮沙洲地貌變動很大，可從圖 4-44 影像上觀察到近年來三個沙洲逐漸向東退縮，導致七股潟湖面積縮小。青山港與網仔寮沙洲北側 2005 年與 2021 年相比向東退縮大約 100 至 350 公尺，最南端的頂頭額沙洲也逐年向南退縮，2021 年與 2005 年相比面積減少 27.5 公頃。由於本計畫蒐集之衛星影像以台江國

家公園研究區域全區無雲覆為基礎，衛星影像拍攝時間多為當日早上 10 點，建議後續若須進行沙洲面積歷史變化統計，必須搭配潮位資訊進行影像挑選，後續進行數化與面積統計才能較為準確了解沙洲實際面積變化。

本計畫建置 110 年 5 月 6 日 SPOT-7 影像與 110 年 9 月 26 日 Pléiades 影像，觀察七股潟湖變化，發現有一處沙洲上的破口，如圖 4-46 所示。為了解破口發生時間，本團隊自行建置 5 天拍攝一次的開放衛星 Sentinel-2 影像，排除受雲覆影響之影像，發現破口發生在 8 月 3 日與 8 月 23 日之間，如圖 4-47 所示，推測為盧碧颱風造成之破口現象。

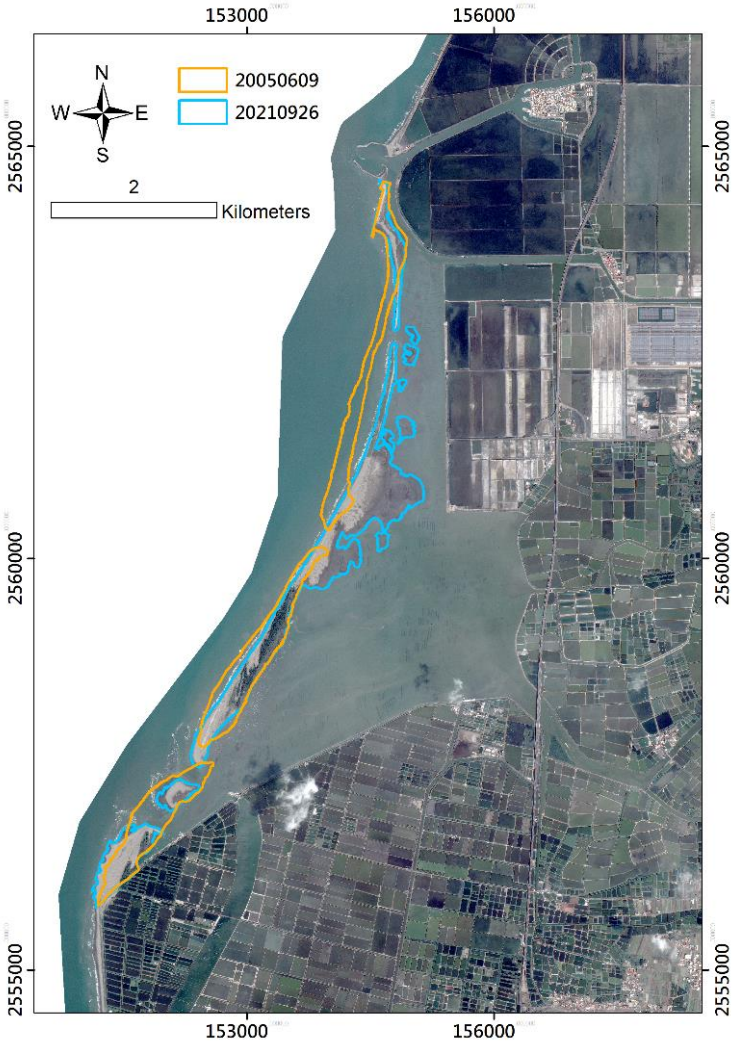


圖 4-44 本計畫建置 2005 年與 2021 年七股潟湖外圍沙洲變化



圖 4-45本計畫建置七股潟湖 2005 年至 2020 年衛星影像

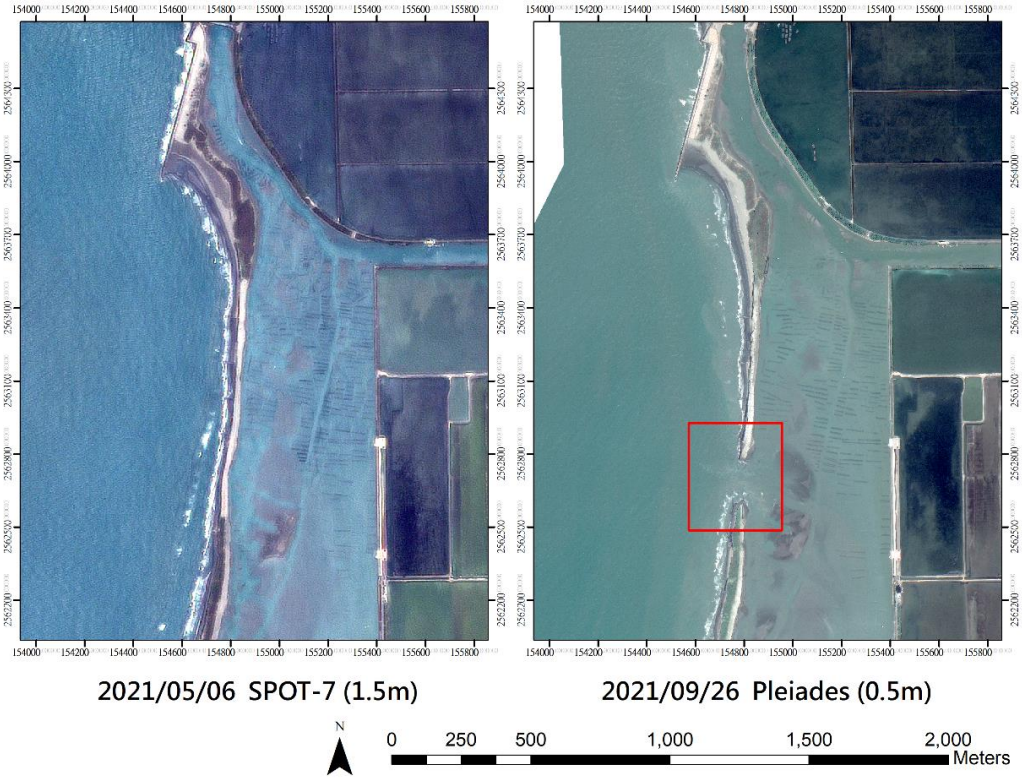


圖 4-46本計畫建置 110 年度 5 月 6 日 SPOT-7 影像與 9 月 26 日 Pléiades 影像

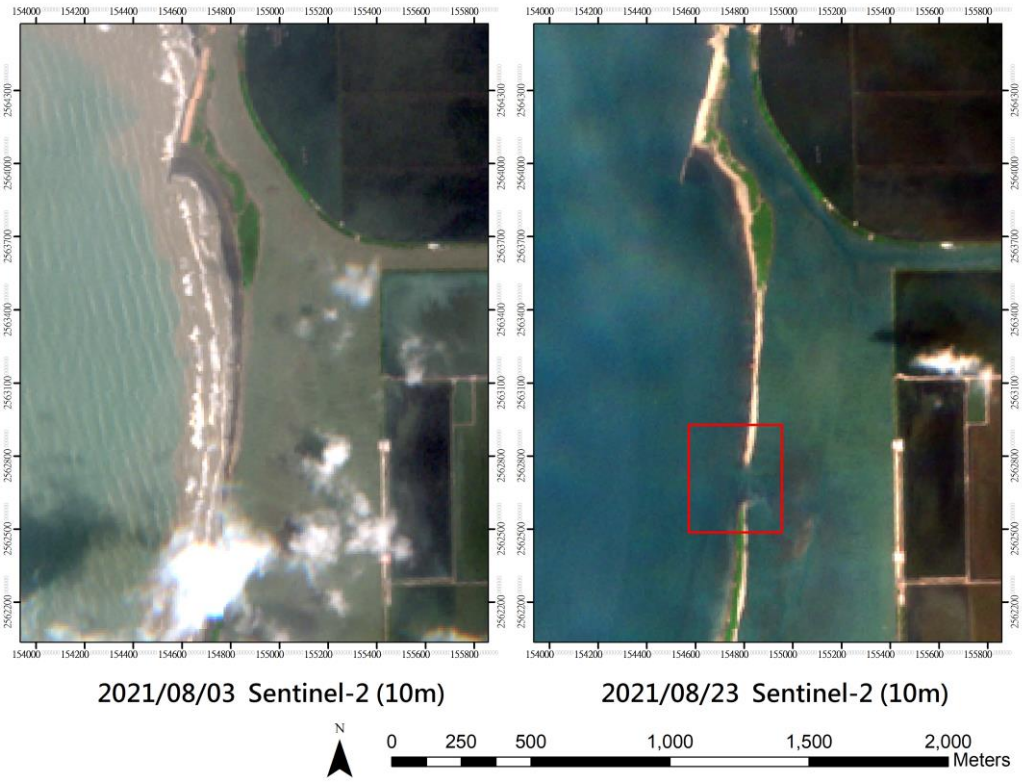


圖 4-47由本團隊自行建置 Sentinel-2 影像推測為盧碧颱風造成沙洲破口

持續使用本計畫購置影像，監測盧碧颱風造成沙洲上的破口，破口在 110 年 8 月 23 日時約為 150 公尺，9 月 26 日時破口仍維持為 150 公尺，111 年 1 月 3 日時破口達到 300 公尺，破口逐漸擴大，而至 4 月 25 日時破口已達到 500 公尺，如圖 4-48 所示。

另外，使用本團隊自行建置 5 天拍攝一次的開放衛星 Sentinel-2 影像（圖 4-49 與圖 4-50），觀察破口於 10 月 27 日時為 200 公尺，12 月 31 日時為 300 公尺，111 年 3 月 11 日時為 400 公尺，4 月 15 日時為 450 公尺，透過衛星影像長時期監測可推知破口目前仍持續擴大，建議後續仍需持續監測。

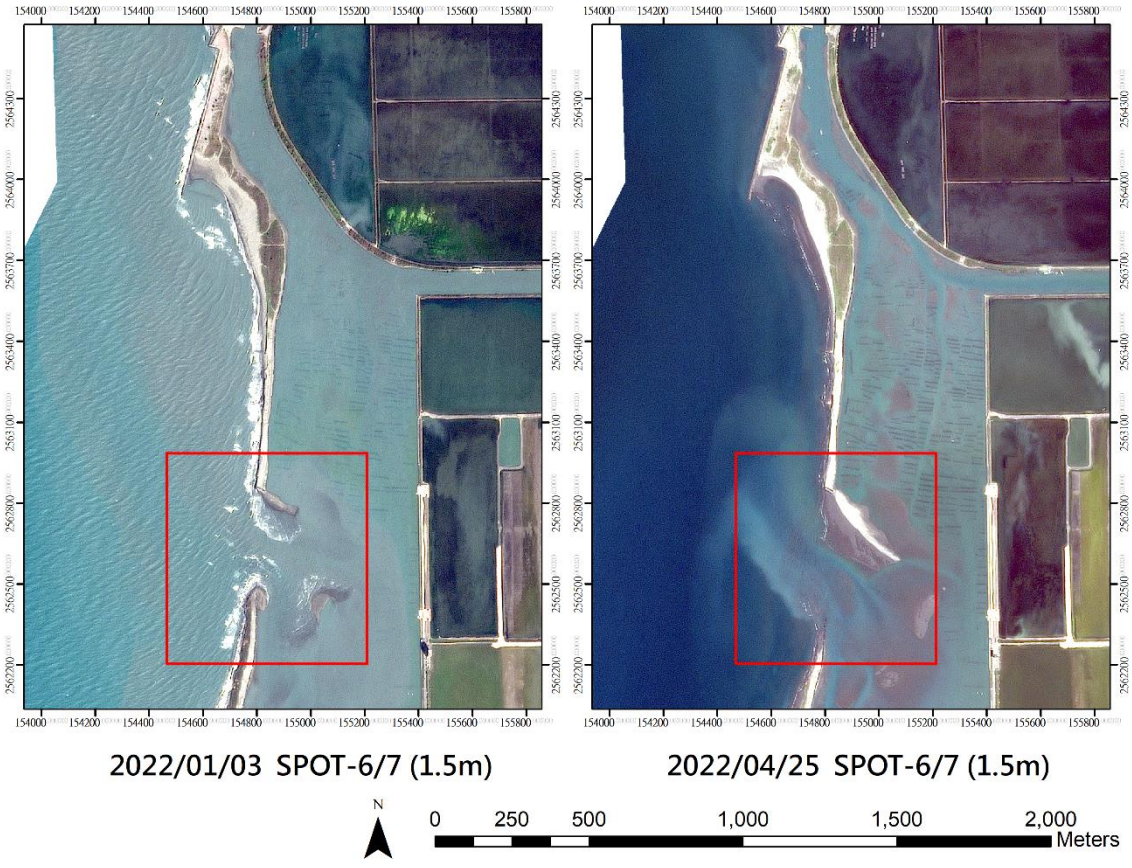


圖 4-48 本計畫建置 111 年度 1 月 3 日與 4 月 25 日 SPOT-6/7 影像

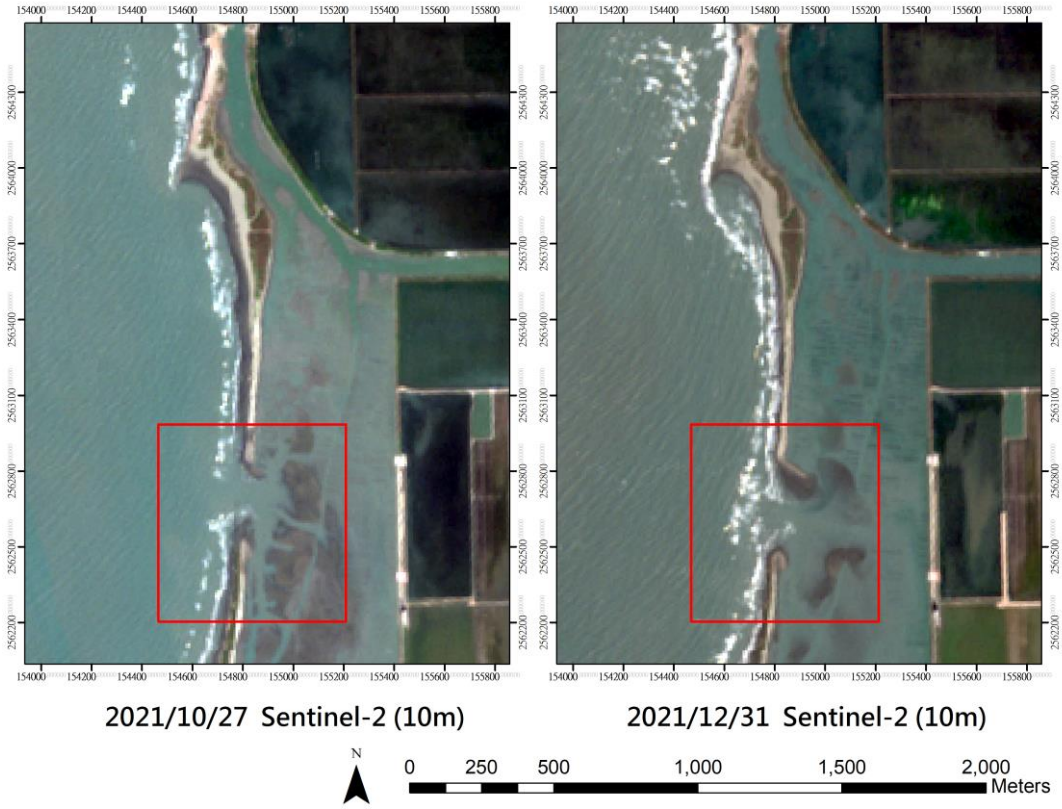


圖 4-49本團隊自行建置 110 年 10 月 27 日與 12 月 31 日 Sentinel-2 影像

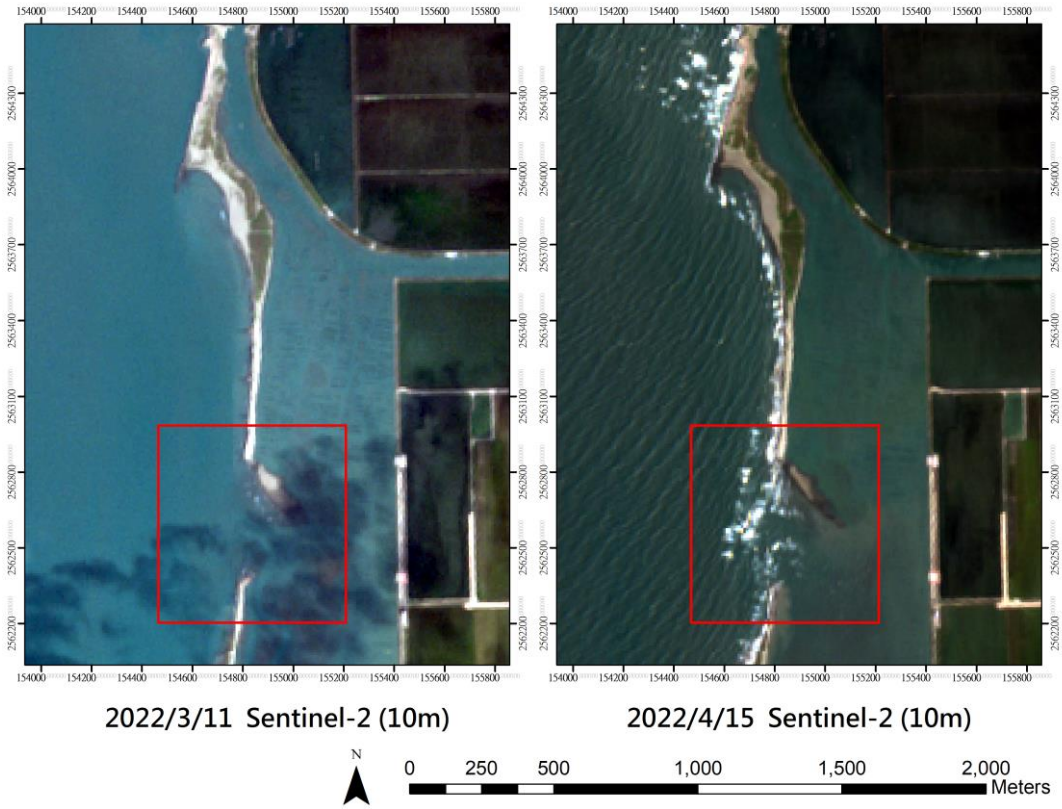


圖 4-50本團隊自行建置 111 年 3 月 11 日與 4 月 15 日 Sentinel-2 影像

魚塭區變化

針對台江國家公園範圍內魚塭區域進行分析，魚塭範圍分布於台江國家公園特別景觀區七股野鳥棲地區、曾文溪口區、城西溼地區，一般管制區曾文溪區、安南魚塭區。本計畫分析建置 8 幅 SPOT-6/7 影像，將 SPOT-6/7 影像取近紅外波段，針對水體進行萃取，再進行人工編修，刪除非魚塭區域的水體範圍，獲得各時期魚塭分布範圍，藉由比對各時期魚塭範圍，了解魚塭範圍變化。以下將台江國家公園範圍內魚塭區域分為三處進行分析：

1.曾文溪口、七股野鳥棲地區：

一般管制區曾文溪區內土地使用多為農地為主，特別景觀區七股野鳥棲地區與曾文溪口區土地使用多作為魚塭使用。圖 4-51 為曾文溪口、七股野鳥棲地區 8 個時期的 SPOT-6/7 影像，圖 4-52 為曾文溪口、七股野鳥棲地區萃取出的魚塭範圍，圖中藍色區域是魚塭範圍，藍色區域於 8 個時間點影像並無太大變化，可看出此區域魚塭土地使用情況並無明顯抽水或作為他用之情況，再比對圖 4-51 之 SPOT-6/7 影像，可發現此區域變化多為魚塭水色改變，較少魚塭抽乾改變土地使用方式的情況發生。

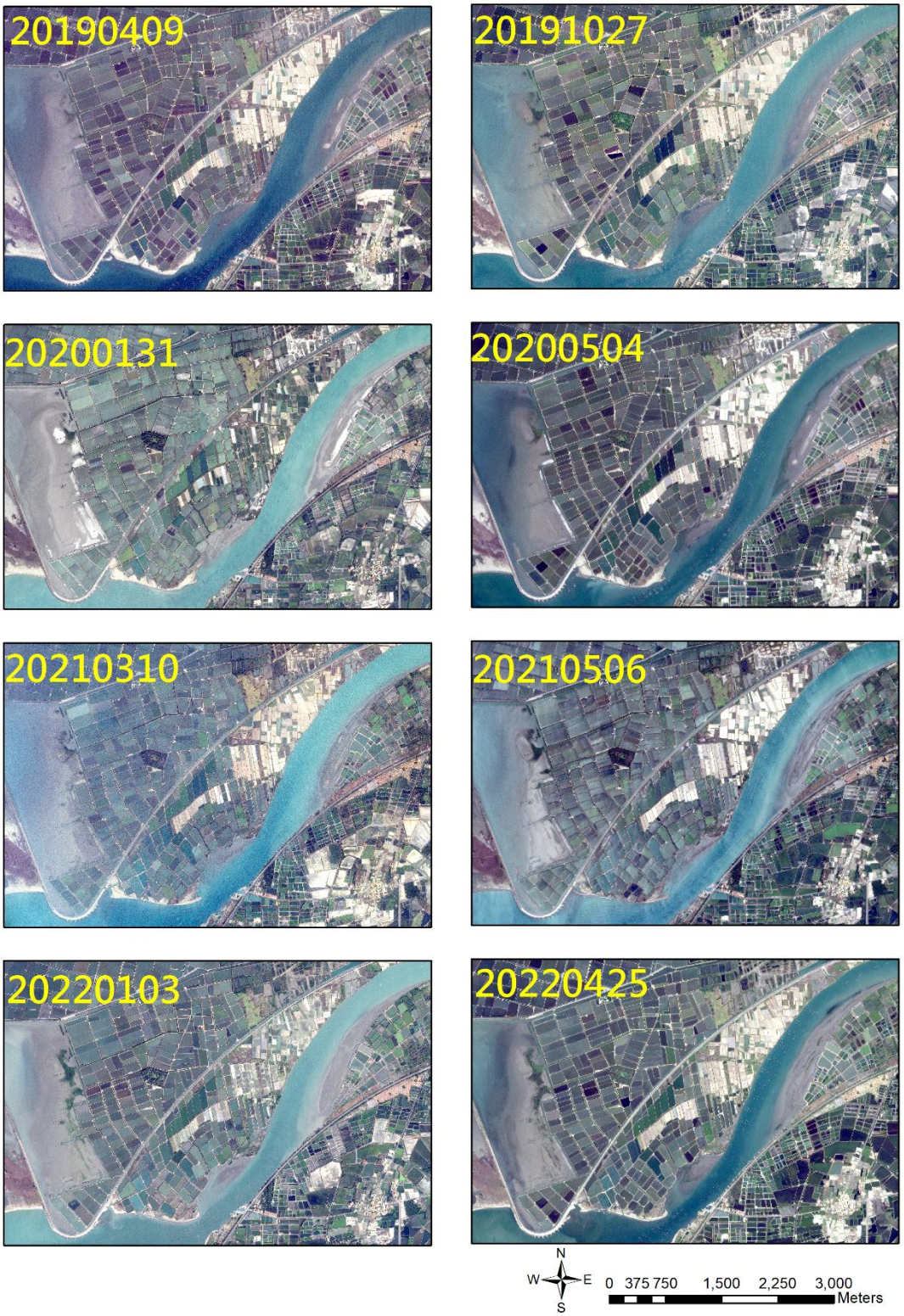


圖 4-51 本計畫建置 2019 年與 2022 年 SPOT-6/7 影像（曾文溪口、七股野鳥棲地區）

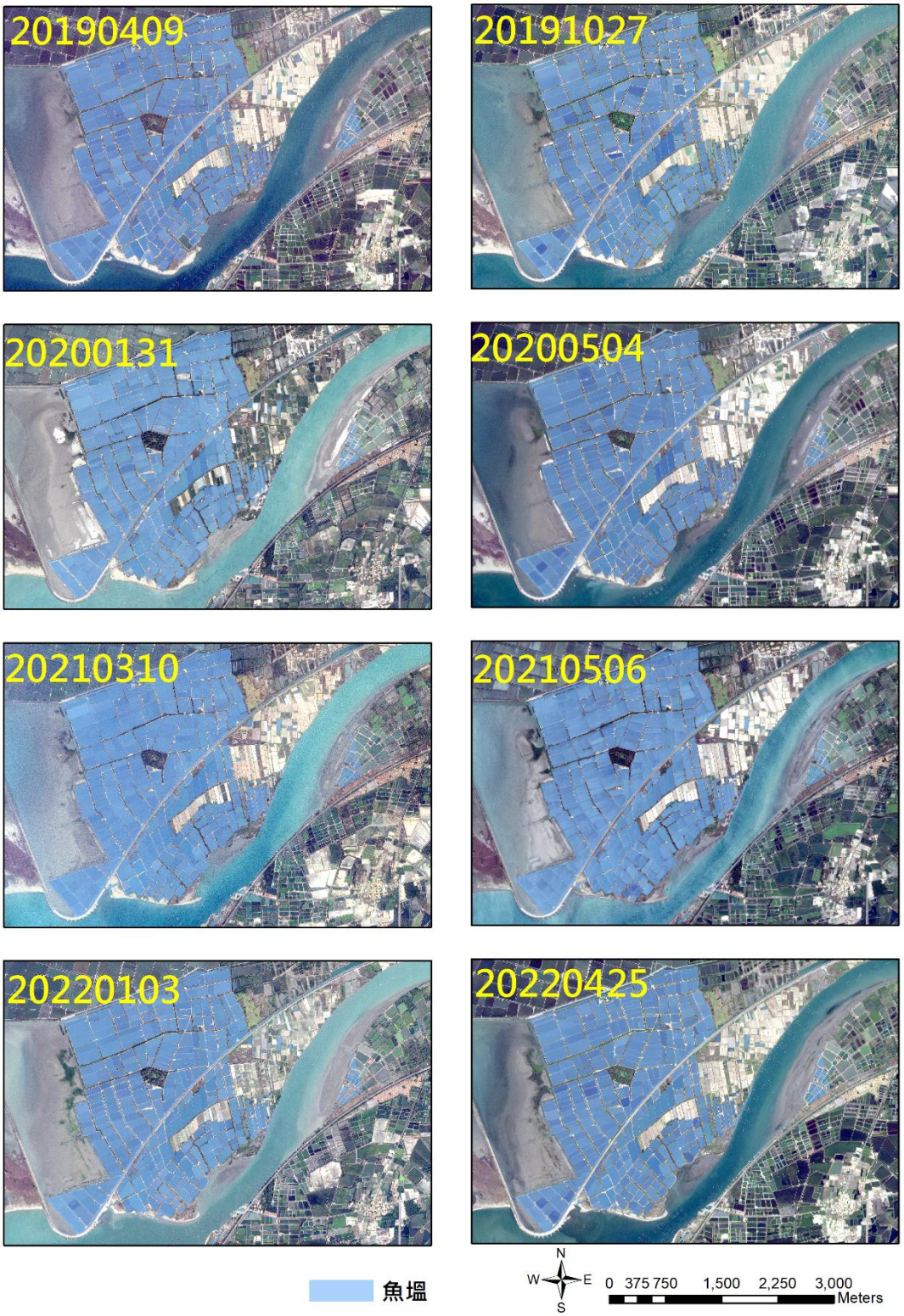


圖 4-52 曾文溪口、七股野鳥棲地區魚塭覆蓋情況

2.城西溼地區與安南魚塭區：

特別景觀區安南沿海保安林區內土地使用皆為林地，2021 年 5 月 6 日時林地內有一處火災形成裸露地，後續已被復育植生覆蓋。一般管制區城西區目前作為城西三期掩埋場使用，從 2019 年開始有整地、興建或堆置物品等使用情況。特別景觀區城西溼地區與北邊的安南魚塭區之魚塭變化情況較七股地區顯著，圖 4-53 為城西溼地區與安南魚塭區 8 個時期的 SPOT-6/7 影像。將 SPOT-6/7 影像取近紅外波段，針對水體進行萃取，圖 4-54 萃取出的魚塭範圍，圖中藍色區域是魚塭範圍，透過多時期影像已可看出魚塭區域偶有抽乾或注水的土地使用方式，再將各時期魚塭範圍進行分析，可將兩期影像間魚塭變化區為準確地抓出，圖 4-55 為分別使用兩期影像，針對城西溼地區與安南魚塭區，將變化區域分為魚塭抽乾與魚塭注水。魚塭抽乾範圍以紅色表示，魚塭重新注水以藍色表示。

3.安南魚塭區（北汕尾南方）：

北汕尾南方安南魚塭區之魚塭變化情況也較七股地區顯著，圖 4-56 為安南魚塭區 8 個時期的 SPOT-6/7 影像。將 SPOT-6/7 影像取近紅外波段，萃取水體範圍，排除其他水體範圍後，魚塭範圍如圖 4-57 藍色區域，利用兩期影像萃取出來的魚塭範圍，即可了解安南魚塭區魚塭變化區域，如圖 4-58 所示，紅色代表魚塭抽乾範圍，藍色代表魚塭重新注水。

以本計畫建置 8 幅 SPOT-6/7 衛星影像，分析台江國家公園內魚塭區域，七股魚塭區較無抽乾或注水的情形，多為魚塭水色變化，而城西溼地區與兩處安南魚塭區，魚塭較常有抽乾或注水的使用方式，因管理處管理嚴實，抽乾的魚塭還是會恢復魚塭使用，但台江國家公園研究區域內已有部分魚塭移為他用，建議後續可依關注熱點進行長期監測作業。

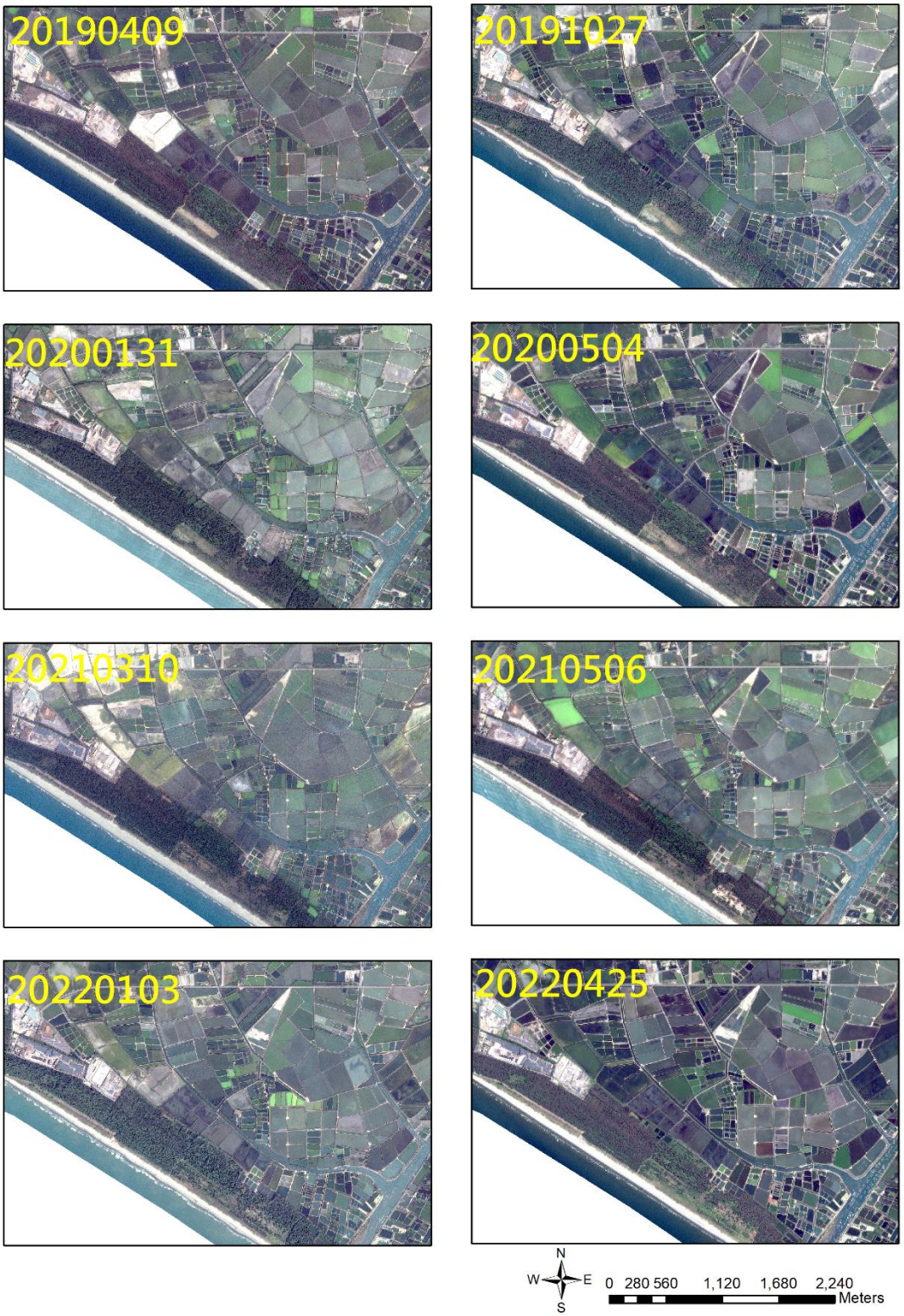


圖 4-53本計畫建置 2019 年與 2022 年 SPOT-6/7 影像（城西溼地區與安南魚塭區）

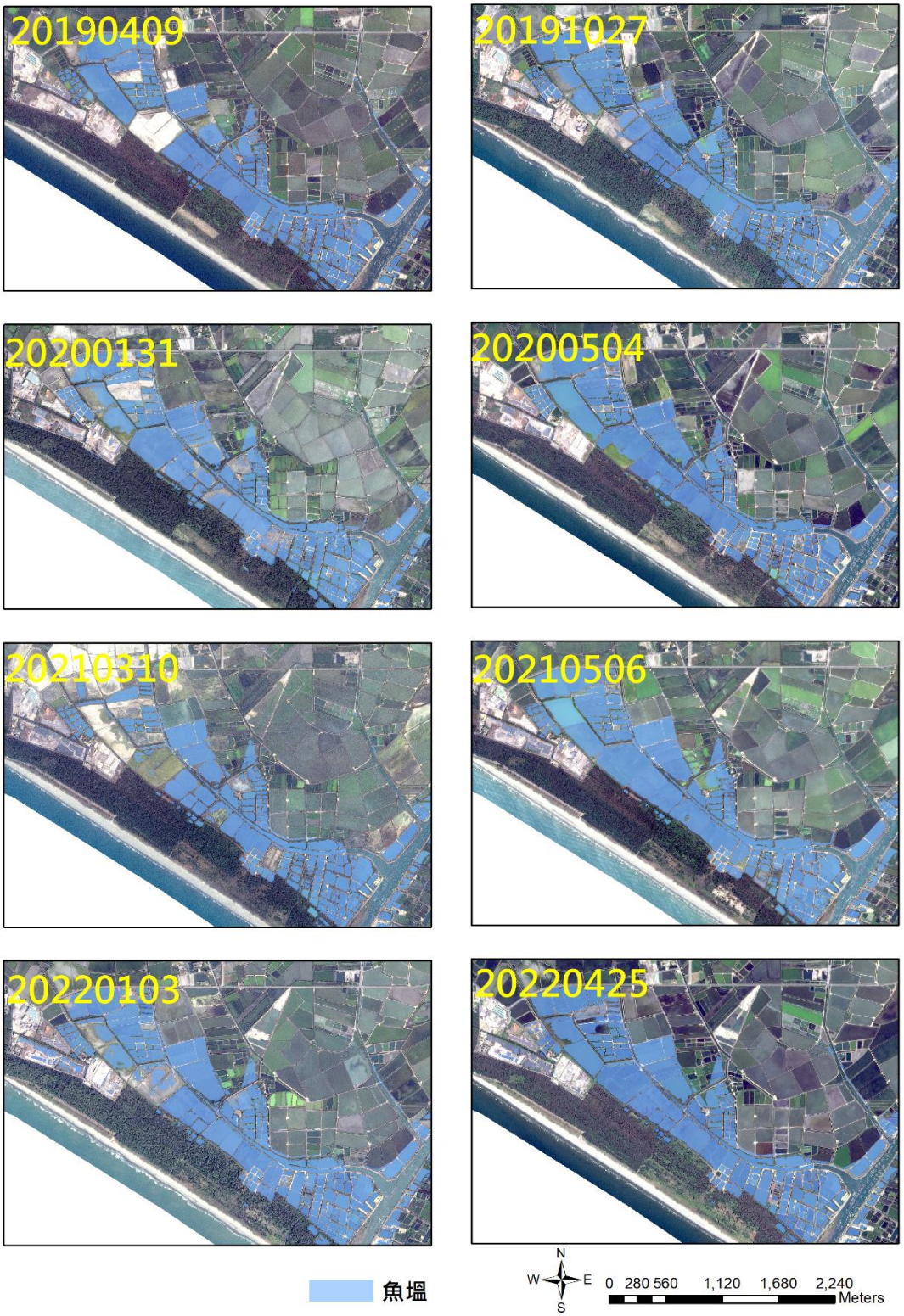


圖 4-54城西溼地區與安南魚塭區魚塭覆蓋情況

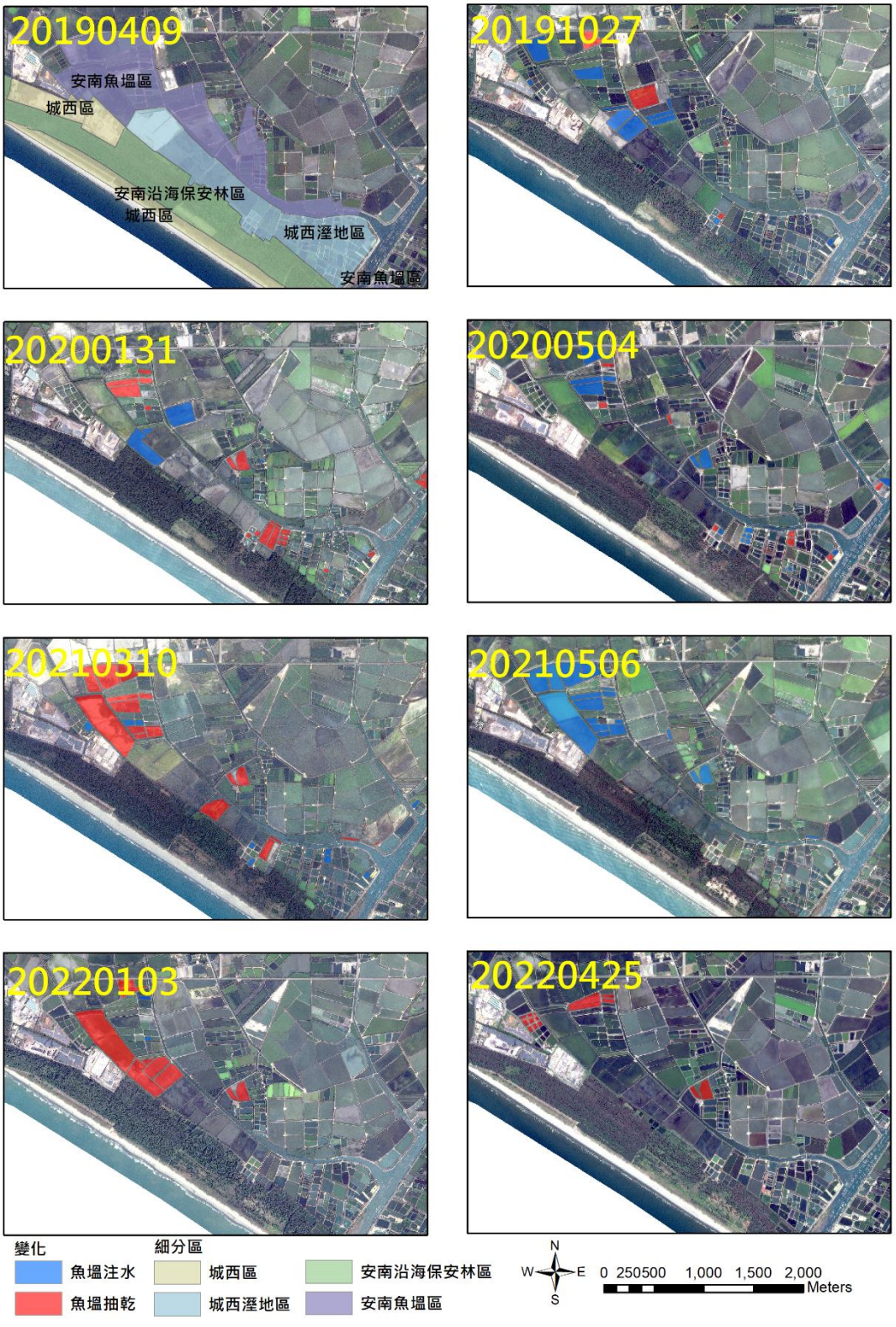


圖 4-55城西溼地區與安南魚塭區魚塭變化情況

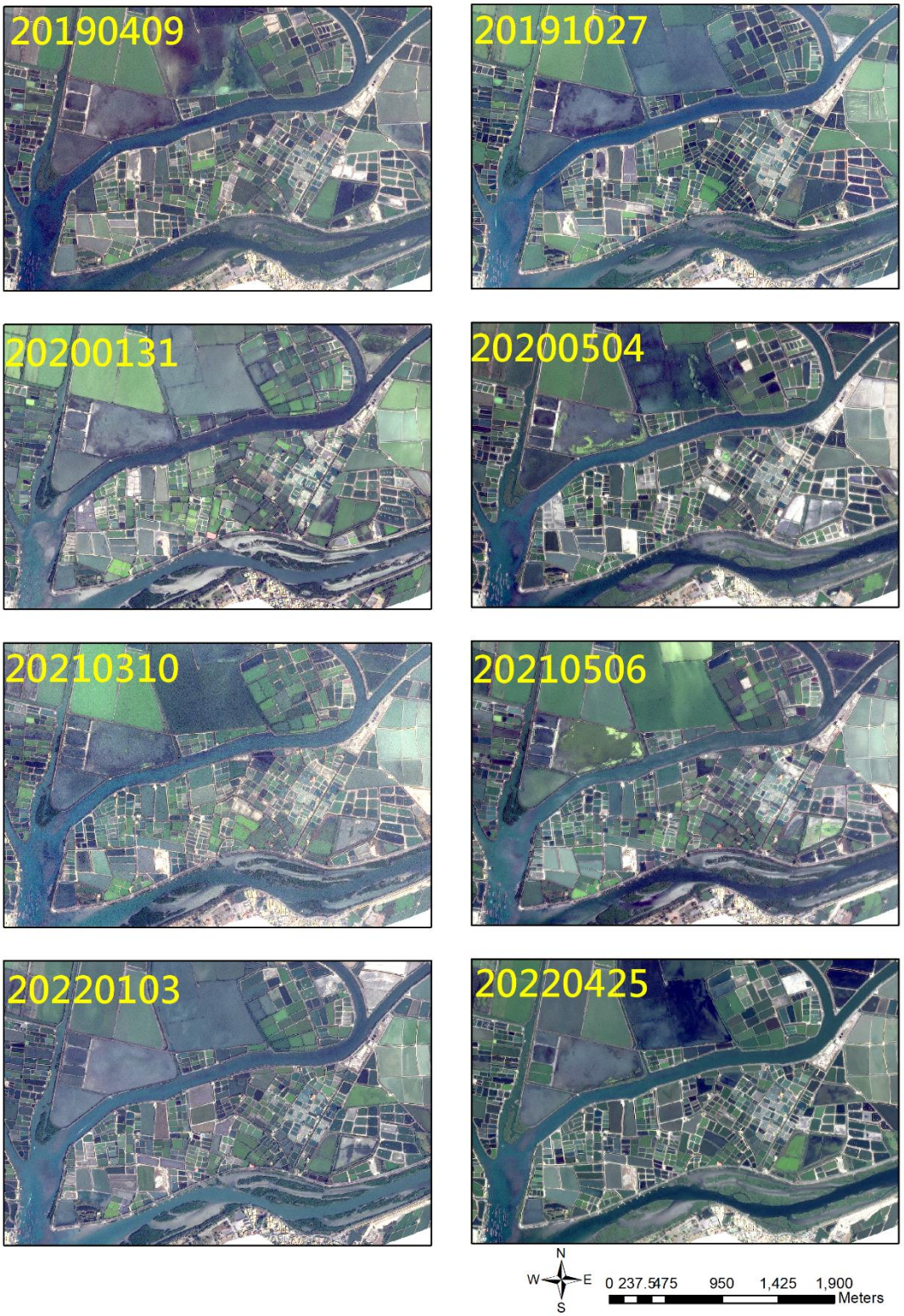


圖 4-56本計畫建置 2019 年與 2022 年 SPOT-6/7 影像（安南魚塭區）

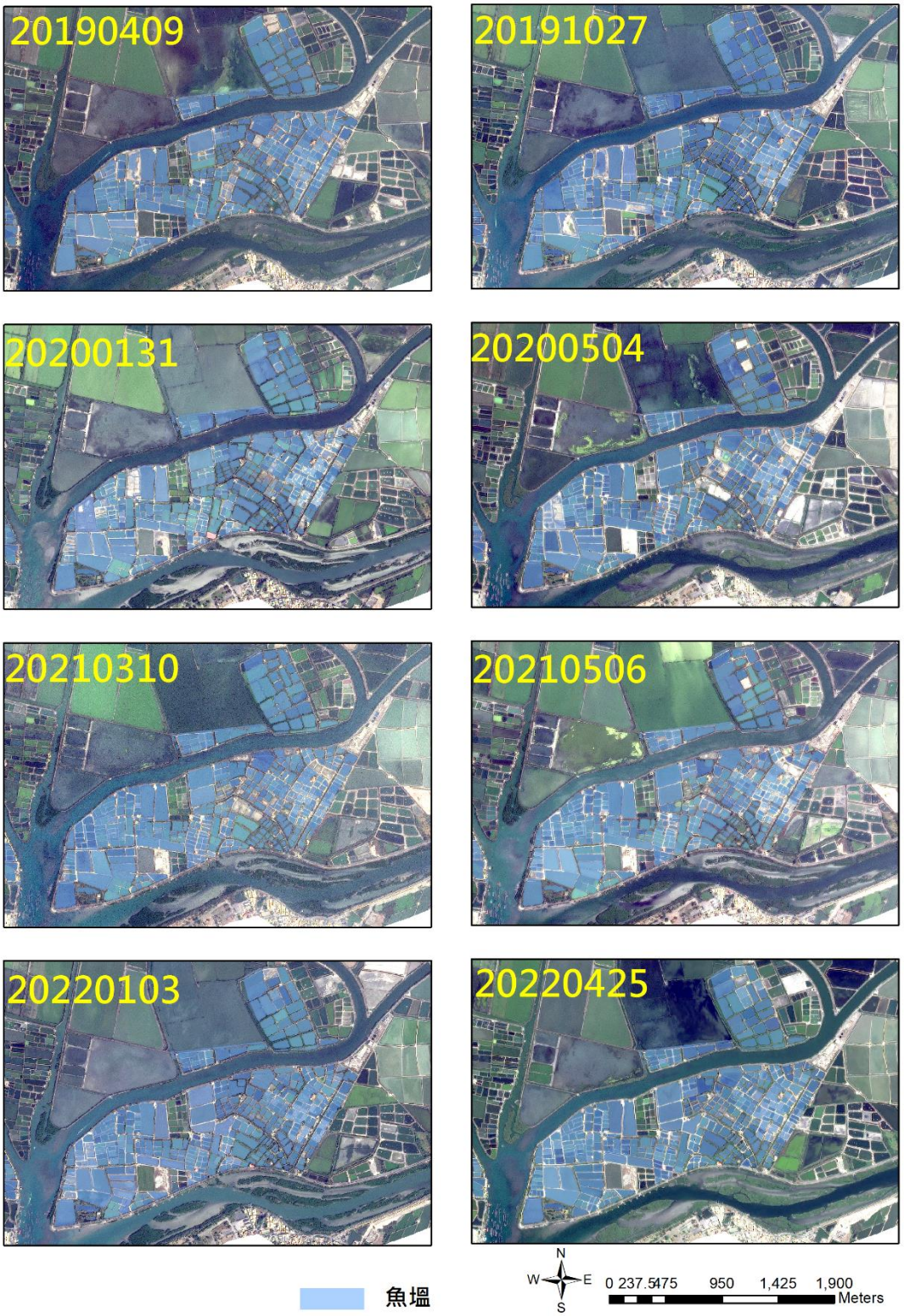


圖 4-57安南魚塭區魚塭覆蓋情況

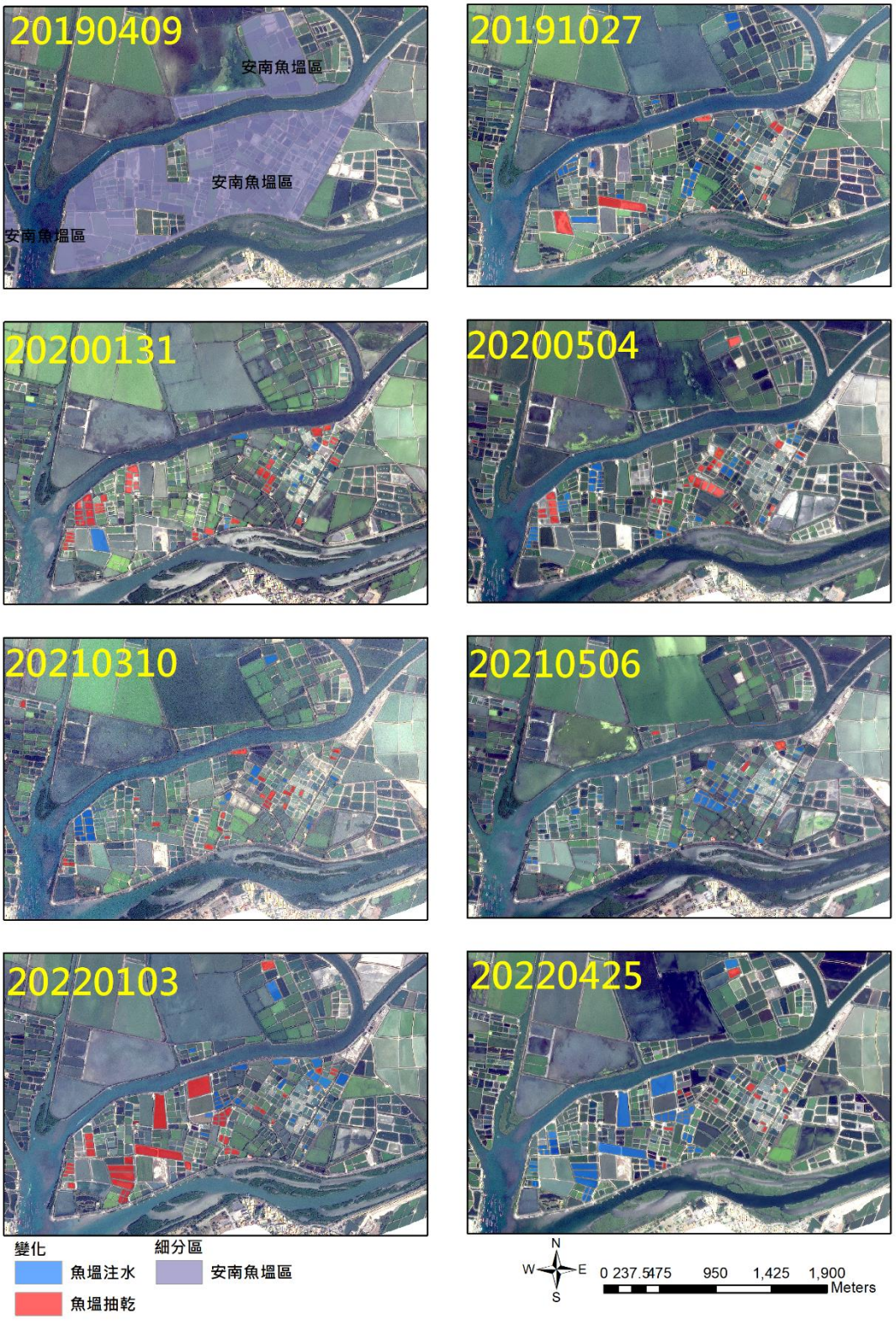


圖 4-58安南魚塭區魚塭變化情況

新浮崙汕變化

新浮崙汕位於位於黑面琵鷺保護區的西側、曾文溪口的北側，屬於特別景觀區內的七股重要野鳥棲地區，因為地形較為低平，容易受到潮位影響，面積會呈現較大的變化。圖 4-60 與圖 4-61 為前期計畫建置 2005 年至 2016 年福衛二號 2017 年至 2018 年與 SPOT-6/7 影像，透過影像觀察歷年變遷過程，新浮崙汕外側長條狀沙洲逐漸往陸地移動，2005 年與 2022 年相比，沙洲已向陸地退縮 500 至 650 公尺。圖 4-62 為本計畫建置 2019 至 2022 年 SPOT-6/7 影像，可看出沙洲南端一路向南延伸，111 年 4 月 25 日已延伸到曾文溪出海口。圖 4-63 將歷年影像新浮崙汕範圍數化，2009 年時面積最小 1.04 平方公里， 2022 年 4 月 25 日面積最大 1.94 平方公里，沙洲面積雖有變化，仍然呈現穩定且緩慢成長趨勢（圖 4-59），2022 年與 2005 年相比面積成長 0.78 平方公里。

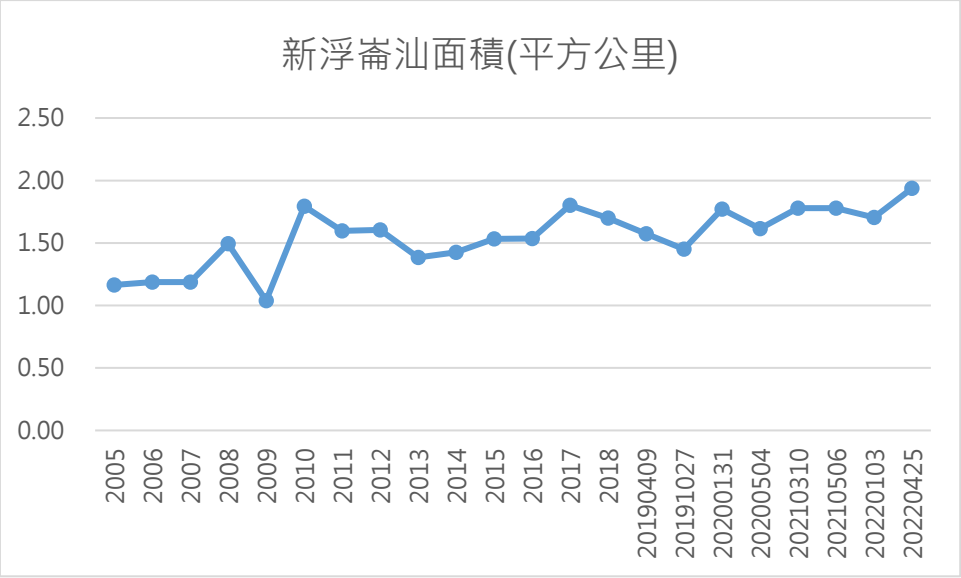


圖 4-59新浮崙汕面積變化



圖 4-60前期計畫建置 2005 年與 2010 年福衛二號影像（新浮崙汕）

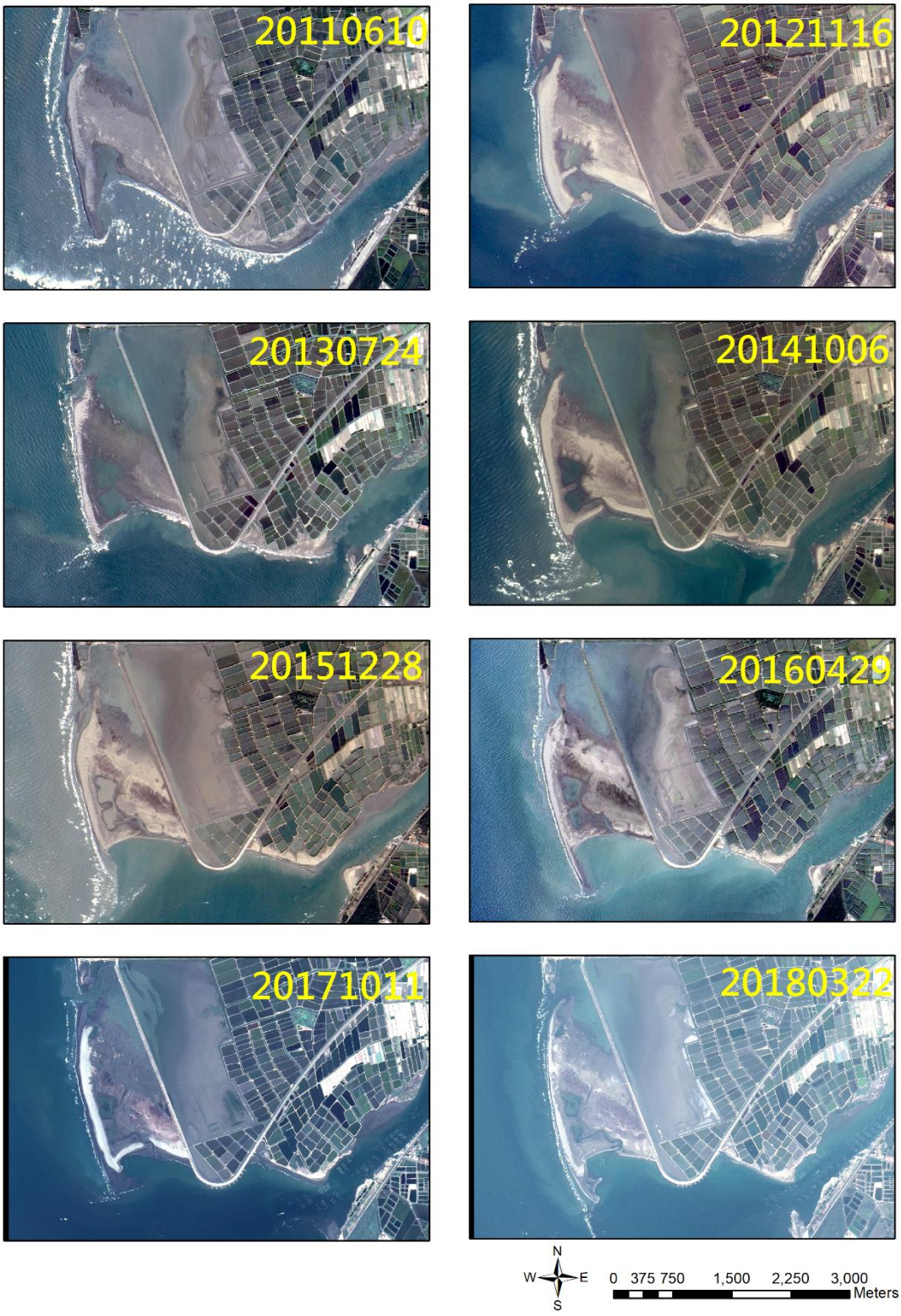


圖 4-61 前期計畫建置 2011 年與 2016 年福衛二號與 2017 年與 2018 年 SPOT-6/7 影像（新浮崙汕）

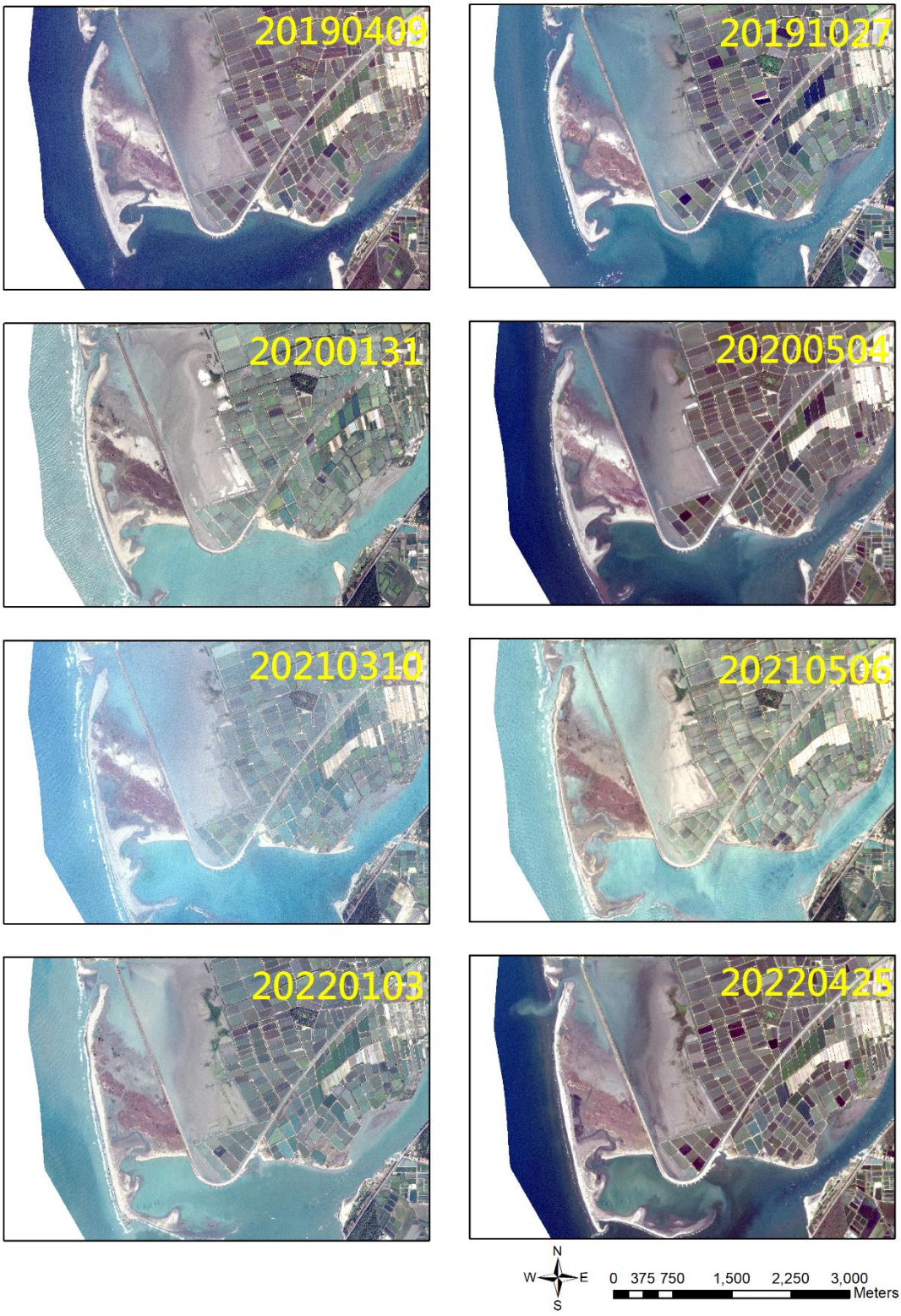


圖 4-62 本計畫建置 2019 年與 2022 年 SPOT-6/7 影像（新浮崙汕）

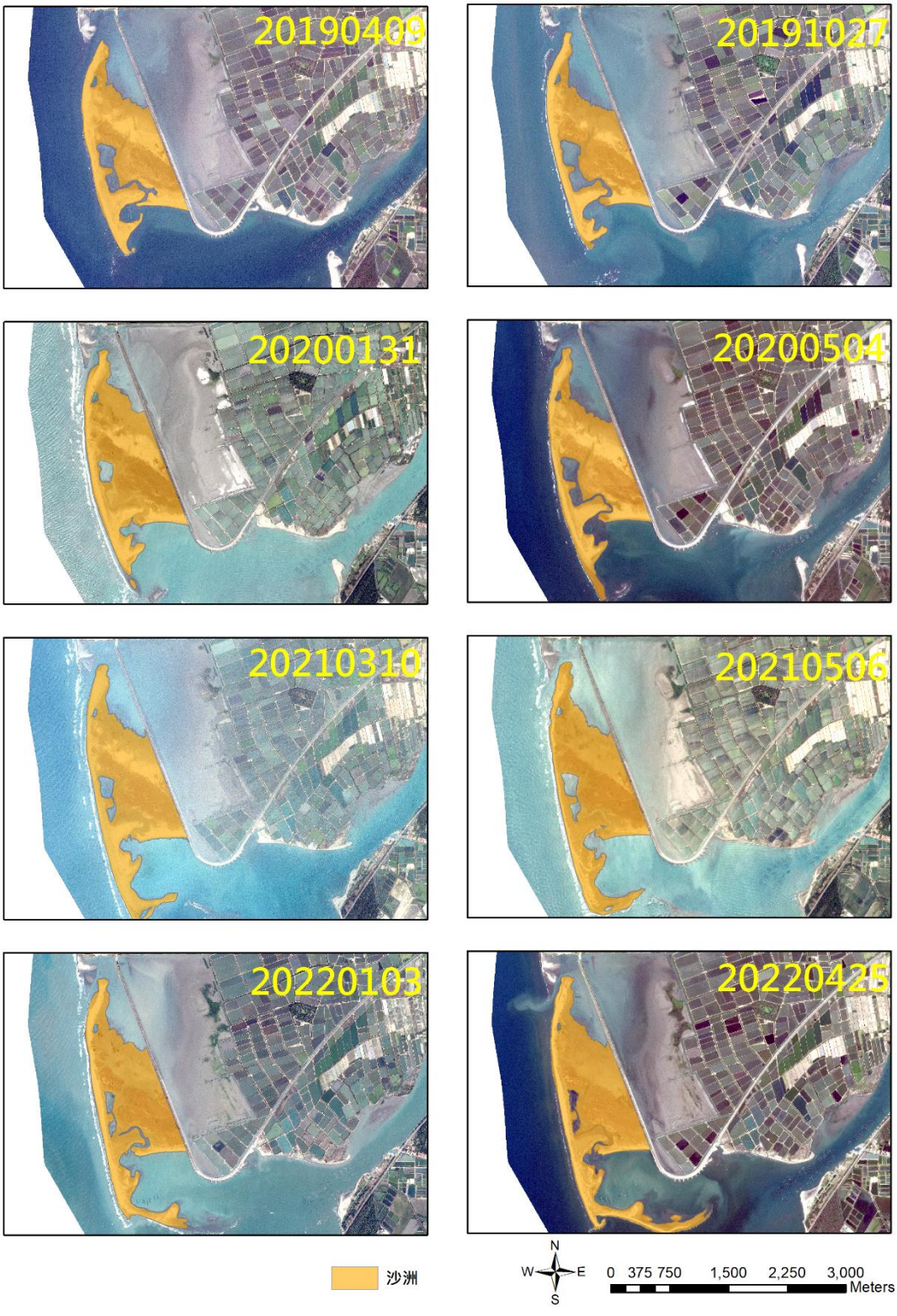


圖 4-63新浮崙汕於 2019 年至 2022 年變化

4.2.3 地景鑲嵌圖製作及景觀指標分析

本研究運用前階段完成的土地利用分類成果來進行台江國家公園及周邊地區的景觀指標分析，以探討台江國家公園地區的景觀格局及生態環境狀況。考量本計畫係以地區尺度來檢視台江國家公園管轄範圍與周邊地區的地景特徵及景觀格局，本研究採用 10 公尺網格系統來製作地景鑲嵌圖（見圖 4-64 至圖 4-67），並進行後續景觀指標計算與結果解讀分析。

為了對台江國家公園管理處及整個台江國家公園地區的環境永續經營管理提供有用的參考資訊，本研究在景觀格局及景觀指標分析部分，提供兩個不同分析範圍之探討：(1)台江國家公園地區研究範圍的分析(以下簡稱研究範圍)，以及(2)台江國家公園陸域管轄範圍的分析(以下簡稱計畫範圍)。兩個分析範圍的位置請見圖 3-11。台江國家公園地區研究範圍的尺度較大，包括台江國家公園管轄範圍及周邊地區。若以生態系統整體經營管理的觀點，此分析範圍係一個地景元素相互依存的生態區域，其資料分析結果可提供此地區之地景鑲嵌關係及景觀格局的檢視，可作為台江國家公園地區整體環境經營管理的參考。第二個分析範圍是較小的空間範圍，係以台江國家公園實際管轄的陸域範圍為分析範圍，對台江國家公園管轄的土地進行分析，以便提供台江國家公園管理處在檢討各基本土地利用類別之面積、型態與功能時，一些有用的參考資訊。

對於上述兩種空間範圍，本研究各進行兩個情境的分析，一個是現況情境，此乃係依據地景及土地使用特徵的現況，進行景觀格局及景觀指標的分析，另一個則是濕地政策情境(配合政府濕地保育政策，以台江地區公告的重要濕地範圍來加強濕地編定與環境維護)，實際做法是依據內政部公告之台江國家公園地區重要濕地的範圍，並考量實際的地景環境狀

況，將目前具有濕地功能(或特徵)之閒置鹽田與魚塭所形成的蓄水池，編定成濕地，以便加強地區整體濕地環境的維護，並探討增加濕地劃設後對於地區整體景觀格局及景觀生態環境的影響。兩個分析範圍搭配各兩種情境、共研擬四種情境分析方案，其結果敘述如后。為了討論的方便，以下就前述兩個空間分析範圍：(1)研究範圍及(2)計畫範圍，來組織資料分析的結果，分別加以論述。

另外，需要一提的是，景觀指標分析的目的是要呈現研究地區主要地景元素(土地使用類別)及景觀格局的特徵與功能。台江國家公園地區的景觀特徵主要是以產業地景為主，與一般自然環境演替所形成的自然景觀嵌塊體、廊道與基質之關係，有一些差異，因此景觀指標分析結果解讀時，尚需考慮到這些在地環境的特性。

依據本計畫的目的，本節擇定與台江國家公園地區環境保育及生態維護直接有關的四種景觀類別（林地、濕地、魚塭、建物）[2] 作景觀指標運算結果之解析。依據合約要求的工作內容，本研究就以下四個面向：(1)平均面積及所占比例、(2)單元數量、(3)嵌塊體形狀，以及(4)連結程度（相鄰程度或破碎程度），分別綜合性地解析景觀指標分析的結果，探討指標數值所顯示的景觀格局特徵及環境經營管理上需注意的事項，關於各景觀指標的操作型定義及計算方式，請參見報告書 3.3.6 章節的說明。

[2] 鹽田原為此地區的主要地景構成元素之一，但目前曾作鹽田使用之土地多已閒置或荒廢，成為蓄水池。目前實際使用的鹽田面積極為有限，因此本節不特別討論其景觀指標分析的結果。

A. 研究範圍 (台江國家公園與周圍地區)景觀指標分析

1. 現況情境

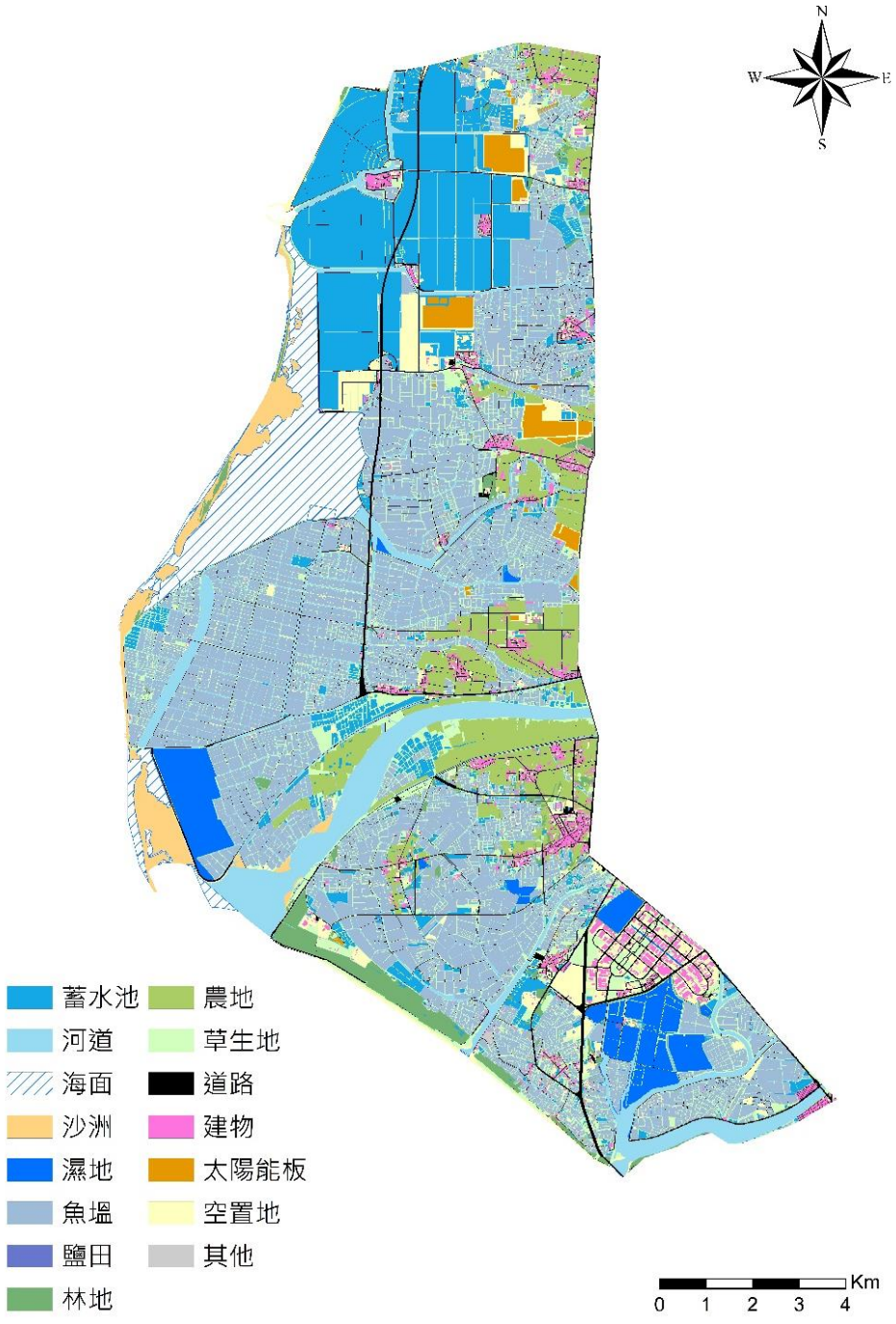


圖 4-64研究範圍地景鑲嵌圖（現況情境）

表 4-5 研究範圍（現況情境）景觀生態指標運算結果

TYPE	CA (ha)	P_LAND (%)	LPI (%)	NP	PD (n/100ha)	AREA_MN (ha)	AREA_SD (ha)	ED (m/ha)	LSI	ENN_MN (m)	ENN_SD (m)	CON-NECT (%)	COHE-SION
蓄水池	2505.76	13.50	1.61	998	5.38	2.51	17.37	31.32	29.08	73.98	123.18	0.23	97.59
河道	1743.98	9.40	-	3047	16.41	-	-	-	-	-	-	-	-
海面	1109.74	5.98	-	23	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-
沙洲	401.67	2.16	0.78	18	0.10	22.32	44.18	3.59	9.69	100.64	149.67	7.19	98.89
濕地	652.24	3.51	1.28	71	0.38	9.19	35.51	4.46	8.13	182.85	595.29	5.43	98.85
魚塭	6076.93	32.74	0.70	1576	8.49	3.86	9.08	133.91	79.71	25.17	33.65	0.35	97.44
鹽田	1.63	0.01	0.01	1	0.01	1.63	0.00	0.04	1.27	N/A	N/A	N/A	N/A
林地	408.10	2.20	1.02	540	2.91	0.76	8.22	11.01	25.87	90.87	166.54	0.50	96.27
農地	1401.78	7.55	1.03	947	5.10	1.48	9.59	21.59	27.07	47.91	99.98	0.49	97.79
草生地	1962.21	10.57	-	12914	69.57	-	-	-	-	-	-	-	-
道路	708.90	3.82	-	6660	35.88	-	-	-	-	-	-	-	-
建物	518.91	2.80	0.08	2539	13.68	0.20	0.76	30.69	62.68	72.51	82.35	0.11	91.22
太陽能板	240.22	1.29	-	29	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-
空置地	826.27	4.45	-	2571	13.85	-	-	-	-	-	-	-	-
其他	4.16	0.02	-	1	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-

註 1：「-」代表該指標不適用於該景觀類別；

註 2：本研究「蓄水池」除依國土利用現況調查定義，指池、埤、溜、潭等，也包含現況閒置魚塭及閒置鹽田有長期積水情況者。

研究範圍景觀指標分析結果如表 4-5 所示，相關指標說明請參見

表 3-4。此區域全部分析範圍有 18,562.50 公頃，其中以魚塭面積最廣，約有 6,076.93 公頃，占 32.74%，其次為蓄水池，約有 2,505.76 公頃，占 13.50%；再其次為草生地，約有 1,962.21 公頃，占 10.57%，以上三者合計共占研究地區整體地景的 56.81%，是分析範圍內構成大地景觀的主要元素。其他景觀類別還包括：河道約有 1,743.98 公頃（9.40%）、農地約 1,401.78 公頃（7.55%）、海面約 1,109.74 公頃（5.98%）、空置地約 826.27 公頃（4.45%）、道路約 708.90 公頃（3.82%）、濕地約 652.24 公頃(3.51%)、建物約 518.91 公頃(2.80%)、林地約 408.10 公頃(2.20%)、沙洲約 401.67 公頃（2.16%）、太陽能板約 240.22 公頃（1.29%）、其他約有 4.16 公頃（0.02%）以及鹽田約 1.63 公頃（0.01%）。

以下針對主要地景類別進行分析：

I. 林地

單元平均面積及所占比例：

本研究分析各景觀類別之嵌塊體的平均面積及所占比例，藉以評估各景觀類別之優勢度與面積規模。其中景觀類別之總面積以 CA 指標呈現，該類景觀下的各嵌塊體面積平均值以 AREA_MN 指標表示，而 AREA_SD（面積標準差）指標則反映嵌塊體面積數值的離散情況，占比則是以 P_LAND 指標及最大嵌塊體指數（LPI）來加以評估。

林地景觀的 CA 指標為 408.10，P_LAND 僅 2.20，是整體地景中面積占比最少的景觀類別。LPI 為 1.02，兩者間比值約為 2.15，顯示最大的林地嵌塊體即占該類別將近一半。嵌塊體平均面積（AREA_MN）僅有 0.76，然而標準差（AREA_SD）高達 8.22，顯示林地嵌塊體之間的面積有相當程度的差異。綜合而言，研究範圍內的林地景觀主要是由某些大面

積嵌塊體及其他較為零散的嵌塊體所組成。

單元數量：

單元數量以 NP 指標呈現，為該景觀類別中嵌塊體的總數。PD 指標則計算嵌塊體密度，其值和 NP 成正比。本研究範圍之林地景觀嵌塊體數量（NP）為 540；嵌塊體密度（PD）為 2.91。

嵌塊體形狀：

形狀指標方面，係以邊界密度（ED）及景觀型狀指數（LSI）等兩項指標作為評估。其中前者能夠評估嵌塊體被切割、穿孔情況與其邊緣效應的強弱，後者則評估嵌塊體形狀是否整齊。

林地景觀的形狀指標中，ED 僅 11.01，顯示林地嵌塊體受切割或穿孔情形較不明顯；然而 LSI 高達 25.87，反映林地嵌塊體形狀普遍較不規則，邊緣效應較為明顯。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

連接程度以嵌塊體最鄰近距離之平均值（ENN_MN）與標準差（ENN_SD）以及連接性指數（CONNECT）與凝聚度指數（COHESION）來加以綜合評估。其中 ENN_MN 計算嵌塊體間最鄰近距離之平均值，可用以研判嵌塊體的相鄰程度，並可以標準差（ENN_SD）來呈現樣本的離散程度。CONNECT 評估所有林地嵌塊體之間距離小於 100 公尺的比例，而 COHESION 則反映嵌塊體的自身連通程度。

林地景觀的嵌塊體鄰近距離平均值（ENN_MN）為 90.87，屬於四項景觀類別中較高者，但仍在 100 公尺以下，反映林地嵌塊體雖不若其他

景觀類別來得相近，但仍在一定的距離之內，而其標準差（ENN_SD）為166.54，顯示樣本間的差異性不小，有部分嵌塊體之間的距離較遠；同時CONNECT 為 0.50，顯示有部分林地嵌塊體彼此距離鄰近，能形成局部的生態廊道。林地的 COHESION 則為 96.27，顯示出在與其他景觀類別相較之下，林地嵌塊體類別的自身連通程度不差。

II. 濕地

單元平均面積及所占比例：

CA 為 652.24，P_LAND 僅有 3.51，然而 LPI 有 1.28，兩者比值約 2.74。其次，嵌塊體面積平均值（AREA_MN）為 9.19，而標準差（AREA_SD）為 35.51，顯示濕地嵌塊體的面積值分布有相當程度的差異。以上指標數值顯示出，濕地景觀除了少部分大面積嵌塊體之外，也有小面積嵌塊體零散分布於地景之中。

單元數量：

濕地景觀 NP 僅有 71，嵌塊體數量是四項景觀類別中數量次少者；PD 為 0.38，顯示濕地嵌塊體的密度較低。

嵌塊體形狀：

LSI 為 8.13，ED 為 4.46，是在四項景觀類別中數值較低者。整體而言，相較於其他主要景觀類別，濕地嵌塊體形狀仍較為方整、受切割程度較低。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

嵌塊體最鄰近距離平均值（ENN_MN）為 182.85，但是其標準差（ENN_SD）卻高達 595.29，顯示嵌塊體間最鄰近距離的差異極大。同時 CONNECT 為 5.43，表示有一定比例的嵌塊體之間彼此距離小於 100 公尺，而 COHESION 為 98.85，顯示濕地嵌塊體的自身連通性較高，物質流及能源流可較自由地流動，較不受邊緣效應影響。綜合以上反映出，濕地景觀是以簇群為單元分散於地景中的幾個地點，同一簇群內各嵌塊體彼此相鄰，簇群之間則距離較遠。

III. 魚塭

單元平均面積及所占比例：

魚塭為分析範圍中最顯著的景觀類別，CA 為 6076.93，PLAND 達 32.74，然 LPI 僅有 0.70，兩者比值約 46.77。嵌塊體面積平均值（AREA_MN）為 3.86，標準差（AREA_SD）則有 9.08。綜合來說，魚塭景觀類別雖面積占比最高，但整體魚塭景觀是由許多面積不是很大的嵌塊體所構成，散佈於整體地景之中。

單元數量：

嵌塊體數量（NP）為 1,576，是四項景觀類別中次高者；PD 為 8.49，也是四項景觀類別中次高者。

嵌塊體形狀：

LSI 為 79.71，ED 為 133.91，均屬於四項景觀類別中較高者，顯示整體而言，魚塭嵌塊體的形狀較為曲折、邊緣效應較明顯。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

嵌塊體最鄰近距離平均值（ENN_MN）為 25.17，是四項景觀類別中距離最小者。嵌塊體面積標準差（ENN_SD）為 33.65，相較於其他景觀類別，嵌塊體間距離的差異較小。而 CONNECT 數值為 0.35，表示有一定數量的嵌塊體之間的距離小於 100 公尺；COHESION 為 97.44，略低於濕地嵌塊體的數值。綜合以上，顯示出魚塭嵌塊體之間具備一定程度的連接性。

IV. 建物

研究地區的建物主要為台南科工區的廠房建築及台江國家公園地區的民房與產業建築設施。

單元平均面積及所占比例：

CA 為 518.91。P_LAND 為 2.80，LPI 僅 0.08，兩者比值為 35。嵌塊體面積平均值（AREA_MN）僅 0.2，而其標準差（AREA_SD）也僅 0.76，顯示出相較於研究地區的主要產業地景類別，建物景觀是由眾多小型嵌塊體所組成。

單元數量：

NP 為 2,539，屬四項景觀類別中最多者；而 PD 為 13.68，顯示其密度也高於魚塭、林地等主要地景類別。

嵌塊體形狀：

ED 為 30.69，LSI 達 62.68，顯示嵌塊體形狀的複雜程度較其他主要景觀類別來得高，反映其造成一定程度的邊緣效應，會對自然環境中的景觀嵌塊體帶來擾動。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

CONNECT 僅有 0.11，顯示有部分的建物嵌塊體之間距離超過 100 公尺。嵌塊體最鄰近距離的平均值（ENN_MN）為 72.51，標準差（ENN_SD）為 82.35，顯示出相較於林地及濕地等自然景觀類別，建物嵌塊體以相對均勻的距離分散於地景之中。

2. 濕地政策情境:將內政部公告重要濕地範圍內及周邊具有濕地功能的蓄水池(包括閒置鹽田蓄水池及閒置魚塭等)劃設為濕地

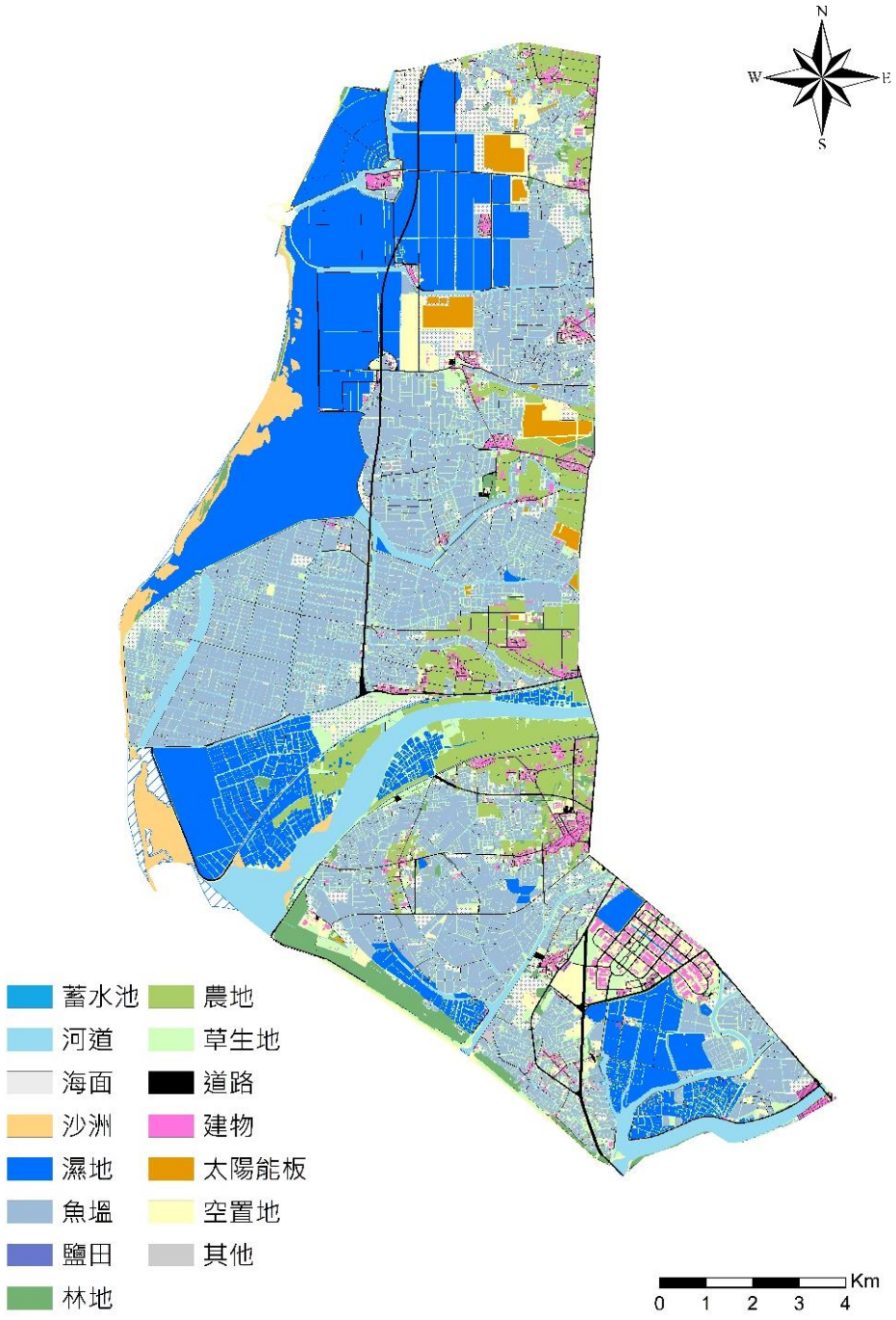


圖 4-65研究範圍地景鑲嵌圖（濕地政策情境）

表 4-6 研究範圍（濕地政策情境）景觀生態指標運算結果

TYPE	CA (ha)	P_LAND (%)	LPI (%)	NP	PD (n/100ha)	AREA_MN (ha)	AREA_SD (ha)	ED (m/ha)	LSI	ENN_MN (m)	ENN_SD (m)	CON-NECT (%)	COHE-SION
蓄水池	696.70	3.75	0.24	846	4.56	0.82	2.81	20.77	36.60	80.91	136.59	0.26	94.33
河道	1743.98	9.40	-	3047	16.41	-	-	-	-	-	-	-	-
海面	128.78	0.69	-	24	0.13	-	-	-	-	-	-	-	-
沙洲	401.67	2.16	0.78	18	0.10	22.32	44.18	3.59	9.69	100.64	149.67	7.19	98.89
濕地	4222.79	22.75	5.28	284	1.53	14.87	68.63	33.57	24.00	45.23	140.94	1.46	98.88
魚塭	5343.90	28.79	0.69	1474	7.94	3.63	8.81	117.82	74.78	25.69	35.64	0.38	97.36
鹽田	1.63	0.01	0.01	1	0.01	1.63	0.00	0.04	1.27	N/A	N/A	N/A	N/A
林地	408.10	2.20	1.02	540	2.91	0.76	8.22	11.01	25.87	90.87	166.54	0.50	96.27
農地	1401.78	7.55	1.03	947	5.10	1.48	9.59	21.59	27.07	47.91	99.98	0.49	97.79
草生地	1962.21	10.57	-	12914	69.57	-	-	-	-	-	-	-	-
道路	708.90	3.82	-	6660	35.88	-	-	-	-	-	-	-	-
建物	519.08	2.80	0.08	2539	13.68	0.20	0.76	30.67	62.66	72.51	82.35	0.11	91.22
太陽能板	240.22	1.29	-	29	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-
空置地	778.60	4.19	-	2566	13.82	-	-	-	-	-	-	-	-
其他	4.16	0.02	-	1	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-

註 1：「-」代表該指標不適用於該景觀類別；

註 2：本研究「蓄水池」除依國土利用現況調查定義，指池、埤、溜、潭等，，也包含現況閒置魚塭及閒置鹽田有長期積水情況者。

研究範圍濕地政策情境景觀指標分析結果如表 4-6 所示。其中濕地面積增加至 4222.79 公頃，占 22.75%；魚塭面積減少至 5343.90 公頃，占 28.79%；蓄水池減少為 696.70 公頃，占 3.75%；海面減少為 128.78 公頃，占 0.69%。

以下針對主要地景類別中，有明顯變動的濕地及魚塭景觀類別進行分析：

I. 濕地

單元平均面積及所占比例：

CA 達 4222.79。P_LAND 為 22.75，LPI 為 5.28，兩者比值約 4.31。嵌塊體面積平均值(AREA_MN)為 14.87，然標準差(AREA_SD)為 68.63，顯示濕地嵌塊體間面積值存有相當程度的差異。整體而言，在濕地政策情

境下，研究範圍內濕地嵌塊體的面積及占比皆增加許多，但整體濕地景觀仍由少部分大面積嵌塊體及其他小面積嵌塊體組成，分佈於地景之中。

單元數量：

在濕地政策情境下，NP 成長至 284，PD 則提升為 1.53。相較於面積占比的增加，嵌塊體數量增加的幅度較小，換言之，此情境下增加的大多是面積龐大的濕地嵌塊體(多為大型閒置蓄水的鹽田)。

嵌塊體形狀：

LSI 達 24.00，ED 為 33.57，在濕地政策情境下，嵌塊體形狀變得複雜，邊緣增加，與其他景觀類別間的物質流與能量流之流動情況將更加頻繁。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

嵌塊體最鄰近距離平均值（ENN_MN）降低為 45.23，標準差（ENN_SD）減少至 140.94，嵌塊體間最鄰近距離大幅縮減。COHESION 指數大致維持為 98.88。CONNECT 雖降低為 1.46。綜合以上顯示出，在濕地政策情境下，由於嵌塊體數量的增加，相鄰程度有所提升，而連接度指數也有一定的水準。而整體而言，濕地景觀仍是以簇群為單元，分散於地景中的幾個地點，同一簇群內各嵌塊體彼此相鄰，而簇群之間的距離則明顯縮短，連接程度明顯提升，濕地的生態網絡的聯繫性也有所提升。

II. 魚塭

單元平均面積及所占比例：

魚塭的 CA 雖減少為 5343.90，但仍是分析範圍中最顯著的景觀類別。PLAND 為 28.79，LPI 則為 0.69，兩者比值約 41.72。嵌塊體面積平均值（AREA_MN）為 3.63，標準差（AREA_SD）則有 8.81。濕地政策情境下，魚塭嵌塊體的景觀空間結構似乎並沒有太大的變化，仍是由許多小面積的嵌塊體所構成，散佈於整體地景之中。

單元數量：

嵌塊體數量（NP）減少為 1,474；PD 降低為 7.94。

嵌塊體形狀：

LSI 為 74.78，ED 為 117.82，在濕地政策情境下，魚塭嵌塊體形狀仍是較為曲折、邊緣效應較明顯。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

嵌塊體最鄰近距離平均值（ENN_MN）為 25.69，標準差（ENN_SD）為 35.64。CONNECT 及 COHESION 數值也分別維持在 0.38 與 97.36。總合以上顯示，在濕地政策情境下，雖然嵌塊體數量及面積減少，魚塭景觀的整體連接程度並沒有明顯變化，嵌塊體之間仍具備一定程度的相鄰關係。

B. 計畫範圍 (台江國家公園計畫陸域範圍)景觀指標分析

1. 現況情境

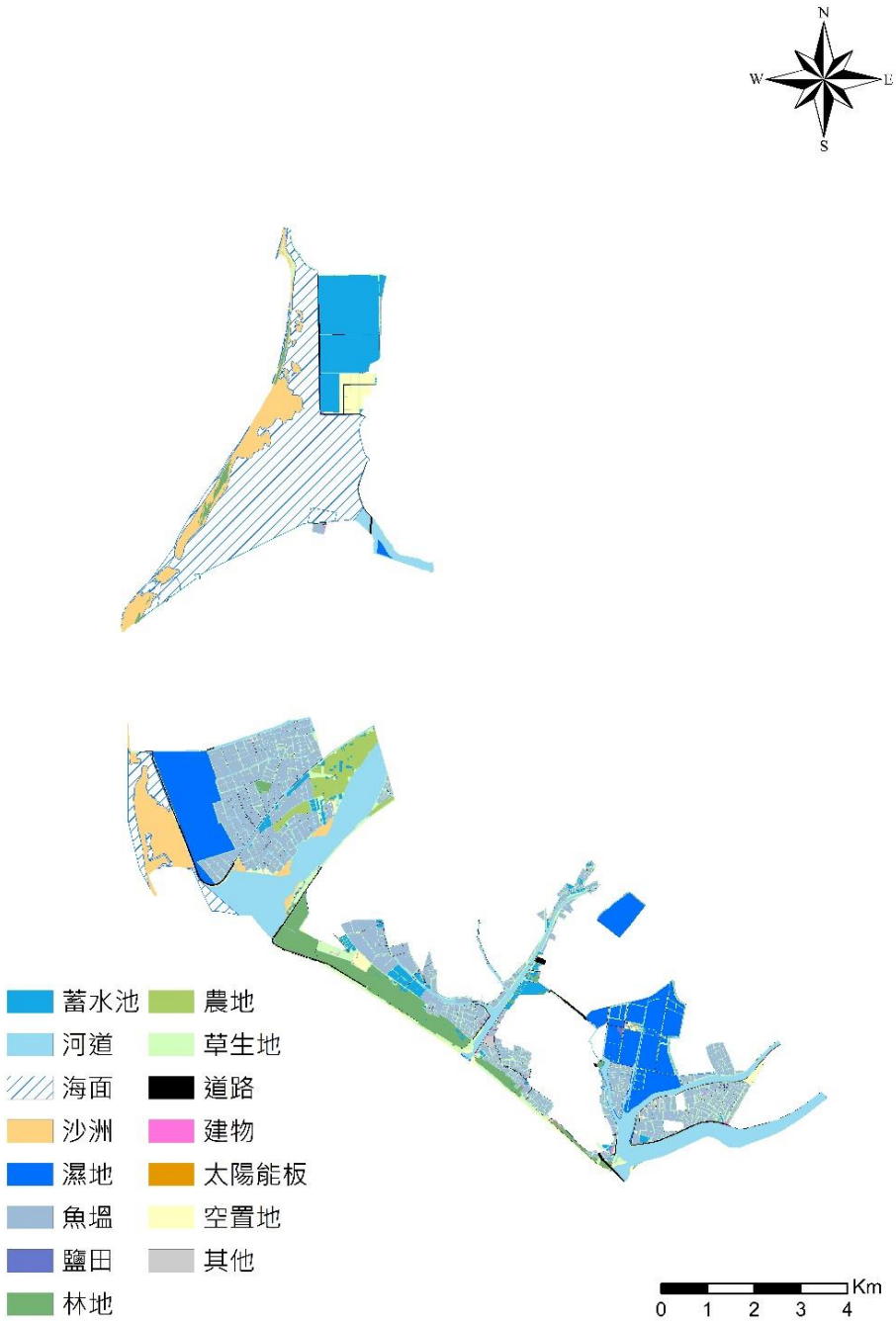


圖 4-66計畫範圍地景鑲嵌圖（現況情境）

表 4-7 計畫範圍（現況情境）景觀指標運算結果

TYPE	CA (ha)	P_LAND (%)	LPI (%)	NP	PD (n/100ha)	AREA_MN (ha)	AREA_SD (ha)	ED (m/ha)	LSI	ENN_MN (m)	ENN_SD (m)	CON-NECT (%)	COHE-SION
蓄水池	397.32	7.79	5.19	160	3.14	2.48	21.07	13.77	9.35	116.98	353.64	0.90	97.46
河道	790.11	15.48	-	441	8.64	-	-	-	-	-	-	-	-
海面	1110.03	21.75	-	28	0.55	-	-	-	-	-	-	-	-
沙洲	375.96	7.37	2.81	21	0.41	17.09	40.86	12.25	9.27	83.31	142.52	6.67	98.91
濕地	559.55	10.96	4.64	62	1.21	9.03	37.40	12.98	7.23	238.02	998.59	6.93	99.04
魚塭	928.99	18.20	1.03	205	4.02	4.53	8.74	76.69	33.44	27.63	29.78	1.57	97.61
鹽田	1.64	0.03	0.03	1	0.02	1.64	0.00	0.13	1.27	N/A	N/A	N/A	N/A
林地	262.27	5.14	3.70	133	2.61	1.97	16.40	12.62	10.65	93.80	234.75	2.19	98.36
農地	113.32	2.22	1.78	20	0.39	5.67	19.82	3.91	4.90	578.45	502.29	4.74	98.63
草生地	352.86	6.91	-	2706	53.02	-	-		-	-	-	-	-
道路	91.10	1.79	-	1160	22.73	-	-	-	-	-	-	-	-
建物	12.26	0.24	0.02	249	4.88	0.05	0.08	4.40	16.77	128.03	171.68	0.42	66.31
太陽能板	0.00	0.00	-	0	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-
空置地	104.10	2.04	-	223	4.37	-	-	-	-	-	-	-	-
其他	4.09	0.08	-	1	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-

註 1：「-」代表該指標不適用於該景觀類別；

註 2：本研究「蓄水池」除依國土利用現況調查定義，指池、埤、溜、潭等，，也包含現況閒置魚塭及閒置鹽田有長期積水情況者。

台江國家公園陸域範圍景觀指標分析結果如表 4-7 所示，此分析範圍共有 5,103.60 公頃，其中以海面面積所占最廣，約有 1,110.03 公頃，占 21.75%；其次為魚塭，約有 928.99 公頃，占 18.20%；再其次為河道，約有 790.11 公頃，占 15.48%。其他景觀類別還包括：濕地約有 559.55 公頃(10.96%)、蓄水池約 397.32 公頃(7.79%)、沙洲約 375.96 公頃(7.37%)、草生地約 362.86 公頃（6.91%）、林地約 262.27 公頃（5.14%）、農地約 113.32 公頃（2.22%）、空置地約 104.10 公頃（2.04%）、道路約 91.10 公頃（1.79%）、建物約 12.26 公頃（0.24%）、其他約 4.09 公頃（0.08%）以及鹽田約 1.64 公頃（0.03%）。其中林地、濕地、魚塭等三種景觀類別在台江國家公園陸域範圍內，屬較具生態意義與功能的景觀類別，合計共占台江國家公園計畫陸域範圍整體地景面積的 34.30%。

以下針對主要地景類別進行分析。需特別說明的是，由於台江國家公

園計畫的陸域範圍在空間分佈上並非完整、連續的地理區域，且邊界是由人為劃設而非以自然形成的邊界為主要考量，此分析範圍實難作為完整的生態區域，來進行景觀格局的整體檢視。因此在本範圍的分析中，在連接程度項目，僅選擇部分適用的指標來進行說明。

I. 林地

單元平均面積及所占比例：

CA 指標為 262.27。P_LAND 為 5.14，LPI 為 3.70，兩者間比值為僅有 1.38，顯示出在台江國家公園陸域範圍內，最大的林地嵌塊體已占林地景觀類別的七成。嵌塊體平均面積（AREA_MN）為 1.97，標準差（AREA_SD）達 16.40。綜合以上，林地景觀是由單一大面積嵌塊體及其他較為零散的嵌塊體所組成。

單元數量：

林地景觀嵌塊體數量（NP）為 133；PD 為 2.61。

嵌塊體形狀：

林地景觀的形狀指標中，ED 為 12.62，LSI 為 10.65，顯示林地嵌塊體受切割或穿孔情形較不明顯，形狀也較為方整，有利於在較大的嵌塊體內形成核心區域（core area），供物種棲息。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

林地景觀的嵌塊體最鄰近距離平均值（ENN_MN）為 93.80，標準差（ENN_SD）為 234.75，雖然林地嵌塊體間距離存在差異，但平均值仍在

100 公尺以內，顯示台江國家公園範圍內局部區域的林地嵌塊體距離較近，能夠形成生態廊道或跳島。

II. 濕地

單元平均面積及所占比例：

CA 為 559.55。P_LAND 為 10.96，LPI 為 4.64，兩者比值約 2.36，最大的嵌塊體即占該類別約四成的面積。另一方面，嵌塊體面積平均值（AREA_MN）為 9.03，標準差（AREA_SD）為 37.40，嵌塊體面積值分布有一定的差異。整體而言，濕地景觀除了少部分大面積嵌塊體外，亦有零星的小面積嵌塊體分布於地景之中。

單元數量：

濕地景觀 NP 僅有 62，PD 為 1.21，嵌塊體數量與密度在分析範圍內是四項景觀類別中數量次少者。

嵌塊體形狀：

LSI 為 7.23，ED 為 12.98，均是在四項景觀類別中數值較低者。濕地嵌塊體形狀趨於方整、嵌塊體受切割或穿孔情形也較少。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

嵌塊體最鄰近距離平均值（ENN_MN）較其他景觀類別來得高，為 238.02，標準差（ENN_SD）也高達 998.59，顯示嵌塊體間最鄰近距離的差異頗大。

III. 魚塭

單元平均面積及所占比例：

魚塭是此分析範圍中面積最廣的景觀類別，CA 為 928.99。PLAND 為 18.20，LPI 僅 1.03，兩者比值約 17.67。嵌塊體面積平均值（AREA_MN）為 4.53，標準差（AREA_SD）則為 8.74。綜合而言，魚塭景觀是由許多小面積的嵌塊體所構成。

單元數量：

嵌塊體數量（NP）為 205，PD 為 4.02，是四項景觀類別中次高者。

嵌塊體形狀：

LSI 為 33.44，ED 為 76.69，均屬於四項景觀類別中較高者。顯示魚塭嵌塊體受到切割情況較為明顯，形狀較為複雜，邊緣效應較顯著。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

嵌塊體最鄰近距離平均值（ENN_MN）為 27.63，是四項景觀類別中距離最小者。嵌塊體面積標準差（ENN_SD）為 29.78，嵌塊體間距離的差異較小。魚塭嵌塊體是分析範圍內連接程度較好的景觀類別。

IV. 建物

單元平均面積及所占比例：

台江國家公園範圍中，建物占比較少，CA 僅有 12.26。P_LAND 為 0.24，LPI 也僅 0.02，兩者比值為 12。嵌塊體面積平均值（AREA_MN）僅 0.05，而其標準差（AREA_SD）也僅 0.08。綜合以上顯示，建物嵌塊

體是由面積不大的小型嵌塊體所組成。

單元數量：

NP 為 249，PD 為 4.88，雖然面積占比不高，但建物嵌塊體的數量和密度是四項景觀類別中最高者。

嵌塊體形狀：

ED 僅有 4.40，但 LSI 卻達 16.77，嵌塊體形狀複雜程度較其他景觀類別來得高。然考量建物面積占比較低，其在分析範圍中所能引起的邊緣效應仍然有限。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

嵌塊體最鄰近距離的平均值(ENN_MN)為 128.03，標準差(ENN_SD)為 171.68，在四項景觀類別中屬於較高者，建物嵌塊體在分析範圍中距離較遠。

2. 濕地政策情境：將內政部公告重要濕地範圍內及周邊具有濕地功能的蓄水池(包括閒置鹽田蓄水池及閒置魚塭等)劃設為濕地

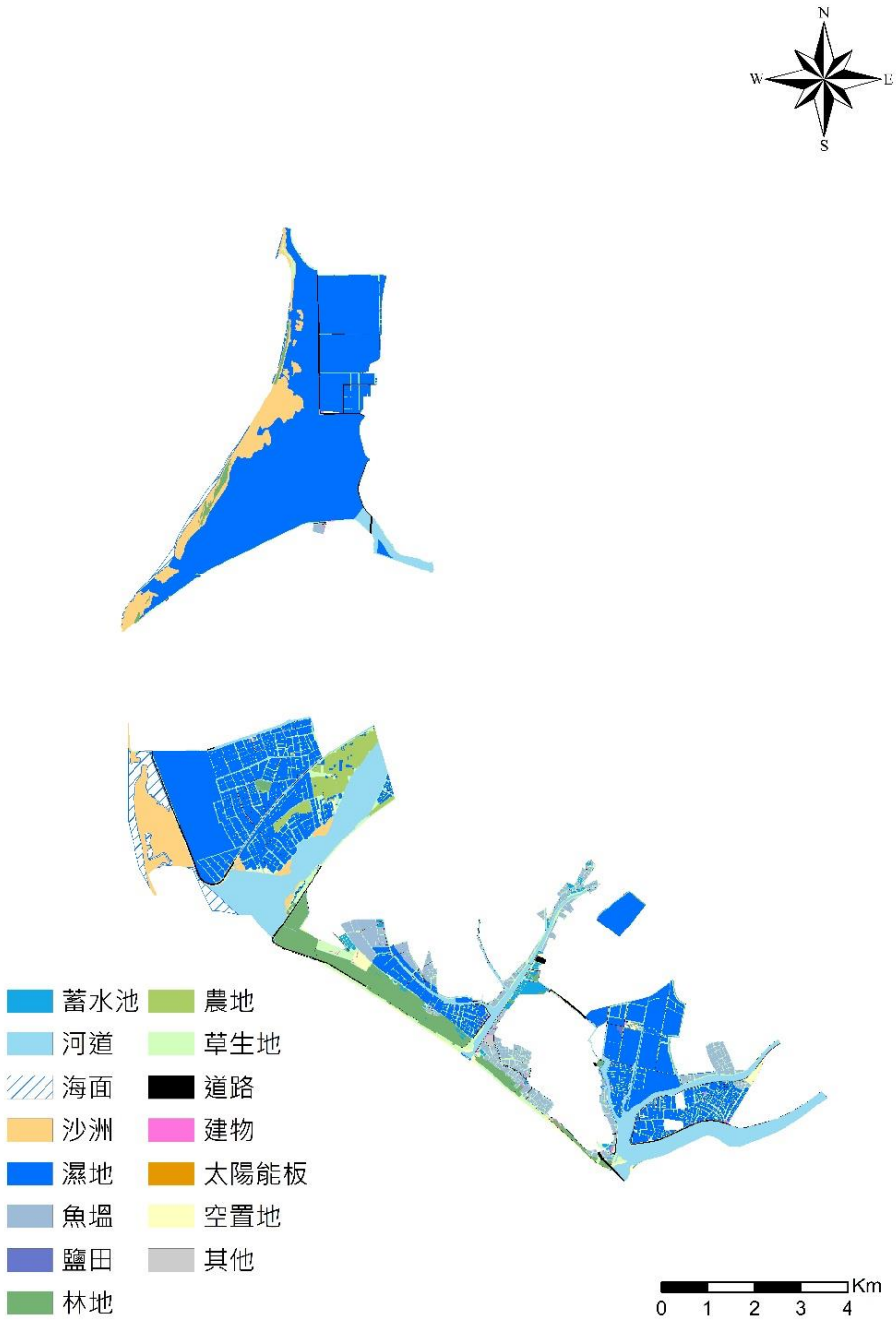


圖 4-67計畫範圍地景鑲嵌圖（濕地政策情境）

表 4-8 計畫範圍（濕地政策情境）景觀指標運算結果

TYPE	CA (ha)	P_LAND (%)	LPI (%)	NP	PD (n/100ha)	AREA_MN (ha)	AREA_SD (ha)	ED (m/ha)	LSI	ENN_MN (m)	ENN_SD (m)	CON-NECT (%)	COHE-SION
蓄水池	43.46	0.85	0.30	78	1.53	0.56	1.81	5.59	11.84	120.40	198.09	1.90	93.23
河道	790.11	15.48	-	441	8.64	-	-	-	-	-	-	-	-
海面	129.18	2.53	-	29	0.57	-	-	-	-	-	-	-	-
沙洲	375.96	7.37	2.81	21	0.41	17.90	40.86	12.25	9.27	83.31	142.52	6.67	98.92
濕地	2630.67	51.55	19.22	183	3.59	14.38	78.65	82.66	20.97	37.77	113.25	2.18	98.99
魚塭	239.87	4.70	0.56	119	2.33	2.02	4.50	23.20	21.39	64.70	318.17	2.07	96.43
鹽田	1.64	0.03	0.03	1	0.02	1.64	0.00	0.13	1.27	N/A	N/A	N/A	N/A
林地	262.27	5.14	3.70	133	2.61	1.97	16.40	12.62	10.65	93.80	234.75	2.19	98.36
農地	113.32	2.22	1.78	20	0.39	5.67	19.82	3.91	4.90	578.45	502.29	4.74	98.63
草生地	352.86	6.91	-	2706	53.02	-	-	-	-	-	-	-	-
道路	91.10	1.79	-	1160	22.73	-	-	-	-	-	-	-	-
建物	12.26	0.24	0.02	249	4.88	0.05	0.08	4.40	16.77	128.03	171.68	0.42	66.31
太陽能板	0	0	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
空置地	56.81	1.11	-	220	4.31	-	-	-	-	-	-	-	-
其他	4.09	0.08	-	1	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-

註 1：「-」代表該指標不適用於該景觀類別；

註 2：本研究「蓄水池」除依國土利用現況調查定義，指池、埤、溜、潭等，，也包含現況閒置魚塭及閒置鹽田有長期積水情況者。

台江國家公園陸域範圍內，以濕地政策情境進行景觀指標分析的結果如表 4-8 所示。其中濕地面積增加至 2,630.67 公頃，占 51.55%；魚塭面積減少至 239.87 公頃，占 4.70%；蓄水池減少為 43.46 公頃，占 0.85%；海面減少為 129.18 公頃，占 2.53%。

以下針對主要地景類別中，有明顯變動的濕地及魚塭類別進行分析：

I. 濕地

單元平均面積及所占比例：

CA 達 2630.67。P_LAND 為 51.55，LPI 為 19.22，兩者比值約 2.68，最大的嵌塊體即占類別面積接近四成。嵌塊體面積平均值（AREA_MN）為 14.38，然標準差（AREA_SD）為 78.65。在濕地政策情境下，濕地嵌塊體仍由少部分大面積嵌塊體及其他小面積嵌塊體所組成。

單元數量：

在濕地政策情境下，NP 成長至 183，PD 則提升為 3.59。相較於面積占比，嵌塊體數量增加幅度較小。

嵌塊體形狀：

LSI 為 20.97，ED 高達 82.66，是四項景觀類別中最高者。在濕地政策情境下，嵌塊體形狀變得複雜，邊界密度也增加許多。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

嵌塊體最鄰近距離平均值（ENN_MN）大幅降低為 37.77，標準差（ENN_SD）也減少至 113.25，嵌塊體間距離明顯縮減，呈現更良好的連接程度。

II. 魚塭

單元平均面積及所占比例：

CA 減少為 239.87。PLAND 為 4.70，LPI 則為 0.56，兩者比值約 8.39。嵌塊體面積平均值（AREA_MN）為 2.02，標準差（AREA_SD）則為 4.50。濕地政策情境下，魚塭成為較為弱勢的景觀類別，平均嵌塊體面積也降低為現況情境的一半，主要由面積較小的嵌塊體所組成。

單元數量：

嵌塊體數量（NP）減少為 119；PD 降低為 2.33。

嵌塊體形狀：

LSI 為 21.39，ED 為 23.20，在濕地政策情境下，雖因數量減少而使

ED 指標下降，整體來說嵌塊體形狀仍是較為複雜。

連接程度（相鄰程度或破碎程度）：

嵌塊體最鄰近距離的平均值（ENN_MN）增加為 64.70，標準差（ENN_SD）更大幅上升至 318.17。在濕地政策情境下，由於部分魚塭嵌塊體轉而編訂為濕地，使得魚塭景觀的整體連接程度有所降低，嵌塊體之間變得距離較遠，且不連續。

C. 景觀指標分析結果與經營管理建議

綜合前述景觀指標運算與解讀分析的結果，台江國家公園與周邊地區的地景主要係由魚塭、水域、閒置鹽田蓄水池等所構成，這些景觀類別，代表著水產養殖、近岸養殖及傳統產業地景係構成景觀格局及整體景觀環境的主要元素。相較於此，濕地景觀、林地景觀等自然景觀元素之占比則較少，應予以強化。基於景觀格局及景觀指標分析結果，本研究對於台江國家公園的整體環境經營管理及景觀指標應用，提出以下策略性建議：

1. 景觀指標之應用可協助國家公園環境經營管理的決策，唯有時單一指標對某特定景觀類別的分析結果並不顯著，需綜合考量多個相關指標的分析結果，以便做較完整的綜合性解讀與判斷。

2. 台江國家公園範圍內有明顯的產業地景(如魚塭、閒置鹽田)，與一般自然景觀地區由自然景觀嵌塊體、景觀廊帶、基質等地景元景及景觀鑲嵌關係所形成的生態系統有所不同。這些產業地景的規模、邊緣形態、聚集程度及實際使用狀況，會對地區整體生態環境及景觀格局產生明顯的影響，需考量產業地景與生態環境兩者間的平衡及互利共生，並持續監測水產養殖活動和經濟性地景與區域生態過程的互動關係。

3. 研究區域內有許多閒置的產業地景(如閒置鹽田積水的蓄水池、閒置魚塭蓄水池及乾枯魚塭變成裸露地等)，對地區景觀格局及生態環境已產生一些衝擊，建議台江國家公園管理處與相關政府單位合作，將這些閒置產業地景所形成的蓄水池發展成具生態保育及生態觀光功能的濕地，唯輔導漁民及鹽田業者在土地

使用調整的同時，除了盡力維護景觀生態環境之外，也需考慮地方民眾的需求及權益。

4. 濕地嵌塊體目前多以簇群方式分別聚集。建議需積極維護現有的濕地嵌塊體，避免現有濕地面積的減少，並加強濕地與周邊水與綠景觀嵌塊體或生態踏腳石的串連。另外，也必須避免農藥或化學物質流入濕地之中。

5. 內政部公告的重要濕地範圍內或是周邊地區的閒置魚塭或鹽田被編訂為濕地之後，應依據濕地保育法，與私有土地增設為濕地之土地所有權人簽訂契約，並給予適當的補助，同時應加強閒置鹽田或魚塭劃為濕地後的生態規劃設計與管理，以維持濕地的基本功能。

6. 閒置的鹽田蓄水池編訂為濕地之後，應加強水體的循環，並控制鹽度，以避免因鹽度過高，造成生態環境的惡化。

7. 台江公園地區的濕地因為其鄰近海邊，海水鹽分的成分較高，建議可考量種植一些耐鹽植栽，並加強其與地區綠資源嵌塊體的連接，同時亦需進行此地區主要活動生物的調查，以便地區造林計畫及林地管理計畫能夠與地區水與綠生態廊道規劃相互配合，增加台江地區的生物多樣性。

8. 魚塭是分析範圍中最顯著的景觀類別，對於依附魚塭地景生存的生物物種而言（例如白鷺鷥），由於棲息或覓食所需嵌塊體的面積廣泛且需維持水質及生態系統的穩定，建議應對漁產養殖生產環境進行適當的管理，以便兼顧產業發展及台江國家公園地區生態功能的維護

9. 魚塭之間或閒置鹽田蓄水池之間的黃土通道，兩側有地被植生或灌木林者，如係位於生態廊道建構之重要網絡或節點位置，應予以保存維護，並加強植生綠化，以作為地區整體生態綠網建構的基礎或生態踏腳石，這些水體或蓄水池旁的灌木林，建議應配合遙測影像分析及實地調查等方法，予以適當地指認，並納入林地管理計畫或生態綠網建構計畫，以利能長期監測其季節變化及其對地區生態環境及生物多樣性的影響。

10. 目前台江國家公園計畫範圍內，並沒有使用光電板種電的情況，但是在周邊地區有一些閒置的鹽田或林地，已出現大面積使用光電板種電的土地使用模式。在國家電力不足的情況下，利用閒置的產業土地來種電是目前政府的政策，也提供閒置土地之地主一些收入來源，但是位於台江國家公園地區內重要生態網絡跟重要棲地(如濕地)周邊的林地或是農業土地，在考量發展大量光電板種電的土地使用模式時，應綜合考量生態、經濟、地主權益及景觀等多重面向的成本與效益。為推動台江國家公園地區的環境永續經營管理，建議可配合景觀格局分析及生態綠網規劃，劃設出不宜使用大量光電板種電的地點(例如位於台江國家公園內及周邊地區景觀格局之重要節點的魚塭、鹽田、濕地等自然地景嵌塊體)，以維持整體景觀生態網絡及景觀空間結構的健全性，對於建議劃訂為不宜採用光電板種電地點的私有土地地主，建議給予適當的補助，獎勵其將閒置的土地做生態規劃設計處理，發展生態觀光產業。

4.3 UAV 空拍成果

本計畫執行台江國家公園管理處前期計畫時，已拍攝多處管理處關注區域，並將空拍成果展示於 GoogleEarth 平台，於 105 年度拍攝台江學園及扇形鹽田，如圖 4-68。106 年度拍攝東魚塭及頂山地區，如圖 4-69。107 年度拍攝扇形鹽田及青山港沙洲，如圖 4-70，透過拍攝兩期扇形鹽田空拍影像可了解兩年間之變化。



圖 4-68105 年度無人飛行載具空拍成果，扇形鹽田(左)、台江學園(右)



圖 4-69106 年度無人飛行載具空拍成果，七股重要野鳥棲地區(左)、頂山地區(右)



圖 4-70107 年度無人飛行載具空拍成果，扇形鹽田(左)、青山港沙洲(右)

本計畫工作項目原先暫定拍攝城西掩埋場 110 年 1 月火災現場及四周範圍，總拍攝面積為 1 平方公里。後因台江國家公園管理處保育課需求，規劃拍攝北汕尾水鳥生態保護區地面解析度 10 公分之正射影像，北汕尾水鳥區位於生態保護區，總面積為 2.66 平方公里，本計畫完成拍攝北汕尾水鳥區東側，拍攝範圍如圖 4-71 紅框線區域所示，拍攝面積約 1.8 平方公里，於 111 年 5 月 10 日進行拍攝作業。UAV 飛行高度為 200 公尺，圖 4-72 為 UAV 拍攝規劃圖，圖 4-73 為控制點分布圖，共拍攝 451 張影像，產製正射影像如圖 4-76 所示。

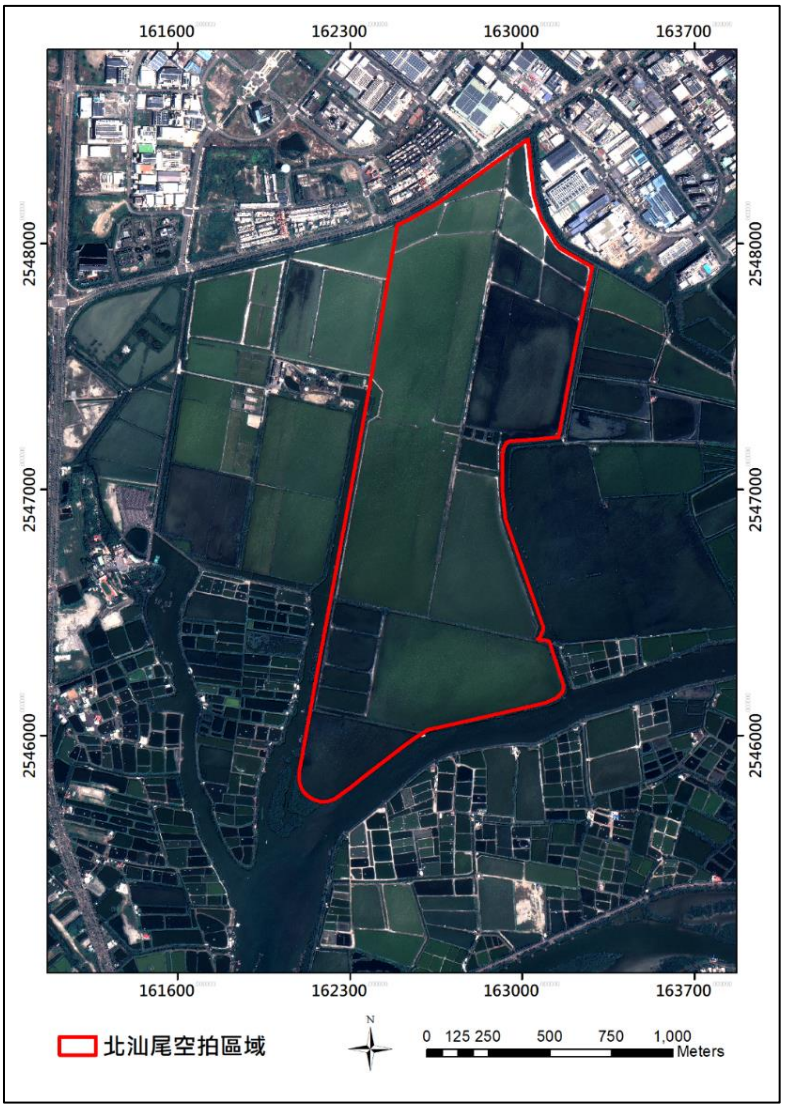


圖 4-71111 年規劃 UAV 拍攝北汕尾水鳥生態保護區東側範圍



圖 4-72本年度北汕尾水鳥生態保護區東側範圍 UAV 拍攝規劃圖

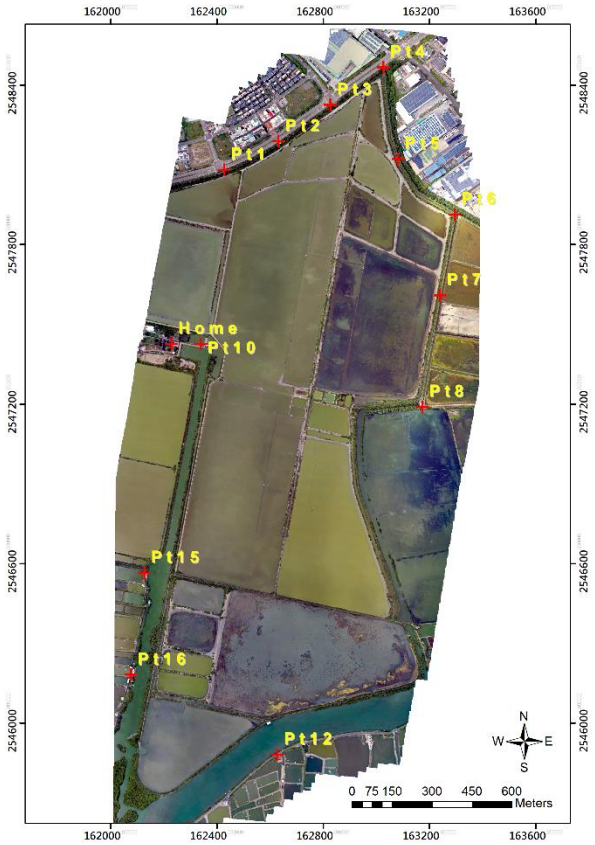


圖 4-73本年度北汕尾水鳥生態保護區東側範圍控制點分布圖（111 年 5 月 10 日佈設）





圖 4-74本年度北汕尾水鳥生態保護區東側範圍 UAV 側拍影像（111 年 5 月 10 日拍攝）





圖 4-75本年度北汕尾水鳥生態保護區東側範圍 UAV 側拍影像（111 年 5 月 10 日拍攝）



圖 4-76本年度北汕尾水鳥生態保護區東側範圍 UAV 正射影像（111 年 5 月 10 日拍攝）

第 5 章 結論與建議

5.1 結論

本計畫的主要重點在於遙測影像的蒐集與建置及其土地利用分類分析成果，再輔以相關歷史遙測影像及基礎圖資，建構台江國家公園地理資訊資料庫。本年度持續建置多種遙測影像，衛星影像蒐集範圍涵蓋台江國家公園計畫範圍全區與七股鹽田、曾文溪口、四草及鹽水溪口溼地等 4 處重要溼地，高解析度衛星影像已建置 108 年至 111 年每年 2 幅，共 8 幅。超高解析度衛星影像已建置 110 年一幅。使用超高解析度衛星影像與地理資訊相關基本資料，完成土地利用分類，並使用土地利用分類成果進行景觀格局及景觀指標分析，提供土地管理或棲地保育之參考。透過本年度建置影像，觀察台江國家公園研究範圍內有多處太陽能板設立，雖不在台江國家公園範圍內，但仍可監測後續是否對環境造成影響。七股潟湖沙洲於 2021 年盧碧颱風襲台時造成沙洲破口，破口目前仍持續擴大。新浮崙汕地貌變動很大，持續向東退縮也持續向南延伸，沙洲面積正緩慢持續的成長。機動性的配合管理處需求，無人飛行載具空拍已完成北汕尾保護區 1.8 平方公里取像，並完成正射影像製作。計畫建置圖資已發布至 OpenLayers 圖台上，不限於特定軟體及使用者，有效發揮圖資的功用。

最後，台江國家公園結合歷史、自然、產業、共生、國土五項核心價值，本計畫已應用多尺度遙測影像了解地景與時空的變化，透過建立台江國家公園空間與影像資料庫，持續擴充其內容，以提供國家公園經營管理、生態保育、未來發展計畫擬定等多元的資訊。

5.2 建議

台江國家公園幅員遼闊，管理處蒐集各項保育、遊憩、解說教育與經營管理工作之資訊，除人員現場勘查外，亦可以應用遙感探測與地理資訊系統等方式協助。利用多尺度遙測技術來獲取如沙洲消長、河口進退等地景時空變化資訊[劉正千，2016]，可有效減少大範圍調查所需的人力，並可作為環境生態調查與管理工作的依據，近年來已廣為各級政府機關或學術研究所採用。

本計畫工作項目著重於基礎資料蒐集與建置，後續可持續蒐集多元衛星影像，並編列相關變遷分析工項。由於各類衛星影像有著不同空間或時間的解析度，對於地物辨識能力也不同，建議可先訂定欲關注區域與關注種類，了解關注區域的變化頻率，選定適合的影像來進行分析。而自然變化與人為變化需要的時間頻率不同，自然變化如沙洲消長，可選擇拍攝頻率低的影像，透過一至二個月蒐集一幅影像，觀察長時期的變化趨勢。而人為變化多半都懷疑是否有違規行為發生，且人為造成的變化通常不會太大，需要高空間解析度與高時間解析度的影像才容易監測到變化。另外，UAV 空拍也可應用於監測上，可規劃於黑面琵鷺度冬期間，透過固定的時間地點，空拍調查數量變化。

監測的執行方式雖然因影像的不同而有所差異，但主要的執行程序大致相同，首先，蒐集建置前後兩期影像，針對關注區域進行比對分析，關注的變化類型若出現變異，進行數化後，變化範圍套疊各式圖資，如分區圖資、地籍圖資與土地利用調查圖資等，將該區資訊編製進變異點屬性資料，最後，產製變異點資訊圖資提供現地查核使用。惟此工作項目經費規劃取決於監測頻率與影像建置種類，待後續了解實際需求後再進行預算規劃。

1. 魚塭關注區域加強監測頻率

台江國家公園土地利用變遷迅速，各類魚塭、溼地及沙洲之變化眾多，輔以遙測影像可大規模地表判釋之特性，對經營管理工作更有效率。現有航照影像資料實務上之應用能力仍有限，實有必要逐年進行各種尺度遙感探測影像資料建置，以進行全面而完整的監測分析。現行國土利用監測因實施全台灣大規模監測，作業流程耗時，無法於變化當下提供土地違法使用地點立即前往查緝，建議未來可透過 1 個月 2~4 次的頻率，定期使用高解析度衛星影像，監測關注魚塭範圍，即時了解魚塭變化，搭配現地查核，遏止不當土地使用類型的發生。

2.針對國家公園關注的變化類型進行即時監測

現行國土利用監測目的主要關注於土地違法使用現象進行取締，主要是人為因素造成的變化，沒有針對自然環境變化進行全面性監測，例如：沙洲漂移、溼地退縮及鹽田等自然變化。建議持續建置影像資料，除了可建立時間序列影像了解關注地區過去至現在的變化情況外，也可由管理處提供監測重點區域及關注類型，透過 Sentinel-2 影像 5 天一次加強監測重點區域，了解土地利用現況及變遷情形，應用於大規模經營管理可提升效率。

3.使用開放衛星 Sentinel-2 影像 5 天一次監測國家公園關注重點區

可配合國家公園關注之重點監測區，5 天一次全面性監控土地利用現象，建立時間序列影像，更能於變化發生第一時間掌握最新動態，開放衛星 Sentinel-2 影像解析度為 10 公尺，共有 13 個波段，目前已穩定 5 天一次提供一幅全台影像，以 Sentinel-2 衛星影像進行變異分析，由電腦自動判釋技術偵測三種變異點，分別為 SCL(Scene Classification Maps)、正規化差異植生指標(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)與含水量

變化(Normalized Difference Water Index, NDWI)。SCL 變異是歐洲太空總署開發 Sen2Cor 大氣校正工具，從 Sentinel-2 的 Level-1C 產品中，計算地表地物分類圖，通過比較前後兩期地物分類圖，當一個像素從一個分類改變為另一個分類，則視為 SCL 變異點。另外以正規化差異植生指標（NDVI）及含水量變化（NDWI）分別計算出變異點。透過三種指標變異點，可掌握關注區域內的各種變化。

4. UAV 的高機動性可定期空拍持續監測

利用 UAV 空拍的高機動性，由管理處提供監測重點區域，可針對關注區域自訂時間頻率，定期空拍監測，可提供高解析度的正射影像、環景球、數值地形模型、3D 建模等測繪產品，建置更完整的資訊進行加值應用。UAV 也可配合各種不同觀測主題拍攝，例如黑面琵鷺棲息於鹽田之影像、紅樹林樹冠分析之影像等，透過不同的飛行高度調整適當的解析度，達到最佳的呈現效果。利用多期 UAV 影像更能清楚了解土地利用變遷情形並可留下土地利用之歷史紀錄。

5. 整合遙感、GIS 與景觀指標系統，監測景觀格局及水與綠網絡的變化

本計畫嘗試整合遙測影像判釋分析、GIS 空間分析及景觀指標分析，綜合運用於台江國家公園地區景觀格局及土地使用的永續經營管理。此為一個開創性的探討，分析結果顯示，景觀指標與遙測及 GIS 的綜合運用，可提供台江國家公園一套有用的決策輔助工具，藉以增加相關決策的客觀性與科學性基礎。後續研究建議可編列適當的經費，整合遙感及景觀指標系統應用，定期監測台江地區的景觀格局及生態環境變遷，並協助建構可促進地區永續發展的水與綠生態廊道系統。

6. 圖資共享可有效發揮圖資的功用

各項蒐集及建置的寶貴圖資，為了易於與處內同仁流通共享，可透過

空間圖資資料庫與網際網路地理空間資訊圖台，彙整於圖台上以滿足圖資之搜尋、倉儲、展示及下載等各種需求，使用者可使用瀏覽器檢視，不須受限於軟體，可有效發揮圖資的功用，並提供國家公園經營管理、生態保育、未來發展計畫擬定等多元的資訊。

參考文獻

1. Boardman, J.W. (1993). Automating spectral unmixing of aviris data using convex geometry concepts.
2. Breiman, L.; Friedman, J.; Stone, C.J.; Olshen, R.A. (1984). Classification and regression trees. CRC press.
3. Campbell, J.B.; Wynne, R.H. (2011). Introduction to remote sensing. 5 ed.; Guilford Publications: p 667.
4. Campbell, N., Vogiatzis, G., & Hern, C. (2008). Using multiple hypotheses to improve depth-maps for multiview stereo. In, The 10th European Conference on Computer Vision. Berlin: Springer
5. Canty, M. J., A. A. Nielsen, and M. Schmidt (2004), Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery, *Remote Sensing of Environment*, *91*(3-4), 441-451.
6. Chang, C.-H., C.-C. Liu, C.-G. Wen, I.-F. Cheng, C.-K. Tam, and C.-S. Huang (2009), Monitoring reservoir water quality with Formosat-2 high spatiotemporal imagery, *Journal of Environmental Monitoring*, *11*(11), 1982-1992.
7. Coulter, L. L., D. A. Stow, and S. Baer (2003), A frame center matching technique for precise registration of multitemporal airborne frame imagery, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, *41*(11), 2436-2444.
8. Dai, X., and S. Khorram (1998), The effects of image misregistration on the accuracy of remotely sensed change detection, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, *36*, 1566-1577.
9. Food; Nations, A.O.o.t.U. (2007). The world's mangroves, 1980-2005: A thematic study in the framework of the global forest resources assessment 2005. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
10. Forman, R. T. (1995). *Land mosaics: The ecology of landscapes and regions*. New York: Cambridge University Press.
11. Fromard, F.; Vega, C.; Proisy, C. (2004). Half a century of dynamic coastal change affecting mangrove shorelines of french guiana. A case study based on remote sensing data analyses and field surveys. Marine Geology, 208, 265-280.
12. Furukawa, Y., & Ponce, J. (2009). Accurate camera calibration from multi-view stereo and bundle adjustment. International Journal of Computer, 84, 257–268
13. Furukawa, Y., & Ponce, J. (2010). Accurate, dense, and robust multi-view stereopsis. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 32, 1362–1376
14. Gillespie, A. R., A. B. Kahle, and R. E. Walker (1987), Color enhancement of highly correlated images: II. Channel ratio and chromaticity transformation techniques, *Remote Sensing of Environment*, *22*, 343-365.
15. Giri, S.; Mukhopadhyay, A.; Hazra, S.; Mukherjee, S.; Roy, D.; Ghosh, S.; Ghosh, T.; Mitra, D. (2014). A study on abundance and distribution of mangrove species in indian sundarban using remote sensing technique. J Coast Conserv 18, 359-367.
16. Godoy, M.D.P.; Lacerda, L.D.d. (2015). Mangroves response to climate change: A review of recent findings on mangrove extension and distribution. Anais da Academia Brasileira de Ciências 87, 651-667.
17. Goenaga, M.A.; Torres-Madronero, M.C.; Velez-Reyes, M.; Van Bloem, S.J.; Chinea, J.D. (2013). Unmixing analysis of a time series of hyperion images over the guánica

dry forest in puerto rico. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing 6, 329-338.
18. Green, E.P.; Clark, C.D.; Mumby, P.J.; Edwards, A.J.; Ellis, A. (1998). Remote sensing techniques for mangrove mapping. International Journal of Remote Sensing 19, 935-956.
19. Guneroglu, N., Acar, C., Dihkan, M., Karsli, F., Guneroglu, A. (2013) Green corridors and fragmentation in South Eastern Black Sea coastal landscape, Ocean & Coastal Management, 83: 67-74.
20. Haydan, R., G. W. Dalke, J. Henkel, and J. E. Bare (1982), Applications of the IHS colour transform to the processing of multisensor data and image enhancement, paper presented at International Symposium on Remote Sensing of Arid and Semi-arid and Lands, Cairo, Egypt.
21. Haydn, R., Dalke, G., Henkel, J., & Bare, J. (1982). Application of the IHS color transform to the processing of multisensor data and image enhancement. In (pp. 599-616)
22. Heenkenda, M.; Joyce, K.; Maier, S.; Bartolo, R. (2014). Mangrove species identification: Comparing worldview-2 with aerial photographs. Remote Sensing 6, 6064.
23. Held, A.; Ticehurst, C.; Lymburner, L.; Williams, N. (2003). High resolution mapping of tropical mangrove ecosystems using hyperspectral and radar remote sensing. International Journal of Remote Sensing 24, 2739-2759.
24. Kaufman, Y. J., A. E. Wald, L. A. Remer, B.-C. Gao, R.-R. Li, and L. Flynn (1997) The MODIS 2.1-μm Channel-Correlation with Visible Reflectance for Use in Remote Sensing of Aerosol. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 35: 1286-1298.
25. Koedsin, W.; Vaiphasa, C. (2013). Discrimination of tropical mangroves at the species level with eo-1 hyperion data. Remote Sensing, 5, 3562.
26. Kruse, F.; Lefkoff, A.; Boardman, J.; Heidebrecht, K.; Shapiro, A.; Barloon, P.; Goetz, A. (1993). The spectral image processing system (sips)—interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. Remote sensing of environment, 44, 145-163.
27. Kruse, F.A.; Boardman, J.W.; Huntington, J.F. (2003). Comparison of airborne hyperspectral data and eo-1 hyperion for mineral mapping. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41, 1388-1400.
28. Kuenzer, C.; Bluemel, A.; Gebhardt, S.; Quoc, T.V.; Dech, S. (2011). Remote sensing of mangrove ecosystems: A review. Remote Sensing 3, 878.
29. Kumar, T.; Panigrahy, S.; Kumar, P.; Parihar, J. (2013). Classification of floristic composition of mangrove forests using hyperspectral data: Case study of bhitarkanika national park, india. J Coast Conserv, 17, 121-132.
30. Lagomasino, D.; Price, R.M.; Whitman, D.; Campbell, P.K.E.; Melesse, A. (2014). Estimating major ion and nutrient concentrations in mangrove estuaries in everglades national park using leaf and satellite reflectance. Remote Sensing of Environment, 154, 202-218.
31. Lee, T.-M.; Yeh, H.-C. (2009). Applying remote sensing techniques to monitor shifting wetland vegetation: A case study of danshui river estuary mangrove communities, taiwan. Ecological engineering, 35, 487-496.
32. Li, L.; Chen, Y.; Yu, X.; Liu, R.; Huang, C. (2015). Sub-pixel flood inundation mapping from multispectral remotely sensed images based on discrete particle swarm optimization. Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 101, 10-21.

33. Liu, C.-C. (2006), Processing of FORMOSAT-2 daily revisit imagery for site surveillance, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 44(11), 3206-3214.
34. Liu, C.-C.*, Chen, P.-L., Matsuo, T., and Chen, C.-Y. (2015) Rapidly responding to landslides and debris flows events using a low-cost unmanned aerial vehicle. Journal of Applied Remote Sensing. 9(1), 096016 (August 21, 2015).
35. Liu, C.-C., and P.-L. Chen (2009), Automatic extraction of ground control regions and orthorectification of Formosat-2 imagery, Optics Express, 17(10), 7970-7984.
36. Liu, C.-C.; Chen, Y.-H.; Wen, H.-L. (2015). Supporting the annual international black-faced spoonbill census with a low-cost unmanned aerial vehicle. Ecological Informatics, 30, 170-178.
37. Liu, C.-C.; Hsu, T.-W.; Wen, H.-L.; Wang, K.-H. (2019) Mapping pure mangrove patches in small corridors and sandbanks using airborne hyperspectral imagery. Remote Sensing, 11(5), 592.
38. Lowe (2004), Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, *International Journal of Computer Vision,60,* 2 , pp. 91-110.
39. Lucieer, A., De Jong, S.M., & Turner, D. (2014). Mapping landslide displacements using Structure from Motion (SfM) and image correlation of multi-temporal UAV photography. Progress in Physical Geography, 38, 97-116
40. McGarigal, K., Cushman, S.A., and Ene, E.(2012). FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html
41. Odden, B. (2008). Comparison of a hyperspectral classification method implemented in different remote sensing software packages. University of Zurich.
42. Polidoro, B.A.; Carpenter, K.E.; Collins, L.; Duke, N.C.; Ellison, A.M.; Ellison, J.C.; Farnsworth, E.J.; Fernando, E.S.; Kathiresan, K.; Koedam, N.E. (2010). The loss of species: Mangrove extinction risk and geographic areas of global concern.
43. Prasad, K.A.; Gnanappazham, L.; Selvam, V.; Ramasubramanian, R.; Kar, C.S. (2014). Developing a spectral library of mangrove species of indian east coast using field spectroscopy. Geocarto International, 30, 580-599.
44. Rey, J.R. (1999). Mangroves. In Environmental geology, Springer: pp 396-397.
45. Snavely, N., Seitz, S., & Szeliski, R. (2008). Modeling the world from internet photo collections. International Journal of Computer, 80, 189-210
46. Sona, G., Pinto, L., Pagliari, D., Passoni, D., & Gini, R. (2014). Experimental analysis of different software packages for orientation and digital surface modelling from UAV images. Earth Science Informatics, 7, 97-107
47. Triggs, B., McLauchlan, P., & Hartley, R. (2000). Bundle adjustment: A modern synthesis. Berlin: Springer
48. Vaiphasa, C.; Skidmore, A.K.; de Boer, W.F.; Vaiphasa, T. (2007). A hyperspectral band selector for plant species discrimination. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 62, 225-235.
49. Vo, Q.; Oppelt, N.; Leinenkugel, P.; Kuenzer, C. (2013). Remote sensing in mapping mangrove ecosystems — an object-based approach. Remote Sensing, 5, 183.
50. X. Huan, X. Luo,X. Xu, X. Tong,Y. Jin,H. Pan, B. Zhou, (2014)New hyperspectral difference water index for the extraction of urban water bodies by the use of airborne hyperspectral images，Journal of Applied Remote Sensing 8(1):085098-1-085098-15.
51. Zhang, C.; Kovacs, J.; Liu, Y.; Flores-Verdugo, F.; Flores-de-Santiago, F. (2014). Separating mangrove species and conditions using laboratory hyperspectral data: A case

study of a degraded mangrove forest of the mexican pacific. Remote Sensin, 6, 11673.
52. Zhang, C.; Kovacs, J.; Wachowiak, M.; Flores-Verdugo, F. (2013). Relationship between hyperspectral measurements and mangrove leaf nitrogen concentrations. Remote Sensing, 5, 891.
53. X. Huan, X. Luo, X. Xu, X. Tong, Y. Jin, H. Pan, B. Zhou, (2014)New hyperspectral difference water index for the extraction of urban water bodies by the use of airborne hyperspectral images，Journal of Applied Remote Sensing 8(1):085098-1-085098-15
54. 內政部土地測量局 (2006) e-GPS 衛星基準站即時動態定位系統-VBS-RTK 定位測試成果報告. In: 內政部土地測量局
55. 吳綱立 (2009) 永續生態社區規劃設計的理論與實踐。台北：詹式書局。
56. 吳綱立 (2009) 台南市景觀綱要計畫總結報告書。台南：台南市都市發展局。
57. 許晉誌、吳綱立、王小琳 (2014) 修定台南市景觀綱要計畫總結報告書。台南：台南市都市發展局。
58. 吳綱立 (2019) 生態規劃設計理念在海峽兩岸土地開發管理與城鄉規劃設計的實踐台北：五南圖書公司。
59. 吳綱立 (2021) 金門永續島嶼景觀環境分析及景觀改善，教育部高教深耕計畫子計畫。
60. 曾輝、陳利頂、丁聖彥編 (2017) 景觀生態學。北京：高等教育出版社。
61. 傅文傑 (2010) 遙感及 Fragstats 在土地利用景觀格局分析中的應用。莆田學院學報，17（5），45-49。
62. 劉正千、溫慧霖、王光華、陳易辛 (2016) 應用多尺度遙測技術掌握台江國家公園空間資訊. 科學發展, 517, pp. 10-14.
63. 劉正千、林怡廷、松尾智也、溫慧霖、陳振宇、嚴科偉 (2015) 應用移動估算法處理無人飛行載具拍攝之多視角重疊影像以產製數值地表模型與精度評估。臺灣地理資訊學會年會暨學術研討會，2015 年 6 月 29－30 日，逢甲大學。
64. 台江國家公園管理處 (2011) 閱覽台江─台江國家公園資源解說手冊
65. 蔡富安(2004)高波譜解析度衛星遙測影像辨識重金屬污染農地之研究。九十二年度太空科技任務導向委託研究計劃期末報告，共 56 頁。

附錄一：會議意見回覆

期初會議審查意見

問題	回覆
謝處長偉松	
本日會議期能針對未來 1 年確定執行策略及範圍，本計畫範圍圖擴及安平及周遭地區，相當遼闊，若全數納入分析可能無法聚焦於國家公園及代管溼地範圍，建議周邊地區除扇形鹽田外，其餘列為研究範圍即可，無需深入分析，若需於範圍外劃定分析界線，臺 17 線為臺南地區劃分濱海及非濱海地區常用界線，可以臺 17 線以西為原則。	謝謝委員建議，遵照辦理，未來將聚焦於台江國家公園及代管溼地範圍進行後續研究分析。
目前經營管理上有生態保護區部分紅樹林生長過速，造成溼地陸化;另如沙洲地形變遷之描述往往依賴居民口述，即使有歷年影像，也是以目視為主，缺乏科學性量化描述;另如魚上設置太陽能光電板，在衛星影像上是否能夠辨識?其生態特性與原有魚塭截然不同，應能獨立成一分類，而一般魚塭的範圍或面積變化亦為本處關切重點之一，請團隊均納入考量。	謝謝委員建議，紅樹林溼地陸化現象，從衛星影像上觀察變化不是很明顯，建議後續可以 UAV 進行定期拍攝，監測溼地陸化範圍。沙洲地形變化劇烈，除了真實的地表變化外，也因為潮位高低導致面積在短時間內變化很大，建議後續可以針對沙洲區域挑選潮位接近的衛星影像，數化出的沙洲面積才能接近真實的地表變化。 而太陽能板在本計畫建置之衛星影像是可以辨識的，在土地使用分類上可以獨立成一分

	類。魚塭變化範圍與面積也會在期末報告一併提出。
張副處長登文	
棲地景觀元素之分析與土地利用分析如何配合?請和業務單位密切討論，以切合國家公園經營管理需求。	謝謝委員建議，遵照辦理，業務單位若有任何需求及想法都歡迎提出討論。
由歷年衛星影像獲知利用或景觀變遷，和現行變異點通報如何連結?	謝謝委員建議，現行變異點通報是以偵測土地是否有違法使用情形為目的進行作業，與國家公園關注之景觀變遷不同，建議後續若須了解特定景觀變化，可針對特定景觀變化，設定通報目標，蒐集時間解析度與地面解析度適用之相關影像，規劃合適的通報作業與系統。
本計畫如何配合國土計畫之分區調查與規劃?	謝謝委員建議，國土計畫目前並未落實到詳細的地景分類及地景生態空間格局層面，本計畫結果可供台南市國土計畫的生態保育策略及分區管制內容研擬之參考。
洪秘書政乾	
本處招標文件所列UAV拍攝地點為先前城西掩理場旁火災地點，若要修正，以本處主動提出需求為宜，請業務單位協調各課站，以主棲地紅樹林疏伐或七股沙洲監測等經營管理課	謝謝委員建議，遵照辦理，本年度 UAV 空拍區域應保育課需求，規劃拍攝北汕尾生態保護區東側約 1.8 平方公里。

題為原則。	
企劃經理課	
本案要求購置高解析度及超高解析度衛星影像，團隊所提影像規格尚符要求，請依本處需求妥選適當日期之清晰無雲影像，以利日後應用。	謝謝委員建議，遵照辦理，高解析度及超高解析度衛星影像皆會於期中報告時建置完成。
由往年計成果中的現地檢核結果看來，某些土地利用類別的誤差較大，請依過去經驗，於本計畫中妥為調整，期能縮小誤差。	謝謝委員建議，遵照辦理，本年度計畫預計會加入較多現地檢核點，期可減低誤差。
往年計畫經費較充足，每年得以無人機空拍 4 平方公里的面積，今年僅編列 1 平方公里，請各課站考量業務上有無相關需求，例如保育課紅樹林疏伐計畫是否需以無人機空拍記錄。	謝謝委員建議，本年度 UAV 空拍區域應保育課需求，規劃拍攝北汕尾生態保護區東側約 1.8 平方公里。
期初報告書第 40 頁提及之集水區非本處範圍，請確認。	謝謝委員建議，已修改於報告書內。
關於吳老師的景觀生態指數分析，請研議若將本處歷年影像納入，分析成立前後十餘年來的變遷是否可行。	謝謝委員建議，如果資料的空間單位及分類具有一致性及可比較性，可建議變遷分析的考量內容及操作方法，或可選取特定的時間點來操作。
保育研究課	
前言中提及介接中研院臺灣百年地圖，請研議納入本計畫成果，可供瀏覽查閱。	謝謝委員建議，中研院臺灣百年地圖為介接使用，由中研院提供介接來源，並未獲得實體檔案或影像，需要介接於網站

	上才可瀏覽查閱，若管理處也有其他系統需要介接，也可由中研院直接介接使用。
無人機拍攝請保留調整拍攝地點與拍攝方式之彈性。	謝謝委員建議，本計畫皆會配合管理處需求機動調整拍攝區域。
解說教育課	
請提供往年計畫所拍攝之影片於遊客中心或未來安順鹽場展館播放。	謝謝委員建議，遵照辦理，往年計畫影片皆有在結案時繳交，若有需求可以再重新提供。

期中會議審查意見

問題	回覆
劉淑惠委員	
期中報告書內容偏重工作進度報告，建議可增加分析結果及應用建議。	謝謝委員建議，景觀分析結果已更新至 4.2.3 節。
景觀生態學的分析的確不需要做到生態調查，但分析結果是否有助後續生態棲地的評估，仍建議視情況徵詢生態學者建議；除了遙測科技和電腦分析，也需至現場或周邊地區了解環境現況。	謝謝委員建議，本計畫除了透過遙測影像分析，也會至現地進行調查了解周遭環境。
UAV 空拍管制嚴格，有一定申請程序，應妥為準備。	謝謝委員建議，本團隊進行 UAV 空拍作業，皆會遵照民航局訂定之規則申請，由於本次拍攝台江國家公園保護區，拍攝前也向台管處申請拍攝許可。
除了契約規定購買的衛星影像，有無其他圖資可以輔助本計畫的分析或應用?	謝謝委員建議，除了契約規定購買的衛星影像，本團隊持續建置多種開放衛星影像，如 Landsat 系列與 Sentinel 系列，本計畫也利用 5 天一幅的 Sentinel-2 影像，長時期監測七股潟湖沙洲的破口，了解發生時間與變遷情形。
評估指標的選取應考量後續是否能夠應用在國家公園經營管理。	謝謝委員建議，後續將列入分析考量。

周玉端委員	
遙測影像蒐集與土地利用分析的目的為何?本計畫選擇的土地利用分類在報告書出現不同系統的項目，建議統一或說明清楚。	謝謝委員建議，透過建置多期遙測影像，可長時期分析台江國家公園內的各項自然或人為的變化。
本計畫空拍所使用的多旋翼機不是翼展，而是軸距,請修正;使用變焦鏡固然有調整焦距的優點，但在測繪應用上因鏡頭畸變效果不佳，請考慮。	謝謝委員建議，已修正。
請問 UAV 飛行高度為何?若以高度 500 公尺而言，可能飛上去不久就沒電了,必須返回，同時地面解析度低，宜考慮。	謝謝委員建議，本次拍攝應保育課需求，拍攝正射影像解析度 10 公分之影像，飛行高度訂於 200 公尺。
本計畫現噴漆畫方塊作為地面控制點，並非遙測標準方法,似嫌多餘,是否考慮參考現場交通標線之地物特徵點?	謝謝委員建議，本次拍攝區域為保護區，現地路小沒有劃設標線,故使用木板做為控制點，拍攝完畢後再把木板帶回，避免影響生態環境。
若有地理資訊系統(GIS)平臺可供套疊觀看，應用性和效果就非常顯著，比閱讀報告書更能理解成果。	謝謝委員建議，本團隊針對台江國家公園計畫案有建置一套資訊系統，無償提供管理處使用。
簡報時提及選擇圖幅以雲層遮蔽較少為原則，是否有量化標準?例如覆蓋比例達多少便予剔除?另外，監督式分類的成果準確度要求標準為何?應說明。	謝謝委員建議，本計畫蒐集 SPOT-6/7 影像皆以全區無雲覆為主。

張登文副處長	
土地利用分類系統前後不一致，水域和水體是否為同一類別?請釐清。	謝謝委員建議，水域與水體為同一類別。
洪政乾秘書	
前次計畫呈現魚塭變遷分析，本次計畫是否會繼續?	謝謝委員建議，魚塭的變化相當快速，本計畫以建置的衛星影像進行 3 區域的魚塭變化偵測。
景觀生態指標均為代號，不易了解，也難以判斷數值高低代表什麼，請妥予說明。	謝謝委員建議，已修改於報告書內。
市府已同意撥用 Al，允宜早開始建置基礎資料，請企劃課與保育課研議如何著手。	謝謝委員意見，本計畫全力配合管理處需求。
環境維護課	
本計畫資料完整，拍攝影片說明計畫內容，有助推廣國家公園經營管理理念與手法。	謝謝委員建議，前期計畫拍攝多部影片，藉由影片可更快速瞭解本計畫的內容與成果。
數年前拍攝頂山及東魚塭時，由部分畫面可由鳥喙辨識出黑面琵鷺，不知現今技術設備是否更發達、更容易判別鳥種?	謝謝委員建議，UAV 的發展的確是日新月異，但目前如需拍攝可辨識鳥種影像，還是需要較低的飛行高度拍攝的影像才足以辨識。
是否能以衛星影像監測潟湖水位高低或水下淤沙狀況?	謝謝委員建議，本計畫蒐集建置的皆為光學影像，光學影像可看見沙洲，水下的淤沙情形應該無法監測。

目前太陽能板均非位於本處範圍，但仍有必要了解其位置、數量及變遷。	謝謝委員建議，本計畫將台江國家公園研究範圍內太陽能板位置進行介紹，透過影像可發現太陽能板仍然持續在台江國家公園研究範圍內興建，雖不在台江國家公園範圍內，後續或許也可探討太陽能板是否對生態環境變遷造成影響。
六孔管理站	
文中斑塊與嵌瑰體名詞混用，請予統一。	謝謝委員建議，已修改於報告書內。
各項景觀生態指標的數值變化代表何意?報告書內容豐富，但不相關背景的人無法理解。	謝謝委員建議，已修改於報告書內。
保育研究課	
本課所提UAV拍攝需求因應後續年度北汕尾相關計畫所需，為避免干擾候鳥，請於度冬季結束後再行拍攝。	謝謝委員建議，遵照辦理，UAV拍攝時間會避開候鳥度冬季節，並與管理處討論後再進行拍攝。
是否能夠拍攝解析度6公分的影像?這種拍攝高度對原訂拍攝工作有無影響?	謝謝委員建議，皆依管理處需求進行拍攝。原定UAV拍攝，設定為正射影像解析度 20 公分，若提高解析度需降低飛行高度，延長UAV拍攝時間。

期末會議審查意見

問題	回覆
劉淑惠委員	
有關土地利用分析，可以補充景觀生態物種、數量等資訊，建議至現場了解生態資源，補充納入，且本案長期研究從 105-111 年來蒐集的圖資應有充分影像資料，建請將 6 年來的土地利用變遷分析補充納入成果，以茲完備。	謝謝委員建議，從整體經營管理及生態系統的角度來看，生物調查在本案扮演的角色，因為經費的關係所以無人力調查，或是將台管處既有的資料納入彙整，我們也清楚若無生態資料，只是指標分析而已，實際運用價值不大，但本案確實有困難。
建議報告書圖 2-1 標示主要河流、溼地等地名，並補充海域範圍圖資，以利判讀。	謝謝委員建議，已新增海域範圍與標示主要河流，更新於圖 2-1。
有關期中會議審查意見回覆內容，廠商僅簡單答覆，建議應詳實分析歷年的土地變遷圖資納入第五章，譬如：105 年的影像跟 111 年的影像變遷做土地利用分析等。	謝謝委員建議，本計畫工作項目主要為基礎資料蒐集與建置，包含衛星影像與 UAV 影像建置與土地利用分類圖建置，與將土地利用分類成果進行棲地破碎度分析。其實土地利用變遷並非本計畫工作項目，透過多期影像分析比對可以獲得多，建議未來可挑選變遷關注主題，例如沙洲或是魚塭制定相關的變遷監測原則，詳細的紀錄台江國家公園內的變遷資

	訊。
圖資蒐集與土地使用分析可分區呈現蒐集多少圖資，並分區呈現分析成果。	謝謝委員建議，本計畫蒐集圖資皆是以台江國家公園陸域全區範圍為基準，詳細圖資列表於表 4-1。
有關碳中和及生態系統服務價值相關論述建議補充納入。	謝謝委員建議，建議將生態資源調查項目納入結論建議辦理事項。另有關碳中和跟生態系統服務價值也建議一併納入後續研究事項。
周玉端委員	
報告書 P.24 表 3-3 誤差矩陣表中，森林與竹林誤差較大，請問實際分類上誤差如何，請補充。	謝謝委員建議，表 3-3 誤差矩陣是示意說明，本計畫實際分類上僅將林地分類出來，無另外區分竹林與森林。
簡報資料 P.25 土地利用分類有 12 項，景觀資料分析有 14 類，資料類型前後類別不一致，考慮到長期分析資料須有延續性，如有不一致情況應說明擴增分類的理由。	謝謝委員建議，土地利用分類結果與景觀分析項目皆有 14 項，與之前執行計畫差異在近年來多處太陽能板新設於台江國家公園研究範圍內，故新增太陽能板這個分類項目。
利用分析的計畫成果目前較偏重定性分析，建議加入定量內容分析成果，有助於後續管處經營管理使用。	謝謝委員建議，土地利用分類有加入如面積的定量分析內容。後續如有繼續製作新版土地利用分類圖時，可以用來計算各類面積變化。

UAV 拍攝主題應挑選可利用 UAV 高解析度特性的主題，拍攝魚塭無法看出成效。而歷年拍攝位置皆不一致，如何分析出每年變遷的行為，無法進行長期分析，應考慮應用 UAV 監測區域變化。另外如何透過無人機即時檢討變異點的發生，才能即時處理，建議於成果報告提出相關的作法供管處參考。	謝謝委員建議，本計畫 UAV 拍攝的需求面積不高，主要也依台管處業務需求而作調整。如要考慮長期的變遷活動，建議可以先選定幾處關注主題或區域，再來訂定時間頻率(如一個月一次，或一星期一次)，定期進行 UAV 空拍監測，空拍成果可進行比對分析變遷兩時間點的變化。
後續衛星影像蒐集，是否有更先進的思維，提升衛星影像應用價值。	謝謝委員建議，近年來由於 GPU 顯示卡的技術成長，帶動人工智慧演算法的發展再次受到關注。而影像處理的相關工作即為人工智慧演算法之強項，後續對於計畫蒐集之衛星影像可嘗試建立訓練資料庫，透過人工智慧的演算法開發，評估土地使用分類自動化之可行性。
企劃經理課	
契約書規定計畫範圍係包括台江國家公園範圍及四個濕地範圍，台江範圍係包括陸域跟海域的部分，本案雖著重於陸域的林地及濕地分析，但海域範圍建請廠商補充一併納入補充，俾符合合約規定。	謝謝委員建議，海域範圍圖資已補充於 4.1.3 節，共 13 幅 Landsat-8 衛星影像。
報告書第 3 頁園區面積的部分，請更新到第	謝謝委員建議，已修改報告書

一次通盤檢討後最新的面積。	第 3 頁的園區面積。
團隊建議的魚塭變化狀況，需使用 1 個月 2-4 高解析度影像監測，惟希望團隊於成果報告提出更具體變化監測經費與操作方法，以利後續規劃參考。	謝謝委員建議，因經費編列與監測面積與監測頻率相關，待與台管處討論需求後，再提供相關經費參考。主要監測方式介紹如下，首先，蒐集建置前後兩期影像，將 SPOT-6/7 影像取近紅外波段，針對水體進行萃取，再進行人工編修，刪除非魚塭區域的水體範圍，獲得各時期魚塭分布範圍，藉由比對各時期魚塭範圍，了解魚塭範圍變化。變化範圍套疊各式圖資，如分區圖資、地籍圖資與土地利用調查圖資等，將該區資訊編製進變異點屬性資料，最後，產製變異點資訊圖資提供現地查核使用。
另外有提到兩種方式，一種是高解析度，另一種是 Sentinel 的圖資，可以分析這兩種圖資的實用性跟優缺點，分析供參。	謝謝委員建議，高解析度衛星影像 SPOT-6/7 影像解析度 1.5 公尺，大約 22.5 平方公尺的變化即可判釋出來，Sentinel-2 影像解析度 10 公尺，大約要 1,000 平方公尺的變化才可以判釋出來，兩者影像解析度與購置經費相差甚大，可先了解變化類型大小，再決定使用哪種影像

	進行監測。
景觀生態分析指標的溼地、鹽田圖例顏色很相近，建議景觀生態分析指標分類原則及定義應於報告書中敘明清楚。	謝謝委員建議，圖例已進行調整，分類原則已補充於報告書 4.2.1 節。
合約項目係無碳中和生態系統服務價值的工作內容規定，如團隊願意補充納入，尊重團隊。	謝謝委員建議，本計畫有經費及工作內容要求的限制，建議將碳中和跟生態系統服務價值納入後續研究事項。
有關土地利用分析目前合約內容尚無景觀生態調查工項，後續如本處經營管理需要請團隊納入後續研究建議事項。	從整體經營管理及生態系統的角度來看，生物調查資料實屬重要，但整個國家公園的生物調查是相當龐大的工作，本計畫因經費及人力關係，確實有困難。建議將生態資源調查項目納入後續辦理事項。
報告書內多處圖片影像，文字描述說明時以紅色框線、藍色區域代表著稱，如 P.85P.108 等，惟圖片是黑白無法判讀，建議成果報告書印製彩色圖片，以利判讀。	謝謝委員建議，成果報告書會以彩色印製。
報告書照片有的有寫上拍攝日期，有的沒寫，有的僅寫本年度，建議全部打上拍攝日期，俾利後續資料查閱。	謝謝委員建議，遵照辦理。
洪政乾秘書	
目前景觀生態分析，因為使用研究範圍進行分析，但論述時講到台江國家公園內北端鹽田佔比較大，惟該鹽田不屬於園區範圍，建議	謝謝委員建議，本案指標分析範圍，係用研究範圍，但因台管處業務需要，可能將來會做通

將計畫研究範圍、園區範圍分開說明分析，避免混淆。	盤檢討使用，本計畫會額外補充台江國家公園計畫範圍內指標版本提供給台管處。
因本處七股地區範圍較大，巡查人力不足，其他單位通知本處時變異點已經產生，會有時間差的問題無法及時偵測發現，建議團隊提供實質的違規熱點監測方式、或是長期的監測計畫及經費等等，俾提供後續參考。	謝謝委員建議，因經費編列與監測面積與監測頻率相關，待與台管處討論需求後，再提供相關經費參考。主要監測方式介紹如下，首先，蒐集建置前後兩期影像，將 SPOT-6/7 影像取近紅外波段，針對水體進行萃取，再進行人工編修，刪除非魚塭區域的水體範圍，獲得各時期魚塭分布範圍，藉由比對各時期魚塭範圍，了解魚塭範圍變化。變化範圍套疊各式圖資，如分區圖資、地籍圖資與土地利用調查圖資等，將該區資訊編製進變異點屬性資料，最後，產製變異點資訊圖資提供現地查核使用。
保育研究課	
感謝成大團隊協助空拍北汕尾野鳥生態保護區，並已收到原始影像，後續會使用這些影像進行分析。	謝謝委員建議，有任何 UAV 拍攝任務都可以討論規劃施行。
景觀生態指標分析中，因目前園區內鹽田皆已廢棄，與溼地相似，是否可將鹽田、溼地、魚塭，廣義地納入溼地類型中，這樣破碎程度	謝謝委員建議，的確在進行分類作業時，發現七股地區鹽田現況皆已被水體覆蓋，將改列

是否就不會太高也可以成為生態踏腳石。	分類為蓄水池。本計畫也嘗試將台南市四大溼地中的溼地、魚塭、蓄水池、廢棄鹽田與七股潟湖改分為溼地，討論兩者差異。
許嘉祥副處長(書面意見)	
報告書 P.115 建議管處採用 Sentinel-2(哨兵二號衛星)影像 5 天 1 次加強監測重點區域 1 項，請說明此項之建置或維運等概估經費。	謝謝委員建議，Sentnel-2 衛星影像空間解析度僅有 10 公尺，相當於地物變化要達到 1,000 平方公尺才有機會判釋出來，一般人為的違規行為，不容易超過這個大小，建議使用 Sentnel-2 衛星影像觀察自然環境變化，例如：沙洲漂移、溼地退縮及鹽田等自然變化。除了蒐集影像建立時間序列影像了解關注地區過去至現在的變化情況外，也可將沙洲數化，量測每期影像沙洲的面積，與氣象局購買潮位資料比對分析，了解長時間的沙洲面積變化。至於經費則須視僅需要影像建置時間序列影像還是需要數化沙洲面積而定。
請協助評估管理處申請介接應用農委會水保局 BigGIS 系統已建置 Sentinel-1、Sentinel-2 或其他相關衛星影像圖磚資料之可行性。	謝謝委員建議，目前農委會水保局 BigGIS 系統建置的 Sentinel-1、Sentinel-2 衛星影像，

	皆有建置一套標準的介接格式，只要網站能夠符合介接 Tile Service 都可以申請介接。
主席	
除合約規定景觀生態指標分析的工作項目內容範圍包括台江國家公園範圍及四個溼地範圍，建議團隊針對台江國家公園計畫範圍另外做 1 份土地利用定量變化分析，俾利提供第二次通盤檢討使用參考。	謝謝委員建議，本案指標分析範圍，係用研究範圍，但因台管處業務需要，可能將來會做通盤檢討使用，可以補充台江國家範圍內指標版本提供給台管處。
景觀生態指分析中的水體、溼地、海面等如何區分及定義，以利判別及分析俾作為後續應用依據。	謝謝委員建議，後續與管理處討論溼地、海面與鹽田等，被水覆蓋區域相關的區分與定義，相關內容請參考報告書 4.2.1 節。
有關簡報 P.35 景觀生態分析圖，圖例中的溼地、河川與水體因顏色比較淡，重疊在台江陸域範圍，不易判讀，建請調整。	謝謝委員建議，將依建議調整。
簡報內所稱漁塭將水抽乾之變更使用現象，應釐清是否為短期曬坪養殖行為，非屬變更使用。	謝謝委員建議，衛星影像只能如實呈現影像拍攝當下的使用狀況，如需研判都須進行變遷分析，變遷分析顧名思義需要兩個時間點的影像來進行，所以選定的時間點就相當重要，因本計畫原意為衛星影像建置，故選取影像標準皆是以研

	究區域內是否有雲覆作為標準，同時也為了蒐集不同季節的衛星影像，所以影像時間點都有幾個月以上的差距，而短期曬坪可能需要蒐集一個月間好幾次的衛星影像，來界定這個變化是短期曬坪還是變更使用。
報告中所稱鹽田及其現況與分析範圍，該現況已非事實鹽田，請再確認應為何地景或類型。	謝謝委員建議，與台管處討論後，已將廢棄鹽田改劃設為蓄水池。